

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

平行分析於單因素二分變項之應用性

計畫類別：個別型計畫

計畫編號：NSC91-2413-H-002-015-

執行期間：91年08月01日至92年07月31日

執行單位：國立臺灣大學心理學系暨研究所

計畫主持人：翁儷禎

計畫參與人員：鄭中平

報告類型：精簡報告

處理方式：本計畫可公開查詢

中 華 民 國 92 年 8 月 20 日

# 行政院國家科學委員會專題研究計劃成果報告

## 平行分析於單向度二分變項之應用性

### Parallel Analysis With Unidimensional Binary Data

計畫編號：NSC 91-2413-H-002-015

執行期限：91年8月1日至92年7月31日

主持人：翁儷禎 國立台灣大學心理學系

[ljweng@ccms.ntu.edu.tw](mailto:ljweng@ccms.ntu.edu.tw)

#### 一、中文摘要

因素數目取決乃因素分析中之關鍵步驟，本模擬研究探討平行分析在單向度二分變項上的表現。模擬研究中操弄八變項之單因素模型的樣本人數（50、100、200、500、1000）、因素負荷量（.45、.70、.90）、二分變項兩類反應比例（50/50、60/40、70/30、80/20、90/10），與變項間相關係數估計方法（phi相關與四分相關）。結果發現以平行分析估計之因素數目相當準確，樣本愈大，因素負荷量愈高，兩類別比率愈接近時，正確率愈高，僅當因素負荷量低且樣本小時正確率較低。以隨機資料相關矩陣之第95或第99百分位數進行平行分析之正確率高於採行平均數為比較基準之正確率，兩類相關係數估計之因素數目正確率僅略有差距。整體而言，因素負荷量對單因素二分變項平行分析因素數目正確決定率的影響最大，樣本人數與類別比率的影响則視分析時選用的相關係數而定，前者主要影響使用phi相關之因素數目正確率，後者則影響採行四分相關之正確率。

**關鍵詞：**因素分析，平行分析，二分變項，單向度，模擬研究

#### Abstract

Determining the number of factors is a crucial step in factor analysis. The present Monte Carlo research investigated the performance of parallel analysis as applied to unidimensional binary data. The simulation study employed an eight-variable single-factor model and manipulated sample size (50, 100, 200, 500, 1000), size of factor loadings (.45, .70, .90), response ratio on two categories (50/50, 60/40, 70/30, 80/20, 90/10), and type of correlation used (phi correlation and tetrachoric correlation) for analysis. The results indicated that parallel analysis suggested very accurate number of factors. The proportion of correctly identifying the number of factor increased as sample size and factor loading increased, and as the percentages of responses on two categories became close. Parallel analysis that used 95<sup>th</sup> and 99<sup>th</sup> percentile of the random data eigenvalues as the basis for comparison yielded higher correct rate than using mean eigenvalues as the criterion. The performance of phi correlations and tetrachoric correlations had only minor differences. Overall, the size of the factor loading had the most significant effect on the performance of parallel analysis with binary

data.

**Keywords :** factor analysis, parallel analysis, dichotomous variables, unidimensionality, simulations

## 二、前言與研究目的

因素數目決定是因素分析之關鍵步驟，抽取過多或太少因素均會導致不當之分析結果，甚而影響理論發展(Comrey & Lee, 1992; Gorsuch, 1983; Harman, 1976)。本研究欲探討平行分析方法在分析單向度二分變項時，能否正確反應因素數目。

自因素分析發展以來，學者提出許多方法來決定因素數目，譬如特徵值大於一(eigenvalues greater than one, Kaiser-Guttman rule)、陡階檢定(scree test)、最大概似法卡方檢定(maximum likelihood chi-squares test)、平行分析(parallel analysis)等。在這些方法中，晚近的研究發現平行分析在因素數目決定上的表現相當優異，在大多數時候得以建議正確的因素數目(王嘉寧, 2001; Reilly & Eaves, 2000; Sarff, 1997; Velicer, Eaton, & Fava, 2000; Zwick & Velicer, 1986)。由於社會科學常用之統計軟體，譬如 SAS 或 SPSS，尚未將平行分析納入因素數目決定方法的選項中，乃有學者陸續發展程式，以增進此方法之可用性(Enzmann, 1997; Kaufman & Dunlap, 2000; Longman, Cota, Holden, & Fekken, 1989b; O'Connor, 2000; Thomopson & Daniel, 1996)。這些研究結果均顯示平行分析方法在決定因素數目上受研究者肯定的程度。

本研究欲探討以平行分析估計單向度二分反應變項因素數目的可行性。因素分析常用於測量工具效度之建立，以及測驗編製上。測量工具有各樣度量化方法，其

中二分變項(如回答有或沒有，是或否，對或錯)亦為一常用的反應方式，認知能力測驗使用二分反應變項的尤其為多。Parry 與 McArdle (1991)曾探討因素分析於單向度二分變項之表現，但其僅只觀察 phi 相關係數或是四分相關(tetrachoric correlation)下四種因素負荷量估計方法之表現，而未討論因素數目的決定是否正確。Collins, Cliff, McCormick 與 Zatzkin (1986)以修正之陡階檢定分析雙參數邏輯諦斯模式試題之向度，結果發現無論分析 phi 相關係數或是四分相關，該方法效果均不佳，常得到過多的向度。Roznowski, Tucker 與 Humphreys (1991)曾比較三種因素數目決定方法在二分變項資料上的表現，但未包括平行分析法。

Green (1983)以平行分析法與陡階檢定探討三參數邏輯諦斯模式試題之向度，結果發現以 phi 相關進行分析時，平行分析可能建議過多的向度。Green 所採的平行分析方法乃應用 Montanelli 與 Humphreys (1976)的迴歸式估計隨機零相關矩陣之平均特徵值，然而運用此迴歸式進行之平行分析在後續研究中(王嘉寧, 2001)表現並不佳。因此，如果以其他方法估計隨機零相關矩陣之特徵值進行平行分析，結果或可能不同。Bernstein 與 Teng (1989)以 20 個變項之單因素模型探討常用的因素數目決定方法在二分變項與四點量尺上的表現，結果發現特徵值大於一與最大概似法卡方檢定均會高估因素數目，因而認為針對連續變項發展之因素數目決定方法皆不適用於非連續之點數資料。然而王嘉寧的研究結果卻相異。王嘉寧的模擬研究結果顯示除了以 Allen 與 Hubbard (1986)以及 Montanelli 與 Humphreys 的方法估計隨機零相關矩陣之平均特徵值外，無論是以隨機零相關矩陣特徵值之平均數或是第 95 百分位數作比較基準，平行分析均能建議相

當正確的因素數目。有鑑於其他因素數目決定方法，諸如特徵值大於一、最大概似法卡方檢定、修正陡階檢定在二分變項因素數目決定上之表現不佳，以及平行分析在因素數目取決上之優異表現，本研究乃欲評估平行分析在處理二分變項時，是否仍具此優勢。

平行分析乃 Horn 於 1965 年首先提出，目的在考慮以特徵值大於一決定因素數目時，抽樣誤差對隨機零相關矩陣特徵值的影響程度。為得知抽樣誤差對隨機資料相關係數矩陣特徵值的影響程度，Horn 建議產生多個隨機資料矩陣，這些隨機資料矩陣與實徵觀察資料的人數和變項數目一樣，然每個變項乃隨機產生，兩兩變項間為零相關。隨機資料產生後，即計算各隨機資料矩陣所得之相關矩陣的特徵值，多個隨機零相關矩陣所得特徵值的平均數即可代表抽樣誤差對隨機資料零相關矩陣特徵值的影響程度。平行分析即將觀察資料相關矩陣的特徵值與隨機零相關矩陣特徵值的平均數比較，觀察資料相關矩陣特徵值大於隨機零相關矩陣特徵值平均數的個數即為有意義的因素數目。

在 Horn 提出此方法後，Humphreys 與 Ilgen(1969)以及 Humphreys 與 Montanelli(1975)發現平行分析在決定因素數目上的表現不錯。但由於平行分析需要產生多組隨機資料相關矩陣特徵值的平均以作為比較的基準，一般研究者在使用上並不便利，故乃有學者陸續發展以迴歸方程式或內差法估計隨機零相關矩陣特徵值的平均(Allen & Hubbard, 1986; Keeling, 2000; Lautenschlager, 1989; Lautenschlager, Lance, & Flaherty, 1989; Longman, Cota, Holden, & Fekken, 1989a; Montanelli & Humphreys, 1976)。Longman 等人(1989a)發現其作法較 Allen 與 Hubbard 好，Cota, Longman, Holden, 與 Fekken (1991)進一步

指出 Allen 與 Hubbard 公式不適用之樣本人數與變項數目。Cota, Longman, Holden, 與 Fekken (1993)以 28 個真實資料進行分析，發現 Longman 等人(1989a), Cota, Longman, Holden, Fekken, 與 Xinaris (1993)，以及 Lautenschlager (1989)三者結果相近，表現均相當好。翁儷禎、李俊霆與吳柏儒(2003)的研究發現 Longman 等人(1989a)與 Keeling 的迴歸式所估計的數值最接近隨機資料之平均特徵值。

除了以隨機矩陣特徵值的平均數作為比較基準外，亦有學者提出以隨機矩陣特徵值的第 95 百分位數為比較基準，並提出其內差表或迴歸式以利估計(Cota, Longman, Holden, Fekken, & Xinaris, 1993; Longman et al., 1989a)。Glorfeld (1995)則另提出產生隨機相關矩陣特徵值之分配的想法，研究者可以選擇希望的百分位數作為比較基準。有學者則認為以隨機矩陣的平均數作為比較基準容易高估因素數目，因此建議以隨機矩陣特徵值的第 95 百分位數為比較基準，以避免高估因素數目(Buja & Eyuboglu, 1992; Glorfeld, 1995)。但王嘉寧(2001)的模擬研究結果則顯示除了 Allen 與 Hubbard (1986) 以及 Montanelli 與 Humphreys (1976) 的方法外，無論是以平均數或是第 95 百分位數作比較均能建議相當正確的因素數目。

簡言之，有鑑於平行分析於因素數目選取上之優異表現，本研究欲以模擬資料探討平行分析在單向度二分資料上應用之可行性，倘若平行分析可以準確偵測此等資料之因素向度，則其結果非但有助於未來因素分析之應用研究，亦有助於試題反應理論之向度決定。

### 三、研究方法

1. 模擬研究中各操弄變項之數值：本模擬

研究根據 Parry 與 McArdle (1991)的研究設計，進一步探討平行分析在因素數目決定上之優劣。故依其設計採單因素模式，變項數目設定為 8，操弄變項如下所列，其中(a)樣本人數為受試者間變項，餘為受試者內變項。

- (a) 樣本人數包括 50, 100, 200, 500 與 1000, 較 Parry 與 McArdle 的研究增加一般研究可能使用之 500 與 1000 人的大樣本 (王嘉寧、翁儷禎, 2002)。
  - (b) 原始因素負荷量設定為 0.45, 0.70 與 0.90。此與 Bernstein 及 Teng(1989)所採之.50, .71, 與.87 相近, 將可與其比較。
  - (c) 二分變項在兩類反應上的比例設為 50/50, 60/40, 70/30, 80/20 與 90/10。Bernstein 與 Teng (1989)研究之比例為 50/50 及 84/16, 後者與 80/20 相近, 結果可相比較。
  - (d) 變項間相關係數包括 Pearson 相關 (即 phi 相關) 與四分相關 (tetrachoric correlation)。
2. 模擬研究之依變項為各方法在各情境之正確決定因素數目的比率。進行平行分析時, 除了以 1000 筆隨機零相關矩陣的平均特徵值為比較基準決定因素數目外, 亦以此 1000 筆特徵值資料之 95 與 99 百分位數為基準估計因素數目, 以比較三者之異同。
  3. 資料產生步驟: 依據所設定之因素模式與二分變項分配, 以 SAS 產生資料, 估計 phi 相關係數, 及相關係數矩陣之特徵值, 四分相關則以 EQS (Bentler, 1995) 估計。
  4. 模擬研究樣本: 在 Parry 與 McArdle (1991)的研究中, 原設計之 45 種情形 (3 樣本人數 X 3 因素負荷量 X 5 二分變項反應比例) 的各情境僅產生單一樣本, 僅在部分情境產生 30 個樣本。本研究則在每一情境產生 500 個樣本, 以瞭

解各平行分析方法決定因素數目之正確率。

#### 四、結果與討論

由於本研究二分變項在兩類別上之比例包括相當極端之情形, 譬如 90/10, 因此在樣本人數偏低時, 所有反應可能均集中於單一類別, 致使該變項與其他變項的相關皆為 0, 表一即列出在 500 個樣本中有任一變項為常數之比率。由於在這些情形下有意義的變項僅剩 7 個, 且此等比率相當低, 故乃刪除該筆資料, 另產生他筆資料取代, 直至各情境均有 500 筆資料進行平行分析估計因素數目。表二列出操弄之各變項與其交互作用對因素數目決定正確與否的效果量  $\eta^2$  ( $SS_{\text{effect}} / SS_{\text{total}}$ )。操弄變項對連續資料的影響相當小, 僅負荷量與人數之交互作用達中效果 (Cohen, 1988)。以 phi 相關矩陣之特徵值估計因素數目是否正確主要受因素負荷量與樣本人數影響, 以四分相關進行平行分析之表現則受因素負荷量與兩類別反應比例影響。整體而言, 因素負荷量的影響最大, 樣本人數與類別比率的影響則視分析時選用的相關係數而定, 前者主要影響 phi 相關之因素數目正確率, 後者則影響四分相關之正確率。

表三至表五分別列出因素負荷量為 .90, .70, 與 .45 之各操弄情境中正確決定因素數目的比率。以平行分析估計之因素數目相當準確, 樣本愈大, 因素負荷量愈高, 兩類別比率愈接近時, 正確率愈高, 僅當因素負荷量低且樣本小時正確率較低。以隨機資料相關矩陣之第 95 或第 99 百分位數進行平行分析之正確率高於採用平均數為比較基準之正確率, 兩類相關係數估計之因素數目正確率僅略有差距。

無論是以隨機零相關矩陣的平均數, 或是第 95 與 99 百分位數為比較基準, 平

行分析在連續資料中所建議之因素數目均非常正確，最低正確率為因素負荷量為.45，樣本人數為 50 時之.830。當因素負荷量為.90 時，即便二分變項兩類別之比率極端懸殊，或是樣本人數極少，以兩種相關係數估計之因素數目均接近完全正確，僅在樣本人數為 50，兩類別反應比例為 90/10 時，以 phi 相關估計之正確率較四分相關稍低，其中以平均數為基準的偏失較 95 與 99 百分位數大。

當因素負荷量為.70 時，若以隨機零相關矩陣特徵值之第 95 與 99 百分位數為比較基準，除了兩類別反應比例為 90/10 外，正確率均相當高。兩種相關係數估計的因素數目正確率非常接近，惟 phi 相關估計之正確率在一些情境較四分相關稍高些許。以隨機零相關矩陣特徵值之平均數為比較基準之平行分析因素數目正確率在小樣本時 (N=50) 不如其他二比較基準，使用 phi 相關之正確率亦比四分相關高。兩類別比例懸殊為 90/10 時，兩種相關係數因素數目正確率之相對高低隨樣本人數而異，樣本極小時 (N=50)，四分相關的正確率高於 phi 相關，小樣本 (N=100) 時兩種相關的正確率差異不大，中樣本 (N=200) 的 phi 相關正確率高於四分相關，大樣本 (N=500) 兩種相關的正確率則相等。

因素負荷量為.45 時，樣本人數為 50 與兩類別比率為 90/10 之正確決定因素數目之比率偏低，以隨機資料相關矩陣之平均數為比較基準之表現不如第 95 與第 99 百分位數。除了樣本人數為 50 外，使用 phi 相關估計之因素數目正確率高於四分相關之正確率。由表五觀之，當因素負荷量低時，若欲以平行分析決定因素數目樣本人數不宜過少，兩類別反應之比率亦不宜過於懸殊。舉例而言，若欲有.90 之正確率，則使用 phi 相關時，樣本人數最好達 200，兩類別比率不宜較 80/20 懸殊，如果樣本人

數僅有 100，則兩類別比率宜更接近；使用四分相關時，兩類別比率則需更接近。

本研究探討平行分析應用於單因素二分變項因素數目決定之可行性，結果顯示應用平行分析於此 8 變項單因素模型時，正確決定因素數目的比率相當高，尤其當因素負荷量高時，正確率幾乎全部高達百分之百。至於平行分析之比較基準，則以隨機零相關矩陣特徵值之第 95 與 99 百分位數的表現優於平均數，因之研究者宜避免以隨機零相關矩陣特徵值之平均數進行平行分析，因素負荷量偏低時尤然。至於兩種相關係數之表現則未有極大差異，雖樣本非常小時四分相關表現稍佳，其餘則是 phi 相關正確決定因素數目的可能性較高。

由本研究之結果觀之，因素負荷量之高低乃平行分析於二分變項表現之關鍵。因素負荷量涉及變項與因素間關係之強弱，因之，研究者應於編製量表時，盡量設計與研究構念緊密關聯之題目，以避免後續分析上之困擾。高因素負荷量之良好題目，除了可預防因素數目估計錯誤外，亦可減少因素分析時之所需樣本人數，與提升因素負荷量估計之品質 (MacCallum, Widaman, Zhang, & Hong, 1999; Velicer & Fava, 1998)。

Bernstein 與 Teng (1989) 探討單因素二分與四點變項之因素數目估計，根據模擬研究的結果，他們宣稱以連續變項為基礎發展之因素數目決定方法不適用於二分變項。然而，其所用的因素數目決定方法並未包括平行分析，本研究之結果顯然與其結論相悖，平行分析可以非常正確地決定二分變項之因素數目，即便於兩類別反應比例懸殊的情況亦然。Bernstein 與 Teng 模擬的因素模型與本研究有三相異之處。首先，不同於 Parry 與 McArdle (1991)，Bernstein 與 Teng 的單因素模型包括 20 個

變項。再者，Bernstein 與 Teng 模擬研究中二分變項的分配除了各變項分配相同外，亦包括正負偏題目各半的情形。此外，Bernstein 與 Teng 模擬研究的樣本人數為 1000，雖其僅分析與呈現單一樣本之結果。由本研究的結果看來，樣本人數增為 1000 確能提高因素數目決定之正確率，至於變項數目增多與分配異質性對平行分析結果之影響則有賴進一步研究釐清。

本研究以模擬資料探討平行分析在單向度二分資料上應用之可行性，結果發現平行分析可以準確偵測此等資料之因素向度，此結果非但有助於未來因素分析之應用研究，亦有助於試題反應理論之向度決定。有鑑於平行分析在因素數目決定之優異結果，Drasgow 與 Lissak (1983) 比擬平行分析之想法，提出修正平行分析法(modified parallel analysis)以檢視試題反應理論中二分變項之向度。該方法遠較平行分析複雜，需要利用由資料估計出之題目參數估計值產生資料。Budesu, Cohen 與 Ben-Simon (1997) 提出再修正平行分析法(revised modified parallel analysis)建構單向度試題，以在三參數邏輯諦斯模式假設下推導之四分相關理論值減少資料產生歷程之複雜度，然其作法仍較原始平行分析繁複。本研究發現平行分析對單向度二分變項的因素數目抉擇合宜，尤其是以第 95 或 99 百分位數為比較基準時，因素數目正確率相當高，此法或可為單向度試題反應之向度決定上的一個簡易可行方法，未來研究宜進一步探究以原始平行分析方法估計試題反應理論建構之單向度題目向度的表現。

## 五、計畫成果自評

原研究計畫本欲比較各隨機資料特徵值估計方法之表現，但因研究者已與其

他研究人員完成該部分之研究(翁儷禎、李俊霆、吳柏儒，2003)，故於本研究中即直接以 1000 筆隨機資料之特徵值進行平行分析。本研究之研究結果將有助於二分變項因素數目之選擇，應可於相關期刊上發表。

## 六、參考文獻

- 王嘉寧 (2001)。「量尺點數與分配型態對因素分析的影響」。國立臺灣大學心理學研究所未發表之碩士論文。
- 王嘉寧、翁儷禎 (2002)。探索性因素分析國內應用之評估：1993 至 1999。「中華心理學刊」，第 44 卷，頁 239-251。
- 翁儷禎、李俊霆、吳柏儒 (2003)。平行分析隨機矩陣特徵值迴歸式估計之比較。「中華心理學刊」，第 45 卷。
- Allen, S. J., & Hubbard, R. (1986). Regression equations for the latent roots of random data correlation matrices with unities on the diagonal. *Multivariate Behavioral Research, 21*, 393-398.
- Bentler, P. M. (1995). *EQS structural equations program manual*. Encino, CA: Multivariate Software, Inc.
- Bernstein, I. H., & Teng, G. (1989). Factoring items and factoring scales are different: Spurious evidence for multidimensionality due to item categorization. *Psychological Bulletin, 105*, 467-477.
- Budesu, D. V., Cohen, Y., & Ben-Simon, A. (1997). A revised modified parallel analysis for the construction of unidimensional item pools. *Applied Psychological Measurement, 21*,

- 233-252.
- Buja, A., & Eyuboglu, N. (1992). Remarks on parallel analysis. *Multivariate Behavioral Research, 27*, 509-540.
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2<sup>nd</sup> ed.). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Collins, L. M., Cliff, N., McCormick, D. J., & Zarkin, J. L. (1986). Factor recovery in binary data sets: A simulation. *Multivariate Behavioral Research, 21*, 377-391.
- Comrey, A. L., & Lee, H. B. (1992). *A first course in factor analysis* (2<sup>nd</sup> ed.). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Cota, A. A., Longman, R. S., Holden, R. R., & Fekken, G. C. (1991). Anomalies in the Allen and Hubbard parallel analysis procedure. *Applied Psychological Measurement, 15*, 95-97.
- Cota, A. A., Longman, R. S., Holden, R. R., & Fekken, G. C. (1993). Comparing different methods for implementing parallel analysis: A practical index of accuracy. *Educational and Psychological Measurement, 53*, 865-876.
- Cota, A. A., Longman, R. S., Holden, R. R., Fekken, G. C., & Xinaris, S. (1993). Interpolating 95<sup>th</sup> percentile eigenvalues from random data: An empirical example. *Educational and Psychological Measurement, 53*, 585-596.
- Drasgow, F., & Lissak, R. I. (1983). Modified parallel analysis: A procedure for examining the latent dimensionality of dichotomously scored item responses. *Journal of Applied Psychology, 68*, 363-373.
- Enzmann, D. (1997). RanEigen: A program to determine the parallel analysis criterion for the number of principal components. *Applied Psychological Measurement, 21*, 232.
- Glorfeld, L. W. (1995). An improvement on Horn's parallel analysis methodology for selecting the correct number of factors to retain. *Educational and Psychological Measurement, 55*, 377-393.
- Gorsuch, R. L. (1983). *Factor analysis*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Green, S. B. (1983). Identifiability of spurious factors using linear factor analysis with binary items. *Applied Psychological Measurement, 7*, 139-147.
- Harman, H. H. (1976). *Modern factor analysis* (3<sup>rd</sup> ed. Rev.). Chicago: University of Chicago Press.
- Hattie, J. (1984). An empirical study of various indices for determining unidimensionality. *Multivariate Behavioral Research, 19*, 49-78.
- Horn, J. L. (1965). A rationale and test for the number of factors in factor analysis. *Psychometrika, 30*, 179-1185.
- Humphreys, L. G., & Ilgen, D. (1969). Note on a criterion for the number of common factors. *Educational and Psychological Measurement, 29*, 571-578.
- Humphreys, L. G., & Montanelli, R. G., Jr. (1975). An investigation of the



- parallel analysis criterion for determining the number of common factors. *Multivariate Behavioral Research*, *10*, 193-205.
- Kaufman, J. D., & Dunlap, W. P. (2000). Determining the number of factors to retain: A Windows-based FORTRAN-IMSL program for parallel analysis. *Behavior Research Methods, Instruments, and Computers*, *32*, 389-395.
- Keeling, K. B. (2000). A regression equation for determining the dimensionality of data. *Multivariate Behavioral Research*, *35*, 457-468.
- Lautenschlager, G. J. (1989). A comparison of alternatives to conducting Monte Carlo analyses for determining parallel analysis criteria. *Multivariate Behavioral Research*, *24*, 365-395
- Lautenschlager, G. J., Lance, C. e., & Flaherty, V. L. (1989). Parallel analysis criteria: Revised equations for estimating the latent roots of random data correlation matrices. *Educational and Psychological Measurement*, *49*, 339-345.
- Longman, R. S., Cota, A. A., Holden, R. R., & Fekken, G. C. (1989a). A regression equation for the parallel analysis criterion in principal components analysis: Mean and 95<sup>th</sup> percentile eigenvalues. *Multivariate Behavioral Research*, *24*, 59-69.
- Longman, R. S., Cota, A. A., Holden, R. R., & Fekken, G. C. (1989b). PAM: A double-precision FORTRAN routine for the parallel analysis method in principal components analysis. *Behavior Research Methods, Instruments, and Computers*, *21*, 477-480.
- MacCallum, R. C., Widaman, K. F., Zhang, S., & Hong, S. (1999). Sample size in factor analysis. *Psychological Methods*, *4*, 84-99.
- Montanelli, R. G., Jr., & Humphreys, L. G. (1976). Latent roots of random data correlation matrices with squared multiple correlations on the diagonal: A Monte Carlo study. *Psychometrika*, *41*, 341-348.
- O'Connor, B. P. (2000). SPSS and SAS programs for determining the number of components using parallel analysis and Velicer's MAP test. *Behavior Research Methods, Instruments, and Computers*, *32*, 396-402.
- Parry, C. D. H., & McArdle, J. J. (1991). An applied comparison of methods for least-squares factor analysis of dichotomous variables. *Applied Psychological Measurement*, *15*, 35-46.
- Reilly, A., & Eaves, R. C. (2000). Factor analysis of the Minnesota Infant Development Inventory based on a Hispanic migrant population. *Educational and Psychological Measurement*, *60*, 271-285.
- Roznowski, M., Tucher, L. R., & Humphreys, L. G. (1991). Three approaches to determining the dimensionality of binary items. *Applied Psychological Measurement*, *15*, 109-127.
- Sarff, P. L. (1997). Using factor replicability to evaluate number of factors rules. *Dessertation Abstracts International: Section B: the Sciences*

- & Engineering, 58(4-B), 2175.*
- Thompson, B., & Daniel, L. G. (1996).  
Factor analytical evidence for the  
construct validity of scores: A historical  
overview and some guidelines.  
*Educational and Psychological  
Measurement, 56, 197-208.*
- Velicer, W. F., Eaton, C. A., & Fava, J. L.  
(2000). Construct explication through  
factor or component analysis: A review  
and evaluation of alternative procedures  
for determining the number of factors  
or components. In R. D. Goffin, & E.  
Helmes (Eds.), *Problems and solutions  
in human assessment: Honoring  
Douglas N. Jackson at seventy* (pp.  
41-71). Norwell, MA: Kluwer  
Academic Publishers.
- Velicer, W. F., & Fava, J. L. (1998). Effects  
of variable and subject sampling on  
factor pattern recovery. *Psychological  
Methods, 3, 231-251.*
- Zwick, W. R., & Velicer, W. F. (1986).  
Comparison of five rules for  
determining the number of components  
to retain. *Psychological Bulletin, 99,*  
432-442.

表一

模擬變項為常數之比率

因素負荷量	樣本人數	類別反應比例	比率
.45	50	90 / 10	.018
.70	50	90 / 10	.018
.90	50	90 / 10	.012

表二

三相關係數下操弄變項對正確決定因素數目的效果量  $\eta^2$ \*

相關係數 比較基準	連續-Pearson			Phi 相關			四分相關		
	Mean	P95	P99	Mean	P95	P99	Mean	P95	P99
N	.031	.016	.022	.084	.072	.091	.035	.015	.012
L	.031	.010	.012	.130	.074	.094	.200	.090	.070
P				.064	.036	.021	.056	.072	.076
N*L	.063	.031	.043	.059	.076	.125	.034	.018	.016
N*P				.017	.020	.013	.018	.030	.031
L*P				.026	.020	.014	.049	.086	.098
N*L*P				.021	.013	.013	.025	.029	.030
Error	.874	.944	.923	.599	.691	.629	.583	.661	.667

N=樣本人數，L=因素負荷量，P=類別比例

Mean=1000 筆隨機相關矩陣特徵值之平均

P95=1000 筆隨機相關矩陣特徵值之 95 百分位數

P99=1000 筆隨機相關矩陣特徵值之 99 百分位數

\* 所有效果之 F 值均顯著， $p < .001$

表三

因素負荷量.90 之因素數目正確決定比率

N	P	Phi 相關			四分相關		
		Mean	P95	P99	Mean	P95	P99
50	連續	1.000	1.000	1.000			
	.50	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
	.60	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
	.70	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
	.80	.996	1.000	1.000	.996	1.000	1.000
	.90	.830	.904	.928	.984	.996	1.000
100	連續	1.000	1.000	1.000			
	.50	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
	.60	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
	.70	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
	.80	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
	.90	.966	.988	.990	.994	.998	1.000
200	連續	1.000	1.000	1.000			
	.50	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
	.60	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
	.70	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
	.80	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
	.90	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
500	連續	1.000	1.000	1.000			
	.50	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
	.60	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
	.70	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
	.80	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
	.90	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
1000	連續	1.000	1.000	1.000			
	.50	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
	.60	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
	.70	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
	.80	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
	.90	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

N=樣本人數，P=類別比例

表四

因素負荷量.70 之因素數目正確決定比率

N	P	Phi 相關			四分相關		
		Mean	P95	P99	Mean	P95	P99
50	連續	1.000	1.000	1.000			
	.50	.966	.992	.996	.934	.984	.992
	.60	.952	.994	.998	.920	.974	.992
	.70	.916	.990	.994	.852	.964	.980
	.80	.800	.952	.974	.722	.896	.944
	.90	.390	.702	.786	.828	.954	.976
100	連續	1.000	1.000	1.000			
	.50	.998	1.000	1.000	.986	.998	.998
	.60	1.000	1.000	1.000	.990	1.000	1.000
	.70	.998	.998	1.000	.978	.998	.998
	.80	.940	1.000	1.000	.898	.966	.986
	.90	.566	.834	.898	.538	.732	.786
200	連續	1.000	1.000	1.000			
	.50	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
	.60	.998	1.000	1.000	.998	.998	.998
	.70	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
	.80	.998	1.000	1.000	.996	1.000	1.000
	.90	.872	.970	.984	.778	.876	.914
500	連續	1.000	1.000	1.000			
	.50	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
	.60	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
	.70	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
	.80	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
	.90	.994	.998	1.000	.994	.998	.998
1000	連續	1.000	1.000	1.000			
	.50	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
	.60	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
	.70	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
	.80	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
	.90	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

N=樣本人數， P=類別比例

表五

因素負荷量為.45 之因素數目正確決定比率

N	P	Phi 相關			四分相關		
		Mean	P95	P99	Mean	P95	P99
50	連續	.830	.934	.914			
	.50	.568	.704	.570	.702	.958	.992
	.60	.542	.672	.548	.702	.942	.980
	.70	.512	.634	.556	.628	.926	.966
	.80	.376	.506	.430	.336	.686	.808
	.90	.238	.378	.356	.638	.872	.906
100	連續	.942	.994	.996			
	.50	.734	.922	.906	.660	.904	.954
	.60	.700	.900	.894	.640	.904	.948
	.70	.624	.878	.840	.548	.846	.918
	.80	.512	.772	.722	.466	.800	.874
	.90	.272	.514	.486	.062	.226	.298
200	連續	.996	1.000	1.000			
	.50	.906	.992	.996	.720	.924	.966
	.60	.882	.986	.992	.708	.918	.944
	.70	.836	.984	.996	.624	.870	.918
	.80	.704	.928	.952	.444	.762	.820
	.90	.312	.676	.726	.146	.322	.394
500	連續	1.000	1.000	1.000			
	.50	.996	1.000	1.000	.950	.992	.996
	.60	.992	1.000	1.000	.936	.984	.990
	.70	.984	.994	.998	.868	.958	.974
	.80	.908	.988	.996	.638	.850	.882
	.90	.612	.888	.958	.234	.460	.538
1000	連續	1.000	1.000	1.000			
	.50	1.000	1.000	1.000	.996	1.000	1.000
	.60	1.000	1.000	1.000	.994	1.000	1.000
	.70	1.000	1.000	1.000	.988	1.000	1.000
	.80	.998	1.000	1.000	.940	.982	.990
	.90	.856	.982	.992	.486	.678	.734

N=樣本人數， P=類別比例