

東南學報

第三十八期

JOURNAL
OF
TUNGNAN UNIVERSITY
VOLUME 38

東南科技大學編印

中華民國一〇二年四月出版

東南學報

東南科技大學
中華民國一〇二年四月

第三十八期

目錄

工程類

1. 在通訊網路中以蒙地卡羅法評估顧客重撥的影響.....王安台.....1
2. 嵌入式系統平台開機載入程式之移植.....楊昀義、蔡長達..... 13
3. 臺灣沉積岩區的電性地層特性之研究.....呂崇嘉..... 21
4. 無線射頻 RFID 之應用-進化校舍系統研製.....后瑞成、方耀鴻..... 29
5. 視窗函數的有限響應數位濾波器設計.....謝昌勳、戴永龍、黃國興..... 39
6. 可抵擋肩窺攻擊的文字通行碼之評估.....曹茂勁..... 47
7. 應用 Visual Basic 將數學方程式2D 與3D 圖形轉換至 AutoCAD 繪圖中之研究
.....劉陳祥..... 53
8. 探討逆向工程中 B-spline 曲線嵌合之控制點數目最佳化技術.....翁文德..... 71
9. TRIZ 創新設計案例—輕鬆拆
.....池德明、劉曉雲、彭沛語、曹麗英、吳志富、黃臣鴻..... 83
10. 類神經網路應用於變冷媒流量空調系統溫度控制.....朱明輝、馬天懷、陳宏岳..... 97
11. XYY 型自動曝光機快速視覺對位求解演算法之研究
.....黃正光、莊水發、黃獻進、朱明輝.....107
12. 以生物包埋技術去除水中碳氮之研究.....馮宇柔、夏聰惠、何俊明、李忠倫.....119
13. 燃煤飛灰應用於水中色度去除之研究.....夏聰惠、馮宇柔.....131
14. 建築物火災避難安全驗證評估之研究—以中小型基督教堂設計案為例
.....江奇成、陳增添.....141
15. 課程管理資訊系統之建置與探討
.....蔡佳麟、鄭雯靜、林俊延、楊凱琪、游琪瑋、張惠棋、游佳靜.....157
16. 複雜網路在資料探勘應用上之研究.....林政錦、鍾志豪.....167

社會科學類

17. 結合UCAN就業職能平台之學生學習歷程系統建置.....呂幸娟.....177
18. 再探銀行利率與黑市利率之因果關係檢定.....梁晉綱.....189
19. 從日語語法特徵來看日本人的行為模式.....鍾錦祥.....197
20. 優秀羽球選手心跳和血乳酸之反應.....常震中.....205
21. 2010廣州亞運女子手球攻擊技術之迴歸分析.....沈宗仁、賀中慧.....217
22. 優秀男子桌球選手王皓三段技術表現分析
.....郭明珍、黃振華、陳金海、張富貴、侯淑玲.....225
23. 世界頂尖女子桌球選手技術探討.....謝瑄容、郭明珍、陳金海、侯淑玲.....233
24. 少陵草堂絕句之變與新.....林瑛瑛.....241
25. Learners' Engagement in EFL Context --an Action Research Study.....林麗嬌.....259
26. The Results from Two Grammar Methodologies in the Teaching of
Restrictive Relative Clauses Among Taiwanese Tenth Graders.....程映蓓.....273
27. The Importance of Stress Rules in the Teaching of English Vocabulary to
University English Majors: A Comparative Study.....劉立雯.....285

在通訊網路中以蒙地卡羅法評估顧客重撥的影響

王安台

An-Tai Wang

東南科技大學 電子工程系 助理教授 Department of Electronic Engineering

摘 要

在繁忙的通訊網路通道中使用蒙地卡羅方法評估顧客重撥現象對於阻塞率、排隊長度和等待時間上的到達率和服務率對時間變化的影響。我們研究的幾個案例是有關於到達與服務率的時間變化其推論有：(1) 負指數的重撥程序與短的服務時間，到達率的時間變化對阻塞率上會有重大的影響；(2) 到達率的時間變化在排隊長度和等待時間上有極大的影響；(3) 如果重撥現象已包含了對 Erlang B 公式的比較，則阻塞率就增加了。同時也發現到了藉著服務率與 Erlang 分佈的同時改變、則阻塞率的變化、排隊時間與等待時間有些微的不規則地變動與 Erlang 分配的變化會增加的很緩慢。

關鍵字：模型、模擬、性能評估、阻塞率、無線網路

一、簡介

近年來，先進的細胞行動通訊網路中無線網路中的聲音與資料服務經歷了快速的成長。然而，所反應的不僅是商業的動態和競爭的自然形態而且系統在服務品質上的退步。這些退步發生的主要原因之一，可歸因於顧客或行動通訊的行為。這是一個著名交互作用的複雜順序，當反應被啟動時，每次顧客試圖撥打電話給另一顧客都是經由基地台或移動交換中心和公共交換電話網路[1]。當顧客打電話時，由於通道的繁忙造成未能接通，在放棄撥打之前，他或她可能重撥一次或數次。網路表現和顧客行為的結合影響傾向於塑造細胞行動通訊網路的顧客行為和實施的一個重要規則，就是需要服務顧客們的設備總額和成功撥通電話的總數。因此在網路中描述顧客行為影響的一個適當模型對網路提供者是極為重要的。

在文獻中，能找到以馬可夫程式或生-死程式來討論在網路中顧客嘗試重撥的現象的許多文章[2-10]。通常在兩個程序中以不使用任何近似值的輸入參數的表達方式在過去都是很困難的，為了量測其表現值找到了一個可以清晰表達或接近的形式。Tran-Gia 和 Mandjes 已經發現而且和提出了一個遞歸分析演算法來解決問題，藉以描述2維馬可夫狀態移轉圖在網路中的重撥現象，同時 Stepanov 也提出一個漸近線能量擴展法（power expansion methods）以獲得分析公式。通常在馬可夫過程中，研究者需要去假設各種的時間（到達時間、服務時間和重撥時間）必須用常數平均值為隨機變量且服從負指數分佈函數。很遺憾地，在真實世界的問題中，有太多的分佈函數是非負指數。因此，馬可夫程式推論出的一些結論需要被其他的方法證明。最廣泛使用的技術之一，就是蒙地卡羅法。這模擬模型的優點是能夠使在分析模型中的假設可以被很容易地創造出來（can be easily relaxed），能夠在文學中[11]找到大量蒙地卡羅法的討論和例子。

本文的主要目的是調查採用蒙地卡羅法的無線或有線網路，顧客重撥現象的影響。我們檢查與討論了統計量的影響，並使用各種時間分佈，作為到達率來反映使用者行為和當作使用 Erlang 分佈作為服務率來反映網路提供者的表現，由我們的模擬器得到的結果可作為對那些分析模型感興趣的研究者的方針。在第2部份，透過使用蒙地卡羅法描述顧客重撥現象的影響的模擬模型呈現出了評估阻塞率與排隊長度、等待時間和各種重要的參數。第3部份，我們發展出一個分析模式使用了在參考[2]中提出的相同的技術，可當作我們的蒙地卡羅方法的指導方針。在第4部份，報告和討論了我們的數字結果和含意。最後，第5部份是介紹具體結論。

二. 模擬模型

1. 模型描述

從所謂的顧客重撥現象開始討論，在電話網路中(包含了有線和無線的)，當使用者沒能連接上系統時，他會在最短的時間內不斷地嘗試重複地與系統的連接。現今，重撥電話號碼是一個既輕鬆又簡單的動作，就是壓下一個按鈕。使用者會一直試著以很快的速度去撥電話直到撥通為止或是使用者一直無法撥通另他感到受挫，致使他放棄了重撥，等一下再試著撥撥看。讓我們將到達過程縮寫成 "a"，重撥過程縮寫成 "r"與

服務過程縮寫成 "s"。我們考慮了一個 n 個通道（伺服器）的完全可用系統，在此流量中有著進來系統的新撥電話具有 $\lambda=1/\langle t(a) \rangle$ （到達率）的平均密度和重撥電話具有 $\lambda_0=1/\langle t(r) \rangle$ （重撥率）的平均密度。 $\langle t(s) \rangle$ 稱為平均服務時間，是新撥的電話或是重撥的電話都稱為 $1/\mu$ ， μ 是表示服務率。如果使用者被系統拒絕，則是表示所有的通道都是繁忙的，顧客重撥的機率是 θ 。如此 $1-\theta$ 是顧客不想重撥(放棄重撥)，想要離開系統的機率。在這模型中，我們認為顧客的數目是無限或者無窮的和到達率可隨一個 $\langle t(a) \rangle$ 的常數平均時間改變的，但是系統的狀態是獨立的。

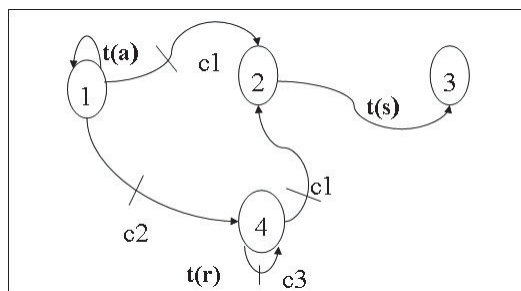


圖 1. 在網路中顧客重撥事件圖

顧客重撥現象的事件圖表顯示在圖1中，在圖中的節點內所顯示的數字是表示事件，並且事件間的進行方向是以箭頭表示。事件間有條件的連結是以短線垂直於朝向下一事件的箭頭上的方式指出。事件1表示使用者試圖連接系統並有到達時間延遲 $t(a)$ (即: 到達時間)。事件2表示連結成功並且開始通話，事件3表示使用者完成通話並有服務時間延遲 $t(s)$ 。事件 4 表示使用者被系統拒絕1次或多次如果使用者不願再試撥或者是放棄重撥了，該系統且有重撥時間延遲 $t(r)$ 。為了從事件 1 或者是 4 到事件 2 進展，有條件的連接 $c1$ ，在系統中至少要有1個可用的通道。由事件1進行到事件4需要的條件 $c2$ ，表示所有的通道都在忙碌中或被佔用中；由 Schruben [12] 給了事件圖表的細節討論。因為網路內的細胞間的互相作用而產生的通道間資料交換與通道的借用等問題的衝擊，在現在的模型中，暫時不去考慮，我們將這些留到以後再做報告。

在我們的模擬模型中，4個事件是有條件的連結在一起，如同插圖1中的描述，在 T 的期間內一再地被複製。透過適當的統計我們將能評估阻塞率以及系統的其他的特性，如同排隊長度、等待時間與繁忙通道的平均數。透過這個方法，我們計算的不僅僅是系統的特性而且還有系統的標準差與系統的信心間隔。讓 T_+ (T_+) 為複製 T 的結束前(後)面，在 T_+ ，我們的模擬器認為系統一定是空的，因為它是在複製的開始或是一天的開始，當在 T 時系統也許不是空的因為一些顧客們也許仍然再使用著系統，且某些通道仍然被佔用的。因此，遇到了在單一複製中也許無法被忽視的剩餘影響。然而，當複製的數目很大時，所有的統計量都被累積起來然而剩餘的影響就可以被忽視了。

為了在數目上模擬在上面提到的事件圖表的邏輯佈局，我們採用這個在時間 t 中的 Erlang 分佈：

$$f_x(t) = [t^{\alpha-1} e^{-t/\beta}] / [\beta^\alpha \Gamma(\alpha)] , \quad 0 \leq t \leq \infty \quad (1)$$

$\Gamma(\alpha)$ 是一個完整的加瑪函數。 β 是 $t(X)$ 的平均時間， X 可以是 a, r 或 s 。註記：當 α 等於1時 $\Gamma(1)=1$ ，然後 $f_X(t)$ 是一個負指數分佈函數。讓 u_X 為一個隨機變數並且相同的分佈在每單位之間，並且 t 是一個具有分佈函數 $f_X(t)$ 的隨機變數。如果 $f_X(t)=u_X$ ，然後

$$t = f_X^{-1}(u_X) \tag{2}$$

f_X^{-1} 是 f_X 的反函數。方程式(1)和(2)被用來決定在蒙地卡羅方法中隨機變量的值。這裡，分別地討論到達率、重撥率和服務率的時間變量。

1.) 到達率

在無線網路中，一個工作日中典型的到達率 $\lambda(T)$ 被繪製在圖2中。電話的到達率對系統而言是與顧客的上班工作時間有關，因此，尖峰時間也許會發生在中午，下午和網路提供者所提供的電話免費撥打時段。我們添加3個高斯來建構 $\lambda(T)$ 以適當比例分別地在上午11點，下午4點與晚上10點三個的尖峰時間。這權重是以 $T/\int_R \lambda(t)dt$ 的方式來調整，它就是平均到達時間 $\langle t(a) \rangle = t_a = 0.2$ 分鐘，其中 R 是以整天的時段 T 來考慮的。由方程式2中去計算隨機變量 $t=t(a)$ ，在我們的模擬器中的到達過程，我們在方程式1中設定 $\alpha=10$ 和 $\beta= 1/\lambda(T)$ 。

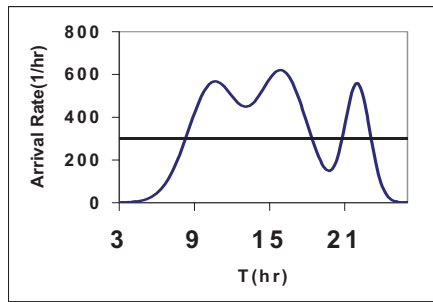


圖 2. 在上班日的典型到達率。水平線表示，當 $t_a=0.2$ min 時的平均到達率(300/hr)。

2.) 重撥率

在模型中處理重撥率 $\lambda_0 = 1/\langle t(r) \rangle = 1/t_r$ 為一個常數。由方程式2中去計算隨機變量 $t=t(r)$ ，在模擬器中的重撥過程，我們在方程式1中設定 $\alpha=1$ 和 $\beta=t_r$ 。這是一個被減少直到成為一個負指數函數。重撥現象在阻塞率上有重要的影響就是 t_r 的值必須小於 t_a 的值。

3.) 服務率

因為在方程式1中的 Erlang 分配有各式各樣的形狀，我們可用它來描述服務率。由方程式1中的期望值和隨機變量 X 的變化，被設為 $E(X)=\alpha\beta$ and $Var(X)=\alpha\beta^2$ 。所提供。這裡處理平均服務時間 $\langle t(s) \rangle = E(X) = t_s$ 和所提供的 α 值與由方程式2中計算隨機變量 $t=t(s)$ ，在我們的模擬中服務過程將方程式2設定 $\alpha=10$ 和 $\beta= t_s/\alpha$

2. 系統特性

為了計算系統特性，模擬器監視和記錄了顧客總數， N_Y ，在 T 的期間如圖3中顯示了各式各樣的電話流量過程，在參考[2]中，有下標 Y 的註釋

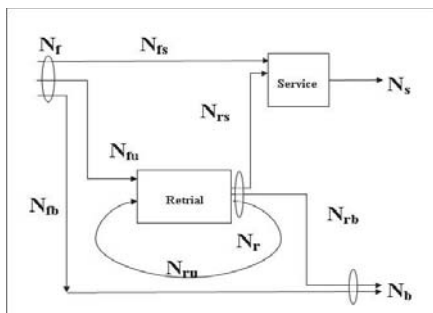


圖 3. 在模擬器中一天中的重撥流量。

- f: 產生的新電話；
- r: 重撥的電話；
- s: 第一次就撥通的電話；
- u: 未通的重撥的電話；
- b: 放棄的重撥的電話；

根據這些符號，例如， N_{fs} 意思是在整個 T 的期間中，在系統中第1次就完成撥通的總人數。 $N_f = N_{fu} + N_{fb} + N_{fs}$ 是表示在系統中至少撥了1次的總人數。 $N_r = N_{ru} + N_{rb} + N_{rs}$ 是表示重撥的總人數。因此，阻塞率為全新開始撥的一個電話，其被定義為

$$p_b = (N_{fu} + N_{fb}) / N_f \quad (3).$$

重要電話流量過程的參數：被設定的有排隊長度 Q_l ，等待時間 W_t 和繁忙通道的平均數 B_{ch}

$$Q_l = \sum_k n_{fu}(t_k) \Delta t_k / T \quad (4),$$

$$W_t = \sum_k n_{fu}(t_k) \Delta t_k / N_{fu} \quad (5),$$

$$B_{ch} = \sum_k n_{ch}(t_k) \Delta t_k / T \quad (6),$$

with

$$T = \sum_k \Delta t_k \quad \text{and} \quad k = 1, 2, 3, \dots \quad (7)$$

$n_{fu}(t_k)$ 是使用者至少撥1次未通的數目與將重撥 $n_{fu}(T) = N_{fu}$ 當 $n_{ch}(t_k)$ 是繁忙通道數，時間 t_k 是在 Δt_k 的時間間隔內。

三. 分析模型

在排隊模型中，不同的阻塞狀況後重撥的影響，這系統的狀態可用2個隨機變量來描述，被顧客佔用通道的數目 Y (即: 正在使用中的顧客) 和顧客等待重撥數目 Z 。這狀態機率被定義為 $P(i,j) = \Pr \{Y=i, Z=j\}$ 當 $Y=0, 1, \dots, n$ and $Z=0, 1, \dots, m-n$ ，其中 n 是通

道數和 m 是系統中的顧客數。這些內部狀態轉換經由在參考[2]中大量的討論有關馬可夫過程的特點，並且我們在這裡僅僅引證主要結果。我們考慮一個有 n 通道（伺服器）的系統具有新撥電話具有 λ （到達率）的平均密度的帕松流和重撥電話具有 λ_0 （重撥率）的平均密度的帕松流。這平均服務時間是 $1/\mu$ ，是一個新撥電話也是一個重撥電話。這裡，在調查下，機率分佈函數對所有的比率都被當作為指數分佈。當在繁忙的通道中電話被拒絕時，顧客可能重撥的機率是 θ 。能夠被兩個巨大狀態等式來簡化和闡明整個過程：

$$i\mu P(i, j) = j\lambda_0 \sum_{k=0}^{i-1} P(k, j) + A_{ij}\lambda P(i-1, j) - (j+1)\lambda_0 \sum_{k=0}^{i-2} P(k, j+1) \quad (8)$$

with $j = 0, 1, 2, \dots, m-n$ and $i=0, 1, 2, \dots, n$ where $P(i, j) = 0$ if $j > m-n$;

$$B_{ij}\lambda_0 P(n, j) = (j+1)\lambda_0 \sum_{k=0}^{n-1} P(k, j+1) + (j+1)(1-\theta)\lambda_0 P(n, j+1) \quad (9)$$

with $j=0, 1, \dots, m-n-1$,

A_{ij} 和 B_{ij} 分別地表示到達電話與重撥電話。方程式（8）和（9）一起成為正交方程式形成一個線性方程式系統是為了狀態機率的計算。在參考[2]中的遞歸計算演算法演示是有效。為了與我們的模擬一致性，我們選擇與狀態無關的到達率 λ ，就如同第2部份的描述，並且結論是 A_{ij} 與 B_{ij} 必須為1。在參考[2]中，作者假設到達率 λ 與狀態有關和 A_{ij} 等於 $m-i-j+1$ 與 B_{ij} 等於 $m-n-j$ 。註釋：如果 θ 是0（沒有重撥）和如果 m 是無限的，阻塞率是著名的 Erlang B 公式，它也可當作數字計算的方針。

四. 數值結果

1. 可靠度測試

在上面提到的分析模型中，有一個假定就是要求時間間隔由0到 ∞ 。然而，在蒙地卡羅方法中，我們模擬了以日為基礎的重撥現象（一天的時間(T)=1440分鐘）和重複許多次這過程去模仿真實世界的狀態。為了與從兩個模型得到的結果比較，設定 T 是一個大的數值（例如：10天的 $T=14400$ 分鐘）和所有的機率分配為一個指數在模擬器中去模仿分析模式的條件。這輸入參數是 $1/\lambda=0.2$ (min)， $1/\lambda_0=0.1$ (min) 與 $m=\infty$ 。這個阻塞率如同定義在方程式3中，被評估 n 個通道數的函數， t_s 是平均服務時間和 θ 為重撥電話的機率，分別地展現在圖4a, 4b 和4c 中。這裡，同時看到2個模型模擬器與分析模型，產生了幾乎相同的阻塞率 p_b 具有小於1%的偏差和預料比 Erlang B 公式（沒重撥）計算更大的阻塞率。當 n (t_s) 增加， p_b 減少(增加)，如同圖4a（圖4b）所示。我們同時期待由2種模式得到 p_b ，當由 Erlang B 公式計算出 p_b 剩下常數（因為沒有重撥）如圖4c，增加了重撥電話的機率。由圖4a 到4c，得出結論是，蒙地卡羅法的執行是可靠的是精確的。

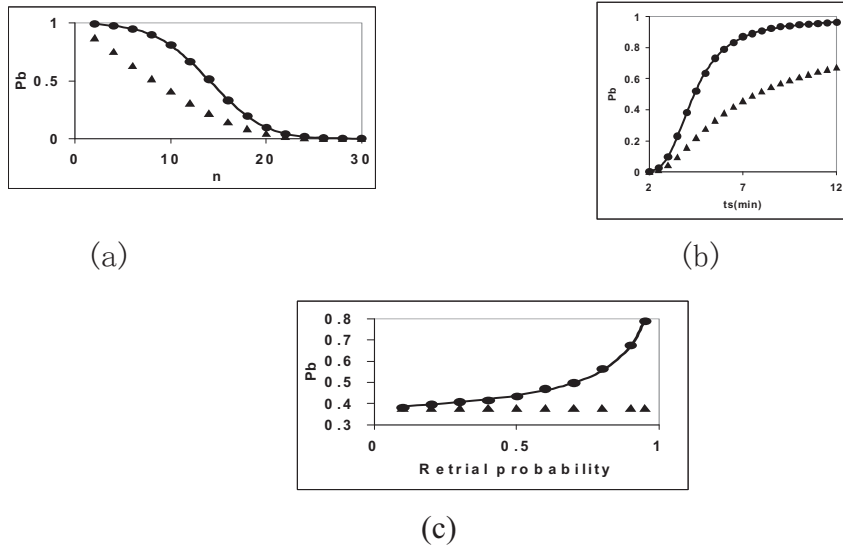


圖4. 黑圓點表示蒙地卡羅法的結果，黑方點表示分析模型的結果與黑三角點表示 Erlang B 公式所求出的結果。

2. 信賴度測試

透過 MSIMSL [11] 使用統計副程式 UVSTA，我們檢查標準差和蒙地卡羅方法的信心極限。選擇下列參數的輸入： $n=20$ ， $1/\lambda=0.2$ (min)， $1/\lambda_0=0.1$ (min)， $T=1440$ (min)，重複30次和 $\theta=0.95$ 與設定所有機率分佈為負指數分配。圖5展現 p_b ，如同服務時間 t_s (分鐘)函數。

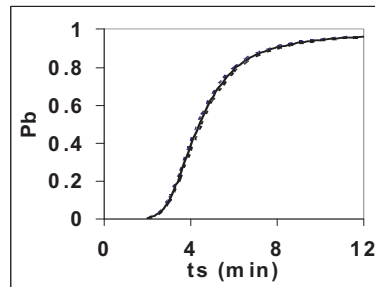


圖 5. 服務時間的阻塞率。當 $P_b \pm \sigma$ 時，顯示的是虛線。 P_b 顯示的是實線

在 $t_s=5$ ， p_b 是 $0.6418 \pm \sigma$ ， σ 是標準差與被計算的結果是 0.01953 。透過把信心極限設成 95%，信心極限的下限是 0.6345 ，上限是 0.6491 。這樣，得出以下結論，信心極限間隔是合理地小。假如增加了重複的數目，這信心極限間隔就會減小到一個更小的值。

3. 時間比率的變化的影響

假定機率分配函數為了重撥過程服從負指數分配函數，我們計算以下的案例：

- 1) 到達時間 $1/\lambda(T)$ 是一個常數 t_a 並且服務過程服從負指數函數，設定 $\alpha=1$ 和 $\beta=t_s/\alpha$ 於方程式1中。
- 2) 到達率是 $\lambda(T)$ 並且服務過程服從負指數函數，設定 $\alpha=1$ 和 $\beta=t_s/\alpha$ 於方程式1中。

3) 到達時間 $1/\lambda(T)$ 是一個常數 t_a 並且服務過程服從 Erlang 分配，設定 $\alpha=10$ 和 $\beta=t_s/\alpha$ 於方程式1中。

4) 到達率是 $\lambda(T)$ 並且服務過程服從 Erlang 分配，設定 $\alpha=10$ 和 $\beta=t_s/\alpha$ 於方程式1中。

使用了以下的參數： $n=20$ ， $1/\lambda=0.2$ (min)， $1/\lambda_0=0.1$ (min)， $T=1440$ (min)，重複30次與 $\theta=0.95$ 。首先地，在圖6中所顯示，調查了在阻塞率 p_b 上的各種時間分佈的影響，像在 t_s 中的一個函數。當重撥效應被忽視時， p_b 能夠從 Erlang B 公式得到並最為低標。當重撥效應被包括在模擬器中時，案例 a、b、c 與 d，如同上面所提到的那樣，都被評估與被標示，如圖6的顯示。所有的案例， p_b 是大於由 Erlang B 公式獲得的低標 p_b 。非常有趣的，發現了當 t_s 大於7時， p_b 合併了4個案例，但當 t_s 小於7時，曲線 a 與 c (曲線 b 與 d) 會聚集在一起。因此，得出以下結論，含有時間 λ 的變化在 p_b 上會有更強烈的影響。當 t_s 是小的 (小於2.0時)，曲線 a 與 c 集中到 Erlang B 公式的 p_b 上，換句話說，當服務率很大時，如果到達時間 $1/\lambda(T)$ 是一個常數 t_a 時，重撥現象在 p_b 上沒有影響，排隊長度 Q_l 和等待時間 W_t 被畫出了 t_s 的一個函數，分別地顯示在圖7和8中。 Q_l 和 W_t 的量同時增加與 t_s 相同。案例 (a) 是以虛線曲線顯示，案例 (b) 是以虛線-點曲線顯示，案例 (c) 是以點曲線顯示，案例 (d) 是以虛線-點-點曲線顯示，曲線 a 與 c (曲線 b 與 d) 是同樣地表現，因此，得出以下的結論，帶有時間的 λ 的變量，在 Q_l 和 W_t 上有著更強烈的影響。

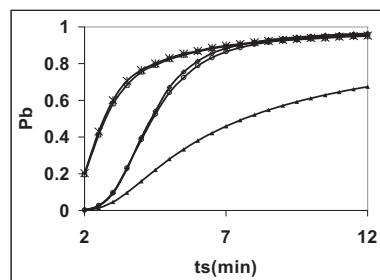


圖 6. 在阻塞率上的變動時間分佈的影響。案例(a)以○顯示的曲線，案例(b)以□顯示的曲線，案例(c)以◇顯示的曲線，案例(d)以*顯示的曲線與以▲顯示 Erlang B 的公式曲線。

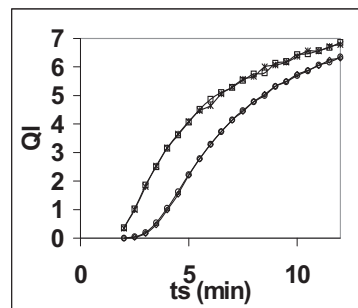


圖 7. 排隊長度 Q_l 對時間變化分佈的影響。案例(a)以○顯示的曲線。案例(b)以□顯示的曲線。案例(c)以◇顯示的曲線。案例(d)以*顯示的曲線。

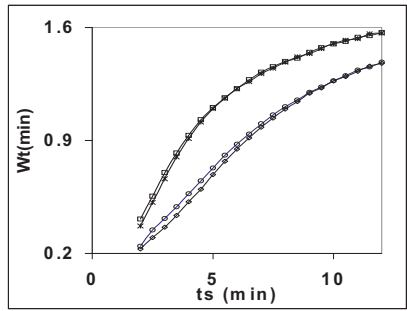


圖 8. 等待時間 W_t 對時間變化分佈的影響。案例(a)以○顯示的曲線。案例(b)以□顯示的曲線。案例(c)以◇顯示的曲線。案例(d)以*顯示的曲線。

4. 服務率的 Erlang 分配

Erlang 分配有兩個參數 α 和 β ，如同在方程式1中討論。假定 $\text{Var}(X)=\sigma^2$ and $E(X)=t_s$ 被給予時，且 σ 是標準差，然後 α 和 β 就被決定了。這裡，我們調查統計量 p_b 、 Q_1 與 W_t ，作為 σ 的函數。選擇參數的方法是大多數的網路提供者有興趣的是 p_b 以1%的順序排列： $E(X)=t_s=2.3$ (分鐘)， $t_a=0.2$ (分鐘)， $t_r=0.1$ (分鐘)， $n=20$ ， $T=1440$ (分鐘)，重複90次和 $\theta=0.95$ 。對於這些輸入， α 由132.25 變化到 1， β 由0.017 變化到 2.3，如同 σ 由0.2變化到2.3。對於在方程式1中的 α 和 β 有著很寬的範圍，

它無法立即清楚的知道 Erlang 分配有多強烈的影響，當作服務率影響了 p_b ， Q_1 和 W_t 的數。Erlang 分配，機率密度函數，如同 t 的一個函數作為 σ 的變量都被畫在圖9中了。當 σ 是2.3時， α 變成1和 β 變成2.3與機率密度函數變成了一個負指數函數。當 σ 夠小時（例如： $\sigma=0.2$ ），則機率密度函數就被局部化了。

具有 σ 的 p_b 、 Q_1 和 W_t 數的變化都被顯示在圖10中。在圖10a 中，畫了阻塞與率 p_b 與 p_b 的標準差在一起，被標示成 $p_{b\pm}$ 如同 σ 的一個函數。觀察到有趣的事情， σ 的大範圍， p_b 的不規則變動是很小的（由1.1%到1.19%間的變化）與 p_b 的標準差也是合理的小。同時也看到，阻塞率 p_b 的慢慢增加一樣，如同 σ 的增加。 Q_1 和 W_t 的變化與 $Q_{1\pm}$ 和 $W_{t\pm}$ 的標準差都分別地表示在圖10b 和10c 中了。當 W_t 的量表現的有一點點不同於 p_b 時， Q_1 的量和 p_b 有一樣的表現。由此，我們得出以下的結論，在小 p_b 的案例中， σ 的變化等於 Erlang 分配的不同形狀，對於 p_b 、 Q_1 和 W_t 的統計量有著小小的影響。

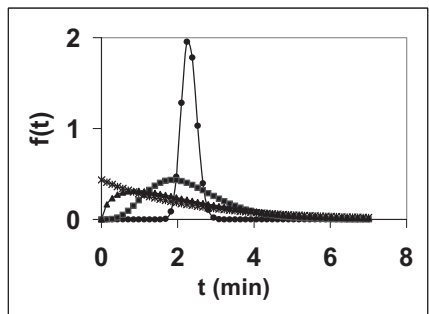


圖 9. Erlang 分佈變化的標準差 σ 。當 $\sigma = 0.2$ 以點曲線顯示。當 $\sigma = 1.0$ 以方塊曲線顯示。當 $\sigma = 1.8$ 以三角點曲線顯示。當 $\sigma = 2.3$ 以*點曲線顯示。

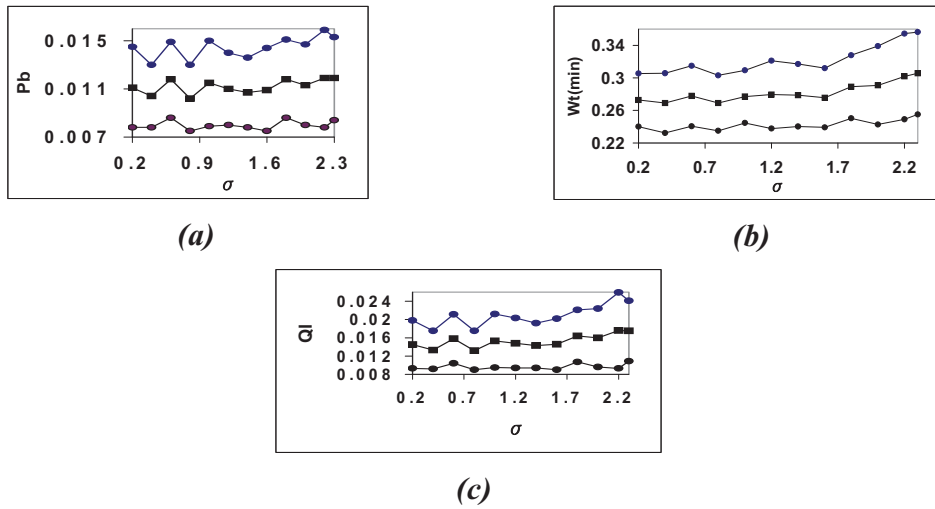


圖 10. 各種不同數量(X)的變化的標準偏差 σ 的 Erlang 分佈的服務時間。

(a) 當阻塞率 $X=Pb$ ，(b)當等待時間 $X=Wt$ 。 X_s 是以■曲線顯示。 $X \pm \sigma$ 是以●曲線顯示 and (c) 當排隊長度 $X=Ql$ 。

五. 結論

總之，透過使用蒙地卡羅模擬器，調查了顧客重撥現象在繁忙的網路通道中的影響。利用模擬器的時間分配上靈活性的優點，檢查了統計量上到達率和服務率的時間變化的影響，就如同阻塞率、排隊長度和等待時間。實驗的結果包含了模擬對於有興趣學習馬可夫過程分析模型的研究者扮演著重要的角色。在到達率與服務率的時間變化的4個案例中，如同在本文中已討論過的部份。我們得出下面的結論。

- 1) 如果重撥過程的機率密度函數是負指數函數而且如果服務時間很小，到達率的時間變化在阻塞率的值上會有很強烈的影響。然而，當服務時間大時，阻塞率幾乎與4個案例無關。
- 2) 到達率的時間變化，能對排隊長度與等待時間的值上會有強烈的影響。
- 3) 如果重撥被包含在我們的模擬器中與 Erlang B 公式比較，阻塞率於4個案例中都會增加。

透過及時具有 Erlang 分配的服務率變化，我們發現了阻塞率、排隊長度和等待時間有稍微的不規則變動的變化和慢速地增加就如同 Erlang 分佈的增加。

REFERENCES

1. M. D. Yacoub, Foundations of Mobile Radio Engineering, Boca Raton, Ann Arbor, London and Tokyo, CRC Press (1993).
2. P. Tran-Gia and M. Mandjes, "Modeling of customer retrial phenomenon in cellular mobile networks," IEEE J. Select. Areas Commun., vol. 15, pp. 1406-1414, (1997).
3. J.R. Artalejo and A. Gómez-Corral , "Channel Idle Periods in Computer and Telecommunication Systems with Customer Retrials," Telecommunication Systems, Vol. 24, pp. 29-46,(2003).
4. O. A. Kokina and S. N. Stepanov, "Construction of the model and algorithms to estimate the throughput characteristics of the multiservice section of communication network with allowance for repeated calls," Automation and Remote Control, vol. 67, pp. 962-976, (2006).
5. M. Law Averill, Simulation modeling & analysis, published by McGraw-Hill (2007)
6. X. Song and M. Ali Mehmet, "A Performance analysis of tandem networks with Markovian sources," Lecture Notes in Computer Science, Vol. 4516, pp. 731-742(2007).
7. K. Liu, "Direct distance dialing: Call completion and customer retrial behavior," Bell Syst. Tech. J., vol. 59, pp. 295-311, (1980).
8. N. W. Macfadyen, "Statistical observation of repeated attempts in the arrival process," in Proc. 9th Int. Teletr. Congr., Torremolinos, Spain, (1979).
9. M. Nesenberg, "A hybrid of Erlang B and C formula and its applications," IEEE Trans. Commun., vol. COM-27, pp. 59-68, (1979).
10. T. Yamada, M. Kaneko and Ken'ichi. Katou, "A Mobile Communication Simulation System for Urban Space with User Behavior Scenarios," Lecture Notes in Computer Science, vol. 3726, pp. 979-990, (2005).
11. S. V. Hoover and R. F. Perry, Simulation, A Problem-Solving Approach, Reading, Massachusetts, Addison-Wesley Publishing Company (1989).
12. L. Schruben, "Simulation modeling with event graphs", Communications of the ACM, vol. 26, No. 11, (1983).

嵌入式系統平台開機載入程式之移植

A Bootloader Porting On Embedded System Platform

楊昶義¹ 蔡長達²
Yun-Si Yang¹ Chang-Da Tsai²

¹東南科技大學 電機工程研究所 Department of Electrical Engineering
²東南科技大學 資訊科技與通訊系 Department of Information and Communication

摘 要

一個嵌入式系統的硬體包含處理器與週邊，韌體則包括開機載入器與作業系統核心，其中開機載入器是讓作業系統能夠啟動的程式，其工作是在核心啟動前負責初始化硬體週邊，將環境規劃為穩定狀態後再引導核心。若開機載入器無法正常工作，則整個嵌入式系統將無法運作，故其重要性不可小覷。

本研究透過 PXA270 實驗平台進行 U-Boot 的移植，並開發出一個可以將「抹除 Flash 區塊、下載作業系統映像檔至 RAM，並從 RAM 燒錄作業系統映像檔至 Flash」等步驟一次完成的簡易指令，讓使用者不用牢記繁雜的開機載入器指令便能操作嵌入式作業系統之移植。透過本研究所開發之功能，將能增進嵌入式作業系統移植的簡易性與方便性。

關鍵詞： 開機載入器、嵌入式系統、核心

ABSTRACT

An embedded system hardware is composed of a processor, peripheral devices, and firmware. The firmware includes bootloader and kernel. The bootloader is a program designed to boot the operating system, and responsible for initializing the peripheral devices to make the environment stable before kernel started. If the bootloader is abnormal, the whole embedded system should don't work. So, the bootloader is very important in the embedded system.

This study based on PXA270 evaluation platform and develops a simple command to erase flash block, download OS image file and flash OS image file without using a lot of instructions provided by bootloader. Through the developed command, the operating system porting of embedded system should be much more facilitated and easier than before.

Keywords: Bootloader、Embedded System、Kernel

壹、前言

由於 Google 公布 Android 作業系統的關係，近年來以嵌入式系統來實現消費性電子產品之趨勢越來越明顯[1]，但因市面上用於嵌入式系統的微處理器(CPU)種類繁多，使得開發商在成本與需求方面必須選擇不同的 CPU 與實驗平台作開發(以下簡稱開發板)。不同的 CPU 與開發板所使用的開機載入器(Bootloader)不盡相同，即使是相同的 CPU，也常因不同的開發板而必須使用不同的 Bootloader。在硬體的快速發展下，Bootloader 的修改工程也變得更為頻繁，如此促使了 U-Boot 的誕生，因為 U-Boot 採用模組化設計，對於開發嵌入式系統可節省大量的時間，這方面對於學術研究與工業應用的幫助極大。

使用 U-Boot 作為 Bootloader 已成為一種趨勢，而在台灣關於 U-Boot 的研究卻相對稀少，故本研究以 U-Boot 為對象開發出移植作業系統之簡易指令功能，實驗使用華亨 PXA270(EELiod)的開發板來完成，此開發板和 Adsvix 開發板的規格相近，因此我們使用 Adsvix 的程式碼進行移植並開發新功能，希望所開發的新功能對日後的研究能有所幫助。

貳、U-Boot 簡介

市面上的 Bootloader 不盡其數，U-Boot 僅是其一，本研究以 U-Boot 作為研究對象的主要理由如下：它的結構簡單易懂，加上陸續有開發者參與，使得 U-Boot 的功能越來越強大，其對大多數處理器及週邊硬體都擁有極佳的支援性。

一、U-Boot 功能

Bootloader 的功能是當嵌入式系統上電時負責將核心程式載入記憶體內執行[2-3]，系統流程如圖1所示。

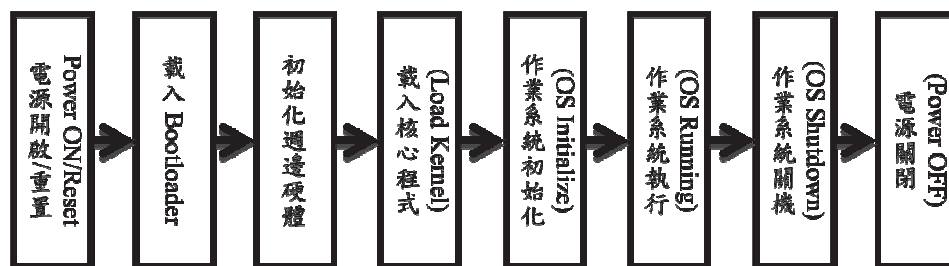


圖1 嵌入式系統開機流程圖

二、U-Boot 特性

U-Boot 和一般個人電腦的 Bootloader 最大的不同是，U-Boot 只單純使用各種不同的介面裝置載入系統核心(Kernel)並引導 Kernel 的啟動[4]。在完成 Kernel 的啟動後，U-Boot 會釋放占用的資源，而一般以 BIOS 為架構的 PC 則不會釋放占用的資源，許多硬體的驅動程式仍透過 BIOS 的資源來控制硬體[5]。

通常嵌入式系統基於特殊需求其硬體架構會有所差異，不同的 CPU 和硬體架構須搭配不同的 Bootloader 使用，但即使 CPU 是相同，不同的開發板也會因為配置不同而必須透過不同的 Bootloader 來啟動作業系統(OS)，而 U-Boot 正是以“只須修改一部分程式碼，就能移植成功”的前提下誕生。

三、U-Boot 的啟動流程

當啟動嵌入式系統，CPU 便會載入 U-Boot 程式且初始化硬體，接著會等候兩秒鐘來詢問使用者是否要進入指令模式，過了兩秒鐘後 U-Boot 便執行預設啟動。啟動模式可透過不同環境變數來執行記憶體、TFTP、Bootp 與串列介面等不同方式開機[6]，主要啟動流程如圖2所示。

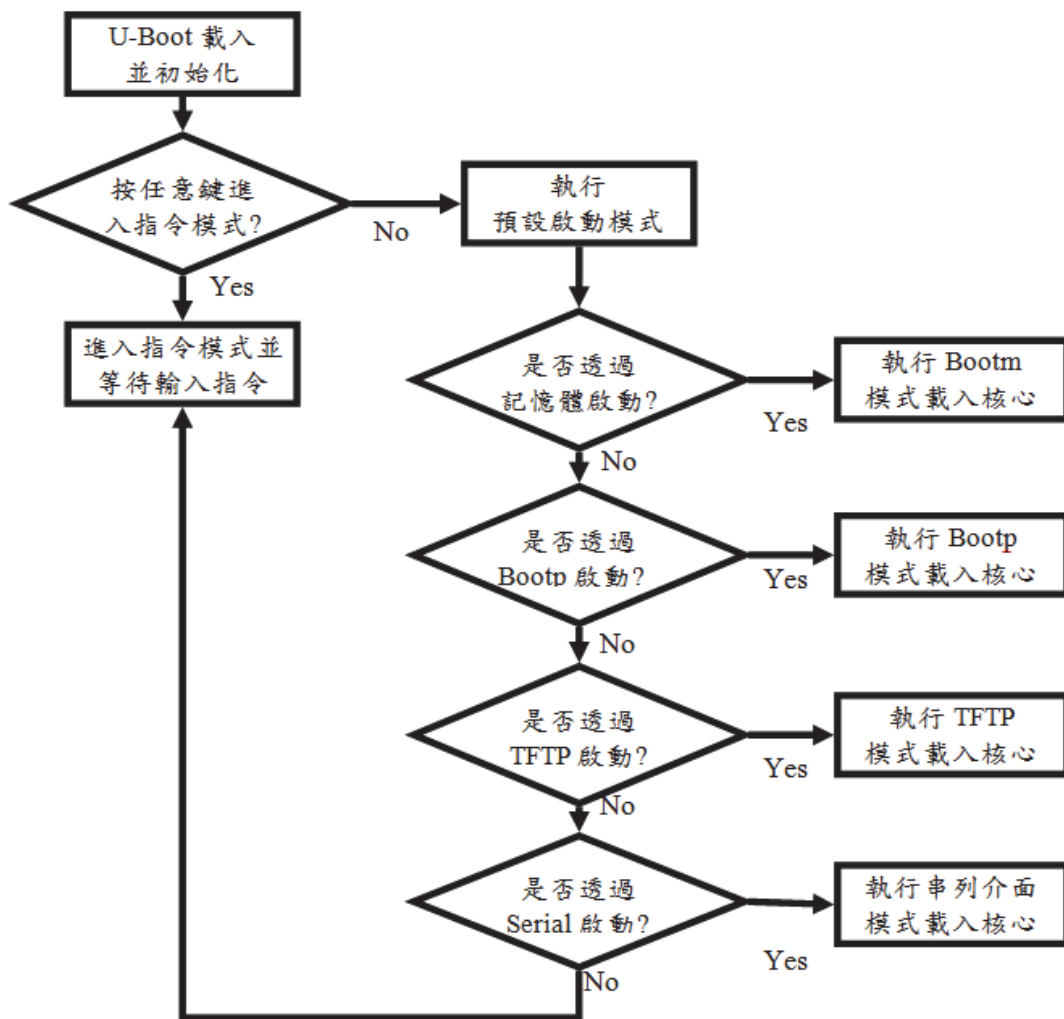


圖2 U-Boot 主要啟動流程圖

參、XSBase270實驗平台簡介

本研究以華亨公司之 XSBase270開發板為基礎，XSBase270有兩個模組，一是包含最小系統需求的核心板(XSBase270-Module)，核心板包含了 CPU、SDRAM 與 Flash ROM 等；另一模組則是將眾多硬體週邊整合在一起的底板(XSBase270-EDR)。以下是 XSBase270實驗平台之詳細規格：

表1 XSBase270實驗平台的基本硬體規格

	項目	規格
核 心 板	處理器	Intel XScale PXA270 520MHz
	RAM	64MB (2 Banks HYB25L256160A)
	Flash ROM	32MB NOR Flash (2Banks Intel 28F128K18)
底 板	網路介面	LAN91C113
	音效晶片	UCB1400BE (支援觸控面板控制功能)
	液晶螢幕	Sharp 8-inch TFT LCD
	I/O 介面	全功能串列介面 (FFUART, ttyS0) 藍芽串列介面 (BTUART, ttyS1) 紅外線串列介面 (IRUART) USB 介面、Compact Flash、SD Card 介面

肆、系統實作

開發環境作業系統採用的是 Ubuntu 10.04[7]，Ubuntu 是 Linux 發行版之一，兩者皆同樣採用 GNU 開放式授權，在 Ubuntu 的官方網站提供免費下載。

一、安裝交叉編譯器

本實驗採用 arm-linux-gcc 4.2.1版 arm-linux-tools-20070808.tar.gz[8]，解壓縮後並複製到路徑/usr/local/，如圖3所示。

```
root@ubuntu:/home/ray650128# tar xzf arm-linux-tools-20070808.tar.gz
root@ubuntu:/home/ray650128# cd usr/local/
root@ubuntu:/home/ray650128/usr/local# cp -rp * /usr/local
```

圖3 將交叉編譯器解壓縮至/usr/local目錄中

將路徑加入環境變數後開啟終端機，驗證可否呼叫 arm-linux 等相關程式，如圖4所示。

```
root@ubuntu:/home/ray650128# arm-linux-
arm-linux-addr2line          arm-linux-gcc                arm-linux-ld
arm-linux-addr2name.awk     arm-linux-gcc-4.2.1         arm-linux-ld.real
arm-linux-ar                 arm-linux-gccbug           arm-linux-nm
arm-linux-as                 arm-linux-gcj               arm-linux-objcopy
arm-linux-c++                arm-linux-gcjh             arm-linux-objdump
arm-linux-c++filt           arm-linux-gcov              arm-linux-ranlib
arm-linux-cpp                 arm-linux-gfortran          arm-linux-readelf
arm-linux-elf2flt           arm-linux-gjnih             arm-linux-size
arm-linux-flthdr            arm-linux-jcf-dump          arm-linux-strings
arm-linux-g++                arm-linux-jv-scan           arm-linux-strip
```

圖4 驗證是否可正確呼叫 arm-linux 有關之程式

二、下載並解壓縮 U-Boot 原始程式碼

本研究從 U-Boot 官方網站下載 1.3.0 版進行移植[9]，如圖 5 所示。

```
root@ubuntu:/home/ray650128# wget ftp://ftp.denx.de/pub/u-boot/u-boot-1.3.0-rc2.tar.bz2
--2012-09-25 18:11:30-- ftp://ftp.denx.de/pub/u-boot/u-boot-1.3.0-rc2.tar.bz2
=> `u-boot-1.3.0-rc2.tar.bz2'
Resolving ftp.denx.de... 85.214.87.163
Connecting to ftp.denx.de|85.214.87.163|:21... connected.
Logging in as anonymous ... Logged in!
==> SYST ... done.          ==> FWD ... done.
==> TYPE I ... done.       ==> CWD /pub/u-boot ... done.
==> PASV ... done.        ==> RETR u-boot-1.3.0-rc2.tar.bz2 ... done.
[      <=>                ] 1,926,752  93.1K/s
```

圖 5 從官方 FTP 下載 U-Boot 原始碼

三、在 U-Boot 中加入 XSBASE270 開發板定義

目前已知 U-Boot 所公開發支的開發板中，以 advix 與華亨公司之 XSBASE270 的配置最接近，故本研究以 advix 版本為基礎進行 XSBASE270 版本的研究開發。首先將 board/advix 目錄複製成 board/xsbase270，接著將 xsbase270 目錄中 advix.c 改為 xsbase270.c，如圖 6 所示。

```
root@ubuntu:/home/ray650128/u-boot-1.3.0-rc2# cd board
root@ubuntu:/home/ray650128/u-boot-1.3.0-rc2/board# cp -rp advix xsbase270
root@ubuntu:/home/ray650128/u-boot-1.3.0-rc2/board# cd xsbase270
root@ubuntu:/home/ray650128/u-boot-1.3.0-rc2/board/xsbase270# mv advix.c xsbase270.c
```

圖 6 複製 advix 目錄並改名為 xsbase270

接著將 include/configs/advix.h 複製一份更名為 xsbase270.h，如圖 7 所示。

```
root@ubuntu:/home/ray650128/u-boot-1.3.0-rc2# cd include/configs/
root@ubuntu:/home/ray650128/u-boot-1.3.0-rc2/include/configs/# cp advix.h xsbase270.h
```

圖 7 加入 xsbase270.h 標頭檔

四、修改開發板定義並自行開發指令

修改 xsbase270.h 內容[10]，將原本 advix 的參數修改為 xsbase270 平台適用的參數，並經多次研發實驗之後，開發出兩項方便移植作業系統的指令 kernel_dl、rootfs_dl 如圖 8 所示。

```
#define PHYS_FLASH_SECT_SIZE 0x00040000 // 定義一個區塊256KB
#define CFG_MONITOR_LEN PHYS_FLASH_SECT_SIZE

#define CFG_MAX_FLASH_SECT 131
#define CFG_ENV_SECT_SIZE (PHYS_FLASH_SECT_SIZE * 1)
#define CFG_ENV_SIZE (PHYS_FLASH_SECT_SIZE / 16)

#define CONFIG_DRIVER_SMC91111 //啟用乙太網路
#define CONFIG_SMC91111_BASE 0x0C000300
#undef USE_32_BIT
#define CFG_MSC1_VAL 0xB88CA691

//以下為自行開發之指令
"kernel_dl=" \
    "protect off 0x80000 0x37FFFF; " \
    "erase 0x80000 0x37FFFF; " \
    "tftp 0xa0008000 uImage; " \
    "cp.b 0xa0008000 0x80000 0x2FFFFFF\0" \
"rootfs_dl=" \
    "protect off 0x380000 0x1FFFFFFF; " \
    "erase 0x380000 0x1FFFFFFF; " \
    "tftp 0xa0308000 rootfs.jffs2; " \
    "cp.b 0xa0308000 0x380000 0xFFFFFFFF\0"
```

圖 8 修改 xsbase270.h 定義並自行開發指令

圖8中，kernel_dl 主要的功能為燒錄作業系統之核心，當下達指令後，首先會將 Flash ROM 0x80000~0x37FFFF 位址的防寫保護關閉，然後刪除0x80000~0x37FFFF 位址中的所有資料，接著將作業系統核心映像檔(uImage)下載到 RAM 的0xA0008000位址，最後從 RAM 中將資料寫入至 Flash ROM 中。

至於 rootfs_dl 的功能則是燒錄作業系統之檔案系統(Root File System)[11]，當下達指令後，首先會將 Flash ROM 的0x380000~0x1FFFFFFF 位址的防寫保護關閉，然後刪除0x380000~0x1FFFFFFF 中的所有資料，接著將檔案系統的映像檔(rootfs.jffs2)下載到 RAM 的0xA0308000位址，最後從 RAM 中將資料寫入至 Flash ROM 中。

五、執行編譯

完成修改後在終端機視窗進入 u-boot 目錄，載入開發板配置並且編譯 u-boot.bin，如圖9所示。

```
root@ubuntu:/home/ray650128/u-boot-1.3.0-rc2# make distclean
root@ubuntu:/home/ray650128/u-boot-1.3.0-rc2# make xsbase270_config
Configuring for xsbase270 board...
root@ubuntu:/home/ray650128/u-boot-1.3.0-rc2# make
```

圖9 載入開發板配置並且編譯

最後得到的 u-boot.bin 即是所要的檔案，如圖10所示。

```
root@ubuntu:/home/ray650128/u-boot-1.3.0-rc2# ls u-boot*
u-boot  u-boot.bin  u-boot.map  u-boot.srec
```

圖10 編譯完成之後會在 U-Boot 根目錄產生 u-boot.bin

六、燒錄

將 Ubuntu 開發環境之個人電腦與開發板透過 J-TAG 連接後，將華亨公司提供的 jflashmm 程式複製到 u-boot 資料夾中，透過 jflashmm 直接對 Flash ROM 進行 u-boot.bin 燒錄，如圖11所示。

```
root@ubuntu:/home/ray650128/u-boot-1.3.0-rc2# jflashmm -o n u-boot.bin
JFLASH Version 5.01.007
COPYRIGHT (C) 2000 - 2003 Intel Corporation

PLATFORM SELECTION:
Processor=      PXA27x
Development System=  XSBase270
Data Version=    1.00.001

PXA27x revision ??
Found flash type: 28F128K18

Unlocking block at address 0
Erasing block at address 0
Starting programming
Using BUFFER programming mode...
Writing flash at hex address 39c0, 11.64% done
```

圖11 透過 jflashmm 燒錄 u-boot.bin

七、實驗結果

燒錄完成後將開發板 reset，接著 CPU 就會讀取 u-boot 的位址。u-boot 執行後會有兩秒鐘的延遲，可以透過鍵入任意鍵來進入指令模式，若沒動作則進行預設啟動模式，如圖12所示。

柒、結論

本研究成功將 U-Boot 移植進 XSBase270之 Intel PXA270開發平台，並且正確判讀出 RAM 及 Flash ROM 的容量，以及正確引導啟動所移植的作業系統。

經由測試結果驗證，本研究開發出之指令可以不需要透過繁雜 U-Boot 指令，即可將作業系統的核心映像檔、檔案系統映像檔下載到 RAM、再由 RAM 將資料寫入到 Flash ROM 中並成功啟動作業系統。希望本研究成果對於 Android 以及其他版本的 Linux 作業系統移植會有助益。

壹、參考文獻

1. Android Developers website, <http://developer.android.com>
2. 鳥哥(2006)，鳥哥的 Linux 私房菜—基礎學習篇，台灣，上奇資訊。
3. 謝文程(2005)，嵌入式系統之 U-Boot 移植與實作，國立台灣科技大學資訊工程系碩士論文。
4. Linux Kernel official website, <http://www.kernel.org>
5. “BIOS” Wikipedia, <http://zh.wikipedia.org/wiki/BIOS>
6. The DENX U-Boot and Linux Guide, <http://www.denx.de/wiki/DULG/WebHome>
7. Ubuntu official web site, <http://www.ubuntu.com/>
8. arm-linux 4.2.1 Toolchain, <http://ftp.snapgear.org/pub/snapgear/tools/arm-linux/arm-linux-tools-20070808.tar.gz>
9. U-Boot official website, <http://www.denx.de/wiki/U-Boot/>
10. 華亨科技(2007)，XSBase270 (EELiod) ADS/Linux/WinCE 實驗開發與實務。
11. The root filesystem, <http://tldp.org/LDP/sag/html/root-fs.html>

臺灣沉積岩區的電性地層特性之研究

The Study for Electrostratigraphic Properties of the Sedimentary Petrological Area in Taiwan

呂崇嘉
Chung-Chia Lue

東南科技大學 資訊科技與通訊學系 副教授 Department of Information Technology and Communication

摘 要

為解決電性地層研判上之問題，本文歸納出臺灣沉積岩區電性地層常見的特性以供電探法探勘之參考。

關鍵詞：地電阻測勘法、視電阻率、電性地層。

ABSTRACT

This paper discusses and summarizes common electrostratigraphic properties of sedimentary petrological area in Taiwan.

Keywords: Direct current resistivity method, Apparent resistivity, Electrostratigraphic.

壹、前言

地電阻測勘法係通電流於地下，由於岩層具不同之導電性，在地表呈不同之電性反應。一般野外施測經初步計算出的電阻率稱為視電阻率（apparent resistivity），當電流極間之展距增加，其視電阻率變化將引入深部地層的訊號比例增加。將此視電阻率與半展距的關係利用電子計算機作逆推計算處理（楊潔豪與呂崇嘉,1990a），即可求得地下各地層實際之電阻率及厚度，利用此電阻率差異即可分辨出之岩層稱為電性地層（electrostratigraphic）。當鄰近的兩測點，所測獲的電性地層系列一致時，其中相對的層位一樣、電阻率約略相等者，即可視為同一層。但單憑此一法則，在較大區域的探勘解釋上，會有困難，須再考慮其他因素如沉積環境所造成同一地層電性的側向變化等影響因素。也就是說，要達成物理探勘目標亟需建立更多規則以提供對探勘結果做正確的研判。

本文參閱楊潔豪教授、陳平護副教授、董倫道副教授等歷年之研究及本人多年研究成果歸納出臺灣沉積岩區電性地層常見的特性以作為研判電性地層之關鍵技術。

貳、探測原理及方法

（一）、電探儀器

本文引用之探勘資料皆採用日本 OYO 公司製造的 Mcohm-I 型地電阻探測儀組，輸出電流為低頻交替直流電，最大輸出電流為850毫安培，最大輸出電壓 VPP=400伏特，電流精度(誤差)在 1.0 % 以內，電位準確度(誤差)在0.5 % 以內，且本儀器具有記憶與多次記錄疊加平均(stacking)的功能。

（二）、理論概述與電極排列

直流電阻法係在地表經由一對電極(電流極A極與B極)通直流或極低頻交流電流於地下，此電流建立起地下人為電場，由於不同岩層具不同之導電性，電流在地下造成之電流密度分佈亦不同，而在地表呈現不同之電性反應(如地表各點電位變化)，故在地表上利用一對電極(電位極M與N)量測電位差之變化，經演算、分析，可估算地下地層導電性，進而推論地層之岩性及形貌。理論上，地表通入地下之電流強度、電位極間的電位差值及電流極與電位極間的相對位置，可寫成如下之關係式：

$$\Delta V = \frac{\rho I}{2\pi} \left\{ \left(\frac{1}{AM} - \frac{1}{BM} \right) - \left(\frac{1}{AN} - \frac{1}{BN} \right) \right\} \quad (1)$$

式中： ΔV 為電位極間的電位差

ρ 為介質的電阻率

I 為通入地下的電流強度

AM, BM, AN 及 BN 為電流極、電位極間之距離。

式(1)可改寫成：

$$\rho_a = K \frac{\Delta V}{I} \quad (2)$$

式中：K 稱為幾何因子，與電流極間之相對位置有關，是幾何補償項。後一項為電位對電流歸一項。上式之推導乃假設地下是一電性均質半空間介質。但實際上，地下電性地層多非均質半空間介質。因此，由 (2)式計算出的電阻率稱為視電阻率 ρ_a (apparent resistivity)，通常視電阻率不代表地下各電性地層的實際電阻率，而是代表在此種電極排列情形下，來自深度約為電流間距一半的所有電性地層的綜合效應。當電流極間之展距愈大，流經深部地層的電流增加，其視電阻率變化將反應愈深部地層的電性特質，因此愈大展距可探測愈大深度。若將視電阻率與半展距的關係利用電子計算機作逆推計算處理，即可求得地下各電性地層之實際電阻率及厚度，進而推定地下岩層特性、含水狀況等。

電極排列一般是採用施蘭柏吉排列法，若受地形限制則改採半施蘭柏吉排列法施測，此法係將一電流極置於測區遠處固定，在施測區佈一長測線，施測時，逐次由中心向外移動電流極，並量取電流與電位差大小。

(三)、資料處理流程

在探勘資料處理上，1990年前使用二階馬魁達法(Second-Order Marquardt Method ;Jupp and Vozoff ,1975)進行逆推處理，1990年後採用楊潔豪、呂崇嘉和陳金助(1990a)所發展之直流電阻法自動解釋系統，其法係以 Zohdy(1989)法為基礎，再將其所提快速修正模型之方法，更改為二階馬魁達法，結合兩者改進後，顯示對降低雜訊敏銳的影響頗為有效，且分層的數目可低於測深曲線上以數位化取樣的點數，故對電性地層層數之決定較具靈活性。此外擷取二階馬魁達法的功用，可對觀測點資料品質做可信度加權及由已知的井下資料或實驗數據對電性地層之參數做適度控制。此新法，逆推之處理不僅仍具有 Zohdy 以電腦自動化，不需事先猜測分層的數目、厚度與各層電阻率之優點，且對分析後之結果判定，功能更完整。資料處理程序如下：

- (A) 建立野外觀測資料檔。
- (B) 自動逆推解釋。
- (C) 繪製解釋結果。
- (D) 地質匹配解釋。

參、電阻率與岩相對比

影響地層電阻率變化的因素如地層的粒徑，組成成分、壓密程度、膠結程度、孔隙率、含水率、極化程度、孔隙水導電度和電解質含量等，其中孔隙水的導電度在同一層中近距離內通常變化不大。對於淘選度良好的地層，因在短距離內（200公尺）沉積環境變化不大其電阻率可維持在穩定的範圍內變化，組成顆粒愈細，電阻率變化範圍愈窄。一般而言，台灣的沉積岩區在地表下都處於潮濕狀態，電阻率愈小其對應的

地層粒徑愈小，但不同沉積期雖岩相類似的地層其電阻率仍會有差異。至於多大的電阻率對應於何種岩相，可由以下方法得到推論：

- (一).利用井邊的電探測點結果與鑽探井的岩柱比對，通常有鑽探井就不需要物理探勘。
- (二).臨近露頭的電探測點結果，可將露頭延伸至測點下，再加以推測岩層對應的電性地層之電阻率
- (三).表層可看得到、摸得到，因此其電阻率可採樣量測做為比較參考值。露頭與地表下岩層因乾濕程度和風化程度不同，電阻率有很大的差異，可當參考，不可直接引用。

陳平護(1987a)對台灣西中部第四系之電性地層學研究，曾歸納出台地型各測區的電性地層與岩性地層之對比。楊潔豪等(1989)亦曾由井下鑽探資料與電探結果對比出新竹科學園區之電性地層電阻率與岩相之關係，配合楊潔豪等(1987a)、楊潔豪等(1990b)、楊潔豪等(1992a)對北港地區、東港地區、高雄萬興地區的研究，可歸納出台灣西部淺層之電性地層電阻率與岩相關係，可分為兩大區域特性：中北部與南部，約略以嘉義為分界帶，南北特性不同。同一大區域內，相同岩相有相近的電阻率，但不同大區域其差異十分大，可能是基質與含鹽度的差異。

本文綜合以上結果及由淺部地層分析所得約略歸納出臺灣沉積岩區電性地層之電阻率與岩性之關係如下：

岩 相	電 阻 率
巨礫為主之礫石層	電阻率 大於 2500(歐姆—米)
卵—巨礫之礫石層	電阻率 1800-2500(歐姆—米)
卵礫為主之礫石層	電阻率 500-1800(歐姆—米)
卵礫含砂土之礫石層	電阻率 250-1100(歐姆—米)
細礫層或夾礫砂岩層	電阻率 150- 450(歐姆—米)
粗砂岩層	電阻率 80- 350(歐姆—米)
砂岩層或泥質砂岩層	電阻率 60- 250(歐姆—米)
紅土層	電阻率 25- 500(歐姆—米)
粉砂層、砂土層	電阻率 40- 100(歐姆—米)
泥土層	電阻率 小於 40 (歐姆—米)

有了以上岩相與電阻率比對依據，施測者可用以解釋電性剖面，但正確的判識，仍需要施測者豐富的經驗、施測時的掌握與對當地地質與環境的瞭解，做適度地調整，若有鹽水入侵地層則以上電阻率不適用。

肆、臺灣沉積岩區電性地層特性與研判規則

臺灣沉積岩區電性地層會具有以下常見的特性與研判規則：

1. 在淺部，解析度高，相當於小尺度岩性分層。
2. 在深部，解析度較低，相當於較大單位岩性分層。乃數層合併為一層，以等效電阻率表現。
3. 就單一測點結果而言，可視同一口鑽探井資料。
4. 單一岩層，因含水飽和度不同，可被畫分為兩層或兩層以上的電性地層。
5. 粒級層亦可被畫分為數段電性地層，視解析度而定。
6. 黏土層或泥層之電阻率變化單調，若分佈寬廣、連續性佳時，可當為電性地層的關鍵層(Key bed)。
7. 河流的沖積作用，上游顆粒粗，為高電阻率材料，下游顆粒細，為低電阻率材料。若有此電性相變 (phase change) 現象，電性地層仍將其視為同一層，即容許同一電性地層中，電性有側向變化。例如：蘭陽地區(楊潔豪,1992b) (江新春,1976) 探勘結果，在地電阻率解釋剖面圖中之 B 層即有此明顯現象，可見到此層之電阻率與厚度向東遞減，其組成顆粒亦由粗變細，有明顯的側向粒級現象。從 B 層之電阻率等值圖觀察，高電阻率存在於西半部與東南角，顯然與蘭陽溪、羅東河、新城溪的沖積作用有關。從等值線的變化可知，來自西邊的蘭陽溪沖積扇與來自西南邊的羅東河沖積扇到羅東西邊複合，意即在羅東西邊之等電阻率線顯露沖積扇的特性與形態。兩沖積扇複合後，等電阻率線間距拉大、變化平緩且分佈寬廣，推測此乃在濱海沉積受海水的沖積作用所造成。整體而言，由電阻率研判，此層西部以礫為主，向東逐漸轉為細砂為主。靠近蘭陽溪與羅東河上游，厚度較厚，顆粒較粗，南北方向上，愈近蘭陽溪愈厚。此層最大厚度在三星附近，約100公尺。此例說明直流電阻法可明確探測沖積扇範圍、深度與厚度變化。
8. 同一電性地層電性有變化，除第4.點指出的現象外，其它地質現象如風化程度、壓密程度、變質程度、破裂、孔隙水多寡及鹽度等差異，亦可造成，通常這些變化都有條理可尋，須從測勘環境點出這些條理。例如固結岩區頁岩層的節理密集破裂帶常成為地下水通路，致使在同一地層中出現低電阻率帶。反之，在破裂帶中無水，即出現高電阻率帶。因此探勘目標是尋找地下坑洞、煤礦坑道、下水道定位等可找高電阻率帶，探勘目標若是尋找導電性污染滲漏或地下水等可找低電阻率帶。有些情況會和上述情況相反，探勘者一定要注意探勘目標與周圍的電阻率對比關係，例如被盜採的廢煤礦坑下端常充滿礦渣和水，呈現出低電阻率帶。
9. 岩層組成較均質、均向，其電阻率變化亦較平緩，常見於海相沉積岩層。
10. 臺灣西中部常見的礫石層，可分為數層，同一層又可分為數期，而電性地層在部分地區如南八卦山(陳平護,1987) (劉昶成與呂崇嘉,1993) 能分辨出此不同層不同期的差異，除了電阻率差異明顯外，有的以交角不整合出現。

基本上，電性地層和岩性地層不太一樣，是無法處處吻合。但是岩性地層的種種

變化現象，只要能造成明顯的電性對比，即能確確表現在電性地層中的變化。

因此，由電性地層的形(分佈)與量(電阻率大小)的變化，可用來推論地層之岩性與形貌，有時亦可看出部分沉積特性。例如：位於南投縣集集鎮附近大石公溪的支流谷地上（陳平護與呂崇嘉,1992），岩層屬頭嵙山層香山段，走向大致為北偏東10至50度，傾角大約為40至50度向東南，谷地兩側山丘出露的岩層為細沙岩。測點分佈橫跨谷底，測勘結果經研判地表下存在一小 s 型埋積河道，乃下部的泥質粉砂基岩被沖蝕形成河道而後被埋積從地表消失，此埋積河道最底層為砂層，中層為砂土層，上層為夾礫砂土層，若觀察地表地形與岩層分佈，可知此谷具發展層理河條件，因此其下存在埋積河道應屬合理。從集水區與水路判斷此埋積河道為此固結岩區的地下水通路之一，取水井井位可定在其上。

伍、討論與結論

直流電阻法測獲一剖面的數據，若地下各地層均質性佳，繪出電阻率等值線圖類似電阻率影像剖面 RIP (Resistivity Image Profiling)，即能呈現地下地層的輪廓，看起來如同健康檢查的核磁共振 (NMR, Nuclear Magnetic Resonance) 影像圖，很遺憾，這種理想狀態在台灣未曾見過。只要內含一非均質地層其電阻率變化範圍大，該影像圖就面目全非。因此須以人工辨視，能將測獲的數據從中找出規則並匹配上地質的意義與地層樣貌，這不是一件容易的事，因為答案不只一個，即使是經驗豐富的探勘者也要長時間縝密的思考。對於地質知識涵養不足的探勘者不用說常是胡說八道居多。

不論何種物理探勘方法，從處理完成的數據到結果解釋，這中間的思考過程如何，常成為不傳之秘或是公司的核心技術，一般也很難教會新進者，因此本文整理出10項臺灣沉積岩區的電性地層特性與研判規則以及岩相匹配的電阻率，再配合地質學知識，從電性剖面中電阻率的形與量的變化，不難推估出地下岩層的大致形貌、分佈、岩相及部分特性或尋獲探勘目標如空洞、破碎帶、地下水等。

直流電阻法是一種淺層穩定、可靠的探測利器，深層解析度稍差。本文整理出的10項特性與研判規則，相信對後進者的資料判讀能力應有很大的提升。

陸、參考文獻

1. Jupp, D.L.B., Vozoff, K.,1975. Stable iterative methods for geophysical inversion, *Geophy. J. Roy. astr. Soc.*,42,957-976.
2. Zohdy,A.A.R.,1989. A new method for the automatic interpretation of Schlumberger and Wenner sounding curves,*Geophys.*,54,245-253.
3. 江新春,1976. 宜蘭平原之震測,礦業技術,第十四卷,第六期,215-221頁。
4. 陳平護,1987. 台灣西中部第四系之電性地層學研究,國立中央大學地球物理研究所博士論文。

5. 楊潔豪、董倫道、呂崇嘉,1987a. 電探法應用於鹽水入侵之綜合解釋研究,行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告。
6. 楊潔豪、陳平護、陳洲生、余貴坤、董倫道、呂崇嘉、毛美龍,1987b. 苗栗縣三義及銅鑼地區地球物理探勘,經濟部中央地質調查所專題研究成果報告。
7. 楊潔豪、陳平護、陳洲生、陳春盛、盛若磐, 1989. 新竹科學工業園區地下水探測計畫報告。新竹科學工業園區管理局委託研究。
8. 陳平護、楊潔豪、陳洲生、謝昭輝、呂崇嘉,1990. 金門地區及蘭嶼地區地球物理探勘,行政院核子能委員會核能研究所委託研究成果報告。
9. 楊潔豪、呂崇嘉、陳金助,1990a. 直流電阻法自動解釋系統,中國地質學會1990年會論文宣讀。
10. 楊潔豪、呂崇嘉,1990b. 新園地區地下水鹽化調查,國立屏東農專委託研究。
11. 楊潔豪、呂崇嘉、李正兆,1992a. 萬興地區之地電阻測勘,台灣大學農業工程學系委託研究。
12. 楊潔豪、呂崇嘉、林思源、陳平護,1992b. 蘭陽平原之電性地層研究,中央地質調查所特刊,V.6,251-262.
13. 陳平護、呂崇嘉,1992. 集集基地地下水探測及出水量評估,千升水電工程有限公司委託研究報告。
14. 劉昶成,呂崇嘉,1993. 高速鐵路彰化至雲林段(D-05)細部設計補充工程地質探查—地球物理探測工作報告,中興工程顧問社委託研究。

無線射頻 RFID 之應用-進化校舍系統研製

后瑞成

方耀鴻

Ray-Chen Hou

Yew-Hong Fang

東南科技大學 資訊科技與通訊系 講師 Department of Information Technology and Communication

摘 要

科技來之於人性，進步的科技可用來提升人類生活的品質，尤其網路是今日的明星，善加利用網路監控可以達到良善管理與節能省電，是大家所樂意見到的。無線射頻身份識別 RFID 門鎖加上網路應用於學生宿舍，只要透過雲端即可管理學生住宿的生活狀況，也能改進住宿同學個人鑰匙的管理問題。電能管理加上 RFID 與網路可以達到使用者付費與監控貴重物品的有效管理，也不會發生學生不在宿舍電燈、電腦、冷氣均忘了關而產生能源在不經意的情形下浪費，研製本系統會達到使用者付費的理想境界，並不會造成我獨用而其他人需要共同付費的不公平的情境，使用本進化校舍系統可以培養出同學正確使用能源的習慣。

關鍵詞：RFID、網路監控、電能管理

ABSTRACT

Technology of human nature and progress of science and technology can be used to enhance the quality of human life, in particular, the Internet is the star of today to take advantage of the network monitoring can achieve the good management and energy saving, we are happy to see. Radio frequency identification RFID locks plus network used in student dormitories, accommodation classmates personal key management issues through the cloud to manage student accommodation and living conditions, but also can improve. Power management with RFID network can achieve effective management of user fees and monitor valuables. Students not in the dormitory lights, computers, air conditioners, forgot to close the generated energy is wasted in the case of casual, developed the system will achieve the ideal user fees also will not happen, and will not cause me used alone while others need co-payment unfair situations, using the evolutionary campus system can cultivate the habits of the students the proper use of energy.

Keyword: RFID, Network Monitoring, Power Management

壹、前言

RFID (Radio Frequency Identification)無線射頻身份識別，為非接觸式自動識別技術的一種。國內較有名的應用是台北、高雄捷運的悠遊卡。國外較有名的應用是美國零售業龍頭 Wal-Mart，主要是使零售業的供應鏈模式更有效率並降低管理成本，它被認定為21世紀10大重要技術之一，可以將人類的日常生活從 e 化帶到 M 化，最後進入 U 化的地步。所謂的 U 化指的是「Ubiquitous」一無所不在的意思。

1969年美國軍方設立 ARPANET 實驗網路，把分散在三個洲的十多處研究設施的電腦連結起來後，學界、企業界大量投入網路研發，在1980年代 TCP/IP 成為網際網路的標準通訊協定後，網路就如雨後春筍蓬勃發展；1990年連線電腦約少於三十萬台，但到了2002年2月粗估約有5億5千萬人上網，如今網際網路已經發展成為像人類吃三餐一樣的自然。

雲端運算 (Cloud Computing)，是一種基於網際網路的運算方式，透過這種方式，共享的軟硬體資源和資訊，可以按需求提供給電腦和其他裝置。簡單的說，就是：分散在各地不同的電腦提供強大的運算能力，透過網路連線、溝通、同時進行運算。

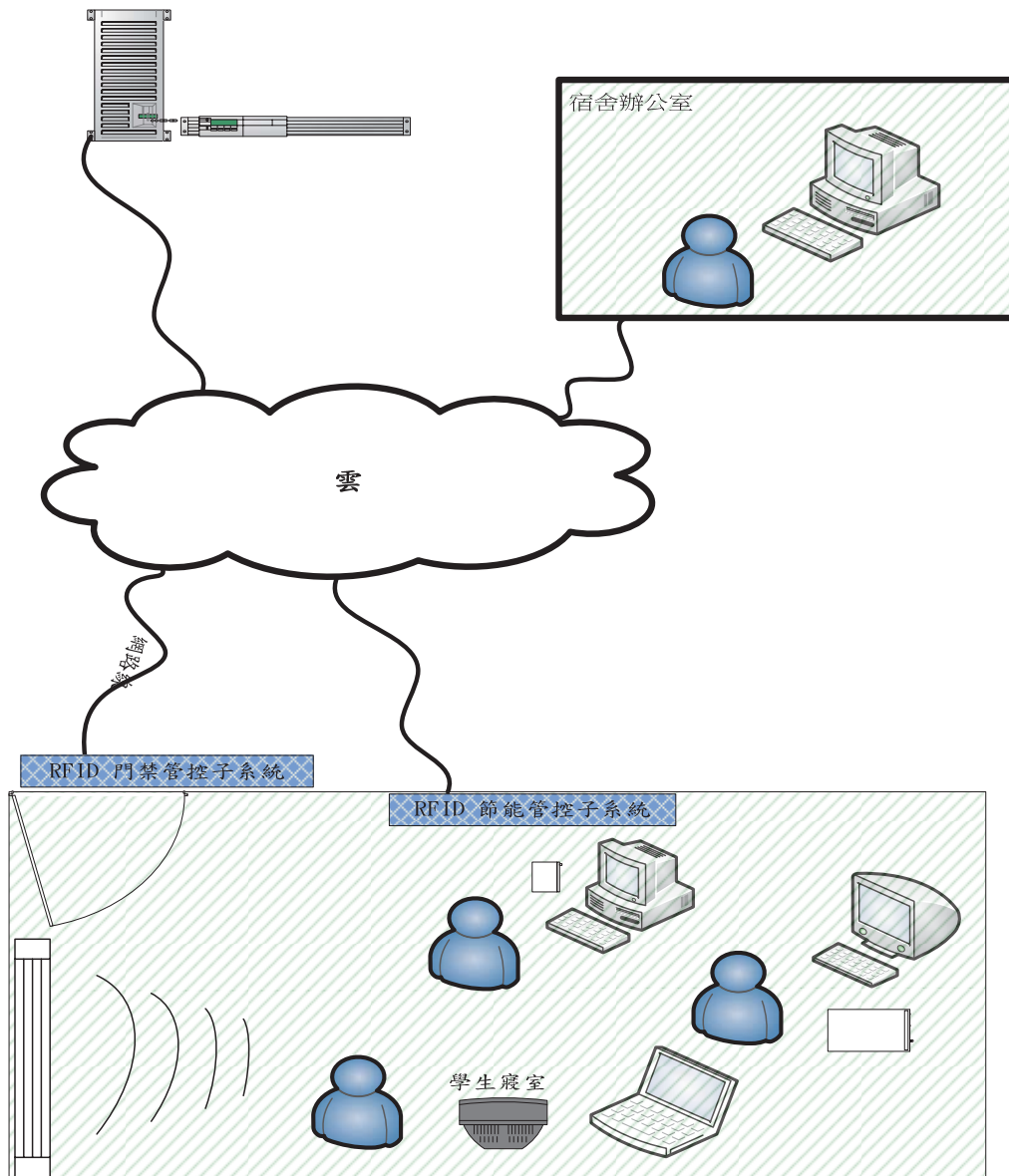
目前的科技應用就是要促使人們生活-方便、進步、現代化、節能、有效管理等，多年接觸過一些各級學校住宿學生，瞭解到目前一般學校宿舍都沒有上述各項進步化的特色，如果能夠將上述科技運用到學生宿舍的設備上，校舍就可以從過去老舊樣式進化到結合到現代科技樣貌。

貳、系統硬體設計

進化校舍系統是由兩個子系統組合而成的系統，如圖一所示，其中 RFID 門禁管控子系統，使用 RFID 卡管控學生的進出，學生進出記錄資料透過網路儲存在雲端，隨時隨地可查知學生在宿舍中的動態；另一系統為 RFID 節能管控子系統，其也是透過 RFID 以及電流感測器，將學生用電狀況透過網路記錄在雲端資料庫中，使用雲端運算以便在月底計算個人用電費率，以做到使用者付費，以避免個人的浪費造成大家的負擔。

一、RFID 門禁管控子系統

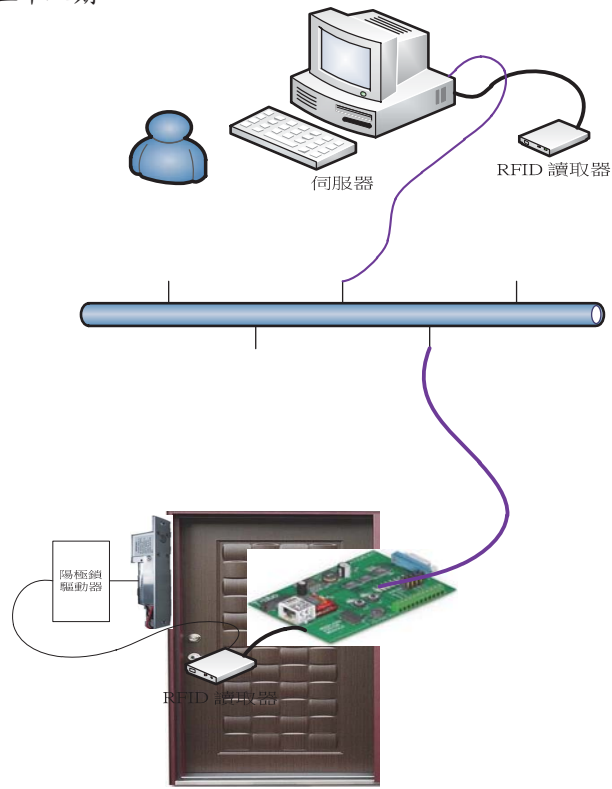
圖二是 RFID 門禁管控子系統硬體圖，每個宿舍房間門鎖均改裝上 RFID 讀卡機，學生使用 RFID 卡刷過讀卡機，房間門就會自動開啟，不需要攜帶笨重又傳統的鑰匙；RFID 卡刷過安裝在房門上的讀卡機後，經軟體認證通過後，讀卡機會驅動陽極鎖將門打開，同時將卡號透過 RS232 Com Port 傳送至 EM1206(Tibbo 產品)，EM1206 從 RS232收到的卡號資料會自動透過網路傳送回雲端資料伺服器，資料伺服器就將刷卡學生的姓名、刷卡日期、時間等記錄資料儲存在雲端，以備不時之需。另外此系統中在宿舍辦公室同時也安裝了一部 RFID 讀卡機，其作用是當學生將卡遺失或是損壞時補發新卡時使用，因為有了此系統就可以不需要到現場進行更換新卡的費時工作，只要將新卡刷過讀卡機取代舊卡，然後，透過網路在遠端進行更換新卡的工作就可以了，雲端資料庫也可以一起更新，非常方便也容易。



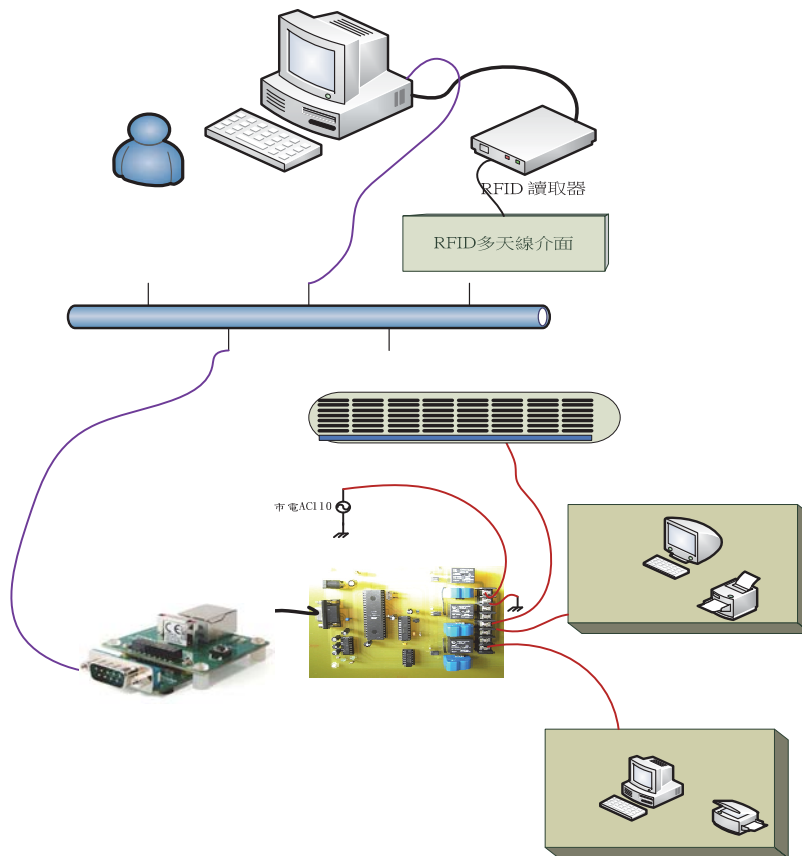
圖一、進化校舍系統架構圖

二、RFID 節能管控子系統

圖三是 RFID 節能管控子系統硬體示意圖，目前學校宿舍房間均裝有冷氣，乃由同一寢室同學們共同付費購買，使用時將 RFID 卡插入讀卡機開啟冷氣，此時開始計時扣費，但是住在同一間的同學生活習慣、家庭經濟背景均不同，所以就會有不愉快的情形會發生，若是使用子系統就可以達成使用者付費的理想境界，如此就可以避免不愉快的情形發生。此一子系統有壹台多天線 RFID 讀卡機，學生回宿舍要使用電能就必須將卡片插入多天線 RFID 介面上任意一個位址，此時就可以開啟個人使用的電器設備，此時子系統中的電源監控模組會將測量使用電流量、使用的時間換算成點數，透過網路傳回雲端資料庫計算學生使用的電能，學生也可以透過雲端系統查知個人使用電能情形，以便調整個人使用電能習慣。



圖二、RFID 門禁管控子系統

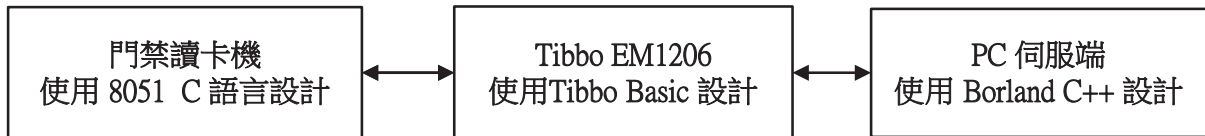


圖三、RFID 節能管控子系統

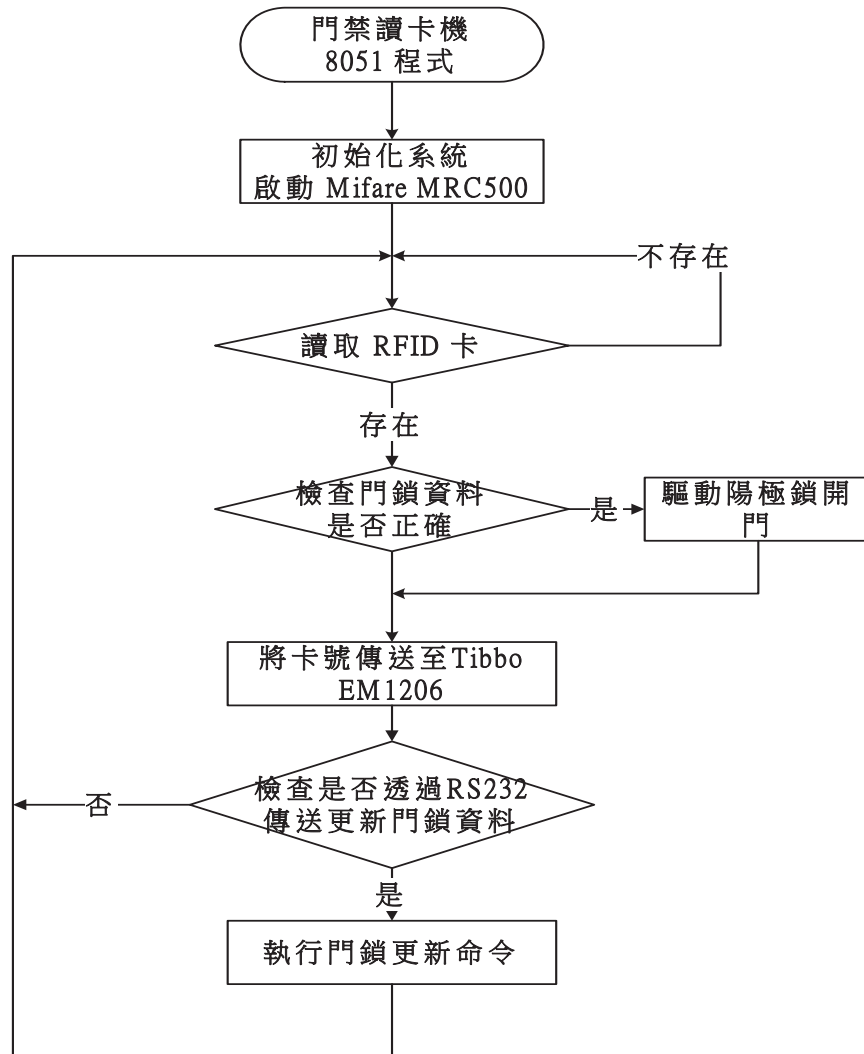
參、系統軟體設計

一、RFID 門禁管控子系統軟體設計

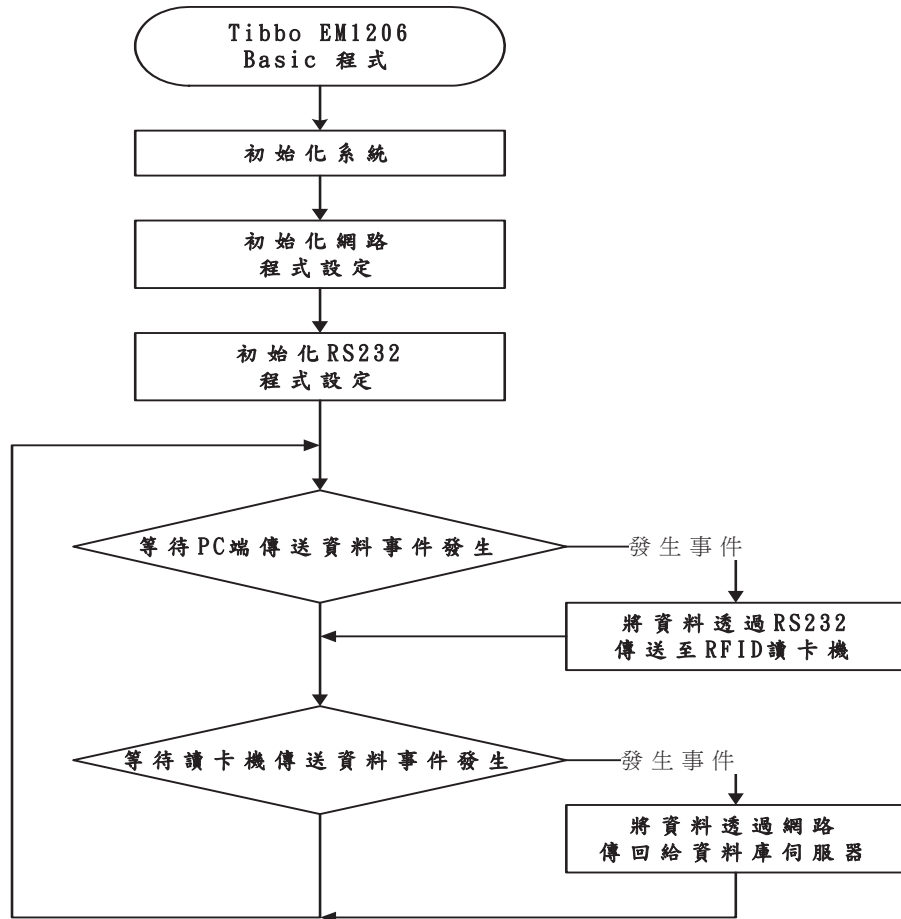
RFID 門禁管控子系統軟體設計共有三個部分如圖四所示，門禁讀卡機程式：執行開、關鎖、讀取卡號回傳，如圖五，Tibbo EM1206 程式：執行 RS232 與網路轉送，如圖六，PC 伺服端程式：執行記錄 RFID 開門資料、遠端更新卡號，如圖七。



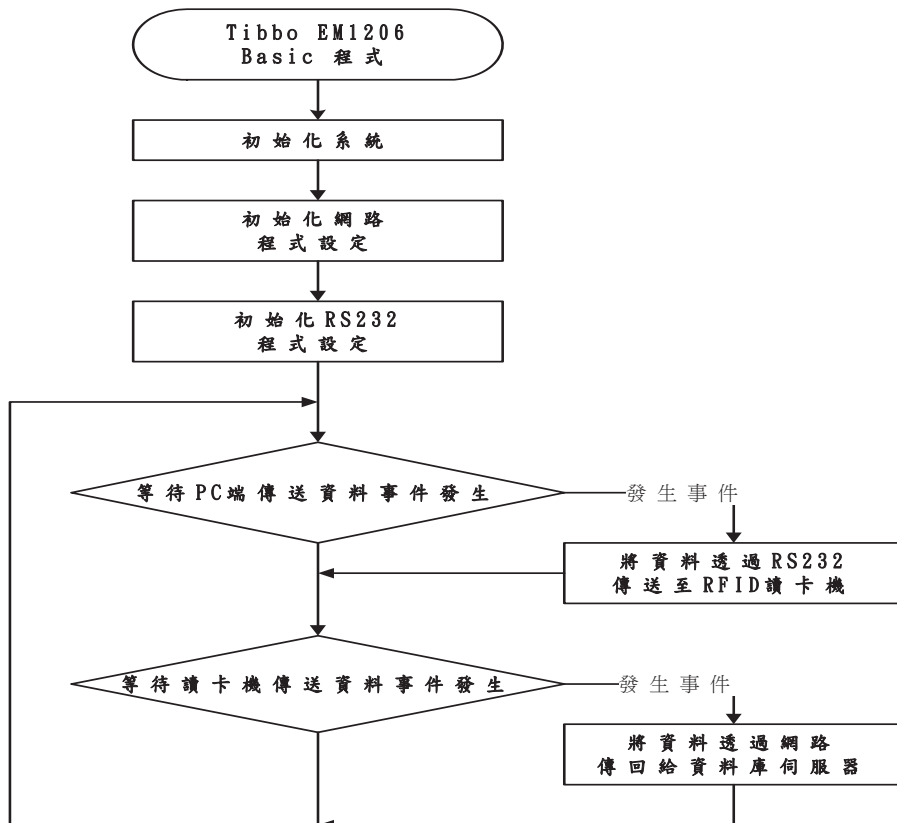
圖四、門禁管控子系統軟體設計



圖五、RFID 門禁讀卡機程式



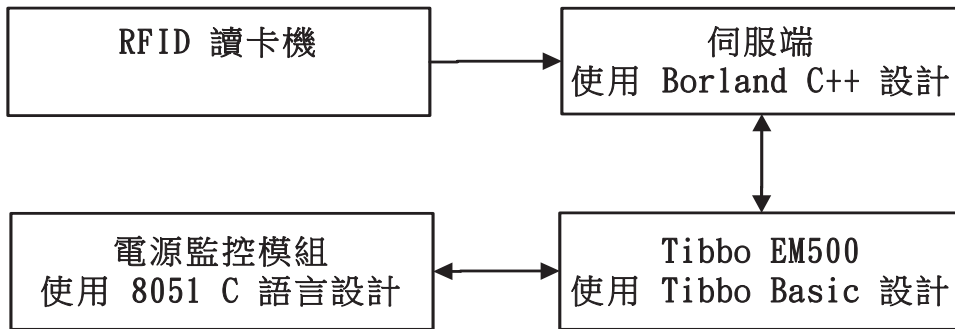
圖六、Tibbo EM1206 程式



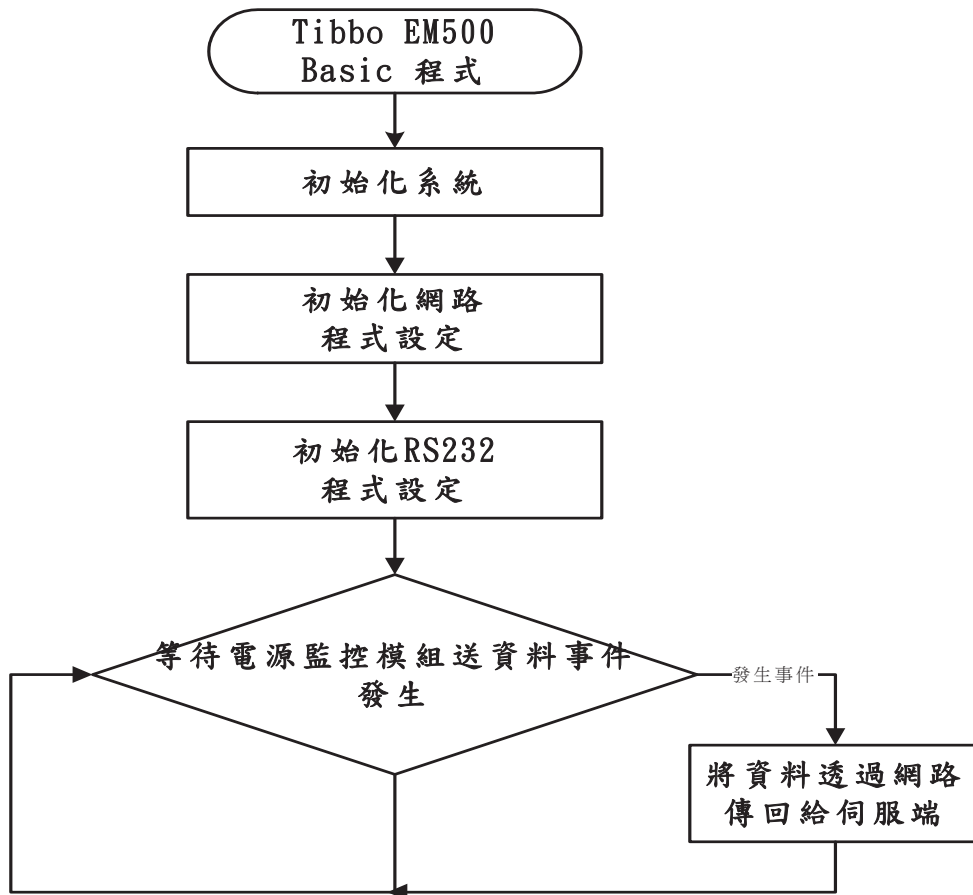
圖七、PC 伺服端程式

二、RFID 節能管控子系統軟體設計

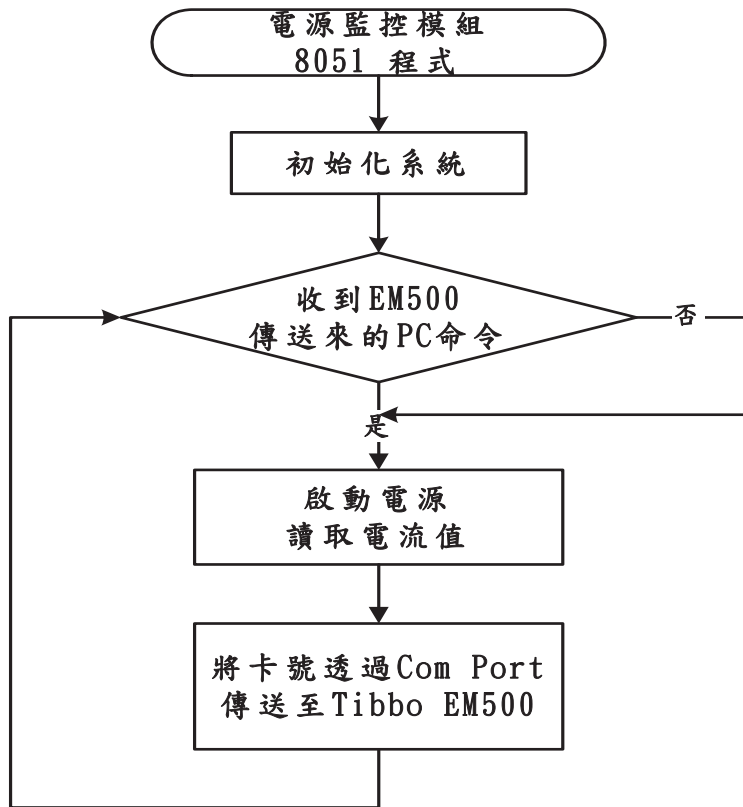
RFID 節能管控子系統軟體設計共有四個部分如圖八所示。Tibbo EM500 程式：執行 RS232 與網路轉送工作，如圖九。電源監控模組：控制電源開啟與關閉，並量測使用電流量並透過 RS232 連上 EM500 再經過網路回傳至 PC 端，如圖十。伺服端程式：收集與記錄資料並計算使用電量，如圖十一。



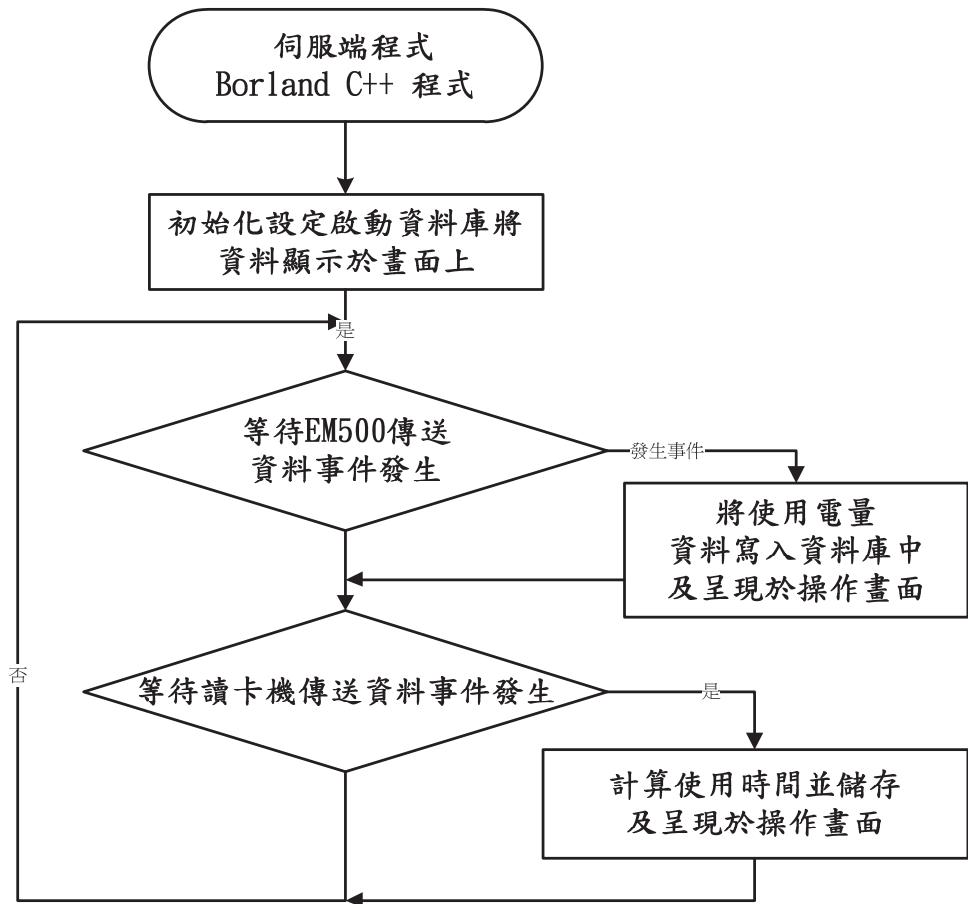
圖八、節能管控子系統軟體設計



圖九、Tibbo EM500 程式



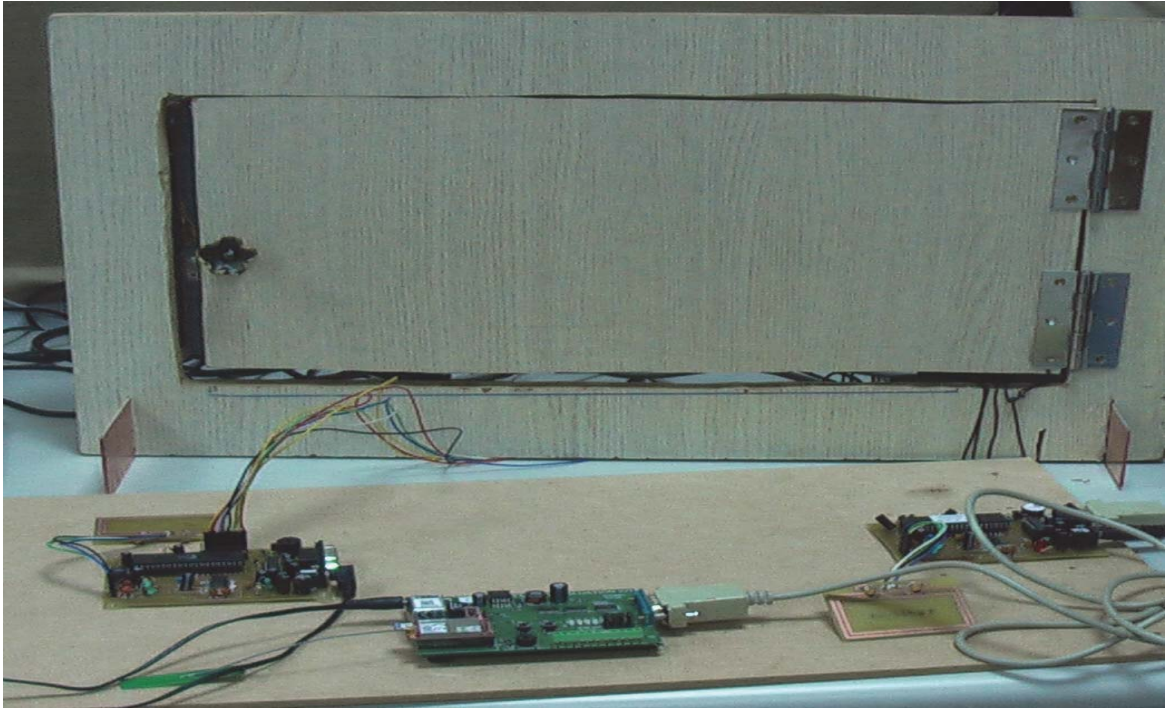
圖十、電源監控模組程式



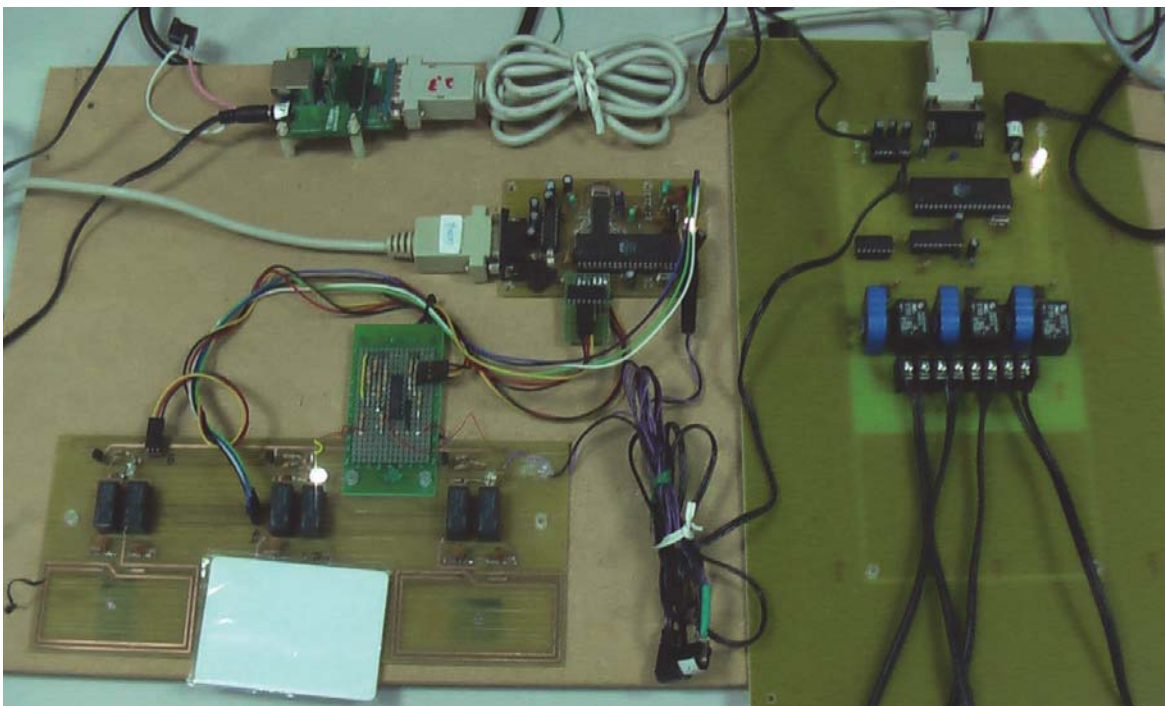
圖十一、伺服端程式

肆、成果及成效

前面章節說明進化校舍系統硬體與軟體內容，本系統研製成果如圖十二：是 RFID 門禁管控子系統的實體照片。圖十三：RFID 節能管控子系統的實體照片。



圖十二、RFID 門禁管控子系統照片



圖十三、RFID 節能管控子系統照片

進化校舍系統具體成效如下:

1. 門鎖現代化及新盈化：取代舊式有鎖孔固定形狀的門鎖，方式設計各種新盈造型的門鎖，並且可以不用攜帶一大串笨重的金屬鑰匙。
2. 門禁管控容易及嚴謹：學生進出宿舍均使用安全性高的智慧 RFID 門鎖，可以將進出時間資料透過網路記錄在資料伺服器中，對舍監是一利器可以全盤掌握目前有多少學生在校舍，更可以知道那些學生在宿舍，家長或是導師打電話來查也就馬上可以回答。
3. 協助大意的不便：學生忘記攜帶鑰匙可以使用手機連網，透過 Tibbo EM 系列嵌入式系統內建 Web Server 認證開啟門鎖，就可以不需要千薪萬苦請同學或舍監幫忙來開門，或是用破壞門鎖方式進入，更要不得的是爬窗進入房間內。
4. 立即補救遺失門鎖：因為有 Tibbo 連網功能所以可以做到立即透過網路更新門卡，補救遺失了門鎖又要花費請鎖匠更新門鎖。
5. 實現節能方向：基於使用者付費與有效節能管理的觀念，同室友各人均有一張 RFID 可以開啟個人的電能，使用多的同學就自行多付費，不需要同室友全體一起付費，建立同學們的正確使用能源觀念，因為使用者付費就可以避免電腦或是檯燈整晚一直開著不關，避免了不經意的浪費，也可以改善室友間不同的作息習慣。

伍. 結論與未來研究

利用進化校舍的實體實現 RFID 技術、網路技術、雲端科技，這只是一個開始也是一個概念的鋪成，網路化與雲端運算的時代將會是便利人類生活上的利器，我們想當然而自然不可以缺席這場永無止盡的盛會。

本系統可以推廣到旅館業、工廠、大型企業上，甚至是家家戶戶的門禁網路化，家庭用電節能網路化，達成科技來之於人性的境界。

陸、參考文獻

- [1] 鄭群星，RFID 原理基礎篇，全華科技圖書，pp.2-1~2-17，2011
- [2] 洪進財，網際網路遠端監控，pp.11-24~11-29，2006
- [3] 李文昌、董勝源，MCS-51 C 語言網路控制實習，pp.2-1~2-8，2006
- [4] 李勁，精通 C++ Builder 6，文魁資訊股份有限公司，pp.3-1~3-14，2002
- [5] Tibbo 系列產品線上手冊：<http://docs.tibbo.com/>
- [6] Tibbo 系列產品介紹：<http://tibbo.com/products/>
- [7] Tibbo Firmware 網站：<http://tibbo.com/downloads/basic/firmware.html>

視窗函數的有限響應數位濾波器設計

A Digital Nonrecursive FIR Filter Design Based on Window Exponential Function

謝昌勳¹戴永龍¹黃國興²Chang-Hsun Hsieh¹Yong-Long Dai¹Guo-Sing Huang²

¹東南科技大學 資訊科技系 副教授
²東南科技大學 電機研究所 研究生

Department of Information Technology and communication
 Graduate Institute of Electrical engineering

摘 要

設計數位濾波器時，遠端的阻帶(stopband)衰減是一個最重要的參數。子頻帶編碼(subband coding)想利用不同的獨立濾波器來處理，例如在語音處理上為了使能量從一個頻帶到另一個頻帶的漏失(leakage)為最小時，阻帶的遠端衰減是個重要的參數。本論文提出了一個視窗函數，對於有限脈衝響應數位濾波器(FIR digital filter)設計上提出一個新的視窗函數。此視窗函數提供了更好的遠端旁波帶衰減，已被證明指數視窗函數比 Kaiser 視窗函數有較好效果。

關鍵詞：視窗函數、旁波帶遠端衰減、有限脈衝響應數位濾波器。

ABSTRACT

As the signal to be filtered has great concentration of spectral energy, the far-end stopband attenuation is the most significant parameter. In a sub-band coding, the filter is intended to separate out various frequency bands for independent processing. In case of speech, e.g. the far-end rejection of the energy in the stopband should be large enough so that the energy leakage from one band to another is can be minimized. In this paper, we proposed a new windows function. This function featured with a less far-end stopband attenuation than Kaiser and exponential windows function.

Keyword: windows function, far-end stopband attenuation, FIR digital filter

壹、簡介

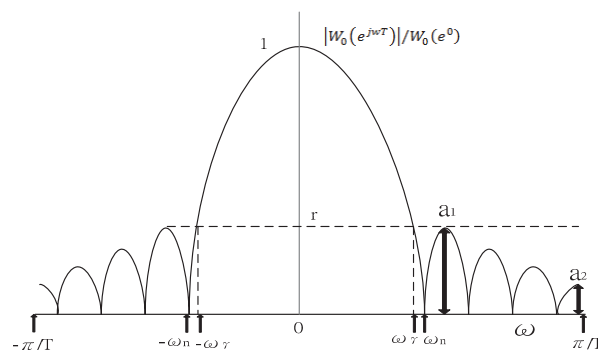
視窗函數設計有限脈衝響應數位濾波器是最簡單的方法，雖非最佳化設計方法，但其所需乘法器運算時間最少。在某些應用上需要用視窗函數設計有限脈衝響應數位濾波器。如對於波束成型技術濾波器設計及語音處理的應用上，指數視窗[1]比 Kaiser 視窗函數[2]有較好的旁波瓣衰減率。過去已有很多文獻[1-7] 討論視窗函數。當濾波器設計需要更佳的濾波特性時遠端的阻帶衰減是一個最重要的參數，在子頻帶編碼(subband coding) 上使用不同的獨立濾波器來處理頻帶，例如在語音處理上為了使能量從一個頻帶到另一個頻帶的漏失(leakage)是最小時，阻帶的能量遠端衰減是更為重要。因此濾波器在設計時必須提供較好的遠端阻帶衰減(阻帶的最後一個漣波的振幅大小)。數位有限脈波響應濾波器利用 Kaiser 視窗設計比多爾夫 - 切比雪夫(Dolph-Chebyshev)[3]和 Saramaki[4]所提的方法都有較好的遠端阻帶衰減。文獻[1]所提的指數視窗函數又比前面方法有更好的遠端阻帶衰減。本文提出一個新的濾波器設計的視窗函數。與文獻[1]視窗函數比較，有更好的遠端阻帶衰減。

貳、視窗的頻譜函數

一個視窗函數 $w(n)$ 在時間領域上擁有長度 N 且其定義在 $n \leq |(N-1)/2|$ 非零其餘為零的時候，其頻譜可以表示為

$$W(e^{j\omega}) = e^{-j\theta(\omega)} W_0(e^{j\omega}) \quad (1)$$

在此 $W_0(e^{j\omega})$ 被稱為振幅函數，其振幅及相位被寫為 $A(W) = |W_0(e^{j\omega T})|$ 及 $\theta(\omega)$ ，另外 $|W_0(e^{j\omega})|/W_0(e^0)$ 為振幅頻譜的正規化表示。



圖一：為典型的視窗正規化頻譜及一些共通的頻譜特性的表示。

一個重要的視窗參數漣波比 γ 被定義為

$$\gamma = \frac{\text{最大旁波瓣振幅}}{\text{主波瓣振幅}} \quad (2)$$

(參考圖一)最大旁波瓣振幅除以主旁波瓣振幅。這個漣波比通常是比 1 小的值因此為了方便上通常以 R 的倒數 dB 值來表示。

$$R = 20 \log_{10} \frac{1}{\gamma} \quad (3)$$

在此這個 R 被詮釋為相對於主波瓣的最小旁波瓣衰減，另外一個參數用來形容視窗的旁波瓣的模型是旁波瓣下滑率 s 被定義為

$$s = \frac{a_1}{a_2} \quad (4)$$

在此 a_1 (MSA)跟 a_2 (FSA)為相對於主波瓣最近和最遠的旁波瓣振幅，如果 S 是旁波瓣下滑率的 dB 值表示，就那麼 S 與 s 的關係表示如下：

$$S = 10^{s/20} \quad (5)$$

如果旁波瓣下滑率更要有意義的話，其旁波瓣模型的封包必須是單調的增加或減少。旁波瓣下滑率可以描述旁波瓣能量的分配，當一個干擾訊號的位置被預先知道時，他提供了一個很好的解釋。更進一步有用的頻譜特性解釋可參考文獻[7]。

參、建議的視窗

在文獻[1]中提出以下的視窗函數：

$$W_1(n) = \frac{\exp(\alpha \sqrt{1 - (\frac{2n}{N-1})^2})}{\exp(a)}, \quad |n| \leq \frac{N-1}{2} \quad (6)$$

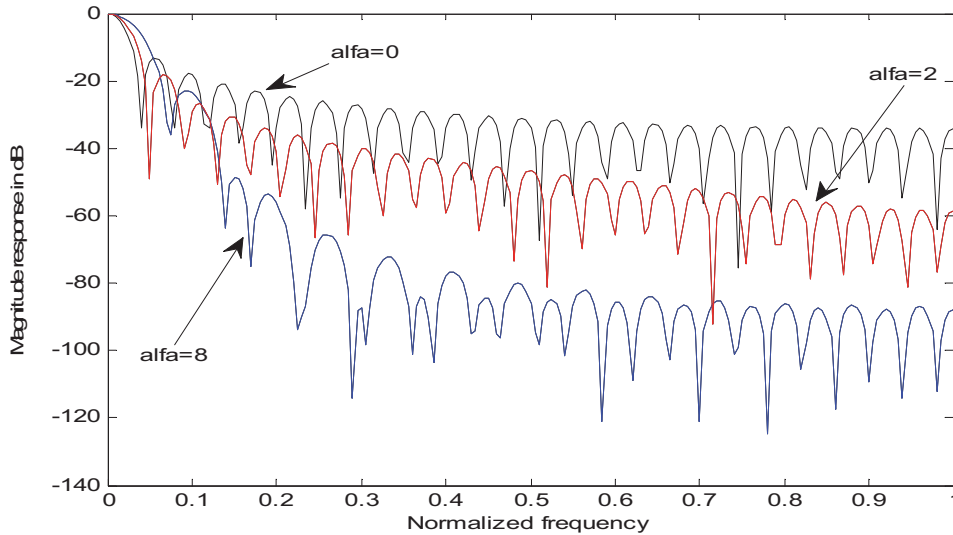
在此我們提出了一個新的視窗函數為 W_2 表示為

$$W_2(n) = \frac{\exp(\alpha \sqrt{1 - (\frac{2n}{N-1})^3})}{\exp(a)}, \quad |n| \leq \frac{N-1}{2} \quad (7)$$

對於一個正規化頻譜的 dB 值表示為

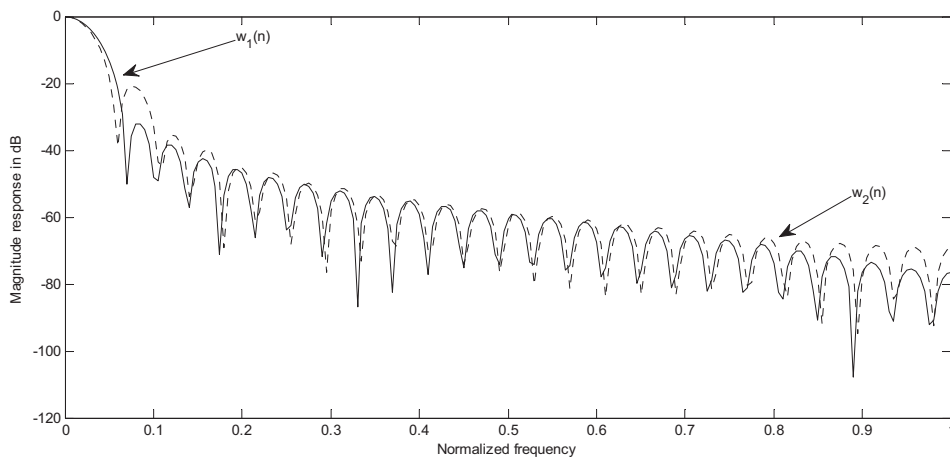
$$W_N(e^{jw}) = 20 \log_{10} \left(\frac{|A(w)|}{|A(w)|_{\max}} \right) \tag{8}$$

當我們改變 α 時，可以得到不同的視窗。圖二為我們提出的視窗函數長度為 $N=51$ 的頻譜，其中參數 α (alfa)=0 的時候相對於一個方形的視窗。從圖二我們可以發現到 α 增加的時候其主波瓣的寬度更增加但是漣波率減少。



圖二: 為 $W_2(n)$ 在 $N=51$ 及不同 α 值之頻譜。

圖三為 $W_1(n)$ 與 $W_2(n)$ 的視窗函數長度為 $N=51$ ， $\alpha=2$ 之頻譜，我們發現 $W_2(n)$ 擁有較窄的主波瓣，但漣波率較差。 $W_2(n)$ 更適合需要較陡峭的轉換帶之有限脈衝響應數位濾波器設計。不過當 $W_2(n)$ 的 α 值被改變時這個結果就不是絕對的，後面的例子顯示了另一個 $W_2(n)$ 的優點。



圖三: 為 $W_1(n)$ 與 $W_2(n)$ 在 $N=51$ 及 $\alpha=4$ 之頻譜。

肆、有限脈衝響應濾波器設計的應用

利用視窗函數設計有限脈衝響應濾波器是最直接相對於最佳化設計的方法所需要計算量是最小的。視窗設計的方法是利用傅立葉級數的方法去除及平滑化一個無限脈衝響應的理想原形濾波器。這個方法可以表示為

$$h(n) = W(n)h_{id}(n) \quad (9)$$

在此 $h_{id}(n)$ 為理想濾波器的無限脈衝響應，對於一個截止頻率 W_c 的低通濾波器其脈衝響應可表示為

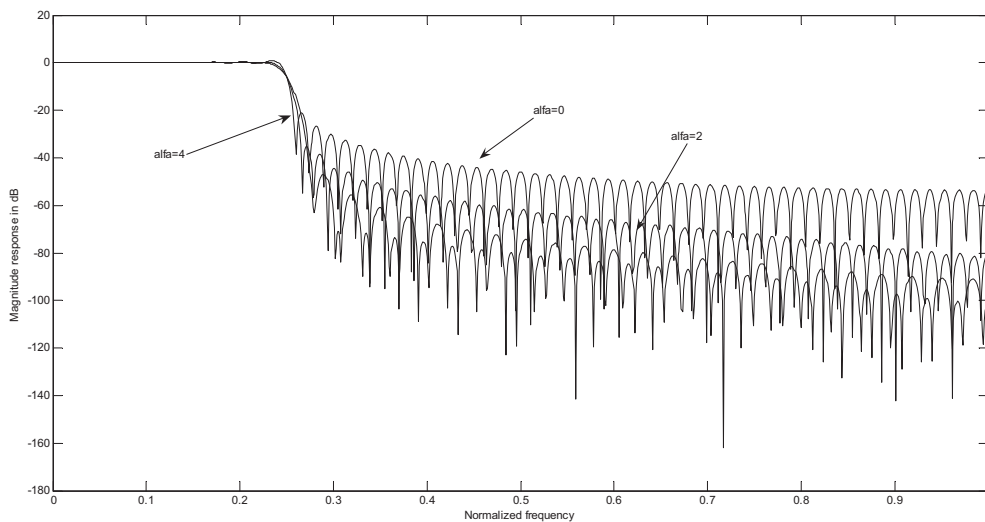
$$h_{id}(n) = \begin{cases} \frac{W_c}{\pi}; n = 0 \\ \frac{\sin w_c n}{n\pi}; n \neq 0 \end{cases} \quad (10)$$

對於一個長度為 N 的濾波器其對稱脈衝響應 $h(n)$ 可表示為

$$h(n) = h\left[n - \frac{N-1}{2}\right], \quad 0 \leq n \leq N-1 \quad (11)$$

由視窗設計的濾波器其通帶與阻帶的漣波大小是非常接近。

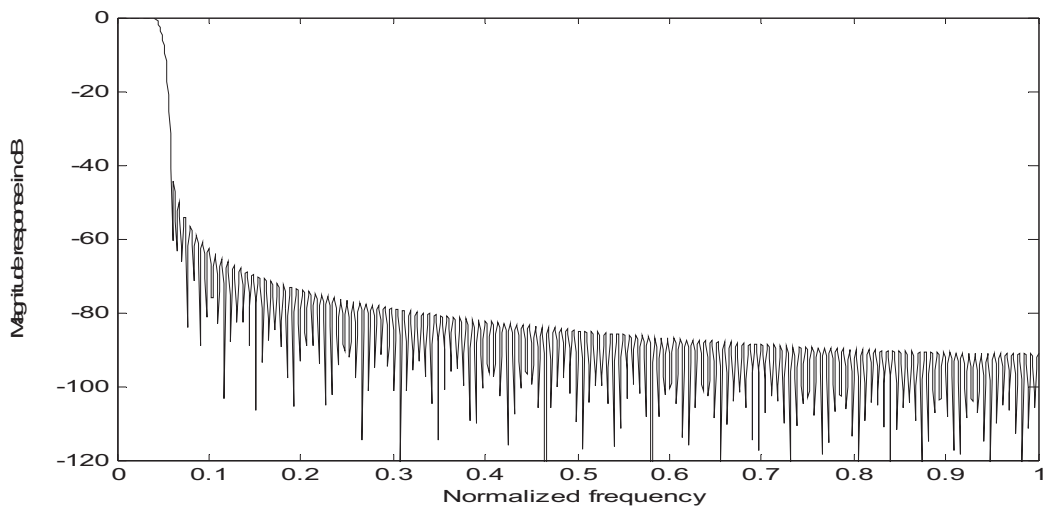
圖四為利用 $W_2(n)$ 所設計的濾波器頻譜的大小響應。濾波器規格為 $w_c = 0.25\pi$, $N = 127$ 。 α 分別為 0, 2 及 4。由圖四我們發現當 α 增加時 FSA 確實降低，但轉換帶變差。



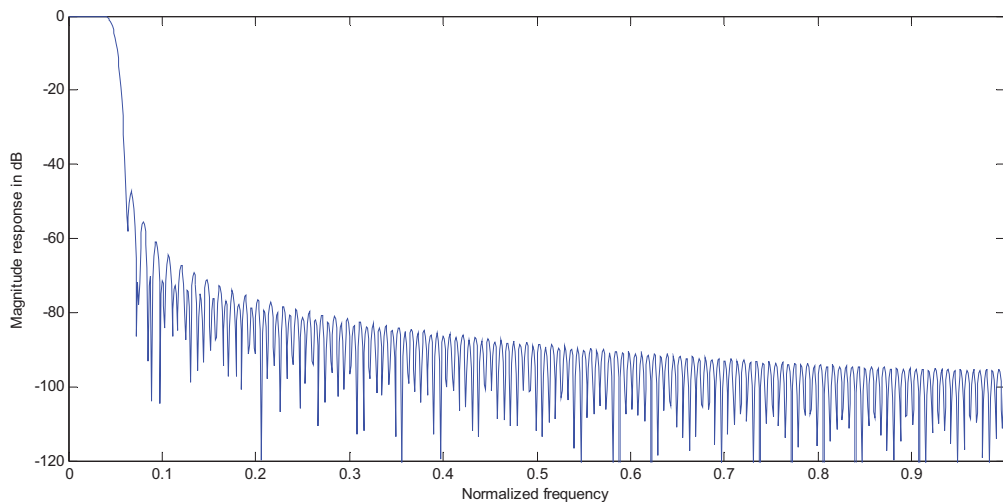
圖四：利用 $W_2(n)$ 設計濾波器。 $N=127, w_c=0.25\pi$ 。

伍、比較與模擬結果

考慮文獻[1]之濾波器設計規格，通帶邊緣頻率= 0.04π ，阻帶邊緣頻率= 0.06π ，通帶漣波大小=阻帶漣波大小= 0.0056 。(a)採用文獻[1] $W_1(n)$ 之視窗設計法所設計的有限脈衝響應濾波器，濾波器長度 $N=293$ ， $\alpha=3.7524$ ，MSA= 45.42dB ，FSA= 94.91dB 。(b)採用本文所提出的 $W_2(n)$ 之視窗設計法所設計的有限脈衝響應濾波器，濾波器長度 $N=293$ ， $\alpha=4.2$ ，MSA= -45.47dB ，FSA= -95.3dB 。圖五為利用 $W_1(n)$ 與 $W_2(n)$ 所設計的有限脈衝響應濾波器的振幅響應。由以上結果可以發現由 $W_2(n)$ 所設計的濾波器齊MSA,FSA 均小於由 $W_1(n)$ 所設計的濾波器小。另一個參數漣波下降率，也是 $W_2(n)$ 所設計的濾波器比較小。



(a)



(b)

圖五:(a)採用 $W_1(n)$ 所設計濾波器振幅響應。(b)採用 $W_2(n)$ 所設計濾波器振幅響應。

陸. 結論

本論文提出的視窗函數，設計有限脈衝響應數位濾波器時，相同濾波器長度下，MSA 及 FSA 均優於由文獻[1]所提的方法。本論文所探討的濾波器可應用在收音機、手機電話、立體聲收音機…等。本論文所探討的結果可繼續研究其他應用。

柒、參考文獻

- [1] V. Soni , P. Shukla , M. Kumar, “Application of Exponential Window to Design a Digital Nonrecursive FIR Filter” *Advanced Communication Technology (ICACT), 2011 13th International Conference on*, pp.1015-1019.
- [2] J. F. Kaiser and R. W. Schafer, “On the use of the Io-sinh window for spectrum analysis” *IEEE Trans. Acoustics, Speech, and Signal Processing*, vol.28, no.1, pp. 105-107, 1980.
- [3] C.L. Dolph, “A Current Distribution for Broadside Arrays Which Optimizes the Relationship Between Beamwidth and Side-lobe Level” *Proc. IRE*, vol.34, pp.335-348, June 1946.
- [4] T. Saramaki, “A class of window functions with nearly minimum sidelobe energy for designing FIR filters” in *Proc. IEEE Int. Symp. Circuit and Systems (ISCAS'89), Portland, ORE, USA*, vol.1, pp.359-362
- [5] S. W. A. Bergen and A. Antoniou, “Design of ultraspherical window functions with prescribed spectral characteristics” *EURASIP Journal on Applied Signal Processing*, no.13, pp. 2053-2065, 2004.
- [6] A. Jain, R. Saxena and S. C. Saxena, “A simple alias-free QMF system with near-perfect reconstruction” *J. Indian Ins. Sci.*, Jan-Feb, no.12, pp.1-10, 2005.
- [7] F. J. Harris, "On the use of windows for harmonic analysis with the discrete Fourier transform," *Proc. IEEE*, vol. 66, pp. 5 1-83, Jan. 1978.

可抵擋肩窺攻擊的文字通行碼之評估

Evaluation of a Shoulder-Surfing Resistant Textual Password Scheme

曹茂勁

東南科技大學 資訊科技與通訊系 副教授

摘 要

肩窺攻擊(shoulder-surfing attack)對傳統文字通行碼而言是一種常見而有效的攻擊方式。肩窺攻擊為直接利用觀察或側錄技術以取得通行碼的一種攻擊，其過程就好像透過使用者的肩膀窺探其私密資訊。以往為了抵擋肩窺攻擊，使用者必須以其它方式遮蔽住其所輸入的文字通行碼，但由於使用者必須改變其操作習慣及注意周遭環境，因此造成了使用者操作上的不便。MIRAGE 1.0為一可抵擋肩窺攻擊的設計，本論文介紹及分析 MIRAGE 1.0並指出此設計的弱點。

關鍵字：肩窺攻擊，文字通行碼。

Abstract

Researchers have been trying to improve authentication for a long time. User still uses textual passwords or pins to authenticate the systems. Textual Passwords or pins are vulnerable to many well-known attacks. Most common and easy to hack textual password is shoulder-surfing attacks. Most textual password schemes are vulnerable to shoulder-surfing attacks. Shoulder-surfing attacks refer to using direct observation techniques, such as looking over someone's shoulder, to get textual password. In 2011, MIRAGE 1.0 is proposed to reduce shoulder-surfing attacks. This paper first reviews MIRAGE 1.0 and then shows its weakness.

Keywords: Shoulder-surfing attacks, textual passwords.

壹、序論

網際網路盛行的今日，愈來愈多的資料及資源均分享與存取在網路上，然而，看似便利的網路實際上是一個暗潮洶湧的環境，在不知名的角落裡，或許有入侵者正嘗試攻擊與入侵各項資訊系統，所以如何提供一個安全的資訊系統對個人乃至於企業環境而言實為一項重要的課題。一般而言，當我們使用各項資訊系統時，首先要通過的程序便是使用者身份認證（user authentication）。透過身份認證的機制，資訊系統可以給予使用者適當的存取權限（access permission）及適當的權利。由於文字通行碼身份認證技術具有系統建置容易、不需額外裝置、及運作成本低廉等優點，故被普遍地採用於各種應用系統中。

肩窺攻擊(shoulder-surfing attack)對傳統文字通行碼而言是一種常見而有效的攻擊方式[1][2]。肩窺攻擊為直接利用觀察或側錄技術以取得通行碼的一種攻擊，其過程就好像透過使用者的肩膀窺探其私密資訊，例如：使用者在 ATM 以提款卡提領現金時以錄影設備取得使用者所輸入的 PIN 值。以往為了抵擋肩窺攻擊，使用者必須以其它方式遮蔽住其所輸入的文字通行碼，但由於使用者必須改變其操作習慣及注意周遭環境，因此造成了使用者操作上的不便。最近許多論文被提出來解決肩窺攻擊[7][8]。Srinadhu、Addanki 與 Acharyulu 於2011年可提出抵擋肩窺攻擊的 MIRAGE 1.0 [6]。本論文介紹及分析 MIRAGE 1.0並指出此設計的弱點。

貳、MIRAGE 1.0設計回顧

MIRAGE 1.0 是使用樣式(pattern)為基礎來輸入文字通行碼的身份認證設計。MIRAGE 1.0 可分為註冊階段及認證階段。在註冊階段，使用者必須輸入使用者名稱及通行碼，除了輸入使用者名稱及通行碼，使用者必須也提供通行碼出現的樣式。在認證階段，當使用者輸入使用者名稱後，互動式螢幕出現在他面前。此互動式螢幕包含一個文數字組成的二維矩陣和一個密碼欄位。使用者不是直接輸入通行碼，而是輸入通行碼字元的行列數。應當注意是通行碼字元的樣式將使用在用戶註冊時所用的樣式，因此使用者在搜索通行碼字元所在位置將大大減少時間，如此可降低肩窺的風險。每一個通行碼字元會對應到一組行列數，當輸入一組通行碼字元對應到的行列數後，矩陣重新更新，然後出現了一個文數字組成的二維全新矩陣。矩陣中會出現有重複的字元但使用者將只能輸入他的註冊樣式位置的字元所對應到行列數。

圖1為使用者註冊時輸入的使用者姓名、使用者名稱及使用者通行碼，假定使用者輸入的通行碼為“ASTRO”。圖2為使用者輸入通行碼長度為 5 在註冊時決定在登入時出現的樣式。圖 3 ~圖 7 為使用者分別使用一組行列數來輸入通行碼“ASTRO”的範例。

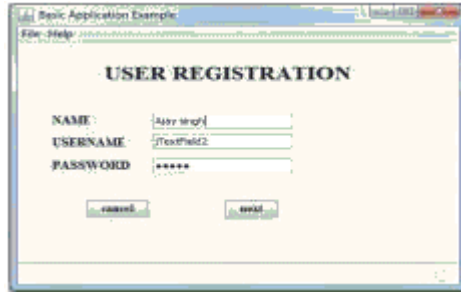


圖1：使用者姓名、使用者名稱及使用者通行碼在註冊時被輸入(來源：[6])



圖2：通行碼長度為 5 出現的樣式(來源：[6])

	1	2	3	4	5
1	A	G	T	%	R
2	4	S	7	O	j
3	*	\$	A	k	R
4	l	t	&	s	y
5	A	R	O	Q	5

圖3：通行碼“A”(輸入“11”)

	1	2	3	4	5
1	A	*	O	M	O
2	4	S	6	T	k
3)	t	L	9	R
4	L	4	F	J	S
5	X	s	?	L	#

圖4：通行碼“S”(輸入“22”)

	1	2	3	4	5
1	0	h	T	c	k
2	0	R	4	A	7
3	3	j	T	b	S
4	q	^	@	f	d
5	o	s	l	q	9

圖5：通行碼“T”（輸入“13”）

	1	2	3	4	5
1	A	G	T	%	R
2	4	S	7	O	j
3	*	\$	A	k	R
4	T	t	&	s	y
5	A	R	O	Q	5

圖6：通行碼“R”（輸入“35”）

	1	2	3	4	5
1	A	*	O	M	O
2	4	S	6	T	k
3)	t	L	9	R
4	L	4	F	J	S
5	X	s	?	L	#

圖7：通行碼“O”（輸入“13”）

在登入時，使用者輸入“1122133513” 而不是輸入通行碼“ASTRO”。當輸入正確時，認證成功，否則認證失敗，系統會要求使用者再次輸入。

參、MIRAGE 1.0設計分析回顧

在本節中，MIRAGE 1.0 的三種可能的肩窺攻擊安全性將被分析。此三種肩窺攻擊分別為猜測供擊 (guessing attacks)、紀錄為基礎的肩窺攻擊 (recording based shoulder-surfing attacks)和認知的記錄肩窺攻擊 (cognitive shoulder-surfing attacks)。

●猜測供擊

假設攻擊者完全不知道使用者秘密 *pin*，因此只能啟動一個隨機猜測攻擊。若 *Pr*

為認證成功的機率， N 為經由顯示矩陣所有 pin 的數量， A 為一個從 N 成功的得到正確的 pin 的數量。攻擊者得到一個成功登入的機率將是 $P_r = A / N$ 。

對一個 3 字元的通行碼，顯示矩陣將為 3×3 ， N 的值為 $504(9 \times 8 \times 7)$ 。因此 $P_r = 1/504$ ，攻擊者得到一個成功登入的機率將是 0.2%。

同樣地對一個 4 字元的通行碼， $P_r = 1/3024$ ，攻擊者得到一個成功登入的機率將遠低於 3 個字元的通行碼。通行碼長度愈長，攻擊者得到一個成功登入的機率將愈低。

●紀錄為基礎的肩窺攻擊

此種為經由使用微型照相機或某種可記錄設備而取得用戶輸入的通行碼的一種攻擊[3]。MIRAGE 1.0 加入了類似的外觀或如同原來字元的相同重複的字元。除非攻擊者知道樣式，否則他無法知道實際的通行碼。

在 MIRAGE 1.0 的設計中，每一個通行碼字元將至少有 1 重複字元。若 P_r 為認證成功的機率，對一個 3 字元的通行碼，將會有 6 對相同的字元。 N 的值為 $120(6 \times 5 \times 4)$ 。因此 $P_r = 1/120$ 。

這顯示只要 3 字元的通行碼，MIRAGE 1.0 可以防止約 99.1% 記錄肩窺攻擊。

●認知的記錄肩窺攻擊

人類認知的能力出現了一些有趣的研究。在 1956 年，Miller[4] 指出，人類的短期記憶 (STM) 的限制是 7 加上或減去 2 符號。Vogel 等人的一個更近的研究[5] 指出正常的人的短期記憶 (STM) 的限制是 3 到 4 符號。這一個發現是使用神經生理學的證據為基礎。在 MIRAGE 1.0 的設計中，每次輸入 1 字元後，螢幕就更新一次。對於一個人有正常的認知技能，要能夠做到肩窺攻擊是十分困難的。一個人可以同時注意鍵盤和螢幕上也是十分困難的。因此 MIRAGE 1.0 可以防止認知的記錄肩窺攻擊。

肆、MIRAGE 1.0 設計之弱點

雖然 MIRAGE 1.0 提供比一般可抵擋肩窺攻擊設計輸入通行碼的速度比較快[6]，但與一般的傳統通行碼的輸入的速度還是慢了一些，這是值得加強研究的。MIRAGE 1.0 對一些肩窺攻擊確實有抵擋性。但是當使用 MIRAGE 1.0 來輸入通行碼，當螢幕被側錄時，使用者輸入的行列數又同時被 keylogger 記錄，攻擊者還是十分容易竊取到使用者的通行碼，這也是值得進一步研究的。

伍、結論

本論文介紹可抵擋肩窺攻擊 MIRAGE 1.0 設計，本論文介紹及分析 MIRAGE 1.0，MIRAGE 1.0 作者稱他們的設計可抵擋三種可能的肩窺攻擊，此三種肩窺攻擊分

別為猜測供擊、紀錄為基礎的肩窺攻擊和認知的記錄肩窺攻擊。經由分析，MIRAGE 1.0 可抵擋猜測供擊、紀錄為基礎的肩窺攻擊和認知的記錄肩窺攻擊。但 MIRAGE 1.0 有二個弱點，第一是當使用者使用挑戰來輸入通行碼時，輸入挑戰會將輸入通行碼的速度變慢，第二是當螢幕被側錄的同時 keylogger 又紀錄使用者輸入的行列數，攻擊者紀錄為基礎的肩窺攻擊是會被破解的，此二弱點將是未來研究重點。

參考文獻

- [1] M. Brader, "Shoulder-surfing automated," *Risks Digest*, 19, 1998.
- [2] C. Summers and S. Toyne. Gangs, "preying on cashmachines," *BBC NEWS Online*, Oct. 2003.
- [3] P. Shi, B. Zhu, and A. Youssef., "A new pin entry scheme against recording-based shoulder-surfing," *In Proc. of 3rd International Conference on Emerging Security Information, Systems and Technologies (SECURWARE 2009)*, Athens/Vouliagmeni, Greece, June 2009.
- [4] E. K. Vogel and M. G. Machizawa, "Neural activity predicts individual differences in visual working memory capacity," *Nature*, 428:748–751, April 2004.
- [5] G. A. Miller, "The magical number seven, plus or minus two: Some limits on our capacity for processing information," *Psychol. Rev.* 63, 81–97, 1956.
- [6] C. Srinadhu, S. K. Addanki, and B. R. Acharyulu, "MIRAGE 1.0: A Key Entry Scheme Resilient to Shoulder Surfing," *International Journal of Computer Applications*, 0975-8887, Vol. 19-No1, Sep. 2011.
- [7] A. Forget, and S. Chiasson, and R. L Biddle, "Shoulder-surfing resistance with eye-gaze entry in cued-recall graphical passwords," *Proceedings of the 28th international conference on Human factors in computing systems*, 2010.
- [8] M. Kumar, T. Garfinkel, D. Boneh, and T. Winograd, "Reducing shoulder-surfing by using gaze-based password entry," *In SOUPS '07: Proceedings of the 3rd symposium on Usable privacy and security*, 2007.

應用 Visual Basic 將數學方程式2D 與3D 圖形 轉換至 AutoCAD 繪圖中之研究

Converting the 2D and 3D Graphs of Mathematical Equations to the AutoCAD Vector Drawing Formats Using a Visual Basic Application Program

劉陳祥

Chen-Hsiang Liu

東南科技大學 機械工程系 講師

摘 要

有鑑於數學方程式圖形以一般位元圖形顯示，精確度不高，若使用電腦輔助繪圖 (CAD) 軟體，又無法以手工繪出完全精確的數學方程式圖形，本文即是研究出一種以 Visual Basic 間接將數學圖形轉換到 AutoCAD 的方法。

應用 Visual Basic 強而精確的計算能力，將複雜的數學式交付于 Visual Basic 程式中來計算，計算出2D 曲線、3D 曲線和3D 曲面的逐點座標數值，再將此數值依據 AutoCAD 腳本檔案 (Script File) 的格式輸出，即可在 AutoCAD 中將此2D 曲線、3D 曲線和3D 曲面以向量圖形 (幾何圖元) 顯示。因此，在工程中的模流曲線、汽車鈹金曲面以及彈簧、螺旋、齒輪、凸輪等等都可以藉此達到圖形轉換目的了。

關鍵詞：位元圖形、向量圖形、幾何圖元、電腦輔助繪圖、腳本檔案。

ABSTRACT

The graphs of mathematical equations, whether it's 2D or 3D, have always been displayed in bit map format (i.e. dot oriented). Scalability of such graph is limited and the resolution and accuracy are also degraded when scaling. The CAD software system overcomes the graphic scaling limitation using vector image format (i.e. geometrical primitives). However, the graph of mathematical equations cannot be created by the CAD system using hand-drawn method. The scope of this research study is to convert and display the 2D and 3D graphs of mathematical equations to the AutoCAD vector drawing format using a Visual Basic application program.

Visual Basic programming has powerful computing capabilities to solve complex mathematical formulas, and produce both 2D and 3D curves graphs. All coordinate values of the graphs can be collected and exported to a AutoCAD script file format, thus the 2D and 3D graphs of mathematical equations can be processed as a vector image in AutoCAD, and scalability becomes available.

The graphic transformation of engineering applications such as, mold flow curve, automotive sheet metal surface, spring, screw, gear and cam, etc will be easily accessible by this research.

Keywords: Bit Graphics, Vector Graphics, Geometrical Primitives, Computer Aided Drafting, Script File.

壹、前言

一、研究主題之緣起

現代科技產品無一不注重外觀的造型設計，無論是汽車或是傢俱等產品在設計過程中都會用到電腦繪圖(CAD)，為了美觀實用更應用了許多高階的數學來設計曲線與外型曲面，這些數學曲線與曲面是無法直接在 CAD 中用手工精確畫出來的，更何況要搭配數以千計的座標數據來繪製這種複雜圖形，唯有求助於其它應用軟體了。

要在電腦上顯現數學方程式圖形的的方法有很多，一般大多是應用套裝的數學軟體，例如 Mathematica、MathCAD、Matlab 等等。這些軟體固然能夠繪出各種精緻的數學圖形，也能夠匯出讓 CAD 能讀取的檔案如:Dxf、Wmf 或 Dwg 等檔案，但是卻必須在該軟體介面下操作，實屬一大限制。綜觀上述，乃考慮是否有其它解決之道，能夠輕易的將數學圖形轉置到 AutoCAD 之中？而且不需要運用到高等的數學軟體；例如僅使用免費的程式設計軟體 Visual Basic，這行得通嗎？

二、研究動機與目的

Autodesk 公司所出品的 AutoCAD 是一套很強力的繪圖軟體，幾乎可以繪製任何複雜的2D 或3D 圖形，但依其基本繪圖命令，至今仍然無法直接將數學方程式曲線或曲面圖形精確的繪製出來，實屬憾事。有鑑於此，筆者即多方面探討解決的方法，發現 AutoCAD 腳本檔案實是可用之材，本文經由 Visual Basic(簡稱 VB)程式語言的計算方法，有效地解決了這個問題，製作了一系列的 VB 應用程式，順利的將數學方程式中的2D 曲線,3D 曲線與3D 曲面圖形完整的呈現在 AutoCAD 圖面中，這種從 VB 到 CAD 的圖形轉換介面是有工程設計上的實際意義。此乃本論文之研究動機與目的。

三、相關文獻探討

AutoCAD 已是相傳很多年的軟體了，歷年都有更新版本，也有很多使用者以不同的方法成功的將數學曲線畫到 AutoCAD 之中，茲歸納其方法如下:[1-3]

- (1) 使用 Lisp 程式寫作數學函數圖形，然後在 AutoCAD 執行 Lisp 畫出。
- (2) 使用高等數學 CAD 軟體畫好曲線後，再匯入到 AutoCAD 之中
- (3) 應用 Excel 對函數運算值的處理，將結果導入 AutoCAD 中，繪出曲線。
- (4) 使用高階程式語言寫出 AutoCAD 的腳本檔案，再在 AutoCAD 中畫出圖形。

綜觀上述各種在 AutoCAD 中畫曲線的方法，都受到一層限制，就是必需藉由它種軟體的計算，再將圖形結果導入 AutoCAD 中，仍無法讓 AutoCAD 直接由命令繪出數學曲線圖形。經文獻探討資料顯示，目前尚無完整的論述以 Visual Basic 程式製作腳本檔案，使其能夠在 AutoCAD 中繪製數學2D、3D 曲線與3D 曲面。本文就針對各類型的數學2D 或3D 方程式，不論使用何種座標表示法，只要能夠將數學式以 Visual Basic 程式表示出來，經由程式迴圈的計算出2D 或3D 的逐點座標，再以 AutoCAD 腳本檔案 (Script File 簡稱 SCR 檔)格式輸出,就可以將數學圖形轉換到 AutoCAD 繪圖之中了。

貳、理論分析與製作方法

一、AutoCAD Script 腳本檔案結構分析

AutoCAD 這個繪圖軟體一年就更新一個版本，而且變化很大，唯一不變的就是基本繪圖命令，而且其擴展性(malleability)也越來越好。使用者可以在 Lisp、VBA、.Net 等系統裡與 AutoCAD 溝通，只要使用者熟悉 AutoCAD 命令列中(Command Line)所使用的繪圖指令，就必然能夠將繪圖指令集成 AutoCAD 的腳本檔案。腳本檔案也正就是 AutoCAD 命令式繪圖的過程記錄，茲將常用指令表列示如下: [4]

表1: Autocad 常用指令與 Script 對照表

AutoCAD 指令	AutoCAD 腳本檔內容
Zoom → 全部	ZOOM A
LINE → 畫線(x1,y1)-(x2,y2)	LINE x1,y1 x2,y2
CIRCLE → 圓心(x,y) 半徑 R	CIRCLE x,y R
PLINE 2d 聚合線頭至尾分 n 段	PLINE x1,y1 ... xi,yi (i=n+1)
3DPOLY 3d 聚合線頭至尾分 n 段	3DPOLY x1,y1,z1 ... xi,yi,zi (i=n+1)
3DMESH 方向-1:m 等分 方向-2:n 等分	3DMAEH m+1 n+1 x1,y1,z1 ... xi,yi,zi i= (m+1)*(n+1)

由上表中可看出腳本檔其實就是 AutoCAD 指令集合，並將其儲存成一般的文字檔案型態，故凡 AutoCAD 能接受的指令，按其進行模式將之記錄下來，也就是一個完整的腳本檔案了。

二、運用 Visual Basic 製作 AutoCAD Script 腳本檔案

AutoCAD 除了繪圖、標註、彩現、列印等功能外，還有很強的計算與匯出的功能，但這些都不能讓我們精確的畫出數學曲線。當然，如果應用 Autolisp 程式設計來處理，那又是另外一個話題了。在此，我們要以 Visual Basic 程式製作出 AutoCAD 的腳本檔案，讓 AutoCAD 能自動快速的畫出數學曲線。

根據上一節得知 SCR 檔案是屬文字型的檔案(Text File)，所以只要將 AutoCAD 繪圖與操作指令依循序檔案格式寫出，就能得到 AutoCAD 繪圖腳本檔了。

例如，要在 CAD 中要畫一條線段(100,150)到(200,300)，並在(150,200)為圓心畫一個半徑30的圓，則 CAD 繪圖命令與繪圖結果如圖1所示：

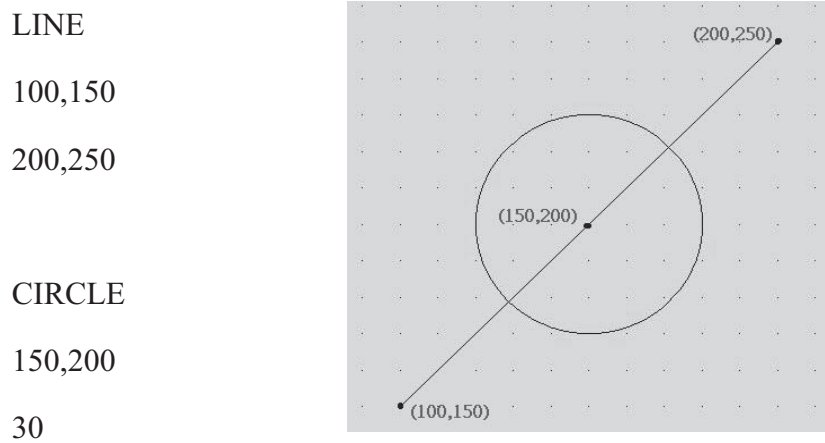


圖1: AutoCAD 腳本檔繪圖

上圖中這八行文字(含 Enter，空白行)，若以 VB 寫檔輸出，其程式碼結構如下：

```

Dim File_Name As String
Dim File_Num As Integer
File_Name = "DrawLine.SCR"
File_Num = FreeFile()
FileOpen(File_Num, File_Name, OpenMode.Output)
PrintLine(File_Num,"LINE")
WriteLine(File_Num, 200, 150)
WriteLine(File_Num, 200, 250)
PrintLine(File_Num,"")
PrintLine(File_Num,"CIRCLE")
WriteLine(File_Num, 150, 200)
PrintLine(File_Num,"")
FileClose(File_Num)

```

同理，AutoCAD 任何圖元與命令，都可依照上述方式輸出腳本檔案。在本文中2D 曲線、3D 曲線、3D 曲面，分別採用 PLINE，3DPOLY 和3DMESH 等圖元繪出，在下面各章節中將一一以實例製作驗證。

三、取點與精確度的驗證

雖然 VB 計算能力和精確度都沒問題，問題卻會出現在一條曲線的取點總數，點數越多精確度也就越高，問題是 CAD 繪圖也就越吃力。在下面章節中，每一條曲線段，在程式中都大約取1000個點來計算，點與點之間是以直線段連接，所以點與點之間的半點處就必然是一個近似值，如果將之擬合化(Curve Fit)，誤差將降至最低。

圖2是一條取361點的正弦曲線(-180°到+180°)，由 VB 製作 SCR 檔在 CAD 中所畫出後用 Curve Fit 擬合化，我們檢驗在45.5°的數值為0.7132504289(由鎖交叉點模式取得，y 座標為正弦值100倍)，另由工程計算機算出 SIN 45.5度為0.71325004492，得其誤差值為千萬分之三(0.000000358)。經此驗證，VB 所製作的 SCR 檔案，其精確度與可信度是非常高的。

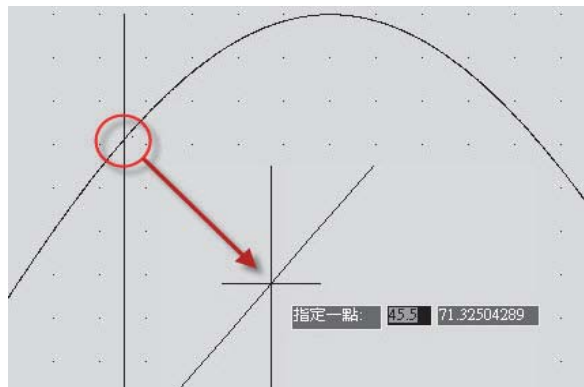


圖2: SIN 曲線在45.5度座標值(y 座標為正弦值100倍)

參、2D 數學方程式曲線圖形轉換

在本章節將以二維的方程式曲線圖形為例，其一為常見的 $y = f(X)$ 函數式，另一為極座標方程式。為了在 Visual Basic 中撰寫程式碼方便，我們先將極座標系轉換成直角座標系，座標轉換的原理在此略過不表，接下來請看。

一、直角座標系二次曲線方程式圖形轉換

首先我們取得一個直角座標系的二次曲線方程式(1);這數學函數式表示如下:

$$f(x) = \frac{x \cdot e^{2\cos(a/2) + \sin 3a}}{4} \quad (1)$$

依 $y=f(x)$ 我們可將方程式(1)寫成 $Y = X * \text{Exp}(2 * \text{Cos}(A / 2) + \text{Sin}(3 * A)) / 4$ 再將之放入 Visual Basic 2008 程式中,其程式碼應為: $Y = X * \text{Math.Exp}(2 * \text{Math.Cos}(A / 2) + \text{Math.Sin}(3 * A)) / 4$; 在此 A 代表數學式中的 a 角。接下來，我們設計 VB 的表單 Form 如圖3所示:



圖3: Visual Basic2008表單設計

在這個表單中我們用到二個 PictureBox 和二個命令 Button、一個 Label 和一個放檔案名稱的 TextBox，結構十分簡單。請看下面圖4中所列程式碼:

```
Public Class Form1
    Dim U1, U2 As Single
    Dim T1 As String
    Dim File_Name As String
    Dim File_Num As Integer           'File_Num 為檔案代碼
    Sub WriteData()                  '儲存一筆資料;程式區
        WriteLine(File_Num, U1, U2) '寫入資料
    End Sub
    Private Sub Button1_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles Button1.Click
        Dim CX, CY, PW, PH, PI, K As Single
        Dim X, Y, X1, X2, Y1, Y2, A1, A2 As Single
        Dim b As New Bitmap(PictureBox1.Width, PictureBox1.Height)
        Dim g As Graphics
        g = Graphics.FromImage(b)
        PW = PictureBox1.Width : PH = PictureBox1.Height
        CX = PW / 2 : CY = PH / 2
        '-----繪製格子點
        Dim mPen As New Pen(Color.FromArgb(128, 80, 80, 80), 1)
        For X = CX To 0 Step -10 : g.DrawLine(mPen, X, 0, X, PH) : Next
        For X = CX To PW Step 10 : g.DrawLine(mPen, X, 0, X, PH) : Next
        For Y = CY To 0 Step -10 : g.DrawLine(mPen, 0, Y, PW, Y) : Next
        For Y = CY To PW Step 10 : g.DrawLine(mPen, 0, Y, PW, Y) : Next
    End Sub
End Class
```

```

'-----繪格點完成
Dim GPen As New Pen(Color.Green, 2)
Dim YPen As New Pen(Color.Yellow, 2)
g.DrawLine(GPen, CX, 0, CX, PH) : g.DrawLine(GPen, 0, CY, PW, CY)
PI = 3.1415926 : K = PI / 180
'-----繪出2D曲線
File_Name = TextBox1.Text '檔案名稱
File_Num = FreeFile()
FileOpen(File_Num, File_Name, OpenMode.Output) '開啟檔案,為Output模式
T1 = "LIMITS" : PrintLine(File_Num, T1)
U1 = -400 : U2 = -300 : Call WriteData()
U1 = 400 : U2 = 300 : Call WriteData()
T1 = "ZOOM" : PrintLine(File_Num, T1)
T1 = "A" : PrintLine(File_Num, T1)
T1 = "PLINE" : PrintLine(File_Num, T1)
'-----
For X = -CX To CX
    X1 = X : X2 = X1 + 1
    A1 = X1 * K : A2 = X2 * K
    Y1 = X1 * Math.Exp(2 * Math.Cos(A1 / 2) + Math.Sin(3 * A1)) / 4
    Y2 = X2 * Math.Exp(2 * Math.Cos(A2 / 2) + Math.Sin(3 * A2)) / 4
    '-----寫檔
    U1 = X1 : U2 = Y1 : Call WriteData()
    If X = CX Then
        U1 = X2 : U2 = Y2 : Call WriteData()
    End If
    '-----
    X1 = X1 + CX : Y1 = CY - Y1
    X2 = X2 + CX : Y2 = CY - Y2
    g.DrawLine(YPen, X1, Y1, X2, Y2)
Next X
PictureBox1.Image = b
g.Dispose()
T1 = ""
PrintLine(File_Num, T1)
FileClose(File_Num)
End Sub
Private Sub Button2_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles Button2.Click
    End
End Sub
End Class

```

圖4: VB2008之2D 曲線轉換 SCR 程式原始碼

程式執行後,按下『繪圖』Button,在 PictureBox 中繪出數學曲線,同時也將 AutoCAD 的腳本檔案2D-Curve.scr 輸出完成。程式執行結果如圖5所示。接下來,用 Notepad 打開 2D-Curve.scr 可看見腳本檔的文字內容如圖6左邊所示。然後開啟 AutoCAD,先把 AutoCAD 物件鎖點模式關閉(Osnap—OFF),再在命令列 Command:鍵入『SCRIPT』這個指令,如圖6右邊,載入2D-Curve.scr 檔案後,AutoCAD 就會立即自動繪圖,將 VB 計算出來的2D 曲線完整的畫出來了,請看 SCR 檔在 AutoCAD 2010 中執行後的結果圖7所示。

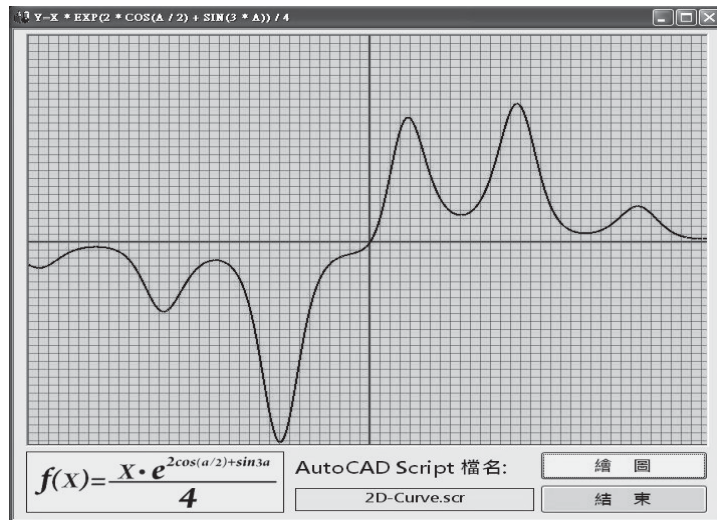


圖5: VB2008之2D 曲線轉換 SCR 程式執行結果

```
LIMITS
-400,-300
400,300
ZOOM
A
PLINE
-340,-28.19266
-339,-28.91044
-338,-29.57835
-337,-30.19026
-336,-30.74041
-335,-31.22347
-334,-31.63469
-333,-31.96996
----- (以下略)
```

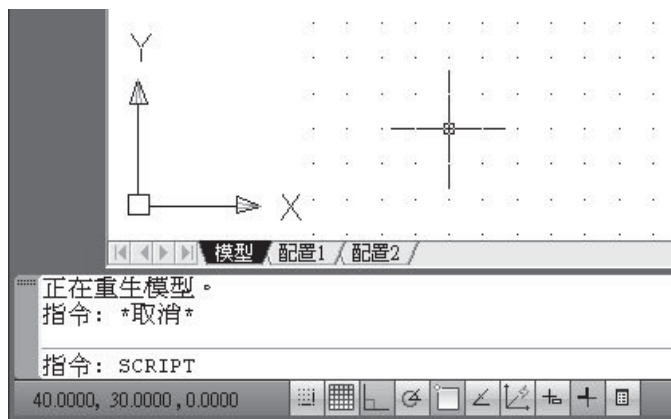


圖6: 在 AutoCAD 中以 SCRIPT 指令執行2D-Curve.scr 腳本檔案

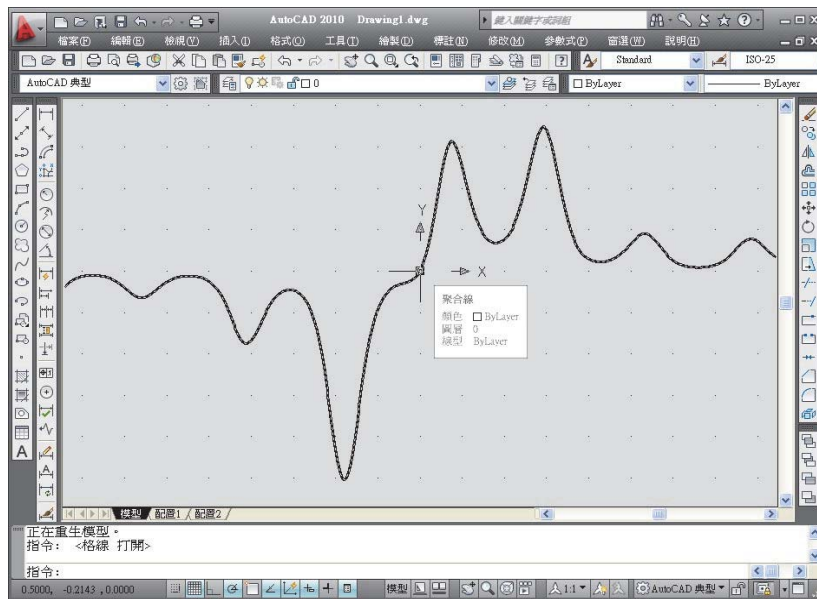


圖7: 在 AutoCAD 中繪出2D 數學曲線

經由上述步驟，我們已成功的將直角座標二維數學曲線轉換到 AutoCAD 中了。接下來，再以一極座標圖形為例，將二維極座標圖形轉入 AutoCAD 之中。

二、極座標系二次曲線方程式圖形轉換

在極座標圖形中，最令人感到興趣的應屬玫瑰曲線(Rose Curve)了，N 瓣玫瑰曲線的極座標方程式如方程式(2)所示：

$$\rho = r \cdot \sin(d\theta/n) \quad (2)$$

我們先將之轉換為笛卡兒直角座標，極座標系二次曲線方程式(3)如下：[5]

$$\begin{aligned} X &= R * \sin(\theta) * \cos(d\theta/n) \\ Y &= R * \sin(\theta) * \sin(d\theta/n) \end{aligned} \quad (3)$$

在表單中用了4個 TextBox 和2個命令 Button，VB 程式碼如圖8所示。在程式中，我們設定 $n = 4$ ； $d = 1$ 可繪出一個8瓣玫瑰曲線。Visual Basic 表單與程式執行如圖9所示。

```
Public Class Form1
    Dim U1, U2 As Single
    Dim T1 As String
    Dim File_Name As String
    Dim File_Num As Integer           'File_Num 為檔案代碼
    Sub WriteData()                  '儲存一筆資料;程式區
        WriteLine(File_Num, U1, U2) '寫入資料
    End Sub
    Private Sub Button1_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles Button1.Click
        .....
        .....(篇幅略)
        請下載參看完整檔案 http://140.129.131.1/study/moodle/download/docs/vb2scr.zip
        .....
    End Sub
End Class
```

圖8: 玫瑰曲線 Script 轉換程式

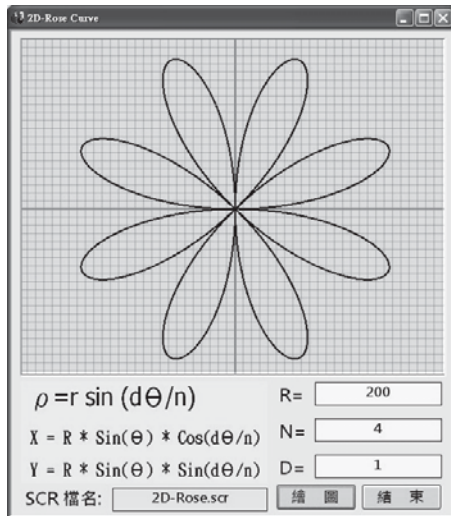


圖9: 玫瑰曲線 SCR 轉換程式表單

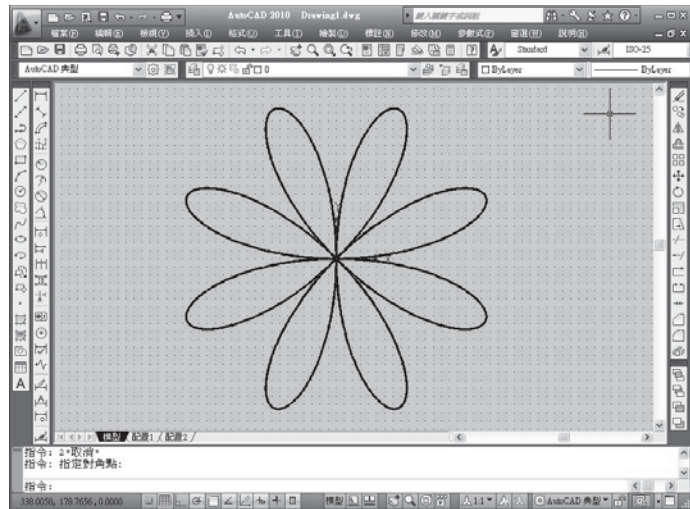


圖10: 在 AutoCAD 中畫出八瓣玫瑰曲線

程式執行後,按下『繪圖』 Button, 在 PictureBox 中繪出8瓣玫瑰曲線, 同時也將 AutoCAD 的腳本檔案2D-Rose.scr 輸出完成。SCR 檔在 AutoCAD 中執行如圖10所示。

經由上述步驟, 我們成功的將二維極座標數學曲線轉換到 AutoCAD 之中了。接下來, 再以三維極座標與球面座標曲線圖形為例, 將三維極座標與球面座標的複雜曲線圖形轉入 AutoCAD 中。

肆、3D 數學方程式曲線圖形轉換

延續2D 曲線的轉換，3D 曲線多增加了一個 Z 座標，我們只要在 SCR 寫檔程式中稍作修改，輸出 Z 座標，再將平面的 PLINE 換成三度空間的3DPLOY 就大功告成了。當然，為了程式寫作的便利，仍必須先將極座標與球面座標轉換成笛卡兒直角座標以參數式來表示原方程式。

一、直角座標系3D 空間曲線方程式圖形轉換

第一個3D 曲線，以錐形螺旋線為例[5-6]，其笛卡兒座標參數方程式(4)表示如下：

$$\begin{aligned} x &= r1 \cdot t \cdot \cos(t \cdot 2\pi \cdot c1) \\ y &= r2 \cdot t \cdot \sin(t \cdot 2\pi \cdot c2) \\ z &= r3 \cdot t \cdot c3 \\ t &= 0 \rightarrow 1 \end{aligned} \quad (4)$$

在3D 錐形螺旋線之參數方程式(方程式4)中，參數 t 其值根據取點數，由0漸增到1。r1, r2, r3, c, c2, c3分別控制螺旋線的形狀與頻率。進入 VB2008後，建立表單如圖11所示。

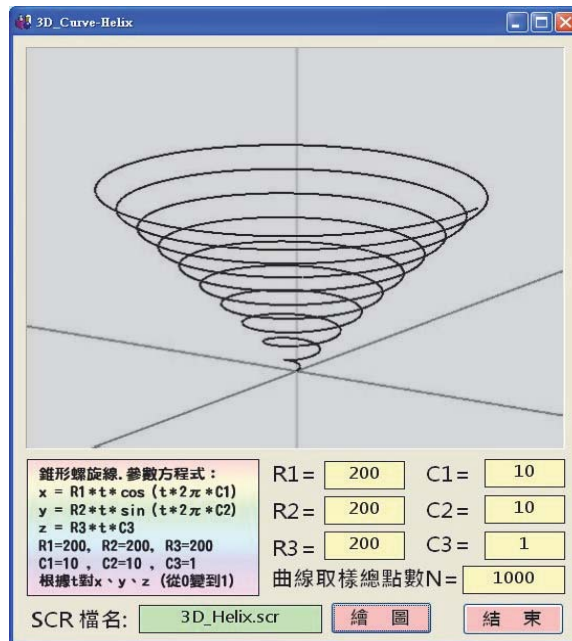


圖11: 錐形螺旋線 SCR 轉換程式

在表單中用了8個 TextBox、2個 PictureBox 和2個命令 Button，VB 程式碼如圖12所示。程式執行，按下『繪圖』Button 後，在 PictureBox1中繪出三不等角正投影圖的錐形螺旋曲線，同時也將 AutoCAD 的腳本檔案3D_Helix.scr 輸出完成。SCR 檔在 AutoCAD 中執行如圖13所示。

經由上述步驟，我們已成功的將三維座標的數學曲線轉換到 AutoCAD 中了。接下來，再以一個球面座標曲線圖形為例，將一個複雜的3D 曲線圖形--蝴蝶結曲線轉入

AutoCAD 之中。

```
Public Class Form1
    Dim U1, U2 As Single
    Dim T1 As String
    Dim File_Name As String
    Dim File_Num As Integer           'File_Num 為檔案代碼
    Dim X, Y, Z, XE, YE, ZE, S1, S2, S3, S4, U, V As Single
    Sub WriteData()                   '儲存一筆資料;程式區
        WriteLine(File_Num, U1, U2)  '寫入資料
    End Sub
    Private Sub Form1_Load(ByVal sender As Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles Me.Load
        .....
        .....(篇幅略)
        請下載參看完整檔案 http://140.129.131.1/study/moodle/download/docs/vb2scr.zip
        .....
    End Sub
End Class
```

圖12: 錐形螺旋線 SCR 之 VB 程式碼

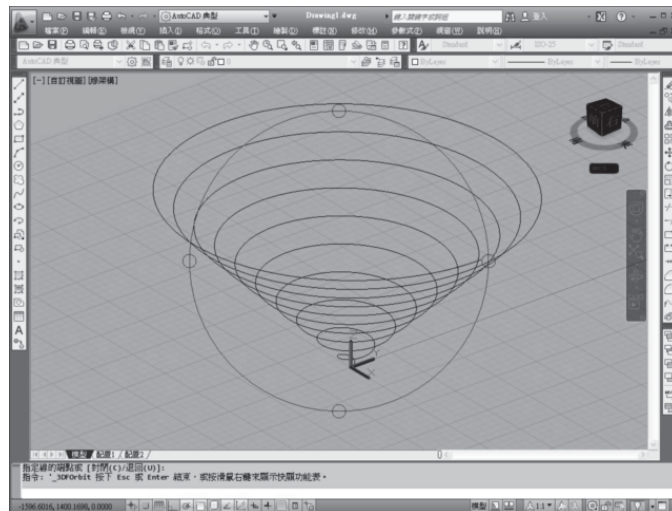


圖13: AutoCAD 中繪製錐形螺旋線

二、球面座標系3D 空間曲線方程式圖形轉換

球面座標是以 $Point(r, \varphi, \theta)$ 來表示， r ：半徑長度座標值；這個「點」到座標中心的距離。 φ ：方位角度座標值 ($0 \leq \varphi \leq 2\pi$)；從 X 軸逆時針旋轉角。 θ ：仰角角度座標值 ($-\pi/2 \leq \theta \leq \pi/2$)；從 XY 面向上旋轉角。笛卡兒座標轉換公式為 $x=r \cos\varphi\cos\theta$, $y=r \sin\varphi\cos\theta$

及 $z = r \sin\theta$ 。現將3D 蝴蝶結曲線的參數方程式[6]，以球面座標數學參數式(5)表示如下：

$$x = r_1 \cdot t \cdot \sin(t \cdot 2\pi \cdot c_1) , y = r_2 \cdot t \cdot \cos(t \cdot 2\pi \cdot c_1) , z = r_3 \cdot t \cdot \sin(t \cdot 2\pi \cdot c_3)$$

根據 t 對 x 、 y 、 z (從0變到1) (5)

對參數取值如下： $r_1=200$ ， $r_2=250$ ， $r_3=300$ ， $c_1=10$ ， $c_2=10$ ， $c_3=5$ (參數值的改變將控制曲線形狀變化)。我們依據參數式設計 VB 轉換程式，表單(3D_Curve-ButterFly.exe)執行後畫面如圖14所示(圖面是以45度角斜投影圖顯示)。蝴蝶結曲線的VB 轉檔 SCR 程式碼如下圖15所示。程式執行後，按下『繪圖』Button，在 PictureBox 中繪出蝴蝶結曲線，同時也將 AutoCAD 的腳本檔案3D_ButterFly.scr 輸出完成。SCR 檔在 AutoCAD 中執行如圖16 所示。

數學函數無窮無盡，依此方法，只要正確的將數學參數式置入 VB 程式中就可以順利輸出我們所要的 AutoCAD Script 檔案。例如很有名的環形螺旋線(Toroidal-Spiral)參數方程式如下列式(6)所示：

$$\begin{aligned} x &= c_1 \cdot (r_1 + \sin(t \cdot r_2)) \cdot \cos(t) \\ y &= c_2 \cdot (r_1 + \sin(t \cdot r_2)) \cdot \sin(t) \\ z &= c_3 \cdot \cos(r_3 \cdot t) \\ t &= 1 \rightarrow 2\pi \end{aligned} \quad (6)$$

我們也只要將前述程式迴圈中的運算式更換掉，就可得到如圖17所示的結果。至於環形螺旋曲線在 AutoCAD 中的繪製，可以載入執3D_Toroidal-Spiral.scr 檔案，其結果與 VB 表單的結果並無二致，得以驗證。

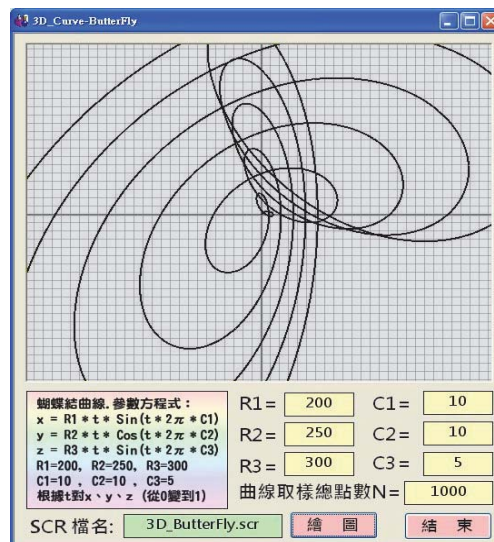


圖14: 蝴蝶結曲線 SCR 轉換程式

Public Class Form1

Dim U1, U2 As Single

Dim T1 As String

Dim File_Name As String

Dim File_Num As Integer

'File_Num 為檔案代碼

Sub WriteData()

'儲存一筆資料;程式區

WriteLine(File_Num, U1, U2)

'寫入資料

End Sub

Private Sub Button1_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles Button1.Click

.....

.....(篇幅略)

請下載參看完整檔案 <http://140.129.131.1/study/moodle/download/docs/vb2scr.zip>

.....

End Sub

End Class

圖15: 蝴蝶結曲線 SCR 轉換程式碼

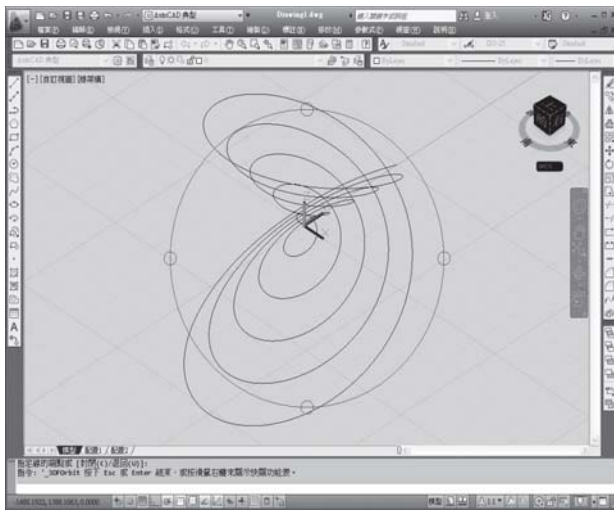


圖16: AutoCAD 繪製蝴蝶結曲線

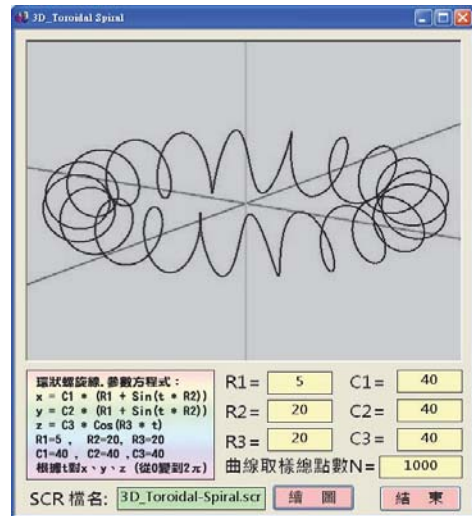


圖17: AutoCAD 繪製環形螺旋線

伍、3D 數學方程式曲面圖形轉換

在數學中以 $z=f(x,y)$ 即可表示出一個數學曲面，也就是 z 座標值取決於變數 x ， y 。我們設定一3D 數學曲面方程式(7)如下：

$$\begin{aligned} f(x, y) &= R \cdot e^{\cos x \cdot \sin y} \\ R &= 100 \cdot \sin \sqrt{x^2 + y^2} \end{aligned} \quad (7)$$

依 $z=f(x,y)$ 我們可將方程式(7)在VB2008中寫成下列二式：

$$R = 100 * \text{Math.Sin}(\text{Math.Sqrt}(x * x + y * y) * k)$$

$$Z = R * \text{Math.Exp}(\text{Math.Cos}(k * x) * \text{Math.Sin}(k * y))$$

k 值為 $\pi/180$ 是為度轉換為徑的常數值。VB的表單設計如圖18所示。

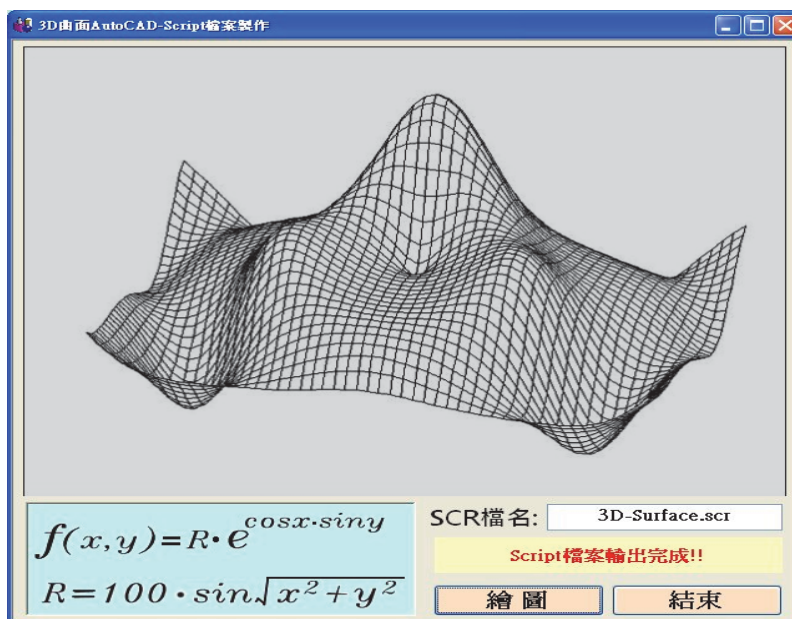


圖18: 3D 曲面轉換 SCR 之 VB 程式

由於要建構出3D 曲面，所以 Script 檔案要用3DMESH 為 AutoCAD 的圖元，在程式中， X 軸向等分數 = 50， Y 軸向等分數 = 40，應用 For-Next 巢狀迴圈，共計算出 $51 \times 41 = 2091$ 個 Z 座標值。以下的 VB 程式並未在 PictureBox1 中進行繪圖，而是將 PictureBox3 (隱藏於表單外) 中的圖置入 PictureBox1 中，如圖18所示，PictureBox2 是表單左下的方程式。3D 曲面轉換的 VB 程式碼如圖19所示：


```
Public Class Form1
    Dim U1, U2, U3 As Single
    Dim T1 As String
    Dim File_Name As String
    Dim File_Num As Integer      'File_Num 為檔案代碼
    Sub WriteData()              '儲存一筆資料;程式區
        WriteLine(File_Num, U1, U2) '寫入資料
    End Sub

    Private Sub Button1_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles Button1.Click
        .....
        ..... (篇幅略)
        請下載參看完整檔案 http://140.129.131.1/study/moodle/download/docs/vb2scr.zip
        .....
    End Sub
End Class
```

圖19: 3D 曲面轉換的 VB 程式碼

程式執行後,按下『繪圖』Button, 會在 PictureBox1中顯示出3D 曲面圖形, 同時也將 AutoCAD 的腳本檔案3D-Surface.scr 輸出完成。SCR 檔在 AutoCAD 中執行後, 再用 Hide 指令消除隱藏線, 結果如圖20所示。

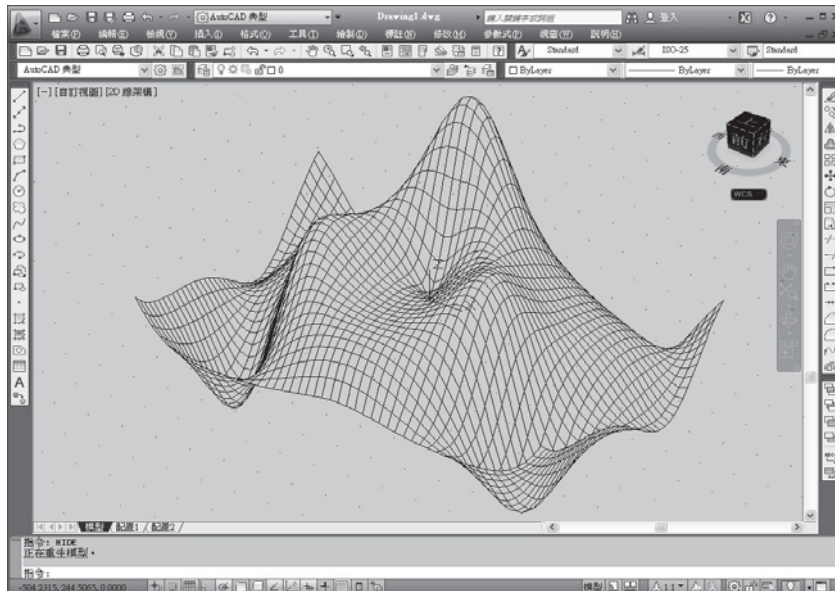


圖20: AutoCAD 繪製3D 曲面

陸、結論

一般我們在產品設計中,會考量到許多因素,例如產品表面的曲線造形、風阻、散熱、反光、曲率、強度、重心、體積、表面積...等等,太多的條件都要經過嚴謹的計算,所得到可能只是數學算式結果中的一小部份。在以往,我們都是用支距法逐點的連接將曲線畫出,再將之曲線擬合化(Curve-Fit)後即可得到非常近似的平滑曲線。反之,若採用 AutoCAD Script 將此曲線無數的座標點直接讀入繪出,當然會更快速更精確。

本文的內容並非在研討數學方程式,亦非 VB 的程式教學;主要的意旨是闡述如何運用高階程式語言將一般在 CAD 中無法以人工繪製的數學曲線、曲面經由 VB 檔案輸出製作成 AutoCAD Script 檔,讓 AutoCAD 能夠自動繪製 VB 所計算出的圖形,故而在文中並未對程式設計與 AutoCAD 操作詳細敘述。總結本文,得到一個確定的成果,我們可以藉由 Visual Basic 程式將數學2D 曲線、3D 曲線和3D 曲面轉換到 AutoCAD 之中,分別以 Pline、3DPloy, 3Dmesh 等幾何圖元(Geometrical Primitives)繪出,由此建構完成了 VB 與 AutoCAD 繪圖間的溝通管道。

文中所列舉的全部範例檔案,謹供讀者們自由下載,網址如下:

<http://www.me.tnu.edu.tw/study/moodle/download/index.html>

標題為『S019-將 Visual Basic 繪圖轉換到 AutoCAD 之中』,感謝指教。

參考文獻

- [1] 李松,用 Autolisp 在 AutoCAD 中實現多種曲線的繪製,2002,
<http://blog.jygy.net.cn/UploadFiles/2007-1/123945477.doc>。
- [2] 張曉欣、饒意忠、莊勇,在 AutoCAD 中如何繪製數學曲線,應用科技(Applied Science and Technology),第28卷第6期,pp. 1-3,2001年6月,
<http://file.lw23.com/d/dd/dde/dde1aefb-50b1-479d-b2a0-28305d4d79f8.pdf>。
- [3] 廖海平,AutoCAD 中函數曲線的繪製方法,機械工程與自動化,(Mechanical Engineering & Automation),第137期,pp. 1-2,2006年8月,
<http://file.lw23.com/d/d0/d0f/d0fa75b2-6185-4bf1-ad8c-bda653c0d1d2.pdf>。
- [4] Donnie Gladfelter, Introduction to AutoCAD Script Files, 2008,
<http://thecadgeek.com/blog/2008/03/introduction-to-autocad-script-files/>.
- [5] CAD 之家,AutoCAD 結合 MATLAB 實現公式曲線曲面的精確繪製,2012,
<http://www.cadzj.com/n/31190.html>。
- [6] CAD 之家,AutoCAD 繪圖中的各種曲線參數方程,2011,
<http://www.cadzj.com/n/30105.html>。

探討逆向工程中 B-spline 曲線嵌合之 控制點數目最佳化技術

翁文德

東南科技大學 機械工程系 副教授

摘 要

逆向工程曲線嵌合技術乃從掃描線點群資料產生曲線模型，獲得與量測點群資料最匹配的曲線模型。B-spline 曲線模型具有曲線階數、節點向量、控制點數目與控制點座標等參數，B-spline 曲線嵌合即為獲得曲線模型之參數。其中控制點數目為 B-spline 曲線的重要參數，若控制點數目不足則曲線會較平坦，無法顯示複雜的曲線外形；數量過多則影響曲線的平滑性，會有控制點堆積，甚至折返的現象。因此，若能獲得最佳之控制點數目，對於嵌合曲線在精度與品質的控制上有莫大幫助。

本研究的目的乃提出 B-spline 曲線嵌合之曲線控制點數目最佳化演算法，利用分段處理再合成的方法達到曲線最佳化的目的。過程中先適當的將點資料分段，並分析各段點資料在接合處的座標位置、斜率與曲率等邊界值。曲線嵌合時，在所設定的曲線平滑性與端點連續性條件下，各段曲線可在最少的控制點數目下達到所設定之嵌合誤差值，而獲得最佳化曲線。最後，利用曲線合成方式，將各段嵌合曲線合成一條最佳化之 B-spline 曲線。研究中並利用一些範例以驗證所提出演算法的適用性。

關鍵詞：B-spline 曲線模型、曲線嵌合、控制點數目最佳化、最小平方法

壹、前言

逆向工程技術乃結合量測技術與曲線與曲面模型重建技術，實物經過量測後，先將實物表面數位化，再重建出產品之幾何模型，此種技術目前已被廣泛的研究與應用(Varady, 1997)。由於逆向工程技術具有快速建構產品曲面模型的優點，目前已有許多產業利用逆向工程技術開發產品，並結合快速原型與快速模具技術，以少量多樣模式，縮短產品開發時程，增加產業的競爭力。

逆向工程之曲線與曲面模型重建技術乃是從實物之量測點群資料中，獲得最匹配的曲線與曲面模型，然而曲線與曲面模型為參數式之幾何數學模型，換言之即為獲得曲線與曲面數學模型之最佳化的參數。一些學者發展出一些演算法，從量測點群資料中得出最佳的曲線與曲面模型，Rogers 等學者(Rogers, 1989、SarKar, 1991)以最小平方方法嵌合曲線與曲面，達到點資料到曲線與曲面模型的均方根距離最小化的目標，Ma 等(Ma, 1995、Fang, 1995)則發展不規則排列點群的之 B-spline 曲線與曲面嵌合演算法。Pottmann 等(Pottmann, 2002、Wang, 2004)在考量曲線的誤差與曲率分佈特性下，使用目標函數-SD(Squared distance)使誤差最小化，在有效率的誤差收斂下，得出最佳化的嵌合曲線。

嵌合量測點資料所獲得的曲線與曲面模型，除了考量曲線或曲面的精度外，也須考量嵌合曲線與曲面模型的品質。若有多條曲線或曲面接合時，還須考慮所產生的曲線或曲面邊界連續性問題，否則在曲線或曲面接合處會產生抖動不平滑的現象，嚴重的影響到嵌合曲線或曲面的品質。Alhanaty 等學者(Alhanaty, 2001、Szobonya, 2002、Li, 2004)等學者利用曲線或曲面的能量理論改善嵌合曲線與曲面的平滑性，配合誤差函數可使達到誤差最小且平滑的嵌合曲線與曲面模型。Barsky 等學者(Barsky, 1982)分析並歸納均勻式 B-spline 曲線與曲面的端點與邊界條件。Shetty 等學者(Shetty, 1991)使用非週期式節點向量發展 rational B-spline 曲線與曲面平滑延伸的演算法。Piegl 等學者(Piegl, 2000)利用邊界連續條件先決定邊界連續相關的控制點位置後，再以最小平方方法求解剩餘的控制點位置，達到曲線滿足邊界條件的目的。Park 等(Park, 2000)則結合曲線誤差、能量函數與邊界連續條件，使嵌合曲線能同時兼具曲線之精度、平滑性與邊界連續性條件。

學者們所探討的內容中極少著墨在控制點數目最佳化的問題，對於曲折的 B-spline 曲線模型，需具備有為數眾多的控制點數目，否則無法表現出曲線在3D 空間中之扭曲形態。在實際應用上一般使用試誤法或使用大量的控制點數目滿足嵌合曲線的精度要求，然而使用試誤法乃影響曲線建構效率，而控制點數目過多則會影響曲線的平滑性。因此，若能獲得最佳之控制點數目，對於嵌合曲線在精度與品質的控制上有莫大幫助。

此研究的目的是提出 B-spline 曲線嵌合之曲線控制點數目最佳化的演算法，利用分段處理再接合的方法達到曲線最佳化的目的。過程中先分析掃描量測點資料的扭曲狀態，並適當的將點資料分段。研究中分析各段點資料的曲線控制點數目之初始值與曲線接合處的座標位置、斜率與曲率等邊界值，曲線嵌合時各段曲線可在最少的控制點數目下達到所設定曲線誤差值，同時滿足所設定的邊界條件之最佳化平滑曲線。最後，利用曲線合成方式，將各段之最佳嵌合曲線合成一條最佳化之 B-spline 曲線。研究中乃利用一些範例以驗證所提出演算法的適用性。

貳、B-Spline 曲線模型

假設 $C(u)$ 為 B-spline 曲線上的位置向量，則沿著參數 u 的 B-spline 曲線可定義為 (Rogers, 1990)

$$C(u) = \sum_{i=0}^n P_i N_{i,k}(u) \quad u_{k-1} \leq u < u_{n+1}, \quad 2 \leq k \leq (n+1) \quad (1)$$

其中 P_i 為控制點位置向量，簡稱控制點，個數為 $n+1$ 。 $N_{i,k}(u)$ 是正規化 B-spline 基底函數， k 為曲線階數。在階數為 k 時，第 i 個基底函數 $N_{i,k}(u)$ 為 Cox-deBoor 迴歸公式，定義為

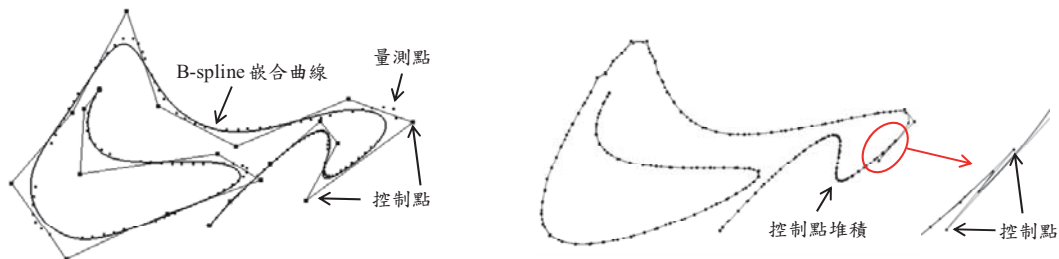
$$N_{i,1}(u) = \begin{cases} 1 & \text{if } u_i \leq u < u_{i+1} \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (2)$$

$$N_{i,k}(u) = \frac{(u - u_i)N_{i,k-1}(u)}{u_{i+k-1} - u_i} + \frac{(u_{i+k} - u)N_{i+1,k-1}(u)}{u_{i+k} - u_{i+1}}$$

其中 u_i 為節點向量。因此，B-spline 曲線的參數有曲線階數、節點向量、控制點數目與控制點座標等。B-spline 曲線嵌合即為從量測點群資料中，利用演算流程獲得曲線參數值，使產生的 B-spline 曲線滿足所設定的目標。

參、控制點數目最佳化的演算法

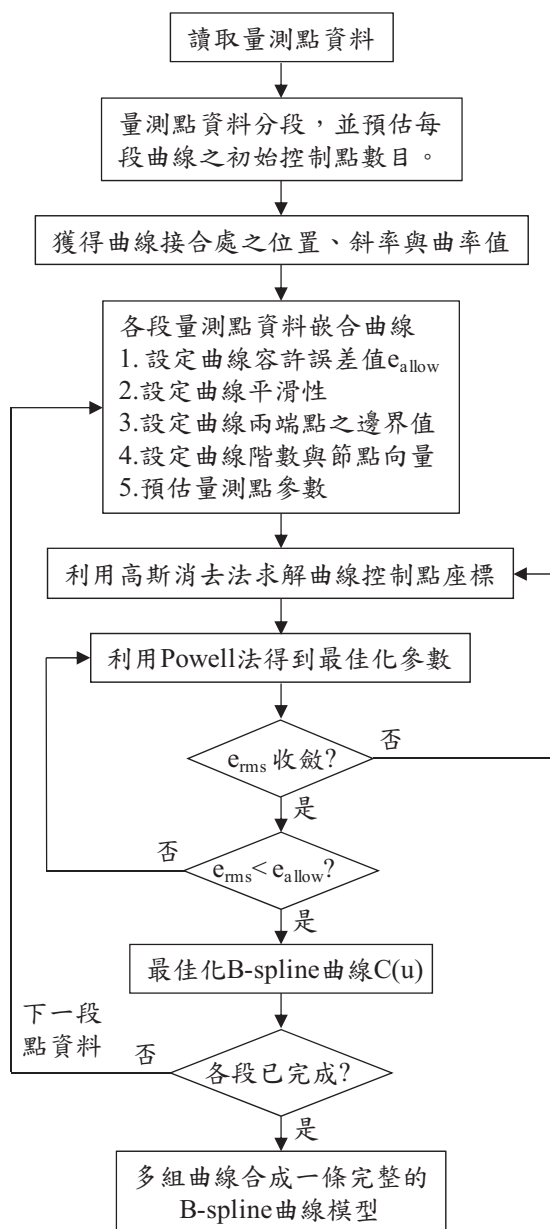
一條曲折多且長的 B-spline 曲線，會配有大量的控制點數目，以控制曲線的扭曲狀況。同樣的，一條曲折多且長的量測點群資料，嵌合成 B-spline 曲線時，也需要大量的控制點數目。若控制點數目不足則曲線會較平坦，無法顯示複雜的曲線外形；數量過多，則呈現控制點堆積，甚至折返的現象，如圖一所示。因此量測點資料嵌合成 B-spline 曲線時，控制點數目之參數設定往往造成使用上的困擾。



(a)顯示控制點數目不足的结果 (b)過多的控制點數目造成控制點堆積或折返

圖一 說明控制點數目對 B-spline 曲線嵌合所造成的影響

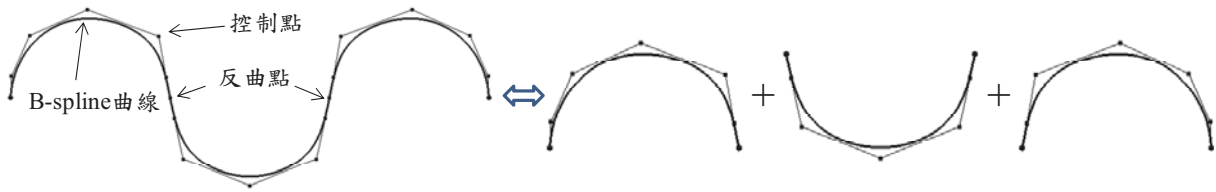
本研究乃利用量測資料分段方式，將複雜的量測點資料簡單化，在考慮曲線精度、平滑性與邊界連續性的狀況下，每段量測點資料控制點數目最佳化的方式嵌合曲線，最後將各段嵌合曲線合成一條完整曲線。圖二為所提出之控制點數目最佳化的 B-spline 曲線嵌合流程圖，圖中各步驟的說明如下：



圖二 控制點數目最佳化之 B-spline 曲線嵌合流程圖

3.1 量測資料分段

一條曲線可視為多條弧線所組成，如圖三所示。圖中顯示在曲線的反曲點處存在有控制點，因此在反曲點處將曲線分段或接合皆是理想位置。同時，兩弧線在反曲點處僅為斜率連續，對於在量測資料分段嵌合曲線以及後續的曲線接合，在精度、平滑性與邊界連續性的控制上較為容易。



圖三 說明 B-spline 曲線之分段或接合

研究中即將量測點資料在反曲點處分段，而量測點資料被分成多個圓弧點資料，並計算出每一段的圓弧角度。對於 B-spline 曲線而言，一個圓弧視圓弧角度而需要不同數量控制點，由計算的每一段之圓弧角度即可預估出每段圓弧點資料所需之控制點數目。

3.2 曲線接合處之邊界值

曲線分段後再接合，在接合處要保有原先曲線的連續性，如接合點、斜率與曲率等。研究中先獲得曲線接合處之連續性，做為每段點資料嵌合曲線時曲線端點邊界值，可使相鄰曲線在接合處具有相同的邊界值，曲線接合後在接合處即保有原先曲線的連續性。

研究中擷取每個量測資料分段點處 R_m 前後數個點資料，組成點資料[R]，並嵌合這些點資料成平滑之 B-spline 曲線 $C_r(u)$ 。設 u_m 為點資料 R_m 在曲線上之對應點參數，則計算出接合點在嵌合曲線上的對應點座標、斜率或曲率值。

$$(1). \text{ 連接點座標： } Pt_m = C_r(u_m) \tag{3}$$

$$(2). \text{ 單位切線向量： } T_m = \frac{C'_r(u_m)}{|C'_r(u_m)|} \tag{4}$$

$$(3). \text{ 二次微分關係式： } KT_m = \frac{C''_r(u_m)}{|C'_r(u_m)|^2} \tag{5}$$

$$(4). \text{ 曲率： } \kappa(u_m) = \frac{|C'_r(u_m) \times C''_r(u_m)|}{|C'_r(u_m)|^3} = \frac{|T_m \times KT_m|}{|T_m|^3} \tag{6}$$

將接合點的座標、斜率或曲率值設定為兩嵌合曲線接合處之邊界值，則兩曲線在接合處的接合狀態即可達到連續性的接合。

3.3 B-spline 曲線嵌合

考慮一組量測點群資料 $Q_j, j=0, \dots, m$ ，利用嵌合法產生一條 B-spline 曲線，曲線不一定通過所有的點，但在能滿足最佳化的條件下，獲得 B-spline 曲線的參數值。在曲線嵌合演算法(Lin, 1997)乃先決定曲線階數、節點向量與控制點數目，而每一量測點在曲線上的參數 u 即可由(1)式得出一個方程式。利用最小平方法在一組的量測點到嵌合曲線之均方根誤差值最小化的狀況下解聯立方程式，以疊代方式求得一組最佳化曲線控制點座標 $P_{i,i=0,1,\dots,n}$ ，此即為以誤差函數得到嵌合曲線。量測點到嵌合曲線之誤差函數 ε 表示如下：

$$\varepsilon = \sum_{j=0}^m (C(u_j) - Q_j)^2 = \sum_{j=0}^m \left(\sum_{i=0}^n N_{i,k}(u_j) P_i - Q_j \right)^2 \quad (7)$$

誤差值最小化 ε_{\min} 為

$$\varepsilon_{\min} \Rightarrow \frac{\partial \varepsilon}{\partial P_\ell} = 0, \text{ for } \ell = 0, 1, \dots, n \quad (8)$$

上述之曲線嵌合演算法只考慮點資料至嵌合曲線的位置誤差，無法控制嵌合曲線的品質，嵌合曲線容易隨著量測點跳動，降低曲線之平滑性，曲線之曲率分佈則會呈現不平穩的現象。曲線的能量函數即包含有與曲率有關之曲線的一次微分與二次微分，可描述曲線之平滑狀態(Faux, 1979)。曲線的能量函數 E 表示如下：

$$E = \int_0^1 (\alpha [C'(u)]^2 + \beta [C''(u)]^2) du \quad (9)$$

其中 α 與 β 為曲線一次微分與二次微分的權重。以等參數將曲線分割成 g 段曲線，則

$$\begin{aligned} E &= \sum_{j=0}^g (\alpha [C'(u_j)]^2 + \beta [C''(u_j)]^2) \Delta u \\ &= \sum_{j=0}^g \left\{ \alpha \left[\sum_{i=0}^n N'_{i,k}(u_j) P_i \right]^2 + \beta \left[\sum_{i=0}^n N''_{i,k}(u_j) P_i \right]^2 \right\} \Delta u \end{aligned} \quad (10)$$

其中 $\Delta u = 1/g$ ，當曲線的能量函數最小時，表示曲線在目前的參數條件下之最平滑狀態，因此將(10)式曲線的能量函數最小化 E_{\min} ，如下所示

$$E_{\min} \Rightarrow \frac{\partial E}{\partial P_\ell} = 0, \ell = 0, 1, \dots, n \quad (11)$$

考慮以誤差函數與曲線能量函數為其最佳化的目標函數，可兼顧曲線誤差與平順性(Szobonya, 2002)。因此平滑性之 B-spline 曲線嵌合，乃結合(8)式與(11)式，則曲線

嵌合之矩陣運算為：

$$\begin{aligned} \varepsilon_{\min} + E_{\min} &= \frac{\partial \varepsilon}{\partial P_\ell} + \frac{\partial E}{\partial P_\ell} = 0 \quad \text{for } \ell = 0, 1, \dots, n \\ \Rightarrow ([N_\varepsilon]^T [N_\varepsilon] + \alpha [N'_\alpha]^T [N'_\alpha] + \beta [N''_\beta]^T [N''_\beta]) [P] &= [N_\varepsilon]^T [Q] \end{aligned} \tag{12}$$

其中 [P] 為控制點座標，[Q] 為量測點座標，[N_ε] 為基底函數矩陣，[N'_α] 與 [N''_β] 為基底函數矩陣之一次微分與二次微分矩陣。上式採用高斯消去法即可求解控制點座標 [P]。

3.4 邊界連續之平滑曲線嵌合

兩相鄰曲線接合之邊界條件有位置連續、斜率連續與曲率連續三種，因此分段後的圓弧點資料嵌合成 B-spline 曲線時，在嵌合曲線端點之設定則視連續性之邊界條件而定。以下以曲線在端點參數 u=1 為例，說明邊界連續之設定模式：

由(3)~(5)式知 B-spline 曲線端點 u=1 之位置座標為 P_{t_m}、單位向量 T_m 與二次微分關係式 K T_m，則 B-spline 曲線端點之位置座標、一次微分與二次微分為：

$$C(1) = \sum_{i=0}^n P_i N_{i,k}(1) = P_{t_m} \tag{13}$$

$$C'(1) = \sum_{i=0}^n P_i N'_{i,k}(1) = |C'(1)| \times T_m \tag{14}$$

$$C''(1) = \sum_{i=0}^n P_i N''_{i,k}(1) = |C'(1)|^2 \times K T_m \tag{15}$$

由(6)式知若兩曲線端點的一次微分與二次微分相同時，則會有相同的曲率值。將邊界連續拘束條件(13)~(15)式展開，並代入(12)式之平滑性曲線嵌合中，可得

$$\begin{bmatrix} [N] & [N(1)] & [N'(1)] & [N''(1)] \\ [N(1)] & 0 & 0 & 0 \\ [N'(1)] & 0 & 0 & 0 \\ [N''(1)] & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} [P] \\ X_0 \\ X_1 \\ X_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} [N_\varepsilon]^T [Q] \\ PT \\ |C'(1)| * T \\ |C'(1)|^2 * KT \end{bmatrix} \tag{16}$$

其中 [N] = [N_ε] ^T [N_ε] + α [N'_α] ^T [N'_α] + β [N''_β] ^T [N''_β]。

研究中利用高斯消去法求解(16)式，得到曲線控制點 [P]。此時所得到的嵌合曲線

除了滿足曲線精度與平滑性外，曲線在端點 $u=1$ 處之位置座標、斜率與曲率會與所設定的邊界值一致。兩相鄰曲線之邊界值相同，則接合後整段曲線即達到平滑且連續。

3.5 曲線合成

階數相同的兩條 B-spline 曲線 $C_1(u)$ 與 $C_2(u)$ 結合成一條 B-spline 曲線 $C_3(u)$ ，曲線 $C_3(u)$ 在接合點之前與曲線 $C_1(u)$ 相同，在接合點之後則與曲線 $C_2(u)$ 相同 (Piegl, 1997)。設兩條曲線 $C_1(u)$ 與 $C_2(u)$ 之節點向量為 $U_1 = \{u_0 \ u_1 \ \dots \ u_{k-1} \ u_k \ u_{k+1} \ \dots \ u_n \ u_{n+1} \ \dots \ u_{n+k}\}$ 和 $U_2 = \{w_0 \ w_1 \ \dots \ w_{k-1} \ w_k \ w_{k+1} \ \dots \ w_n \ w_{n+1} \ \dots \ w_{m+k}\}$ ，控制點數目為 $n+1$ 個與 $m+1$ 個，控制點分別為 Q_i 和 R_i ，則 $C_1(u)$ 與 $C_2(u)$ 可表示如下：

$$C_1(u) = \sum_{i=0}^n Q_i N_{i,k}(u) \quad (17)$$

$$C_2(u) = \sum_{i=0}^m R_i N_{i,k}(u) \quad (18)$$

其中曲線 $C_1(u)$ 之終點與曲線 $C_2(u)$ 之起點相同，即 $Q_n = R_0$ 。若合成之曲線為 $C_3(u)$ ，則 $C_3(u)$ 之控制點數為 $n+m+1$ ，節點向量為 $U_3 = \{x_0 \ \dots \ x_{n+m+k}\}$ ， $C_3(u)$ 可表示如下：

$$C_3(u) = \sum_{i=0}^{n+m} B_i N_{i,k}(u) \quad (19)$$

合成曲線之控制點 B_i 為 Q_i 與 R_i 的聯集，但因 $Q_n = R_0$ ，故須刪除其中一點。合成曲線之節點向量 U_3 為 U_1 與 U_2 的組合，表示如下：

$$x_i = \begin{cases} u_i & i = 0, \dots, n+k-1 \\ w_{i-n} + u_{n+k} - w_0 & i = n+k, \dots, m+n+k \end{cases} \quad (20)$$

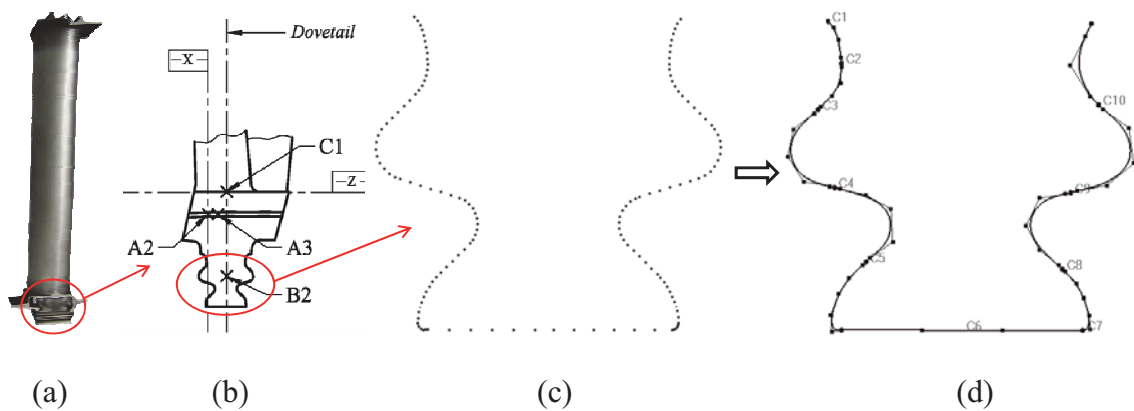
上式說明當 $i < n+k$ 時， x_i 與 u_i 相同；當 $i \geq n+k$ 時，將 w_i 向右平移 $(u_{n+k} - w_0)$ ，且刪除 u_{n+k} 值，因曲線 $C_3(u)$ 之控制點數與節點值需減少一個，以滿足 B-spline 模型的基本定義。

肆、範例說明

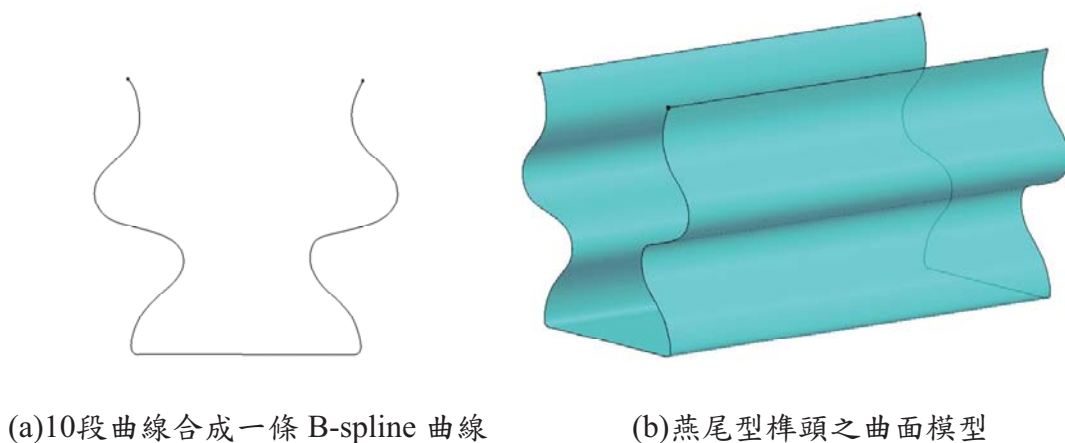
研究中利用兩個範例說明所提出的 B-spline 曲線嵌合之控制點數目最佳化演算法之適用性。圖四(a)為燕尾型榫頭之葉片範例，在重建燕尾型榫頭曲面過程中，先利用所提出的演算法建構出燕尾型之剖面曲線，再由剖面曲線重建燕尾型榫頭之曲面。圖四(b)為燕尾型榫頭部分之剖面圖，利用三次元量床量測燕尾型榫頭剖面，所得到的量

測點資料如圖四(c)所示。

量測點資料之 B-spline 曲線嵌合過程中，先依反曲狀態對量測點資料自動分成10段，每段量測資料所設定的嵌合曲線容許差值為0.003mm，在同時滿足曲線邊界連續與平滑性下，得到最少控制點數目之最佳化的 B-spline 曲線。圖四(d)顯示所獲得的10段曲線(編號 c1~c10)及每段曲線的控制點。圖五(a)說明此10段 B-spline 曲線合成一條 B-spline 曲線，共有53個控制點數目，曲線嵌合之均方根誤差值 e_{rms} 為0.0008mm。然而傳統的曲線嵌合控制點數目為未知數需要輸入，若曲線複雜時在使用上造成困擾。若直接以53個控制點數目嵌合，則曲線嵌合之均方根誤差值 e_{rms} 為0.0016mm，若要達到均方根誤差值為0.0008mm，則需要60個控制點數目。最後此曲線沿曲線所在的平面法線方向延伸，即可得到燕尾型榫頭的曲面模型，如圖五(b)所示。



圖四 顯示燕尾型榫頭之葉片資料，(a)葉片外型，(b)燕尾型榫頭之剖面圖 (c)剖面量測點資料，(d)顯示10段嵌合曲線及控制點。

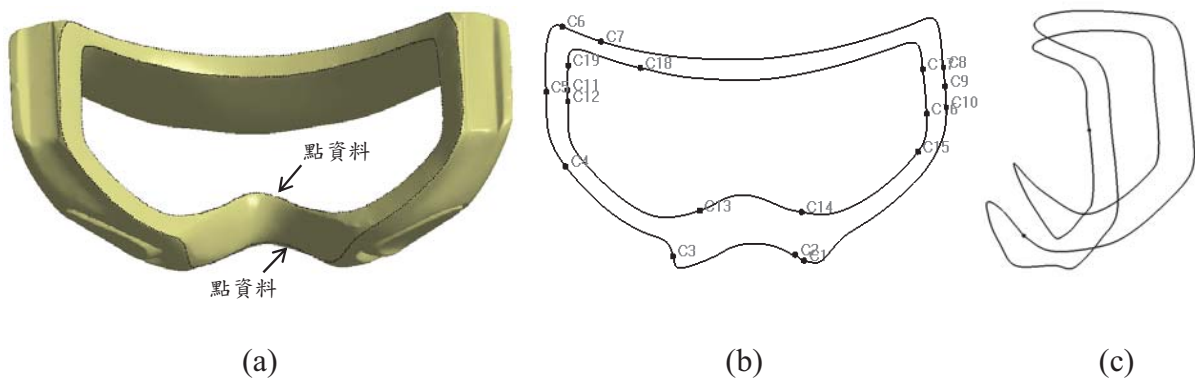


圖五 燕尾型榫頭剖面曲線與曲面模型

圖六(a)為潛水蛙鏡模型範例，圖中顯示蛙鏡模型上兩條外形輪廓3D 點資料。利用所提出的演算法建構出蛙鏡模型之外形輪廓曲線中，內、外輪廓點資料點資料分別被分成9段與10段的資料點資料，圖六(b)說明在嵌合曲線容許誤差值設定為0.1mm 條件

下，得到9條內輪廓曲線(編號 c11~c19)，10條外輪廓曲線(編號 c1~c10)之最佳化量測點數目之 B-spline 曲線模型。圖(c)說明將內、外輪廓曲線段分別成合成一條 B-spline 曲線的結果，內、外輪廓曲線控制點數目分別為61與76，曲線嵌合之均方根誤差值 e_{rms} 為分別為0.0689mm 與0.0546mm，圖中並以不同的視角說明3D 曲線輪廓模型。若點資料不分段而直接以相同的控制點數目嵌合成曲線，則內、外輪廓之曲線嵌合均方根誤差值分別為0.0775mm 與0.0667mm。若要達到曲線分段之均方根誤差值，則需要69與82個控制點數目。

從以上兩個範例中得知所提出之點資料分段曲線嵌合演算法，可自動取得最佳之曲線控制點數目，此對於複雜外形之點資料嵌合成曲線時，可免除在控制點數目上的困擾。



圖六 潛水蛙鏡模型範例(a)顯示內、外輪廓點資料，(b)內、外輪廓嵌合曲線段，(c)內、外輪廓曲線段分別合成一條 B-spline 曲線

伍、結論

控制點數目為 B-spline 曲線的重要參數，若控制點數目不足則曲線會太平坦，無法顯示複雜的曲線外形；數量過多，則呈現控制點堆積，甚至折返的現象。有鑑於在 3D 空間上之複雜量測點資料在嵌合成 B-spline 曲線時，於曲線控制點數目參數設定上所造成的困擾，因此提出 B-spline 曲線嵌合之曲線控制點數目最佳化的演算法，將量測點資料分成多段之弧形段組合，目的在將複雜的量測點資料簡單化。每一段的量測點資料在平滑性與端點邊界值設定下，於滿足所設定嵌合曲線容許誤差之條件中，得到最佳的曲線控制點數目之 B-spline 曲線。最後，利用曲線合成方式，將各段之嵌合曲線合成一條最佳化之 B-spline 曲線。

研究中以燕尾型樺頭之葉片為範例，利用本研究所提出的演算法先獲得燕尾型樺頭之最佳化剖面 B-spline 曲線，再重建出燕尾型樺頭之曲面模型。另外，在潛水蛙鏡模型範例中也以所提出的演算法，得到最佳化之內、外輪廓 B-spline 曲線模型。此兩範例皆在考量獲得曲線平滑性與連續性，在滿足所設定的容許誤差下，得到最佳的曲線控制點數目之 B-spline 曲線。因此，可以驗證所提出 B-spline 曲線嵌合之曲線控制點數目最佳化演算法的適用性。

參考文獻

1. Alhanaty, M. and Bercovier, M., "Curve and Surface Fitting and Design by Optimal Control Methods", *Computer-Aided Design*, Vol. 33, pp. 167-182 (2001).
2. Barsky, B.A., "End conditions and boundary conditions for uniform B-spline curve and surface representations", *Computers in Industry*, Vol. 3, pp. 17-29 (1982).
3. Fang, L. and Gossard, D.C., "Multidimensional Curve Fitting to Unorganized Data Points by Nonlinear Minimization", *Computer-Aided Design*, Vol 27, No. 1, pp. 48-58 (1995).
4. Faux ID and Pratt MJ, *Computational Geometry for Design and Manufacture*, Ellis Horwood (1979).
5. Li, W., Xu, S., Zheng, J. and Zhao, G., "Target Curvature Driven Fairing Algorithm for Planar Cubic B-spline Curves", *Computer Aided Geometric Design*, Vol. 21, pp. 499-513 (2004).
6. Lin, C.Y, Liou, C.S. and Lai, J.Y., "A surface-lofting approach for smooth-surface reconstruction from 3D measurement data", *Computers in Industry*, Vol. 34, pp. 73-85 (1997).
7. Ma, W. and Kruth, J.P., "Parameterization of randomly measured points for least squares fitting of B-spline curves and surfaces", *Computer-Aided Design*, Vol. 27, No. 9, pp. 663-675 (1995).
8. Park, H., Kim, K. and Lee, S.C., "A Method for Approximate NURBS Compatibility Based on Multiple Curve Refitting", *Computer-Aided Design*, Vol. 32, pp. 237-252 (2000).
9. Piegl, L.A. and Tiller W., *The NURBS Book*, Springer-Verlag, 2nd ed (1997).
10. Piegl, L.A. and Tiller, W., "Least-squares B-spline Curve Approximation with Arbitrary End Derivatives", *Engineering with Computers*, Vol. 16, pp. 109-116 (2000).
11. Pottmann, H., Leopoldseder, S. and Hofer, M., "Approximation with Active B-spline Curves and Surfaces", *Proc. of the Pacific Graphics*, IEEE Press: pp. 8-25 (2002).
12. Rogers, D.F. and Fog, N.G., "Constrained B-spline Curve and Surface Fitting", *Computer-Aided Design*, Vol. 21, No. 10, pp. 87-96 (1989).
13. Rogers D.F. and Adams J.A. , *Mathematical Elements for Computer Graphics*, McGraw-Hill (1990).
14. Sarkar, B. and Menq, C.H., "Smooth-Surface Approximation and Reverse Engineering", *Computer-Aided Design*, Vol. 23, No. 9, pp. 623-628 (1991).
15. Shetty, S. and White, P.R., "Curvature-continuous extensions for rational B-spline curves and surfaces", *Computer-Aided Design*, Vol. 23, No. 7, pp. 484-491 (1991).
16. Szobonya, L. and Renner, G., "Construction of Curves and Surfaces Based on Point Clouds", *Proc. First Hungarian Conference on Computer Graphics and Geometry, Budapest*, pp. 57-62 (2002).

17. Varady, T., Martin, R.R. and Cox, J., "Reverse Engineering of Geometric Models-an Introduction", *Computer-Aided Design*, Vol. 29, No. 4, pp. 255-268 (1997)
18. Wang, W., Pottmann, H. and Liu, Y., "Fitting B-spline Curves to Point Clouds by Squared Distance Minimization", *HKU CS Tech Report TR-2004-11* (2004).

TRIZ 創新設計案例—輕鬆拆

Case of TRIZ — Dismantle easily

池德明^{1,2} 劉曉雲³ 彭沛語³ 曹麗英⁴ 吳志富⁵ 黃臣鴻⁶
 Der-Ming Chry^{1,2} Hsiao-Yun Liu³ Pei-Yu Peng³ Lee-Ing Tsao⁴ Chih-Fu Wu⁵ Cheng-Hung Huang⁶

¹東南科技大學 創意產品設計系 講師 Department of Mechatronic Technology
²大同大學 工業設計系暨研究所 研究生 Department and Graduate School of Industrial Design
³國立臺北護理健康大學 護理系暨研所 研究生 School of Nursing
⁴國立臺北護理健康大學 護理系暨研所 教授 School of Nursing
⁵大同大學 工業設計系暨研究所 教授 Department and Graduate School of Industrial Design
⁶大同大學 工業設計系暨研究所 助理教授 Department and Graduate School of Industrial Design
 通訊作者：池德明 mail: cdm@mail.tnu.edu.tw

摘 要

本文結合 TRIZ 方法、腦力激盪法與通用設計原則，透過分析設計對象找出欲解決問題，在通用設計七個原則下利用 TRIZ 的創新方法來做比較與改良，設計出本產品進而改善醫療工作上問題。首先透過醫院10位急重症單位護理師針對”靜脈注射留置針頭與輸液管路接頭常因太緊而不易拆”的問題進行問卷調查。分析調查結果找出欲改善問題，利用 TRIZ 的工程特性所對應的39 工程參數(Engineering Parameters)找出欲改善參數及惡化參數。藉由矛盾矩陣表或單一工程特性對應的創新法則解出可用之40 創新法則(Inventive Principles)，並結合通用設計原則引導提供設計者新的思考方向。再利用腦力激盪法(Brain Storming)將所有可行的構想整合並提出設計方案。將此流程應用於本次問題之設計案例，可作為設計工程師用於開發設計新產品時之參考。本文以設計輕鬆拆為例，使用此創新設計流程。針對目前現有之”靜脈注射留置針頭與輸液管路接頭常因太緊而不易拆卸”進行改良設計方便使用工具，藉由開發工具能對醫療過程有所幫助，並提高工作的品質。

關鍵詞： TRIZ、腦力激盪法、40 創新法則、通用設計

Abstract

This article combines the TRIZ method, the brainstorming method, and universal design principles. Through the analysis of design objects, this study tries to figure out resolutions to the problems. With the seven principles of universal design, this study uses the TRIZ innovation to undergo comparison and improvement and further design the products to improve health care problem. First, the questionnaire was conducted to 10 units of health

caretaker working in the hospital emergency and critical care division to understand the problems of intravenous indwelling needle with infusion tube joints which often are too tight and to be removed. The investigation results figure out the problems intended to be resolved. This study uses engineering properties of TRIZ that are related to 39 engineering parameters to further identify parameters that are to be improved and worsening parameters. Through the matrix of contradictions or the innovation rules that correspond to single engineering characteristics to find out 40 available inventive principles. Furthermore, the combination of universal design principles provides the designer new thinking directions. The use of the brainstorming method integrates all available ideas and proposes the design projects. The process is applied to the innovative design and design engineers may consider to use it to design new products. This article uses a product, which is easily split, as an example by applying this new design process. In view of the current existing problem of "intravenous indwelling needle with infusion tube joints that are often too tight and hard to be removed," this study undergoes the improvement and design a convenient tool. With the development of the tool, it is helpful to medical procedure and improve the quality of work.

Keywords: TRIZ, brain storming, 40 inventive principles, universal design.

壹、前言

近年來各行各業越來越重視突破及創新，在激烈的競爭環境下，許多企業深切體驗到唯有突破與創新，才是企業永續經營的不二法門。但是要如何讓不同的族群，滿足使用者最基本的需求，並提升企業對於產品創新研發設計能力，以應付市場趨勢已成為企業最迫切的議題。

本文利用一種有效提升產品創新與創意設計的方法，經由矛盾表或單一工程特性找出建議使用創新法則後，藉由學習案例的引導啟發，可以有效協助設計人員或團隊在開發時有更多的創新路徑。

靜脈注射留置針頭是醫療院所中病人在一般侵入式治療的一種常規工作如圖1所示，主要用途是給予病人藥物、營養、電解質及監控病情，如果靜脈留置失敗(注射後七十二小時內)，會造成病人延誤治療而影響醫療程效，必須重新注射，因而構成醫療成本增加[1]。

然而會造成靜脈注射留置失敗原因很多種，除了操作失誤之外還有外在因素所造成失敗，例如壓到輸液管、注射液位能太低壓力不足及漏液等等。每個問題醫療人員都可排除問題恢復其功能，其中靜脈注射留置針頭與輸液管會因輸入高蛋白、血液漏液或維護擦拭消毒優點時產生造成管路拆卸困難。這時醫療人員藉由止血鉗(Kelly)來協助拆卸管路如圖2，在拆卸過程中容易造成病人的不舒服感。這時如果有新工具能取代止血鉗(Kelly)拆卸功能而且是輕巧、簡易操作、省時省力，以提供迅速及安全提供病患照護服務品質。



圖1 靜脈注射留置針頭



圖2 止血鉗拆卸管路

貳、腦力激盪法

腦力激盪法[2-3] 乃由奧斯朋(AlexF. Osborn) 1939 年所提出，它是一種意見互相交流的會議，利用集體思考的方式，經由眾人不同的想法相互激盪、補充、修改產生的意見提出更好的構想，可在短暫的時間裡獲得大量的構想。參加的成員在使用此方法時都必須遵守以下原則：

- (1)禁止批評：禁止以批判的言語做評論，甚至打壓對方的想法。
- (2)自由聯想：不受常理約束，自由奔放的聯想。
- (3)多多益善：無論好壞盡量提出想法與意見，藉由大量的巧思中產生絕佳的創意。
- (4)組合與改進(搭便車發展)：藉由別人所提出的想法進行結合或延伸出更好的構想。

參、TRIZ 創新法則

TRIZ 方法是由前蘇聯發明家 Altshuller 分析四十萬件以上的專利，歸納導出39工程參數(39 Engineering Parameters) (如表一)與其對應相關之40 創新法則(40 Inventive Principles) (如表二)和矛盾表(Contradiction Table) (如表三) [4-6]，可以有效的幫助工程設計師解決工程系統矛盾的問題。此解決問題的模式，將其欲改善與防止惡化之工程特性參數，找出系統的矛盾特性，再對應到 Altshuller 的工程參數，再利用矛盾表找出相關的創新法則來解決問題。

矛盾矩陣表是解決系統中工程特性互相矛盾之重要矩陣表，用於解決系統中工程特性互相矛盾之問題，若欲改善某一工程特性，而預知另一工程特性會因此惡化，便可利用矛盾矩陣表來解決問題。當工程師欲改善系統某一個工程的特性，卻無法預測矛盾特性是否存在時，可以利用 Liu 與 Chen(如表四)[7-10]所提出的「單一工程特性對應創新法則方法」。

表一 39工程參數

編號	工程參數	編號	工程參數
1	移動件重量	21	功率
2	固定件重量	22	能源損失
3	移動件長度	23	物質損失
4	固定件長度	24	資訊損失
5	移動件面積	25	時間損失
6	固定件面積	26	物質數量
7	移動件體積	27	可靠度
8	固定件體積	28	測量精確度
9	速度	29	製造精確度
10	力量	30	物體外在有害因素
11	應力或壓力	31	物體產生有害因素
12	形狀	32	易製造性
13	物體穩定性	33	易操作性
14	強度	34	易維修性
15	移動件耐久性	35	適應性
16	固定件耐久性	36	裝置複雜性
17	溫度	37	偵測與梁測困難度
18	亮度	38	自動化程度
19	移動件消耗能源	39	生產力
20	固定件消耗能源		

表二 40創新法則

編號	創新法則	編號	創新法則
1	分割	21	快速過
2	抽出	22	轉害處為益處
3	局部特性	23	回饋
4	不對稱	24	中間物
5	結合	25	自助
6	多面性	26	複製
7	套疊	27	便宜的代替品
8	反重力	28	更換機械系統
9	先前的反動作	29	氣動或水力結構
10	先前的動作	30	彈性殼或薄膜
11	事先緩衝	31	多孔材料
12	等位性	32	改變顏色
13	反轉	33	同質性
14	球狀化	34	拋棄及再生零件
15	動態化	35	改變物理或化學狀態
16	部分或過度動作	36	相的變化
17	移至新次元	37	熱膨脹
18	機械振動	38	強氧化劑
19	週期性動作	39	惰性環境
20	有效動作的連續	40	複合材料

表三 矛盾矩陣表(部分)

	10.力量	11.應力或壓力	...	38.自動化程度	39.生產力
01.移動件重量	08,10,18,37	10,36,37,40		26,35,18,19	35,03,24,37
02.固定件重量	08,10,19,35	13,29,10,18		02,26,35	01,28,15,35
03.移動件長度	17,10,04	01,08,35		17,24,26,16	14,04,28,29
...					
38.自動化程度	02,35	13,35			05,12,35,26
39.生產力	28,15,10,36	10,37,14		05,12,35,26	

表四 單一工程特性對應創新法則(部分)

	A	B	...	F	G
	19次以上	16~18	...	4~6	1~3
01.移動件重量	35			03,32,22,24,3 9,05,13,11	12,21,20,17,04,30, 16,14,25,23
02.固定件重量	35	28,10 19,01		39,32,09,14,4 0,05,08,03	17,25,30,20,16,11, 36,37,24
...					
38.自動化程度	35	20,28,26		23,27,32,15,1 7,08	03,33,14,30,05,25, 06,11,04,21,09,07
39.生產力	35,10,28	01			16,20,27,30,04,40, 05,25,21,31,36

肆、通用設計

通用設計的英文為 Universal Design，有別於無障礙設計(Barrier-free Design)的地方，是在於通用設計除了照顧最有特別需要的人士外，同時也提供適當的平衡，以滿足不同類型社群人們的需要。

1997年美國北卡羅來納州州立大學的通用設計中心，提出通用設計七大原則：

- (1)平等使用(Equitable Use):這種設計對任何使用者都不會造成傷害或使其受窘。
- (2)靈活運用(Flexibility in Use): 這種設計涵蓋了廣泛的個人喜好及能力。
- (3)簡單易用(Simple and Intuitive Use): 不論使用者的經驗、知識、語言能力或集中力如何，這種設計的使用都很容易了解。
- (4)簡單訊息(Perceptible Information): 不論周圍狀況或使用著感官能力如何，這種設計有效地對使用者傳達了必要的資訊。
- (5)容許差異(Tolerance for Error): 不論周圍狀況或使用著感官能力如何，這種設計有效地對使用者傳達了必要的資訊。
- (6)省力操作(Low Physical Effort): 這種設計可以有效、舒適及不費力地使用。
- (7)度量合宜(Size and Space for Approach and Use): 不論使用者體型、姿勢或移動性如何，這種設計提供了適當的大小及空間供操作及使用。

除了上述七項原則外，通用設計也需關照下列三大訴求：可長久使用具經濟性、品質優良且美觀、對人體及環境無害。簡單的說 UD 精神就是找出產品設計的最大包容點，讓更多使用者都能夠順利、方便地去使用，與所處環境做合理的互動。

伍、設計流程

本研究針對劉志成等[11]所提出之產品創新設計流程，加入參考學習案例，重新架構出一設計流程，如圖3。

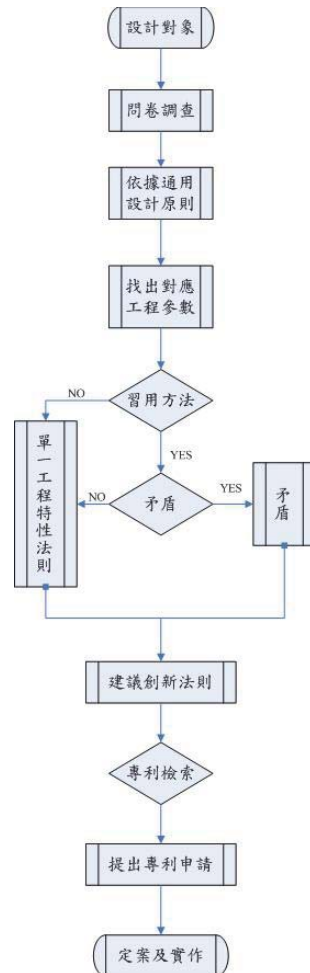


圖3 設計流程圖

首先設定設計對象，再利用腦力激盪法針對設計對象之問題點進行搜尋，並歸納問題點提出需改進項目，將其轉換成39 工程參數。判斷是否有習用方法，若沒有則可直接查詢單一或多重特性法則，若有時必須分析習用方法與工程參數間是否存在矛盾關係，如果可預知兩者會造成矛盾衝突時，則可使用 TRIZ 之矛盾矩陣表查詢解決問題，若只知道要改善系統某一工程特性，而無法預測是否產生矛盾時，則可用單一或多重特性法則找出相關創新法則。藉由創新法則的引導進行腦力激盪，提出產品創新的構想並整合為可行之方案。

接著進行專利檢索，搜尋是否有相似產品或專利技術，若已存在相似產品或專利，就必須放棄此設計構想，選擇其它創新法則進行設計。若專利檢查查無相似專利，並確認該設計具備新穎性、進步性且具可專利性，則可提出專利申請完成定案。

陸、案例分析

- (1) 設計對象：如前言所述，針對10位急重症單位護理師在工作上做問卷調查的對象。
- (2) 問卷調查：項目共有十三項問題，其中一至九項是勾選題，結果如表五，十至十三項是問答題，結果如表六。

表五 問卷調查結果(勾選題)

項目	非常不同意	不同意	無意見	同意	非常同意	得分
1. kelly 用於卸除輸液管路的便易性			3	6	1	38
2. 用一支 kelly 便可輕鬆完成卸除輸液管路	3		2	5		29
3. kelly 用於卸除輸液管路費時		2	4	4		32
4. 隨身攜帶 kelly 的方便性	5	2	3			18
5. 使用 kelly 卸除輸液管路時手會沾到病人血液		3		7		34
6. 單手操作 kelly 可完成卸除輸液管路	6	2		2		18
7. 用一支 kelly 無法迅速完成卸除輸液管路			3	6	1	38
8. kelly 卸除輸液管路的整體滿意度		3	3	4		31
9. 開發輕巧易攜帶產品取代現行 kelly			1	3	5	41

表六 問卷調查結果(問答題)

項目	答覆
10. 使用 kelly 卸除輸液管路的頻率，一週次數？	10位重症單位護理師一週總共約使用80次，平均一人每週使用8次。
11. 您覺得目前 kelly 卸除輸液管路時有那些需要改進地方？	太重、不輕巧、太大支不易攜帶、費力、因費用昂貴，故單位數量有限。
12. 您卸除輸液管路時使用何種輔助工具？其優缺點？	(1)剪刀：優點隨身攜帶，缺點擔心會剪斷點滴管路。 (2)紗布：優點容易取得，缺點常常沒有發揮作用仍無法卸除管路。
13. 使用 kelly 卸除輸液管時病患或家屬之感受？	無特別感覺，家屬覺得護士用的器具好像不太好用；有時看到護士用到手發紅了，有時互是在重新換心的點滴管路時，會很久。

(3) 依據通用設計的七項原則及三大訴求為目標。

提出改進項目：

- a. 輸液管路接頭常因太緊而不易拆卸，尤其當出現滲血後，更易造成管路拆卸困難。
- b. 開發輕巧、簡易操作、省時省力、隨手取得之新品，以提供迅速及安全提供病患照護服務品質。

(4) 找出對應之39工程參數：將改善項目轉換成39 工程參數並找出對應的改善工程參數，本文所找出的欲改善工程參數為 9.速度 Speed：物體的運動速度、過程或活動與時間之比。

The velocity of an object; the rate of a process or action in time.

因無法預估惡化參數，則採用單一工程特性對應的創新法則

(5) 單一工程特性法則：

由於缺乏矛盾訊息，利用 Liu 與 Chen [7]所提出的單一工程特性創新法則表，作為查詢改善工程參數的依據，藉由單一工程特性創新法則表查詢結果如表七。

表七 單一工程特性創新法則查詢結果

等級 工程特性		A	B	C	D	E	F	G
		(19次以上)	(16~18次)	(13~15次)	(10~12次)	(7~9次)	(4~6次)	(1~3次)
1	Weight of moving object							
2								
⋮								
9	Speed	28.35	13	34	10.38.15	08.02.18.19	32.03.29.1 4.04.26.01. 30	16.21.36.24.27.06. 11.12.05.33.23.25. 09.20.22.07.40
⋮								

(6) 提出創新設計可行之方案：

找出對應之建議使用創新法則後並進行腦力激盪，針對學習案例所提供的生活化案例進行聯想與運用，從等級最高且使用頻率較高的法則開始嘗試，如果沒有合適之構想則往下一等級嘗試，最後提出以下改善之設計(如表八)。

表八 40創新法則之使用頻率

使用頻率	創新法則	
4	28	置換機械系統(主體轉換)
1	35	參數改變(材料或型態轉換)
10	13	反向(主體轉換)
4	28	置換機械系統
15	34	去除且再生(主體轉換)
2	10	預先作用(時間轉換)
31	38	加速氧化(環境轉換)
6	15	動態性(時間轉換)

提出構想方案：套用相關之創新法則

A. 原則28 Mechanics substitution 置換機械系統

(A). Replace a mechanical means with a sensory (optical, acoustic, taste or smell) means.

使用另一種感測的方法(聲、光、視覺、聽覺、嗅覺、味覺、觸覺等)取代現行的方法

(B). Use electric, magnetic and electromagnetic fields to interact with the object.

使用電場、磁場、或電磁場，與物體或系統交互作用

(C). Change from static to movable fields, from unstructured fields to those having structure.

使用移動的場取代靜止的場；結構化的場取代非結構化的場；變化的場取代固定的場

(D). Use fields in conjunction with field-activated (e.g. ferromagnetic) particles.

使用場，並連接能與場作用(鐵磁性)的粒子、物體、或系統

原則28屬於電場能與機械系統不適用。

B. 原則35 Parameter changes 參數改變

(A). Change an object's physical state (e.g. to a gas, liquid, or solid.)

改變物理、化學狀態(固態、液態、氣態)

(B). Change the concentration or consistency.

更容易組裝與拆卸(模組化)，改變濃度或密度

(C). Change the degree of flexibility.

改變彈性(伸縮性、彎曲性、可撓度)的程度

(D). Change other parameters (emotional, temperature)

改變其他參數(溫度、壓力、長度、體積)

原則35屬於大都僅針對材質、顏色等方向進行改良不適用。

C. 原則13 The other way round 逆轉

(A). Invert the action(s) used to solve the problem

改用相反的作用取代原作用

(B). Make movable parts (or the external environment) fixed, and fixed parts movable).

活動的部份(或外在的環境)固定；使固定的部份活動

(C). Turn the object (or process) 'upside down'

將物體、系統、或程序反轉

原則13B 活動的部份(或外在的環境)固定；使固定的部份活動。

D. 原則34 Discarding and recovering 去除且再生

(A). Make portions of an object that have fulfilled their functions go away (discard by dissolving, evaporating, etc.) or modify these directly during operation.

使部分的物件已履行其功能由脫離（溶解、蒸發等拋棄）或修改這些直接操作期間。

(B). Conversely, restore consumable parts of an object directly in operation.

相反，直接操的物件作還原耗材的部分。

原則34屬於大都僅針對化學、物理等方向進行改良不適用。

E. 原則10 Preliminary action 預先作用

(A). Perform, before it is needed, the required change of an object (either fully or partially)

預先導入有用的作用到物體或系統中(部分或全部)

(B). Pre-arrange objects such that they can come into action from the most convenient place and without losing time for their delivery

先安置物體或系統，以期能在最方便的時間與位置展開作用

原則10屬於針對物體預先作用預防功能方向進行改良這增加時間複雜度不適用。

F. 原則38 Strong oxidants 加速氧化

(A). Replace common air with oxygen-enriched air.

使用含氧量高的氣體取代正常空氣

(B). Replace enriched air with pure oxygen.

使用純氧取代含氧高的氣體

(C). Expose air or oxygen to ionizing radiation.

使用離子輻射

(D). Ionize air to trap pollutants in an air cleaner.

使用電離子氣體

(E). Replace ozonized (or ionized) oxygen with ozone.

使用臭氧

原則38屬於氣化作用與電場能不適用。

G. 原則15 Dynamics 動態性

(A). Allow (or design) the characteristics of an object, external environment, or process to change to be optimal or to find an optimal operating condition.

在不同條件下，物體或系統的特徵要能(自動)改變以達到最佳的效果

(B). Divide an object into parts capable of movement relative to each other.

分割物體成為可以相互移動的元件

(C). If an object (or process) is rigid or inflexible, make it movable or adaptive.

如果物體或系統是不活動的，使其能活動或能互換、增加自由度的程度
原則15屬於時間轉換不適用。

- (7) 依目前使用止血鉗(Kelly)來拆卸靜脈注射留置針頭與輸液管路接頭常因太緊的問題，是容易造成病人的不舒適感。因此本研究依據原則13B.活動的部份(或外在的環境)固定；使固定的部份活動以通用設計為目標提出三個設計案。

產品定案及實作：透過軟體繪製及分析將構想實體化並進行實際測試如圖4所示。

夾式輕鬆拆：利用夾頭夾住輸液管頭，然後向兩旁轉動使其與靜脈注射留置針頭鬆脫。

捏式輕鬆拆：利用捏式夾頭插入靜脈注射留置針頭與輸液管頭中間間隙，然後用力壓下捏式輕鬆拆壓力板利用反作用力，將靜脈注射留置針頭與輸液管頭分離。

鉗式輕鬆拆：將靜脈注射留置針頭與輸液管頭方入鉗中，用力於鉗柄兩端向內壓。因鉗子前端會固定靜脈注射留置針頭，後段上下各有推板因鉗柄向內壓推板一個向右一個向左行程旋轉方向；靜脈注射留置針頭與輸液管頭因此而鬆脫。



圖4 三個設計案例

捌、結論

- (1). 本文所提出的創新設計流程，以實際案例進行說明，可提供設計者解決新產品研發過程中可能遇到的問題點或矛盾衝突，以研發創新的產品。
- (2). 本創新設計流程可找出一些建議使用的創新法則，藉由法則的引導可提供產品許多橫向的創新機會，其可行性之驗證則留予後續發展。
- (3). 本創新設計產品針對問卷調查上第11項目所建議太重、不輕巧、太大支不易攜帶、費力、因費用昂貴進行創新改善。

玖、參考文獻

1. 于普華、柯素綾、葉書儀 (2005) 週邊靜脈留置護理改善專案·澄清醫院, 2 (2), 83-93。
2. 原來, 腦力激盪術徹底應用, 林鬱文化, 台北市, 1996。
3. 楊平吉, 腦力激盪法會議術, 臺華工商出版社, 台北, 2002。
4. Domb, E., The 39 Features of Altshuller Contradiction Matrix, The TRIZ Journal, Nov.1996.
5. Domb, E., 40 Inventive Principles with Examples, The TRIZ Journal, July 1997.
6. Savransky, S. D., Engineering of Creativity: Introduction to TRIZ Methodology of Inventive Problem Solving, CRC Press, Boca Raton, 2000.
7. Liu, C. C. and Chen, J. L., A TRIZ Inventive Design Method without Contradiction Information, The TRIZ Journal, Sept. 2001.
8. 劉志成, TRIZ 方法改良與綠色創新設計方法之研究, 國立成功大學機械工程學系博士論文, 2003。
9. 劉志成、陳家豪, 一種沒有矛盾訊息下的 TRIZ 創新設計方法, 第十二屆全國自動化科技研討會, 虎尾, 台灣, 2001。
10. Chen, J. L. and Liu, C. C., An Eco-Innovative Design Approach Incorporating the TRIZ Method without Contradiction Analysis, J. of Sustainable Product Design, Vol. 1, No. 1, pp.263-272, 2001.
11. 劉志成、陳佳慶、吳友德, TRIZ 方法於產品創新設計之應用, 中國機械工程學會第二十四屆全國學術研討會, 中壢, 台灣, 2007。
12. 陳佳慶, TRIZ 創新法則學習與解決39工程參數機制之研究, 遠東科技大學機械工程學系碩士論文, 2008。

類神經網路應用於變冷媒流量 空調系統溫度控制

朱明輝¹ 馬天懷² 陳宏岳²

¹東南科技大學 機電科技學系 副教授

²東南科技大學 機械工程研究所 研究生

摘 要

空調系統為了達成節能功能，常採用變冷媒流量(VRF)空調系統，為提供變冷媒流量功能，空調系統發展初期採用交流變頻器專用馬達與壓縮機有效整合應用於空調系統稱為交流變頻空調系統，藉由改變壓縮機轉速改變冷媒流量。但是經由變頻器驅動交流馬達壓縮機時，降載時交流壓縮機運轉速低，造成馬達溫度容易上升使效率降低，節能效果降低。為改善馬達溫度上升問題，近年採用直流無刷馬達壓縮機應用於空調系統則在寬廣速度範圍操作下沒有過熱的疑慮，節能效果優於交流變頻空調系統。本研究建立溫度反應參考模型，採用特定學習架構之模式參考直接類神經網路控制，應用於變冷媒流量空調系統溫度控制，直流壓縮機轉速控制則採用 PID 控制，可以達成變冷媒流量空調系統節能目的。本研究應用輸入命令與受控系統輸出誤差及誤差微分之線性組合，近似線上訓練所須之倒傳遞誤差項(BPE)，不需估測受控系統靈敏度，可以免於建立受控數學模型及模擬器(Emulator)，且加快神經鍵加權值之收斂數率。並以數值模擬分析研究方法，應用於空調系統溫度反應及節能效能。

關鍵詞：變冷媒流量、壓縮機轉速控制、類神經網路控制、節能空調系統。

壹、簡介

空調系統為了達成節能功能，常採用變冷媒流量(VRF)空調系統，為提供變冷媒流量功能，空調系統發展初期採用交流變頻器專用馬達與壓縮機有效整合應用於空調系統稱為交流變頻空調系統，藉由改變壓縮機轉速改變冷媒流量，在低載空調環境下可以降低交流壓縮機轉速，達成節能功能。空調系統使用交流變頻器、交流變頻器專用馬達與壓縮機有效整合應用於空調系統，稱為交流變頻空調系統。空調系統變頻器專用馬達的設計主要是在使用多頻率驅動下，亦能展現出它最理想的特性。變頻專用馬達有獨立冷卻風扇系統來降低馬達溫度。使它在廣寬速度範圍內操作下卻沒有過熱的虞慮，但是變頻器專用馬達設計困難使製造成本增高。一個標準的馬達經由變頻器驅動所產生的動力會比原先的少一些。空調系統變頻器專用馬達當它使用在低轉速的範圍時，冷卻的效果會惡化，然後馬達溫度上升增加，所以在低轉速範圍操作是必須減少負載轉矩。交流變頻空調系統經由交流變頻器驅動交流壓縮機使用在低轉速的範圍時，馬達溫度上升造成動力效率降低，節能效果降低。另一種方法則是應用交流伺服(AC Servo)技術，使用變頻伺服驅動器讓旋轉磁場由零速一直慢慢隨著轉子的速度增加速度，且讓磁轉隨時保持正交90度，這種方法可以獲得滿意速度，由於使用變頻伺服馬達，讓同步機的特性很像直流馬達，所以又稱為直流變頻馬達，所以在市面上可以看到 DC 變頻冷暖氣機，它們還是交流同步馬達，另外因沒有碳刷接觸，也較不會故障，再者，因無碳刷所以轉子無需繞線，故容量可以增加。直流無刷馬達的轉子是永久磁鐵。驅動方式是類似步進馬達是利用切換磁場線圈相位。

為改善馬達溫度上升問題，近年採用直流無刷馬達(BLDC)壓縮機應用於空調系統則在寬廣速度範圍操作下沒有過熱的疑慮，節能效果優於交流變頻空調系統。直流無刷的驅動是利用偵測永久磁鐵的位置角度配合不斷切換線圈相位而使馬達旋轉，其中霍爾感測器只是偵測器用來偵測轉軸永久磁鐵的位置角度，而驅動器就是利用其偵測資料知道轉軸旋轉角度來產生正確的線圈相位並加以驅動，所以直流無刷馬達是需要驅動器才會旋轉的，現在直流無刷馬達使用十分廣汎，採用直流無刷馬達與壓縮機整合應用於空調系統則在廣寬速度範圍操作下沒有過熱的虞慮，節能效果優於交流變頻空調系統。如果在低速度範圍中需要100%延伸轉矩，則需要使用直流無刷馬達與壓縮機有效整合應用於空調系統。直流壓縮機轉速控制常採用 PID 控制，可以達成變冷媒流量空調系統節能目的。

傳統空調系統使用 PID 控制進行室內溫度控制，但是變冷媒流量(VRF)空調系統具有非線性與變動負載等特性需要，因此傳統 PID 控制不但不易調整參數且無適應性，不適合於現代直流變頻空調系統須求為了有效控制直流壓縮機應用於空調系統，本研究採用特定學習架構之直接類神經網路控制應用於變冷媒流量(VRF)空調系統，進行室內溫度控制。目的在有效進行室內溫控，預期節能效果優於交流變頻空調系統。

近年採用特定學習架構之直接類神經網路控制應用於直流節能空調系統，大多進行直流壓縮機轉速控制並未完成溫度控制[1-4]，即使壓縮機轉速控制採用類神經網路控制，系統之溫度控制仍採傳統 PID 控制，本研究則採用類神經網路控制應用於直流節能空調系統溫度控制，並進一步改善直流變頻空調系統節能效果。一般利用多層類神經網路控制器進行直流馬達速度控制大多使用間接類神經網路適應控制，使用此種控制架構必須設計離線或線上類神經網路判別器[5-8]，而判別器必須預先進行離線訓練，系統複雜設計不易，且增加了 CPU 運算時間。在直接類神經網路控制器發展方面

Zhang 及 Sen 於1995年[9]提出單隱藏層類神經網路線上學習型適應控制器，簡化系統靈敏度計算，只取其正負號，以誤差倒傳遞作線上訓練，他們以模擬船舶航行控制，證明其方法可應用於低反應性之非線性系統，控制器對干擾有良好的適應性；但是，其收斂速率較慢。Lin 及 Wai[10]根據 Zhang 及 Sen 之方法，提出 δ 適應法則，省略靈敏度之運算，以線上量得之誤差及誤差微分之線性和近似倒傳遞之誤差項，應用於特定學習架構之誤差倒傳遞類神經網路(BPN)，作為永磁同步伺服馬達速度及位移控制之模型參考適應控制器，並以 PID 控制器補償後之系統動態模型為參考模型，經模擬及實驗證明以參考模型結合類神經網路控制高反應系統，亦可以得到良好之收斂性。Lin 等人[11] 並提出證明，將 δ 適應法則應用於誤差倒傳遞類神經網路，只要適當調整學習速率，其線上訓練結果為收斂。但上述方法仍需建立系統動態模型做為參考模型，其適應控制器為比例積分微分與類神經網路混合型控制器。Chu 等人[12-14]提出誤差適應法則應用於誤差倒傳遞類神經網路，進一步改善多層類神經網路控制收斂性，只要適當調整學習速率，可以改善線上訓練收斂速率。

本研究採用誤差適應法則應用於直接類神經網路控制，不須設計離線或線上類神經網路判別器節省 CPU 運算時間，以參考模型輸出與控制系統輸出之誤差進行誤差倒傳遞之線上訓練。可以免於建立數學模型及鑑別系統參數，且可以加快神經鍵權重值之收斂速率。空調系統在特定冷房空間中溫控特性，並以數值模擬研究前述方法應用於直流節能空調系統效能。

貳、變冷媒流量空調系統溫度控制

2.1 變冷媒流量空調系統循環

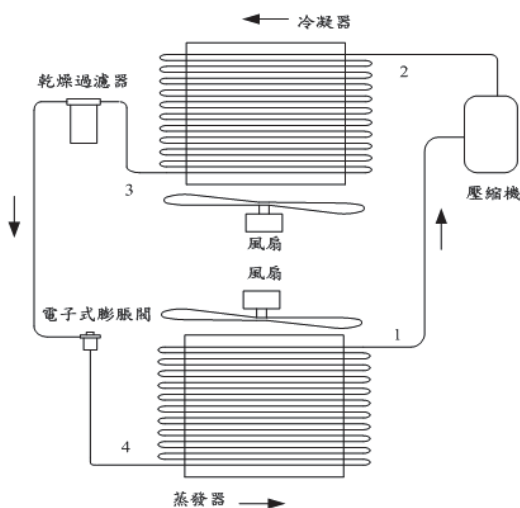


圖 1 變冷媒流量空調系統圖

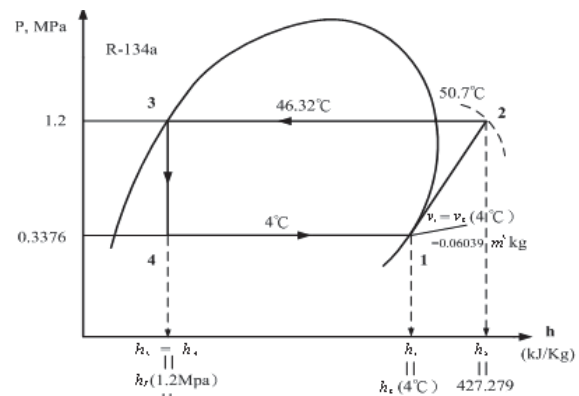


圖 2 R-134a 冷媒冷凍循環壓焓圖

圖1 所示為變冷媒流量空調系統圖，工作流體為 R-134a 冷媒，其結構組成分別為渦捲式壓縮機、冷凝器、乾燥過濾器、電子膨脹閥與蒸發器。圖2所示冷媒冷凍循環壓焓圖的過程，過程1-2為冷媒從飽和蒸汽狀態壓力為0.3376 MPa 沿著等熵線進行等熵壓縮增加冷媒蒸汽壓力至1.2MPa；到冷凝器壓力的過程2-3為0.3376 MPa 等壓過熱回降與凝結，此過程在壓力焓圖上為水平線；過程3-4假設冷媒膨脹節流過程為等焓，故此過

程在壓力焓圖上顯示為垂直線，由冷媒蒸汽壓力1.2MPa 降至0.3376 MPa，過程4 -1由 265.91 kJ/kg 至400.92 kJ/kg 為冷媒蒸發吸熱過程，帶走房間熱使房間溫度降低，假設冷媒蒸汽通過蒸發器時為等壓的狀態，故此過程在壓力焓圖上為水平線。

2.2 PID 控制器應用於變冷媒流量空調系統

變冷媒流量(VRF)空調系統應用無刷馬達驅動壓縮機，應用 PID 控制於變冷媒流量 (VRF)空調系統溫度控制方塊圖如圖3所示。 T_{comm} 為溫度命令， T_s 是圍繞室內溫度，使用一個傳統比例積分微分控制器去控制室內溫度。圖3 之紅色線框內所示。 ω_r 為轉速命令， ω 為馬達輸出轉速，使用一個傳統比例積分微分控制器去控制直流壓縮機系統。

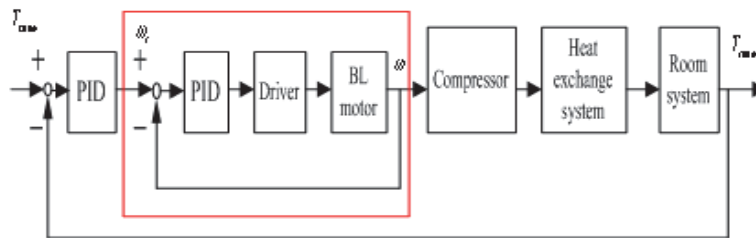


圖 3 變冷媒流量空調系統溫度控制

三. 類神經網路控制器

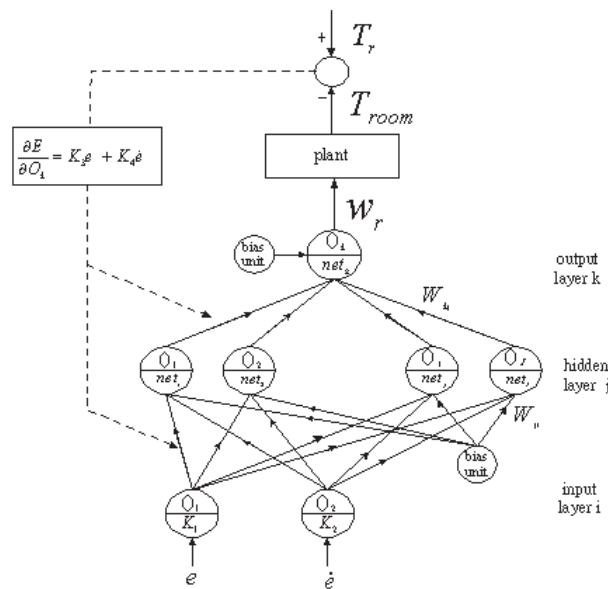


圖 4 類神經網路三層結構

類神經網路控制，其結構如圖4 所示，其類神經網路為三層結構，含輸入層(以下標 i 表示節點數)、隱藏層(以下標 j 表示節點數)及輸出層(以下標 k 表示節點數)，輸入層須將輸入信號正規化如圖三所示，將輸入信號乘 K_1, K_2 ，使輸入量正規化至-1與+1之間，輸出層及隱藏層節點之轉移函數設計為雙曲正切函數，對於隱藏層節點 j 之輸入為：

$$net_j = \sum (W_{ji} \cdot O_i) + \theta_j$$

$$i = 1, 2, \dots, I, \quad j = 1, 2, \dots, J \quad (1)$$

節點 j 之輸出為

$$O_j = f(net_j) = \tanh(\beta \cdot net_j) \quad (2)$$

其中 $\beta > 0$ 。同理輸出層節點 k 之輸入為

$$net_k = \sum (W_{kj} \cdot O_j) + \theta_k \quad j = 1, 2, \dots, J, \quad k = 1, 2, \dots, K \quad (3)$$

節點 k 之輸出為

$$O_k = f(net_k) = \tanh(\beta \cdot net_k) \quad (4)$$

兩式中 W_{ji} 及 W_{kj} 分別代表輸入層與隱藏層之間的神經鍵權重值，以及隱藏層與輸出層之間的神經鍵權重值； θ_j 及 θ_k 分別表示隱藏層及輸出層的偏權值。

對於單一輸入單一輸出之受控系統輸出層節點 k 之輸出 O_k 即為輸入受控系統之輸入量 u_p ，對於第 N 次取樣時間之誤差函數定義為：

$$E_N = \frac{1}{2}(T_{rN} - T_{room N})^2 = \frac{1}{2}e_N^2 \quad (5)$$

其中 X_N 及 X_{pN} 分別代表在第 N 次取樣時間下參考輸出及受控系統的真实輸出，在第 N 次至 $N+1$ 次之神經鍵權重矩陣更新為：

$$\Delta W_N = W_{N+1} - W_N = \alpha \cdot \Delta W_{N-1} - \eta \frac{\partial E_N}{\partial W_N} \quad (6)$$

其中 η 代表學習速率， α 為慣性常數。因此，輸出層及隱藏層之間神經鍵權重值對誤差函數之導數為

$$\frac{\partial E}{\partial W_{kj}} = \frac{\partial E}{\partial net_k} \frac{\partial net_k}{\partial W_{kj}} = \delta_k O_j \quad (7)$$

其中定義

$$\begin{aligned} \delta_k &= \frac{\partial E}{\partial net_k} \\ &= \sum_n \frac{\partial E}{\partial X_p} \frac{\partial X_p}{\partial u_p} \frac{\partial u_p}{\partial O_n} \frac{\partial O_n}{\partial net_k} = \sum_n \frac{\partial E}{\partial O_n} \frac{\partial O_n}{\partial net_k} \\ &= \sum_n \frac{\partial E}{\partial O_n} \beta(1 - (O_n)^2), \quad n = 1, 2, \dots, K \end{aligned} \quad (8)$$

其中 $\partial X_p / \partial u_p$ 為受控系統之靈敏度，由於系統的不確定性，使 $\partial X_p / \partial u_p$ 計算困難，然而對單一輸入單一輸出控制系統控制量只有一個時，根據誤差適應法則，可以將類神經網路之輸出對誤差函數之導數近似為誤差及誤差微分之線性和，即

$$\frac{\partial E}{\partial O_k} = K_3 e + K_4 \frac{de}{dt} \quad (9)$$

其中 K_3, K_4 為大於0之常數。同理，輸入層與隱藏層間神經鍵權值對誤差函數導數為

$$\frac{\partial E}{\partial W_{ji}} = \frac{\partial E}{\partial net_j} \frac{\partial net_j}{\partial W_{ji}} = \delta_j O_i \quad (10)$$

其中

$$\begin{aligned} \delta_j &= \frac{\partial E}{\partial net_j} = \sum_m \frac{\partial E}{\partial net_k} \frac{\partial net_k}{\partial O_m} \frac{\partial O_m}{\partial net_j} \\ &= \sum_m \delta_k W_{km} \beta(1 - (O_j)^2) \quad m=1,2,\dots,J \end{aligned} \quad (11)$$

輸出層與隱層以及輸入層與隱藏層之第 N 次權值變量與前一次權值變量定義為殘留慣量項(Momentum term)之關係分別如下：

$$\begin{aligned} \Delta W_{kj,N} &= -\eta \frac{\partial E_N}{\partial W_{kj,N}} + \alpha \cdot \Delta W_{kj,N-1} \\ &= -\eta \delta_k O_j + \alpha \cdot \Delta W_{kj,N-1} \end{aligned} \quad (12)$$

$$\begin{aligned} \Delta W_{ji,N} &= -\eta \frac{\partial E_N}{\partial W_{ji,N}} + \alpha \cdot \Delta W_{ji,N-1} \\ &= -\eta \delta_j O_i + \alpha \cdot \Delta W_{ji,N-1} \end{aligned} \quad (13)$$

其中， η 及 α 分別為學習速率及慣量項係數， δ_j 及 δ_k 分別由式(11)及(8)所求得，神經鍵權值矩陣由在第 N 次至 $N+1$ 次之更新為：

$$W_{kj,N+1} = W_{kj,N} + \Delta W_{kj,N} \quad (14)$$

$$W_{ji,N+1} = W_{ji,N} + \Delta W_{ji,N} \quad (15)$$

為了有效使直流變頻空調系統達成良好溫控效果，本研究採用特定學習架構之直接類神經網路控制應用於直流節能空調系統室溫控制。直接類神經網路控制應用於直流節能空調系統溫度控制如圖5所示，是應用一個神經網路控制器控制室內溫度。使室溫追隨參考模型(Reference model)輸出反應，單一輸入單一輸出控制系統，控制量只有一個時，為進行誤差倒傳遞演算，

根據誤差適應法則，可以將類神經網路之輸出對誤差函數之微分導數近似為誤差及誤差微分之線性和，即

$$\frac{\partial E}{\partial O_k} = K_3 e + K_4 \frac{de}{dt} \quad , \quad \text{其中 } K_3, K_4 \text{ 為大於0之常數, } e \text{ 為參考模型輸出與實際室溫之誤差。}$$

設計參考模型為於特定冷房空間下良好調整 PID 控制應用於室溫控制時之溫度反應，適當設計參考模型可以達成節能效果。

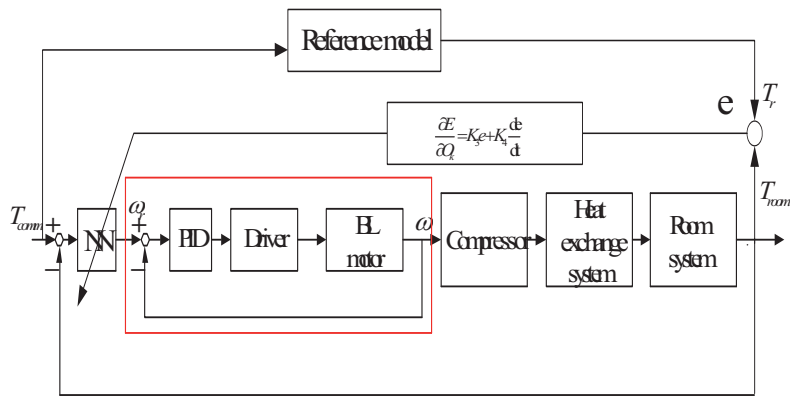


圖5 直接類神經網路應用於空調系統溫度控制方塊圖

肆、模擬結果

交流空調改變的是壓縮機的供電頻率，從而改變壓縮機工作速度及供電頻率，交流空調供電頻率於10HZ - 150HZ 之間。直流空調改變的是壓縮機的供電電壓，從而改變壓縮機的工作速度。直流空調組成元件有 BLDC 馬達壓縮機供電電壓於150V - 260V 之間。空調系統溫度控制系統模擬，設一房間為長9M、寬2M、高3M 的室內體積，此時室外溫度為38°C，室內初始溫度為36°C，設空氣密度1.1274 kg/m²；室內空氣比熱為0.117kcal/g°C，設室外溫度為38°C，假設由室外傳入室內熱為 $Q_{in} = 1000(J/s^{\circ}C) \times (\text{室外溫度} - \text{室內溫度})^{\circ}C$ ，假設壓縮機轉速與冷媒流量關係為，當壓縮機轉速為1500 rpm 時冷媒流量為1lbm/s，當壓縮機轉速為1000 rpm 時冷媒流量為0.5lbm/s，當壓縮機轉速為500 rpm 時冷媒流量為0.01lbm/s，應用 PID 控制將 Troom 室內溫度降溫並控制到25°C，模擬結果如圖6所示。當房間室內空間體積增為80 m³ 時，模擬結果如圖7所示。

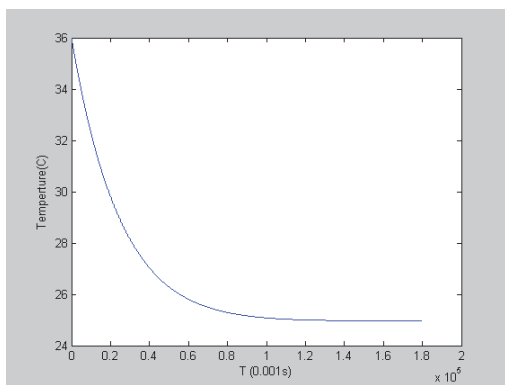


圖6 應用 PID 控制將室溫自36°C降溫到25°C

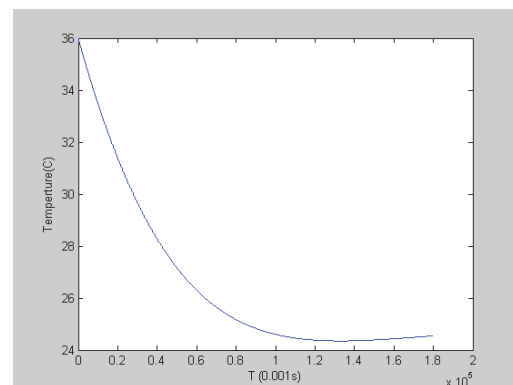
圖7 空間增為80 m³ 時室溫自36°C降溫到25°C

圖6及圖7模擬結果，顯示空間增為80 m³ 時室溫自36°C降溫到25°C產生控制超越量 (Over shot) 產生過冷效應效果不佳。因為空調系統使用傳統 PID 控制不但不具適應性且不易調整參數，不敷現代直流變頻空調系統須求。

為了有效使直流變頻空調系統達成良好溫控效果，本研究採用特定學習架構之直接類神經網路控制應用於直流節能空調系統室溫控制，如圖5所示。是應用一個神經網

路控制器控制室內溫度。使室溫追隨參考模型 (Reference model) 輸出反應。為了達成節能效果，依據圖六反應設計參考模型，使室溫追隨參考模型 (Reference model) 輸出反應。應用神經網路控制直流變頻空調系統室內溫度反應模擬結果如圖7所示。圖8是對房間長9M，寬2M，高3M 的室內體積室內溫度反應模擬結果，圖9是對房間室內空間體積增為 $80 m^3$ 時模擬結果。如適當調節參考模型使溫度反應追隨參考模型，不受空間因素影響可以達成節能效果。

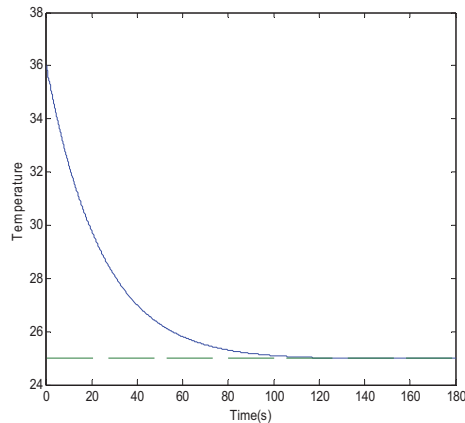


圖8 冷房空間為 $54 m^3$

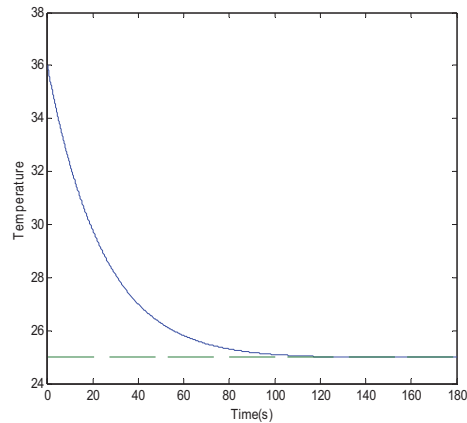


圖9 冷房空間為 $80 m^3$

伍、結論

本研究採用特定學習架構之模式參考直接類神經網路控制，應用於變冷媒流量空調系統期望達到節能目的。本研究於特定冷房空間，應用傳統 PID 控制於變冷媒流量空調系統室溫控制可以將室溫自 36°C 降至 25°C 達成穩定室溫控制，但是當冷房空間增大時室溫反應會過低再修正回 25°C ，本研究提出模式參考類神經網路控制應用於同條件冷房空間時即使冷房空間變化室溫反應也不會有過低現象，可以達成節能效果。

參考文獻

- [1] Ming Huei Chu, Yi Wei Chen, Zhi Wei Chen, "The Model following Neural Control Applied to Energy-saving BLDC Air Conditioner Systems", The 2010 International Conference on Intelligent Computing for Sustainable Energy and Environment (ICSEE'10) September 17-20, 2010 (Ei)
- [2] Chien-Hsin Hsieh Zhi-Wei Chen Der-Ming Chyr Ming-Huei Chu The Direct Neural Control Applied to Energy-saving Air Conditioner Systems The 5th Asian Conference on Refrigeration and Air-conditioning Proceedings of 5th ACRA June 7-9, 2010.
- [3] Ming-Huei Chu, Yi-Wei Chen, Yuan Kang, Zhi-Wei Chen, "The Research of Sampling Frequency for A DC Servo Motor Speed Control System Based on Neural Networks", The 6th International Conference on Natural Computation (ICNC'10), 10-12 August 2010.(Ei)

- [4] Ming-Huei Chu etc, "The Direct Neural Control Applied to the Position Control in Hydraulic Servo System", Fifth International Symposium on Neural Networks,(ISNN'08),2008-09-24-28. (SCI: 0.302).
- [5] R. S. Ahmed, K. S. Rattan, and I. H. Khalifa, "Real-Time Tracking Control of A DC Motor Using A Neural Network", IEEE Aerospace and Electronics Conference, vol. 2, pp.593-600, 1995.
- [6] M. A. Hoque, M. R. Zaman, and M.A. Rahman, "Artificial Neural Network Based Controller For Permanent Magnet DC Motor Drives" IEEE Industry Application Conference, Thirtieth IAS Annual Meeting, vol. 2, pp.1775-1780, 1995.
- [7] A. Rubaai, and R. Kotaru, "Online Identification and Control of a DC Motor Using Learning Adaptation of Neural Networks" IEEE Transactions on Industry Applications, vol. 36, no. 3, June 2000.
- [8] F. M. EI-Khouly, A. S. Abdel-Ghaffar, A. A. Mohammed and A. M. Sharaf, "Artificial Intelligent Speed Control Strategies for Permanent Magnet DC Motor Drives," IEEE Industry Applications Conference, IAS Annual Meeting, vol. 1, pp.379-385, 1994.
- [9] Y. Zhang, P. Sen, and G. E. Hearn, "An On-line Trained Adaptive Neural Controller," IEEE Control Systems Magazine, vol. 15, no. 5, pp. 67-75, October 1995.
- [10] F. J. Lin, and R. J. Wai, "Hybrid Controller Using Neural Network for PM Synchronous Servo Motor Drive," IEE Proceeding of Electric Power Application, vol. 145, no. 3, pp. 223-230, 1998.
- [11] F. J. Lin, R. J. Wai, and C. C. Lee, "Fuzzy Neural Network Position Controller for Ultrasonic Motor Drive Using Push-pull DC-DC Converter," IEE Proceeding of Control Theory Application., vol. 146, no. 1, pp. 99-107, January 1999.
- [12] Chu, M.-H., Kang, Y., Liu, Y.-L., Chen, Y.-W., Chang, Y.-P., 2006, "An Adaptive Control Using Multiple Neural Networks for the Variable Displacement Pump," Lecture Notes in Artificial Intelligence Vol.4031, pp. 760-769. (SCI: 0.302, Ei).
- [13] Chu, M.-H., Kang, Y., Chang, Y.-F., Liu, Y.-L., Chang, C.-W., 2005, "Model-following Controller Based on Neural Network for Variable Displacement Pump," JSME International Journal : series C 46(1), pp. 176-187. (SCI).
- [14] Kang, Y., Chu, M.-H., Chang, C.-W., Chen, Y.-W., Chen, M.-C., 2007, "The Self-Tuning Neural Speed Regulator Applied to DC Servo Motor," LNCS,2007 (SCI:0.513).

XYY 型自動曝光機快速視覺對位 求解演算法之研究

The study of an efficient algorithm of calibration and alignment for XYY type auto-exposure equipment with two vision system

黃正光¹ 莊水發² 黃獻進³ 朱明輝¹
Cheng-Kuang Huang Shui-Fa Zhuang Xian-Jin Huang Ming-Hui Chu

¹東南科技大學 能源與冷凍空調工程系 副教授 Department of Energy Refrigerating and Air-Conditioning Engineering, TNU

²台灣科技大學 精密機械與光機電聯合技術發展中心 研究員 Department of Mechanical Engineering, NTUST

³東南科技大學 機械研究所 研究生 Department of Mechanical Engineering graduate student, TNU

摘 要

面對光電、半導體及電路板產業的曝光線路越來越精細，因此利用雙視覺系統協助曝光機自動定位的需求越來越大！本文利用平台特定地移動方式在視覺影像上造成的差異，配合齊次座標轉換來求取影像對位的相關參數與平台移動之關係解，所得到的關係式可以免除現有 Jacobian 矩陣法小範圍移動的侷限並簡化加快自動曝光機機器的調校時間。

關鍵詞：影像對位、自動曝光機、XYY 定位平台

ABSTRACT

In the optoelectronics, semiconductor and circuit board industry, the width of exposure wire is increasingly fine. Therefore, the demand of the auto exposure equipment with vision alignment system is growing. This paper proposes an algorithm to get the calibration and alignment parameters of the XYY auto-exposure equipment with vision system. With special moving path, it can get the different images from vision system. These different images reveal the relationships between two independent vision systems and alignment moving system. Using the homogeneous coordinate transformation, we can find the parameters of the vision calibration and alignment. This algorithm may be exempted from the small-scale motion limitations of existing Jacobian matrix method, it also simplify and speed up the adjustment time of XYY type auto-exposure equipment with vision system.

Keywords: Vision alignment, Auto-exposure equipment, XYY table

壹、前言

在台灣曾有17項電腦相關產品在全球市場占有率是第一名，然而韓國的電子產業在國家政策大力的培植下已有許多項目超過台灣，中國大陸則以低廉的生產成本搶佔市場，台灣電子產業的優勢備受威脅！經濟部、工業局、工研院、精密機械推動小組等部會為積極提升光電與半導體廠商的競爭力，在2005年12月14日成立台灣光電與半導體設備產業協會（TOSEA），希望能整合產官學研各界資源建立光電與半導體設備產業關鍵技術能量與提高業者研發能力[1]

其中曝光製程對半導體業、面板顯示器與印刷電路板產業都很重要，為了提高良率與製程效率，曝光製程皆朝大尺寸基板發展，加上產能的需求大，發展自動曝光設備也是必然！自動對位系統對於一些精密製程而言是有需求的，例如：半導體製程步進機(stepper)定位[2]及半導體曝光製程中光罩對位(mask alignment)[3]，雷射光纖陣列封裝對位問題[4][5]，光學鏡組自動化精密組裝[6]等等。其中有少部分自動定位技術不是藉由影像輔助[7][8]，但絕大多數自動定位的研究是採用視覺影像系統輔助伺服系統，原因是電腦硬體價格越來越便宜，電腦運算的速度越來越快，使數位影像系統容易實現。

近年來許多學者將多(兩個以上)視覺系統用於尺寸較大的伺服機構做精密自動對位；中國大陸 Sun 等學者將此相關技術用於微流道晶片元件的組裝，組裝精度可達 $2.1\mu\text{m}$ [9]；韓國 Kim, Song 及 Yang 將影像系統用在半導體晶圓切割(wafer dicing)並引用矩陣座標系轉換的方式來表示 XY θ 平台的移動關係[10~12]，韓國 Kwon 和 Park 則探討視覺輔助 XYY 平行機構(parallel mechanism)對位的運動控制方法並應用於平面顯示器(flat panel display, FPD) [13][14]。

上述的回顧可知視覺系統與機械系統必須建立對應關係才能進行對位，目前曝光機多已採用兩個以上的影像系統，而建立雙影像系統與 XYY 平行機械系統對位關係的方法有(1)線性近似法[15]:利用平台微小移位及雙影像對位記號的各自變化來求取之間的 Jacobian 線性近似關係，其優點是系統參數調校有較高的強健性可快速找到近似關係，缺點是線性近似限制機台初始位置不得誤差過大。(2)求解矩陣座標系轉換關係，其優缺點恰與線性近似相反，其中要將兩個視覺系統的比例、位置精確的調校並不容易。因此本文針對方法(2)提出一快速視覺對位求解演算法。

貳、曝光機定位技術介紹

曝光機影像對位機制的基本構造如圖1；包括了三大部分：(1)負責移動對位的伺服系統(2)負責影像擷取的光學系統(3)負責處理影像檢測與控制對位的控制程式。

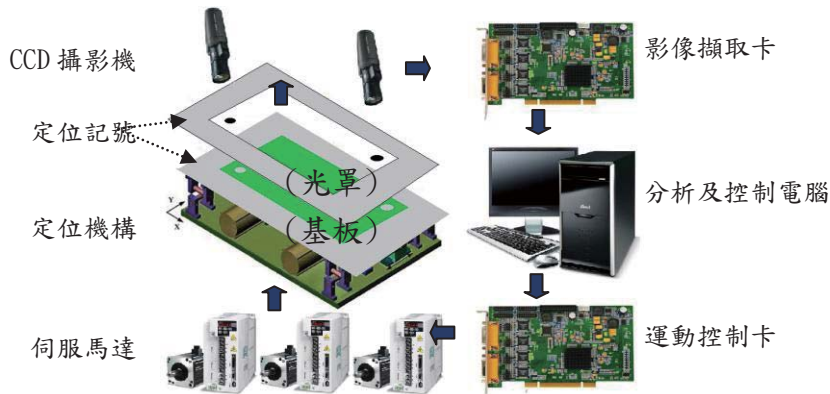


圖1 曝光機影像對位機制的基本構造示意圖

圖1中光罩與基板分別在機對位會影響曝光區的位置，對最後的結果有決定性的影響！要解決對位問題的方法是首先分別在光罩與基板上相對位置上製作一組對位標記對，常用的4種對位標記對如圖2(a)；再利用視覺系統判別對位標記的差距，然後由機械定位系統對位至圖2(b)的結果，圖3是印刷電路板對位記號的實例。

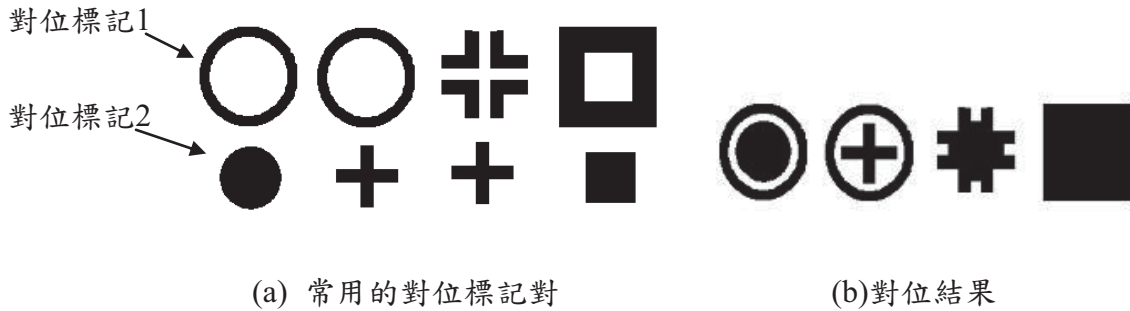


圖2 常用的對位標記對與對位結果

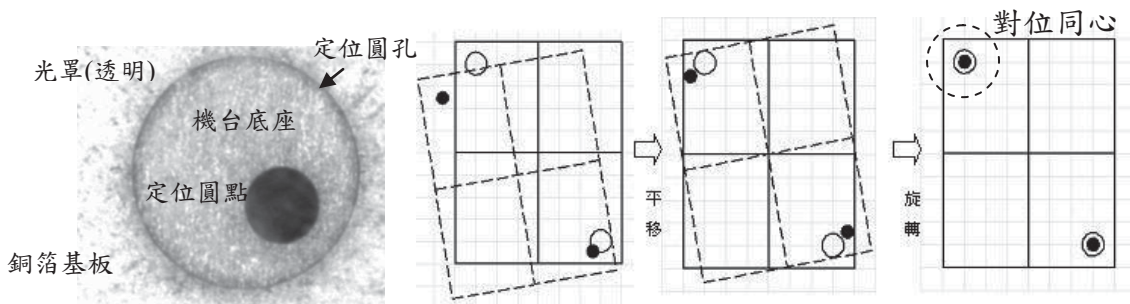


圖3 印刷電路板對位記號的實例

圖4 對位動作示意圖

光罩與基板對位移動可分平移及轉動兩部分；一般對位移動的方式是先平移使兩個對位基板的中心點對齊，再旋轉到對準的位置，對位動作示意圖如圖4。

要完成這樣平移旋轉運動的機構可設計成串聯式 XYθ 機構[16]或是並聯式 XYY 機構如圖5 [15]。當考慮到大尺寸基板對位機構的慣性負荷與累計定位誤差等問題時，XYY 機構會比 XYθ 機構好，因此 XYY 機構被許多廠商採用，但是其對位的關係較不直接。

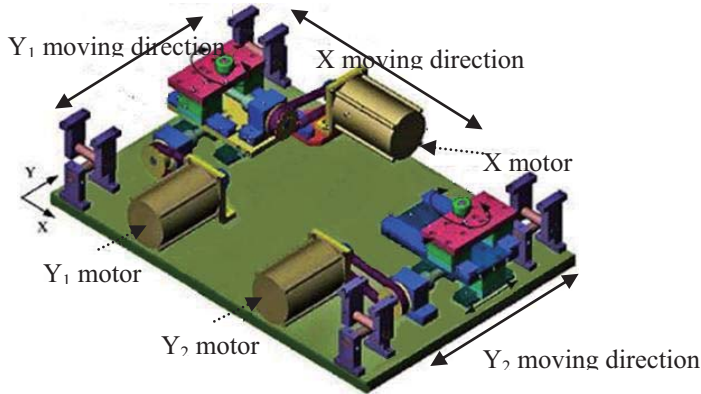


圖 5 並聯式 XYY 對位機構示意圖[15]

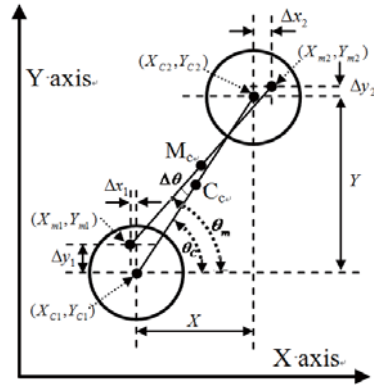


圖 6 對位誤差與平台平移旋轉的關係

當影像系統由影像中計算出兩組機械空間對位誤差 $(\Delta x_1, \Delta y_1)$ 及 $(\Delta x_2, \Delta y_2)$ 之後[17]，可由由圖6可求出平台對位平移旋轉的關係[16]。其中光罩的對位中心 M_c 與對位基板的對位中心 C_c 平移的距離差可由(2-1)式求得：

$$\Delta X = \frac{\Delta x_1 + \Delta x_2}{2}, \Delta Y = \frac{\Delta y_1 + \Delta y_2}{2} \dots\dots\dots(2-1)$$

機台旋轉角度 $\Delta\theta$ 的由幾何關係知為基板姿態角 θ_c 與光罩姿態角 θ_m 之差其關係為(2-2)式：

$$\theta_c = \pi/2 - \tan^{-1}[X/Y], \theta_m = \pi/2 - \tan^{-1}[(X + \Delta x_2 - \Delta x_1)/(Y + \Delta y_2 - \Delta y_1)] \dots\dots\dots(2-2)$$

$$\Delta\theta = \theta_c - \theta_m$$

至於電腦需各自送多少的脈波給三個不同的馬達，若是 XYθ 平台則可直接由(2-3)式換算運動控制卡成電腦馬達需的脈波數：

$$\begin{aligned} \text{平移脈波數} &= \frac{\text{要移動的距離}}{\text{螺桿的節距}} \times \frac{360}{\text{步進馬達步進角}} \\ \text{旋轉脈波數} &= \frac{\text{旋轉角度}}{\text{步進馬達步進角}} \dots\dots\dots(2-3) \end{aligned}$$

但上述關係式對 XYY 平台而言並沒有那麼直接，因為 XYY 平台結構是並行式機構，其平移旋轉動作方式如圖7，X 方向移動時，只要 X 馬達動，Y 方向移動時，要 Y₁與 Y₂馬達同時動相同方向及距離，要 Z 軸旋轉時 Y₁與 Y₂馬達同時反方向同動：

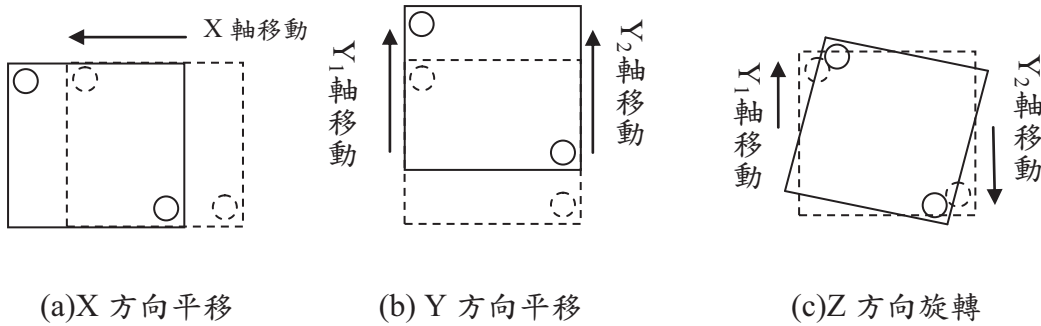


圖 7 XYY 定位平台運動動作示意圖

所以 XYY 平台對位關係與每軸位置的變化必須另有轉換；由 CCD1測得對位關係 $x_1=f_1(x,y_1,y_2)$, $y_1=f_2(x,y_1,y_2)$ ，由 CCD2得 $x_2=f_3(x,y_1,y_2)$, $y_2=f_4(x,y_1,y_2)$ 皆是平台位移 (x,y_1,y_2) 的函數；則其對位關係與平台位移的轉換可由 Jacobian 的關係求得如(2-4)：

$$\begin{bmatrix} \Delta x_1 \\ \Delta y_1 \\ \Delta x_2 \\ \Delta y_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial f_1}{\partial x} & \frac{\partial f_1}{\partial y_1} & \frac{\partial f_1}{\partial y_2} \\ \frac{\partial f_2}{\partial x} & \frac{\partial f_2}{\partial y_1} & \frac{\partial f_2}{\partial y_2} \\ \frac{\partial f_3}{\partial x} & \frac{\partial f_3}{\partial y_1} & \frac{\partial f_3}{\partial y_2} \\ \frac{\partial f_4}{\partial x} & \frac{\partial f_4}{\partial y_1} & \frac{\partial f_4}{\partial y_2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta x \\ \Delta y_1 \\ \Delta y_2 \end{bmatrix} = \mathbf{J} \begin{bmatrix} \Delta x \\ \Delta y_1 \\ \Delta y_2 \end{bmatrix} \dots\dots\dots(2-4)$$

因此反推可得：

$$(\mathbf{J}^T \mathbf{J})^{-1} \mathbf{J}^T \begin{bmatrix} \Delta x_1 \\ \Delta y_1 \\ \Delta x_2 \\ \Delta y_2 \end{bmatrix} = [\mathbf{I}] \begin{bmatrix} \Delta x \\ \Delta y_1 \\ \Delta y_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Delta x \\ \Delta y_1 \\ \Delta y_2 \end{bmatrix} \dots\dots\dots(2-5)$$

剩餘問題的是如何求取 Jacobian 矩陣 J? 若限定在小範圍的移動，可由實驗值求得小範圍適用的 J，但移動範圍稍大會產生誤差。所以下一節將討論利用特定運動模式來求取對位關係。

參、影像系統與平台之間對位關係的演算法之推導

假設平台(以線代表)初始狀況如圖8所示，平台位置由分別由兩個鏡頭各自觀測平台的一端而得。

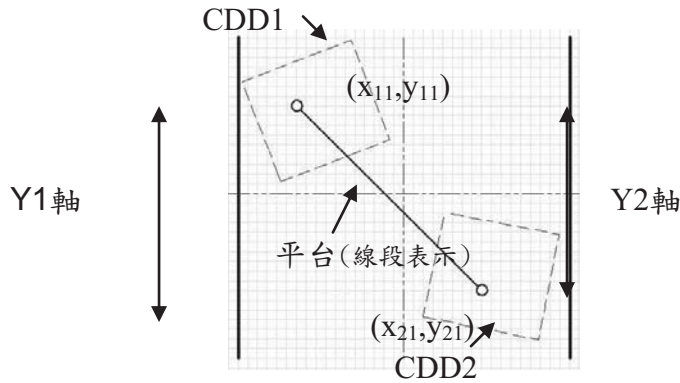


圖 8 平台初始狀況示意圖

由鏡頭1所觀測的端點在鏡頭1座標系的位置為 (x_{11}, y_{11}) ，鏡頭2所觀測的端點在鏡頭2座標系的位置為 (x_{21}, y_{21}) ，座標位置的第一下標代表鏡頭座標系，第二下標位置點。我們將藉由下列程序：

<Step1> x 軸平移 Δx

<Step2> y 軸平移 Δy (即 Y1, Y2 兩軸同時同方向移動 Δy)

<Step3> 順時鐘及逆時鐘旋轉相同角度 (即 Y1, Y2 兩軸同時反方向移動 Δy)

找出鏡頭1、鏡頭2各自的比例因子(scalar factor)及座標系對應的關係，以利於未來機台操作控制之用。其過程分述如下：

(1) x 軸、y 軸平移

首先將平台對 x 軸平移 Δx ，平移後的結果如圖9：

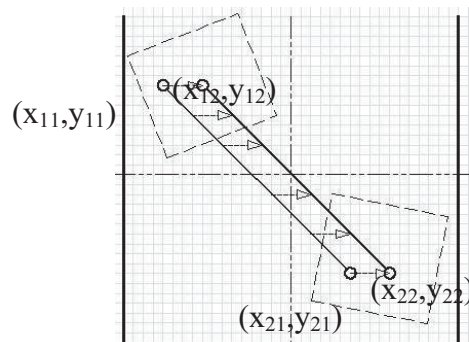


圖9 平台對 x 軸平移 Δx

平移後新位置的座標點分別為 (x_{12}, y_{12}) 與 (x_{22}, y_{22}) 則鏡頭1與鏡頭2對 x 軸的 scalar factor F_{x1} 及 F_{x2} 分別可求得如(3-1)式：

$$F_{x_1} = \frac{\Delta x}{\sqrt{(x_{12} - x_{11})^2 + (y_{12} - y_{11})^2}} \text{ (單位: mm/pixel)} \dots\dots\dots(3-1a)$$

鏡頭2的 x 軸 scalar factor :

$$F_{x_2} = \frac{\Delta x}{\sqrt{(x_{21} - x_{22})^2 + (y_{22} - y_{21})^2}} \text{ (單位: mm/pixel)} \dots\dots\dots(3-1b)$$

此外，因為只對 x 軸平移，對絕對座標系而言應該只有 x 的變化，可是鏡頭座標系可能相對於絕對座標系有一角度的旋轉，所以造成 $y_{12} \neq y_{11}$ ， $y_{22} \neq y_{21}$ 。我們可利用此結果求鏡頭座標系相對於絕對座標系旋轉的角度 α_1 及 α_2 : 如(3-2)式：

$$\alpha_1 = \tan^{-1} \left(\frac{y_{12} - y_{11}}{x_{12} - x_{11}} \right) \dots\dots\dots(3-2a)$$

$$\alpha_2 = \tan^{-1} \left(\frac{y_{22} - y_{21}}{x_{22} - x_{21}} \right) \dots\dots\dots(3-2b)$$

所謂鏡頭旋轉的角度示意圖如圖10:

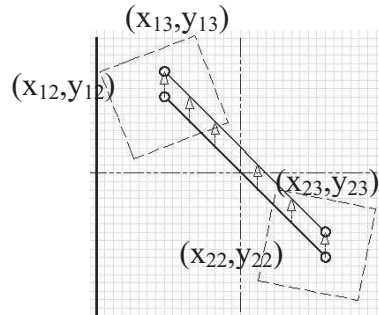
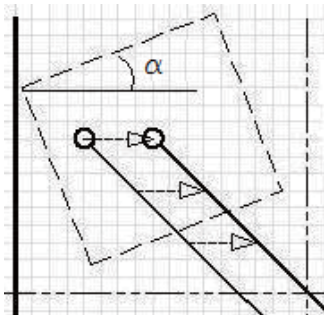


圖10 鏡頭旋轉的角度示意圖 圖11 平台對 y 軸平移 Δy

同理對平台對 y 軸平移 Δy (即兩 y 軸皆平移 Δy 的距離)，平移後的結果圖11，平移後新位置的座標點分別為 (x_{13}, y_{13}) 與 (x_{23}, y_{23}) 則鏡頭1與鏡頭2對 y 軸的比例因子分別可由(3-3)求得：

鏡頭1的 y 軸比例因子：

$$F_{y_1} = \frac{\Delta y}{\sqrt{(x_{13} - x_{12})^2 + (y_{13} - y_{12})^2}} \text{ (單位: mm/pixel)} \dots\dots\dots(3-3a)$$

鏡頭2的 y 軸比例因子：

$$Fy_2 = \frac{\Delta y}{\sqrt{(x_{23} - x_{22})^2 + (y_{23} - y_{22})^2}} \text{ (單位: mm/pixel)} \dots\dots\dots(3-3b)$$

(2) 順時鐘及逆時鐘旋轉相同角度

利用順時鐘及逆時鐘旋轉相同角度便可在鏡頭1與鏡頭2中各自得到3個點，利用此3個點可求旋轉中心，雖然旋轉中心在鏡頭1、2座標系所求得的座標值並不一樣，其實旋轉中心在絕對座標系為同一點，我們可利用此關係建立鏡頭1、2座標系間的對應。達到順時鐘及逆時鐘旋轉相同角度的方法如圖12所示；當 y1前進某一距離，同時 y2後退相同的距離，則平台逆時鐘旋轉某一角度，反之可得順時鐘旋轉相同的角度。

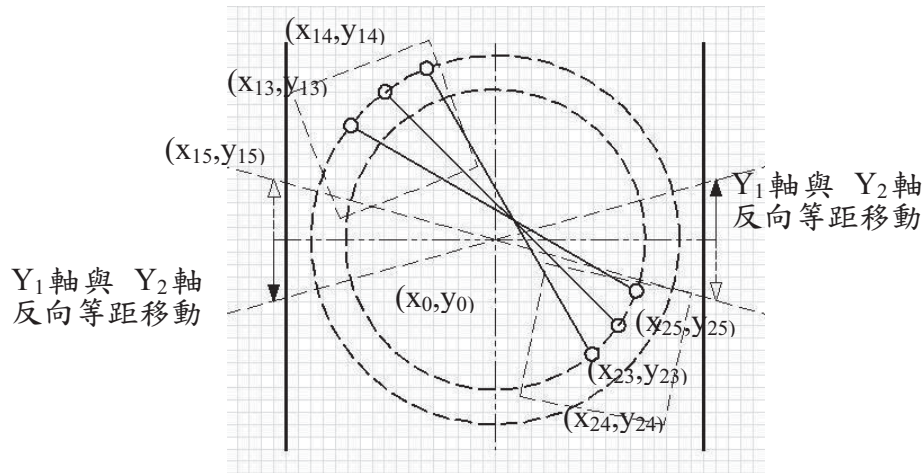


圖 12 逆時鐘及順時鐘旋轉示意圖

假設逆時鐘旋轉鏡頭1、2各自測得端點位置為(x₁₄,y₁₄)，(x₂₄,y₂₄)；順時鐘旋轉鏡頭1、2各自測得端點位置為(x₁₅,y₁₅)，(x₂₅,y₂₅)；旋轉中心分別在鏡頭1、2的位置為(x₁₀,y₁₀)及(x₂₀,y₂₀)。則三點求得圓心的聯立方程式如下：

鏡頭1旋轉中心：

$$\begin{cases} (x_{13} - x_{15})x_{10} + (y_{13} - y_{15})y_{10} = \frac{1}{2}[(x_{13}^2 + y_{13}^2)^2 - (x_{15}^2 + y_{15}^2)^2] \\ (x_{14} - x_{15})x_{10} + (y_{14} - y_{15})y_{10} = \frac{1}{2}[(x_{14}^2 + y_{14}^2)^2 - (x_{15}^2 + y_{15}^2)^2] \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} a_1x_{10} + b_1y_{10} = c_1 \\ d_1x_{10} + e_1y_{10} = f_1 \end{cases}$$

其中 a₁=(x₁₃-x₁₅) , b₁=(y₁₃-y₁₅) , c₁=1/2[(x₁₃²+y₁₃²)-(x₁₅²+y₁₅²)]

$$d_1=(x_{14}-x_{15}) , e_1=(y_{14}-y_{15}) , f_1=1/2[(x_{14}^2+y_{14}^2)-(x_{15}^2+y_{15}^2)] \dots\dots\dots(3-4)$$

解上述聯立方程式(3-4) 得(3-5)

$$\begin{aligned} x_{10} &= \frac{(c_1e_1 - b_1f_1)}{(a_1e_1 - b_1d_1)} \dots\dots\dots(3-5) \\ y_{10} &= \frac{(a_1f_1 - c_1d_1)}{(a_1e_1 - b_1d_1)} \end{aligned}$$

同理鏡頭2旋轉中心:

$$\begin{cases} (x_{23} - x_{25})x_{20} + (y_{23} - y_{25})y_{20} = \frac{1}{2} [(x_{23}^2 + y_{23}^2)^2 - (x_{25}^2 + y_{25}^2)^2] \\ (x_{24} - x_{25})x_{20} + (y_{24} - y_{25})y_{20} = \frac{1}{2} [(x_{24}^2 + y_{24}^2)^2 - (x_{25}^2 + y_{25}^2)^2] \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} a_2 x_{20} + b_2 y_{20} = c_2 \\ d_2 x_{20} + e_2 y_{20} = f_2 \end{cases}$$

其中 $a_2=(x_{23}-x_{25}), b_2=(y_{23}-y_{25}), c_2=1/2[(x_{23}^2+y_{23}^2)-(x_{25}^2+y_{25}^2)]$

$$d_2=(x_{24}-x_{25}), e_2=(y_{24}-y_{25}), f_2=1/2[(x_{24}^2+y_{24}^2)-(x_{25}^2+y_{25}^2)] \dots \dots \dots (3-6)$$

解上述聯立方程式(3-6)得(3-7)

$$\begin{aligned} x_{20} &= \frac{(c_2 e_2 - b_2 f_2)}{(a_2 e_2 - b_2 d_2)} \dots \dots \dots (3-7) \\ y_{20} &= \frac{(a_2 f_2 - c_2 d_2)}{(a_2 e_2 - b_2 d_2)} \end{aligned}$$

若以旋轉中心當成絕對座標系的原點(x0,y0)，則鏡頭1、鏡頭2座標系與絕對座標系對應關係可由坐標系的齊次轉換求得，基本座標齊次轉換有下列：

比例變換: $F(F_x, F_y) = \begin{bmatrix} F_x & 0 & 0 \\ 0 & F_y & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$ Z 軸旋轉: $R(\alpha) = \begin{bmatrix} \cos \alpha & \sin \alpha & 0 \\ -\sin \alpha & \cos \alpha & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$

XY 平移: $T(x_s, y_s) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & x_s \\ 0 & 1 & y_s \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$ Y 軸反轉: $I(1, -1) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$

所以由坐標系轉換:

$$T(x_{is}, y_{is}) F(F_{ix}, F_{iy}) R(\alpha_i) I(1, -1) \begin{bmatrix} x_{i0} \\ y_{i0} \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_0 \\ y_0 \\ 1 \end{bmatrix} \quad i = 1, 2 \dots \dots \dots (3-8)$$

可求得 x_{is}, y_{is} , 接著可將影像上求得的對位誤差 $\Delta_i x, \Delta_i y$ 由(3-8)可對應到絕對座標系 $\Delta x_i, \Delta y_i$, 便可再由前述(2-1)(2-2)求出位移及旋轉量($\Delta x, \Delta y, \Delta \theta$)。旋轉量對應到 y_1 與 y_2 位移的方法為: 假設 y_1 軸與 y_2 軸的距離為 m , 我們可推得 y_1 軸與 y_2 軸反向移動的距離 d 為:

$$d = \frac{m}{2} \tan(\Delta \theta) \dots \dots \dots (3-9)$$

肆、結論

現有 XYY 自動曝光機影像對位方式必須先調校雙影像系統，再求得平台定位與雙視覺系統取到影像變化之間的 Jacobian 矩陣，最後由視覺系統求得對位誤差代入 Jacobian 矩陣求得 XYY 伺服平台三顆定位馬達移動的線性近似解。為了維持近似關係只好提高攝影機解析度與平台解析度並限制小範圍的移動否則線性近似便不符使用，如此使得機器的調校更加費時而困難；所以利用 Jacobian 矩陣的方法有其不足之處。本文針對 XYY 機構型的自動曝光機的雙影像視覺對位系統提出一種對位程序，藉由此種對位程序可以方便的將各自獨立的兩個影像資訊與 XYY 平台三個驅動馬達之間的關係推導出來；所得到的關係式可以免除 Jacobian 矩陣法小範圍移動的局限並簡化加快自動曝光機機器的調校時間。

參考文獻

1. 黃淑芳 “台灣光電與半導體設備產業協會成立”，中央社報導，大紀元電子報，2005/12/14, <http://www.epochtimes.com/b5/5/12/14/n1153967.htm>.
2. W.R. Livesay, L.B. Anderson, “An electron image projection stepper”, *Journal of Vacuum Science Technology B*, Vol. 4, No. 1, pp. 100-104, 1985.
3. H.K. Nishihara, P.A. Crossley, “Measuring photolithographic overlay accuracy and critical dimensions by correlating binarized Laplacian of Gaussian convolutions”, *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligent*, Vol. 10, No. 1, pp. 17-30, 1988.
4. M.S. Cohen, M.J. DeFranza, F.J. Canora, M.F. Cina, R.A. Rand, P.D. Hoh, “Improvement in index alignment method for laser-fiber array packaging”, *IEET Transactions on Components, Packaging, and Manufacturing Technology Part-B*, Vol. 17, No. 3, pp. 402-411, 1994.
5. M. Tichem, M.S. Cohen, “Subµm registration of fiducial marks using machine vision”, *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligent*, Vol. 16, No. 8, pp. 791-794, 1994.
6. X. Fernandez, J. Amat, “Research on small fiducial mark use for robotic manipulation and alignment of ophthalmic lenses”, *IEEE Symposium on Emerging Technologies and Factory Automation*, ETFA, V. 2, 1999, pp. 1143-1146.
7. B.R. Martin, D.C. Furnange, T.N. Jackson, T.E. Mallouk, T.S. Mayer, “Self-alignment of patterned wafers using capillary forces at a water-air interface”, *Advanced Functional Materials*, Vol. 11, pp. 381-386, 2001.
8. A.K. Kanjilal, R. Narnain, R. Sharma, V.T. Chitnis, B.P. Singh, Y. Uchida, “Automatic mask alignment without microscope”, *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, Vol. 44, pp. 806-808, 1995.
9. M.L. Sun, J.J. Yu, G.H. Zong, S.H. Bi, R. Lu, “A microscopic multi-view based workcell for wafer-level microassembling”, *IEEE Proceedings of the International Conference on Robotics and Biomimetics*, China, Dec. 2006, pp. 1582-1587.
10. H.T. Kim, C.S. Song, H.J. Yang, “Matrix form of automatic alignment algorithm in 2D space”, *IEEE Proceedings of International Conference on Mechatronics*, 2004, pp. 465-469.
11. H.T. Kim, C.S. Song, H.J. Yang, “2-step algorithm for automatic alignment in wafer dicing process”, *Microelectronics Reliability*, Vol. 44, pp. 1165-1179, 2004.

12. H.T. Kim, C.S. Song, H.J. Yang, "Algorithm for automatic alignment in 2D space by object transformation", *Microelectronics Reliability*, Vol. 44, pp. 100-108, 2006.
13. S.J. Kwon, C.S. Park, "Kinematics and control of the 4-axes visual alignment system", *SICE-ICASE International Joint Conference*, Korea, Oct. 2006, pp. 1389 -1393.
14. C.S. Park, S.J. Kwon, "An efficient vision algorithm for fast and fine mask-panel alignment", *SICE-ICASE International Joint Conference*, Korea, Oct. 2006, pp. 1389-1393.
15. C.Y. Nain, Y.S. Trang, "An auto-alignment vision system with three-axis motion control mechanism", *International of Advanced Manufacturing Technology*, Vol. 26, pp. 1121-1131, 2005.
16. 林崇田「影像伺服技術於曝光機精密定位之探討及應用」 *電機月刊*, Vol. 55, No. 11, pp.148-161, 2005.
17. 黃正光、王俊程，"隨機式測圓法在視覺定位上的應用"，*東南學報*，第 31 期，2007 年 6 月。
18. C.T. Lin, Y.C. Yu, "Visual servoing for mask alignment in photolithography positioning system", *IEEE Proceedings of the International Conference on Mechatronics*, Taiwan, July. 2005, pp. 762-767.

以生物包埋技術去除水中碳氮之研究

Carbon and Nitrogen Removal via Bio-immobilization Technique

馮宇柔¹ 夏聰惠¹ 何俊明¹ 李忠倫²

¹東南科技大學 環境工程系 副教授

²東南科技大學 營建科技與防災研究所 碩士班研究生

摘 要

本研究將馴養完成之活性污泥、硝化菌及厭氧氨氧化菌使用冷凍包埋法製成固定化細胞並馴養一段時間，等待固定化細胞穩定後再置入管柱型連續流反應槽內與批次機械攪拌式反應槽。管柱內有菌層分別，先以活性污泥的固定化細胞分解有機碳，再經由硝化菌的固定化細胞進行硝化作用，最後由厭氧氨氧化菌的固定化細胞進行脫硝作用使氮氮轉換成氮氣，而批次反應槽則是三種菌相同時存在的一個混合系統。本研究在兩種反應槽運作時，同時監控了溫度、溶氧及 pH 值並定時採集樣本以離子層析儀進行含氮化合物的分析。

結果顯示，批次馴養之硝化菌其水樣之 NH_4^+-N 逐漸減少， $\text{NO}_3^- -\text{N}$ 則不斷的增加，此為典型的硝化反應；而批次馴養之厭氧氨氧化菌在水樣分析上也有明顯的 $\text{NO}_2^- -\text{N}$ 被消耗，但和硝化菌不同之處為是 $\text{NO}_3^- -\text{N}$ 的產量比硝化菌要少。此外，厭氧氨氧化菌在批次馴養時因世代時間較長，需要約六個月以上的時間才有較明顯的反應。包埋完成後之擔體有崩解或是活性降低等情況，而硝化菌擔體的批次馴養因是屬於好氧菌，只要有足夠的溶氧與氮氮就有明顯的硝化作用；但是投入管柱反應槽因為是屬於填充式反應槽，反應槽內部顆粒之間與基質會發生短流效應，且此反應槽是屬於向上流反應槽，在曝氣上無法做到完全又精密的自動化控制。而批次式機械攪拌反應槽配有攪拌器及控制機制，加上有效容積有10L 同時改善了填充式反應槽的混合不均、曝氣困難等缺點。

關鍵詞：固定化細胞、厭氧氨氧化菌、氮氮、有機碳、硝化反應

壹、前言

經濟發展導致人為污染日漸嚴重，而台灣目前的放流水標準僅對水源水質水量保護區之氨氮進行管制，許多的高濃度氨氮被排入水體中，主要來源有家庭污水、畜牧廢水、農業廢水等，高濃度的氨氮在水中會消耗掉水中大量的溶氧，對水中的生態也是極大的威脅且對人體也有健康上的影響。

傳統的除氮技術雖然有效，但須要耗氧硝化和無氧脫硝兩個程序，操作較為複雜，反應程序佔地面積甚廣且需要額外添加碳源，因此操作成本高，放流水也還有殘存的有機碳之問題。

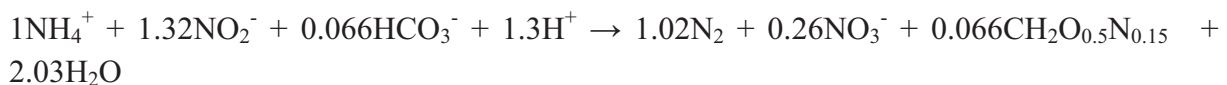
以固定化技術結合活性污泥、硝化菌及厭氧氨氧化菌進行碳、氮的去除，除了可以去除水中有機碳外，亦改善傳統硝化脫硝的雙槽操作之缺點，簡化操作程序，節省營運成本並提高水中碳氮去除效率。

本研究以管柱連續流反應槽與批次式機械攪拌進行實驗，管柱反應槽將固定化之活性污泥、硝化菌及厭氧氨氧化菌擔體由下而上予以分層配置。利用向上流方式，將模擬家庭污水以蠕動幫浦導入，並監測進流及出流口 pH、DO 及 TOC， $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 、 $\text{NO}_2^-\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 等濃度之變化，以了解固定化細胞對水中碳氮去除之功效及各種重要之操作因子。

貳、文獻回顧

一、厭氧氨氧化程序

厭氧氨氧化程序 (ANAerobic AMMonium OXidation process, 簡稱 ANAMMOX) 係以氨氮為電子供給者，亞硝酸鹽氮為電子接受者，將氨氮與亞硝酸鹽氮轉變為氮氣及硝酸鹽氮，反應式如下(Strous, 1998)：



此 ANAMMOX 程序可有效縮短傳統生物除氮之流程，降低操作之成本及複雜性，具有極高之研發價值與應用潛力。厭氧氨氧化菌生長於 20°C ~ 40°C ，pH 6.4~8.3之無氧環境，最佳條件為 30°C ，pH8.0，溶氧則以低於0.5%為佳。

陳志祥(2009)馴養本土性之厭氧氨氧化菌，並藉由重複之批次試驗探討不同含氮化合物（氨氮、亞硝酸鹽氮、硝酸鹽氮等）、溶氧、磷酸鹽、無機碳源等對於厭氧氨氧化菌脫氮速率之影響。其研究發現：當亞硝酸鹽氮濃度超過75 mg/L 即對厭氧氨氧化反應產生顯著之抑制，當亞硝酸鹽濃度達100 mg/L 時反應幾乎停止，而厭氧氨氧化反應之起始時間會隨著氨氮濃度之提高而延後。

二、生物固定化技術

(一) 聚乙烯醇(PVA, Polyvinyl alcohol)固定化技術之特性

聚乙烯醇(PVA)具有良好擔體成形特性，對細胞、生物無毒性、價格便宜、高親水性，在不同 pH 值及有機溶劑中穩定性好、固定化微生物活性高、強度佳，廣泛應用於生醫材料與微生物固定化技術之材料。

莊文源(1996)將聚乙烯醇加入蒸餾水中，加熱至70°C以上，即可形成水溶性之聚乙烯醇溶液，若將 PVA 溶液加入沉澱劑中，則可產生相的轉變(phase inversion)。

(二) 聚乙烯醇冷凍回溫固定化技術

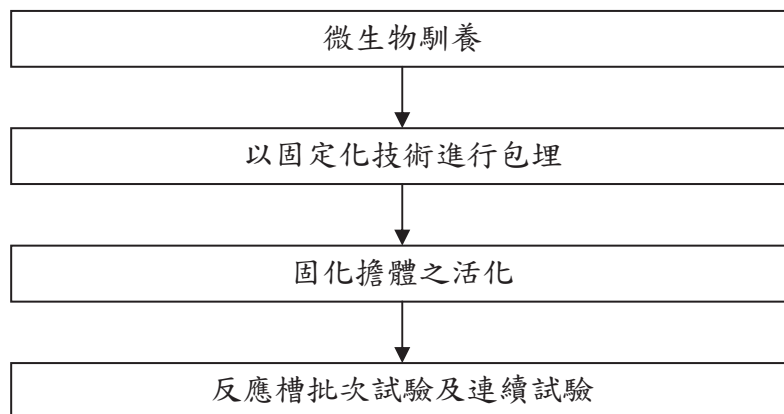
PVA 冷凍回溫固定化技術乃先配製含8%(w/v)PVA、1%(w/v)褐藻酸鈉、1%(w/v)活化污泥之 PVA 混合溶液，並滴入0.4 mol/L 之氯化鈣溶液中成形，成形後以蒸餾水淘洗後，再將固化擔體置於冷凍庫(-20°C)24小時，之後靜置於室溫下進行回溫，以此冷凍回溫方式數次即告完成。江淑琪(1993)應用 PVA 冷凍法擔體進行合成廢水之研究，結果發現硝酸鹽去除率達95%以上。

(三) 微生物固定化技術應用於脫硝程序之研究

林瑩峰(1993)利用微生物固定化技術及微生物菌相間之互動關係，建立固定化脫硝菌與甲烷菌之共同混合培養系統，將水中硝酸鹽及殘餘有機物(甲醇)一併去除。其以 PVA 磷酸酯包覆菌體之微生物固定化技術，探討影響膠體強度及生化活性之固定化條件，研究顯示 PVA 磷酸酯化法為一極具經濟效益之微生物固定化技術。

參、研究方法及步驟

本研究以馴化之活性污泥、硝化污泥及厭氧氨氧化污泥，藉由生物固定化技術進行包埋，製成固化擔體進行水中碳氮之去除，研究流程如圖一所示。



圖一 固定化細胞去除水中碳氮之研究流程

一、微生物之馴養

(一) 硝化菌馴養

將污水廠之活性污泥馴養為硝化污泥，馴養基質成份如表1所示，本研究之馴養條件為：溫度控制於30~35°C，pH 值維持在8.0~8.2，溶氧控制在7~8 mg/L，固化擔體於錐形瓶中批次馴養，定期監測 pH、DO 及含氮化合物之濃度變化，藉以了解馴養之成效。

表1 馴養硝化菌之基質組成

藥品名稱	濃度
NH ₄ SO ₄	1.18~2.36 g/L
KHCO ₃	1.68~3.35 g/L
Na ₂ HPO ₄	0.09 g/L
KH ₂ PO ₄	0.15 g/L
MgSO ₄ · 7H ₂ O	0.2 g/L
微量元素溶液	1 mL /L

(二) 厭氧氨氧化菌之馴養

厭氧氨氧化菌馴養之基質成分如表2所示，本研究之馴養條件為：溫度控制於30~35°C，pH 值維持在7.0~7.2，溶氧則須低於 < 1 mg/L。馴養期間監測水溶液之 pH、DO 及含氮化合物之濃度變化，以了解馴養之狀況。

表2 厭氧氨氧化菌之基質組成

藥品名稱	濃度
NH ₄ SO ₄	0.12~0.48 g/L
KHCO ₃	1.25 g/L
Na ₂ HPO ₄	0.018 g/L
KH ₂ PO ₄	0.03 g/L
MgSO ₄ · 7H ₂ O	0.2 g/L
NaNO ₂	0.13~0.50 g/L
微量元素溶液	1 mL /L

(三) 活性污泥之馴養

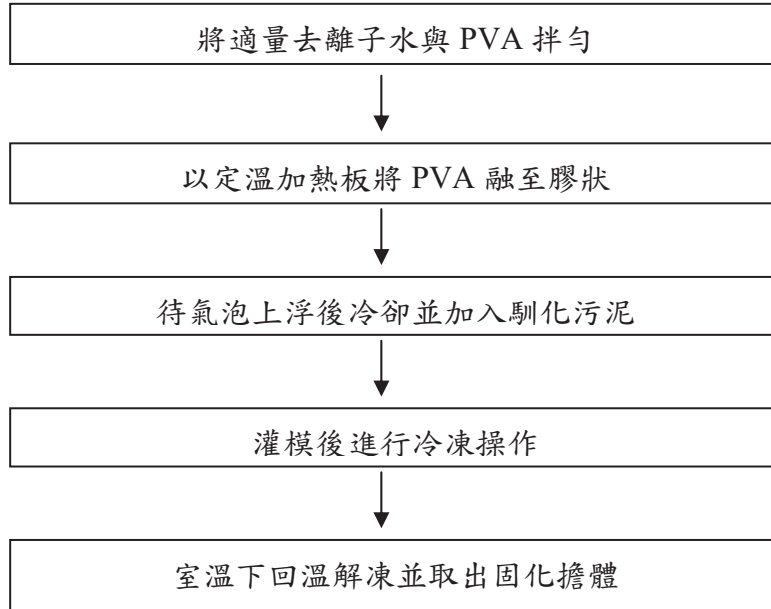
活性污泥之馴養條件，溫度控制於25~30°C，pH 直維持在7.5左右，溶氧控制於4~5 mg/L，以葡萄糖為碳源，基質組成如表3所示。

表3 人工合成廢水之基質組成

藥品名稱	濃度
NH ₄ SO ₄	0.12~0.48 g/L
C ₆ H ₁₂ O ₆	0.25 g/L
Na ₂ HPO ₄	0.32 g/L
KH ₂ PO ₄	0.15 g/L
MgSO ₄ · 7H ₂ O	0.2 g/L
微量元素溶液	1 mL /L

二、微生物之固定化

將馴養完成之污泥以 PVA 結合冷凍回溫方式加以固定化，流程如圖二所示。



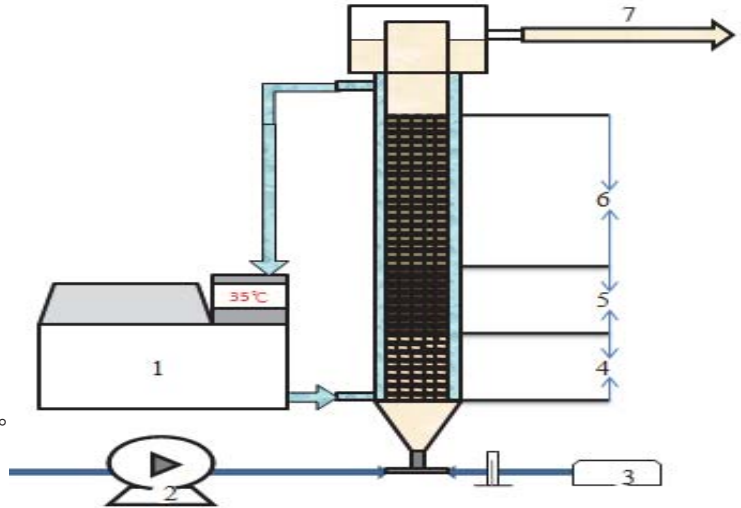
圖二 固定化細胞製作流程圖

三、管柱反應槽進行連續流處理人工合成家庭污水

將固定化細胞依活性污泥、硝化菌及厭氧氨氧化菌擔體順序投入管柱分層配置，對進流及出流口進行 pH、DO 及溫度監控，並定期採取樣本針對 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 、 $\text{NO}_2^-\text{-N}$ 及 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 及進行分析。

本反應管柱係雙匣層製作，外層注以恆溫水控制反應溫度，內層則填充固定化顆粒(如圖三所示)。其管柱總長113.6cm，內徑6cm，並以流量1.2mL/min，停留時間約36hrs 將配製好之模擬家庭污水以上流式注入反應管柱，管柱內部粗分為三區段，第一區段所放置為活性污泥顆粒，主要為去除水中有機碳。接著第二區段放置為硝化污泥顆粒，在反應器中於溶氧不充足情形下行使部分硝化作用，第三區段放置厭氧氨氧化菌顆粒，在管柱外層以恆溫水浴控溫於35°C。

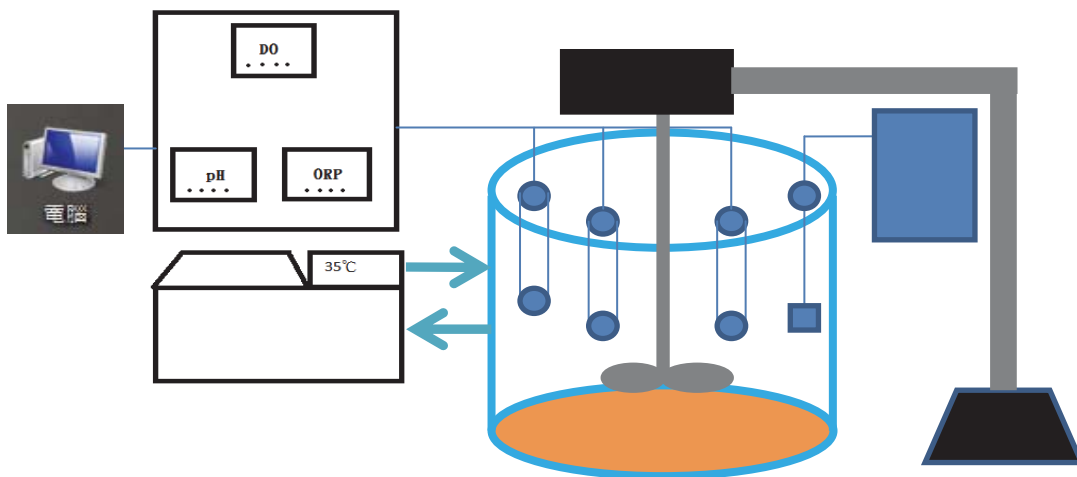
1. 恆溫水浴槽。
2. 進流蠕動幫浦。
3. 空氣幫浦。
4. 固定化顆粒-活性污泥顆粒層。
5. 固定化顆粒-硝化污泥顆粒層。
6. 固定化顆粒-厭氧氨氧化顆粒層。
7. 出流處。



圖三 上流式雙層恆溫反應槽示意圖

四、批次式攪拌反應槽處理人工合成家庭污水

為改善反應槽曝氣不良與短流問題，本研究又將馴化之活性污泥顆粒、硝化菌顆粒及厭氧氨氧化菌顆粒投入 SBR 反應槽內，於槽體內架設曝氣裝置，另架設 pH、DO 及 ORP 等電極並將接收之數據傳入電腦以隨時掌握槽體內之狀況。本槽體以兩天一個批次固定時間更換基質並採集樣本進行 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 、 $\text{NO}_2^-\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 及 COD 進行分析。



圖四 批次式機械攪拌反應槽示意圖

1. pH 電極
2. DO 電極
3. ORP 電極
4. 曝氣機
5. 攪拌機
6. 恆溫水浴(35°C)
7. 控制機制

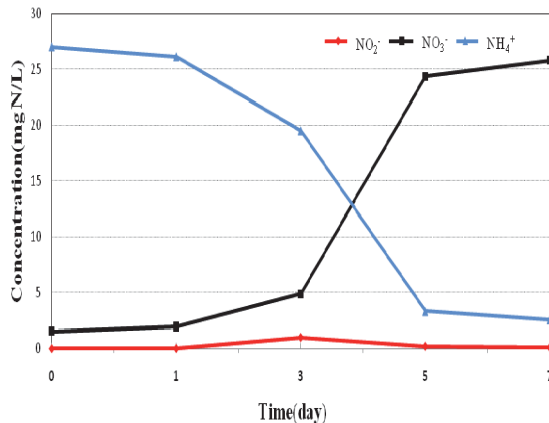
肆、結果與討論

一. 硝化菌、厭氧氨氧化菌馴養結果

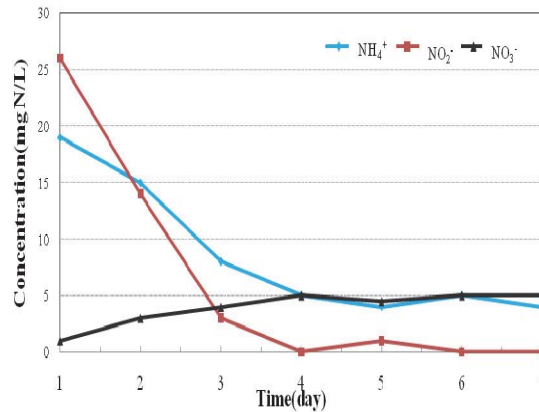
(一) 硝化菌批次馴養結果

本研究之活性污泥取自台北市某污水處理廠，以加入硝化菌基質與生長條件進行馴養，經過數個月的馴養期，硝化菌之活性才獲得有穩定。此外，pH 值亦有明顯下降，pH 值由初始 8.0 ± 0.2 下降至 6.5 ± 0.2 ，情形符合生物硝化反應 pH 值下降之特性。

在硝化反應之確認，如圖五為馴養階段後期液相樣本過濾分析含氮化合物 (NH_4^+ -N、 NO_2^- -N 及 NO_3^- -N) 之濃度變化情形，其中反應物 NH_4^+ 濃度由起始值大約 26 mg/L 開始持續降低， NH_4^+ 在第 3 天因為轉換成 NO_2^- ，所以被轉換 NO_2^- 會先上升，但而後又轉換成 NO_3^- 後再下降，產物 NO_3^- 之濃度則漸增，反應約在第 3 天由於 NO_2^- 及 NH_4^+ 接轉換成 NO_3^- ，而 NO_3^- 因不斷產生而持續上升，由此可確認硝化作用之進行。



圖五 硝化菌馴養之含氮物變化



圖六 厭氧氨氧化菌馴養之含氮物變化

(二) 厭氧氨氧化菌批次馴養結果

本研究以取得之活性污泥，加入厭氧氨氧化菌基質與生長條件進行馴養，經過大約六個月的馴養期，厭氧氨氧化菌之活性才獲得穩定。此外，pH 值亦有上升，pH 值由初始 7.0 ± 0.2 上升至 8 ± 0.2 ，情形符合生物脫硝反應 pH 值上升之特性。在馴養漸趨穩定時會逐漸聚集形成小污泥團，此污泥並無臭味且具良好之沉降性，待馴養完成時有明顯可見之氣泡不斷自污泥團中竄出並挾帶污泥團向上浮升，因此有時液面會有一層污泥漂浮，且輕搖瓶身隨即沉降。

在 ANAMMOX 反應之確認，如圖六為馴養階段後期液體樣本過濾分析含氮化合物 (NH_4^+ -N、 NO_2^- -N 及 NO_3^- -N) 之濃度變化情形，其中反應物 NH_4^+ -N 及 NO_2^- -N 之濃度由起始值大約 20 mg/L 持續降低，而以 NO_2^- -N 之濃度降得較快，產物 NO_3^- -N 之濃度則漸增，反應約在第 3 天由於 NO_2^- -N 消耗完畢而停止。

二、微生物固定化之成果

本研究在測試固定化最佳條件時以加熱溶解、冷凍溫度及冷凍回溫與次數做不同

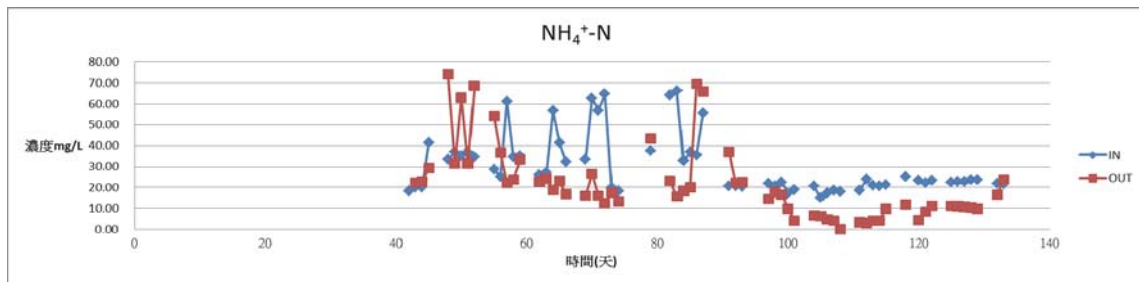
條件的測試，結果顯示加熱的溫度及冷凍的溫度只與溶解時間和冷凍時間有關，與固定化細胞之結構外觀沒有太大的關聯，而回溫的時間我們測試有兩小時、三小時及四小時分別做了兩次、三次及四次的回溫，結果如表4所示：機械強度雖高，然質傳不佳且活性較低。

表4 固定化最佳條件

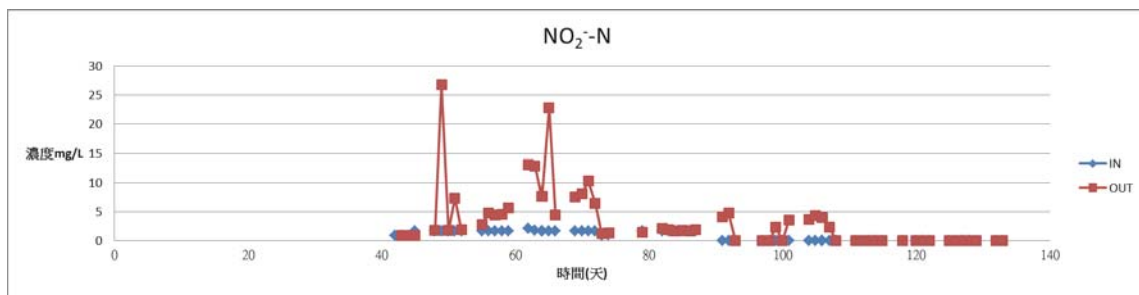
步驟	條件
水與 PVA 比例	48g/300mL
PVA 加熱溶解	100°C 加熱50~60分鐘
氣泡上浮	約120分鐘
冷凍(-20°C)	約1440分鐘
冷凍回溫	約50~60分鐘重複2-3次

三、管柱反應槽連續流試驗之分析結果

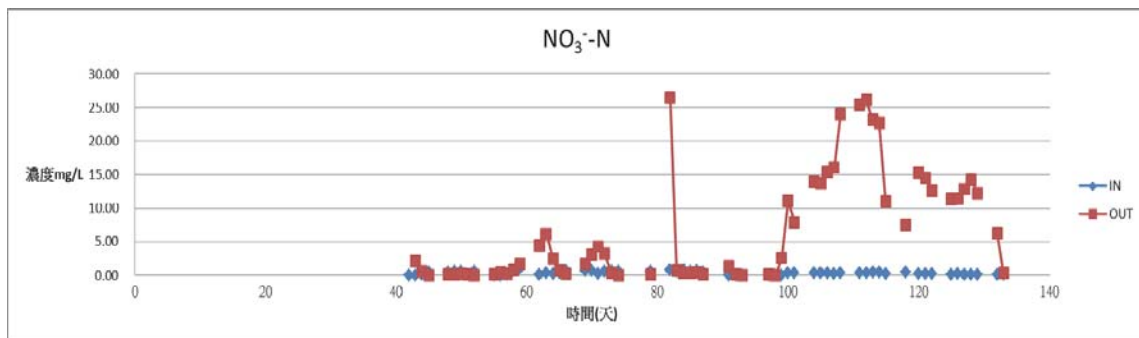
長達四個月之連續進流，其進、出流水之、 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 、 $\text{NO}_2^-\text{-N}$ 及 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 之濃度變化分別如圖八、九、十所示。



圖八 連續流133天反應之 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 之變化



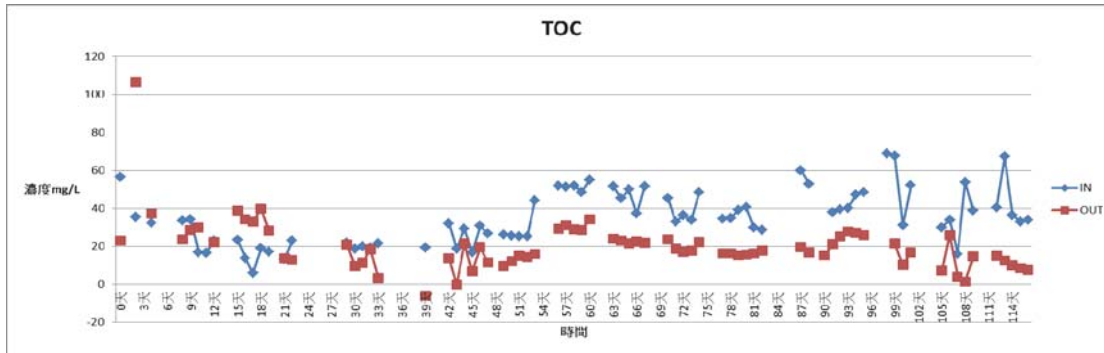
圖九 連續流133天反應之 $\text{NO}_2^-\text{-N}$ 之變化



圖十 連續流133天反應之 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 之變化

由圖八、圖九得知將固定化細胞投入管柱反應槽內前一百天都還在穩定期，一百天之後含氮化合物才有明顯之變化，研判是最底層之活性污泥層之溶氧不足導致前一百天有很長的時間都無明顯反應。為改善溶氧不足無法順利進行反應，在管柱最底部加裝曝氣機及流量控制器控制曝氣量，但是由於曝氣機的流量器無法精確調控導致氧氣供給過量，以致只有硝化反應無脫硝反應，厭氧氨氧化之固定化細胞因此而被抑制毫無作用。

模擬家庭污水於管柱出口之有機碳變化，如圖十一所示。



圖十一 連續流試驗有機碳之變化

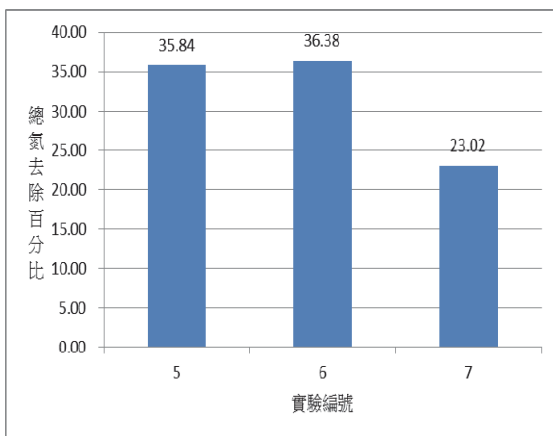
由圖十一得知初始操作時尚未穩定，TOC 去除並不明顯，甚至部分樣本出流 TOC 高於進流水，研判可能 PVA 擔體表面尚於不穩定之溶解階段，造成出流水有機物較高，到了第四十五天有機碳才有明顯的變化，在四十五天之前發現出流水有些臭味產生，經過上述操作方式之改變加入了曝氣系統 TOC 有了明顯去除效果約75%~80%之去除率，但是含氮化合物的分解卻只有好氧硝化無法進行厭氧脫硝。

四. 批次式機械攪拌反應槽之分析結果

(一) 同槽硝化脫硝之批次試驗分析結果

本研究將批次式機械攪拌反應槽之結果與操作條件做統整如表5及圖十二。

表5 同槽硝化脫硝批次試驗之操作條件



條件控制	Run 5	Run 6	Run 7
氮氮濃度 (mg N/L)	75	75	75
試驗時間 (hr)	120	114	120
曝氣時間 (hr)	6	4	2

圖十二 同槽硝化脫硝批次試驗結果

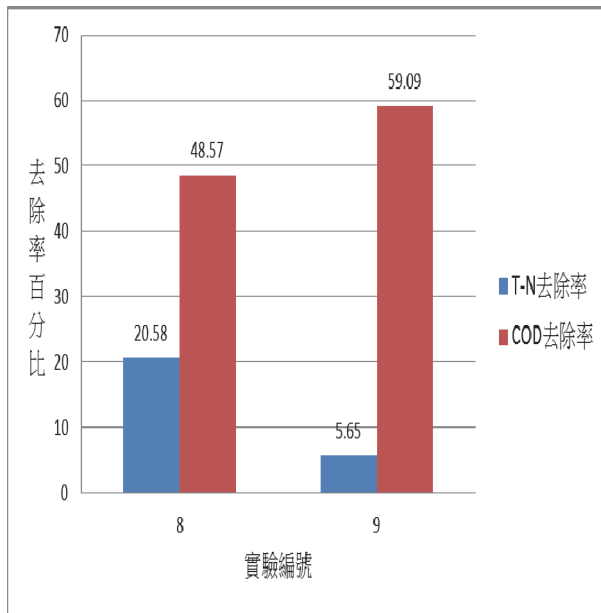
綜合以上條件及結果分析可知，曝氣時間長短影響總氮之去除率，Run7因曝氣時間過短導致厭氧氮氧化菌缺乏足夠之亞硝酸鹽氮進行脫硝反應，進而影響總氮之去除。

(二)同槽除碳脫氮之批次試驗分析結果

由表6及圖十三可看出曝氣時間長短直接影響了有機碳的去除與總氮之去除效果。

表6 同槽除碳脫氮批次試驗之條件

條件控制	Run 8	Run 9
氮氮濃度 (mg N/L)	25	25
COD 濃度 (mg/L)	150	150
試驗時間 (hr)	22	22
曝氣時間 (hr)	2	4



圖十三 同槽除碳脫氮批次試驗結果

由圖十三可看出，Run8曝氣時間較短的總氮去除率較佳，而 Run9曝氣時間較長所以活性污泥顆粒有較足夠的氧氣分解有機碳，但是由於氧氣被活性污泥消耗完畢硝化菌沒有足夠的氧氣生成亞硝酸鹽氮導致厭氧氮氧化菌沒有亞硝酸鹽氮進行脫硝反應。

伍、結論與建議

以 PVA 作為固定化細胞之包埋材料確實可行，污泥馴養方面亦能達到預期效果。但包埋之擔體投入管柱後因反應條件控制不易，僅有機碳去除而除氮效果不如預期，懷疑除反應條件因素外有可能是在固定化造成大量微生物在包埋過程中適應不佳造成死亡，尤其是厭氧氮氧化菌世代時間更長，包埋成固定化細胞後需要的穩定時間需時更長。

填充式反應槽因有效容積小，固定化細胞在充管柱內會有短流效應，造成部分水流與固定化細胞的接觸面積減少，因而降低了處理效能，且反應槽容量和體積過小，而曝氣系統無法做到精密調控的情況下，只能處理有機碳和硝化作用無法達到厭氧脫硝。

批次式機械攪拌反應槽，雖然以改善填充反應槽混合不均及曝氣困難等問題，但

是機械攪拌器在反應槽內部卻對固定化細胞造成強大的剪力，這個剪力會使固定化細胞破碎，所以在固定化細胞製備的過程中增加了回溫次數與浸泡成形液，但是這會使固定化細胞的活性下降影響有機碳及總氮的去除效果，且加入有機碳之後脫氮反應有些微的被抑制等問題尚待解決。若能將三種固定化細胞的比例做調整，比如說將活性污泥的固定化細胞增量使有機碳能在短時間內分解完畢，這樣可能減少有機碳對脫氮反應的抑制。

陸、參考文獻

1. Strous, M., Heijnen J.J., Kuenen J.G., Jetten M.S.M. , The sequencing batch reactor as a powerful tool for the study of slowly growing anaerobic ammonium-oxidizing microorganisms. *Applied and Environmental microbiology*, Vol.50, pp.589-596 (1998)
2. Jetten, M. S. M., Strous M., Van de Pas-Schoonen K.T., Schalk J., Van Dongen U.G.J.M., Van de Graaf A.A., Logemann S., Muyzer G., Van Loosdrecht M.C.M., and Kuenen J.G., “The anaerobic oxidation of ammonium,” *FEMS Microbiology Ecology*, Vol.22, pp.421-437(1999).
3. Jetten, M. S. M., Wagner, M., Fuerst, J., van Loosdrecht, M., Kuenen, G., and Strous, M. 2001. Microbiology and application of the anaerobic ammonium oxidation ('anammox') process. *Current Opinion in Biotechnology* 12:283-288.
4. Kuenen, J. G., and M. S. M. Jetten. 2001. Extraordinary anaerobic ammonium-oxidizing bacteria. *ASM News* 67:456-463.
5. Kuypers, M. M. M., A. O. Sliemers, G. Lavik, M. Schmid, B. B. Jorgensen, J. G. Kuenen, J. S. Sinninghe Damste, M. Strous, and M. S. M. Jetten. Anaerobic ammonium oxidation by anammox bacteria in the Black Sea. *Nature* Vol. 422, pp.608 (2003) .
6. Khin, T. and A. P. Annachatre, “Novel microbial nitrogen removal processes *Biotechnology Advances*,” Vol. 22, No. 7, pp. 519-532(2004).
7. 陳志祥、夏聰惠、何俊明，2009，“厭氧氨氧化程序影響因子之探討”，東南科技大學防災科技研究所碩士論文。
8. 莊文源、陳劉旺，1996，“聚乙烯醇薄膜應用於人工胰臟之評估”，台灣大學材料科學(工程)研究所碩士論文。
9. 江淑琪、陳啟祥，1993，“固定化脫氮用微生物在廢水處理上的研究與開發”，中國文化大學生物科技研究所碩士論文。
10. 陳柏安、黃思蕙，2010，“利用離子型水性 PU 開發微生物固定化技術”，中華大學環境資源與能源科技研究所碩士論文。
11. 林瑩峰、陳國誠，1993，“微生物固定化技術應用於脫硝程序之研究”，國清華大學化學工程研究所博士論文。

12. 陳勇成、萬騰州，2000，“AOAO 處理程序添加固定化微生物處理養豬廢水之研究”雲林科技大學，環境與安全衛生工程技術研究所碩士論文。

燃煤飛灰應用於水中色度去除之研究

夏聰惠 馮宇柔

東南科技大學 環境工程系 副教授

摘 要

本研究針對燃煤火力發電廠飛灰，對廢水色度進行表面吸附反應之探討。由燃煤飛灰之組成得知，飛灰係以矽、鋁、鐵、鈣為主要組成元素，並大多以非結晶性玻璃質球之氧化物與少數石英晶體結構所組成。由燃煤飛灰與鹽基性甲烯藍染料之恆溫平衡吸附實驗得知：液相 pH 值之降低，吸附於燃煤飛灰表面之染料量愈高，色度去除效果愈佳。若液相中煤灰添加量增多及染料於液相中對煤灰之表面負荷愈低，愈有利於飛灰之除色效果。另外，Langmuir 等溫吸附線 $q=(q_m bC)/(1+bC)$ 能有效的描述 pH=8.7，反應溫度 25°C 時燃煤飛灰與染料固液相之平衡。

關鍵詞：燃煤飛灰、鹽基性染料、吸附

ABSTRACT

This research focused on surface reaction between basic dyestuff and coal-fired fly ash. It is indicated that Si, Al, Fe and Ca are principal elements in flyash samples, and that flyash is composed mostly of amorphous oxide and little of quartz crystal structure from composition analyses. The adsorption capacity of dyestuff on surface of flyash increases with decreasing solution pH values. Increase in flyash addition and lowering surface loading on flyash will enhance the adsorption efficiencies. Langmuir isotherm can be used to describe the solid/solution equilibrium phenomenon on pH=8.7 condition.

Keywords: flyash, basic dyestuff, adsorption

壹、前言

火力發電為台灣電力之主要來源之一，而我國火力發電中，燃煤發電占了極大之比例。因燃煤比例甚高，故煤灰的產量亦相當大。以台灣電力公司民國九十三年12月份統計資料，公民營火力發電佔總發電量74.5%，其中燃煤火力發電佔32%(台灣電力公司，93年)。營運中的有深澳、林口、台中、興達、大林等五座燃煤火力發電廠及民營麥寮和平燃煤火力發電廠，而燃煤產生之飛灰及底灰量約達一百八十萬噸/年以上，其中80%為飛灰，且產生之飛灰多數無法有效利用，在處理及處置上是一棘手之問題，亟待加以解決。因此，如何讓飛灰有效資源化並充分利用其中資源性成份，將成為各界共同關心的重要課題。

另一方面，染整業是國內相當普遍的行業，國內合法登記染整工廠共計343家，其每年排放之總廢水量約60,894,269 m³/年，佔整體工業的5.62%(陳時全，85年)，加以其廢水水質為高COD及高色度，故乃屬於污染量高之行業。由於染整製程用藥複雜，用水量且廢水中含有多種染料、助劑及漿料等，使廢水之COD值偏高，外觀顏色較深且醒目，一旦排入水體極易引起視覺上之不適及承受水體之污染。以往此類廢水之去除方法須視色度來源、種類及處理程度而異，大致可分為生物、化學及物化處理三大類。生物處理主要以活性污泥法居多(Wetter, 1977)(Mahloch, 1974)，但因色度多為高分子結構之合成染料所造成，具有生物難分解之特性，故一般生物處理對色度之去除效果並不理想。化學處理則有化學混凝及化學氧化二種，化學混凝法乃是選用適當的混凝劑及助凝劑，與色度分子膠凝共沈，可去除染整廢水80%以上之色度，同時可去除部分有機物(Kreye, 1974)(Shelley, 1976)。然化學混凝法雖效果不差，卻因產生大量化學污泥，導致處置工作之困難。而化學氧化則是以強氧化劑之氧化力來破壞發色團之鍵結以去除色度(Perkins, 1980)。其除色效果依染料性質及氧化劑之種類而異，而較常使用之氧化劑有臭氧(Perkins, 1980)(Green, 1985)(Snider, 1974)及次氯酸鹽(Perkins, 1980)，唯處理成本不低。至於物化處理去色則以活性碳吸附的效果最佳(Chiu, 1993)(Mckay, 1983)。活性碳吸附去除之效果與染料種類、pH及溫度等因素相關；其他物化處理如RO、UF則須視色度之種類來運用。雖然這些物化處理效果佳，然而皆為高級處理技術，成本偏高，故使用上受到限制。

近幾年已有許多研究證實，金屬氧化物於特定環境中對液相中離子性物種具有極佳吸附效果(Davis, 1978)(Davis, 1980)(Dzombak, 1986)(Hohl, 1976)(Stone, 1986)(Stumm, 1980)。此乃因金屬氧化物具有不小之比表面積，同時表面與水分子接觸時，將進行氫氧化作用(Hydroxylation)，再藉由不同pH值下吸附、脫附液相之H⁺或OH⁻，而使氧化物表面帶有不同之電荷，因而對帶有異性電荷之離子更具吸引作用。因此，只要液相之pH值適宜，金屬氧化物將是離子性廢水極佳之處理劑。

煤灰係煤炭燃燒後所殘留之灰燼，其性質則依燃煤的種類、燃燒溫度、集灰方式而有差異。燃燒爐底部所殘留之煤灰，其顆粒較粗，外表看起來像細砂，顏色多呈灰或灰黑，形狀多角且重量略重者為底灰；而燃燒後大部份隨著燃燒廢氣上升，再藉由集塵設備所收集，其外觀類似水泥，顆粒為很細之灰色粉末，且大多呈玻璃球狀，重量較輕者為飛灰。一般而言，飛灰的化學成份，主要是由矽、鋁、鐵和鈣的氧化物所組成，四者共占90~95%(台灣電力公司，84年)。此外，飛灰加水後的酸鹼值為pH 8~10範圍，而底灰的化學成份大致與飛灰相同。由於金屬氧化物對離子性物種特定之吸附作用，故可預期含高量金屬氧化物之燃煤飛灰將是廢水中離子性物種極佳之吸附劑。許豐億(93年)以台灣電力公司興達、大林等火力發電廠之燃煤飛灰作為吸附劑，進行水中腐植酸、2,4-二硝基硝酚、苯胺之恆溫吸附實驗。以單位吸附量作為應變數，飛

灰礦物組成分析結果作為自變數，藉多元線性迴歸探討飛灰礦物組成對水中有機物吸附之影響，並建立不同礦物組成燃煤飛灰吸附水中有機物單位吸附量之預測模方程式。研究結果發現，燃煤飛灰之礦物組成中對水中有機物具不同之程度之吸附量。余崇聖(96年)以燃煤飛灰作為去除垃圾場滲出水中溶解性COD之主要吸附劑。並藉由pH控制、燃煤飛灰添加量及攪拌時間之變化，以獲得最佳操作條件。研究結果顯示飛灰在鹼性環境下(pH=12)對於滲出水中COD及色度有較佳之去除效率；若以NaOH調整pH，對於COD及色度之最高去除效率分別為11.14%、11.69%，若使用消石灰調整pH，則對COD及色度最高效率分別為46.46%、77.77%。

染整廢水之顏色，與所用之染料、助劑，以及操作方法不同而有差別。主要的染料有鹽基性染料、酸性染料、反應性染料、直接染料、媒染染料及硫化染料等多種。以鹽基性染料而言，其為一種水溶性之偶氮染料，分子中助色團為-NH₂，=NH，-N(CH₃)₂等鹽基性基，通常為鹽酸鹽、硫酸鹽等化合物，故具有陽離子之特性。另外，酸性染料則係分子含有-SO₃H，-OH以及-COOH等酸性助色團之偶氮染料，亦是一種水溶性染料，通常為鈉鹽化合物。其因磺化基(sulfonate group)之負電荷，而使酸性染料具有陰離子之特性。而反應性染料則是染料分子中具有特殊之反應基，能與染色纖維分子中之-OH，-NH₂或-COOH等官能基起共價結合而染色之。諸如以上各種染料，即有可能在不同環境下以解離之型式存於廢水當中。而金屬氧化物又於特定之pH環境，對離子性物種具有吸附作用。因此，含高量金屬氧化物之煤灰，對染整廢水中解離之染料預期必有去除之效。

貳、研究材料與方法

一、燃煤飛灰之採集及試劑配製：

1、飛灰採集

由於台電公司主要燃煤火力發電廠之煤源不一且燃燒條件不同，故燃燒後所產生煤灰之特性必有差異。因此，本實驗將以某燃煤火力發電廠採集燃煤飛灰進行水中染料之吸附實驗。

2、實驗試劑配製

實驗使用之藥品均為分析級，並以超純水配製染料成分之人工合成廢水。本研究所試驗之色度，是以鹽基性染料所配製之儲備液為主。實驗中所使用之濃度則分別為100mg/L及200mg/L。

二、燃煤飛灰化學組成之測定：

飛灰之化學組成，可由台電公司每月對各燃煤發電廠各機組所產生之煤灰之分析數據得知。但為了更確切掌握其特性，本研究亦針對所採集之燃煤灰爐進行成份組成測定。其方法即為飛灰成份組成之全分析。此方法依ASTM(1991)公佈之標準灰垢測試方式分析鐵、鋁、矽、鈣、鎂等主要元素，換算可得燃煤飛灰各元素氧化物含量之百分比。

三、染料最大吸收波長之檢測：

染料濃度之量測，是以分光光度計Spectrophotometer UV/Vis 911(GBC)掃描染料之吸收光譜，並選擇光譜中最大吸光度之波長為偵測波長，而將反應用染料配製成不同

濃度量測其吸光值，在符合 Lambert-Beer Law 之範圍內，以吸光度與濃度作圖，繪製成線性之檢量線。因此，只要將反應後之樣本量測其吸光值，則殘餘之染料濃度即可測知。

四、恆溫平衡吸附實驗：

平衡吸附實驗於恆溫 25°C 下進行，並以標準 NaOH 及 HNO_3 調整水樣 pH 於 4.0~10.0 範圍內，加入定量之染料成分。以動力實驗所觀察之平衡時間為反應時間，再過濾水樣、分析殘餘之染料濃度，如此可得 pH 對煤灰吸附染料之吸附邊緣曲線 (Adsorption Edge)、以及不同 pH 下飛灰對染料去除效果。為了了解不同表面負荷下，飛灰吸附容量之變化，故以不同之染料濃度及煤灰加量之組合來進行吸附實驗，探討其對吸附容量之影響。

參、結果與討論

一、燃煤飛灰組成分析

國內燃煤火力發電廠所使用之煤炭必須先研磨成細粉，以熱風吹送方式吹入鍋爐內燃燒，所產生之蒸氣推動汽輪機與發電機後產生電力，留在鍋爐底部的一小部分煤灰即為底灰。而煤燃燒後的大部分煤灰，通常跟隨著燃燒廢氣上升，經爐膛、過熱器、省煤器、空氣預熱器，再到達靜電集塵器時，全部的煤灰幾乎被攔截捕捉下來，此部分之煤灰即為飛灰。煤灰的性質則受到煤的來源、煤研磨的細度、燃燒控制以及機組負荷和收集方式而有所不同。本研究所採用之灰樣係由台電公司所提供，取自某火力發電廠所收集之飛灰，其中該電廠飛灰之組成如表1所示。

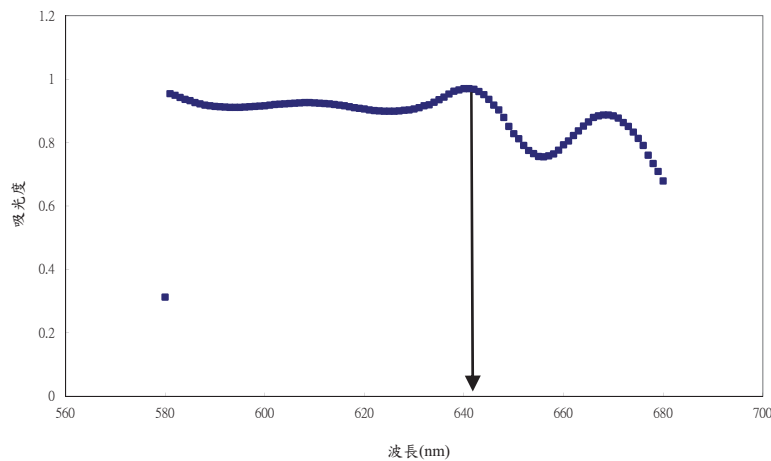
表 1. 台電公司燃煤電廠飛灰組成

化學組成	電廠飛灰 含量(%)
SiO_2	43.0
Al_2O_3	19.7
Fe_2O_3	4.23
CaO	6.10
MgO	1.04
Na_2O	0.25
K_2O	0.41
TiO_2	1.33
SO_3	0.08
LOI	17.6
pH	12.02

表1.中所列之組成為該飛灰主要穩定之氧化物成分及燒失量(LOI, loss on ignition, 代表煤灰樣本中未燃碳之百分比, 可直接反應燃燒效率高低之指標), 另外其他尚有較少量之礦物未列入其中。

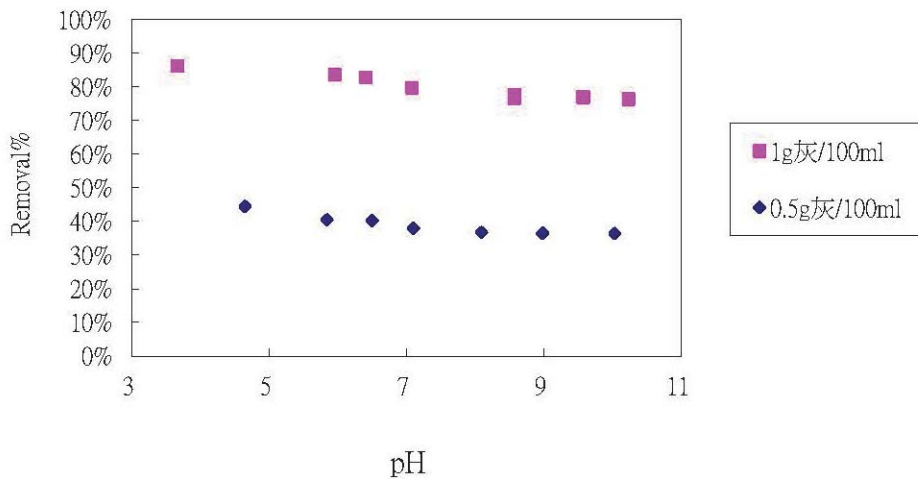
二、染料最大吸收波長之檢測

本研究初步以鹽基性染料中之甲烯藍為試驗染料。為以比色法量測該染料在反應前後之濃度變化，利用分光光度計量得甲烯藍最大吸光值所對應之波長。量測最大吸光值之試驗中，以固定之 pH 及溫度對特定濃度之甲烯藍溶液，逐一進行不同波長之掃描，並記錄所對應之吸光值。其結果如圖一所示。由該圖之結果得知：甲烯藍於 25°C、pH=7 之條件下，以 642nm 具有最大吸光值，故本研究即以此波長作為量測甲烯藍溶液濃度之波長。

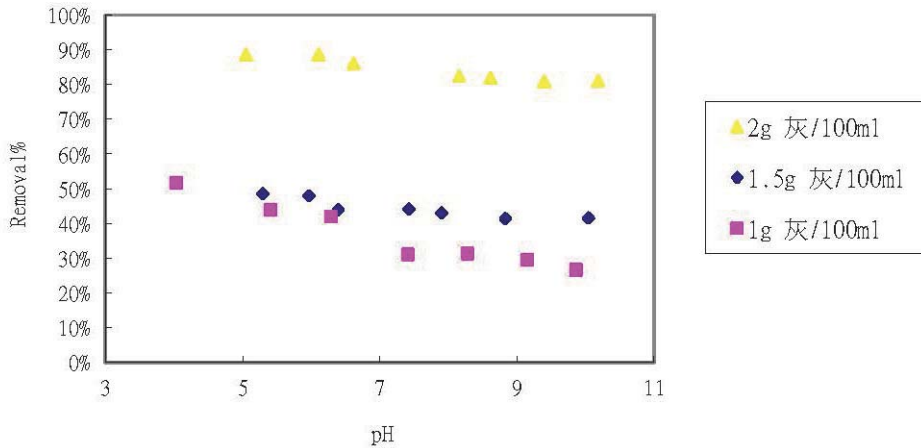


圖一 甲烯藍最佳吸收波長

三、溶液 pH 值對燃煤飛灰吸附甲烯藍之影響

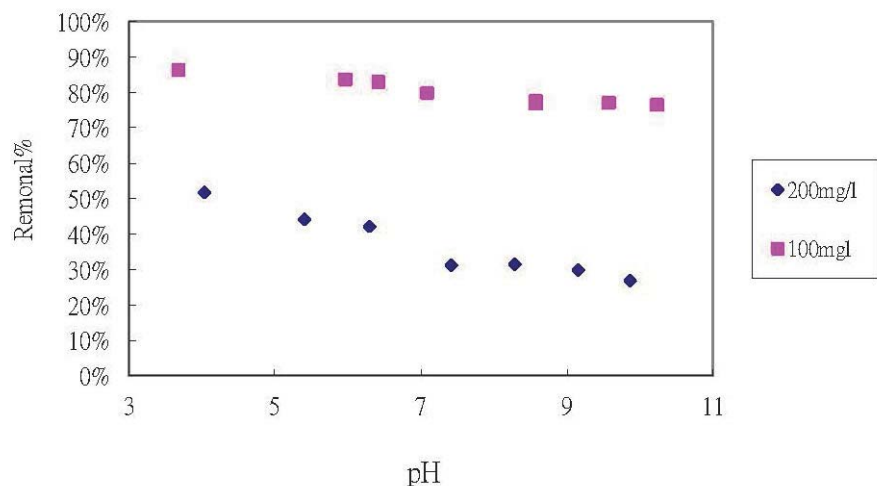


圖二 pH 對燃煤飛灰去除色度之影響(100mg/l)



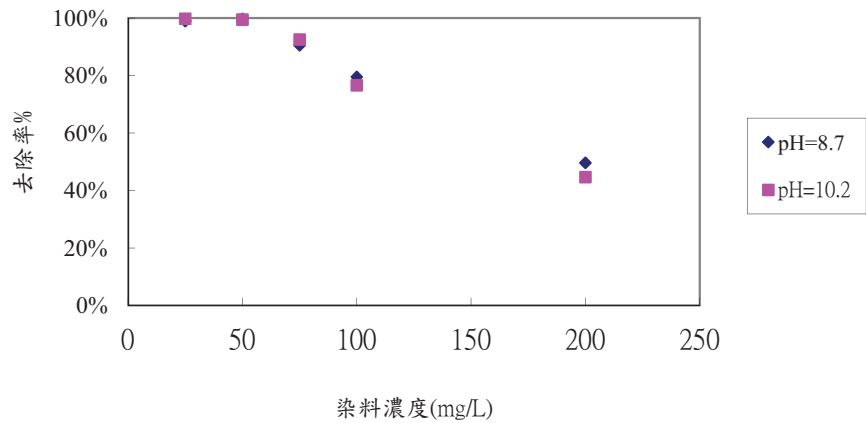
圖三 pH對燃煤飛灰去除色度之影響(200mg/l)

燃煤飛灰對於鹽基性染料甲烯藍水溶液色度去除之效果與溶液之濃度、pH 值以及燃煤飛灰量有關，其結果如圖二、圖三所示。由實驗之結果可知：不論甲烯藍溶液濃度之高或低(100mg/l 或200mg/l)，也不論溶液中飛灰之多寡(2g/100ml、1g/100ml、0.5g/100ml)，飛灰對於甲烯藍溶液之除色效果隨溶液 pH 值降低而有增加之趨勢。此因本研究所選用之燃煤飛灰其 SiO_2 含量已高至43%，其他氧化物之含量則遠低於 SiO_2 。而 SiO_2 之等電荷點位於 $\text{pH}=2.0$ (Stumm, 1981)附近，故可預期飛灰之平均等電荷點必位於偏酸之區域。本研究之 pH 為4~10，此 pH 範圍將使得煤灰表面之淨電荷為負，故必有利於對陽離子性成分之吸附。另外，一般鹽基性染料係以色素基氯化物形式存在之陽離子性染料，並且在酸性溶液中較為安定，隨著 pH 之增加其穩定性漸減甚至沉澱(邱永亮, 71年)。因此，飛灰對甲烯藍呈現出極佳之吸附效果，同時 pH 之增加，因甲烯藍穩定性漸減，液相中離子成分之比例減少，而使飛灰對其吸附效率的降低。另因飛灰對甲烯藍水溶液之吸附去除效果佳，於較高之煤灰加量中(2g 灰/100ml)在較低 pH 值時，除色效果幾乎已至90%以上。唯 pH 之降低，吸附效果亦隨之增加。圖四則為燃煤飛灰加量1g/100ml 於100mg/l 及200mg/l 甲烯藍濃度之除色效果。圖中明顯看出，在特定之 pH 值，固定飛灰添加量下，當甲烯藍濃度增加，造成飛灰表面負荷增加。而非灰表面提供之吸附位址不變，促使吸附效果顯著減少。這也蘊含著，吸附效果之高低，必與液相中固體之表面負荷有密切之關係。



圖四 pH對燃煤飛灰去除色度之影響(1g灰/100ml)

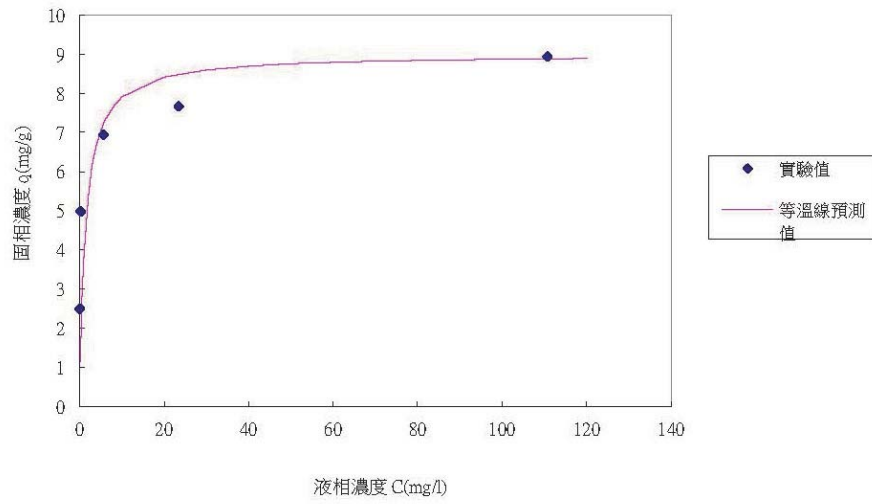
圖五則為固定飛灰添加量(1g/100ml)，在 pH=8.7及 pH=10.2下，不同初始甲烯藍濃度下，各反應之除色效果。由結果可看出:甲烯藍溶液濃度為25~75mg/l 時，二 pH 值對去除色度之影響並不大，尤其是在濃度低至50mg/l 以下時，不論溶液 pH 值高或低,幾乎都可以達到100%去除；而濃度為50~100mg/l 時，去除率亦將近80%,至濃度增為100~200mg/l 時，溶液 pH=8.7時之去除率則比 pH=10.2之去除率高。其主要之因素為：當溶液中甲烯藍之濃度低時，液相中之飛灰不論 pH 高低，提供之吸附位址均能促成甲烯藍鍵結其表面而去色；溶液中甲烯藍之濃度逐步提高時，因高 pH 值，飛灰表面淨負電荷雖然增加，但甲烯藍穩定性降低造成離子結構減少，因此使得去色效果降低。



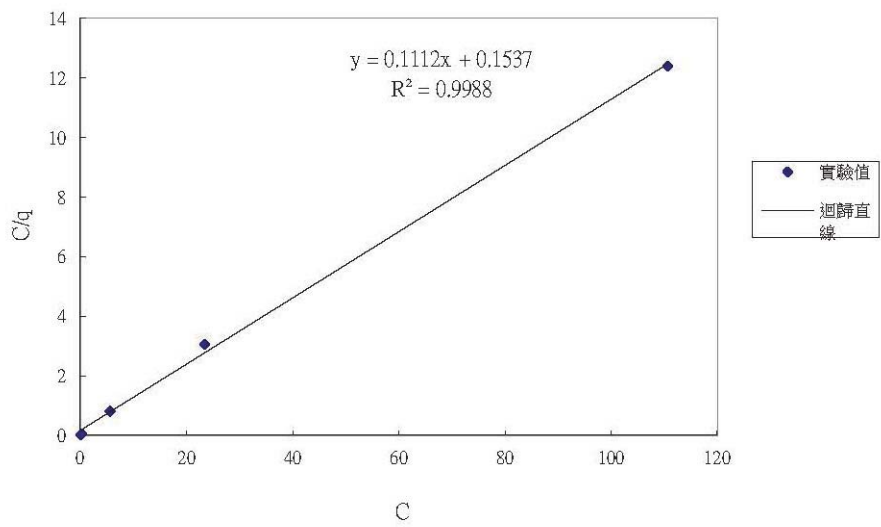
圖五 不同染料濃度對煤灰除色之影響((1g灰/100ml)

四、燃煤飛灰吸附甲烯藍之等溫吸附線

在飛灰添加量1g/100ml、pH=8.7，對不同之甲烯藍濃度進行等溫吸附反應之探討。其結果如圖六所示。若將實驗結果以 Langmuir 等溫吸附線加以描述，其固相上吸附濃度及液相中之平衡濃度加以線性化處理，其結果如圖七所示。若 Langmuir 表示式為 $q=(q_m bC)/(1+bC)$ ，則由線性化之圖七中之截距及斜率可得二參數 $q_m=8.9928$ (mg 甲烯藍)/(g 煤灰)、 $b=0.7235$ 1/(mg/l)。因此本系統可以 Langmuir 形式之等溫吸附線 $q=(8.9928*0.7235C)/(1+0.7235C)$ 加以描述，其中為 q 為固相之吸附濃度(mg 甲烯藍)/(g 飛灰)， C 則為液相之甲烯藍平衡濃度(mg/l)。



圖六 燃煤飛灰對甲基藍染料吸附之固液平衡(1g灰/100ml, pH=8.7)



圖七 固液相濃度之線性化處理

肆、結論與建議

一、結論

由研究之結果得知：燃煤飛灰確為鹽基性甲烯藍染料極佳之吸附劑。其吸附效果隨著液相之 pH 降低而增加。煤灰添加量增加及固相表面負荷降低均有利於煤灰對甲烯藍之吸附。另外，固液相之平衡則以 Langmuir 等溫吸附線為最適之表示式。本次實驗僅以單一種燃煤飛灰進行探討，而灰樣之 SiO₂ 含量甚高，其等電點接近 pH=2.0 附近，使得一般液相 pH 環境較利於以陽離子型態存在之鹽基性染料接近煤灰表面，故有明顯之吸附去除效率。

二、建議

有關燃煤飛灰吸附其他形式之染料以及其他環境因子改變(如溫度之變化)對吸附反應之變化仍有待進一步探究。此外，針對不同煤灰組成，尤其是較高等電點之氧化鋁、氧化鐵等含量多之飛灰進行試驗，相信對以陰離子型態存在之酸性染料之吸附必有明顯之成效。

參考文獻

1. Chiu, H. M. and Yeh, R. Y., 1993, "Treatment of dye waste water by adsorption on powdered activated carbon", Chinese Ins. Of Envir. Eng. J. 3, 2, 71-82.
2. Davis, J. A. and Leckie, J. A., 1978, "Surface ionization and complexation at the oxide/water interface, II, surface properties of amorphous iron oxyhydroxide and adsorption of metal ions", Journal of Colloid and Interface Science, 67, 67-107.
3. Davis, J. A. and Leckie, J. A., 1980, "Surface ionization and complexation at the oxide/water interface, III, adsorption of anions", Journal of Colloid and Interface Science, 74, 32-43.
4. Dzombak, D. A. and Morel F. M. M., 1986, "Adsorption of inorganic pollutants in aquatic systems", Journal of Hydraulic Engineering, 113, 4, 340-475.
5. Green, J. M. and Sokol, C., 1985, "Using ozone to decolorize dyeing plant wastewater", American Dyestuff Reporter.
6. Hohl, H. and Stumm, W. 1976, "Interaction of Pb²⁺ with hydrous γ -Al₂O₃". Journal of Colloid and Interface Science, 55, 281-288.
7. Kreye, W. C., 1974, "Polymer acidified alum coagulation of textile dyeing and finishing wastes", Proceeding of 29th Industrial Waste Conference, Purdue University.
8. Mahloch, J. L., Shindala, A. and Barnett, W. A., 1974, "Treatability studies and design considerations for dyeing operation", Proceeding of 29th Industrial Waste Conference, Purdue University.
9. McKay, G., 1983, "The adsorption of dyestuffs from aqueous solutions using activated carbon .III. Interparticle diffusion processes", J. Chem. Tech. Biotechnol, 33, 196-204.

10. Perkins, W. S. Judkins, J. F. and Perry, W. D., 1980, "Renovation of dyebath water by chlorination and ozonation" , Auburn University.
11. Shelley, M. C., 1976, "Evaluation of chemical-biological and chemical-physical treatment for textile dyeing and finishing waste" , Journal of Water Pollution Control Federation, 48, 4.
12. Snider, E. H. and Porter, J. J., 1974, "Ozone treatment of dye waste" , Journal of Water Pollution Control Federation, 46, 3.
13. Stone, A. T., 1986, "Adsorption of organic reductants and subsequent electron transfer on metal oxide surfaces" in Geochemical Processes at Mineral Surfaces, ACS Symposium Series No. 323, American Chemical Society, Washington, D. C.
14. Stumm, W. and Morgan, J. J., 1981, "Aquatic chemistry, An introduction emphasizing chemical equilibria in natural waters," 2nd ed., A Wiley Interscience Publication, New York.
15. Stumm, W., Kummert, R. and Sigg, L., 1980, "A ligand exchange model for the adsorption of inorganic and organic ligands at hydrous oxide interfaces" ,Crotica Chemica Acta, 40, 291-312.
16. Wetter, D. W., 1977, "Dye wastewater alternatives for biological waste treatment," Proceeding of 32nd Industrial Waste Conference, Purdue University.
17. 台灣電力公司，網址 http://www.taipower.com.tw/home_2.htm。
18. 台灣電力公司環境保護處，84年6月，“煤灰的利用與處理”。
19. 余崇聖，96年7月，“燃煤飛灰應用於垃圾滲出水處理之研究”，碩士論文，逢甲大學環境工程與科學學系。
20. 邱永亮，魏盛德，71年8月27日，“染色化學(合訂本)”，徐氏基金會。
21. 陳時全、林正祥、朱昱學，85年8月20日，“因應87年放流水標準—染整業之改善對策”，工業污染防治報導，101期。
22. 許豐億，93年12月30日，“以多元線性迴歸法探討燃煤飛灰中礦物組成對其吸附水中有機物之影響” 碩士論文，嘉南藥理科技大學環境工程與科學系。

建築物火災避難安全驗證評估之研究 —以中小型基督教堂設計案為例

The Study of Fire Evacuation Safety Test Assessment of Building —to small and medium-sized christian church designed case

江奇成¹ 陳增添²

¹東南科技大學 室內設計系 副教授

²東南科技大學 營建科技與防災所 碩士

摘 要

本研究統計近五年火災案例；得知中小型、低樓層建築物火災發生率最高。在供公眾使用的建築物中如活動中心、各類教堂、中小型劇場等，每逢舉辦活動聚會人數多達數百人，其使用之人口密度相當高，故本研究以「中小型教堂」為對象，並針對案例「X 教堂」建築設計階段探究建築物火災避難安全之檢證。本研究比較各種火災避難評估方法後，選用較適宜之評估方法，即「日本平成避難安全性能檢證法(第一種1995版)」作為「中小型教堂」初步設計規劃階段的案例「X 教堂」之分析探討工具。本研究首先對「平成檢證法(1995年版本)」公式進行論述，進而探討驗證之建築影響因子、起火原因與假設起火點。經評估計算結果發現探討案例「X 教堂」設計案中；祈禱室判定為危險區，同時根據「X 教堂」案例提出危險空間的改善方法與建議設計者於兼顧設計理念的條件下，對建築物安全設計上應有明確的考量。本研究採用之「平成檢證法(1995年版本)」，未來應用於中小型規模建築物之設計階段，作為評估建築物火災避難之安全檢證；則有相當的重要性。

關鍵字：教堂、防火避難設計、安全評估

ABSTRACT

In this study, statistical Fire Case learned in the past five years, small and medium-sized, low-rise building fire incidence highest. Are held in the building for public use, such as activity centers, all kinds of churches, small and medium-sized theater, the number of activities gatherings of up to hundreds of people, and its population density is quite high, so this research to small and medium-sized meeting place "for the object, and to explore the building fire evacuation safety inspection certificate for the building design stage. This study compare

various fire evacuation assessment methods, selection of appropriate assessment methods, “the Rule of Various Performance Testing’s of Fire Shelter of Heisei, Japan 1st Edition 1995” and explore the tools of analysis of the "X church" as the initial design and planning stage of the case. This study discusses the “the Rule of Various Performance Testing’s of Fire Shelter of Heisei, Japan 1st Edition 1995 ”formula, to explore the construction of validation impact factor, the cause of the fire assuming the fire point. Assessment calculations to investigate the case "X church" design case in the prayer room determined to be dangerous, the case of this study, according to the inquiry "X church" dangerous space to improve the method. Proposed building designers in the architectural design stage explicit consideration of the safety design of buildings, and also taking into account the design concept. In this study finds that “the Rule of Various Performance Testing’s of Fire Shelter of Heisei, Japan 1st Edition 1995” applied to small and medium-scale building design stage to explore buildings Fire Evacuation Safety validated its feasibility.

Key word : Churches, fire evacuation design, safety assessment

壹、研究背景

本研究探究到內政部於2004年修正建築法規「建築技術規則」總則編部分條文，針對高層建築物、大規模商場及與地下公共運輸連接之建築物，規定應依總則編第3-4條規定檢具防火避難綜合檢討報告書及評定書進行檢討避難安全評估。而部分活動中心、各類教堂、中小型劇場等供公眾使用的低樓層建築物，仍依現行建築法規規定不需檢具防火避難綜合檢討安全評估。如寺廟或教堂類型集會場所，其防火避難安全之標準均僅須達到法規之要求即可，對相關消防法規較寬鬆，甚至免設消防設備，但另由國內近五年火災案例之統計[1]可知1-5層的低樓層、中小型規模建築物火警頻傳，火災發生案件數高居國內火災發生率第一位，因此防火避難安全上仍有一定之疑慮。

本研究有識於目前宗教建築物中教堂於都市內仍陸續在改建或新建，且各地教堂固定每逢主日教友信眾聚會人數多達數百人，因前述場所教堂出入的人員眾多且特性複雜，一旦發生火災，造成人員傷亡悲劇之產生實難避免。本研究基於以上思考認為有研究探討之必要。

貳、研究目的

- 一、透過相關文獻回顧與現行法規之分析，了解國內建築物防火避難安全評估現況，並比較各種評估方法，確立本研究案例「X 教堂」適用之建築物防火避難安全評估方法，針對評估方法之理論公式加以分析，提出建物防火避難計算之影響因子，做為分析本研究案例「X 教堂」驗證計算評估條件之依據。
- 二、本研究針對「X 教堂」設計案例，進行實際避難驗證計算評估，依據驗證計算結果提出改善對策，做為日後教堂建築物於設計規劃上之參考，並探討現行法規與實際執行上之可行性，作為後續相關研究之參考與依循資訊。

參、研究範圍及限制

- 一、本研究計劃原擬針對國內供公眾使用的宗教建築物聚會場所加以探討，但因國內宗教建築為數甚多，而且基於教派之不同、聚會方式及場所亦各有差異。經本研究初步探討後，有識於台灣基督教會（係指天主教、基督教）之教堂建築特色及使用功能與國際上其他國家的教堂相似，具有研究上之共通性，故本研究選擇「X 教堂」作為避難設計評估的對象。
- 二、由於「教堂」是屬神聖不容任意冒犯之區域，在現地調查與分析工作上恐有不便深入之限制性，因此本研究僅以台灣某基督教會於設計階段初步完成之「X 教堂」設計案，作為評估分析之個案進行研究。

肆、研究方法

本研究方法茲分述如下：

一、文獻回顧及論述法

藉由收集既有文獻之現行法規，針對人員避難過程、火災相關理論及防火避難安全評估方法等進行探討，並且選定最適合本研究案例「X 教堂」設計案之建築物火災避難安全評估方法加以探討，提出建築物防火避難計算之影響因子，作為分析本研究案例驗證計算評估條件之依據。

二、統計分析法及案例評估分析

針對國內近五年火災案件發生之原因進行統計與分析，作為本研究案例評估時，起火點假設之依據，並對本研究「X 教堂」設計案例驗證計算評估，依據驗證計算之結果，提出教堂初步設計階段之防火避難安全改善對策。另外與現行法規及實際執行面上，探討其改善對策之可行性。

伍、文獻回顧

一、國內建築物防火避難安全相關法規檢討

(一) 現行法規應檢討建築物防火避難安全之規定

目前國內須進行防火避難安全檢討之建築物；係依據「建築技術規則」總則編第三條之四之規定，相關條文如下[2]：

「建築技術規則」總則編 第 3-4 條部分條文：下列建築物應檢具防火避難綜合檢討報告書及評定書，或建築物防火避難性能設計計畫書及評定書，經中央主管建築機關認可；如檢具建築物防火避難性能設計計畫書及評定書者，並得適用本編第三條規定：

1. 高度達二十五層或九十公尺以上之高層建築物。但僅供建築物用途類組 H-2 組使用者，不受此限。
2. 供建物使用類組 B-2 組使用之總樓地板面積達三〇、〇〇〇平方公尺以上之建築物。
3. 與地下公共運輸系統相連接之地下街或地下商場。前項之防火避難綜合檢討評定書，應由中央主管建築機關指定之機關(構)、學校或團體辦理。

(二) 建築技術規則有關建築物防火避難相關規定[2]：

1. 建築技術規則中「建築物有關防火避難安全」之規定；詳細列於建築技術規則第三章第六十九條至第八十八條。
2. 建築技術規則中「建築物有關防火避難設施及消防設備」之規定；詳細列於建築技術規則第四章第九十條至第一百十條。

(三) 現行防火避難安全相關法規檢討

本研究瞭解目前國內實際審查案例可知；需送審之建物，除依法規進行設計規劃外，更須針對其建築物之特性，擬定防火與避難安全之對策；因此目前內政部營建署僅將此類型建築物依建築技術規則總則編第3-4條規定，要求辦理審查與列管。

本研究探討到有些規模雖未達建築技術規則總則編第3-4條所列的建築物中，如活動中心、各類教堂、中小型劇場等，同時供公眾使用的低樓層建築物也必需依建築技術規則第三、四章規定設計。其防火避難安全之標準均僅須達到法規之要求，因此防火避難安全上仍有一定之疑慮。

二、建築物防火避難安全評估之相關文獻與理論

(一) 建築物人員避難安全相關理論

1. 人員避難行動特性

當建築物內發生火災緊急事件時，在建築物內之人員因隨著火災的發展及避難容許時間的消失，人員會在避難行動中產生不同的應變反應。依據目前國內外的相關文獻，已有相當的研究與探討。茲將各研究成果，列述如下表1所示。

表1 國內外相關研究成果彙整表

年份	學者	人員避難安全相關理論
1970年	英國學者—Peter G. Wood	研究指出當火災發生時，有以下幾點行為，包含自己避難逃開建物、通知其他人避難或通報消防隊滅火、自己進行滅火行動或控制火勢之蔓延；另避難個體會視火災的嚴重性越快速逃離火災現場，且再回火災的現場大多是男性[3]。
1984年	日本學者—藤本盛久、羽倉弘人	認為人於緊急避難會往平時較常用出入口及普遍使用樓梯作為避難逃生方向的主要選擇；火災燃燒產生的煙及有毒危害物質也會影響到避難人員的行進方向，避難人員對光有向光性，故當避難時人員會朝明亮的方向目標作為避難出口[4]。
1984年	國內學者—廖明川	歸納出火災中於起火建築物內工作的人避難採習慣性行為最明顯，在公眾使用的建築物火災中，當人員對環境不熟悉又火災引起的驚慌心理因素，使人於避難時失去主見造成盲從現象，群聚的行為相當明顯如集體避難。反之，當災害發生時若人員對避難場所的不確定性，往往會停留在原地不做任何避難的動作，等待進一步訊息、協助或通知[3]。
1987年	國內學者—丁育群	認為人員行動的本能與避難計畫的設計上會相互影響，如人員遇到危害時，為求自保會本能地折返原來的路徑，或當人們察覺異狀時，為求確定會先接近異狀，當瞭解事態嚴重時，會直覺躲回原來所屬位置；火災發生時產生黑煙四處流動，能見度有礙避難進行，因此人員避難時會朝向有光線之處移動[5]。
1988年	國內學者—黃楚材	災民在火災發生時到逃生結束之行為，對於確認火災的訊息、逃生方式利用樓梯、窗戶或陽台、避難逃生路徑的選擇，逃生時會尋找避難指標[6]。

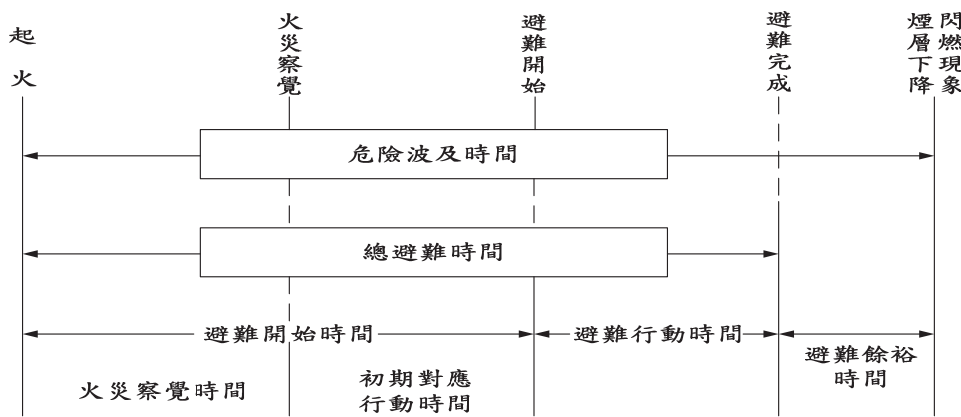
上述各項行為是專家學者的見解，皆是避難者於火災時共同行動特性，從避難者對環境的熟悉程度、各國風俗民情、不同文化背景的情況下，對其避難行動特性亦會有所不同。

當人員於建築物內遇到火災事件時，隨著火災的發展及避難容許時間消失，在室內人員避難逃生的動線模式中，人員隨著避難進行會產生不同的判斷與反應，以達到安全避難。火災發生時，以室內空間作為逃生的起點，此時有兩種選擇(1)人員避難可能經由窗戶或陽台等緊急出口逃生(2)選擇移動到走廊，再由走廊移動到其他出入口逃到戶外地面空曠處[7]。

(二) 火災時人員避難逃生各階段探討[8]

1. 避難開始時間：自火災發生到人員開始避難之時間。
2. 避難行動時間：避難開始到避難結束之時間，即為避難行動所需時間。
3. 危險波及時間：因煙之下降、閃燃現象的產生及煙之擴散行為，導致火災發生到危險狀態發生之時間。
4. 避難安全容許時間：避難所需時間與安全容許極限時間作比較，以判斷避難人員安全是否。

由下圖一得知；建築物避難安全的提昇，可藉由縮短避難者之避難開始時間與避難行動時間，進而延長避難容許時間，以保障人命安全，此亦為人員避難評估之主要架構。



圖一 建築物室內火災避難需要時間示意圖[8]

陸、建築物火災避難安全評估研究之方法

一、建築物火災避難評估研究之步驟

- (一)選擇適用教會建築物火災避難評估方法。
- (二)針對評估方法進行說明，包含評估架構、評估方式、評估限制、評估所需條件與範圍，以及評估安全認定標準。
- (三)針對「X 教堂」進行案例分析。
- (四)針對近5年之火災案例，進行統計分析，包含起火原因、起火時間以及起火地點。
- (五)最後進行案例「X 教堂」建築物之實際火災避難安全評估，並且依據評估之結果，探討分析 X 教堂進行建築設計時，對於火災避難安全上之建議。

二、建築物火災避難安全評估方法之比較與選定：如表2所示。

表2 國內建築物火災避難安全評估方法比較

評估方法	評估內容	適用評估對象
平成檢證法 (第一種)	針對建築物初步設計進行完整之避難安全評估	適用於建築設計初期，在進行平面、空間規劃時包含各居室出入口、用途以及避難設施等於設計規畫上之避難安全評估[9~11]。
平成檢證法 (第二種)	針對建築物設計完成進行完整之避難安全評估	適用於建築設計完整階段，尚須有細部設計，室內裝修材料、天花板高度以及可能存在之可燃物等資料，才能進行完整評估[9~11]。
FDS 煙控模擬軟體	僅為空間煙層下降時間之評估	主要是假設建築物內可能發生之火源進行燃燒模擬，探討其產生之煙層與危害物[12]。
MULEX 避難模擬軟體	僅為人員避難時間之評估	SIMULEX 主要用於模擬大型空間的建物內部人員進行的避難逃生行動；並可針對人員屬性(性別、年齡、步行速度...等)進行設定[13]。
Building EXODUS 避難與火源危害物模擬軟體	可針對建築物安全進行完整之安全評估	電腦軟體主要是針對大型建築物之人員避難情況模擬，並可模擬火源危害物對人員之影響性，應用於人員避難模擬為主[14]。

資料來源：本研究整理。

由於本研究針對案例「X 教堂」於設計規劃初期能透過建築物安全評估，達到建築物基本之安全性，但設計規劃初期對於內部相關細部設計，包含室內裝修材料、天花板高度以及各居室可能存在之可燃物等資料較不明確，而且新建之「X 教堂」屬於中小型建築物，較不適合使用大空間應用之模擬軟體，因此本研究採用「平成檢證法(第一種1995版)」，作為「X 教堂」建築物安全避難之評估方法。

柒、日本平成火災避難安全檢證法之概述

一、日本平成火災避難安全檢證法，主要由下列三者來評估：

(一)避難開始時間(二)避難行動時間 (三)危險波及時間

由上述探討評估各階段避難時間可知，避難安全評估主要為：

避難開始時間+避難行動的時間 < 避難容許時間[10~11]。

二、影響日本平成火災避難安全檢證法之主要因子如下：

(一)建築物收容人口(二)人員步行距離 (三)出入口之寬度 (四)出入口數量
(五)樓層高度 (六)空間配置 (七)通道寬度 (八)步行速度

三、驗證計算評估之限制與假設

在計算前；需對避難者在建築空間內作幾項假設[10~11]。

- (一)避難者在建築空間內呈均等的分佈。
- (二)避難行動為同一時間開始進行。
- (三)避難者依避難計畫所規定的路線進行避難逃生。
- (四)避難者在逃生過程避難者步行速度一定，且無超越或往回走的現象。
- (五)避難者的流速會受制於通道及出入口之寬度。
- (六)避難動線為複數的場合，採最有利的逃生路徑作計算動線。

四、避難對象人數之算定

避難人數係指建築物內部的使用者，各類用途建築物其各種收容人口密度均不相同，如表3 所示。

表3 避難計算用人口算定密度表[10]

建築物用途	對象部份	人口密度(人/m ²)	備註
百貨公司 商業大樓	連續式店鋪部分：		飲食店鋪若有廚房，廚房人口密度依據飯店之標準
	飲食店鋪	0.7	
	賣場	0.5	
	集會場所	1.5	
辦公大樓	一般辦公室：	0.125	亦可全面應用0.125計算
	高度>60m者		
	高度≤60m者		
	會議室：		左列為無固定席之值。若有固定席依據其座席數
面積400m ² 以上	1.5		
面積未滿400m ²	0.6		
食堂、飲食店	0.7	亦可以實態設定	
旅館、飯店	客房	—	依據可入住人數
	餐廳	0.5	
	廚房	—	依據實態
	宴會場	1.0	
集合住宅	住戶	—	寢室數量加一

五、避難對象之步行速度

本研究引用參考日本建築センター 發行之『新・建築防災計畫指針』中，對於人員步行速度之建議，如表4所示。

表4 用途分類之步行速度[10]

步行速度(m/sec)	使用用途
1.3	辦公室、事務所、學校...等。
1.0	百貨商場、飯店、集會場所...等，不定多數人員之用途。
0.5	高人口密度 在1.0 人/m ² 以上)之用途

收容人口密度與步行速度，除依建築物之使用用途的不同而異外，同時也可能受時間、地點等因素不同而有所改變，其值可能會有所差異，所以在進行避難逃生計算評估時，應可再增加考量國內各用途實際使用之情況。

六、居室避難時間評估

假想起火點之選定；一般而言，設定起火點之位置應考量以下兩個主要原則：

- (一) 最不利於人員避難行動上之地點。
- (二) 建築物內起火機率較大之地點。

七、建築物避難評估之架構

(一) 避難容許時間計算

原則上，將下列3項避難行動時間算出，而個別與其相對應之容許避難時間進行比較評估。

1.居室避難時間(T_1): $T_1 \leq$ 居室容許避難時間(rT_1)= $2\sim 3\sqrt{A_1}$ (1)

在上述(1)式中,天花高未達6 m 的居室,係數取2;天花高6 m 以上的居室,係數取3。 A_1 :起火室面積(m^2)。

2.走廊避難時間(T_2): $T_2 \leq$ 走廊容許避難時間(rT_2)= $4\sqrt{A_{1+2}}$ (2)

A_2 :起火室以外各室與走廊等第一次安全區劃面積之總和(m^2)

$$A_{1+2} = A_1 + A_2$$

3.樓層避難時間(T_f): $T_f \leq$ 樓層容許避難時間(sT_f)= $8\sqrt{A_{1+2}}$ (3)

$$T_1 < T_2 < T_f$$

上述之容許時間,完全依經驗與統計結果而判斷所設定,而非基於實驗或理論檢討所得,係以檢討一般建築物之火災避難時間,應可確保其最低限之安全性[10~11]。

(二)各空間滯留人數之影響

最好的避難狀況為：滯留人數(起火室內所有人員) < 安全區劃所能容納的人數 [10~11]。

八、建築物之避難對象樓層選定原則

在評估某一棟建築物受災害發生時;是否能讓人員順利逃生,不一定要逐層計算,需計算該建築物在火災發生時,危險性最高的樓層,即可初步斷定該建築物在災害發生的危險性,一般在選定避難計算的樓層時;有下列五項考量因素[10~11]。

- (一)選擇人數最多的樓層。
- (二)選擇標準層為避難計算對象樓層。
- (三)選擇有宴會場或集會堂等不特定人員眾多的樓層為計算對象樓層。
- (四)選擇收容人口密度與避難樓梯數之比值(人員與避難樓梯量的比例),大者為計算對象樓層。
- (五)選擇動線不明確,且路徑多轉折有安全顧慮的樓層。

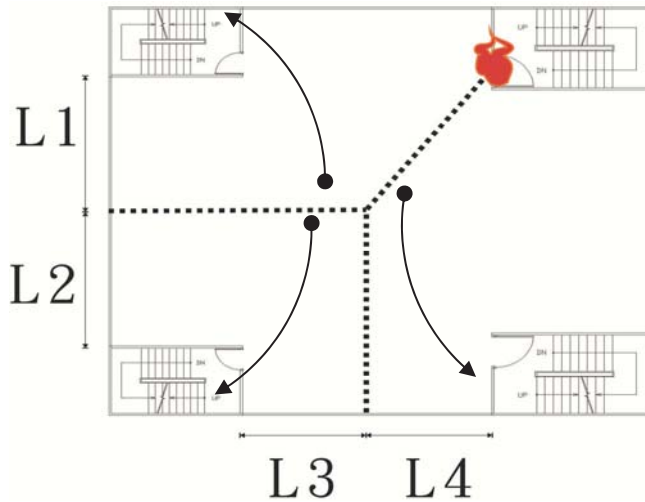
九、居室避難時間評估

(一)假想起火點之選定

一般而言,建築發生火災的原因相當多,但設定起火點之位置,應考量以下兩個主要原則:(1)最不利於人員避難行動上之地點。(2)建築物內起火機率較大之地點。

(二)分區評估

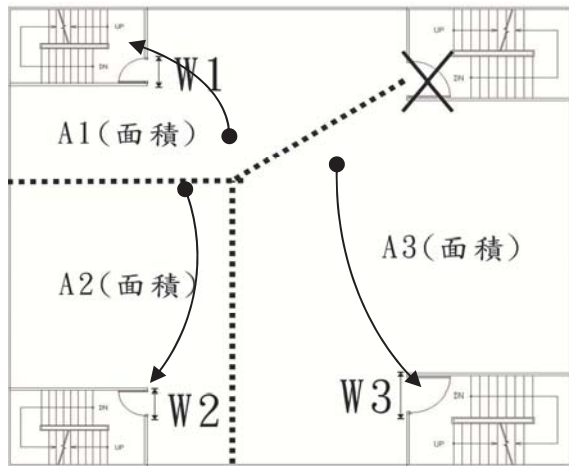
在進行避難路徑分析時,應以分區之概念進行避難評估,分區的原則有兩個方式,說明如圖二與圖三所示。



若是居室為起火(產生濃煙)居室或是空間較為廣大造成人員視野不良，則依據居室內的出入口位置，以平均避難路徑距離的方式進行分區，如圖二所示(假設一處出入口被阻擋)。

其中 $L1=L2, L3=L4$

圖二 平均避難路徑距離的方式進行分區圖



若是居室內人員視野好，則可依據出入口大小(樓梯大小)比例進行居室面積分區，如圖三所示(假設一處出入口被阻擋)。

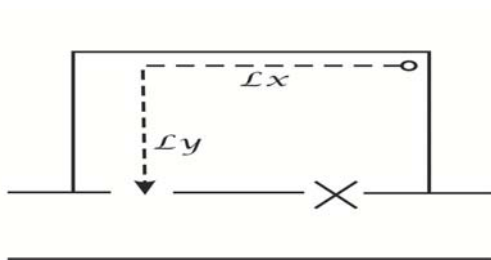
其中：
$$\frac{A1}{W1} = \frac{A2}{W2} = \frac{A3}{W3}$$

圖三 依出入口大小比例進行居室面積分區圖

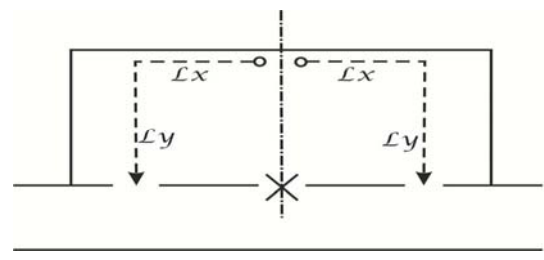
(三)有效出入口寬度之計算

有效出入口寬度之計算應考量實際狀況時的有效部分，如子母門之子門扇為時常固定，則不宜計入有效寬度。

$Lx+Ly$ 的取法，空間內若有兩處以上出入口，則應假設一處受到火害或阻擋無法使用，並且依據剩下的出入口位置平均量測直角步行距離，如圖四與圖五所示 [10~11]。



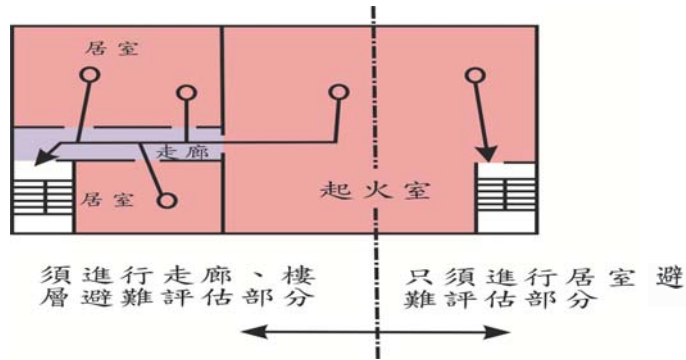
圖四 兩處出入口之情況



圖五 超過兩處出入口之情況

(四)樓層全體之避難

樓層全體之避難；可為僅有居室避難之狀況，或需經由走廊進入樓梯間之避難狀況。如圖六所示[11]。



圖六 依起火室分區計算之範圍

捌 X 教堂建築物之火災避難安全評估

一、案例「X 教堂」避難安全評估驗證

本研究案例「X 教堂」使用空間，主要包含挑高教堂、祈禱室及告解室...等居室，教堂使用人數座位設定高達300人，但本樓層有規劃1座室內直通樓梯與2座直通樓梯於戶外景觀露台，亦符合兩方向以上之避難路徑優勢，避難安全計算條件，如表5所示。

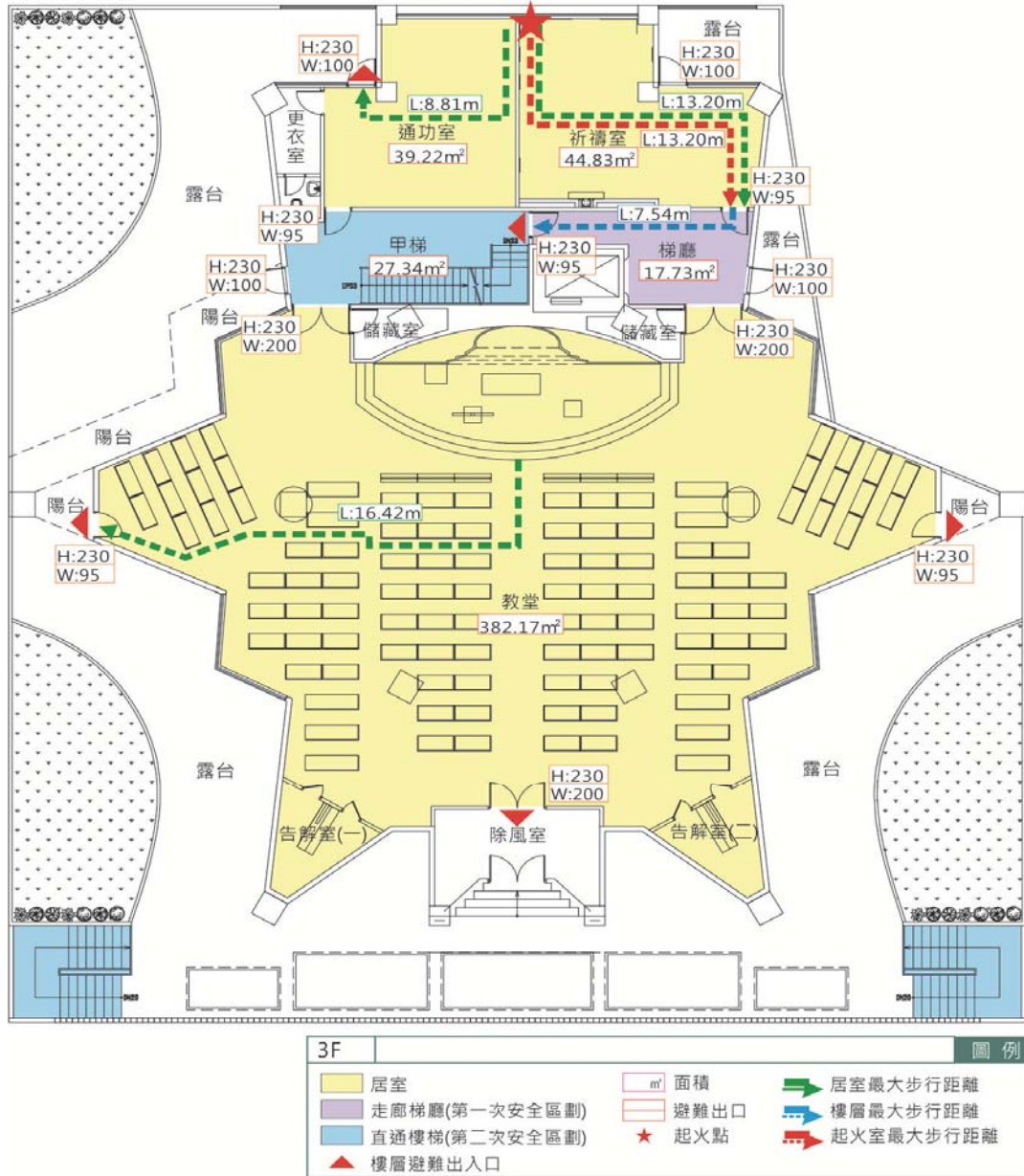
表5 「X 教堂」避難安全計算條件表

居室名稱	用途	樓地板面積 (m ²)	天花板高度 (m)	步行速度 (m/sec)	人員密度 (人/m ²)	收容人數(人)
通功室	集會場所	39.22	9.20	1.0	實態	50
祈禱室	集會場所	44.83	9.20	1.0	實態	60
教堂	集會場所	382.17	20.35	1.0	實態	300
梯廳	避難路徑	17/73	3.95	1.3	—	—
甲梯	直通樓梯	21.74	—	—	—	—
備註	1.各居室樓地板面積量測牆內淨面積，較符合實際使用之情況。 2.避難步行距離量測採用直角距離，以確保室內有障礙物時之最遠距離，如圖4及圖5所示。 3.人員數量之設定引用表3各居室用途人員密度進行計算，或依建築設計師所規劃之實際使用人數。步行速度則引用表4各用途人員步行速度。					

資料來源：本研究整理

二、「X 教堂」起火居室假設與避難路線規劃之探討

本研究以假設影響避難安全最大之居室—祈禱室為起火居室，進行最長避難路徑規劃，以及各項計算之依據，如圖七所示。



圖七 「X 教堂」避難安全計算條件與避難路徑規劃圖

三、本研究案例「X 教堂」避難安全評估驗證計算過程與結果

1. 「X 教堂」居室避難時間之計算過程(以祈禱室為例)：

計算基本條件如下，居室面積(A_f)=44.83 m^2 ，居室天花板高度=9.20 m，居室步行距離(L)=13.20 m，步行速度(V)=1.0 m/sec (查表5得知)。

(1)居室內避難總人數(N_i)：60人(依據實態)。

(2)居室有效出口寬度(B_i)：該居室通往避難路徑之出口寬度=0.95 m。

(3)居室內人員通過出口時間(t_{11})： $t_{11}=N_i / (1.5 \times B_i)=60/(1.5 \times 0.95)=42.105$ 秒。

(4)居室內最後避難者到達出口時間(t_{12})： $t_{12}=L/V=13.20/1.0=13.20$ 秒。

(5)居室避難時間(T_1)： $T_1=\max(t_{11}, t_{12})=\max(42.105, 13.20)=42.105$ 秒。

(6)居室容許避難時間(rT_1)： $rT_1=2\sim 3\sqrt{A_f}=3 \times \sqrt{44.83}=20.087$ 秒，祈禱室天花板高度 > 6 m，因此係數取3。

由上述計算結果可知，祈禱室之居室避難時間(T_1)= 42.105 秒 \geq 居室容許避難時間(rT_1)= 20.087 秒，故祈禱室之居室避難有較為避難困難之疑慮。探究其主要原因為祈禱室之有效出口寬度(B_i)不足，而且避難人數(N_i)眾多，導致居室內人員通過出口時間(t_{11})增加，造成人員避難行動上之困難。另外教堂各居室之避難安全計算結果如下。

2. 「X 教堂」各居室之避難安全計算結果，如表6所示。

表6 「X 教堂」各居室之避難安全計算結果表

居室名稱	居室面積 A_f	步行距離(m)	步行速度 v (m/sec)	人口密度 (人/ m^2)	避難人數 N_i (人)	居室有效出口寬度 B_i (m)	天花板高度(m)	居室內人員通過出口時間 t_{11i} (sec)	居室內最後避難者到達出口時間 t_{12i} (sec)
通功室	39.22	8.81	1.0	實態	50	1.95	9.2	17.094	8.81
祈禱室	44.83	13.20	1.0	實態	60	0.95	9.2	42.105	13.20
教堂	382.17	16.42	1.0	實態	300	7.9	3.95	25.316	16.42

(續上表)

居室名稱	居室內人員通過出口時間 t_{11i} (sec)	居室內最後避難者到達出口時間 t_{12i} (sec)	居室避難時間 T_i (sec)	居室容許避難時間 rT_1 (sec)	判定結果
通功室	17.094	8.81	17.094	18.788	安全
祈禱室	42.105	13.20	42.105	20.087	危險
教堂	25.316	16.42	25.316	39.098	安全

資料來源：本研究整理

由上表可知，除祈禱室之外，各居室之居室避難時間(T_1)均小於居室容許避難時間(rT_1)，居室避難評估結果為「安全」。另外本研究增加評估祈禱室之最小出口寬度及最大收容人數上限，若居室收容人數為60人時，其最小出口寬度應為2.0 m，即可達到安全之結果；而居室出入口寬度若為本研究實設之0.95 m時，其最大收容人數應為28人，即可達到安全之結果，計算結果如下表7所示。

3. 「X 教堂」危險居室之最小出口寬度與最大收容人數，依本研究計算結果如表7所示。

表7 「X 教堂」危險居室之最小出口寬度與最大收容人數計算結果表

居室名稱	居室面積 A (m ²)	居室收容人數 N (人)	天花板高度係數 α	最小居室出入口寬度 ΣB (m)	本研究對象實設 ΣB (m)
3F 祈禱室	44.83	60	3	2.0	0.95(不足)
	44.83	28	3	0.95	0.95(足夠)
備註	α 值引用天花板<6 m 之居室取2，天花板>6 m 之居室取3				

資料來源：本研究整理

玖、結 論

- 一、經本研究案例計算評估結果；發現「X 教堂」設計案例中祈禱室判定為「危險」，可知中小型、低樓層建物在避難設計上仍有一定之不合格，因此本研究實有探討之價值。一般建築物於設計規劃初期除應依法設計外，另可依本研究採用之理論公式，即使用上較容易普及之「平成檢證法(第一種1995版)」，作為建築物安全避難較適宜之評估方法。
- 二、透過對平成檢證法之理論公式探討，發現其公式內之計算條件，例如居室面積、居室出入口寬度、樓梯配設位置、收容人數以及天花板高度等建築因子，皆會影響計算之結果，因此本研究探討較能夠改善避難安全之建築因子，主要有以下幾點：1.空間使用人數的限制。2.居室出入口寬度之改善。3.樓梯位置之配置(此點會影響避難步行距離)。
- 三、有關案例中「祈禱室」出現判定為危險程度，本研究建議改善對策為：1.空間使用人數設定為60人偏高，建議降低使用人數。2.出入口寬度設定過小；原設僅有0.95 m，若維持相同之使用人數；出入口寬度建議設計為2 m。

參考文獻

- 1.內政部消防署統計處，2012年，全國火災次數、起火原因及火災損失統計表。
- 2.茂榮書局編，2011年7月，最新建築技術規則，台北，茂榮書局。
- 3.林文賢，2005年，「從火災時人類逃生避難行為探討公眾使用建築物逃生避難通道設計準則」，逢甲大學建築研究所碩士論文。
- 4.藤本盛久、羽倉弘人，1984年，現代建築防災工學。
- 5.丁育群，1997年，「高層建築防火規劃設計之研究」，中國文化大學實業研究所博士論文。

- 6.黃楚材，1998年，「火災中避難行為之研究」，中央警察大學研究所碩士論文，。
- 7.何明錦、江崇誠，1999年，「建築物利用實態與人員避難行動特性調查研究—以百貨商場為例」，內政部建築研究所。
- 8.堀內三郎、保也健治郎、室崎益輝，1998年，新版，建築防火，朝倉書局。
- 9.丁育群、江崇誠、王鵬智，1990年，「複合用途建築物認定基準與防火避難設施設置規定之研究」，內政部建築研究所。
- 10.建設省住宅局建築指導課監修：1995年，新·建築防災計畫指針—建築物防火·避難計畫解說書，日本建築中心。
- 11.江奇成，2011年，防火工程特論授課講義，東南科技大學營建科技與防災研究所。
- 12.余和憲、陳青宏、易逸波，2011年12月，「以 CFD 軟體進行大甲溪水力發電廠火災模擬研究」，勞工安全衛生研究季刊第19卷第4期，第559-569頁。
- 13.黃莉芸，2010年，「應用 SIMULEX 模擬公共建築避難時間之研究-以大型量販店為例」，朝陽科技大學，碩士論文。
- 14.陳重傑，2004年，「高層辦公建築火災避難安全評估之研究」，中華大學，建築與都市計畫研究所，碩士論文。

課程管理資訊系統之建置與探討

Establishment and Discussion of a Lesson Management Information System

蔡佳麟¹ 鄭雯靜²、林俊延²、楊凱琪²、游琪瑋²、張惠棋²、游佳靜²

Jia-Lin Tsai Wen-Jing Jeng Jyun-Yan Lin Kai-Chi Yang Ci-Wei You Hui-Qi Zhang Jia-Jing You

¹東南科技大學 資管系 助理教授 tsaijl@mail.tnu.edu.tw

²東南科技大學 資管系 學士 [s49607057, s49607060, s49607020, s49607052, s49607028, s49607062]@mail2u.tnu.edu.tw

摘 要

本專題題目是「課程管理資訊系統之建置與探討(Establishment and Discussion of a Lesson Management Information System, 簡稱 LMIS)」, 以作者授課課程為例, 建置與探討以課程為導向的管理資訊系統。首先透過 LMIS 功能需求問卷進行需求分析, 統計出 LIMS 主要功能(大於50%者): (1)點名(86%)、(2)線上測驗(83%)、(3)成績查詢(80%)及(4)課程地圖(73%)。最後, 以此問卷為基礎, 我們設計 LMIS 功能架構, 並實作一個 LMIS。

此專題成果獲得「第十五屆大專院校資訊服務創新競賽」決賽資格[18]。

關鍵詞: 管理資訊系統、ASP.NET、資料庫

Abstract

This paper describes a Lesson Management Information System (LMIS) developed by a student project team based on a requirement analysis. Firstly, we conduct a LMIS requirement analysis through LMIS questionnaire surveys. According to the surveys, we found four major functions: (1) roll call, (2) online testing, (3) score inquiry and (4) course map. Lastly, we propose a LMIS functional architecture and develop our LMIS.

The result of this paper has been entered the final round of “International ICT Innovative Services Contest 2010[18].”

Keywords: Management Information System (MIS), ASP.NET, Database

壹、介紹

本文為東南科技大學(底下簡稱東南科大)日四技100級畢業專題「課程管理資訊系統(A Lesson Management Information System,簡稱 LMIS)小組的專題成果[12, 13]。建置與探討 LMIS，首先為 LMIS 小組跟指導老師進行問題討論，發現東南科大校園資訊系統，若以「課程」為單位來進行需求分析，存在幾個問題：(1)欠缺以課程為導向的資訊系統，(2)欠缺以老師為主的客製化功能，及(3)課程相關資料分散在老師、學生及數位學習系統，欠缺整合性的課程管理資訊系統。根據上述所發現的問題，LMIS 小組與專題老師進一步討論，決定設計一份 LMIS 功能需求問卷調查表(附錄一)。根據問卷調查統計的功能項目排名，超過50%需求功能項目有：(1)點名系統，(2)成績查詢，(3)線上測驗及(4)課程地圖。根據此四項功能，在選定的六所學校(每位同學負責一所學校)，進行校園學生資訊系統之 LMIS 功能比較，表1是2010年10月份本專題學生訪調該校學生的結果。

表 1、6 所大學校園學生資訊系統之 LIMS 功能比較表

系統功能	東南科大 [14]	北台灣技 術學院 [19]	世新大學 [20]	景文科大 [21]	聖約翰科 大[22]	台北科大 [23]
點名系統	✓	✗	✗	✓	✗	✓
成績查詢	✗	✗	✓	✗	✗	✓
線上測驗	✓	✗	✗	✗	✗	✓
課程地圖	✓	✓	✓	✓	✓	✓

LMIS 小組於2009年12月組成，在蔡佳麟博士[15]的指導下，進行為期一年的專題研究，以 ASP.NET 技術，設計 LMIS 資料庫，並根據 LMIS 功能需求問卷調查統計的功能項目排名，建置與探討一個以「課程」為導向及包含「老師」客製化功能的 LMIS[13]。

貳、功能需求分析與比較

為了解使用者對一個「課程管理資訊系統」的功能需求狀況，我們實施 LMIS 功能需求問卷調查，分別在三所學校進行，受訪者共計30人，包含東南科大學生19位、景文科技大學學生6位，以及世新大學學生5位。

2.1 功能需求分析

表2為受訪者的基本資料統計分析結果。根據表2，受訪者的學校以東南科大為主，科系70%為資訊管理系，受訪者性別為男女各半。

表 2、LMIS 功能需求問卷-基本資料統計分析結果

題目	學校	科系	性別
TOP 1	東南科大	資訊管理系	女性
TOP 1(%)	63%	70%	50%

表3為 LMIS 功能需求問卷『**題目1-使用者較需要哪些功能項目**』的統計分析結果。根據表3，若以比例大於50%做為 LMIS 的基本功能項目，將有四個項目，其 Top 1 到 Top 4項目依序為：**點名系統**(86%)、**線上測驗**(83%)、**成績查詢**(80%)及**課程地圖**(73%)。上述四項需求比例都大於70%，而其他四項(隨機抽組、投票系統、考試座次查詢、持有證照)需求比例則明顯低於50%。

表 3、LMIS 『使用者較需要哪些功能項目』統計分析結果

項目	課程地圖	隨機抽組	投票系統	考試座次查詢
比例(%)	73%(Top 4)	26%	27%	43%
項目	持有證照	成績查詢	點名系統	線上測驗
比例(%)	33%	80%(Top 3)	86%(Top 1)	83%(Top 2)

2.2 LMIS 與東南科大校園資訊系統功能比較

本專題之 LMIS 與東南科大校園資訊系統[14]之功能比較如表4所示。綜合表1及表4的結果，我們認為2.1節所得到的4項 LMIS 基本功能，多數學校是分散在不同的校園資訊系統(老師、學生及數位學習系統)，缺少以「課程」為導向的 LMIS 來整合此4項基本功能。

表 4、LMIS 與東南科大校園資訊系統功能比較

功能	本專題之 LMIS[13]	東南科大老師資訊系統	東南科大學生資訊系統	東南科大數位學習系統
點名系統	提供線上編輯	✓	✗	✗
成績查詢	線上瀏覽	✓	✓	✗
線上測驗	即測即評	✗	✗	✓
課程地圖	線上瀏覽	✗	✗	✗

參、系統簡介

本專題所發展的 LMIS，是以指導老師99學年度第1學期授課的四門課為例來建置，此四門課為「計算機概論」、「Windows 伺服器服務建置」、「動態網頁設計」及「動態網頁程式設計」，詳細教學資料請參考[15]。

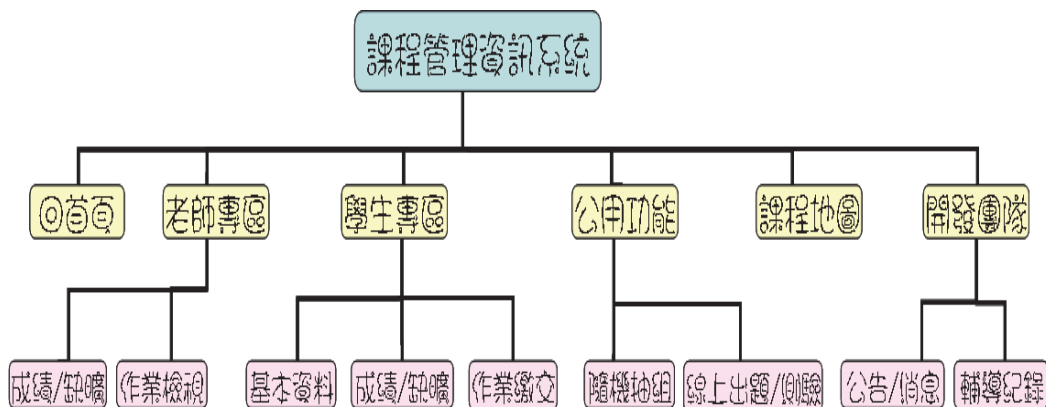
3.1 系統架構

3.1.1 開發技術與 MIS 系統架構

本系統採用 ASP.NET 技術來建置，使用開發工具為 Microsoft Visual Web Developer 2010 Express Edition 和 Microsoft SQL Express 2008 資料庫[16]，系統架構為二層式架構(Two-Tier)。

3.1.2 系統功能架構

LMIS 系統功能架構如圖一所示，底下按第一層及第二層系統功能分別說明：



圖一、LMIS 系統功能架構

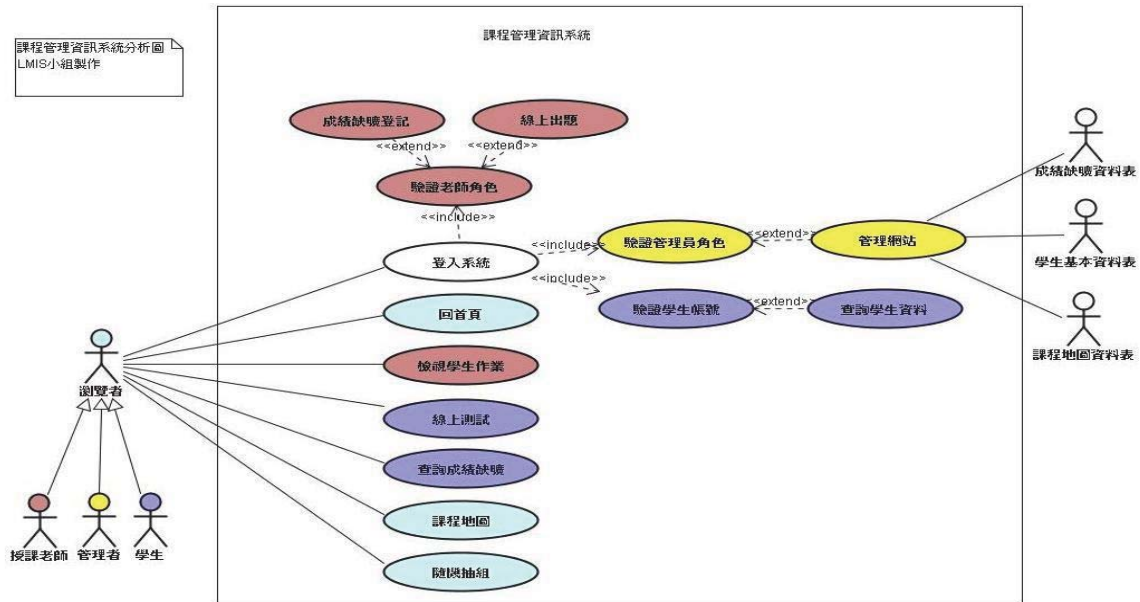
(1)第一層：有回首頁、老師專區、學生專區、公用功能、課程地圖及開發團隊；其中的「課程地圖」為 LMIS 功能需求調查排名第四者(73%)，由於其為獨立項目，我們將其放置在第一層。

(2)第二層：老師專區有成績、缺曠登記及作業檢視，讓老師能有效管理課程資料，其中缺曠登記(即「點名系統」)為 LMIS 功能需求調查排名第一者(86%)，「作業檢視」為老師的客製化功能。

學生專區有成績查詢、缺曠查詢、基本資料及作業繳交；讓學生能方便查詢個人修課的相關資訊，其中成績查詢為 LMIS 功能需求調查排名第三者(80%)，「作業繳交」為老師的客製化功能。

公用功能有隨機抽組、線上出題及線上考試；讓學生直接在線上做測驗，即時得知成績，其中線上考試(即「線上測驗」)為 LMIS 功能需求調查排名第二者(83%)，「隨機抽組」為老師的客製化功能。

開發團隊有編輯課程公告，編輯重要訊息及課程輔導紀錄；編輯與發佈課程最新與重要消息，及讓瀏覽者檢視本組專題課程輔導記錄。



圖二、LMIS 使用案例圖

3.2 使用案例與角色分析

圖二為 LMIS 使用案例圖。根據圖二，LMIS 角色分為瀏覽者、授課老師、學生及管理者，學生登入之後，可以使用學生專區之功能，老師登入後可以使用學生專區及老師專區的功能，而管理者登入系統後，除了可使用老師專區與學生專區外，還可以透過後台編輯系統，編輯系統資料，表 5 為 LMIS 四個角色可使用的功能比較表。

表 5、LMIS 四個角色及其可使用的功能

角色	瀏覽	登入	線上出題， 成績曠課登記	編輯系統資料
管理員	✓	✓	✗	✓
老師	✓	✓	✓	✗
學生	✓	✓	✗	✗
瀏覽者	✓	✗	✗	✗

3.3 系統畫面

圖三及圖四分別為 LMIS 系統首頁及系統整體配置示意圖。圖四顯示 LMIS 分成四大區塊，「分類按鈕」區塊下再細分成兩到三個標籤頁面，每個網頁內容皆由系統資料庫的檢視表產生。



圖三、LMIS 系統首頁



圖四、LMIS 系統整體配置示意圖

肆、結論

本文完成一個 LMIS 功能需求問卷設計與調查實施，分析與探討 LMIS 功能項目的需求，並以指導老師為實作對象，建置其99學年度第1學期授課的四門課(計算機概論、Windows 伺服器服務建置、動態網頁設計及動態網頁程式設計)之 LMIS[13]。此 LMIS 開發技術以 ASP.NET 與微軟 SQL 為主；系統角色有四：瀏覽者，老師、學生及管理者，以單一登入方式控管。

本組設計的 LMIS 功能需求問卷調查表(附錄一)，分別在三所學校進行問卷調查，受訪者共計30人，包含東南科大學生19位(63%)、景文科技大學學生6位(20%)，以及世新大學學生5位(17%)。根據 LMIS 功能需求問卷調查結果，LMIS 功能需求超過50%，排名一到四者依序為：(1)點名系統(86%)、(2)線上測驗(83%)、(3)成績查詢(80%)及(4)課程地圖(73%)。我們認為此四項功能可視為「課程」導向 LMIS 的基本功能。另外，以此四項 LMIS 基本功能，我們分別進行：校園學生資訊系統(學生角色)的 LMIS 功能訪調(表1)，及本專題 LMIS 與東南科大校園資訊系統[14]之功能比較(表4)。綜合表1與表4，我們發現上述四項 LMIS 基本功能多數是分散在老師，學生及數位學習系統，而受訪的學生有70%以上認為此四項功能應該整合在 LMIS。

本專題開發的 LMIS，其成果獲得「2010台南科技大學資管系電子化企業資訊與管理專題競賽」複賽入圍(共二十四隊報名)[11]及「第15屆大專院校資訊服務創新競賽」入選決賽肯定[15](共三百五十八隊報名)。未來研究方向，將建置與探討在手機或平板電腦上的 LMIS，以擴增其使用的環境與設備，及探討雲端運算在課程管理資訊系統的應用。

致謝

LMIS 小組感謝專題指導老師蔡佳麟博士[15]，推薦本小組將專題成果，寫成學生論文，參加東南學報第三十八期的投稿。此學報論文是本專題預期成果之一，最後感謝課程管理資訊系統 LMIS 全體成員的努力。

參考文獻

中文部分

- [01] 戴國良，經營企劃案撰寫-理論與實務，鼎茂圖書出版社，2009年6月。
- [02] 柯智騰、蔡佳麟，學生專題協同系統，東南科技大學，2008年5月。
- [03] 蔡佳麟，一個中文文件知識辨識與管理代理人的介紹，東南科技大學，2005年12月。

- [04] 陳映竹、李唯霜、林士傑、許舒茜、姜宇鴻，班級管理資訊系統之建置，東南科技大學，2009年5月。
- [05] 林鳳寧，管理資訊系統，第二版，博碩文化，2006年5月。
- [06] 劉玉玲，課程發展與設計，新文京開發出版有限公司，2005年10月。

網站部分

- [07] 管理資訊系統，
<http://www.flytownbooks.com/itemdesc.asp?ProductID=18035&menu=1>
- [08] 課程設計理論基礎之探究，http://content.edu.tw/primary/art/ch_js/action/plane-2-3.htm
- [09] ASP.NET 3.5 Web 應用程式設計教本，<http://ktaspnet35.blogspot.com/>
- [10] HTML 教學，<http://m7.dfps.tp.edu.tw/chen/main5/ahtml/15.asp>
- [11] 台南科技大學資管系電子化企業資訊與管理專題競賽，
http://www.tut.edu.tw/webmaster/wwwmis/conference/2010_12/2010_4.html，2010年12月23日。
- [12] 「課程管理資訊系統之建置」小組網站，
http://140.129.143.208/std_project/100/lmis_team16/project/，2010年。
- [13] 「課程管理資訊系統之建置」成果網站，
http://140.129.143.208/std_project/100/lmis_team16/portal/，2010年。
- [14] 東南科技大學，<http://www.tnu.edu.tw/>
- [15] 蔡佳麟博士教學網站，<http://mail.tnu.edu.tw/~tsajjl/>，2005。
- [16] 微軟 Microsoft Visual Studio 2008 Express，<http://www.microsoft.com/exPress/>
- [17] 「班級管理資訊系統之建置」小組成果網站，
http://140.129.143.205/std_project/99/cm13_team13/project/，2009。
- [18] 第15屆大專院校資訊服務創新競賽：<http://csim.tca.org.tw>
- [19] 北台灣技術學院，<http://www.tsint.edu.tw/>
- [20] 世新大學，<http://www.shu.edu.tw/index.asp>
- [21] 景文科技大學，http://www.just.edu.tw/content_index.php
- [22] 聖約翰科技大學，<http://www.sju.edu.tw/>
- [23] 台北科技大學，<http://www1.ntut.edu.tw/bin/home.php>

附錄1

東南科技大學資管系 「課程管理資訊系統」功能需求問卷調查表

你好！

為了解使用者對網頁設計課程及管理資訊系統之相關需求及建議，特實施此問卷調查。結果將作為「課程管理資訊系統小組」之更新參考。期盼您熱心提供寶貴的意見與想法，謝謝您的合作！

303專題研究室 課程管理資訊系統小組

課程網址：http://140.129.143.208/std_project/100/lmis_team16/portal/

E-mail：team16.lmis@gmail.com

學校：_____ 科系：_____ 性別：_____

系統建議

1. 以下哪些功能是您較需要的?(可複選)

- 課程地圖 隨機抽組 投票系統 考試座次查詢
 點名系統 成績查詢 持有證照 線上測驗
 其他：_____

2. 希望我們的系統另外提供哪些功能?(可複選)

- 校區導覽(使用教室地圖) 線上測驗
 課程使用教材 課程Q & A
 課程地圖 成績查詢
 點名系統 老師個人上課暨諮商輔導時間表
 其他：_____

問卷到此結束，謝謝您耐心的填寫與寶貴的建議：)

複雜網路在資料探勘應用上之研究

林政錦¹鍾志豪²

Cheng-Chin Lin

Zhi-Hao Zhong

¹致理技術學院 資訊管理系²東南科技大學 電機研究所

摘要

資料探勘技術是應用在大量資料分析，以提供決策者有足夠的資訊做判斷的依據。現今各式資料均採用數位化資料，因此大量的數位化資料對於管理者或是決策者來說，並無法立即取得所需的資訊。過去有許多的相關研究，例如決策樹、群組分析、類神經網路等，對於不同的應用有不同的方式可以使用。在小世界的觀念提出後，複雜網路的各種特性可以應用在社群網路分析上，例如叢集性等。因此本篇文章討論如何利用複雜網路的特性作為資料探勘的應用。

關鍵詞：複雜網路、資料採掘、群組分析

ABSTRACT

The purpose of data mining is used to discover patterns from huge amount of data. The result of data mining provides decision-makers enough information to make a proper. Decision-makers cannot immediately obtain useful information from a large number of data. Data mining utilized methods to discover patterns, such as decision trees, cluster analyses and neural networks. The properties of complex networks can be used to uncover hidden patterns, such as clustering coefficient. This article discusses how to use the properties of complex networks in data mining applications.

Keywords: *complex network, data mining, cluster analysis*

壹、研究背景

自電腦普及之後，大量的資料均以數位化的形式出現，因此大量的資料得以方便保存。資料大量儲存後，資料(Data)如何有效使用成為有用的資訊(Information)就是一個重要的議題。資料從紙本資料轉換為數位資料後，數位資料更容易儲存與使用。現今資料儲存的硬體技術日新月異，從小型的硬碟到雲端的大量資料儲存，讓資料的保存與使用更加容易。因此如何從大量的資料中取得所需的知識變成一個重要的議題，也就是如何利用大量的資料分析出有用的資訊，提供給管理者作為決策的依據。

常見的應用就是消費者行為模式分析，在商場中如何安排商品上架的位置，可能會影響到產品銷售量。在商店中顧客每次消費的交易紀錄都會被保存下來，累積一段時間之後就會有大量的交易紀錄資料，從這些紀錄中可以分析出某顧客是否購買產品 A 也會購買產品 B，或是可以了解顧客之間消費行為的相關性，那麼根據這些資料的分析，就可以應用在產品上架或是特惠活動的參考，只要應用得當就能提升商家獲利，由此可以得知資料知識的重要性。除了實體商店外，在網路商城更可以利用新知識所得資訊做為產品銷售策略或是開發新產品的依據。

資料探勘(Data Mining)的技術興起，管理者利用資料探勘技術，在大量的資料下找出資料的模式(Pattern)，供決策者參考[1-3]。為了從大量的資料中發現新的知識，資料探勘常見的技術有人工智慧(Artificial intelligence)、機器學習(Machine learning)、和資料庫系統(Database systems)等方法。針對不同的應用採用不同的方法，以達到發現知識為目標。

複雜網路(Complex networks)是近年很多學者討論的議題[4-5]，複雜網路是一個大型複雜的網路拓撲，它不是一個具有規則性的網路(例如格狀網路)，也不是一個隨機網路，而是存在某種結構(拓撲)的網路。常見的網路模型就是小世界網路(Small-world network)[6-7]與無尺度網路(Scale-free network)[8-9]。其中小世界網路最重要的就是六度分離(Six-degree)的觀念，也就是說人和人之間平均只需要透過六個人就可以找到對方。很多人常常有這樣的經驗，當你在和另一位剛認識的朋友聊天時，可能聊到過去的同學、同事或朋友時會發現你們有共同認識的人，所以在今天之前透過這位共同的朋友就可以互相認識對方，這就是複雜網路的特性之一。表示網路節點之間的關係很近(短)。複雜網路是一個大量的網路節點與網路節點之間以鏈結連結在一起所形成的網路。在一個看似很龐大的網路中，其實點(Node)與點之間的距離其實是很短的。那麼就表示這個網路是一個很密集的網路，不是一個很鬆散的網路。這種密集且群聚性強的網路就稱之為小世界網路。在人際關係網路是很適合使用此種網路分析方式。

隨著資料探勘的技術不斷發展，許多常見的探勘方法已被提出，管理者在不同應用上可採用不同的探勘技術。在常見的 B2C 的電子商務模式中，消費者行為模式分析是一個很重要的資料，依據消費者消費的習慣可以改進銷售模式或是做為產品市場分析的參考資料。以往可能採用決策樹或是群組分析等不同分析方式，但是複雜網路的特性中則是更容易找出消費者之間的關係。以下將討論複雜網路的特性應用在資料探勘的模式。

貳、相關研究

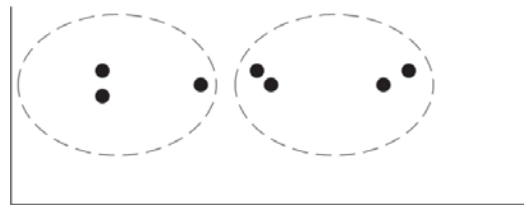
資料探勘相關的研究有很多，常被研究者討論的方法與模型有決策樹(Decision tree)、群組分析(Cluster analysis)、關聯性法則(Association rules)等。決策樹是利用過去的資料來分析事件發生的結果為何，其是一種資料分類的探勘方法。以一個商店而言，可以利用過去交易的紀錄中找出適當的測試條件作為決策樹的節點，依此建立一個決策樹以分析事件發生的結果。例如，過去三個月中，一個曾購買事務機及光碟的男性消費者，其未來是否會購買隨身碟，若只是統計過去的交易紀錄並沒有辦法做出預測。因此經過決策樹的推斷後就可以分析發生的結果，例如購買或是不購買商品，所以由此可知決策樹就是利用樹節點的條件式不斷的判斷，再依據判斷的結果做下一次的判斷直到決策樹結束為止。

一、群組分析

群組分析是將資料以群組的方式分類，群組分析可以看到相近屬性的資料就會群聚在一起[10][11]。k-means 演算法是具代表性的群組分析演算法[12][13]。在 k-means 演算法在一開始時須設定 k 個群組，再利用不同的距離演算法(例如，尤拉演算法)計算各節點屬於那一個群組，經反覆計算後得到最佳解。然而現在大多數的應用無法事先得知分群的數量。例如商店的消費行為實不易在計算之前可以很精確計算所需的群組數量，在圖一(a)中可以看到一共有七個資料點存在。圖一(b)-(d)分別表示分成一個到三個不同群組的結果。圖中可以瞭解在這個範例中應分成一個群組或是三個群組較為恰當。如圖一(c)所示，中間三個資料點本身的關聯性是大於與圖中其他資料點的關係，但是這三點卻被分成不同的群組。



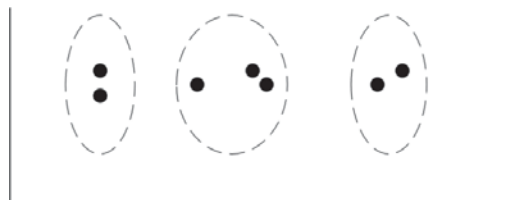
(a)七個資料點等待分群



(c) k-means 演算法， $k=2$



(b)k-means 演算法， $k=1$



(d) k-means 演算法， $k=3$

圖一 在不同 k 值的條件下，利用 k-means 演算法計算出 k 個群組

如圖一所示，k-means 演算法可以將資料分成數個群組，不過事先必須先設定群組數量的預設值。但在 k 值設定不當時，分群的結果將影響分析的結果，因此在某些應用中不適合使用此種群組分群方式。

二、複雜網路

如前所述，在複雜網路中常見的網路模型有小世界網路與無尺度網路模型。Watts 和 Strogatz[6]提出了小世界網路的觀念，其中小世界網路有二個重要特性，分別是高叢集度與低平均網路路徑長度。節點 i 的叢集度指的是在其鄰居節點中互相連結的程度，鄰居節點間鏈結(Link)的數量越高則表示節點 i 的叢集度越高。計算節點 i 叢集度的公式如下：

$$C(i) = 2E_i / k(k-1)$$

其中 E_i 是存在在節點 i 的鄰居節點之間鏈結的數量。 k 表示節點 i 的鄰居節點的數量。由此可知當 $C(i)$ 的值越高就表示鄰居之間的緊密度越高。當所有的鄰居節點間互相都有鏈結相連，則 $C(i)$ 的值為 1。整個網路的叢集度則是全體網路節點叢集度的平均值。平均網路路徑長度， L ，表示一個網路的節點之間平均距離。 L 是先計算每一個節點到網路中其他所有節點的平均距離，然後再計算所有節點的平均路徑長度值。若是一個網路的平均路徑越短，這表示資訊在網路傳遞的速度越快。由許多研究中可以得知這些人際關係網路都具有小世界網路的特性，也就是說，許多人際關係網路具有高叢集度與低網路路徑長度，所以在消費者行為經適當的定義後也可以歸屬於人際關係網路。根據上述說明，消費者行為的群組分析上，小世界網路特性可以提供一個良好的模式分析。

無尺度網路則說明了網路中節點分支度分佈(Node degree distribution)屬於冪次法則(Power-law)。在一個網路中大多數的節點分支度都是屬於較少的數量，僅有少部分的節點擁有大的分支度數量。網路節點分支度分佈為

$$P(k) \sim k^{-r}$$

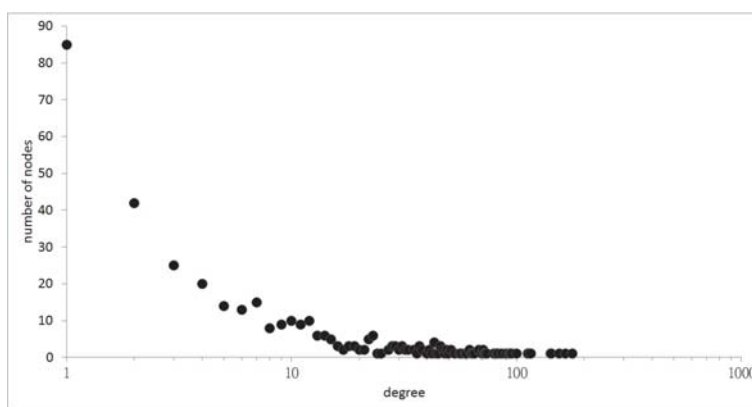
其中 k 是分支度， r 是一個冪次指標。若是網路符合此特性，則可以得知較大分支度節點的重要性。利用此特性可以協助群組分群的工作。例如較大分支度的節點連結較多的節點，因此可以成為群組核心的選擇方式。

參、分析與討論

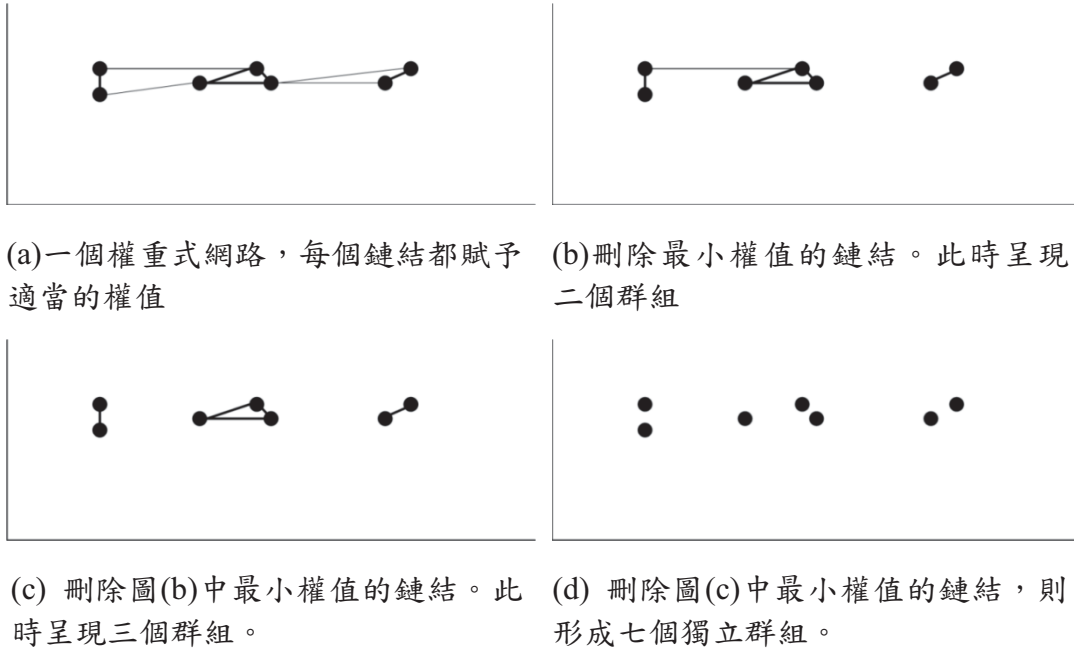
群組分析主要是將資料予以適當的分成許多群組。而分群的方法可以分成預先設定群組數量與不須設定群組數量二種。對於 k-means 演算法而言，如前所述，演算法在執行之前必須先設定群組數量。如圖一可以得知，資料分成三組是最佳解，在資料量的數量少時可利用簡易方式得知群組的數量。在實際情形下，樣本都有相當大的資料量，此時可能無法以適當方式呈現資料分佈狀況，那就無法以簡易方式分類。所以群組數量可由問題的屬性、藉由過去的樣本或經驗值等方式來決定數量，經設定後再不斷的測試以尋找最佳群組數量。

一、群組與權重

複雜網路特性提供一種群組分析的應用方法。以下利用大學圖書館為期一年的紀錄作為資料分析。在分析時，每一位讀者定義為一個節點，節點之間以鏈結連接表示二者之間的關係。此關係可依據應用之不同而定義出所需的資料。在此鏈結指的是二個讀者之間閱讀一本以上相同的書籍，則在此二讀者間建立一條鏈結。分支度則是表示該節點的鏈結數量。鏈結權重指的是鏈結的相同關係的數量。例如共同借閱過5本書，則該鏈結的權重為5。首先是分支度分佈圖以觀察每個節點分支度的分佈狀況，如圖二所示，圖二(a)中 x 軸為節點分支度， y 軸為分支度的節點數量，首先先設定鏈結權重為大於等於5，由圖可以看到大部分的節點其分支度的值是屬於較小，而屬於分支度數量較高的節點其數量是較少的，此種分佈的方式是接近幕次的現象。為了觀察不同的權重值，如圖二(b)所示，將權重門檻提高到7，重新計算節點分支度。計算後，其所呈現的趨勢仍與圖二(a)相似。因此可以得知分支度的變化不大。以分群來說，如果要事先訂定群組數量時，擁有分支度的較大的節點可以作為核心的選項，再進行調整群組的工作。

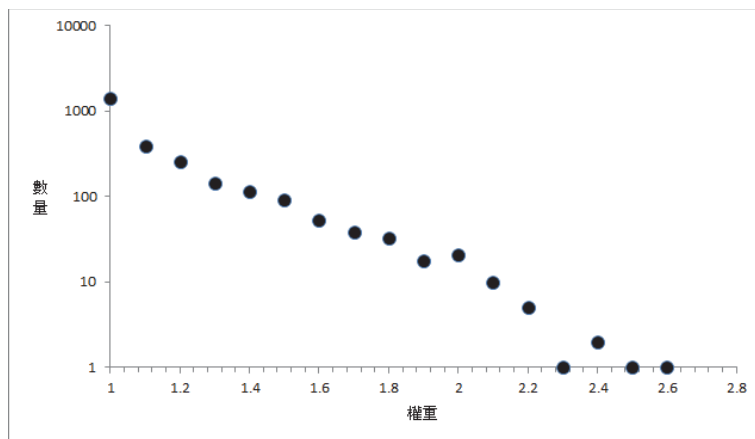


刪除不需要的網路鏈結時可以讓網路產生不同的群組。依據鏈結的權重值可以將資料分成不同的群組，也就是由上而下的分群方式，最重要的是不需要事先設定群組的數量就可以進行分群的工作，不過在分群之前也必須要知道鏈結的門檻值以作為分群的依據。但相較於必須知道群組數量而言，這種方式所分出的群組數量是比較容易瞭解的。如圖三(a)一個權重式網路，每個鏈結都賦予適當的權值，依序刪除最小權值的鏈結可以將群組分割成較小的群組，如圖三(b)-(c)所示。若沒有設定停止條件，最後會變成獨立點如圖三(d)。由於此種刪除方法保留下來的鏈結是較為重要的鏈結，因此節點之間的關係更為緊密，那麼同群組內的成員關係較其他群組成員來的緊密。比較圖三(b)與(c)可以觀察到此現象，圖中間三個節點的關係較圖左側二節的關係來的緊密。



圖三 以權重式網路將資料節點分群，不須預先設定群組數量

圖四顯示節點的權重分佈狀況。除了鏈結權重特性外，節點權重則是該節點所有鏈結權重的平均值。節點權重值越大則表示該節點在群組中的重要性越高，與鄰居節點間的重要性越高。在圖四中 x 軸是每個節點的平均權重， y 軸是節點數量。由圖中所示，大部分的節點的平均鏈結權重小於1.4。也就是擁有較大節點權重的節點數量較少，在預設群組數量時可以成為選擇群組核心的考量。

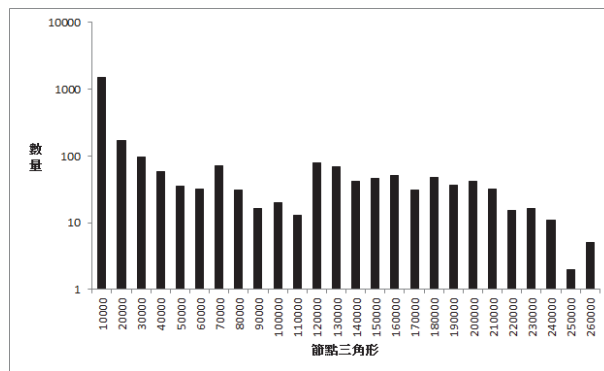


圖四 權重分佈圖。 x 軸為節點的平均權重， y 軸為數量。

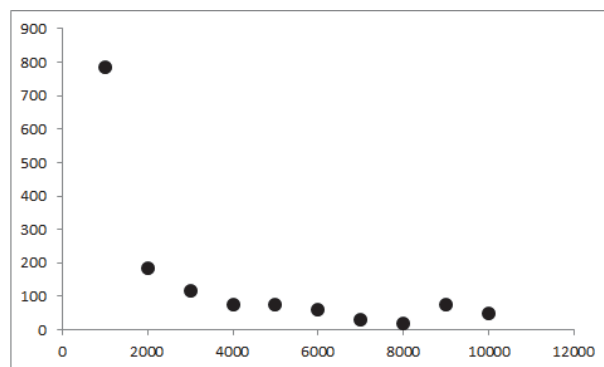
二、複雜網路特性應用

依據複雜網路的小世界網路特性之一的叢集度可以了解節點之間的緊密度。在分群分析的應用上希望具有相同屬性的項目可以分在同一群，此特性與叢集度的特性相同。如前所述，叢集度的關係就是計算鄰居節點之間的關係。若節點 A 有二個鄰居節點 B 與 C，此時 B 與 C 之間有關聯存在則再加上節點 A，此三節點會形成一個三角形的關係。意即，節點 A、B 與 C 之間存在鏈結 E_{AB} 、 E_{AC} 與 E_{BC} ，使得節點 A、B 與 C 形成一個三角形的結構。此時對節點 A、B 與 C 所形成的三角形結構，依據前述叢集度的計算公式 $C(i)$ 可以計算出節點 A 叢集度為 1。叢集度的值越高，則表示鄰居之間關係越緊密。若是將二個有共用邊的三角形節點結合在一起就會形成新的群組出現，且此群組中的節點關係較其他節點來的緊密。此種方式不須先設定群組數量方式建立群組。

如圖五所示，圖中說明三角形結構的分佈圖。圖中為每個節點的三角形數量分佈情形。其中節點三角形為每個節點和其他節點形成三角形結構的數量。由圖五(a)中可以看到節點的三角形結構數量都很大，數量龐大的原因是因為此圖中設定鏈結權重為 1 進行統計。由此可讓分析者設定不同權重門檻值保留所需的三角形結構數量以利後續分析結果的解讀。圖五(b)則是顯示圖五(a)前 1~10000 個節點三角形結構數量的分布情形。由圖五得知在網路中有大量的三角形結構存在，因此依據不同條件的設定，例如合併權重或是設立權重門檻等方式，取得所需之三角形數量再以由下而上的方式結合成所需的群組。



(a) 節點擁有三角形結構的數量



(b) 圖(a)前 10000 資料

圖五 節點三角形結構的數量與分佈情形

無論利用那種方式分群，最後一步是驗證分群後的群組關係，除了利用基本的統計方法，可以觀察分群後的結果。但此時仍可利用複雜網路特性的各項指標來檢視或分析群組的結果。例如，計算群組成員間的緊密度以驗證此群組成員的關係，意即檢視各群組中的三角形數量可以看出群組成員間關係的緊密度。因此利用群組內的複雜網路特性可以驗證分群後各群組內之群組成員關係。

肆、結論

複雜網路近年來成功應用在不同領域上，尤其是以社群網路相關的應用為多。因此利用複雜網路特性可以做為資料探勘的工具，讓探勘所得的結果更符合實際的狀況。在本篇文章中說明了 k-means 與複雜網路的方式作為群組分析應用上的不同。如圖一所示，群組數量如設定不當，則使得分群的結果並非最佳結果。鏈結權重的方式則可以依據刪減模式形成群組。複雜網路有許多不同可量測的特性值，例如叢集係數、節點分支度分佈、權重等。對於群組分析而言，複雜網路利用社群的角度來分析相關資料更能貼近所需的結果。

大多數的商業應用而言，商家總是希望能精準地瞭解客戶的消費習性，那麼就可以調整產品與銷售策略。相較於固有的群組分析模式，複雜網路以社群的角度切入，找出隱形的消費習慣群組再做資料分析。也就是說，利用上述的複雜網路特性找出相同消費群組，那麼同群組中的消費者也就會有相似的消費習慣，對商家來說，就非常容易可以推銷商品給同群組中的消費者。就資料探勘而言，一個分析方法並無法適用於全部的應用。必須依應用特性的不同採用不同的分析方法，並非一體適用。本文中說明鏈結權重、節點權重與三角形結構分析等不同的複雜網路特性作為群組分析的應用。也說明如何利用這些特性完成分群的工作。未來將研究如何以複雜網路特性為依據，設計一個良好的群組分析機制，例如鏈結關係的定義等，以提供較佳的分群結果，或是利用其他相關複雜網路的特性進行分群的動作。例如權重式叢集係數等。

參考文獻

- [1] Usama Fayyad, Gregory Piatetsky-Shapiro, Padhraic Smyth, "From Data Mining to Knowledge Discovery in Databases", AI Magazine Volume 17 Number 3, 1996, pp.37-54
- [2] Ming-Syan Chen, "Data mining: an overview from a database perspective," IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering, 1996, Vol.8, Issue 6, pp.866-883
- [3] D. Hand, H. Mannila, P. Smyth (2001). "Principles of Data Mining". MIT Press.
- [4] Mark E. J. Newman, Duncan J. Watts. The structure and dynamics of networks. Princeton University Press. 2006.
- [5] Stefano Boccaletti, V. Latora, Y. Moreno, M. Chavez, D. Hwang, "Complex networks: structure and dynamics," Vol. 424, No 4-5, 2006. Elsevier Physics Report.

- [6] D. Watts, S. Strogatz, "Collective dynamics of 'small-world' networks," *Nature*. June 1998, 393 (6684): 440–442
- [7] A. Barrat, M. Weigt, "On the properties of small-world network models," *The European Physical Journal B*, Volume 13, Number 3(2000): 547-560
- [8] Bollobás, B.; Riordan, O.; Spencer, J.; Tusnády, G.. "The degree sequence of a scale-free random graph process" *Random Structures and Algorithms*. 2001, 18 (3): 279–290
- [9] Albert-Laszlo Barabasi, Erzsebet Ravasz, Tamas Vicsek, "Deterministic Scale-Free Networks," *Physica review A*, Volume 299(3-4) (2001): 559-564.
- [10] Manish Verma, Mauly Srivastava, et al. "A comparative study of various Clustering Algorithms in data mining", *IJERA*, Vol. 2, Issue 3, May-Jun 2012
- [11] S. Hosseini, A. Maleki, M. Gholamian, "Cluster analysis using data mining approach to develop CRM methodology to assess the customer loyalty," *Expert Systems with Applications*, Vol. 37, Issue 7, July 2010, pp. 5259-5264
- [12] Kanungo, T., Mount, D.M. ; Netanyahu, N.S. ; Piatko, C.D. ; Silverman, R. ; Wu, A.Y. "An efficient k-means clustering algorithm: analysis and implementation", *Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 2002, Vol. 24 , Issue 7, pp.881 – 892
- [13] Anil K. Jain, "Data clustering: 50 years beyond K-means," *Pattern Recognition Letters*, Vol. 31, Issue 8, June 2010, pp. 651-666

結合 UCAN 就業職能平台之學生學習歷程系統建置

Establish a Joint UCAN and Students' Learning Portfolio System

呂幸娟

Hsing-Chuan Lu

東南科技大學 資訊管理系 副教授 Department of Management Information System

摘 要

近年來全國大專校院積極推動學生學習歷程檔案建置工作，協助學生了解自己的職涯興趣與方向，更能有目標、興趣地朝向自己職涯路徑培育自我能力，本文章提出一個以教育部「大專校院就業職能平台-UCAN」測評結果為學習指引方針的學習歷程輔導系統，由學生之職涯興趣為起點，配合系所課程地圖設計，並結合學生學習之相關資訊，包含：社團活動、工讀經驗、校外實習、證照考取的資訊建構學生學習歷程檔案系統，並透過同儕與教師的輔導諮詢，建立一套完整的學習輔導機制。

關鍵詞：大專校院就業職能平台-UCAN、學習歷程檔案、課程地圖。

ABSTRACT

In order to help students understand their own career interests and directions, improve their skills and toward their own career paths, Universities in Taiwan are actively establishing students' learning portfolio system in recent years. Base on the Ministry of Education Career and Competency Assessment Network (UCAN), this study proposes a methodology to improve students' learning portfolio. This Student's learning portfolio system is based on student's career interest and departments' course map and designed to guide students' learning directions. In additions, teachers' and classmates' advices are included to help students motivate their study intentions. Our system also keeps students activities at school, such as extracurricular activities, part time working experiences, internship and obtaining certificates to enrich students' learning portfolio.

Keywords: Career and Competency Assessment Network, Learning Portfolio, Course Map

壹、前言

多元智能等理論[1]強調人類的智能並非只有邏輯、數學以及語文等學校教學所強調的能力，而提出邏輯數學、語文、音樂、自然觀察、空間視覺、肢體動覺、人際與內省等八種能力構面。由於，每個人與生俱來其獨特的潛能、知覺、興趣與目標不同，教育最重要的一項工作，就是如何開發學習者個人的潛能，並提供其充分發展的機會。

有關多元智能相關教育理論的提出[2,3]，改變了教育者對學習成果的評定方式，傳統的教學方法與紙筆的評分方式，開始隨著相關理論以及網際網路社群溝通方式的興起而產生重大變革，全國大專校院均努力於建置與維護學生之學習歷程檔案(Portfolio)，該項工作的執行成效，也是教育部評鑑大學辦學績效的相關指標。

由於每個人與生俱來的特質不同，為協助學生瞭解自己的學習特質與職涯發展興趣，使其能有目標、動機的主動學習職場就業相關能力，教育部推出「大專校院就業職能平台-UCAN」[4]，該系統包含三大面向之診斷：1.職業與興趣診斷；2.職場共通職能診斷；3.專業職能診斷，結合職業興趣探索及職能診斷，以貼近產業需求的職能為依據，增加學生對職場的瞭解，並透過自我職涯能力評估，學生可以規劃自我能力養成計畫，針對能力缺口進行學習，以具備正確的職場職能，提高個人職場競爭力。

就學校教育角度而言，如何配合相關研究與世界趨勢發展，培育相關產業人才，乃是教育的最大目標，學校因為學生而存在，學校也因學生成就而榮耀，如何配合學生之需求適性發展，造就相關產業人才，紀錄學生學習與發展的軌跡，成為學習輔導過程中一項重要資訊來源；除此之外，學校教育的目標、方向與課程必須進行整合規劃，讓學生知其所以學，並知其所學成果。

本文章主要探討本校如何配合學校教育目標與學生職涯興趣發展，建置學生學習歷程檔案系統，該系統結合 UCAN 職涯輔導以及系所之課程地圖規劃。

貳、文獻探討

為協助學生了解自己的職涯興趣與方向，更有目標、興趣地朝向自己職涯路徑培育自我能力，教育部推出「大專校院就業職能平台-UCAN」[4]，該平台的主要功能包含職業查詢、職業興趣探索、職場共通職能診斷、專業職能診斷、能力養成計畫、診斷諮詢服務及檔案紀錄等。透過該系統，學生可以：(1)了解個人的興趣偏好，作為未來職業發展的參考方向；(2)作為學習過程中，選擇與自己興趣相符的課程或學習活動的參考依據。教師可以：(1)作為提供學生職涯輔導時的工具；(2)可透過各校後端管理介面下載診斷結果統計報表，分析全校(系)同學之興趣概況。

由於電腦及網路科技的進步，將傳統紙筆的學習資訊以電子化資料形式記錄於網路儲存媒體，不但節省大量的紙筆式學習資訊之儲存空間，也讓學習者可以結合網路的圖片、聲音、影像等多媒體形式在呈現更多元豐富的學習內容；以網際網路為基礎的學習歷程檔案(Web-based Portfolio)應用[5,6]，近年來已成為教育評量上重要發展趨勢，他以特定的目的或用途來蒐集學習者在學習過程中各面向資料，反映學習者的真

實表現、進步或改變的情形。

許多的研究以開發網路學習歷程檔案為研究主題[7-10]，這些研究遍及各級學習機構、成人教育與終身學習等單位，但不論以何種學習單位作為研究目標，研究結果均證明有目標的蒐集學習者學習經過之學習歷程檔案與提升學習成效有高度正相關性。

課程地圖發展為學校教學之重要規範，也是學校課程配課之依歸，良好的課程地圖規劃才能有效指引學生朝向職涯發展所需之專業能力；有關課程地圖建立與學習職涯規劃[11]文章中討論高雄應用大學如何進行課程地圖與 UCAN 系統之整合工作，闡述學生如何利用 UCAN 測評結果進行學生選課規劃。

參、系統設計

一、設計理念

學習歷程檔案系統的建置理想為：協助學生蒐集自己的學習經過與成長，他的根基在於學生了解自己的職涯發展與興趣，進而規劃自己的職涯學習歷程；一個設計優良的系統與相關配套的輔導機制，讓學習歷程檔案系統能有效的協助青年學子探索自我之職涯興趣與能力；相反地，如果系統所蒐集的資訊雜亂無章，沒有中心目標，則會變成雜亂無法比對的資料，無法呈現學生學習的經過與成長歷程，輔導教師更無法從中探詢學習之軌跡，使無法提供即時、正確的輔導。

有鑑於此，本系統規畫以學生職涯興趣與相關量表為基礎，系所單位課程地圖為出發，為確保資訊之正確性，其他學生於參與相關活動所產生之資訊由學校各單位提供，本系統實現一個以職涯興趣為核心的學習歷程檔案，系統架構如下圖1所示，在這樣的設計基礎下，系統目標分述如後。

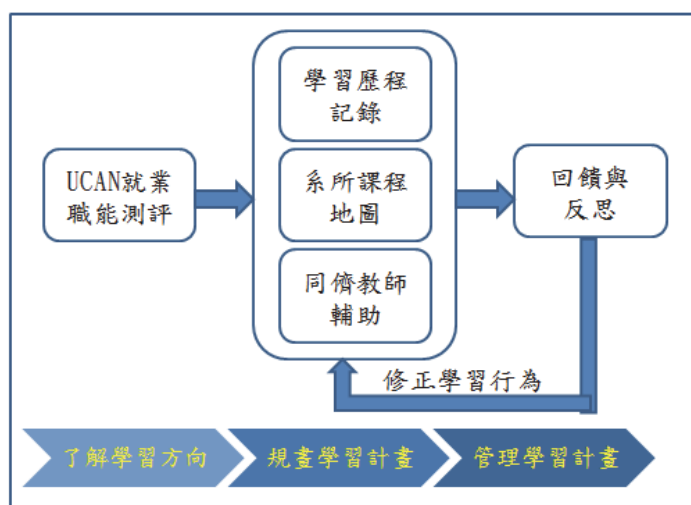


圖1：系統規劃架構圖

- (1) 以學生職涯興趣為起始：本學習歷程檔案整合「大專校院就業職能平台-UCAN」之施測結果，配合學生的「職涯興趣」以及其進入該職場所需的「共通職能」與「專業職能」進行有組織的資訊整合，搭配學生在學校之相關學習歷程紀錄，輔導教師可針對學生的職涯興趣進行諮詢輔導工作，必要時更可轉介給學校其他專業教師進行輔導，為使學生輔導工作有足夠之參考資訊，本系統紀錄了學生在學校的各種生活點滴，包含：修課紀錄、參與校園相關活動紀錄、社團紀錄、證照考取、工讀實習紀錄、學習生活筆記、通識課程等資訊；在資訊蒐集上，本系統結合相關校務行政工作資訊填報功能，由單一業管單位進行資訊填報，系統進行資訊整合應用，讓系統自行彙整學生各面向發展的資訊，職涯輔導工作得以無縫接軌地進行。
- (2) 以課程地圖為核心：大學教育雖然涵蓋很多範疇，但不外乎德育、智育、體育、群育以及美育等，最終目的在創造能夠主動積極學習的業界人才。本系統以系所及通識教育課程地圖為核心，通識課程在培育學生之共通職能，各系所之課程在培育學生之專業職能，系所與通識中心每學年邀請校內外學者專家、畢業學生、學生家長召開課程審查會議，檢視課程設計是否符合相關職能需求，定期檢視與修正課程內容；學生亦可不斷地檢視其相關職能的學習狀況與達成情形，不斷地反思、修正、學習，了解自我的人格特質、優點、缺點、性向以及自我潛能，訂定自我學習之目標及人生發展的方向，必要時亦可尋求相關單位協助諮商輔導。
- (3) 以同儕及教師為輔助：同學可彼此互相分享學習的經驗與心得，督促學生持續學習的動機，透過同儕競爭與觀摩的過程提升自我學習的本能；教師、系所以及專業輔導人員得以適時地了解學生的校園活動與學習記錄表現，給予適當地諮商輔導；由於各單位以課程地圖為核心，且該核心包含 UCAN 所需之共通職能與專業職能，系統可以很清楚地呈現學生於各職能目前的學習狀況，同學、教師與學校相關人員(例如：諮商中心)可以給予未來學習方向與建議。

二、系統架構

本系統採用 Web 2.0[12]之觀念與技術來達成資訊提供與共享，Web 2.0是一個由使用者主導網際網路內容 Web 平台架構，Web 2.0 的內容不再由一群專業人士（如：電視台、報社、出版社、公司行號）所提供；而是每個網路使用者自己的心情日誌（blog）、旅遊相簿（Flickr）、自拍的影片（Youtube）、自我觀點的新聞評論（Digg）、共同建造的知識平台（Wikipedia）或社群平台(facebook)等。沒有人決定資訊提供者的資格，一切由網友交互檢查、彼此確認或修改所完成之網頁內容。

本系統使用 Web2.0 AJAX 技術讓網頁更新不會影響頁面上其他功能，增加網頁與後端資料庫處理之效能；另外，在學習歷程系統首頁使用 RSS 技術，僅提供學生學生有興趣之相關訊息內容，當然，本系統使用 CSS/XML 進行網頁編排，美化學生端系統，並讓網頁更容易維護。

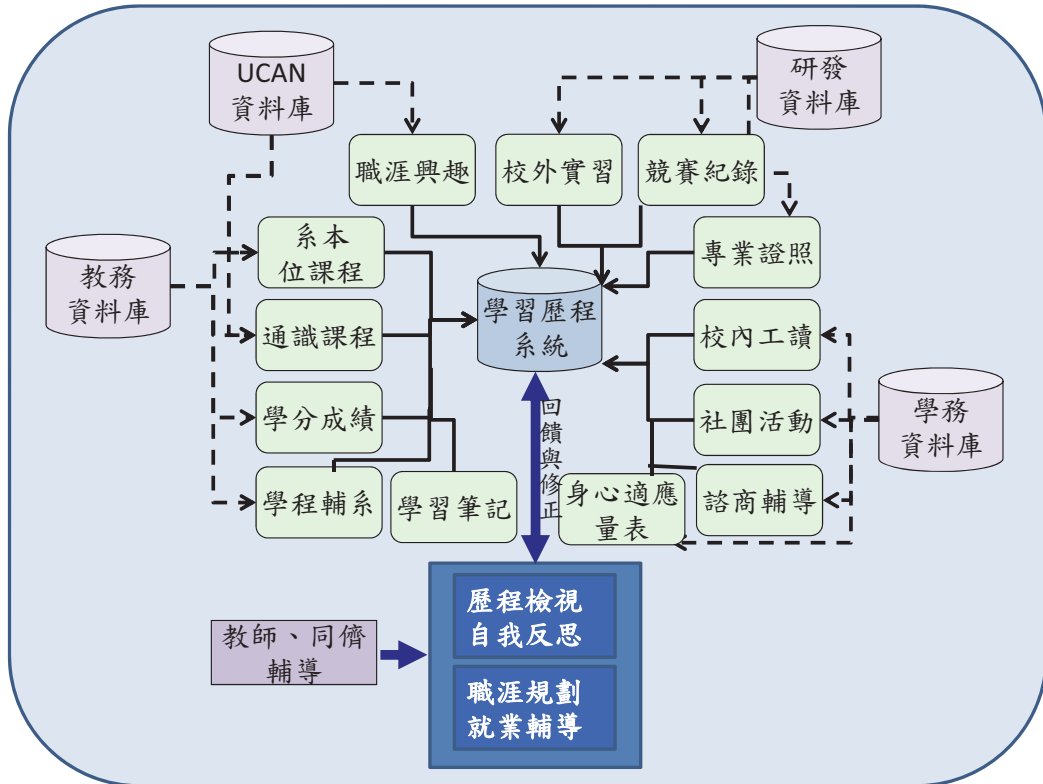


圖2：系統範圍與架構圖。

相較於坊間其他學習歷程檔案系統，資料須由學生自行提供或輸入，本系統藉由與校園內相關資料庫整合，避免學生資料重複輸入之困擾；除此以外，本系統結合「大專校院就業職能平台-UCAN」之學生測評結果、職業類別以及共通職能等項目進行系統設計，其中特殊處為通識課程與系所課程地圖設計均結合「大專校院就業職能平台-UCAN」進行設計。

如下圖3所示，「大專校院就業職能平台-UCAN」將職業所需之能力分為「專業職能」與「職場共通職能」，依據此職能之分類，我們由系所課程地圖之設計來達成學生之專業職能，並藉由通識課程之設計來達成學生之職場共通職能。

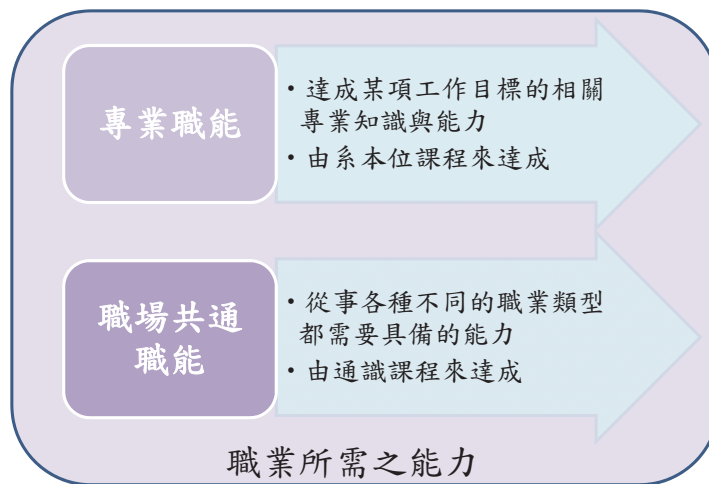


圖3：職業所需之能力類別

系所課程地圖之規畫依據「大專校院就業職能平台-UCAN」之16種職涯類別、66種就業途徑以及600多種職業所需之專業職能，由系所畢業生、在校學生、校內外專家、產業界人士共同規畫，並持續運行與修正，以因應時代的變遷；如圖4所示。系所課程地圖規劃與建置為系所發展之核心，也是學生進入該系所之課業核心，必須透過合宜的設計過程，來確保學生所學課程規劃是否適應社會變化，增加畢業生就業率；採用由外而內的方式進行，並將就業所需的能力融入課程與證照輔導中，目的在培養適合產業需求之專業人才。

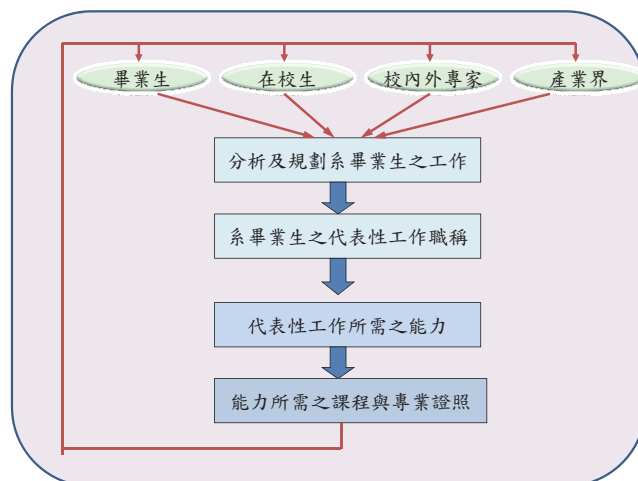


圖4：系課程地圖規劃流程

通識課程配合「大專校院就業職能平台-UCAN」之8個共通職能進行共通職能養成之規劃，此8項共通職能分別為：溝通表達、持續學習、人際互動、團隊合作、問題解決、創新、工作責任及紀律、資訊科技應用；除此以外，配合學校發展特色本系統增加多元文化生活力、全球化與國際觀、廣泛興趣與可塑性、穩定性與抗壓性以及資訊道德與法律等5個項目。

肆、系統實作

一、結合「大專校院就業職能平台-UCAN」測評結果

首先系統結合學生在「大專校院就業職能平台-UCAN」所進行的測評結果，包含職業興趣診斷、職場共通職能與專業職能等所有測評之結果，學生可以在系統中清楚地了解自己的合適的工作，以及目前自己所具備之共通職能與專業職能，系統畫面如下圖5。圖5(a)為系統整合學生在「大專校院就業職能平台-UCAN」所完成的職涯興趣診斷結果，可清楚地呈現學生的職業類型及相關職業，圖5(b)為學生的共通職能診斷結果系統呈現學生各面向的能力分析，並建議學生應增加之共通職業能力；圖6為系統依據當學期所開設之課程與課程所對應之能力養成項目，提供學生查詢可選修之相關課程，來培養自己較缺乏之能力。

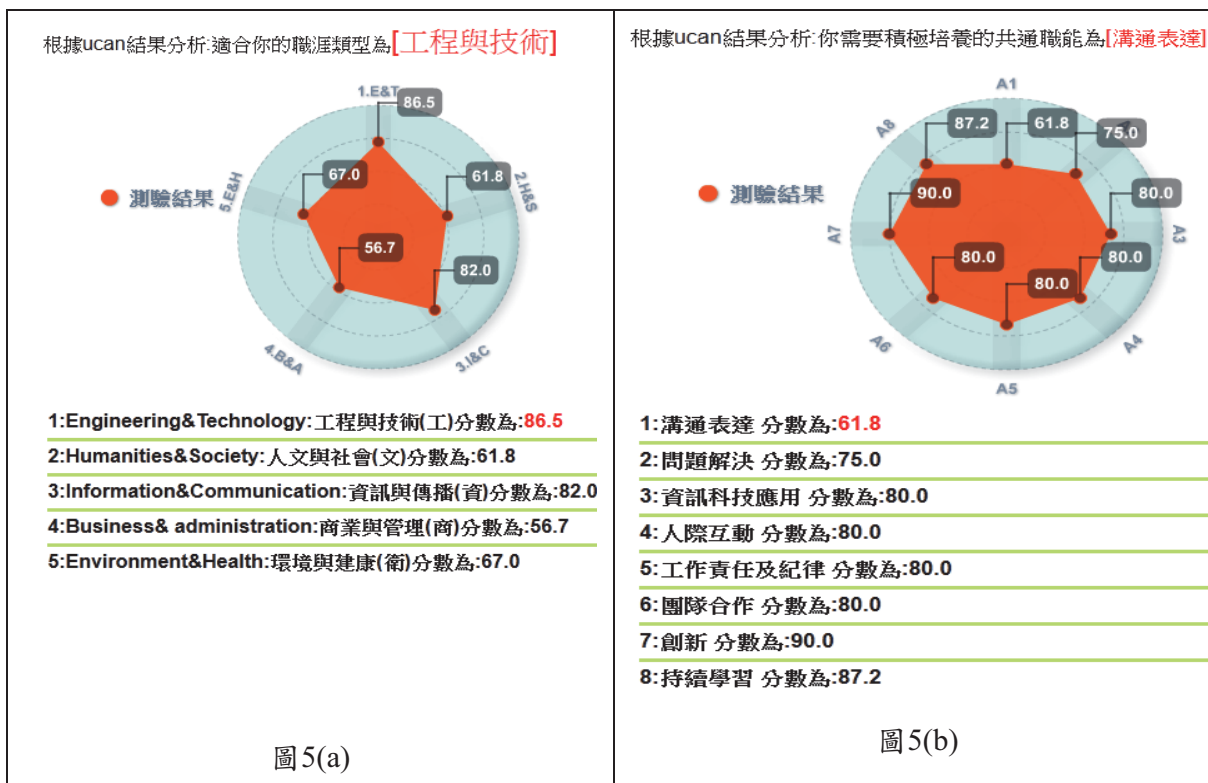


圖5：系統中清楚地呈現學生的職涯興趣與職場共通職能

請選擇共通職能類型

序號	學年	學期	開課班級	開課代碼	課程名稱
1	101	1	四技三通識B組	493B08	認識中國(兼談投資與理
2	101	1	四技二通識A組	492A11	房地產權益保障、投資財
3	101	1	四技二通識C組	492C09	認識中國(兼談投資與理

圖6：共通職能選課建議

二、課程地圖建置

系所與通識教育中心之課程地圖建置為學校教育之核心，依據系所課程地圖系統之方向為依歸可避免系上課程規劃過於發散而沒有核心，本系統之課程規畫以培養學生符合目前之工作所需能力為目標；課程地圖之規畫架構如圖7所示，圖7(a)為課程地圖規劃與系所討論課程地圖之方向，由圖中可清楚的看見課程地圖以工作職業為開始，本系統結合「大專校院就業職能平台-UCAN」之職業名稱與職業所需之能力，由系所結合該系所開設之課程，進一步規劃課程內容設計，及相關證照考試。學生可隨時檢視自己所具備之職業能力養成狀況如圖7(b)與圖8，了解自己目前所具備之相關能力，系統並提供相關選課建議。

在整個運作的過程中，學校老師必須定時審視課程地圖是否符合目前趨勢，學生亦不斷地思考自己的強處與不足的地方，規劃自己的學習方向，系統依據全校之課程

規劃可提供學生相關職業與所需能力的養成建議，釐清職涯選擇、自我人生規劃，並由老師與同儕適時的給予相關建議，提升學生的學習興趣與成效。

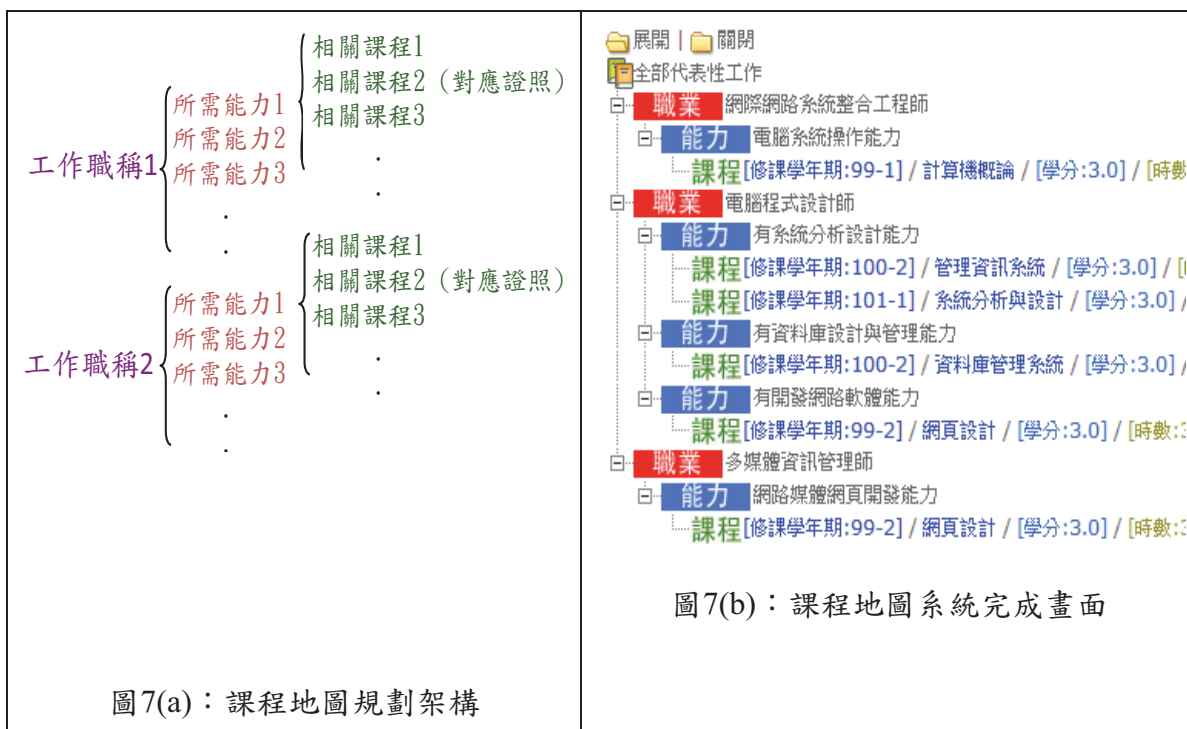


圖7：課程地圖規劃架構與系統畫面

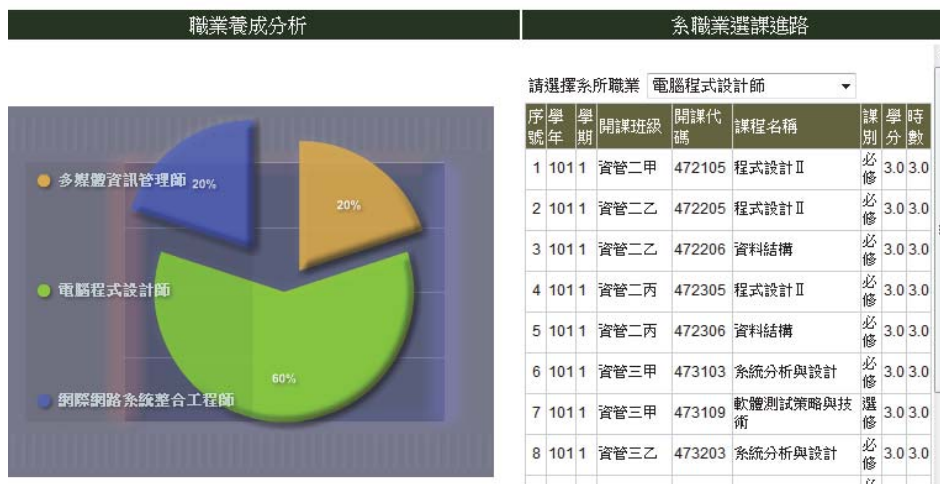


圖8：學生目前職業能力養成分析與選課建議

三、學生歷程檔案系統

為了能更有效收集學生在學校的相關學習歷程，本系統結合校內相關系統，包含：教務、學務與研發處資料庫，提供學生學習歷程中詳盡的資訊，學生可使用自己的帳號密碼進入系統編輯自己的學習資訊，檢視與管理自己的學習進度與方向。

除了學生可以編修自己的學習資訊外，資訊系統後台管理部分主要由教師、行政人員(例如：教務、學務、諮商輔導中心、實習輔導組等)組成，主要負責學生在學校的

相關活動之紀錄，包含：學生修課狀況、修讀輔系、學程選修、校內工讀、校外實習之情形、學分數與職涯目標達成狀況、與職涯有關之相關證照考取情形等資料維護。

為了讓教師可與學生更密切的互動，系統整合教師相關輔導工作內容，教師進入系統可一覽學生最新動態系統畫面如圖9(a)，教師可檢視學生學習狀況、與學生互動、進行學生生活、就業與課業之輔導工作，教師輔導紀錄如下圖9(b)所示。




圖9(a)學生動態

請選擇學生	49907001-卓文心
對象(可複選)	<input type="checkbox"/> 本人 <input type="checkbox"/> 父親 <input type="checkbox"/> 母親 <input type="checkbox"/> 朋友 <input type="checkbox"/> 其它親屬
輔導日期(必填)	<input type="text"/>
輔導時間(數值)	<input type="text"/> 分鐘
會談主題(可複選)	<input type="checkbox"/> 自我瞭解 <input type="checkbox"/> 兩性感情 <input type="checkbox"/> 人際關係 <input type="checkbox"/> 學習課業 <input type="checkbox"/> 生涯規劃 <input type="checkbox"/> 健康情形 <input type="checkbox"/> 精神狀況 <input type="checkbox"/> 轉介服務 <input type="checkbox"/> 缺曠課 <input type="checkbox"/> 其它
會談內容說明(必填)	<div style="border: 1px solid gray; height: 40px;"></div>

圖9(b)：教師輔導紀錄表範例

圖9：學生歷程系統中教師輔導功能

伍、系統使用與結論

本系統經過多年來的使用與修正才形成目前之範疇，97年課程地圖系統初次建立並未與學生學習歷程系統整合；而在「大專校院就業職能平台-UCAN」系統尚未上線時，全國大部分之學校對於學生職涯興趣評量均委託外部人力銀行公司之相關系統進行，本校於97年亦交由某人力之系統進行，由於無法進行系統整合，以至使用率低落。

98年初教育部「大專校院就業職能平台-UCAN」開始上線使用，並舉辦相關說明會議，本系統立刻積極進行系統整合工作，並配合 UCAN 平台所設計的職業類別、專業職能與共通職能進行選系所與通識課程地圖建置，結合原有校務系統、學務系統與研發系統之相關資訊以及輔導機制建立，才有目前之相關系統功能與輔導機制，目前系統持續運作良好，相關數據如下表1所示。表中所有數據均為累計值，系統顯示至100年上學期為止已有4510位學生完成 UCAN 專業職能診斷，教師更是積極參與學生相關輔導工作，於系統統計資料顯示，至100年上學期為止已有超過17萬人次的教師輔導學生之使用紀錄。

表1：97學年至100學年度上學期系統使用狀況

資訊系統使用狀況	97學年	98學年	99學年	100上學期
導師輔導團體輔導	32,256	67,196	104,212	123,568
導師個別輔導	11,040	24,691	42,800	53,759
UCAN 專業職能	N/A	N/A	3428	4510
UCAN 共通職能	N/A	N/A	2478	3425
社團數目/人數	N/A	N/A	80 /843	80/843
活動/活動人數	N/A	N/A	70/4605	112/11054
競賽/競賽學生數	25/85	229/732	433/1433	540/1844
證照考取人次	368	2439	4796	5667
修讀輔系	N/A	N/A	41	47
校外實習	84	123	198	668
校內工讀	1399	3924	6045	7345
學程修課資料	2731	5003	7072	12653
系科本位職業/課程	N/A	48/485	90/1212	97/1215

任何的系統上線均需要事前仔細規劃與各單位多次的溝通及協調才能完成，本系統在規劃時便考量了相關問題，進行系統資料整合，避免漫無目的地蒐集資料，或造成使用者資料重複輸入；系統以職涯興趣為起點，並以課程地圖以及教師同儕輔導為核心，有架構的蒐集整理學生的學習歷程檔案，讓學生可以不斷地進行反思與評量，了解自己的特質、性向、優缺點，發現自己的潛能，進而訂定人生的職涯目標。

雖然系統上線使用良好，但是，總有不完美的地方，以下為本系統於未來可進行改進之處。首先，系統無法依據學生的歷程檔案幫學生整理完成個人履歷表，如果能幫學生預先產生一般人力銀行所需的履歷表，可減少學生應徵工作時準備履歷的時間；另外，系統可以結合人力銀行的就業相關資訊，可以方便學生於在學期間就了解相關產業的人力需求狀況，及必須具備的職能。當然，除了可對針對未來做準備以外，亦可於求學階段進行工讀或職場實習等，讓學生更了解自己的能力和產業的需求，提供給學生自我審思的參考；當然，這樣的資訊也給所有學校的教育人員貼近產業需求的一個管道，教育人士也能了解產業的脈動，更能為社會培育產業人才。

參考文獻

1. Gardner, H., *Frames of Mind: The theory of multiple intelligences*. 1983, New York: Basic Books.
2. 吳武典，多元智能與學校經營。教育研究月刊，110 期，20-40 頁，2003。
3. 王為國，多元智能教學在大學課程的應用。載於鄭博真主編：大學卓越教學法：原理、方法與實例，175-195 頁，2008。
4. 大專校院就業職能平台-UCAN，<https://ucan.moe.edu.tw/>
5. Chi-Cheng Chang, *Construction and Evaluation of a Web-Based Learning Portfolio System: An Electronic Assessment Tool*, *Innovations in Education and Teaching International* 1, 28, 2,144-155, 2001.
6. 張基成、童宜慧，網路化學習歷程於師資培育課程之實施經驗及探討，資訊與教育，88-101 頁，2001。
7. 杜貴權、陳章裕、鄭耀忠、楊婷棋，網路化學習歷程檔案系統發展與應用之研究，彰中學報，53-82 頁，2007。
8. 鄭雅文，網路化反省思考學習歷程檔案的建置與利用，國立臺灣師範大學教育研究所，碩士論文，2002。
9. 廖聖傑，從學習歷程檔案建構決策樹之支援網路教學，國立中山大學資訊管理研究所，碩士論文，2003。
10. 林奇賢、郭明修，數位學習歷程檔案系統的效能與使用行為分析，網際網路技術學刊，7:2，199-204 頁，2006。
11. 羅孟諺，從課程地圖到學習歷程與職涯規劃--與UCAN系統整合經驗，教育部UCAN 學校學習輔導應用研討會，2012。
12. 蘇健華，*Web 2.0 發展介紹*，資訊社會研究，1-124 頁，2007 年 7 月。

再探銀行利率與黑市利率之因果關係檢定

The Granger-Causality tests of bank interest rates and the black market rates

梁晉綱

Jinn-Gang Liang

東南科技大學 企業管理系 副教授 Department of Business Administration

摘 要

過去有大量的文獻探討黑市利率與銀行利率的因果關係檢定(Granger causality test)，卻得到莫衷一是的答案。而李建慧(2001)研究發現台灣黑市利率會單向因果關係(影響)銀行利率，但是加入貨幣市場利率後，則此因果關係不復存在，反而商業本票利率會單向因果關係黑市利率及銀行利率。但是，本文認為影響企業借貸成本應為實質利率而非名目利率，故本文一旦以實質利率作為研究變數後，本文發現實質銀行利率因果關係黑市實質利率，而非黑市實質利率因果關係銀行利率，最後即使加入三個月商業本票利率後，亦不影響上述結論；也就是，銀行實質利率同時對商業本票實質利率，黑市實質利率存在單向因果關係，而實質黑市利率與實質商業本票利率彼此不存在任何因果關係。

關鍵字:黑市利率,商業本票利率,因果關係,單根檢定

ABSTRACT

The existing literature claims that the black market interest rates will Granger cause bank interest rates, however, the reverse relationship had been found if we add the commercial paper rates. In this study, we argue that the true finance costs should be real interest rate not nominal interest rate, therefore, we find bank real interest rates Granger cause real commercial paper rates and real black market interest rates.

Keywords: black rate, Granger causality test, unit root test

壹、前言

由於台灣的雙元性金融體系相當發達，且非正式的民間借貸市場佔的比重相當重要，是故過去有大量文獻研究此二個市場利率的因果關係，但是結果卻大相逕庭，莫衷一是。例如楊雅惠(1984 b)發現提高銀行利率會導致黑市利率下降；相反的楊雅惠(1984a)黃登興,許嘉棟與林培洲(1990)則認為黑市利率影響銀行利率,但是許嘉棟(1986)卻認為方向並不確定。

而李建慧(2001)研究發現台灣黑市利率(民間遠期支票借款利率，北、中、南三地加權平均)會單向因果關係(影響)銀行利率(一銀三個月定存利率)，但是一旦加入貨幣市場利率(91-180天期商業本票利率)後，則此黑市利率及銀行利率因果關係不復存在，反而商業本票利率會單向因果關係黑市利率及銀行利率。是故貨幣市場利率分別對黑市利率及銀行利率存在單向因果關係。但當銀行利率與黑市利率關係中引進貨幣市場後，黑市利率與銀行利率不再具有因果關係，顯示黑市利率對銀行利率影響，事實上係反映貨幣市場利率對銀行利率的影響。

不同於以往文獻之研究，本文認為實質利率才能反應企業融資的真正成本，而非名目利率。是故本文嘗試以實質利率重新探討以上文獻作法，一旦當我們以實質利率為研究重點後，不同於以往文獻之發現，首先所有變數不再有單根特性(皆為定態時間序列)^a，當然也就不會有共整合現象存在。究其原因，可以發現因為實質利率乃名目利率減去預期通貨膨脹率(以實際通貨膨脹率代替)，是故原本非定態(不平穩)的資料(名目利率)，實質化後反而會成為平穩的時間序列，所以以往文獻以名目變數為研究對象，則值得商榷。因為名目利率變數包含實質利率加上預期通貨膨脹率，是故名目利率所得到的分析結果很可能是因為受到預期通貨膨脹率的影響。所以名目利率的單根或共整合檢定，其實是受到通貨膨脹率的左右。一旦名目利率扣掉通貨膨脹率後(即實質利率)，則實質利率變數才是真正“淨化”後的單純變數，是故其時間序列才能真正反映變數之間的特性。

其次本文認為，其實是銀行實質利率影響黑市實質利率及商業本票實質利率，而非如同李建慧(2001)所言。因為民間企業會先向正式金融體系(銀行)借貸，一旦無法獲得貸款時才會向非正式民間借貸市場融資，同時商業本票利率也是反映此一特性，一旦銀行利率走高，反映金融體系資金緊俏，故影響企業的募集成本，是故黑市利率亦會走高。基於此，本文認為銀行實質利率為貨幣市場的實質指標，也就是應當銀行實質利率影響黑市實質利率及實質商業本票利率，而非如名目利率所發現的結果(如李建慧(2001)一文)。是故本文以實質利率為研究對象後，結果發現其實是實質銀行利率(一銀三個月定存利率)影響黑市實質利率,而非黑市實質利率影響銀行利率；最後加入三個月商業本票利率後，亦不影響結論,也就是實質銀行利率同時對實質商業本票利率，黑市實質利率存在單向因果關係，而實質黑市利率與實質商業本票利率則不存在相互因果關係。

本篇文章主要分成三個章節，第壹章是前言，第貳章實證分析，包含單根檢定、VAR(Vector AutoRegression)檢定、三變數之VAR分析及成對因果關係檢定，最後第參章為本篇文章的結論。

^a 李建慧(2001)研究發現所有變數皆有單根。

貳、實證分析

本研究資料樣本期間為1980:11-2002:12月^b，資料取自教育部 AREMOS 經濟統計資料庫。銀行利率(RF) 為一銀三個月定存利率(固定利率)；黑市利率(RB) 為台北、台中、高雄三地遠期支票借款月利率之年化利率；商業本票利率(CPR)為91-180天期商業本票(次級市場)利率；物價變動率(CPICH)以消費者物價指數為變數所設算。實質利率為各名目利率減實際物價變動率(CPICH)，如實質銀行利率(RRF)等於 RF-CPICH；黑市實質利率(RRB)等於 RB-CPICH；實質商業本票利率(RCPR) 等於 CPR-CPICH(以上資料皆為月資料)。

由於一時間序列可區分為定態(stationary)與非定態(nonstationary)二種，若為定態則可直接以 VAR 模型分析；若為非定態，必須以差分(difference)或去除趨勢(detrend)使其定態化(須視資料為差分穩定(difference stationary)或趨勢穩定(trend stationary)而定)，是故下節本文先對變數作單根檢定。

以下為實證結果：

一、單根檢定^c

由於本文目的乃在探討因果關係，是故必須以多變數的 VAR(vector autoregression)或 VECM(vector error correction model)來分析。若變數之間有單根，則須再作共整合(cointegration)及 VECM，然後才能作因果關係檢定(根據 Granger Representation Theorem：VECM 及 Cointegration 為一對一關係)。若變數不具單根特性，則直接以 VAR 分析，然後再檢定因果關係。由於以下本文發現各變數皆不具單根，故以下只介紹單根、VAR 及因果關係檢定。

本節將以 the work of ADF(Dickey Fuller,1979,1981), PP(Phillips and Perron,1988), DF-GLS (GLS-detrended Dickey-Fuller)及 KPSS (Kwiatkowski, Phillips, Schmidt, and Shin,1992)方法來對變數作單根檢定。

由表1-4, 可以發現除 RRB 之 ADF 檢定外，其餘檢定皆拒絕 RRB, RRF 及 RCPR 有單根之假設(KPSS 不拒絕各變數皆為平穩時間序列假設)。是故以下本文皆假設各變數(RRB, RRF 及 RCPR) 為平穩時間序列。而單根檢定之最適落後期數則以 SIC (Schwarz information criterion)為最適期數選定準則。

表1: ADF 單根檢定結果: H0:變數有單根

變數 名稱	水準值			一階差分		
	τ_{μ}	τ_{τ}	k	τ_{μ}	τ_{τ}	k
RRF	-0.14**	-4.53**	12	-6.709**	-6.66**	11
RRB	-2.4	-2.41	12	-6.139**	-6.01**	11
RCPR	-3.75**	-4.48**	12	-6.18**	-6.183**	11

註:k:代表由 SIC 所選出的最適遞延期數； τ_{μ} 及 τ_{τ} 分別代表不具時間趨勢與具時間趨勢之單根檢定值；

** 表示 10% 顯著水準下,拒絕變數有單根的虛無假設。

^b 因 AREMOS 利率資料從1980:11開始。

^c單根檢定理論分析，請參考 Green(2000, CH18), Enders(1995, CH4)。

由 ADF 檢定發現，除 RRB 水準值外，其餘皆拒絕有單根之虛無假設，但 RRB 之一階差分檢定則拒絕單根假設。

表2: DF-GLS 單根檢定結果，H0:變數有單根

變數名稱	水準值		
	τ_{μ}	τ_{τ}	k
RRF	-0.549**	-1.527**	12
RRB	-0.549**	-1.527**	12
RCPR	-0.608**	-1.278**	12

註:k:代表由 SIC 所選出的最適遞延期數； τ_{μ} 及 τ_{τ} 分別代表不具時間趨勢與具時間趨勢之單根檢定值；**表示 10% 顯著水準下，拒絕變數有單根的虛無假設。

由 DF-GLS 單根檢定結果得知，各變數皆拒絕有單根之假設，故各變數皆為平穩時間序列。

表3: PP 單根檢定結果:H0:變數有單根

變數名稱	水準值		
	τ_{μ}	τ_{τ}	Bandwidth
RRF	-5.592**	-5.47**	4
RRB	-4.27**	-4.08**	1
RCPR	-5.64**	-5.69**	0

註: τ_{μ} 及 τ_{τ} 分別代表不具時間趨勢與具時間趨勢之單根檢定值,其臨界值分別為顯著水準1%為-3.455; 顯著水準5%為-2.872; 顯著水準 10% 為-2.573; **表示 10% 顯著水準下拒絕變數有單根的虛無假設。

由 PP 單根檢定結果得知，各變數皆拒絕有單根之假設，故各變數皆為平穩時間序列。

表4: KPSS 單根檢定，H0:變數為平穩資料

變數名稱	水準值		
	τ_{μ}	τ_{τ}	Bandwidth
RRF	0.096**	0.098**	11
RRB	0.1953**	0.1679*	11
RCPR	0.126**	0.052**	11

註: τ_{μ} 及 τ_{τ} 分別代表不具時間趨勢與具時間趨勢之單根檢定值。*及**分別表示，在5%及10% 顯著水準下,不拒絕變數為平穩資料的虛無假設。

由 KPSS 單根檢定結果得知在10%顯著水準下(除 RRB 在有截距及趨勢檢定下,為1%顯著水準),各變數皆不拒絕為平穩的時間序列之虛無假設，故可以假設各變數皆為平穩時間序列。

綜合表1-4得知，除 RRB 之 ADF 檢定外，其餘檢定皆拒絕 RRB,RRF 及 RCPR 有單根之假設(KPSS 不拒絕各變數皆為平穩時間序列假設),是故以下本文皆假設各變數(RRB,RRF 及 RCPR) 為平穩時間序列。

由於各變數皆為平穩時間序列,是故以下本文直接以 VAR 作計量實證,以便作因果

關係檢定。反之,若變數為非定態,則必須再作共整合檢定,再透過 VECM,作因果關係檢定。

二、VAR 檢定

1. 雙變數 VAR 分析: RRF, RRB

所謂雙變數 VAR(p)模型乃是:

$$RRB_t = c_1 + \sum_{i=1}^p a_{1i} RRF_{t-i} + \sum_{i=1}^p b_{1i} RRB_{t-i} + \varepsilon_{1t} \quad (1)$$

$$RRF_t = c_2 + \sum_{i=1}^p a_{2i} RRF_{t-i} + \sum_{i=1}^p b_{2i} RRB_{t-i} + \varepsilon_{2t} \quad (2)$$

其中 ε_{it} , $i=1,2$. 為白干擾(white noise), 但彼此可以有相關性(correlated)。

所以在作 VAR 分析之前,必須先決定 VAR 之最適落後期數(p),使得 ε_{it} $i=1,2$. 為白干擾。本文分別以 HQ (Hannan-Quinn information criterion), FPE (Final prediction error), AIC (Akaike information criterion)及 SIC (Schwarz information criterion)^d作為最適落後期數之標準。由 HQ, FPE, AIC 及 SC 指標,皆發現最適落後期數為 $p=1$ (各指標越小越好)^e。

本文發現,RRB 會受到 RRF 前一期的影響,當 RRF_{t-1} 每上升1%, RRB_t 會下降 0.137%,而 RRF_t 本期會上升0.81%;相反的,前幾期 RRB 的變動對 RRF 不會有影響(統計上不顯著),但對 RRB 本身會有影響(統計上顯著);當 RRB_{t-1} 每上升1%, RRB_t 會上升 1.02%。

2. 因果關係檢定(Granger-Causality Test)

所謂因果關係檢定乃是假設若(1)式之 $a_{1i} = 0, i=1,2,\dots,p$, 則稱 RRF 沒有因果關係 RRB; 反之,若 a_{1i} 其中任一項不為 0 ($a_{1i} \neq 0, \forall i$), 則稱 RRF 因果關係 RRB^f; 同理,若(2)式之 $b_{2i} = 0, i=1,2,\dots,p$, 則稱 RRB 沒有因果關係 RRF。反之,若 b_{2i} 其中任一項不為 0 ($b_{2i} \neq 0, \forall i$), 則稱 RRB 因果關係 RRF。最後,若同時 a_{1i}, b_{2i} 其中任一項不為 0 ($a_{1i} \neq 0, b_{2i} \neq 0, \forall i$), 則稱 RRB 與 RRF 為雙向因果關係 RRF。

其虛無假設 $H_0: RRB \not\rightarrow RRF$: 代表 RRB 變數沒有因果關係 RRF, 亦即

$$H_0: b_{21} = b_{22} = b_{23} = \dots b_{2p} = 0; \quad H_1: \text{至少有一 } b_{2i} \neq 0, i=1, 2, \dots, p.$$

而因果關係檢定其統計量為 $\chi(p)^2$: 卡方分配自由度為 p (VAR 之最適落後期數) ($H_0: RRF \not\rightarrow RRB$ 亦同)。

以下為成對因果關係檢定結果

^d 最適落後期數之統計指標參 Eviews 4.1 user's guide。

^e 因篇幅限制,本文未附報表,有興趣讀者可向作者索取。

^f 計量方法論上對於如此的定義稱為"因果關係",仍有爭議或許該定義為領先-落後較恰當。在此,本文沿用舊習。

表5: 虛無假設: $H_0: A \nrightarrow B$

$H_0: A \nrightarrow B$	$\chi^2(1)$	P
RRB \nrightarrow RRF	1.7	0.1929
RRF \nrightarrow RRB	9.165*	0.0025

註: $\chi^2(1)$ 自由度為1的卡方分配; $A \nrightarrow B$: 代表 A 變數沒有單向因果關係 B 的虛無假設; "*" 表示 5% 顯著水準下, 拒絕變數沒有單向因果關係的虛無假設。

由上表發現, 當虛無假設為 RRB 不會因果關係 RRF 時, $H_0: \chi(1)=1.7$, 其 P-value=0.1929, 是故不拒絕此虛無假設; 相反的, 實質銀行利率 RRF 不會單向因果關係黑市實質利率 RRB 時, $\chi(1)=9.165$, 其 P-value=0.0025, 是故實質銀行利率 RRF 不會因果關係黑市實質利率 RRB 之假設則被拒絕; 是故從雙變數的 VAR(1) 模型分析發現, 實質銀行利率 RRF 會單向因果關係黑市實質利率 RRB。

接下來如同李建慧(2001)一文, 下節本文加入實質商業本票利率 RCPR 變數, 結果發現亦不影響上述結論, 也就是實質銀行利率同時對實質商業本票利率, 黑市實質利率存在單向因果關係, 而實質黑市利率與實質商業本票利率則不存在相互因果關係。

3. 三變數之 VAR 分析: RRF, RRB, RCPR

由 HQ、AIC、FPE 指標發現 VAR 以落後3期最佳(SC 則為落後1期最佳)[§]。

本文發現, RCPR 會受到本身前三期的影響, 及前一期 RRF 的影響, 而 RRF 只受到本身前一年的影響, RCPR 及 RRB 皆不會影響到 RRF, 接下來作成對因果關係檢定, 結果亦可得知以上結論。

4. 成對因果關係檢定(Pairwise Granger-Causality Test)

表6: 虛無假設: $H_0: A \nrightarrow B$

$H_0: A \nrightarrow B$	$\chi(3)$	P
RRB \nrightarrow RRF	2.482	0.478
RCPR \nrightarrow RRF	2.384	0.496
RRF \nrightarrow RRB	14.88	0.0019**
RCPR \nrightarrow RRB	2.62	0.455
RRF \nrightarrow RCPR	9.71	0.02*
RRB \nrightarrow RCPR	2.81	0.42

註: $\chi(3)$ 自由度為3的卡方分配; $H_0: A \nrightarrow B$: 代表 A 變數沒有單向因果關係 B 的虛無假設; * 及 ** 分別表示 1% 及 5% 顯著水準下, 拒絕變數沒有因果關係的虛無假設。

由上表發現, RRB, RCPR 不會單向因果關係(Granger Cause) 實質銀行利率 RRF; 而實質銀行利率 RRF 卻分別會單向因果關係(Granger Cause) 黑市實質利率 RRB, 實質商業本票利率 RCPR。

是故從三變數的 VAR(3) 分析發現, 即使加入實質商業本票利率亦不改變黑市實質

[§] 如註5說明。

利率乃受到實質銀行利率影響的結果而且實質商業本票利率亦受到實質銀行利率的影響。

參、結論

從以上分析可以發現，因為金融市場之實質成本為實質利率，一旦模型分析不以實質利率為研究對象，則反而會得到“虛無結論”(Spurious implications)。因為名目利率變數包含實質利率加上預期通貨膨脹率，是故名目利率所得到的分析結果很可能是因為受到預期通貨膨脹率的影響。所以，名目利率的單根或共整合檢定，其實是受到通貨膨脹率的左右，一旦名目利率扣掉通貨膨脹率後(即實質利率)，則實質利率變數才是真正“淨化”後的單純變數，是故其時間序列才能真正反映變數之間的特性。

是故一旦以實質利率為變數，本文發現反而實質利率不再有單根特性。可見原本有單根的序列，名目利率減去通貨膨脹率後，反而成為平穩(stationary)的實質變數序列，是故本文建議應以實質變數作為往後研究對象，才是正確作法。一旦以實質利率為變數後，本文發現其實是實質銀行利率影響黑市實質利率，而非黑市實質利率影響銀行利率；即使加入三個月商業本票利率後，亦不影響結論；也就是實質銀行利率同時對實質商業本票利率，黑市實質利率存在單向因果關係，而實質黑市利率與實質商業本票利率則不存在相互因果關係。

參考文獻

中文文獻

1. 李建慧, “銀行利率與黑市利率因果關係之研究”, 亞太經濟管理評論, 4(2), 2001/3, 頁77-100
2. 楊雅惠, “雙元性金融體系下利率管制政策之經濟效果”, 經濟專論, 43, 台北: 中華經濟研究院, 1984 a。
3. 楊雅惠, “影響民間借貸利率之因素”, 貨幣市場簡訊, 30卷, 1984 b, 頁6-10。
4. 許嘉棟, “我國銀行利率與黑市利率之關係理論與實證”, 中國經濟學會年會論文集, 1986, 頁77-97。
5. 黃登興、許嘉棟、林培洲, 「金融管制與資金市場區隔下自由化政策的福利效果」, 台灣金融情勢與物價問題研討會, 中央研究院, 台北, 1990

英文文獻

1. Dickey, D. A. and W. A. Fuller, “Distribution or the Estimations for Autoregressive Time Series with Unit Roots”, Journal of the American Statistical Association, 74, 1979, pp. 427-431.

- 2.------. "Likelihood ratio tests for auto regressive time series with a unit root.",
Econometrica, 49,P1057-1072,1981
- 3.Elliott, G., T.J., Rothenberg and J.H. Stock, "Efficient Tests for an Autoregressive unit
root", Econometria, 64(4),P813-836,July 1996.
- 4.Enders, W., "Applied Econometric Time Series", John Wiley and Sons Inc. 1995.
- 5.Green W.H. "Econometric Analysis 4ed.", Prentice Hall 2000.
- 6.Kwiatkowski, D., P. C. B. Phillips, P. Schmidt and Y. Shin, "Testing the Null Hypothesis of
Stationarity against the Alternative of a Unit Root: How Sure Are We that Economic Time
Series Have a Unit Root?, Journal of Econometrics, 54, 1992, pp. 159-178.
- 7.Phillips, P. C. B. and P. Perron, "Testing for a Unit Root" Biometrika, 75, 1988, pp.
1361-1401.

從日語語法特徵來看日本人的行為模式

From Japanese's characteristics to analyze Japanese's behavior pattern

鍾錦祥

Chin-Shung Chung

東南科技大學 餐旅管理系 助理教授 Assistant Professor Department of Hospitality Management

摘 要

本文是從日語語法上的特徵，來探討日本人思維與行為模式，以便增進國人對日本人與日本文化等有更深一層了解，以加強台、日之間的相互認識與合作。

本文共分五節，第一節就日語分常體與敬語，而敬語又分客氣的敬語(丁寧語)、尊重的敬語(尊敬語)和謙虛的敬語(謙讓語)，來說明其使用對象與場合。第二節介紹日語的建前(客套話)與本音(真心話)之分。第三節從日語的「語言明瞭、意味不明」，來說明日語深藏背面難懂、奧妙之處。第四節說明日本人習以否定的語法來請求或徵求他人意見之原因。第五節則為結論與建議，僅供各位先進與社會大眾參考與指正。

關鍵字：建前、本音、丁寧語、謙讓語

壹、前言

雖然隨著科技的發展，空中交通與網路通訊的發達，進入天涯若比鄰的地球村時代，在這個國際間交流頻繁的時代，不同國家、不同種族之間，彼此之間真的比較了解對方？或是真的深入明白彼此文化的差異所在？答案並非肯定的，因為絕大多數的了解是受娛樂為主流行文化的影響，某些時候會受到誤導，尤其是年輕世代受到影歌星、偶像文化的影響甚為深遠，因而往往只看到某國較淺層的文化，就誤認某國所有的一切都是完美無缺的，而一味的崇拜，甚至諂媚。例如：在本人上有關日本語文與文化的課程當中，據調查有不少選這類課程的同學是因為喜歡日本偶像、動漫、電玩等而選此一課程，但經過修習之後，絕大多數同學會發現其所認知的日本與課程內容有相當的落差，有的同學因而恍然大悟，有些同學則似乎難以置信而半信半疑，必須經不斷的說明與舉出具體實例，才能夠將其原來的想法轉變過來。

二次世界大戰之後，台日關係不僅經貿關係密切，雙方文化交流與人員來往亦甚為頻繁，每年日本人訪台人數超過百萬人次，台灣前往觀光的人數亦達百萬人次以上，但是真正了解日本文化與日本人的為數卻並不多。從語言來看，每一個國家因其語言不同，其行為與思考模式亦不同，因此本文將從日本語文的語法特徵來探討日本人的行為與思考模式，讓國人更了解日本人與日本文化，以便面對日本人之際，可以互相尊重與了解，並表現出不卑不亢之大國風範。

貳、日語語法特徵與行為模式

一、階級性

一般來說，學習日與最麻煩與困難之一，就是同一句話、同一個字會有二、三種以上的表現法，最主要是因身分與地位的不同、年齡、上司與部屬、外人與家人、男女及不同場合等，而有不同表現。其複雜程度，有不少地方連日本當地的人本身也會搞混用錯，那就遑論是外國人了。

而表現日語階級性的就是：日語同一句話或同一個字，可以分成常體、敬語兩大部分。常體就是日文的原型，如動詞のある(有)、出来る(會)、行く(去)等；形容詞有おいしい(好吃)、やさしい(溫柔、體貼)等。使用常體的時候，通常是家人、同輩、同學、好友之間及上對下。所謂上對下就是地位與身分較高的人對地位、身分較低的人使用，反之，身分較低的人是不可以用常體對身分較高的人，否則將引起對方不悅，甚至動怒。因此假如看到兩位日本人對話，其中一位用常體，而另為一位用敬語，則表示兩位的身分是不對等的。

至於敬語就更複雜了，其使用方法會因時、地、人物對象等不同，而有不同的表現方式。就敬語而言其可分為三種，即客氣的敬語(丁寧の敬語)、尊重的敬語(尊敬の敬語)和謙虛的敬語(謙讓の敬語)。

首先就「客氣的敬語」來看，使用客氣的敬語就是要讓對方聽起來感到和善、親切，使彼此之間沒有距離與隔閡感。可以在任何社交場合使用，即使購物之際亦可使用，都不會令對方感到突兀或不愉快。例如在商店購物時向店員說：「これは　いく

らですか。」(這個多少錢), 或者對路上相遇並不相識的人說:「今日、あついですね。」(今天好熱)、「あなたは若く見えます。」(你看起來很年輕)等。類似這種以「です」、「ます」來表現的型態, 就是所謂的「客氣的敬語」。

接著就「尊敬的敬語」來看, 「尊敬」顧名思義就是向長輩、老師及各行各業學有專精者等, 表達一種尊敬之意。例如對老師說:「先生のお帽子は、どちらですか。」(老師您的帽子是哪一頂?)、「先生の御健康を心より祈ります。」(衷心的祝福老師您身體健康)、「もうすぐ、社長がお見えになるそうです。」(好像很快就可以見到董事長了)、「ご安心ください。」(請放心)、「先生は来られますか。」(老師您能來嗎?)。像這種在漢字的字與詞前面加上「お」、「御」, 如お酒、お茶、お世話、御飯、御指導、ご親切等, 都是屬於「尊敬的敬語」。另外, 在普通動詞的連用形前後加「お……になる」、「お(ご)……ください。」與「……れる或られる」也是屬於尊敬的敬語。還有為了表達尊敬之意, 以下動詞則用另外的動詞來呈現, 如行く(去)、来る(來)、いる(有)則由いらつしやる來代替, 而食べる(吃)、飲む(喝)、吸う(吸)則由召し上がる來代替等等。

一般而言「尊敬的敬語」, 對於值得尊敬之人, 無論談話的對象是誰, 只要談論到有關的話題, 都應該使用之。換言之, 只要談話內容涉及值得尊敬的人, 就必須使用, 而非只限於直接跟值得尊敬人談話時才使用, 換言之, 如同學、公司行號從業人員等與外人(無論其身分地位)只要談論到師長或上司, 也都要用尊敬的敬語。一般來說尊敬的敬語也可和客氣的敬語一起使用, 如「こちらが先生のお宅ですね。」、「お宅」是話題上尊敬語, 而「です」則是針對老師來表示敬意的客氣敬語。

最後就「謙讓的敬語」來看, 說話者無論其身份、地位、年齡等, 對於其說話的對象以低下的姿態也就是謙卑的語法來表示敬意。一般而言, 日本服務業的從業人員對於在服務顧客時, 習以此謙卑的語法來表現其願意盡心盡力服犬馬之勞, 讓顧客能有賓至如歸的感受, 如餐廳服務員說:「ごゆっくり、お召し上がりくださいませ。」(請慢用、失禮了)、「かしこまりました、コ-ヒ-でございますね。」(遵命。您要的是咖啡吧!)。除此之外譬如學生對於師長亦可用此一話語, 如「私が先生にお土産を差し上げます。」(我贈送土產給老師)、「私が先生から本をいただきます。」(老師贈送書給我)。這裡無論「差し上げます」(贈與)或「いただきます」(接受), 都是屬於「謙讓的敬語」, 表示主動行為者比其行為對象地位來得低。除此之外, 就是有時政治人物在面對選民時也會使用謙卑的敬語以博取大眾的好感。換言之, 就是說話者會刻意降低自己的身分地位, 來向對方表示敬意, 這類常見的動詞有; 拜見する(看)、参る(去)、いたす(做)、申す(說)、かしこまりました(遵命)、お目にかかる(見面)等等。

二、建前與本音

日本語的「建前」即客套話, 而「本音」則是真心話。世界各國語言, 在日常生活中人與人的對話當中, 為了人際關係的平順與和諧, 或多或少都會有所謂的客套話和真心話之分, 但是像日本人在公共場合使用客套話有這麼高的比例的恐怕不多。日本人習慣說:「請到我家坐坐。」這是外國人初到日本, 時常會聽到的邀約, 但是如何分辨這是真心的邀約還是客套的外交辭令? 起初外國人往往會誤以為是朋友熱情的邀約, 並想藉此了解日本人的家庭文化等, 若真的貿然前去拜訪, 這樣往往會令對方的來訪面露難色, 使雙方尷尬不已, 讓人有失禮與搞不清楚狀況的想法, 在勉強應付

與招待下，雙方只能匆匆結束這趟不甚愉快的邀約。一般來說，現代日本人的家裡並不大，稱之「兔子小窩」，所以非必要則不常招待朋友至家裡坐坐，除非是相當的知己才会有真心邀約到家裡一坐的情況產生，因此對於習以「建前」表達的日本人，對其邀約等，是有要好好仔細推敲、推敲其背後的真意才行，以免造成以上類似尷尬的場面。

除此之外，日本人亦習慣於社交與公開場合稱讚別人，像在日本的美食節目裡，品嚐的藝人幾乎都會唱作俱佳的說：「おいしい」（美味好吃）或「うまい」（好吃可口）。無論有多少位品嚐者，只要有人說了「おいしい」後，大家幾乎都異口同聲的說：「おいしい」、「うまい」，請不要誤會這道料理一定是人間美味，因為大家都這樣說，一定不會錯啦！當然也有可能這道料理真的很好吃，不過也未必是肯定的，因為日本人有一種集體主義的思維，在傳統日本齊一或劃一式的教育之下，在團體當中是不容許有異議不同份子的存在，如果有異議產生，定會受到其他份子的排擠或敵視。因此何以說這道料理未必真的美味就是這個道理。

因為日本人讚美別人是一種習慣，所以聽到日本人讚美任何實情，自己都還是要衡量一下，真假只有靠個人的理解力好好去判斷，最重要的就是不要高興過了頭。不過話說回來，就社交人際關係而言，多說一些讚美的話準沒錯。初到日本求學時，本人的指導教授：汲田老師就曾告訴我說讚美的話：「嘘でも嬉しい」（即便是謊話，聽了也高興），畢竟人都喜歡聽好聽與讚美之言。日本最近有一位作家森京子也說：「日本人習慣說客套話與讚美的話，是一種有禮的謊言」。

雖然多說讚美之言或客套話，在優點上就是可以不當面得罪人，可維持人際關係的平順與和諧，使社會表面維持一種和諧有禮的現象；但就另一方面來看，如果人與人之間過度的表面虛應，而無法放開心胸與人真心的對話，那人與人之間自然會形成一道看不見的鴻溝，造成人際上的疏離感，也未必是好的，這就是國人喜歡形容日本人為「有禮無體」（閩南語）的原因。

三、語言明瞭、意味不明

所謂「語言明瞭、意味不明」就是「話說的很清楚，但所要表達的意思並不清楚」，也就是每句話字字清楚，也沒有文法或邏輯上的問題，但是真正的意思就要靠旁敲側擊才能夠真正的了解其涵義。日本人這種語言表達方式，不僅外國人往往摸不到邊，甚至誤解其意，有時連日本人自己也弄不清楚，而一頭霧水。一般而言，日本的政治人物與商業人士最喜歡用此方式來表達，因不願直接得罪選民與顧客，所以會採用這樣的說話方式。

日語當中這種「語言明瞭、意味不明」最典型與最具代表性的就是「はい」這個字。一般外國人學這個單語的時候，絕大多數都會把它當作「是的」，即英文的「yes」來解釋。的確「はい」在某些場合的確是當作「是的」，即同意之意；但某些時候僅表示「我在聽你講」、「我知道或了解你所講的」、並沒有一點「同意」之意。因此有些外國人，並不了解「はい」具有這種「語言明瞭、意味不明」的奧妙，往往在外交與商務談判上，當日本人滿口「はい」、「はい」、「はい」，如果不了解真意的話，會以為日本人這麼爽快的答應所提的事或條件，所以滿心歡喜的以為談成一筆交易，但事後往往石沉大海，沒有下文，此時在去追問對方原委，此時日本人會告訴你說：「其並沒有同意任何事情，他只是瞭解你所說的而已，是你自己的誤解。」許多人此時才恍然大悟是自己不瞭解日本文化而造成的誤解，枉費白高興一

場。

除了「はい」以外，日本人在談判與討論事情當中，如果不同意對方的意見或想法之際，也不會直接表達不同意，而會說「検討します」(讓我研究一下)，有時外國人聽了這句話後抱著很大的希望和期待，實際上日本人說的「検討します」，十之八九是表示拒絕或不同意，所以沒有在多方面確認時最好別抱太大的希望。另外，如日本公司要裁掉某位員工，其上司找他去談時，一定不會明講對其那些不好等等，而會說：「某某你出身名校，真的很優秀，可惜本公司並沒有好好重用你等等...」，其中「可惜本公司並沒有好好重用你等等。」表示公司不需要你了，而非真的要好好重用你，所以自己要有自知之明，知所進退。

日本人這種「語言明瞭、意味不明」，限於篇幅無法一一列舉，只是要讓大家了解與日本人說話，尤其在談判上，要特別注意他們這種語言表達方式，方能抓住其話裡的「眉角」，了解其真意，以免白忙一場或被誤認為 KY。KY 是日語「空氣が読めない。」(搞不清楚狀況)，其羅馬拼音「KUKI YOMENAI」的字首。日本前首相麻生太郎，因其常說出一些話，令民眾感到其對許多事情是搞不清楚狀況的，而被日本媒體與民眾稱為 KY。

四、否定的表達語法

「日本人在邀約或請求對方作某些事情而徵詢對方意願之際，習慣以否定的語法來表現」(光井祐介，2010)，這種語法表達方式與中文有很大的差異。譬如國人在接待日本客人之際，如果對日本人這種習慣以否定的語法徵詢對方意見的方式，而有所不了解的話，而直接以中文習慣來表現日語時，就會造成對方某種程度的壓迫感，感覺不是很親切。例如：在問對方要不要喝茶時，就會很自然的說：「お茶を飲みますか。」(要喝茶嗎?)這句話無論在日語的語法上或意思表達上完全正確，可是聽在日本人的耳裡卻是一句不算禮貌的話。那到底要如何表達才算客氣與禮貌呢？簡單的說就是要用「お茶を飲みませんか。」(不要喝茶嗎?)或「お茶は いかがですか。」(喝茶好嗎?)。

中文與日文表達為什麼又那麼大的差異呢？原因之一是日本人於日常生活中，除了公務之外，一般不習慣去請求別人作任何事情，另外，日本人對於別人的請求會儘可能不去拒絕。而在上述之日語「お茶を飲みますか。」中文：「要喝茶嗎？」而「要」是一種肯定的意思，因此對日本人而言，聽來就是既然「你要我喝茶」，會因此不好意思拒絕，所以我只好喝茶，有一種被強迫的感覺。反之用「お茶を飲みませんか。」中文：「不要喝茶嗎？」而「不要」是一種否定，因此對日本人而言，聽來就是「我可以選擇不喝茶」。簡單的講就是日語的否定徵詢語法，表示允許對方有選擇權「說不」，但也可以選擇「說好」之意，因此顯得較委婉、客氣，沒有被強迫中獎之感。這就是文化上的差異，無法單純用表面上的語意來解釋的，不得不瞭解與注意。

參、結論與建議

一、結論：

(一) 俗話說「橘逾淮為枳」，日本人雖然外表與我們同屬東方人，外表看似無異，也深受中華文化影響，但就語言與法的表達方式上卻有很大的差異，值得去探討與了解。

(二) 要了解一個民族的文化，不可只看表面，必須從各方面深入分析研究，方可達到「知己之彼、百戰百勝」。

(三) 日語以尊重別人意願，不隨意請求他人去做某些事，即尊重別人的精神是值得我們學習的。

二、建議：

(一) 日語的敬語隨然可以分為客氣的敬語(丁寧語)、尊重的敬語(尊敬語)和謙虛的敬語(謙讓語)，為了避免用錯失禮，在平常不知該如何使用何種敬語為最恰當之際，最好就使用客氣的敬語(丁寧語)最為保險，因為這樣就不會有失禮之問題了。

(二) 台灣與日本不僅近在咫尺，而又有緊密的商貿與觀光旅遊關係，因此有必要在大專院校開設有關日本文化等課程，以免國人只看到日本文化的表象，而流於諂媚與盲目的崇拜，而表現出不卑不亢、相互尊重之大國風範，並能「知己之彼、百戰百勝」。

(三) 在全球化與地球村的時代裡，世界各國之間，無論科技、經貿與人員網來越來越頻繁與緊密，因此除了有關日本文化之外，各大專校院有必要加強世界各國文化的研究，與開設類似之課程，以增進國人之國際觀。

參考書目

- 一、司馬遼太郎、山崎正和(1986)。《日本人内外》。東京：中公新書。
- 二、鈴木康之(1977)。《日本語文法の基礎》。東京：三省堂。
- 三、宮本常一(2005)。《炉辺夜語-日本人のくらしと文化》。東京：何出書房社。
- 四、北原保雄(2004)。《問題な日本語-どこがおかしい？何がおかしい》。東京：大休館書店。
- 五、金谷武洋(2010)。《日本語は敬語があって主語がない》。東京：光文社。
- 六、野口恵子(2009)。《バカ丁寧化する日本語-敬語コミュニケーションの行方》。東京：光文社。
- 七、蒲谷宏、金東奎(2010)。《敬語コミュニケーション》。東京：朝倉書店。
- 八、光井祐介(2010)。《日華表達習慣與教學應用》。國立政治大學華語文博碩士學位學程碩士論文。
- 九、土居健郎(1985)。《表と裏》。東京：弘文堂。
- 十、土居健郎(1971)。《「甘え」の構造》。東京：弘文堂。

優秀羽球選手心跳和血乳酸之反應

Heart Rate and Blood Lactate Response to Intense Exercise In Elite Badminton Players

常震中

Chen-Chung Chang

東南科技大學 通識教育中心 副教授 General Education Center of TungNan University

摘 要

本研究之目的在於探討優秀羽球選手對劇烈運動的心跳及血乳酸之反應，並決定羽球比賽中心跳對於乳酸的預測能力。4位台灣的優秀羽球選手參加了一次間歇性訓練和1場單打比賽，測試結果表明：在羽球訓練和比賽中相對於心跳而言血乳酸是一項更好的監控運動強度和疲勞程度的指數，進而在訓練和比賽中不同的血乳酸讀數表明；訓練具有高度的無氧性，而比賽時強度低很多且具有很高的有氧性。血乳酸值與疲勞恢復指數的高度相關說明疲勞恢復指數亦是一種簡單易行且可靠的監控羽球運動強度的方法。

關鍵字：乳酸、疲勞恢復指數

Abstract

The purpose of the present is to investigate the heart rate and blood lactate response of elite badminton to intense exercise and determine the predicting power of heart rate for lactate in badminton. Four elite badminton players from Taiwan participated in an all-out interval training session and two single's games. The test results showed that lactate is a much better measure of intensity and fatigue than heart rate in badminton. Furthermore, the different lactate readings in practice and in competition suggest that while the practice sessions are highly anaerobic, the actual games are far less intense and more aerobic. The high correlation between the lactate values and the self-reported recovery scales implied the usefulness of the latter in monitoring physiological stress in badminton.

Keyword : Lactate 、 Recovery scale

壹、緒論

一、研究動機

對於運動中血乳酸反應這個話題，生理學家相當有興趣已經超過50多年了，但是很多運動項目近年來血乳酸才像心跳一樣，成為運動實驗中常規測試的項目，這主要是由於：一、新進研製的化驗方法和自動分析儀，使得取樣變得更方便而測試準確性增加。二、對於運動中乳酸反應的預測和評估能力之增強。

大量研究表明在運動表現和乳酸相關的變數之間，存在著一種強烈的反向關係，這種關係不但反應在中央循環系統把氧氣輸送到運動中的肌肉上，而且反應在肌肉系統使用氧氣之能力上（Billat，1996）。然而很多研究者認為，在血乳酸無法直接測量之情況下，可以使用心跳來推知乳酸水準並達到一定之準確性。（Snyder，Woulfe & Welsh 1994）

羽球是世界上最快速的球拍類運動之一，它要求有快速的反應和極好的體能，除了高水準的技術要求和精神上之敏銳感，羽球體適能的必備要件包括：速度、耐力、力量和身體的靈敏度。在國際高水準之比賽中，羽球之擊球速度可超過每小時200英哩，在優秀選手的層面上羽球是一種集有氧和無氧二種能量系統的運動。具體使用何種系統取決於每回合的時間長短與整個比賽的持續時間。羽球可成為一項終身運動項目，在1場典型的2局比賽中，選手可跑達到約1英哩之距離，羽球在世界各國變得越來越流行。從國際範圍來看，在奧運期間有超過11億人通過電視觀看羽球比賽轉播。

二、研究目的

本研究之目的在於探討優秀羽球選手在比賽和間歇訓練中，心跳和血乳酸的反應，這一知識的獲得可幫助教練微調訓練計劃，並判定影響運動表現的因素。

三、研究限制

本研究的限制如下：外在效度受研究對象數目之影響，內在效度受到研究對象的體能、訓練狀態以及營養狀況影響。因此測得之血乳酸反應在解釋時需要謹慎從事。

四、名詞解釋

有氧糖酵解（Aerobic glycolysis）：耐力類型運動中使用氧氣之能量系統。

有氧代謝（Aerobic metabolism）：使用氧氣的代謝反應過程。

無氧糖酵解（Anaerobic glycolysis）：在高強度短時間的運動中不使用氧氣之能量系統，時間不超過30秒。

無氧代謝（Anaerobic metabolism）：不使用氧氣的代謝反應過程。

無氧拐點（Anaerobic threshold）：指一種運動強度，在此強度下磷酸肌素（creatine phosphate）水酵解（Hydrolysis）和糖酵解（Glycolysis）急遽上升，導致血乳酸產量急速增加，肌肉中磷酸肌素下降。

磷酸肌素系統 (Creatine phosphate system)：快速劇烈的運動所使用的能量系統，使用時間不超過5~10秒。

肌肉類型 (Fiber type)：根據肌肉纖維的促酶 (Enzymatic) 及代謝特徵進行的肌肉纖維分類。

乳酸拐點 (Lactate threshold)：指一種運動強度，在此強度下血液或肌肉中的乳酸堆積急遽上升，又稱作血乳酸堆積之起點 (Onset of Blood Lactate Accumulation) / (OBLA)。

乳酸 (Lactate)：丙酮酸 (Pyruvate) 分解之產物。

均衡狀態下之最大乳酸值 (Maximal Lactate at Steady-State) / (MLSS)：在運動的第10到13分鐘之間，血乳酸值增量小於1.0 mmol / L，運動達到最高強度。

過度訓練 (Over training)：造成身體超負荷之訓練，身體無法適應進而運動表現下降。

疲勞恢復指數 (Recovery scale)：用來了解選手在運動前後疲勞程度的自製問卷。

呼吸拐點 (Ventilatory threshold)：運動中呼吸增快、代謝酸中毒 (Acidosis) 發生。通常在漸進式運動測試中發現。

名詞解釋出處：“Exercise Physiology: Exercise, Performance, and Clinical Applications” by Roberts A. Robergs and Scott O. Roberts.

貳、文獻探討

根據美國羽球協會的統計，羽球的速度和耐力的要求大大高於其它球拍類運動項目。在1985年全英網球錦標賽上 Boris Becker 以6 - 3, 6 - 7, 7 - 6, 6 - 4戰勝 Kevin Curren。在1985年世界羽球錦標賽上，中國大陸選手韓健以14 - 18, 15 - 10, 15 - 8，戰勝丹麥的球王 Morten Frost，以下就是這二場比賽之統計對比：

- 一、比賽時間：網球 3 小時 18 分鐘，羽球 1 小時 16 分鐘。
- 二、擊球時間：網球 18 分鐘，羽球 37 分鐘。
- 三、比賽強度：網球 9%，羽球 48%。
- 四、來回擊球次數：網球 299 回，羽球 146 回。擊球次數：網球 1004 次，羽球 1972 次，每回合的擊球次數：網球 3.4 次，羽球 13.5 次。
- 五、跑動距離：網球 2 英哩，羽球 4 英哩。

值得注意的是，羽球選手比賽時間是網球選手比賽時間之一半，但跑動距離和擊球次數卻是網球選手的二倍。

根據 Gaitanos、Williams、Boobis 和 Brooks (1993) 及 Gollnick 和 Hermansen (1973)，人體有三種能量系統，每種系統都有以不同方式產生能量之能力，但是它們的最終共同目標是一致的：產生 ATP (三磷酸腺苷)。ATP 是人體可以直接使用的唯一能量形式，因而是影響運動表現的最主要因素，ATP 分子用無機磷酸的化學連結

方式儲存潛在能量。ATP 的一般結構式是酸腺苷—Pi—Pi—Pi 其中磷 (Pi) 是無機磷酸，第二個和第三個磷酸的連接處可以分開，產生 ADP (二磷酸腺苷)、Pi (磷) 和能量，產生的能量被身體利用，ADP 最後重新合成 ATP。

磷酸肌素系統 (Creatine Phosphate system) / (CP)：磷酸能量系統僅能使用在快速的和劇烈的運動中，身體只能使用磷酸能量系統每次5到10秒鐘。基本上 CP 分子會被分解，磷酸會被用來製造 ADP 和 ATP，後者會很快被使用成為能量來源，然後需要休息一段時間，一般需要幾分鐘，以使得肌酸重新合成磷酸肌素 (CP)。此系統不需要氧氣來運作而且非常快速，因此本系統只會被爆發力型的選手使用 (例如：投擲項目、舉重選手、短跑選手的起跑)，此系統也許會通過訓練有所提高，但是大多數選手並不適用 (例如：耐力項目)。

有氧糖酵解 (Aerobic Glycolysis)：大多數耐力選手用來訓練和比賽的能量系統。它具有產生能量之最大潛力，但需要氧氣來工作而且過程相當緩慢，因此它適用於次大 (Sub-maximal) 均衡狀態的運動，可以通過脂肪和葡萄糖的氧化產生幾乎無限量的 ATP，但它無法適用於高強度的訓練及運動，因為此系統離開氧氣就無法運作，而且無法很快的產生能量以供身體的能量需要。在有氧糖酵解中葡萄糖被分解成丙酮酸作為終極產物。丙酮酸會被利用為另一種能量來源並被循環回系統中去，此系統可通過連續的訓練而被改進，最主要是通過增加粒腺體的密度和數目進而使得肌肉可以更容易的氧化脂肪和糖而實現。另外可通過訓練增加毛細血管以使血流增加，進而供氧量增加。

無氧糖酵解 (Anaerobic Glycolysis)：在高強度的動運中使用的能量系統。當細胞中所含有氧氣不足以完成有氧糖酵解時，此系統就會取而代之。此系統只可以使用葡萄糖和肝糖作為燃料，不能使用脂肪，但它運轉的速度會較有氧糖酵解為快，而產 ATP 的數目有限。與有氧糖酵解產生丙酮酸作為終極產物相反，無氧糖酵解在運動中會產生乳酸，高的乳酸水準在運動中會使身體產生疼痛，並降低肌肉之 Ph 值並導致關閉能量的產生路徑。此系統可通過高強度的間歇訓練以達到改進，其中通過間歇訓練達到的一個適應性過程，就是二類 B 型肌肉纖維會變得有某種有氧性，因而血乳酸開始大量在血中堆積的一點 (血乳酸拐點) 就會提高。另外一種適應過程就是二類 B 型肌肉纖維通過訓練變得更能使用乳酸作為燃料，並能循環使用它。基本上我們的身體可以學習如何更快的從血液中清除血乳酸，這有助於抵銷由高強度運動帶來的常見的血乳酸增加之情況。

近年來共通的看法是對於長時間的劇烈運動的代謝反應可以分為二個階段：(1) 可以長時間維持在一種均衡狀態上的負載，經過2到5分鐘以後可以建立起一種全面性的有氧能量供給狀態，其特徵是血乳酸的產生和清除在低水準上的平衡。(2) 額外的網絡須要形成，血乳酸須要堆積以維持爆發力輸出的負載。此種負載通過干擾肌肉和整個身體的內在生物化學環境，引起高的或最大的酸中毒，導致衰歇和疲勞。在這二個代謝階段中間存在一個過渡階段稱之血乳酸拐點 (LT)，即從純粹的有氧代謝向額外的酵解能量供給轉變，其特徵是血乳酸相對於爆發力輸出和時間而言，呈現陡的和非線性增加。如圖1。

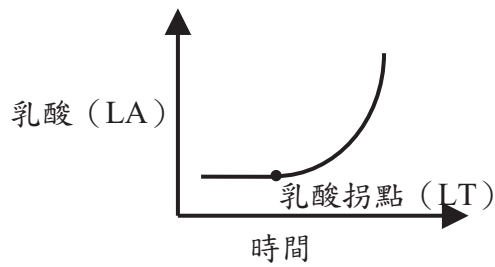


圖1

其它類似的概念包括無氧拐點（AT），呼吸拐點（VT）以及血乳酸堆積的起點（OBLA）（Kajiser, 1954）。這些概念不盡相同但經常通用，基本上這些名詞通指一種可以維持很長時間的運動強度或拐點，並通常表述為最大攝氧量（VO₂ max）的百分比。超過乳酸拐點由於乳酸在血液中的過度堆積造成疼痛並關閉肌肉的能量產生路徑，使人無法持續長時間劇烈的運動。

在高強度運動中，由於缺氧和葡萄糖分解而產生乳酸，乳酸造成肌肉中的 pH 值降低而產生疼痛，並使得肌肉的生物化學功能無法在最佳狀況下正常運轉。即使在休息狀況下仍然會有乳酸產生，但由於乳酸產生的速度等於清除的速度，所以沒有淨的乳酸堆積。在低強度均衡狀態運動中，儘管乳酸會增加，身體還是可以很快的清除掉，以避免過度堆積。在某一特定運動強度上（拐點），身體變得無法很快的將乳酸清除掉，結果是乳酸產生量大於清除量，形成乳酸堆積而造成疼痛。根據對運動的疼痛忍受程度，此後運動一般會很快的停止。

因此，LT 和 OBLA 實際上是在講乳酸的堆積量大於清除量開始的那一點。VT 是指運動中每分鐘呼吸的次數開始作非線性的增加，這是由於血液中的二氧化碳的大量增加所造成的，因為我們身體必須依靠二氧化碳來抵抗乳酸，但過量的二氧化碳必須透過額外的呼吸將其排出體外。AT 是指通常與高乳酸水準相連繫的運動中，無氧過程取代有氧過程的運動強度，AT 事實上是一種容易引起誤導之概念，因為多數運動都涉及有氧和無氧二種過程，但是 AT 這種說法還是被廣泛接受的。LT 和 OBLA 基本上是完全相同的概念，而 VT 通常發生在 LT 之後，因為必須要有一定的乳酸堆積才會產生過量補償的呼吸效果，以排除額外的二氧化碳。

Keul (1973) 探討了自行車運動項目中，心跳和血乳酸的關係。他使用的是每六分鐘增加一次工作負載的辦法，結果表明心跳每分鐘超過120下才首次觀察到血乳酸水準的增加。

此後 Conconi、Ferrari 和 Ziglio (1982)，探討了210名跑步選手其跑步速度和心跳率之關係。在400公尺的跑道上選手以每小時12到14公里的初始速度連續跑至根據各自能力決定的次大速度。在所有的選手身上當他們達到次大速度時，都發現與預期中的跑步速度與心跳率之間的線性關係相背離的現象。這些作者還證明心跳率與跑步速度線性關係相背離時之速度，在10名選手身上正好是其達到 AT 強度時的速度。這些作者還匯報說類似的狀況還發生在游泳選手，泛舟選手、越野滑雪選手、自行車選手及滑輪選手身上。

Snyder、Woulfe 和 Welsh (1994)，提出一種簡單的用心跳來推算均衡狀態下的最大乳酸的辦法（MLSS）。均衡狀態下之最大乳酸值（MLSS）的定義為：在運動的

第十第十三分鐘之間，血乳酸值增量小於1.0 mmol/L，運動達到最高強度。上述作者對於此預測模型使用不同的觀察對象，在21次跑步和45次騎自行車上交叉驗證，在95%的置信區間內，84%的自行車選手和76%的跑步選手均衡狀態下的最大乳酸，都可以正確的用心跳來達到預測，這些作者得出如下結論；在無法直接測量血乳酸的時候，上述簡單的心跳模型可以用足夠可用的準確性來預測 MLSS。

對於優秀羽球選手表現能力方面描述性的研究非常少，而他們的體能要求卻非常特殊。Chin 和 Wong (1995)，在一個專為羽球運動設計的體能測試中探討了優秀羽球選手的生理反應，12名優秀的香港羽球選手在羽球場地上完成了一項實地測試。球場上放置了6盞燈，都與一個中控裝置相連接，每盞燈都按特定的順序閃亮，選手被要求向閃亮的燈的方向跑去，並將球擊向閃燈處附近，運動強度由通過改變連續亮燈的時間間隔來控制，在這個實地測試的結果和選手的排名之間存在著一個低的相關係數 ($r=0.65$)。這可能是因為優秀羽球選手之成績除了體能之外還受其它因素影響，這些因素包括：技術、意志力和球場上的判斷力。在這個研究中的最大平均心跳和血乳酸值表明：選手在測試中都達到了最大負載。其中第三級和第四級的強度似能模擬真實比賽中的能量支出要求，並接近乳酸拐點。

總體而言，在高強的運動中，由於缺少氧氣和葡萄糖的分解會產生乳酸，乳酸造成肌肉 pH 值下降而產生疼痛，而使得肌肉無達到最佳功能。在乳酸拐點上運動表現受到負面影響，具體的過程由人體的三種能量系統決定。但是直接測量血乳酸有時是做不到的或是太過於昂貴，研究者發現在此種狀況下心跳是乳酸值很好的預測指標。羽球運動的特徵決定了乳酸拐點會對比賽結果造成潛在威脅，但在這方面研究很少。本研究旨在填補這方面的空缺，探討的是優秀羽球選手在比賽及訓練中血乳酸和心跳之變化，並進一步分析心跳對乳酸之預測能力。

參、研究方法

一、研究對象：

4位台灣優秀的羽球選手參加了本研究，參加前選手填寫了認同書（見附錄一）。平均年齡為27.25歲，平均身高為169.25公分，平均體重為63.25公斤（詳細資料見表一），其中有2位女選手2位男選手，都曾在台灣排名全國前10名。

表1 為受測者背景資料，包括年齡、身高、體重及最大心跳（220—年齡）

表1 受測者背景資料

實驗對象	年齡	身高（公分）	體重（公斤）	最大心跳
1	26	160	58	194
2	26	166	59	194
3	27	178	70	193
4	30	173	66	190

二、測試方法：

本研究在不同的日期進行了2次測試，第一次測試設計成一次間歇訓練，第二次測

試為二場單打比賽。

間歇訓練測試包括二個部份（一）二十分鐘熱身其中包括含伸展操和對打練習。（二）接球練習共分三組，每組30球（15個網前球，15個後場球）共計90球。每組30球平均耗時80秒。為模擬比賽狀況將三組球分為：第一組球網前小球回擊成小球，後場高遠球回擊至對方後場。第二組球將網前小球回擊至對方後球，後場高速遠球採切球至對場網前。第三組球將網前小球任意回擊至對方球場，後場高遠球以扣殺方式至對方球場。每組球之間休息1分鐘，供測試心跳、血乳酸及疲勞恢復指數用。

單打比賽測分成二個階段（一）20分鐘熱身。（二）單打實戰，採三戰二勝利，女生為先得11分者贏一局，男生為先得15分者為贏（和正式比賽規則相同）。

在熱身之後，每組球或每局球之後及訓練或比賽完畢之後15分鐘，分別測其血乳酸，心跳及疲勞恢復指數。疲勞恢復指數量表從1到10打分（見附錄二）。

三、血液分析：

在每節結束後從受試者的非慣用手取血樣約25 ml 測血乳酸，血樣收集是用針在手指尖上扎洞，然後用毛細管將血液收集。

四、血乳酸測試：

血乳酸測試使用德國 Boehringer Mannheim 公司生產的掌中型乳酸分析儀，測試前用廠家提供之試劑進行儀器校準。乳酸分析過程包括如下步驟：首先將血液放置於一次性測試的毛細試管中，將血樣注入分析儀中之試紙上，血乳酸讀數於1分鐘後顯示。

五、心跳測試：

每位受測者於熱身前開始佩帶心跳監控器，在獲得血乳酸讀數的同時亦可得到心跳讀數。心跳監控器在使用前亦接受過準確性測試。

肆、結果與討論

表2 為受測者在間歇訓練測試中的心跳變化。所有選手在經過第一組球的訓練之後，都達到了最大心跳。

表2 間歇訓練測試中受測者之心跳

Subjects	HW	H1	H2	H3	HR
1	140	188	187	190	103
2	170	196	195	195	138
3	123	182	187	191	104
4	146	188	185	174	109

註：Hw=熱身後之心跳；H1=第一組球結束後之心跳；H2=第二組球結束後之心跳；H3=第三組球結束後之心跳；HR=測試結束後15分鐘之心跳。

表3 為間歇訓練測試的血乳酸變化狀況。所有選手經過一組訓練之後血乳酸都達公認的4.0 mmol / L 的乳酸拐點，並在之後的每組球中繼續爬升，儘管此時心跳以達最大值不再升高。

表3 間歇訓練測試中之血乳酸變化

Subjects	LW	L1	L2	L3	LR
1	4.1	8.2	12.2	12.9	10.7
2	3.0	5.7	7.5	9.4	10.2
3	4.3	6.5	8.7	10.7	11.5
4	4.1	8.1	12.1	16.6	10.4

註：Lw=熱身完成後之血乳酸；L1=第一組球結束後之血乳酸；L2=第二組球結束後之血乳酸；L3=第三組球結束後之血乳酸；LR=測試結束後15分鐘之後的血乳酸。

表4 為間歇測試之疲勞恢復指數。所有的選手在第一組球結束後都感到中度的疲勞，在第三組之後都感到極度疲勞。

表4 間歇訓練測試中之疲勞恢復指數

Subjects	RW	R1	R2	R3	RR
1	3	6	10	10	2
2	2	6	8	9	1
3	2	6	8	10	3
4	3	8	10	10	4

註：Rw=熱身完成後之疲勞恢復指數；R1=第一組球結束後之疲勞恢復指數；R2=第二組球結束後之疲勞恢復指數；R3=第三組球結束後之疲勞恢復指數；RR=測試結束後15分鐘之後的疲勞恢復指數。

表5 為單打比賽測試中之心跳。所有選手在第一局比賽之後都接近最大的心跳。

表5 單打比賽測試中之心跳

Subjects	HW	H1	H2	H3	HR
1	177	182	183	189	94
2	172	182	182	193	106
3	142	177	178		97

註：Hw=熱身後之心跳；H1=第一局比賽測試後之心跳；H2=第二局比賽測試後之心跳；H3=第三局比賽測試後之心跳；HR=測試結束後15分鐘之後之心跳。

表6 為單打比賽測試中之血乳酸變化。所有選手在一局球的比賽後，都超過40 mmol / L 的乳酸拐點，但在比賽中的血乳酸值大大低於間歇訓練測試中之血乳酸值。

表6 單打比賽測試中之血乳酸值。

Subjects	LW	L1	L2	L3	LR
1	5	5.3	5.9	5.1	4.3
2	4.2	4.7	5.1	6.6	5
3	2.9	9.7	12.4		7.4

註：Lw=熱身完成後之血乳酸；L1=第一局比賽測試後之血乳酸；L2=第二局比賽測試後之血乳酸；L3=第三局比賽測試後之血乳酸；LR=測試結束後15分鐘之後的血乳酸。

表7 為單打比賽測試中之疲勞恢復指數。前二位選手（女生）在整場比賽過程中，感到低度或中度疲勞，而男生選手卻感到高度疲勞，此結果和表6 的血乳酸值是一致的。

表7 單打比賽測試中之疲勞恢復指數

Subjects	RW	R1	R2	R3	RR
1	2	2	2	4	2
2	2	2	3	6	2
3	2	8	9		4

註：Rw=熱身完成後之疲勞恢復指數；R1=第一局比賽測試後之疲勞恢復指數；R2=第二局比賽測試後之疲勞恢復指數；R3=第三局比賽測試後之疲勞恢復指數；RR=測試結束後15分鐘之後的疲勞恢復指數。

測試結果明顯表明羽球主要是無氧性的運動，支持這個結論的證據是所有受測選手在打完第一組球或比賽完一局之後都達最大心跳，並在此後保持這個心跳水準。而另一方面受測者血乳酸的反應卻不一樣，所有受測者在打完第一組球或完成一局比賽之後，血乳酸都超過4.0 mmol / L 公認的乳酸拐點，並在之後的幾組球和幾局球繼續爬升。因此相對心跳而言血乳酸堆積是監控羽球中生理上變化更準確的指標。

儘管在訓練和比賽中受測者心跳呈類似的模式，但血乳酸的讀數在訓練和比賽中卻有明顯之不同，後者明顯大大低於前者，說明訓練的高強度無法在比賽中維持及複製，因而比賽與訓練相比，比賽具有較高的之有氧性。這個結果並不出人意外，因為在訓練中完成每一組球只需要80秒，而且幾乎每一次發球之間都沒有間歇，而真正的比賽卻具有間歇性，每球之間可間隔約20秒左右，同時有經驗的選手具備可依靠自己的疲勞程度來調整比賽節奏。

訓練和比賽時的血乳酸攀升值和受測者自我匯報的疲勞恢復指數具有很好的相關關係，訓練與比賽中血乳酸與疲勞恢復指數之皮爾遜相關係數分別為0.561（訓練）及0.915（比賽）。進一步說明訓練和比賽的無氧性都是逐漸增大的，而且血乳酸在衡量羽球的運動強度和疲勞程度是一個更準確的指標。同時疲勞恢復指數也是另一種簡單易行監控羽球中生理變化的方式。

第四位受測者在訓練和比賽中都由於低血糖而顯示極度疲勞，這是一種本來可以避免的潛在危險性情形，從某種程度上來說，這種低血糖的狀況可用少吃簡單碳水化合物和多食用複合性碳水化合物的食物來預防。

伍、結論與建議

結論

本研究之結果表明：

- 一、血乳酸分析和自我打分的疲勞恢復指數有助於教練了解羽球訓練及比賽中之生理需求。
- 二、幫助調整訓練計劃以避免過度訓練或訓練不足。
- 三、可使選手在重要比賽中達到巔峰狀態。

建議

建議未來的研究者：

- 一、應該選取更大的樣本，並把選手依照其技術及體能做更好的配對。
- 二、可進行羽球中血乳酸反應的性別差異的研究：考慮到男選手爆發力一般強於女選手，因而來回擊球的次數平均而言男生少於女生，男生的比賽較女生有較高的無氧性。
- 三、單、雙打比賽的血乳酸反應也可能不同：因為雙打在球場上跑動的距離較少，擊球的速度較快，因而雙打可能較單打更具無氧性。。

參考文獻

- [1] Billat, L.V. (1996). Use of lactate measurement for prediction of exercise performance and for control of training, Sports Medicine, 33(3), 157-175.
- [2] Boehringer Mannheim Diagnostics (1985). Single via lactate UV method 149993, Boehringer Mannheim Diagnostics Division, Indianapolis.
- [3] Chin, M.K. & Wong, A.S. (1995). Sport specific fitness testing of elite badminton players, British Journal of Sports Medicine, 29(3), 153-157.
- [4] Conconi, F. Ferrari, M., & Ziglio, P.G. (1982). Determination of the anaerobic threshold by a noninvasive field test in runners, Journal of Applied Physiology, 5, 869-873.
- [5] Gaitanos, G.C., Williams, C., Boobis, L.H., & Brooks, S. (1993). Human muscle metabolism during intermittent maximal exercise. Journal of Applied Physiology 75, 712-719.
- [6] Gollnick, P. D., & Hermansen, L. (1973). Biochemical adaptations to exercise: anaerobic metabolism. Exercise and Sport Sciences Reviews, 1, 1-43.
- [7] Kaijser, L. (1954). Oxygen supply as a limiting factor in physical performance. In J. Keul (Ed), Limiting factors of Physical Performance. Stuttgart: Georg Thieme, Publishers, 1973, pp. 145-156. Merton, P. A. Voluntary strength and fatigue. Journal of Physiology (London) 123, 553-564.

- [8] Keul, J. (1973). The relationship between circulation and metabolism during exercise. Medical Science in Sports and Exercise, 5, 209-219.
- [9] Snyder, A. C., Woulfe, T. & Welsh, R. (1994). A simplified approach to estimating the maximal lactate steady state, International Journal of Sports and Medicine, 15, 27-31.

附錄1 同意書

- 1、我被要求參加題為：優秀羽球員心跳和血乳酸反應的研究。
- 2、我被告知此研究之目的為：探討優秀羽球選手在比賽和間歇訓練中，心跳和血乳酸之反應。
- 3、我對此研究之參與，包括參加一次羽球間歇訓練和一場羽球比賽。
- 4、我瞭解我同意參加本研究，不會有可預見的風險與不適。
- 5、我瞭解沒有可以替代的辦法來做此研究。
- 6、我瞭解我參加本研究可能的益處是：學習選手如何從生理上對劇烈運動作反應，從而可以減少疲勞和減少傷害。
- 7、我瞭解本研究的結果可以發表，但我的名字和身份不會被披露。
- 8、我被告之參與本研究不會有風險。
- 9、我被告之我是無償參與此研究，如若受傷醫療費用自理。
- 10、我被告之如果對本研究和我的參與有任何疑異可向研究者常震中求達。
- 11、我瞭解如果受傷或對於作為參與者的權利有疑問及風險，可向有關管理部門接洽。
- 12、我閱讀了上述資訊瞭解了本研究的特性、需要、風險和益處，我情願接受可能之風險，並保留隨時退出的權利，而不受懲罰，不喪失應得的利益。在此同意書上簽字，並不代表放棄任何法律訴求權利或補償。此同意書會保留一份於我處備查。

受試者簽字_____ 日期_____

- 13、我證明我已向上述受試者敘述了本研究的性質目的，潛在益處及可能之風險，並回答相關問題，目擊了上述簽字。
- 14、上述同意書之內容與本校保護人類實驗對象相關條例相符。
- 15、我對受試者提供了一份簽名的同意書。

研究者簽字_____ 日期_____

附錄2 疲勞恢復指數

- 1、 完全恢復
- 2、 剛好要完全恢復
- 3、 感覺良好但沒有完全恢復
- 4、 部份恢復
- 5、 開始恢復
- 6、 相當累但不疲勞
- 7、 累
- 8、 疲勞
- 9、 非常疲勞
- 10、 極度疲勞（精疲力盡）

2010廣州亞運女子手球攻擊技術之迴歸分析

Regression analysis of the women's handball attacking techniques in Guangzhou Asian Games

沈宗仁¹

Tsung-Jen SHEN¹

賀中慧²

Chung-Hui Ho²

¹東南科技大學 通識中心 副教授 Tugnan University General Education Center

²銘傳大學 體育室 助理教授 Ming Chung University Physical Education Office

摘 要

本研究的目的是以廣州亞運8強女子手球比賽的攻擊紀錄，找出可正確預測比賽輸贏之重要變項。方法：以多元逐步迴歸分析方法找出可確預測得失分差之預測變項；並以輸贏進行 Logistic 迴歸分析，找出可正確預測比賽輸贏之重要變項。結果：在得失分差的預測上，以射門數、快速突破得分、邊射射門得分以及7公尺射門得分達顯著水準；在比賽輸贏的預測上，以6公尺射門得分、快速突破得分、過人閃切得分等三項最為重要，結論是手球運動是以射門得分來決定輸贏，預測攻擊時所採取的方式，是具有良好的評估品質。

關鍵字：女子手球、攻擊技術、迴歸分析

Abstract

The purpose of this study is to correctly predict and identify the important winning variables, based on the attack record of the Guangzhou Asian Games women's handball game. Methods: a multiple stepwise regression analysis method is applied to identify the predictable variable-scores between gaining or losing; depending on the game results (winning or losing), a logistic regression analysis is applied to identify the important variables of correct prediction of game winning or losing. Results: In terms of scores between gaining or losing, the numbers of shooting, the fast break scores, the scores of side shot, and the scores of 7-meter shot all meet the level of significance. In terms of games winning or losing, the scores of 6-meter shot, the fast break scores, and the scores of flash cut shots are extraordinarily important. The conclusion is that handball is judged winning or losing by scores; to predict the way of attacking needs a good quality of assessment.

Key words: women's handball, attacking techniques, regression analysis

壹、緒論

手球運動源起於1898年由丹麥的霍格尼爾森（Holger Nielson）在學校課餘活動以傳球、接球、射門等動作結合而形成的一種體育活動。在1972年德國慕尼黑奧運將男子手球首度列入正式項目，隨後在1976年加拿大蒙特婁奧運才再增加女子手球比賽項目，至此開始了女子手球運動的奧運歷史(賀中慧，2011)。

國內手球運動的發展是在民國25年開始引進，而最早期手球運動是11人制，從民國54年開始改推7人制手球；而女子隊的較佳成績是1990年亞洲青年女子錦標賽獲得銀牌，同年北京亞運動獲得銅牌，

2006年杜哈亞運會女子隊獲得第5名，2007年的亞洲青年女子手球錦標賽及青少女手球錦標賽分別獲得銅牌，2010年廣州亞運會女子隊獲得第7名等的佳績，由此可見我國女子手球比較有機會站在國際舞台(黃欽永，2008；李佩樺、吳志銘、張清泉、吳佳慧，2012)。

對於手球比賽的攻守技術研究中，大多以不同區域攻擊或攻擊型態的射門技術進行分析比較，主要分析其射門次數、得分數、失敗次數及成功率之差異，再加上截球、助攻、傳接球失誤、攻擊失誤、犯規、普通球員與守門員的風檔等攻守技術的分析比較(林輝雄，1987；黃欽永，1993，2003，2008；張簡坤明，2006；王清明，2007)，也有用多元迴歸的方式來預測比賽關鍵的攻守技術。

目前國際手球運動的成績還是以歐洲球隊居多，但是亞洲的韓國在1988漢城奧運男子手球獲得銀牌，女子手球獲得金牌且於1992亞特蘭大奧運連續奪金，成績也非常亮眼，可見亞洲手球的實力也是可以進入國際的舞台；隨著運動的科學化訓練與分析，以及規則的更新演進，手球運動的技、戰術也不斷發展變化；前韓國手球教練柳在忠教練也曾提出，手球運動進攻是獲得勝利最直接也是最重要的方法，因而，本研究是以亞運會女子手球8強隊伍的資料做分析，來了解亞洲女子手球目前攻擊趨勢，找出可正確預測比賽輸贏之重要變項，做為國內日後訓練之參考。

貳、研究方法

一、研究對象

本研究以2010年廣州亞運會女子手球前8強隊伍（中國、日本、哈薩克、韓國、朝鮮、中華台北、印度、泰國）為研究對象。

二、資料來源

取自2010年廣州亞洲運動會官方網站所公布女子手球前8強比賽隊伍球員基本資料及預賽攻守紀錄，總計40場比賽。

三、分析變項

本研究以亞運的攻守紀錄作為數據資料，分為兩部份進行統計分析。在第一部

分之中，以得失分差 (Y_1) 為效標變項，6公尺得分(X_1)、6公尺射門數(X_2)、邊射得分(X_3)、邊射射門數(X_4)、9公尺得分(X_5)、9公尺射門數(X_6)、7公尺得分(X_7)、7公尺射門數(X_8)、快速突破得分(X_9)、快速突破數(X_{10})、過人閃切得分(X_{11})、過人閃切數(X_{12})等12類別的比賽紀錄，進行多元逐步迴歸分析，以找出可正確預測得失分差之預測變項；在第二部份之中，以輸贏 (Y_2) 為效標變項，6公尺得分(X_1)、6公尺射門數(X_2)、邊射得分(X_3)、邊射射門數(X_4)、9公尺得分(X_5)、9公尺射門數(X_6)、7公尺得分(X_7)、7公尺射門數(X_8)、快速突破得分(X_9)、快速突破數(X_{10})、過人閃切得分(X_{11})、過人閃切數(X_{12})等12類別的比賽紀錄，進行 **Logistic** 迴歸分析，以找出可正確預測比賽輸贏之重要變項。

四、資料處理

以描述統計分析各隊參賽球員年齡、身高、體重等基本資料。在進行多元逐步迴歸分析方法找出可正確預測得失分差之預測變項；並以輸贏進行 **Logistic** 迴歸分析，以找出可正確預測比賽輸贏之重要變項。

參、結果

一、各隊球員基本資料比較

參賽選手基本資料如「表1」所示，參賽隊伍以中國平均身高178.69cm 最高、中華台北165.38cm 最矮；最高選手為中國與哈薩克190cm、最矮選手為中華台北155cm，中國平均體重71.38kg 最重、泰國60.06kg 最輕；最重選手為哈薩克90kg、最輕選手為泰國48kg，韓國平均年齡27.56歲為年齡最大、泰國平均年齡20.94歲為最年輕；年齡最長選手為哈薩克和韓國36歲、最年輕選手為泰國17歲。

表1 參賽選手基本資料

隊別	項目	人數	平均數±標準差	最大值	最小值
	身高 cm		166.25±4.92	176	157
泰國	體重 kg	16	60.06±8.90	82	48
	年齡 y		20.94±2.43	24	17
中華	身高 cm		165.38±5.14	173	155
	體重 kg	16	60.31±5.30	72	52
台北	年齡 y		21.44±3.16	27	18
	身高 cm		170.67±2.69	175	166
朝鮮	體重 kg	15	63.13±4.09	68	55
	年齡 y		23.40±1.40	26	21

	身高 cm		172.50±5.92	186	162
韓國	體重 kg	16	63±7.63	78	50
	年齡 y		27.56±4.70	36	21
	身高 cm		173.42±8.82	190	163
哈薩克	體重 kg	16	65.17±14.23	90	50
	年齡 y		26±3.74	36	21
	身高 cm		167.94±5.70	179	160
日本	體重 kg	16	79.33±8.54	79	54
	年齡 y		27.25±2.52	32	22
	身高 cm		178.69±6.01	190	167
中國	體重 kg	16	71.38±6.11	86	61
	年齡 y		24.81±3.76	31	19

二、多元逐步迴歸分析

在進行迴歸分析之前，可以用 Durbin-Watson 統計值 (Durbin-Watson statistic, DW 值) 來檢測迴歸分析中的殘差項是存在有自相關，本研究 DW 值為 1.473，介於 1.5 到 2.5 之間，表示誤差項之間無自我相關存在；為避免變數之間存在共線性，會對模型重複解釋，而使個別變量的解釋能力不顯著，故本研究在進行邏輯斯迴歸模式之前，會以變異數膨脹因子 (Variance Inflation Factor, VIF) 兩個指標來進行考驗，若自變數之 VIF 值小於 10，表示變項並沒有共線的問題。

由「表 2」所示，迴歸模式中共納入四個變項，分別為射門數、快速突破得分、邊射射門得分以及 7 公尺射門得分，可共同解釋女子手球賽得失差達 76.1% 的變異量，其中以快速突破得分對於女子手球賽得失差的影響力最大 ($\beta=.389$)，其次為邊射射門得分 ($\beta=.374$) 以及射門數 ($\beta=.308$)，最低的則為 7 公尺射門得分 ($\beta=.230$)，原始分數迴歸公式如下：

$$\hat{y} \text{ 得失分差} = .450 (\text{射門數}) + .944 (\text{快速突破得分}) + 2.337 (\text{邊射射門得分}) + 2.344 (\text{7m射門得分}) - 38.782。$$

表2 一般線性模式表

	R 平方	R 平方增加量	F	原始迴歸係數	標準化迴歸係數	t	VIF
(常數)				-38.782		-4.706***	
射門數	.534	.534	30.933***	.450	.308	2.161*	2.043
快速突破得分	.618	.084	21.014***	.944	.389	2.934**	1.767
邊射射門得分	.710	.092	20.394***	2.337	.374	3.335**	1.260
7公尺射門得分	.761	.051	19.117***	2.344	.230	2.268*	1.030

* $p < .05$ ** $p < .01$ *** $p < .005$

三、Logistic 迴歸分析

利用亞運的攻守紀錄中的12項變數，利用統計軟體 SPSS 進行邏輯斯迴歸分析，該分析模型統計以機率值0.5為分類之臨界值，結果發現，在模型之配適度方面，Hosmer-Lemeshow (H-L 檢定) 卡方值未達顯著水準，代表本研究的模型皆具有良好的適配度，而在預測準確率方面，此12項變數對於預測亞運手球比賽輸贏情形的準確率為83.3%，其中對於贏球隊伍之預測準確率為83.3%，而對於輸球隊伍之預測準確率為83.3%。而達到顯著水準的變項共包括了6公尺射門得分、快速突破得分、過人閃切得分等三項。

預測分類 \ 實際分類	比賽輸贏		準確率
	輸	贏	
輸	15	3	83.3%
贏	3	15	83.3%
概要百分比			83.3%

表3邏輯斯迴歸模式之分類表

變數	β	β 之標準誤 (S.E.)	Wald	自由度	顯著性
6公尺射門得分	.583	.266	4.800	1	.028*
快速突破得分	.724	.312	5.372	1	.020*
過人閃切得分	.944	.457	4.257	1	.039*

* $p < 0.05$ ** $p < 0.01$ *** $p < 0.001$

Hosmer - Lemeshow 檢定=2.377 ($p=.936$)

為了避免隱藏模型預測力不佳情形，需同時檢視各個情況下的誤差，須考慮多種不同的切斷點，並依實務對偏差加以調整，可使模型的預測更趨精確。由以下的結果可以發現，以切點機率0.6以及0.8之下之預測正確率最佳，預測贏球正確率分別為94.4%與100%、預測輸球正確率分別為77.8%與72.2%、整體預測正確率分別為86.1%

表4 樣本在各機率切點下邏輯斯迴歸模型預測能力正確率

切點機率	預測贏球正確率	預測輸球正確率	整體預測正確率
0.2	66.7%	94.4%	80.6%
0.3	72.2%	94.4%	83.3%
0.4	77.8%	83.3%	80.6%
0.5	83.3%	83.3%	83.3%
0.6	94.4%	77.8%	86.1%
0.7	94.4%	72.2%	83.3%
0.8	100.0%	72.2%	86.1%
0.9	100.0%	66.7%	83.3%

本研究的結果顯示選手平均身高最高的是中國隊最矮的為中華台北隊，黃欽永(2008)的研究中指出，奧運女子選手平均身高為 176.9 ± 6.7 ，除了技術是重要的因素外，選手的身體素質也是重要的條件之一；在對於得失分差的預測力方面，林輝雄(1987)的研究結果指出射門成功率最高的是快數突破得分，依次為7公尺射門得分、底線射門得分與邊射射門得分也與本研究得失分預測的結果也大致相符。而在比賽輸贏的預測上，李炯煌(2001)中指出，以6公尺附近倒身射門的分與比賽勝負有顯著相關，高斌與何麗娟(2004)也指出2001女子手球錦標賽快攻突破得分占總得分率最高，與本研究結果相符。

肆、結論與建議

一、結論

本研究目的在不同迴歸分析方法，分別來找出對於預測女子手球比賽得失差以及輸贏之有效變項；在進行迴歸之前，先進行殘差獨立性以及共線性考驗，結果發現殘差並無相關性，且納入迴歸模式之中的變項也無共線性之問題。

在對於得失分差的預測力方面，以射門數、快速突破得分、邊射射門得分以及7公尺射門得分具有顯著的預測力，而在比賽輸贏的預測上，以6公尺射門得分、快速突破得分、過人閃切得分等三項最為重要，其中又以切點機率0.6以及0.8之下之預測正確率最佳。

二、建議

近年來的研究中，手球比賽的快攻得分已經是占得分率最高的一項攻擊技術之一，所以必須針對快速的進攻戰術與基本體能:如爆發力、肌力等項目做為訓練的重點，並發展出自己特有的新技術；雖然手球運動想要得分就必須攻擊，但攻擊並非是贏得勝利的唯一因素，除了攻擊外防守也是另一個重要因素，針對未來的研究方向，除了攻擊技術還可從防守的策略、防守的失誤以及守門員的失誤，做更進一步的探討，以提升國內手球運動的水準。

參考文獻

1. 王清明(2007)。第28屆奧運會中、丹、韓女子手球隊攻防技術比較研究。首都體育學院學報，19(2)，85-87。
2. 李炯煌(2001)。第十五屆世界盃男子手球錦標賽攻守因素之研究。大專體育學刊，3(1)，139-146。
3. 李佩樺、吳志銘、張清泉、吳佳慧(2012)。2010年亞運男子手球攻擊技術與得分率之相關研究。正修科技大學運動健康與休閒學刊，尚未刊登。
4. 林輝雄(1987)。1986年第十屆亞洲運動會手球錦標賽影響與賽各隊運動表現因素之分析研究。台中市：昇朝出版社。
5. 高斌、何麗娟(2004)。世界女子手球運動技戰術發展動態初步研究。首都體育學院學報，16(4)，15-17。
6. 黃欽永(1993)。大專院校男子手球隊攻擊技術分析。台北市：靖宇資訊科技出版社。
7. 黃欽永(2003)。2000年東南亞大學生手球邀請賽男子比賽技術分析。台大體育學報，6，87-108。

8. 黃欽永 (2008)。北京2008年奧運會男女手球攻守技術之比較。運動教練科學，12，97-83。
9. 張簡坤明 (2006)。男子手球比賽不同位置射門得分紀錄分析—以2002年釜山亞運男子手球賽為例。競技運動，8(1)，1-9。
10. 賀中慧(2011)。2008年北京奧運女子手球8強賽攻防紀錄之分析研究。國立台灣體育學院學報，25，1-10。

優秀男子桌球選手王皓三段技術表現分析

The Study of the Three-Staged Combined Techniques Performed by WANG, HAO, the World Top-Ranked Male Tennis Player

郭明珍¹ 黃振華² 陳金海³ 張富貴⁴ 侯淑玲⁵
Ming-Cheng Kuo¹、Cheng-Hua Huang²、King-Hai Chen³、Fuh-Guey Chang⁴、Shu-Ling Hou⁵

東南科技大學體育室¹、亞東技術學院體育室²、長榮大學運動競技系³、文化大學體育系⁴、長榮女中體育組⁵
通訊作者：陳金海 mail:king@mail.cjcu.edu.tw

摘 要

本研究目的在分析世界優秀男子桌球選手王皓比賽三段技術對成績表現的預測效果，以及分析王皓比賽三段技術表現。本研究以世界男子桌球排名第一的王皓選手為研究對象，蒐集其2007年至2011年間參加各國桌球公開賽進入前四強及參加亞運、世界盃的13場高水準比賽為研究範圍，以桌球三段技術分析表為研究工具，使用觀察法將所得資料以描述性統計、逐步多元迴歸分析法來進行分析。結論：一、王皓比賽三段技術最能預測成績表現的是發球搶攻得分率、接發球搶攻得分率、相持球得分率。二、王皓比賽三段技術的得分表現以發球搶攻表現最好，相持球表現較差，而王皓比賽三段技術的使用情形則以接發球搶攻使用最多，相持球使用最少。

關鍵詞：王皓、優秀選手、三段技術

Abstract

The purpose of this research intends to analyze the performance status of the three-staged techniques used by WANG, Hao, the world top male tennis player, as well as the predict result of the scoring performance by adopting the three-staged techniques. The target of this study is WANG, Hao, the world top-ranked player. Each game of the different Opens in which he was one of the top fours from 2007 to 2011 as well as the 13 games he attended during the Asian Game and the World Cup are collected as the study scope. With the three-staged techniques analysis chart as the study tool, those data collected is analyzed based on the three-staged techniques combined evaluation method three-part skill analysis in table tennis、stepwise regression. The findings are as follows according to this study: 1. The scoring rate for the stage in serving the ball to attack comes to pass; the scoring rate for the stage in receiving the serve to attack comes to Excellent; the scoring rate for the standoff stage comes to Good; 2. WANG, Hao's best game the three paragraphs comprehensive technical score performance aggress performance stalemate poor ball performance, usage by then aggress to use up rallies least.

Keywords : WANG Hao、excellent male table tennis、three-staged techniques

壹、緒論

一、研究背景與動機

要提昇選手的技術水準能夠達到世界級就要避免土法煉鋼，必須把所有主要的關鍵問題如訓練方法、訓練內容、優缺點、主要特長等做科學化安排，然後根據每位選手訓練需要來決定要練什麼，因此在訓練過程中必須正確地認識該運動的基本特性與結構(田麥久，1997)。

桌球比賽是一個開放式的項目，沈啟賓教授(1988)認為桌球比賽時的技術是多樣化，其分析的方法也非常多，主要技術分析方法就多達十七種以上。而根據選手的實際比賽進行技術分析，來瞭解選手各種技術優缺點，並據以提昇改善是非常重要的工作(陳惠珠、張昭盛、沈啟賓，1990)。而到底優秀桌球選手需要的關鍵技術有哪些？綜觀國內外許多專家學者的相關研究可以發現，主要包括有發球搶攻、接發球搶攻、相持球、發球、接發球、對攻、推攻、搓攻等(姚漢禱，1986；吳煥群、李振彪，1990；沈啟賓，1996；陳金海，2002)。

對於世界優秀桌球選手的技術長期追蹤分析研究有其必要性，因為經過長期有系統科學化的記錄分析才能夠瞭解比賽中獲勝的主要技術與戰術，以提供國內教練做為培訓計畫之擬定和比賽時的參考。是以本研究針對世界男子桌球排名第一的選手王皓參加各國桌球公開賽進入前四強的比賽技術表現做探討，以供國內桌球教練未來在遭遇時對陣之參考。

二、研究目的

- (一)分析三段技術對世界優秀男子桌球選手王皓成績表現的預測效果。
- (二)分析世界優秀男子桌球選手王皓比賽的三段技術表現。

三、研究範圍與限制

本研究以世界優秀男子桌球選手王皓參加2007年至2011年間之各國桌球公開賽進入前四強及亞運、世界盃的13場高水準比賽資料，記錄每場比賽三段技術得分、失分、成績表現為本研究範圍。本研究資料於比賽後觀看錄影分析取得，無法對選手做即時回饋。

四、名詞操作性定義

(一)王皓：

世界優秀男子桌球選手王皓在2011年8月的世界排名為第一，他的打法是右手直拍弧圈結合快攻，特點是用球拍反面擊球(直拍橫打)，是世界上目前直拍橫打技戰術運用最好的人，能反面彈打、快拉，甚至遠檯反拉。本研究中所指的王皓是指其參加2007年至2011年間各國桌球公開賽進入前四強及亞運、世界盃的13場高水準比賽，做為本研究探討對象。

(二)三段技術：

三段技術是將桌球比賽中的各項技術分為發球搶攻、接發球搶攻和相持球三段。本研究三段技術變項包括，發球搶攻得分率、接發球搶攻得分率、相持球得分率、發球搶攻使用率、接發球搶攻使用率、相持球使用率等六種。

(三) 得分率及使用率

本研究中所指的得分率=某段得分÷(某段得分+某段失分)×100%。使用率=(某段得分+某段失分)÷(全局得分+全局失分)×100%。

(四) 成績表現：

本研究中所指的成績表現為每場比賽的勝率。每場比賽的勝率=得分÷(得分+失分)×100%。

貳、研究方法

一、研究對象

本研究以世界排名第一的世界優秀男子桌球選手王皓為研究對象。

二、研究工具

本研究工具包括桌球三段技術記錄表、光碟片、電腦。

三、實施過程

本研究採用觀察法，蒐集世界優秀男子桌球選手王皓參加2007年至2011年間各國桌球公開賽進入前四強及亞運、世界盃的13場高水準比賽資料。由記錄者觀看影片逐場記錄所有選手比賽的過程，每場比賽皆有兩位記錄人員。記錄人員由筆者及桌球國手謝瑄容老師擔任協助登錄工作，兩位記錄人員均為桌球專長出身且皆具備國內大專院校桌球教練資歷與技術涵養，對桌球比賽記錄皆有相當經驗與熟悉，分別統計三段技術之得分、失分、得分率、使用率及比賽勝率。本研究採交互評分者信度進行信度考驗，公式=次數相同數÷(次數相同數+次數不同數)×100% (王文科，1999；Siedentop, 1983)。計算信度結果達.96，顯示記錄者在界定上相當一致。

四、資料處理

本研究將所得原始資料驗證無誤後，利用 SPSS for Windows 9.0版統計軟體進行統計分析，各項統計考驗之顯著水準定為 $\alpha=.05$ 。

(一)以多元逐步迴歸分析法考驗三段技術對成績表現的預測效果。

(二)以描述統計進行三段技術得分率、使用率之分析。

參、結果與討論

一、三段技術對王皓成績表現的預測分析

本研究以世界優秀男子桌球選手王皓比賽三段技術(發球搶攻得分率、接發球搶攻得分率、相持球得分率、發球搶攻使用率、接發球搶攻使用率、相持球使用率)對成績表現進行預測。預測變項為發球搶攻使用率(X_1)、接發球搶攻使用率(X_2)、相持球使用率(X_3)、發球搶攻得分率(X_4)、接發球搶攻得分率(X_5)、相持球得分率(X_6)等六項，效標變項為成績表現(Y)，經多元逐步迴歸統計歸納分析結果，見表一、表二、表三、表四。

表一 王皓三段技術及成績表現的平均數與標準差

預測變項	資料數	平均數	標準差
成績表現	13	0.57	0.06
發球搶攻使用率	13	0.34	0.09
接發球搶攻使用率	13	0.38	0.07
相持球使用率	13	0.27	0.16
發球搶攻得分率	13	0.62	0.11
接發球搶攻得分率	13	0.54	0.09
相持球得分率	13	0.52	0.12

表二 預測變項與效標變項的相關矩陣表(N=13)

變項	成績表現	發球搶攻使用率	接發球搶攻使用率	相持球使用率	發球搶攻得分率	接發球搶攻得分率	相持球得分率
成績表現	1.00						
發球搶攻使用率	0.32	1.00					
接發球搶攻使用率	0.48	0.78*	1.00				
相持球使用率	-0.42	-0.96*	-0.93*	1.00			
發球搶攻得分率	0.78*	0.25	0.49*	-0.38	1.00		
接發球搶攻得分率	0.57*	0.04	0.25	-0.14	0.06	1.00	
相持球得分率	0.37	0.27	-0.01	-0.15	0.06	-0.02	1.00

* $p < .05$

表三 多元逐步迴歸分析摘要表

變異來源	離均差平方和	自由度	均方	F 值	P 值
迴歸變異	0.04	3	0.01	216.77*	.000
殘差變異	0.00	9	0.00		
總變異	0.04	12			

*p<.05

表四 多元逐步迴歸分析摘要統計量表

變項	原始分數 迴歸係數	迴歸係數 標準誤	標準化迴 歸係數	決定係數	累積決定 係數	t 值	p 值
發球搶攻得 分率(X ₄)	0.41	0.02	0.72	0.60	0.60	18.41*	.000
相持球得 分率(X ₆)	0.35	0.03	0.53	0.88	0.27	13.63*	.000
接發球搶 攻得分率(X ₅)	0.17	0.02	0.33	0.99	0.11	8.51*	.000
常數	0.04	0.02				1.66	.130

*p<.05

原始分數迴歸公式如下：

$$Y=0.41X_4+0.35X_6+0.17X_5+0.04$$

標準分數化迴歸公式如下：

$$Z_Y=0.72Z_{X_4}+0.53Z_{X_6}+0.33Z_{X_5}$$

從上述標準分數化迴歸係數可以得知預測力最高為發球搶攻得分率(X₄)，其後依序為相持球得分率(X₆)、接發球搶攻得分率(X₅)。這樣的排序，代表著世界優秀男子桌球選手王皓比賽三段技術最能預測成績表現依序為發球搶攻得分率、相持球得分率、接發球搶攻得分率。本研究結果與朱昌勇(1999)、沈啟賓(1988)、陳健全(1999)、吳文嘉(2005)、黃振華(2009)的研究結果相符合。三段技術得分率分述如下：

發球搶攻為第一、三球的考驗，亦即在探討比賽發完球後的主、被動技術行為，可以不受對手限制進行搶攻為取得比賽的勝利創造條件。林松青與沈啟賓(1995)探討1994年世界盃男子單打選手的技術表現，結果選出的技術代表性項目為正手側發球搶攻；朱昌勇(1999)研究我國大專桌球國手三段技術(發球搶攻段、接發球搶攻段、相持球段)，結果顯示三段技術得分率為成績表現的有效預測變項。由此可見發球搶攻在優秀男子桌球比賽佔非常重要地位。

相持球為第四球後的考驗，亦即在探討比賽雙方互相對峙的主、被動技術行為，包含對推、殺球、推(擋)球、對攻(拉)等。陳健全(1999)認為在技術達到一定水準後應開始追求打來回球的穩定才能增加得分的效率；孔祥智、張曉蓬(2001)指出孔令輝因為有較好相持能力保證，使其增加發球變化而使打相持球機會增多，使局勢對其產生有利的影響。朱昌勇(1999)研究我國大專桌球國手三段技術(發球搶攻段、接發球搶攻段、相持球段)，結果顯示三段技術得分率為成績表現有效預測變項。由此可以知道相持球技術對於優秀男子桌球比賽非常重要。

接發球搶攻為第二、四球的考驗，亦即在探討發球後主、被動技術行為，包含推(擋)球、拉攻、殺球、撥攻、搓球、接發球被攻等。周建軍與湯俊斌(2000)指出規則修改後球旋轉變弱、旋轉變化差異減小，接發球難度降低，接發球搶攻將成為爭取主動前沿戰術。吳敬平(2002)指出實行無遮擋發球後發球搶攻難度加大，接發球搶攻得分機率將會超過發球搶攻，成為比發球更容易得分手段。可見接發球搶攻在優秀男子桌球選手比賽的重要性。

本研究世界優秀男子桌球選手王皓比賽三段技術最能預測成績表現依序為發球搶攻得分率、相持球得分率、接發球搶攻得分率，可見其比賽重要性，尤其是居首位之發球搶攻，更是其技術特長所在。

二、世界優秀男子桌球選手王皓比賽三段技術表現分析

本研究世界優秀男子桌球選手王皓比賽三段技術(發球搶攻使用率、接發球搶攻使用率、相持球使用率、發球搶攻得分率、接發球搶攻得分率、相持球得分率)表現分析結果見表五。

表五 世界優秀男子桌球選手王皓比賽三段技術描述統計表

變數	個數	最小值	最大值	平均數
發球搶攻使用率	13	0.21	0.47	0.34
接發球搶攻使用率	13	0.25	0.49	0.38
相持球使用率	13	0.09	0.54	0.27
發球搶攻得分率	13	0.50	0.82	0.62
接發球搶攻得分率	13	0.42	0.75	0.54
相持球得分率	13	0.29	0.75	0.52

從表五中可以得知，世界優秀男子桌球選手王皓比賽三段技術表現，在發球搶攻使用率方面最小值為0.21，最大值為0.47，平均為0.34；在接發球搶攻使用率方面最小值為0.25，最大值為0.49，平均為0.38；在相持球使用率最小值為0.09，最大值為0.54，平均為0.27。在發球搶攻得分率方面最小值為0.50，最大值為0.82，平均為0.62；在接發球搶攻得分率方面最小值為0.42，最大值為0.75，平均為0.54；在相持球得分率最小值為0.29，最大值為0.75，平均為0.52。

世界優秀男子桌球選手王皓比賽三段技術表現在使用率方面以接發球搶攻最多，

相持球最少，而在得分率方面以發球搶攻為最高，相持球最低。因此未來在世界性桌球比賽中，我國男子選手如遭遇世界優秀選手王皓時，可多增加相持球抗衡機會，以減低對手前三板進攻優勢，以便能夠獲得較佳機會來贏得比賽勝利。

肆、結論與建議

一、結論

- (一)世界優秀男子桌球選手王皓比賽三段技術中最能預測其成績表現的技術為發球搶攻段得分率、相持球段得分率、接發球搶攻段得分率。
- (二)世界優秀男子桌球選手王皓比賽三段技術表現在使用率方面以接發球搶攻最多，其後依序為相持球、接發球搶攻，而在得分率方面以發球搶攻為最高，其後依序為相持球、接發球搶攻。

二、建議

- (一)我國男子桌球選手未來在遭遇到王皓時可參考本研究結果來做技戰術調整。
- (二)未來研究可針對更多優秀桌球選手的技戰術或訓練做多方面探討。

參考文獻

1. 孔祥智、張曉蓬(2001)。孔令輝-瓦爾德納爾技戰術比較分析。*乒乓世界*。99，32-33。
2. 王文科(1999)。教育研究法。台北：五南出版社。
3. 田麥久(1997)。論運動訓練計畫。台北市：中國文化大學出版部。
4. 朱昌勇(1999)。我國大專桌球國手三段技術、心理變項與成績表現之相關研究。台北市：政大書城。
5. 吳文嘉(2005)。蔣澎龍準備參加2004年奧運會桌球單打比賽技戰術之探討。未出版碩士論文，中國文化大學運動教練研究所碩士論文，台北市。
6. 吳敬平(2002)。發球搶攻新體系與接發球一體化--關於11分制和新發球規則的思考。*乒乓世界*，2，32-33。
7. 吳煥群、李振彪(1990)。乒乓球運動員技術診斷方法的研究。*乒乓世界*，38，38-40。
8. 沈啟賓(1988)。優秀桌球運動員技術分析與成績表現預測之探討。台北市：仰哲出版社。

9. 沈啟賓(1996)。灰色系統理論在桌球運動員臨場比賽競技能力狀態診斷與目標設定運用之探討。台北市：文笙書局股份有限公司。
10. 周建軍、湯俊斌(2000)。在論大球對乒乓球技術、戰術的影響與對策。蘇州絲綢工學院學報，20（6），136-139。
11. 林松青、沈啟賓(1995)。1994年世界盃男子單打桌球錦標賽比賽綜合技術項目編製與比較分析研究。光武工商專科學校學報，20，287-335。
12. 姚漢禱(1986)。預測桌球單打比賽之成績表現。75年度大專體育學術研討會專刊，99-105。
13. 陳金海(2002)。1999年世界級男子桌球運動員綜合技術分析。長榮學報，6（1），149-162。
14. 陳健全(1999)。桌球運動技術分析。台灣省學校體育，51，50-56。
15. 陳惠珠、張昭盛、沈啟賓(1990)。女子桌球選手綜合技術評量與成績表現預測之探討，體育與運動，70，50-58。
16. 黃振華(2009)。韓國優秀桌球運動員柳承敏的技戰術分析研究。台北市：眾文圖書股份有限公司。
17. Siedentop, D. (1983). *Developing teaching skills in Physical education*. CA : Mayfield Publishing Company.

世界頂尖女子桌球選手技術探討

The Study of the Techniques Employed by the World's Top Female Table Tennis Players

謝瑄容¹郭明珍²陳金海³侯淑玲⁴Hsuan-Jung Hsieh¹、Ming-Cheng Kuo²、King-Hai Chen³、Shu-Ling Hou⁴清雲科技大學體育組¹、東南科技大學體育室²、長榮大學運動競技系³、長榮女中體育組⁴

通訊作者：陳金海 mail:king@mail.cjcu.edu.tw

摘 要

本研究目的在探討世界頂尖女子桌球選手比賽技術，以及探討桌球比賽技術對成績表現預測效果。本研究以世界女子桌球排名前三名選手為研究對象，蒐集其2009年至2011年參加各國桌球公開賽進入前四強的14場比賽為研究範圍，以桌球技術分析表為研究工具，使用觀察法將所得資料以桌球分段技術評估法、逐步多元迴歸分析法來進行分析。研究結果發現：一、世界頂尖女子桌球選手比賽中各項使用技術在發球搶攻與接發球搶攻為不及格、在相持球為及格，各項得分技術在發球搶攻為良好，在接發球搶攻與相持球均為優秀。二、桌球比賽技術中最能預測世界頂尖女子桌球選手成績表現的是接發球搶攻得分率、相持球得分率、發球搶攻得分率、發球搶攻使用率。

關鍵詞：世界頂尖選手、女子桌球、技術

Abstract

This study is aimed to analyze the level of the techniques employed by the world's top female table tennis players. The research targets are the world's top three female table tennis players. The research scope includes those 14 games of different Opens in which they were the top four. The research tool is the techniques analysis chart and based on the observation method, the data collected are analyzed to authenticate the research assumption by skill analysis, and stepwise multiple regression analysis. The findings are as follows: 1. As for the level index of the techniques used by the world's top female table tennis players, the scoring rate for the stage in serving the ball to attack comes to (pass) and the scoring rates for the stage in receiving the serve to attack and the standoff stage comes to (excellent) and the usage rate for the stage in serving the ball to attack comes to (immature), and the usage rates for the stage in receiving the serve to attack and the standoff stage come to (pass). 2. The best methods to predict the performance of the techniques by the world's top female table tennis players are the scoring rates for the stage in receiving the serve to attack, the standoff stage, and the stage in serving the ball to attack, as well as the usage rate for the stage in serving the ball to attack.

Keywords : world's top player, female table tennis, techniques

壹、緒論

一、研究背景與動機

桌球運動長久以來都是我國重點培訓的項目，但始終都與奧運獎牌無緣，尤其是女子選手，成績表現更是不甚理想，所以如何應用科學的方法進行相關研究，是非常重要的。

而其中對選手比賽進行技術分析是非常重要的，尤其桌球運動是一種開放式的比賽項目，技術多且變化也多樣化，因此必須依據桌球比賽技術的競技特點來做探討，以便於各項訓練工作之進行(沈啟賓，1996)。而如何有系統地蒐集選手技戰術資料加以比較參考，實為提昇桌球訓練水準極待解決的一大課題，這亦引起筆者針對世界頂尖女子桌球選手研究之動機。

瞭解世界頂尖選手技戰術趨向，才能知道最新的發展趨勢，以便知己知彼，精進訓練，發揮所長。而要瞭解世界桌球潮流發展趨勢，就必須對世界頂尖桌球選手的比賽技術有深入的分析，以探討其各項比賽技術表現能力的特性，做為我國桌球選手訓練參考指標。

因此，為掌握瞭解世界頂尖女子桌球選手比賽技術表現，研究以世界女子桌球排名前三名選手為研究對象，蒐集其參加各國桌球公開賽進入前四強的比賽進行相關分析預測探討。

二、研究目的

- (一) 探討世界頂尖女子桌球選手比賽技術。
- (二) 探討世界頂尖女子桌球選手比賽技術對成績表現預測效果。

三、研究範圍

本研究以世界女子桌球排名前三名選手為研究對象，蒐集其2009年至2011年參加各國桌球公開賽進入前四強的14場比賽，記錄選手比賽技術得、失分表現為本研究範圍。

四、名詞操作性定義

(一)世界頂尖女子桌球選手：

本研究中所指的世界頂尖女子桌球選手是指世界女子桌球排名前三名選手（郭焱、劉詩雯、馮天薇）。

(二)比賽技術：

本研究中所指的比賽技術包括1、3球之發球搶攻、2、4球之接發球搶攻、5球後之相持球。各變項包括發球搶攻得分率、接發球搶攻得分率、相持球得分率、發球搶攻使用率、接發球搶攻使用率、相持球使用率。

(三)得分率、使用率：

本研究中所指的得分率=某階段得分÷(某階段得失分)×100%。本研究中所指的使用率=(某階段得失分)÷(全局得失分)×100%。

(四)成績表現：

本研究中所指成績表現為比賽勝率。比賽勝率=得分÷(得失分)×100%。

貳、研究方法

一、研究對象

本研究對象為世界女子桌球排名前三名選手（郭焱、劉詩雯、馮天薇）。

二、研究工具

本研究工具包括：桌球記錄表、光碟片、個人電腦。

三、實施過程

本研究採用觀察法針對被觀察者的行為，由兩位記錄者逐場記錄所有選手比賽，以每一分最後一球性質來判斷。每場比賽為確保記錄無誤，在記錄後記錄者立即做記錄表驗證工作，如有疑慮提出註解並進行錄影帶觀看驗證後修正。兩位記錄人員（謝瑄容、郭明珍）均為桌球專長出身，皆具備桌球教練資歷與技術涵養，對於記錄表格的運用與記錄都非常熟悉。本研究採交互評分者信度進行信度考驗，公式：次數相同數÷(次數相同數+次數不同數)×100%（王文科，1999；Siedentop,1983）。計算信度結果達.95。

四、資料處理

本研究以 SPSS for Windows 12.0版統計軟體進行統計分析，各項統計考驗之顯著水準定為 $\alpha=.05$ 。

以百分比描述統計進行各階段比賽技術得分率、使用率之分析。

(二) 以逐步迴歸分析統計法考驗桌球技術對成績表現的預測效果。

參、結果與討論

一、世界頂尖女子桌球選手比賽技術分析結果

本研究以世界頂尖女子桌球選手比賽技術(發球搶攻、接發球搶攻、相持球)的得分率、使用率做統計分析，所得結果見表3-1。

表 3-1 世界頂尖女子桌球選手各項綜合技術表現表

變項	使用率%	得分率%
發球搶攻	20.14	64.14
接發球搶攻	17.43	65.64
相持球	62.43	68.64

從表3-1中可以得知，世界頂尖女子桌球選手比賽中使用各項比賽技術使用率：發球搶攻20.14%、接發球搶攻17.43%、相持球62.43%；各項比賽技術得分率：發球搶攻64.14%、接發球搶攻65.64%、相持球68.64%。與分段經驗模式比較後其指標值：發球搶攻使用率不及格、接發球搶攻使用率不及格、相持球使用率及格、發球搶攻得分率良好、接發球搶攻得分率優秀、相持球得分率優秀。

從以上的資料統計分析中可以得知，世界頂尖女子桌球選手在比賽時必須兼備各項綜合技術得分能力在一定水準。而世界頂尖女子桌球選手在比賽時，各項技術之使用頻率高低順序，以相持球使用頻率最高，接發球搶攻使用頻率最低。各項技術之得分頻率高低順序，以相持球得分頻率最高，發球搶攻得分頻率最低。綜觀上述統計資料分析結果，可以瞭解到相持球技術為世界頂尖女子桌球選手比賽中所使用與得分頻率最多的項目，因此如何加強訓練，突出本身特長使其成為主要致勝技術是非常重要的。

二、世界頂尖女子桌球選手比賽技術對成績表現的預測結果

本研究以世界頂尖女子桌球選手比賽技術(發球搶攻使用率、接發球搶攻使用率、相持球使用率、發球搶攻得分率、接發球搶攻得分率、相持球得分率)對成績表現進行預測。預測變項為發球搶攻使用率(X_1)、接發球搶攻使用率(X_2)、相持球使用率(X_3)、發球搶攻得分率(X_4)、接發球搶攻得分率(X_5)、相持球得分率(X_6)等六項，效標變項為成績表現(Y)，經逐步迴歸統計歸納分析結果，見表3-2、表3-3、表3-4、表3-5。

表 3-2 世界頂尖女子桌球選手綜合技術及成績表現基本統計表

預測變項	平均數	標準差	個數
成績表現	0.67	0.14	14
發球搶攻使用率	0.20	0.09	14
接發球搶攻使用率	0.17	0.06	14
相持球使用率	0.62	0.13	14
發球搶攻得分率	0.64	0.24	14
接發球搶攻得分率	0.66	0.17	14
相持球得分率	0.69	0.14	14

表 3-3 世界頂尖女子桌球選手綜合技術預測變項與效標變項相關矩陣表(N=14)

變項	成績表現	發球搶攻使用率	接發球搶攻使用率	相持球使用率	發球搶攻得分率	接發球搶攻得分率	相持球得分率
成績表現	1.00	-0.20	-0.15	0.19	0.50*	0.96*	0.93*
發球搶攻使用率		1.00	0.64*	-0.95*	-0.15	-0.13	-0.10
接發球搶攻使用率			1.00	-0.85*	-0.27	-0.17	-0.01
相持球使用率				1.00	0.21	0.14	0.05
發球搶攻得分率					1.00	0.48*	0.17
接發球搶攻得分率						1.00	0.86*
相持球得分率							1.00

*p<.05

表 3-4 多元逐步迴歸分析摘要表

變異來源	離均差平方和	自由度	均方	F 值	P 值
迴歸變異	0.26	4	0.06	413.57*	.000
殘差變異	0.00	9	0.00		
總變異	0.26	13			

*p<.05

表 3-5 多元逐步迴歸分析摘要統計量表

變項	原始分數迴歸係數	迴歸係數標準誤	標準化迴歸係數	決定係數	累積決定係數	t 值	p 值
接發球搶攻得分率	0.26	0.05	0.32	0.92	0.92	5.04*	0.00
相持球得分率	0.60	0.06	0.60	0.96	0.04	10.61*	0.00
發球搶攻得分率	0.13	0.02	0.23	0.99	0.03	6.93*	0.00
發球搶攻使用率	-0.11	0.04	-0.07	0.99	0.00	-2.62*	0.03
常數	0.02	0.02				0.83	0.43

*p<.05

原始分數迴歸公式如下：

$$Y=0.26X_5+0.60X_6+0.13X_4-0.11X_1+0.02$$

標準分數化迴歸公式如下：

$$Z_Y=0.32ZX_5+0.60ZX_6+0.23ZX_4-0.07ZX_1$$

比較上述標準分數化迴歸係數可以得知能夠有效預測世界頂尖女子桌球選手比賽成績表現的依序有接發球搶攻得分率(X_5)、相持球得分率(X_6)、發球搶攻得分率(X_4)、發球搶攻使用率(X_1)。本研究結果與孔祥智與張曉蓬(2001)、吳文嘉(2005)、黃振華(2009)、謝瑄容、郭明珍、陳金海、張富貴與侯淑玲(2010)的研究結果大致相符合。

本研究接發球搶攻得分率與勝率的相關最高，是所有桌球比賽技術中第一個被選中的項目。由此可知接發球搶攻在世界頂尖女子桌球選手比賽中對勝負間扮演著非常關鍵的角色。周建軍與湯俊斌(2000)指出由於規則的修改，球旋轉變弱和旋轉變化的差異減小，接發球的難度降低，接發球搶攻將成為爭取主動的前沿戰術。中國國家隊教練吳敬平(2002)指出實行無遮擋發球後，發球搶攻的難度加大，接發球搶攻得分的機率將會超過發球搶攻，成為比發球更容易得分的手段。本研究結果與上述學者研究結果相符合，亦即接發球搶攻是世界頂尖女子桌球選手比賽非常重要的比賽技術項目。

本研究相持球得分率是所有桌球比賽技術中第二個被選中的項目。孔祥智與張曉蓬(2001)對孔令輝-瓦爾德納爾的技戰術比較分析中也指出，孔令輝因為有較好的相持能力做保證，使其膽量就可以放鬆一些，增加發球的變化以使打相持球的機會增多，使的局勢對其產生有利的影響並保持優勢。朱昌勇(1999)研究我國大專桌球國手比賽技術，結果顯示三段技術得分率為成績表現的有效預測變項。本研究結果與上述學者研究結果相符合。從上述學者專家的相關研究中可以知道相持球技術對於女子桌球比賽成績表現非常重要，在世界頂尖女子選手的比賽中，雙方之實力往往不相上下，每一球都很有可能會來回打很多次才分出輸贏，所以對於第5球後的相持能力非常重要。

本研究發球搶攻得分率及發球搶攻使用率是所有桌球比賽技術中第三及第四個被選中的項目。發球在比賽中的作用不言而喻，它可以不受對手限制，根據運動員自身特點，與搶攻配套，形成最佳的發球搶攻組合，為取得比賽的勝利創造條件。沈啟賓(1992)研究中油女子桌球代表隊綜合技術狀態診斷與成績表現預測，結果選出的綜合技術代表性項目為正手側發球搶攻；朱昌勇(1999)研究我國大專桌球國手比賽技術，結果顯示三段技術得分率為成績表現的有效預測變項。本研究結果與上述學者其研究結果相符合。從上述學者專家的相關研究中可以知道發球搶攻技術對於頂尖女子桌球比賽成績表現非常重要。若能在比賽節奏上運用得法，常能打亂對方的整個戰略部署，造成對方的慌亂並失去信心，所以在桌球整體比賽過程中發球搶攻非常重要，這也是目前世界頂尖女子桌球選手的主要進攻方式之一。

肆、結論與建議

一、結論

- (一)世界頂尖女子桌球選手比賽中各項使用技術在發球搶攻與接發球搶攻為不及格、在相持球為及格，各項得分技術在發球搶攻為良好，在接發球搶攻與相持球均為優秀。各項技術使用頻率以相持球最高接發球搶攻最低，各項技術得分頻率以相持球最高發球搶攻最低。
- (二)桌球比賽技術中最能預測世界頂尖女子桌球選手成績表現的是接發球搶攻得分率、相持球得分率、發球搶攻得分率、發球搶攻使用率。

二、建議

- (一)我國女子桌球選手可參考本研究結果來做針對性訓練。
- (二)可比較我國與世界頂尖女子桌球選手技術差異並做改善調整。
- (三)未來可針對奧運會頂尖女子桌球選手技術做探討。

參考文獻

1. 孔祥智、張曉蓬(2001)。孔令輝-瓦爾德納爾技戰術比較分析。《**乒乓世界**》，99，32-33。
2. 王文科(1999)。《**教育研究法**》。台北：五南出版社。
3. 朱昌勇(1999)。1998年世界盃女子桌球賽三段技術分析研究。《**大專體育**》，41，53-58。
4. 吳文嘉(2005)。《**蔣澎龍準備參加2004年奧運會桌球單打比賽技戰術之探討**》。未出版碩士論文，中國文化大學運動教練研究所碩士論文，台北市。
5. 吳敬平(2002)。發球搶攻新體系與接發球一體化--關於11分制和新發球規則的思考。《**乒乓世界**》，2，32-33。
6. 沈啟賓(1992)。《**中油女子桌球代表隊綜合技術狀態診斷與成績表現預測之探討**》。台北市：仰哲出版社。
7. 沈啟賓(1996)。《**灰色系統理論在桌球運動員臨場比賽競技能力狀態診斷與目標設定運用之探討**》。台北市：文笙書局股份有限公司。
8. 周建軍、湯俊斌(2000)。在論大球對乒乓球技術、戰術的影響與對策。《**蘇州絲綢工學院學報**》，20(6)，136-139。
9. 陳健全(1999)。桌球運動技術分析。《**台灣省學校體育**》，51，50-56。

10. 黃振華(2009)。韓國優秀桌球運動員柳承敏的技戰術分析研究。台北市：眾文圖書股份有限公司。
11. 謝瑄容、郭明珍、陳金海、張富貴、侯淑玲(2010)。世界級男子桌球選手綜合技術之探討。長榮運動休閒學刊，4，34-43。
12. Siedentop, D. (1983). *Developing teaching skills in Physical education*. CA : Mayfield Publishing Company.

少陵草堂絕句之變與新

The Change and New of the Quatrains in Thatched Cottage

林瑛瑛

Ying-ying Lin

東南科技大學通識教育中心講師 Lecturer of General Education Center, Tunghan University

摘 要

本文以杜甫成都草堂之絕句創作為範疇，研究其開展與創新。盛唐絕句注重含蓄有情及情韻風調，此審美要求，與絕句本身體製的限制有關。因短小，故宜表現剎那間之情感，若欲表現壯闊之場景及深博之思想，則有其局限性；故一般作家著重於抒情性與藝術性，多以情致見長。但文學形式的藝術領域有其回旋與開拓的餘地，盛唐絕句發展雖已極為興盛，然題材之選取與技巧的表現，乃偏於浪漫、抒情。而寫實、議論、敘事較少，可再突破，尤其是七絕，更有可發揮的餘地。

杜甫處於唐詩輝煌成果之承接時期，入蜀階段，其生活經驗累積益深，緣於時代的要求，與詩人本身意圖創新以突破盛唐諸家，嘗試將其他體裁常見的題材與表現手法運於絕句之創作；濟以受蜀地巴渝民間歌曲的影響，詩人有意學習民間率樸自然語言；凡此，皆使其絕句以另一風貌展現。本文由內容方面之獨創與寫作手法之表現特色，以論其創作特質，掌握草堂絕句之特殊表現，並推究題材選取及技巧之特色，以釐定其詩藝成就。杜甫草堂絕句在內容方面有引進大量議論及敘事成分的特質，尤以絕句抒發對詩歌之見解與評論最為特殊；寫作手法則有拗體之運用、多偶句之筆、多以俗語、口語入詩之語言特點，以及多聯章之作等特質，足見詩人之創作風貌與獨到處，並對後世具啟迪之功。

關鍵字：杜甫、草堂時期、唐詩絕句、聯章詩

Summary

The popular demand of the Tang Dynasty quatrains focus on the sentiment s and subtle sentiment. This aesthetic requirements of the genre specific has the relation with the restriction of the real and quatrains itself. It appears the performance of the flash emotion because of the short form. And it has the limitations on the performance of the magnificence of life scenes

and deep ideological content , so the writers put emphasis on its lyricism and artistry, and more known to the delight. However, the art field of literature styles is not the same also with revolving and developing. Although the development of the quatrains in the flourishing period of the Tang Dynasty have been very thriving, the selection and performance of the materials did not fully cover all levels of life which prefer the romantic and lyrical. In addition, there are less works on the realism , discussion and narrative , but also has their world , especially the seven quatrains.

Du Fu is achieved undertake period , and he had deeply social life and experiences when he was in Sichuan. Due to the demands of the times, and the poems themselves intent the innovation to breakthrough all the poets in Tang , trying to use the common themes the techniques in the creation of the quatrains. The influence of folk song in Shu Bayu area, poet intentionally learning the natural language in their real life. The above activities show another style on its quatrains. The article here use the original creation in content and the characteristics in writing to discuss their creative qualities. Then try to deduce the selection of the theme and characteristics of artistic skills that in order to determine the achievement of the art of poetry. Du Fu's Thatched Cottage quatrains characteristics of the introduction of a large number of argumentative and narrative components in terms of content, especially quatrains which can express the opinions and comments of the poetry with the most special. The characteristics of the writing style are using more colloquial spoken language into poetry, and as well as the chapter poetry for other characteristics, which shows the poet's creative style and independence , and the power of inspiration.

Keywords: Du Fu , Thatched Cottage period, quatrains, the chapter poetry

壹、前言

唐代詩人杜甫身經動亂，綜觀他飄泊不定的一生，成都草堂及夔州時期為其生活狀況較安定之時，亦是其近體詩創作最為豐盛之階段。一般評論家，多讚賞其詩具沉鬱頓挫之風，尤其是律詩諸作。然筆者於閱讀杜甫草堂諸詩時^(註1)，除感受到詩人暫離動亂，得幽靜恬然之村居生活，於平凡俗事中關懷微物，體會人生之閒適詩情外，發覺其絕句作品，幾乎全於此期方始大量創作^(註2)。再思及杜甫之所以被譽為「詩聖」之因，應是其創作能夠備百體，傳百情；亦即杜甫深刻的人生體會與精湛的藝術手法相容，能把握各種詩歌體裁的特色，將各種體思淋漓表現。故筆者欲以杜甫草堂絕句為範疇，探究其內容方面之獨創與寫作手法之特色，以明詩人之拓展與突破，並論其影響。

絕句亦稱截句、斷句、絕詩，每首僅四句，通常為五、七言二種，偶有六言。為一種靈活輕便之體裁，適宜表現生活中瞬間的意念與感受。在初唐時期，絕句體裁已定型，五絕之藝術已有長足發展，但七絕則尚未充分發揮。盛唐時，絕句已發展興盛；然在題材之選取與技巧的表現上，並未完全涵蓋生活各層面，仍偏於浪漫、抒情，而寫實、議論、敘事較少，尤其是七絕，更有發揮的餘地。杜甫處於輝煌成果之承接時期，入蜀寓居草堂，其社會、生活經驗更為深刻，緣於時代的要求與詩人意圖創新，以突破盛唐諸家，故其嘗試著將其他體裁常見的題材與表現手法運用於絕句之創作，濟以受蜀地巴渝一帶民間歌曲(即唐樂府曲竹枝詞之本)的影響，詩人有意學習民間率樸自然語言；凡此，皆使此時之絕句展現特殊的風貌。

本文由內容方面之獨創與寫作手法之表現特色，以論其創作特質。筆者試著比較杜甫不同時期的絕句作品，以探究其草堂絕句之特殊表現。並嘗試推究此詩體於題材之選取及藝術技巧之特色，以釐定其詩藝成就。杜甫草堂絕句在內容方面有引進大量議論及敘事成分的特質，尤以絕句抒發對詩歌之見解與評論最為特殊；寫作手法之特色，則有拗體之運用、多偶句之筆、以俗語、口語入詩之語言特點，以及多聯章之作等特質，茲分別論述。

貳、內容方面之獨創

盛唐絕句常見之題材有邊塞風情、閨情宮怨、行旅及投贈送別等。然此種題材於杜甫草堂絕句作品並不多見，殆緣於生活環境之影響，而在此期絕句詩中出現了描寫生活情趣、體察物象，懷友賞古之作，形成多樣風貌。其中較值得注意者，為引進大量議論及敘事成分，尤特殊者，是以絕句抒發對詩歌之見解與評論。以議論入詩，在杜甫之前，文人已有創作；然採絕句體裁寫作，杜甫則為首創，具啟迪之功。茲就(一)以絕句談論文藝及(二)以絕句歌詠時事二端以論。

1 杜甫自肅宗乾元二年冬寓居成都，至永泰元年五月離成都，期間包涵輾轉梓、閬時期。就時間、詩人之行蹤及心境與思想之轉承，有密切關聯，故將梓、閬時期之作列入草堂時期。

2 杜甫於乾元二年十二月初抵成都至永泰元年離成都，計創作七絕約二十四題五十七首，五絕有六題十六首，其絕句總數約一百三十七首，較他期為多。

一. 以絕句談論文藝

成都地區自古為文人畫家薈萃之地，杜甫草堂生活較安定，除有機會鑑畫賞畫之外，在關心世事之同時，得以思索詩歌創作上的一些問題，總結四十多年來的寫作經驗，並進一步提出一己之寫詩主張，此為詩人內省傾向之一端。是闡發文學觀之詩作，乃此期頗為特殊內涵，其就詩歌之效用，作詩之態度與觀點，及詩歌藝術風格之鑑賞等，提出一己見解，頗具建設性，而其論詩主張更是詩人創作詩歌的原則。

關於對詩歌創作的見解，李白〈古風〉五十九首有談藝論文之見，然以七絕為之，則始於杜甫。其於此期較完整可見者為〈戲為六絕句〉及〈江上值水勢聊短述〉等詩，於夔州時期所作之〈解悶十二首〉、〈偶題〉與〈遺興五首〉等，亦有較多篇幅論及；此外，更散見於他篇詩作中。現分析〈戲為六絕句〉，以見杜甫兼容並蓄的態度及審美觀點。

(一) 〈戲為六絕句〉之寫作動機與態度

〈戲為六絕句〉之寫作動機與態度，可由文學思潮及詩人的生活背景探討。

唐代之文學思潮乃尚風雅，貴興寄，盛唐文壇因應此潮流，或有空言橫議之弊，杜甫目睹文壇對此問題之爭論現象（「輕薄為文哂未休」），以其對文學演進之認知及本身創作經驗之累積，試著說明詩歌創作的原則，釐清詩歌之發展途徑。此即為其寫作動機。

再就此期之創作背景—生活型態以考察此詩之創作態度：〈戲為六絕句〉作於上元寶應年間，正值杜甫村居成都草堂時期，此期的生命態度所展現者多為閒適自然及疏放脫略之情致；由此時所作的詩題多以「戲」字為之，及詩的內容均可見^(註3)，本詩即在此生活與心境下寫出。我們體會其以「戲」字為題的精神風貌，便能切合此聯章絕句的旨意，也可感受詩中所流露的諧謔之趣。

(二) 杜甫之詩歌創作觀與鑑賞觀

現引此聯章組詩，以探詩杜甫的文學思想：

庾信文章老更成，凌雲健筆意縱橫。今人嗤點流傳賦，不覺前賢畏後生。
 王楊盧駱當時體，輕薄為文哂未休。爾曹身與名俱滅，不廢江河萬古流。
 縱使盧王操翰墨，劣於漢魏近風騷。龍文虎脊皆君馭，歷塊過都見爾曹。
 才力應難跨數公，凡今誰是出群雄？或看翡翠蘭苕上，未掣鯨魚碧海中。
 不薄今人愛古人，清詞麗句必為鄰。竊攀屈宋宜方駕，恐與齊梁作後塵。
 未及前賢更勿疑，遞相祖述復先誰。別裁偽體親風雅，轉益多師是汝師。

(註3)

此聯章體詩之首章乃提論庾信，次章論及四傑，第三章乃申論二章之意，第四章為總結前三章之意見，而末二章則對彼時文壇之是非爭辯提出具體之說明，並指示創作之把握方向。首先，我們由杜甫舉庾信與四傑所蘊含的深意談起。

3 清·仇兆鰲《杜詩詳注》卷十一，頁898(北京：中華書局，1979年第一版)。本文所引杜詩以此為本。

1. 對庾信之評價—融身世之感，重詩藝之研練

庾信於齊梁文壇之地位頗為重要，劉熙載《藝概》一書提及庾信對唐代文壇及初唐四傑之影響時云：「庾子山〈燕歌行〉開唐初七古，〈烏夜啼〉開唐七律，其他體為唐五絕、五律、五排所本者，尤不可勝舉。」（卷二，〈詩概〉），又徐復觀先生云：「若指稱齊梁文體的特性，一定要數到庾信。若指稱齊梁文學的流弊，也必須要數到庾信。四傑若學齊梁，便必學過庾信。」^(註4)可見庾信與四傑的關係。

庾信早年於建康所作之詩文有「徐庾體」之稱，其體派綺艷，與享樂的宮廷生活有關。而庾信晚年的風格清新悲慨，此與亡國後的鄉關之思有關，深沈的故國之思正為其晚期作品之主要內容。歷來評庾信者有兩種不同的見解：一以其早期與晚期的作品並無異；二以其晚年作品乃成熟之作。試檢讀庾信晚年的詩賦，其到北朝後雖亦曾作〈奉和趙王美人春日〉、〈和趙王看妓〉等思想內容不足之作，然後期詩作以抒發故國之思為主，如〈詠懷二十七首〉、〈怨歌行〉、〈和張侍中述懷〉、〈寄王琳〉、〈送周尚書弘正二首〉、〈重別周尚書二首〉等，可見其悔恨屈身仕敵之舉，風格轉為蒼涼悲壯。就詩藝而言，其注重對偶，運用自然，對律詩之形成闢一道路。其晚期賦作亦由豔情賦進而主寫鄉關之思、蕭瑟生平及反映現實社會諸端苦難，如〈小園賦〉、〈枯樹賦〉、〈竹杖賦〉、〈傷心賦〉、〈哀江南賦〉等均可見。^(註5)顯示其有力反映當時政治生活與社會動態，發抒愛國情思，繼承屈、宋、曹植、鮑照以來的優秀傳統，因此而感動著讀者。凡此，其藝術技巧及思想內容，皆隨著生活體驗而增進。

杜甫云：「庾信文章老更成，凌雲健筆意縱橫。」即以庾信晚期作品老成高峻，筆勢凌雲，情思闊大而意思縱橫。閱讀庾信暮年詩作，其詩賦確有較高的藝術性與充實內容。杜甫讚許，即反對因個別詞句而否定全篇，宜掌握主體情思，領略詩中義蘊，方能公允評斷。再者，杜甫評許庾信晚年作品，實結合自己類似的遭遇，像此期所寫之〈詠懷古跡五首〉之一：「支離東北風塵際，漂泊西南天地間。庾信平生最蕭瑟，暮年詩賦動江關。」可見詩人融入身世之悲，其所傾注的情感極為深刻。我們配合杜甫暮年詩作所展現的內容，與庾信暮年詩賦之情感頗為類似，而作品之質與量皆有提升之徵，可見詩人對庾信之同情與關注，亦隱含詩人對詩藝研練精進之期許。

初唐四傑處於朝代之間的過渡期，而基於自覺性，為改革文壇弊習而努力；且對聲律之研求，辭采之修練，更有不可抹滅的地位。杜甫之云「當時體」，即掌握時代演變趨勢，瞭解各代有其文學，各有其意義而論。其〈偶題〉詩云：「前輩飛騰入，餘波綺麗為，後賢兼舊制，歷代各清規。」（卷十八，頁1541）即蘊含此義。徐復觀先生曾就此而言：「從文學史的立場看，凡以自己的心靈，與時代相融合，因而成了一個時代的文學作品，便不會是死文學，而能永垂不朽。」^(註6)以誠實的心靈反映時代，便是「真」的表現。杜甫為人不喜矯揉作態，曾云：「近識峨眉老，知余懶是真」（〈漫成二首〉之二，卷十，頁797），所欣賞的藝術是「皆寫青田真」（〈通泉縣署壁後薛少保畫鶴〉，卷十一，頁951），「此鷹寫真在左綿，卻嗟真骨遂虛傳」（〈姜楚公畫角鷹歌〉，卷十一，頁924），其對詩文之創作態度亦以真面對，全視其興會觸發的真境如何，將它如實地以語言表達出來；杜甫之能凌雲縱橫，主要即在於其能表達

4 見徐復觀先生之〈從文學史觀點及學詩方法試釋杜甫戲為六絕句〉一文。見錄於木鐸出版社印行之《杜甫戲為六絕句集解》之附錄，頁123，1982年6月。

5 參見許逸文譯注之《庾信詩文》（臺北：錦繡出版社，1993年再版）。

6 同註5，頁123。

真思想、真感受。故其依於具體藝術創作而評論四傑，以其雖然未若漢魏之近風騷，然亦如龍文虎脊之名馬，可供國君駕馭，經過漫長艱辛的創作過程，更見彼輩之不及四傑。詩人在感歎時人之嗤點與輕薄為文之苛責，不能反求諸己時，以幽默嘲弄的筆調出之，隱含無奈之悲憫。

3. 杜甫之詩歌鑑賞觀—廣博求精

此詩「或看翡翠蘭苕上，未掣鯨魚碧海中」二句，涉及杜甫對詩歌之評鑑問題。蔡英俊先生指出：「杜甫塑造兩種意象來比擬兩種不同的藝術風格；以翡翠珍禽在蘭苕間嬉戲象徵『纖小娟媚』、『容色鮮新』，而以鯨魚在碧海中吞吐象徵『雄慨大力』、『才力橫絕』，同時透過語彙的選擇，而表示了這兩種美學風格的高下對立。」^(註7)觀杜甫之「或看」與「未掣」用語，可見其對當時詩壇的看法，一般作者之麗詞雖有可取處，但卻如翡翠蘭苕，流於輕薄柔弱，缺乏如鯨魚碧海般之雄健筆力與壯美氣魄，終究比不上雄概飛騰之作。「不薄今人愛古人」即因當時存在菲薄齊梁及初唐作家之現象而論。

杜甫對藝術感受敏銳，能把握不同作家的風格評論；齊梁時期的作家於聲律及語言字句之鍛煉上，予唐代文壇許多啟發。杜甫本身即頗重聲律之探求，若其云：「晚節漸於詩律細」（〈遣悶戲呈路十九曹長〉，卷十八，頁1602）、「遣辭必中律」（〈橋陵詩三十韻因呈縣內諸官〉，卷三，頁232）、「陶冶性靈存底物，新詩改罷自長吟。」（〈解悶十二首之七〉卷十七，頁1511）「賦詩新句穩，不覺自長吟。」（〈長吟〉卷十四，頁1209）可見重視音律之美。杜甫亦重語言錘煉，其云：「為人性僻耽佳句，語不驚人死不休。」（〈江上值水如海勢聊短述〉卷十，頁810）、「李侯有佳句，往往似陰鏗。」（〈與李十二白同尋范十隱居〉卷一，頁45）即重視句法之意。杜甫重視句法研煉，正顯示其廣博求精的精神，也因此能立於盛唐且高於盛唐。「詩律細」不僅是詩歌的聲音問題，也包括對外界事物細緻地觀察和刻劃。杜甫以不貴今賤古，亦不貴古賤今，惟清詞麗句為鄰之態度，兼賞不同之風格，予齊梁詩人適當的評價，而其得於齊梁詩人，造就其詩歌成就者，正緣於「清詞麗句」與「聲律細」二端。

此外，杜甫亦頗重神化之境，其賞書時云：「書貴瘦硬方通神」（〈李潮八分小篆歌〉，卷十，頁1550），賞畫時云：「將軍盡善蓋有神」（〈丹青引贈曹將軍霸〉，卷十三，頁1147），而言及詩歌時亦云：「詩應有神助，吾得及春遊。」（〈遊修覺寺〉）「醉裏從為客，詩成覺有神。」（〈獨酌成詩〉，卷五，頁384）「揮翰綺繡揚，篇什若有神。」（〈八哀詩·汝陽王璣〉，卷十六，頁1372）。詩之有神，除緣於外物之刺激，更源自生活的歷練，方能言之有物，在形容刻畫間，意蘊自然流露。四時節候的變化及景物變遷，能激起詩情，而時代的動盪與個人遭遇的順逆，更觸動詩人心靈。詩歌之效用乃立足於現實生活，而成就詩歌者，亦源於人生道路之種種際遇。

4. 轉益多師，博取兼資之論詩主張

〈戲為六絕句〉之末首為總結全篇，詩之末二句「別裁偽體親風雅，轉益多師是汝師」，前者之主張主要表現於思想內容上，後者主要表現於藝術形式之探求。杜甫肯定齊梁文學及初唐四傑的某些成就與貢獻，即能以史的觀點考察，並肯定表達真性情

7 蔡英俊先生之分析，見〈論杜甫「戲為六絕句」中國文學批評史上的意義〉一文，《唐詩論文選集》，呂正惠編。臺北：長安出版社，1985年初版。

的作品。閱讀杜甫的作品，可得知上自風、雅，下而屈、宋、庾信、王、楊、盧、駱等，皆是取益之師。然學貴博取貫融，要能樹立一己風格，不因襲循蹈。杜甫之所以成就詩壇之地位，即緣其轉益多師的論詩主張，以兼容並蓄的態度作詩，多方學習與借鑒，不存門戶之見。古云：「泰山不讓土壤，故能成其大；河海不擇細流，故能就其深」（《史記》卷八十七·〈李斯列傳〉第二十七）杜詩之博大與繁富，即因其才、學、識兼融。

由以上的探討可知，杜甫以詩歌之創作乃源於生活的種種激盪，藉之以傳達思想情志，抒發情興；而取兼容並蓄的態度及重語言垂煉、聲律美、氣骨風神；對詩歌藝術風格的鑑賞，既能賞清麗華美之作品，亦慕雄渾壯闊之作。杜甫深入詩歌創作的歷程，結合生活現實，真誠地表達諸端興寄，賦予藝術以生命，因能於詩壇堅立其位。

我傳統批評之特點即在評語簡約，籠統概括，妙用比喻；而絕句之一般審美要求，即含蓄不露，語近意遠，興象風華，最富神味。批評者既是詩人，而絕句之特質使得詩人鍾愛而採用。是絕句論詩與傳統之抒情批評方式有雷同點，故自杜甫之嘗試，成立絕句論詩之體後，元好問、王漁洋、趙翼…等論詩絕句皆循此而發展，杜甫實具啟迪之功。

二、以絕句之體詠論時事——對晚唐詠史絕句之影響

古體詩之體裁適宜表現較宏富的內容，是以詩人屢以之議論時事；而以絕句此一短小篇幅論時事者，在杜甫之前，李白有〈上皇西巡南京歌十首〉、〈永王東巡歌十一首〉之作^(註8)。杜甫將時事，政論引入絕句領域之情況亦不少，如：〈黃河二首〉云：

黃河北岸海西軍，椎鼓鳴鐘天下聞。鐵馬長鳴不知數，胡人高鼻動成群。黃河南岸是吾蜀，欲須供給家無粟。願驅眾庶戴君王，混一車書棄金玉。

(卷十三，頁1138)

此乃因吐蕃不靖而民苦於饋餉而作。這種嘗試大量見於去蜀後，如〈三絕句〉(卷十四，頁1240)、〈復愁十二首〉(卷二十，頁1711)、〈喜聞盜賊總退口號五首〉(卷二十一，頁1857)、〈解悶十二首〉等詩之部分篇章。中唐時期產生的大量反映社會風俗之絕句，及晚唐時期產生之許多揭露社會現實、抨擊政治得失、關心人民疾苦之作，即循著杜甫開拓之路而發展。故就評論時事之絕句而言，杜甫雖非首倡，然於其後才大量出現，杜甫實起倡導作用。

從以上之分析中，我們可以發現，李白或杜甫評論時事之絕句，多以組詩之形式為之。蓋絕句有篇幅短小之局限性，作家思救此敝，因有聯章絕句之興(詳下節之探討)。此種組詩的運用，擴大絕句之篇幅，更能表現複雜的社會生活；然如何以短小體制容納更豐富的社會生活之根本問題，亦隨而出現。意即杜甫通常以古體詩直敘其事，直抒胸臆的手法而作此種絕句，難免意盡其中，聯章組詩雖能解決此問題，然其畢竟非由絕句之固有特點——「短小」而出發，無法達到以小見大，以小勝多的境地。也因此留予中晚唐的作家一個課題，也可以說，其為中晚唐的詠史絕句提供了有益的借鑑。

8 見瞿蛻園《李白集校注》卷八(臺北：洪氏出版社，1981年4月11日再版)，頁557、546。

唐詩之美，即因主性情，至宋風氣漸轉，以文為詩而主議論，變此風氣者，自杜甫始。杜甫五古議論雖多，然其以絕句議論實為特色；葉燮《原詩》云：「杜七絕輪困奇矯，不可名狀。在杜集中別是一格，宋人大概學之。宋人七絕，大約學杜者什六、七，學李商隱者什三、四。」^(註9)其影響者乃以議論為要，中晚唐詩人若劉禹錫、羅隱、李商隱等之詠史絕句實受杜甫影響，雖謂宋人學杜學李，追本溯源，宜歸杜矣，可見其影響宋詩之深。

參、寫作手法之特色

杜甫五、七言古詩與五言律詩之創作，於其入蜀前已極力為之，而長篇古詩之運用，則於安史之亂前後達到高峰，在質與量上皆有明顯之演進。入蜀後因生活之影響，內容上由敘事而轉於抒情，體裁上律詩之創作有頗高的造詣，此對其絕句之創作影響頗深，有許多創作特點即取法於律，而蜀中民歌的音調亦影響之。茲就拗體之運用、多偶句之筆、大量以俗語，口語入詩及多聯章之作等以論。

一、拗體之運用

近體詩有一定的平仄規律，若依其平仄而為詩，則為諧；所謂「拗」即不按平仄規矩者。在五言句及七言句下三字有四諧(平平仄、仄仄平、平仄仄、仄平平)及四拗(平仄平、仄平仄、平平平、仄仄仄)之情況，四諧乃平聲或仄聲兩兩相連，另加一單，與之相反；四拗者，前二者兩平或兩仄隔開，中挾一單與之相反，後兩者或三平或三仄相連。在五言上二字僅有四式：平平、仄仄、仄平、平仄，變化簡單，無所謂諧拗；而七言上四字共有十六式，諧拗各八，二四不同聲為諧，二四同聲者為拗。拗體又分為「拗而能救」與「拗字甚多，往往神出鬼沒」的大拗^(註10)；不論拗或諧，皆是一種美；張夢機先生云：「律絕五七言平仄有拗用者，或因拗而轉諧，或反諧以取勢，蓋一經拗折，詞格愈顯嶙峋，氣宇愈覺傲兀，神清骨峻、韻高格古，所謂金石未作，鐘磬聲和，渾然有律呂外意也。」^(註11)蓋拗體具超乎平仄之鏗鏘美，是為詩家避熟就生之法，運用得妙，則有奇崛之美。試觀杜甫成都草堂時期所作之拗體絕句：

江上被花惱不徹，無處告訴只顛狂。(〈江畔獨步尋花七絕句〉之一，卷十，頁816)

不是愛花即欲死，只恐花盡老相催。(同上之七))

草堂塹西無樹木，非子誰復見幽心。(〈憑何十一少府邕覓楸木栽〉卷九，頁732)

隔戶楊柳弱嫋嫋，恰似十五女兒腰。(〈絕句漫興九首〉之九，卷九，頁783)

以上為前二句拗者。第一首為仄起平韻七絕之首二句，「徹」字宜平用仄，「處」字宜平而仄；第二首之情況亦同，第三首為平起平韻之七絕，首二句：「西」字宜仄用平，「復」字宜平用仄。第四首則首句六字用仄聲，次句乃連用五仄聲。此外，〈絕

9 見《原詩》卷四〈外篇·下〉，收錄於丁福保輯訂之《清詩話》(臺北：木鐸出版社，1988年9月初版)，頁610。

10 此參鄭健行之〈論吳體和拗體的貼合程度〉之說解，收錄於《中國文化研究所學報》1988年，19卷，頁109—132。

11 見張夢機先生所著之〈近體詩發凡〉第六章，〈論拗句與救法〉(臺北：中華書局，1984年5月初版)，頁103。

句漫興九首〉之一、二、三、四、八、九首，及〈三絕句〉其三，皆屬拗體絕句。^(註12)清·翟翬《聲調譜拾遺》云：「七言絕句源流與五言相似，唯少陵所作，特多拗體。」^(註13)杜甫屢以古律之法入七絕，此為研究者普遍的認知^(註14)，然此體之創並非始於杜甫。在其前之盛唐詩人，如李白、王昌齡、王維、劉禹錫...之絕句^(註15)即出現拗體。

蓋以拗入絕，音調則趨跳躍活潑，造成特殊音響，頗為新奇可愛。杜甫之律體，好以拗體表達拗折之心境，其將此法帶進絕句，又其處竹枝發源之蜀地，民歌之語言特色則為質樸自然，不求平仄之諧，杜甫絕句創作即具此特色。是以李東陽《懷麓唐詩話》云：「杜子美漫興諸絕句，有古竹枝意，跌宕奇古，超出詩人蹊徑。」^(註16)我們由其拗體絕句之質與量考索，可以發現杜甫乃有意識地由拗中取勝，以詩之格調與其跌宕心境諧一，達到形神冥合之境，故不宜以一般尺度衡量。

二、多偶句之筆

絕句偶句之作法，計有：對起散結、散起對結、對起對結三種作法。在初唐、盛唐作家中，偶句入絕者頗常見^(註17)，而據馮鍾芸先生之統計、杜甫之絕句共一百三十七首，其中有散有偶之作，佔其絕句總數之一半強^(註18)。據筆者統計此期絕句之用偶句情況，共四十首，佔此期總數三分之二強，而對結者有三十四首，則佔總數之一半左右，比重頗大。

盛唐絕句因其重風韻深長，彈唱有情，多以散結行之，故第三、四句之轉合關係頗受重視，基本上已不用對結。初唐時對結之情況頗為常見，然作家多以流水對出之^(註19)，流水對之關係仍為轉合關係，而在盛唐時期，亦可於李白、王維之作中偶見之。杜甫則多於對結時使用「的對」作結，此種結法則變原有音調之婉轉悠揚而為直峭波折。絕詩雖奇偶相生，駢散互出，或全為偶句，誠易阻塞文氣，然若熟練對仗之法，遣詞用字運之得妙，亦可免此病矣。杜甫以偶入絕是否為對偶所拘？其對結是否有板澀之病？現一一探討之。

就對起散結之絕句而言，如〈戲作寄上漢中王二首〉之一：

雲裡不聞雙雁過，掌中貪看一珠新。秋風嫋嫋吹江漢，只在他鄉何處人？(卷十二，頁1028)

-
- 12 關於杜甫七絕不合平仄格式之情況，及與同時代之作家之比較，在陳昱穎《杜甫七絕平仄格式在詩學史上的意義》(中山大學中國文學系碩士在職專班，碩士論文，2006)中有詳時之探討，可參見。
- 13 見《聲調譜拾遺》之論例，見《清詩話》，丁福保輯(臺北：木鐸出版社，1988年9月初版)，頁353。
- 14 據張夢機先生之統計，其七絕共一〇七首，拗者有三二首。(見張先生所著〈杜甫變體七絕的特色〉，收錄於呂正惠先生所編之《唐詩論文選集》一書(臺北：長安出版社，1985年4月初版，頁253)，比例頗大。
- 15 李白之〈山中與幽人對酌〉前二句為拗，而〈山中答問〉則全首皆拗。王昌齡〈芙蓉樓送辛漸二首〉之一首句為拗，有六平一仄；王維之五絕亦常有拗體；劉禹錫之〈竹枝詞〉多不協平仄，參以拗句。
- 16 見丁福保所輯之《歷代詩話續編》下冊，頁1377。又宋詩論家胡仔亦云：「老杜自有此體，如〈絕句漫興〉、〈黃河〉、〈江畔獨步尋花〉、〈夔州歌〉、〈春水生〉，皆不拘聲律，渾然成章，新奇可愛，故魯直效之，…文潛(張耒)不細考老杜詩，便謂「此題自吾魯直始」非也。」(見《苕溪漁隱叢話》前集，卷四七，臺北：木鐸出版社，1982年8月初版，頁319)。
- 17 就散起對結以言，駱賓王之〈於易水送別〉、張敬忠之〈邊詞〉、杜審言之〈渡湘江〉、〈贈蘇綰〉、岑參之〈凱歌〉…等皆是。就對起散結以言，駱賓王之〈在軍城登樓〉、李白之〈獨坐敬亭山〉、劉禹錫之〈石頭城〉均是。就對起對結以言，王之渙〈登鶴雀樓〉、暢當〈登鶴雀樓〉、李白〈宣城見杜鵑花〉、錢翊〈江行〉等皆是。
- 18 見馮鍾芸所著之〈杜甫絕句的特點〉一文，《北京大學(人文學科)學報》，1964年第1期。
- 19 流水對乃「不拘繩墨，自為叮咛，兩句非合而觀之，其意不顯…兩句一意，氣勢連貫，一脈相承，頗圓暢流動，驟讀之似自然言語，細察之則字字對偶。」(張夢機《近體詩發凡》，同註12，頁65至70)，如王績「相逢秋月滿，更值夜螢飛」(〈秋夜喜遇王處之〉)、盧照鄰「他鄉共酌金花酒，萬里同歸鴻雁天」(〈九月九日坐玄武山〉)、杜審言之「紅粉樓中應計日，燕支山下莫經年」(〈贈蘇綰書記〉)等即是。

詩之首聯以雲裏雁過，掌中珠新對得起勢，筆墨之外，興起雁書不至之傷；三、四二句順勢轉合，逆結上意，以秋風之嫋嫋自吹，喻己之孤寂蕭瑟，末則點明離鄉之感。詩之前二句以偶句為之，然卻對仗得極切自然。又〈少年行二首〉之二：「巢燕養雛渾去盡，江花結子也無多。黃衫年少來宜數，不見堂前東逝波。」(卷十，頁848)詩之起筆落想深入，以燕去花稀喚起下二句宜及時行樂之警嘆。起既得勢，下即一氣呵成，毫不費力，實對起之可法者。此詩主意在後，經前聯之烘托與摹寫，襯出後聯感人之力量，其以偶句入絕，無滯礙的痕跡，章法顯得流宕多姿。

其散起對結者，如〈奉和嚴鄭公軍城早秋〉詩：

秋風嫋嫋動高旌，玉帳分弓射虜營。已收滴博雲間戍，欲奪蓬婆雪外城。(卷十四，頁1170)

此詩之三四句取地名而為對偶，其本頗為粗梗，然杜甫以「雲間」、「雪外」映帶之，使詩句活躍起，化全句之板滯為生動，更顯出城戍之高峻及險要，突出嚴武的偉績。是運用得妙也。又〈謝嚴中丞送青城山道士乳酒一瓶〉云：

山瓶乳酒下青雲，氣味濃香幸見分。鳴鞭走送憐漁父，洗盞開嘗對馬軍。(卷十一，頁896)

此詩看似粗率，然細索之則有奇趣。末聯以漁父對馬軍，對仗工巧又切實；「鳴鞭走送」見馬軍送酒之速，而不待馬軍之去即「洗盞開嘗」，見詩人愛酒之深，在此映襯下，其摹己之狂態，躍然紙上。其全首皆偶者，五絕如〈絕句二首〉之一：

遲日江山麗，春風花草香；泥融飛燕子，沙暖睡鴛鴦。(卷十三，頁1134)

蓋此詩寫景妥切工整，浦起龍指出此詩「只寫春景，未出意」^(註20)，然羅大經則解之曰：「上二句見兩間(天地之間)莫非生意，下二句見萬物莫不適性。…只把作景物看亦可，把做道理看，其中亦盡有可玩索處。」^(註21)實然。又〈絕句六首〉之四亦對仗流利生動：

急雨捎溪足，斜暉轉樹腰；隔巢黃鳥並，翻藻白魚跳。(卷十三，頁1141)

詩之前二句寫雨晴速變之景，後二句寫雨後鳥兒並棲梳翎，及魚兒翻遊呷沫之景，四句連成一片清新、活躍、安穩的情態。其七絕之全用偶句者，如〈絕句四首〉之三：

兩個黃鸝鳴翠柳，一行白鷺上青天；窗含西嶺千秋雪，門泊東吳萬里船。(卷十三，頁1142)

此寫草堂所見之景，蓋黃鸝翠柳、白鷺青天，千秋雪嶺，萬里泊船，雖為四景，然俱為草堂望見之景，乃不連屬中之連屬也。詩之首二句不僅相對，而句中亦意境相對。全首看似拙句，實則自然通脫，詩人以黃、白、翠、青等鮮明色澤渲染，並以線條勾勒，飛鳥與鳴禽相呼應，青山與白雪融為一體；雪自西嶺，船自東吳，顯示地方風物之特色，在工整的對仗中，呈現動靜之美，筆調活潑有致。其詩由廣漠之空間而推及無窮之時間，四再由眼前景物觸及人事之省思；乃由實到虛，再由虛到實，全詩渾然一體，韻味無窮，意亦雄奇。

20 見浦起龍《讀杜心解》(臺北：鼎文書局，1979年3月初版)，頁826。

21 見其所著之《鶴林玉露》卷八(臺北：正中書局，1969年12月初版)，頁15、16。

蓋在偶句中，其所以不板滯，與遣詞用字極有關聯。如前所舉數首之「窗含」、「雲間」、「雲外」、「捎」、「轉」……等，即以一兩字振起全篇。而杜甫之絕句中，更多以雙聲疊韻而振起全詩的韻調：

留連戲蝶時時舞，自在嬌鶯恰恰啼。（〈江畔獨步尋花〉七絕句之六，卷十，頁816）

此摹黃四娘家花時之鶯聲蝶影。「時時」二字顯出蝶舞之活潑生意，「恰恰」二字則言鶯不先不後，及時而啼也，極為巧妙。又：

繁枝容易紛紛落，嫩蕊商量細細開。（同上之七）

落落出群非檉柳，青青不朽豈楊梅？（〈憑韋少府班覓松樹子栽〉，卷九，頁733）

華軒藹藹他年到，綿竹亭亭出縣高。（〈從韋二明府續處覓綿竹〉，卷九，頁732）

杳杳東山攜妓去，泠泠修竹待王歸。（〈戲作寄上漢中王二首〉之二，卷十二，頁1028）

藹藹花蕊亂，飛飛蜂蝶多。（〈絕句六首〉之二，卷十三，頁1141）

地晴絲冉冉，江白草纖纖。（同上之五）

以上所舉數詩，或對結或對起，有用以刻劃事物之風貌，或點染事物之意態，皆能使詩生動，又能整齊句法，振起全篇韻調，使神情飛動，氣韻流走，並有詠嘆不盡之餘味，全詩亦多於此二句傳神。

杜甫極嫻習對仗，其於絕句常寫出偶句之因，殆與其嫻習而運用之有關。然卻不可諱言：其多以偶句形式行之，詩之餘韻便短，對體制短小的絕句而言，實難達到愈短愈長的藝術效果，此種現象於其許多寫景抒情的絕句屢可見。其乃較重細緻刻劃，著意於染色，多以實字連綴成句，少以虛字承轉其間，如〈絕句二首〉：「泥融飛燕子，沙暖睡鴛鴦。」（之一，卷十三，頁1134）「江碧鳥逾白，山青花欲燃。」（之二）〈絕句六首〉：「江動月移石，溪虛雲傍花。」（之六）「日出籬東水，雲生舍北泥。竹高鳴翡翠，沙僻舞鷓鴣。」（之一）「鑿井交椽葉，開渠斷竹根。扁舟輕裊纜，小徑曲通村。」（之三）。餘如〈絕句六首〉之四、〈絕句漫興九首〉之五、〈絕句四首〉……等皆有此種情況。其意雖聯屬，筆雖流利，景雖細緻，意境雖廣，然不以風神綿邈見長，就絕句一般的審美標準而言，不免為詩評家詬病。然試觀張夢機先生之論：「杜絕百分之九十作於入蜀之後，這段時期，杜甫七律正達巔峰，而七律在當時又屬新體，老杜受到這些因素的影響，刻意不襲故常，嘗試大量以偶句入絕，希望在王李之外，獨樹一幟。」^{（註22）}既不襲故常，則以一定標準而審之，譏笑必生。杜絕偶句之運用，誠然有得有失，然嘗試創作的精神實屬可貴。

三、多以俗語、口語入詩

此為杜甫絕句的語言運用之特點。自初唐詩人王梵志大量以白話口語入詩後，至

杜甫，尚未有大量運用俗字方言入絕句者。蓋於本節探討之初，已言及絕句源本自歌謠，其藝術特點本不忌俗語方言，若李白〈秋浦歌〉中云：「緣愁似箇長」、〈遊洞庭湖〉之「耐可乘流直上天」及金昌緒〈春怨〉：「打起黃鶯兒，莫教枝上啼」等^(註23)，即運之入詩。在杜甫此期十首五絕中，似只〈絕句三首〉之三：「吹花隨風去，翻卻釣魚船」用之，餘則見於七絕中即景遣興，瑣事成詠的篇章，而不出現於其他記事，議論、贈答，以詩代札的詩篇，可見杜甫頗注重內容與語言形式之配合。其採俗字方言入詩，在詩歌藝術上有何助益，現試探討之。

杜甫以俗語口語入詩的情形，如〈江畔獨步尋花七絕句〉(卷十，頁816)「江上被花惱不徹，無處告訴只顛狂。」(之一)、「詩酒尚堪驅使在，未須料理白頭人。」(之二)、「繁枝容易紛紛落，嫩蕊商量細細開。」(之七)，〈絕句漫興九首〉(卷九，頁783)之「手種桃李非無主，野老牆低還是家。恰似春風相欺得，夜來吹折數枝花。」(之二)「銜泥點污琴書內，更接飛蟲打著人。」(之三)「舍西柔桑葉可拈，江畔細麥復纖纖。」(之八)「隔戶楊柳弱嫋嫋，恰似十五女兒腰。」(之九)〈三絕句〉(卷十一，頁896)：「會須上番看成竹，客至從嗔不出迎。」(之三)，〈絕句四首〉(卷十三，頁1142)：「梅熟許同朱老喫，松高擬對阮生論。」(之一)「兩箇黃鸝鳴翠柳，一行白鷺上青天。」(之三)，及〈春水生二絕〉(卷十，頁809)「二月六夜春水生，門前小灘渾欲平。鸕鷀鴻鵠莫漫喜，吾與汝曹俱眼明。」(之一)。凡此，或表嗟嘆的語氣助詞，使說話之語氣更為活現，如「在」、「得」；或因唐時之習慣用語而賦予新意義，以之入詩，使詞彙更新鮮活潑，具修辭功能(「拈」)；或傳寫口語裡的喜慰情緒(如「恰」)；或有表示直率、親切之意者(如「喫」)...^(註24)；皆運用得妙，使詩作更有風味，在生動自然中流露質樸之氣。試觀〈春水生二絕〉之二：

一夜水高二尺強，數日不可更禁當。南市津頭有船賣，無錢即買繫籬旁。(卷十，頁809)

此詩乃寫江水暴漲而蜀民惶急之狀。後一句出語特趣，有船賣，則買而繫諸船頭，以避水患，此乃人人意中之事，橫插「無錢」二字是謂有錢即買，卻奈何無錢，更追進一層。又如〈三絕句〉之三(卷十一，頁896)：

無數春筍滿林生，柴門密掩斷人行。會須上番看成竹，客至從嗔不出迎。

前二句引自然景事入詩，後二句語言極明白質樸，是杜甫以身邊瑣事入詩，將平俗之素材，以質樸自然的語言點染得頗有情致。又〈少年行〉(卷十，頁844)云：^(註25)

馬上誰家白面郎？臨階下馬坐人床。不通姓氏麤豪甚，指點銀瓶索酒嘗。(卷十，頁844)

此詩明白如話，以寫實之筆將富貴子弟之跋扈情態刻劃入微。原本俗語，一經點染，便成佳句，清新而富生氣，取得民間語言之精髓，為杜甫嘗試之功。杜甫採用民間生

23 所引李白詩同註9，分別見於卷八，頁541及卷二十，頁1195。金昌緒詩見喻守真編《唐詩三百首》(臺北：中華書局，1987年2月21刷)，頁281。

24 此參杜仲陵先生之《讀杜卮言》之第一章「杜詩與唐代口語」指出，「在」字與「得」字之用法相同，為表嗟嘆之語氣助詞，用此口語於句末，更只以傳寫說話的語氣。「恰」字為唐時俗字，置於動詞前，傳寫口語裡的喜慰情緒更佳。唐詩慣用「拈酒」為「持取」義，杜詩「舍西柔桑葉可拈」為「採取」義，是其賦予此字新義，使其新鮮活潑，具不同色彩之修辭功能。「上番」為當時習用語，猶今人言「更」。「吃」(喫)字，南北朝以來即用此字，杜大量用之，表示親切之意。「渾」與「漫」為唐詩人常使用的口頭常用副詞，當時口語中，以「渾」為「全」，以「漫」代「徒」、「隨便」、「枉自」等。(巴蜀書社，1986年11月)。

25 杜仲陵先生指出「薄媚」一詞意為「輕率」、「輕狂」、「輕佻」，杜甫此詩之作「白面」白面，應為「薄媚」。(同註25，頁12)。

活與語言，汲取詩歌新生命，亦表現於他體詩中，如七古之〈嚴氏溪放歌〉、五律之〈可惜〉、〈屏跡三首〉、七律之〈送路侍御歸朝〉…等皆是。

杜甫於〈戲為六絕句〉中曾云：「庾信文章老更成，凌雲健筆意縱橫」（卷十一，頁884），實為其對自己晚年創作的表白。我們可以發現寓居草堂的許多詩作，即以淺顯文字，白描手法寫成的自然成韻作品，如七律之〈江村〉（卷九，頁746）、五律之〈江漲〉（卷九，頁747）即以極平常之形象，通俗的語言，不加斧鑿而自然寫下感懷。杜甫之以口語入詩，運用得心應手的境地，實因其詩法已純熟，能融合口語而靈活運思，古體詩自不待言，即使格律限制極嚴的近體詩，亦擺脫桎梏，通過口語情思融鑄，運用自如。再者，其云：「恐與齊梁作後塵」（〈戲為六絕句〉之五，卷十一，頁898），杜甫思創格以立言之心頗為顯明，其於絕句大量運用俗語、口語之情況，誠為絕句創作闢一新路，為此心態之表現。然則徑以方言入詩亦有其弊病，民間語言之精華乃在於尋常語句中，而不在特殊的口語裡，作為詩人應對口語有所提煉。杜甫之大量採用，其某些作品即因而喪失一些音樂美；故如何學習民歌，使絕句恢復其音樂性，並進一步發展之，亦為杜甫留予中晚唐作家的課題。

四、多聯章之作

杜甫聯章之作的遞嬗情形，與其各體詩之演進情況同，皆以五律五古發展於前，七律與排律、絕句之聯章發展於後。其絕句之作多以「漫興」、「戲」為等為題，乃信手拈來，隨意宣洩，因其體制之限，故濟以聯章之妙用。其於成都草堂所作的絕句聯章詩計有：五絕〈絕句二首〉、〈絕句六首〉、〈絕句三首〉；七絕〈春水生二絕〉、〈江畔獨步尋花七絕句〉、〈絕句漫興九首〉、〈少年行二首〉、〈中丞嚴公雨中垂寄見憶一絕，奉答二絕〉、〈三絕句〉、〈戲為六絕句〉、〈官池春雁二首〉、〈戲作寄上漢中王二首〉、〈絕句四首〉、〈黃河二首〉等，計十四題五十五首，數量頗多。前已論及〈戲為六絕句〉，現由七絕之〈江畔獨步尋花七絕句〉（卷10，頁816）以見杜甫聯章絕句之藝術技巧。

江上被花惱不徹，無處告訴只顛狂。走覓南鄰愛酒伴，經旬出飲獨空床。

稠花亂蕊裹江濱，行步歎危實怕春。詩酒尚堪驅使在，未須料理白頭人

江深竹靜兩三家，多事紅花映白花。報答春光知有處，應須美酒送生涯

東望少城花滿煙，百花高樓更可憐。誰能載酒開金盞，喚取佳人舞繡筵。

黃師塔前江水東，春花懶困倚微風。桃花一簇開無主，可愛深紅愛淺紅？

黃四娘家花滿蹊，千朵萬朵壓枝低。留連戲蝶時時舞，自在嬌鶯恰恰啼。

不是愛花即欲死，只恐花盡老相催。繁枝容易紛紛落，嫩蕊商量細細開。

此為上元二年作品。詩人因江畔春花盛開，愁緒因之而起，乃出而尋友，卻不遇，故獨步尋花而寫下此七絕句。首章寫因心中有深沈苦悶而被花所惱之狀，「無處告訴只顛狂」即其苦悶情懷之流露，因此「走覓南鄰」。次章則寫因花滿而畏之，花蕊象徵春意，怕春者，實因年老。第三章則寫詩人一路尋花而見花思飲。「多事紅花映白花」乃承首章「江上被花惱不徹」而來。因「惱不徹」是以有「多事」之怨，亦即次首「行步歎危實怕春」之心境。第四章乃記其行，東望城中，酒興+益增。詩之五、六兩章分別為其行至黃師塔前及黃四娘家而作，第五章之「桃花一簇開無主」及第六章

之「千朵萬朵壓枝低」，皆形容花之繁茂；而「可愛」句連用二「愛」字，令人有應接不暇之感，此二句與第二章之「稠花亂蕊」相應。第六章末二句寫及詩人對春光之玩賞、留連。末章乃總結，首二句與第一章之「江上被花惱不徹」及第二章之「行步歌危實怕春」之意一致；而第三、四句則應第二首之「稠花亂蕊」。

綜觀此詩，每首扣住「尋花」之情，而章法各有變化，並以淺易文句做多種嘗試。詩人於春日尋花，字句難免有些穠麗的意態，卻不掩其清新韻味。又〈絕句漫興九首〉將深邃之思寓及春景中，各章亦有承貫。此二詩皆為詩人苦悶情緒之表徵，而〈絕句漫興九首〉較為深化，二詩皆具頹然自放之致。此外，上節所述之〈戲為六絕句〉、〈春水生二絕〉亦與此詩同一機軸。或謂〈三絕句〉乃無總題，關係不甚明之作，以其只分詠楸樹、鸕鷀、春筍。^(註26)實則此三篇一意連屬，恰成一篇。金聖嘆評之已詳，此不復贅言^(註27)。

肆、結語

綜觀杜甫絕句之特色，舉凡大量以俗語入詩，以議論著筆，多反映現實生活之瑣事等以論，實以直筆為特徵，較趨寫實筆法，意境亦較實，少言外之旨，弦外之意，亦缺空靈搖曳之致；而明清二代，多數詩論家以杜甫之絕句非正聲而為變體者，其因亦在此。杜甫絕句因多從實處運思遣辭，內容多趨實，因而形成與一般審美標準不同的特點。然而諸詩評家的審美標準，雖是絕句藝術在一定程度上之反映，雖有立論之據，但不免有個人偏好，只可能是一一定程度上之反映。任何一種文學形式的藝術領域有其回旋與開拓之餘地，杜甫絕句誠然少唱歎之音，然由另一觀點，著眼於詩人的用心論，其失者未嘗非即其得者。

在以上之分析中，我們可以發現，李白或評論時事之絕句，多以組詩之形式為之。蓋絕句有篇幅短小之局限性，作家思救此敝，因有聯章絕句之興。此種組詩的運用，擴大絕句之篇幅，更能表現複雜的社會生活。然如何以短小體制容納更豐富的社會生活之根本問題，亦隨而出現。意即杜甫通常以古體詩直敘其事、直抒胸臆的手法而作此種絕句，難免意盡其中，聯章組詩雖能解決此問題，然其畢竟非由絕句之固有特點——「短小」而出發，無法達到以小見大，以少勝多的境地。也因此留予中晚唐的作家們一個課題，也可以說，其為中晚唐的詠史絕句提供了有益的借鑑。

我們探其絕句之所以「不著心源傍古人」（元稹〈酬孝甫見贈〉十首贊杜甫語）者，可由其晚年（入蜀後）大量對近體詩之創作，及對七律、排律等唐人未完全發展之詩體的努力嘗試以論，可知杜甫於絕句之創作，乃思異於盛唐諸家。清李重華之分析頗得理：「杜老七絕欲與諸家分道揚鑣，故爾別開異徑，獨其情懷，最得詩人雅趣。」^(註28)又仇兆鰲評曰：「少陵絕句，多縱橫跌宕，能以議論據其胸臆。氣格才情，迥異常調，不徒以風韻姿致見長矣。」^(註29)而胡元瑞曾指出：「盛唐一味秀麗雄渾，杜

26 張夢機先生以此三詩體雖同，內容亦相屬，然鈎銷呼應，前後斷續，未能縝密如一。或因杜詩原有散佚，缺失，倒置而致。（同註12）

27 金聖嘆曾細析此詩，並於結處云：「不知詩者謂是一詠楸樹，一詠鸕鷀，一詠春夢；即胡不如為一絕句，而題之為〈三絕句〉哉？殊不知，此詩只是將魏文帝「清呼心所歡，可用解憂愁」十字，化作三絕句耳。蓋前一絕，即是憂愁；後二絕，即是清呼心歡，以解之也。…」，見《才子杜詩解》卷之二，（鄭州：中州古籍出版社，1986年3月第一版，頁91至92）。

28 見《貞一齋詩說》之〈談詩雜錄〉第八條。收錄丁福保所輯之《清詩話》，同註10，頁925。

29 仇注本〈戲為六絕句〉詩末評語，卷十一，頁563。

則精粗巨細，巧拙新陳，險易淺深，濃淡肥瘦，靡不畢見。參其格調實與盛唐大別，其能薈萃前人在此，濫觴後世亦在此。」（《詩藪》內編近體上·五言）杜甫絕句即有此特徵。

杜甫所處之時代，對詩歌藝術的影響，已漸由言近旨遠，含情不露的風格，轉為情思迫促或宛轉號呼的音調；杜甫緣於時代的感染，人生際遇的累積，促使其心態轉移，因於絕句之創作表現，著意以另一風貌展現，有別於盛唐諸家。故我們不必全以盛唐絕句的表現以求杜甫，宜著眼於文學史的發展，即由絕句演進的角度論之，杜甫實有突破與擴展之功；其絕句本身的藝術性，及其留予中晚唐詩家的課題，正是其創作嘗試有所成就的最佳詮釋。

參考文獻

一、專書

- 宋 王洙(1967), 杜工部集, 臺北市, 學生書局
- 明 王嗣爽(1986), 杜臆, 臺北市, 中華書局
- 清 仇兆鰲(1985), 杜詩詳注, 北京, 中華書局
- 清 楊倫(1986), 杜詩鏡詮, 臺北市, 華正書局
- 清 浦起龍(1979), 讀杜心解, 臺北市, 鼎文書局
- 清 施鴻保(1986), 讀杜詩說, 臺北市, 中華書局
- 清 金聖嘆(1986), 才子杜詩解, 鄭州, 中州古籍出版社
- 清 何文煥(1959), 歷代詩話, 臺北市, 藝文印書館
- 宋 羅大經(1969), 鶴林玉露, 臺北市, 正中書局
- 明 胡應麟(1973), 詩藪, 臺北市, 廣文書局
- 清 劉熙載(1978), 藝概, 上海古籍出版社
- 宋 胡仔(1982), 苕溪漁隱叢話, 臺北市, 木鐸出版社
- 清 倪璠注 許逸明校點(1983), 庾子山集注, 臺北市, 源流出版社
- 郭紹虞(1985), 清詩話讀編, 臺北市, 藝文印書館
- 清 丁福保(1988), 歷代詩話續編, 臺北市, 木鐸出版社
- 清 丁福保(1988), 清詩話, 臺北市, 木鐸出版社
- 馮至(1952), 杜甫傳, 北京, 人民文學出版社
- 劉維崇(1969), 杜甫評傳, 臺北市, 商務印書館
- 瞿蛻園(1981), 李白集校注(一)(二)(三), 臺北市, 洪氏出版社
- 郭紹虞(1982), 杜甫戲為六絕句集解, 臺北市, 木鐸出版社
- 陳貽焮(1982、1988), 杜甫評傳(上中下冊), 上海, 上海古籍出版社
- 徐復觀(1984), 中國藝術精神, 臺北市, 學生書局
- 張夢機(1984), 近體詩發凡, 臺北市, 中華書局
- 簡明勇(1984), 杜甫詩研究。臺北市, 學海出版社
- 胡傳安(1985), 詩聖杜甫對後世詩人的影響, 幼師文化事業公司
- 呂正惠(1985), 唐詩論文選集。臺北市, 長安出版社

- 杜仲陵(1986)，讀杜卮言，四川，巴蜀書社
- 黃維樑(1986)，中國詩學縱橫論，臺北市，洪範書局
- 喻守真編(1987)，唐詩三百首，臺北市，中華書局
- 呂正惠(1989)，杜甫與六朝詩人，臺北市，大安出版社
- 張少康(1989)，古典文藝美學論稿，臺北市，淑馨出版社
- 沈惠樂、錢偉康(1991)，初唐四傑與陳子昂，臺北市，萬卷樓出版社
- 李栖(1993)，題畫詩散論，臺北市，華正書局
- 王伯敏(1993)，唐畫詩中看，臺北市，東大圖書公司書局
- 許逸文(1993)，庾信詩文，臺北市，錦繡出版社
- 李國熙(1994)，庾信後期文學中鄉關之思研究，臺北市，文津出版社
- 黃奕珍(2005)，杜甫自秦入蜀詩歌評論，臺北市，里仁書局
- 徐寶余(2003)，庾信研究，上海，學林出版社
- 謝思煒(2009)，杜甫詩，北京，人民文學出版社
- 郝賢皓(2011)，新注李白詩全集，臺北，三民出版社

二、論文

- 夏承燾(1962)，論杜甫入蜀以後的絕句，文學評論，3
- 曾緘，讀杜詩七言絕句散記，文學遺產增刊 13 輯
- 熊柏畦(1963)，試論杜甫的絕句，文學遺產增刊 13 輯
- 黃壽祺(1963)，試論杜甫的絕句，福建師範學院學報，1
- 馮至(1964)，杜甫絕句的特點，北京大學(人文學科)學報，1
- 廖美玉(1979)，杜甫連章詩研究，私立東海大學中文研究所，碩士論文
- 鄭健行(1988)，論吳體和拗體的貼合程度，中國文化研究所學報，19
- 許總(1996)，論四傑詩歌在唐前期詩風變革中的作用與意義，華中師範大學學報
- 綦開云(2000)，唐音漸成——唐初四傑的文學史意義，繼續教育研究，3
- 陳位王(2003)，庾信〈擬詠懷詩〉研究，南華大學文學研究所，碩士論文

陳昱穎(2006)，杜甫七絕平仄格式在詩學史上的意義，中山大學中國文學系碩士在職專班，碩士論文

Learners' Engagement in EFL Context --- an Action Research Study

英語為外語的學習者參與----行動研究

Li-Chiao Lin

林麗嬌

東南科技大學 應用英語系 副教授 Department of Applied English

Abstract

In this paper, I will illustrate how I can use action research on the use of electronic mail (e-mail) to foster student engagement in English discussion and communication to alleviate issues identified in my classroom to help me achieve my own personal vision and goals for my students, leading to better student engagement and English language learning. Twenty-five non-English majors at Tungkang University participated in this research, which investigated the use of e-mail exchange as a possible way to improve their enthusiasm in English asynchronous communication during a period of one semester (4 months). Data were obtained from E-mail correspondence between the e-mail texts written by students and the e-mail texts written by me, unstructured interviews with all of the learners and the teacher researcher's field notes and reflections. The teacher researcher concludes that the approach seems useful. Based on what the teacher researcher learned from this study, the researcher could adjust the course in a more effective way to improve the learning environment for the next several classes.

摘 要

本行動研究旨在探討英文電子郵件交換 (E-mail Exchange) 應用在東南科技大學非應英系25位學生英文教學上的效益。透過英文電子郵件交換活動，依照參與學生的訪談紀錄及教師研究者的反思，來了解學生的觀感及探討此活動對學生投入英文非同步溝通學習的影響。主要的研究工具為教師的課堂記錄(field notes)、學生訪談和教師研究者的反思(reflection)。在為期四個月的英文電子郵件交換討論活動期間，學生必須依照每週所定的主題，和教師研究者進行一次英文電子郵件交換討論。本研究發現，教師之引導及協助在幫助學生學習外語時扮演相當重要的角色。整體而言，參與學生對於英文電子郵件交換活動，真實應用在英文非同步溝通上的參與是受激勵的。另外，也幫助教師研究者發展出改進現況的行動策略。

Introduction

The Context for Change

English is a required subject for all freshmen in Taiwanese colleges; all of them are mandatory three-credit-hour classes on English when they came into university for their first year. Each semester, I taught four large-size classes of English, with a combined total of about two hundred freshmen students. We met once a week for three hours for each class. The university curriculum stresses courses in intensive reading. In Taiwan, ‘intensive ‘ reading of English is actually not a reading course, but the core course in English language teaching in which everything the teacher has to teach (grammar, vocabulary, reading aloud, etc.) through a written text. Thus, I used to have a lecture concentrating on intensive reading and the use of translation as teaching strategies in my class. Although the class is quite large and clearly do not offer the ideal learning environment, my personal classroom goals remain to hope: to provide a classroom environment conducive to language learning, and to help my students engage in learning English within that environment by acting as a facilitator to their learning.

After having taught at Technology University for years, I found that it was very difficult for me to manage a large number of students each semester. Five years ago, I told my problem to one of my colleagues and she showed me a pile of notebooks with a lot of notes jotted down. She suggested that keeping teaching notes as soon as possible after a class is a way of reporting observations, reflections and reaction to classroom problems. Thus, I started keeping a notebook open on my desk for jotting down notes as the lesson and the day progresses. By keeping a record in this way, which was not very time-consuming, provided me surprisingly frank information that was built up over time. Interestingly, they also provide a fascinating biographical record of my development as a teacher. In addition, from my teaching notebook, I find that they can reflect general impressions of the classroom, its climate or incidental events.

From my notes, I find that I felt very depressed that I was dealing with passive classes, where students were unresponsive and avoided interaction with myself as the teacher....” Jack falls asleep again, what happens to him....?”” It seems that most of students don’t like this topic.....”.....” Everyone gets bad score this time!”“Most students have very weak motivation to learn English. They usually lack confidence and are not very willing to take part in any English activities”.

This was especially true when I sought interaction in a teacher-class dialogue, such as asking questions to the class as a whole, expecting at least one student to respond. Furthermore, students often could be very reluctant to give feedback or ask me a question in front of the class.

Imagine this scene in my classroom: most of my class members sat looking straight ahead using minimal facial expressions, gestures and verbal utterances, some of students were disengaged, using the time to study for exams in other classes, read the newspaper or sleep. The students, as a class, did not respond voluntarily to my questions and did not participate in class discussions.

What was going on in my class? The reflections in my notes might provide some interpretation.

“The text books I am using are designed to teach grammar, reading, and writing with little emphasis on speaking.....”

“Most of my students have never visited an English speaking country or interact with English –speaking people.”.....”

“Chuan told me that he was most anxious when he was asked to stand up and speak only English because he thought that it was shame to show his poor English to the classmates.”

“.....They refused to sit in a circle and speak English to each other....There was a reluctance to participate in open discussions.....”

Eventually, I found some clues about what my classroom was happening from my notes.

“the students might have studied English for five or six years, but they cannot find anything suitable to say. Most of my students don't know English is for communication.”

What Change/Improvement do I Want to Try?

As mentioned above, the Taiwanese language learning methods include many of the following features: a concentration on intensive reading as a basis for language study; a preoccupation with the careful examination of grammatical structure and overuse the method of translation as both a teaching and a learning strategy. Since Taiwan is known for its traditional, teacher-centered, book-centered, grammar translation methods with emphasis on rote memory, as a result what the Taiwanese students gain from their English class are usually grammatical and vocabulary knowledge. Therefore, the potential for English to be a creative and personally expressive medium has been neglected in the classroom. However I was not satisfied with the traditional approach I was using, and so I decided to carry out an action research study to explore a new approach that might engage students in improving the student's motivation toward using English communicatively. My major concern with my practice is “how can I improve my teaching in the areas of methodological skills so that the learners can learn to be more engaged in English learning?”

For years, the students learned how to analyze sentence structures but were handicapped in listening and speaking. Firstly, I used to try to handle my classes by a combination of audio-lingual and communicative approaches--conducting pattern drills, explaining vocabulary in context, and providing students with opportunities to reproduce text orally in their own words. Most of students agreed it was an effective way to facilitate their English learning; however, it still seemed to be reluctant for them to discuss with peers and me about the context. Then, another teaching strategy I intended to engage my students' learning was brief stories about everyday occurrences that contained one or two problems for groups to solve. However, changes to the seating into groups, which I had tried, caused a much higher level of noise. There are some phrases from my notes.

“There are 58 students in my class. It is all right for me to organize group discussion or pair work. But there is chaos when students are asked to interact with each other by moving around the classroom, which is only spacious enough to hold all of students. I feel quite frustrated when such an activity is going around.”

In addition, I tried to implement all the other English activities--each one had on lesson a week such as different grammar structure activities and role-playing of social interaction. However, again, some students were still disengaged, using the time to study for exams in other classes, read the newspaper or sleep in my class. The scene was not changed until one day I used computers as a teaching aid within the framework of teaching reading comprehension. I noticed most students actively engaged in online discussion through computers and asked questions as they were working. I noted that using computer-mediated instruction could be alternative to engage students in learning. There are some phrases from my notes as follows.

“.....Computers are fun. Computers can be programmed to teach far more thoroughly and interactively than textbooks. Moreover, computers don't get bored or frustrated with students or with teaching. Computers do not get annoyed, frustrated, or depressed. They don't punish, insult, or judge students.Timid students who are often afraid of making a fool of themselves in the classroom or of being judged by me has overcome their self-consciousness when interacting with the computer....Students feel more at ease in front of a computer monitor than in the classroom..... Students enjoy computer-mediated instruction.....”

Why do I Use E-mail Exchange?

In his study, Becker (2000) claims that students are generally more “engaged” and express more positive feelings when they use computers than when they are given other tasks to do. In fact , in the 1980s, Lepper (1985) remarks that active, self-directed, inductive, and exploratory computer activities might result in increased student learning , and some of the researchers have tended to explore effective ways of using technology to promote English language abilities in EFL(English as foreign language) teaching and learning. These researches convinced me to learn more about using e-mail exchanges and try them in my classroom.

In addition, my reasons of using e-mail exchange to promote students' engagement in English asynchronous communication also included the following. First, from my classroom observation, my students were energized when the classroom was in a computer lab; working with computers in school motivates my students. Second, computers could do things no other media can, such as keeping track of students' progress, and providing immediate feedback to the students' responses to exercises. Moreover, many studies suggest that e-mail exchange activities offer tremendous benefits to students, contributing not only to target language learning, but also the students' engagement development (Wang, 1993; Oliva and Pollastrini, 1995; Warschauer, 1995; Gonzalez-Bueno, 1998 and Li, 2000). On the other hand, consideration within the school context is the popularity of e-mails among students and all the students have free e-mail accounts in my school and they frequently communicate with their peers and teachers through e-mails. Although this kind of CMC experience is limited to their

native language-Chinese, these also show that students have great interest in networked communication outside classroom. Combining the benefits of e-mail exchange to language learning and students' great interest in CMC, the task-based e-mail exchange activity might bring new insight to both English language learners and teachers.

Therefore, I tried to use the e-mail exchange activity to improve student's confidence in using English to communicate with others asynchronously and hoped to expose how innovative ideas for the use of e-mail in the EFL classroom might benefit the language learner.

Literature Review

What is Action Research?

Mills (2003) defines action research as “any systematic inquiry conducted by teacher researchers, principals, school counselors or other stakeholders in the teaching /learning environment, to gather information about the ways that their particular schools operate, how they teach, and how well students learn” (p.6). Expanding on this concept, Suter (2006) outlined the potential contributions of action research by teachers and claimed that classroom teachers who conduct such research are “reflective practitioners” who can make contributions to instructional improvement.

The idea for contemporary action research grew out of writings by Kurt Lewin (1946), who advocated “research leading to social action”, as a way to challenge established educational practices. On the other hand, action research was first introduced as a methodology in education research in the mid-1950s (Corey, 1953). Furthermore, McNiff, Lomaz and Whitehead (1993) assert that action research constitutes a look at the questions in the class of things which disturb us and tries to find out the solution. The teacher can develop professional competence as well as improve students' learning through action research (McNiff & Whitehead, 2002). In fact, action researchers often claim that educators have a professional responsibility to reflect on their own practice. The information they gather through action research should empower them to change educational institutions and question established practices (Lodico, Spaulding & Voegtle, 2006).

What is Computer-Mediated Communication (CMC)?

Computer-mediated communication (CMC) is communication that takes place between human beings by means of computers (Herring, 1996). In recent years, it has been used in a wide variety of contexts to replace or supplement face-to-face communication. Meanwhile, in school, CMC has also been implemented in the enhancement of foreign/second language teaching and learning, such as more language functions (Wang, 1998), greater levels of participation (Gonzalez-Bueno, 1998), and more motivation and interest (Warschauer, 1996).

In general CMC refers to both task-related and interpersonal communication conducted by computer, which is generally understood to include synchronous and asynchronous communication. Synchronous communication has expanded its usage to second language instruction such as conferencing and chatrooms, learner and instructor can exchange ideas with each other in real time. According to Liu, Moore, Graham and Lee (2003), this type of CMC has become important in part because it enables students to have meaningful and authentic conversations with others in the target language.

Asynchronous communication is another form of CMC, which is a type of “delayed-time” interaction such as e-mail or web-based bulletin boards. According to Kupelian (2001), this delay reduces anxiety that students may otherwise feel if using other forms of communication, such as face-to-face encounters or conversations by telephone. Among the various forms of CMC, e-mail has been so far the most popular and useful tool for foreign language teaching and learning (Levy, 1997, Chaffee-Sorace, 1999). It provides a time lag between reading a message, formulating a reply, revising it, and finally sending it, and lacks of time pressure to allow more time for reflection, which is often lacking in the dynamic and fast-paced discussions typical classrooms (Meyer, 2003). This feature has given language teachers the opportunity to expand their classrooms to a virtual space, where their students can meet and discuss with them, other students or native speakers from different parts of the world in many written forms of expression (Barson, Frommer & Schwartz, 1993; Paramskas, 1993; Sayers, 1993; Soh and Soon, 1991).

Methodology

Participants

My perception of action research is that it is difficult to grasp or explain the concept until one is in the process of doing it. So I chose to work on my own in this action research project. Besides, I could not find anyone teaching the same level or sharing interest in the same topic as mine, and I did not want to waste time negotiating with others. In addition, the learners who participated in this study with me were my students when they were in their freshman English course, and they will be willing to enroll in my advanced-English course of the coming semester. All of them had had six years English learning experience by the time they went into university.

I explicated the goal of this study to the learners with whom I engaged in this action research. They had been encouraged to see the study as giving further opportunities to practice English in a real communicative and meaningful way. Meanwhile, the participants of this study were stated to the students as "This activity intends to give you some incentive for participation and to assist you to engage yourself in the area of English communication ". It was made clear that they would not face any penalty if they did not wish to participate in this study. Moreover, there would not be any deduction from their score if they would like to withdraw their participation. Eventually, there were twenty-five voluntary participants who were recruited into this mini action research. According to my teaching notes, there were eight participating students identified as members of the low-proficiency group, and twelve of

them were identified as members of middle-proficiency group. Furthermore, six participants were identified as members of high-proficiency group. Before this study, they had communicated via e-mail regularly (in Chinese!).

Procedure

The e-mail exchanges were persisting one semester (four months) during the second semester of the 2011 school year, which had been started by me sending a general message in English to each one of the twenty-five students, to which students responded individually. First, I sent a couple of e-mail messages to ask students to brainstorm topics for e-mail discussion and made the list available to the students. Furthermore, during this period, we had further e-mail discussion according to the topic list. Meanwhile, students were encouraged to communicate with me by e-mail once a week related to topics designated.

The topics will be as follows:

1. Introductory Topics: hometown, family members and hobbies
2. General Topics: sport heroes, movie stars, school homework and school activities
3. Personal Feelings and Moods: close friends, examinations, traveling experience and plans for future

In this action research, each of the e-mail tasks has required students to write for a particular purpose, who will reply individually to the author. The author will give prompt feedback to each student by the time I receive their e-mails since the speedy response from recipient will be the motivation to engage in this activity for students. The analysis of students' e-mail writing focused on the ideas that students are writing and the number of words that they write for each topic. The two features of the written texts which could characterize the EFL students' writing performance and engagement in the e-mail tasks. Moreover, after the e-mail correspondence, I had an unstructured interview with all of twenty-five students who participated in the task-based e-mail change activities in order to explore their perceptions of using e-mail to enhance students' engagement in the area of English communication and learning.

Ethical Considerations

Initial consent was gained from each of students and the purpose of the research was explained to every student who would like to participate in this study. In particular it will be made clear to the students that they do not need to be interviewed if they do not want to. On the other hand, in Taiwan, since the students who take part in this study are college-level there is no need to seek informed consent from the school and parents. As a result, one of the main ethical issues related to the need is to maintain the confidentiality and anonymity of the students. This was achieved by not reporting the findings relating to individual students. Moreover, there were no perceived ethical and private issues associated with the particular questions to be asked.

Data Collection and Analysis

The data collected of this study included: (1) E-mail correspondence between the e-mail texts written by students and the e-mail texts written by me (Both the students' and my e-mail messages were systematically saved in a mailbox, was consequently saved to a file for ease of retrieval.) (2) an unstructured interview with all of the learners.

E-Mail Correspondence

In this study, each of the e-mail tasks had required students to write for a particular purpose, and to reply individually to me. I, on receipt of students' e-mails, gave prompt feedback to each student since the speedy response from me would be the motivation to engage in this activity. However, it is important to keep in mind that this e-mail based project is not necessarily focused on quality or quantity of writing, but rather to provide an engaging environment for real use of the language.

Interview

Although it was understood that the students already had considerable motivation to study the target language because they volunteered to participate in this study, transcription of a telephone interview was carried out after the study. This was designed to discover, from the learners' perspective, how e-mail correspondence related to the students for English teaching and learning! Meanwhile, consent had been given by all students who were willing to be interviewed for the transcription of each conversation to be translated into English and written in this essay.

Findings

Students' Perception of Email Correspondence Related to their English Learning

It should be noted that my students' previous experience with e-mail writing had been restricted largely to informal writing for personal communication purposes. When they were willing to participate in this e-mail task for one semester, they admitted that it was their first experience of joining an electronic discussion of English. However, according to the participants' perceptions of email exchanges through interviews, firstly, I found that my students were essentially attracted to e-mail exchange because it would offer them an efficient means of regular communication and interaction in the target language. The followings are some of the transcriptions from their interviews, which were conducted after the study. The original conversations were in Chinese.

The first participant Jackson (pseudonym) revealed that e-mail exchanges help he

become more confident in his English ability because he could understand the English messages from the teacher researcher and could make himself understood in English.

“I write e-mail every day and e-mail made me more comfortable about sharing my thoughts and impressions with others. However, I didn't have experience to write e-mail in English since I was afraid that I would make a lot of mistakes..... It was very enjoyable to have a lot of friendly conversation with my tutor..... I like this informal and out-of classroom activities. I feel easier to communicate with foreigners in English..... By the way, it's different experience that I can use English in my real communication without any examination.”
(Jackson, June/26/2012)

Secondly, Angel (pseudonym) stated that the close interaction between herself and me enhanced her participation in such an e-mail task.

“Occasionally, I used e-mail to ask my teachers for information about coursework and guidance on assignment and haven't had experience to discuss my personal or social issues with my teachers I was very happy by the time I received your e-mail..... You're like my close friend, so some of topics I would like to share with you my opinion..... In addition, your prompt reply was my motivation to engage in this e-mail task. Honestly speaking, I have almost no sense of distance for I felt like you are standing just in front of me.” (Angel, June/29/2012)

Then, David (pseudonym) was very active in my English class. He had had much experience of discussing with his peers on discussion and bulletin board (both in Chinese and English). However, he stated that he preferred the teacher's involvement and instruction in this kind of e-mail task because he could particularly expect comments on spelling errors, grammar and English transfers.

“.....Since I could discuss, receive feedback, learn grammar and vocabulary; and get more information from my tutor, I consider this way of learning more authentic.It would be better that my tutor could make some corrections for me. Sometimes, I wanted to express certain things and didn't know how to describe them even though I looked up my dictionary..... Anyway, I got more fun in the area of English reading and writing in this project.....” (David, July/08/2012)

Finally, another interesting phenomenon revealed by Jim (Pseudonym), he described that.....

“.....We could model a lot on my tutor's e-mail letters, borrowing vocabulary, phrases, and grammar structures, and in this way enriching our own texts. This was a much more useful, positive way of teaching us language than covering what we wrote with red ink....” (Jim, June/25/2012)

E-mail and Student Engagement

In this study, I was concerned with student disengagement in English language learning. Since I was also included in this study, I found that students seemed much animated than they had been in my English class from their e-mail messages. It was evident from the messages that the students wrote a greater amount of text than they did on paper. Most probably due to the fact that students were voluntary and informed that their contributions to the E-mail project would not be graded or corrected for linguistic accuracy because their focus was to be

on communication with their tutor. They were encouraged to write as much as possible, as freely as possible, and not to worry about language errors or tutor's responses to their e-mail messages. Based on this stipulation, I found out that e-mail exchanges encouraged students to recognize that the learning English is not just for examination but is actually a powerful medium for communication.

Furthermore, another interesting phenomenon revealed that students modeled a lot on my e-mail letters, borrowing vocabulary, phrases, and grammar structures, and in this way enriching their own texts. This was a much more useful, positive way of teaching them language than covering what they wrote with red ink.

Meanwhile, I have observed that in the process of using e-mail exchange students have become less passive, more participatory, and more imaginative in the discussion topics. Surprisingly, one student who was passive and shy to talk in my class spent a lot of words writing about last Christmas Eve party traditionally held on campus and ideas about what to wear, how to behave, and whom to take to the party. From e-mail message content, I found the students who might be unwilling to ask questions in class were much more candid via e-mail. Students' motivation for English communicating and interacting has been changed by the fact that communication is focused on individual needs and wants.

Discussion of the Findings

To enhance students' participation and positive experience of using e-mail exchange in their English learning, I have some reflections from this e-mail exchange research. First of all, all of participant students complained that their English was too poor to describe culturally specific concepts, events or objects. Sometimes, they find the words they used were not accurate enough so that Chinese has to be used to describe their opinion. In this point, corrections by teachers should be considered appropriate for motivating students to have confidence in their use of English communicatively.

Further, for the use of e-mail to be a success in the language classroom, grading is the only way to let students dedicate a lot of time to reading, writing, and sending messages. Assignments could be structured around the number of e-mail lines a student sends a week and the computer system must be most sensible if late work is not accepted.

Finally, I often have insufficient opportunities to communicate individually in the classroom because of the size of large classes. Likewise, students and I did not communicate a lot outside class because of a lack of suitable office hours, busy schedules, or simply shyness on the part of students. I did not open up extra channel for communication. I had office hours, but they were not suitable for students who might hesitate to ask questions in person. If I could encourage students to communicate with me via e-mail on my first class, it would offer some students a way to minimize their anxieties about communicating face-to-face with me. Some students might have minor questions that they would hesitate to bother me with in person but for which an e-mail message seems to be an appropriate way to obtain the answer. With e-mail, my students need not make an appointment, wait outside my door, or physically come to school in order to ask questions or seek assistance from me.

Consequently, considering the positive aspects of my experience with English e-mail message exchange, the increased use of the target language by students, and the optimistic feedback from student participants, I will be willing to introduce this kind of asynchronous communication in my English language classroom.

Conclusion

There are several factors to promote students' confidence in communicating in English such as motivation, enjoying language learning and positive attitudes towards language learning. Teachers need to be aware of students' language learning styles and try to find what strategies can help them to communicate and then further develop to increase their confidence in speaking English. In this study, my student and I used action research procedure to help them to develop their English language learning and promote their confidence in communicating in English by e-mail correspondence.

Through the process of engaging in meaningful communication, my students and I work in a context where the students have a purpose for their communication. In this study, the students felt they were involved in a context for reflecting on their own ideas and an engaging environment for real use of the English language. Within this atmosphere, students were much more engaged than they did in the classroom.

However, one disadvantage of teacher-student e-mail exchange is the amount of time required by the teacher. Teachers who use e-mail with students need to be aware of the time commitment it may involve. In this study, intensive individual e-mail exchanges with just twenty-five students had been too much for me to handle. Therefore, according to my reflection on the initial use of e-mail exchange, I believed that another round of computer-mediated communication (CMC) would allow me to better assess whether the use of computer-mediated instruction would improve my ability to achieve my goals for engaging students in English communication in the classroom.

Based on what I learned, I will make some adjustment in the next semester that I hope would make my practice more successful. In the next practice, I would like to revise to establish a Web bulletin board for on-line discussion to encourage students to have online communications. Students in my class will be given a password that allows them to join the discussion. Students or I could post and manage a shared list, participate in discussions, and share their opinions with others. I will use the participation feedback forms to let students know both what grade they earn for their participation in discussions and what they need to do to improve that grade. Students will work harder when they know that their work is noticed and when they learn how well they are doing. It will take just a few seconds per student to complete individual participation feedback forms; I will distribute these about a month into the course and then again, if necessary, a month later. Whenever students see their grade and my suggestions, their participation is supposed to improve perceptibly for the next several class meetings.

In sum, I am finding action research to be quite useful in helping me to evaluate my

practice. Based on what I have learned from this study, I could adjust the course in a more effective way to improve the learning environment. As each improvement is made and acknowledged, the need for other improvement emerges, and so it goes in the search for perfection.

References

- Barson, J., Frommer, J., & Schwartz, M. (1993). Foreign language learning using e-mail in a task-oriented Perspective: Interuniversity experiments in communication and collaboration. *Journal of Science Education and Technology*, 4, 565–584.
- Becker, H.J. (2000). Pedagogical Motivations for Student Computer Use: That Lead to Student Engagement. *Educational Technology*, September-October.
- Chaffee-Sorace, D. (1999). Computer pen pals: Writing activities for subjects of foreign languages. *Canadian Modern Language Review*, 56(2), 351-354.
- Gozalez-Bueno, M. (1998). The effect of electronic mail on Spanish L2 discourse. *Language Learning and Technology*, 1(2), 55-70.
- Herring, S. C. (1996). Computer-mediated communication: Linguistic, social and cross-cultural perspectives. John Benjamins B. V.
- Kuplian, M. (2001). The use of E-mail in the L2 Classroom. *Second Language Learning and Teaching* Vol. 1. Retrieved September 27th, 2012 from the World Wide Web: <http://www.usq.edu.au/users/sonjb/sllt/1/Kupelian01.htm>
- Lepper, Mark R. (1985). Microcomputers in education, motivational and social issues. *American Psychologist*, 40:1, 1-18.
- Levy, M. (1997). CALL: context and conceptualisation. Oxford: Oxford University Press.
- Lewin, K. (1946) Action Research and Minority Problems. *Journal of Social Issues*, 2, 34-46.
- Li, Y. (2000). Linguistic Characteristics of ESL Writing in Task-based e-mail Activities. *System* 28, 229-245.
- Liu, M., Moore, Z., Graham, L., & Lee, S. (2003). A look at the research on computer-based technology use in second language learning: A review of the literature from 1990-2000. *Journal of Research on Technology in Education*, 34(3), 250-273.
- Lodico, Marguerite G., Spaulding Dean T. & Voegtle Katherine H. (2006). *Methods in educational research : from theory to practice*. CA: San Francisco.
- McNiff, J., Lomax, P. & Whitehead, J. (1996). *You and Your Action Research Project*. London: Routledge.
- McNiff, J. & Whitehead, J. (2002)(2nd ed.) *Action Research: Principles and Practice*. London: Routledge Falmer.

Meyer, K. A. (2003). Face-to-face versus threaded discussions: The role of time and higher-order thinking. *JALN*, 7(3), 55-65.

Mills, G. (2003). *Action research: A guide for the teacher researcher* (2nd ed.). NJ: Merrill/Prentice Hall.

Oliva, M., & Pllastrini, Y. (1995). Internet resources and second language acquisition: An evaluation of virtual immersion. *Foreign Language Annals*, 28 (4), 551-563.

Paramskas, D. (1993). Computer-assisted language learning (CALL): Increasingly into an ever more electronic world. *The Canadian Modern Language Review*, 50, 124-143.

Sayers, D. (1993). Distance team teaching and computer learning networks. *TESOL Journal*, 3(1), 19-23.

Soh, B. L., & Soon, Y. P. (1991). English by e-mail: creating a global classroom via the medium of computer technology. *ELT Journal*, 45, 287-292.

Suter, W.N. (2006). *Introduction to educational research: A critical thinking approach*. CA: Sage.

Wang, Y.M. (1993). E-mail dialogue journaling in an ESL reading and writing classroom. Unpublished PhD thesis, University of Oregon at Eugene. .

Wang, Y. M. (1998). E-mail dialogue journaling in an English as a second language (ESL) reading and writing classroom. *International Journal of Educational Telecommunications*, 4 (2/3), 263-287.

Warschauer, M. (1995). *E-mail for English teaching*. Alexandria, VA: TESOL Publications.

Warschauer, M. (1996). Motivational aspects of using computers for writing and communication. In M. Warschauer (Ed.), *Telcollaboration in foreign language learning: Proceedings of the Hawaii symposium (Technical report#12)*(pp.29-46). Honolulu, Hawaii: University of Hawaii, Second Language Teaching & Curriculum Center. Retrieved September 13th, 2012 from World Wide Web

<http://nflrc.hawaii.edu/NetWorks/NW01/NW01.pdf>

The Results from Two Grammar Methodologies in the Teaching of Restrictive Relative Clauses Among Taiwanese Tenth Graders

台灣高一學生透過兩種教學法學習英語關係子句結果之比較

Ying-chien Cheng

程映蒨

東南科技大學 應用英語系 副教授

摘 要

本研究的目的是探討以形式為主教學法以及結合溝通式教學法和以形式為主教學法對於學習英語限定關係子句，學生答題有介係詞和無介係詞的關係子句的成績表現是否因為不同的教學法而有所差異。本研究以臺灣東北地區的一所私立住宿中學150位高一學生的學習成效作為判斷的依據。本研究用了6週的準實驗設計和3種文法測驗(文法完成測驗、句子組合測驗和句子重組測驗)作為施測的依據，並且使用社會科學統計套裝軟體(SPSS)12.0版本來分析量化資料(顯著水準訂在0.05)。透過本研究的施測結果發現，不論接受何種教學法，學生們前後測在沒有介係詞的關係子句的答對率顯著優於有介係詞的關係子句的題型上。而此結果和1977年 Keenan and Comri 的研究結果是一致的。根據本研究的發現，並討論對教學方面的啟示和對未來相關研究的一些建議。

關鍵字：以形式為主教學法、溝通式教學法

Abstract

The purpose of this study was to investigate whether students' performance on the English restrictive relative clauses construction with prepositions and without prepositions will be different because of two differing grammar teaching approaches—forms-focused instruction vs. the integration of forms-focused instruction and communicative language teaching. The participants are one hundred and fifty tenth graders in a private boarding high school in the northeast area of Taiwan. A six-week quasi-experimental design and three kinds of grammar tests (a grammaticality completion test, a sentence combining test, and a sentence rearrangement test) were employed in the study. The Statistical Package for the Social Science (SPSS) version 12.0 was used to analyze the quantitative data

(significance level was set at .05). The major findings of this study were that the proportion of correct answers to relative clauses without prepositions was significantly higher than that of relative clauses with prepositions in both pre- and post- tests regardless of teaching approaches. The results corresponded with Keenan and Comrie's Noun Phrase Accessibility Hierarchy (1977), in which the positions at the bottom of the hierarchy (e.g., objects of prepositions) are more marked and difficult. Based on the findings of this study, several pedagogical implications and recommendations for future studies are discussed.

Key Words: forms-focused instruction, communicative language teaching

I. Introduction

Since the middle of the last century, the teaching of the English language has gone through multiple transitions in methodology, from grammar translation to the direct method, to the audiolingual approach, to the cognitive code approach, and the communicative approach (Richards & Rodgers, 2002). Grammar instruction was central to foreign language teaching for centuries until the advent of communicative language approaches (Celce-Murcia, 1991). It is the communicative language approach that has led the revolution and transition in English teaching methodology. Grammar is no longer taught as a central, autonomous system, but is integrated with meaning, social function, and discourse structure (Celce-Murcia, 1991). It was these dimensions that were considered in the course of this research on teaching one structure of English grammar: the restrictive relative clause.

As to the process used by non-native English speakers when learning English restrictive relative clauses, some researchers have stressed the influence of native language transfer (Schachter, 1974), whereas others have emphasized the importance of universal factors such as markedness in the relative clause acquisition (Sadighi, 1994; Yip & Matthews, 1991). Gass (1980) confirmed that universal principles of language played a dominant role in determining the learning patterns of L2 learners, while the other two factors-specific facts about learners' native language and the target language-were of secondary consideration (Gass, 1980). An eclectic approach, combining the strength of traditional grammar-based instruction and new communicative methodology would be recommended in this case.

In spite of this, actual research investigating the effects of integrating traditional grammar-based instruction with Communicative Language Teaching (CLT) has been scarce, however (Chang, 2002; Huang, 2004). So far, no study has explored how the integration of traditional grammar-based instruction with communicative language teaching might affect Taiwanese senior high school students' learning of complex grammatical structures (Chang, 2002; Huang, 2004). Therefore, the study aimed to investigate the following research question and null hypothesis:

1. How do students perform on relative clause construction with a preposition such as "with," "in," or "at" compared with relative clause construction without a preposition?

Ho1: There is no statistically significant difference in student performance

regarding the use of relative clauses between constructions with a preposition (with, in, or at) and constructions without a preposition.

II. Literature Review

The role of grammar instruction, as opposed to the meaning-focused activity in the English language classroom, has long been a controversial issue. However, some existing research shows the positive effects of combining the structural forms-focused instruction and communicative language teaching (Chang, 2002; Huang, 2004; Montgomery & Einsenstein, 1985). The combination of the two focuses the learners' attention on the relationship between the communicative need and the linguistic feature which satisfies that demand (Doughty & Williams, 1998). Long (1991) indicates that teaching solely grammatical forms usually fails to help learners develop the ability to use those forms to communicate effectively. He also suggests that neglecting grammatical instruction for the purpose of teaching purely communicative content was as inadequate as grammar instruction alone. Rather, Long recommends a syllabus he called "focus on form," which integrates instruction of grammar forms in context with communicative language instruction. Robinson (1996) and Doughty and Williams (1998) also advocate combining communicative language learning with grammar instruction. Therefore, the integration of the traditional structural form-focused instruction and CLT is worthy of recommendation. The theoretical background of the study will be based on the grammar-integrated communicative approach.

A relative clause, according to MacLeish (1971), is "a clause subordinate to the main clause with which it occurs and to which it is connected by a relative word such as that, which, what, who, whom" (p. 106). As to the complexity of relative clauses, they are syntactic structures which L2 learners acquire relatively late (Doughty, 1991). According to Chiang (1980), general proficiency in the target language is the best indicator of relative clause production and it determines the frequency of relative clause production.

Sadighi (1994) investigated the comprehension of English restrictive relative clauses among Chinese, Japanese, and Korean native speakers learning English in the United States. Their native languages employ pre-nominal relative clause formation strategy in contrast to the post-nominal relative clause positioning used in English. Sadighi concluded that three universal linguistic factors—Interruption, Word Order Rearrangement, and Parallel Function play a significant role in the acquisition of the English restrictive relative clause construction. The universal principle of syntactic structures is markedness, and this dominates the learning process of English restrictive relative clauses, irrespective of learners' diverse language backgrounds (Sadighi, 1994).

Yip and Matthews (1991) examined the avoidance of relative clauses by Chinese ESL speakers relative to Keenan and Comrie's Accessibility Hierarchy (AH). They concluded that first language transfer is insignificant compared to universal factors in the use of resumptive pronouns in genitive-type relative clauses at the bottom of the Accessibility Hierarchy. Yip and Matthews concluded that Chinese ESL speakers unconsciously avoid using oblique and genitive-type relative clauses, found at the lower end of the Accessibility Hierarchy.

According to Izumi (2003), Keenan and Comrie's (1977) Noun Phrase Accessibility Hierarchy Hypothesis (NPAH) has been proposed in second language acquisition (SLA) literature to account for the relative ease and difficulty order of both processing and acquiring

the different types of relative clause (RC) constructions. “The NPAH is based on the typological markedness” and it claims that “all languages can relativize subjects” (Izumi, 2003, p. 287). In addition, “if a language can form RCs on a given position in the hierarchy hypothesized by the NPAH, it can also form RCs on all positions higher (or to the left) in the hierarchy, but the converse is not true” (Izumi, 2003, p. 287). This hierarchy is, in essence, a scale of markedness on which the higher positions are the less marked (unmarked) and the lower positions the more marked (marked). The NPAH was suggested by Keenan and Comrie after an examination of the similarities among more than 50 languages regarding the syntactic functions for relative pronouns.

The NAPH represents typological universals of relative clause formation and hypothesizes an order of difficulty for acquisition from most accessible for relativization to least accessible. The order is as follows: SU (subject)> DO (direct object)> IO (indirect object) > OBL (object of preposition) > GEN (possessor)> OCOMP (object of comparison) (Keenan & Comrie, 1977). In other words, relative clauses referring to the subject are easiest to learn, while those referring to the object of a comparative are the most difficult (Doughty, 1991; Schumann, 1980).

III. Method

1. Research participants

The 150 subjects in this study—88 boys and 62 girls—were Taiwanese freshman senior high school students from four 10th-grade classes at a private boarding high school, located in Yuan Shan Shieng, I-lan, Taiwan. They had not taken the General English Proficiency Test previously. The subjects were selected by convenience sampling, a selection of participants based on easy availability or accessibility.

2. Research design, instrumentation, and data-collection procedures

The study employed a quasi-experimental design. The research study aimed to investigate whether students’ performance on the English restrictive relative clauses construction with prepositions and without prepositions will be different because of two differing grammar teaching approaches. The two approaches were the integration of forms-focused instruction and communicative language teaching, and forms-focused instruction through teacher-fronted lesson only. The independent variables of the quasi-experiment are the two teaching approaches to which the two groups of participants were exposed. The dependent variable in the quasi-experiment was the results of the tests administered by the researcher. An individual background information questionnaire was employed before the instructional experiment to investigate the participants’ English learning background (see Appendix A). Their responses gave the researcher a view of the participants’ prior learning and understanding so that some exceptional students could be eliminated as participants in this study.

The instruments used in the data collection were three types of grammar tests developed by the researcher—a grammaticality completion test, a sentence rearrangement

test, and a sentence combining test (see Appendix B). The grammaticality completion test aimed to examine the participants' grammatical knowledge of English relative clause constructions. The sentence rearrangement test was a controlled production test that aimed to examine the participants' grammatical production of English relative clause constructions. In addition, the sentence combining test was designed to elicit participants' written production of English relative clause constructions. The three types of grammar tests were developed based on questions from the General English Proficiency Test (GEPT) of the elementary level, a kind of criterion-referenced English proficiency test in Taiwan. Examinees who pass the elementary level have English proficiency that corresponds to the English proficiency of ninth grade Taiwanese junior high school students. .

Following the pre-test, the researcher randomly divided the four intact classes of first-year senior high school students of the same school into two groups. The researcher utilized two different teaching approaches for the two groups—for the experimental group, the integration of forms-focused instruction and communicative language teaching; for the control group, forms-focused instruction through teacher-fronted lessons. Over six successive weeks, the four classes met two days a week individually for a 50-minute lesson on each occasion. Throughout the instructional period, the researcher used the same materials to teach the explicit forms-focused instruction but employed different teaching approaches and activities for the two treatment groups.

The researcher used four kinds of activities (listening, speaking, reading, and writing) to teach English grammar to the students in the experimental group, but only focused on students' reading and writing ability in the control group. Students in the experimental group were encouraged to recognize and produce English relative clause structures in such meaningful contexts as real life situations through role-playing activities, paired or group discussions, information-gap activities, teacher-student interactive output practice activities, and contextualized reading. Students in the control group did not participate in such grammar-integrating activities. Grammar rules were also explained clearly in the instruction, but without any further reinforcement through interactive activities.

The researcher utilized two different teaching approaches for two groups, who received the same amount of instructional hours on the same content. Therefore, the Hawthorne effect of special attention leading to better performance would be avoided.

Immediately after six weeks of instruction in the target structure, the researcher administered a post-test to both instructional groups for the purpose of assessing the effects of the two different teaching approaches. The immediate post-test was composed of the same questions as those in the pre-test, but in a different order. All of the participants in both treatment groups completed the post-test using the same procedure as that of the pre-test.

In order to determine the reliability of the pre-test and the post-test, the researcher asked thirty first-year senior high school students (other than those students in the participants' school) as the pilot participants to take both tests before beginning the instructional experiment to determine whether the scores were consistent. These students had received three years of formal English instruction and were the same age as the participants who would be the subjects in the study.

The content validity of the pre-test and post-test was examined. After the thirty students completed the pre- and the post-tests, the researcher conducted an interview with each one to ask their opinions about the clarity of the written instructions, as well as the adequacy of the time allotted. The results of the interview were used as one criterion to modify, and revise, the three grammar tests. The three question formats were modified from the General English Proficiency Test (GEPT) of the elementary level, and items from a variety of textbooks and the websites published by LTTC.

3. Scoring procedures

In the pre- and post- tests, there were a total of forty-five questions. For the three grammar tests, each correct answer was worth one point in the scoring. The participants got a score of zero if they chose the wrong answer, failed to combine and rearrange sentences in the correct order.

4. Data analysis

Quantitative analyses were employed to obtain and present the data for this study. The quantitative data were analyzed through the Statistical Packages for the Social Sciences (SPSS), version 12.0. The significance level was set at $p < .05$ for all statistical analyses. However, if the statistical significance level reached the level of $p < .01$, it was reported.

The one-way repeated-measures analysis of variance (ANOVA) was computed to compare the statistically significant differences regarding the constructions with and without prepositions in both pre- and post-tests.

IV. Results

This study aimed to explore whether students' performance on the English restrictive relative clauses construction with prepositions and without prepositions will be different because of two differing grammar approaches. The results of the study are based on the data collected from 150 private boarding High School students in Taiwan.

Correct answers to relative clauses with prepositions versus those without prepositions on both pre- and post-tests were subjected to one-way repeated-measures analysis of variance (ANOVA) and paired-samples t-test to evaluate whether the differences reached the .05 significance level. Table 1 indicates that on the pre-test, the F value was 53.209, and the significance level approached 0.000. Both the significance level and the null hypotheses

Table 1

One-Way ANOVA Results Regarding Proportion of Correct Answers to Relative Clauses with Prepositions Versus Those Without Prepositions on the Pre-Test

Sources of Variation	SS	Df	MS	F	Sig.
Within Groups					
Kinds of Pre-Test	0.733	1	0.733	53.209	0.000**
Error	2.054	149	0.014		

*p-value < 0.05 ** p-value < 0.01

were set at $p < .05$ for all statistical analyses. The results of one-way repeated-measures ANOVA revealed a statistically significant difference, as measured by proportion of correct answers in student performance, regarding the use of relative clauses between the construction with a preposition and the construction without a preposition on the pre-test.

In addition, the results of paired-samples t-test presented in Table 2 show that the differences in proportion of correct answers between the two relative clause constructions were statistically significant. On the pre-test, the proportion of correct answers to relative clauses without prepositions was significantly higher than that of relative clauses with prepositions.

The results were consistent with Keenan and Comrie's Noun Phrase Accessibility Hierarchy (1977). The NAPH suggests that the positions at the bottom of the hierarchy

Table 2

Paired-Samples t-test, Restrictive Relative Clauses With and Without Prepositions

Comparison	Mean Difference	Sig.	95% Lower	95% Upper
With/Without Prepositions	0.099	0.000**	-0.126	-0.072

*p-value < 0.05 ** p-value < 0.01

are less common and hence, less accessible and more marked than those in positions at the top. For example, language structures that serve as objects of prepositions are more marked and difficult than those that serve in positions of subject, direct object or indirect object. This inaccessibility accounts for the fewer correct answers to relative clauses with prepositions

than to those of relative clauses without prepositions on both pre- and post-tests.

When comparing the proportion of correct answers to relative clauses with prepositions versus those without prepositions on the post-test, results of one-way repeated measures ANOVA indicated that the F value was 172.585. The significance level approached 0.000 (see Table 3). Therefore, statistically significant differences were found to exist between the proportion of correct answers to relative clauses with prepositions and those without prepositions on the post-test.

Table 3

One-way ANOVA Results Regarding Proportion of Correct Answers to Relative Clauses with Prepositions Versus Those Without Prepositions on the Post-Test

Sources of Variation	SS	df	MS	F	Sig.
Within Groups Kinds of Pre-Test	2.707	1	2.707	172.585	0.000**
Error	2.337	149	0.016		

*p-value < 0.05 ** p-value < 0.01

As presented in Table 4, the results of paired-samples t-test revealed that the differences in the proportion of correct answers between relative clauses with prepositions and those without prepositions on the post-test were statistically significant. The proportion of correct answers for relative clauses without prepositions was significantly higher than that of relative clauses with prepositions on the post-test.

Table 4

Paired-Samples t-test, Restrictive Relative Clauses with and without Prepositions

Comparison	Mean Difference	Sig.	95% Lower	95% Upper
With/Without Prepositions	0.190	0.000**	-0.219	-0.061

*p-value < 0.05 ** p-value < 0.01

To summarize the results of the above tables, the null hypothesis, which states that there is no statistically significant difference, as measured by proportion of correct answers in the use of relative clauses between constructions with a preposition (with, in or at) and constructions without a preposition, was rejected. Statistically significant differences were found to exist between the construction with a preposition (with, in, or at) and the

construction without a preposition.

VI. Pedagogical Implications

The pedagogical implications of the study, which are based on the findings of the research, are as follows:

1. Teaching more marked structures would be advantageous to students' learning. The results of this study show that the sentence using relative clauses with prepositions are more marked and difficult than those without prepositions. Eckman, Bell, and Nelson (1988) indicate that learners obtain maximal generalization from the acquisition of a more marked structure than from that of a less marked structure. Therefore, teachers may need to focus on more marked structures to facilitate students' learning. This could be achieved through spending more time in oral and written practice activities and by giving more instruction that would allow students to compare and contrast structures and explore the reasons for their differences in order to associate the different constructions with each other.
2. English teachers in Taiwan may consider integrating communicative activities into grammar teaching to facilitate students' comprehension and production of the target structure. As Wang (1999) states, "a communicative grammar-learning environment is an urgent need in Taiwan" (p. 175). It is imperative, however, that teachers manage time spent on both types of instruction carefully so that students remain interested and focused.

VII. Recommendations for Future Study

Based on the results and within the limitations of the study, several recommendations for future studies are presented.

1. A stratified random sampling of the student population would make this a genuine experiment rather than a quasi-experiment. Future researchers should consider randomly assigning students into experimental and control groups.
2. A wider range of student ability groups, public and private institutions, and locations throughout Taiwan would be helpful in formulating generalizations applicable to the national curriculum. This study could be replicated in other geographic regions with different groups. The wider scope would be more informative and nationally applicable.
3. Tests of other language proficiency skills (for example, spontaneous production tests) would be worthy of future study. Future research could focus on the effects of teaching on receptive comprehension, such as listening and reading proficiency, or productive comprehension, such as speaking and writing proficiency.

References

- Celce-Murcia, M. (1991). Grammar pedagogy in second and foreign language teaching. *TESOL Quarterly*, 25 (3), 459-480.
- Chang, H. C. (2002). *Integrating form-focused instruction and communicative language teaching approach: Teaching WH-questions in secondary EFL classes in Taiwan*. Unpublished master's thesis, Tamkang University, Taipei, Taiwan, R. O. C.
- Chiang, D. (1980). Predictors of relative clause production. In R. C. Scarcella & S. D. Krashen (Eds.), *Research in second language acquisition* (pp. 142-145). Rowley, Mass: Newbury House Publishers, Inc.
- Chiang, D. (1980). Predictors of relative clause production. In R. C. Scarcella & S. D. Krashen (Eds.), *Research in second language acquisition* (pp. 142-145). Rowley, Mass: Newbury House Publishers, Inc.**
- Doughty, C. (1991). Second language instruction does make a difference: Evidence from an empirical study of SL relativization. *Studies in Second Language Acquisition*, 13 (4), 431-469.
- Doughty, C., & Williams, J. (1998). *Focus on form in classroom second language acquisition*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Eckman, F., Bell, L., & Nelson, D. (1988). On the generalization of relative clause instruction in the acquisition of English as a second language. *Applied Linguistics*, 9 (1), 1-20.
- Gass, S. (1980). An investigation of syntactic transfer in adult second language learners. In R. C. Scarcella & S. D. Krashen (Eds.), *Research in second language acquisition* (pp. 132-141). Rowley, Mass.: Newbury House Publishers, Inc.
- Gillespite, R. (1991). *Manufacturing knowledge: A history of the Hawthorne experiments*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Huang, C. Y. (2004). *Comparing the effects of two grammar pedagogies on the learning of English grammar for junior high school students in Taiwan: Communicative focus on form and traditional grammar instruction*. Unpublished master's thesis, Ming Chuan University, Taipei, Taiwan, R. O. C.
- Izumi, S. (2003). Processing difficulty in comprehension and production of relative clauses by learners of English as a second language. *Language Learning*, 53 (2), 285-323.
- Keenan, E., & Comrie, B. (1977). Noun phrase accessibility and universal grammar. *Linguistic Inquiry*, 8 (1), 63-99.
- Long, M. H. (1991). Focus on form: A design feature in language teaching methodology. In K. de Bot, R. Ginsberg, & C. Kramsch (Eds.), *Foreign language research in cross-cultural perspective* (pp. 39-52). Amsterdam: John Benjamins.

- Long, M. H., & Robinson, P. (1998). Focus on form: Theory, research, and practice. In C. Doughty & J. Williams (Eds.), *Focus on form in classroom second language acquisition* (pp. 15-41). Cambridge: Cambridge University Press.
- MacLeish, A. (1971). *A glossary of grammar linguistics*. New York: Grosset & Dunlap, Inc.
- Montgomery, C., & Einsenstein, M. (1985). Real reality revisited: An experimental communicative course in ESL. *TESOL Quarterly*, 19 (2), 317-334.
- Richards, J. C., & Rodgers, T. S. (2002). *Approaches and methods in language teaching* (2nd ed.). New York: Cambridge University Press.
- Robinson, P. (1996). Learning simple and complex second language rules under implicit, incidental, rule-search, and instructed conditions. *Studies in Second Language Acquisition*, 18 (1), 27-67.
- Sadighi, F. (1994). The acquisition of English restrictive relative clauses by Chinese, Japanese, and Korean adult native speakers. *International Review of Applied Linguistics in Language Teaching*, 32 (2), 141-153.
- Schachter, J. (1974). An error in error analysis. *Language Learning*, 24 (2), 205-214.
- Schumann, John H. (1980). The acquisition of English relative clauses by second language learners. In R. C. Scarcella & S. D. Krashen (Eds.), *Research in second language acquisition* (pp. 118-131). Rowley, Mass.: Newbury House Publishers, Inc.
- Wang, P. L. (1999). *English grammar instruction in Taiwan: Student and teacher attitudes*. Unpublished doctoral dissertation, The Pennsylvania State University.
- Yip, V., & Matthews, S. (1991). *Relative complexity: Beyond avoidance*. Chinese University of Hong Kong (ERIC Document Reproduction Service No. ED 363103).

The Importance of Stress Rules in the Teaching of English Vocabulary to University English Majors: A Comparative Study

大學生英語字彙重音學習成效之探討

Liwen Liu

劉立雯

中華大學 外國語文學系 Department of Foreign Languages and Literatures

Abstract

Due to a considerable dissimilarity in the linguistic nature of Chinese and English and a serious lack of authentic oral modeling in the classroom, Chinese students of English as a Foreign Language (EFL) usually receive little phonological education. Stress placement of word syllables has long been recognized as an important aspect in the instruction of pronunciation within Chinese English curricula, but concrete improvements to teaching methods have proven elusive.

It is shown in this study that the improper speech habits of these students can be effectively improved using the rules of a Canadian linguist's word stress prediction model. These rules predict syllable emphasis through a word's orthography or letter sequences, thus requiring minimum phonetic memorization in learning how to place emphatic stress correctly in the syllables of unfamiliar English words.

This study attempted to validate these model rules by evaluating their effectiveness on twenty Chinese college English majors. A repeated-measures design of paired pre- and post-intervention tests with a 45-hour stress rule intervention were implemented to compare the Chinese students' performances on oral vocabulary reading before and after being tutored in stress placement rules. The statistical findings of the paired-samples *t*-tests suggested that there were significant improvements in both the students' word stress placement using Merriam-Webster's dictionary as an evaluation standard and the students' word intelligibility according to native English evaluators' comprehension after the intervention.

In this study, a strong positive Pearson correlation coefficient between correct word stress placement and word intelligibility supported the notion that correct stress placement

increases authenticity in pronunciation thereby enhancing the non-native speakers' intelligibility by native speakers. This study provides substantial and undeniable evidence demonstrating the potential of these stress prediction rules in helping EFL learners improve their Standard American English (SAE) pronunciation.

Key words: accent, word stress, multi-syllable vocabulary, orthography, comprehensibility

摘要

台灣目前的英語教育並沒有將字彙的重音部分獨立出來，當做特別加強學習的一個層面。大多時候是跟著每個單字的子、母音以及該字的音調一起練習的。也就是說，目前單字的重音通常被視為是需要跟隨不同字彙而學習的部分；而無一套有系統、有效果的教學方法或通則來指引同學。然而錯誤的重音節發音會嚴重影響英語聽者(眾)的理解。

本文建議利用一套單字重音判別規則來改善英語學習者所遇到的問題。此套規則能幫助台灣學生在遇到不認識、沒聽過其發音的多音節英文單字時，能夠在不需要查證字典、其他發音輔助工具或示範者的情況下，僅憑單字的拼寫即能正確判斷該單字的重音位置。本文提出此一教學法的重點，將兩組學生以前測，教學介入與後測的成對相依樣本 T 檢定方式，驗證此一教學法之成效。

經兩組教學實驗前後測證明，本文所提重音教學法的確在字彙重音判別以及字彙發音標準度提升上有統計上顯著效果。

關鍵字: 口音, 字彙重音, 多音節單字, 拼字法, 可理解性

I. Introduction

The purpose of this study is to help Chinese speakers of English understand that accurate pronunciation plays an important role in effective communication with native speakers by providing them with a simple approach to learn English word stress, so as to help them learn to speak English faster and more “authentically.”

Non-native speakers’ ability to speak SAE also reduces their odds of being rejected by native speakers of English and at the same time increases their opportunities to compete with native speakers through effective English communication. In order to be competitive in the modern world, which recognizes English as the only world language, smooth and authentic English pronunciation is expected. The stress prediction rules that this study recommends are based on a Canadian linguist-George S. Waldo (1968)’s work which covers about 97% of the entire English vocabulary. These rules presented here would serve as an updated word stress prediction guide compiled specifically for non-native students and teachers. By examining the effectiveness of these stress prediction rules, we understand how they would help Chinese English learners to reach the goal. Both repeated-measures tests and a stress rule intervention were performed on a group of 30 Chinese English-major college students to establish the effect of the word stress prediction rules on the participants’ pronunciation.

II. Review of related literature

The English language is a “stress-accented” language that uses word stress to distinguish words (Fromkin, Rodman, & Hyams, 2003). That is, two words can differ only by the position of their stress and therefore, it is possible to use stress to differentiate grammatical classes in parts of speech (e.g., noun and verb). Stress, therefore, can be linguistically significant. According to Rubin (2005), word stress is key to comprehensibility in the English language. English speakers need word stress to communicate rapidly and accurately, even in difficult conditions (“Rules of word stress in English,” n.d.). That is, if a person does not hear a word clearly, he can still understand the word because of the position of the stress. For example, even entry-level English students can easily and quickly differentiate the words “*photograph*” and “*photographer*” by hearing only the first two syllables of these words. Pathare (2005) mentioned that word stress is crucial in pronunciation because it affects syllables and the segments that constitute syllables, as seen in the stress alternation in English between certain nouns and verbs (e.g., CONduct vs. conDUCT). Stressing a word differently can change the meaning altogether. As O’Connor (1973) asserted that, “in English, stress is a significant factor because it is an essential part of word-shape; words easily become unrecognizable if the stress is wrongly placed” (p.194).

For Chinese students who study English in Taiwan where English is considered a foreign language, the lack of spoken English in their environment and the distance of their mother tongue from English conspire to rob them of English phonemic awareness, and made it all but impossible to acquire authentic English pronunciation. Being handicapped by these two reasons, Chinese English learners, even if they do hear physically, become so indifferent

and thus ignorant to the English sounds that the clarity of their English pronunciation is similar to that of someone who has lost his hearing since birth. That is, Chinese people's chaotic spoken English sounds like deaf people's oral production and it is thus, to a certain extent, incomprehensible to ordinary native English speakers.

Most Chinese students do not possess sufficient phonetic knowledge to cope with the complicated nature of phonology and linguistic theories, both of which are foundations for the well-known stress prediction strategies proposed by Chomsky and Halle (1968) and Fudge (1984). Given the lack of practicality of stress prediction models based on syllabification, George S. Waldo's (1968) model mostly avoids syllabification. He formalized these stress rules of English vocabulary words by analyzing them in terms of their morphological structures. That is, this model is based on the orthographic representation (i.e. word spelling) of the English language but not on theoretical perspectives. These rules rely on recognizing word endings and counting vowels from the end of the word to decide which vowel should have the primary stress—techniques that should be amenable to learning by EFL students.

III. Method

This study attempts to determine whether Waldo's stress rule method would help Chinese students correctly place syllable accents when pronouncing English words and whether or not this method would enhance better comprehension of those words by American evaluators.

Research Questions

For the purpose of this study, the following research questions and the corresponding null hypotheses were developed:

1. Is there a difference between the number of correct word stress placements by both the control group and the experiment group after the experiment group is tutored in stress placement rules, as evaluated according to Merriam-Webster's dictionary?
2. Is there a difference between the scores in the intelligibility of both groups by native English speakers after the experiment group is tutored in stress placement rules?
3. Is there a correlation between the objective stress placement evaluation results and the subjective intelligibility scores for experiment group after the intervention?

Subjects and Evaluators

The subjects in the current study were 40 volunteered English majors (13 males and 27 females) in their junior year from one class at Chung-Hua University in Taiwan. Their English ability was between 400 to 550 points in terms of TOEIC test score, and this relative consistency of subjects' proficiency level boosted reliability of the pre-experiment test results. Subjects were randomly selected to be in the experiment and the control group (20 in each group). The four native English speakers serving as evaluators were English teachers at Universities in Hsinchu area. They possessed post-graduate knowledge of English, making them ideal candidates for judging foreigners' pronunciation fairly and reliably.

Instrumentation

This study used two tests of 25 words each, to be administered before and after the intervention respectively. The tests were scored on binary scale: the subject either got the stress right on a word (1 point) or not (no points). There was no ambiguity since the unique correct stress was determined according to the Merriam-Webster's dictionary, so the total scores were between 0 and 25.

Next, the native English speaking evaluators rated the comprehensibility of the subjects on evaluation sheets that scored each word on a 5-point Likert scale. Each evaluation sheet corresponded to one 25-word test (either pre-intervention or post-intervention). The Likert scale was mapped to numerical scores in the range of 1 to 5, with 1 point corresponding to the most negative rating ("Incomprehensible") and 5 points to the most positive rating ("Native-like"). The scores for the dictionary words were totaled, giving each test a dictionary word score between 25 and 125 points.

Procedures

The first step of the procedure was to administer the pre-intervention test individually to each of the 40 subjects. The purpose of the test was not revealed, with the two groups of subjects simply being asked to read each word on the list out loud in a clear voice three times in a row. The 40 subjects' voice productions were captured with a digital audio recorder (one file per subject) for later evaluation by the researcher and the native speakers; the repetition of each word ensured that at least one clear recording of each word was available. The subjects were allowed time to think before they decided how the words should be pronounced.

The study then moved into the intervention phase, which took place over 15 sessions (3 hours in each session) to complete. Twenty-five word endings of nine types of stress rules were evenly taught by the researcher by explaining their domain of applicability to the subjects, supported by approximately 20 to 50 example words for each rule, and followed by extensive audio-lingual drills to help the subjects internalize the rule and until the controlled skill became automatic (Garza, 2006). By reading out loud the massive example words, experiment group subjects would memorize the rules taught by heart by the end of each session.

On the other hand, subjects in the control group received word stress intervention through conventional vocabulary teaching process under the exact same teaching context (i.e., 45 hours of teaching time and about 800 example words of teaching content) as the experiment group did, but subjects were not trained with the stress rules. Word stress instruction in control group was incorporated within the holistic vocabulary education with a reminder or emphasis on the stressed syllable of each word. In other words, both the English and the Chinese definitions of the words were introduced first, and then their phonetic transcription was explained, followed by the demonstration of their pronunciation by the researcher, while their intonation and primary stress were reminded by the researcher. And then extensive audio-lingual drills were implemented to help the subjects to remember how the primary word stress as well as pronunciation of the whole word was enunciated.

After the intervention session, the researcher individually administered the post-intervention test to the subjects. The procedure for this test was exactly the same as for the pre-intervention test, except that the subjects are now aware of the test's purpose.

After the post tests were done, the researcher then evaluated the pre-intervention and post-intervention tests for correct stress placement. The intonations, and the vowel and consonant qualities, were ignored in the scoring process. The researcher then individually prepared the evaluators for their task by asking them to read out loud the two word lists that were used for the tests. Should an evaluator get the pronunciation/ stress wrong for a word, they were asked to try again until they got it right. When the training was done, each evaluator was asked to evaluate the tests of 10 subjects (20 samples) for overall comprehensibility of each word (each subject was scored by only one evaluator). The subjects' recorded vocalizations were evaluated in random order, with each subject's pre-intervention and post-intervention tests played back-to-back but also in random order.

IV. Analysis of the data

Results of the Research Question 1 and its corresponding Null Hypothesis 1

Research question 1 asked whether or not there was a statistically significant difference between the number of correct word stress placements by both the control group and the experiment group after the experiment group was tutored in stress placement rules, as evaluated according to Merriam-Webster's dictionary.

Table 1 (a) and (b) showed the descriptive statistics for both variables. The average score (out of twenty five points) increased from 11.00 on the pre-intervention test to 19.25 on the post-intervention test for the experiment group. The average score (out of twenty five points) increased from 12.55 on the pre-intervention test to 12.95 on the post-intervention test for the control group.

Table 1 (c) and (d) gave the descriptive statistics for the mean difference between each pair of variables. The decision rule was to accept the null hypothesis if the computed value of t was between -2.093 and 2.093. With the obtained t being -8.364 for the experiment group, which fell well outside the acceptance range, the null hypothesis was rejected. It was accepted that there was a difference in the mean scores of the pre- and post-intervention test. The data analysis concluded that there was a significant difference (increase) in word stress placement scores for the experiment group before and after the stress rule intervention.

However on the other hand, with the obtained t being only -.481 for the control group, which fell well within the acceptance range, the null hypothesis was not rejected. The data analysis concluded that there was not a significant difference (increase) in word stress placement scores for the control group before and after the stress rule intervention.

Comparison of the Word Stress Placement Scores of 25 Dictionary Words before and after the Stress Rule Intervention

Table 1(a) *Paired-Samples Statistics for Experiment Group*

	Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pre-test score	11.00	20	3.627	.811
Post-test score	19.25	20	3.768	.843

* $p < .05$.

Table 1(b) *Paired-Samples Statistics for Control Group*

	Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pre-test score	12.55	20	3.546	.793
Post-test score	12.95	20	3.052	.682

* $p < .05$.

Table 1(c) *Paired-Samples Test for the Experiment Group*

Paired Differences							t	df	Sig. (2-tailed)
Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference						
			Lower	Upper					
			-8.250	4.411	.986	-10.315			
					-8.364	19	.000		

* $p < .05$.

Table 1(d) *Paired-Samples Test for the Control Group*

Paired Differences							t	df	Sig. (2-tailed)
Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference						
			Lower	Upper					
			-.400	3.719	.832	-2.141			
					-.481	19	.636		

* $p < .05$.

Results of the Research Question 2 and its corresponding Null Hypothesis 2

Research question 2 asked whether or not there was a statistically significant difference between the scores in the intelligibility of both groups by native English speakers after the experiment group was tutored in stress placement rules.

Table 2 (a) and (b) showed the descriptive statistics for both variables. The average score (out of 125 points) increased from 70.60 on the pre-intervention test to 89.60 on the post-intervention test for the experiment group. The average score (out of 125 points) increased from 71.55 on the pre-intervention test to 72.10 on the post-intervention test for the control

group. .

Table 2 (c) and (d) gave the descriptive statistics for the mean difference between each pair of variables. With 19 degrees of freedom, the critical value of t was 2.093 for a two-tailed test at the .05 significance level. With the obtained t being -6.074 for the experiment group, which fell well outside the acceptance range, the null hypothesis was rejected. The data analysis concluded that there was a significant difference (increase) in word stress placement scores for the experiment group before and after the stress rule intervention.

However on the other hand, with the obtained t being only -.171 for the control group, which fell well within the acceptance range, the null hypothesis was not rejected. The data analysis concluded that there was not a significant difference (increase) in word stress placement scores for the control group before and after the stress rule intervention.

Comparison of the Intelligibility Scores of 25 Dictionary Words before and after the Stress Rule Intervention

Table 2(a) *Paired-Samples Statistics for Experiment Group*

	Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pre-test score	70.60	20	20.965	4.688
Post-test score	89.60	20	19.154	4.238

* $p < .05$.

Table 2(b) *Paired-Samples Statistics for Control Group*

	Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pre-test score	71.55	20	24.831	5.552
Post-test score	72.10	20	24.813	5.548

* $p < .05$.

Table 2(c) *Paired-Samples Test for the Experiment Group*

Paired Differences		Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference		t	df	Sig. (2-tailed)
Mean	Std. Deviation		Lower	Upper			
-19.000	13.989	3.128	-25.547	-12.453	-6.074	19	.000

* $p < .05$.

Table 2(d) *Paired-Samples Test for the Control Group*

Paired Differences			95% Confidence Interval of the Difference		t	df	Sig. (2-tailed)
Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	Lower	Upper			
-.550	14.347	3.208	-7.265	6.165	-.171	19	.866

* $p < .05$.

Results of the Research Question 3 and its corresponding Null Hypothesis 3

Research question 3 asked whether or not there was a statistically significant correlation between the objective stress placement evaluation results and the subjective intelligibility scores for experiment group after the intervention.

Table 3 (a) and (b) showed the correlation results between the number of correct word stress placement and the score of whole word intelligibility on the 25 dictionary words. The Pearson's correlation coefficient was .764 for the experiment group and .190 for the control group. This indicated a strong linear association between the number of correct word stress placement and the score of whole word intelligibility on the 25 dictionary words for the experiment group, but a weak association for the control group. The decision rule was to accept the null hypothesis if the computed value of $\alpha \leq .01$. With the obtained α being .000 for the experiment group, the null hypothesis was rejected at the $\alpha \leq .01$ significance level for the experiment group. This indicated a strong positive correlation between the number of correct word stress placement and the score of whole word intelligibility on the 25 dictionary words for the experiment group after the intervention. On the other hand, with the obtained α being .190 for the control group, the null hypothesis was accepted at the $\alpha \geq .01$ significance level for the control group. This indicated a very weak positive correlation between the number of correct word stress placement and the score of whole word intelligibility on the 25 dictionary words for the control group after the intervention.

Table 3(a)

The Correlation Result between the Number of Correct Word Stress Placements and the Scores of Word Intelligibility on 25 Dictionary Words for the Experiment Group

N	Correlation	Sig. (2-tailed)
40	.764	.000

* $p < .05$.

** $\alpha = 0.01$ (2-tailed), significant correlation

Table 3(b)

The Correlation Result between the Number of Correct Word Stress Placements and the Scores of Word Intelligibility on 25 Dictionary Words for the Control Group

N	Correlation	Sig. (2-tailed)
40	.190	.211

* $p < .05$.

** $\alpha = 0.01$ (2-tailed), significant correlation

In conclusion, this study explored 3 research questions and tested 3 corresponding null hypotheses. Based on statistical results, all three null hypotheses were rejected and these rejections confirmed the researcher's notion that the more accurate word stress placement, the better intelligibility of oral vocabularies.

V. Conclusion

Rubin (2005) said that non-native speakers can get by with fairly pronounced accents as long as they conform to English norms for intonation. That is, accurate placement of word stress enhances the comprehensibility of their speech because accented-English pronunciation resulting from stressing the wrong vowel often makes a non-native speaker sound strange and unintelligent, and therefore to be distrusted or dismissed by native speaker (Pathare, 2005). In other words, if a Chinese-speaking person wants to communicate effectively with an English speaker, the first thing he needs to do is to master English word stress patterns; word stress is important in pronunciation and good pronunciation contributes to effective communication.

VI. References

- Chomsky, N., & Halle, M. (1968). *The sound pattern of English*. New York, NY: Harper & Row, Publishers.
- Fromkin, V., Rodman, R., & Hyams, N. (2003). *An introduction to language* (7th ed.). Boston, MA: Thompson/wardsworth.
- Fudge, E. (1984). *English word-stress*. London, England: George Allen & Unwin.
- Garza, E. A. (2006). *Descriptive Research in Bilingual Education*. Texas A & M University-Kingsville, Kingsville, TX.
- Pathare, E. (2005). *Word Stress*. Retrieved January 29, 2006, from http://www.teachingenglish.org.uk/think/pron/word_stress.html
- Rubin, D. L. (2005, April 7). What we have here is a failure to communicate. *The Chronicle of Higher Education*. Retrieved January 29, 2006, from

<http://chronicle.com/colloquy/2005/04/english/>

Waldo, G. S. (1968). *Stress the right syllable: The accentuation of English words*. Alberta, Canada

VI. Appendices

Appendix A. Pre-Intervention Test & Survey Questionnaire for Chinese Students

Please say the following words loud and clear three times each:

- | | |
|-------------------|-----------------|
| 1. administrative | 14. imbroglio |
| 2. doctrinaire | 15. graffiti |
| 3. parabola | 16. cascade |
| 4. maintenance | 17. excessive |
| 5. Mediterranean | 18. indelible |
| 6. sarcophagus | 19. contribute |
| 7. integrity | 20. rascalion |
| 8. demography | 21. carnivorous |
| 9. hepatitis | 22. adamant |
| 10. detergent | 23. racketeer |
| 11. galloon | 24. evanescence |
| 12. malaria | 25. internship |
| 13. esoteric | |

Appendix B. Post-Intervention Test & Survey Questionnaire for Chinese students

Please say the following words loud and clear three times each:

- | | |
|------------------|-------------------|
| 1. communicative | 14. censorship |
| 2. questionnaire | 15. effervescence |
| 3. hyperbola | 16. pioneer |
| 4. petulance | 17. vigilant |
| 5. Subterranean | 18. intaglio |
| 6. ranunculus | 19. safari |
| 7. community | 20. stockade |
| 8. photography | 21. pervasive |
| 9. gingivitis | 22. incredible |
| 10. divergent | 23. consensus |
| 11. baboon | 24. vermilion |
| 12. regalia | 25. omnivorous |
| 13. aromatic | |

Appendix C. Evaluation Sheet 1 & 2 for Native English-Speaking Evaluators

Please circle what you feel about the pronunciation of the following words:

1.	Incomprehensible	Guessable	Fair	Decent	Native-like
2.	Incomprehensible	Guessable	Fair	Decent	Native-like
3.	Incomprehensible	Guessable	Fair	Decent	Native-like
4.	Incomprehensible	Guessable	Fair	Decent	Native-like
5.	Incomprehensible	Guessable	Fair	Decent	Native-like
6.	Incomprehensible	Guessable	Fair	Decent	Native-like
7.	Incomprehensible	Guessable	Fair	Decent	Native-like
8.	Incomprehensible	Guessable	Fair	Decent	Native-like
9.	Incomprehensible	Guessable	Fair	Decent	Native-like
10.	Incomprehensible	Guessable	Fair	Decent	Native-like
11.	Incomprehensible	Guessable	Fair	Decent	Native-like
12.	Incomprehensible	Guessable	Fair	Decent	Native-like
13.	Incomprehensible	Guessable	Fair	Decent	Native-like
14.	Incomprehensible	Guessable	Fair	Decent	Native-like
15.	Incomprehensible	Guessable	Fair	Decent	Native-like
16.	Incomprehensible	Guessable	Fair	Decent	Native-like
17.	Incomprehensible	Guessable	Fair	Decent	Native-like
18.	Incomprehensible	Guessable	Fair	Decent	Native-like
19.	Incomprehensible	Guessable	Fair	Decent	Native-like
20.	Incomprehensible	Guessable	Fair	Decent	Native-like
21.	Incomprehensible	Guessable	Fair	Decent	Native-like
22.	Incomprehensible	Guessable	Fair	Decent	Native-like
23.	Incomprehensible	Guessable	Fair	Decent	Native-like
24.	Incomprehensible	Guessable	Fair	Decent	Native-like
25.	Incomprehensible	Guessable	Fair	Decent	Native-like

東南學報

第三十八期

- 出版者：東南科技大學
創辦人：蔣志平
編輯者：東南學報編輯委員會
主任委員：李清吟
總編輯：林煌彰
編輯委員：林定鼎、謝昌勳、陳坤男、陳一維、石瑞祥、郭文化、陳平和、
林楷、張忠銓、蘇家嫻、何俊明、張子琦、張志祥、程映蒨、
江啟忠、江奇成、陳祈森、陳良和、詹瑋、張玉治
執行編輯：郭明珍
學校地址：新北市深坑區北深路三段一五二號
學校電話：(02)8662-5900（總機）、(02)8662-5828（綜合業務組）
印刷廠：健榮國際有限公司
印刷廠電話：(02)2738-7729
出版日期：中華民國一〇二年四月