

編號：(97)024.802

# 隨機模型與電腦模擬 的人口推估研究

委託機關：行政院經濟建設委員會

研究單位：國立政治大學統計系

中華民國 97 年 6 月

編號：(97)024.802

# 隨機模型與電腦模擬 的人口推估研究

本報告內容係研究單位之觀點，不代表委託機關之意見

計畫主持人：余清祥

研究人員：蔡紋琦

研究助理：李芯柔、郭孟坤、王泰期

委託機關：行政院經濟建設委員會

研究單位：國立政治大學統計系

中華民國 97 年 6 月

# 提 要

關鍵詞：人口推估、人口變動要素合成法、隨機推估、電腦模擬、專家意見

## 一、研究緣起

人口素質及結構變化將決定國家未來發展及規劃方向，台灣近年因壽命延長及生育率快速下降，行政院經濟建設委員會所採傳統推計方法，恐不足以因應，亟需引入近年用於歐美各國的新推估方法，提供未來台灣人口推估之參考，期使推計更能洞悉社會脈動及需求。本研究希冀以現有資料與數據，應用國內外研發新的推估技術，審慎處理不確定因素，以期提升人口推計品質。依據本研究所建立之最適模型，提供未來台灣人口推估數據，適時提供政府部門擬議人口發展政策之參考。

舉例而言，臺灣地區近年因壽命延長及生育率下降，總人口及人口結構變化快速，以 65 歲以上老年人口為例，2007 年年底已突破 10.2%，自 1993 年底首次突破聯合國定義高齡化社會的 7% 迄今，以平均每年超過 3% 的速度成長；最高總人口數的預估也從民國 84 年的 2,500 餘萬人，下修至民國 95 年的 2,300 餘萬人，十年間的推估修正達兩百萬人以上，修正幅度約 8%。傳統依賴專家意見訂定的低、中、高推計的情境推估，已不足以因應社會多元及快速的變化，亟需引入近年發展的推估方法，協助我國面對人口轉型衍生的問題。

有鑑於此，在人口推估仍使用人口變動要素合成法的前提下，本研究整理改進較有爭議的專家意見的研究論文，引進三種方法：一為隨機推估(Stochastic Forecast)、一為模擬情境(Random Scenario)、一為推估誤差(ex post Methods)。本計畫依據這些方法建構適合臺灣地區的理论模型，也使用臺灣地區及各國資料，以實證分析及電腦模擬評估上述方法的優劣。

本研究最後的結果除了提供學術界參考，也將詳細解說研究心得及注意事項，以提供臺灣地區人口推估之用。預期達到的成果及目的包括以下五項：

1. 探討經建會人力規劃處目前採用之低中高情境推估法，比較現行以專家意

見及歷史資料決定不同情境的方法，與國際間常用之隨機推估、模擬情境、推估誤差三種推估法的差異，並研究結合目前使用方法與三種推估方法的可能。

2. 以臺灣與各國實證資料、配合電腦模擬，針對前述三種常用的人口推計方法進行研究，分析這三種方法的適用時機及限制，根據各方法的優缺點研擬適合臺灣地區的推估方法。使得推估結果不但能反映專家意見，也具有機率涵義，讓推估也有較為客觀的詮釋。
3. 因應臺灣近年快速變化的人口特性，提出較適合臺灣地區的人口推估方法；另外，也考慮本研究可加強有關人口推計之各項基本假設及外生變數之研究：如生育率、死亡機率、人口遷移傾向（含國際遷徙及臺灣不同縣市間之遷移）、性別比率等之設定及研究。
4. 協助建立臺灣地區各縣市的人口資料庫，提出適合臺灣地區內部遷移的多區域遷移模型，並完成臺灣地區北、中、南及東部區域之長時間之人口推計，提供這四個地區的地方規劃與政策制訂之參考。
5. 邀集國內外人口推估學者及有關人員，舉辦專家座談會及研討會，取得各界對臺灣地區人口推估的建議，以提供政府作為未來人口推估的參考。另外，透過本計畫的研究所獲得的結論及方法，預計以課程或演講的方式，技術移轉至經濟建設委員會。

## 二、研究方法

針對前述的目標，本計畫的研究方法及內容可分為以下五個主題：

- (1) 衡量改進情境推估的上述三種隨機方法的可行性。以電腦模擬針對臺灣歷史資料代入進行分析，比較這三種方法的異同、優缺點，以統計誤差為判斷標準，尋求較適合於臺灣的最適人口推估方法，決定最適預測模式時，應著重最近幾年的統計誤差，或考量以樣本外誤差等進行綜合判斷。
- (2) 建立人口推估方法相關理論模型，除可提供國內人口推估研究外，並完成臺灣北、中、南及東部區域之長時間之人口推計為範例，以提供未來臺灣人口推估之參考。
- (3) 除推估方法外，外生變數之設定，亦為影響人口推計之關鍵因素，加強本研究有關人口推計之各項基本假設及外生變數之研究：如生育率、死亡機率、人口遷移傾向（含國際遷徙及臺灣不同縣市間之遷移）、性別比率等

之設定及研究。

- (4) 邀集國內外相關論文舉辦研討會及進行討論，並由研討會方式取得各界對本計畫之建議。
- (5) 依據上述建立之臺灣的最適人口推估方法研提建議，提供政府作為未來人口推計的參考。

### 三、主要發現

- (一) 若生育率的未來變化沒有太大的震盪，則區塊拔靴法（隨機推估法的一種）的穩定性及準確性在可接受的範圍內，可做為臺灣地區人口推估的另一種選擇。換言之，近十餘年來用於歐美各國的機率預測模型確實可行，未來臺灣地區的人口推估或可參考這些方法，以較具有機率意涵的方法決定未來的生育、死亡、遷移，再結合人口變動要素合成法。
- (二) 區塊拔靴法為無母數方法，可近似出類似 Lee-Carter 之類參數模型的死亡率，減少參數估計及模型選擇的麻煩。
- (三) 經建會現在採用的專家意見得出的高、低推計，如果採用推估誤差法的分析，具有接近 68% 預測區間的機率詮釋，但高低推計的區間寬度較窄，可參酌推估誤差法適度放大高低推計的範圍。
- (四) 本計畫採用的電腦模擬人口推估，以推估誤差法評估，也具有機率意義的詮釋，但預測區間也較窄。
- (五) 經建會的專家意見與本計畫的電腦模擬人口推估，兩者的推估結果接近，但因死亡率及遷移的假設不同，電腦模擬在人口總數及人口老化程度的推估值都較高。
- (六) 以敏感度分析的角度而言，電腦模擬的人口推估受到生育率影響最大，死亡率影響次之，遷移及嬰兒出生性別比的影響較小。
- (七) 結合隨機推估與推估誤差法用於美國的人口推估，可彌補遷移人口紀錄的不足，提高人口推估的精確性。
- (八) 臺灣地區現有遷移紀錄不足，僅依賴數年資料得出的人口推估有較大的震盪，尤其套用於北中南東四區的人口推估時，容易產生不合理的結果，因此暫不推薦使用區塊拔靴法於臺灣地區的小區域推估。建議可建立更詳細的遷

移資料庫，例如：每年兩性單齡（或五齡）在各縣市間的遷出、遷入人數統計，亟遷移資料更為完備時再考慮小區域的人口推估。

#### 四、主要建議事項

本計畫主旨在於研究改進現行專家意見，引進機率預測模型決定未來生育、死亡、遷移等假設的可行性，以提高現行的人口變動要素合成法的推估成效。就計畫執行結果，提出以下建議：

- （一）引進類似區塊拔靴法的電腦模擬方法，將其用於決定未來的生育、死亡、遷移，以補傳統依賴專家意見為主的情境推估的不足。
- （二）以推估誤差法的分析評估，衡量臺灣地區人口推估高、低推計的發生可能性，給予情境推估在機率上的詮釋。
- （三）建立各縣市間的遷移資料庫，以及定期更新臺灣地區的國際遷移資料庫。

## 英文摘要

### Abstract

Population projections are essential to government policy and planning making. They can help to determine whether or not the policies match the needs of citizens and the planning needs any further modifications. The current projection method used in Taiwan is *Cohort Component method* and the assumption involved can be treated as scenario projection. Scenario projection was first proposed in the early 1930s. In scenario projection, the possible trend of future populations is usually divided into high, medium, and low projections. The high and low projections cover the possible ranges of future populations, and the medium projection is the most likely possibility. The problem is that, the scenario projection often relies solely on expert opinions and cannot be interpreted in the sense of probability. In recent years, many countries, such as the U.S. and the UN, have modified the scenario projection in order to provide the result of population projection with a broader prospect.

There are three ways of modifications: *Stochastic Forecast*, *Random Scenario*, and *ex post Methods*. These methods have broader prospects than the traditional scenario projection and can be used together to improve the quality of cohort component method. In this project, we will first review and summarize these methods.

The empirical studies (data from Taiwan and other countries) and computer simulation (Training-Testing) are used to evaluate the performances of these methods. We found that the block bootstrap method is a feasible projection method, provided that the future follows similar pattern as the past. Also, the ex post method can give a probabilistic interpretation of the projection by the Council for Economic Planning and Development, in addition to providing an alternative way for migration records. Although the numbers of migrations are not much, they have a significant influence on the size of future population and its structure, and they should be considered carefully in the projection.

Keyword : Population Projection; Cohort Component; Stochastic Projection; Block Bootstrap; Computer Simulation; Expert Opinion

# 目 錄

中文摘要

英文摘要

目錄

第一章 緒論.....	2
第一節 研究動機與目的.....	2
第二節 研究內容.....	4
第三節 研究方法.....	5
第四節 本計畫各章節的安排.....	6
第二章 文獻回顧.....	8
第一節 人口推估的定義與歷史.....	8
第二節 隨機模型.....	10
第三節 專家意見的相關考量.....	17
第四節 各國人口推計方法.....	19
第三章 研究方法及模型.....	22
第一節 現有低中高情境推估的檢討.....	22
第二節 電腦模擬與區塊拔靴法.....	23
第三節 模型外生變數與人口推估.....	25
第四節 北、中、南、東四個區域的人口推估.....	31
第四章 評估區塊拔靴法.....	33
第一節 資料來源.....	33
第二節 區塊拔靴法與交叉驗證.....	34
第三節 Lee-Carter 模型與區塊拔靴法.....	37
第四節 電腦人口推估的敏感度分析.....	39
第五節 區塊拔靴法的限制.....	41
第五章 電腦模擬的人口推估.....	43
第一節 臺灣地區的電腦模擬人口推估.....	43
第二節 北、中、南、東四區的人口推估.....	48
第三節 電腦人口推估的討論.....	53
第六章 電腦模擬與專家意見的比較.....	55
第一節 經建會與電腦模擬的推估比較.....	55
第二節 人口推估的機率詮釋.....	59
第三節 推估誤差法的修正.....	61
第七章 結論與建議.....	63



第一節 結論.....	63
第二節 研究限制與後續研究.....	64
參考文獻 .....	67
附錄：臺灣地區人口資料 .....	72
推計表 .....	87
附件一：研討會議程與會議紀錄 .....	94
附件二：技術移轉課程講義 .....	99

## 圖形目錄

圖 2-1、德國 2002-2005 電腦模擬人口推估 .....	12
圖 2-2、模擬情境法缺乏上下震盪 .....	14
圖 2-3、Stoto(1983)美國情境推估的機率詮釋 .....	15
圖 3-1、區塊拔靴法的範例 .....	24
圖 3-2、CFR 法的資料使用說明 .....	26
圖 3-3、Heligman-Pollard 模型中各年齡組的死亡曲線 .....	28
圖 4-1、臺灣總人口預測區間(區塊拔靴法) .....	35
圖 4-2、臺灣總生育預測區間(區塊拔靴法) .....	35
圖 4-3、美國總人口預測區間(區塊拔靴法) .....	36
圖 4-4、日本總人口預測區間(區塊拔靴法) .....	36
圖 4-5、法國總人口預測區間(區塊拔靴法) .....	37
圖 4-6、區塊拔靴法與 Lee-Carter 模型零歲平均餘命預測區間 .....	38
圖 4-7、區塊拔靴法對於 Lee-Carter 預測值之涵蓋率 .....	39
圖 4-8、改變單一人口要素與中推計比較—總人口差異 .....	40
圖 4-9、改變單一人口要素與中推計比較—差異百分比 .....	41
圖 5-1、國外遷入臺灣各年齡人數比例(2000 年與 2005 年) .....	44
圖 5-2、歷年臺灣國際遷移總人數(1970-2006 年、區塊拔靴法未來推估) .....	44
圖 5-3、區塊拔靴法高、中、低推計之總人口數 .....	45
圖 5-4、區塊拔靴法中推計之出生、死亡、遷出與遷入人口數 .....	46
圖 5-5、區塊拔靴法中推計之三階段人口結構趨勢圖 .....	46
圖 5-6、區塊拔靴法三種推計之依賴比趨勢圖 .....	47
圖 5-7、區塊拔靴法的高、中、低推計之人口金字塔 .....	48
圖 5-8、北中南東四區未來的依賴比(區塊拔靴法中推計) .....	49
圖 5-9、北中南東四區未來的人口比例(區塊拔靴法中推計) .....	50
圖 5-10、北中南東四區的未來平均年齡(區塊拔靴法中推計) .....	51
圖 5-11、北中南東四區的未來人口金字塔(區塊拔靴法) .....	52
圖 6-1、經建會與區塊拔靴法的高、中、低推計之總人口數比較 .....	56
圖 6-2、區塊拔靴法與經建會的人口變動數差異比較 .....	57

圖 6-3、區塊拔靴法與經建會的出生、死亡、遷移數比較 .....	57
圖 6-4、經建會與區塊拔靴法的扶幼比及扶老比的比較 .....	58
圖 6-5、2005 年人力規劃處與推估誤差法的比較 .....	60
圖 6-6、2005 年區塊拔靴法與推估誤差法的比較 .....	61
圖 6-7、美國西元 2003 年推估誤差法主效應 .....	61
圖 6-8、美國總人口預測的推估誤差修正 (1993 與 2003 年比較) .....	62

## 表格目錄

表 2-1、世界各國使用機率人口方法的整理 .....	16
表 4-1、區塊拔靴法的交叉驗證結果 (是否符合預期) .....	37
表 5-1、三種生育假設下的區塊拔靴法總生育率推估值 .....	44
表 5-2、三種區塊拔靴法的人口推估比較 .....	45
表 5-3、北中南東四區的未來人口總數與結構 (區塊拔靴法中推計) .....	49
表 5-4、臺灣北中南東四地區之推估零歲餘命 .....	51
表 6-1、經建會與電腦模擬的推估假設比較 .....	55
表 6-2、經建會與區塊拔靴法的高齡人口比例 .....	59

# 第一章 緒論

## 第一節 研究動機與目的

### 一、研究動機

人是國家最重要的資源，人力素質及結構變化決定國家未來發展及規劃方向，準確的人口推估可適時提供施政參考。惟臺灣地區近年因壽命延長及生育率下降，總人口及人口結構變化快速，以 65 歲以上老年人口為例，2007 年年底已突破 10.2%，自 1993 年底首次突破聯合國定義高齡化社會的 7% 迄今，以平均每年超過 3% 的速度增加；最高總人口數的預估也從民國 84 年的 2,500 餘萬人，下修至民國 95 年的 2,300 餘萬人，十年間的推估修正達兩百萬人以上，修正幅度約 8%。傳統依賴專家意見訂定的低、中、高推計的情境推估，已不足以因應社會多元及快速的變化，亟需引入近年用於聯合國及歐美各國的推估方法，協助我國面對人口轉型衍生的問題。

聯合國定期公佈全世界人口的推估數字，最近一次公佈的預估值即認為，在 2050 年前世界人口將達到 92 億人，比現今的 67 億多了約 40% 的人口，人數增加最多的地區仍是開發中國家。高齡社會的問題值得注意，例如 60 歲以上的人數將倍增，2005 年至 2055 年扶老比（65 歲以上人口與 15 至 64 歲人口的比值；Old-age Dependency Ratio）將由 11% 上升至 25%<sup>1</sup>。近幾年為因應高齡社會問題，加上全球化使得人口推估更為複雜，有更多專家學者投身於人口老化、人口推估、以及如何因應人口老化的政策及相關研究，研究結果發表的數量更勝於 20 世紀。

以鄰國日本為例，由人口推估的結果預測日本將面臨更為嚴重的人口老化問題，因此日本政府推出刺激生育的政策。根據 2006 年 12 月 20 日日本發表最新人口推計報告：至 2055 年的未來 50 年間，如依中推計的假設，總生育率維持在 1.26 人水準，50 年後，日本的總人口數約減少 3 千 8 百萬人，65 歲以上高齡人口約增加 1 千萬人，其占總人口將由 2005 年的 20.2%，增至 40.5% 左右。由於較早面臨高齡化及人口減少的社會，自 1995 年起日本政府，開始推動一連串的少子化對策，然而並未阻止總生育率持續下降，但近幾年的生育率已高於亞洲四小龍。日本於

---

<sup>1</sup> 參考聯合國 2006 年更新的資料庫 <http://esa.un.org/unpp/>，「World Population Prospects: The 2006 Revision Population Database」，可以取得全世界及各國至 2005 年前的推估數字，此處引用的數字皆為中推計(Medium Variant)，引述數字為 2008 年 6 月 10 日下載。

2006年6月又積極提出「新少子化對策」，主要措施包括：增加兒童生活津貼、充實兒童醫療制度、普及育兒長期休假制度、支援年輕人就業、支持女性再就業、促進企業推動育兒支援措施，以及支援育兒的稅制等措施。

臺灣現行的人口推估根據人口變動要素合成法(Cohort Component Method)，在1930年代之後逐漸成為人口推估的主流，其中的生育、死亡、遷移等假設可歸類為情境推估(Scenario Forecast)，分成高、中、低推計三種可能，高、低推計代表推估數值的可能範圍，中推計為最有可能的未來結果。情境推估比較依賴專家主觀意見，其優點在於綜合各方意見，但推估的結果不具有機率涵義，而且情境的假設不易兼顧生育、死亡、遷移（例如：未考慮生育、死亡、遷移之間的相關性）。近十餘年美國及聯合國的推估仍以人口變動要素合成法為主，但未來生育、死亡、遷移趨勢的決定，隨機方法的使用比例逐漸增加，不僅僅依賴專家意見決定的情境推估。

臺灣於人口推估所遭遇到的挑戰，在許多國家也不陌生，因此有不少人口學者積極研發新的人口推估方法，以解決日趨複雜的問題。近幾年關於人口推估的研究仍以人口變動要素合成法為主，新方法多半以改進情境推估為主，改進的方法大致分成三個方向：一為隨機推估(Stochastic Forecast)、一為模擬情境(Random Scenario)、一為推估誤差(ex post Methods)，這三種方法各有優勢，尚無絕對優劣的論斷。由於這些方法以更有系統的方式合併主觀的專家意見及客觀的計量模型，彌補只依賴純粹主觀認定或統計模型的缺點，歐美各國自1990年代起逐漸以這三種方法取代傳統的情境推估。

有鑑於推估方法更新的國際趨勢，本研究將整理這三種推估方法，並依據這些方法建構適合臺灣地區的理论模型，引進這些方法於國內的人口推估研究。除了整理新的推估方法，本研究也將使用臺灣地區及各國資料，以實證分析，藉由交叉驗證(Cross Validation)比較兩種方法的特色；另外，也將以電腦模擬仿照資料採礦(Data Mining)中常用的「估計-測試」(Training-testing)為判斷準則，評估推估方法的優劣。這些結果也將與傳統的情境推估比較，確定新推估方法的可行性。

本研究最後的結果除了提供學術界參考，也將詳細解說研究心得及注意事項，以提供臺灣地區人口推估之用。

## 二、研究目的

本計畫有以下兩個研究方向：引進及整理各國改進情境推估的隨機方法、評估

及測試隨機方法並應用於臺灣地區的人口推估。預期達到的成果及目的包括以下五項：

1. 探討經建會人力規劃處目前採用之低中高情境推估法，比較現行以專家意見及歷史資料決定不同情境的方法，與國際間常用之隨機推估、模擬情境、推估誤差三種推估法的差異，並研究結合目前使用方法與三種推估方法的可能。
2. 以臺灣與各國實證資料、配合電腦模擬，針對三種常用的人口推計方法進行研究，分析這三種方法的適用時機及限制，根據各方法的優缺點研擬適合臺灣地區的推估方法。使得推估結果不但能反映專家意見，也具有機率涵義，讓推估也有較為客觀的詮釋。
3. 因應臺灣近年快速變化的人口特性，提出較適合臺灣地區的人口推估方法；另外，也考慮本研究可加強有關人口推計之各項基本假設及外生變數之研究：如生育率、死亡機率、人口遷移傾向（含國際遷徙及臺灣不同縣市間之遷移）、性別比率等之設定及研究。
4. 協助建立臺灣地區各縣市的人口資料庫，提出適合臺灣地區內部遷移的多區域遷移模型，並完成臺灣地區北、中、南及東部區域之長時間之人口推計，提供這四個地區的地方規劃與政策制訂之參考。
5. 邀集國內外人口推估學者及有關人員，舉辦專家座談會及研討會，取得各界對臺灣地區人口推估的建議，以提供政府作為未來人口推估的參考。另外，透過本計畫的研究獲得的結論及方法，預計以課程或演講的方式，技術移轉至經濟建設委員會。

## 第二節 研究內容

在考量歷年由經濟建設委員會人力規劃處的結果的延續性，本計畫的基本人口推估將與過去一致，結果將涵蓋臺灣地區的未來人口總數、人口結構（例如：人口金字塔、幼齡人口比例及老年人人口比例）、老化指數（包括扶老比等重要數值）等。除此之外，為因應21世紀的時空環境需求，本計畫預計將整理及探討新的推估方法，提供較適合我國國情的人口推估方法及模型；另外，有鑑於臺灣各地區的發展需求，本計畫也將推估分成臺灣北部、中部、南部、東部四個地區，引進適合這些地區的小區域(Local or Sub-regional)推估方法。

以下依據本計畫上一節研究目的，分項列出本計畫的研究內容：

- (1) 衡量上述改進情境推估的三種隨機方法的可行性，整理這三種方法的適用時機、優缺點、使用限制。以電腦模擬針對臺灣歷史資料代入進行分析，以統計誤差為判斷標準，尋求較適合於臺灣的最適人口推估方法，決定最適預測模式時，著重最近幾年的統計誤差，或考量以樣本外誤差等進行綜合判斷。
- (2) 建立人口推估方法相關理論模型，除可提供國內人口推估研究外，並完成臺灣北、中、南及東部區域之長時間之人口推計為範例，以提供未來臺灣人口推估之參考。
- (3) 除推估方法外，外生變數之設定，亦為影響人口推計之關鍵因素，加強本研究有關人口推計之各項基本假設及外生變數之研究：如生育率、死亡機率、人口遷移傾向（含國際遷徙及臺灣不同縣市間之遷移）、性別比率等之設定及研究。
- (4) 邀集國內外相關論文舉辦研討會及進行討論，並將由研討會方式取得各界對本計畫之建議。
- (5) 依據上述建立之臺灣的最適人口推估方法研提建議，提供政府作為未來人口推計的參考。

### 第三節 研究方法

人口變動要素合成法加上情境推估，廣為世界各國用於人口推估，但過去的情境推估多半依賴專家意見，推估的結果通常缺乏機率的意涵，無法確定高推計、低推計各代表的發生可能性。為彌補缺乏機率的意涵，以及只依賴幾位專家的主觀意見，近年有不少研究針對情境推估提出修正，以提升人口變動要素合成法的推估品質。

新發展的方法大致可以分成三種類型：一為隨機推估(Stochastic Forecast Method)、一為模擬情境(Random Scenario Method)、一為推估誤差(ex post Method)，這三種方法各有特色及優缺點，可根據不同需求及假設，使用兩種以上的方法與人口變動要素合成法。由於這幾種方法大多為近十餘年來發展的方法，在國內而言較為陌生，本研究預計先整理這些方法，列出這些方法的使用時機及

限制，尋求較適合於臺灣地區的人口推估方法。

另外，除了研究改進情境推估的三種方法，本計畫也探討會影響人口的生育、死亡、遷移三種生命統計(Vital Statistics)數值的模型。其中生育及死亡的模型可分為是否加入外生變數，較常見處理的方式為考慮各年齡(Age-specific)的生育率或死亡率，分別建立年齡別的生育率或死亡率模型，例如：擴散模型(Diffusion Model；Bongarrts and Feeney, 1998)及 Lee-Carter 模型(Lee and Carter, 1992)分別是近年生育率及死亡率的常見模型之一。遷移模型多半依據過去的歷史資料建立遷移機率矩陣，建立這種遷移矩陣一般仰賴各地區間（例如：縣市行政區域間）完整的遷移紀錄，統計數字通常詳細至五齡組或單齡，否則需另外加上假設條件。

#### 第四節 本計畫各章節的安排

本計畫的期末報告包括以下章節：

##### 第一章 緒論

###### 第一節 研究動機與目的

###### 第二節 研究內容

###### 第三節 研究方法

###### 第四節 本計畫各章節的安排

##### 第二章 文獻回顧

###### 第一節 人口推估的定義與歷史

###### 第二節 隨機模型

###### 第三節 專家意見的相關考量

###### 第四節 各國人口推計方法

##### 第三章 研究方法及模型

###### 第一節 現有低中高情境推估的檢討

###### 第二節 電腦模擬與區塊拔靴法

###### 第三節 模型外生變數與人口推估

###### 第四節 北、中、南、東四個區域的人口推估

##### 第四章 評估區塊拔靴法



第一節 資料來源

第二節 區塊拔靴法與交叉驗證

第三節 Lee-Carter 模型與區塊拔靴法

第四節 電腦人口推估的敏感度分析

第五節 區塊拔靴法的限制

第五章 電腦模擬的人口推估

第一節 臺灣地區的電腦模擬人口推估

第二節 北、中、南、東四區的人口推估

第三節 電腦人口推估的討論

第六章 電腦模擬與專家意見的比較

第一節 經建會與電腦模擬的推估比較

第二節 人口推估的機率詮釋

第三節 推估誤差法的修正

第七章 結論與建議

第一節 結論

第二節 研究限制與後續研究

參考文獻

附錄

推計表

附件一：研討會議程與會議紀錄

附件二：技術移轉課程講義

## 第二章 文獻回顧

本章將先介紹常見的人口推估方法，包括常見的專家意見及情境推估，也將介紹近年來發展的機率推估方法。首先將介紹人口推估的基本觀念，第二節介紹這幾年發展的三種機率推估方法，第三節則整理專家意見的相關考量，包括如何蒐集專家意見及其考量、執行步驟，第四節介紹各國人口推計方法。

### 第一節 人口推估的定義與歷史

最早的人口推估大多採用數學模式，像是以羅吉士曲線(Logistic Curve)預測未來人口數，或是著名的馬爾薩斯《人口論》，其中提到幾何級數、算數級數的成長，都屬於數學模式。這類型的方法只能提供人口總數的預測，較難給定詳細及穩定的人口結構，而且推估的結果通常誤差較大。Cannan 在 1895 年首先提出人口變動要素合成法，應用於英格蘭與威爾斯的人口預測，這個方法在 Whelpton 的推廣後，廣泛使用於世界各國。

以下先介紹人口變動合成要素法的原理：

- 人口變動合成要素法(Cohort Component Method)

人口變動合成要素法是目前最常用於人口推估的方法。人口變動合成要素法的原理為人口平衡公式：

$$P(t+1) = P(t) + B(t) - D(t) + I(t) - E(t) \quad (2.1)$$

其中  $P(t)$ 、 $B(t)$ 、 $D(t)$ 、 $I(t)$ 、 $E(t)$  五個變數分別是第  $t$  年的人口數、出生人數、死亡人數、移入人數、移出人數。在封閉人口假設下（或是移入移出人數為 0），第  $t+1$  年的總人口數通常藉由 Leslie 矩陣(Leslie Matrix)，以類似馬可夫鏈(Markov Chain)計算而得：

$$\underline{P}(t+1) = M(t) \cdot \underline{P}(t) \quad (2.2)$$

其中  $\underline{P}(t)$  為各年齡層在第  $t$  年的人數組成的向量， $M(t)$  為第  $t$  年各年齡層的死亡率

及生育率組成的 Leslie 矩陣。如果移民人數不為 0，則在(2.2)式的等號右邊會加上第  $t$  年的淨移民(Net Immigration)人數組成的向量。人口變動合成要素法的使用及相關討論，可參考 Alho and Spencer (2006)。

(2.2)式的計算一般分為男性及女性，在此以女性為代表，示範相關的操作過程。如果第  $t$  年的女性人口為  $P_1(t) = (P_1(0,t), \dots, P_1(\omega,t))^T$ ，其中  $P_1(x,t)$  為女性第  $t$  年  $x$  歲的人口數，符號「Tr」為矩陣運算中的轉置(Transpose)，則(2.2)式可表為  $P_1(t+1) = M(t) \cdot P_1(t)$ ， $M(t)$  等於

$$M(t) = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & S_t(\alpha, \alpha+0.5) \cdot f_\alpha^f & \dots & S_t(\beta, \beta+0.5) \cdot f_\beta^f & 0 & \dots & 0 \\ S_t(0,1) & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & \dots & \dots & 0 \\ 0 & S_t(1,2) & 0 & 0 & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & 0 \\ 0 & 0 & S_t(2,3) & 0 & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \dots & \dots & \dots & \dots & 0 & S_t(\omega-1, \omega) & S_t(\omega, \omega) \end{bmatrix}$$

其中  $S_t(a,b)$  為第  $t$  年  $a$  歲存活至  $b$  歲的機率， $\omega$  為生存年齡的上限，因此  $S_t(\omega, \omega) = 0$ ，臺灣地區的推估通常假設生存年齡的上限為 100 歲（最高年齡組為 100+）； $f_x^f$  為  $x$  歲女性生育女嬰的機率， $\alpha$  及  $\beta$  分別為女性最低和最高的生育年齡，臺灣地區一般設為 15 歲至 49 歲；第一列計算生育率時需乘以存活機率  $S_t(x, x+0.5)$ ，其原因是平均而言，女性在第  $t$  年的生育時間為第  $t+1/2$  年。

實務上在計算每年的生育數時，通常會透過男女嬰出生性比例，而女性生育女嬰的機率再由婦女年齡別生育率取得，若嬰兒出生性別比為 1：1.05（女嬰：男嬰），則上述的  $x$  歲女性生育女嬰的機率  $f_x^f = \frac{1}{2.05} f_x$ ，其中  $f_x$  為女性  $x$  歲生育率。

男性的推估計算也類似，但因為生育率大多以女性（生母）的觀點紀錄，且以男性觀點紀錄的生育率其資料品質也較不易控制（例如：以生父觀點記錄的男性年齡別生育率，Age-specific Fertility Rate of Men），通常會透過女性的 Leslie 矩陣計算出男嬰出生數（例如：女嬰出生數的 1.05 倍），再代回男性的 Leslie 矩陣。

臺灣地區的人口推估由行政院經濟建設委員會人力規劃處負責，每隔兩至三年公布一次新的推估結果，也使用人口變動要素合成法，其中的死亡率、生育率、移入及移出等假設通常不只依賴歷史資料，也會加上專家意見(Expert Opinion)，而中推計不純粹是最有可能的結果，也代表政府對未來的期許。對中推估而言，一

般會將其解釋成未來的「平均」人口數（或是預期的人口數），但對於高推計或低推計，所得出的數值是否也有類似的機率意義？同樣的道理，由此得出的未來人口數上限或下限是否合理，也不容易有學理或實際的詮釋；再加上生育、死亡、遷移三者的假設值，通常是專家個別給定，缺乏其間的關連性。這些缺點使得根據專家意見得出的人口推估，引起不小的爭議，近年有許多研究即針對這些問題，提出可能的修正。例如：本計畫使用的區塊拔靴法可在電腦模擬中適當修正，以因應生育、死亡、遷移等之間相關的問題。

除了上述的問題外，近幾年因為壽命延長、生育率快速下降、外籍配偶人數增加快速，也大大提高人口推估的難度及複雜程度。這些問題都反映現行人口推估方法的瑕疵，需要引進其他方法以補不足。臺灣於人口推估所遭遇到的挑戰，在許多國家也有相同的問題，過去十餘年來人口學者積極研發新方法，希冀在人口變動要素合成法架構下改進情境推估，以解決日趨複雜的人口問題，在下一節將先介紹這些新方法，以及其優缺點與限制，作為我國人口推估的參考。

## 第二節 隨機模型

以往世界各國大多利用專家意見（也就是情境推估），訂定未來的生育、死亡、遷移的趨勢，一般先給定生育率、死亡率可能的上下限，將未來的情形分成高推計、中推計、低推計 (High, Medium, and Low Variants)。這種方法的缺點在於專家意見分歧，得出的未來趨勢可能差別非常大，而且也無法得知落於高、低推計之間的機率，使推計結果失去統計上的意義。例如：高推計通常假設未來的有較高的生育率，屬於非常樂觀的前瞻，但往往與事實差異甚大；反之，低推計則偏向於容許的底線，與政府的政策有關。但高低推計的上下限數值，過於依賴政策考量的影響，有過於主觀的傾向，向來招致許多爭議。

從另一個角度來看，影響未來人口有許多不確定性的因素，每個人是否會生育、死亡、或是遷移，三者都如同擲銅板一樣，本身就是隨機事件，服從某種機率分配的特性，無法百分之百確定其結果。正因如此，未來結果除了可依據機率分配推計出整體趨勢外，也可估計出某種結果（例如：高推計、低推計）的發生可能性，據此得出未來人口的可能變化範圍，或是預測區間(Prediction Interval)。遵循上述概念，較合理的人口推估應該是給出未來人口在每個落點上的可能性，以統計語言來講，即是估計未來人口總數的機率分配。

針對估計機率分配，有愈來愈多的學者致力於研究如何還原人口推估的隨機本質，並藉由多種不同的統計模型及方法來給與未來人口數機率上的解釋空間，這一類的方法 Lee (1998)把它稱為機率預測(Probabilistic Forecasts)。以下先整理及回顧常見的機率人口推估，下一節再整理與推估有關的假設及共識，包括如何蒐集專家意見的作法及想法。

目前如何在人口推估中加入隨機本質的方法大致分為三種型態：第一種方式是假設生育、死亡和遷移遵循某種隨機模型，再利用過去的資料去估計模型中未知的參數，最後推估出未來人口的隨機分配，這種方法可稱為隨機推估法(Stochastic Forecast Method)。第二種方式是假設人口總數（或生育率、死亡率和遷移）在特定年度遵循某個隨機行為，而這個隨機行為的決定取決於專家意見，然後再用平滑曲線補齊中間年度的行為，進而得到總人口數的隨機分配，這種方法稱為模擬情境法(Random Scenario Method)。第三種方式是結合過去資料和過去推估，兩者相減而得的殘差值(Residual)當做推估的可能誤差，再以此誤差求出未來人口總數的預測區間，這種方法稱為推估誤差法(ex post Method)。其中第一種型態和第二種型態的做法較類似，都是針對總人口數或其構成要素（生育率、死亡率和遷移率）給定隨機模型的假設，只是所選取的隨機行為基準不同，第二種方式是依據專家意見來訂定模型，而第一種方式則是結合常用的人口模型，以及過去資料決定模型中的參數。

#### (一) 隨機推估法(Stochastic Forecast Method；Model-Based Probabilistic Forecasting)：

這個方法是以生育、死亡、遷移等歷史資料，分別代入統計模型估計其參數，然後再將三者的估計結果結合，以求取未來人口的推計。例如：Tuljapurkar, Lee, and Li 在 2004 年的文章中，用此方法來預測美國 1996 年至 2065 年的人口數，其中生育率是用自迴歸及移動平均(Auto-regressive Integrated Moving Average, ARIMA)模型，而死亡率則是用 Lee-Cater 模型(Lee and Cater, 1992)，至於遷徙則還是借用專家意見的中推計。

Betz and Lipps (2004) 則將 Tuljapurkar 等人的方法應用至德國，用於推估 2002 年至 2050 年的人口。在生育方面，他們以 1973 年至 2000 年的年齡別生育率資料去配適一個常態分配曲線(Gaussian Curve)模型，其中平均曲線代表母親的平均生育年齡(Mean Age of Mothers at Childbearing)，假設為羅吉斯生長曲線(Logistic

Growth Curve)，而標準差曲線則是用自迴歸向量模型(Vector Auto-regression Model)；對於死亡率，他們採用 Lee-Cater 模型來推得年齡別死亡率。至於遷徙方面，其淨遷徙則假設遵循一階自迴歸模型(AR(1) Process)，最後推得的人口平均線略高於政府的中推計。圖 2-1 是 Betz and Lipps 的推估結果，其中加黑點的曲線為推估的中位數、最小值及最大值，加斜線的曲線為推估的平均值、68%預測區間及 95%預測區間。

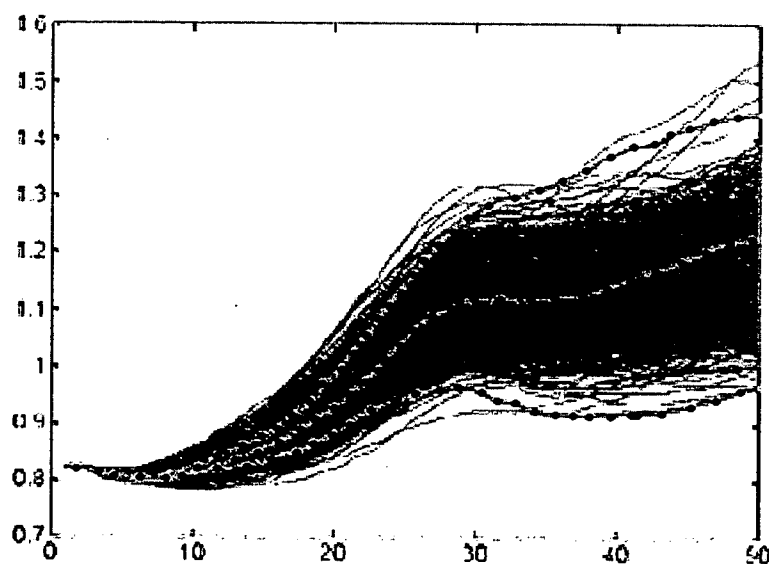


圖 2-1、德國 2002-2005 電腦模擬人口推估(Betz and Lipps, 2004)

與德國官方的推估結果比較，Betz and Lipps 有較高的推估值，Betz and Lipps 認為推估值較高是使用了較高總生育率和淨遷徙之假設。而政府的高、低推計之間的範圍差距，以隨機推估的結果分析約等於一個標準差，即相當於作者的 68% 預測區間，這表示還有相當大的機會人口會高於或低於政府的高、低推計，因此 Betz and Lipps 認為德國政府應再增大高低推估之間的差距。

(二)模擬情境法(Random Scenario Method ; Expert- and Argument-Based Probabilistic Forecasting)：

模擬情境法類似專家意見，但傳統的專家意見給定生育、死亡、遷移一個或幾個可能性，因此得出的推估就只有幾種不具機率涵義、必然會發生的推估值；模擬情境法也由專家決定幾個可能性，再根據電腦模擬等方法、結合這幾個可能性建立三個要素的分配函數，據此就可建立相關的預測區間。模擬情境法最早由

人口學家 Lutz 及其同事提出，至今大部份的研究都來自於這些學者。繼 Lutz, Sanderson, and Scherbov 在 1996 年介紹原始的模擬情境法後，Lutz 與其他學者又陸續發表了多篇文章 (Lutz, Sanderson, and Scherbov, 2004; De Beer and Alders, 1999)。此方法想法是先由專家提供生育、死亡、遷移等生命統計值，在幾個未來目標年度的高、中、低三個可能數值，然後再將此高、中、低值對應到某個分配 (例如：常態分配) 的百分之五、百分之五十及百分之九十五的位置，而生命統計值在目標年度即假設遵循此常態分配；至於非目標年度，則用 (線性) 差補法或平滑的曲線填補，最後再用蒙地卡羅模擬求得這些生命統計值的平均推估值及預測區間。

Lute and Scherbov 在 1998 年實際應用模擬情境法至奧地利(Austria)的人口推計，他們發現奧地利有 60% 的機會在 2050 年時人口數會低於目前的人口數；另外，扶老比(Old-age Dependency)的 95% 預測區間下限則呈現遞增的趨勢，也就是有 97.5% 的可能性 (接近幾乎百分之百)，在未來 50 年人口老化的問題只會愈來愈嚴重。讀者應可發現，以上的結論在加入機率語言的描述後對決策者會更有參考價值。另外 De Beer and Alders (1999) 則利用此方法預測荷蘭 (Netherlands) 在 2020 的人口總數和年齡層結構，他們的總生育率、平均壽命和遷出數是選用常態分配，而遷入數則是選用 Beta 分配(Beta Distribution)，要特別注意的是 De Beer 和 Alders 在各別的人口變動要素中，其年齡層之間有考慮相關性，但在人口變動要素之間則是假設互相獨立。

將專家意見放入隨機行為的優點，是可藉用主觀看法，加入可預見會影響未來人口變化的因素；並且此方法和現行使用的方法最接近，對於各政府要做改變而言會較容易接受。另外也有研究(Lutz, Sanderson, and Scherbov, 1999; Lutz and Scherbov, 1998) 顯示，在目標年度選擇不同型態的對稱分配時 (常態分配或均勻分配)；或是將專家意見的高低值對應到不同的百分比區間 (例如：85%、90%、或 95%)，分析結果差異不會太大，也就是此方法對於三個要素的分配選取是穩健 (Robust)。

模擬情境法的缺失是在目標年度的生命統計值決定後，中間年度會呈現線性或平滑的曲線，缺少了隨機上下跳動的現象(Lee, 1999)，Lutz and Scherbov 曾在 1998 年時，利用奧地利(Austria)的資料做敏感度分析(Sensitivity Analysis)，發現此方法在短期時間內的确會呈現變異過小的現象，但在中長期時，則和自迴歸模型

(Auto-regressive Model)不相上下。另在 2001 年時，Lutz, Sanclerson, and Scherbov 再針對此問題加入時間序列的誤差項作修正，以解決其缺少上下跳動的現象。例如：圖 2-2 為模擬情境與隨機推估兩者未來 50 年的預測結果，模擬情境在預測年度較短時震幅較小，預測值非常平滑，不像隨機推估有不規則的隨機跳動。

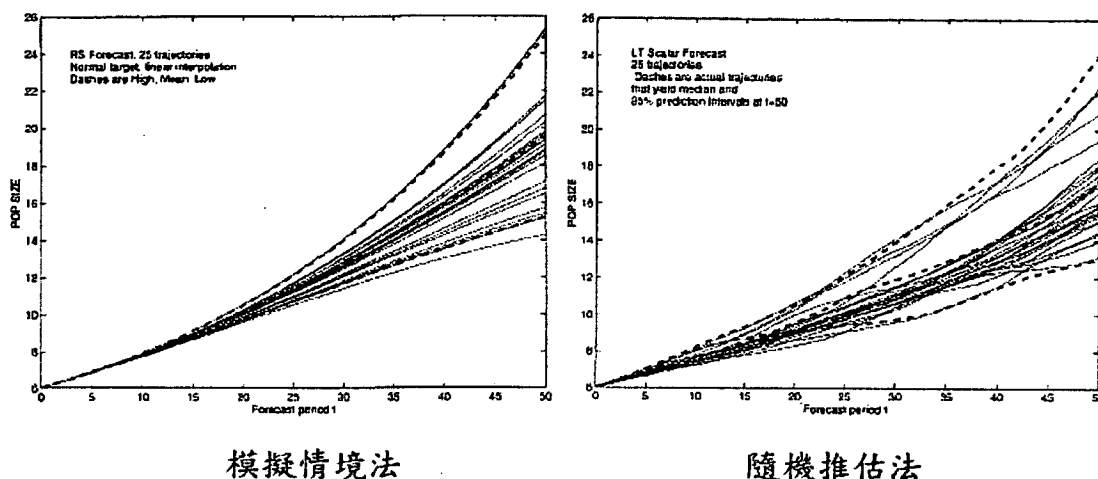


圖 2-2、模擬情境法缺乏上下震盪(Lutz et al., 2001)

另外，因為此方法採用專家意見來決定目標年度的分配，而大部分專家會偏向給予樂觀的情況，因而產生了過窄的預測區間(Lutz and Scherbov, 1998)。實證上，生育率和死亡率、或甚至遷移機率之間一般會有強烈的關聯性，例如生育率和死亡率同時都受到社會經濟或醫療技術的影響(Galloway, 1988)，分別決定生育、死亡、遷移三要素的未來趨勢，勢必忽視了這三要素間的互動關係，因而對推估結果產生影響。但如同上述介紹的隨機推估法，模擬情境法至今尚未考慮三個人口變動要素之間的相關性。

### (三)推估誤差法(ex post Method，或稱為 Extrapolation of Empirical Data)：

推估誤差法並不直接尋找適合三個要素的隨機模型，而是修正或利用已有模型的推估誤差，依此誤差改良既有方法，或是給予原有方法另一種詮釋。實證分析中，以誤差的大小評估人口推估方法的優劣是最直接的方式，推估值和實際值間的差異愈小，即代表推估愈精確或方法愈合適。Stoto (1983)則是用另一個角度來思考此差異：既是推估值，與真實值間必然存在誤差，所以推估值和真實值之間的誤差服從某種機率分配。Stoto 蒐集過去幾個年度的殘差值（即推估值和真實值間的差異），分析其機率分配，再假設這個分配也適用於未來，進而求得推估



未來數值的可能誤差，而推估值的預測區間配合信心係數(Confidence Coefficient)，可由推估值加上誤差的某個倍數求得。

Stoto 以美國 1945 年至 1975 年的人口資料，求得推估誤差後，再以推估誤差建立 1976 年至 2000 年的美國人口總數的預測區間。Stoto 並未單獨考慮生育、死亡、遷移三要素，而是直接分析總人口數；假設在第  $t$  年的總人口數為  $P(t)$ ，而且假設未來的總人口數滿足

$$P(T) = P(0) \cdot \exp\left(\int r(t) dt\right),$$

其中  $r(t)$  為第  $t$  年的人口實質增加率、第 0 年為基年、第  $T$  年為推估的目標年 (Target Year)。因此，基年至目標年的平均人口增加率等於

$$\bar{r} = \int r(t) dt / T = \log(P(T) / P(0)) / T,$$

類似常見的人口倍增公式。

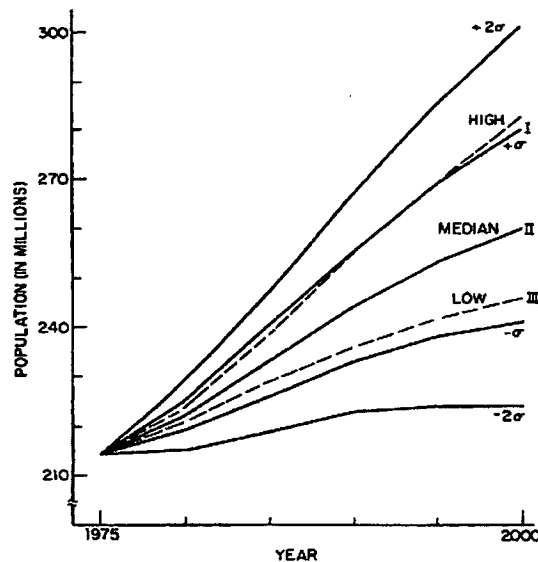


圖 2-3、Stoto(1983)美國情境推估的機率詮釋

針對每一不同配對的基年(1945 年至 1970 年，每五年取一次)和目標年(1950 年至 1975 年，每五年取一次)，Stoto 求得真實值對應的平均人口增加率  $\bar{r}_{true}$  和預測資料對應的平均人口增加率  $\bar{r}_{proj}$ ，再求得誤差項  $\Delta r = \bar{r}_{proj} - \bar{r}_{true}$ 。他接著分析  $\Delta r$  與基年、目標年及期間(Duration)的關係，發現誤差項只受基年所影響，並求得誤差項的標準差，進而建立總人口數的預測區間。Stoto 發現所求得的 68% 預測區

間的上、下限，與美國戶口普查局(Census Bureau, 1977)的高、低推計非常接近(圖 2-3)。Stoto 分析聯合國的資料，也得到類似的結論。

繼 Stoto 之後，National Research Council (2000)對世界各國做類似的分析；Keilman (1998)則分析聯合國 1951 年至 1988 年間的人口推計資料，他將世界分成七大地區，除了分析人口數外，也探討年齡層結構、粗出生率(Crude Birth Rate) 和粗死亡率(Crude Death Rate)；郭孟坤與余清祥(2007)也使用推估誤差法評估台灣地區的人口推估，他們發現經建會專家意見的高、低推計，或是屬於機率推估法的區塊拔靴法求得的預測區間，兩者都與推估誤差的 68%預測區間接近。Keilman (1998)的研究除了考量推估誤差法外，他還探討另兩個項目：一、推估誤差是否因區域而有不同，換言之，是否某些區域比較容易預測；二、聯合國的預測是否隨著時間而有進步。他發現這兩個問題的答案皆是肯定。

推估誤差法的優點是在分析殘差值分配時，同時可偵測是否有異常殘差，再探討這些年度會產生異常殘差的可能原因，也可同時瞭解推計的精確度是否與推估時間、或地區有關。推估誤差法有兩個限制尚待克服，首先若以預測區間為目的，則目前推估誤差法只能應用在總人口數。另一個問題是此方法忽略了殘差之間的關連性，換言之，若某一年度高估了實際值，通常下一年度有可能也會高估實際值，但在推估誤差法中，並未考慮前後年度誤差項的相關性。另外，如果缺乏過去完整的資料，沒有足夠的觀察值來尋找誤差項的隨機分配。針對這個問題，Alho and Spencer (1997)修正了原先的推估誤差模型，使得資料較少時仍能得到可靠的誤差分配。

表 2-1、世界各國使用機率人口方法的整理

地區	相關文獻
全世界	Keilman (1998) Lutz, Sanclerson, and Scherbov (2001)
歐洲	奧地利：Lute and Scherbov (1998) 芬蘭：Alho (2002) 德國：Betz and Lipps (2004) 荷蘭：De Beer and Alders (1999) 挪威：Keilmanm, Pham, and Hetland (2002) 波蘭：Matysiak and Nowok (2007)
其他地區	澳洲：Wilson and Bell (2004) 美國：Stoto (1983) 台灣：郭孟坤與余清祥 (2007)

表 2-1 整理各國採用機率人口方法及其相關文獻，可看出隨機方法的應用以歐洲國家為主，原因在於機率推估的研究主要仍集中在歐洲。

對於上述三種方式的比較，一般都把焦點放在隨機推估法及模擬情境法，因為這兩種方法的想法較接近。其中最具代表性的文獻是 Tuljapurkar, Lee and Li (2004)，他們用美國的資料來比較這兩種方法間的差異，分析結果顯示隨機推估法在個別的生命統計數值上有較大的變異數，因而造成預測區間隨著時間而快速加寬；而模擬情境法則產生了過於平滑的預測曲線，其預測曲線沒有捕捉生命統計數值上下震盪的現象。由於此三種方法各有其優缺點也各有其使用限制，實際應用時也可同時結合三種方法，相關研究請參考 Matysiak and Nowok (2007)。

目前這三種方法還有存有許多進步的空間，新的研究結果亦陸續發表，以嘗試修正既有缺點。而採用機率推估法可賦予人口推估機率上的解釋，帶給決策者更多的思考空間，因此廣為世界各國用於人口預測。現在使用機率推估法的國家除了美國外，還包括澳洲(Wilson and Bell, 2004)、芬蘭(Alho, 2002)、挪威 (Keilmanm, Pham, and Hetland, 2002)等。

### 第三節 專家意見的相關考量

一般將預測方法分成三種類型(Chatfield, 2000)：

1. 判斷預測(Judgmental Forecasts)：判斷預測基由一些主觀意見、直覺、專業知識和其他相關的資訊，進而做出預測。
2. 單變量法(Univariate Methods)：由單一變數當前和過去的資料，藉由和時間相關的函數進行預測。
3. 多變量法(Multivariate Methods)：欲預測的相依變數(Dependent Variable)，可藉由一個或多個時間序列的解釋變數運用一個或多個函數進行預測。

上述三種類型的第一種即為專家意見，最著名的判斷預測方法為德菲法(Delphi Technique)，藉由一系列的問卷，控制其可能的回應以蒐集整合專家們的意見，而一般的時間序列方法屬於單變量法和多變量法。Armstrong (2001)對於進行預測需注意的事項列出了 138 條準則，Lutz 等人(2000)整理出其中 20 條準則及其分屬的大綱如下：

1. 履行判斷預測：(1)預試在評斷預測所要詢問的問題。(2)以不同的方式架構問題。(3)要求專家以書寫的方式證明他們的預測。(4)從不同領域的專家得到預測結果。
2. 合併預測：(5)合併不同的預測結果。(6)至少合併五個以上的預測。(7)運用正式的程序合併預測。
3. 評估預測方法：(8)描述預測者可能的偏見。(9)提供所使用方法完整的細節。(10)比較不同方法的預測結果。
4. 評量不確定性：(11)估計預測區間。(12)用客觀的程序評斷不確定性及估計詳盡的預測區間。(13)寫出預測可能出錯的原因。(14)回報預測的準確性及預測出錯的原因。(15)由不同預測方法合併預測區間。(16)使用安全的因子修正過於自負的預測區間。(17)不要以傳統的團體討論方式評量不確定性。
5. 其他：(18)考慮適當預測模型的用途。(19)尋求預測的回饋。(20)建立對於預測方法正式的檢討流程。

Lutz 等人認為好的人口推估方法並不一定符合以上所有的準則，但在其應用上不應偏離這些準則太多。

專家判斷與模型預測並不相互抵觸，雖然一般認定「客觀」的統計預測方法，其資料的配置、模型的選取和結果的詮釋會有些許「主觀」的判定，透過統計模型和過去資料能提供較為中立的觀點。預測結果通常皆以量化的方式呈現，由於人類對於量化資訊並不敏感（例如：一般人對於 2005 年年底的臺灣地區總人口數往往只記得是兩千三百萬人，而不是精確數字的 22,689,774 人，一般對於 10% 左右的差異也並沒有太大的感覺），若是在統計模型預測可行的情況下，預測的表現一般來說會比專家判斷來的優良；但若未考慮重要的潛藏因素及變量本身的限制，單單依賴統計模型不見得可行，因此在縝密的評斷下，合併專家意見和統計模型應該能截長補短。

以專家意見進行人口推估行之有年，直到近年機率人口推估的出現，才引發對於專家的定位及專家意見在人口推估所扮演的角色的討論。Alho (2005)認為在以下三種情形時，需要專家意見來修正統計模型：

1. 模型的預測結果可能會與我們現今的人口統計知識有所衝突。舉例來說，所預測出來的總生育率與零歲平均餘命，以過去的經驗可能會有過高或過

低的情形。

2. 某些過去沒有發生，但確信會對未來趨勢造成影響的因素。舉例來說，如生活型態改變、醫療技術變遷、疾病影響，或是政府政策改變等因素。
3. 統計模型假設未來的變動程度會依循過去的經驗，但生育率和死亡率在一些確定因素下，未來的變化率相對於過去其變化幅度可能會相對較大或相對較小。

在以上三種情形，專家需指出問題所在並提出以其觀點所用來修正預測的建議，如此才可做出更切合時宜的預測。

Lee (1998)則是對於專家意見的加入有兩個建議：

1. 讓專家審視由隨機預測方法所得出之預測結果，並詢問專家是否有需要修改及不合理的地方，如此可以讓專家在思索時能有一個基準點。
2. 讓專家決定一個可能範圍，再由過去的推估誤差來推得該範圍的可能機率。

#### 第四節 各國人口推計方法

近年來的機率人口推估中，經常結合了上述三種機率人口推估的特性，其中以過去資料配適模型加上合理的專家意見是最常見的做法，並比較隨機推估與推估誤差法之預測區間參酌專家意見加以取捨，分別整理其中較具代表性如下：

1. Lee and Tuljapurkar (1994)美國人口推估：

生育率及死亡率皆使用 Lee-Carter 模型，再以時間序列模型分別預測其死亡率指數(Mortality Index)和生育率指數(Fertility Index)，由於在配適生育率模型時，時間數列模型會產生不切實際的預測（負的生育率），因此他們考慮加入先驗資訊，使用限定其總生育率平均為 2.1 的 ARIMA(1,0,1)，而人口遷徙則是使用包含年齡、性別和時間的美國普查局(U.S. Bureau of the Census)中推計理想淨遷徙，並不是隨機的。

2. Alho (2002)芬蘭人口推估：

Alho and Spencer(1997, 2005)提出直觀預測(Naïve Forecast, 或是 Baseline Forecast)，其相關探討可參見 Alho and Spencer (2005)。Lee(1974)認為預測有其值得注意的規律性，預測值會和現今的值相當接近。如果總生育率服從隨機漫步(Random Walk)，則用現今的數值作為未來的預測值會是最適當的。因

此生育率的直觀預測為現今的值持續延伸，死亡率的直觀預測則為現今持續下降的死亡率的延續，而淨遷徙的直觀預測則可設定為近年來淨遷徙的平均。在芬蘭的人口推估中，生育率、死亡率及淨遷徙皆設定為直觀預測，並以尺度化誤差模型設定其生命參數之不確定性。在 Alho(1990)及 Lee and Miller (2001)的討論中認為直觀預測及類似的外推通常和官方的判斷預測一樣好，因此若是沒有可信的研究證據支持判斷預測，可考慮以直觀預測，而直觀預測並不能完全取代模型預測，而是作為一個評價的標準，若是模型預測在過去的推估誤差研究中表現並沒有直觀預測來的好，則對於未來最有可能的趨勢應以直觀預測取代之。

3. Keliman 等人(2002)挪威人口推估：

使用 Gamma curve 配適生育率，並使用多維 ARIMA(1,1,0)預測模型參數，但由於模型並不能解釋西元 1950 至 1960 年的嬰兒潮，其所預測出之 95% 預測區間在 2050 年涵蓋範圍則由 0.6 至 6.1，並不符合常理，因此在加入專家意見方面則是在多次嘗試之後，決定把所有預測期間中總生育率高於 4 及低於 0.5 的預測刪除，其所選取的上下限亦會影響未來預測之中位數。相較於 Lutz 等人設定生命參數在服從常態或均勻分配之下會有 90%的機率落在專家所設定的上限與下限，Keliman 等人則是設定預測值 100%會落在所設定的上下區間之內，以排除模型所預測出來過於不切實際的數值。

4. Lutz 等人(2001)全球人口推估：

模擬情境是牽涉專家意見最深的隨機人口推估方法，在加入專家意見的程序上，Lutz 等人(2000)則認為專家應分為以下三個團體：

(1)基層專家(Panel Experts, Resource Expert)

由匿名的方式蒐集不同領域的定性或定量專家的意見，並以開放式的問項詳細寫出對於未來趨勢的論點及支持其論點的原因，必要時並加以深度訪談。

(2)執行專家(Implementation Experts)

在審視過所有基層專家的意見後，整合出預測結果。

(3)設計專家(Design Experts)

設計及監督整個流程。

Lutz 等人(2001)將執行專家及設計專家合併為整合專家(Meta-Experts)。此流程可避免以往集團討論因人廢言、多數決定等缺陷，而由於基層專家必須詳細

說明其論點，集合所有意見並加以探討其合理性能改善專家意見過於武斷的問題。

在模擬方法則加入時間數列修正最原始的模擬情境，將生命參數  $v_t$  分解成

$$v_t = \bar{v}_t + \varepsilon_t, \varepsilon_t \sim N(0, \sigma(\varepsilon_t))$$

其中  $\bar{v}_t$  為在  $t$  時間的平均， $\varepsilon_t$  為在  $t$  時間的差， $\bar{v}_t$  和  $\sigma(\varepsilon_t)$  則是經由上述流程決定， $\varepsilon_t$  設定為服從 AR(1) 或是 MA(q) 以解決原本方法不會隨著時間波動的缺點。

#### 5. Alho 等人(2006)歐洲人口推估：

將各生命參數配適時間序列模型，並以尺度化誤差模型分別研究其推估誤差，最後再詢問專家意見修正部分地區預測之平均及預測區間。

綜合以上結果，可發現目前設定專家意見分為以下三種模式：

- 只設定生命統計量的中位數(平均值)。
- 只設定生命統計量的 100% 預測區間上下限。
- 一併設定生命統計量的中位數及上下限。

在預測生育率時，許多國家皆會設定未來預測的期望值或是設定合理的預測區間寬度以排除不合理的預測值；死亡率方面則沒有太大爭議，一般大多是按照過去資料以模型預測趨勢；而人口遷徙方面，由於遷徙會受到政府法令的影響程度較大，在許多國家也並沒有完整且足夠的年齡別淨遷徙，因此較生育率和死亡率會牽涉更多的專家意見；至於在加入專家意見的流程上，Lee 和 Lutz 皆是建議採用多階段的方式以解決專家可能過於武斷的問題。雖然在處理專家意見各有其不同的著眼點，但其共通的目標就是以最穩健的觀點看待預測的平均值，並配置最適合衡量未來變動情形的預測區間。

### 第三章 研究方法及模型

除了推估方法外，因為生育率與死亡率是人口推估中最重要的生命統計變數，本章將回顧近年來有關生育率、死亡率使用的模型與研究，包括採用外生變數修正這些生育率及死亡率模型的方法。另外，人口推估的重要目的之一為政策及施政的規劃，對縣市等地方政府尤其重要，本計畫也以臺灣北、中、南及東部區域的人口推估為目標，介紹適合推計這四區域人口趨勢的方法。首先，下一節先回顧經濟建設委員會現有的人力推估作法。

#### 第一節 現有低中高情境推估的檢討

臺灣地區的人力推估由經濟建設委員會人力規劃處負責，過去的生育、死亡、遷移等重要生命統計的未來趨勢，大多透過專家意見先取得最有可能的數值、以及上下限，再套入人口變動要素合成法求出未來人口數及人口結構。以最近兩次人口推估為例（民國 93 年、95 年臺灣地區人口推計），除了諮詢由學術界組成的專家小組外，也參酌人力規劃處的推估經驗及政府的政策預期，先取得未來總生育率、平均壽命、每年淨遷移總數的共識，再調整相關數值取得未來的推估。這種方式得到的高、中、低推估為專家意見的整合，類似第二章提到的德菲法，其優點為涵蓋各領域的專業意見，但推估結果不具有機率統計上的意涵。

除了機率意涵外，如果專家間的意見不一致時，可能引發另一個潛在問題。在專家意見分歧時，多數決(Majority Vote)是最常見的解決方法，但多數決的結果可能會得到所有專家的平均值，平均值的數值可能不易詮釋，也不見得是最有可能的結果。有鑑於僅依賴專家意見的這些缺點，不少國家因而改採折衷策略，例如：先代入機率推估方法，先由歷史資料推得未來的生育、死亡、遷移的數值，繼而經過專家判斷哪些結果較有可能、或是不合理，再修正得到最後的人口推估。如此的推估可符合部份的計量模型，推估結果也不至於過於極端，近年許多國家紛紛改採這種結合統計模型、專家意見修正的人力推估。

本計畫建議未來人口推估也可採用上述模式，先以歷史資料尋求較佳的統計模型，以這些模型得到初步人口推估結果，再組成專家諮詢小組修正推估結果，再以調整的結果作為最後的人口推估。因此本計畫先配適統計模型，取得推估結果後，繼而在期中報告的方式邀請國內的專家學者，討論推估結果是否合理、是



否需要修正，最後於期末報告呈現綜合模型、專家的推估結果。其中的專家學者對於推估模型及方法的建議，可參考附錄一的會議記錄。

## 第二節 電腦模擬與區塊拔靴法

本計畫引進電腦模擬中的區塊拔靴法(Block Bootstrap)，是拔靴法的一種，屬於電腦模擬方法，原先用於估計變異數，藉由歷史資料反覆模擬以找出未來的推估。區塊拔靴法最早由 Hall (1985)提出，Künsch (1989)有完整的討論。區塊拔靴法可視為拔靴法的變形，用於像是時間數列這類使用相依資料(Dependent Data)的模型，其原理是抽樣方法模仿時間數列資料，每次隨機抽取一個連續時段（或是區塊）的資料，以解決傳統拔靴法無法處理一連串相依資料的情形。

區塊拔靴法不乏在人口統計的應用，Denton 等人(2005)將區塊拔靴法應用於推估加拿大的平均餘命，國內則有何正羽 (2006)應用於推估平均餘命與年金現值。最佳的區塊長度  $l$  的選取目前還沒有定論，一般認為最佳區塊長度決定於資料長度、資料抽樣模式、所抽取的統計量和區塊拔靴法的用途，相關討論可參考 Bühlmann (2002)。另外，Politis and Romano (1994)將區塊長度視為隨機，以幾何分配選取區塊長度；Denton 等人 (2005)則建議在預測平均餘命時可依照情勢任意決定一個合理的區塊長度，區塊長度對於預測的中位數幾乎沒有影響，而縮短區塊長度則會使預測區間稍微膨脹。

以生育率為例說明區塊拔靴法的操作。如果有過去 40 年的資料（第 1 年、第 2 年、...、第 40 年），令區塊長度為 5，則可將過去 40 年資料視為第 1 至 5 年、第 2 至 6 年、...、第 36 至 40 年共 36 個不同區塊，區塊拔靴法即是在這 36 個區塊中重複抽取，未來的推估結果就建立在這些區塊的電腦模擬。上述的區塊抽取可考慮不同權數(Weight)，以反映其發生可能性，較常見的權數有兩種選擇，一種假設過去經驗有相同可信度，也就是權數為均勻分配；另一種假設接近現在的資料較為可信，因此權數與距今的時間點成反比（例如： $1/(41-t)$ ，假設今年為第 41 年， $t$  為被抽到的年份）。另一個區塊拔靴法的參數是區塊長度，但一般而言，權數的影響會比區塊長度大，相關討論可參考 Bühlmann(2002)。

以流程圖來看，區塊拔靴法的執行程序如下：

1. 若我們共有  $n$  個年度的歷史資料，令  $t = 1, \dots, n$ ，若為生育率資料時，令第  $t$  年

資料為  $v_t = (\log(f_\alpha), \log(f_{\alpha+1}), \dots, \log(f_\beta))$ ， $\alpha$ 、 $\beta$  為生育年齡的上下限；若為死亡率資料， $v_t = (\log(m_0^F), \log(m_1^F), \dots, \log(m_\omega^F), \log(m_0^M), \log(m_1^M), \dots, \log(m_\omega^M))$ ， $\omega$  為年齡的上限。

2. 令  $\Delta v_t = v_t - v_{t-1}$ ， $t = 2, \dots, n$ ，若區塊長度為  $l$ ，令  $\Delta V_t = (\Delta v_t, \Delta v_{t+1}, \dots, \Delta v_{t+l-1})$ ，所以我們共會有  $n-l$  個區塊。
3. 隨機抽出一個  $\Delta V(t)$ 。
4. 由最後一個年度開始，依序計算未來  $l$  年的預測值，亦即第一個預測年度的值為最後一個年度的  $v_t$  加上  $\Delta v_t$ ，第二個預測年度的則再加上  $\Delta v_{t+1}$ ，以此類推，直到最後的預測年度。
5. 重複步驟 3 至步驟 4，進行 1,000 次，則可得到 1,000 次預測的生育率及死亡率。
6. 將生育率和死亡率分別代入人口變動要素合成法，則可得到 1,000 次預測的人口數，以及總人口數、總生育率、零歲平均餘命等資訊。

以下用統計軟體 R 的「lynx」資料為例，展示區塊拔靴法的操作結果。「lynx」資料為加拿大在 1821-1934 年（114 筆資料），每年以捕獸夾捕捉到的山貓總數，可參考 Campbell and Walker (1977) 的介紹。以下的時間數列、區塊拔靴法（使用「tsboot」的指令）的分析計算，都是藉由統計 R 軟體而得，R 為免費軟體，可以至網站 [www.r-project.org](http://www.r-project.org) 下載；

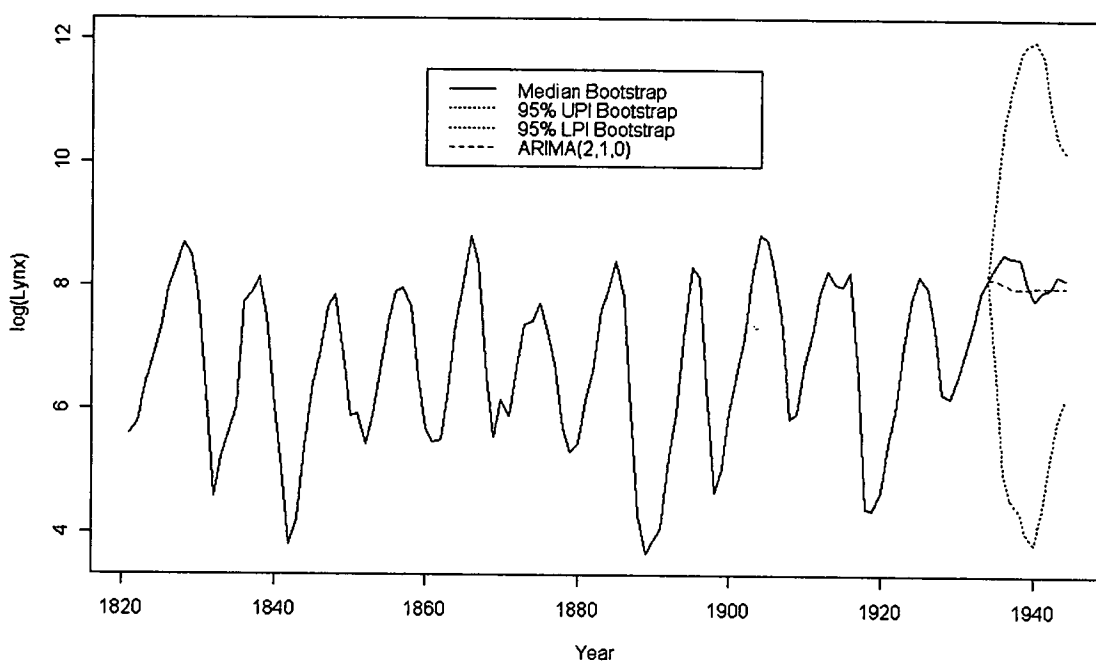


圖 3-1、區塊拔靴法的範例（lynx 資料）

「lynx」資料若以時間數列配適，較佳的選擇是 ARIMA(2,1,0)，也就是在差分後符合 AR(2)-兩階自我迴歸模型；區塊拔靴法的操作先將觀察值取對數（114 筆資料），再計算出數值間的差值（113 筆個差值），假設區塊長度為 10，則一共有 104 個不同區塊，每次模擬是均勻隨機從中抽出一個區塊。圖 3-1 為區塊拔靴法與 ARIMA(2,1,0)兩模型未來 10 年的預測結果，其中區塊拔靴法為 1000 次電腦模擬的結果，分別列出中位數的預測值，以及 95%預測區間的上下限，可作為平均推估值及推估區間的上下限。以時間數列獲得的預測值接近一個定值，是過去資料的平均；區塊拔靴法得出的預測值模仿過去趨勢，預測區間也隨過去起伏，區間寬度不見得會愈來愈寬。

區塊拔靴法屬於隨機推估的一種，其概念認為未來的生育率、死亡率、遷移機率等的變動趨勢會和過去變動趨勢有關，和其他隨機推估的方法相比，最大的優點在於除了區塊長度與權數外，不需要額外的模型及參數假設，完全由歷史資料反映未來趨勢，且保留了各年齡組和性別之間的相關。

### 第三節 模型外生變數與人口推估

人口平衡公式的(2.1)式中，對人口結構及總數影響最大的為出生數及死亡數。事實上，除了少數幾個國家外（例如：美國、愛爾蘭），世界各國每年的移出、移入人數，大多都無法與出生數及死亡數相比擬，加上移民人數及相關資料不易統計，因此移民人數為 0 的假設一般都尚可接受。以下分別整理生育率及死亡率的相關研究：

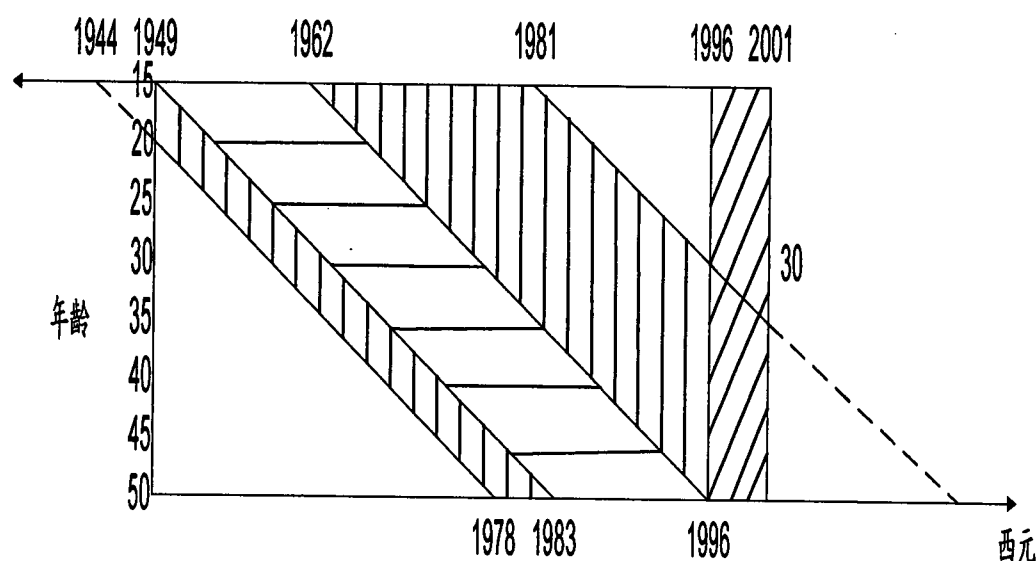
#### (一)生育率相關研究

早期對於出生數的研究，與人口推估的情形類似，只考慮每年的出生數或總生育率(Total Fertility Rate)，套入數學或統計模型，像羅吉士曲線仍是部份研究者偏好的模型。隨著文明進步、電腦科技的普及，人口資料的紀錄愈加詳細及正確，生育率的研究從各年齡組的年齡別生育率(Age-specific Fertility Rate)，近年也有人考慮胎次別生育率(Parity Specific Fertility Rate)。以下就這兩種類別的生育率，分別整理較常見的模型及方法，以下模型的整理，請參考計畫主持人近年生育率的研究論文（黃意萍與余清祥，2002；余清祥與藍銘偉，2003；余清祥與許添容，

2004；王錫美與余清祥，2005；賴思帆與余清祥，2006；朱伯長與余清祥，2006）。

現在世界各國的生育率推估，最常使用的方法是藉由年齡別生育率，以歷年資料配適生育率模型又是其中較常見的作法。以臺灣地區的生育率模型為例，過去研究考量的模型計有 Gamma 函數、Gompertz 函數、Lee-Carter 法、主成份分析法 (Principal Component Analysis)，單一年齡組個別估計法等，除了單一年齡組個別估計法外，這些模型受限於模型假設，因此模型配適及交叉驗證 (Cross Validation) 的效果不佳，又不易加入其他外生變數輔助詮釋，實證上並不推薦。

以世代 (Cohort) 的觀點考量年齡別生育率，是另一種處理生育率的方法，作法是以出生年度為基準，計算出每一出生年度的婦女的年齡別生育率。因為總生育率混合不同年度出生婦女的生育率，以致於計算出的數值容易受到婦女年齡結構的影響，而且詮釋上較缺乏說服力，理論上以世代生育率 (Complete Cohort Fertility Rate；簡稱 CFR) 預測未來的生育趨勢是較為合理的作法。然而，以圖 3-2 的資料年度為例，世代生育率的蒐集不易，今年出生的婦女必須等到 50 年後才能有完整的生育資料，實證上不易執行，未觀察到的數值需要透過推估。因為推估資料本身已具有不確定性，使得世代生育率反而有較大的預測誤差，建議以世代生育率作為輔助判斷未來生育率的可能趨勢，但不直接用於推估未來的婦女生育率。



註：橫線部分為完整世代、直線部分為不完整世代、斜線部分為所要預測的年度。

圖 3-2、CFR 法的資料使用說明 (余清祥與藍銘偉，2003)

因為婦女受教育比例及勞動參與率的提高，婦女有偶率隨之下降，且結婚年

齡及生育年齡都有延後的趨勢，即使每位婦女的生育總數不變，但生育率在短時間內會下降。擴散模型(Diffusion Model)即是同時考量生育時機及生育總數的方法之一，其本意是將婦女由分成出生、結婚、生育不同階段，分別估計各階段的機率，以求得生育率的數值，擴散模型可參考 Bongarrts and Feeney (1998)及 Bongarrts(1999)。實證分析時透過胎次別生育率及各胎次生母年齡等資料，類似估計隨機變數的密度函數(Probability Density Function)，進而求出每位婦女平均一生的生育總數。實證上，擴散模型確實有不錯的結果，但需完整的生母各胎次生育年齡及生育率，且也需保證一定的資料品質，文獻中只有以臺灣及美國資料的擴散模型研究。

除了直接考量生育率模型，也有不少學者加入其他外生變數因素或從其他角度獲取預測值，以下列舉幾篇研究結果：

1. 結婚長短(Marriage Duration)與生育率：Keilman (1990)提到荷蘭在 1967-1970 時，曾經以進入結婚期間的時間當作生育率的解釋變數，但因為預測結果不佳，荷蘭在 1980 年代捨棄這種作法。
2. 戰後嬰兒潮的現象是否獨一無二：美國 1940 年代末期至 1960 年的戰後嬰兒潮，有人認為這是獨一無二的現象，即使再有戰爭發生，也不見得保證會有類似的結果。然而，1985-1995 年地中海沿岸國家的生育率從 2 降至 1.3-1.4，以相對變化率而言，與嬰兒潮的變化率相當，官方的預測也沒有預料到這個變化。（臺灣自 2000 年後的生育率急速下降也是如此，總生育率從 1990 年代末期的 1.7，降至 2006 年的 1.0，無論官方或是統計模型都沒有預料到。）
3. 以經濟變數預測生命統計(Vital Rates)的數值：GDP、失業率等經濟變數曾用來預測 TFR、平均壽命( $e_0$ )，但 Land (1986)表示經濟變數與生命統計數值間，其關係的準確度不足以改善生命統計數值的預測。

## (二)死亡率相關研究

死亡率的研究較生育率直接，通常尋求年齡別死亡率(Age-Specific Mortality Rate)的模型，因為死亡不適用於婦女生育的生活規劃及選擇，較少藉由外生變數。因為死亡率在各年齡層的差異非常大，尤其是嬰幼兒及高齡死亡率，因此單一死亡率模型套入各年齡組的配適結果通常都不理想。以下模型的整理，請參考計畫

主持人近年死亡率的研究論文（余清祥，1998；余清祥與連宏銘，1999；余清祥與陳仁泓，2000；曾奕翔與余清祥，2002；黃泓智、劉明昌、余清祥，2004；黃泓智、林家玉與余清祥，2004；余清祥，2005；曾奕翔與余清祥，2006；黃泓智、余清祥、楊曉文與許銘遠，2006；王郁萍與余清祥，2007）。

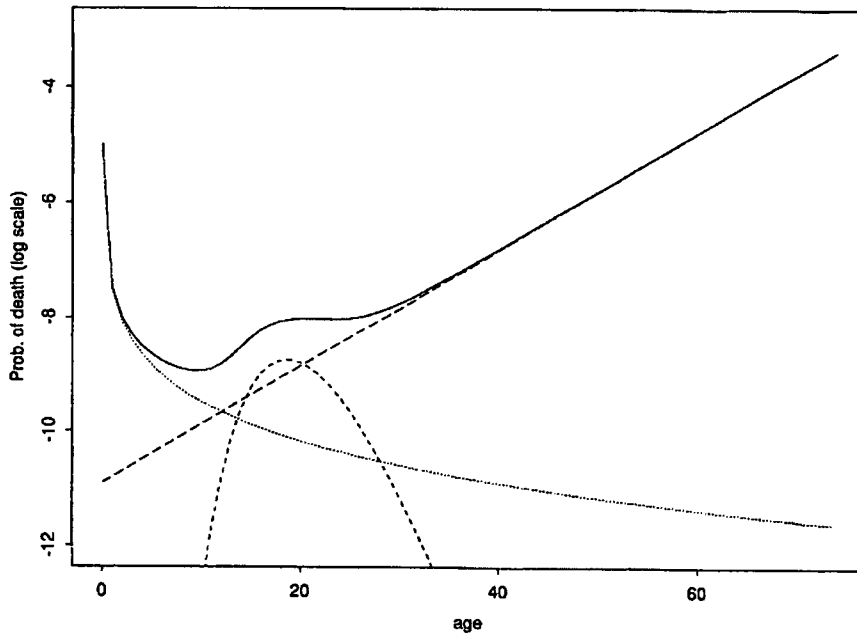


圖 3-3、Heligman-Pollard 模型中各年齡組的死亡曲線

早期的死亡率的研究與生育率類似，大多著重於尋求一個適用於各年齡層的死亡率模型，初期也多從參數模型出發，尤其是高齡死亡率的著墨最多，其中又以 Gompertz 模型(Gompertz Law)最受到青睞，許多國家生命表的編算，包括臺灣、日本及歐洲各國，在高齡組仍假設 Gompertz 模型。Heligman and Pollard (1980)是另一個曾經被聯合國推薦的知名參數模型，他們的想法是將死亡率分成三段：嬰幼兒、青少年、成年三段，以三條死亡率曲線合成一條可用於各年齡的死亡率，如圖 3-3 的實線即為三條各年齡組合成的死亡率曲線。

生育率可能因為個人生涯規劃、外在的經濟等因素，而不易預期未來的趨勢，二十世紀以來的死亡率，大致因環境及科技等進步而逐漸下降，關鍵在於對於未來壽命的假設。目前對於壽命的假設分成兩派：一為壽命有上限、一為壽命沒有上限，在這兩種假設下的死亡率模型大為不同，共通點在於過去的參數模型已大不如昔，取而代之的是半參數(Semi-parametric)或是無母數(Non-parametric)模型，而且焦點大多在於死亡率的改善幅度(Mortality Improvement)。

近十餘年來較受矚目的死亡率改善模型大致有三個：Lee-Carter 模型(Lee and Carter, 1992)、英國精算學會的改善因子模型(Reduction Factor Model; RF Model)、年齡—世代—時期模型(Age-Period-Cohort Model; APC Model)。其中 Lee-Carter 模型自提出後及廣為許多國家採用，包括美國、日本、臺灣（經建會人力規劃處民國 95 年-140 年人口推估）、香港等國，模型假設如下：

$$\ln(m_{x,t}) = a_x + b_x k_t + \varepsilon_{x,t} \quad (3.1)$$

上述的  $a_x, b_x$  與  $k_t$  為模型參數，其中

$m_{x,t}$ ：在  $t$  年時， $x$  年齡組的中央死亡率(Central Death Rate)。

$a_x$ ：年齡組死亡率的平均曲線， $x$  為年齡組。

$b_x$ ：年齡組相對死亡率的變化速度。

$k_t$ ：死亡率的強度(Intensity of Mortality)， $t$  為時間。

$\varepsilon_{x,t}$ ：表示時間  $t$ ，年齡組  $x$  下之隨機誤差項。

參數估計一般可透過奇異值分解法(Singular Value Decomposition; SVD)，在資料不完整時，Lee and Carter 建議近似法(Approximation)計算，Wilmoth (1993)也建議以最大概似估計法(Maximum Likelihood Estimation; MLE)及加權最小平方法(Weighted Least Squares; WLS)修正，實證有不錯的效果(曾奕翔與余清祥, 2006)。

另一個用於歐洲國家保險業的死亡率下降模型為英國 CMIB (Continuous Mortality Investigation Bureau)建議的 RF 模型，CMIB 目前所應用的 Reduction Factor 模型為：

$$\frac{q_{x,t}}{q_{0,t}} = RF(x,t) = \alpha(x) + [1 - \alpha(x)][1 - f(x)]^{\frac{t}{20}} \quad (3.2)$$

其用意在於計算死亡率每年的下降比例，其中  $q_{x,t}$  為第  $t$  年的  $x$  歲死亡率， $\alpha(x)$  及  $f(x)$  為對應的  $x$  歲死亡率參數， $\alpha(x)$  為終極死亡率、 $f(x)$  相當於下降幅度。

RF 模型大多使用在歐洲國家，尤其是英國及德國的人壽保險業，其他地區出現的頻率不高。國內研究 RF 模型也不多見，最近幾年有幾篇研究應用於人壽保險，探討以隨機死亡率(Stochastic Mortality)，計算延壽風險(Longevity Risk)對壽險業的影響程度。不過，或許受限於 RF 模型原先的模型架構不見得符合臺灣

地區的死亡率，加上 RF 模型的參數估計透過非線性的最小平方法，估計值容易有不穩定的問題，因此實證研究的估計誤差仍高於 Lee-Carter 模型，需要進一步修正才能用於死亡率的預測（參考黃泓智等人，2006）。

另一較知名的 APC 死亡率模型源自於流行病學。流行病學中研究疾病的死亡率時，除了紀錄各年齡和年代的死亡率，為了追蹤某疾病發展病史，亦會將世代 (Cohort) 納入考慮，因此發展出以年齡、年代和世代為解釋變數的 APC 模型。其模型假設第  $i$  個年齡和第  $j$  個年代的死亡人數 ( $O_{ij}$ ) 為卜瓦松分配，相對應的總人數 ( $N_{ij}$ ) 為非隨機之固定值，模型如下：

$$Y_{ij} = \log(R_{ij}) = \log\left(\frac{O_{ij}}{N_{ij}}\right) = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_k + \varepsilon_{ij} \quad (3.3)$$

上式中  $i = 1, \dots, a$ ,  $j = 1, \dots, p$ ,  $k = 1, \dots, a + p - 1$ , ( $i, j, k$ ) 分別代表(年齡，年代，世代) 的效果。另外，上式的參數

$Y_{ij}$ ：第  $i$  個年齡、第  $j$  個年代在第  $k$  個世代時之對數死亡率。

$\mu$ ：整體平均效應。

$\alpha_i$ ：第  $i$  個年齡的固定效應。

$\beta_j$ ：第  $j$  個年代的固定效應。

$\gamma_k$ ：第  $k (= a - i + j)$  個世代的固定效應。

$\varepsilon_{ij}$ ：隨機誤差項， $E(\varepsilon_{ij}) = 0, \text{Var}(\varepsilon_{ij}) = \sigma^2$ 。

APC 模型原本用途在於資料的基本描述，採用圖表檢測疾病率的模式 (Kupper et al., 1985)，但因其模型恰巧符合死亡率隨年齡、時間改變的特性，也可用於死亡率推估。然而因為本質上受限於 (世代 = 年代 - 年齡)，參數估計值有共線性的問題，以致參數估計值有表示不唯一的問題，近年有研究修正這個問題，但實證上若要用於死亡率推估，仍須預測年齡、年代、世代三者的未來趨勢，是否會因參數個數過多反而降低其優勢，仍有待進一步研究。（參考王郁萍與余清祥，2007）

與生育率的研究類似，也有學者加入外生變數以獲取死亡率的預測值。例如：Alho (1990) 提到美國曾使用 1920-1986 年的死亡資料，比較官方預測值與 ARIMA



模型的優劣，亦即比較專家意見與趨勢外插(Trend Extrapolation)，研究發現兩者各有擅場，官方預測傾向於高估死亡率，但 ARIMA 模型則傾向於低估死亡率。Lee and Miller (2001)發現 Lee-Carter 模型在預測平均壽命(Life Expectancy)時，明顯優於官方的預測。

#### 第四節 北、中、南、東四個區域的人口推估

地方性(State and Local Level)的人口推估通常比全國推估困難，主因之一在於地方性資料可取得性及資料品質(Data Availability and Quality)較低。因為臺灣地區的人口資料可分成北、中、南、東四個區域紀錄，基本人口資料的可取得性及品質皆無虞，只需先建立這四個區域的人口資料庫。建立區域資料庫後，可仿造全國性的人口推估，分別藉由各區域的生育率及死亡率資料，建立合適的生育及死亡模型。但因樣本數較小，未來推估的預期區間的範圍比較大，容易產生不合理的生育率、死亡率等數值，使用時需格外謹慎。

當地方性的人口資料可取得時，一般而言，地方性的人口推估需要另外考量國內遷移(Internal Migration)，在許多國家的地方性推估案例中，國內遷移往往扮演非常關鍵的角色(Siegel and Swanson, 2004)。較為簡單的國內遷移，先估計出每個地區淨移民的總數，再代入假設的淨移民的年齡與性別分配(Age-sex Distribution)，即可取得每年各地區的淨移民人數及其年齡與性別，接著再與原先由人口變動合成要素法得出之人數結合，即可獲得每個地區的推估數值。

更為精確的國內遷移模型為多區域遷移模型(Multiregional Migration Model)，需要國內各區域間的遷移紀錄，例如：每年由 A 區域遷移至 B 區域的人數，以及這些人的性別與年齡分配。多區域遷移模型的實例，可參考 Verma and George (2002)以加拿大各省(Province)間的遷移資料，推估各省的性別與年齡淨遷移數值。

臺灣地區每年的人口資料紀錄有各縣市間淨遷移人數及其性別，但缺乏淨遷移年齡結構，因此無法採用較為精確的多區域遷移模型，或是前述的簡化遷移模型。現有的遷移資料包括各縣市每年的兩性淨遷移總數、以及最近兩年(民國 94 年及 95 年)的各縣市間的年齡別遷移數，資料嚴重不足，北、中、南、東四區的人口推估無法代入國外常用的遷移模型。在此將採更為簡化的折衷作法，假設

北、中、南、東四區遷入、遷出的年齡比例分配相同，以僅有的兩年資料估計出各年齡佔總遷出、遷入的比例，再求出各地區的遷入、遷出總數後，乘以年齡比例即可獲得各區各年齡的遷入、遷出人數。

## 第四章 評估區塊拔靴法

歷來經建會人力規劃處的臺灣地區人口推估，皆以專家意見為基礎，再套用人口變動要素合成法。本章將採用隨機機率模型，代替以往的主觀意見，推估的結果再與之前經建會專家意見的結果比較，檢視其中的差異。由於隨機方法中或藉助於部分專家意見、或依賴既有的死亡率及生育率的模型，推估結果會受到參酌的意見或模型的影響，為減少選取方法而引起的爭議，本章以電腦模擬區評估區塊拔靴法(Block Bootstrap)的可行性，並討論這個方法的使用限制，下一章再以區塊拔靴法推估未來的臺灣地區人口。以下各節編排如下：第一節介紹本研究使用的資料，第二節以臺灣、日本、美國、法國的資料與交叉驗證評估區塊拔靴法，評估區塊拔靴法可能的限制，第三節檢視使用區塊拔靴法與死亡率模型的差異，第四節以敏感度分析探討生育、死亡、遷移、嬰兒出生性別比對未來人口的影響，第五節討論區塊拔靴法的使用限制。

### 第一節 資料來源

本計畫使用臺灣、美國、日本及法國四個國家的資料，包括各國的單齡人口數、生育率、死亡率的資料，評估區塊拔靴法的可行性，初步不加入人口遷徙。其中臺灣、美國、日本及法國四個國家的生育率的年齡區間為 15 歲至 49 歲，人口數及死亡率的年齡區間為 0 歲至 99 歲。臺灣地區的資料來源為各年度內政部所公佈的台閩地區人口統計資料中的臺灣資料，生育率使用民國五十年至民國九十四年（西元 1961 年至西元 2005 年）育齡婦女年齡別生育率（五齡組），死亡率使用民國六十年至民國九十四年（西元 1971 年至西元 2005 年）零歲、一~四歲及其餘五齡組的中央死亡率資料。除了法國生育率資料為 1960~2001 年，美國及日本的生育率資料為 1960~2003 年。由於推計以單齡為單位，需經由內插(Interpolation)或外推(Extrapolation)的方式來估計出單齡生育率及死亡率。

美國、日本及法國的人口數及死亡率使用美國柏克萊大學建立的 HMD(Human Mortality Database)人口資料庫，其中的一年期單齡人口與死亡資料，因此不需要內插或外推。其中美國死亡率使用西元 1946 年至西元 2003 年的資料，日本死亡率使用西元 1947 年至西元 2003 年的資料，而法國死亡率則使用西元 1947 年至西

元 2001 年的資料。

在進行生育率及死亡率的預測時，所使用的資料區間會影響到預測的結果，本研究所使用的資料皆為二次大戰後的資料，這也意味著我們忽略了戰爭期間對於生育率及死亡率的影響。

## 第二節 區塊拔靴法與交叉驗證

使用區塊拔靴法可減少人為選取模型造成的差異，也可省卻模型的參數估計，是一種電腦模擬的無母數方法。然而如果為了計算上的方便，因此犧牲模型的優勢，反而失去了使用電腦模擬的原意，也將使用隨機方法的善意打了折扣。因此以區塊拔靴法進行人口推估前，我們需先驗證這個方法是否與參數模型有類似的效果，以確定區塊拔靴法實用上的可行性。

本節運用交叉驗證(Cross Validation)探討區塊拔靴法在不同資料型態之下的表現差異，比較臺灣和美國、日本、法國四個人口趨勢不盡相同的國家。臺灣近五年來生育率快速下降；美國雖然生育率和死亡率穩定，但有大量移入人口；日本近年來生育率死亡率皆呈現穩定變化，且人口遷徙的影響不大；法國人口遷徙的影響也不大，但卻是少數近年來生育率上升的歐美國家。此處藉由區塊拔靴法進行人口推估，比較各國以現有最新年度的資料和其五年前的資料推估出來的總人口數、總生育率、零歲平均餘命和三階段年齡結構之預測區間。限於篇幅，以下僅列出總人口數的比較。

實證分析發現，當資料變動幅度較大時，區塊拔靴法將有較大的誤差，實際的數值也偏離預測區間。以臺灣地區的推估為例，2000 年的推估與 2005 年的結果差異非常大，2001-2005 年的實際結果在 2000 年的 95%預測區間之外，2005 年的平均推估數值也多在 2000 年的 95%預測區間之外(圖 4-1)，這麼大的差異主要因為是近五年來生育率的急速下降(圖 4-2)，2000 年及 2005 年平均壽命的預測區間非常接近。

美國的推估結果也類似(圖 4-3)，近五年的實際數值也偏離 1998 年的 95%預測區間，2003 年平均推估數值的前幾年也與 95%預測區間沒有交集，推估差異應該來自於移民，因為近幾年美國的移入人數較之前多。另外，1998 年及 2003 年的區塊拔靴法預測區間，無論是平均壽命或是總生育率，均維持固定的趨勢，顯示區

塊拔靴法可用於美國的平均壽命或總生育率之預測。

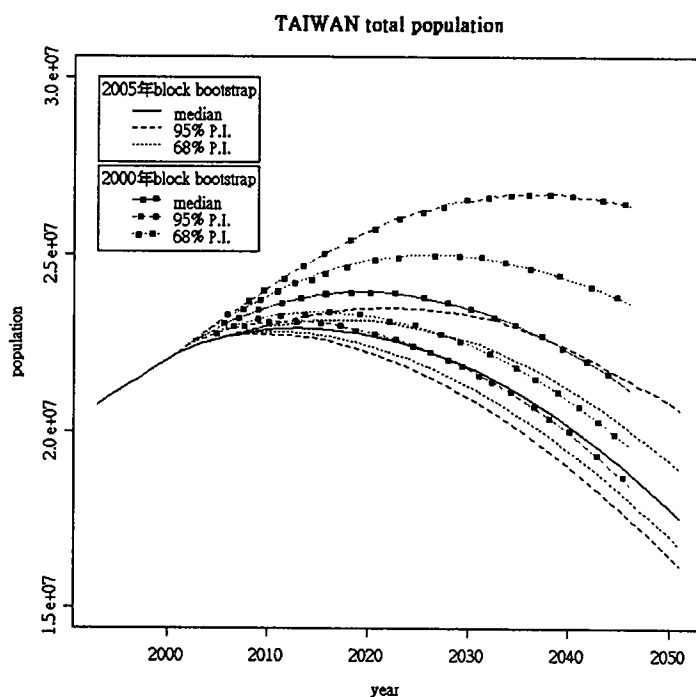


圖 4-1、臺灣總人口的預測區間(區塊拔靴法)

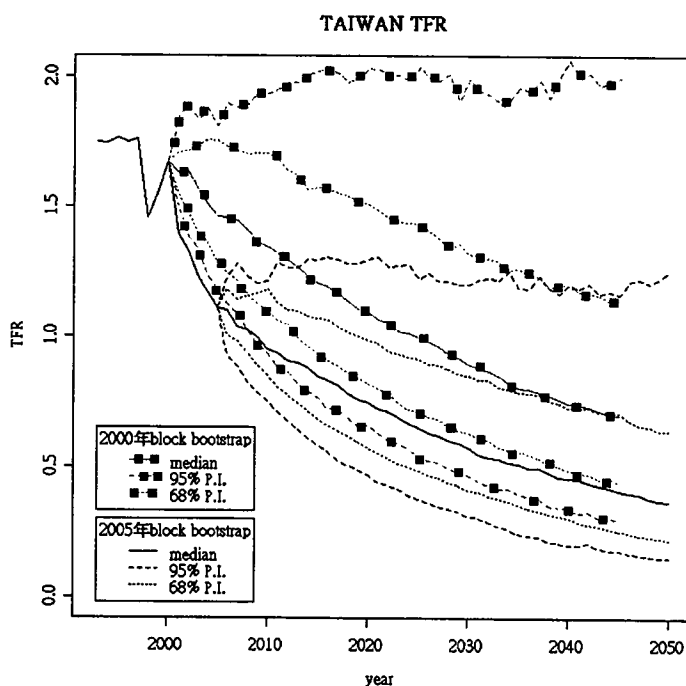


圖 4-2、臺灣總生育率預測區間(區塊拔靴法)

日本與法國的區塊拔靴法則較為穩定(圖 4-4 及 4-5)，總人口數在差距 5 年的兩次推估並無明顯差異，顯示這兩個國家的生育、死亡變化較為和緩，雖然日本生育率略微下降、法國上升，以區塊拔靴法仍足以捕捉整體的變化趨勢。由於

這兩個國家的移民人數相對較少，考慮生育、死亡兩個因素已足夠，區塊拔靴法在這兩個國家的結果一致，實證上可視為可用的推估方法之一。

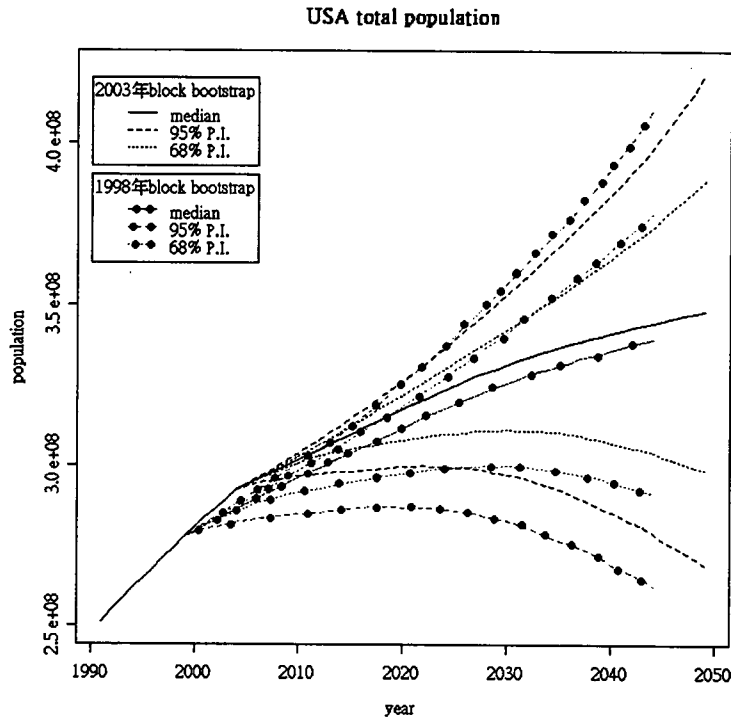


圖 4-3、美國總人口預測區間(區塊拔靴法)

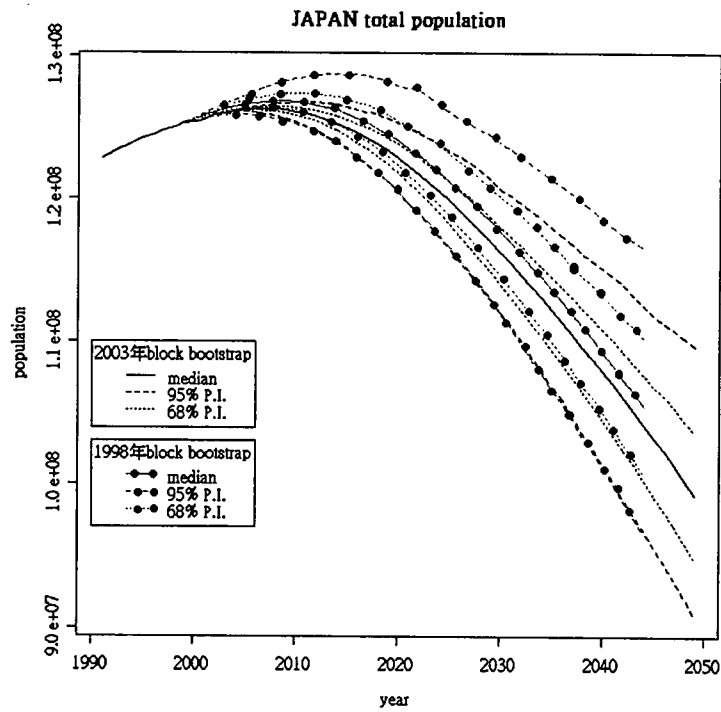


圖 4-4、日本總人口預測區間(區塊拔靴法)

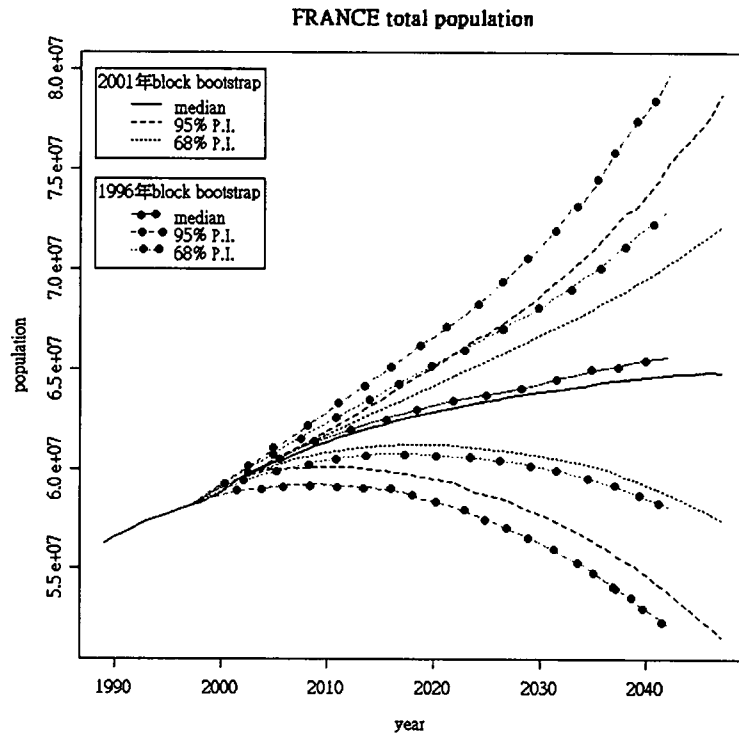


圖 4-5、法國總人口預測區間(區塊拔靴法)

表 4-1、區塊拔靴法的交叉驗證結果 (是否符合預期)

	臺灣	美國	日本	法國
總生育率	不符合	符合	符合	符合
平均壽命	符合	符合	符合	符合
總人口數	不符合	不符合	符合	符合

臺灣、美國、日本、法國四個國家的交叉驗證結果列於表 4-1，前五年的預測區間若可涵蓋未來的實際結果，則定義為「符合」預期；反之，則「不符合」預期。臺灣因為生育率變動較大，美國因為未考慮遷移因素，以致於兩個國家的人口推估結果不如預期，區塊拔靴法的推估在僅僅前後五年就有顯著的不同。臺灣的生育率變化快速，單憑統計模型很難捕捉所有變因，國際間的作法多半綜合專家意見、隨機模型，以獲取更為中肯的推估值。

### 第三節 Lee-Carter 模型與區塊拔靴法

除了上述實證分析的交叉驗證，以下也以電腦模擬檢驗區塊拔靴法的穩定性。因為區塊拔靴法屬於無母數方法，在此假設真實值服從某個參數假設，如果

使用區塊拔靴法的推估結果與理論值接近，表示電腦模擬方法實證上可行。本節僅以死亡率為代表，在死亡率服從 Lee-Carter 模型的假設下，驗證區塊拔靴法。由於我們需要處理的臺灣死亡率資料在高齡時有遺漏值，且在配適時 SVD 近似法和 Wilmoth (1993) 提出的參數修正法結果並無太大差異，因此本文選用操作較為方便的 SVD 近似法。

模擬的操作為假設死亡人數服從二項分配  $Bin(N_x, m_{x,t})$ ，其中  $N_x$  設定為民國 94 年各年齡的人口數， $m_{x,t}$  為過去資料在第  $t$  年  $x$  歲的中央死亡率 (Central Death Rate)。模擬出 1,000 筆模擬的死亡率資料，用這些資料模擬出 1000 個區塊拔靴法的預測區間，Lee-Carter 模型的蒙地卡羅預測區間則是假設  $k_t$  服從時間數列模型  $k_t = k_{t-1} - z + \varepsilon_t$ ，其中  $\varepsilon_t \sim N(0, \sigma)$ ，由 1000 次模擬建立的區間。

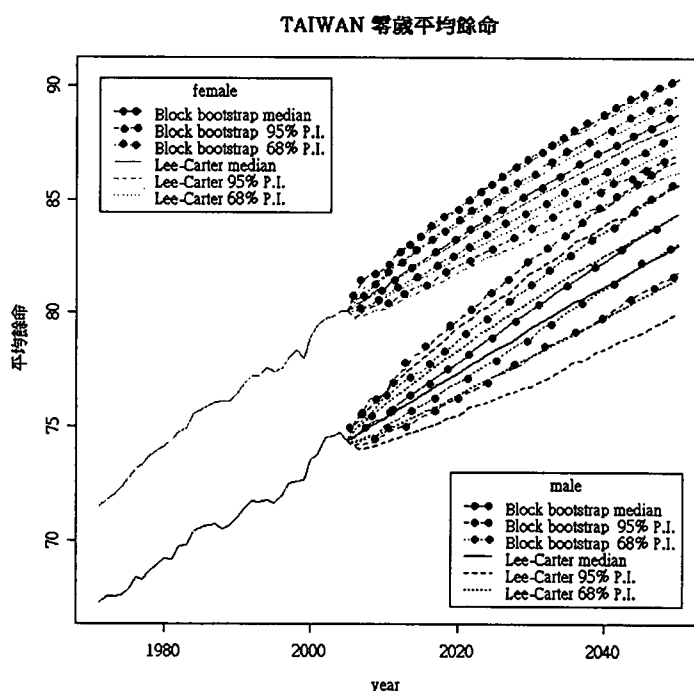


圖 4-6、區塊拔靴法與 Lee-Carter 模型零歲平均餘命預測區間  
(圖形上下分別為女性及男性)

圖 4-6 為假設死亡率服從 Lee-Carter 模型，分別以理論模型得出的蒙地卡羅預測區間和以模擬資料得出的區塊拔靴法預測區間，模擬次數 1,000 次。兩者的預測區間在女性部分幾乎是重合的，而男性區塊拔靴法的預測則稍微高了一點，但直到最後一個年度仍在 Lee-Carter 的 68% 預測區間之內，表示以無母數的區塊拔靴法仍可得出接近理論值的推估結果，區塊拔靴法堪稱可行。



除了預測區間，我們也考慮隨機區間涵蓋真實值的機率。也就是在 Lee-Carter 模型的 1,000 次模擬中，計算預測區間涵蓋真實值的機率，稱此機率為涵蓋率 (Coverage Probability)，藉此瞭解區塊拔靴法和 Lee-Carter 模型在預測死亡率的關係。圖 4-7 為 95% 區塊拔靴法的預測區間之涵蓋率，如果涵蓋率接近 95%，表示區塊拔靴法與理論值接近。由圖中可看出女性的涵蓋率從一開始的 99% 下降至 90%，之後則是維持在 90% 附近，而男性在第一年涵蓋率有 95%，之後則是緩慢的下降，但在第 45 年也仍有約 82.5%。由涵蓋率的標準來看，區塊拔靴法大致接近理論值，但建議以推估時間不超過 10 年較佳。

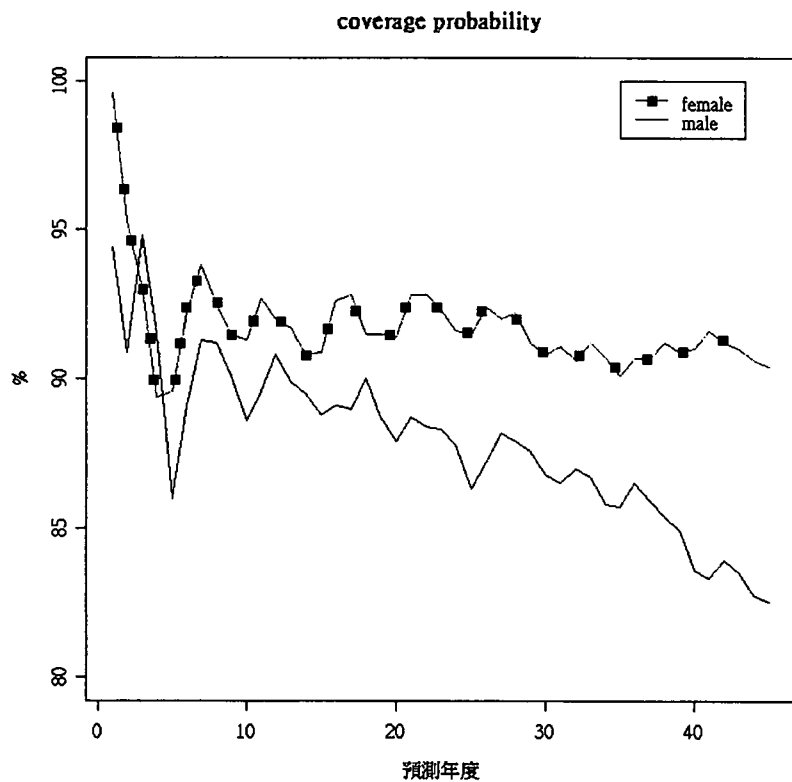


圖 4-7、區塊拔靴法對於 Lee-Carter 預測值之涵蓋率

#### 第四節 電腦人口推估的敏感度分析

經過第二節交叉驗證、第三節死亡率模型的模擬驗證，發現如果未來變化與過去趨勢接近時，區塊拔靴法可作為人口推估之用。在下一章以區塊拔靴法推估未來人口之前，本節將嘗試以敏感度分析，分析以區塊拔靴法預測未來的生育、死亡、遷移、嬰兒出生性別比這四個人口要素，何者對未來人口數的影響較大，作為下一節推估人口的參考。因為本節的目的在於獲得四個人口要素的影響，限

於篇幅，將僅列出敏感度分析的結果，詳細人口推估數值及說明，將於下一節再詳細討論。

本節的敏感度分析方法將以增加或減少單一因素探討生育率、死亡率、遷移人數、出生性別比對總人口的影響，單一因素的變化幅度分別是：生育率增加及減少百分之十、死亡率減少百分之十、遷移人數減少百分之十、性別比增加百分之十。變動某一因素時，其他因素將維持不動。

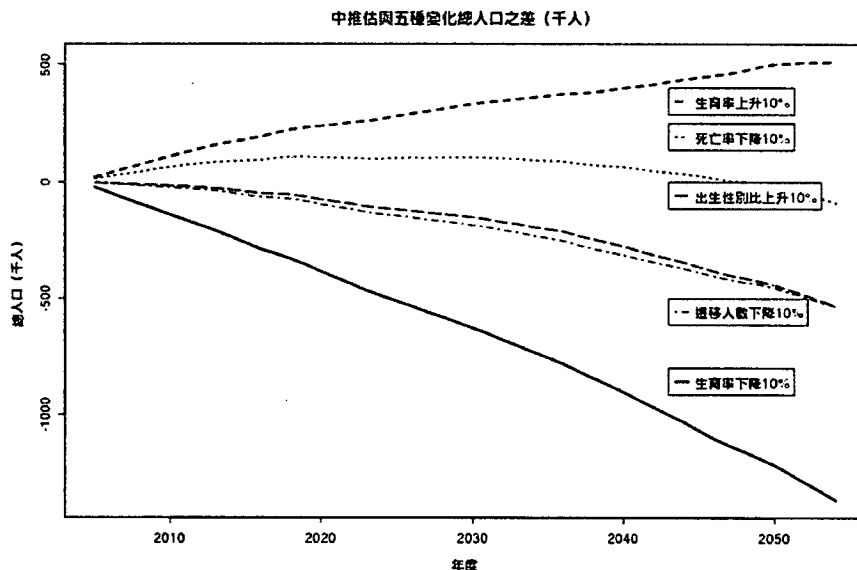


圖 4-8、改變單一人口要素與原始推計比較—總人口差異

變化這些因素後的推計與原始推計比較（圖 4-8），發現生育率增加及減少百分之十，可使台灣人口零成長（即人口最高點）的時間延後及提前 5 年；死亡率減少同樣可以延後人口最高點發生時間，但幅度沒有生育率大；遷移人數減少與性別比增加，對於總人口數的影響相對較小。再由單一因素的變化對總人口數的改變幅度來看（圖 4-9），生育率的變動約等價於累積至 2050 年的 4% 改變，死亡率則是約 2% 的改變，遷移及性別比的幅度則小於 0.5%。換言之，同樣是變動 10%，生育率對總人數有最高的影響，其影響程度大約是死亡率的兩倍，是遷移及出生性別比的十倍以上，這也與人口推估時專家較為注重生育率、其次為死亡率的想法相呼應。未來無論使用專家意見、或是機率推估來決定變數假設時，建議可參考本節的敏感度分析，決定哪些變數需要特別謹慎處理。

以臺灣地區近年急遽的生育率變化，單憑藉區塊拔靴法可能無法勝任推估未來生育率，如同第二節的交叉驗證結果，下一章以區塊拔靴法推估臺灣地區的

未來人口時，勢必需要仰賴其他方法（例如：專家意見），我們將在第五章再詳細說明。

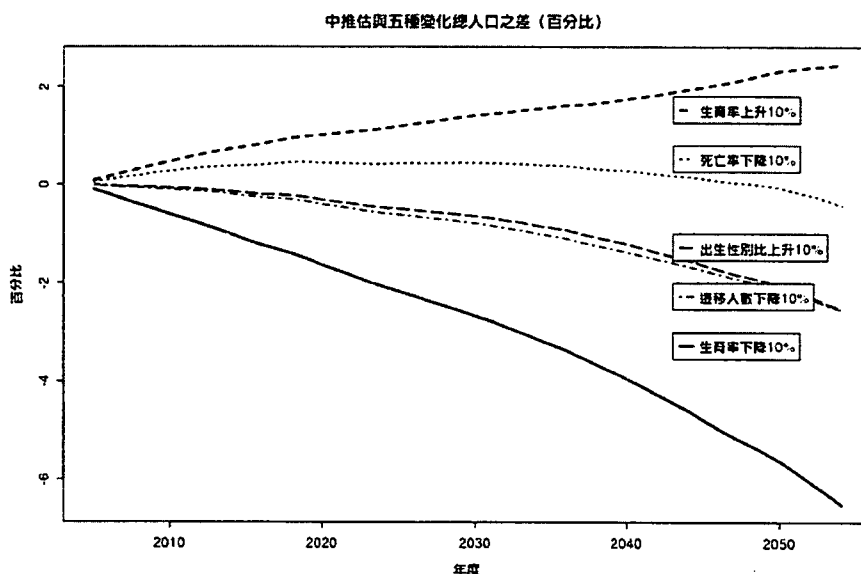


圖 4-9、改變單一人口要素與原始推計比較—差異百分比

### 第五節 區塊拔靴法的使用建議

本章以交叉驗證及電腦模擬，評估驗證區塊拔靴法用於人口推估可行性。研究發現在未來變化趨勢較為一致時（例如：日本、法國），區塊拔靴法給予不錯的推估，而且模擬研究也顯示區塊拔靴法得出的預測區間，也與必須仰賴參數假設的 Lee-Carter 模型接近。因為區塊拔靴法不需要模型及參數的假設，操作上也相當簡便，加上推估結果可以統計角度詮釋，而且本計畫也得出不錯的結果，應是可考量的推估方法之一。

但因為區塊拔靴法屬於重複抽取(Re-sampling)的電腦模擬法，使用上需要格外謹慎，建議檢驗以下幾點注意事項。重複抽取方法的優點在於藉由資料可獲得未來的預測值，但缺點在於對資料的依賴(Data Dependent)，如果使用的資料未必能反映某地區的特性，或是此地區未來的變化可能與過去趨勢差異非常大時，這個方法會得出不合理的預測值，此與第二節的交叉驗證結果一致。以臺灣地區的人口推估而言，死亡、遷移的變動較為一致，且歷年並無非常劇烈的震盪，但生育率的變化較大，其中又有龍虎年效應，若以區塊拔靴法推估未來的生育率，可能

會有問題。建議以區塊拔靴法推估未來生育率時，可搭配專家意見、或其他相關資訊，減少重複抽取方法的問題。

另外，因為區塊拔靴法根據歷史資料獲得推估值，建議未來的推估年限不宜過長，上一章的「lynx」資料與前一節的涵蓋率都顯示，區塊拔靴法在 10 年內的推估值較為可信，時間如果較長，較難確定其穩定性及精確性。因為臺灣地區的人口推估通常的預估時間都會超過 40 年以上，像是最近一次的經建會人口推估為民國 95 年至 140 年，使用區塊拔靴法可能會有穩定性的問題，建議可參酌專家意見，或輔以下一章將要討論的推估誤差法，更加確定電腦模擬推估的穩定性。

## 第五章 電腦模擬的人口推估

上一章評估區塊拔靴法的可行性及使用時機，本章將繼續探討這個電腦模擬方法，使用區塊拔靴法推估臺灣地區未來的人口數及其結構，為求推估結果可與經建會推估的結果比較，在此將推估的時間訂為民國 95 年至 144 年（50 年）。另外，為了與經建會的考量一致，本章區塊拔靴法的人口推估，分別採用生育、死亡、遷移三要素的未來趨勢，忽視了這三要素間的互動關係，實際上操作時，可設定三者有相同的亂數以保留三要素間的關聯性。

經建會與區塊拔靴法的比較將於下一章詳細討論，本章將著重於區塊拔靴法的推估結果說明，並討論若推估區域限定在北、中、南、東四個小區域時，使用區塊拔靴法可能會遭遇的困難。本章第一節全區推估結果的討論，第二節為北中南東四區的推估，第三節為使用電腦模擬於人口推估的限制及問題討論。

### 第一節 臺灣地區的電腦模擬人口推估

本節以區塊拔靴法推估臺灣地區未來的人口數及人口結構。包括生育、死亡、遷移、嬰兒出生性別比皆採用歷史資料，配合區塊拔靴法模擬出未來的數值。因為死亡率自民國 81 年（1992 年）起始有 90 歲以上的詳細資料，為求一致，生育率及死亡率使用 1992-2005 年共 14 年的資料。同理，由於臺灣地區的國際遷移人數較少，每年遷入、遷出臺灣的總數，男女兩性各約有二至四萬人，各年齡的遷移人數差異非常大，加上有完整年齡紀錄者只有民國 87 年至 95 年（1998 年至 2006 年九年資料），不像生育率及死亡率資料有五十年以上的紀錄，因此不直接計算各年齡的遷移率，而是估計各年齡佔所有遷移人口的比例，在推計未來人口總遷移人數後反推各年齡遷移人數。圖 5-1 為 2000 年及 2005 年國外移入臺灣各年齡人數比例，遷入人口中以嬰幼兒及 20-40 歲者比例最高，這九年的資料大約都保持這個特性。另外，歷年臺灣地區遷入、遷出總人口數變化不小（圖 5-2），其中 1995 年前後有大幅度變動，不難猜出若以各年齡遷移率推估未來國際遷移人數，在各年齡層會有巨大的震盪。另外，由圖 5-2 的區塊拔靴法的遷入及遷出臺灣總人數，可看出由歷年趨勢推測未來，臺灣將有人口淨移入。

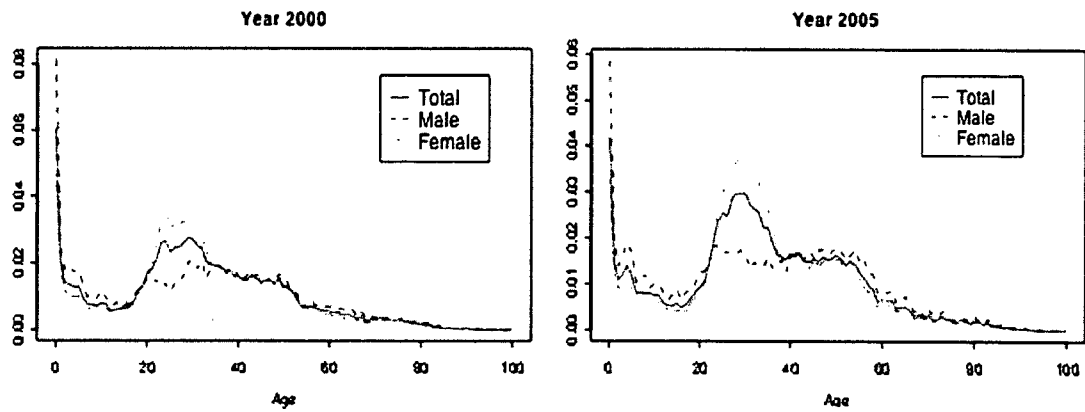


圖 5-1、國外遷入臺灣各年齡人數比例(2000 年與 2005 年)

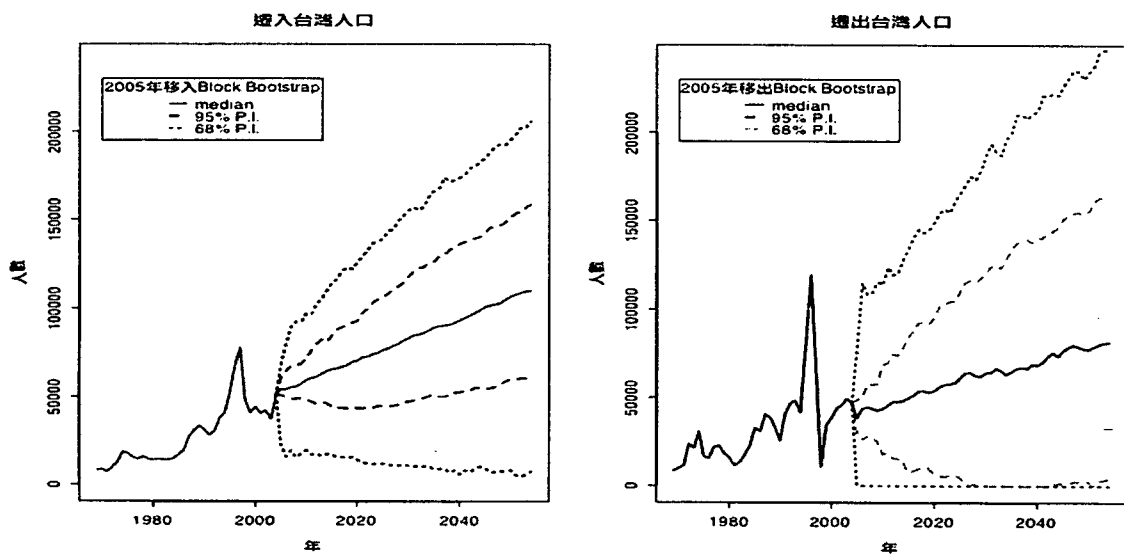


圖 5-2、歷年臺灣國際遷移總人數(1970-2006 年、區塊拔靴法未來推估)

表 5-1、三種生育率假設下的區塊拔靴法總生育率推估值

	2010 年	2020 年	2030 年	2050 年
低推計	0.9673	0.7429	0.5731	0.3619
中推計	1.1556	1.1106	1.1397	1.0596
高推計	1.3072	1.3444	1.2652	1.1036

另外，由第四章區塊拔靴法對未來的生育率推估（圖 4-2），發現若按照過去經驗推估，未來生育率有接近 0 的可能，實際上不易解釋、也不見得合理。因此對生育率的推估中，仿造過去低、中、高推計的假設，考慮三種可能情境：維持過去趨勢（低推計）、未來總生育率不低於 0.75（中推計）、未來生育率服從區塊拔靴法 97.5%的預測區間上限（高推計），表 5-1 為依照這三種假設得出的未來總生育率數值，其中的中推計大略維持 1.1 的水準。這三種假設的上下限變動範圍

比傳統的高中低不同，人力規劃處在民國 95 年公佈的人口推估，低、中、高推計的總生育率假設分別為 0.8、1.1、1.6，中推計的數值大約與這裡的假設接近，但上下限的數值有明顯差異。上述這種生育率的設定與第二章各國的人口推估類似，其中生育率因為變動較大，通常會加入人為調整，不全然以隨機模型決定未來數值。

表 5-2、三種區塊拔靴法的人口推估比較

年度	總人口數 (千人)			0-14 歲人口比例(%)			65 歲以上人口比例(%)		
	低推計	中推計	高推計	低推計	中推計	高推計	低推計	中推計	高推計
2008	22,931	22,996	23,101	16.25	16.49	16.86	10.68	10.65	10.60
2009	22,971	23,071	23,197	15.57	15.93	16.39	10.79	10.74	10.68
2010	23,003	23,138	23,296	14.88	15.38	15.96	10.96	10.89	10.82
2020	22,884	23,553	24,056	10.02	12.56	14.29	17.48	16.98	16.63
2030	22,035	23,482	24,250	7.05	11.20	12.66	26.75	25.10	24.31
2040	20,493	22,807	23,727	4.74	9.91	10.62	35.69	32.07	30.83
2050	18,282	21,475	22,558	3.08	8.73	9.39	45.48	38.72	36.86

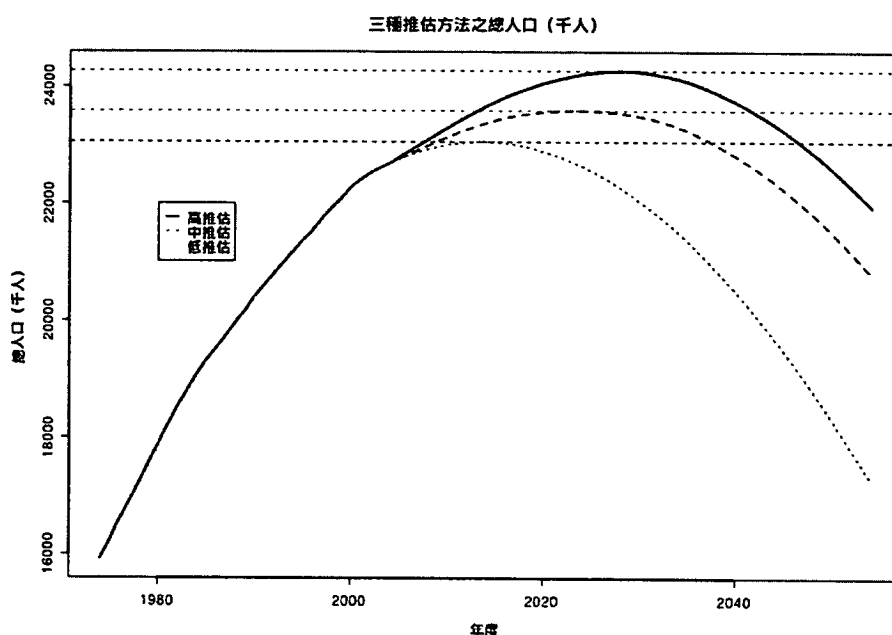


圖 5-3、區塊拔靴法的高、中、低推計之總人口數

表 5-2 列出區塊拔靴法的低、中、高三種推計下，總人口數、0-14 歲人口比例、65 歲以上人口比例。根據 2005 年 (民國 94 年) 的年底人數。在中推計下，台灣地區總人口數在 2023 年達到最高點，接近 2,400 萬人，之後開始呈現負成長一路

下滑，到 2040 年回到約等於今天的總人數，且人數下降速度加快，到 2050 年大約有 2150 萬人，十年間減少接近 150 萬人（詳見圖 5-3）。近年 65 歲以上人口的比例每年約增加 0.2%，未來增加幅度會加快，到 2024 年增至 20%，也就是從 2006 年年底突破 10%，只需 18 年老年人口比例將加倍；到 2042 年的比例更將突破 1/3，也就是每 3 位國民即有一位老年人。因為中推計的總生育率維持在 1.1 左右，0-14 歲的幼齡人口比例持續下降，預期到 2040 年已不足 10%，雖然扶幼比維持在 0.2 左右，但這是因為工作人口也下降，由此可看出生育個數少的現象未來將持續，後續將使得台灣地區的人口老化問題更為嚴重，除了老年人口外，幼齡人口及工作人口所佔的比例都會逐年減少（圖 5-4 及 5-5）。

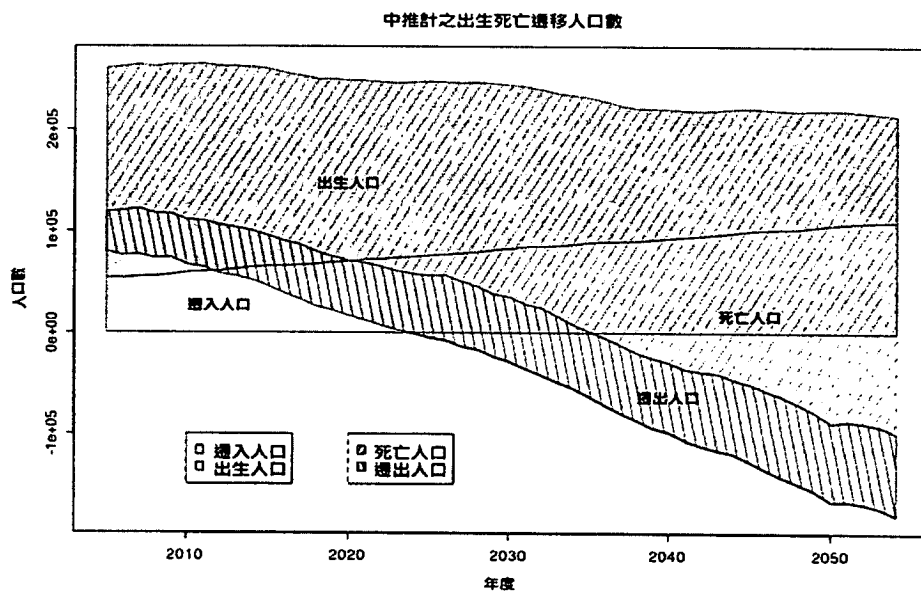


圖 5-4、區塊拔靴法中推計之出生、死亡、遷出與遷入人口數

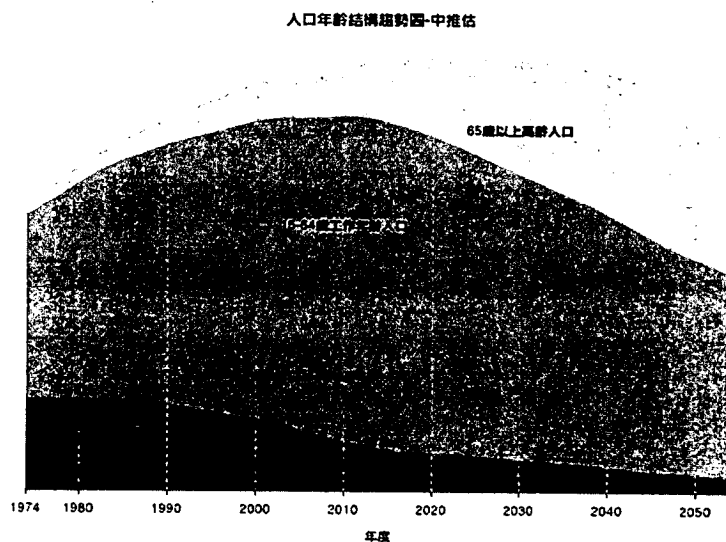


圖 5-5、區塊拔靴法中推計之三階段人口結構趨勢圖



與中推計的結果類似，高推計的總人口數會繼續增加，未來可能突破 2,400 萬人，但人口老化現象一樣明顯，在 2045 年前的老年人比例也會突破 1/3 (表 5-2)。低推計的結果就更為極端，2040 年前後的總人數降至約 2,000 萬人，老年人口比例增加更為迅速，2040 年之前即可突破 1/3，而且在 2050 年會超過 45%，依賴比 (以及扶老比) 已超過 100%，如圖 5-6。

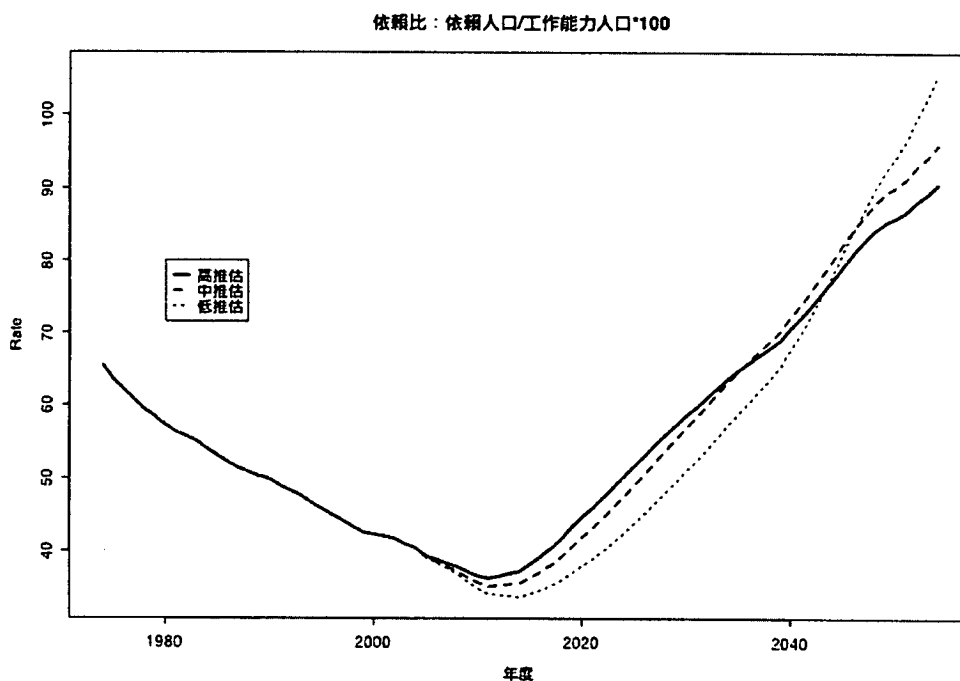


圖 5-6、區塊拔靴法三種推計之依賴比趨勢圖

在三種區塊拔靴法的推計下，人口老化是共通的現象。由於臺灣與美國類似，在二次世界大戰後有一波戰後嬰兒潮(Baby Boom)，這些戰後出生的嬰兒在未來 20 年內將陸續退休，預期依賴比(Dependency Ratio)在三種推估假設下都會在 2010 年及 2020 年間到達最低點 (圖 5-6)。但長期而言，依賴比會逐年上升，低推計將在 2050 年前超過 100%，即使較為樂觀的高推計也會接近 90%，顯示臺灣地區工作人口的負擔壓力將擴大，再加上對應於幼齡及老年人口增加所需要的人力服務，未來也會有勞動力短缺的問題。

圖 5-7 的人口金字塔更能說明未來的人口結構，圖中兩條水平線由上而下分別代表 65 歲、15 歲的分隔，金字塔最上面的即為老年人口，兩條水平線間為工作人口 (15-64 歲)，最下面的區域就是 0-14 歲的幼齡人口。最左邊的圖形為民國 99 年 (2010 年) 的推估結果，工作人口仍佔多數，但在中、低推計下，幼齡人口已

有萎縮的現象；隨著推估時間的拉長，即使在較為樂觀的高推計，未來人口金字塔的形狀愈來愈接近香菇形（或譯為倒三角形；Mushroom），而非較為理想的三角形，而且高齡人口比例與工作人口比例接近，預期工作人口的經濟及勞力負擔將增加，亟需政府制訂相關政策因應。

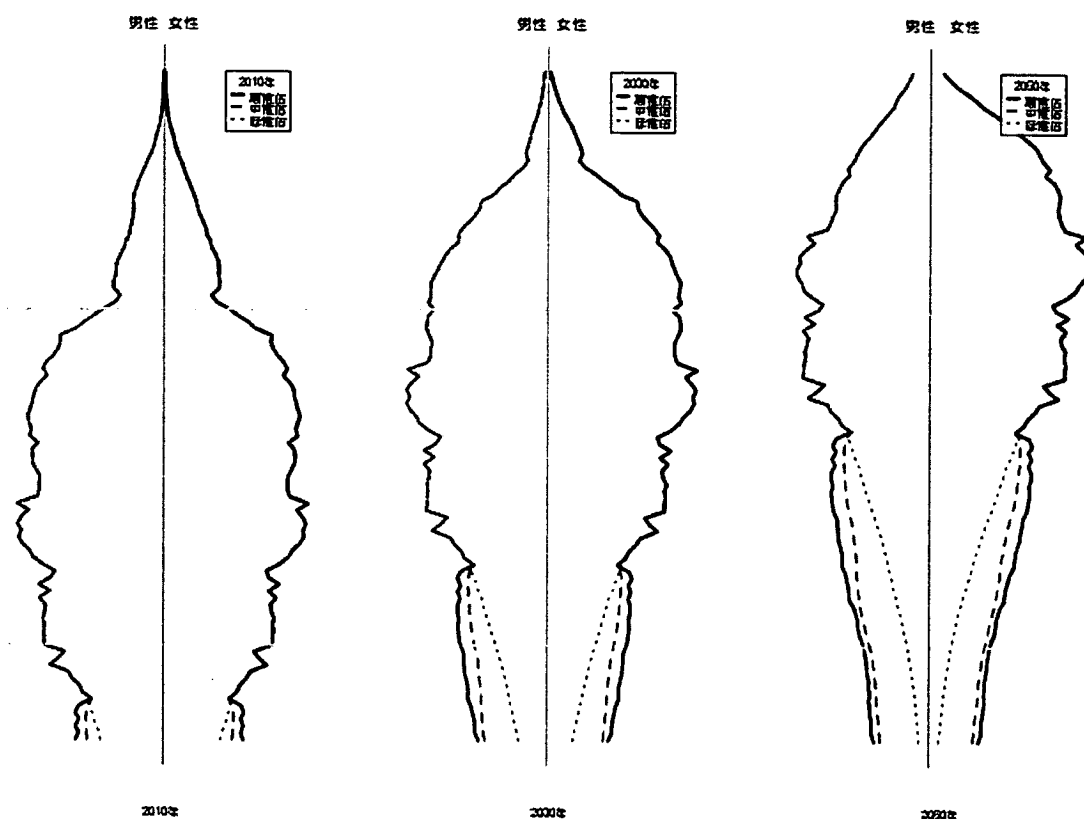


圖 5-7、區塊拔靴法的高、中、低推計之人口金字塔（2010、2030、2050 年）

## 第二節 北中南東四區的人口推估

本節將延續前一節的研究，以區塊拔靴法推估臺灣地區北、中、南、東四區的未來人口，並討論人口總數與結構的變化。其中的北、中、南、東部四個區域的劃分依照行政院規定，臺灣北部包括臺北市、基隆市、臺北縣、桃園縣、新竹縣及宜蘭縣，臺灣中部包括臺中市、苗栗縣、臺中縣、南投縣、彰化縣及雲林縣，臺灣南部包括高雄市、臺南市、嘉義縣、臺南縣、高雄縣、屏東縣及澎湖縣，臺灣東部則是包括臺東縣及花蓮縣。

除了全區域的推估，區塊拔靴法也可用於小地區(Local or Small Areas)的人口

推估，像是以台北市、北部等地區為單位，但與全台灣地區的推估不同，需要加入國內遷移(Domestic Migration)，對資料紀錄及要求的標準會更高，模型考量也會更複雜，讀者可參考用於澳洲及紐西蘭的雙區域模型(Bi-regional Model)。但由於缺乏詳細的遷移資料，像是縣市之間每年兩性的單齡（或五齡）遷移人數，在此我們仿造上述全臺灣地區的區塊拔靴法推估，先估計出每年各年齡佔遷出、遷入的人數比例，再由遷入、遷出總人數代回求得各地區每年的兩性年齡別遷入、遷出人數。其他的生育、死亡、嬰兒出生性別比也採區塊拔靴法，其中生育率分成高中低三種推計（表 5-1），請參考前一節的說明。

表 5-3、北中南東四區的未來人口總數與結構（區塊拔靴法中推計）

年度	總人口數 (千人)				0-14歲人口比例 (%)				65歲以上人口比例 (%)			
	北	中	南	東	北	中	南	東	北	中	南	東
2007	10105	5739	6435	572	16.89	17.66	15.95	16.44	9.62	10.90	11.18	12.53
2008=	10159	5744	6430	568	16.22	16.98	15.30	15.74	9.84	11.09	11.42	12.73
2009=	10187	5745	6421	563	15.49	16.25	14.59	15.02	9.98	11.19	11.54	12.82
2010=	10219	5744	6410	559	14.77	15.49	13.89	14.32	10.18	11.35	11.69	12.96
2020=	10546	5609	6221	517	10.11	9.83	9.10	9.15	17.07	17.20	18.36	19.11
2030=	10748	5334	5932	477	8.62	7.68	7.77	7.43	25.80	26.21	27.33	27.87
2040=	10818	4909	5529	440	7.81	6.24	6.88	7.08	32.80	35.16	35.38	35.10
2050=	10675	4289	4986	408	7.00	4.39	5.80	6.91	38.62	46.56	43.67	40.28

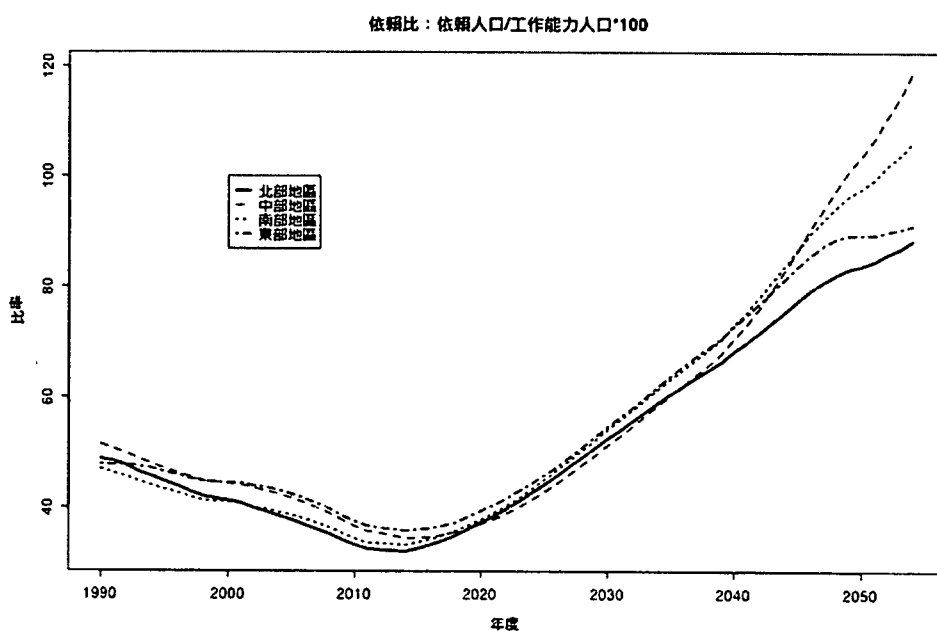


圖 5-8、北中南東四區未來的依賴比（區塊拔靴法中推計）

為求一致，北部、中部、南部、東部四區的推估期間與臺灣地區一致，推估期間為民國 95 年至 144 年的未來 50 年。表 5-3 為四區未來的人口總數及人口結構，四個地區的人口老化與全臺灣地區類似，在 2050 年時都大約會在 40%，其中中部地區因為年輕的外移人口較多，因此有更明顯的老化及較高的依賴比，北部則因年輕移入人口較多而延緩人口老化（圖 5-8）。人口總數也有類似的變化，中部地區的人口下降比例較多，北部則下降比例較少，而且下降的時間也較晚，遲至 2040 年之後人口總數才開始下降。換言之，臺灣未來的人口將更集中於北部地區，2007 年時北部人口約有 44%，比例逐年提高，在 2040 年左右會突破 50%，有一半以上的人口集中在北部縣市，這個比例在 2050 年更會超過 52%，人口的集中程度將更為不平均（圖 5-9）。

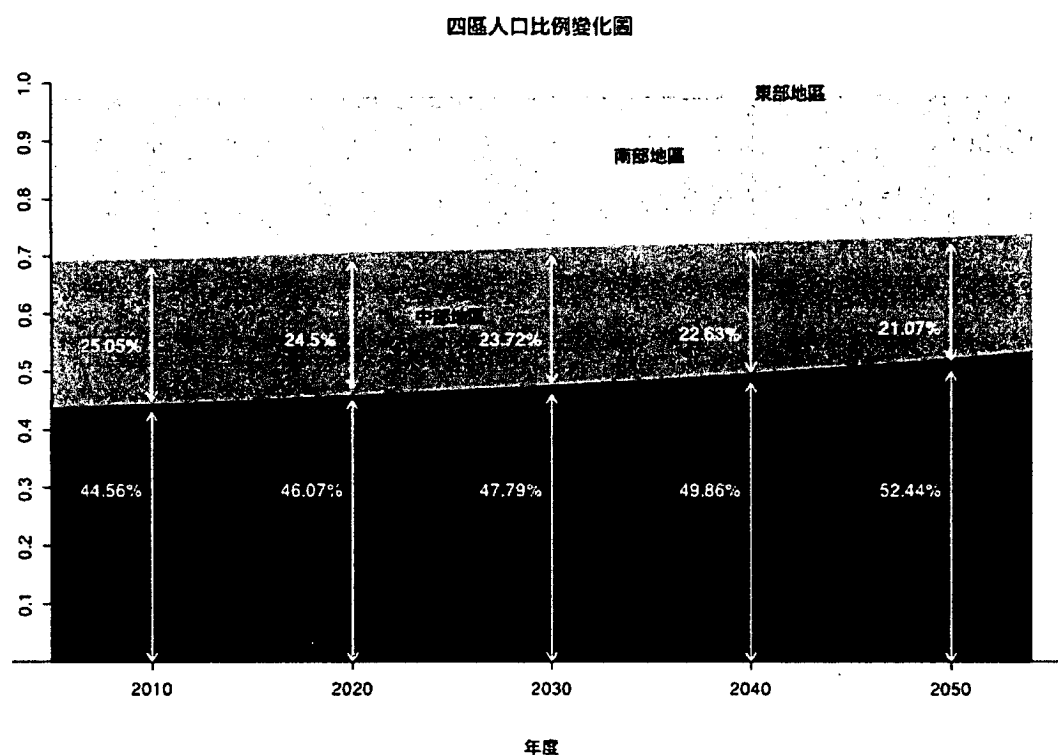


圖 5-9、北中南東四區的未來人口比例（區塊拔靴法人口中推計）

進一步分析這四區的變化。東部地區因為人口外移，雖然是台灣地區中生育率較高者，但扶養比因為高齡人口比例較多而一直居高不下；中部地區因為現在居民的平均年齡較低（圖 5-10），短期內扶養比在四區中最低，但因為人口自然老化、生育率低、外來移民較少，未來反而有最高的扶養比；北部地區的生育率

及死亡率在四區中都是最小，按理推論應該會有最高的扶養比，但因為年輕的外來移民較多，扶養比因而較低，未來更將是四區中最小者；南部地區類似中部地區，因為移民數相對較少，生育率較低引發的人口自然老化，終將使扶養比超過東部地區。

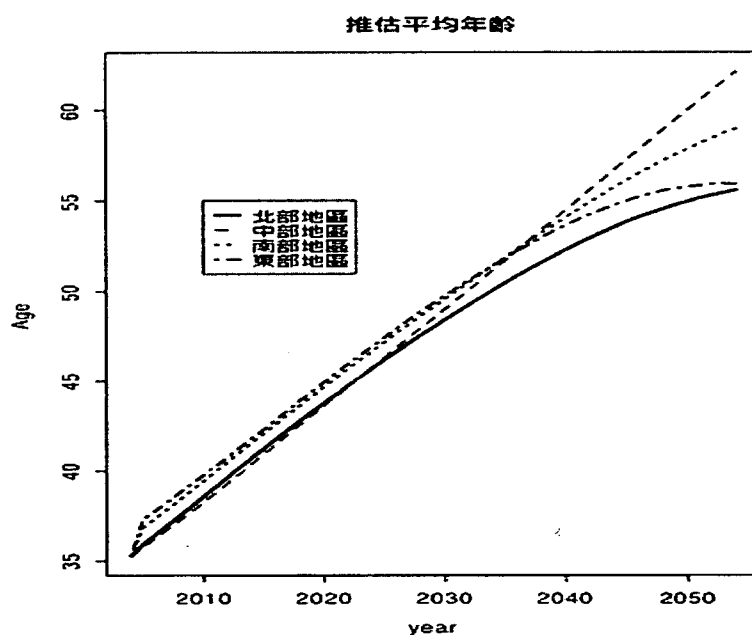


圖 5-10、北中南東四區的未來平均年齡 (區塊拔靴法人口中推計)

表 5-4、臺灣北中南東四地區之推估零歲餘命

地區	台灣地區		北部地區		中部地區		南部地區		東部地區	
	男	女	男	女	男	女	男	女	男	女
2010	75.56	81.88	77.13	82.77	75.11	81.68	74.02	81.01	71.14	78.49
2015	76.70	83.15	78.20	83.85	76.39	83.13	75.00	82.33	72.77	79.63
2020	77.83	84.35	79.25	84.86	77.63	84.48	75.99	83.58	74.31	80.83
2025	78.91	85.47	80.27	85.81	78.80	85.79	76.96	84.79	75.79	81.90
2030	80.03	86.53	81.24	86.69	79.97	87.03	77.93	85.96	77.17	82.87
2035	81.06	87.51	82.18	87.49	81.12	88.18	78.88	87.04	78.48	83.79
2040	82.09	88.43	83.09	88.24	82.24	89.27	79.84	88.10	79.77	84.63
2045	83.11	89.30	83.96	88.93	83.27	90.28	80.74	89.06	80.96	85.44
2050	84.07	90.10	84.81	89.56	84.30	91.22	81.65	90.00	82.07	86.19

表 5-4 為臺灣北中南東四區未來兩性零歲平均餘命的預估。平均而言，臺灣

地區的男女兩性的壽命每年延長 0.2 至 0.3 歲，大約維持 1980 年到現在的趨勢，兩性的壽命差異大約是六歲左右，2050 年兩性零歲平均餘命分別超過 84 歲及 90 歲。男女兩性在北中南東四區平均餘命的差異不同，男性在四區最大的壽命差異約為三歲，女性則較高，約有五歲的差異。雖然現在北部、東部地區居民的兩性零歲平均餘命，分別是四區中最高及最低者，未來預估值卻不見得如此。造成未來零歲平均餘命與過去趨勢不同，其原因之一可能是資料年數較少，使得結果震盪較大。另一個可能原因是遷移，北部有較多的移入人口，中部、東部的移出人口較多，由於全民健保實施至今，醫療集中的現象愈發明顯，北部有最佳的醫療資源（例如：醫學中心最多），是否需要較多醫療照顧者因此遷移至北部，因而減緩北部地區居民的零歲平均餘命上升的速度，值得進一步探究。

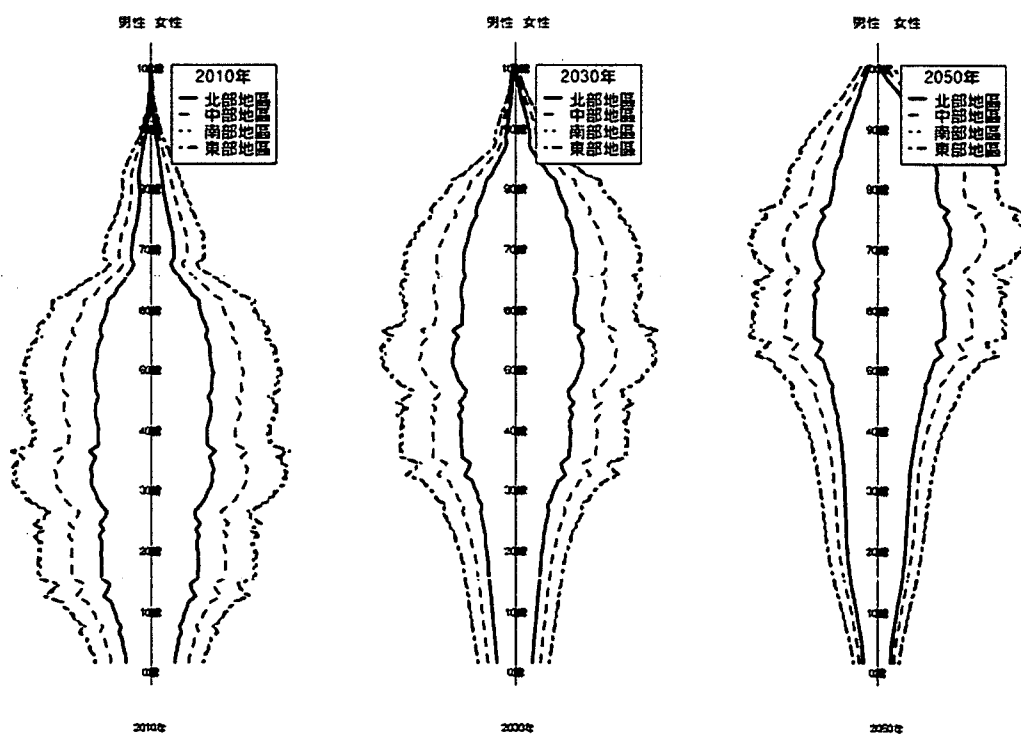


圖 5-11、北中南東四區的未來人口金字塔（區塊拔靴法）

台灣地區分成四區的推估，雖然四區都同樣呈現人口老化，例如圖 5-11 的人口金字塔（由裏至外為北部、北部+中部、北部+中部+南部、四區加總），但代表的意義與全台灣地區的結果明顯不同。四個地區較容易受到遷移人口的影響，因為各地區有相對較少的人口，遷移人口會有更大的影響，像是北部地區即是受到外來移民的影響，減緩了人口老化的速度。當然，上述的推估結果與假設條件

有關，遷移的結果是根據過去的遷移資料而得，也就是按照台灣近年的人口往都市集中的趨勢，如果未來人口往鄉村地區遷移，上述結果不見得成立。

### 第三節 電腦人口推估的討論

本章以區塊拔靴法推估臺灣未來的人口，生育、死亡、遷移、嬰兒出生性別比各項要素皆以區塊拔靴法處理，其中因為生育率因為震盪較大，仿造情境推估共給定了高中低三種不同推計。如果未來的變化與過去趨勢類似，三種推計的結果皆顯示臺灣將會有非常明顯及快速的人口老化，而且人口因生育率的下降而減少。而且因為內部遷移，臺灣北中南東四區的人口老化趨勢會非常不同，由於北部有來自其他三個地區的遷入人口，人口老化的速度及程度都較輕微，而且總人口數下降的時間點也較慢；中部則因年輕人口外流的比例較多，人口老化的程度較高。

雖然本章以區塊拔靴法得出北、中、南、東四區域的人口推估，我們暫不推薦以整個臺灣地區的人口推估方法，套用至臺灣各小區域。主要的原因如下：一、資料記錄的不完整；二、小樣本數容易產生巨大震盪；三、各小區域的推估總和未必等於全臺灣地區的人口推估。以本章北、中、南、東四區的區塊拔靴法模擬為例，因為樣本數較少及資料限制，四區的未來總生育率數值幾乎都會小於 0.75，因此小區域的中推計與假設總生育率為 0.75 無異，此與全臺灣地區中推計總生育率在 1.1 附近震盪不同。另外，各區的淨遷移人數也會產生不合理的結果，在某幾次模擬中，某些區域（以東區最明顯）的新生兒人數或少於淨遷出人數，以致於幼兒人數會出現負值的不合理現象。這或許可以解釋第二章提到的美國人口推估 (Lee and Tuljapurkar, 1994)，為什麼生育、死亡皆採機率模型，只有遷移採取非隨機的固定數值。在資料及推估方法獲得進一步改善前，建議本章提及的人口推估方法只用於全臺灣地區，不適合直接套用於北、中、南、東四區。

由於缺乏完整的遷移人口資料紀錄，本章的遷移模擬僅針對總人數，再代入各年齡佔遷移人口的比例，因此本章的結論在套用時需特別謹慎。建議建立更為詳細的臺灣各縣市的年齡別遷移資料庫，屆時可使用更為合適的遷移模型，以使推估的探討更為完整。不過，根據本文的推估計算，如果遷移人數如預期變化，雖然遷移人口所佔比例相對不多，但長期下來也會有不小的影響，因此建議未來

的人口推估也應加入遷移因素。

既然遷移因素會對人口結構有影響，可能減緩人口老化的速度，建議政府也可重新評估移民政策，適度開放年輕的外籍人口，此舉或許也可增加臺灣的競爭力。另外，上述的區塊拔靴法用於北、中、南、東四區的遷移推估時，因為樣本數較少、資料年數也不多，在電腦模擬計算中產生劇烈的震盪，在這裡僅呈現中位數，而捨棄有爭議的最大值及最小值的討論。如果必須要使用區塊拔靴法於小區域的人口推估，建議可結合其他隨機模型、或是專家意見，以免產生難以詮釋的推估結果。



## 第六章 電腦模擬與專家意見的比較

上一章呈現區塊拔靴法的推估結果，發現臺灣地區的總人口數，無論在高、中、低的推計中，人數下降只是遲早的問題；而且即使是較為樂觀的高推計，臺灣地區的人口老化也將愈發明顯，臺灣在 2050 年前的 65 歲以上人口比例會高達 1/3 以上。除了生育率考慮了合併過去趨勢及主觀意見（類似兼採隨機推估、模擬情境兩種方法），因此得到低、中、高三種假設外，死亡、遷移、出生性別比的推估結果都根據機率模型，與過去經建會人力規劃處的專家意見不同。本章將比較本計畫使用的電腦模擬，以及經建會於 95 年公佈的人口推估結果，評估人口推估方法與生育、死亡、遷移假設等的影響。

另外，雖然經建會過去使用的是專家意見，Stoto (1983) 驗證了美國與聯合國過去專家意見得出的高低推計，約等於 68% 的預測區間，給予專家意見在機率上的意義。第三節也將仿造 Stoto 的想法，評估經建會的專家意見、以及本文的電腦模擬推估，是否也有類似的機率意義。由於臺灣地區的人口遷移（尤其是國內遷移）在近年才有較完整的紀錄，直接使用區塊拔靴法可能會較不穩定，第四節中將介紹 Stoto 推估誤差法的修正模型，可用於調整遷移人口的推估，並以美國資料為例，展示修正方法的效果。

表 6-1、經建會與電腦模擬的推估假設比較

	生育率	死亡率	遷移	出生性別比
經建會	高：95 年 1.1 人 遞增至 120 年 1.6 人 中：維持 1.1 人 低：95 年 1.1 人 遞減至 120 年 1.6 人	採用內政部發 佈之 93 年台灣 地區簡易生命 表死亡機率， 推算出 95 年存 活機率為基準	男性淨移出人數 95 年 4 千人 逐年減緩至 115 年 0 人  女性淨移入人數 95 年 1 萬 2 千人 逐年減緩至 115 年 0 人	95 年 108.8 遞減至 110 年 106.0
電腦模擬	高：過去趨勢 中：設下限 0.75 低：過去趨勢	依過去死亡率 資料趨勢	依過去遷出、遷 入資料趨勢	依過去出生 男女比資料 趨勢

### 第一節 經建會與電腦模擬的推估比較

傳統的經建會人力推估，大多諮詢各領域專家，先決定了未來的生育、死亡、

遷移趨勢後，再代入人口變動要素合成法。最近一次的經建會人口推估公佈於民國 95 年，結果發現臺灣地區將面臨快速的人口老化，65 歲以上老年人口比例在 20 年內將倍增（由 10% 增至 20%），與上一章的電腦模擬推估結果接近。本節將詳細比較電腦模擬與專家意見的推估差異，包括生育、死亡、遷移等假設條件，以及較具代表性的人口特質（例如：總人口數、老年人口比例等）推估結果。

表 6-1 為經建會民國 95 年至 140 年、區塊拔靴法的臺灣地區人口推估的假設比較，除了生育率的假設都是高中低三種推計，平均數字較為接近外（表 5-1），死亡、遷移、嬰兒出生性別比等數值的平均數不見得完全相同。圖 6-1 為經建會及區塊拔靴法的總人口數推估比較圖，先考慮兩次推估的中推計。因為經建會的推估假設淨遷徙數由民國 95 年的 8,000 人，逐步下降至民國 115 年的 0 人，而區塊拔靴法則認為淨遷徙數將逐年增加（圖 6-2），雖然兩次的中推計的總生育率大約是 1.1，死亡率的差異也不大，但區塊拔靴法的中推計總人數高於經建會的總人數，且差距逐年加大，到 2050 年時差異可達 300 萬人。有趣的是，雖然區塊拔靴法的高推計總生育率較低，但因為死亡率較低、淨遷移人數較多，總人口數在 2050 年時也比經建會的高推計多出 100 萬人；同理，即使總生育率較低，區塊拔靴法的低推計的總人口數也高於經建會的低推計，至 2050 年時，區塊拔靴法的低推計比經建會低推計多了 100 萬人以上。

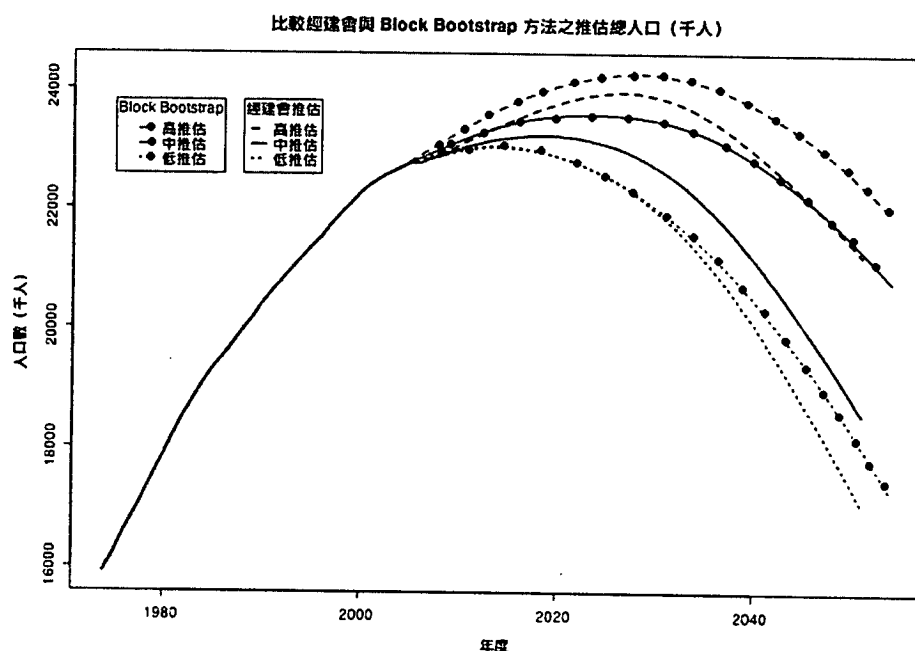


圖 6-1、經建會與區塊拔靴法的高、中、低推計之總人口數比較

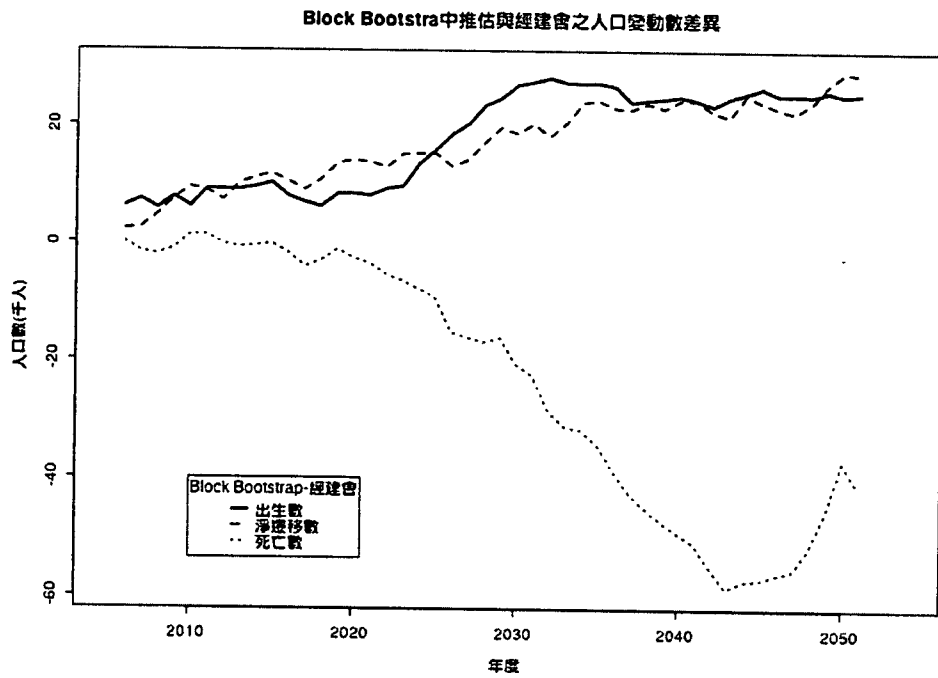


圖 6-2、區塊拔靴法與經建會的人口變動數差異

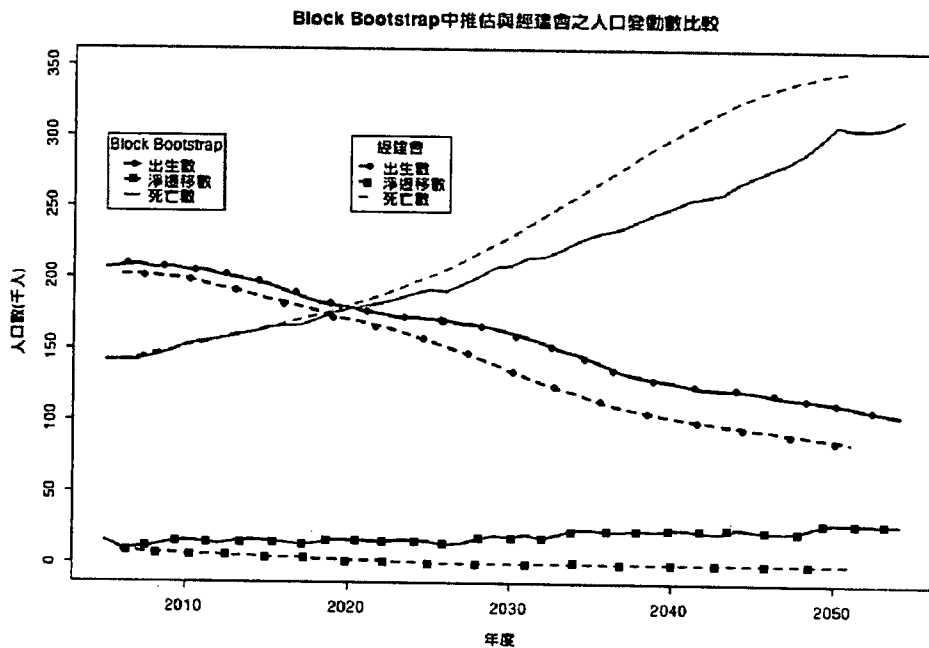


圖 6-3、區塊拔靴法與經建會的出生、死亡、遷移數的差異比較

詳細比較區塊拔靴法與經建會的推估，將每年的出生人數、死亡人數與淨遷移人數從推估中萃取出（圖 6-2）。分析發現初期區塊拔靴法與經建會的出生數大致相當，區塊拔靴法因為遷入育齡婦女較多，差距逐步擴大；雖然死亡率以區塊拔靴法較低，由於數值非常接近接近，死亡數大致相當，但自 2020 年後的差異加

大；淨遷移數則是區塊拔靴法明顯較高，且其差距也是逐年增加；合併這三個因素，可預期兩個推估的差異將在 2020 年後逐年加大。圖 6-3 為兩次推估的出生數、死亡數、淨遷移數三者的累積差異，相對於出生及死亡，遷移人數確實比較少；圖 6-2 的結果一致，死亡數會有比較大的差距，而出生數及淨遷移數呈現線性上升，因為這三者都是區塊拔靴法會有較多人數，故可驗證區塊拔靴法所推估之總人口均多於經建會之推估。

因為推估的總人數不同，可預期經建會與區塊拔靴法的扶養比也不盡相同。區塊拔靴法中推計因為國際遷移總數不為 0，雖與經建會有接近的生育率及死亡率的假設，未來會有較高幼齡扶養比（圖 6-4）。總體而言，經建會與區塊拔靴法在幼齡扶養比與高齡扶養比有一致的趨勢，直接與生育率高低有關，生育率愈低者的扶養比較高。因為國際遷移人數不為 0，三種推計的高齡扶養比都以區塊拔靴法的結果較高，類似總人口的推估。

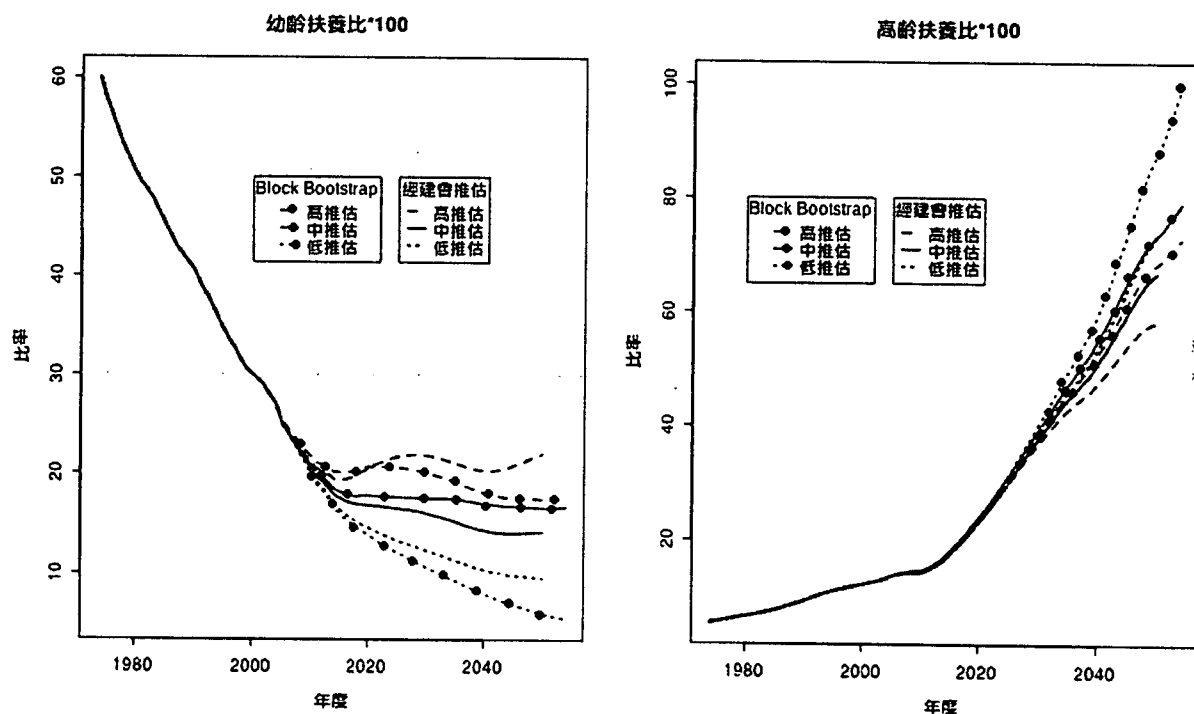


圖 6-4、經建會與區塊拔靴法的幼齡及高齡扶養比的比較

進一步檢視高齡人口比例，可看出三種推計的高齡人口比例也是以區塊拔靴法的結果較高（表 6-2），其差異有逐漸擴大的趨勢。其中在經建會的中推計結果中，65 歲以上人口到達 20%、25%、30%、1/3 的時間，分別為 2026 年、2032 年、2040 年、2045 年，較區塊拔靴法的 2024 年、2030 年、2038 年、2042 年，平均都

延遲兩年左右，表示加入國際遷移後，幼齡人口比例會因為淨遷入以育齡婦女較多（大陸及外籍配偶）而提高，但因為總生育率遠低於替代水準（中推計假設 1.1），長期而言，人口老化的現象比不考量國際遷移更為明顯。無論是經建會或是本文的區塊拔靴法，推估結果都顯示如果總生育率無法大幅提昇，即使允許外籍移民進入臺灣（若外籍移民的生育率也不高），臺灣地區的人口老化問題依然無法得到有效抒解。

表 6-2、經建會與區塊拔靴法的高齡人口比例

年度	65 歲以上人口比例					
	區塊拔靴法			經建會		
	低推計	中推計	高推計	低推計	中推計	高推計
2010	10.96	10.89	10.82	10.72	10.69	10.65
2020	17.48	16.98	16.63	16.91	16.63	16.21
2030	26.75	25.10	24.31	25.48	24.62	23.34
2040	35.69	32.07	30.83	32.72	30.96	28.42
2050	45.48	38.72	36.86	39.80	36.70	32.27

## 第二節 人口推估的機率詮釋

未來不見得如預期發展，人口推估或多或少會有誤差，如果選用適合的模型及推估方法，推估誤差應該會具有某種隨機分配，分配的期望值應該為 0（也就是平均而言，推估算是準確）。Stoto(1983)以美國、聯合國計算過去人口推估的誤差，驗證推估誤差的期望值為 0，以誤差的變異數驗證美國的低推計、高推計大致與 68%預測區間吻合，給予專家意見的預測區間在統計上的意義。本節也將採用 Stoto 的方法，驗證經建會人力規劃處的低推計、高推計是否也有類似的統計含意，同時也以 Stoto 與前一節以區塊拔靴法得出的推估比較，討論兩者得出的預測區間之異同。另外，我們修正 Stoto 的方法，以推估誤差計算出移民人數，以此修正美國區塊拔靴法的推估，並檢驗修正效果。

Stoto 方法的基本假設是推估誤差符合期望值為 0 的隨機分配，以確定推估方法沒有系統誤差。其操作需先蒐集過去推估誤差，以美國資料為例，Stoto 使用了 1945 至 1970 年每隔 5 年的推估，計算未來 5 至 30 年每隔 5 年的推估誤差，一共

蒐集 21 個推估誤差(詳見 Stoto 的 Table 1)。這些資料代入二因子變異數分析(Two-way Analysis of Variance, 簡稱 2-Way ANOVA), 檢驗推估誤差是否因為預測年度、未來預測年數這兩個因子而不同, 以確定估計誤差沒有系統偏誤。

Stoto 發現美國推估只有基期年度有影響, 但無隨著基期年度而產生遞增或遞減的系統偏誤, 可將推估誤差拆成兩項, 一個是基期年度的誤差, 另一個是隨機誤差。而在研究聯合國其他 24 個國家, 開發中國家的基期年度的誤差和殘差的變異數都較已開發國家來的大。

臺灣地區推估誤差研究使用區塊拔靴法, 每 5 年為單位, 共先前推計二十五年, 採用 1980 至 2000 年五個推估年度, 未來 5 至 25 年共 15 個推估誤差<sup>2</sup>。臺灣研究結果和美國一樣只有基期年度有顯著影響, 但無系統偏誤, 其中基期年度為 2001 年的預測誤差特別大, 反映出近五年生育率驟然下降對推估準確性所造成的影響, 而主效應的平均接近於零(0.023), 代表就過去臺灣地區推估的結果而言, 未考慮人口遷徙的情形對於推估總人口並不會有太大的影響。

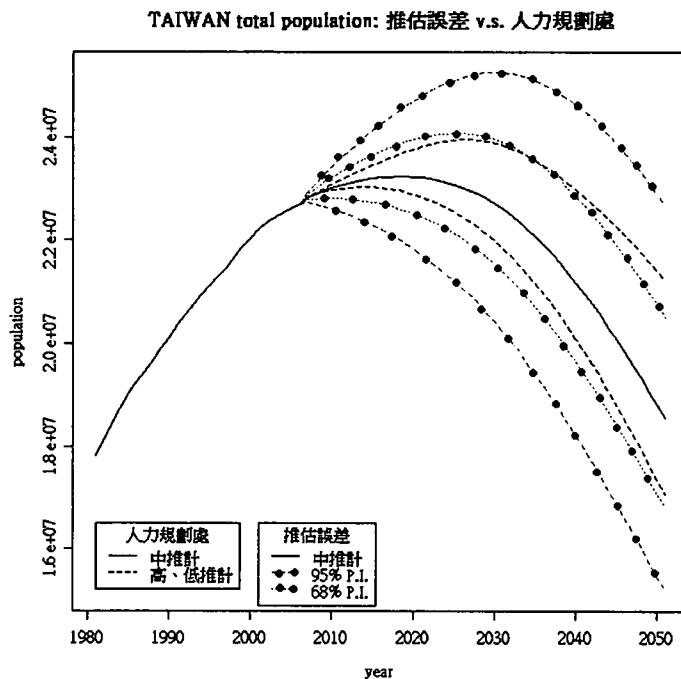


圖 6-5、2005 年人力規劃處與推估誤差法的比較

圖 6-5 為人力規劃處 2005 年的推估結果, 與推估誤差建立的預測區間之比較。和美國的情形相同, 中長期的高、低推計所包含的區間, 也類似推估誤差法的 68%

<sup>2</sup>我們也嘗試單一年度的推估誤差, 一共有 75 筆推估誤差, 分析結果也類似。

預測區間，但人力規劃處預測的前幾個年度包含的區間略為狹窄。圖 6-6 為區塊拔靴法和推估誤差法之比較，由於推估誤差法加入常態之假設，其預測區間會表現出相當漂亮的對稱性，相較之下區塊拔靴法的預測區間呈現右偏且較為狹窄，應是百分位數較不受離群值影響之結果。

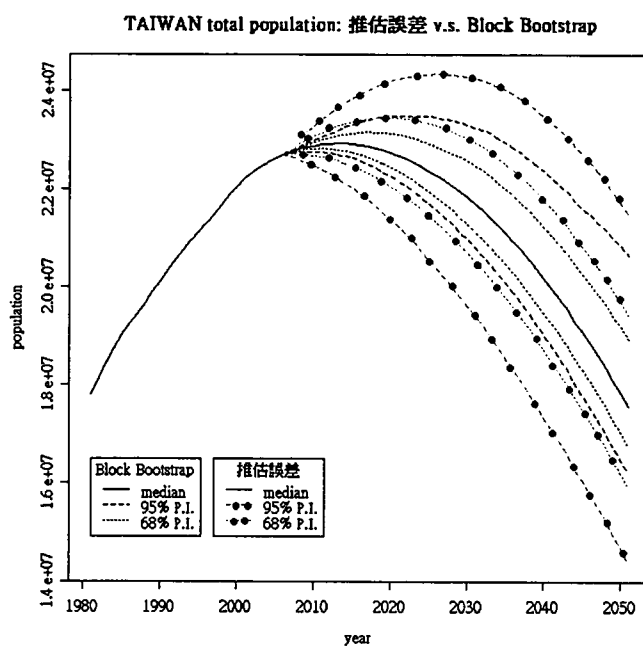


圖 6-6、2005 年區塊拔靴法與推估誤差法的比較

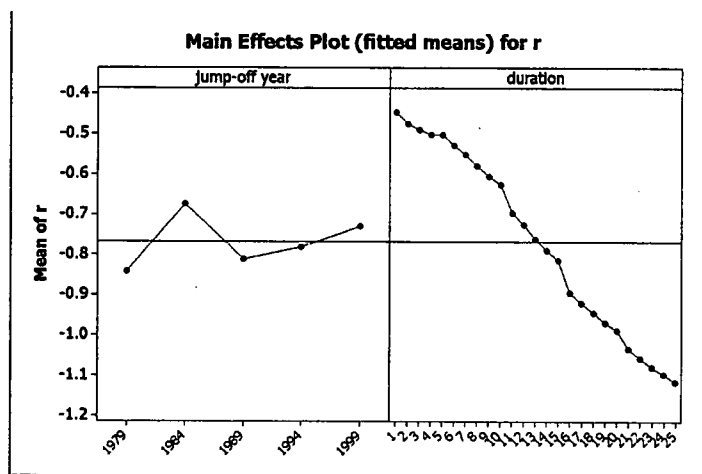


圖 6-7、美國西元 2003 年推估誤差法主效應

### 第三節 推估誤差法的修正

由於進行美國推估的時候未考慮大量移入人口，在推估的時候會造成系統性

的低估，因此持續時間也會對推估誤差造成顯著影響。在不給定移入、移出口口的資料下，我們以 Stoto 的推估誤差估計出系統誤差（即遷移人數），因為除了遷移外，推估誤差的期望值為 0。圖 6-7 為西元 2003 回溯 25 年，以 2-Way ANOVA 得出的主效應(Main Effect)估計值，發現低估的情形隨著推估的持續時間越長而增加，而如之前分析結果，基期年度沒有系統誤差。我們可以根據模型的平均誤差修正以作為加入移民人口之推估模型。

圖 6-8 為經過推估誤差修正之總人口預測區間之比較(西元 1993 與 2003 年)。可看出 1994 年至 2003 年的人口數落在修正後的 68%預測區間，雖然略微高估，但已經比之前的推估改進不少(參考圖 4-3)。另外，加入了推估誤差修正後的區塊拔靴法的推估，2003 年預測的結果與在 1993 年的預測結果相近，兩者中位數也非常接近，表示經過修正後，區塊拔靴法可用於美國之人口推估。

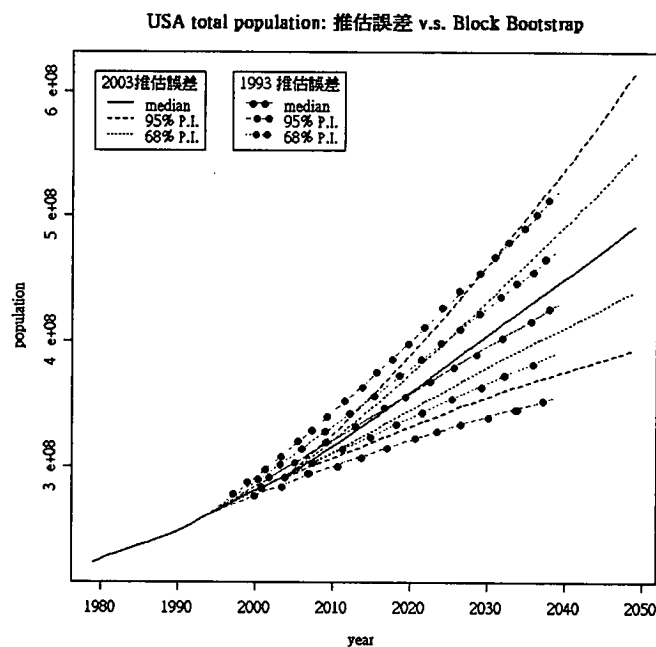


圖 6-8、美國總人口預測的推估誤差修正(1993 與 2003 年比較)



## 第七章 結論與建議

### 第一節 結論

人口推估涉及國家的政策及規劃，精確的結果可協助國家適時制訂政策，提高國民福祉。臺灣現在使用的方法為人口變動要素合成法，藉由專家意見給定未來生育、死亡、移民人數的假設，提供低、中、高推計三種結果，推估結果較缺乏統計或機率上的意涵。本文整理近年用於聯合國及歐美各國的機率推估方法，介紹新近研發的人口推估技術，希冀藉由引進這些技術，修正過去只憑專家推估而產生的推估問題。

常見的機率推估方法有三種：隨機推估、隨機情境、推估誤差，前兩種方法可以與人口變動要素合成法結合，第三種方法可以由過去的推估評估人口推估的誤差。本計畫使用無母數的區塊拔靴法(Block Bootstrap)，屬於隨機推估的一種，因為只需要選定區塊長度及權數，不需要額外的模型及參數假設，操作上相當簡便，推估結果也具有機率詮釋。本報告推估臺灣地區未來人口數及人口結構，其中生育率、死亡率、國際遷移均使用區塊拔靴法，代入過去資料，以電腦模擬、重複 1000 次取得每一種數值的預測區間。因為依照過去趨勢，總生育率可能會過低，因此仿造之前經建會的低、中、高三種情境的推計，分別訂出過去趨勢、總生育率不小於 0.75、過去趨勢的 97.5% 預測區間上限為低、中、高三種情境，其中的中推計之總生育率約等於經建會的中推計假設，大約等於 1.1。這樣的生育率設定可視為隨機推估與隨機情境的結合。

在區塊拔靴法的低、中、高三種情境中，未來總人口將略高於經建會的民國 95 年三種推計，依賴比（0-14 歲、65 歲以上與 15-64 歲的人數比值）也是以區塊拔靴法的數值較高，65 歲以上人口比例也是如此，顯示依據過去趨勢所得的區塊拔靴法推估，人口老化的問題將更明顯，發生時間也比經建會預期得早。經建會與區塊拔靴法這兩次推估的基期年都相同，推估結果卻不完全相同，除了因為區塊拔靴法全部依據過去資料與機率模型外，另一個原因是死亡及遷移假設的不同。其中區塊拔靴法會有較低的死亡率，而且經建會最近一次推估假設遷移總數在民國 115 年將為 0，但區塊拔靴法的淨遷移數卻不為 0，加上近年遷入臺灣者多為生育年齡的人口，因此總人口數（以及總生育數）會有不小的差異。

換言之，雖然遷移與生育、死亡比較，其數值相對較小，但造成的影響不容

小看。臺灣未來如果要減緩人口老化的步伐，甚至增加整體競爭力，不見得只依賴生育率的提升，或許也可以透過重新評估移民政策，持續性的每年酌量開放年輕的技術或投資移民，對減緩人口老化會有幫助。雖然我們不推薦小區域的人口推估，採取類似全臺灣地區使用區塊拔靴法，但北中南東四區域的推估結果也支持遷移帶來的影響，其中北部地區因為有較多的遷入人口，使得人口老化的速度及程度都不若其他三區的嚴重。

除了比較與經建會的推估差異外，本文也考慮 Stoto (1983)的推估誤差模型，用意在於給予經濟建設委員會人力規劃處推估值的統計詮釋。研究發現經建會過去依照專家意見得出的高、低推計值，大致與推估誤差的 68%預測區間接近，約等於一倍標準差的預測區間，此與 Stoto 的結果大致相當。同樣的方法也應用在評估區塊拔靴法上，發現區塊拔靴法得出的變異數，小於以推估誤差法得出的變異數，換言之，區塊拔靴法的預測區間將較小。

因為臺灣地區的人口資料中較缺乏詳細的遷移歷史資料，本文也嘗試修正 Stoto 的推估誤差，用於調整國際遷移及國內遷移。以美國的資料為例，研究發現修正模型確實可以捕捉美國國際遷移人數的趨勢，在加入了修正模型推估出的遷移數後，區塊拔靴法的預測區間有明顯改善。當然。如果有詳細遷移資料將使推估更為完整，因此，建議政府應儘速建立完整的遷移資料庫，資料包括縣市間的兩性年齡別遷移人數。

## 第二節 研究限制與後續研究

本計畫探討引進三種機率推估方法，以補專家意見的不足，並且研究使用電腦模擬作為人口推估方法的可能性。研究發現電腦模擬中的區塊拔靴法可行，但在使用時需注意資料變動、資料量兩個因素。因為區塊拔靴法為屬於重複抽取的電腦模擬法，缺點在於對資料的依賴，如果蒐集的資料有較大的震盪時（或是不穩定），使用區塊拔靴法需謹慎。像是臺灣地區過去幾年生育率的震盪不小，遷移人口也有類似現象（「1995 潤八月」），建議可搭配專家意見、或其他相關資訊，減少重複抽取方法的問題。而在推估遷移人數時，因為僅有幾年的資料紀錄，區塊拔靴法抽取可能性較少，模擬結果容易有較大的震盪（或是離散化），因此北、中、南、東四區不適宜直接套用區塊拔靴法，未來亟需建立可搭配臺灣遷移

資料，且可兼顧人口理論的遷移模型。

另外，因為區塊拔靴法根據歷史資料獲得推估值，建議未來的推估年限不宜過長，在 10 年內的推估值較為可信，如果需要較長時間的推估，建議可參酌專家意見，或推估誤差法以確定電腦模擬推估的穩定性。另一種可能是研發較合適臺灣地區特性的統計模型，以這些模型的預測值決定的生育、死亡、遷移等的假設值。例如：評估高齡死亡模型，像是 Lee-Carter、Gompertz、Coale-Kisker 等模型。

除了本文探討的方法外，人口推估也可考量外生的解釋變數，以提高生育、死亡、遷移等數值的精確性。例如：結婚長短(Marriage Duration)與生育率，趨勢外插(Trend Extrapolation)與專家意見，以經濟變數(如：GDP)預測生命統計(Vital Rates)的數值。因為臺灣地區的人口資料紀錄完整，人口研究具有其他國家沒有的優勢，加入這些外生變數，或許可以讓推估的結果更接近事實，推估的結果也同時兼顧實質的詮釋。

雖然本文考量以較偏向機率詮釋的計量方法，以補主觀意見的不足，但並不表示本文建議以計量模型取代專家意見。本計畫研究發現專家意見、計量模型兩者得出的推估，都具有機率的詮釋，而且可以相輔相成，未來如有可能，建議兼採兩者的長處，以期獲得更合理、更適合臺灣地區的推估模式。仿造機率推估模式已有較系統化的整理、操作步驟，建議專家意見的蒐集及整理也可訂出標準操作模式(Standard Operating Procedure; SOP)，像是採用 Lutz 等人(2000)的作法，先將專家分成不同類型，最後再經過整合專家(Meta-Experts)綜合意見。

另外，雖然臺灣地區人口資料的紀錄，其品質及翔實程度名列世界前茅，但本計畫在執行人口推估時，發現仍有許多地方需要改進，像是臺灣內部遷移的紀錄缺乏縣市間的年齡別資料，以致於無法採用更為恰當的遷移模型，使得本計畫的北、中、南、東四區得出不合理的推估結果。建議臺灣成立類似美國戶口普查局(Bureau of Census)、加拿大的國家統計局(Statistics Canada)的統計專職機構，以整合資料蒐集與分析等事務，以使資料格式及需求的統一，並加強與基礎研究相關的人口統計(Demography)研究，提高行政效率及國家競爭力。

## 參考文獻

### 中文部分

- 中華民國內政部統計資訊網，<http://www.moi.gov.tw/stat/> (資料取用日期：2008年6月10日)。
- 中華民國臺灣 95 年至 140 年人口推計，行政院經濟建設委員會建會，<http://www.cepd.gov.tw/index.jsp>。
- 中華民國臺灣地區民國 84 年至民國 125 年人口推計，行政院經濟建設委員會建會。
- 內政部(1949~2005)，中華民國台閩地區人口統計，內政部編印。
- 王錫美與余清祥(2005)，“臺灣地區有偶率與婚姻移民對生育影響之研究”，2005年中華民國人口學會學術研討會。
- 王郁萍與余清祥(2007)，“臺灣地區死亡率 APC 模型之研究”，2007年中華民國人口學會學術研討會。
- 朱伯長與余清祥(2006)，“胎次漸進模型的研究與實證分析”，2006年中華民國人口學會學術研討會。
- 余清祥(1998)，“婚姻能延長壽命嗎？—臺灣與美國的實證資料研究”，*壽險季刊*, vol. 107, 91-104.
- 余清祥與連宏銘(1999)，“臺灣地區死亡率現況的實證研究”，*壽險季刊*, vol. 111, 2-16.
- 余清祥與陳仁泓(2000)，“日本與新加坡的高年齡死亡率是否符合 Gompertz 函數”，*壽險季刊*, vol. 117, 21-39.
- 余清祥與藍銘偉(2003)，“臺灣地區生育率模型之研究”，*人口學刊*, vol. 27, 105-131。
- 余清祥與許添容(2004)，“臺灣地區鄉鎮市區生育率的空間與群集研究”，2004年中華民國人口學會學術研討會。
- 胡玉蕙與余清祥(2002)，“臺灣地區高齡人口失能狀況的空間分析”，*華人人人口與社會經濟研究：2000/2001 年度人口普查資料分析研討會*，香港科技大學。
- 曾奕翔與余清祥(2002)，“臺灣地區死亡率推估的實證方法之研究”，中華民國人口學年會學術研討會。
- 曾奕翔與余清祥(2006)，“Lee-Carter 估計模式與死亡率推估研究”，中華民國人

口學年會學術研討會。

- 連宏銘與余清祥(2000),“終身癌症保險費之釐定”, *保險專刊*, vol. 62, 76-119.
- 郭孟昆與余清祥(2007),“電腦模擬、隨機方法與人口推估的實證研究”, 中華民國人口學年會學術研討會。
- 黃意萍與余清祥(2002),“臺灣地區生育率模式的推估研究”, *人口學刊*, vol. 25, 145-171。
- 黃泓智、林家玉與余清祥(2004),“癌症醫療費用之推估:馬可夫鏈模型之應用”, *保險專刊*, vol. 20(1), 1-10.
- 黃泓智、劉明昌與余清祥(2004),“臺灣地區重大傷病醫療費用推估”, *人口學刊*, vol. 29, 35-70.
- 黃泓智、余清祥、楊曉文、許銘遠(2006),“臺灣人口死亡率模型之探討與應用以 Reduction Factor 模型為主體”, 中華民國人口學年會學術研討會。
- 賴思帆與余清祥(2006),“臺灣與各國生育率模型之實證與模擬比較”, *人口學刊*, vol. 33, 33-59。

## 英文部分

- Alho, J.M. (2002), *The Population of Finland in 2050 and Beyond*, Discussion paper no. 826, Research Institute of the Finnish Economy: Helsinki.
- Alho, J.M. and Spencer, B.D. (2006), *Statistical Demography and Forecasting*, Springer.
- Armstrong, J.S. (2001), Combining Forecasting, in Armstrong (Eds.), *Principles of Forecasting*, Kluwer Academic Publishing.
- Bongaarts, J. (1999), The Fertility Impact of Changes In the Timing of Childbearing In the developing World, *Population Studies*, 53, 277-289.
- Bongaarts, J. and Feeney, G. (1998), On the quantum and tempo of fertility, *Population and Development Review*, 24(2): 271-291.
- Bühlmann, P. (2002), “Bootstraps for Time Series”, *Statistical Science*, vol. 17(1), 52-72.
- Campbell, M.J. and Walker, A.M. (1977), “A Survey of Statistical Work on the Mackenzie River Series of Annual Canadian Lynx Trappings for the years 1821–1934 and a New Analysis”, *Journal of the Royal Statistical Society series A*, 140, 411–431.

- Chatfield, C. (2000), *Time-series Forecasting*, Chapman and Hall, London.
- De Beer, J. and Alders, M. (1999), Probabilistic population and household forecasts for the Netherlands. Working Paper No. 45. Paper presented at the Joint ECE-Eurostat Work Session on Demographic Projections, Perugia, Italy.
- Denton, F.T., Feaver, C.H. and Spencer, B.G. (2005), "Time series analysis and stochastic forecasting An econometric study of mortality and life expectancy", *Journal of Population Economics*, vol.18, 203-227.
- Galloway, P. (1988), "Basic Patterns in Annual Variations in Fertility, Nuptiality, Mortality, and Prices in Pre-Industrial Europe", *Population Studies*, vol. 42, 275-302.
- Hall, P. (1985), "Resampling a Coverage Pattern", *Stochastic Processes Applications*, vol.20, 231-246.
- Heligman, L. and Pollard, J. H. (1980), "The Age Pattern of Mortality", *Journal of the Institute of Actuaries*, vol. 107, 49-75.
- Keilman, N. (1998), "How Accurate Are the United Nations World Populations?" *Population and Development Review*, vol. 24, Supplement: Frontiers of Population Forecasting, 15-41.
- Keilman, N., Pham, D.Q., and Hetland, A. (2002), "Why Population Forecasts should be Probabilistic - Illustraed by the case of Norway", *Demographic Research*, vol. 6, 410-454.
- Künsch, H.R. (1989), "The Jackknife and the Bootstrap for General Stationary Observations", *The Annals of Statistics*, vol. 17, 1217-1261.
- Kupper, L.L., Janis, J.M., Karmous, A., and Greenberg, B.G. (1985), "Statistical age-period-cohort Analysis: a Review and Critique", *Journal of Chronic Diseases*, vol. 38, 811-830.
- Lee, R.D. (1998), "Probabilistic Approaches to Population Forecasting", *Population and Development Review*, vol. 24, Supplement: Frontiers of Population Forecasting. 156-190.
- Lee, R.D. and Carter, L. (1992), "Modeling and Forecasting U. S. Mortality", *Journal of the American Statistical Association*, vol. 87, 659-671.
- Lee, R.D. and Tuljapurkar, S. (1994), "Stochastic Population Forecasts for the United States : Beyond High, Medium and Low ", *Journal of the American Statistical Association*, vol. 89, 1175-1189.
- Long, J.F. and Hollmann, F.W. (2004), "Developing Official Stochastic Population

- Forecasts at the US Census Bureau”, *International Statistical Review*, vol. 72(2), 201-208.
- Lutz, W., Sanderson, W. and Scherbov, S. (1996), “Probabilistic Population Projections Based on Expert Opinion”, *The Future Population of the World. What Can We Assume Today?* 397-428.
  - Lutz, W., Sanderson, W., & Scherbov, S. (1999), Expert-based Probabilistic Population Projections. In Lutz, Vaupel, & Ahlburg (Eds.), *Frontiers of Population Forecasting. A Supplement to Population and Development Review*, vol. 24, 139–155, New York 7, Population Council.
  - Lutz, W., Sanderson, W. and Scherbov, S. (2001), “The End of World Population Growth“, *Nature*, vol. 412, 543-545.
  - Lutz, W., Sanderson, W., and Scherbov, S. (2004), “The End of World Population Growth,” in Lutz & Sanderson (eds.), *The End of World Population Growth in the 21st Century: New Challenges for Human Capital Formation and Sustainable Development*, 17–84, London 7 Earthscan.
  - Lutz, W. and Scherbov, S. (1998), “An Expert-based Framework for Probabilistic National Population Projections: The Example of Austria”, *European Journal of Population*, vol.14, 1 – 17.
  - Matysiak, A. and Nowok, B. (2007), “Stochastic forecast of the population of Poland, 2005-2050”, *Demographic Research*, vol. 17(11), 301-338.
  - National Research Council (2000), *Beyond Six Billion: Forecasting the World's Population*. National Academy Press: Washington, DC.
  - O'Neill, B.C., Balk, D., Brickman, M., and Ezra, M. (2001), “A Guide to Global Population Projections”, *Demographic Research*, vol. 4, 203-288.
  - Politis, D.N. and Romano J.P. (1994), “The Stationary Bootstrap”, *Journal of the American Statistical Association*, vol. 89, 1303-1313.
  - Sanderson, W.C., Scherbov, O'Neill, B.C. and S., Lutz, W. (2004), “Conditional Probabilistic Population Forecasting”, *International Statistical Review*, vol. 72(2), 157-166.
  - Siegel, J.S. and Swanson, D.A. (2004), *The Methods and Materials of Demography*, Elsevier, Academic Press.
  - Smith, S.K. and Shahidullah, M. (1995), “An Evaluation of Population Projection Errors for Census Tracts”, *Journal of the American Statistical Association*, vol. 90 (429), 64-71.

- Stoto, M.A. (1983), "The Accuracy of Population Projections", *Journal of the American Statistical Association*, vol. 78 (381), 13-20.
- Tuljapurkar, S., Lee, R.D., and Li, Q. (2004), "Random Scenario Forecasts Versus Stochastic Forecasts", *International Statistical Review*, vol. 72(2), 185-199.
- Whelpton, P.K. (1928), "Population of the United States, 1925 to 1975", *American Journal of Sociology*, vol. 34, 253-270.
- Whelpton, P.K. (1954), "On Stationary Processes in the Plane", *Biometrika*, vol. 41, 434-449.
- Willekens, F. J. (1990), "Demographic Forecasting: State-of-art and Research Needs", in *Emerging Issues in Demographic Research*, edited by Hazeu, C. A. and Frinking, C. A. B., Elsevier Science: Amsterdam.
- Wilmoth, J. (1993), Computational methods for fitting and extrapolating the lee-carter model of mortality change, Technical Report, Department of Demography, University of California, Berkeley.
- Wilson, T. and Bell, M. (2004), "Australia's uncertain demographic future", *Demographic Research* 11, article 8.  
<http://www.demographic-research.org/>
- Wilson, T. and Rees, P. (2005), "Recent Developments in Population Projection Methodology: A Review", *Population, Space and Place*, vol. 11, 337-360.



# 附 錄

附錄1-1 臺灣地區總人口及人口變動數 (民國50至95年)

項目 年別 (民國)	年底人口				人口變動 (千人)			
	總人口 (千人)	年成長 率(‰)	男 (千人)	女 (千人)	出生	死亡	自然 增加	社會 增加
50年	11,149	33.1	5,715	5,434	420	74	346	11
51	11,512	32.6	5,902	5,610	423	73	350	13
52	11,884	32.3	6,098	5,786	424	72	352	20
53	12,257	31.4	6,295	5,962	417	69	348	25
54	12,628	30.3	6,491	6,137	407	68	339	32
55	12,993	28.9	6,684	6,309	415	70	345	20
56	13,297	23.4	6,841	6,456	374	72	302	2
57	13,650	26.5	7,030	6,620	394	74	320	33
58	14,335	50.2	7,554	6,781	391	71	320	25
59	14,676	23.8	7,733	6,943	394	71	323	18
60	14,995	21.7	7,895	7,100	380	71	309	10
61	15,289	19.6	8,037	7,252	366	71	295	-1
62	15,565	18.1	8,175	7,390	367	73	294	-18
63	15,852	18.4	8,315	7,537	368	75	293	-6
64	16,150	18.8	8,464	7,686	368	75	293	5
65	16,508	22.2	8,641	7,867	423	77	346	12
66	16,813	18.5	8,794	8,019	396	79	317	-12
67	17,136	19.2	8,957	8,179	409	79	330	-7
68	17,479	20.0	9,127	8,352	423	82	341	2
69	17,805	18.7	9,288	8,517	413	84	329	-3
70	18,136	18.6	9,449	8,687	413	87	326	5
71	18,458	17.8	9,606	8,852	404	87	317	5
72	18,733	14.9	9,740	8,993	383	91	292	-17
73	19,012	14.9	9,875	9,137	370	90	280	-1
74	19,258	12.9	9,994	9,264	345	92	253	-7
75	19,455	10.2	10,087	9,368	308	95	213	-16
76	19,673	11.2	10,190	9,482	313	96	217	1
77	19,904	11.7	10,302	9,602	341	102	239	-8
78	20,107	10.2	10,399	9,708	315	103	212	-9
79	20,353	12.2	10,516	9,837	335	105	230	16
80	20,557	10.0	10,615	9,942	321	106	215	-11
81	20,752	9.5	10,708	10,044	321	110	211	-15
82	20,944	9.2	10,797	10,147	325	111	214	-23
83	21,126	8.7	10,880	10,246	322	113	209	-27
84	21,304	8.4	10,962	10,342	329	119	210	-27
85	21,471	7.9	11,037	10,434	325	122	203	-52
86	21,683	9.9	11,132	10,551	325	121	205	11
87	21,871	8.7	11,213	10,658	271	123	148	37
88	22,034	7.5	11,282	10,752	283	126	157	6
89	22,216	8.3	11,360	10,856	304	126	179	6
90	22,340	5.6	11,407	10,933	260	127	132	-4
91	22,453	5.1	11,450	11,003	247	128	118	-4
92	22,535	3.6	11,478	11,057	226	130	96	-12
93	22,615	3.6	11,502	11,113	216	135	81	4
94	22,690	3.3	11,519	11,170	205	139	66	15

附錄1-2 臺灣地區人口變動率及零歲平均餘命 (民國50至95年)

項目 年別 (民國)	人口變動率 (%)				零歲平均餘命 (歲)		總生育率 (人)
	粗出生 率	粗死亡 率	自然 增加率	社會 增加率	男	女	
50年	38.31	6.73	31.58	1.00	62.62	67.00	5.585
51	37.37	6.44	30.93	1.15	63.19	67.50	5.465
52	36.27	6.13	30.14	1.71	63.90	68.20	5.350
53	34.54	5.74	28.80	2.07	63.90	68.20	5.350
54	32.68	5.46	27.22	2.57	65.12	69.70	4.824
55	32.40	5.45	26.95	1.56	65.18	69.70	4.815
56	28.47	5.47	23.00	0.15	65.31	69.80	4.220
57	29.26	5.47	23.79	2.45	65.22	70.00	4.325
58	27.92	5.04	22.88	1.79	66.34	70.80	4.120
59	27.16	4.90	22.26	1.24	66.66	71.50	4.000
60	25.64	4.78	20.86	0.67	67.19	72.00	3.705
61	24.15	4.72	19.43	-0.07	67.56	72.30	3.365
62	23.78	4.76	19.02	-1.17	67.57	72.40	3.210
63	23.42	4.76	18.66	-0.38	67.80	72.70	3.045
64	22.98	4.69	18.29	0.31	68.27	73.40	2.830
65	25.93	4.69	21.24	0.73	68.70	73.50	3.075
66	23.76	4.76	19.00	-0.72	68.69	73.80	2.700
67	24.11	4.68	19.43	-0.41	69.15	74.30	2.710
68	24.41	4.73	19.68	0.12	69.36	74.40	2.660
69	23.38	4.76	18.62	-0.17	69.56	74.50	2.515
70	22.97	4.83	18.14	0.28	69.74	74.60	2.455
71	22.08	4.77	17.31	0.27	69.86	74.80	2.320
72	20.55	4.87	15.68	-0.91	69.90	75.00	2.155
73	19.59	4.75	14.84	-0.05	70.46	75.50	2.050
74	18.03	4.81	13.22	-0.37	70.82	75.81	1.885
75	15.92	4.89	11.03	-0.83	70.97	75.88	1.675
76	16.00	4.91	11.09	0.05	71.09	76.31	1.700
77	17.24	5.14	12.09	-0.40	70.99	76.21	1.850
78	15.72	5.15	10.58	-0.45	71.10	76.48	1.680
79	16.55	5.21	11.35	0.79	71.33	76.75	1.805
80	15.71	5.18	10.55	-0.54	71.83	77.15	1.720
81	15.54	5.33	10.21	-0.73	71.85	77.20	1.730
82	15.59	5.30	10.28	-1.10	71.62	77.59	1.760
83	15.32	5.40	9.92	-1.28	72.06	77.84	1.755
84	15.50	5.60	9.91	-1.47	71.93	77.79	1.775
85	15.19	5.71	9.48	-1.63	71.94	77.81	1.760
86	15.07	5.59	9.48	0.39	71.99	77.85	1.770
87	12.43	5.64	6.79	1.86	77.26	78.04	1.465
88	12.89	5.73	7.16	0.30	72.48	78.19	1.555
89	13.76	5.68	8.08	0.26	72.62	78.45	1.680
90	11.65	5.71	5.94	-0.37	72.88	78.74	1.400
91	11.01	5.73	5.29	-0.22	73.20	78.93	1.340
92	10.06	5.80	4.26	-0.62	73.39	79.32	1.235
93	9.55	5.97	3.58	-0.01	73.46	79.70	1.180
94	9.05	6.13	2.92	0.37	73.91	80.21	1.115

附錄1-3 臺灣地區工作與依賴年齡人口及結構 (民國50至95年)

年 別 (民 國)	年底人口數 (千人)			年底人口結構 (%)			年 齡 中 位 數 (歲)	扶養比 (%)	
	0-14 歲①	15-64 歲②	65歲 以上 ③	0-14 歲	15-64 歲	65歲 以上		幼年人口 ①/②*100	高齡人口 ③/②*100
50年	5,112	5,759	278	45.85	51.65	2.49	17.51	88.77	4.82
51	5,293	5,932	286	45.98	51.53	2.49	17.45	89.23	4.83
52	5,446	6,135	303	45.83	51.62	2.55	17.50	88.78	4.94
53	5,573	6,367	317	45.47	51.95	2.59	17.58	87.53	4.99
54	5,667	6,626	335	44.88	52.47	2.65	17.70	85.53	5.05
55	5,712	6,929	353	43.96	53.33	2.71	17.90	82.43	5.08
56	5,755	7,175	367	43.28	53.96	2.76	18.04	80.21	5.11
57	5,794	7,474	383	42.45	54.75	2.80	18.26	77.53	5.11
58	5,806	8,125	404	40.50	56.68	2.82	19.06	71.45	4.98
59	5,821	8,426	428	39.66	57.42	2.92	19.32	69.07	5.09
60	5,805	8,736	454	38.71	58.26	3.03	19.72	66.44	5.20
61	5,797	9,012	480	37.92	58.94	3.14	20.10	64.34	5.33
62	5,769	9,292	503	37.07	59.70	3.23	20.50	62.09	5.41
63	5,733	9,586	534	36.17	60.47	3.36	20.88	59.81	5.56
64	5,705	9,881	564	35.33	61.18	3.49	21.29	57.75	5.70
65	5,723	10,186	600	34.67	61.70	3.63	21.65	56.19	5.88
66	5,705	10,465	643	33.93	62.24	3.82	21.99	54.51	6.14
67	5,699	10,755	682	33.26	62.76	3.98	22.34	53.00	6.34
68	5,714	11,041	724	32.69	63.17	4.14	22.69	51.75	6.55
69	5,714	11,329	762	32.09	63.63	4.28	23.10	50.43	6.73
70	5,731	11,605	799	31.60	63.99	4.41	23.46	49.38	6.89
71	5,763	11,857	838	31.22	64.24	4.54	23.80	48.60	7.07
72	5,768	12,089	875	30.79	64.54	4.67	24.17	47.71	7.24
73	5,737	12,354	922	30.18	64.98	4.84	24.62	46.45	7.45
74	5,696	12,589	973	29.58	65.37	5.05	25.08	45.25	7.73
75	5,640	12,788	1,027	28.99	65.73	5.28	25.58	44.10	8.03
76	5,583	13,001	1,089	28.38	66.09	5.54	26.11	42.94	8.38
77	5,562	13,200	1,142	27.94	66.32	5.74	26.56	42.13	8.66
78	5,527	13,383	1,197	27.49	66.56	5.95	27.02	41.30	8.94
79	5,510	13,579	1,264	27.07	66.72	6.21	27.48	40.57	9.31
80	5,412	13,804	1,341	26.33	67.15	6.52	27.95	39.21	9.71
81	5,347	13,995	1,411	25.76	67.44	6.80	28.40	38.21	10.08
82	5,265	14,193	1,486	25.14	67.77	7.09	28.87	37.10	10.47
83	5,156	14,413	1,557	24.40	68.23	7.37	29.36	35.77	10.80
84	5,062	14,616	1,626	23.76	68.61	7.63	29.83	34.64	11.12
85	4,970	14,816	1,686	23.15	69.00	7.85	30.27	33.54	11.38
86	4,901	15,037	1,745	22.60	69.35	8.05	30.65	32.59	11.60
87	4,803	15,265	1,803	21.96	69.80	8.24	31.15	31.46	11.81
88	4,722	15,454	1,858	21.43	70.14	8.43	31.63	30.56	12.02
89	4,691	15,612	1,914	21.12	70.27	8.62	32.07	30.05	12.26
90	4,649	15,725	1,965	20.81	70.39	8.80	32.56	29.56	12.50
91	4,586	15,844	2,023	20.42	70.57	9.01	33.03	28.94	12.77
92	4,469	15,987	2,079	19.83	70.94	9.23	33.56	27.95	13.00
93	4,374	16,100	2,141	19.34	71.19	9.47	34.11	27.17	13.30
94	4,220	16,269	2,201	18.76	71.52	9.72	34.68	26.22	13.59

附錄1-4 臺灣地區育齡婦女年齡別生育率及總生育率實際值(民國50-95年)

年別 (民國)	總生育 率 (人)	育齡婦女生育率 (人)						
		15-19 歲	20-24 歲	24-29 歲	30-34 歲	35-39 歲	40-44 歲	45-49 歲
50年	5.585	0.045	0.248	0.342	0.245	0.156	0.071	0.010
51	5.465	0.045	0.255	0.338	0.235	0.145	0.065	0.010
52	5.350	0.041	0.252	0.337	0.231	0.139	0.060	0.010
53	5.100	0.037	0.254	0.335	0.214	0.120	0.052	0.008
54	4.825	0.036	0.261	0.326	0.195	0.100	0.041	0.006
55	4.815	0.040	0.274	0.326	0.188	0.091	0.038	0.006
56	4.220	0.039	0.250	0.295	0.158	0.070	0.028	0.004
57	4.325	0.041	0.256	0.309	0.161	0.068	0.026	0.004
58	4.120	0.040	0.245	0.298	0.151	0.063	0.023	0.004
59	4.000	0.040	0.238	0.293	0.147	0.059	0.020	0.003
60	3.705	0.036	0.224	0.277	0.134	0.051	0.016	0.003
61	3.365	0.035	0.208	0.257	0.117	0.041	0.013	0.002
62	3.210	0.033	0.203	0.250	0.105	0.037	0.012	0.002
63	3.045	0.034	0.197	0.235	0.096	0.035	0.010	0.002
64	2.830	0.037	0.194	0.215	0.083	0.027	0.008	0.002
65	3.075	0.038	0.213	0.240	0.087	0.028	0.008	0.001
66	2.700	0.037	0.194	0.206	0.073	0.023	0.006	0.001
67	2.710	0.036	0.194	0.213	0.073	0.020	0.005	0.001
68	2.660	0.035	0.194	0.209	0.072	0.018	0.004	0.000
69	2.515	0.033	0.180	0.200	0.069	0.016	0.004	0.001
70	2.455	0.031	0.176	0.197	0.069	0.014	0.003	0.001
71	2.320	0.029	0.166	0.186	0.066	0.014	0.003	0.000
72	2.155	0.026	0.154	0.174	0.062	0.013	0.002	0.000
73	2.050	0.023	0.144	0.168	0.060	0.013	0.002	0.000
74	1.885	0.020	0.129	0.158	0.056	0.012	0.002	0.000
75	1.675	0.018	0.112	0.139	0.052	0.012	0.002	0.000
76	1.700	0.016	0.109	0.147	0.054	0.012	0.002	0.000
77	1.850	0.016	0.111	0.164	0.064	0.013	0.002	0.000
78	1.680	0.016	0.098	0.145	0.061	0.014	0.002	0.000
79	1.805	0.017	0.100	0.159	0.068	0.015	0.002	0.000
80	1.720	0.017	0.092	0.149	0.068	0.016	0.002	0.000
81	1.730	0.017	0.091	0.148	0.072	0.016	0.002	0.000
82	1.760	0.017	0.091	0.149	0.075	0.018	0.002	0.000
83	1.755	0.017	0.087	0.148	0.079	0.018	0.002	0.000
84	1.775	0.017	0.086	0.148	0.082	0.020	0.002	0.000
85	1.760	0.017	0.083	0.145	0.084	0.021	0.002	0.000
86	1.770	0.015	0.080	0.147	0.087	0.022	0.003	0.000
87	1.465	0.014	0.066	0.116	0.073	0.021	0.003	0.000
88	1.555	0.013	0.066	0.126	0.082	0.021	0.003	0.000
89	1.680	0.014	0.072	0.133	0.090	0.024	0.003	0.000
90	1.400	0.013	0.062	0.106	0.075	0.021	0.003	0.000
91	1.340	0.013	0.057	0.102	0.073	0.020	0.003	0.000
92	1.235	0.011	0.052	0.092	0.069	0.020	0.003	0.000
93	1.180	0.010	0.049	0.086	0.068	0.020	0.003	0.000
94	1.115	0.0086	0.0430	0.0794	0.0676	0.0216	0.0028	0.000

附錄2 本推計所採用之民國94年年底臺灣地區基年年底人口數

單位：人

年齡(歲)	男	女	年齡(歲)	男	女
總計	11,591,707	11,284,820	50	176,860	176,875
0	100,859	92,028	51	172,764	172,304
1	108,383	99,585	52	162,543	164,033
2	114,629	103,870	53	156,209	157,799
3	119,049	108,270	54	152,875	154,284
4	128,779	117,490	55	154,031	156,939
5	133,850	123,381	56	130,069	131,893
6	159,927	146,477	57	120,295	122,766
7	147,729	135,137	58	105,679	107,915
8	139,129	128,223	59	92,206	95,078
9	168,428	154,879	60	74,544	77,337
10	167,845	154,621	61	66,422	69,780
11	168,236	156,193	62	77,558	81,287
12	167,793	154,588	63	78,661	82,851
13	169,267	156,982	64	76,122	81,693
14	167,277	152,727	65	76,514	82,181
15	166,631	151,443	66	74,852	82,194
16	174,867	159,251	67	70,155	78,549
17	160,725	148,633	68	65,110	72,833
18	176,132	163,562	69	63,178	71,627
19	159,204	148,220	70	58,997	66,614
20	153,564	144,958	71	57,688	65,445
21	171,978	163,212	72	55,710	61,834
22	185,556	175,441	73	53,876	57,179
23	190,769	181,526	74	54,781	54,548
24	201,104	192,379	75	56,521	52,959
25	206,694	198,573	76	56,980	49,620
26	203,352	197,780	77	53,203	45,925
27	208,821	201,974	78	50,100	42,369
28	203,065	196,904	79	45,333	38,490
29	192,570	189,064	80	41,443	35,918
30	210,051	205,450	81	36,653	31,480
31	180,586	178,594	82	29,366	27,188
32	177,906	176,076	83	24,419	23,852
33	178,114	175,455	84	22,034	22,010
34	176,974	176,782	85	19,066	19,638
35	183,274	181,420	86	14,295	15,301
36	188,742	186,256	87	11,362	12,283
37	189,658	186,862	88	8,809	10,299
38	189,881	185,907	89	7,053	8,730
39	181,353	176,907	90	5,359	6,514
40	193,922	190,625	91	4,219	5,395
41	191,487	188,264	92	3,477	4,340
42	195,192	190,976	93	2,604	3,423
43	197,337	194,243	94	2,455	2,598
44	194,360	191,141	95	1,154	1,762
45	191,651	188,645	96	805	1,234
46	189,602	186,702	97	595	854
47	187,022	185,777	98	390	591
48	180,663	179,946	99	349	403
49	170,972	171,468	100+	1,005	939

附錄3

本推計各重要年份男、女性別單一年齡死亡機率假設值

年齡 (歲)	民國 100 年		民國 110 年		民國 120 年		民國 140 年	
	男	女	男	女	男	女	男	女
0	0.00479	0.00421	0.00397	0.00368	0.00313	0.00297	0.00210	0.00200
1	0.00039	0.00030	0.00023	0.00018	0.00014	0.00011	0.00006	0.00004
2	0.00035	0.00027	0.00021	0.00017	0.00013	0.00010	0.00005	0.00004
3	0.00031	0.00024	0.00018	0.00015	0.00011	0.00009	0.00004	0.00004
4	0.00027	0.00021	0.00016	0.00013	0.00010	0.00008	0.00004	0.00003
5	0.00023	0.00018	0.00014	0.00012	0.00008	0.00007	0.00003	0.00003
6	0.00018	0.00015	0.00011	0.00010	0.00007	0.00007	0.00003	0.00003
7	0.00014	0.00012	0.00009	0.00009	0.00005	0.00006	0.00002	0.00003
8	0.00015	0.00013	0.00009	0.00009	0.00006	0.00006	0.00002	0.00003
9	0.00015	0.00013	0.00009	0.00009	0.00006	0.00006	0.00002	0.00003
10	0.00015	0.00013	0.00010	0.00009	0.00006	0.00006	0.00002	0.00003
11	0.00016	0.00013	0.00010	0.00009	0.00006	0.00007	0.00002	0.00003
12	0.00016	0.00013	0.00010	0.00010	0.00006	0.00007	0.00003	0.00003
13	0.00024	0.00017	0.00015	0.00012	0.00010	0.00009	0.00005	0.00005
14	0.00031	0.00020	0.00021	0.00015	0.00014	0.00011	0.00007	0.00006
15	0.00039	0.00023	0.00027	0.00017	0.00018	0.00013	0.00009	0.00007
16	0.00046	0.00026	0.00032	0.00020	0.00023	0.00015	0.00012	0.00009
17	0.00054	0.00029	0.00038	0.00022	0.00027	0.00017	0.00014	0.00010
18	0.00058	0.00031	0.00042	0.00024	0.00030	0.00018	0.00016	0.00011
19	0.00062	0.00032	0.00046	0.00025	0.00033	0.00019	0.00018	0.00011
20	0.00068	0.00034	0.00050	0.00026	0.00037	0.00020	0.00021	0.00012
21	0.00073	0.00035	0.00054	0.00027	0.00040	0.00021	0.00023	0.00012
22	0.00078	0.00037	0.00059	0.00028	0.00044	0.00022	0.00025	0.00013
23	0.00087	0.00038	0.00068	0.00030	0.00051	0.00023	0.00032	0.00014
24	0.00096	0.00040	0.00076	0.00031	0.00059	0.00024	0.00038	0.00014
25	0.00105	0.00041	0.00085	0.00032	0.00068	0.00025	0.00046	0.00015
26	0.00114	0.00043	0.00094	0.00034	0.00077	0.00026	0.00053	0.00016
27	0.00122	0.00045	0.00103	0.00035	0.00087	0.00027	0.00062	0.00017
28	0.00133	0.00048	0.00114	0.00038	0.00098	0.00030	0.00073	0.00019
29	0.00143	0.00051	0.00125	0.00041	0.00110	0.00033	0.00085	0.00021
30	0.00153	0.00054	0.00138	0.00044	0.00123	0.00035	0.00097	0.00023
31	0.00165	0.00058	0.00150	0.00047	0.00135	0.00038	0.00111	0.00026
32	0.00176	0.00061	0.00161	0.00050	0.00147	0.00041	0.00125	0.00028
33	0.00192	0.00065	0.00178	0.00054	0.00163	0.00044	0.00141	0.00030
34	0.00209	0.00069	0.00194	0.00057	0.00179	0.00046	0.00157	0.00032
35	0.00225	0.00073	0.00210	0.00060	0.00195	0.00049	0.00172	0.00033
36	0.00242	0.00077	0.00226	0.00063	0.00211	0.00052	0.00187	0.00035
37	0.00259	0.00080	0.00243	0.00066	0.00226	0.00054	0.00204	0.00037
38	0.00281	0.00087	0.00264	0.00071	0.00248	0.00058	0.00221	0.00039
39	0.00304	0.00094	0.00286	0.00077	0.00268	0.00062	0.00238	0.00042
40	0.00326	0.00101	0.00307	0.00083	0.00288	0.00067	0.00256	0.00045
41	0.00348	0.00108	0.00328	0.00088	0.00309	0.00071	0.00273	0.00048
42	0.00370	0.00115	0.00349	0.00094	0.00329	0.00076	0.00290	0.00050
43	0.00396	0.00125	0.00371	0.00101	0.00348	0.00082	0.00305	0.00053
44	0.00422	0.00136	0.00395	0.00109	0.00368	0.00088	0.00320	0.00057
45	0.00448	0.00147	0.00418	0.00118	0.00387	0.00094	0.00337	0.00061
46	0.00474	0.00158	0.00441	0.00126	0.00407	0.00100	0.00353	0.00064
47	0.00500	0.00169	0.00463	0.00134	0.00427	0.00106	0.00368	0.00068
48	0.00534	0.00188	0.00490	0.00148	0.00449	0.00117	0.00383	0.00075
49	0.00567	0.00206	0.00519	0.00163	0.00472	0.00129	0.00398	0.00082

附錄3

本推計各重要年份男、女性別單一年齡死亡機率假設值(續)

年齡 (歲)	民國 100 年		民國 110 年		民國 120 年		民國 140 年	
	男	女	男	女	男	女	男	女
50	0.00600	0.00225	0.00545	0.00177	0.00496	0.00140	0.00415	0.00090
51	0.00633	0.00243	0.00572	0.00192	0.00519	0.00151	0.00431	0.00097
52	0.00668	0.00262	0.00600	0.00206	0.00540	0.00162	0.00446	0.00104
53	0.00721	0.00289	0.00647	0.00228	0.00582	0.00180	0.00477	0.00115
54	0.00775	0.00319	0.00696	0.00250	0.00623	0.00198	0.00510	0.00126
55	0.00830	0.00347	0.00744	0.00274	0.00666	0.00217	0.00539	0.00138
56	0.00887	0.00375	0.00792	0.00297	0.00706	0.00235	0.00572	0.00150
57	0.00944	0.00404	0.00840	0.00320	0.00749	0.00254	0.00605	0.00162
58	0.01039	0.00450	0.00925	0.00356	0.00818	0.00281	0.00661	0.00180
59	0.01137	0.00496	0.01010	0.00391	0.00893	0.00309	0.00712	0.00197
60	0.01235	0.00542	0.01093	0.00428	0.00965	0.00337	0.00763	0.00216
61	0.01335	0.00589	0.01175	0.00464	0.01038	0.00367	0.00818	0.00233
62	0.01437	0.00636	0.01257	0.00500	0.01110	0.00395	0.00870	0.00253
63	0.01558	0.00722	0.01365	0.00571	0.01192	0.00451	0.00921	0.00288
64	0.01685	0.00808	0.01476	0.00638	0.01280	0.00506	0.00982	0.00324
65	0.01809	0.00896	0.01573	0.00707	0.01373	0.00557	0.01039	0.00358
66	0.01935	0.00981	0.01678	0.00775	0.01454	0.00609	0.01098	0.00391
67	0.02064	0.01069	0.01784	0.00843	0.01533	0.00662	0.01154	0.00425
68	0.02272	0.01228	0.01946	0.00967	0.01657	0.00761	0.01223	0.00487
69	0.02484	0.01390	0.02105	0.01091	0.01776	0.00865	0.01289	0.00550
70	0.02686	0.01544	0.02258	0.01213	0.01889	0.00962	0.01350	0.00611
71	0.02894	0.01699	0.02415	0.01340	0.02008	0.01058	0.01419	0.00671
72	0.03107	0.01850	0.02575	0.01460	0.02130	0.01151	0.01490	0.00730
73	0.03449	0.02111	0.02847	0.01659	0.02346	0.01298	0.01629	0.00817
74	0.03778	0.02363	0.03115	0.01856	0.02569	0.01446	0.01768	0.00907
75	0.04126	0.02612	0.03388	0.02048	0.02785	0.01595	0.01902	0.00995
76	0.04467	0.02874	0.03657	0.02244	0.02991	0.01744	0.02042	0.01081
77	0.04805	0.03131	0.03934	0.02437	0.03203	0.01895	0.02180	0.01167
78	0.05357	0.03616	0.04378	0.02852	0.03599	0.02237	0.02458	0.01411
79	0.05890	0.04122	0.04826	0.03274	0.03972	0.02582	0.02729	0.01653
80	0.06423	0.04615	0.05283	0.03683	0.04351	0.02942	0.02984	0.01903
81	0.06970	0.05127	0.05736	0.04113	0.04720	0.03293	0.03241	0.02142
82	0.07511	0.05628	0.06187	0.04531	0.05089	0.03667	0.03506	0.02401
83	0.08270	0.06421	0.06711	0.05174	0.05471	0.04141	0.03672	0.02714
84	0.09070	0.07209	0.07282	0.05807	0.05841	0.04626	0.03879	0.03046
85	0.09835	0.08039	0.07905	0.06453	0.06250	0.05148	0.04097	0.03362
86	0.10614	0.08888	0.08520	0.07113	0.06687	0.05668	0.04318	0.03693
87	0.11380	0.09722	0.09090	0.07768	0.07121	0.06184	0.04516	0.04011
88	0.12241	0.11228	0.09767	0.09082	0.07631	0.07295	0.04818	0.04862
89	0.13154	0.12731	0.10411	0.10422	0.08120	0.08431	0.05134	0.05757
90	0.14209	0.14092	0.11540	0.11838	0.09453	0.09919	0.06414	0.07077
91	0.15055	0.15619	0.12276	0.13283	0.10015	0.11288	0.06821	0.08255
92	0.15944	0.17093	0.13051	0.14748	0.10634	0.12653	0.07218	0.09448
93	0.16708	0.18925	0.13813	0.16840	0.11429	0.14903	0.07937	0.11894
94	0.17301	0.20853	0.14636	0.18997	0.12246	0.17402	0.08732	0.14665
95	0.18115	0.22860	0.15523	0.21289	0.13117	0.20058	0.09698	0.17761
96	0.19063	0.24641	0.16479	0.23643	0.14196	0.22708	0.10689	0.21105
97	0.19770	0.26283	0.17393	0.26048	0.15234	0.25598	0.11727	0.24768
98	0.20586	0.28051	0.18435	0.28489	0.16351	0.28527	0.12908	0.28642
99	0.21458	0.30182	0.19469	0.31037	0.17562	0.31563	0.14281	0.32842
100	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000



附錄4-1 臺灣地區育齡婦女年齡別生育率及總生育率假設值-中推計

年別 (民國)	總生育 率(人)	育齡婦女生育率 (人)						
		15-19 歲	20-24 歲	24-29 歲	30-34 歲	35-39 歲	40-44 歲	45-49 歲
95 年	1.1248	0.0578	0.2139	0.3689	0.3283	0.1298	0.0252	0.0017
96	1.1351	0.0569	0.2062	0.3661	0.3408	0.1381	0.0257	0.0017
97	1.1459	0.0560	0.2007	0.3683	0.3524	0.1414	0.0268	0.0017
98	1.1337	0.0545	0.1926	0.3566	0.3531	0.1486	0.0274	0.0017
99	1.1556	0.0524	0.1865	0.3610	0.3698	0.1568	0.0280	0.0017
100	1.1368	0.0499	0.1808	0.3483	0.3689	0.1592	0.0291	0.0017
101	1.1278	0.0486	0.1738	0.3426	0.3703	0.1618	0.0298	0.0017
102	1.1208	0.0468	0.1682	0.3364	0.3721	0.1660	0.0308	0.0017
103	1.1170	0.0453	0.1599	0.3285	0.3786	0.1722	0.0319	0.0017
104	1.1168	0.0439	0.1546	0.3234	0.3819	0.1794	0.0320	0.0017
105	1.1140	0.0431	0.1498	0.3192	0.3869	0.1817	0.0323	0.0017
106	1.1066	0.0413	0.1437	0.3126	0.3906	0.1846	0.0334	0.0017
107	1.1030	0.0402	0.1385	0.3067	0.3942	0.1887	0.0339	0.0017
108	1.1029	0.0392	0.1335	0.3002	0.4009	0.1938	0.0382	0.0025
109	1.1106	0.0376	0.1289	0.2959	0.4072	0.2006	0.0366	0.0021
110	1.1171	0.0362	0.1251	0.2949	0.4147	0.2065	0.0370	0.0022
111	1.1117	0.0351	0.1198	0.2886	0.4161	0.2104	0.0399	0.0025
112	1.1147	0.0340	0.1158	0.2831	0.4238	0.2157	0.0408	0.0025
113	1.1170	0.0330	0.1112	0.2788	0.4288	0.2220	0.0421	0.0025
114	1.1163	0.0318	0.1075	0.2734	0.4317	0.2277	0.0425	0.0025
115	1.1268	0.0308	0.1041	0.2706	0.4418	0.2346	0.0433	0.0025
116	1.1261	0.0298	0.0997	0.2658	0.4472	0.2381	0.0436	0.0025
117	1.1287	0.0290	0.0968	0.2603	0.4533	0.2433	0.0449	0.0025
118	1.1270	0.0281	0.0925	0.2541	0.4560	0.2492	0.0461	0.0025
119	1.1397	0.0272	0.0901	0.2513	0.4658	0.2570	0.0466	0.0025
120	1.1444	0.0263	0.0870	0.2488	0.4728	0.2614	0.0469	0.0025
121	1.1433	0.0255	0.0839	0.2442	0.4770	0.2642	0.0474	0.0025
122	1.1275	0.0243	0.0796	0.2358	0.4733	0.2660	0.0479	0.0025
123	1.1293	0.0238	0.0767	0.2308	0.4770	0.2715	0.0488	0.0025
124	1.1354	0.0229	0.0736	0.2250	0.4831	0.2797	0.0489	0.0025
125	1.1412	0.0220	0.0708	0.2213	0.4913	0.2852	0.0497	0.0025
126	1.1361	0.0214	0.0683	0.2190	0.4899	0.2872	0.0496	0.0025
127	1.1232	0.0205	0.0653	0.2108	0.4904	0.2864	0.0507	0.0025
128	1.1234	0.0198	0.0629	0.2070	0.4940	0.2901	0.0517	0.0025
129	1.1277	0.0191	0.0606	0.2034	0.4961	0.2977	0.0515	0.0023
130	1.1191	0.0183	0.0583	0.1973	0.4955	0.2987	0.0515	0.0023
131	1.1145	0.0177	0.0563	0.1951	0.4957	0.2989	0.0523	0.0023
132	1.1036	0.0170	0.0537	0.1886	0.4939	0.3004	0.0529	0.0023
133	1.0988	0.0164	0.0513	0.1835	0.4950	0.3028	0.0537	0.0022
134	1.1026	0.0158	0.0493	0.1800	0.5002	0.3071	0.0533	0.0021
135	1.0932	0.0151	0.0472	0.1755	0.4966	0.3087	0.0536	0.0021
136	1.0855	0.0146	0.0452	0.1703	0.4954	0.3099	0.0538	0.0021
137	1.0714	0.0141	0.0433	0.1652	0.4912	0.3079	0.0538	0.0021
138	1.0631	0.0135	0.0416	0.1604	0.4896	0.3083	0.0544	0.0020
139	1.0596	0.0128	0.0395	0.1554	0.4907	0.3110	0.0544	0.0019

附錄4-2 臺灣地區育齡婦女年齡別生育率及總生育率假設值—高推計

年別 (民國)	總生育 率(人)	育齡婦女生育率(人)						
		15-19歲	20-24歲	24-29歲	30-34歲	35-39歲	40-44歲	45-49歲
95年	1.2967	0.0636	0.2341	0.4089	0.3701	0.1423	0.0299	0.0025
96	1.2493	0.0632	0.2379	0.4233	0.3854	0.1469	0.0317	0.0025
97	1.2965	0.0611	0.2157	0.3965	0.3864	0.1556	0.0317	0.0025
98	1.2612	0.0620	0.2194	0.3800	0.3824	0.1616	0.0321	0.0025
99	1.3072	0.0599	0.2074	0.3785	0.3991	0.1684	0.0339	0.0028
100	1.3172	0.0594	0.2082	0.3986	0.4176	0.1786	0.0348	0.0027
101	1.3031	0.0585	0.2051	0.3951	0.4329	0.1862	0.0408	0.0038
102	1.3273	0.0582	0.1930	0.3827	0.4365	0.1940	0.0422	0.0038
103	1.3331	0.0571	0.1895	0.3810	0.4481	0.2031	0.0433	0.0038
104	1.3390	0.0562	0.1831	0.3765	0.4623	0.2110	0.0441	0.0038
105	1.3376	0.0545	0.1813	0.3774	0.4710	0.2152	0.0448	0.0038
106	1.3080	0.0535	0.1759	0.3669	0.4702	0.2202	0.0461	0.0038
107	1.3271	0.0519	0.1684	0.3578	0.4747	0.2317	0.0475	0.0038
108	1.3307	0.0508	0.1634	0.3523	0.4828	0.2400	0.0486	0.0038
109	1.3444	0.0495	0.1585	0.3451	0.4937	0.2521	0.0495	0.0038
110	1.3294	0.0482	0.1556	0.3508	0.5038	0.2522	0.0501	0.0038
111	1.3190	0.0473	0.1499	0.3415	0.4938	0.2483	0.0514	0.0038
112	1.3293	0.0463	0.1439	0.3314	0.4972	0.2551	0.0534	0.0038
113	1.3418	0.0455	0.1410	0.3293	0.4988	0.2631	0.0541	0.0038
114	1.3024	0.0447	0.1366	0.3225	0.4970	0.2659	0.0536	0.0038
115	1.2965	0.0439	0.1330	0.3209	0.4985	0.2640	0.0537	0.0038
116	1.2813	0.0431	0.1297	0.3089	0.4977	0.2693	0.0542	0.0038
117	1.2866	0.0423	0.1249	0.3071	0.4966	0.2705	0.0550	0.0038
118	1.2978	0.0414	0.1203	0.2967	0.4989	0.2808	0.0637	0.0053
119	1.2652	0.0404	0.1173	0.2914	0.5051	0.2878	0.0593	0.0043
120	1.2479	0.0390	0.1136	0.2894	0.5178	0.2942	0.0570	0.0042
121	1.2363	0.0378	0.1091	0.2814	0.5182	0.2895	0.0562	0.0040
122	1.2553	0.0372	0.1053	0.2747	0.5143	0.2943	0.0594	0.0043
123	1.2583	0.0362	0.1016	0.2680	0.5337	0.3125	0.0643	0.0053
124	1.2412	0.0349	0.0984	0.2620	0.5159	0.3099	0.0621	0.0044
125	1.2246	0.0337	0.0960	0.2535	0.5288	0.3158	0.0603	0.0042
126	1.2296	0.0323	0.0917	0.2520	0.5370	0.3183	0.0606	0.0040
127	1.2206	0.0316	0.0872	0.2457	0.5236	0.3178	0.0616	0.0038
128	1.2124	0.0308	0.0843	0.2370	0.5211	0.3241	0.0634	0.0043
129	1.2100	0.0295	0.0808	0.2307	0.5316	0.3388	0.0627	0.0044
130	1.1808	0.0281	0.0788	0.2301	0.5205	0.3357	0.0633	0.0043
131	1.1962	0.0275	0.0750	0.2208	0.5330	0.3485	0.0636	0.0041
132	1.1715	0.0267	0.0719	0.2078	0.5235	0.3443	0.0673	0.0049
133	1.1894	0.0263	0.0704	0.2136	0.5339	0.3620	0.0695	0.0049
134	1.1747	0.0255	0.0674	0.2063	0.5319	0.3732	0.0649	0.0045
135	1.1665	0.0248	0.0649	0.2047	0.5506	0.3790	0.0672	0.0046
136	1.1314	0.0242	0.0628	0.1993	0.5522	0.3866	0.0674	0.0049
137	1.1402	0.0232	0.0608	0.1908	0.5599	0.3795	0.0685	0.0050
138	1.1386	0.0222	0.0582	0.1874	0.5730	0.3793	0.0694	0.0050
139	1.1036	0.0211	0.0559	0.1817	0.5864	0.4045	0.0644	0.0049

附錄4-3 臺灣地區育齡婦女年齡別生育率及總生育率假設值—低推計

年別 (民國)	總生育 率(人)	育齡婦女生育率 (人)						
		15-19 歲	20-24 歲	24-29 歲	30-34 歲	35-39 歲	40-44 歲	45-49 歲
95 年	1.0956	0.0568	0.2097	0.3624	0.3169	0.1246	0.0236	0.0017
96	1.0505	0.0555	0.2007	0.3463	0.3019	0.1209	0.0236	0.0017
97	1.0465	0.0536	0.1965	0.3389	0.3073	0.1239	0.0230	0.0017
98	1.0024	0.0502	0.1848	0.3279	0.2942	0.1206	0.0230	0.0017
99	0.9673	0.0471	0.1728	0.3102	0.2913	0.1206	0.0235	0.0017
100	0.9495	0.0457	0.1672	0.3031	0.2879	0.1203	0.0228	0.0017
101	0.9252	0.0441	0.1603	0.2949	0.2834	0.1180	0.0221	0.0016
102	0.9063	0.0427	0.1536	0.2872	0.2829	0.1165	0.0218	0.0016
103	0.8805	0.0406	0.1464	0.2760	0.2800	0.1148	0.0219	0.0015
104	0.8522	0.0385	0.1393	0.2638	0.2742	0.1144	0.0204	0.0013
105	0.8343	0.0375	0.1343	0.2576	0.2715	0.1123	0.0196	0.0012
106	0.8131	0.0361	0.1295	0.2511	0.2665	0.1097	0.0188	0.0011
107	0.7853	0.0346	0.1235	0.2426	0.2586	0.1067	0.0184	0.0011
108	0.7627	0.0329	0.1174	0.2325	0.2550	0.1061	0.0180	0.0011
109	0.7429	0.0314	0.1116	0.2239	0.2520	0.1053	0.0175	0.0011
110	0.7212	0.0299	0.1066	0.2170	0.2459	0.1037	0.0171	0.0010
111	0.7052	0.0288	0.1018	0.2106	0.2443	0.1019	0.0169	0.0009
112	0.6888	0.0277	0.0982	0.2051	0.2400	0.1004	0.0166	0.0009
113	0.6664	0.0266	0.0931	0.1961	0.2346	0.0989	0.0164	0.0008
114	0.6517	0.0254	0.0891	0.1890	0.2316	0.0996	0.0161	0.0008
115	0.6359	0.0243	0.0850	0.1835	0.2287	0.0977	0.0158	0.0008
116	0.6158	0.0234	0.0817	0.1765	0.2231	0.0952	0.0154	0.0008
117	0.6005	0.0226	0.0781	0.1708	0.2191	0.0944	0.0152	0.0008
118	0.5869	0.0214	0.0741	0.1650	0.2165	0.0943	0.0150	0.0008
119	0.5731	0.0205	0.0710	0.1597	0.2128	0.0935	0.0146	0.0007
120	0.5557	0.0196	0.0680	0.1546	0.2074	0.0910	0.0141	0.0007
121	0.5420	0.0189	0.0654	0.1508	0.2034	0.0892	0.0137	0.0006
122	0.5274	0.0181	0.0622	0.1443	0.2015	0.0872	0.0137	0.0006
123	0.5150	0.0173	0.0596	0.1395	0.1984	0.0866	0.0134	0.0006
124	0.5078	0.0163	0.0570	0.1362	0.1977	0.0871	0.0129	0.0005
125	0.4940	0.0158	0.0547	0.1321	0.1939	0.0848	0.0125	0.0005
126	0.4861	0.0153	0.0526	0.1287	0.1940	0.0832	0.0120	0.0005
127	0.4732	0.0146	0.0501	0.1249	0.1905	0.0812	0.0119	0.0005
128	0.4622	0.0140	0.0484	0.1211	0.1866	0.0803	0.0117	0.0005
129	0.4525	0.0133	0.0459	0.1159	0.1859	0.0799	0.0114	0.0005
130	0.4432	0.0128	0.0435	0.1124	0.1835	0.0797	0.0111	0.0005
131	0.4321	0.0123	0.0421	0.1093	0.1791	0.0782	0.0109	0.0004
132	0.4214	0.0117	0.0400	0.1061	0.1757	0.0770	0.0109	0.0004
133	0.4129	0.0112	0.0382	0.1024	0.1731	0.0771	0.0108	0.0004
134	0.4025	0.0107	0.0363	0.0983	0.1699	0.0764	0.0105	0.0004
135	0.3937	0.0103	0.0347	0.0950	0.1679	0.0752	0.0104	0.0004
136	0.3889	0.0099	0.0332	0.0927	0.1671	0.0755	0.0103	0.0004
137	0.3795	0.0095	0.0317	0.0890	0.1641	0.0748	0.0102	0.0003
138	0.3683	0.0091	0.0302	0.0846	0.1601	0.0741	0.0101	0.0003
139	0.3619	0.0085	0.0287	0.0821	0.1591	0.0734	0.0100	0.0003

附錄5-1 北部地區總人口及人口變動數 (民國50至94年)

年別 (民國)	年底人口			人口變動(千人)				
	總人口 (千人)	男 (千人)	女 (千人)	出生	死亡	自然 增加	社會 增加	總增加
81	8,809	4,509	4,299	129	38	91	-14	76
82	8,878	4,538	4,340	93	26	67	37	105
83	8,966	4,577	4,390	128	39	89	-4	86
84	9,045	4,611	4,434	132	41	91	-14	77
85	9,131	4,648	4,483	129	42	87	-7	80
86	9,253	4,703	4,550	130	42	88	27	116
87	9,383	4,760	4,623	110	43	67	58	125
88	9,489	4,806	4,683	115	43	72	29	101
89	9,609	4,860	4,749	124	45	80	33	113
90	9,683	4,890	4,794	106	45	60	9	70
91	9,763	4,923	4,840	100	46	54	20	74
92	9,823	4,947	4,877	92	47	45	11	56
93	9,892	4,974	4,919	89	48	41	24	65
94	9,955	4,995	4,960	85	50	35	24	59

附錄5-2 中部地區總人口及人口變動數 (民國50至94年)

年別 (民國)	年底人口			人口變動 (千人)				
	總人口 (千人)	男 (千人)	女 (千人)	出生	死亡	自然 增加	社會 增加	總增加
81	5,227	2,703	2,525	87	29	57	11	68
82	5,298	2,739	2,559	76	25	50	7	57
83	5,352	2,767	2,585	87	30	57	-3	54
84	5,407	2,795	2,612	89	32	57	-2	55
85	5,454	2,819	2,635	89	33	56	-8	47
86	5,506	2,844	2,662	89	33	56	-4	52
87	5,542	2,860	2,681	73	33	40	-5	35
88	5,578	2,877	2,701	77	35	42	-6	36
89	5,615	2,893	2,722	82	34	48	-10	38
90	5,646	2,906	2,740	71	34	37	-7	31
91	5,670	2,915	2,755	68	34	34	-10	24
92	5,688	2,922	2,766	62	34	27	-9	18
93	5,701	2,926	2,775	58	36	23	-10	13
94	5,712	2,928	2,784	55	36	18	-7	12

附錄5-3 南部地區總人口及人口變動數 (民國50至94年)

年別 (民國)	年底人口			人口變動(千人)				
	總人口 (千人)	男 (千人)	女 (千人)	出生	死亡	自然 增加	社會 增加	總增加
81	6,106	3,165	2,941	81	31	50	-6	44
82	6,155	3,188	2,967	100	37	63	-44	19
83	6,194	3,205	2,989	82	33	49	-11	38
84	6,239	3,227	3,012	83	34	49	-7	43
85	6,273	3,241	3,032	82	35	47	-12	35
86	6,313	3,258	3,054	82	34	48	-10	38
87	6,340	3,269	3,071	67	35	32	-2	29
88	6,363	3,277	3,086	70	36	34	-8	26
89	6,393	3,288	3,105	76	35	40	-10	30
90	6,413	3,294	3,119	63	36	27	-8	18
91	6,424	3,296	3,128	60	37	23	-10	13
92	6,429	3,295	3,134	55	37	17	-11	7
93	6,432	3,292	3,141	52	39	13	-8	6
94	6,436	3,288	3,148	50	40	10	-5	4

附錄5-4 東部地區總人口及人口變動數 (民國50至95年)

年別 (民國)	年底人口			人口變動(千人)				
	總人口 (千人)	男 (千人)	女 (千人)	出生	死亡	自然 增加	社會 增加	總增加
81	611	331	280	9.814	5.474	4.34	-2.746	1.594
82	613	332	282	18.563	8.729	9.834	-4.723	5.111
83	613	331	282	10.031	5.592	4.439	-4.474	-0.035
84	613	330	283	10.031	5.83	4.201	-3.81	0.391
85	612	329	284	9.959	5.872	4.087	-4.952	-0.865
86	611	327	284	9.555	5.58	3.975	-5.387	-1.412
87	607	324	282	8.171	5.67	2.501	-7.042	-4.541
88	603	322	282	8.124	5.427	2.697	-5.748	-3.051
89	599	319	280	8.195	5.219	2.976	-7.521	-4.545
90	598	317	280	7.296	5.517	1.779	-2.97	-1.191
91	596	316	280	6.976	5.426	1.55	-3.182	-1.632
92	594	314	280	6.25	5.401	0.849	-2.98	-2.131
93	590	311	279	5.878	5.495	0.383	-4.849	-4.466
94	586	308	278	5.487	5.679	-0.192	-3.089	-3.281

# 推計表



# 台灣地區 – 中推計

臺灣地區未來人口三階段年齡結構 - 中推計

年別	年底人口數 (千人)			年底人口結構 (%)			扶養比 (%)	
	0-14 歲①	15-64 歲②	65 歲以上③	0-14 歲	15-64 歲	65 歲以上	幼年人口 ①/②*100	高齡人口 ③/②*100
95	4,024	16,492	2,332	0.18	0.72	0.10	0.24	0.14
96	3,908	16,626	2,394	0.17	0.73	0.10	0.24	0.14
97	3,791	16,760	2,449	0.16	0.73	0.11	0.23	0.15
98	3,677	16,918	2,478	0.16	0.73	0.11	0.22	0.15
99	3,560	17,061	2,521	0.15	0.74	0.11	0.21	0.15
100	3,442	17,173	2,594	0.15	0.74	0.11	0.20	0.15
101	3,378	17,205	2,688	0.15	0.74	0.12	0.20	0.16
102	3,294	17,226	2,807	0.14	0.74	0.12	0.19	0.16
103	3,185	17,254	2,939	0.14	0.74	0.13	0.18	0.17
104	3,123	17,192	3,112	0.13	0.73	0.13	0.18	0.18
105	3,069	17,121	3,277	0.13	0.73	0.14	0.18	0.19
106	3,030	17,022	3,445	0.13	0.72	0.15	0.18	0.20
107	2,995	16,907	3,621	0.13	0.72	0.15	0.18	0.21
108	2,982	16,756	3,809	0.13	0.71	0.16	0.18	0.23
109	2,955	16,610	4,000	0.13	0.70	0.17	0.18	0.24
110	2,925	16,476	4,177	0.12	0.70	0.18	0.18	0.25
111	2,891	16,327	4,368	0.12	0.69	0.19	0.18	0.27
112	2,857	16,168	4,565	0.12	0.69	0.19	0.18	0.28
113	2,821	16,007	4,761	0.12	0.68	0.20	0.18	0.30
114	2,788	15,837	4,956	0.12	0.67	0.21	0.18	0.31
115	2,754	15,666	5,152	0.12	0.66	0.22	0.18	0.33
116	2,722	15,489	5,349	0.12	0.66	0.23	0.18	0.35
117	2,691	15,314	5,538	0.11	0.65	0.24	0.18	0.36
118	2,660	15,145	5,716	0.11	0.64	0.24	0.18	0.38
119	2,628	14,972	5,895	0.11	0.64	0.25	0.18	0.39
120	2,596	14,817	6,047	0.11	0.63	0.26	0.18	0.41
121	2,565	14,646	6,211	0.11	0.63	0.27	0.18	0.42
122	2,531	14,474	6,372	0.11	0.62	0.27	0.17	0.44
123	2,499	14,300	6,527	0.11	0.61	0.28	0.17	0.46
124	2,466	14,134	6,668	0.11	0.61	0.29	0.17	0.47
125	2,431	13,975	6,795	0.10	0.60	0.29	0.17	0.49
126	2,393	13,816	6,918	0.10	0.60	0.30	0.17	0.50
127	2,354	13,655	7,036	0.10	0.59	0.31	0.17	0.52
128	2,317	13,485	7,154	0.10	0.59	0.31	0.17	0.53
129	2,276	13,267	7,318	0.10	0.58	0.32	0.17	0.55
130	2,234	13,082	7,447	0.10	0.57	0.33	0.17	0.57
131	2,191	12,879	7,589	0.10	0.57	0.33	0.17	0.59
132	2,148	12,665	7,736	0.10	0.56	0.34	0.17	0.61
133	2,107	12,460	7,869	0.09	0.56	0.35	0.17	0.63
134	2,068	12,247	8,001	0.09	0.55	0.36	0.17	0.65
135	2,032	12,039	8,113	0.09	0.54	0.37	0.17	0.67
136	1,997	11,848	8,201	0.09	0.54	0.37	0.17	0.69
137	1,962	11,665	8,273	0.09	0.53	0.38	0.17	0.71
138	1,930	11,500	8,316	0.09	0.53	0.38	0.17	0.72
139	1,902	11,368	8,319	0.09	0.53	0.39	0.17	0.73
140	1,879	11,225	8,331	0.09	0.52	0.39	0.17	0.74
141	1,858	11,044	8,369	0.09	0.52	0.39	0.17	0.76
142	1,839	10,889	8,379	0.09	0.52	0.40	0.17	0.77
143	1,817	10,712	8,408	0.09	0.51	0.40	0.17	0.78

# 台灣地區 — 高推計

臺灣地區未來人口三階段年齡結構 - 高推計

年別 (民國)	年底人口數 (千人)			年底人口結構 (%)			扶養比 (%)	
	0-14 歲 ①	15-64 歲 ②	65 歲 以上③	0-14 歲	15-64 歲	65 歲 以上	幼年人口 ①/②*100	高齡人口 ③/②*100
95	4,089	16,614	2,344	0.18	0.72	0.10	0.25	0.14
96	3,995	16,813	2,411	0.17	0.72	0.10	0.24	0.14
97	3,904	17,010	2,472	0.17	0.73	0.11	0.23	0.15
98	3,807	17,226	2,509	0.16	0.73	0.11	0.22	0.15
99	3,720	17,425	2,559	0.16	0.74	0.11	0.21	0.15
100	3,627	17,588	2,640	0.15	0.74	0.11	0.21	0.15
101	3,586	17,663	2,742	0.15	0.74	0.11	0.20	0.16
102	3,532	17,736	2,870	0.15	0.73	0.12	0.20	0.16
103	3,452	17,817	3,011	0.14	0.73	0.12	0.19	0.17
104	3,417	17,813	3,195	0.14	0.73	0.13	0.19	0.18
105	3,385	17,805	3,373	0.14	0.72	0.14	0.19	0.19
106	3,366	17,775	3,554	0.14	0.72	0.14	0.19	0.20
107	3,353	17,723	3,743	0.14	0.71	0.15	0.19	0.21
108	3,360	17,636	3,944	0.13	0.71	0.16	0.19	0.22
109	3,344	17,573	4,151	0.13	0.70	0.17	0.19	0.24
110	3,311	17,537	4,344	0.13	0.70	0.17	0.19	0.25
111	3,290	17,470	4,551	0.13	0.69	0.18	0.19	0.26
112	3,269	17,396	4,766	0.13	0.68	0.19	0.19	0.27
113	3,247	17,313	4,979	0.13	0.68	0.19	0.19	0.29
114	3,205	17,231	5,194	0.13	0.67	0.20	0.19	0.30
115	3,163	17,152	5,411	0.12	0.67	0.21	0.18	0.32
116	3,122	17,063	5,631	0.12	0.66	0.22	0.18	0.33
117	3,081	16,977	5,843	0.12	0.66	0.23	0.18	0.34
118	3,042	16,895	6,045	0.12	0.65	0.23	0.18	0.36
119	2,991	16,800	6,250	0.11	0.65	0.24	0.18	0.37
120	2,934	16,732	6,430	0.11	0.64	0.25	0.18	0.38
121	2,880	16,640	6,624	0.11	0.64	0.25	0.17	0.40
122	2,826	16,544	6,815	0.11	0.63	0.26	0.17	0.41
123	2,775	16,451	7,002	0.11	0.63	0.27	0.17	0.43
124	2,725	16,361	7,175	0.10	0.62	0.27	0.17	0.44
125	2,668	16,276	7,339	0.10	0.62	0.28	0.16	0.45
126	2,613	16,188	7,499	0.10	0.62	0.29	0.16	0.46
127	2,553	16,099	7,656	0.10	0.61	0.29	0.16	0.48
128	2,490	16,003	7,814	0.09	0.61	0.30	0.16	0.49
129	2,438	15,846	8,018	0.09	0.60	0.30	0.15	0.51
130	2,380	15,716	8,192	0.09	0.60	0.31	0.15	0.52
131	2,322	15,565	8,379	0.09	0.59	0.32	0.15	0.54
132	2,262	15,402	8,572	0.09	0.59	0.33	0.15	0.56
133	2,203	15,248	8,754	0.08	0.58	0.33	0.14	0.57
134	2,147	15,076	8,935	0.08	0.58	0.34	0.14	0.59
135	2,103	14,902	9,104	0.08	0.57	0.35	0.14	0.61
136	2,059	14,747	9,245	0.08	0.57	0.35	0.14	0.63
137	2,018	14,596	9,375	0.08	0.56	0.36	0.14	0.64
138	1,980	14,452	9,475	0.08	0.56	0.37	0.14	0.66
139	1,940	14,330	9,536	0.08	0.56	0.37	0.14	0.67
140	1,905	14,204	9,608	0.07	0.55	0.37	0.13	0.68
141	1,880	14,041	9,708	0.07	0.55	0.38	0.13	0.69
142	1,858	13,898	9,778	0.07	0.54	0.38	0.13	0.70
143	1,841	13,731	9,864	0.07	0.54	0.39	0.13	0.72

## 台灣地區 - 低推計

臺灣地區未來人口三階段年齡結構 - 低推計

年別 (民國)	年底人口數 (千人)			年底人口結構 (%)			扶養比 (%)	
	0-14 歲 ①	15-64 歲 ②	65 歲 以上③	0-14 歲	15-64 歲	65 歲 以上	幼年人口 ①/②*100	高齡人口 ③/②*100
95	4,001	16,492	2,332	0.18	0.72	0.10	0.24	4,001
96	3,863	16,626	2,394	0.17	0.73	0.10	0.23	3,863
97	3,722	16,760	2,449	0.16	0.73	0.11	0.22	3,722
98	3,571	16,918	2,478	0.16	0.74	0.11	0.21	3,571
99	3,417	17,061	2,521	0.15	0.74	0.11	0.20	3,417
100	3,257	17,173	2,594	0.14	0.75	0.11	0.19	3,257
101	3,147	17,205	2,688	0.14	0.75	0.12	0.18	3,147
102	3,017	17,226	2,807	0.13	0.75	0.12	0.18	3,017
103	2,860	17,254	2,939	0.12	0.75	0.13	0.17	2,860
104	2,745	17,192	3,112	0.12	0.75	0.14	0.16	2,745
105	2,635	17,121	3,277	0.11	0.74	0.14	0.15	2,635
106	2,539	17,022	3,445	0.11	0.74	0.15	0.15	2,539
107	2,446	16,907	3,621	0.11	0.74	0.16	0.14	2,446
108	2,370	16,756	3,809	0.10	0.73	0.17	0.14	2,370
109	2,284	16,605	4,000	0.10	0.73	0.17	0.14	2,284
110	2,204	16,456	4,177	0.10	0.72	0.18	0.13	2,204
111	2,123	16,288	4,368	0.09	0.72	0.19	0.13	2,123
112	2,046	16,105	4,565	0.09	0.71	0.20	0.13	2,046
113	1,974	15,909	4,761	0.09	0.70	0.21	0.12	1,974
114	1,900	15,705	4,956	0.08	0.70	0.22	0.12	1,900
115	1,829	15,493	5,152	0.08	0.69	0.23	0.12	1,829
116	1,761	15,274	5,349	0.08	0.68	0.24	0.12	1,761
117	1,694	15,055	5,538	0.08	0.68	0.25	0.11	1,694
118	1,627	14,840	5,716	0.07	0.67	0.26	0.11	1,627
119	1,563	14,615	5,895	0.07	0.66	0.27	0.11	1,563
120	1,500	14,406	6,047	0.07	0.66	0.28	0.10	1,500
121	1,438	14,182	6,211	0.07	0.65	0.28	0.10	1,438
122	1,378	13,954	6,372	0.06	0.64	0.29	0.10	1,378
123	1,321	13,722	6,527	0.06	0.64	0.30	0.10	1,321
124	1,262	13,494	6,668	0.06	0.63	0.31	0.09	1,262
125	1,205	13,271	6,795	0.06	0.62	0.32	0.09	1,205
126	1,152	13,048	6,918	0.05	0.62	0.33	0.09	1,152
127	1,098	12,821	7,036	0.05	0.61	0.34	0.09	1,098
128	1,045	12,582	7,154	0.05	0.61	0.34	0.08	1,045
129	993	12,291	7,318	0.05	0.60	0.36	0.08	993
130	943	12,024	7,447	0.05	0.59	0.36	0.08	943
131	894	11,741	7,589	0.04	0.58	0.38	0.08	894
132	847	11,446	7,736	0.04	0.57	0.39	0.07	847
133	805	11,157	7,869	0.04	0.56	0.40	0.07	805
134	765	10,858	8,001	0.04	0.55	0.41	0.07	765
135	726	10,564	8,113	0.04	0.54	0.42	0.07	726
136	690	10,285	8,201	0.04	0.54	0.43	0.07	690
137	657	10,016	8,273	0.03	0.53	0.44	0.07	657
138	625	9,766	8,316	0.03	0.52	0.44	0.06	625
139	598	9,548	8,319	0.03	0.52	0.45	0.06	598
140	572	9,319	8,331	0.03	0.51	0.46	0.06	572
141	548	9,054	8,369	0.03	0.50	0.47	0.06	548
142	525	8,817	8,379	0.03	0.50	0.47	0.06	525
143	504	8,557	8,408	0.03	0.49	0.48	0.06	504

## 附件一

# 研討會議程與會議紀錄

## 「隨機模型與電腦模擬的人口推估研究」研討會

日期： 2008年4月25日（星期五）  
 地點： 行政院經濟建設委員會6樓617會議室  
 主辦單位： 國立政治大學  
 協辦單位： 行政院經濟建設委員會  
                   國立政治大學統計系  
 共同主持人： 行政院經濟建設委員會人力規劃處陳處長世璋  
                   國立政治大學統計系余教授清祥

### 研討會議程

09：00-09：10	報到（行政院經建會 6 樓 617 會議室）
09：10-09：15	主席致詞
09：15-09：30	第一場 隨機方法用於人口推估的探討 報告人：蔡紋琦助理教授
09：30-09：45	第二場 電腦模擬與隨機方法在人口推估的研究 報告人：余清祥教授
09：45-10：00	第三場 電腦模擬在生育、死亡、遷移及人口推估之應用 報告人：余清祥教授
10：00-10：15	第四場 隨機推估的實證應用 報告人：陳信木副教授
10：15-10：30	休息
座談 10：30-12：30	共同主持人：行政院經建會人力規劃處陳處長世璋 國立政治大學統計系余教授清祥 地點：行政院經建會 6 樓 617 會議室 與談人： 謝愛齡司長、孫得雄教授、陳寬政教授、楊文山教授、 陳肇男教授、林正祥教授、陳信木副教授、薛承泰教 授、張明正教授、蔡青龍教授及高月霞副教授



行政院經濟建設委員會委託計畫  
「隨機模型與電腦模擬的人口推估」  
成果報告暨專家座談會會議紀錄

壹、時間：中華民國九十七年四月二十五日（星期五）早上十點

貳、地點：行政院經濟建設委員會 6 樓 617 會議室

參、主持人：人力規劃處處長

紀錄：李芯柔、歐常潤

肆、主席致詞：（略）

伍、報告事項：

案由：行政院經濟建設委員會委託計畫「隨機模型與電腦模擬的人口推估」  
成果報告。

陸、討論事項：

案由：「隨機模型與電腦模擬的人口推估」成果報告稿一份，提請 審議案。

### 一、出席學者專家意見

陳寬政教授發言：

1. 機率詮釋是未來專家意見可以考慮的選項，但統計外推缺乏理論基礎，過去的經驗不能保證未來。人口學者參酌各種可能，加上主觀及專業判斷，如果再與機率推估配合，可能反而增加不確定性，喪失設定人口理論參數之主觀與直覺。建議推計未來避免「精確」、「準確」等字眼。
2. 推計週期與年度：推估較年度，或許能看出人口變化的極端結果，長期（如 100 年）的推計可作為不公開之內部檢討使用。
3. 68%的預測區間比實際的低、高推計更寬，放寬低高當然不易犯錯，但是窄一點的區間代表「政策考量」，表示政府應努力的方向，同理，百分比表示分法似乎會混淆，較高的百分比並無較精確的意義。
4. 勞動人口研究可朝向下列三個新方向邁進：
  - (1) 教育擴張：造成勞動力老化，育齡婦女因教育時間延長而延後生育時間，可能導致勞動力衰退。
  - (2) 薪資成長：勞動生產增加，老年人之生活水準與薪資成長成正比。

(3) 人口素質：與人口素質相關之討論應保留。

高月霞教授發言：

1. Block Bootstrap 方法在生育率下降之各國比較，技術移轉方法之可用性。區塊拔靴法與迴歸的移動平均概念相似，建議應評估以往方法與區塊拔靴法之優劣比較，藉由比較可以開初以往高、中、低推估之機率意涵，在政策面的應用上會較有理輪基礎。
2. 人口研究與勞動力研究各別的趨勢並不一致，人口之勞動力應在人口推估之下。經濟學中，推估本不精準，建議應藉由政策推動改善資源分配與優線性等問題。

陳信木教授回應：

1. 區塊拔靴法不穩定的原因來自於起始年度，建議在起始點上多做修正。
2. 推估應設定不同情境，可提供政策之建議，人口推估可提供社會學研究之基礎。

林正祥教授發言：

1. 文章內容：
  - (1) 第十一頁，Stoto 之機率分配說明不清。
  - (2) 第十二頁，詳細說明基年與圖一的年度。
  - (3) 第三十二頁，權重的公式有問題。
  - (4) 第六十六頁，區塊拔靴法的假設加入了專家意見的限制，應討論在生育率推估上的可行性，另外表格所示的結果與經建會推估差異不大。
2. 建議推估一個世代（三十年）可能可以增加詮釋上的方便性。
3. 勞動人口；近年疾病擴張，應加入“平均餘命”與“健康餘命”之考量。

陳肇男教授發言：

1. 基期問題：建議可以測試不同基期，觀察差異的內在意義。
2. 推估僅依循統計方法，建議利用其他因素來觀察生育率的變化，如婚姻與生育率的關係等。
3. 建議論文集中可加入推估的細節、表格等呈現，可增加不同讀者對於此人口論文的需求與收穫。

4. 建議勞動參與率可加入其他因素考量，如行業別等。

楊文山教授發言：

1. 人口學者多為決定論者，加入機率觀點有助推估。
2. 死亡率研究：Lee-Carter 長期預測會變成 white noise，目前世界趨勢為使用 APC 模型。
3. 建議從 Cohort 觀點討論生育率與教育擴張之關係，另外外籍及大陸配偶對生育的動能已經失去，是否影響推估結果？

謝愛齡司長發言：

1. 此研究為跨領域研究的結合。
2. 人口政策白皮書中，“少子女化”與“高齡化”已是既定政策。
3. 建議於文中討論逐項討論各因素影響人口之程度，可讓民眾及政府單位了解政策之必要性與提供政策擬定之方向。

人力規劃處王玲組長：

1. 對未來五十年的人口預測負責。
2. 人口推估扮演提醒社會之責任。
3. 健康壽命問題。
4. 建議可持續發展其他的情境推估，如男女壽命推估。

## 附件二

# 技術移轉課程講義

# 人口推估技術轉移

政治大學統計系余清祥

2008年5月8日

導論：R基本介紹

<http://csyue.nccu.edu.tw>



## 技術轉移介紹的單元：

- 如何操作 R？

⇒ 包括下載與安裝及更新、使用 demo 等

- 邏輯、繪圖、程式

⇒ 進階功能的使用

- 人口推估實際應用及操作

⇒ Cozom Compocaso(矩阵操作)、區域統計  
法等



## R 統計軟體

- 本計畫使用 R 統計軟體，R 為免費資源  
共享軟體，請至以下網址下載：

<http://www.r-project.org/>

<http://cran.r-project.org/>

- R 的使用介紹可從網路上找到，或是到 R  
的網站上蒐集，也可以請大家到我的網  
站下載。

- 計算與模擬的相關資訊，建議使用搜尋  
引擎 [www.google.com](http://www.google.com) 或到 R 的使用者網  
頁查詢。

## 如何使用 R 軟體？

第一次技術轉移將包含以下項目：

- 介紹 R 的起源及精神

- R 相關網站、資源下載、搜尋支援

- 安裝及更新 R 軟體、嵌入預設

- 變數型態、基本運算及操作

- 輸入及輸出、資料及程式的共享

## R 軟體的優勢

R 前身是 S-Plus 統計軟體，是向 C 語言編  
寫的軟體，其優勢包括：

- 佔用空間小

- 互動式(Interactive)程式執行

- 資源共享(可「編譯」的程式、使用者社  
群、搜尋、...)，可與 C 和 Fortran 結合

- 變數儲存較有彈性(不需預留記憶體)

- 繪圖功能功能強大

- 邏輯運算及操作人性化、易於瞭解

## 使用 R 軟體的步驟

先至 [www.r-project.org](http://www.r-project.org) 下載最新版的 R 軟  
體，現在為 2.7.0 版。

- 向「CRAN」下載視窗版的「base」

- 推薦下載「Manuals」的幾個常用的初學  
者使用手冊

- 「R-related Projects」內有 R 軟體最新的發  
展計畫，例如：Rgso、gR 等等

- 「Newsletter」有 2001 年至今的公告及重  
要注意事項 ⇒ 2007 年 02 月 (Vol. 7/3) 為例

### 善用搜尋引擎

除了上述項目外，因為R使用社群日益壯大，總會產生新功能，除了定期在「使用者通訊」上專文介紹，也可以透過「search」與 google 搜尋引擎找到相關的使用方法及手冊。

→ 以人口推估為例，輸入「Population Projection」，即可找到相關的人口統計類組「demos」，在安裝、裝入這個類組後，即可執行相關指令。

以下為demoable指令的執行結果：

```
demoable
demoable - R Demoable: a framework for creating interactive
demoable - R demos.
demoable - Usage: demoable [options] [command] [args]
demoable - Options:
demoable -   -h, --help                display this help message
demoable -   -v, --version             display the version number
demoable -   -d, --demoable-dir=DIR  the directory containing the
demoable -                        demoable script files
demoable -   -f, --file=FILE          the file name of the demoable
demoable -                        script to run
demoable -   -s, --shell=SHELL        the shell to use
demoable -   -t, --title=TITLE       the title to use for the browser
demoable -   -w, --width=WIDTH       the width to use for the browser
demoable -   -h, --height=HEIGHT     the height to use for the browser
demoable -   -m, --mouse              use mouse
demoable -   -n, --no-mouse          do not use mouse
demoable -   -r, --refresh            refresh the browser
demoable -   -l, --load=FILE         the file name of the R script to
demoable -                        load
demoable -   -e, --eval=CODE         the R code to evaluate
demoable -   -o, --output=FILE       the file name of the output
demoable -                        file
demoable -   -c, --cleanup           cleanup the output file
demoable -   -p, --port=PORT         the port to use for the browser
demoable -   -H, --http              use http
demoable -   -S, --https              use https
demoable -   -P, --portno            the port number to use for the
demoable -                        browser
demoable -   -A, --address=ADDRESS   the address to use for the browser
demoable -   -D, --device=DEVICE     the device to use for the browser
demoable -   -E, --environment=ENV  the environment to use for the
demoable -                        browser
demoable -   -F, --font=FONT         the font to use for the browser
demoable -   -G, --geometry=GEOM     the geometry to use for the
demoable -                        browser
demoable -   -I, --icon=ICON         the icon to use for the browser
demoable -   -J, --jscript=JSCRIPT   the jscript to use for the
demoable -                        browser
demoable -   -K, --keymap=KEYMAP     the keymap to use for the browser
demoable -   -L, --language=LANG     the language to use for the
demoable -                        browser
demoable -   -M, --mode=MODE        the mode to use for the browser
demoable -   -N, --no-browser        do not use a browser
demoable -   -O, --no-quit           do not quit the browser
demoable -   -Q, --quit              quit the browser
demoable -   -R, --no-remote         do not use remote
demoable -   -T, --terminal=TERM     the terminal to use for the
demoable -                        browser
demoable -   -U, --url=URL          the url to use for the browser
demoable -   -V, --verbose           verbose
demoable -   -W, --width=WIDTH       the width to use for the browser
demoable -   -X, --height=HEIGHT     the height to use for the browser
demoable -   -Y, --mouse              use mouse
demoable -   -Z, --no-mouse          do not use mouse
demoable -   --help                display this help message
demoable -   --version             display the version number
```

### 繪圖功能導覽

繪圖是R的強項之一，可以依據使用者的需要設計，無論是標示、位置、說明等等，都比一般的軟體有彈性，但需要使用者熟悉語法及功能。

- 可以使用 help(demo)
- 圖形使用導覽可透過 demo() → 之後再以 demo(graphics)、demo(images) 等指令查詢 R 的繪圖功能。

### 變數型態

R 的變數儲存可分為三種基本型態：

- 數值(Numeric)
- 文字字串(Character String)
- 邏輯(Logical): True 或 False
- 註：函數(Function)也可視為另一種型態

變數又可依其維度(Dimension)分為：

- 單一數值或「行」向量(Column)
- 二維資料：矩陣(Matrix)
- 三維以上資料(Array)

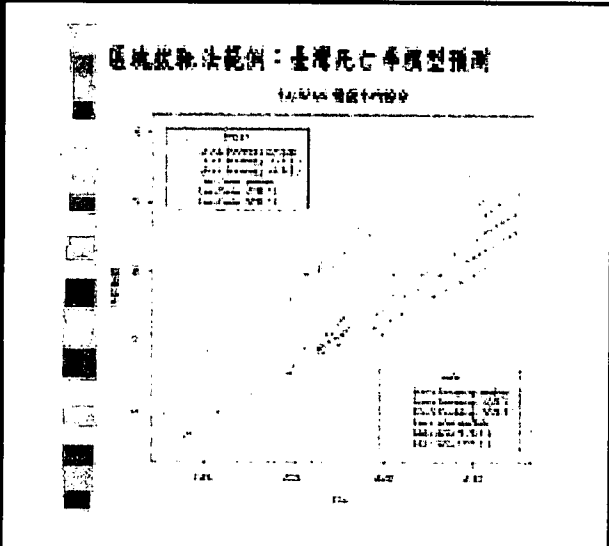
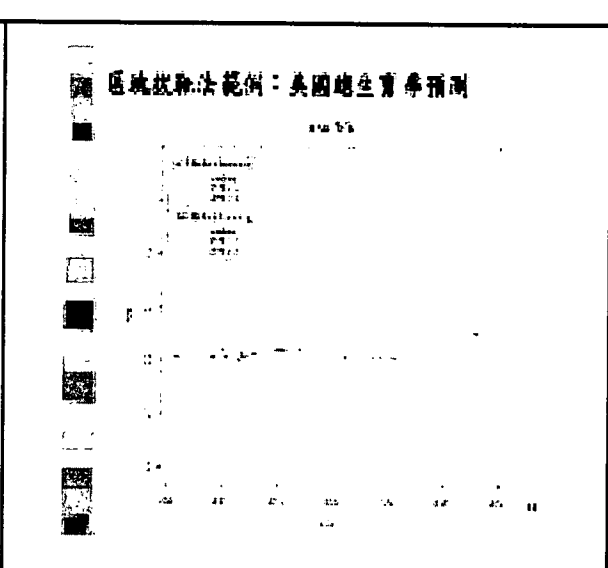
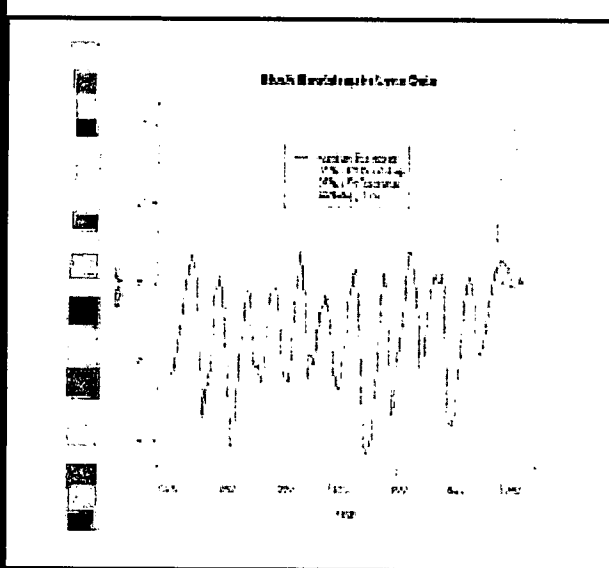
### 參考教材

變數及基本操作請參考兩份簡表：

- 台灣大學數學系陳區教授編撰的「R Programming」
- 網路上下載的簡表「Introduction to S-PLUS (Win2000/NT)」

→ 這兩份簡表都可從我的網路下載，對初學者而言，建議先熟悉變數的儲存特性，以及資料的基本操作，進階的使用未來會逐步介紹。

- 範例：R 的說明檔中使用「lynx」資料，一共有 114 筆資料，使用 tsboot 指令，可限定固定區域長度，也可指定區域長度跟隨機分配。（兩者所得的結果非常接近。）
- 首先對「lynx」資料取對數，再計算相鄰時間觀察值的差值，之後抽出一整個區域差值，加到最後一期的觀察值，下圖為依據一千次區域抽樣法的模擬，計算而得的 95% 預測區間，與差分後的 AR(2) 模型之預測值之比較。



**作業練習**

我的網站有 R 的練習作業，包括資料輸入輸出、基本操作及運算、繪圖、基本程式等等。這些作業題目有完整的解答，可供參考的練習。

除了網路資源外，也可參考 R 的書籍，其中會有更為完整的操作練習。推薦的書計有：

- The New S Language (1988)
- Modern Applied Statistics with S-Plus (1999)

**R as a calculator**

```

> log(10)
[1] 2.302585
> exp(2)
[1] 7.389056
> seq(0, 5, length=6)
[1] 0.0 1.25 2.5 3.75 5.0
> plot(x=seq(0, 2*pi, length=100))

```

**Object orientation**

primitives (or atomic) data types in R are

- numeric (integer, double, complex)
- character
- logical
- function

set of class, vectors, arrays, lists can be built.

## Variables

```

> x = 49
[1] 49
> as.numeric(x)
[1] 49
> x = "The dog ate my homework"
> substr(x, 1, 10)
[1] "The dog ate"
> x = TRUE
[1] TRUE

```

numeric

character  
string

logical

## Vectors, Matrices and Arrays

```

vector: an ordered collection of data of the same type
> x = c(1,2,3)
> x^2
[1] 2 4 6

```

Example: the mean expenditures of all 15488 spots on a chip: a vector of 15488 numbers

matrix: a rectangular table of data of the same type

Example: the expenditure values for 10000 games for 30 items: transpose a matrix with 10000 rows and 30 columns

array: 1-, 4-, dimensional matrix

Example: the red and green foreground and background values for 10000 spots on 100 chips: a 4 x 10000 x 100 (3D) array.

## Lists

```

vector: an ordered collection of data of the same type
> x = c(7,5,1)
> x[2]
[1] 5

```

list: an ordered collection of data of arbitrary types

```

> foo = list(x=c("joke", "joke"), y=c(23, 23, 23, 23))
> foo$names
[1] "joke"
> foo$age
[1] 23

```

Typically, vector elements are accessed by their index (an integer), but elements by their name (a character string). list lists types support both access methods.

## Data frames

Data frame: is supposed to represent the typical data table that researchers come up with - like a spreadsheet

It is a rectangular table with rows and columns; data within each column has the same type (e.g. number, text, logical), but different columns may have different types.

Example:

```

> x
  location  success  progress
XXXX1  potential    0.1    FALSE
XXXX2  done        0.0     TRUE
XXXX3  potential    1.0    FALSE

```

## Reading data from files

The read.table() function

- To read an entire data frame directly, the original file will normally have a special header.
- The first line of the file should have a name for each variable in the data frame.
- Each additional line of the file has the line from a row label and the values for each variable.

Price	Floor	Area	Rooms	Age	Condition	
01	53.00	111.0	030	5	0.2	no
02	54.75	130.0	710	5	7.5	no
03	57.50	101.0	1000	5	4.2	no
04	57.50	131.0	850	9	0.8	no
05	55.75	93.0	900	5	5.5	yes

numeric variables and character variables (factor)

## Reading data from files

```

df = read.table("data.txt", header=TRUE)

```

Price	Floor	Area	Rooms	Age	Condition	
01.00	53.0	111.0	30	5	0.2	no
02.75	54.75	130.0	710	5	7.5	no
03.50	57.50	101.0	1000	5	4.2	no
04.50	57.50	131.0	850	9	0.8	no
05.75	55.75	93.0	900	5	5.5	yes

The data file is named "input.dat".

- Supports the data values are of equal length and are to be read in parallel.
- Supports that data are in the vectors. The first column of data is the header row of the data frame.

The read() function

- df = read("input.dat", header=TRUE)
- To separate the data into the columns separate vectors, use as.data.frame
- list = list(df[,1], df[,2], df[,3], df[,4], df[,5], df[,6])
- df = data.frame(list, header=TRUE, as.is=TRUE)



## Storing data

- Every R object can be saved and restored from a file with the commands "save" and "load".
- This uses the XDR (external data representation) standard of Sun Microsystems and others, and is portable between MS-Windows, Unix, Mac.

```
> save(x, file="x.data")  
> load("x.data")
```

11

## Importing and exporting data

There are many ways to get data into R and out of R.

Most programs (e.g. Excel), as well as humans, know how to deal with rectangular tables in the form of tab-delimited text files.

```
> x = read.delim("filename.txt")  
dim(x) # read table, read.csv
```

```
> write.table(x, file="a.csv", sep=";",
```

11

# 人口推估技術轉移

政治大學統計系余清祥

2008年5月12日

導論：R進階功能

<http://csyue.nccu.edu.tw>



## 進階R軟體操作

第二次技術轉移將包含以下項目：

- 邏輯操作及運算(可協助資料處理)
- 繪圖標示、位置、其他功能
- 程式撰寫

## 邏輯運作

R的邏輯為二元(Binary)，看似True或False，計算後會變成0、1，除了可以用來篩選符合條件的紀錄，也能協助簡化計算及程式。

→以下可在R中複製執行

```
x=rnorm(100)
y=rnorm(100)
sum(x>0)
sum(x>0 & y>0)
sum(x<0 | y<0)
x[x>0]
y[x>0]
```

## 邏輯運作的規則

邏輯的紀錄在加減乘除等計算後，T與F分別變成1及0，或是符合及不符合條件。

→指令執行的速度以「條件判斷」較慢，像是判斷某個變數中哪些位置的數值大於0，一般透過「if」之類的指令，但會較費時，只可以較有效率的進行。

```
x=rnorm(100)
x1=(x>0)*c(1:100)
x1[x1>0]
x1=x1[x1>0]
x[c(x>0)]
```

※此與x[x>0]的效果相同

## 多行資料的處理

兩行以上的資料也可使用邏輯判斷篩選，以「usa1973」為例，找出與最重Murder或Assault有關的資料：

```
y1=sort(x2[,2])[46]
x2[x2[,2]>=y1,]
y2=sort(x2[,3])[46]
x2[x2[,3]>=y2,]
a1=mean(x2[,2])
b1=sqrt(var(x2[,2]))
x2[x2[,2]<a1+1.96*b1 & x2[,2]>a1-1.96*b1,]
dim(x2[x2[,2]<a1+1.96*b1 & x2[,2]>a1-1.96*b1,])
```

## 排序與秩(Rank)

排序可以簡化許多資料篩選的流程：→需要區分sort、rank、order的差異。

```
sort(x2[,2]) # 將該變數由小到大排列
rank(x2[,2]) # 計算該變數的「秩」(可重疊)
order(x2[,2]) # 計算該變數的「秩」(不可重疊)
x2[order(x2[,2]),1] # 依該變數高低列出所有
```

註：常見的邏輯操作符號分為以下幾種：

- 「&」、「|」：交集、聯集
- 「~」：否定
- 「=」、「!=」：等於、不等於

## 移動平均

移動平均(Moving Average)是常見的資料均勻方法之一，可以消除資料的局部震盪，但需要謹慎使用。

```
x=rnorm(50)
x1=(x[-c(1:2)]+x[-c(1:50)]+x[-c(49:50)])/3
x2=(x[-c(1:4)]+x[-c(1:3:50)]+x[-c(1:2:49:50)]+
x[-c(1:48:50)]+x[-c(47:50)])/5
y1=c(NA,x1,NA)
y2=c(rep(NA,2),x1,rep(NA,2))
xx=cbind(1:50,1:50,1:50)
mapply(x1,cbind(x,y1,y2),type="b",pch="025")
```

## R的多維資料處理

除了可以使用邏輯運算提高執行效率，也可使用Matrix與Array的行、列運算，減少不必要的迴圈(Looping)。

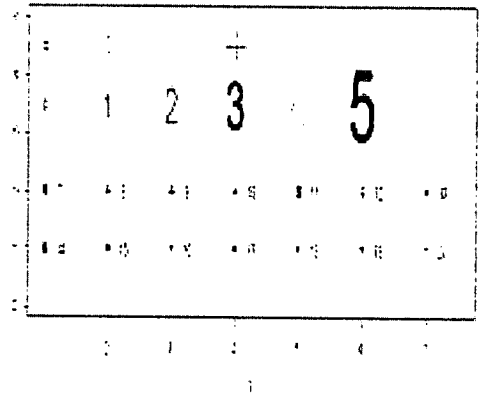
```
x=matrix(1:100,c("mass1973.txt",width=""),ncol=5,
byrow=T)
x1=matrix(as.numeric(x[,2:5]),ncol=4,byrow=F)
x2=data.frame(x[,1],x1)
apply(x2[,c(2:5)],2,function(x) #function可以處理"NA"
```

註：「列、行」運算的代號分別是1、2

## 繪圖指令(字體顏色、大小)

繪圖指令plot及points中，可以選擇字體大小(cex, "Character expansion")、字體顏色(col, "Colour")及符號(pch, "plotting symbol")。

```
plot(1,1,col="red",xlim=c(1,7),ylim=c(0,5),ps="n")
# Do not plot points
points(1:7,rep(4.5,7),cex=1.7,col="red",pch=0.6)
text(1:7,rep(3.5,7),labels=paste(0:6),cex=1.7,col="red")
points(1:7,rep(2,7),pch=(0:6)+7)
# Plot symbols 7 to 13
text(1:7)=0.25,rep(2,7),points((0:6)-7))
# Label with symbol number
points(1:7,rep(1,7),pch=(0:6)+14)
text(1:7)=0.25,rep(1,7),points((0:6)-14))
```



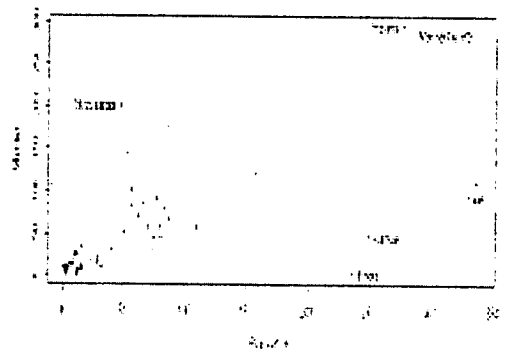
## 繪圖標示(口頭報告)

除了繪圖功能強大，口頭報告時也可使用R，輔助說明。

→例如：「identify」可用於標示，以usa1973為例，探討謀殺率與人口數的關係。

```
plot(x2[,4],x2[,2],xlab="Population",ylab="Murder")
identify(x2[,4],x2[,2],x2[,1])
```

→上述的「標示」以州名為標籤，可以找出哪些州有較多的人口、較高的謀殺率，或是顯示這兩者有明顯的關聯。



註：在此僅標示出人口、謀殺率較突出的幾個州。

### 區塊拔靴法繪圖練習

在此以R的「lynx」資料為例，說明如何繪製預測值，其中也包含歷史的趨勢。

→ 假設預測值分別儲存於y1, y2, y3, y4

```
xx=cbind(1:124,1:124,1:124,1:124)+1820
```

```
yy=cbind(y1,y2,y3,y4)
```

```
maplot(xx,yy,type="l",col=c(1,1,1,4),lty=c(1,3,4,1),
```

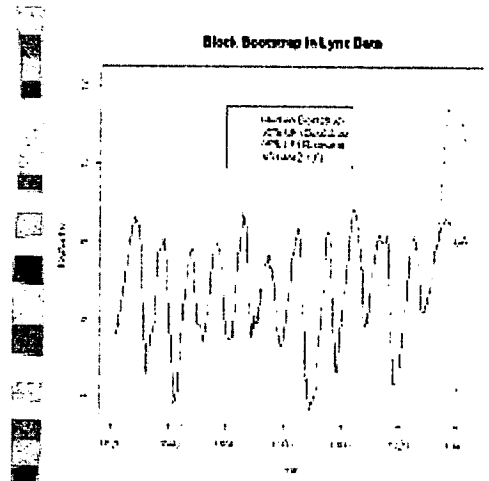
```
main="Block Bootstrap in Lynx Data",
```

```
xlab="Year",ylab="log(Lynx)")
```

```
legend(1860,11.5,c("Median Bootstrap", "95% LPI Bootstrap", "95% LPI Bootstrap", "ARMA(2,1,0)"),
```

```
col=c(1,1,1,4),lty=c(1,3,4,1))
```

13



### 邏輯及繪圖

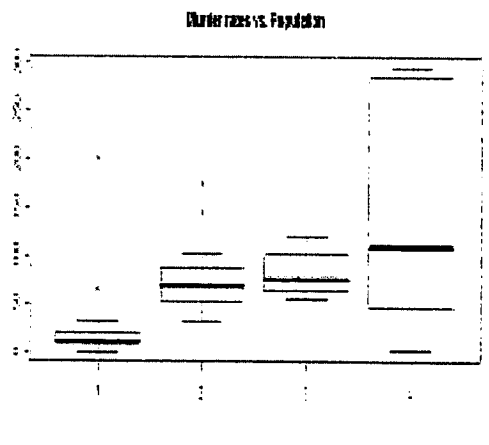
邏輯及繪圖可以進一步結合，例如：前述的各州人口似乎與謀殺率成正比，可以依人口數分成四種可能，再以箱型圖檢視結果。

```
group=1+(x2[,4]>=50)*1+(x2[,4]>=100)*1+
(x2[,4]>=200)*1
```

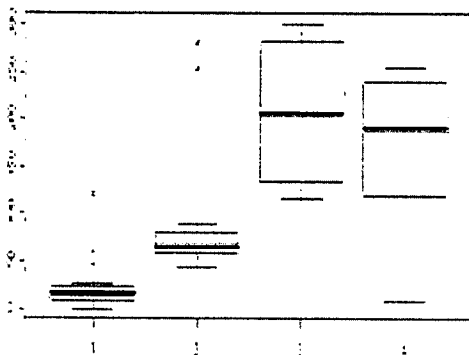
```
boxplot(spln(x2[,2],group),main="Murder rates vs. Population")
```

```
boxplot(spln(x2[,3],group),main="Assault rates vs. Population")
```

14



Assault rates vs. Population



### 迴圈

雖然執行迴圈(loop)比較花費時間，但視情形仍有使用的必要。常見的迴圈包括：

- 「for」、「while」

```
→ temp=NULL
```

```
for (i in 1:1000) {
```

```
  x=rnorm(100)
```

```
  x1=mean(x)
```

```
  temp=c(temp,x1)
```

```
}
```

```
hist(temp)
```

註：上述的迴圈將得到N(0,0.01)的分配；

結合行向量可用「cbind」。

## 迴圈(續)

「while」的操作方式與「for」類似，僅在條件符合時才執行，上一頁的程式只需修改與「for」的那一行指令為：

```
i = 1  
while (i <= 1000) { ... i=i+1 ... }
```

■ 條件敘述「if... else」的型態如下：

```
if (檢驗某個條件) {執行A}  
else {執行B}
```

→ `a1 = max(a1)`

```
if (a1 < 0) {a2 = a2 - 1} else {a2 = a2}
```

..

## 程式

程式的撰寫在R不可或缺，需要注意輸入的變數及格式。程式的基本格式為：

```
function(變數) {程式主體}
```

範例：`gcd = function(a,b)`

```
{ if (b==0) a else gcd(b,a%b) }
```

→ 上述函數「gcd」可找出兩個數值的最大公因數，需要輸入兩個數值；其中`%b`為同餘(只計算餘數)，而且程式可以重複呼叫自身，提高執行效率。

..

## 程式(續)

若只鍵入程式名稱，則可叫出程式的內容，檢視程式內容及撰寫方法。

→ 試著鍵入幾個程式，看看哪些程式是R的核心指令，哪些是由使用者貢獻。(e.g. 「mem」、「life.table」)

→ 猜猜看，以下程式的用意：

```
permute.x<-function(data,k){  
  y=rep(10,k)^((k-1)!)  
  r=matrix(data,ncol=k,byrow=T)  
  x1=apply(x,1,rank)  
  yy=apply(x1*y,2,sum)  
  return(table(yy))  
}
```

..

## 作業練習

請參考今天的另一份講義，試試資料操作及篩選，以及繪圖的幾個練習題。

..

# 人口推估技術轉移

政治大學統計系余清祥

2008年5月15日

導論：人口推估操作

<http://csyue.nccu.edu.tw>



## 人口推估實際操作

第三次技術轉移將包含以下項目：

- 矩陣運算
- Cohort Component Analysis
- Block Bootstrap and Simulation

## 矩陣運算

R的矩陣操作分為兩種，一種是對應位置的計算，一種是一般的矩陣運算：

```
A=matrix(c(1,4),nrow=2)
B=matrix(c(3,6),nrow=2)
A*B
A%*%B
A^2
A%%A
```

→這兩者的結果不同，注意區分其中差異。另外，矩陣運算也如同一般的計算，可以在一行中包含一串指令。

## 反矩陣、聯立方程式

R的反矩陣求解、解聯立方程式都相當方便，可以使用「solve」：

```
A=matrix(c(1,4),nrow=2)
solve(A) # A的反矩陣
b=c(3,1) # 如果要解 Ax=b 連立方程式
solve(A,b)
```

→如果反矩陣不存在，將出現錯誤訊息，建議可以先計算矩陣的行列式值(不等於0)，或是矩陣的特徵值(全部不為0)。

```
det(A)
eigen(A)
```

## 特徵值、特徵向量

矩陣的特徵值(Eigen-value)與座標變換的放大程度有關，亦即若 $\lambda$ 為矩陣A的特徵值，則存在向量 $x$ 滿足： $Ax = \lambda x$ 。R可以計算及輸出矩陣的特徵值及特徵向量，方便簡化矩陣次方的計算。

```
A=matrix(c(1:9),nrow=3)
aa=eigen(A)
aa$vector%*%diag(aa$values)%*%solve(aa$vector)
```

註：如果A為對稱矩陣，則A等於 $PAP'$ ；否則需由 $PAP^{-1}$ 得出。P為特徵向量、A為對角等於特徵值的矩陣。

## 矩陣次方

矩陣的次方計算與一般數值的次方計算不同，不能直接用 $A^n$ 得出，但可藉由特徵值計算，因為 $A^n = (PAP^{-1})^n = P A^n P^{-1}$ 。

```
A=matrix(c(1:9),nrow=3)
aa=eigen(A)
bb=aa$values^5
aa$vector%*%diag(bb)%*%solve(aa$vector)
A%%A%%A%%A%%A
```

註：上述的驗算可以得出相同的答案。

### 人口變動要素組成法 (Cohort Component Projection Method)

- 選定一年為基年，以基年的單一年齡人口乘上該年齡的存活率，分別推計下一年度的男、女各年齡人口：

$$P_{t+1}(i) = P_t(i) - D_t(i) + I_t(i) - E_t(i)$$

0歲部份使用生育率來推計未來出生人口，移入、移出一概假設為0。

$$B(t) = \sum_{i=15}^{49} P_t'(i) \times f_i(t)$$

- 人口學家利用數學的方法，將人口推估所需的成份 (Component) 以一矩陣來表示，稱為Leslie矩陣 (Leslie Matrix)，記做  $M$ 。

- 第一列中的元素表示單一年齡育齡婦女的生育率，只在15至49歲有值，其餘為零。而對角線以下的元素則為男、女各單一年齡的存活率，表示今年  $i$  歲的人，乘上存活率可得明年  $i-1$  歲的人口數。其估計可寫成：

$$M X_t = X_{t+1}$$

0	0	...	$f_0$	...	$f_n$	0	...	$P_1(t)$	$P_1(t+1)$
$P_1'$	0	...	0	...	0	0	...	$P_2(t)$	$P_2(t+1)$
0	$P_2'$	...	0	...	0	0	...	$P_3(t)$	$P_3(t+1)$
0	0	...	0	...	0	0	...	$P_4(t)$	$P_4(t+1)$
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...

- Leslie矩陣分別推估男性、女性的人口數。其中男性的出生數通常藉由女性的出生數，乘以出生性別比 (Sex Ratio，大約是1:1.05) 求得。

- 某地區推估人數的增減可由Leslie矩陣，或是矩陣的特徵值看出，因為：

$$M^k X = M^{k-1} (M X) = M^{k-1} \sum_{i=1}^n \lambda_i v_i$$

$$\rightarrow \lambda_i^k v_i \text{ as } k \rightarrow \infty$$

其中  $\lambda_i, v_i$  為矩陣  $M$  的第  $i$  個特徵值、特徵向量。(令  $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \dots \geq \lambda_n$ )

- 如果  $\lambda_1 > 1$  則未來人口將增加；反之，未來人口將減少。但若特徵值為虛根時，則需透過矩陣乘積計算未來人口。

- 對應於Leslie矩陣最大特徵值的特徵向量  $v_1$ ，將是該地區到達穩定時 (參閱上一章 Sharpe-Lotka定理) 的各年齡層的人口結構。

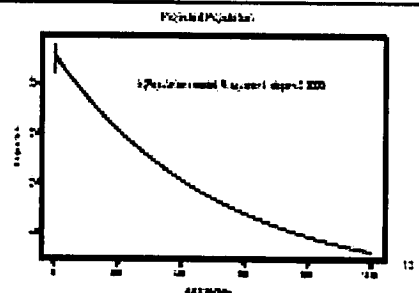
範例一：某地的兔子總數可由下列的Leslie矩陣推估，試求穩定時的年齡結構。

$$M = \begin{bmatrix} 3340 & 5152 & 1506 \\ 9946 & 0 & 0 \\ 0 & 9880 & 0 \end{bmatrix}$$

→ 代入  $X = (5, 10, 15)$ ，即 0, 1, 2 歲的兔子比例各為 1:2:3。

#### 範例一(續)

- 因為  $M$  的特徵值為虛根，只能藉由矩陣乘積求得穩定時的總數及結構。經過一千期計算得出  $X = (1.054, 1.050, 1.039)$ ，每年約下降 0.12%，如下圖。

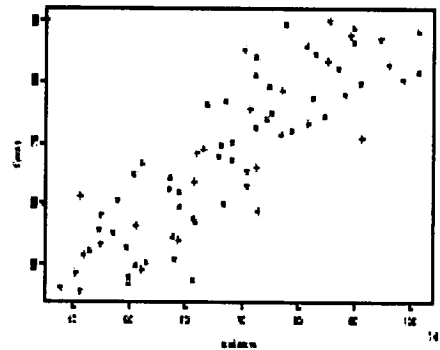


## Bootstrap(拔靴法)

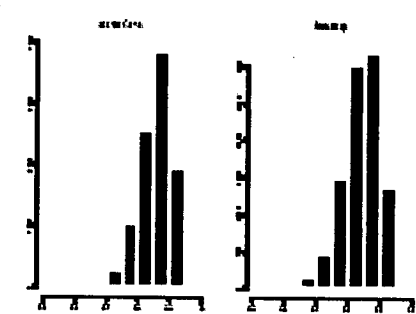
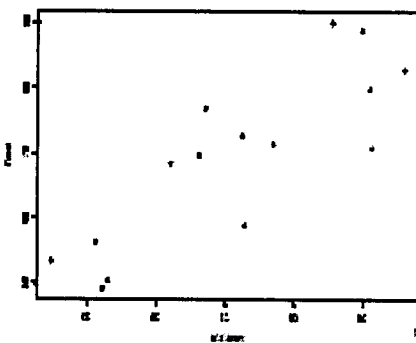
■ Bootstrap法可追溯到Efron於1979提出的方法，屬於重複抽樣(Resampling)方法，將已有的觀察值當作是母體重複抽樣(與Monte Carlo有真實母體不同!!)，以求取原先因資料不足而無法探討的資料特性，早期探討的特性以變異數為主。

→舉例而言，假設  $X_1, X_2, \dots, X_n$  為來自同一分配的觀察值，而我們想瞭解這個分配的中位數與其中位數的變異數。

範例二：75位選擇統計學的學生，想瞭解期中考與總成績的相關性，只抽出15位學生。



抽出的15位學生與母體特性大致接近，相關係數分別是0.8399及0.8543。



比較各一萬次模擬，Monte Carlo法由母體任意抽出15個樣本得出的相關係數，與15個樣本以Bootstrap法算出的相關係數。

→兩者非常接近!(標準差0.0540 vs. 0.0654)

■註：

(1)理論上，我們認為

Bootstrap error

= Sampling error + bootstrap simulation error

(2)當有充足的樣本數，且樣本具有與母體類似的特性時，Bootstrap可用來近似分配的形狀。(Shift methods!)

範例三：由Poisson分配抽出的隨機樣本

1 4 5 6 6 7 7 8 8 8 8 8 8 9 9 9 9 10  
10 10 10 11 11 11 11 12 12 12 13 15 15

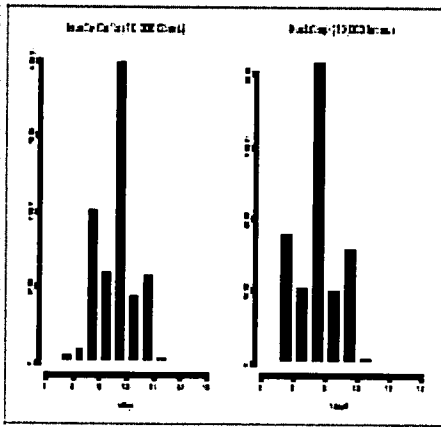
已知樣本中位數為9，欲求出母體中位數的估計區間，可由Bootstrap模擬出標準差。10,000次模擬得出標準差估計值0.6731，因此中位數的95%估計區間

(7.6538, 10.3462)

涵蓋了實際中位數10。

註：母體為Poisson(10)。





兩者的差異並不大!(標準差0.7356 vs. 0.6731)

### 區塊(Block)抽樣法

- 區塊抽樣法的重複抽樣方式類似一般的抽樣法，只是每次抽取一個「區塊」的資料，當資料服從均衡(Stationary)假設時，區塊抽樣法大多都適用。
- 區塊抽樣法用於相關資料有不錯的效果，雖然不如獨立樣本時一般抽樣法的準確，但比Subsampling效果好，而且不需要資料滿足很強的條件，加上操作時不需對資料給予任何假設，實際上是很好的選擇。

- 區塊抽樣法的抽樣方式類似抽樣法，但不是對觀察值直接抽樣，而是對相鄰觀察值的差異抽樣，而且抽取時將連續一串的差異值抽出。例如：若區塊長度為  $b$ ，且抽到第  $k$  個觀察值，則第  $k$  個至第  $k+b-1$  個差異值被抽出，最後一個觀察值加上這些差異值即為預測值。
- R 的模組「boot」也有處理時間數列資料(相關資料的一種)的功能，細節可查閱「tsboot」指令。(這個指令可指定區塊長度為定值，或是服從幾何分配。)

- 範例四：R 的說明檔中使用「lynx」資料，一共有 114 筆資料，使用 tsboot 指令，可限定固定區塊長度，也可指定區塊長度服從幾何分配。(兩者得出的結果非常接近。)
- 首先對「lynx」資料取對數，再計算相鄰時間觀察值的差值，之後抽出一整個區塊差值，加到最後一期的觀察值。下圖為依據一千次區塊抽樣法的模擬，計算而得的 95% 預測區間，與差分後的 AR(2) 模型之預測值之比較。

```

# Block 長度 10，均勻抽樣。
aa=log(lynx)
bb=aa[-1]-aa[-length(aa)]
n=length(bb)-9
r1=NULL
for (i in 1:1000) {
  k=sample(n,1)
  k1=k+9
  a1=bb[a(k:k1)]
  b1=NULL
  for (j in 0:9) {
    k2=k+j
    b1=c(b1,sum(bb[k:k2]))
  }
  r1=cbind(r1,b1)
}

```

