

FU JEN STUDIES

SCIENCE AND ENGINEERING

NO. 25

1991

目 次 CONTENTS

	Page
相列雷達對機羣追蹤方法之分析及推導.....	潘純新 蔣樹民 孫惠民 施家頤 1
The Analysis and Derived of a Tracking Method in Clutter for Phase Array Radar.....	by Chun-Hsin Pan
航空之飛航雷達管制模擬系統設計.....	林宏彥 23
Air Traffic Control Radar Simulation System Design	by Hrung-Yahn Lin
Chemical and Physical Properties of Fried Potato Chips: A Review	by B. H. Chen 41
油炸馬鈴薯片的化學與物理性質：文獻回顧與探討.....	陳炳輝
以氣相層析法分析市售食用油脂產品及人血清中反式脂肪酸之含量.....	
.....	盧義發 羅翊禎 梁弘人 55
Analysis of <i>trans</i> -Fatty Acid Contents of Commercial Fat Products and Human Seras by Gas Chromatography.....	
..... by Yi-Fa Lu, Yi-Chen Lo and Neng-Jen Liang	
續 (Continued)	

Fu Jen Catholic University
Taipei, Taiwan, Republic of China



目 次 (續) CONTENTS (Continued)

	Page
二位學前障礙幼兒與一般正常幼兒混合就讀之第一年追蹤報告.....蘇雪玉....	65
The Integration of Preschool Handicapped and Non-Handicapped Children—The First Year Follow Up Study..... by Sueh-Yu Pauline Su	
Abstracts of Papers by Faculty Members of the College of Science and Engineering that Appeared in Other Journals During the 1989 Academic Year	87



相列雷達對機群追蹤方法之分析及推導

潘純新 蔣樹民 孫惠民 施家頤

輔仁大學電子工程學系

摘要

在對機群追蹤問題上，我們提出一套適合在假訊號環境中從事對多目標作起始追蹤與持續追蹤的方法。此一追蹤法則為在時間 k 時，取一時間長度為 uT (T 為取樣週期) 之移動窗來保留一組量測值集合。在這裏我們假設假訊號（或錯誤回訊）在空間中具有均勻、獨立分佈之特性。為了處理因多目標所造成龐大的計算問題，我們將整個目標群和量測回訊集合分成數個集串 (cluster)。因此一個龐大的問題可以變成數個較小而個別獨立的問題來求解。當我們接收到一組量測值時，針對時間移動窗內落在每一集串中有效範圍內之量測值集合將形成一組新的資料相關假設。為了辨識目標與量測值間的關係，我們應用了追蹤歷程的觀念來選取最相似的目標與量測回訊間的關係。經由計算各追蹤歷程之概率，我們選取其中最大的一個並以適應狀態估計器作目標量測值之更新工作。同時亦利用目標分類的技術來確認新目標的產生，其中新目標乃該目標的年紀滿足所選定 A_t 值之條件。另外，變異量適配技術亦用來改善適應狀態估計器之精確度。最後，利用電腦模擬，結果發現此一多目標追蹤法則的確有效。

一、前言

在多目標追蹤問題上的研究，較早期的有 Sittler 先生⁽¹⁾，想找出一個不確定量測值來對已存在的目標軌跡作資料更新工作。Fraser 和 Meir 先生⁽²⁾ 則以卡爾曼濾波器為基礎發展出一相似的近似方法應用在聲納系統追蹤上。Smith 和 Buechler 先生⁽³⁾ 則將上述方法應用到雷達系統追蹤問題上，另外 Morefield 先生⁽⁴⁾ 則發展出一較特殊而適合多目標追蹤的方法，其中應用了整數規劃 (Integer programming) 技巧和整批資料處理方式來對多目標追蹤。以上所提的方法均為非貝斯的方法，它們乃經由辨識的程序選取一個資料相關假設，並以唯一量測值來更新目標狀態估計。

此外，貝斯方法乃以目標預測位置周圍的幾個量測值為基礎，來更新目標狀態估計。在貝斯近似法中，先期統計資料將有助於所發生假設的修正。然而若無此一資料，亦可由先期未知的觀念來處理這類問題。

首先 Singer 和 Sea 先生⁽⁵⁾ 應用預測量測值最鄰近法的觀念，以及修正的卡爾曼濾波器來處理多目標追蹤的問題，其中並利用到雜訊的先前概率 (priori probability)。Jaffer 和 Bar-Shalom 先生⁽⁶⁾ 則以觀測值不為正確量測值之隨後

概率 (posteriori) 為基礎，發展出一最鄰近的修正濾波器。Singer 先生等⁽⁷⁾ 和 Bar-Shalom 先生⁽⁸⁾並將其擴展到多目標和衆多量測值的情況。Alspach 先生⁽⁹⁾ 則以高斯和 (Gaussian-Sum) 方法處理 m 個目標和 m 個回訊間相關的問題。近來，Jaffer 和 Bar-Shalom 先生⁽⁶⁾並擴展到數個目標和任意數目回訊間的估計問題。

在這個報告裏，我們將提出一套能在假訊號環境中起始和追蹤瞬變多目標的運算法則。這個法則在時間 k 時以一長度為 uT (T 為取樣週期) 的移動窗來保留一組量測值集合，其中並假設假訊號（或錯誤回訊）的發生具有均勻而獨立的分佈。當我們接收到一組量測值時，利用落在自時間 $k-u+1$ 到 k 之間的移動窗中任一集串有效閏內之量測值來形成一組新的資料相關假設。經由計算每一個追蹤歷程的概率。我們選取其中最大的一個作為適應狀態估計器之目標量測值更新的依據。另外為了處理多目標所產生的龐大問題，我們將目標群和量測值集合分成數個獨立集串而變成較小的個別問題來求解。同時亦利用半馬可夫程序、變異量適配、目標分類等觀念來推導此一追蹤法則。最後，以電腦模擬來證明此一追蹤法則在中度雜訊下追蹤瞬變多目標的確有效。

二、研究目的

多目標追蹤問題在對空監視系統中占有極為重要的角色，並且亦值得我們在理論上加以研究探討。近年來，由於科技與工藝的突飛猛進，致使飛行目標的瞬變性能增強，再加上電子戰方法的不斷推陳出新，因而對飛行目標監視的雷達系統，在軍事上更是不可或缺，也使得雷達系統中數位追蹤濾波器愈來愈複雜。

經由電腦來處理多目標追蹤的問題固然可收事半功倍的效果，但這並不表示電腦可無限制的擴展其處理問題的能力。隨著目標數目的增加，電腦的記憶空間和計算時間皆會呈指數形式的累增，造成記憶飽和或無法應用在即時系統中的困難。此外，目標瞬變的特性，周遭環境雜訊、假訊號的干擾均會導致雷達追蹤功能的降低或失去效用。

因此，我們必須針對這些問題作深入的探討與研究。在研究過程中，將針對多目標追蹤方法作理論之探討與追蹤方式之推導，期能建立一具循環形式，且能在即時系統中追蹤多目標的演算式，以增強雷達追蹤、鎖定的功能，同時合乎精密準確的要求。

三、研究方法

1. 問題陳述

假設目標模型之狀態方程式為

$$\mathbf{X}(k+1) = A\mathbf{X}(k) + B[\mathbf{U}(k) + \mathbf{W}(k)] \quad (1)$$

此處

$\mathbf{X}(k)$ 為在時間 k 時， $n \times 1$ 目標之狀態向量

A 為 $n \times n$ 狀態轉移矩陣

B 為 $n \times p$ 輸入矩陣

$\mathbf{U}(k)$ 為在時間 k 時， $p \times 1$ 瞬變目標之加速度輸入向量

$\mathbf{W}(k)$ 為白色 (White) 零均值，變異量為 $Q(k)$ 之輸入雜訊向量

量測方程式為

$$\mathbf{Z}(k) = H\mathbf{X}(k) + \mathbf{v}(k) \quad (2)$$

此處

$\mathbf{Z}(k)$ 為在時間 k 時， $m \times 1$ 觀測向量

H 為 $m \times n$ 量測增益矩陣

$\mathbf{v}(k)$ 為白色零均值，變異量為 $R(k)$ 之雜訊向量

此外

$$E\{\mathbf{W}(k)\mathbf{W}^T(j)\} = Q(k)\delta_{kj}$$

$$E\{\mathbf{v}(k)\mathbf{v}^T(j)\} = R(k)\delta_{kj}$$

$$E\{\mathbf{W}(k)\mathbf{v}^T(j)\} = 0$$

而 δ_{kj} 為 kronecker delta 函數。

多目標追蹤問題可描述如下：當我們自 (2) 式中所獲得來自目標群之大量而彼此相互接近之量測值時，很難去確定目標與任一量測值間之對應關係。因此如何利用這些不定量測值來對目標作狀態估計，將是我們未來所要解決的問題。尤其是在假訊號環境中如何去追蹤目瞬變多目標。在此，我們欲發展出一套能處理衆多量測值以找出目標狀態 $\mathbf{X}(k)$ 之最小變異量估計的循環法則來，亦即

$$\hat{\mathbf{X}}(k) = E\left\{\frac{\mathbf{X}(k)}{\mathbf{Z}(k)}\right\} = \int \mathbf{X}(k) P\left[\frac{\mathbf{X}(k)}{\mathbf{Z}(k)}\right] d\mathbf{X}(k) \quad (3)$$

此處 $\mathbf{Z}(k) = [Z(1), Z(2), \dots, Z(k)]$ 。

2. 多目標追蹤法則之推導

在多目標追蹤問題中，由於電腦的記憶空間和計算時間會隨著目標數目增加而呈指數型式的擴增，因而造成電腦飽和的現象。此一缺點可利用目標集串的觀念來予以儘量的避免。如果每一個目標能被分到屬於它自己的集串裏，則這些計

算要件將祇隨目標數目呈線性的增加。因此，一個巨大的追蹤問題，可以數個較小而獨立的追蹤問題來分別求解。當我們在掃描中接收到一組量測值時，整個目標和量測值集合將依有效測試分成數個獨立的集串。經由一長度為 uT 之移動窗所得而落在集串有效閘內的量測值將形成一新的資料相關假設。其中每一資料相關假設均代表目標可能之軌跡，我們計算每一集串內各假設之概率並保留其中 M 個最相似的假設以作為下一次掃描目標相關資料之依據。經由這個方法可防止假設過度擴張與電腦記憶空間的飽和。而 M 參數值之選取將決定追蹤法則之複雜性與最佳性。

由於量測值來源的不確定，我們很難精確的斷定在每一掃描中那一個量測值是正確的。因此利用在時間 k 時，長度為 uT 之移動窗來截取一追蹤歷程，此一追蹤歷程保留有數個累積的量測值集合。圖 1 所示為一長度為 uT 之移動窗，在經過處理這些資料集合後將產生一組新的資料相關假設集合。利用追蹤歷程保留數個掃描過程中的相關資料假設，如此可幫助瞭解前後量測值相關的工作。我們計算每一個追蹤歷程的概率並選取其中最大的一個，作為適應狀態估計器量測值更新之依據。下面我們將逐項說明追蹤過程中各部份工作之原理：

(1) 有效測試 (Validation test) 和假設之產生

首先，假設在每一掃描中，我們接收到一組來自 n 個目標之量測值集合，令 $Z(k)=[Z_i(k), i=1, 2, \dots, n]$ 為在時間 k 時之所有量測值集合； $Z_i(k)=[Z_i(k-u+1), Z_i(k-u+2), \dots, Z_i(k)]$ 為到時間 k 為止移動窗內所有量測值之累積集合； $M(k)=[M_o(k), o=1, 2, \dots, m]$ 為在時間 k 時量測值數目之集合； $H(k)=[H_j(k), j=1, 2, \dots, h]$ 在時間 k 時所有假設之集合； $L(k)=[L_u(k), u=1, 2, \dots, q]$ 為在時間 k 時所有可能追蹤歷程之集合。當獲得 $Z(k)$ 時將產生 n 個量測序所組合而每一個量測序列均代表一可能目標的軌跡。那些落在以目標狀態之預測位置 $\bar{X}(k+1)=A\hat{X}(k)$ 為中心所形成有效區域 G (亦可稱為閘) 內的量測值將被篩選出來。閘的大小和形狀係依量測剩值 (Residual)

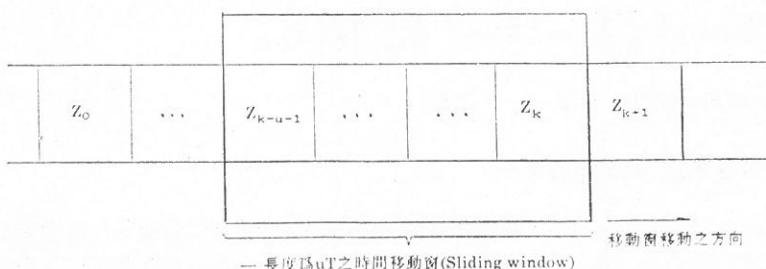


圖 1 移動窗。

$V = \mathbf{Z}_i - H\bar{X}$ 和變異量 $F = HMH^T + R$ 而定，此處 $M = APA^T + BQB^T$ 。閘的邊界係用來選取一些距預測位置之統計距離小於某一選定截值內的量測值，其可認為落在該閘內。因此，可將效測試表示為：

在時間 k 時，所接收到的量測值須滿足

$$P_{k,i} = P_k[V_{k,i}] = (\mathbf{Z}_i - H\bar{X})^T F^{-1} (\mathbf{Z}_i - H\bar{X}) < D \quad (4)$$

此處 D 為截值 (Threshold)。

$P_{k,i}$ 之值具有與量測值相同空間維數之 χ^2 分佈。此分佈之均值 \bar{X} 和變異量 M 在量測值間將隨時間而變化，其依據之時間更新方程式為：

$$\left. \begin{array}{l} \bar{X}(k+1) = A\hat{X}(k) \\ M(k+1) = AP(k)A^T + BQB^T \end{array} \right\} \quad (5)$$

通過有效測試之量測值將用來產生資料相關假設。在此我們假設無任何目標能產生一個以上的量測值，並且沒有任一量測值同時來自一個以上的目標。經由以上的假設，我們可形成相關的實現 (feasible) 假設，其產生程序如圖 2 所示。

(2) 集串 (cluster) 之形成

當接收到一組量測值時，資料相關運算式決定任一與至少一個目標有關之量測值（如果有的話）將用來產生子集串 (subcluster)，此一子集串內包含了任一目標有關之數個假設。最後這些子集串在所有量測值資料處理完後將合併成各完整之主集串 (cluster)。令 $W = [W_{ij}]$, $i=1, 2, \dots, m$; $j=0, 1, 2, \dots, n$ 。為如果量測值 i 落在目標 n 之有效區域內的二進位元素有效矩陣。亦即：

$$W_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{如果量測值落在目標 } n \text{ 之有效區域內} \\ 0 & \text{其他} \end{cases}$$

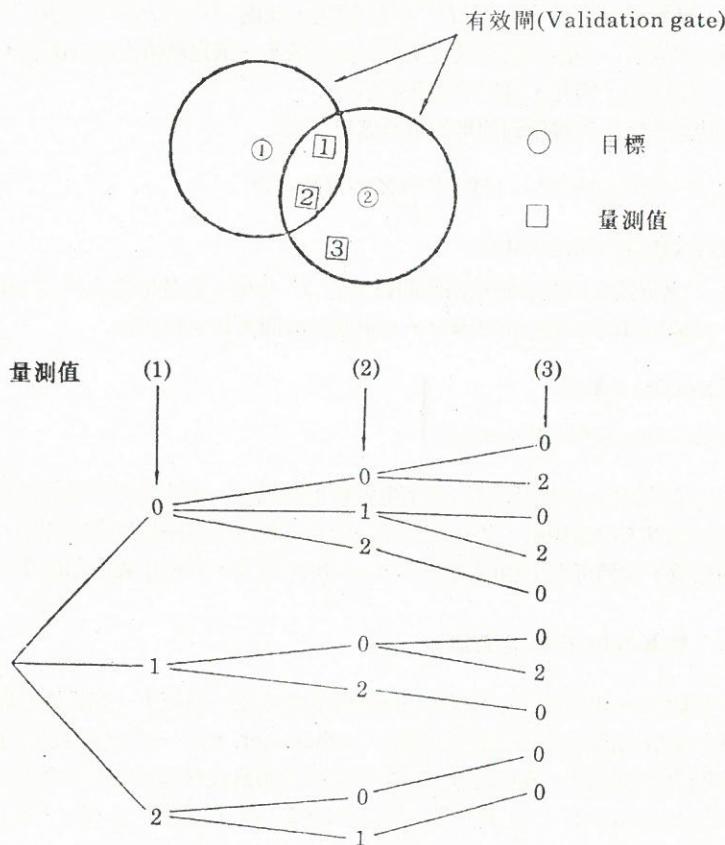
如果一組有效區域 G_1, G_2, \dots, G_n 其交集包含至少一個量測值時，即稱其為聯結 (connected)，此一整個聯結區域可稱為子集串 (subcluster)，亦即：

$$V(G_1, G_2, \dots, G_n) = 1, \text{ 如果}$$

$$W_{i_1j_1}W_{i_2j_2}W_{i_3j_3}\cdots W_{i_{n-1}j_{n-1}}W_{i_nj_n} > 1 \quad (7)$$

又如果 $V(G_1, G_2, G_n) = 1$ ，並且 $V(G_1, G_2, G_{n+1}) = 0$, $G_{n+1} \neq G_n$ ，此處 $V = 1, 2, \dots, n$ 。則一組聯結區域即形成集串 (cluster)⁽⁸⁾。

為了處理龐大目標所產生的問題，我們以集串的方式來將目標與相對應之量測值予以分類 (groups)。每一分類以二進位元素產生相關之有效矩陣來作為可實



樹枝狀之可實現資料相關假設

圖 2 各實現相關假設之產生。

現假設產生之依據。舉例來說，此一矩陣可表示如下：

量測值 (i)	目 標 (j)			
	0	1	2	3
1	1	1	1	0
2	1	1	0	1
3	1	0	1	0
4	1	0	1	1

指標 $j=0$ 表示非目標。

(3) 各實現 (feasible) 假設概率之計算

根據前面敘述我們已經知道各實現假設均滿足一個目標不會產生一個以上的量測值，且無任何量測值來自二個以上的目標之條件。因此當一個追蹤濾波器用作處理每一可能的量測值序列時，可實現假設 $H_j(k)$ 之隨後假設概率可利用貝斯定理及 $Z(k) = [Z(k), Z(k-1)]$ 循環算出：

$$\begin{aligned}
 & P\left[\frac{H_j(k)}{Z(k)}, M(k)\right] \\
 &= P\left[H_h, \frac{H_{j-1}(k-1)}{Z(k)}, Z(k-1), M_m(k), M(k-1)\right] \\
 &= \frac{P\left[H_h, H_{j-1}(k-1), Z(k), \frac{M_m(k)}{Z(k-1)}, M(k-1)\right]}{P\left[Z(k), \frac{M_m(k)}{Z(k-1)}, M(k-1)\right]} \\
 &= \frac{1}{C_1} P\left[\frac{Z(k)}{H_h}, H_{j-1}(k-1), M_m(k), M(k-1), Z(k-1)\right] \\
 &= P\left[H_h, \frac{M_m(k)}{H_{j-1}(k-1)}, Z(k-1), M(k-1)\right] \\
 &\quad \cdot P\left[\frac{H_{j-1}(k-1)}{Z(k-1)}, M(k-1)\right]
 \end{aligned} \tag{8}$$

此處 $H_j(k) = [H_{j-1}(k-1), H_h]$ 和 $M(k) = [M(k-1), M_m(k)]$ 。亦即我們將 $H_j(k)$ 視作前一個假設 $H_{j-1}(k-1)$ 和目前假設 H_h 之集合，以及 $M(k)$ 為 $M(k-1)$ 和目前量測值數目 $M_m(k)$ 之集合，而 C_1 為一正化因子。 $P\left[\frac{Z(k)}{H_h}, H_{j-1}(k-1), M_m(k), M(k-1), Z(k-1)\right]$ 項為在相關假設，量測值數目和 $Z(k-1)$ 條件下，目前量測值 $Z(k)$ 之相似性。其可表示為：

$$\begin{aligned}
 & P\left[\frac{Z(k)}{H_h}, H_{j-1}(k-1), M_m(k), M(k-1), Z(k-1)\right] \\
 &= \prod_{i=1}^n P\left[\frac{Z_i(k)}{H_h}, H_{j-1}(k-1), M_m(k), M(k-1), Z(k-1)\right]
 \end{aligned} \tag{9}$$

而單獨任一量測值之條件概率密度函數為：

$$\begin{aligned}
 & P\left[\frac{Z_i(k)}{H_h}, H_{j-1}(k-1), M_m(k), M(k-1), Z(k-1)\right] \\
 &= \frac{1}{V}, \quad \text{如果第 } i \text{ 個量測值來自假訊號} \\
 &= (2\pi)^{-n/2} |F|^{1/2} \exp\left[-\frac{|Z_i(k) - H\bar{X}(k)|^2}{2F}\right]
 \end{aligned} \tag{10}$$

此處 V 為有效區域之體積。 $P\left[H_h, \frac{M_m(k)}{H_{j-1}(k-1)}, Z(k-1), M(k-1)\right]$ 項為在前一個假設 $H_{j-1}(k-1)$ ，前一個量測值數目 $M(k-1)$ 與 $Z(k-1)$ 條件下，發生目前資料相關假設和量測值數目 $M_m(k)$ 之概率。假設在 $H_{j-1}(k-1)$ 中來自目標的錯誤量測值數目為 ϕ 。則 $P\left[H_h, \frac{M_m(k)}{H_{j-1}(k-1)}, Z(k-1), M(k-1)\right]$ 概率可近似為：

$$\begin{aligned} & P\left[H_h, \frac{M_m(k)}{H_{j-1}(k-1)}, Z(k-1), M(k-1)\right] \\ &= \begin{cases} [P_g + (1 - P_g)P_b]P[\phi = M_m(k)], & \text{如果量測值來自測訊號} \\ [(1 - P_g)(1 - P_b)]P[\phi = M_m(k) - 1], & \text{如果量測值來自真實目標} \end{cases} \quad (11) \end{aligned}$$

此處 P_g 為正確量測值未落在有效區域內之概率， P_b 為正確量測值未被偵測到的概率。在二維空間量測值下典型的截值 $D=30$ ，則 $P_g=0.0000004$ 。錯誤量測值數目 ϕ 被假設為以參數 λV 為主之帕桑分佈，其中 λ 為錯誤量測值之密度。 $P[\phi = M_m(k)]$ 和 $P[\phi = M_m(k)-1]$ 之概率可近似成

$$P[\phi = M_m(k)] = P[\phi = M_m(k)-1] = \frac{\phi!}{M_m!} \cdot \frac{e^{-\lambda V}(\lambda V)^\phi}{\phi!} = \frac{e^{-\lambda V}(\lambda V)^\phi}{M_m!} \quad (12)$$

$P\left[\frac{H_{j-1}(k-1)}{Z(k-1)}, M(k-1)\right]$ 項為在 $Z(k-1)$ 和 $M(k-1)$ 條件下，前一個假設之概率，其值可從前一個循環計算值獲得。

(4) 追蹤歷程 (track history) 之選擇

在掃描 k 時，追蹤歷程 L 定義為到時間 k 為止以一長度為 uT 之時間移動窗選取一組量測值集合 $Z_i(k)=\{Z_i(k-u+1), Z_i(k-u+2), \dots, Z_i(k)\}$ 以產生一組新的資料相關假設，此處 $i=0$ 為無一回訊落在目標有效閘內之假設，而 $i=1, 2, \dots, n$ 為一系列在追蹤歷程 L 內量測值為正確之假設，也就是任一量測回訊 $Z_i(k)$ 來自真實目標，追蹤歷程的產生如圖 3 所示。

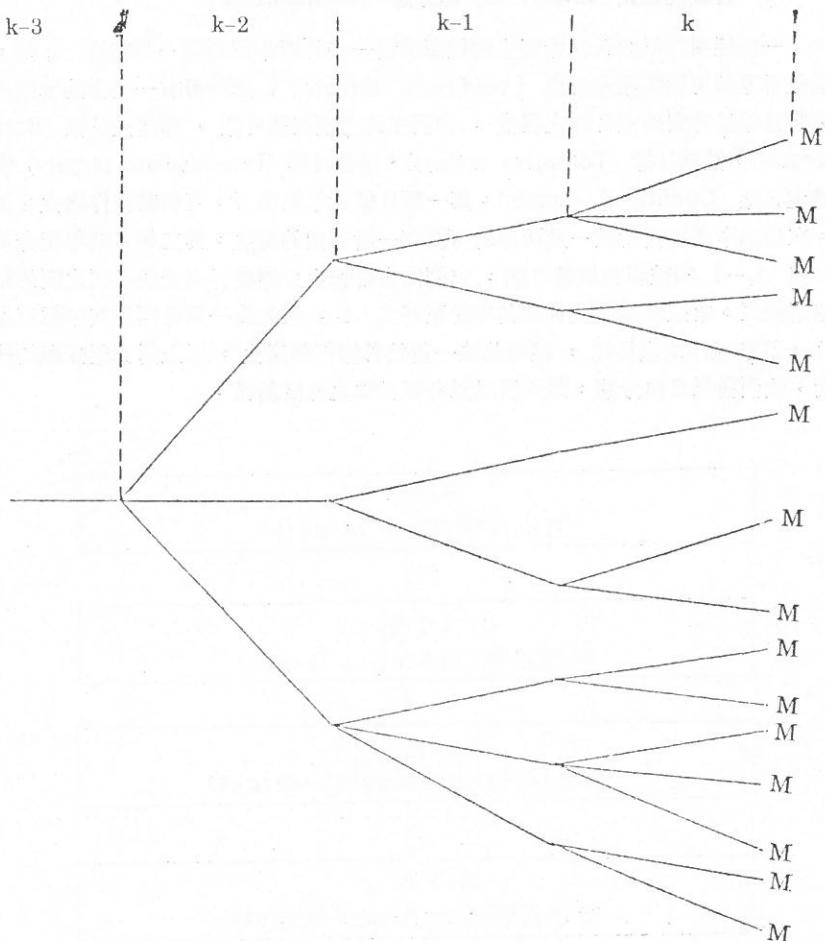
從時間 $k-u+1$ 到 k 之間任一追蹤歷程內不同假設之概率乘積為：

$$P_{Th}[L(k)] = \prod_{u=1}^q P_u\left[\frac{H_j(k)}{Z(k)}\right], \quad j=1, 2, \dots, h(u)$$

式中

$$Th = \prod_{u=1}^q h(u) \quad (13)$$

Th 為自時間 $k-u+1$ 到 k 間所有追蹤歷程之數目。 $h(u)$ 為在移動窗內時間



各分枝代表一追蹤歷程，每一追蹤歷程內之可實現資料
相關假設只保留 M 個最相似之假設，其它則刪除掉

圖 3 追蹤歷程之產生。

區段 u 之所有假設的數目。 $P_u[\cdot]$ 為在掃描 $k-u+1, Z(k)$ 的條件下， $H_j(k)$ 為真的概率。則最後的軌跡集合為 M 個最相似概率之假設，即：

$$\max \{P_{Th}[L(k)] : u=1, 2, \dots, q, j=1, 2, \dots, h(u), Th \leq M\} \quad (14)$$

此處 S 集合為在時間 k 時任一量測值祇能被利用一次之限制，其可表示為：

$$S = [H_j(k) : H_j(m) \cap H_j(n) = 0, \text{ for all } m \neq n] \quad (15)$$

(5) 目標的起始 (initiation) 與分類 (classification)

一個能用作偵測新目標產生的技術為當一些目標年紀超過一選定值 A_t 時，這些目標即可稱為確定目標 (confirmed targets)。此外另有一適當的規則用來將目標提升到確定目標之程度。我們在此定義四種目標，即誕生目標 (Born targets)，候補目標 (Tentative targets)，過渡目標 (Intermediate targets) 和確定目標 (Confirmed targets)。第一類目標其年紀為 1，可將其視作誕生目標。在掃描中所接受的任一量測值均可視作一新目標的誕生。第二類目標年紀介於 2 與 $A_t - 1$ 間被視為候補目標。它們代表自誕生目標提昇到過渡目標之間的轉移過渡區。第三類為過渡目標其年紀正好為 A_t 。而最後一類目標為其年紀超過 A_t ，其被視為確定目標，經由此法一新的目標即將產生。以上對目標分類的技術，我們稱為目標分類。圖 4 所示為各類目標之前後關係。

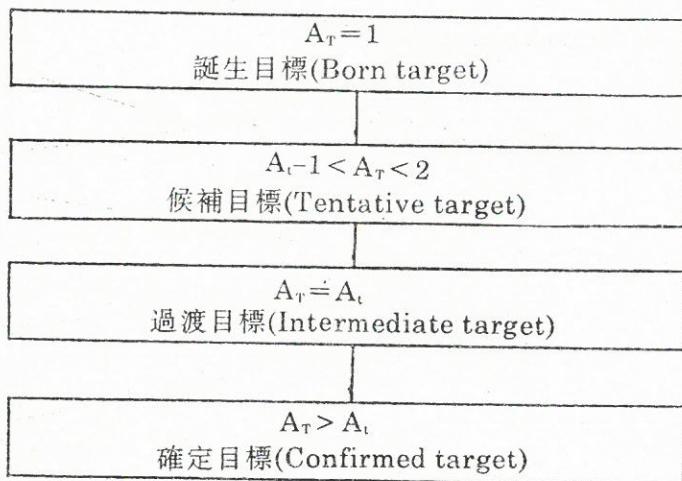


圖 4 目標分類之關係。

(6) 目標軌跡的合併 (merging)

在追蹤過程中，有可能產生相似的目標軌跡。因此為了減少多餘目標軌跡的數目，有必要將這些相似狀態估計之軌跡予以合併。而兩個目標之狀態滿足下列式子：

$$\hat{X}_i(k) - \hat{X}_j(k)]^T P(k)^{-1} [\hat{X}_i(k) - \hat{X}_j(k)] \leq m_d, \quad i, j = 1, 2, \dots, n \quad (16)$$

此處 m_d 為第 i 個軌跡與第 j 個軌跡間之狀態差，則 $\hat{X}_j(k)$ 刪除掉，保留 $\hat{X}_i(k)$ 為合併後之目標狀態。而 $P(k)$ 為：

$$P(k) = P_i(k) + P_j(k) \quad (17)$$

此處 $P_i(k)$ 和 $P_j(k)$ 分別為第 i 個和第 j 個軌跡之狀態變異量矩陣。

(7) 目標軌跡的結束 (termination)

同樣的，在連續三次掃描過程中若無任何量測值落在目標之有效區域內的話，則此一目標軌跡即宣告結束。

當以上的程序運作後，我們即能辨別出那一個量測值與那一個目標相關，最後再以適應狀態估計器作目標量測值之更新。整個追程序如圖 5 所示。

3. 適應狀態估計器

考慮一個飛行體在空間中移動，其在各方向軸之可能加速度為無限多個範圍。由於目標本身結構的限制，飛行體之加速度不可能超過一有限的範圍外，因此我們可將目標之飛行控制命令量化成有限個加速度 U_s ，其中 $s=1, 2, \dots, N$ 。而控制命令 U_s 對追蹤系統而言完全未知，故將其以牛馬可夫程序來描述^(6,9)。又設取樣期間目標瞬變的概率很小而且目標瞬變時間長過於適應狀態估計器對 U_s 估計所需花費時間的情況下，一組 N 個卡爾曼濾波器可以一單獨而循環估計 $U(k)$ 的式子來取代。此一適應狀態估計器如圖 6 所示。

在量測序列 $Z(k+1) = \{Z(1), Z(2), \dots, Z(k+1)\}$ 情況下， $X_s(k+1)$ 之最佳估計為 $\hat{X}_s(k+1)$ ，即：

$$\hat{X}(k+1) = \sum_{s=1}^N \hat{X}_s(k+1) P \left[U(k+1) = \frac{U_s(k)}{Z(k+1)} \right] \quad (18)$$

式中 $P[\cdot]$ 為概率。

$$\hat{X}_s(k+1) = E \left\{ \frac{X(k+1)}{U(k+1)} = U_s, Z(k+1) \right\} \quad (19)$$

則適應狀態估計器可表示為：

$$\hat{X}(k+1) = A\hat{X}(k) + B\hat{U}(k) + K(k+1)[Z(k+1) - HA\hat{X}(k) + HB\hat{U}(k)]$$

此處

$$\left. \begin{aligned} K(k+1) &= M(k+1)H^T[HM(k+1)H^T + R] \\ M(k+1) &= AP(k+1)A^T + BQ(k+1)B^T \\ P(k+1) &= [I - K(p+1)H]M(k+1) \\ U(k+1) &= \sum_{s=1}^N U_s P \left[U(k+1) = \frac{U_s}{Z(k+1)} \right] \end{aligned} \right\} \quad (20)$$

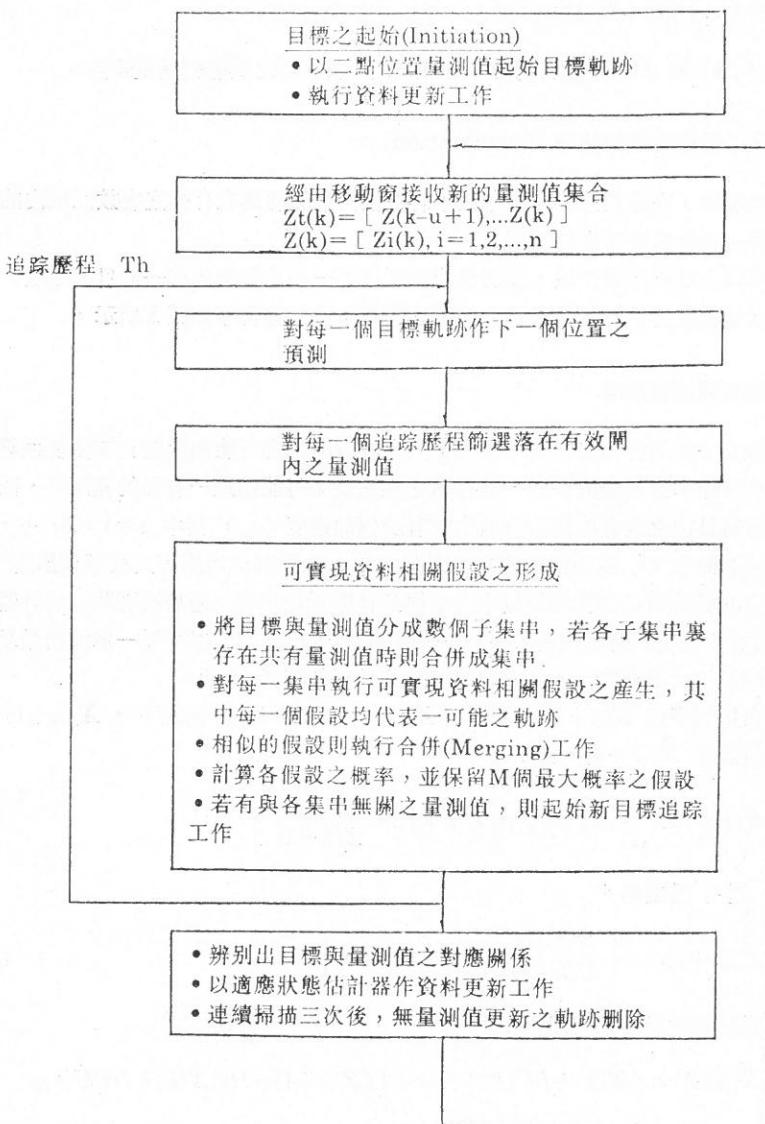


圖 5 多目標追蹤程序之流程圖。

利用貝斯定理和 $Z(k+1)=\{Z(k), Z(k+1)\}$ ，我們可得

$$\begin{aligned}
 & P\left[U(k+1)=\frac{U_s}{Z(k+1)}\right] \\
 & = C \cdot P\left[\frac{Z(k+1)}{U(k+1)}=U_s, Z(k)\right] P\left[U(k)=\frac{U_r}{Z(k)}\right] H_{rs} \quad (21)
 \end{aligned}$$

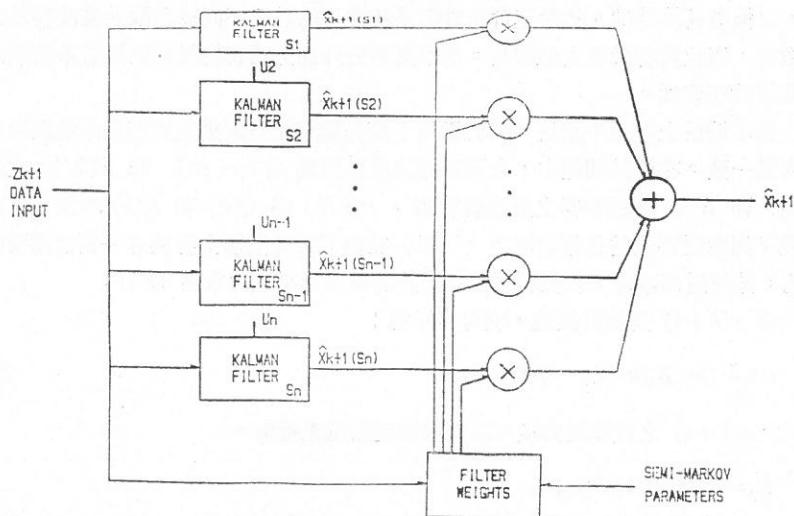


圖 6 適應狀態估計器之結構圖。

此處轉移概率

$$H_{rs} = P\left[U(k+1) = \frac{U_s}{U(k)} = U_r\right]$$

此外， $P\left[\frac{Z(k+1)}{U(k+1)}, Z(k)\right]$ 在取樣期間系統變化概率很小的情況下，可近似為高斯密度函數值。亦即：

$$\begin{aligned} &P\left[\frac{Z(k+1)}{U(k+1)} = U_s, Z(k)\right] \\ &\approx N\{[HA\hat{X}(k)+HB\hat{U}(k)], [HM(k+1)H^T + R]\} \end{aligned} \quad (22)$$

此處 N 表示正化分佈（或高斯分佈）。 $P\left[U(k+1) = \frac{U_s}{U(k)} = U_r\right]$ 在 $r=s$ 時其值為 0.95，在 $r \neq s$ 時其值為 $\frac{0.05}{N-1}$ 。而 $P\left[U(k) = \frac{U_r}{Z(k)}\right]$ 可從前一個循環計算值獲得。

4. 適應狀態估計器之補償

在大部份的適應濾波技術中，經常用到由一組卡爾曼濾波器所組成之適應狀態估計器。當我們作了一些適當的假設後，這一組濾波器可簡化成循環估計 $U(k)$ 之單一擴展卡爾曼濾波器。通常，我們盡可能假設目標有較少的飛行控制命令輸

入，以節省運算時間。然而這會使實際系統輸入的數目不同於所假設濾波器組合的數目，因此將導致重大的誤差。所以必須另外加上錯誤變異量來補償系統因此所造成的不定性。

爲了補償上述的不定性，我們採用了變異量適配技術來使實際變異量與理論變異量一致。在估計問題中，卡爾曼濾波器將用到 $Q(k)$ 、 $R(k)$ 和 $P(k/k)$ 之起始值，而 $R(k)$ 與感測器之量測值有關。 $P(k/k)$ 為 $Q(k)$ 和 $R(k)$ 所決定。在各種不同蹤變形式的目標狀況下， $Q(k)$ 在實際估計問題上扮演著一相當重要的角色。基於這個觀念，我們利用估計誤差的偏差量來推導求出 $Q(k)$ 。

令 $e(k+1)$ 為估計誤差，它可表示爲：

$$e(k+1) = \mathbf{Z}_i(k+1) - H\bar{\mathbf{X}}(k+1) \quad (23)$$

因此， $e(k+1)$ 之實際變異量可以其取樣變異量來近似。

$$\begin{aligned} E_p &= E\{e(k+1)e^T(k+1)\} \\ &= E\{[\mathbf{Z}_i(k+1) - H\bar{\mathbf{X}}(k+1)][\mathbf{Z}_i(k+1) - H\bar{\mathbf{X}}(k+1)]^T\} \end{aligned} \quad (24)$$

根據前面 (1) 式之系統模型和 (8) 式，理論上的變異量可寫成

$$E_{th} = HM(k+1)H^T + R = HAP(k)A^T H^T + HBQB^T H^T + R \quad (25)$$

則

$$HBQB^T H^T = E_p - HAP(k)A^T H^T - R \quad (26)$$

此處 $Q(k)$ 可表示爲：

$$Q(k) = \begin{cases} G \cdot E_n, & \text{如果 } E_n > 0 \\ 0, & \text{其他} \end{cases} \quad k=0, 1, 2 \quad (27)$$

而 $E_n = E_p - HAP(k)A^T H^T - R$ ， G 為加權矩陣。假設雜訊各方向間彼此無關，則

$$Q(k) = \begin{bmatrix} q_x(k) & 0 \\ 0 & q_y(k) \end{bmatrix}$$

此外，爲了避免取樣過程中 $Q(k)$ 過大的變化，我們針對目標模型的條件來取 $Q(k)$ 的平均值 (Average)。亦即：

$$Q(k) = n_1^{-1} \sum_{i=1}^{n_1} Q(k+1) \quad (28)$$

式中 n_1 為取樣的次數。

經由以上的程序，祇要適當的選取 G 值，即可適應各種不同瞬變形式的目標。

四、結果

為了測試所發展的多目標追蹤法則，我們以一模擬程式來產生目標之雷達資料。而量測值為經由模擬目標飛行所產生之訊號（無系統雜訊）加上雜訊和假訊號來產生。下面我們將在電腦中以二維空間中的目標來模擬各種不同的例子以證明所發展的追蹤法的確有效。模擬過程中各參數分別為：

$$A = \begin{pmatrix} 1 & T & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & T \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

$$B = \begin{pmatrix} \frac{T^2}{2} & 0 \\ T & 0 \\ 0 & \frac{T^2}{2} \\ 0 & 0 \end{pmatrix}$$

$$H = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

取樣週期 $T=1$ sec，量測標準差 $\sigma_x=\sigma_y=30$ m。時間窗移動的長度和目標偵測概率分別為 $u=3$ 和 $P_d=1$ ，假訊號之密度 $\lambda=0.000001$ 。

例題：假設有兩個瞬變目標，其起始條件分別為：

目標 1： $X_1(0)=30,000$ m, $Y_1(0)=40,000$ m

$\dot{X}_1(0)=0$ m/s, $\dot{Y}_1(0)=-600$ m/s。

目標 2： $X_2(0)=30,000$ m, $Y_2(0)=4,000$ m

$\dot{X}_2(0)=0$ m/s, $\dot{Y}_2(0)=600$ m/s。

此二個目標分別定速度直線運動直到 $t=30$ 秒時，即作一快速 90° 轉彎，其間加速度分別為 $a_{1x}=30$ m/s², $a_{1y}=30$ m/s²; $a_{2x}=-30$ m/s², $a_{2y}=-30$ m/s²

。並且在 $t=50$ 秒時瞬變結束，同時保持定速飛行。在這個例子中我們假設各方向軸上分別有 5 個可能的加速度狀態即 $(-100 \text{ m/s}^2, -50 \text{ m/s}^2, 0 \text{ m/s}^2, 50 \text{ m/s}^2, 100 \text{ m/s}^2)$ 。此二個目標之飛行軌跡如圖 7 所示。

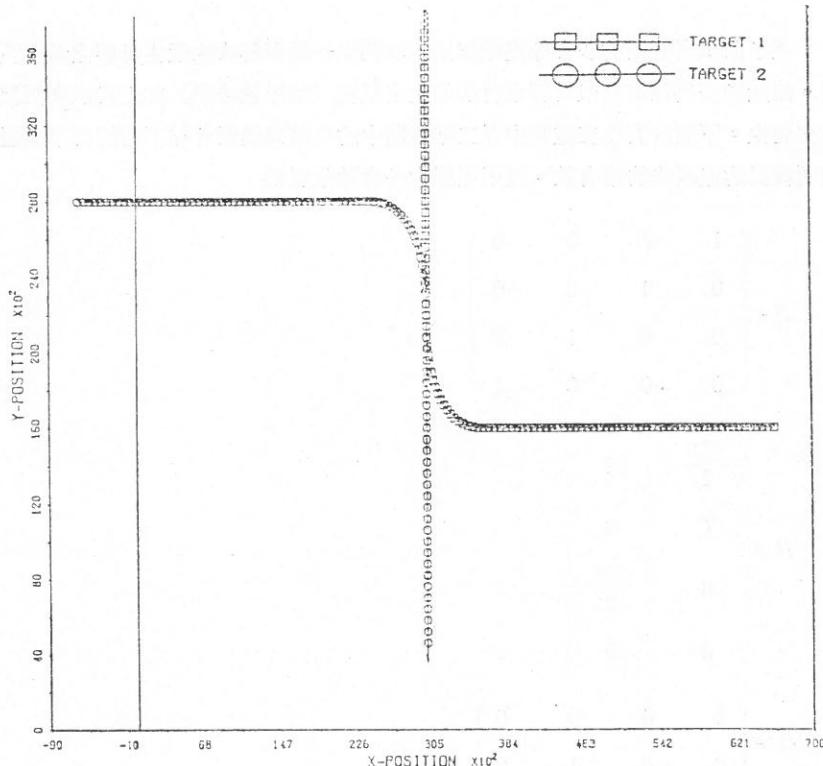
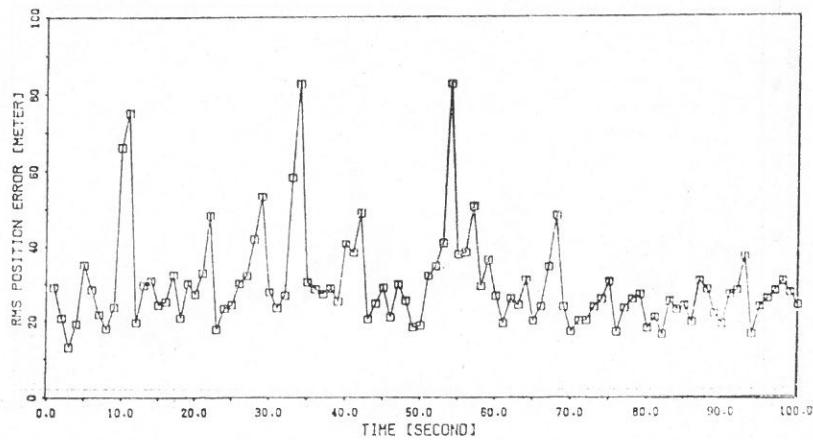
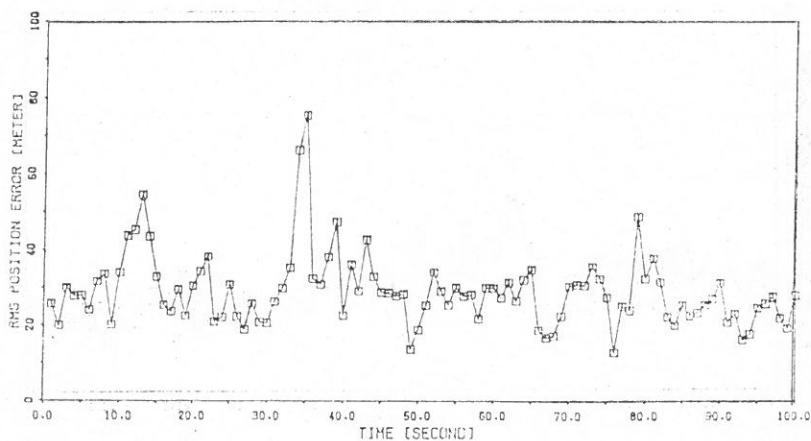


圖 7 例題，兩個瞬變目標之飛行軌跡。

目標狀態之起始估計值，可從變異量為 $P(0/0)$ 之兩個觀測值差而獲得。密度 λ 為之假訊號〔附錄 A〕在 $t=10$ 秒時引入模擬系統中。經過蒙地卡羅法執行 20 次可得目標狀態估計誤差值，圖 8 和圖 9 分別顯示目標在 X 軸上位置和速度之 RMS 估計誤差。另外在假設訊號引入時可發現估計誤差將較大些，此大約在每個閾內 ($D=30$) 產生 0.3 個錯誤回訊。圖 10 則顯示追蹤法則對兩個瞬變追蹤之結果，從圖中可知兩個瞬變目標均被追蹤而無漏失。故所發展的追蹤法則確實能在假訊號環境中有效地追蹤瞬變多目標。

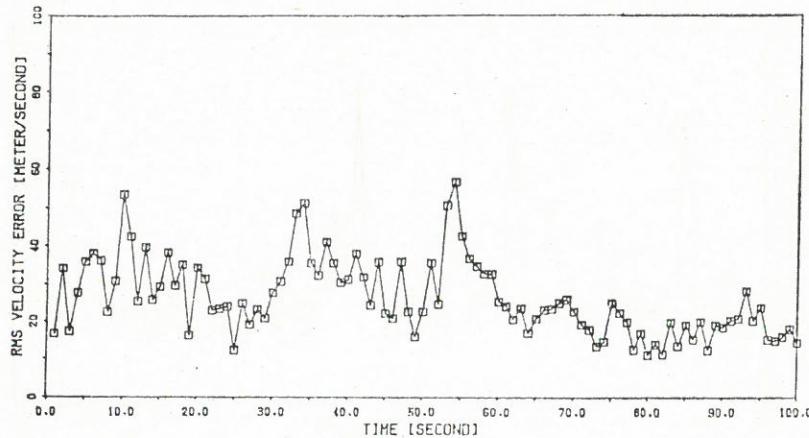


(a) 目標 1 之 RMS 位置估計誤差

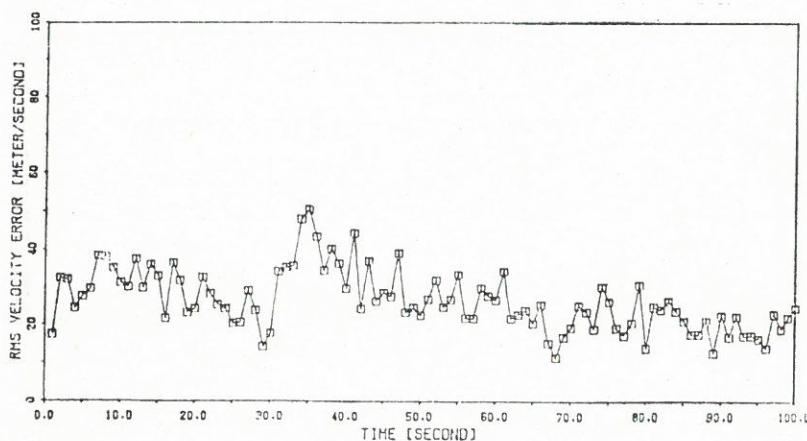


(b) 目標 2 之 RMS 位置估計誤差

圖 8 例題，在 $g_x = g_y = 0.0625$, $\lambda = 0.00001$ 時，兩個瞬變目標之 RMS 位置估計誤差。



(a) 目標 1 之 RMS 速度估計誤差



(b) 目標 2 之 RMS 速度估計誤差

圖 9 例題，在 $g_x=g_y=0.0625$, $\lambda=0.000001$ 時，兩個瞬變目標之 RMS 速度估計誤差。

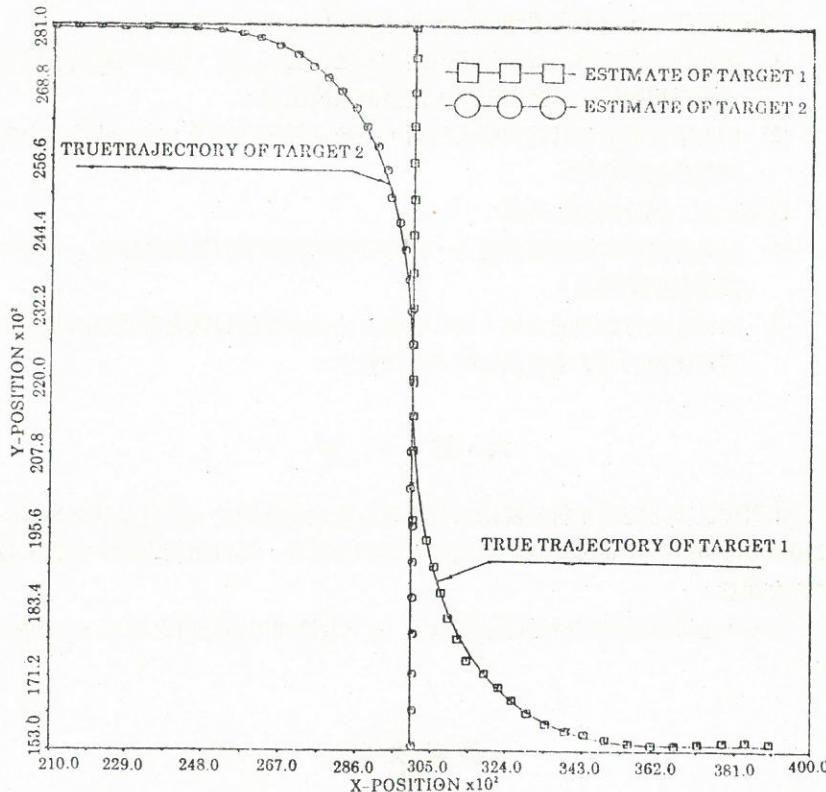


圖10 對兩個瞬變目標追蹤之結果。

五、討 論

在報告裏我們提出一套能在假訊號環境中起始和追蹤瞬變多目標的運算法則。由於目標在帕桑分佈的雜訊中，我們在時間 k 時以一長度為 uT 之時間移動窗來保留一組量測值集合。當收到一組量測值時，利用落在移動窗中任一集串有效閘內之量測值來產生一組新的資料相關假設。並且計算每一個追蹤歷程的概率，我們選出其中最大的一個來作為適應狀態估計器量測值更新之依據。另外為了處理多目標所產生的龐大問題，我們將目標和量測值集合分成數個獨立集串而變成較小的問題來個別求解。同時為了偵測新目標的產生，我們以目標分類的技術來劃分目標的種類。而在適應狀態估計器中亦採用了變異量適配技術來改善估計的精確度。

最後，文中分別以電腦模擬了數個典型的例子，以證明所發展的追蹤法則確實能在假訊號中起始和持續追蹤瞬變的目標群。

在模擬過程中，我們所遇到會影響多目標追蹤法則的因素有二：

- (1) 雜訊加入的多寡直接影響了追蹤法則之性能與成敗。過多的假訊號將造成資料相關假設過度的膨脹，使整個系統飽和。
- (2) 所追蹤目標的數目過於龐大的話，系統執行速度變慢，在即時系統中恐將無法立即實用。

針對上面二點分別提出建議：

- (1) 提高前置信號處理器的能力，以儘量消除雜訊和假訊號的產生，減輕追蹤濾波器的負荷。
- (2) 以電腦並行處理的方式，將各自獨立的集串分別以微處器個別處理，則可藉硬體的方式來達到即時系統的要求。

六、誌謝

本研究計畫之完成承行政院國家科學委員會之經費贊助（計畫編號 NSC78-0210-D014-09）及中正理工學院電腦中心同仁之協助，得以順利完成，在此，致誠摯之謝意。

此外，也要感謝輔仁學誌編審委員，給予本篇刊出所付出之心勞，一併致謝。

參考文獻

- (1) R.W. Sittler, "An Optimal Data Association Problem in Surveillance Theory", *IEEE Trans. Mil. Electron.*, Vol. MIL-8, pp. 125-139, April (1964).
- (2) E.C. Fraser and L. Meir, "Mathematical Models and Optimum Computation for Computer-Aided Active Sonar System", U.S. Navy Electronic Lab., SRI Final Rep., San Diego, CA, March (1967).
- (3) P. Smith and G. Buechler, "A Branching Algorithm for Discriminating and Tracking Multiple Objects", *IEEE Trans. Automat. Contr.*, Vol. AC-20, pp. 101-104, February (1975).
- (4) C.L. Morefield, "Application of 0-1 Integer Programming to Multitarget Tracking Problem", *IEEE Trans. Automat. Contr.*, Vol. AC-22, pp. 302-312, June (1977).
- (5) R.A. Singer and R.G. Sea, "New Results in Optimizing Surveillance System Tracking and Data Correlation Performance in Dense Multitarget Environments", *IEEE Trans. Automat. Contr.*, Vol. AC-18, pp. 571-581, December (1973).
- (6) A.G. Jaffer and Y. Bar-Shalom, "On Optimal Tracking in Multiple-Target Environments", in Proc. 3rd Symp. Nonlinear Estimation Theory and Its Applications, pp. 112-117, Univ. Calif., San Diego, September (1972).

- (7) R.A. Singer, R.G. Sea and K.B. Housewright, "Derivation and Evaluation of Improved Tracking Filters for Use in Dense Multitargets", *IEEE Trans. Inform. Theory*, Vol. IT-20, July (1974).
- (8) Y. Bar-Shalom, "Extension of the Probabilistic Data Association Filter to Multitarget Environment", in Proc. 5th Symp. Nonlinear Estimation, Univ. Calif., San Diego, September (1974).
- (9) D.L. Alpach, "A Gaussian Sum Approach to the Multitarget Identification-Tracking Problem", *Automatica*, Vol. 11, pp. 285-296, May (1975).
- (10) R.J. McAulay and E. Denlinger, "A Decision-Directed Adaptive Tracker", *IEEE Trans. Automat. Contr.*, Vol. AES-9, pp. 229-236, March (1973).
- (11) J.S. Thorp, "Optimal Tracking of Maneuvering Targets", *IEEE Trans. Aerosp. Electron. Syst.*, Vol. AES-9, July (1973).
- (12) J.B. Pearson and F.B. Stear, "Kalman Filter Applications in Airborne Radar Tracking", *IEEE Trans. Aerosp. Electron. Syst.*, Vol. AES-10, May (1974).
- (13) R.L. Moose, "An Adaptive State Estimation Solution to the Maneuvering Target Problem", *IEEE Trans. Automat. Contr.*, Vol. AC-20, June (1975).
- (14) N.H. Gholson and R.L. Moose, "Maneuvering Target Tracking Using Adaptive State Estimation", *IEEE Trans. Aerosp. Electron. Syst.*, May (1977).
- (15) Y.T. Chang, A.G.C. Hu and J.B. Plant, "A Kalman Filter Based Tracking Scheme with Input Estimation", *IEEE Trans. Aerosp. Electron. Syst.*, Vol. AES-15, March (1979).
- (16) R.L. Moose and P.P. Wang, "An Adaptive Estimator with Learning for a Plant Containing Semi-Markov Switching Parameters", *IEEE Trans. Syst., Man, Cybern.*, Vol. SMC-3, pp. 277-281, May (1973).
- (17) K. Springarm and H.L. Weidemann, "Linear Regression and Prediction for Tracking Maneuvering Aircraft Targets", *IEEE Trans. Aerosp. Electron. Syst.*, Vol. AES-6, November (1972).
- (18) R.A. Singer, "Estimation Optimal Tracking Filter Performance for Manned Maneuvering Targets", *IEEE Trans. Aerosp. Electron. Syst.*, Vol. AES-6, pp. 473-483, July (1970).
- (19) V. Nagarajan, R.N. Sharma and M.R. Chidambara, "An Algorithm for Tracking a Maneuvering Target in Clutter", *IEEE Trans. Aerosp. Electron. Syst.*, Vol. AES-20, pp. 560-573, September (1984).
- (20) K. Birmiwal and Y.B. Shalom, "On Tracking a Maneuvering Target in Clutter", *IEEE Trans. Electron. Syst.*, Vol. AES-20, pp. 635-645, September (1984).
- (21) Y. Bar-Shalom, "Tracking Method in a Multitarget Environment", *IEEE Trans. Inform. Theory*, Vol. AC-23, pp. 618-626, August (1978).
- (22) R.J. Kenefic, "Optimum Tracking of a Maneuvering Target in Clutter", *IEEE Trans. Automat. Contr.*, Vol. AC-26, pp. 750-753, June (1981).
- (23) G.A. Ackerson and K.S. Fu, "On State Estimation in Switching Environments", *IEEE Trans. Automat. Contr.*, Vol. AC-15, pp. 10-16, February (1970).
- (24) H. Akashi and H. Kumamoto, "Random Sampling Approach to State Estimation in Switching Environments", *Automatica*, Vol. 13, pp. 429-434, July (1977).

- (25) N.E. Nahi, "Optimal Recursive Estimation with Uncertain Observation", *IEEE Trans. Inform. Theory*, Vol. IT-15, pp. 457-462, July (1969).
- (26) A.G. Jaffer and S.C. Gupta, "Recursive Bayesian Estimation with Uncertain Observation", *IEEE Trans. Inform. Theory*, Vol. IT-17, pp. 614-616, September (1971).
- (27) K.C. Chang and Y. Bar-Shalom, "Joint Probabilistic Data Association for Multitarget Tracking with Possibly Unresolved Measurements and Maneuvers" *IEEE Trans. Automat. Contr.*, Vol. AC-29, pp. 585-594, July (1984).

The Analysis and Derived of a Tracking Method in Clutter for Phase Array Radar

CHUN-HSIN PAN

Electronic Engineering Department
Fu Jen Catholic University

ABSTRACT

A method for tracking multitarget and track initiation procedure in a cluttered environment is presented. The algorithm is done by taking a sliding window of length uT (T is the ampling time) up to time k for keeping the measurement sequences. The clutter or false alarms in the cluttered environment are assumed to occur uniformly and independently distributed.

Instead of solving a large problem, the entire set of targets and measurements is divided into several clusters that a number of smaller problems are solved independently. When a set of measurements is received, new data-association hypothesis for the set of measurements lying in the validation gates of each cluster from window $k-u+1$ to k will be formed. The probability of each track history is computed, and then by choosing the largest one of these histories, we perform the target measurement updated with the adaptive state estimator. The technique of grouping of targets by age is adopted and the new target is detected by selecting a group of targets satisfy the criterion that the age of the target should be greater than a given age A_r .

Meanwhile, the covariance-matching technique is adopted such that the accuracy of adaptive state estimator will be improved. Simulation result has shown the effectiveness of the tracking algorithm.

航空之飛航雷達管制模擬系統設計

林 宏彥

資訊工程系

摘要

『飛航安全』絕大部份決定於飛航管制——雷達管制（空中活動）及塔臺管制（地面活動）兩種相當嚴謹的監控作為。

『航空之飛航雷達管制模擬系統』即針對雷達管制實況所設計之電腦模擬軟體系統，目的在訓練航管人員的雷達管制技能及培養緊急狀況之應變能力，確保飛航之安全。

交通部民用航空局委託作者以『航空之飛航管制雷達模擬系統』為基礎，發展國內各雷達中心所監控之空域的雷達模擬系統，命名：ATC ECHO-2001 RADAR SIMULATOR 於 80 年 5 月 1 日正式啓用，作為國內航空管制人員培訓、複訓及技能檢定之教育設備。

本文將論述雷達模擬系統之設計概要，並剖析硬體介面之相關技術。

一、前 言

航空工業隨著科技之進展日益精進，空中交通也跟著忙碌起來，航空管制任務與責任相對的大幅提昇。航管工作攸關飛航安全至鉅，因此對航空管制人員素質的要求較任何行業都嚴格。目前我國的航管人員養成完全由交通部民用航空局的技術人員訓練所獨力承擔。除了新進人員的培訓外，尚有現職人員的進階訓練及每年一次的職能檢定測驗。在繁重的教育訓練中，雷達模擬機是最重要的教學設備，它能讓初學者了解航管雷達的管制程序，於真正上雷達席位前先具備有基本實務經驗，可縮短訓練時程。另外，運用模擬系統可模擬各種緊急意外狀況供管制人員演練應變因應對策，一旦遇上類似情況時可從容的順利處理，化險為夷。

民國 77 年作者設計了『航空之飛航雷達管制模擬系統』⁽¹⁾，經民航局鑑定，功能完全符合雷達之真實狀況，於是聘作者為顧問進行研究計劃：飛航雷達管制模擬機（ATC ECHO-2001 RADAR SIMULATOR）^(2,3)，以我國航管單位所管轄之區域為對象規劃設計了這套雷達模擬機，於 80 年 5 月 1 日正式啓用。

註：80 年 11 月 19~23 日於世貿大樓『臺北國際航太科技展覽會』(Taipei Aerospace Technology Exhibition)，民航局推出本雷達模擬系統為其代表作參展。

由於『航管雷達』為一相當專業的學科，資料蒐集並不容易。本文將概述雷達模擬系統之硬體架構、配備，及軟體中幾項重點項目之設計，供有興趣者參考。

二、系統架構

航空管制雷達依飛行高度區分為：

- (1) 終端雷達 (Terminal radar)：管制空域一般為 21,000 呎（不含）以下之範圍及離、到場之飛機。雷達有效距離約一百五十浬，責任管制區域則約六十浬左右。
- (2) 航路雷達 (Enroute radar)：管制空域為 21,000 呎（含）以上之範圍飛行的飛機。雷達有效距離約四百浬，責任管制區域則約二百五十浬左右。

分別由不同性能之雷達偵測空中飛機之動態。『航空之飛航雷達管制模擬系統』則依實際情況，在軟體架構上分成兩套系統，模擬終端及航路不同之雷達管制作業。

雷達之掃描範圍畢竟有限，因此必須劃分責任區，分別由不同之雷達監控特定之空域。為了因應各不同管制區之訓練，本系統所有座標如雷達、機場、電台、地理環境及航路等皆以經、緯度為單位，以雷達所在位置為中心將其他目標換算成平面相對座標，最後再轉換成螢幕圖形位置標示於畫面，因此本系統可模擬世界上所有雷達管制中心之管制作業——只要將各相關資料之經緯度輸入即可。民航局的『ATC ECHO-2001 雷達模擬機』運用本系統實際將臺灣地區的臺北、臺中、高雄、花蓮及馬公等五個終端管制雷達及北部、中高及中低等三個航路管制雷達規劃出來，作為訓練、檢定及複訓國內航空管制人員之教學設備。（『臺北國際航太科技展覽』經由本系統將雷達之航空管制程序介紹予大眾，讓一般民衆了解當其搭乘飛機時，地面是如何精確的導引飛行員安全的飛航。由展覽會場所獲得之反應，使作者意會到本系統還有另一個原先沒料到的教育功能——揭開雷達神秘的面貌，促進一般人對飛航管制之認識）

本系統之運作主要程序如下^(1~3)：

Repeat

Update (更新所有資料，依飛機航速、航向計算新的位置及螢幕座標)

Erase graph (抹除螢幕上現在所標示飛機方位之圖形)

Draw graph (飛機移動到新位置，運用圖形效果正確標示出來)

Check data (檢查飛機移動到新位置後是否符合所有安全條件，如任兩架飛機間安全隔離够不够、飛行高度有沒有達到最低安全引導高度及是否誤闖禁、限航區等)

Check input data & modify data

- (偵測是否有外界資料輸入。除了教官透過鍵盤輸入管制員命令外，移動滑鼠及管制員輸入之飛航計劃資料會經由 RS 232 的通訊埠 COM 1 及 COM 2 進入。一旦接收到相關訊息時，必須判別其要求，依指示作適當的處置，如爬昇、下降或轉向等近百種動作)
- Delay (終端雷達掃描一圈 360 度約 4.5 秒，航路雷達掃描一圈則約 10.5 秒，因此資料異動必須配合雷達轉速稍候片刻，當然在等候之時段仍然要偵測有無外界訊息輸入)

Until (^C be pressed)

另外，請參閱圖 1 之『系統功能流程圖』，由該圖之操控解說，可輔助說明本系統之架構及功能。

三、系統功能

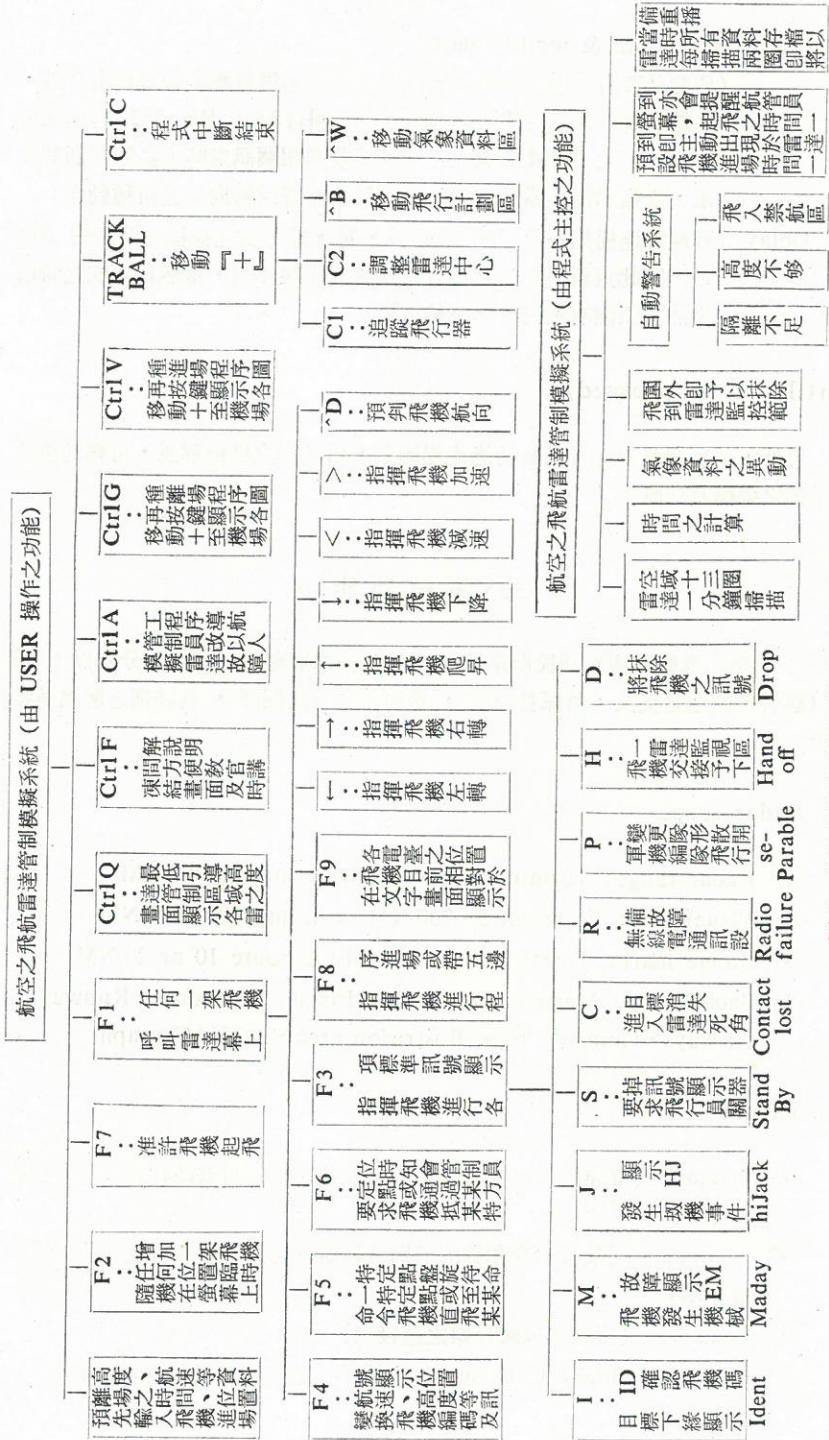
『航空之飛航雷達管制模擬系統』依航管需求將整體功能大致分為以下 12 類（航管術語全是英文，為保持原意，是而不作中文翻譯，其詳細之解說請參考）^(3~9)：

1. Radar scope

- (1) Radar range: Terminal 200 NM (浬), Enroute 400 NM
- (2) Visual ring: Terminal 5~200 NM, Enroute 100~400 NM
- (3) Range mark: Terminal 5 or 10 NM, Enroute 10 or 20 NM
- (4) Background: Maps, NAVAID, Fixed, Airport, Runway, Airways, Compass rose, Restriction area, MOVAC graph

2. Target

- (1) Primary (雷達發射之電波碰到高空障礙物反射回來經計算方位及距離而標示)
- (2) Secondary (飛機本身配備的識別辨證器發射之訊號經雷達接收再處理後標示)
- (3) Lead line (資料與飛機目標之連接線)
- (4) Full data block: Call sign, Altitude, Speed (飛行資料顯示表)



航空之飛航雷達管制模擬系統功能流程

3. Movement

- (1) Direction (依目前航向筆直飛行)
- (2) Direct to NAVAID (指定航向某定位臺，本系統可平滑漸近的調整航向)
- (3) Holding (於某定點上空盤旋待命)
- (4) Point to point (點對點按指定航路飛行)

4. Aircraft performance

- (1) Turn left (執行左轉)
- (2) Turn right (執行右轉)
- (3) Turn (自動檢查管制員下令之調轉方向與目前航向之最小角度再執行轉向)
- (4) Descending altitude (下降高度)
- (5) Climbing altitude (爬升高度)
- (6) Increasing speed (加速)
- (7) Reducing speed (減速)
- (8) Automatic increase of speed and climb altitude while departing (自機場起飛後自動爬升及加速)
- (9) Automatic decrease of speed and descend altitude while arriving (降落機場時自動下高度及減速)

5. SIF

- (1) Ident (飛行員啟動飛機上之辨證器發出識別訊號)
- (2) Mayday (飛行員啟動飛機上之辨證器發出緊急求救訊號)
- (3) Stand-by (飛行員關閉飛機上之辨證器)
- (4) Hijack (飛行員啟動飛機上之辨證器發出劫機訊號)
- (5) Radio failure (飛行員啟動飛機上之辨證器發出無線電失效訊號)
- (6) Arts out (飛機訊息消失)
- (7) Contact lost (飛機進入雷達死角)
- (8) Hand off (飛機由甲管制區交接予乙管制區接管)

6. SID STAR & VECTORING

- (1) SID (程序進場)
- (2) HI-TACAN approach (高太康進場)
- (3) TACAN straight-in approach (太康進場)

- (4) Overhead approach (誤失進場)
- (5) Radar vector to PAR approach (雷達引導進場)
- (6) Visual approach (目視進場)
- (7) Contact approach (飛行員靠地形建物自動進場)
- (8) Radar vector to Interecept final approach course (帶五邊進場)

7. Type of landing

- (1) Full stop landing (完全降落)
- (2) Low approach (無法安全降落將機首拉起待命再重新降落)
- (3) Touch and go (飛行員低空演練 Low approach)
- (4) Missed approach when overshoot (飛過頭待命再重新降落)

8. Holding aircraft

- (1) Holding at present position (原地盤旋待命)
- (2) Holding at assigned NAVAID (至指定位置盤旋待命)

9. Direct to NAVAID

- (1) Smoothly change the direction to NAVAID (下令航向某電臺)
- (2) Assign runway (From point to point) (下令飛行某特定航路)

10. Progress report

- (1) Report assigned altitude (自動報告飛抵指定高度)
- (2) Report assigned radial/bearing (自動報告目前在雷達之何方位)
- (3) Report assigned DME (自動報告與雷達之距離)
- (4) Report over NAVAID (自動報告飛越指定電臺)
- (5) Current position relative to special NAVAID (自動報告與指定電臺之相對方位、距離)

11. Alarm system

- (1) Conflict alert (兩架飛機間隔離不足)
- (2) Low altitude alert (飛行高度不足)
- (3) Restriction area alert (誤入禁、限航區)

12. Auxiliary function

- (1) Aircraft random create (隨時在任意方位、距離隨機出現飛機)
- (2) Aircraft separate to more than one aircraft (模擬軍機分批起、降)
- (3) Target drop (隨時去除演練中之飛機，模擬意外狀況考驗管制員應變能力)
- (4) Leader change (調整 Data block 顯示方位)
- (5) Enlarge scope (調整雷達螢幕監測距離，由 5 浬至 400 浬)
- (6) Off center (將雷達位置移動到螢幕之任意位置)
- (7) ATIS update (weather information) by controller input new data or system automatic random create data (氣象資料可隨意調整)
- (8) Map of SIDS and STARTS for reference (可顯示飛機起、降特定航路圖)
- (9) Map of MOVAC (最低引導高度圖)
- (10) Clock (時間參考資料)
- (11) Frozen and play back (可凍結運作講解狀況並退回方才之情景重新演練)
- (12) System recovery (程式可選擇以往訓練過之題目，再從某時段開始，不必每一狀況皆從頭演練)

除了這些主要功能外，其他如通訊傳輸資料、依航向及空速預判飛機於何時抵達何處等特殊功能及教官控制鍵盤輸入各管制命令之操作等，總計一百多種。

四、硬體架構

『航空之飛航雷達管制模擬系統』在實際訓練時分兩部份：

- (1) 飛行員席位 (PILOT POSITION)：由教官操控軟體之運作。當管制員命令傳達時，教官便透過鍵盤輸入資料，使飛機遵從命令而行，此時，教官之地位好比是飛行員 (圖 2)。
- (2) 管制員席位 (CONTROLLER POSITION)：模擬雷達管制席之所有狀況由航管員監視螢幕，指揮空中交通 (圖 3)。

1. 硬體組合

在硬體的配備上，電腦主機採微電腦 (PC 80386)。繪圖卡則採用 VE-4016 (曾氏卡)，模擬 IBM-8514 的 1024×768 解析模式，外接兩部 20 吋高解度彩色顯像器 (管制員及飛行員席位各一部同步顯像)。另外，加一片 HERCULES CARD 接黑白顯像器 (MONOCHROME)，置於飛行員席位，以 TEXT 模式



圖 2 硬體配置-飛行員席位（攝自民航局）。



圖 3 硬體配置-管制員席位（攝自民航局）。

標示各項詳細資料及訓練狀況供教官充份掌握訊息，全盤監控演練。同時因管制員要輸入飛行計劃表，所以必須再配一部微電腦（PC 80286），以導線接連 RS 232 將兩部微電腦聯結起來，以簡易之通訊方式將管制員輸入之資料傳到 80386 主機，再由系統軟體依狀處置。硬體相關位置安排請參閱圖 4。

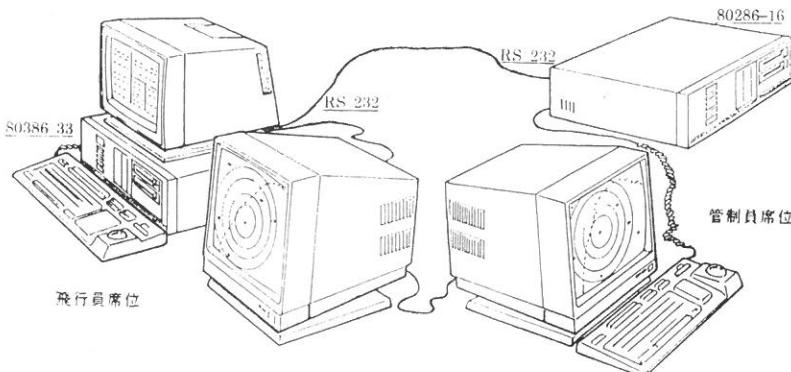


圖 4 硬體配置示意圖。

2. 畫面分割投射——飛行員席位的兩個畫面

VE-4016 GRAPHIC CARD 與 HERCULES CARD 的 Buffer 位址不同，因而這兩片界面卡可並存。但對 BIOS 必須設定顯像器為 VGA MODE，因此程式的運作過程，以高階語言所下達的輸出訊息不論 TEXT 或 GRAPHIC 皆經由 VE-4016 CARD 顯像於 20 吋的彩色螢幕上。至於要讓某些特殊訊息出現在另一個畫面 (MONOCHROME)，則必須指定位址，而 HERCULES CARD 之輸出顯像位址為 0B000H : 0000H~0B000H : 0F9FH。例如在 r 列，第 c 行要顯示字元 ch ，由公式： $n = 2*[80*(r-1)+c-1]$ 將 ch 直接存入 0B000H : (n) ，同時於 0B000H : $(n+1)$ 可設定其屬性 (Attribute)。在本系統中，所有數值資料先轉換成字串型態後，再按上項公式將字串拆成一個個 Byte 依序標示於指定位置⁽¹⁰⁾。

本雷達模擬系統即依此方式將 20 吋彩色螢幕當作雷達畫面，以 1024×768 之高解析度描繪飛機在管制空域之所有活動情形，由管制員及教官目視並下達管制命令。但是在教官操作之飛行員席位則另外安排一部 MONOCHROME 以 TEXT 模式顯示詳盡的飛行資料，如飛機瞬間航向、高度、空速、目的等以及何時於那一座標點會有航機加入和操控時資料輸入顯示表等，供教官在指導管制員學習上有最充實的資訊。

一部微電腦主機加裝一片顯像卡，可不經由網路達到擴充一倍的顯像效果，在某些特殊要求的軟體上非常經濟有效。例如希望圖形、影像不被文字說明破壞畫面顯示效果，則可應用本技術將文字完全表達於另一畫面。

3. 簡易通訊設計技術

本雷達模擬系統由教官負責操作，因此鍵盤置於飛行員席位，但在實際雷達的管制上，管制員尚需輸入飛行計劃表(何時何處會有航機進入管制空域)，因此為模擬逼真起見，必須提供鍵盤供其輸入資料。但若將兩付鍵盤接在一起，當同時輸入資料時，無法分辨是由何方鍵入。因此只好另架設一部主機 (PC 80286)，負責接收由管制員輸入之訊息，再透過 RS 232 的傳輸，將訊號送至 80386 的主機系統，由系統程式綜合分析各種命令、訊息，再作適當之處理（圖 4。）

通訊 I/O (RS 232) 在軟體設計上可透過 Interrupt 14H 來呼叫 BIOS⁽⁴⁾

ROM BIOS routine	INT	Input registers	Output registers
Initialize port	14H	AH=00H	AX=Status
Send character	14H	{ AH=01H AL=Character	AX=Status
Get port status	14H	AH=03H	AX=Status
Receive character	14H	{ AH=02H	AX=Status AL=Character

Remark: Input register DX=Serial port No. (0: COM 1, 1: COM 2, 2: COM 3, 3: COM 4).

雙機通訊時，當一方之訊息很單純且傳輸並不頻繁，可採用此種簡易之通訊處理，較一般網路系統成本降低許多。

五、軟體設計

『航空之飛航雷達管制模擬系統』最重要的是模擬出真實雷達管制的效果，因此除了雷達畫面要逼真之外，航機在空中飛行之動作也要和實際狀況一模一樣，這些都要靠軟體來控制。

由於本系統功能多達一百種以上，而且當中多與航管專業知識有關，因而在此僅就本系統中軟體設計技術層面如圖形處理及數學運算式等作一剖析。

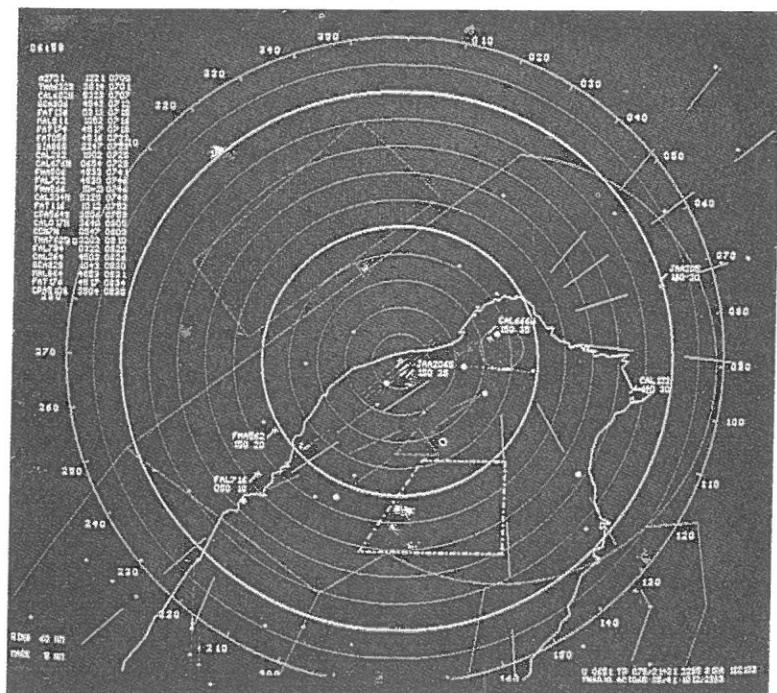
1. 圖形效果（請參考圖 5）

(1) 解析度分析

雷達畫面要細緻必須提昇解析度，經測試評估後決定採用 VE-4016 圖形介面卡，模擬 IBM-8514 卡的 1024×768 高解析模式（因為雷達螢幕採用 20 吋大畫面，一般 VGA 卡的 640×480 顯現的效果折線非常明顯）。但是如果設定 1024×768 的解析度後，受限於 BUFFER 的空間僅有 1M 而已，它只提供一個顯示頁 (1 PAGE)，所以當空中的飛機在雷達上的位置更新時（雷達掃描一圈 360 度約 4.5 秒，也就是每 4.5 秒就要重新計算飛機新的位置），運用高階語言圖形 BitBlt 運算的 XorPut 來處理『抹除』及『顯現』效果。

(2) 背景處理

雷達幕的背景非常複雜，除了基本的地形圖外，尚有機場、助航設施臺、定向臺、航路、限航區、禁航區、管制空域區隔線、最低引導高度圖及距離區隔線



等，而且管制動作中經常會視情況需要將雷達中心移動至螢幕的任意位置，例如某時段在雷達的西南角有大批的飛機在活動，其它方位沒有飛機蹤跡，則管制員可將雷達中心點移到畫面的右上方（透過滑鼠的操作），重新設定雷達圖形，如此可專注雷達的西南角。易言之，雷達幕的背景經常會重新描繪，若不特別處理，在此會造成瓶頸，每當雷達中心移動就要耗費大量時間作背景重繪。因此，本系統研究幾種專門處理背景效果的方法，可在最短時間內完成背景描繪。

(a) 運用 EPROM 儲存地形圖之座標點

例如臺灣地圖由一千兩百多個點組成（相鄰兩點以直線連接），若以陣列儲存似乎太浪費記憶空間（因地形圖僅供管制員判斷飛機目前位於何處，別無他用），若存於檔案中，則讀檔的 I/O 動作屬『機械動作』又是一個瓶頸。本系統經研究各種方法後，決定自行設計介面卡，將地形圖座標儲存於 EPROM 中，再挿於該界面卡，程式中則至指定的位址讀取資料，效果無異於陣列儲存方式，但卻不佔記憶空間。同時可另記錄一些常數、密碼於 EPROM 中，達到軟體防拷的保護效果。這種技術可用於大型系統軟體，自行研發系統保護界面，一方面將之當作資料儲存記憶體用，大幅提昇處理效率另方面透過加強硬體設備來保護系統軟體，使軟體即使被拷亦無法運作。

(b) 運用虛擬記憶體充當磁碟機快速存取資料

雷達幕上除了地形圖外，尚有其它特殊座標點（如助航設施及定向臺等）。因地形座標點為固定資料不會因時空變遷而異動，是而可一次記錄於 EPROM 中。但其它座標點則會因實際之需求而有所變動，所以不適用 EPROM 的處理方式。但採陣列儲存亦不妥當，因座標點一旦增加到超出當初所設定的陣列上限後，就要修改程式了。於是本系統將主記憶體擴充至 2 M，利用超出 640 K 以外的 1.4 M 部份當作虛擬磁碟機（VIRTUAL DISK），把所有背景必須的資料轉存於此，在程式執行中用到這些點時，直接由虛擬磁碟機中讀取，因其位於 IC 中，迥異於一般磁碟機的機械動作，故而效率極高，可在最快時間內完成背景的處理。

2. 數學模式

本模擬系統與真實雷達差別在於真實雷達接收雷達傳回之訊號，根據特定之規格分析每個 Bit，換算出所有相關訊息後將之標示出來。而模擬系統則複雜許多，因飛機之行進隨時會受管制命令影響而變更，程式中必需安排數種模式，使飛機按其接受之指令，找出相對應之前進方式。歸納飛機移動之模式有以下三類：

(1) 直線前進

飛機按指定航路前行

$$(x, y) \leftarrow (x, y) + (r \cos \theta, r \sin \theta)$$

式中

(x, y) ：飛機所在之位置座標

r ：時速/60/13 (雷達一分鐘轉 13 圈，掃描一圈飛機移動距離 r)

θ ：飛機目前航向

(2) 調整前進方向

飛機被管制員引導轉向某一特別方向。(例如管制員下令：中華-601 右轉 120 度)

$$(x, y) \leftarrow (x, y) + [r \cos (\theta + \phi), r \sin (\theta + \phi)]$$

式中

(x, y) ：飛機所在之位置座標

r ：時速/60/13

ϕ ： $(12 + 5 * \text{Random}) / 180 * \pi$ (飛機在空中平均每秒約轉 3 度，所以每掃描一圈機首約轉 12~16 度，因此運用亂數 Random 來產生彈性數據使系統在控制轉向運作時不至於因每次轉動角度太固定而和實際飛行有所不同)

θ ：飛機目前機首朝向 ($\theta \leftarrow \theta + \phi$)

(3) 定點盤旋

飛機降落前，管制員視情況，必要時會要求飛機在某定點上空盤旋待命 (例如管制員下令：遠東-714 在原地盤旋待命進場)

$$(x, y) \leftarrow (x', y') + [\rho \cos (\theta + \phi), \rho \sin (\theta + \phi)]$$

式中

(x, y) ：飛機所在之位置座標

(x', y') ：定點所在之位置座標

r ：時速/60/13

ρ ：定點與飛機之間距 (盤旋時所繞圓之半徑)

ϕ ： r / ρ (每一次掃描時飛機移動之徑度)

θ ：定點與飛機間之夾角 ($\theta \leftarrow \theta + \phi$)

飛機在空中被雷達每繞一圈掃描到之位置，可由上面三種計算方法依其行進方式擇一計算新位置之座標，將舊信號以 XorPut 抹除，再於新位置用 XorPut 將飛機信號重新標示於雷達螢幕上。

3. 緊急狀況研判

當飛機移動至新位置後，緊接著便是計算其所在之位置恰當否？因為飛機在空中活動有許多規則必需遵守：

(1) 隔離不足

任意兩架飛機間基本距離要求至少要 3 洩，若間隔不足 3 洩則高度差一定要有 1,000 呎以上。(航路雷達之要求則為 5 洩之間距)

首先判斷任兩架飛機間之高度差是否在 1,000 呎以內，若『真』才進一步求該兩架飛機間距够不够。因為比較高度差比計算水平距離所耗之運算動作少許多，有助於縮減處理時間。

(2) 誤入禁、限航區

禁航區及限航區未經許可不得從其上空穿越。在規劃禁、限航區之範圍時，除了圓形區域外就是多邊形區域^(5,6)。

研判飛機是否位於圓形禁航區內，只要計算各飛機與該圓之圓心距離有沒有小於圓之半徑即可。

至於多邊形，可將之畫分成數個三角形的組合，再運用數學運算求飛機是否位於某三角形內部即可判斷飛機有沒有誤闖禁、限航區了。在本系統中是事先計算出各三角形每邊之直線方程式，再將重心（位於三角形內部），代入方程式記錄其正負號，當程式運作過程中將飛機所在位置代入方程式，判斷其正負號和重心代入之結果相同否，據以研判飛機是否落於三角形區域中。

(3) 飛行高度不足

根據地理環境，飛機在每一區域皆有最低飛行高度。雷達最低引導高度表之繪製，是以雷達中心為基準，劃分成數十個扇型區^(5,6)，每個區域依地形賦予一最低引導高度 (MOVAC)，因此在判斷飛機目前位於那一區域，可轉換座標成極座標，先找出是否位於某扇形區之角度範圍內，再比較與雷達之距離即可斷定是否落在該扇形區域內。當確定飛機之位置目前位於某扇形區內部時，再進一步比較飛行高度足夠否。

六、結論

在本系統中除了運用微電腦的繪圖功能達到模擬雷達畫面效果外，另外並針對教學之需求開創『分割畫面』的應用及『簡易通訊』技巧，對微電腦擴充應用功能相信能提供不少助益。

其他在軟體設計上亦有相當多的獨到之處，像飛機之前進、轉彎和盤旋等，以及各種航管嚴格要求皆運用了非常精巧的數學處理。本系統可視為特殊硬體組合及精確軟體設計與航管專業知識融為一體的『電腦輔助教學系統』。

我國民航當局目前所用之雷達為 ASR-7 及 ASR-8 其傳到雷達管制臺之有效數據有 91 個 Bits，各位元皆代表一特殊訊息，例如 Bit 13~Bit 23 為距離資料：

各 Bit 之意義：Bit 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23
裡 128 64 32 16 8 4 2 1 0.5 0.25 0.125

雷達傳輸之訊號：Bit 位置：0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 1 2 3……
Data 內容：…………… 0 0 1 0 0 1 0 1 0 1 1 ……

由以上公式計算出飛機距離雷達中心： $1*32 + 1*4 + 1*1 + 1*0.25 + 1*0.125 = 37.375$ 距離其他如方位、高度等皆用類似之方法計算，即可求出飛機在雷達幕上之相關位置及各種重要參考數據（如高度、航速等）。因此本系統只要接上 MODEM，分析由雷達傳輸回來的信號，將原來模擬飛機行進之模式取消，改在雷達偵測到的實際位置標示航機訊號，因此本系統將來可進一步研究，朝真實航管雷達發展。

『雷達模擬系統』完成後，緊接著便展開『塔臺模擬系統』之研究規劃（80 年 1 月 1 日～81 年 6 月 30 日）。而交通部擬將這兩套模擬系統整合成一完整的『航空管制教育、訓練模擬系統』，納入國建六年計劃中的科技研究計劃案（80 年 12 月 11 日交通部科技顧問會議通過該案，將由筆者實際負責全案之研究、規劃及設計）。

經實際運作業已證實本模擬系統對航空管制員之教育、培訓有相當大之助益。懇切希望能透過這些航管模擬系統將航管業務、知識推廣到各相關學術單位、航空社團，讓有興趣者能有機會探索這門平時不易接觸到的專業知識。

七、誌謝

感謝輔仁大學前理工學院院長柏殿宏神父及資訊工程系連國珍主任支持與鼓勵作者參與民航局之科技研究計劃，以及民航局技術人員訓練所提供之行政支援。另外要特別謝謝民航局的徐璋先生、王孝輝教官及管制員賴保秀先生提供的

航管專業知識，使本系統得以順利完成。

參考文獻

- (1) 林宏彥，「航空之飛航雷達管制模擬系統」，中華民國內政部著作權執照：臺內著字第 67744 號，p. 12 (1988)。
- (2) 交通部民用航空局技術人員訓練所 & 林宏彥，「飛航管制雷達模擬機 (ATC ECHO-2001 RADAR SIMULATOR)」，中華民國內政部著作權執照：臺內著字第 90844 號，p. 11 (1990)。
- (3) 民航局技術人員訓練所，「飛航管制雷達模擬機 (ATC ECHO-2001 RADAR SIMULATOR)」，研究成果報告書，p. 9 (1990)。
- (4) 劉龍國編譯，「高等 C 語言應用指南」，全華圖書，pp. 227-269 (1989)。
- (5) 「飛航指南 (AIP)」，交通部民航局，1990 修訂。
- (6) 「飛航管制程序 (ATP)」，交通部民航局，1989 修訂。
- (7) "Airman's Information Manual", *Faa, U.S.A.*, Vol. June (1990).
- (8) "Air Traffic Services" *Annex 2, Icao* (1987).
- (9) "Air Traffic Control 7110.65 Order", *Faa*, (Change 6) (1989).
- (10) "Turbo C User's Guide", *Borland International* (1988).

Air Traffic Control Radar Simulation System Design

HRUNG-YAHN LIN

Department of Computer Science and Information Engineering

ABSTRACT

The "Flight Safety" completely depends on air traffic control that a system integrating "Radar Control" (on Air) and "Tower Control" (on Airport).

"Air Traffic Control of Radar Simulation System" is a computer simulation designed as a real radar control system. Our Purpose is to foster skillfull radar operator and their ability of handling emergency in order to keep the absolute safety on air.

Base on this "ATC Radar Simulation System" the Civil Aeronautics Administration Ministry of Transportation and Communication develop the radar simulation (Named: "ATC ECHO-2001 Radar Simulator") for all radar centers in Taiwan, which has been implemented on May 1, 1991 as a educational material for all training, refresh training and testing for all air traffic controller.

In this paper, will introduce the design of radar simulator system and the technology of hardware interface.

CHEMICAL AND PHYSICAL PROPERTIES OF FRIED POTATO CHIPS: A REVIEW

B.H. Chen

Graduate Institute of Nutrition and Food Science
Fu Jen University,
Taipei, Taiwan 24205, R.O.C.

ABSTRACT

The consumption of fried potato chips has been growing rapidly in recent years. Many chemical and physical changes can occur during deep-fat frying of potato chips. Excessive browning, development of rancidity, and loss of crispness are the major problems in the potato chip industry. The browning is due to a Maillard type reaction between reducing sugars and amino acids of potatoes. The extent of browning depends on the concentration of reducing sugars in potatoes and storage temperature. The development of rancidity is due to oxidation and polymerization of oils. Oxidation of oils is mainly responsible for volatile compound changes in potato chips during storage. The loss of crispness in potato chips is related to the naturally occurring high polymers. Starch contributes to crispness and cell wall contributes to tenderness. Additional research is necessary to determine the interaction between macromolecules such as protein and carbohydrate during frying of potato chips.

1. INTRODUCTION

Deep-fat frying is one of the most commonly used procedures for the preparation and manufacture of food in the world. The fast food restaurants which have been growing rapidly in recent years further increase the consumption of fried foods, especially fried chips, fried chicken and french fries. The consumption of fats and oils in the United States has reached 10 billion pounds per year and continues to increase annually. During November 1981, more than 1 billion pounds of fats and oils were consumed in the United States⁽³⁾. An estimated 500 million pounds of fats and oils are used each year for the manufacture of potato chips, and the production of potato chips reaches 3.5 billion pounds annually and uses 11% of the US potato crop.

Many chemical and physical changes such as color, flavor, and texture can occur in the frying of potato chips. During deep-fat frying, the oil is continuously or repeatedly used at elevated temperature in the presence of air. Under such conditions, both thermal oxidation and decomposition of the oil may take place⁽¹⁾. Oxidation and polymerization are probably the two most important changes occurred in heated oils⁽³⁸⁾. Such unavoidable chemical reactions cause formation of both volatile and nonvolatile decomposition products⁽¹⁾. When oil decomposes on exposure to heat for long periods, it becomes darker in color, flavor becomes less bland, free fatty acid content increases, iodine value decreases, active oxygen method (AOM) value decreases, smoke point decreases and other changes occur⁽³⁸⁾. A sufficient amount of decomposition products can cause adverse effects to the color, flavor, and texture of the fried potato chips⁽¹⁾. For instance, potato chips fried in oils with a foaming tendency are often greasy and less crispy.

Some other undesirable changes such as excessive browning, development of rancid flavor, and loss of crispness can also occur in fried potato chips. The purpose of this study was to review the physical and chemical changes occurred during deep-fat frying of potato chips.

2. COLOR

Excessive browning of potato chips during frying is a major problem in the potato chip industry. The browning is due to a Maillard type reaction between reducing sugars and amino acids of the potato⁽¹²⁾. Hodge⁽¹¹⁾ proposed a scheme of browning reaction which involved sugar-amine condensation with subsequent Amadori rearrangement, followed by sugar and amino acid degradation, aldol condensation, and aldehyde-amine polymerization. Shallenderger et al.⁽³⁶⁾ reported that sucrose as well as glucose and fructose reacted in nonenzymatic browning systems at potato chip processing temperature, and that both reducing sugars and sucrose were responsible for the development of potato chip color. The authors also found that sucrose did not correlate with chip color as well as did the reducing sugars such as glucose and fructose. It is because sucrose did not react in carbonyl-amine browning systems as readily as glucose or fructose did. Moreover, sucrose must first be

hydrolyzed to participate in a nonenzymatic browning reaction⁽²⁶⁾. Paper chromatography studied by Shallenberger and Moores⁽³⁵⁾ also showed that sucrose was hydrolyzed in the presence of amino acids (glycine) to yield glucose and fructose at temperature as low as 150°C. Then the amino acid condensed with invert sugar to form brown melanoidins^(11,26). Karel and Labuza⁽¹⁷⁾ found that hydrolysis of sucrose occurred in freeze-dried systems, producing reducing sugars which participated in browning reaction. Fitzpatrick et al.⁽⁸⁾ reported that changes in sugars and nitrogenous constituents of unstored Red Lasoda potatoes during chip frying revealed a loss of 67% of reducing sugars accompanied by a loss of 52% of amino and amide nitrogen. However, when chips were made from potatoes stored in the cold to increase the sugars sevenfold, the decrease of reducing sugars on frying was 85%, with a corresponding decrease of 85% in amino and amide nitrogen. More detailed results are shown in Tables 1 and 2.

In general, the conversion of the fresh potatoes to fried chips caused decrease, from mild to drastic, in all of the amino compounds except methionine sulfoxide, aspartic acid, and ammonia. Increases in these three compounds indicated formation of by-products. The presence of methionine sulfoxides are due to oxidation of methionine during frying. Losses of nitrogen are probably due to hydrolysis, oxidation, and cyclization. Tally and Porter⁽³⁹⁾ used model systems and found that amino acids combined with sugars to form intermediate compounds. The concentration of the ninhydrin active intermediates built up to a

Table 1. Fate of extractable potato nitrogen due to frying^{a)}

Sample	N (Kjeldahl)		Free amino acid nitrogen ^{b)}		% N (Kjeldahl) as free amino acids ^{b)}	
	μmoles/g dry wt.	% Loss on frying	μmoles/g dry wt.	% Loss on frying	Recov.	Loss
Fresh potato extract	812.1		742.50		91.4	8.6
Fresh chip extract	741.0	8.8	355.74	52.1	48.0	52.0
Stored potato extract	858.7		643.55		74.8	25.2
Stored chip extract ^{c)}	761.1	11.4	98.68	84.7	12.9	87.1

^{a)} Adapted from Fitzpatrick et al.⁽⁸⁾.

^{b)} Also includes amides and unknown peaks on analyzer.

^{c)} Extract of chips made from stored potatoes.

Table 2. Fate of potato sugars due to frying^{a)}

Sample	Sucrose		Reducing sugars ^{b)}		
	mg/g dry wt.	% Loss on frying	mg/g dry wt.	μ moles/g dry wt.	% Loss on frying
Fresh potato extract	13.43		9.73	54.01	
Fresh chip extract	13.15	2.0	3.25	18.04	66.6
Stored potato extract	70.58		91.13	505.83	
Stored chip extract ^{c)}	64.37	8.8	13.42	74.49	85.3

^{a)} Adapted from Fitzpatrick et al.⁽⁶⁾.^{b)} As fructose.^{c)} Extract of chips made from stored potatoes.

maximum and then decreased as further heating occurred. Also the available amino acid decreased as the reaction proceeded. Wuensch and Schaller⁽⁴⁴⁾ reported that chip discoloration was dependent on four groups of factors, which were glucose, fructose, tyrosine, and proline. Forty-eight per cent of discoloration could be explained on the basis of fructose alone and ninety-five per cent when taken together with glucose, tyrosine, and proline. Leszkowiat et al.⁽¹⁹⁾ also found that the contribution of sucrose, a nonreducing sugar, to nonenzymatic browning in potato chips was more important than either glucose or fructose. However, Miller⁽²¹⁾ reported that glucose was the major determinant of chip color and that fructose was unimportant. Sucrose had a minor but significant role in color development, probably as a result of hydrolysis during frying.

The accumulation of reducing sugars in stored potatoes has been correlated with chip color⁽¹⁰⁾. Mazza⁽²⁰⁾ demonstrated that while reducing sugars, sucrose and tuber weight were significant in determining chip color of freshly harvested potatoes, reducing sugars, tuber temperature, and sucrose were important in determining chip color of stored tubers. Chitsaz⁽²⁾ found that there were negative significant correlations of chip color and % sucrose with % fructose during cold storage. However, positive correlations were exhibited between % fructose and % glucose. The concentration of reducing sugars in potatoes which did not darken was usually 0.5% or less on a dry weight basis; it was only when these sugars were at 1% or higher that darkening would occur during frying⁽³⁸⁾.

In varieties which naturally have low concentrations of reducing sugars, their conversions from starch to glucose and fructose could be stimulated by low temperature storage at 11°C or lower⁽¹⁴⁾. Huber and Gould⁽¹⁴⁾ reported that low sucrose levels in potato tubes stored at intermediate temperature (10°C to 12.5°C) produced acceptably colored chips with storage periods up to 6 months. Reeves⁽³²⁾ further demonstrated that storage temperature had the greatest effect on chip color, with much darker chips being produced from tubers stored at 3.3°C.

3. FATS AND OILS

When fats or oils are heated to high temperature during frying of potato chips, many physical and chemical changes can occur.

(1) Color

The color change results from the chemical reactions causing breakdown of the oil during heating. Fresh unheated oils will darken during frying operation^(27,33,40). However, there is no evidence that the absence of color pigments improves frying properties and it is recognized that dark colors are developed in the fat after several hours of use⁽³⁸⁾.

(2) Free fatty acid content

The development of free fatty acids results from the reaction of fat with moisture from the potatoes. Fresh unheated oils should have a free fatty acid content of 0.05 per cent or less⁽³⁸⁾. As it is heated, the free fatty acid content will increase to some extent depending upon how oil is badly decomposed^(1,23,29,33). Free fatty acid content of fats and oils seldom rise above 0.5 per cent in a well-operated chip plants⁽³⁸⁾.

(3) Flavor

Most fresh fats and oils used for chip frying have a very bland, neutral flavor. Drying frying, they may develop burned, scorched or rancid flavor. Rancid flavors are the result of combining oxygen from the air with fat. This reaction is known as oxidation⁽³⁸⁾.

(4) Smoking point

Fats and oils used in the frying of chips have initial smoke point above 450°F. As the fats are heated and used, smoke point becomes lower as a result of the fat breaking down into components having lower smoking point⁽³⁸⁾.

(5) Oxidation and development of rancidity

Oxidation results in the loss of essential fatty acids such as cis-polyunsaturated fatty acids (PUFA) and the accumulation of various oxidation products^(1,5). Polyunsaturated fatty acids such as linoleic acid and linolenic acid have two or more double bonds separated by single methylene groups. It has been known for many years that these isolated methylene groups are extremely vulnerable to oxidative attack⁽⁶⁾. The percent cis-polyunsaturated fatty acids and trans-fatty acids remained after 100 hrs frying were 48 and 87%, respectively, in the frying oil⁽⁴¹⁾. When potatoes were fried for one minute with soybean oil or lard at different stages of thermal oxidation, the more rancid oils caused a lower degree of gelatinization of starch. When fried for three minutes, the difference in gelatinization between fresh and oxidized oils was not so marked⁽³⁸⁾. Nemets et al.⁽²⁴⁾ reported that the amount of free fatty acids and carbonyl compounds with conjugated bonds increased during production of potato chips in refined sunflower oil. Quast and Karel⁽³¹⁾ found that after approximately 1,200 μl O₂ per gram under standard temperature and pressure (STP) were absorbed by potato chips, the oxidation rate increased very rapidly to a level roughly 100 times the rate observed in the previous period. Furthermore, the rapid increase of the rate coincided with a very marked development of rancidity. Qualitative and quantitative analyses of volatile compounds in fresh and aged potato chips and fresh and aged frying oils showed that oxidation of oils was mainly responsible for volatile compound changes in potato chips during storage⁽²²⁾.

(6) Pentane

Evans et al.⁽⁶⁾ reported that pentane was the predominant short-chain hydrocarbon to arise through thermal decomposition. Correlation

of flavor scores and pentane formation have been used to determine rancidity of oils after directly injecting the oils on a GC column^(7,16). Warner et al.⁽⁴²⁾ found significant correlations between rancid descriptions and ppm of pentane. Samples (safflower oil) with as little pentane as 0.08 ppm were described as rancid by 90% of the panel. As for potato chips, 0.08 ppm of pentane was measured in the headspace with 100% of the panel describing the sample as rancid during 23 days of storage.

(7) Octanoate

Methyl octanoate was formed in significant amounts from the autoxidation of methyl linoleate^(13,27). An octanoate residue would therefore stay bound to glycerol when oil or fat is allowed to oxidize. Peers and Swoboda⁽²⁷⁾ demonstrated that octanoate increase was the most sensitive and selective method for measuring oxidative deterioration during deep-fat frying. It is because neutralization of acidity by the food being fried and steam distillation during frying can cause losses of acidic products, but the glyceride-bound octanoate can not be so affected.

(8) *n*-Hexanal

The off-flavor produced by thermal oxidation was characterized by an increase in the concentration of pentanal, hexanal, heptanal, octanal, nonanal, 2-heptanal and 2-octanal⁽⁴³⁾. Jeon and Bassette⁽¹⁵⁾ also found that potato chips contained a relatively large amount of *n*-hexanal (267 ppm) immediately after processing. Sensory results also indicated that both pentanal and hexanal were responsible for off-flavor in potato chips.

In addition to those changes described above, other parameters such as iodine value, peroxide value, viscosity, refractive index, can also change during frying of potato chips. These results can be shown in Table 3. Viscosity and refractive index of tristearin were measured at 80°C. The iodine value of trilinolein and triolein decreased during the simulated deep-fat frying due to the consumption of double bonds by oxidation and polymerization. However, the iodine value of tristearin increased from 0.0 to 0.5 meq/kg, indicating that dehydrogenation of long

Table 3. Physical and chemical changes of triglycerides during simulated deep-fat frying (185°C, 74 hrs)^{a)}

	Trilinolein		Triolein		Tristearin	
	Before treatment	After frying	Before treatment	After frying	Before treatment	After frying
Color	3.55	76.00	5.8	62.5	1.26	12.04
Free fatty acid	0.04	2.6	Nil	3.9	Nil	4.0
Iodine value	176.0	155.4	85.0	78.1	0.0	0.5
Peroxide value	0.8	4.7	0.9	3.4	0.0	3.2
Viscosity	36.2	200.6	56.2	101.8	16.0	21.1
Refractive index	1.4728	1.4793	1.4632	1.4655	1.4402	1.4420

^{a)} Adapted from Chang et al.⁽¹⁾.

chain fatty acids could take place during deep-fat frying. Since double bonds are consumed by oxidation and polymerization, the actual degree of dehydrogenation should be higher than that indicated by the increase in iodine value.

4. TEXTURE

The quality of texture or crispness in potato chips involved the properties of naturally occurring high polymers such as starch, pectin, cellulose, and hemicellulose⁽³⁸⁾. Little is known about the changes in these polymers during food processing. The effect of deep-fat frying on the behavior of macromolecules is unknown. The principal constituents of the cell walls of potatoes were cellulose, hemicellulose, and pectic substances, the latter occurring primarily as calcium pectinate. These substances were present as polymeric gels⁽³⁸⁾. Porter⁽³⁹⁾ suggested that the cellular structure of the potato slices was not ruptured during frying process, regardless of variety, storage conditions, or temperature of frying. To determine the effects of both starch granules and cell walls, potato starch was very carefully gelatinized to obtain a soft rubbery clear gel without any cell structure. This gel was cut into 1/16 inch slices, which were fried in oil at different temperatures and with different cooking techniques. After frying, the gel slices were very brittle and hard. Thus the author⁽³⁹⁾ concluded that starch contributed

crispness to potato chips while the cell wall contributed tenderness. The author also reported that complete gelatinization is necessary to obtain the desirable texture. Moreover, he also confirmed that pectic materials were the primary adhesive materials between cell walls and that these materials did help to develop tenderness in potato chips. Rose⁽³⁴⁾ found that many textural changes occurred during frying of potato chips. These changes included rapid gelatinization of starch granules, rounding and separation of the potato cells and formation of a crisp, outer layer of cells. It was also found that the initial high strength of the raw potato was lost very rapidly on frying and after 1-2 min the chip was mechanically at its weakest. With continued frying, the chip gained in strength as continued loss of water led to a crisper, more brittle outer layer.

The frying process is essentially one of cooking and dehydration during which the starch in the cells is gelled and dehydrated and some of the water in the tissue is replaced with oil⁽³⁵⁾. Oil in finished chips occurs largely in cell walls, intercellular spaces, and blister areas. Much less of the oil present in the chips is held between the gelled starch granules within the cells. Oil penetrates some intact cells at the original surface of the slices. Blistering of chips is a result of cell separation due to expansion of steam trapped within the slices when the surface becomes dehydrated and sealed⁽³⁶⁾. Plimpton⁽²⁸⁾ reported that the oil content of potato chips could be affected by specific gravity, thickness and fryer temperature. It was also found that potato chips dried to 50% of initial moisture content prior to frying resulted in oil content decrease by 26%, and some color improvement was observed.

Loss of crispness due to the adsorption of moisture is a major cause of snack food product rejection by consumers⁽²⁵⁾. Water affects the texture of dry snack foods by plasticizing and softening the starch/protein matrix which alters the mechanical strength of product⁽¹⁸⁾. It is hypothesized that when the water content in the dry snack food system is less than or equal to the Brunauer-Emmet-Teller (BET) monolayer value, there is considerable hydrogen bonding and Van der Waal force bonding between the carbohydrate macromolecular matrix. This results in strong macromolecular interactions forming crystalline-like zones which may possibly contribute to the crispness sensation

present when eating due to the force necessary to break these zones. As the water content exceeds the BET monolayer value, a decrease in the macromolecular interaction occurs due to water-water interactions which break intermacromolecular force bonds. This results in less crystalline regions⁽¹⁷⁾. Furthermore, the addition of water above the monolayer enables the macromolecules to become mobile and slip past each other when the product is sheared during eating⁽¹⁸⁾. Katz and Labuza⁽¹⁹⁾ also reported that critical water activities, where the snack food products became organoleptically unacceptable, generally fell in the 0.35 to 0.50 A_w range. Quast and Karel⁽²⁰⁾ found that the critical water activity for potato chips to be 0.40.

5. CONCLUSION

Deep-fat frying is one of the most commonly used procedures for the preparation and manufacture of food in the world. The consumption of fried potato chips has been growing rapidly in recent years. Many chemical and physical changes can occur during deep-fat frying of potato chips. Excessive browning, development of rancidity, and loss of crispness are the major problems in the potato chip industry. The browning is due to a Maillard type reaction between the reducing sugars and amino acids of the potato. Sucrose is believed to be hydrolyzed during frying to participate in the nonenzymatic browning reaction. Development of rancidity is due to the oxidation and polymerization of heated oils. Such unavoidable chemical reactions cause formation of both volatile and nonvolatile decomposition products. A sufficient amount of decomposition products can cause adverse effects to the color, flavor and texture of potato chips. The quality of texture is related to the naturally occurring high polymers. Starch contributes to crispness and cell wall contributes to tenderness. Pectic substances are believed to help to develop tenderness in potato chips.

REFERENCES

- (1) S.S. Chang, R.L. Peterson and C.T. Ho, "Chemical Reactions Involved in the Deep-Fat Frying of Foods", *J. Amer. Oil Chem. Soc.*, 55, 718-727 (1978).

- (2) M. Chitsaz, "Inheritance of Factors Affecting Quality of Processed Potatoes (*Solanum Tuberosum* Group *Tuberosum* L.)", Dissertation Abstracts International N. Dakota State University, Fargo, N. Dakota (1984).
- (3) O.K. Chung and Y. Pomeranz, "Recent Trends in Usage of Fats and Oils as Functional Integredients in the Baking Industry", *J. Amer. Oil Chem. Soc.*, **60**, 1848-1851 (1983).
- (4) A.P. Dahlenburg, "Prediction of Darkening in Potatoes during Frying", *Food Technol. in Australia*, **34**(11), 544-547 (1982).
- (5) L. Dugan, Lipids: In "Food Chemistry" O.R. Fennema, ed., Academic Press Inc., New York, N.Y. (1976).
- (6) C.D. Evans, G.R. List, A. Dolev, D.G. McConnell and R.L. Hoffman, "Pentane from Thermal Decomposition of Lipoxidase-Derived Products", *Lipids*, **2**(5), 432-434 (1967).
- (7) C.D. Evans, G.R. List, R.L. Hoffman and H.A. Moser, "Edible Oil Quality as Measured by Thermal Release of Pentane", *J. Amer. Oil Chem. Soc.*, **46**, 501-504 (1969).
- (8) T.J. Fitzpatrick, E.A. Talley and W.L. Porter, "Preliminary Studies on the Fate of Sugars and Amino Acide in Chips Made from fresh and Stored Potatoes", *J. Agr. Food Chem.*, **13**, 10-12 (1965).
- (9) G. Fuller, D.G. Guadagni, M.L. Weaver, G. Notter and R.J. Horvat, "Evaluation of Oleic Safflower Oil in Frying of Potato Chips", *J. Food Sci.*, **36**, 43-44 (1971).
- (10) A.T. Habib and H.D. Brown, "Factors Influencing the Color of Potato Chips", *Food Technol.*, **10**, 332-336 (1956).
- (11) J.E. Hodge, "Chemistry of Browning Reactions in Model Systems", *J. Agr. Food Chem.*, **1**, 928-943 (1953).
- (12) E. Hoover and P. Zander, "Potato and Chipping Quality", *Am. Potato J.*, **38**, 163-170 (1961).
- (13) R.J. Horvat, W.H. McFadden, H. Ng, D.R. Black and W.G. Lane, "Volatile Products from Mild Oxidation of Methyl Linoleate. Analysis by Combined Mass Spectrometry-Gas Chromatography", *J. Amer. Oil Chem. Soc.*, **42**, 1112-1115 (1965).
- (14) F.V. Huber and W.A. Gould, "Relationship of Sucrose Content in Raw Potatoes to Color of Chips from Stored Potatoes", *Research Circular. Ohio Agricultural Research and Development Center*, **250**, 32-34 (1979).
- (15) I.J. Jeon and R. Bassette, "Analysis of *n*-Pentanal and --hexanal as Indices of Potato Chip Shelf-Life", *J. Food Quality*, **7**, 97-106 (1984).
- (16) P.K. Jervi, G.D. Lee, D.R. Erickson and E.A. Butkus, "Determination of the Extent of Rancidity of Soybean Oil by Gas Chromatography Compared with Peroxide Value", *J. Amer. Oil Chem. Soc.*, **48**, 121-124 (1971).
- (17) M. Karel and T.P. Labuza, "Nonenzymatic Browning in Model Systems Containing Sucrose", *J. Agr. Food Chem.*, **16**, 717-719 (1968).
- (18) E.E. Katz and T.P. Labuza, "Effect of Water Activity on the Sensory Crispness and Mechanical Deformation of Snack Food Products", *J. Food Sci.*, **46**, 403-409 (1981).
- (19) M.J. Leszkowiat, V. Barichello, R.Y. Yada, R.H. Coffin, E.C. Lougheed and D.W. Stanley, "Contribution of Sucrose to Nonenzymatic Browning in Potato Chips", *J. Food Sci.*, **55**, 281-282 (1990).

- (20) G. Mazza, "Correlations between Quality Parameters of Potatoes during Growth and Long-Term Storage", *American Potato J.*, **60**, 145-159 (1983).
- (21) R.A. Miller, "Influence of Variety, Maturity and Storage on Potato Tuber Composition and Chip Color, and the Role of the Tuber Constituents in Chip Browning", *Diss. Abstr. Int. B* (1972).
- (22) D.B. Min and D.Q. Schweizer, "Lipid Oxidation in Potato Chips", *J. Amer. Oil Chem. Soc.*, **60**, 1662-1665 (1983).
- (23) W.H.III. Morrison, J.A. Robertson, D. Burdick and R.B. Russell, "Effect of Deep-Fat Frying on Sunflower Oils", *J. Amer. Oil Chem. Soc.*, **50**, 440-442 (1973).
- (24) S.M. Nemets, L.P. Khakhina, N.V. Dremina, L. Li, L.S. Sviridova and L.M. Kagan, "Chemical Changes of Fats during Production of Potato Chips", *Tr., Vses. Nauch-Issled Inst. Konserv. Ovoshchesuch. Prom.*, **13**, 161-174 (1970).
- (25) Nielsen, A.C. Company, *Product and Package Performance: The Consumers View*. A.C. Nielsen Company, Northbrook, IL. (1979).
- (26) H.S. Olcott, "Contributions of Browning Research to Ration Item Stability", Research and Development Associates, Food and Container Inst., Chicago, Ill. (1952).
- (27) K.E. Peers and P.A.T. Swoboda, "Octanoate: An Assay for Oxidative Deterioration in Oils and Fats", *J. Sci. Food Agric.*, **33**, 389-395 (1979).
- (28) S.L. Plimpton, "Factors Affecting the Oil Content of Potato Chips and the Application of Near Infra-Red Reflectance to on-line Moisture and Oil Content Measurements", Dissertation Abstracts International Ohio State University, Columbus, Ohio (1986).
- (29) L.M. Plessis, P.J. Niekerk and M. Steyn, "Evaluation of Peanut and Cottonseed Oils for Deep-Fat Frying", *J. Amer. Oil Chem. Soc.*, **5**, 575-578 (1981).
- (30) V.L. Porter, "Texture in Potato Chips", *Ill. Res.*, **13**(3), 13-14 (1971).
- (31) D.G. Quast and M. Karel, "Effect of Environmental Factors on the Oxidation of Potato Chips", *J. Food Sci.*, **37**, 584-588 (1972).
- (32) A.F. Reeves, "Potato Chip Color Ratings of Advanced Selections from the Maine Potato Breeding Program", *American Potato J.*, **59**, 389-394 (1982).
- (33) f.A. Robertson, W.H. Morrison, B.G. Lyon, R.B. Russell and R.L. Shaw, "Flavor and Chemical Evaluation of Potato Chips Fried in Sunflower, Cottonseed and Palm Oils", *J. Food Sci.*, **43**, 420-423 (1978).
- (34) D.J. Rose, "The effect of Process Variables on the Structure and Texture of Vegetables using the Potato as a Model", *Technical Memorandum, Campden Food Preservation Res. Ass.*, No. 446, pp. 21 (1987).
- (35) R.S. Shallenberger and R.G. Moores, "Quantitative Determination of Reducing Sugars and Sucrose Separated by Paper Chromatography", *Anal. Chem.*, **29**, 27-29 (1957).
- (36) R.S. Shallenberger, R.H. Treadway and O. Smith, "Role of the Sugars in Browning Reaction in Potato Chips", *J. Agr. Food Chem.*, **7**, 274-277 (1959).
- (37) Suggett, *Water Carbohydrate Interactions*, In "Water Relations in Food", Ed. Duckworth, R. Academic Press, London (1965).

- (38) W.F. Talburt and O. Smith, *Potato Processing*, 3rd ed. Westport, CT. AVI. Publishing Co. (1975).
- (39) E.A. Talley and W.L. Porter, "New Quantitative Approach to the Study of Nonenzymatic Browning", *J. Agr. Food Chem.*, **16**, 262-264 (1968).
- (40) J.A. Thompson, M.M. Paulose, B.R. Reddy, R.G. Krishnamurthy and S.S. Chang, "A Limited Survey of Fats and Oils Commercially used for Deep-Fat Frying", *Food Technol.*, **21**, 87A-89A (1967).
- (41) L.U. Thompson and R. Aust, "Lipid Changes in French Fries and Heated Oils during Commercial Deep Frying and their Nutritional and Toxicological Implications", *Can. Inst. Food Technol. J.*, **16**, 246-252 (1983).
- (42) K. Warner, C.D. Evans, G.R. List, B.K. Boundy and W.F. Kwolek, "Pentane Formation and Rancidity in Vegetable Oils and in Potato Chips", *J. Food Sci.*, **39**, 761-765 (1974).
- (43) L.W. Wilson, "Investigation of the Light-Struck Flavor of Potato Chips", *Diss. Abstr. Int. B.* (1971).
- (44) A. Wunsch and K. Schaller, "Interaction of Sugars and Amino Acids in the Development of Color in Chips", *Potato Res.*, **15**, 12-23 (1972).

油炸馬鈴薯片的化學與物理性質： 文獻回顧與探討

陳炳輝

輔仁大學食品營養研究所

摘 要

油炸馬鈴薯片的消費在最近幾年有快速成長的趨勢，馬鈴薯片於油炸時會發生許多化學及物理變化，過度的褐變，酸敗味道的產生及脆度的消失為馬鈴薯片工業所面臨的三大問題。褐變主要是指馬鈴薯中的還原糖及胺基酸之間的反應，亦即所謂梅納式的反應；褐變的程度取決於馬鈴薯中還原糖的濃度及馬鈴薯儲藏的溫度。酸敗味道的產生則與油脂的氧化及聚合化有關，油脂的氧化會導致馬鈴薯於儲藏時產生揮發性的物質。脆度的消失則與馬鈴薯片中高分子聚合物有關，澱粉會影響到脆度而細胞壁則影響到軟度。更多的研究必須進行以瞭解馬鈴薯片油炸時，其中的大分子例如蛋白質及碳水化合物之間的反應及變化。

以氣相層析法分析市售食用油脂產品 及人血清中反式脂肪酸之含量

盧義發 羅翊禎 梁弘人

輔仁大學理工學院食品營養學系

摘要

以氣相層析法定量食品中反式脂肪酸之含量，並對市售家庭用人造奶油、業務用烤酥油及人體中反式脂肪酸之含量進行調查。以 OV-275 層析管可將順反式脂肪酸分離，其分析值與由 IR 所得者具高相關性 ($r=0.9546$)，但 IR 所得值較高。所有氫化油脂的反式脂肪酸以 $t\text{-}18:1$ 占大多數，可能含少許 $c\text{-}t\text{-}$ 或 $t\text{-}c\text{-}18:2$ ，而所有產品均幾乎不含 $t\text{-}t\text{-}18:2$ 。家庭用人造奶油之反式脂肪酸含量平均為 8.4% (0-16.0%)，而烤酥油中之反式脂肪酸含量平均為 6.3% (0-8.5%)。大學生之血清中反式脂肪酸含量在 1.3% 以下。

一、前言

近年來由於國人生活飲食形態的改變，在飲食上攝取到人造奶油 (margarine) 及烤酥油 (shortening) 的機會相對地增加。人造奶油及烤酥油是將不飽和油脂經部分氫化 (partial hydrogenation) 後形成，但是油脂在氫化的過程中，常會引起不飽和脂肪酸 (unsaturated fatty acid) 的異構化而產生反式脂肪酸 (*trans-fatty acid*, 簡寫 *t-FA*)⁽¹⁾。反式脂肪酸的生理意義仍有很多不明瞭的地方，它可能干擾人體中必需脂肪酸的代謝⁽²⁾，而在動物及人類營養上較受關注的是它與癌症及冠狀心臟性疾病 (coronary heart disease) 的關連性^(3~5)。

目前法令上並未規定要在食品的標示中列出反式脂肪酸的含量，且對食品中反式脂肪酸含量的測定，並未確立統一的方法。因此，本研究的主要目的是希望藉氣相層析法 (gas chromatography) 能快速而準確的測出食品中反式脂肪酸的種類及含量，並與傳統的紅外線光譜分析法 (infrared spectroscopy, 簡寫 IR) 做一分析比較，建立以氣相層析儀迅速定量食品中反式脂肪酸的方法；同時，針對加工過的植物油，特別是人造奶油及烤酥油，進行反式脂肪酸含量之測定，以瞭解目前市售氫化油中反式脂肪酸之一般含量。此外也以健康年輕男女為對象，進行抽血分析，以瞭解在一般飲食中正常人體內反式脂肪酸的含量及分佈。

二、材料與方法

1. 材料

(1) 樣品

自 1990 年 9 月迄 1991 年元月止，由臺北市超市、麵包店或雜貨店中購得人造奶油 11 種（均屬家庭用），而烤酥油則由輔仁大學附近的麵包店及輔仁大學生活應用科學系提供，共五種（均屬業務用）。

(2) 標準品及試藥

實驗中使用的脂肪酸標準品均購自 Sigma 公司，包括 palmitelaidic acid methyl ester、elaidic acid methyl ester、*trans*-vaccenic acid methyl ester、linolelaidic acid methyl ester 等反式脂肪酸及一般順式脂肪酸標準品，其它試藥為特級或試藥級。

2. 實驗方法

(1) 氣相層析法 (GC)

- (a) 樣品之前處理：將人造奶油或烤酥油加熱融化去除其水分，以石油醚將脂質萃取。血清脂質則以氯仿-甲醇混合液 (2:1) 萃取⁽⁶⁾。血清脂質則以薄層層析板 (silica gel 60G，展開液：石油醚-乙醚-醋酸，82:18:1) 將膽固醇酯 (cholesterol ester)、三酸甘油酯 (triacylglycerol) 及磷脂質 (phospholipid) 分離⁽⁷⁾。將這些脂質皂化後的脂肪酸以 Diazomethane 進行甲酯化⁽⁸⁾，以供氣相層析用。
- (b) 氣相層析儀操作條件：氣相層析儀為 Hitachi 263-30。反式脂肪酸分析用之管柱為 2 m × 3 mm i. d.，充填 15% OV-275 on 100/120 chromosorb PAW-DMCS⁽⁹⁾，Supelco；管柱溫度 220°C，檢測器溫度 250°C；同時以 10% SP-2330 on 100/120 chromosorb WAB，Chrompack 2 m × 3 mm i. d.，進行一般脂肪酸的分析，管柱溫度 195°C，檢出器溫度 220°C。攜帶氣體均為氮氣。積分儀為 Hitachi D-2000 型。

(2) 紅外線光譜分析法 (IR)⁽¹⁰⁾

將去除水分的油脂，取一滴，然後加入 2 ml CS₂，再將溶液滴入鹽片中，以 infrared spectrophotometer (Perkin Elmer 983) 測量在頻率 966 cm⁻¹ 時的吸收高度，同時以 elaidic acid 為標準物質，經由標準曲線換算樣品中反式脂肪酸的含量。

三、結果與討論

1. 分析方法的比較

圖 1 為人造奶油的脂肪酸以 OV-275 層析管分離之氣相層析圖。而以同碳數同不飽和度比較，反式脂肪酸在順式之前出現。將數種人造奶油的脂肪酸以氣

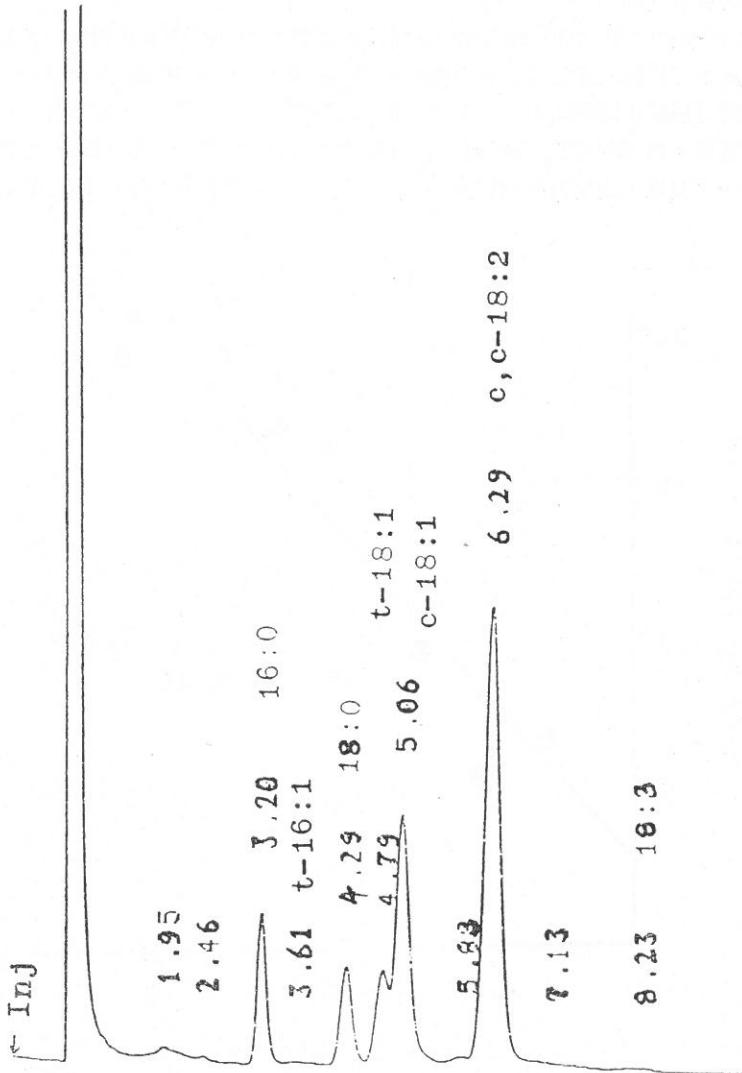


圖 1 人造奶油中脂肪酸以 OV-275 管柱分離之氣相層析圖。

相層析法分析，所得的反式脂肪酸量，與傳統的 IR 所得值作一迴歸分析，其相關性甚高 ($r=0.9546$) (圖 2)。紅外線光譜分析法雖操作過程簡便、迅速，但只能測得樣品中脂肪酸異構物的總量，且可能會受到測試分子內其它官能基的存在而影響，例如酸基、以及羧基等會造成吸收波峰位置的改變，當有三酸甘油酯存在時，其所測得值會偏高，而在有甲基出現時，其測得值會偏低⁽¹¹⁾。由表一之結果（下段討論）及圖 2 之值顯示在人造奶油中以 IR 法所測得的反式脂肪酸有偏高的現象（圖 2）。

表一是以 SP-2330 層析管所得脂肪酸組成與以 OV-275 所得做一比較。一般家庭中使用的人造奶油主要脂肪酸是 16 碳 (C16:0) 及 18 碳 (C18:1, C18:2)，同時可發現人造奶油中其所含反式脂肪酸幾乎全為 *t*-C18:1，而不含 *t, t*-18:2 的脂肪酸。以 OV-275 分析時，有些產品在 *t, t*-C18:2 與 *c, c*-18:2 之兩波峰間有一小波峰，由文獻推測可能是 *c, t*- 與 *t, c*-18:2 (其量約在 2% 以下)，但

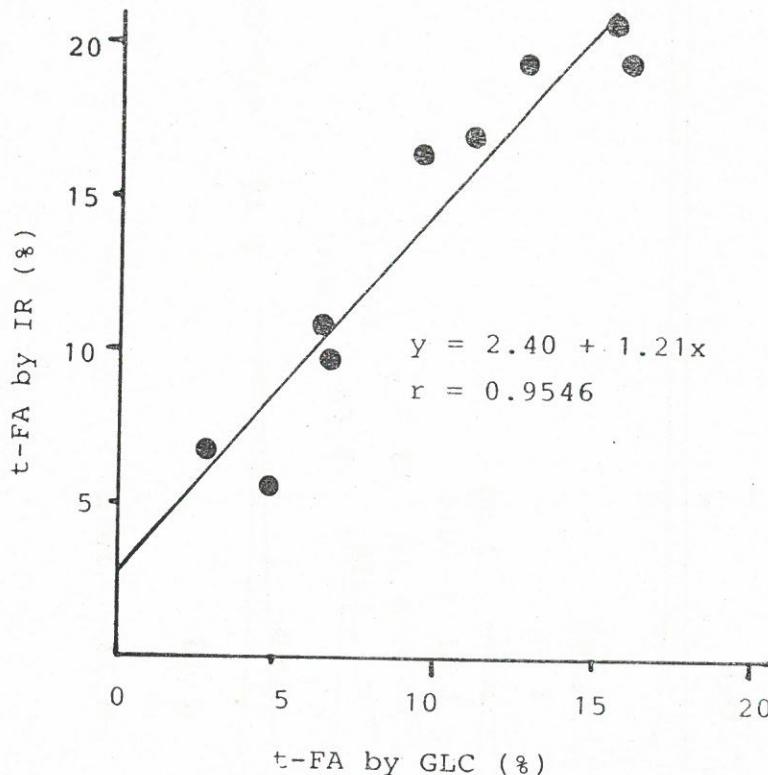


圖 2 以氣相層析法與紅外線光譜法所得反式脂肪酸含量之相關性。

表一 以兩種不同氣相層析管分析人造奶油中主要脂肪酸組成之比較

Sample	GC column	16:0	16:1		18:0	18:1		18:2	
			(t)	(c)		(t)	(c)	(t, t)	(c, c)
1	SP	40.6	—	—	5.9	—	35.1	—	15.2
	OV	41.3	—	—	7.0	—	35.7	—	13.7
2	SP	34.8	—	—	5.4	—	36.0	—	5.7
	OV	35.2	—	0.1	6.5	4.7	31.1	—	5.2
3	SP	8.4	—	—	6.2	—	32.2	—	52.8
	OV	7.6	—	0.2	6.9	6.7	24.7	—	52.8
4	SP	20.8	—	—	3.2	—	57.5	—	13.0
	OV	19.7	—	—	4.1	6.4	48.0	—	14.1
5	SP	10.5	—	—	6.2	—	37.7	—	41.2
	OV	10.8	—	—	6.6	9.4	27.0	—	38.7
6	SP	7.6	—	—	5.0	—	18.1	—	68.2
	OV	8.2	—	—	5.5	3.7	14.6	—	66.2
7	SP	11.9	—	—	5.0	—	44.3	—	36.8
	OV	12.0	—	—	5.6	12.5	29.2	—	37.2
8	SP	17.2	—	—	5.3	—	54.8	—	20.8
	OV	16.3	—	—	5.9	16.0	36.3	—	17.9
9	SP	18.7	—	1.0	4.9	—	51.1	—	20.6
	OV	16.6	1.0	—	5.5	14.5	34.2	—	20.7
10	SP	22.0	—	—	4.1	—	40.5	—	19.0
	OV	25.0	—	—	5.4	11.1	35.0	—	17.9

Data are shown as percentage of total fatty acids.

Abbreviation: SP=10% SP-2330, OV=15% OV-275, *t*=trans, *c*=cis.

因為沒有標準品而沒有列入表中；不論如何，以總 C18:1 而言，以兩種層析管所得值之間的差異都在 5% 以內。因此，以 OV-275 充填的層析管可簡單、快速、準確且能分辨出反式脂肪酸的種類。

於本研究中，我們最初曾試著用毛細層析管 (CP-SIL 88, WCOT fused silica 50 m × 0.25 mm, Chrompack) 來分離反式脂肪酸⁽¹²⁾，但分離效果並不是很好，因此最後才改用自行充填的層析管 (packed column)。

2. 市售人造奶油及烤酥油中反式脂肪酸含量

市售 11 種人造奶油中反式脂肪酸之含量如表二所示，平均含量為 8.4% (0-16.0%)。目前市售家庭用人造奶油幾乎全為進口產品，其中國產品僅採購到

表二 家庭用人造奶油中反式脂肪酸含量

Sample	16:1		18:1		18:2		Total <i>t</i> -FA
	(<i>t</i>)	(<i>c</i>)	(<i>t</i>)	(<i>c</i>)	(<i>t, t</i>)	(<i>c, c</i>)	
1	—	—	—	35.7	—	13.7	0
2	—	0.1	4.7	31.1	—	5.2	4.7
3	—	0.2	6.7	24.7	—	52.8	6.7
4	—	—	6.4	48.0	—	14.1	6.4
5	—	—	9.4	27.0	—	38.7	9.4
6	—	—	3.7	14.6	—	66.2	3.7
7	0.4	—	12.5	29.2	—	37.2	12.9
8	—	—	16.0	36.3	—	17.9	16.0
9	1.0	—	14.5	34.2	—	20.7	15.5
10	—	—	11.1	35.0	—	17.9	11.1
11	3.2	3.6	3.2	31.0	—	16.7	6.4

Data are shown as percentage of total fatty acids.

Abbreviation: *t*=trans, *c*=cis, FA=fatty acid.

一種，但卻測不出有反式脂肪酸的存在；在進口產品中，有六種是屬於日本製，其反式脂肪酸含量平均為 10.3% (6.4-16.0%)，此結果與 Sugano 等人⁽¹³⁾的報告非常接近。有關人造奶油中反式脂肪酸含量方面加拿大產品的含量約為 30.3%⁽¹⁴⁾，美國產品約 21.3%⁽¹⁵⁾，而西德產品的含量則較少，僅 8.2%⁽¹⁶⁾。這些產品的脂肪酸組成雖不盡相同，但都未檢出含有 20 個碳以上的長鏈脂肪酸，顯示所使用的原料油脂多少有不同，但很顯然沒有用水產動物油脂當原料。根據林與朱⁽¹⁷⁾的調查指出國產人造奶油中脂肪酸的反式異構物平均含量為 12.5%，而進口者平均含量為 20.1%。

表三為烘焙用烤酥油的脂肪酸以 OV-275 層析管分析之結果，烤酥油的反式脂肪酸含量平均為 6.3% (0-8.5%)，其中有兩種產品測不出有反式脂肪酸的存在。我們也發現其主要脂肪酸為 16:0、18:0、18:1，此結果與人造奶油中的主要脂肪酸組成（表一及表二）並不完全相同，烤酥油中反式脂肪酸的形式有 *t*-16:1 及 *t*-18:1，而兩種氫化油同樣不含 *t, t*-18:2。

3. 人體血清中反式脂肪酸含量

由輔仁大學食品營養系中任選十位同學（男女各五位），其血清中各區分脂質中反式脂肪酸之含量甚低或測不出，僅一位女性的血清三酸甘油酯部分反式脂肪酸含量較高 (*t*-18:1 含量 0.9%)，有四位女同學含 *t*-16:1 在 0.4% 以下，有二位男性在其膽固醇酯中測出含有 *t*-16:1 各 0.2 與 0.4%，其餘均測不出

表三 烘焙用烤酥油中脂肪酸組成

Sample	16:0	16:1		18:0	18:1		18:2		Total t-FA
		(t)	(c)		(t)	(c)	(t, t)	(c, c)	
1	23.9	1.4	2.5	14.7	4.6	32.5	—	6.9	6.0
2	40.9	—	1.1	9.0	—	34.6	—	8.6	0
3	27.8	—	3.6	15.6	—	35.9	—	5.4	0
4	22.6	—	2.4	30.7	4.4	33.1	—	2.1	4.4
5	25.9	2.0	2.7	20.9	6.5	28.9	—	4.7	8.5

Data are shown as percentage of total fatty acids.

Abbreviation: *t*=trans, *c*=cis, FA=fatty acid.

t-16:1 或 *t, t*-18:2 之反式脂肪酸。有些樣品似含 *t*-18:1，但量均極微（0.3% 以下），這些現象可能是平時攝取量就少，再加上抽血均是早上空腹進行，且反式脂肪酸在體內代謝非常快⁽²⁰⁾，所以可測得的量均非常低。一般而言，脂肪組織所含的反式脂肪酸要比在血清、肝臟所含者多，而有關其在營養生理代謝方面仍需進一步探討。

四、誌謝

本研究承蒙輔仁大學聖言會七十八學年度經費補助及行政院衛生署提供經費(FS 80-13)，又食品工業發展研究所朱燕華博士與林麗慧小姐在 IR 方面之指導，謹致最高謝意。

參考文獻

- (1) T.H. Applewhite, "Nutrition Effect of Hydrogenated Soya Oil", *J. Am. Oil. Chem. Soc.*, **67**, 189 (1981).
- (2) R.T. Homan, In R.F. Beer, Jr. and E.G. Bassett, eds.: "Nutritional Factors, Modulating Effect on Metabolic Processes", New York, Raven, p. 523 (1981).
- (3) J. Kanhai, "Hydrogenation of Edible Oils-Toxicological and Nutritional Implications: A Review", *Food Chem.*, **27**, 191 (1988).
- (4) K. Kritchevsky, "trans-Fatty Acid Effect in Experimental Atherosclerosis", *Fed. Proc.*, **41**, 2813 (1982).
- (5) M. Watanabe, T. Koga and M. Sugano, "Influence of Dietary *cis*- and *trans*-Fat on 1,2-Dimethylhydrazine-Induced Colon Tumors and Fecal Steroid Excretion in Fisher 344 Rats", *Am. J. Clin. Nutr.*, **42**, 475 (1985).

- (6) J. Folch, M. Lees and G.H. Sloane-Stanley, "A Simple Method for the Isolation and Purification of Total Lipids from Animal Tissues", *J. Biol. Chem.*, **226**, 497 (1957).
- (7) M. Wada and M. Sugano, "The Practical Methods for Utilization of Thin-Layer Chromatography to the Analysis of Glycerolipids from Animal Tissues", *Sci. Bull. Fac. Agr., Kyushu Univ.*, **26**, 505 (1972).
- (8) L.D. Matcalfe, A.A. Schmitz and J.R. Pelka, "Rapid Preparation of Fatty Acid Methyl Ester for Gas Chromatographic Analysis", *Anal. Chem.*, **38**, 514 (1966).
- (9) D.M. Ottenstein, C.A. Witting, P.H. Silvis, D.J. Hometchko and N. Pelick, "Column Types for the Chromatographic Analysis of Oleochemicals", *J. Am. Oil Chem. Soc.*, **61**, 390 (1984).
- (10) R.R. Alen, "A Rapid Method for the Determination of *trans*-Unsaturation in Fats and Derivatives", *J. Am. Oil. Chem. Soc.*, **46**, 552 (1969).
- (11) M.A. Jordan, "*trans*-Fatty Acid—Determination in Food Fats", *BNF Nutrition Bulletin*, **12**, 156 (1987).
- (12) S. Musgrove, "Separating *cis*- and *trans*-Isomers of Margarine Fats by GC", *Laboratory Practice*, **37**, 40 (1988).
- (13) M. Kohno, Y.J. Cho and M. Sugano, "*trans*-Fatty Acid Contents of Domestic Margarines and Shortenings and Human Seras from Healthy Young Adults", *J. Jpn. Soc. Nutr. Food Sci.*, **35**, 217 (1982).
- (14) J.L. Beare-Roger, L.M. Gray and R. Hollywood, "The Linoleic acid and *trans*-Fatty Acids of Margarines", *Am. J. Clin. Nutr.*, **32**, 1805 (1979).
- (15) D.L. Carpenter and H.T. Slover, "Lipid Composition of Selected Margarine", *J. Am. Oil Chem. Soc.*, **50**, 372 (1973).
- (16) H. Heckers and F.W. Melcher, "*trans*-Isomeric Fatty Acids Present in West-German Margarine, Shortenings, Frying and Cooking Fats", *Am. J. Chin. Nutr.*, **31**, 1041 (1978).
- (17) 林娟美和朱燕華, 「市售人造奶油及烤酥油理化特性之調查」, 食品工業發展研究所研究報告第 562 號 (1979)。
- (18) F.A. Kummerow, "Nutrition Perspectives and Atherosclerosis: Lipids in Atherosclerosis", *J. Food Sci.*, **40**, 12 (1975).
- (19) 日本農藝化學會編, 「食品の加工と栄養科學」, p. 70, 朝倉書局 (1986)。
- (20) E.A. Emken and H.J. Dutton (eds.), "Geometrical and Positional Fatty Acid Isomers", p. 99, 151, American Oil Chemists Society, Champaign, Illinois (1979).

Analysis of *trans*-Fatty Acid Contents of Commercial Fat Products and Human Sera by Gas Chromatography

YI-FA LU, YI-CHEN LO AND HONG-JEN LIANG

Department of Nutrition and Food Sciences

ABSTRACT

The contents of *trans*-fatty acid (*t*-FA) in commercial margarine, institutional shortening and human sera were analyzed by gas chromatography. By using 15% OV-275 packed column *cis*- and *trans*-fatty acids could be separated and the total *t*-FA values highly correlated with those obtained by infrared spectroscopy ($r=0.9546$), while the IR values were higher. Almost all of the *t*-FA found in hydrogenated fats was *t*-18:1. While there may be a small amount of *c,t*- or *t,c*-18:2, *t,t*-18:2 was scarcely found. The average *t*-FA content of commercial margarine for home use was 8.4% (0-16.0%), while that of shortening for institutional use was 6.3% (0-8.5%). *trans*-Fatty acid contents in sera from healthy undergraduate students were estimated to be less than 1.3%.

二位學前障礙幼兒與一般正常幼兒 混合就讀之第一年追蹤報告

蘇 雪 玉

生活應用科學系

摘要

二位障礙幼兒，經過三年學前混合就讀計劃後，一位輕度障礙幼兒被安置於國小普通班就讀；另一位中度障礙幼兒安置於特殊機構。

研究工具主要使用觀察與評量兩種方式：時間與事件抽樣觀察方法；評量則採用測驗和量表。

第一年的追蹤報告顯示：輕度障礙幼兒在一般發展均已屬中等，在小學一年級混合就讀普遍情形表現良好。另一名障礙幼兒雖在發展上仍屬中度程度，不過在各方面進步很多。

最後建議，中度障礙幼兒為了實現最少限制的學習環境，轉介到國小啓智班，而輕度障礙幼兒則直升國小普通班二年級混合就讀。

壹、動機與目的

自鄧恩 (Dunn, 1968) 首次提出將輕度障礙兒童回歸到普通班就讀，「回歸主流」的教育措施一直以不同的模式和型態在進行。(Kirk, 1958; Spollen & Ballif's, 1971; Allen et al., 1972; Haring & Krug, 1975; 林寶貴, 民國 76; Macy & Carter, 1978; Wang 1980, 1981, 1984; 蘇雪玉, 民國 77, 民國 79)。

在 1980 年代，經由不斷重覆證實回歸主流計劃是可以有效地實施的 (Guralnick, 1988; Guralnick & Bennett, 1987)。1990 年代的探究主題不再是學前回歸主流是否可行或是否應該鼓勵推行，而是如何設計好的回歸主流計劃以擴大它所發揮的效能。

依據柯克 (Kirk, 1964)，魏爾奇 (Welch, 1967) 的研究指出兒童就讀普通班，其學業成績比在特殊班就讀較佳，不過根據林美和 (民國 69) 的研究，國內的啓智班老師則認為兒童就讀啓智班成績比在普通班表現好，至於人格與社會適應方面，依據柯克 (Kirk, 1964)，克利士多夫與雷滋 (Christophos & Renz, 1963) 研究，指出兒童就讀特殊班，人格與社會適應比在普通班有較佳的適應，較好的自我觀念，不過詹森 (Johnson, 1950)，伯德溫 (Baldwin, 1958) 則認為兒童就讀普通班，其人格與社會適應傾向於孤立與被排斥感。

因此對學前混合就讀成效問題可分別從智能不足兒童的發展，學業成就、人格與適應方面來從事研究。

民國七十五年本人開始進行的「二位學前障礙幼兒與一般正常幼兒混合就讀」的第一階段三年計劃已於七十八年夏告一段落，其中中度障礙幼兒在一年混合就讀之後即因其發展未見進步及干擾性行為而被轉介到特教機構，另一名輕度障礙幼兒則結束學前教育，進入小學普通班就讀。此項二位學前障礙幼兒的第一年追蹤報告目的為：

- (一) 分析二位障礙幼兒的遊戲行為和社會化過程。
- (二) 觀察二位障礙幼兒與老師及同儕間的社會互動情形。
- (三) 分析二位障礙幼兒的上課學習情形。
- (四) 討論障礙幼兒在智力、語言發展、基本生活能力和社會適應行為的測驗結果。
- (五) 瞭解幼兒乙在小學適應上所呈現出來的問題。

貳、個案甲

一、研究方法

(一) 幼兒甲描述

年齡七歲九個月，中度障礙兒、出生時患有點頭抽筋症，已有三年未再出現。獨子，家中有父母。

(二) 幼兒安置、教學環境

1. 教育安置：第一兒童發展中心（以下簡稱第一），上學期每星期六回歸輔大生科系附設托兒所（以下簡稱輔幼）混合就讀，下學期因接送太遠而中斷。
2. 回歸輔幼之教學策略：（蘇雪玉，民國 79）由老師介入自由角落時間，嘗試協助幼兒甲與一般幼兒產生互動，同時教導一般幼兒如何與幼兒甲互動。
 - (1) 情境佈置，例如：開放幼兒喜愛的角落，如娃娃家。
 - (2) 安排主題，例如：幼兒甲喜愛的醫生病人角色扮演。
 - (3) 當其他幼兒想與他互動時，從旁協助幼兒，並且使互動能持續。
 - (4) 直接教導幼兒甲適當的互動行為和對話。
 - (5) 提供需要多人共同操作的玩具，例如：玩具打字機可以吸引許多幼兒，且同時可以多人一起按鍵，因而產生互動的機會。

(二)研究工具及實施過程

1. 測量工具及實施過程：

- (1) 比奈西蒙智力量表（第四次修訂本，教育部國民教育司編訂）此修訂本保持比奈式（Binet-type）量表的主要特點，為一年齡量表，所測量的係普通心理適應能力。每學年施測一次。
- (2) 學前兒童語言發展量表（PLS）（張正芬，鍾玉梅，民國 75）根據 1979 年版 Preschool Language Scale（簡稱 PLS）修訂而成。全量表由聽覺理解與口語表達二份測驗構成，為評量二足歲至五歲十一個月兒童語言能力之個別化測驗。每學年施測一次。

2. 觀察方法與實施過程：

(1) 觀察方法：

①時間與事件抽樣：

- (a) 自由活動時間：由 2 名觀察員利用 30 秒時間抽樣及事件抽樣二種方式一同觀看攝影記錄而記錄之。記錄表上所包括的遊戲項目是依據巴頓（Parton, 1932）的六種社會性遊戲範圍，而採用其中前五項，分別為：游動行為、旁觀行為、單一遊戲、平行遊戲和聯合遊戲。
- (b) 教室內上課時間，每次仍以 10 分鐘為限。上課行為分成「不專心」、「旁觀」、「參與」、「互動」和「干擾」五項，評定方式與自由活動時間相同。

②個案觀察記錄：在觀察廊由觀察員做自然觀察法中的連續描述（running record）予以記錄，以作為進一步了解幼兒行為時的參考，每星期實施一次，項目包括全天活動。

(2) 實施過程：採用攝影記錄方式，每星期攝影一次，包括：

- ①幼兒全天活動作息。
- ②教室內自由角落時間及戶外活動時間，每次以 10 分鐘為限。
- ③教室內上課時間，每次以 10 分鐘為限。

二、結果與討論

(一) 幼兒甲各項測驗的結果

1. 學前兒童語言發展量表：幼兒甲雖然在語言上有重大突破，但以整體語言的發展程度來分析，與實際年齡仍有一段差距，在聽覺理解和口語表達均有進步，其中聽覺理解比口語表達稍好（見表一）。

表一 幼兒甲學前兒童語言發展量表 (PLS) 施測結果

分類	得 分	6:4		6:8		7:3	
		原始分數	年齡分數	原始分數	年齡分數	原始分數	年齡分數
聽 覺 理 解	18	2:11		24	3: 6	27	3:10
口 語 表 達	11	2:11		11	2:11	16	3: 7
總 分	29	2: 9		35	3: 2	43	3: 8

2. 比西智力量表：由表二顯示：第三年幼兒甲在比西智力量表所測得心齡為 3-11，智商為 52，而第四年心齡為 4-0，智商為 47。依據比西智力量表智商的分類，幼兒甲列為智能不足者。

表二 幼兒甲比奈西蒙智力量表施測結果

實 足 年 齡	6- 7	7-4
心 理 年 齡	3-11	4-0
智 商	52	47

3. 生活自理、認知與學業、精細動作、社會與情緒和學前準備能力（第一兒童發展中心提供）：
- (1) 生活自理方面：大小便、穿著、飲食及漱洗均佳，自己完全主動去做。
 - (2) 語言方面：一般語言，指令均理解並可以 10 個字左右表達自己的想法、需求。
 - (3) 認知與學業：顏色、大小形狀等基本概念均佳，唱數 1~60，5 以內的加法以畫圖方式計算，閱讀方面則記得姓名、年齡、性別、部分名詞和動詞。
 - (4) 精細動作：易將玩具破壞，可操作 20~30 塊拼圖；握筆方面可寫數字 1~20、自己姓名、簡單國字，如大、小、上、下、日，並且會使用剪刀、膠水等簡易工具。
 - (5) 社會與情緒：穩定性尚可，參與小組偶而會分心，喜歡團體唱遊及遊戲，並無嚴重行為問題。
 - (6) 學前準備：注意力在個別指導時佳，小組上課偶而會分心，學習動機佳。

(二)上課行為分析

1. 將幼兒上課行為分成：不專心、參與、旁觀、互動和干擾等五項行為，由表三看出，第四年幼兒甲上課行為依出現頻率高低，依序為參與、互動、不專心、旁觀和干擾行為。以正向的參與和互動為主。第三年的學前階段與第四年相似，不過第四年的「干擾」行為顯著減少 ($\chi^2=8.1$, $p<0.01$)。第四年，幼兒甲上課中敲擊桌面聽聲音，互擊東西敲出聲音的干擾性行為不再出現。

表三 幼兒甲上課行為分析（第一）

次數 (百分比)	第三年		第四年					
	第一		第一學期		第二學期		全年合計	
	N	%	N	%	N	%	N	%
不專心	48	13.8	19	8.8	12	6.6	31	7.8
參與	146	42.1	92	42.8	103	56.6	195	49.1
旁觀	10	2.9	9	4.2	2	1.1	11	2.8
互動	110	31.7	95	44.2	63	34.6	158	39.8
干擾	33	9.5	0	0	2	1.1	2	0.5
合計	347	100	215	100	182	100	397	100

2. 由表四看出，第三年及第四年互動行為之起始者均以老師為主，不過第四年以老師為起始者的互動行為顯著降低 ($\chi^2=5.31$, $p<0.05$)，而由幼兒甲起始的互動行為則顯著升高 ($\chi^2=12.76$, $p<0.001$)。雖然第四年上下學期比較時，下學期因學習內容深度增加以及老師要求幼兒甲各項技能的完整和熟練度的增加，因而由老師起始的互動行為增加，不過整體來看，由第三年與第四年的比較結果顯示幼兒甲到了第四年上課中主動性顯然增加。
3. 表五顯示，幼兒甲互動對象以老師為主，比較上下學期，幼兒甲以老師為互動之對象頻率顯著降低，($\chi^2=4.48$, $p<0.05$)，而以其他障礙兒為對象增高並呈顯著差異 ($\chi^2=23$, $p<0.01$) 顯示幼兒甲開始與其他幼兒產生互動，社會化能力的進步。
4. 由表六中看出，溝通方式，幼兒甲第四年以語言為主，頻率高達 82.7%，幼兒甲在學前階段第三年以肢體動作和聲音為主，以語言溝通頻率最少，不過到了第四年則在語言能力上有重大突破，轉變以語言溝通為主。

表四 幼兒甲上課中互動行為之起始者分析（第一）

次數 (百分比)	第三年		第四年					
	全學年合計		上學期		下學期		全學年合計	
	N	%	N	%	N	%	N	%
起始者								
老師	99	90.0	56	58.9	50	79.4	106	67.1
其他障礙兒	2	1.8	1	1.1	3	4.8	4	2.5
幼兒甲	9	8.2	38	40.0	10	15.9	48	30.4
合計	110	100	95	100	63	100.1	158	100

表五 幼兒甲上課中由幼兒甲起始互動行為之對象分析（第一）

次數 (百分比)	第三年		第四年					
	全學年		上學期		下學期		全學年合計	
	N	%	N	%	N	%	N	%
互動對象								
老師	8	88.9	37	97.4	7	70	44	91.7
其他障礙兒	1	11.1	1	2.6	3	30	4	8.3
合計	9	100	38	100	10	100	48	100

表六 幼兒甲上課互動行為中的溝通方式分析（第一）

次數 (百分比)	第三年		第四年					
	第一		第一		第一		第一	
	N	%	N	%	N	%	N	%
溝通方式								
肢體動作(手勢)	48	43.6	8	9.2	18	28.6	26	17.3
聲音	38	34.5	0	0	0	0	0	0
語言	24	21.8	79	90.8	45	71.4	124	82.7
合計	110	99.9	87	100	63	100	150	100

($\chi^2=35.49$, $p<0.001$), 肢體動作顯著下降 ($\chi^2=11.35$, $p<0.001$), 而以聲音溝通的方式則完全不再出現 ($\chi^2=34.5$, $p<0.001$)。

(三) 遊戲行為分析

- 由表七顯示，幼兒甲第四年在第一兒童發展中心以聯合遊戲、平行遊戲和單一遊戲為主，游動行為最少。比較學前階段，幼兒甲學前以平行遊戲頻率最高，而到了第四年則以聯合遊戲出現率最高。遊戲互動中，由表八看出，以老師為起始者居多，但比較學前與第四年則顯現到了第四年由老師起始之互動行為顯著降低 ($\chi^2=5.93, p<0.02$)，而由幼兒甲起始之互動行為則顯著增高 ($\chi^2=18.89, p<0.001$)。幼兒甲在第四年的主動性和社會性均有明顯進展。
- 在第一的互動對象由表九可看出，仍以老師居高。比較學前階段則顯示幼兒甲學前階段完全以老師為主，到第四年幼兒甲互動對象有由老師轉向其他障礙兒的傾向，以其他障礙兒為對象則有顯著差異 ($\chi^2=12.8, p<0.001$)。

表七 幼兒甲遊戲行為分析

次數 (百分比)	第三年				第四年							
	第一		輔幼		輔上學期		幼上學期		第一下學期		第二下學期	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
游動行為 U	1	1.1	116	20.0	22	7.4	13	5.4	1	0.6	14	3.4
單一遊戲 S	1	1.1	207	35.7	72	24.2	78	32.4	55	32.4	133	32.4
旁觀行為 O	5	5.6	57	9.8	10	3.4	10	4.1	11	6.5	21	5.1
平行遊戲 P	48	53.3	65	11.2	88	29.5	56	23.2	42	24.7	98	23.8
聯合遊戲 A	35	38.9	135	23.3	106	35.6	84	34.9	61	35.9	145	35.3
合計	90	100	580	100	298	100.1	241	100	170	100.1	411	100

U：游動行為 S：單一遊戲 O：旁觀行為 P：平行遊戲 A：聯合遊戲

表八 幼兒甲在聯合遊戲中互動行為起始者分析

次數 (百分比)	第三年				第四年							
	第一		輔幼		輔上學期		幼上學期		第一下學期		第二下學期	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
起始者												
老師	31	88.6	19	14.1	46	43.4	46	55.4	39	63.9	85	59.0
其他障礙兒	2	5.7	33	24.4	30	28.3	6	7.2	6	9.8	12	8.3
幼兒甲	2	5.7	83	61.5	30	28.3	31	37.3	16	26.2	47	32.6
合計	35	100	135	100	106	100	83	99.9	61	99.9	144	99.9

表九 幼兒甲在聯合遊戲中由幼兒甲起始互動行為之對象分析

次數 (百分比)	第三年				第四年								全學年合計	
	第一		輔幼		輔上學期		幼期		第一上學期		第一下學期			
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%		
老 師	2	100	56	76.5	25	83.3	26	83.9	15	93.8	41	87.2		
其他障礙兒	0	0	27	32.5	5	16.7	5	16.1	1	6.2	6	12.8		
合 計	2	100	83	100	30	100	31	100	16	100	47	100		

3. 由表十亦可看出，幼兒以語言溝通為主，肢體動作次之，幼兒甲的肢體動作溝通，大部分發生在遵從老師的指令和指導時。比較第四年與第三年，溝通方式並無顯著差異，但以聲音溝通的方式到了第四年則完全消失，有顯著差異 ($\chi^2=8.6$, $p<0.01$)。

表十 幼兒甲在聯合遊戲中溝通方式分析

次數 (百分比)	第三年				第四年								全學年合計	
	第一		輔幼		輔上學期		幼期		第一上學期		第一下學期			
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%		
肢體動作	11	31.4	70	51.9	24	22.6	20	25.6	25	41.0	45	32.4		
聲音	3	8.6	4	2.9	0	0	0	0	0	0	0	0		
語言	21	60.0	61	45.2	82	77.4	58	74.4	36	59.0	94	67.6		
合 計	35	100	135	100	106	100	78	100	61	100	135	100		

4. 第四年上學期和第三年在輔幼的遊戲行為比較則結果如下：由表七可看出：第三年出現之遊戲行為中，頻率最高的前三項為聯合遊戲、單一遊戲和游動行為，仍包含單一遊戲和游動行為兩項非社會化行為。到了第四年則因老師的介入計劃，以社會化行為的聯合遊戲和平行遊戲為主。游動行為和單一遊戲降低。至於互動的起始者由表八顯示，第三年在輔幼以幼兒甲為主，第四年上學期則因介入計劃，以老師為起始者之頻率稍微增高。至於幼兒甲互動之對象由表九得知第三年和第四年仍持續以老師為主。溝通方式均以語言為主表十。

三、結論與建議

(一)結論

第四年雖然在概念理解、生活自理、語言聽覺理解和口語表達，環境理解和人際關係上均有進步，不過在發展上仍屬中度障礙兒。在上課行為上，學前階段之干擾性行為顯著減少，以「參與」和「互動」為主要行為，上課時主動性增加，尤其在溝通方式上有重大突破，以語言溝通為主。至於在遊戲行為和社會化過程來看，學前階段第三年仍在平行遊戲的層次，到了第四年則以聯合遊戲為主，社會互動能力增加，同時互動對象也由老師轉向其他幼兒，溝通方式也以語言為主，聲音的方式完全不再出現。

幼兒甲在第四年上學期每星期回歸輔幼一次雖然社會互動機會增加，不過由於互動技巧和溝通表達能力之不足，與同儕發生真正互動的情形仍然很少。

(二)建議

第四年在特教機構受教、不論在學業上、語言溝通、生活自理和社會互動上有很大的進步。在探尋回歸主流的途徑，考慮最少限制之環境之下，幼兒甲如繼續留在特教機構中，則因幼兒人數少，障礙程度均為中重度，互動機會不多，學習環境受限，不過以他的發展程度及學習能力仍需接受結構性和個別化教育，無法馬上進到正常班混合就讀，所以建議下學年度將幼兒甲轉到國小啓智班。

叁、個案乙

一、研究方法

(一) 幼兒描述

年齡七歲，是發展遲緩之臨界兒，溝通能力差，內向。長子，下面有兩個弟弟，家中有父母。

(二) 幼兒安置、教學環境

學前階段安置於輔幼，第四年進入臺北縣樹林鎮文林國小普通班就讀，並接受老師課外輔導。

(三) 研究工具及實施過程

1. 測量工具及實施過程：

(1) 學前兒童語言發展量表。

- (2) 魏氏兒童智力量表（第一次修訂版）。係根據美國 1974 年版之 WISC-R 修訂而成。其適用範圍為 6 歲至 15 歲兒童及青少年。量表內容主要分成兩大部分：語文量表和作業量表。語文量表包括五個分測驗：常識、類同、算術、詞彙、理解和記憶廣度測驗；作業量表包括五個分測驗：圖形補充、連環圖系、圖形設計、物形配置、符號代替和迷津測驗。本研究內每學年施測一次。
- (3) 修訂適應行爲量表（徐享良，民國 75 修訂）依據美國智能不足協會（AAMD）所編製的適應行爲量表（ABS, 1974）為藍本。主要評量基本生活能力及失調的社會適應行爲。適用於臺灣地區六至十八歲之一般學生、輕度智能不足者及中、重度智能不足者。本研究每學年施測一次。

2. 觀察方法及實施過程：

(1) 觀察方法：

①時間與事件抽樣：教室上課時間，由 2 名觀察員利用 30 秒時間抽樣及事件抽樣二種方式一同觀看錄影帶而記錄之。記錄表上分成「參與」「不專心」「旁觀」「互動」四項。

②下課自由活動時間的觀察方法與幼兒甲的方法相同。

(2) 實施過程：採攝影記錄之方式，每星期攝影一次，包括：

①教室內上課時間，每次以 10 分鐘為限。

②下課自由活動時間，每次以 10 分鐘為限。

3. 父母及老師訪視記錄及實施過程：每學期訪視幼兒乙之父母及老師兩次，以作為了解幼兒行爲時的參考。

二、結果與討論

(一) 幼兒乙各項測驗的結果

1. 學前兒童語言發展量表（學前大班和小學時施測）：由表十一可看出，幼兒乙在語言發展上聽覺理解優於口語表達，由大班到小學進步很大。

表十一 幼兒乙學前兒童語言發展量表 (PLS) 施測結果

分類 得 分	施測時幼兒 實際年齡	5:7		6:3		6:7	
		原始分數	年齡分數	原始分數	年齡分數	原始分數	年齡分數
聽 覺 理 解		24	3:6	36	5:3	41	6:10
口 語 表 達		15	3:5	22	4:8	26	6: 6
總 分		39	3:5	58	4:9	67	6: 3

2. 修訂適應行為量表（小學一年級施測）：由圖 1 顯示：第一部分剖面圖，幼兒乙在生活自理能力、家庭經濟能力和數量時間觀念三項顯示低適應行為功能。再則幼兒乙的獨立能力中的生活自理能力和家庭經濟活動明顯低於認知發展能力。其解釋為家長對孩子的過度保護，養成幼兒依賴習性。第二部分剖面圖 2 顯示幼兒在暴力行為、反社會行為、反抗行為、退縮行為和乖異行為領域上失調。以下就上述各行為層面之項目加以舉例說明：

- (1) 暴力行為：撞人、抓人、捏人、弄髒自己和別人的東西，撕破自己和別人的雜誌、書籍等所有物。
- (2) 反社會行為：一直指使別人依令行事，發出噪音，干擾他人閱讀，隨意躺在他人要用的家具上，未經允許使用他人物品，不能辨識自己和別人的物品。
- (3) 反抗行為：違反規定如在禁地吃東西、不遵守交通號誌，對指示，不加以注意，拒絕做所指定的工作，遲遲不着手進行指定的工作，故意做出與要求相反的工作，未經允許離開工作或學習場所。在上課、進餐或其他團體活動中，不能安坐原位。
- (4) 退縮行為：坐在椅子上睡覺了，在公眾場合顯示出膽怯害羞的樣子，在社交場合或非正式集會裏，總是躲在人群中。
- (5) 乖異行為：咬或吸吮手指頭及身體的其他部位，咬或吸吮衣服及其他不能吃的物品，在不恰當的場合脫鞋襪、在不當的時間脫衣服、拒絕穿衣服（蘇雪玉，民國 79）。

3. 幼兒智力水準：

- (1) 魏氏兒童智力量表（小學一年級施測）：幼兒乙在此量表測得智商為 104。依據魏氏兒童智力量表的智商分類屬中等或平均。仔細分析比較，幼兒乙在圖形補充、連環圖系測驗、圖形設計、物形配置、符號代替和迷津測驗非語文部分得分高於常識、類同算術；詞彙、理解和記憶廣度測驗語文部分。（見表十二）。

（二）上課學習行為分析

1. 由表十三可看出幼兒乙在小學一年級以「參與」上課之頻率居多，「互動」次之。
 - (1) 如果再將「參與」上課的項目分為 (a) 專心而且了解老師指示，並正確遵行指令，和 (b) 雖然安靜坐着，但對老師的指令不清楚，不能正確遵從老師指令則由表十四可看出，幼兒乙上課中能理解和遵從老師指令的能力仍有待加強、比較上下學期，則顯示 (b) 項行為顯著降低 ($\chi^2=2.88, p<0.1$)，說明幼兒乙在下學期較能進入小

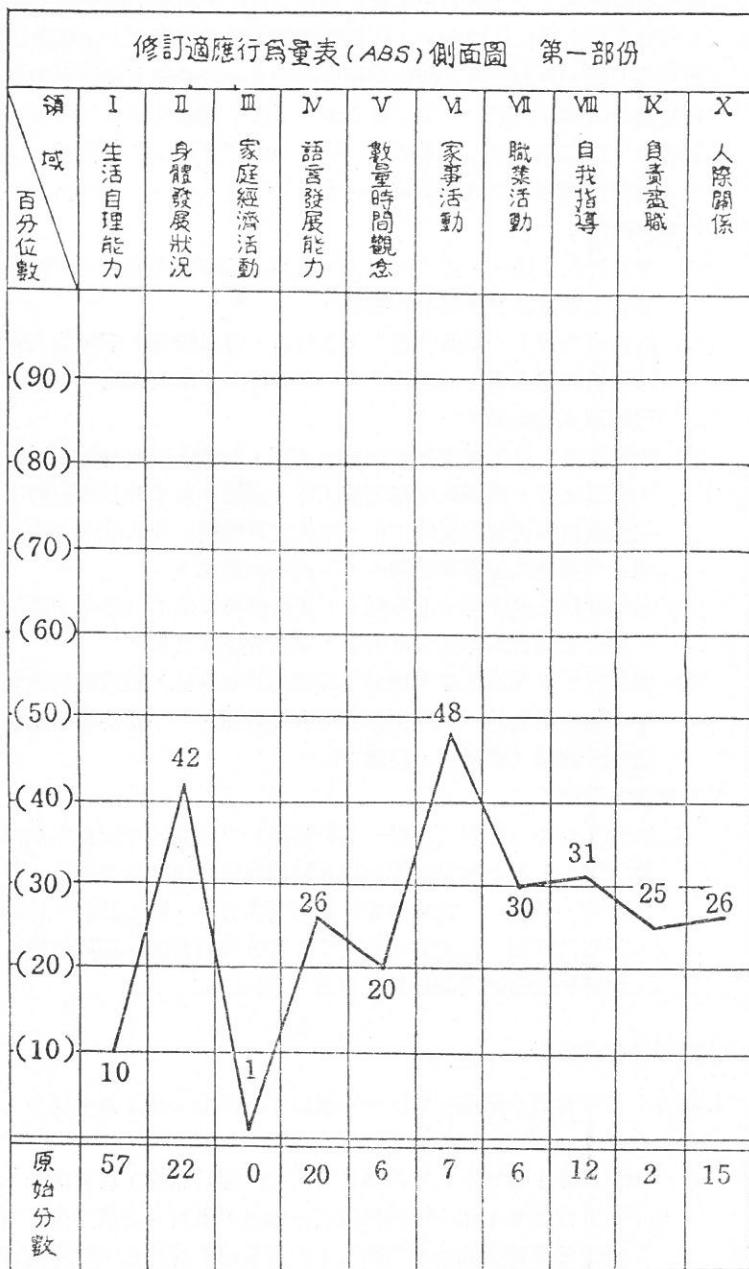


圖 1 幼兒乙修訂適應行為量表側面圖（第一部分）。

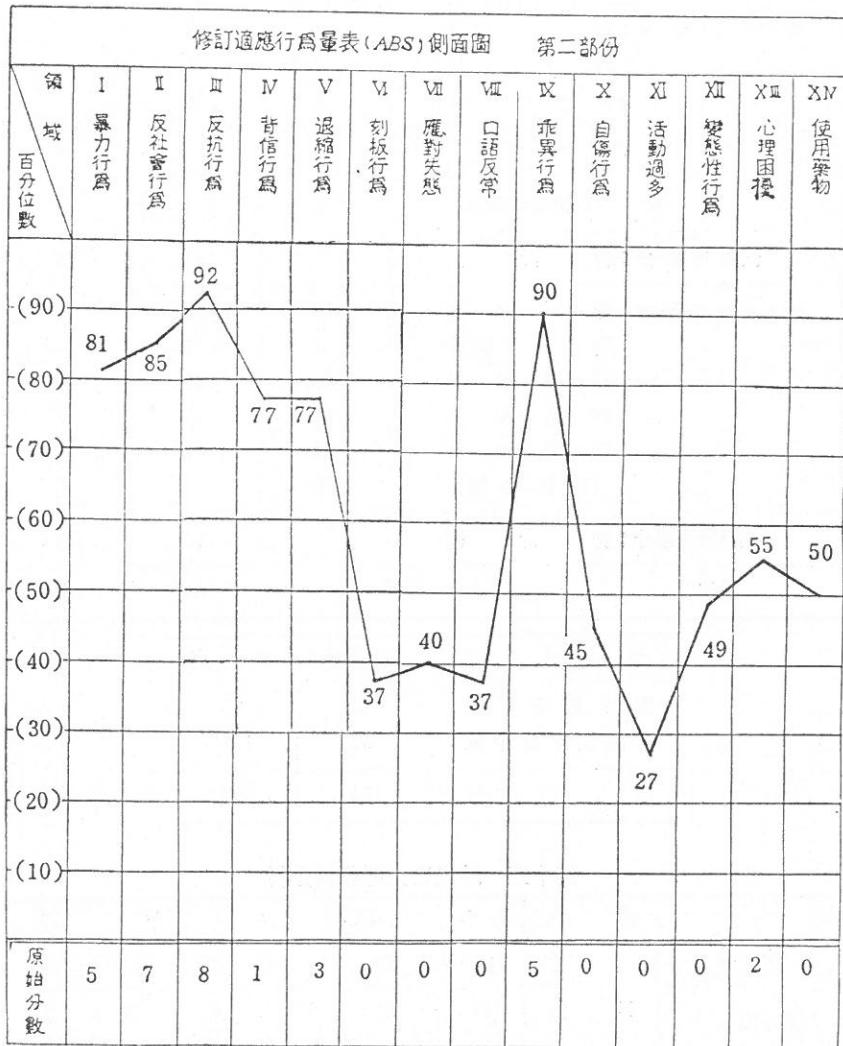


圖 2 幼兒乙修訂適應行為量表側面圖 (第二部分)。

表十二 幼兒乙魏氏兒童智力量表施測結果（小學一年級上學期）

生日：72. 6. 15 施測日期：78. 12. 15 年齡：6 歲 6 個月

分測驗	原始分數	標準分數	智商
壹、語文部分：常識	3	8	
類別	4	9	
算術	4	8	
詞彙	2	4	
理解	4	8	
(記憶廣度測驗)	(4)	(7)	
(一)語文部分：合計 (一)		44	95
貳、非語文部分：圖形補充	15	14	
連環圖系測驗	6	7	
圖形設計	10	10	
物形配置	14	13	
符號代替	24	7	
(迷津測驗)	(10)	(9)	
(二)非語文部分：合計 (二)		60	113
總分		104	104
分測驗	標準分數	智商	
語文部分分數	44	95	
非語文部分分數	60	113	
總分	104	104	

表十三 幼兒乙上課行為分析

次數 (百分比) 行爲類別	學前		小學一年級		全學年合計		N	%		
	大班		上學期		下學期					
	N	%	N	%	N	%				
不專心	0	0	30	8.1	32	8.8	62	8.4		
參與	39	76.5	255	68.5	193	53.2	448	61.0		
旁觀	6	11.8	9	2.4	45	12.4	54	7.3		
互動	6	11.8	78	21.0	93	25.6	171	23.3		
合計	51	100.1	372	100	363	100	735	100		

表十四 幼兒乙上課「參與」行爲分析

次數 (百分比) 行爲類別	學前		小學一年級					
	大班		上學期		下學期		全學年合計	
	N	%	N	%	N	%	N	%
a	39	100	224	86.2	181	93.8	405	89.4
b	0	0	36	13.8	12	6.2	48	10.6
合計	39	100	260	100	193	100	453	100

a. 專心上課，能瞭解並正確遵從老師指令。

b. 安靜參與，但不能清楚了解老師的指令或正確遵從老師的指令。

學的學習狀況。又與學前階段比較，雖均以「參與」項目居大部分，其中正向的「互動」行爲顯着增加 ($\chi^2=3.76, p<0.1$)，但其中屬於負向行爲的「不專心」也顯着增加 ($\chi^2=8.4, p<0.01$)。分析其原因可能與幼兒乙仍無法完全適應上課方式及教室規則有關連。

- (2) 將「不專心」上課項目分成 (a) 左顧右盼和 (b) 突然作出不是上課該做的行爲舉動，例如：跑離座位，在座位與座位之間游動等，則由表十五可發現 (b) 項行爲佔「不專心」項目高達 64.5%，再則比較上下學期，則顯示幼兒乙 (a) 項行爲稍微增高，反之 (b) 項行爲則降低，似乎幼兒乙在下學期較能遵守教室規則。

表十五 幼兒乙上課「不專心」行爲分析

次數 (百分比) 行爲類別	學前		小學一年級					
	大班		上學期		下學期		全學年合計	
	N	%	N	%	N	%	N	%
a	0	0	9	30	13	40.6	22	35.5
b	0	0	21	70	19	59.4	40	64.5
合計	0	0	30	100	32	100	62	100

a. 左顧右盼不專心。

b. 做出不是上課該做的行爲舉動。

2. 由表十六上課中互動行爲起始者以幼兒乙和老師為主，而且由幼兒乙起始之頻率高於老師。比較上下學期，顯示由幼兒乙起始之互動行爲增加，反之由老師起始的互動行爲則顯着降低 ($\chi^2=4.36, p<0.05$)、下學

表十六 幼兒乙上課中互動行爲之起始者分析

次數 (百分比)	學 前		小 學 一 年 級					
	大 班		上 學 期		下 學 期		全學年合計	
	N	%	N	%	N	%	N	%
老 師	5	83.3	27	33.3	17	18.3	44	25.3
一 般 幼 兒	0	0	20	24.7	22	23.7	42	24.1
幼 兒 乙	1	16.7	34	42.0	54	58.1	88	50.6
合 計	6	100	81	100	93	100.1	174	100

期幼兒乙主動性增加，老師需付出的注意力則顯着減少。與學前階段來作比較，亦可知，幼兒乙在學前大班互動行爲之起始者以老師為主，而到小學一年級則以幼兒乙為主，且由老師起始的互動行爲顯着降低($\chi^2=30.97, p<0.001$)而由幼兒乙及一般幼兒起始之互動行爲則顯着增高(幼兒乙， $\chi^2=17.07, p<0.001$ ；一般幼兒， $\chi^2=24.1, p<0.001$)。顯示幼兒乙在學前階段大班被動性由老師主導的互動行爲，在小學一年級漸漸改變，幼兒乙的主動性增高。

3. 互動對象由表十七知，仍以老師為主，顯示幼兒乙與老師之互動關係十分良好，幼兒乙喜歡親近老師，老師也給與適度的關切，比較學前階段，也看出幼兒乙到了小學一年級，以老師為互動對象明顯降低($\chi^2=8.65, p<0.01$)，反之以一般幼兒為互動對象顯着增高($\chi^2=37.5, p<0.001$)。比較小學與學前大班，幼兒乙互動對象由老師轉移到一般幼兒，充分顯示幼兒乙的社會能力增加。

表十七 幼兒乙上課由幼兒乙起始互動行爲之對象分析

次數 (百分比)	學 前		小 學 一 年 級					
	大 班		上 學 期		下 學 期		全學年合計	
	N	%	N	%	N	%	N	%
老 師	1	100	23	67.6	32	59.3	55	62.5
一 般 幼 兒	0	0	11	32.4	22	40.7	33	37.5
合 計	1	100	34	100	54	100	88	100

4. 溝通方式仍與語言為主，肢體動作為副，比較學前大班由表十八看出有顯著差異（語言溝通， $x^2=26.56, p<0.001$ ），而肢體動作，手勢亦顯著降低（ $x^2=17.45, p<0.001$ ）。幼兒乙在小學一年級語言能力顯著增高。

表十八 幼兒乙上課互動行為的溝通方式分析

次數 (百分比)	學前		小學一年級					
	大班		上學期		下學期		全學年合計	
	N	%	N	%	N	%	N	%
肢體動作（手勢）	5	83.3	33	42.3	31	33.3	64	37.4
聲音	0	0	0	0	0	0	0	0
語言	1	16.7	45	57.7	62	66.7	107	62.6
合計	6	100	78	100	93	100	171	100

(三) 遊戲行為及社會化情形

1. 由表十九可知，幼兒乙在小學一年級所呈現的主要遊戲行為依出現頻率高低依序為：平行遊戲、聯合遊戲、旁觀行為、單一遊戲和游動行為，以社會化正向行為為主。與學前大班階段一樣，但其中單一遊戲顯著增加（ $x^2=11.42, p<0.001$ ），其他行為則稍微降低。解釋其原因，可能為幼兒乙初入陌生環境，面對新的老師和同學，加上個性內向、社會技能不足，所呈現的現象。

表十九 幼兒乙遊戲行為分析

行爲類別	學前		小學一年級					
	大班		上學期		下學期		全學年合計	
	N	%	N	%	N	%	N	%
U	34	5.0	14	5.2	8	3.4	22	4.4
S	18	2.6	49	18.4	41	17.3	90	17.9
O	163	23.9	62	23.2	58	24.5	120	23.8
P	268	39.3	74	27.7	71	30.0	145	28.8
A	199	29.2	68	25.5	59	24.9	127	25.2
合計	682	100	267	100	237	100.1	504	100.1

U：游動行為

S：單一遊戲

O：旁觀行為

P：平行遊戲

A：聯合遊戲

2. 在聯合遊戲的互動行為中，起始者以幼兒乙與一般幼兒為主。比較上下學期，由表二十得知上學期以一般幼兒起始互動行為之頻率多於幼兒乙，但到了下學期由幼兒乙起始互動行為則顯著增加 ($\chi^2=6.99, p<0.01$) 且超過由一般幼兒起始的互動行為，同時，由一般幼兒起始的互動行為也顯著降低 ($\chi^2=6.78, p<0.01$)。解釋上述結果，其中原因之一，即上學期老師特別指派班上同學陪伴他，到了下學期幼兒乙已熟悉環境，且他隨和的個性和渴望接近同學的傾向，使其主動性增加。至於與學前大班比較，則小學一年級由老師起始之互動行為則顯著下降 ($\chi^2=3.82, p<0.1$)。

表二十 幼兒乙在聯合遊戲中起始者分析

次數 (百分比)	學 前		小 學 一 年 級					
	大 班		上 學 期		下 學 期		全 學 年 合 計	
	N	%	N	%	N	%	N	%
老 師	23	11.6	2	2.9	3	5.1	5	3.9
一 般 幼 兒	80	40.2	35	51.5	12	20.3	47	37.0
幼 兒 乙	96	48.2	31	45.6	44	74.6	75	59.1
合 計	199	100	68	100	59	100	127	100

3. 由表二十一看出幼兒乙在互動行為中之對象以一般幼兒為主，與學前大班階段相似，不過到了小學一年級對老師之互動則明顯增加 ($\chi^2=6.40, p<0.02$)。小學中，社會能力要求增高。幼兒乙貧乏的溝通技能仍只能以老師為互動訴求，尚無法進入一般幼兒當中。

表二十一 幼兒乙在聯合遊戲中由幼兒乙起始互動行為之對象分析

次數 (百分比)	學 前		小 學 一 年 級					
	大 班		上 學 期		下 學 期		全 學 年 合 計	
	N	%	N	%	N	%	N	%
老 師	15	15.6	7	22.6	10	22.7	17	22.7
一 般 幼 兒	81	84.4	24	77.4	34	77.3	58	77.3
合 計	96	100	31	100	44	100	75	100

4.由表二十二顯示，幼兒乙溝通方式以語言為主，肢體動作次之。比較上下學期，以語言溝通的頻率遽增 ($\chi^2=11.50, p<0.001$)。不過與大班階段比較，則小學時肢體動作顯著增加 ($\chi^2=10.62, p<0.01$)，反之語言溝通顯著降低 ($\chi^2=3.80, p<0.1$)。其原因可能為小學自由時間，以戶外空間為主，活動場地大，所從事活動如溜滑梯、追逐跑跳等，大多屬於不需語言互動的戶外活動所致。

表二十二 幼兒乙在聯合遊戲中溝通方式分析

次數 (百分比)	學前		小學		一年級		全學年合計	
	大班		上學期		下學期			
	N	%	N	%	N	%		
肢體動作 (手勢)	30	15.1	39	56.5	11	18.6	50 39.1	
聲音	1	0.5	0	0	0	0	0 0	
語言	168	84.4	30	43.5	48	81.4	78 60.9	
合計	199	100	69	100	59	100	128 100	

三、結論與建議

(一) 結論

由學前階段在發展上界於輕度障礙與臨界之間，但到了小學一年級已進步到中等正常範圍。在上課行為表現上，因進入新的陌生學習環境，對小學上課方式及教室規則上因認知能力上不足而無法適應，不過比起學前階段，幼兒乙主動性明顯增加。至於遊戲行為方面的表現仍保持以平行遊戲為主，而單一遊戲也因他社會溝通技巧的不夠和語言表達能力不足而顯示增加現象，至於互動對象仍以老師為主，其他同學為副。至於瞭解幼兒乙在小學一年級面對的困難如下：

- (1) 幼兒溝通與語言表達能力差，加上個性內向，雖然內心十分渴望參與同儕互動，表現在外則說話時聲音不大，含在口內不清楚，一旦沒得反應很容易放棄，因此無法與同班同學產生持續而有意義的互動。
- (2) 無法遵從複雜的指令，常是只記得第一個步驟，忘記其他，需要老師、同學從旁提醒和協助。
- (3) 小肌肉能力不好，厭惡寫字，因而影響需以書寫表達的考試和學習，常拒絕寫考卷，小學以書寫方式測驗的方式是幼兒乙面臨的最大困難。
- (4) 小學課業進度快，學業上仍需老師付出額外關注及督導，無法獨立完成作業。

- (5) 生活常規及生活自理能力差，因此常亂丟東西，對身邊事物之處理漠不關心。

(二)建議

在小學一年級不論在發展上和學習上均有進步，且看到混合就讀的正面效益。當然也伴隨着一些學習上的困難。現在針對幼兒乙所面臨的問題提出以下幾點建議：

- (1) 課外可去上陶藝或美術班，加強小肌肉之能力，以幫助幼兒克服恐懼寫字的障礙。
- (2) 為補救語文表達能力之不足及課業上進度需要課後個別輔導。
- (3) 由於老師知道幼兒的程度，因此在幼兒行為表現上的要求較為寬鬆，進入二年級後，老師的標準可能需作適度調整，對幼兒的期望和要求要多多提高，以增加幼兒獨立自主的能力。
- (4) 針對幼兒乙不喜歡用書寫考試之方法，建議其他考試及學習之方法，例如用口語回答或表演等方式，以避免因對寫字的排斥而阻礙幼兒表達能力和學習的機會。

伍、謝　　誌

此次研究報告十分感謝聖言會單位提供之經費補助。

參　考　資　料

- (1) 林美和，「國小教師對輕度智能不足兒童的教育態度研究」，師大學報，二十五期，p. 112（民國 69）。
- (2) 林寶貴、包美伶，「聽障學生回歸主流教育實驗報告」（民國 76）。
- (3) 徐享良，「修訂適應行為量表使用手冊」，國立臺灣教育學院特殊教育學系印行（民國 75）。
- (4) 張正芬、鐘玉梅，學前兒童語言發展量表之修訂及其相關研究，特殊教育研究學刊，第 2 期，第 37~52 頁（民國 75）。
- (5) 蘇雪玉，「學前障礙幼兒與一般正常幼兒混合就讀之效果一二個個案研究」，輔仁學誌，第 22 期，第 61~76 頁（民國 77）。
- (6) 蘇雪玉，「二位學前障礙幼兒與一般正常幼兒混合就讀之效果探討」，臺北市，藝軒圖書出版社（民國 79）。
- (7) K.E. Allen, P.M. Benning and T.W. Drummond, "Case 16: Julie: Integration of Normal and Handicapped Children in a Behavior Modification Preschool: A Case Study", In G. Semb (Ed). Behavior Analysis Education. Lawrence, K.S.: University of Kansas Press (1972).

- (8) W.K. Baldwin, "The Social Position of Mentally Handicapped Children in the Regular Classes in the Public School", *Exceptional Children*, 25, 106-108 (1958).
- (9) F. Christophos and P. Renz, "A Critical Examination of Special Education Program", *Journal of Special Education*, 3(4), 371-380 (1963).
- (10) L.M. Dunn, "Special Education for the Mildly Retarded-is much of it Justifiable?", *Exceptional Children*, 35(1), 5-22 (1968).
- (11) M.J. Guralnick, "Efficacy Research in Early Childhood Intervention Programs", In S.L. Odom and M.B. Karnes (Eds.), *Early Intervention for Infants and Children with Handicaps: An Empirical base* (pp. 75-88). Baltimore: Brookes (1988).
- (12) M.H. Guralnick and F.C. Bennett, (Eds.), *The effectiveness of Early Intervention for at-risk and Handicapped Children*. New York: Academic Press (1987)*.
- (13) N.G. Haring and D.A. Krug, "Placement in Regular Programs: Procedures and Results", *Exceptional Children*, 41, 413-417 (1975).
- (14) G.O. Johnson, "A Study of the Social Position of Mentally Handicapped Children in the Regular Grades", *American Journal of Mental Deficiency*, 55, July, 60-89 (1950).
- (15) S.A. Kirk, "Early Education of the Mentally Retarded", Urbana, Ill: University of Illinois Press (1958).
- (16) D.J. Macy and J.L. Carter "Comparison of a Mainstream and Self-contained Special Education Program", *Journal of Special Education*, 12, 303-313 (1978).
- (17) J. Spollen and B.L. Ballif, "Effectiveness of Individualized Instruction for Lindergarten Children with Developmental Lag", *Exceptional Children*, 38(3), 205-209 (1971).
- (18) M.C. Wang, "Adaptive Instruction: Building on Diversity", *Theory into Practice*, 19(2), 122-127 (1980a).
- (19) M.C. Wang, "Mainstreaming Exceptional Children: Some Instructional Design and Implementation Considerations", *The Elementary School Journal*, 81(4), 196-221 (1981).
- (20) M.C. Wang and J.W. Birch, "Comparison of a Full Time Mainstreaming Program and a Resource Room Approach", *Exceptional Children*, 51(1), 33-40 (1984).
- (21) E.A. Welch, "The Effects of Segregated and Partially Integrated School Programs on Self-concept and Academic Achievement of Educable Mentally Retarded Children", *Exceptional Children*, 34 (Oct.), 93-100 (1937).

The Integration of Preschool Handicapped and Non-handicapped Children —The First Year Follow Up Study—

SUEH-YU PAULINE SU

Department of Applied Life Science

ABSTRACT

After three year preschool integration program, the mildly handicapped child was placed in the elementary regular classroom and the moderately handicapped was placed in a special school.

Time-sampling and event-sampling observation methods and various tests and scales were used to evaluate the children's growth and social interaction.

The results of the first year follow up study indicated the progress in both children.

In order to fulfill the least restrictive environment for the child, it was suggested that the moderated child transfer to a special class in the regular elementary school.

**ABSTRACTS OF PAPERS BY FACULTY OF
THE COLLEGE OF SCIENCE AND
ENGINEERING THAT APPEARED IN OTHER
REFEREED JOURNALS DURING THE
1990 ACADEMIC YEAR**

A Locally Prescribed Stokes Phenomenon

CHING-HER LIN (林清河)

Chinese Journal of Mathematics, Volume 19, Number 1, March (1991)

Assume that $m \geq 5$ is odd and m complex numbers r_0, r_1, \dots, r_{m-1} are given. There exist $m-2$ complex numbers $a_1, \dots, a_{m-(p+1)}, a_{m-(p-1)}, \dots, a_{m-1}$ such that the Stokes multipliers C_k satisfying $C_k(a_1, \dots, a_{m-(p+1)}, a_{m-(p-1)}, \dots, a_{m-1}) = r_k$ ($k=0, 1, \dots, m-1$).

**Reduction of Nonstationarity and Parameter Analysis
of VHF Radar Returns from the atmosphere**

FU-SHONG KUO, HSIOU-YUNG LUE (呂秀鏞)
AND SHU-ING LIU

Radio Science, 25, 517-526 (1990)

An optimization process to reduce nonstationarity problem yet preserve the reliability of the radar echo signal distribution is developed combining the conventional χ^2 test and numerical simulation techniques. As an application to the real data, we determine the optimized data length to be 128 elements per set for SOUSY data and 256 elements per set for Chung-Li data. For each of such data sets, the echo power P and the modified Rice parameter r are calculated and their statistics are examined. When their time average are plotted as functions of height, we frequently observe the existence of maximum P along with minimum r in Chung-Li data. Such an coupling can be explained as an evidence of the existence of turbulence layer. The cause of the occurrence of turbulence layers in the troposphere over Chung-Li area is briefly discussed.

High-Energy X-Ray Anomalous Scattering Factor for Silicon: Reanalyses of the Experimental Data

M. S. WANG AND SHEAU-HUEY CHIA (賈小慧)

Physical Review B, 43, 13572-13574 (1991)

The experimental data of the high-energy x-ray structure factors for single-crystal silicon are reanalyzed, taking the contributions of the multipole, retardation, and relativistic effects into account, to obtain the real part of the anomalous scattering factor f' of the element. Theoretical calculations that integrate the dispersion integral up to 1 MeV are also performed. Good agreement between theory and experiment is observed.

Dielectric Behavior of Epoxy Resin During Cure: A Vector Voltage Study

SUNG-NUNG LEE (李選能), YUNN-HSIN LIAO,

PIENG-TSUNG HUANG AND JUN-LUNG LEE

Polymer Engineering and Science, 30, 219-227 (1990)

Vector voltage (V_c), measured across a plate electrode filled with resin, is a function of the resin matrix structure. The variation of V_c during the cure process at various frequencies was studied. A peak with minimum V_c value was observed. It was found that the initial stage of heating is mainly a temperature equilibrating step, where the viscosity decreased to a minimum owing to the rapid alignment of the dipole (and ion) species. V_c then ascended as the major cure reaction took place, as the mobilities of the electrical species were lowered in the rather tight matrix structure of the partially cured resin. The quantity of bound charge is an indicator of dipolar and ionic movements within the resin matrix, and was employed to describe the trajectory of the V_c curve. Bound charge conductance was also found to be the dominating factor in the V_c variation when tests were carried out in a low frequency AC field; whereas free charge conductance became more important for tests at high frequency. It was also observed that the cure phenomenon was not detectable from the V_c variation when monitored with an AC frequency of 38 kHz or higher.

**A Classical Trajectory Study of Intramolecular Energy
Redistribution and Overtone-Induced Dissociation
in Dimethyl Peroxide**

F. E. BUDENHOLZER (柏殿宏), C. CHEN,

C. M. HUANG AND K. C. LEONG

J. Phys. Chem., 95, 4213-4220 (1991)

The classical trajectory method has been used to model intramolecular energy redistribution (IVR) and overtone-induced dissociation of CH_3OOCH_3 and its deuterium analogue. Trajectories were run over three potential energy surfaces: (1) a basic surface in which all stretches and bends (except the O-O stretch which was described as a Morse oscillator) were described as pure harmonic oscillators, (2) the basic surface with the addition of quadratic cross terms, and (3) the basic surface with all $\text{CH}(\text{D})$ stretches replaced by Morse oscillators. Three types of trajectories were calculated: (1) long time trajectories of up to 40 ps to determine the dissociation lifetime and dynamics, (2) short time trajectories of 2 ps, used to probe the IVR dynamics, and (3) ensembles of 0.1 ps trajectories, used to determine the rates of energy decay from the initially excited $\text{CH}(\text{D})$ bonds. In general, energy flows irreversibly from the initially excited CH bond on the order of 0.1 ps and quickly disperses throughout the molecule. Dissociation occurred in less than 40 ps only when the total initial energy was at least 48 kcal/mol above the zero-point energy.

A Facile Synthesis of 3-Acyl-1-alkylpyrroles

SHANG-SHING P. CHOU (周善行) AND TIEN-MIN YUAN

Synthesis, 171-172 (1991)

The title compounds **3** were synthesized in good yield by the reaction of dienes **1** with primary aliphatic amines followed by treatment with sodium methoxide.

Mechanistic Studies of the Electrosynthesis of Polypyrroles

JONG-RU RAU, SHOW-CHUEN CHEN (陳壽椿)
AND PAO-HUA LIU

J. of Electroanalytical Chemistry and Interfacial Electrochemistry,
307, 269-274 (1991)

Up to now, very little information has been available on the electrochemical properties reaction mechanism of polypyrrole (Ppy) films. Diaz proposed a radical coupling mechanism consisting of oxidation and dimerization sequences⁽¹⁾, with characteristic electrochemical irreversibilities and broad CV peaks. Later, it was found that Ppy must be initiated by the oxidation of monomers, which requires a potential above 1,200 mV vs. SCE. However, further growth has less stringent requirement; E_{pa} is only 200 mV vs. SCE⁽²⁾. In this study, SEM and the less well-known ATR-IR were also employed in the elucidation of electrosynthetic mechanism for polypyrroles.

Highly Efficient Transfection of *Xanthomonas campestris* by Electroporation

MEI-KWEI YANG (楊美桂), WEI-CHIH SU
AND TSONG-TEH KUO

中央研究院植物學集刊, 32, 197-203 (1991)

Xanthomonas campestris pv. *citri* XW47 was transfected with the replicative form DNA of filamentous phage Cf with extremely high efficiency by electroporation. Bacterial cell suspensions treated with Tris buffer containing MgSO₄ and NaCl were exposed to high voltage pulses at 12.5 kV/cm for a brief period of time (resistance capacitance time constant=7-9 msec). Electric transfection of *X. campestris* pv. *citri* results in frequency as high as 5.2×10^9 pfu per μg of DNA. Highly efficient transfection was also obtained with single-stranded DNA of Cf. Other filamentous phage Xf, both RF DNA and single-stranded DNA were efficiently accepted by *X. campestris* pv. *oryzae*.

604 under the same condition. Electroporation could be also applied in transferring DNAs of Xf and Cf to non-host *X. campestris* strains. However, the efficiencies of transfection were all lower than the efficiencies for their host strains. DNAs isolated from the phage particles after transfection were identified after hybridization with radiolabeled probe prepared from the single-stranded DNAs of Cf and Xf.

**Complete Nucleotide Sequence of Filamentous Phage
Cf1c from *Xanthomonas campestris* pv. *citri***
TSONG-TEH KUO, MIAN-SHIN TAN, MING-TSAN SU

AND MEI-KWEI YANG (楊美桂)

Nucleic Acid Research, 19, 2498 (1991).

In 1987 the filamentous phage Cf1t was isolated from *Xanthomonas campestris* pv. *citri*, which is a phytopathogenic bacterium of citrus canker on orange trees. Cf1t is a smallvirus and contains a positive single stranded DNA molecule, which, upon infection, is converted into a double stranded replicative form of 7,308 base pairs in length. The DNA is encapsulated in a long protein coat^(1,2). This phage forms a turbid plaque, does not greatly affect the growth of the host cell, and integrates its viral DNA into the host chromosome and undergoes a lysogenic cycle. Recently we have observed clear plaque mutants, named Cf1c derived from Cf1t at an appreciable frequency of approximately 1×10^{-3} . The phage yield of Cf1c infected cells is higher than that of Cf1t infected cells, and the growth of Cf1c infected cells is drastically reduced. It is suggested that Cf1c might be a virulent of Cf1t.

The complete sequence of Cf1c DNA was obtained from both strands with overlapping fragments by Sanger's method⁽³⁾. The table shows the sequence homolog between typical filamentous phage f1 and Cf1c. Only a putative TATA Box, which is located at position 5590-5620 in Cf1c was found, and the f1 genes display no significant similarity, lower than 60% to Cf1c. Because the gene structure and sequence are highly conserved between f1, fd, M13 and lke^(4~5). It is suggested that the filamentous phage Cf1c is a novel one, and the functions of Cf1c genes are under investigating now.

**Viral Interference in TO-2 Cells Infected with IPN
Virus Isolated from Clam, *Meretrix lusoria***

CHU-FANG LO, MAU-SHAIN LIN, SU-MEEI LIU,
CHUNG-HSIUNG WANG (王重雄) AND GUANG-HSIUNG KOU
Fish Pathology, 25(3), 133-140 (1990)

The viral interference exhibited by HB-1 virus, a strain of infectious pancreatic necrosis virus (IPNV) isolated from hard clam, *Meretrix lusoria*, was studied. The TO-2 cells infected with serial passage HB-1 virus at 10^0 to 10^{-4} dilutions showed that viral interference was related to the degree of dilution of virus inoculum. The specific viral antigens were detected with immunofluorescent antibody stain technique in TO-2 cells which survived from high multiplicity infection of HB-1 virus. The virus yield in culture fluid from a series of 20 serial undiluted or diluted passages indicated that serial undiluted or low-diluted (10^{-1} to 10^{-2}) passaging of HB-1 virus could induce autointerference in TO-2 cells. The defective interfering (DI) particles in the virus samples were considered to be responsible for the interference.

The SDS-PAGE analyses for the polypeptid composition of virions from serial diluted and undiluted passaging showed that there were differences in β group. The truncated β polypeptides were regarded to be specific polypeptides produced by DI particles generated by serial undiluted passaging. We thus, provided new information concerning IPN DI particles by comparing the properties of the virions produced by serial diluted and undiluted passaging of HB-1 virus, a strain of IPNV.

The Studies of "Beko Disease" in Eel

C. H. WANG (王重雄), W. L. SHIA, Y. S. CHANG,
C. F. LO AND G. H. KOU

NSC Symposium Series, No. 16, 144-154 (1990)

The Microsporea, *Plistophora anguillarum*, is the causative agent of "Beko disease" in Japanese eel, *Anguilla japonica*. This disease

has been studied in the fields of histology, pathology, immunology, biochemistry, artificial infection, and *in vitro* cultivation.

Spectral Property of Cardiotoxin from Taiwan Cobra Venom

WOAN-FANG TZENG (曾婉芳) AND YEE-HSIUNG CHEN (陳義雄)

J. Chinese Biochemical Society, 19, 109-116 (1990)

The fluorescence emission maximum of cardiotoxin was at 305 nm when it was excited at 278 nm. The salts including NaCl, CaCl₂, CsCl, NH₄Cl, MgCl₂ caused no shift of the spectral maximum but enhanced the fluorescence intensity of toxin. The salt-induced fluorescence enhancement may be attributed to the local conformational changes induced by charge interaction between Cl⁻ and Lys residues neighboring Tyr. Acrylamide, phosphate and KI, on the other hand, quenched the toxin fluorescence. There appeared two kinds of phosphate-binding sites in the CTX molecule. The high affinity site had an association constant of $2.96 \times 10^4 \text{ M}^{-1}$ and the low affinity site of $2.31 \times 10^3 \text{ M}^{-1}$. The strength of either affinity site was decreased but was not abolished by the presence of inorganic salts.

The ANS fluorescence of ANS-CTX complex, when excited with 278 nm, was increased and λ_{max} of ANS was shifted from 530 nm to 500-510 nm. There was no shift of λ_{max} of the toxin fluorescence. As the ratio of [ANS]/[CTX] was increased, the ANS fluorescence was increased and the toxin fluorescence was diminished, indicating that energy was transferred from toxin to ANS. In the presence of each phosphate, acrylamide, KI, CaCl₂, MgCl₂, the energy transfer remained observable. This ruled out the possibility that the association of ANS and toxin is via ionic interaction. Instead, there might exist hydrophobic interaction between ANS and CTX.

The presence of CaCl₂ in the toxin solution did not change the circular dichroism spectrum of CTX. Neither Ca²⁺ nor Tb³⁺ bound to CTX as probed with terbium luminescence.

Quantification of Methyl Ester Content of Pectin by Pectinesterase

TSAN-PIAO LIN, TENG-YUNG FENG, YUAN-HUAI CHUNG
AND CHING-LONG LAN (藍清隆)

Bot. Bull. Academia Sinica, 31, 273-278 (1990)

An alternative method for the determination of methyl ester content of pectin using the specific action of pectinesterase for hydrolyzing methyl ester group is described. The sodium hydroxide consumed during enzymatic reaction was used directly for the calculation of methyl ester content. This method was compared with that of acid-base titration. Degree of esterification determined by pectin esterase method is comparable to saponification method. This indicates that complete de-esterification is reached by the pectin esterase action. The detection limit of this method is $0.2 \mu\text{mole}$ methoxyl group in 10 ml pectin solution. This method provides a simple, rapid and selective procedure for measuring the methoxyl content of pectin.

Application of Superconducting Magnetic Energy Storage Unit on Damping of Turbogenerator Subsynchronous Oscillation

YUANG-SHUNG LEE (李永勳) AND CHI-JUI WU

IEE Proc., Pt. C, Vol. 138, No. 5, September (1991)

A systematic approach is used to design a controller for a superconducting magnetic energy storage (SMES) unit to improve the torsional modes damping of a turbogenerator. To suppress the unstable torsional oscillation, a proportional-integral-derivative (PID) controller is employed to modulate the power input/output of the SMES unit according to generator speed deviation. The gains of the proposed PID controller are determined by the pole assignment method based on modal control theory. Eigenvalue analysis of the studied system shows that the PID controller is quite effective over a wide range of operating conditions. Computer simulations using the nonlinear system model are also performed to demonstrate the damping effort of the proposed controller under disturbance conditions.

金香葡萄在果汁加工過程中上部空間香氣的變化

陳雪娥 黃淑雯 張永欣 吳淳美

食品科學 第十七卷 第三期 第 185-191 頁 (1990)

本文探討在果汁加工過程中，金香葡萄在破碎後，酵素處理後及果汁澄清後的上部空隙香氣的變化，結果發現不論在含量及組成百分比上都有明顯的差異。碎果經酵素處理後，揮發性成分總量增加，約為新鮮碎果的 1.38 倍多，尤其甲醇含量提高為破碎後的 7.9 倍，大部分的醛類含量亦增加，而酯類則增減不定。澄清後的果汁揮發性成分總量則只有新鮮碎果的 78.9% 左右。

包裝材料對烏魚子貯藏品質之影響

歐政羣 蔣見美 孫寶年

食品科學 第十八卷 第二期 第 111-123 頁 (1991)

包裝材料的透光性受材質本質及厚度的影響，而透氧率及透汽率不僅受材質本身性質及厚度也受環境之溫度及濕度變化的影響。以不同材質的透氧率和透汽率，對烏魚子在 30°C, 90% RH 下，貯藏 10 天後的品質變化進行迴歸分析。由兩自變數模式，顯示材料膜的透氧率和透汽率對烏魚子品質的變化有密切的關係。烏魚子的總菌數、氨含量、酸價及 TBA 值均與包裝材料膜之透氧率及透汽率成二次迴歸，目前三者之相關係數 (R^2) 在 0.74 以上，TBA 值之 R^2 則僅達 0.59。

不同品系稻米及製程對發糕品質之影響

黃瑞美 林子清 蔣見美 呂政義

中國農業化學會誌 第二十八卷 第三期 第 267-275 頁 (1990)

本研究主要探討不同品系稻米及製作條件對傳統發糕品質之影響。以省產之臺中秈 10 號、臺中秈 17 號、臺中在來 1 號三種秈米與稊米之臺農 67 號共四種作材料來製作發糕，經外觀、體積、疏鬆度、質地粗細、顆粒大小及粘彈性等官能品評與物性測定，分別探討不同品系稻米之理化特性對發糕品質的影響，並分析發糕製作過程之影響因素，如磨粉與攪拌方法、米漿或米糊之置放時間與溫度對產品品質的影響。

實驗結果顯示，製程中如以濕磨法磨製米漿，並經二段式高速攪拌手續，可改善發糕品質；米品種本身之理化特性影響發糕品質至巨，以高直鏈澱粉含量、硬凝膠與粘度回升值較大的不粘性米，如臺中秗 17 號與臺中在來 1 號，所製發糕體積大、組織疏鬆，呈沙質口感且老化極快；然低直鏈澱粉含量、軟凝膠及粘度回升值較小的粘性米，如臺中秗 10 號與臺農 67 號，所製發糕則體積小、組織緊密呈粘質口感且老化慢。

不同包裝方法對中式香腸貯藏品質之影響 II：油脂及官能性質的變化

蔣見美 游淑媛 黃采鳳

食品科學 第十七卷 第一期 第 23-36 頁 (1990)

用不同透氣率的包裝材料 PET/Al. foil/CPP, PVC/CPP, PP 和 NY/PE，施以充氮包裝及真空包裝中式香腸後，分別置於 5°C, 50% RH 和 12°C, 50% RH 的貯藏環境中，定期就包裝袋內香腸之油脂酸價、過氧化價、脂肪酸組成定量分析、TBA 值及品評分析包括定量描述分析和喜好程度品評分析等逐一檢查比較。

中式香腸應儘量置於低溫貯藏，貯藏在 12°C 的 PP 組因為溫度高配合材料膜透氧率高，其油脂及官能評估品質變壞的速率最快。真空包裝或充氮包裝中式香腸對油脂氧化速率並無顯著差異。五種不同方法所處理之中式香腸其多元不飽和脂肪酸變化並不顯著。隨著貯藏時間，香腸高品質的風味逐漸減低，尤其以 PP 組變化最大，5°C 組的變化最小。酸價高於 7 mg/g, TBA 值高於 2 mg/kg 是香腸敗壞不可食用時之臨界值。

攝食高劑量鋁是否會對嬰兒發育有影響

王 果 行

嬰幼兒養育講座 第四輯 第 161-168 頁 (1990)

此為一篇有關鋁毒性的文獻回顧。目前為止，被認為與鋁有關的疾病有阿茲海默症，透析性腦病變，透析性骨骼病變及低血色素小球性貧血。報告指出嬰兒奶粉中鋁含量較母奶高出 10-200 倍，動物實驗認為，餵食高劑量鋁 (100 mg/kg b. wt.) 會影響幼鼠之生長，並增加其死亡率。斷奶之大白鼠飼料中每天加入 5 ug/g 鋁，持續一年，無不良影響，但低劑量之鋁在斷奶前是否對發育有所影響，則無確定答案。

Effect of Cholestyramine in Early Weaning on Later Response of Serum and Fecal Steroid Levels and Cholesterol 7α -Hydroxylase Activity to High-Cholesterol Diet in ExHC Rats

YI-FA LU (盧義發), KATSUMI IMAIZUMI,
JUN MURAKAMI AND MICHIHIRO SUGANO

J. Nutr. Vitaminol., 36, 131-140 (1990)

Male ExHC (exogenous hypercholesterolemic) rats were either prematurely weaned at 17 days of age or allowed to nurse until 35 days of age. The prematurely weaned rats were either fed a diet containing cholestyramine or cholestyramine-free diet until 35 days of age. Cholestyramine supplementation markedly increased fecal bile acid excretion and modified the composition. After giving a stock diet for 7 weeks, all rats received a cholesterol-enriched diet for 9 weeks. The serum cholesterol level in later time was not affected by early dietary manipulation. The activity of hepatic cholesterol 7α -hydroxylase and fecal bile acid excretion at the end of the cholesterol challenge decreased in the cholestyramine-pretreated group, when compared to the normally weaned group. Fecal excretion and the ratio of the secondary (deoxycholic and lithocholic acids) to the primary (cholic and chenodeoxycholic acids) bile acids significantly decreased in the early cholestyramine-treated group. These results suggest that a modification of bile acid metabolism in early life may strongly influence the hepatic and possibly colonic bile acid metabolism in later life, when challenged with a high-cholesterol diet.

**Apparent Inhibition of Hepatic Triacylglycerol Secretion, Independent of Synthesis, in High-Fat Fish Oil-Fed Rats:
Role for Insulin**

DAVID A. OTTO, CHINGMIN E. TSAI (蔡敬民),
JANET K. BALTELL AND JOSEPH T. WOOTEN

Biochimica et Biophysica Acta, 1082, 37-48 (1991)

Rats were fed Chow (C; low-fat control) or a purified high-fat

(30% of calories) low cholesterol diet containing menhaden oil (MO), corn oil (CO) or lard (L) for 2, 4 or 6 weeks. Rats were killed after an overnight fast. MO-fed rats had a larger liver weight/body weight than was accompanied by a lower mg liver DNA/g liver but unchanged liver DNA/body weight, indicating that hepatomegaly in the MO-fed rats was due to cellular hypertrophy. MO-feeding prevented the rise in plasma triacylglycerol and cholesterol observed with the other high-fat diets. There was a marked progressive accumulation of total liver triacylglycerol in the MO- and CO-fed rats. Plasma insulin was reduced in the MO-fed rats relative to all other groups. There were strong positive relationships between plasma insulin and triacylglycerol and between insulin and cholesterol in the high-fat-fed rats. Total liver glucose-6-phosphate dehydrogenase and malic enzyme activities were reduced by MO-feeding and were directly correlated with plasma cholesterol and insulin. These data are consistent with an apparent inhibition of hepatic triacylglycerol secretion by high-fat fish oil-feeding that is independent of the inhibitory effects on triacylglycerol synthesis. These data suggest a role for insulin in regulating the plasma triacylglycerol and cholesterol concentrations in MO-fed rats.

竹筍膳食纖維對大白鼠脂質代謝之影響

蔡敬民 賴瞳誼 劉慧宜 丁海惠 楊淑貞 王麗娟

食品科學 第十八卷 第二期 第 124-134 頁 (1991)

本研究旨在探討新鮮和不同部位之老化麻竹筍，其所含不同成分之膳食纖維對大白脂質代謝之影響。實驗採用 Sprague-Dawley 成鼠共 35 隻，隨機平均分成 5 組，各飼以基準（無纖維、膽固醇）、控制（無纖維）、新鮮筍尖、老化筍尖或老化筍底組飼料共 4 週，探討其血漿、肝臟和糞便之有關成分的變化。實驗結果顯示，麻竹筍尖老化一週後，其總膳食纖維含量由原 31% 增加為 40%，其中主要變化成分為木質素，老化筍底尤其明顯。以膳食纖維質中的纖維素、非纖維素多醣類（包括半纖維素及水溶性多醣類）的含量而言，新鮮筍尖較老化筍尖高，而老化筍又較老化筍底高。新鮮筍尖及老化筍尖能提高 ($p < 0.05$) 血漿中的 HDL-cholesterol 以及 HDL-cholesterol/Total cholesterol 比值，降低 ($p < 0.05$) 總脂質，LDL- 與 VLDL-cholesterol 及 VLDL-triacylglycerol 之值，並增加 ($p < 0.05$) 糞便酸性固醇的排出，減少 ($p < 0.05$) 肝臟脂質及膽固

醇之堆積；老化筍底則不具有降低血漿總脂質之功效，但仍然會排出酸性固醇，減少肝臟中膽固醇之含量 ($p < 0.05$)。推測可能是前二者含有較高量之非纖維素多醣類之故。

探討葡萄單寧酸與蛋白質之作用模式

陳炯堂 何慧如 楊佩琪 李選能

食品科學 第十七卷 第二期 第 105-113 頁 (1991)

利用葡萄中單寧酸與多勝肽（多甘胺酸、多丙胺酸、多麩胺酸、多苯甲基麩胺酸、多脯胺酸）交互作用之研究可探討單寧酸與蛋白質之主要鍵結之形式及強度。分析時，分別將單寧酸、多勝肽溶於 phenylhydrazine 及 Trifluoroacetic acid (4:1, v/v) 之溶液中。由微分掃瞄熱卡的分析結果顯示單寧酸與多勝肽之作用焓差依序為：多麩胺酸、多甘胺酸 < 多丙胺酸、多苯甲基麩胺酸 < 多脯胺酸。由此可知單寧酸與蛋白質較可能的交互作用是嫌水鍵之結合，而非離子鍵或氫鍵。

為了瞭解及模擬單寧酸在食品中與蛋白質之作力，必需探討兩者在水溶液中之作用力情形。由於多勝肽水溶性低，利用羧甲基化纖維素固定多勝肽，以提高水溶解度。初步實驗是採用多丙胺酸與羧甲基纖維，經化學耦合反應生成，產率是每公克乾重耦合物含 18.5 mg 多丙胺酸。此亦證實耦合反應之可行性。由微分掃描熱卡的分析結果顯示，單寧酸與耦合物作用之焓差比未耦合之多丙胺酸大。

Oil Extraction of Dried Ground Corn with Ethanol

J. T. CHIEN (陳炯堂), J. E. HOFF, H. M. LIN,

Y. J. CHEN, M. J. LEE AND L. F. CHEN

The Chemical Engineering Journal, 43, B103-B113 (1990)

Extraction of oil from ground corn with ethanol and its aqueous solutions in a simultaneous process for oil extraction and alcohol dehydration, is investigated under diverse conditions of temperature, corn size, and ethanol concentration. The amount of oil extracted increases significantly with increase of temperature at all levels of ethanol concentration. Equilibrium constants are reported at different concentrations of ethanol solution as a function of temperature.

The rates of extraction have been determined experimentally for ground corn of various particle sizes. The extraction is much more efficient for fine particles of ground corn at any fixed temperature and ethanol concentration. The diffusion rate of ethanol into and/or oil out of the corn particles is a limiting step in oil extraction from coarse ground corn. The limitations imposed by the low rate of ethanol diffusion can be over-come by pre-wetting the ground corn in ethanol before oil extraction. The characteristic properties of oil extracted from ground corn wetted for 18 h at 68°C are similar to those from unsoaked finely ground corn. A mass transfer model has been developed to represent the experimental data. Various options for treatment of the diffusion coefficients in the model are examined.

β -環狀糊精及其衍生物之合成與物性

王一峰 柯吉峰 丘志威

界面科學會誌 第十四卷 第 22-26 頁 (1991)

由於 β -環狀糊精的溶解度較 α - 及 γ -環狀糊精低，因此易於結晶純化，所以價格便宜。但是低溶解度亦限制了 β -環狀糊精的利用性。添加高濃度 *Bacillus acidopullulyticus* 之去支鏈澱粉酶 (pullulanase) 至麥芽糖及環狀糊精芽液，經長時間逆反應後，可產生高溶解度之支鏈環狀糊精，例如麥芽糖基- β -環狀糊精在水中之溶解度為 151.6%，較 β -環狀糊精之 1.85% 高出甚多。但是利用此一安定性相當高之 pullulanase 所形成之支鏈環狀糊精產量低，同時亦須使用大量的酵素。含 β -環狀糊精及麥芽糖的基質經固定化 pullulanase 作用後的產物約有 50% 是麥芽糖基- β -環狀糊精；而以未固定的 pullulanase 作用後， β -環狀糊精的轉換率卻只有 35%。因此固定化 pullulanase 不但可以連續使用，而且獲得較高產量之支鏈環狀糊精。

以嗜鹼性 *Bacillus CGTase* 生產偶合糖之研究

丘志威 李一行 江晃榮 蔡弘聰

界面科學會誌 第十四卷 第 13-19 頁 (1991)

以嗜鹼性 *Bacillus CGTase* 作用於含 13% 蔗糖和 13% 馬鈴薯澱粉的反應基質，經過 85°C 液化澱粉後，再於 55°C 進行偶合反應。澱粉液化及偶合

反應的最適 pH 值分別為 7.5 和 8.5，與生產環狀糊精時的條件完全相同。偶合反應進行 30 小時後，偶合糖產率可以達到 10.5%。欲獲得理想的偶合糖產量及適當的蔗糖殘留量，反應基質之澱粉濃度應為 11% 至 13%，而蔗糖與澱粉濃度之比例以 1.25 至 1.5 較為理想。

**Characterization of Major Carotenoids in Water
Convolvulus (*Ipomoea aquatica*) by Open-Column,
Thin-Layer and High-Performance
Liquid Chromatography**

B. H. CHEN (陳炳輝), S. H. YANG AND L. H. HAN

Journal of Chromatography, 543, 147-155 (1991)

The major carotenoids present in water convolvulus (*Ipomoea aquatica*) were characterized by open-column chromatography, thin-layer chromatography (TLC), and high-performance liquid chromatography (HPLC). A 1:1 mixture of activated magnesium oxide and diatomaceous earth was used as the major adsorbent to separate carotens, monohydroxy, dihydroxy and polyoxy pigments by open-column chromatography. Carotenes and cryptoxanthin were eluted with hexane-acetone at 96:4 and 90:10, respectively. Lutein, violaxanthin and neoxanthin were eluted with hexane-acetone-methanol at 85:15:0.2, 85:15:0.2 and 85:15:1.5, respectively. The elution sequence of lutein and violaxanthin was dependent on the amount of methanol present. A lutein band containing lutein and lutein epoxide was further separated by TLC. An HPLC isocratic solvent system of acetonitrile-methanol-ethyl acetate (75:15:10) was found to be appropriate for determining the reproducibility of retention time with respect to separated bands obtained by open-column chromatography. Each band was identified by comparing the absorption spectra and retention time with reference standards. The major carotenoids present in water convolvulus were β -carotene, luten, luten epoxide, violaxanthin and neoxanthin. The amount of each major carotenoid was also determined.

Effects of Different Cooking Methods on the Yield of Carotenoids in Water Convolvulus (*Ipomoea aquatica*)

B. H. CHEN (陳炳輝) AND L. H. HAN

Journal of Food Protection, 53(12), 1076-1078 (1990)

The effect of microwave, steam, and conventional cooking treatments on the yield of carotenoids in water convolvulus was studied. Each cooking treatment was conducted for 0, 2, 4, 8, and 16 min with two replications. A slight modification of AOAC method was used to determine carotene and xanthophyll content. The mean carotene and xanthophyll contents in fresh raw samples were significantly higher than those of all the cooked samples. Xanthophyll concentrations had greater loss than carotene during cooking. Conventional cooking had lower carotene and xanthophyll content than either microwave or steam cooking. The highest and lowest yields of carotenoids, 86 and 53%, were found in steam and conventional cooking with the heating time 2 and 16 min, respectively.

中國紋飾 III、IV 冊

羅麥瑞修女

南天出版社 (1990)

繼中國紋飾 I、II 冊出版之後，我們持續投注更多的心力在「中國紋飾」的專題研究，累積了兩年來的努力，頡取菁華部分整理出書，出版了中國紋飾 III、IV 二冊。收錄資料源於陶器瓷器、青銅器、玉器、漆器、金銀器、織品、繪畫、雕刻、建築等，共計一千一百多個單元，在挑選和編排上力求各個主題在數量上的均衡性及歷史上的代表性。部份彩色頁則供各個時代的色彩概念，本書分類頁特選故宮珍藏瓷器為每類的區隔。

色彩・設計與生活

胡澤民

美術叢書 28 「生活・空間之美」 第 29-48 頁 (1991)

本文為配合臺北市立美術館所舉辦「生活・空間之美」演講系列；筆者應邀

以「色彩・設計與生活」為題作專題演講，之後與所有演講者分別撰文結集成冊，列入該館美術叢書第 28 編號。

為了滿足國人精神生活的需要，提醒生活在現代都市中的人，如何正確認識色彩美感的調適，以列舉比較實例的方式，廣範深入探討生活中的衣、食、住、行、育、樂等各個美的色彩與設計，激發我們的彼此的認知、關心與參與，積極改善，巧思運用，提高國人重視色彩生活的情操。

吉慶祥瑞・畫付畫中

胡 澤 民

刊載於「印刷與設計」雜誌 第 56 期 第 62-65 頁 (1991)

從中國古老的吉祥圖案中、選擇以假借字音，寓吉祥意義的傳統年畫為主題；像五「福」臨門國中的五隻蝠「蝠」；「喜」上「眉」梢畫一隻「喜」鵲站在「梅」枝上……等。有些則選材則充滿發福生財的意味，如「財神叫門」、「財源廣進」……等。另有些以神像圖以求心靈平安，如「三星照戶」「天官賜福」等列舉一些例子，並指導學生先從這些傳年畫中去欣賞造形美感，洞察體悟，發揮想像力與創造力，如此才能更豐富我們傳統生命力。

陪孩子走過成長路

林 惠 雅

牛頓出版社；民國 80 年 4 月初版

本書的內容主要是以兒童發展的角度，呈現兒童成長歷程，探討兒童較常出現的一些行為現象之可能的原因，並提供處理兒童行為的原理原則，作為參考之用。

食物製備原理實驗

黃 韶 顏

華香園出版社 (1990)

介紹各類食物選購、製備前處理、製備、烹調方法，並配合不同種類食物的製備、烹調原理來設計實驗課所需教材。

動與靜的人生哲理

阮 廷 瑞

哲學與文化月刊 第十八卷 第六期 第 526-531 頁 (1991)

首論陰陽動靜爲天地之妙，而人具天地之心，故兼具動靜之妙。繼述動的生命層面，旋即轉出靜的生活模式，特別強調靜中容易明察物理，而就體用來說，則又着眼於動才是生命之道。並以大易之變通，驗中庸之不息，進而闡釋聖人之所以於動中開創人生。結則論議自強便是聖功，不息卽合天道。