

「對數線性模型」與「對數相乘模型」 的發展與運用：以社會流動的分析為例*

蔡瑞明**

壹、前言

本文主要是討論對數線性分析 (log-linear analysis) 的最新趨勢與運用。近年來，「對數線性模型」(log-linear models) 與「對數相乘模型」(log-multiplicative models) 有許多突破性的發展。這一類的研究方法利用預設的模型設計來分析行列表 (或稱列聯表 contingency tables)，檢驗理論假設，比傳統的對數線性分析的層級模型 (hierarchical models) 更為實用而有效率。對數線性分析不但可以用於社會流動，還可用於其他的類別資料 (categorical data) 的分析。最新

* 本文初稿曾發表於中央研究院中山人文社會科學研究所「社會科學計量方法之發展與應用」研討會，以及東海大學應用統計學研究所。作者感謝王德睦教授對本文初稿的評論，並且謝謝蔡淑鈴教授、瞿海源教授、研討會與會的學者和統計所的教授們、以及兩位匿名評審提供的許多寶貴意見。Yu Xie 與 Raymond Wong 兩位教授在 GLIM 的程式設計上不吝賜教，在此一併致謝。本文使用的分析資料是根據「台灣地區社會變遷基本調查」的問卷資料。作者感謝該調查研究的主持人瞿海源教授在資料取得與分析整理的協助與建議。本文寫作期間，國科會專題研究計劃 (NSC84-2412-H-029-004) 提供資助。當然，一切文責，仍由筆者自負。

** 東海大學社會學系副教授

的分析模型結合了對數線性與對數相乘的參數，不僅擁有 Goodman 的關連模型中不受類別項目排列影響的優越性，而且又可加入其他非垂直 (nonvertical) 的結構性參數。這一類的對數線性與對數相乘的模型具有清晰而內容豐富的優點。

社會科學的資料有許多是以名目尺度 (nominal scale) 測量的。對數線性模型常用來分析這些資料。由於許多類別資料都含有次序 (ordinal) 排列的特性，例如階級、政治取向，而此特性又有其理論及研究的意義；因此，使用可以分析此特質的方法是很重要的。有些對數線性及對數相乘模型，例如本文所要討論的關連模型，特別適用於內涵次序的名目尺度資料。其中，對數相乘模型的最主要優點是它提供次序尺度變項的類別間距離的資訊 (Clogg, 1982a: 114)。對數線性分析在社會科學的應用，愈來愈廣泛，不僅於社會流動的分析，¹ 研究者更將之運用於其他研究領域，諸如網絡分析 (例如 Marsden, 1981)、婚姻配對 (例如 Hout, 1982; Kalmijn, 1991)、政黨政治 (例如 Weakliem, 1991)、勞力市場 (例如 Clogg, Eliason and Wahl, 1990)、及組織關係 (例如 Liedka, 1991) 等方面。

以往，一般的分析方法是使用層級模型 (hierarchical models) 來分析類別資料，但是層級模型缺乏靈活性；特別是在行列的互動效應的分析上，配適整組分類項目的互動關連，常使用太多的自由度，分析過於粗略。飽和模型 (saturated model) 又因使用所有的自由度，不是一個精簡的 (parsimonious) 模型，驗證假設的能力不強。一般說來，在行列表內的互動效應有許多不同的組合，而各個不同的組合蘊含著不同的理論意義；對數線性模型的分析，可以根據理論假設對行列之間 (即表內不同格子) 的關連加上限制，以符合模型必須是精簡的，而且又具有統計檢定力的原則；換言之，在同一組合內，我們可以用同一參數來配適，節省自由度的數目，使之較具解釋力。就分析而言，這些是屬於「非層級模型」(non-hierarchical models)。

爲了有效地分析行列表，Goodman (1979) 提出一系列的關連模型 (association models) 用於分析內涵次序的名目尺度資料 (ordered categories)，爲行列表的分析開創出一片新的天地，也爲社會流動的研究在地位取得模型 (status attainment model) 典範之外，另闢新的研究路徑。Goodman (1979) 的關連模型分析方法 (analysis of association, 簡稱 ANOAS) 是以 odds-ratio 的設定來建構各種「簡單」的模型 (simple models)，主要可分爲虛無關連 (null association)、齊一關連 (uniform association)、行效應關連 (row-effect association)、列效應關連 (column-effect association)、行列效應第一模型 (row and column effects I) 及行列效應第二模型 (row and column effects II) 等模型。Goodman 以行列表中相鄰的 2×2 次表 (subtables) 的 odds-ratio 來估計行列的關連。² 假設 F_{ij} 爲行列表 ij 格子 (cell) 的期望值，則 odds-ratios $\theta_{ij} = (F_{ij}F_{i+1,j+1}) / (F_{i,j+1}F_{i+1,j})$ 。例如， $\theta_{ij} = 1$ ，則是虛無關連模型； $\theta_{ij} = \theta$ ，則爲齊一關連模型。上述的 ANOAS 模型皆可以 odds-ratios，清楚地設定表示。其中，尤其以 Goodman 的行列效應第二模型 (或簡稱 RC 模型) 在社會流動的研究中最具特色，是上述模型中唯一的對數相乘模型。透過 odds-ratio 的設定與估計，Goodman 所提出的模型不僅有效率，且具有統計上的簡潔特性。特別是因爲其行列效應的估計值不受行列次序的影響，近年來被廣泛地應用於分析社會流動的研究。³

Goodman 提出關連模型時正值地位取得模型研究如日中天，由於迴歸分析與地位取得在出身 (ascribed) 及成就 (achieved) 的職位與聲望的測量與模型建構上，相當容易配合，因而蔚爲潮流。此外，迴歸分析發展已久，應用上相當簡單，可根據理論上的需要，將各種相關的解釋變項加入分析模型。相較之下，Goodman 的方法，難以應用於地位取得的分析模型，因而未受到應有的重視。這種情況，一直到階級分析又受到重視之後，才逐漸改變。

就研究分析的角度看來，迴歸分析與對數線性分析兩者各有其優點。但是，地位取得模型是以職業聲望等連續性的變項為主要的指標，使用迴歸分析的技術來研究社會流動。基本上，迴歸分析將豐富而複雜的社會階級關係縮減成單一的迴歸係數，難以有效地分析社會流動範疇中，資源分配的相對關係。例如，就地位取得分析而言，一個人無法進入上層階級，只是因為她或他在某些出身或成就的變項上表現不佳。如此的說法，忽略了階級間的動態關係及階級藩籬的影響。⁴ 換言之，地位取得的分析在某種程度上忽略社會位置與社會流動的關係。而 Goodman 的流動表分析方法可說是將分析的面向擴大到階級(職業)的相對位置及結構關係。Clogg (1982a; 1982b) 及下面將提及的研究者將這些模型擴展成比較行列表的模型及其他行列關係的研究。迴歸分析在社會流動研究上的侷限，體現在地位取得模型 (Blau and Duncan, 1967) 的創始人 Otis D. Duncan 在1979的 *AJS* 發表「職業流動表內終點如何依賴起點」一文，提出並討論「齊一關連模型」在社會流動研究上的應用。Duncan 後來又與 Hout 及 Sobel 等人 (Sobel, Hout and Duncan, 1985; Hout, Duncan and Sobel, 1987) 在合力開發分析結構性流動的對數模型上，成就豐碩。⁵ Duncan 的研究轉向對數線性分析象徵著以往慣用的迴歸分析在研究社會流動上有其不足之處。

貳、關連模型的建構

在分析社會流動時，可以用流動表的邊際總數 (margins) 來直接測量其絕對流動 (absolute mobility) 的比率，計算外流 (outflow)、內流 (inflow) 及總流動 (total mobility) 比率；另一方面，也可以控制邊際總數 (margins) 來測量其相對流動 (relative mobility) 的程度。許多研究使用對數線性與對數相乘模型來分析相對流動，兩者皆可控制邊際分配的影響，並分析流動表內類別間的關係 (參見 Goodman, 1979; 1984; Clogg 1982a; 1982b; Agresti, 1990; Hout 1983; Hagenaars, 1990;

McCullagh and Nelder, 1989: Chapter 6)。⁶ 有些職業流動與地位取得的社會學研究也使用類似的模型 (Hauser, 1984; Smith and Garnier, 1987; Wong, 1990; 1992; Xie, 1992)。這些模型結合對數線性與對數相乘的參數，它們不僅擁有一般常用的 Goodman 的關連模型 (Goodman, 1984) 中項目排列的優越性，測量垂直接流動 (vertical mobility)；而且又可加入其他非垂直接流動 (nonvertical mobility) 的結構性參數。與 Hauser (1978; 1979) 的層次模型 (levels model) 及 Hope (1982) 的鑽石模型 (diamond model) 相比較，這一類的對數線性與對數相乘的模型具有清晰與內容豐富的優點。Hauser 的模型被批評認為太具實驗性格；而 Hope 的模型則是太過狹隘 (Yamaguchi, 1987; Wong, 1992)。⁷

層級參數與交錯效應參數這兩組參數測量社會流動的起點 (origins) 與終點 (destinations) 的關連性 (association)，也就是 i 行與 j 列的期望次數 (F_{ij})。基本上，假定在流動表上，不同的區域有不同的流動密度，而有不同的關連性 (association)。此外，交錯效應參數 (crossing effects) 假設流動表的項目的排列次序是正確的。效應參數常用於分析對稱關係的流動表，如婚姻配對 (參見 Johnson, 1980; Pöntinen, 1982)。由於對稱的關係，模型參數通常比一般的社會流動表的分析來得精簡。

在測量非垂直接流動方面，Hauser (1978; 1979) 所提出的 topological model 或稱「層次模型」(levels model) 基本上是 Goodman 的準獨立模型 (quasi-independent model) 的擴大模型 (參見 Goodman, 1984)。⁸ Hauser 的模型雖被批評太具實驗性格，但是，後來有許多研究將之發展成較具理論驗證的模型。Goldthorpe 等人 (Goldthorpe, 1987; Erikson and Goldthorpe, 1992) 將流動表劃分成多個區隔，使用如繼承性 (inheritance)、親近性 (affinity) 等概念來檢驗不同的代間流動的形態。立基於層次模型，Stier and Grusky (1990) 提出「重疊持續模型」(overlapping persistence model, 簡稱 OP 模型)，利用較大的流動表，分析勞力市場的生涯流動 (career mobility) 與二元市場分隔的關係。他

們使用五個持續流動參數：次職業持續 (suboccupational)、職業持續 (occupational)、次層面持續 (substratum)、層面持續 (stratum) 及部門持續 (sector)，來分析生涯流動的結構限制。Wong (1990; 1992) 則比較國際間的變異，將非垂直的流動分成階級對角線繼承 (class-specific diagonal inheritance)、部門繼承 (sector inheritance) 及一般階級繼承 (general class inheritance)。此外，Breiger (1981; 1982; 亦參見 Snipp, 1985; Jacobs and Breiger, 1988) 依據韋伯的階級理論，應用 Hauser 及 Goodman 的模型，提出一種對數線性模型來檢定同質性結構 (homogeneous structure)，用以合併 (減少) 流動表中不具顯著性的階級或職業類別的數目，以提高分析的效率，並可用來建構階級分類架構 (亦參見 Goodman, 1981)。Breiger (1990) 並試圖利用相同的模型處理解決 Wright and Perrone (1977) (參見 Wright, 1985) 所謂的「矛盾位置」(contradictory class positions) 的分類問題。最近，馬克思主義的階級研究也開始運用各式的對數線性模型來分析階級互動關係及階級藩籬 (Wright and Cho, 1992; Western and Wright, 1994)。總之，這些研究靈活地運用層級模型發展出各類的對數模型來概念化及檢驗社會流動的理論假設。

一般的研究常用「齊一關連模型」(uniform association model) 來測量關連性 (Goodman, 1979; Duncan, 1979)。此模型使用一個參數來估計行列的關連，其優點在於它的參數與一般的迴歸係數很相似。但是，這個模型假設相鄰的項目的距離都相等，而且項目之排列次序是正確的。在許多情況下，它的假設是過度牽強了。估計齊一關連模型，一般都使用行列的次序 (如 1, 2, 3, ...) 來建構設計矩陣 (design matrix)。Hout (1984) 認為類別的垂直關係可以使用其他外在的指標來設定。Hout 採用 Haberman (1974) 的 linear-by-linear 互動模型，使用各類別內職業的平均 SEI 分數、職業的自主性 (Autonomy) 及職業的訓練 (Training in occupation) 三個指標來取代單一的社會經濟地位指標或沒有特殊意義的行列次序，所以名之為 SAT 模型。基本上，SAT

模型是 Duncan (1979) 的齊一關連模型的擴大模型。Hout 的 SAT 模型與 Goodman 的行列效應模型 (RC) 兩者都可用來分析垂直接流動，SAT 模型採用一種事前設定 (*a priori*) 的方式，利用一些社會經濟指標預設類別的關係；而 RC 模型則是使用事後設定 (*a posteriori*)，利用社會流動資料所呈現的結果，來估計階級或職業類別的相對關係 (Yamaguchi, 1983; 1987; Wong, 1990)。

社會流動的研究常用的許多模型是以 Goodman (1981; 1984) 所發展出來的「行列效應第二模型」(row and column effects model II) 為基礎。⁹ 該模型不受分類項目次序的影響，而且是根據社會流動所形成的內在關係模式來決定項目之間的距離。在社會流動中，測量垂直接流動的形態時，即使行列的類別的排列有錯，其估計參數也不受影響。其他的對數線性模型的估計則會因類別的次序排列而變動，因此，此一模型對於無法確定次序排列的分類資源，特別適用。

本文討論的對數線性及對數相乘模型主要是用來分析兩種流動表：二維 (two-way) 與三維 (three-way) 流動表。雖然社會流動表皆為行列數目一樣的正方形行列表 (square tables)，本文討論的模型大多 (除了對稱模型) 可應用於行列的變項特質不一樣的行列表。分析二維流動表的關連模型可以設定如下：¹⁰

$$\log F_{ij} = \lambda + \lambda_i + \lambda_j + \Delta + \Psi \quad (1)$$

其中， λ 代表模型的總平均數； λ_i 與 λ_j 分別配適 (fit) 流動表的行邊際值與列邊際值；而 $\Psi = \phi\mu_i\nu_j$ ，配適行列效應， Δ 則通常是配適不同的層級參數 (levels parameters) 與交錯效應參數 (crossing effects) 所組成的參數群。¹¹ $\Psi = \phi\mu_i\nu_j$ 不是一個對數線性關係，而是對數相乘的關係。 μ_i 與 ν_j 分別是行與列類別的標準分數； ϕ 則測量行列間內在關連的程度。因此，加上類似此乘數的對數模型稱為「對數相乘模

型」。 $\Psi = \phi\mu_i\nu_j$ 並可由單一層面，擴大到多個層面，用以測量多層面的互動關連 (multidimensional RC)，則等式 1 可改寫成：

$$\log F_{ij} = \lambda + \lambda_i + \lambda_j + \sum_{m=1}^M \phi_m \mu_{im} \nu_{jm} \quad (2)$$

這個模型稱為 RC (M) 關連模型 (Goodman 1986; Becker and Clogg 1989)。Goodman 的 RC 模型是 RC (M) 的特殊模型 (即一個層面；M=1)。RC (0) 表示行列並無關連，即為獨立模型。有些研究則使用一個層面以上的模型 (例如 Gilula and Haberman, 1986; Smith and Garnier, 1987; Clogg, Eliason and Wahl, 1990; Weakliem, 1991)。此種模型的分析結果與解釋，與因素分析 (factor analysis) 類似。換言之，此模型將行列的關連分割成多個層面 (dimensions)，根據理論假設，可以得出各層面所代表的意義。但是，由於此模型仍未有如因素分析的轉軸 (rotations) 功能，層面之間僅能成垂直關係 (orthogonal)。RC (M) 關連模型除了可檢驗參數的顯著程度之外，又可分析關連本身含有多少層面及不同層面的關連程度有無差異。

除了分析二維的流動表之外，若將二維模型加上多層級的設定，即成爲一種限制性的三維對數線性模型。三維的流動表分析適用於跨國 (或社會、群體) 的比較研究。一般的分析模型仍然是以 Goodman 的關連模型爲主。根據 Goodman 的模型，Clogg (1982b) 提出一系列適用於比較分析流動表的模型。在社會流動的比較研究中 (例如 Hauser, 1984; Yamaguchi, 1987; Wong, 1990; 1992)，最有名的分析模型大概是由 Erikson 與 Goldthorpe (1987a; 1987b; 1992) 所提出的「共同流通模型」 (common fluidity model)。這個模型假設每個流動表 (代表一個國家或社會) 的起點 (i) 與終點 (j) 的每一個格子裡的互動程度是相同的。此模型可以用下面的方程式來表示：

$$\log F_{ijk} = \lambda + \lambda_i + \lambda_j + \lambda_k + \lambda_{ik} + \lambda_{jk} + \lambda_{ij} \quad (3)$$

其中， k 代表一個層級（通常指社會或國家）。簡單說來，這個模型將飽和模型的參數（即等式 3 加上一個參數群 λ_{ijk} ）設限成每個流動表的行列的互動形態設定為一致（ $\lambda_{ijk} = 0$ ）。Goldthorpe 與 Erikson 使用此模型的目的是為了驗證社會流動研究的 *FJH* 假設（Featherman, Jones, and Hauser, 1975）：各國的相對代間流動是相似的。這是一個相當簡單的模型。但是，它使用過多的自由度，不是一個精簡的（parsimonious）模型。在比較研究上，跨組（社會或國家）的差異其實是可以使用較少的參數來配適。就資料分析而言，共同流通模型很少能夠配適流動表；而且模型的設定忽略了職業或階級的層級性。在驗證 *FJH* 假設上，Goldthorpe and Erikson 模型的配適結果並不能有力地支持 *FJH* 的假設。總而言之，Goldthorpe 等人的研究基本上是以對數線性模型為主，很少使用 Goodman 提出的對數相乘模型來分析社會流動。若將上面所提的二維分析模型（等式 1）擴展，加上 K 層級的設定，則可形成下面的模型，用來分析跨組的比較：

$$\log F_{ijk} = \lambda + \lambda_i + \lambda_j + \lambda_k + \lambda_{ik} + \lambda_{jk} + \Delta + \phi_k \mu_{ik} \nu_{jk} \quad (4)$$

由於這個模型可以限制成每一層級內 μ 與 ν 是相等的，若與上述 Goldthorpe 和 Erikson 的模型相比，因為 μ 與 ν 測量階級關係的層級性，因而這個模型是相當精簡的。不僅節省多個自由度，又深具解釋力。因為對數相乘的特色，這個模型預設流動表的項目的次序在各國是相同的。總之，本模型不但可以限制行列的效應（ $\mu = \nu$ ）是一樣的；並可以限制一般關連效應（ ϕ ）為各行列表（國家或群體）相同或各不相同，並檢定比較各國的關連程度。一般關連效應（ ϕ ）參數測量行列之間總體的關連，也就是流動終點對起點的依賴程度（Duncan, 1979）。由此可見，這是一個強而有力又靈活的比較模型。

參、準對稱模型

每個社會在不同的時間點上，特別是在職業結構快速變動時，職業分配會隨之變動。職業結構的變動，提高兩代間職業的異質性，必然會降低代間傳承的比率。在比較研究方面，有些研究著重於分析結構性流動 (structural mobility) 與交換性流動 (exchange mobility) 分別的影響。許多研究者一直想分析一個社會的結構性流動狀況 (Rogoff, 1953; Yasuda, 1964; Featherman and Hauser, 1978; Hope 1982)。但是，如何估計結構性流動，則眾說紛紜。Hope (1982) 認為獨立模型與他所提的「半面模型」(halfway model) 的差異就是結構性流動。Featherman, Jones 與 Hauser (1975) 認為流動表起點與終點的邊際總和的參數即結構性流動；交換性流動 (循環性流動) 則是兩個參數的互動效應。這類的論點傾向於直接計算流動表的邊際差異可得到結構性流動；而結構性流動的殘差 (residual) 即為交換性流動。Sobel, Hout 與 Duncan (1985) 認為這類的說法缺乏一致性，因為結構性流動與交換性流動是並存而不可分開處理的。他們支持結構性流動可以由流動表的「起點」與「終點」的邊際異質性 (marginal heterogeneity) 來計算的論點。但是，他們證明流動表至少要符合「準對稱模型」(quasi-symmetry model) 的最低條件，才可以分離出結構性流動與交換性流動的各別程度。換言之，Sobel 等人將結構性流動定義為「流動表關連是對稱時的邊際差異值」(Sobel et al. 1985: 360-2)，這也就是「準對稱模型」成立的條件。準對稱模型表示一個行列表中沿著主要對角線 (main diagonal) 的互動效應是對稱的 (Bishop, Fienberg and Holland, 1975; Hout, 1983)。若將準對稱模型加以擴展，可用來分析比較多層的流動表；在比較研究方面，最通用的模型是「條件準對稱模型」(conditional quasi-symmetry) (Sobel, 1988)。這個模型設定每一比較組 (國家或社會) 內，符合準對稱模型。這個模型預測各組流動表內

起點 (例如父代的階級) 與終點 (例如子代的階級) 互動格子內的觀察值 (F_{ijk}) 為：

$$F_{ijk} = \mu_k \beta_{ik} \beta_{jk} \alpha_{jk} \delta_{ijk} \quad (5)$$

在每一比較組內， $\delta_{ij} = \delta_{ji}$ ； $\prod_j \alpha_j = 1$ ；而且 $\beta_i = \beta_j$ ；假若 $i = j$ 則 $\delta_{ij} = 1$ 。根據 Sobel et al. (1985; Hout, Duncan and Sobel, 1987)，在二維流動表內， α_j 測量結構性流動。 β_i 、 β_j 與 δ_{ij} 的相乘，代表交換性流動。在三維的模型裡，可以透過對特定參數的限制 (restrictions)，來檢驗比較組之間流動模式的差別。所以，此一模型不僅可以分析比較跨國或跨社會的結構性流動狀況，而且分析出那些參數 (流動的模式) 促成比較組結構性流動以及交換性流動的不同程度 (參見 Landale and Guest 1990)。有關臺灣社會結構的分析，Tsay (1996b) 應用此模型比較四個年齡層結構性流動對社會流動的影響，發現產業的轉型所帶動的階級流動是社會流動的主體。

肆、對數相乘層級效應模型

在分析和比較流動表方面，Yamaguchi (1987) 提出一個以單一參數來比較流動表的差異的模型，Xie (1992) 稱之為「齊一層級效應模型」(uniform layer effect model)。Yamaguchi 的模型比較兩個行列表的齊一差距，是一個精簡而又有實質意義的模型。但此模型亦有其弱點。首先，它如同「齊一關連模型」一樣，預設著行列的類別順序是正確的，而且行列表間的距離是一致的。但是，有許多的流動表的類別順序，與社會現實不盡符合，可能有錯，因而 Yamaguchi 的模型假設難免過於牽強。其次，此模型在分析的技術上並無法加入 Hauser 的等級模型 (levels model)；然而等級模型在分析流動表內的流動密度，非常有效。此外，Yamaguchi 的模型也不能用來與 Goodman 的第二行列效應關連模型 (RC model) (Xie, 1992: 380-1) 比較。為了解決上述的

問題及有效地比較行列表，Xie (1992: 380-4) 提出「對數相乘層級效應模型」(log-multiplicative layer effect model)，用於分析比較流動表。此模型的特色是將跨行列表的變異性限制成由一個「共同的關連」(a common association pattern) 及一個「行列表特有的參數」(a table-specific parameter) 所結合的對數相乘的乘積數。所以，此一模型假定各流動表間行列的關連有一個共同的模式。

$$\log F_{ijk} = \lambda + \lambda_i + \lambda_j + \lambda_k + \lambda_{ik} + \lambda_{jk} + \psi_{ij}\phi_k \quad (5)$$

其中， ψ_{ij} 測量行列表的起點與終點的關連性 (association)； ψ_{ij} 可設定成各種模型參數，如「齊一關連模型」、「行效應模型」(row effects model)、「列效應模型」(column effects model) 及 Goodman 「行列效應第一與第二模型」等。而 ϕ_k 代表各個流動表關連的差異特殊性 (deviation) (Xie, 1992)。此模型的特性之一是可將相同的限制 (restrictions) 加諸於各個行列表上，並同時測量比較各個行列表 (層級) 個別的關連性，從事一個類似「直接的」比較。此模型不僅可以分析各行列表的特性，也可比較行列表與行列表之間的差異，而且在模型設定上很靈活 (Xie, 1992)。

伍、模型估計與檢驗的方法

一個清楚明晰而解釋能力強的模型必須配適資料，並且不應有過度的探索性。研究者必須從多個競爭的模型 (competing models) 中，選擇出最佳的模型。模型的探尋可分成兩種，一是最簡單的模型為起始，當作一個基準模型 (baseline model)；然後，逐一加入相關的參數，一直到獲得最配適的模型為止。另一種方式是由最複雜的模型 (例如，飽和模型) 為起點，逐漸放鬆參數的限制，找尋最佳模型。

模型的選擇是利用配適的優劣 (goodness of fit) 來決定那一個模型是最適的。比較的準則，主要是使用 log-likelihood ratio chi-square

(L^2)，愈小的 L^2 ，表示模型愈配適。由於絕大部分的模型都是飽和模型 (saturated model) 內加上參數限制，所以可以使用 nested models 的方式來比較模型間的優劣。對於不是 nested 的模型，就無法直接比較 log-likelihood ratio chi-square 來選擇模型。傳統的檢定方式，容易受到樣本數目的影響。針對此問題，Raftery (1986) 提出的貝氏模型選擇條件 (Bayesian Information Criterion，簡稱 *BIC*)。晚近，*BIC* 已愈來愈被研究者所採用來衡量模型配適的優劣。Raftery 的方法是以 L^2 、自由度 (*df*) 及樣本數 (*N*) 三者來決定模型的配適程度。*BIC* 的公式如下：

$$BIC = L^2 - df (\log N) \quad (7)$$

BIC 不僅可以處理行列表樣本數目過大所造成的影響，而且更重要的是可以做非 nested models 間的比較。但有些研究 (例如 Weakliem, 1992) 已開始提出一些比 *BIC* 更有效的方法，不過計算上較困難，且仍有待標準化。在社會流動的研究方面，由於通常使用較小的流動表，自由度數目不大，因此使用並比較非 nested 模型，無論在理論的驗證上或經驗分析的需求上，都有其必要性。這也是近年來社會流動研究愈來愈倚賴 *BIC* 的原因之一。

對數線性模型的另一特色是可以利用兩個模型的比較，檢驗特定的參數是否顯著。利用 chi-square partition 的方法，比較兩個模型的 chi-square 差值。此一差值也會形成 chi-square 分配，因此可以用來檢驗參數是否顯著 (Bishop et al., 1975; Hout, 1983)。比較多維 (如跨國) 的流動表時，Yamaguchi (1987) 使用一種簡潔的方法來比較參數的差異，在數個二維流動表相同設定的條件下，選取並比較這些流動表一個參數的差異，稱之為「一個自由度檢驗」(one-degree-of-freedom test)。由於只有使用一個自由度，這種檢驗方法可以有效地比較多個二維流動表間的差異來源。不過，這種檢驗必須將其他的參數設限，模型的假定 (assumptions) 程度較強。

本文使用 GLIM (Numerical Algorithms Group 1993) 的程式 (macros) 來估計模型參數。GLIM 的程式不大，但在模型的估計上，能相當靈活地使用上一個計算過程的估計值再予以運算。有關使用 GLIM 配適對數線性模型的方法，請參見 Aitkin (1989)；在社會學的運用，可參考 Breen (1984)。¹² 一般的統計套裝軟體程式如 SAS 的 CATMOD 及 SPSS 的 LOGLINEAR 皆可估計一般的對數線性模型，但是要估計複雜的對數相乘模型 (如 Goodman 的 RC 模型) 則須利用上述套裝軟體的 Matrix 程式。¹³ 除了 GLIM 之外，APL (STSC, 1989)、GAUSS (Aptech Systems, 1991)、CDAS (Eliason, 1990)、LIMDEP (Greene, 1991) 等軟體程式也可用來估計對數相乘模型。

關於模型與參數的估計方法，一般的統計軟體大致上使用下列兩種方法之一：一是 Iterative Proportional Fitting (IPF) 程序，此方法運算程序簡單，容易估計模型，但只適用於估計層級模型 (hierarchical models)，且不能準確地計算參數估計值的標準誤；另一種方法是 Newton-Raphson 程序，此方法的估計步驟較複雜，須使用各類設計矩陣來估計參數，但可用於估計各類的關連模型，且能運算出參數估計值的標準誤 (Bishop et al., 1975; Haberman, 1974; Goodman, 1984)。由於一般的套裝軟體在分析對數線性模型，尤其是對數相乘模型，並無標準化的程式，因而分析上的困難度較高。

在分析配適上，對數線性及對數相乘模型最大的特色是分析過程中，設計矩陣 (design matrix) 的活用性。由於兩種對數模型的假設經常是複雜的，需要透過設計矩陣的規劃才能有效地配適。設計矩陣的主要功能是将流動表內依互動的同質性的程度，歸類成不同的幾組流動區，並假設在同一組的區內，流動的密度是一樣的。換言之，研究者可以根據理論假設，將之轉換成各類相異的流動形態，透過設計矩陣，納入對數線性模型的估計程式。模型配適的結果可以測量並比較代表不同區域參數的大小。表 1 是一個典型的設計矩陣，其中的數字只是代表不同的區域，並沒有等級之分。例如，其中的數字「2」假設

「高級非手工」與「一般非手工」兩個階級之間的關係在流動密度上具有同質性。

表 1：代間社會流動的設計矩陣

男性

| 父親階級 | 子代階級 | | | | | |
|-------------------------------|------|----|-----|----|---|----|
| | I | II | III | IV | V | VI |
| I 高級非手工 (High Non-Manual) | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| II 一般非手工 (Routine Non-Manual) | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| III 自營 (Self-Employed) | 1 | 1 | 3 | 1 | 1 | 1 |
| IV 技術性手工 (Skilled Manual) | 1 | 1 | 1 | 4 | 4 | 1 |
| V 非技術性手工 (Unskilled Manual) | 1 | 1 | 1 | 4 | 4 | 1 |
| VI 農人 (Farm) | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 5 |

女性

| 父親階級 | 子代階級 | | | | | |
|-------------------------------|------|----|-----|----|---|----|
| | I | II | III | IV | V | VI |
| I 高級非手工 (High Non-Manual) | 7 | 7 | 6 | 6 | 6 | 6 |
| II 一般非手工 (Routine Non-Manual) | 7 | 7 | 6 | 6 | 6 | 6 |
| III 自營 (Self-Employed) | 6 | 6 | 8 | 6 | 6 | 6 |
| IV 技術性手工 (Skilled Manual) | 6 | 6 | 6 | 9 | 9 | 6 |
| V 非技術性手工 (Unskilled Manual) | 6 | 6 | 6 | 9 | 9 | 6 |
| VI 農人 (Farm) | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 10 |

以上大致討論了對數線性模型與對數相乘模型的發展及其在社會流動上的運用，以下將使用上述的一些模型來分析臺灣的社會流動現象。

陸、臺灣兩性社會流動的比較

表 2 是由「臺灣地區社會變遷基本調查」(瞿海源 1991) 中，父子及父女由受訪者的第一個職業到父親的職業代間社會流動的資料。¹⁴ 本文的階級分類是以 Goldthorpe 等人的 EGP 分類架構為基礎 (Erikson-Goldthorpe-Portocarero Scheme, 簡稱 EGP) (Erikson, Goldthorpe and Portocarero, 1979; Goldthorpe, Llewellyn and Payne 1987; Erikson and Goldthorpe, 1992)。¹⁵ 由於社會變遷的調查資料是以「國際標準職業分類表」(International Standard Classification of Occupations, 簡稱 ISCO) (Treiman, 1977) 來登錄。為了將此資料轉成 EGP 分類架構，本研究利用由 Ganzeboom 等人所發展的轉換程序將臺灣的 ISCO 資料轉成 EGP 的分類 (參見 Ganzeboom, Luijckx and Treiman, 1989)。¹⁶ 由於資料筆數不大，無法使用 EGP 的整個分類架構，故而將流動表的階級分類縮減成六個階級：高級非手工階級 (high non-manual)，一般非手工階級 (routine non-manual)，自營階級 (self-employed)，技術性手工階級 (skilled manual)，非技術性手工階級 (unskilled manual) 及農人階級 (farm)。¹⁷ 臺灣的社會流動研究所使用的分類架構，大致可分成三種。早期的研究通常沿用政府部門 (如主計處) 所慣用的職業分類，將其集成成幾個大類。這種分類一方面相單簡單且容易取得，其次又可以直接與其他學門的研究及政府的報告資料比較。但是，將此分類架構所得的職業結構逕視為階級結構，則缺乏理論依據。以社會理論為基礎，建構的分類方式，大致有兩種：一種是應用 Wright 所提出的 Marxist 的階級分類 (Wright, 1985)；¹⁸ 另一種則是使用 Goldthorpe 及其同事以韋伯 (Weber, 1978) 的階級理

表 2：臺灣男性與女性代間流動表：1990資料

| | | 男性 | | | | | | |
|------|--------|------|-----|-----|-----|-----|-----|------|
| | | 子代階級 | | | | | | |
| 父親階級 | | I | II | III | IV | V | VI | 總數 |
| I | 高級非手工 | 101 | 43 | 46 | 32 | 29 | 4 | 255 |
| II | 一般非手工 | 12 | 11 | 8 | 8 | 12 | 0 | 51 |
| III | 自營 | 51 | 45 | 76 | 35 | 49 | 6 | 262 |
| IV | 技術性手工 | 26 | 24 | 29 | 69 | 29 | 9 | 186 |
| V | 非技術性手工 | 28 | 18 | 21 | 30 | 47 | 3 | 147 |
| VI | 農人 | 93 | 47 | 112 | 159 | 150 | 325 | 886 |
| 總數 | | 311 | 188 | 292 | 333 | 316 | 347 | 1787 |

| | | 女性 | | | | | | |
|------|--------|------|-----|-----|-----|-----|-----|------|
| | | 子代階級 | | | | | | |
| 父親階級 | | I | II | III | IV | V | VI | 總數 |
| I | 高級非手工 | 82 | 95 | 47 | 18 | 21 | 5 | 268 |
| II | 一般非手工 | 11 | 29 | 19 | 10 | 10 | 0 | 79 |
| III | 自營 | 47 | 86 | 56 | 34 | 39 | 9 | 271 |
| IV | 技術性手工 | 9 | 31 | 25 | 55 | 53 | 4 | 177 |
| V | 非技術性手工 | 23 | 34 | 27 | 25 | 43 | 2 | 154 |
| VI | 農人 | 42 | 104 | 87 | 161 | 230 | 195 | 819 |
| 總數 | | 214 | 379 | 261 | 303 | 396 | 215 | 1768 |

附註：總樣本數為 3555。

論所發展的 EGP 分類架構 (如 Wu, 1994; So and Hsiao, 1994)。¹⁹ 有些臺灣的研究指出 EGP 分類架構可能優於 Wright 的分類架構 (Wu, 1994)。但是，分類架構的優劣，涉及研究的理論觀點、社會的結構及發展程度、與分析的效度及信度，甚至是研究者的個人見解，因而難以遽下判斷，實有待進一步的探究。考量臺灣戰後的階級的形成與階級關係 (參見 Tsay, 1995)，及高度流動的社會階層結構 (Sheu, 1989; Tsay, 1996b)，本文決定使用 Goldthorpe 的 EGP 分類架構。

近年來，臺灣的社會學界在社會流動研究方面，成果豐碩，對臺灣社會的族群、性別與年齡層的比較研究，已有更進一步的瞭解 (許嘉猷, 1982; 1987; 1990; 1994; 瞿海源, 1983; 蔡淑鈴, 1986; 1987; 1994; 蔡淑鈴、文崇一, 1985; 張維安、王德睦, 1983; 謝雨生、余淑娟, 1990; 孫清山、黃毅志, 1994; 蔡淑鈴、瞿海源, 1992; 蔡瑞明, 1995; Sheu, 1989; Tsai and Chiu, 1993; Tsay, 1996a; 1996b)。跨國的社會流動比較研究，也日漸增加 (許嘉猷, 1990; 1994; Sheu, 1989; So and Hsiao, 1994)。除了少數如蔡淑鈴、文崇一 (1985) 及蔡淑鈴 (1986; 1994) 使用對數線性及對數相乘模型來分析社會流動表之外，以往的職業或階級流動研究偏重於以迴歸分析來分析資料，因而對流動的模式及流動的管道 (channels of mobility) 比較難以掌握。使用對數線性及對數相乘模型可分析階級 (類別) 間的相對關係，並檢驗階級間的流動性，有助於對階級關係的瞭解。

柒、對數線性模型分析

以下本文使用一系列的對數線性與對數相乘模型配適臺灣社會流動的資料。這是由兩個 6×6 的行列列表所組成的三維流動表。表 3 列出臺灣父子及父女代間社會流動模型分析的配適資料。對數線性分析與其他的統計方法相同，第一個步驟是設定模型 (model specifications)；然後比較資料與模型的配適程度；接著，檢定顯著水準。模型一「條

表 3 臺灣男性與女性代間流動配適的結果：1990 資料

| 模型說明 | df | L^2 | P | BIC |
|--|----|---------|------|--------|
| (1) 條件獨立模型 (Conditional independence) | 50 | 1069.04 | .000 | 660.2 |
| (2) 同質對角線獨立模型 (Homogeneous independence with diagonals) | 44 | 287.38 | .000 | -72.4 |
| (3) 條件準獨立模型 (Conditional quasi-independence) | 38 | 280.59 | .000 | -30.1 |
| (4) 同質齊一關連對角線模型 (Homogeneous uniform association with diagonals) | 43 | 109.27 | .000 | -242.3 |
| (5) 相異齊一關連對角線模型 (Heterogeneous uniform association with diagonals) | 42 | 97.02 | .000 | -246.4 |
| (6) 同質列效應對角線模型 (Homogeneous row-effects with diagonals) | 39 | 86.65 | .000 | -232.2 |
| (7) 相異列效應對角線模型 (Heterogeneous row-effects with diagonals) | 34 | 65.51 | .000 | -212.5 |
| (8) 同質行效應對角線模型 (Homogeneous column-effects with diagonals) | 39 | 77.42 | .000 | -241.4 |
| (9) 相異行效應對角線模型 (Heterogeneous column-effects with diagonals) | 34 | 56.06 | .010 | -221.9 |
| (10) 同等行列效應對角線模型 II (Equal RC effect model with diagonals [$\phi_k = \phi_l$]) | 39 | 72.33 | .001 | -246.5 |
| (11) 同等行列效應對角線模型 II (Equal RC effect model with diagonals) | 38 | 63.83 | .005 | -246.9 |
| (12) 同等行列效應模型 + 親近及繼承性 (Equal RC effect model with designs) | 40 | 93.61 | .000 | -233.4 |
| (13) 同等行列效應模型 + 相異 designs (Equal RC effect model with designs by sex) | 36 | 77.75 | .000 | -216.6 |
| (14) 行列效應對角線模型 (RC effect model with diagonals) | 34 | 43.60 | .125 | -234.4 |
| 模型比較 | | | | |
| (1) Model 2 vs. Model 3 | 6 | 6.79 | .341 | |
| (2) Model 2 vs. Model 4 | 1 | 178.11 | .000 | |
| (3) Model 4 vs. Model 5 | 1 | 12.25 | .005 | |
| (4) Model 6 vs. Model 7 | 5 | 21.41 | .000 | |
| (5) Model 8 vs. Model 9 | 5 | 21.36 | .000 | |

附註：模型加上對角線 (models with diagonals) 表示一組的對角線的效應加諸於流動表；而準對角線 (quasi) 模型表示每個對角線的效應都完全配適。總樣本數為 3555。

件獨立模型」(conditional independence model) 是一個基準模型(baseline model)，設定行列表的起點與終點之間無顯著關連。換言之，除了受到邊際分配的影響之外，樣本會隨機地分配到流動表的格子。本模型設定男女兩個流動表的「獨立模型」(independence model) 皆成立。由於這個模型意味著完全開放的社會流動，因而，這個模型通常不配適流動表，在此也不例外。對角線(main diagonals) 上的格子代表兩代地位的傳承；一般而言，由於代間地位的繼承性都不低，所以關連程度通常比其他非對角線的互動關連(父子地位流動部份) 來得強。社會流動的研究基本上是在比較流動與不流動的差異，因而對這兩者的差異程度，特別感到興趣。第二個模型——「同質對角線獨立模型」，即是將相同的對角線傳承模式加入模型一。此模型不僅假設對角線區與非對角線區有所差異，而且假設各個階級的傳承程度是不同的；但是，兩個流動表的傳承模式則是一致的。增加使用了六個自由度，log-likelihood ratio (L^2) 大幅的下降，而且 BIC 也變成負值。爲了驗證父子及父女代間社會流動的階級傳承是否有差異，模型三加入六個參數來估計階級傳承。換言之，每個流動表都使用六個參數來測量對角線上的流動密度。²⁰ 無論是 L^2 或是 BIC 值都略降，但模型仍未配適資料。模型二及模型三的差異並不顯著 ($\Delta L^2 = 6.79$; $df = 6$; $P = .341$)，顯示男女傳承模式並無差距。第四模型使用一個參數設定兩代間的關連。「齊一關連模型」假設行列間的相關是一致的；齊一關連參數與常用於地位取得的迴歸係數相似，代表父代地位對子代地位的線性關係的影響。本模型雖然比模型二只多一個估計參數，但模型的配適程度卻提高不少， L^2 及 BIC 統計值都下降很多。整體而言，顯示父親與子代的階級地位呈現某種程度的因果關連。模型五則進一步設定齊一關連參數在男女兩個流動表上是不一樣的。比較第二個及第四個模型的配適結果，兩者的差距是由加入的參數所造成的，顯示齊一關連的效應是顯著的 ($\Delta L^2 = 178.11$; $df = 1$; $P = .000$)。而且，模型五與模型四的比較也顯示出男女在兩代關連有顯著的差別(符號 $\Delta L^2 = 12.25$; $df = 1$; $P = .000$)。然而，整個模型的配適程度並沒有改善很

多，*BIC* 統計值由 -242.3 降為 -246.4，改變不大。模型六設定男女社會流動表的行效應是相同的，而模型七則放鬆模型六的限制，將行效應設定為不一樣的。模型六與模型七的比較顯示出男女在兩代流動的外流形態 (outflow patterns) 有顯著的差別 ($\Delta L^2 = 21.41$; $df = 5$; $P = .000$)。模型八設定男女社會流動表的列效應是相同的，而模型九則放鬆模型八的限制，將列效應設定為有差異的。模型八與模型九的比較發現男女在兩代流動的內流形態 (inflow patterns) 有顯著的差別 ($\Delta L^2 = 21.36$; $df = 5$; $P = .000$)。²¹

接著，模型十在男女流動表設定行效應與列效應是一樣的，並對行列的關連 (ϕ) 加上同質性的限制 (homogeneity restrictions)。這是 *RC* 模型的一種，其特色是不受行與列類別排列所影響，減少階級排列預設上的誤差。在此，我們使用 Xie (1992) 所提的層級模型來分析，在特定的條件下，比較男女兩代流動的關連程度。根據 *BIC* 統計值，模型十比上述的模型更配適流動表。模型十一放鬆模型十對關連同質性的限制。根據傳統的假設檢定的統計值，模型的改善非常顯著；但 *BIC* 統計值並無顯著的降低。模型十二及模型十三以表 1 的設計矩陣 (design matrix) 來代替對角線的效應。這個設計矩陣是一個典型的 levels model。正如本文前述 Hauser 的 levels model 深具實驗性，這個矩陣是在階級藩籬的區隔及階級親近性的指引下，搜尋數個矩陣模型之後所得的。其中，模型十二的設計矩陣假設男性與女性在白領階級 (以數字 2 為代表) 與藍領階級 (4) 的流動有某種相同的親近性；並凸顯自營業者 (3) 及農人階級 (5) 的自我傳承的特殊性。換言之，除了其他參數之外，本模型使用五個親近性及繼承性參數去配適男性與女性的流動表。²² 模型十三則使用不同的親近性及繼承性參數去配適兩性的流動表。模型十二雖然比模型十一少使用二個參數來估計，但從 *BIC* 統計值來判斷，模型十二並沒有比模型十一有較高的配適程度。同樣地，模型十三雖然增加四個參數來配適流動表，整個模型並不是

很恰當。這顯示出加入設計矩陣的參數並未增加模型的配適程度。因此，我們繼續探尋更佳模型。

模型十四是「行列效應對角線模型」，放鬆男女流動表行效應與列效應是一樣的限制，運用不同的參數(多用了四個自由度)來估計行列效應。雖然 P 的檢定值大幅改善，但 BIC 值卻不降反升。這種現象顯示模型估計可能已使用了過多的參數。由於 BIC 值同時考慮自由度及樣本數，意味著模型十四並不是一個精簡的模型。模型十四的結果顯示了模型已經足以解釋資料了。

經過了上述的模型蒐尋，模型十一「同等行列效應對角線模型」，應為比較男女代間傳承的最佳配適模型 ($L^2 = 63.84$; $df = 38$; $P = .005$; $BIC = -246.9$)。雖然選取模型十一為最佳配適模型，而且前述的幾個模型也顯示出模型十一的跡象，但必須注意的是在分析模型中有二、三個競爭模型(如模型五、九、十)，都相當配適資料，因此，在解釋最佳模型時應避免過度引申。這個模型假設男女的代間傳承除了受一般的行列邊際分配的影響之外，階級內流動沒有性別差異。但每個階級的自我流動有所不同，行效應與列效應是一樣的；此模型又假定兩代的關連效應因性別而異。

表 4：同等行列效應對角線模型配適男女代間流動表的參數估計值

| 性別/階級 各種效應 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|--------------------------|----------------|-----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|
| 關連效應 (ϕ_k) | .565 | .825 | | | | |
| 行列效應 ($\mu_i = \nu_j$) | -.416 | -.517 | -.208 | .289 | .243 | .611 |
| 對角線效應 | .725 (.114) | -.204 (.206) | .265 (.115) | .664 (.122) | .267 (.135) | 1.932 (.178) |

附註：括弧內是參數估計標準誤 (standard errors)。

表 4 列出了最配適模型 (模型十一, 即「同等行列效應對角線模型」) 的各類參數估計值。從表 4 的行列效應的係數來看, 階級的排列除了「高級非手工階級」(-.416) 與「一般非手工階級」(-.517) 的順序及「技術性手工階級」(.289) 與「非技術性手工階級」(.243) 的順序不對之外, 整體來說, 與原先的階級間的層級假設是相近的。無論如何, 本模型是屬於 *RC* 模型, 因此, 模型估計值並不受此問題的影響。從行列效應看來, 白領階級 (非手工) 與藍領階級 (手工) 有個明顯的距離 (藩籬界線)。自營者與白領階級的距離比藍領階級接近; 而農人階級 (.611) 與藍領階級 (.243; .289) 的明顯差距, 表示農人在向上流動 (upward mobility) 的負擔沈重。從關連效應的係數來看, 男女的代間傳承有程度上的差別, 臺灣父子的階級關連 (.565) 低於父女的階級關連 (.825)。換言之, 在控制了上述的因數之後, 女性的階級受其父親的影響比男性來得高。此一研究結果與過去的研究 (如蔡淑鈴與文崇一, 1985) 有所不同。²³ 對角線的係數顯示, 不分男女性別, 農人階級的自我繼承比率 (1.932) 最高, 其次是高級專業人員 (.725) 及自營業者 (.664)。其他階級的自我繼承比率則不高, 且估計值並不很顯著。

捌、結 論

本文主要是討論近十幾年來對數線性模型與對數相乘模型的發展過程及其在社會科學上的運用。起初, Goodman 的關連模型帶動了社會流動分析的新路徑。後來的發展大多是建基於 Goodman 的模型; 本文的另一個重點在於介紹一些基於 Goodman 的 *RC* 模型所延伸的分析模型, 其估計值不受分類項目次序的影響, 並可使用社會流動的形態來分析階級間的相對垂直關係。這些模型又可加入等級模型參數及交錯效應參數來分析流動表, 檢驗流動表內的流動密度。本文除了討論分析單一的二維流動表的模型之外, 也討論一些研究如何將二維模型

加上多層級的設定，而成爲一種限制性的三維線性模型。由數個二維流動表所組成的三維流動表分析可適用於跨組(國)的比較分析。換言之，在相同設定的條件下，可直接精準地比較流動表參數的差異。另外，本文使用「臺灣地區社會變遷基本調查」的資料所得的男性與女性代間社會流動表，以最近發展出來的一系列對數線性與對數相乘模型來分析相對的社會流動形態。從資料的分析過程中，顯示對數線性模型在分析社會流動對結構性因素模型建構時，相當具有伸縮性。對數線性模型已逐漸爲臺灣的社會科學界所接受及應用。過去僅能從事簡單的關連分析的列聯表資料，對數線性模型已能從事更深入的分析，以探究更詳細的關連結構。本文所討論的面向，雖然以社會流動爲主，但是本文所討論的模型及方法都可應用於社會科學的其他類別資料。有些學門及研究取向所蒐集的資料含有特別多的類別資料，例如政黨選舉與政治，特別適用於以對數線性的分析，來探究一些深層的關係(參見 Weakliem, 1991利用 RC (M) 模型分析歐洲左右政黨的區隔化與選民職業的關係，或 De Graaf, Nieuwebeerta, and Heath, 1995的分析社會流動與政治取向的關係)。對數線性分析提供臺灣的政治學及社會學者另一個分析臺灣豐富的選舉資料的方法。

迴歸分析與對數線性分析是研究社會流動的兩大研究方法。社會流動的研究取向，受到新的統計技術引進的影響甚大。最近的發展，例如 RC (M) 模型及由 Xie (1992) 所提出的對數相乘層級效應模型，一方面以增加多層次的分析，一方面提高了層級間比較的靈活性。從以上的討論，顯示對數線性模型能有效地提供研究者一個分析多面向結構關係的工具。但是，就多變項的模型建構而言，對數線性分析方法卻無法如迴歸分析能納入多個獨立變項，對於那些社會因素造成流動表上的分配，難以提出一個有效的因果關係的解釋理論。使用對數線性的研究者，曾試圖突破這種限制，有不少社會流動的比較分析，如本文分析男女社會流動的例子，使用條件式的模型 (conditional models) (Clogg, 1982b 對此方法有詳細的說明) 來加入並探討其他相關

變項 (例如性別、時間及地區等因素) 的影響。還有些研究如 Hout (1984) 的 SAT 模型及 Stier and Grusky (1990) 的 OP 模型，則更進一步嘗試「間接地」將相關變項加入對數線性模型。DiPrete (1990) 可算是第一位正式直接將一般地位取得模型所常用的變項加入對數線性模型的研究者。雖然，DiPrete (1990) 所提出的模型在分析上，仍有其技術上的困難。但將迴歸分析及對數線性模型的優點相結合，是一個非常值得開發的研究路徑。

註 釋

- 1 作者僅就個人所涉獵的研究論文來舉例，大多限於社會學的研究。與對數線性模型相關的分析方法，也被社會學家所重視並廣泛的運用，例如 canonical correlation (其應用參見如 Wasserman and Faust, 1989) 及 correspondence analysis (參見如 Bourdieu, 1984: 226-83)。
- 2 有關這些模型的公式及設定，請參見 Goodman (1979)，此文也登印於 Goodman (1984) 的選集。
- 3 Goodman 所提出的模型非常之多，不僅止於本文所介紹的。在社會學的研究，Goodman 可說是對數線性分析的開山祖師，絕大部分的新創模型都是立基於 Goodman 所發展出來的模型。
- 4 例如，上層階級為維護其利益，可能抵擋並降低其他下層階級流入的機會；有些階級間可能因某些特殊的因素而使得它們之間的流動比較容易。
- 5 另一個例子是 Duncan 為 Goodman (1984) 的選集撰寫序言，讚賞 Leo Goodman (及 Clifford Clogg) 的成就，並提倡使用 Goodman 的模型來分析行列表。
- 6 本文主要是討論 log-linear 模型的最新發展，對於 log-linear 的一些基本概念，請參考 Knoke and Burke (1980), Agresti (1984; 1990)。

- 7 Hope (1982) 的「鑽石模型」將「獨立模型」分成行與列兩部分，即他所謂的「半面模型」(halfway model) 及「差異模型」(difference model)，是比「獨立模型」更小(更簡單)的分析模型，打破了一般對數線性分析以獨立模型為基準模型的原則。由於過度的精簡，Hope 的模型缺乏分析複雜模型的靈活性。近十多年來，對數線性分析的發展顯然是建立在 Goodman 的關連模型，包括他的同事 Goldthorpe (參見 Erikson and Goldthorpe, 1992) 在內的研究者，幾乎完全忽略了 Hope 在分析模型建構上的貢獻。
- 8 獨立模型又稱為完全流動模型(perfect mobility model)，因為模型假設行列表的行與列沒有顯著的關連，由某一特定的位置流動到任何位置的機率是一樣的。準獨立模型是一個對角線(diagonals)上的互動關連完全配適的獨立模型。
- 9 Goodman 的關連模型有助於決定排列的順序。在社會科學的資料分析上的運用，請參考 Clogg (1982a)。
- 10 本文依循慣例，以行列表(列聯表)的行(i)來代表「起點」(origins)；以列(j)來代表「終點」(destinations)。若以 R 代表行；以 C 代表列，則等式 1 應精確地寫成 $\log F_{ij} = \lambda + \lambda_i^R + \lambda_j^C + \Delta + \Psi$ 。為了簡單化，本文省略行與列的上標。
- 11 本文中，所有的列舉模型都必須在規格化設限(normalization)的條件下才能成立。有關的設限，請參考相關論文或 Goodman 1984, Agresti 1990。
- 12 GLIM 能將隨機(誤差)因數的分配設定成 Poisson, Normal, Binomial, Inverse-Gaussian 及 Gamma 分配，用處甚廣。
- 13 Agresti (1990) 的附錄 A 列有各式套裝軟體的樣本程式，用於分析對數線性模型，可供參考。
- 14 由於本文以討論對數線性分析技術為主，不擬討論兩性的社會流動的研究及文獻。有興趣的讀者，可參考 Abbot and Sapsford, 1987; Acker, 1973。有關臺灣的研究，請參考蔡淑鈴、文崇一，1985。

- 15 Goldthorpe 等研究者將歐美及日本十多個國家的就業資料，利用 EGP 的分類架構將原始資料重新分類。這個跨國的大型的研究計劃稱為 CASMIN，主要的研究目標是比較工業化國家的社會結構及社會流動。
- 16 感謝 Harry Ganzeboom 教授提供資料轉換的程式及建議。在轉換過程中，我曾將程式稍加修改，以符合臺灣社會的一些特殊性。但是，這些改變並不會影響分析結果。
- 17 Goldthorpe 等人在從事比較研究上（參見 Erikson and Goldthorpe, 1992），由於有些國家的分析樣本數不足，所以通常不使用整個分類架構（full version），而採用七個階級的縮減架構（collapsed version）。臺灣的階級研究之中，有些研究採用 Goldthorpe 分類架構分析階級關係，也由於資料的不足，必須使用較小的版本（吳乃德，1994；許嘉猷，1994；So and Hsiao, 1994）。
- 18 許嘉猷（1990; 1994）使用 Wright 的分類架構，並從事跨國的比較；最近又將 Wright 的「階級結構與階級意識」的比較研究，用於臺灣社會，做進一步的國際比較分析，詳見許嘉猷（1994）。
- 19 階級的研究中，分類架構的選定，一直是關鍵的課題；因為，分類的架構在某種程度裡已經決定了分析的結果（參見 Breiger, 1981; Goodman, 1981）。雖然，社會學界應致力於發展出一套最佳的分類架構（例如 Breiger, 1981; 1990）；但是過度批判分類架構又無法提出一套完美的分類原則，並無助於階級研究的進展。就目前而言，基於科學強調分析的可重複性的原則，研究者應清楚交代選用分類架構的理由及架構設定的步驟，使得將來的研究者能夠加以檢證批評，並比較不同分類架構的優劣及其影響。
- 20 若以前述 Hauser (1978) 的 levels model 來解釋，模型一將列聯表分成流動部份與非流動部份兩個區域，假設各有其不同的關連密度。模型二則將非流動部份再劃分成六個區域，也是各有其關連密度。
- 21 這幾個模型通常都不配適資料，列出來只是供做參考。一般的學者，特別是美國的研究者習慣將相關的模型一一列出；有些則只列出少數較顯著的模型（如 Erikson and Goldthorpe, 1992）。

- 22 由於其中有一個參數是多餘的 (redundant)，因此，僅需要運用四個自由度。
- 23 本文以研究方法為主，對於社會流動的分析結果，並不擬深入討論。作者希望能針對此問題，另文討論。有關分析結果的差異，有可能是因時間相隔長久 (兩個調查 — 1978與1990 — 相差十餘年)；本文所使用的階級分類與他們的行業分類也不易直接比較；其次，本文所使用的資料較大且模型較複雜，也限制了兩者比較的可行性。

參考資料

吳乃德

- 1994 〈階級認知與階級認同：比較瑞典、美國、臺灣，和兩個階級架構〉，許嘉猷 (主編)，《階級結構與階級意識比較研究論文集》，頁109-150。臺北：中央研究院歐美研究所。

孫清山、黃毅志

- 1994 〈社會資源、文化資本與地位取得〉，《東海學報》35: 127-150。

許嘉猷

- 1982 〈出身與成就：臺灣地區的實證研究〉，見陳昭南、江玉龍、陳寬政 (主編)，《社會科學整合論文集》，頁265-299。臺北：中央研究院三民主義研究所。
- 1987 〈臺灣的階級結構〉，《中國社會學刊》11: 25-60。
- 1990 〈臺灣的階級流動及其與美國的一些比較〉，《中國社會學刊》14: 1-30。
- 1994 《階級結構與階級意識比較研究論文集》(主編)。臺北：中央研究院歐美研究所。

張維安、王德睦

- 1983 〈社會流動與選擇性婚姻〉，《中國社會學刊》7: 191-214。

蔡淑鈴

1986 〈職業地位結構——臺灣地區的變遷研究〉，見瞿海源、章英華(主編)，《臺灣社會與文化變遷(上冊)》，頁299-351。臺北：中央研究院民族學研究所。

1987 〈社會地位取得：山地、外省及閩客之比較〉，見楊國樞、瞿海源(主編)，《變遷中的臺灣社會》，頁1-44。臺北：中央研究院民族學研究所。

1994 〈臺灣之婚姻配對模式〉，《人文及社會科學集刊》6: 335-371。

蔡淑鈴、文崇一

1985 〈性別與社會流動〉，《中央研究院民族研究所集刊》10: 121-147。

蔡淑鈴、瞿海源

1992 〈臺灣教育階層化變遷〉，《人文及社會科學研究彙刊》10: 98-118。

蔡瑞明

1995 《臺灣、美國、日本社會流動的比較研究》，國科會研究計劃報告。

瞿海源

1983 〈勞力市場與出身對成就之影響〉，《中央研究院民族研究所集刊》53: 133-152。

1991 《臺灣地區社會變遷基本調查計畫：第二期第一、二次調查計畫執行報告》(主編)。臺北：中央研究院民族學研究所。

謝雨生、余淑嬪

1990 〈臺灣的社會階級及其流動〉，《中國社會學刊》14: 31-63。

Abbot, Pamela and Roger Sapsford

1987 *Women and Social Class*. London: Tavistock.

Acker, Joan

1973 "Women and Social Stratification: A Case of Intellectual Sexism," *American Journal of Sociology* 78: 936-45.

Agresti, Alan

1984 *Analysis of Ordinal Categorical Data*. New York: Wiley.

1990 *Categorical Data Analysis*. New York: Wiley.

Aitkin, Murray

1989 *Statistical Modelling in GLIM*. London: Falmer Press.

Aptech Systems

1991 *GAUSS 2.1 System and Applications Manuals*. Kent, WA: Aptech System Inc.

Becker, Mark P. and Clifford C. Clogg

1989 "Analysis of Sets of Two-Way Contingency Tables Using Association Models," *Journal of the American Statistical Association* 84: 142-51.

Bishop, Yvonne M. M., Stephen E. Fienberg, and Paul M. Holland

1975 *Discrete Multivariate Analysis: Theory and Practice*. Cambridge, Mass.: MIT Press.

Blau, Peter M. and Otis Dudley Duncan

1967 *The American Occupational Structure*. New York: Wiley.

Bourdieu, Pierre

1984 *Distinction: A Social Critique of the Judgement of Taste*, translated by Richard Nice. Cambridge, Mass.: Harvard University Press.

Breen, Richard

1984 "Fitting non-hierarchical and Association Log-linear Models using GLIM," *Sociological Methods and Research* 13: 77-107.

Breiger, Ronald L.

1981 "The Social Class Structure of Occupational Mobility," *American Journal of Sociology* 87: 578-611.

1982 "A Structural Analysis of Occupational Mobility," in Peter V. Marsden and Nan Lin (eds.), *Social Structure and Network Analysis*, pp.17-32. Beverly Hills, CA: Sage Publications.

- 1990 "Intermediate Classes and Social Structure," in Ronald L. Breiger (ed), *Social Mobility and Social Structure*, pp.225-246, Cambridge: Cambridge University Press.

Clogg, Clifford. C.

- 1982a "Using Association Models in Sociological Research: Some Examples," *American Journal of Sociology* 88: 114-34.
- 1982b "Some Models for the Analysis of Association in Multiway Cross-Classification Having Ordered Categories," *Journal of the American Statistical Association* 77: 803-15.

Clogg, Clifford C., Scott R. Eliason and Robert J. Wahl

- 1990 "Labor -Market Experiences and Labor-Force Outcomes," *American Journal of Sociology* 95: 1536-76.

De Graaf, Nan Dirk, Paul Nieuwbeerta and Anthony Heath

- 1995 "Class Mobility and Political Preferences: Individual and Contextual Effects," *American Journal of Sociology* 100: 997-1027.

DiPrete, Thomas A.

- 1990 "Adding Covariates to Loglinear Models for the Study of Social Mobility," *American Sociological Review* 55: 757-773.

Duncan, Otis D.

- 1979 "How Destination Depends on Origin in the Occupational Mobility Table," *American Journal of Sociology* 84: 793-803.

Eliason, Scott R.

- 1990 *The Categorical Data Analysis System Version 3.50 User's Manual*. Department of Sociology, University of Iowa.

Erikson, Robert and John H. Goldthorpe

- 1987a "Communality and Variation in Social Fluidity in Industrial Nations, Part I," *European Sociological Review* 3: 54-77.
- 1987b "Communality and Variation in Social Fluidity in Industrial Nations, Part II," *European Sociological Review* 3: 145-66.

- 1992 *The Constant Flux: A Study of Class Mobility in Industrial Societies*. Oxford: Clarendon Press.
- Erikson, Robert John H. Goldthorpe, and Lucienne Portocarero
1979 "Intergenerational Class Mobility in Three Western European Societies," *British Journal of Sociology* 30: 415-441.
- Featherman, David L. and Robert M. Hauser
1978 *Opportunity and Change*. New York: Academic Press.
- Featherman, David L., F. Lancaster Jones, and Robert M. Hauser
1975 "Assumptions of Social Mobility Research in the U.S.: The Case of Occupational Status," *Social Science Research* 4: 329-60.
- Ganzeboom, Harry B.G., Ruud Luijkx, and Donald J. Treiman
1989 "Intergenerational Class Mobility in Comparative Perspective," *Research in Social Stratification and Mobility* 8: 3-84.
- Gilula, Zvi and Shelby J. Haberman
1986 "Canonical Analysis of Contingency Tables by Maximum Likelihood," *Journal of the American Statistical Association* 88: 780-88.
- Goldthorpe, John H., C. Llewellyn and C. Payne
1987 *Social Mobility and Class Structure in Modern Britain* (2nd Edition). Oxford: Clarendon Press.
- Goodman, Leo A.
1979 "Some Multiplicative Models for the Analysis of Occupational Mobility Tables and Other Kinds of Cross-Classification Tables," *American Journal of Sociology* 84: 804-19.
1981 "Criteria for Determining Whether Certain Categories in a Cross-Classification Table Should Be Combined," *American Journal of Sociology* 87: 612-650.
1984 *The Analysis of Cross-Classified Data Having Ordered Categories*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press.

- 1986 "Some Useful Extensions of the Usual Correspondence Analysis Approach and the Usual Log-Linear Models Approach in the Analysis of Contingency Tables," *International Statistical Review* 54: 243-309.

Greene, William H.

- 1991 *LIMDEP Version 6 Manual*. New York: Econometric Software Inc.

Hagenaars, Jacques A.

- 1990 *Categorical Longitudinal Data*. Newbury Park, CA: Sage Publications.

Haberman, Shelby J.

- 1974 *The Analysis of Frequency Data*. Chicago: University of Chicago.

Hauser, Robert M.

- 1978 "A Structural Model of the Mobility Table," *Social Forces* 56: 919-53.
- 1979 "Some Exploratory Methods for Modeling Mobility Tables and Other Cross-Classified Data," in David R. Heise (ed.), *Sociological Methodology*, 1980, pp.141-158. San Francisco: Jossey-Bass.
- 1984 "Vertical Class Mobility in England, France, and Sweden," *Acta Sociologica* 27: 87-110.

Hout, Michael

- 1982 "The Association Between Husbands' and Wives' Occupations in Two-Earner Families," *American Journal of Sociology* 88: 397-409.
- 1983 *Mobility Tables*. Beverly Hills, CA: Sage Publications.
- 1984 "Status, Autonomy and Training in Intergenerational Mobility," *American Journal of Sociology* 89: 1379-1409.

Hout, Machael, Otis D. Duncan, and Michael E. Sobel

- 1987 "Association and Heterogeneity: Structural Models of Similarities and Differences," in Clifford C. Clogg (ed.), *Sociological*

Methodology 1987, pp.145-84. Washington, DC: American Sociological Association.

Hope, Keith

1982 "Vertical and Nonvertical Class Mobility in Three Countries," *American Sociological Review* 47: 99-113.

Jacobs, Jerry A. and Ronald L. Breiger

1988 "Careers, Industries, and Occupations," in George Farkas and Paula England (eds.), *Industries, Firms, and Jobs*, pp.43-63. New York: Plenum Press.

Johnson, Robert A.

1980 *Religion Assortative Mating in the United States*. New York: Academic Press.

Kalmijn, Matthijs

1991 "Status Homogamy in the United States," *American Journal of Sociology* 97: 496-523.

Knoke, David and P. J. Burke

1980 *Log-Linear Models*. Beverly Hills, CA: Sage.

Landale, Nancy S. and Avery M. Guest

1990 "Generation, Ethnicity, and Occupational Opportunity in Late 19th Century America," *American Sociological Review* 55: 280-296.

Liedka, Raymond V.

1991 "Who Do You Know in the Group? Location of Organizations in Interpersonal Networks," *Social Forces* 70: 455-474.

Marsden, Peter V.

1981 "Models and Methods for Characterizing the Structural Parameters of Groups," *Social Networks* 3: 7-27.

McCullagh, P. and J.A. Nelder

1989 *Generalized Linear Models* (2nd Edition). London: Chapman and Hall.

Numerical Algorithms Group

1993 *The GLIM System Release 4 Manual*. Oxford: Oxford University Press.

Pöntinen, Seppo

1982 "Models and Social Mobility Research: A Comparison of Some Log-Linear Models of a Social Mobility Matrix," *Quality and Quantity* 16: 406-21.

Raftery, Adrian E.

1986 "Choosing Models for Cross-Classifications," *American Sociological Review* 51: 145-46.

Rogoff, Natalie

1953 *Recent Trends in Occupational Mobility*. Glencoe, Ill.: Free Press

Sheu, Jia-You

1989 "The Class Structure in Taiwan and Its Changes," in Hsin-Huang M. Hsiao, Wei-Yuan Cheng and Hou-Sheng Chan (eds.), *Taiwan: A Newly Industrialized State*, pp.117-150. Taipei: Department of Sociology, National Taiwan University.

Smith, Herbert L. and Maurice A. Garnier

1987 "Scaling via Models for the Analysis of Association: Social Background and Educational Careers in France," in Clifford C. Clogg (ed.), *Sociological Methodology 1987*, pp.205-45. Washington, D.C.: American Sociological Association.

Snipp, C. Matthew

1985 "Occupational Mobility and Social Class: Insight from Men's Career Mobility," *American Sociological Review* 50: 475-493.

So, Alvin and H. H. Michael Hsiao

1994 "The Making of the Middle Classes in East Asia: Some Tentative Hypotheses," Paper Presented in International Conference on East Asian Middle Classes and National Development in Comparative

Perspective in Institute of Ethnology, Academia Sinica, Taipei, Taiwan, December 19-21.

Sobel, Michael

- 1988 "Some Models for the Multiway Contingency Table with a One-to-one Correspondence Among Categories,," in Clifford C. Clogg (ed.), *Sociological Methodology 1988*, pp.165-192. Washington, D.C.: American Sociological Association.

Sobel, Michael E., Michael Hout, and Otis D. Duncan

- 1985 "Exchange, Structure, and Symmetry in Occupational Mobility," *American Journal of Sociology* 91: 359-72.

Stier, Haya and David B. Grusky

- 1990 "An Overlapping Persistence Model of Career Mobility," *American Sociological Review* 55: 736-56.

STSC

- 1989 *APL*PLUS System for the PC User's Manual*. Rockville, MD: STSC Inc. (現已改名為 Manugistics, Inc)

Treiman, Donald J.

- 1977 *Occupational Prestige in Comparative Perspective*. New York: Academic Press.

Tsai, Shu-Ling and Hei-Yuan Chiu

- 1993 "Changes in Educational Stratification in Taiwan," in Yossi Shavit and Hans-Peter Blossfeld (eds.), *Persistent Inequality*, pp.193-228. Boulder, CO: Westview Press.

Tsay, Ruey-Ming

- 1995 "Economic Development and Political Attitudes: The Formation of Political Authoritarianism in Taiwan," *Tunghai Journal of Social Science* 36: 205-236.
- 1996a "Who Marries Whom? The Associations Between Wives' and Husbands' Educational Attainment and Class in Taiwan,"

Proceedings of National Science Council, ROC. Part C: Humanities and Social Sciences 6: 258-277. (國家科學委員會研究彙刊：人文及社會科學)

- 1996b “Leaving Farmland: Class Structure Transformation and Social Mobility in Taiwan,” 將刊登於張荳雲 (主編), 《九〇年代的臺灣社會》。臺北：中央研究院社會學研究所。

Wasserman, Stanley and Katherine Faust

- 1989 “Canonical Analysis of the Composition and Structure of Social Networks,” in Clifford C. Clogg (ed.), *Sociological Methodology 1989*, Pp.1-42. Washington, D.C.: American Sociological Association.

Weakliem, David L.

- 1991 “The Two Lefts? Occupation and Party Choice in France, Italy, and the Netherlands,” *American Journal of Sociology* 96: 1327-61.
- 1992 “Comparing Non-Nested Models for Contingency Tables,” in Peter V. Marsden (ed.), *Sociological Methodology 1992*, pp.147-178. Washington, D.C.: American Sociological Association.

Weber, Max

- 1978 “Status Groups and Classes, in Economy and Society,” in Guenther Roth and Claus Wittich (eds.), *Economy and Society*, pp.302-307. Berkeley: University of California Press.

Western, Mark and Erik Olin Wright

- 1994 “The Permeability of Class Boundaries to Intergenerational Mobility Among Men in the United States, Canada, Norway and Sweden,” *American Sociological Review* 59: 606-629.

Wong, Raymond Sin-Kwok

- 1990 “Understanding Cross-National Variation in Occupational Mobility,” *American Sociological Review* 55: 560-73.

- 1992 "Vertical and Nonvertical Effects in Class Mobility: Cross-National Variations," *American Sociological Review* 57: 396-410.
- Wright, Erik Olin
- 1985 *Classes*. New York: Verso.
- Wright, Erik Olin and Donmoon Cho
- 1992 "The Relative Permeability of Class Boundaries to Cross-Class Friendships: A Comparative Study of the United States, Canada, Sweden and Norway," *American Sociological Review* 57: 85-102.
- Wright, Erik Olin and L. Perrone
- 1977 "Marxist Class Categories and Income Inequality," *American Journal of Sociology* 42: 32-55.
- Wu, Naiteh
- 1994 "Class Awareness and Class Identity," in Jia-You Sheu (ed.), *Comparative Studies of Class Structure and Class Consciousness*, pp.109-150. Taipei: Institute of European and American Studies, Academia Sinica. (in Chinese)
- Xie, Yu
- 1992 "The Log-Multiplicative Layer Effect Model for Comparing Mobility Tables," *American Sociological Review* 57: 380-395.
- Yamaguchi, Kazuo
- 1983 "The Structure of Intergenerational Occupational Mobility: Generality and Specificity in Resources, Channels, and Barriers," *American Journal of Sociology* 88: 718-745.
- 1987 "Model for Mobility Tables: Toward Parsimony and Substance," *American Sociological Review* 52: 482-94.
- Yasuda, S.
- 1964 "A Methodological Inquiry Into Social Mobility," *American Sociological Review* 29: 16-23.

附 錄

GLIM配適同等行列效應對角線模型的指令範例：

```
$C This is a GLIM program to estimate intergenerational class
$C Mobility: Men vs. Women, Taiwan 1990.
$C Equal Row and Column Effect Model with Diagonals
$C Sector factor is added.
$C Date: 2-19-1995
$echo
$units 72 $data Freq $read
```

[DATA FILE]

```
$data sect $read
```

[DESIGN MATRIX]

```
$calc %O=6:%D=6:%T=2
$calc d=%gl(6,1):o=%gl(6,6):c=%gl(%t,6*6)
$calc inh = %if(%eq(o,d),2,1)
$calc diag= %if(%eq(o,d),o,0):diag=diag+1
$FACTOR O %O D %D DIAG 7 INH 2 C 2
$CALC %N=%CU(FREQ)
$Macro model O*C+D*C+diag.C
$ENDMac
$MAC STAT
$CALC %B=%DV-%DF*%LOG(%N)
```

```

$CALC %U=%CU(%SQRT((%FV-FREQ)**2))
$CALC %X=%CU(%FV):%U=50*(%U/%X)
$PRINT 'LOG LIKELIHOOD RATIO' %DV
$PRINT 'PEARSON CHI-SQUARE' %X2
$PRINT 'DEGREE OF FREEDOM' %DF
$PRINT 'SAMPLE SIZE' %N
$PRINT 'INDEX OF DISSIMILARITY' %U
$PRINT 'BIC STATISTIC' %B
$ENDMAC
$MAC ST2
$CALC %B=%DV-(%DF-4)*%LOG(%N):%Q=%DF-4
$CALC %U=%CU(%SQRT((%FV-FREQ)**2))
$CALC %X=%CU(%FV):%U=50*(%U/%X)
$PRINT 'LOG LIKELIHOOD RATIO' %DV
$PRINT 'PEARSON CHI-SQUARE' %X2
$PRINT 'DEGREE OF FREEDOM (corrected)' %Q
$PRINT 'SAMPLE SIZE' %N
$PRINT 'INDEX OF DISSIMILARITY' %U
$PRINT 'BIC STATISTIC (corrected)' %B
$ENDMAC
$MAC K2
$CAL %I=%I+1 $
$PRINT 'Iteration' *2 %I
$CALC V1=0
$CALC V2=((%EQ(O,2))*H(D)+(%EQ(D,2))*H(O))/2
$CALC V3=((%EQ(O,3))*H(D)+(%EQ(D,3))*H(O))/2
$CALC V4=((%EQ(O,4))*H(D)+(%EQ(D,4))*H(O))/2
$CALC V5=((%EQ(O,5))*H(D)+(%EQ(D,5))*H(O))/2
$CALC V6=((%EQ(O,6))*H(D)+(%EQ(D,6))*H(O))/2

```



```

$FIT V1+V2+V3+V4+V5+V6+#model $
$EXTRACT %PE
$CALC H1(O)=%PE(1+O) $CALC H=(H+H1)/2
$CALC F=(PE-%PE)**2:%F=%CU(F) $CALC PE=%PE
$CALC %S=%GE(%F,10**%C)
$ENDMAC
$ACCU 5
$YVAR FREQ $ERROR P $LINK L
$MAC INIT
$CALC %C=-4:%P=40 $CALC %S=1:%I=0 $VAR %P PE
$CALC PE=100
$CALC H(O)=O $WHILE %S K2
$PRINT 'Program converged after ' *2 %I ' Iteration'
$USE STAT$
$VAR %D SE$
$CALC SE(O)=H1(O) $CALC %M=%CU(SE)/%D
$CALC SM=(SE-%M)
$CALC %V=%SQRT(%CU(SM**2)) $CALC S1=SM/%V
$CALC %H=%CU(SM**2)
$PRINT : 'Fully Normalized Scale Values (Mean=0; Sum of Square=1):'
$PRINT S1 $
$PRINT : 'Partially Normalized Scale Values (Mean=0):'
$PRINT SM $
$PRINT : 'Phi Coefficient:'
$PRINT %H $
$C The following part will estimate the standard error of the Phi
$C Coefficients using Row and Column Effect scores
$CALC RS=S1(D):CS=S1(O):PH1=RS*CS
$FIT #model + PH1
    
```

```
$USE ST2 $DISP M E $  
$ENDMAC  
$USE INIT $  
$STOP
```