

第一章 緒論

1.1 研究動機與目的

二次世界大戰後，人口迅速成長造成了許多社會問題，但21世紀以來生育率持續降低同樣也為社會造成少子化與高齡化等等問題。而少子化與高齡化問題早在10年以前就可見端倪，但未引起社會媒體的重視。直到近年來，人們發現幼稚園招收不到學生而倒閉、勞動生產人口的減少才驚覺其嚴重性。2009年我國總生育率為1.03，成為全球生育率最低的國家之一，對幼兒觀念從以往的「多子多孫多福氣」到提倡「一個不嫌少，兩個剛剛好」的轉變，由此可見生育率日趨減少的現象。台灣人口正以飛快的速度老化中，目前為7個人撫養一位老人，而在二、三十年後，很有可能變為兩個人撫養一位老人，未來台灣將成為老人國，年輕人的負擔越來越重，除此之外對教育、經濟的衝擊會日趨明顯。由經建會「中華民國臺灣97年至145年人口推計」中指出台灣人口大致在2023年至2028年左右達到高峰，人口成長率開始由正轉負，台灣將面臨前所未有的情況。為了減緩各種問題的發生，嘗試預測未來人口發展趨勢，明瞭問題的根源，能更有效的提出適當的因應方法。本文欲探討未來台灣人口發展，了解人口的成長趨勢以及變動，利用歷年人口數資料，預測未來人口數並與經建會以各項人口變動要素之假設推算未來人口數之結果做比較，並探討婦女總生育率變動使得人口結構轉變所造成的社會問題，希望能提早發現將面臨的問題與其嚴重程度，並針對問題提出改善與減緩的方法。

1.2 文獻探討

經建會每兩年進行人口推估，其中「中華民國臺灣97年至145年人口推計」採用人口變動要素組成方法（Cohort-Component Method），經由各項人口變動要素之假設，包括婦女生育率、男女嬰出生性別比例、生命表中之未來人口存活機率及國際遷徙等各項假設，利用人口平衡公式以單一年齡組別移動推算出未來男、女性單一年齡人口數。至於推計方法及推計各項假設，則邀請學者給予指導。推估期間為97年至145年，各項人口變動要素所設定之假設如表1.1。其中總生育率假設之依據，考慮生涯未婚率、婦女全程生育子女數及離婚死亡等影響係數，設定145年總生育率之理想目標、挑戰目標（高推計）及政策目標（中推計）三種不同情境值（見表1.2）。婦女全程生育子女數又稱為世代生育率（Completed Cohort Fertility Rate，簡稱CFR或CCFR），係累計每一世代婦女各生育年齡之生育子女數，以紀錄一個婦女一生中所生育子女總數，婦女生育年齡涵蓋時間長約35年（各國皆以15至49歲婦女稱為育齡婦女）。

表1.1 經建會人口推計報告之重要假設

項目	單位	97年(推估起始年)	⇔	145年(推估終止年)
一、存活機率				
零歲平均餘命—男性	歲	75.6		82.2
女性	歲	82.3		89.0
二、總生育率				
替代水準	人	1.1	104年1.60	2.10
理想目標	人	1.1		1.75
挑戰目標(高推計)	人	1.1		1.60
政策目標(中推計)	人	1.1		1.40
機率預測(低推計)	人	1.1		1.06
三、出生嬰兒性別比例	女性=100	男性=109.1	110年106.5	106.5
四、淨遷徙人數				
男性	人	3,600	115年3,600	3,600
女性	人	17,100	115年11,400	11,400

表1.2 經建會人口推計報告不同情境下總生育率之假設

假設情境	(1-生涯未婚率)	× 婦女全程生育子女數	× 離婚及死亡影響係數	= 145年總生育率目標值
替代水準				2.10人
理想目標	1-12%	2.04人	0.975	1.75人
挑戰目標(高推計)	1-16%	1.95人	0.975	1.60人
政策目標(中推計)	1-18%	1.75人	0.975	1.40人
機率預測(低推計)				1.06人

另97年由內政部人口政策委員會發表之「人口政策白皮書」設定總生育率目標為「期望2015年達OECD國家1.6人水準」延伸此目標，將145年達2.10人替代水準作為第四種情境。此外，依據經建會96年委託研究「隨機模型與電腦模擬的人口推估研究」之數據，係採用隨機機率模型以電腦模擬之區塊拔靴法（Block Bootstrap）所得到之總生育率假設於145年降為1.06人作為第五種情境－機率預測（低推計）。五種情境下之總生育率趨勢見圖1.1。

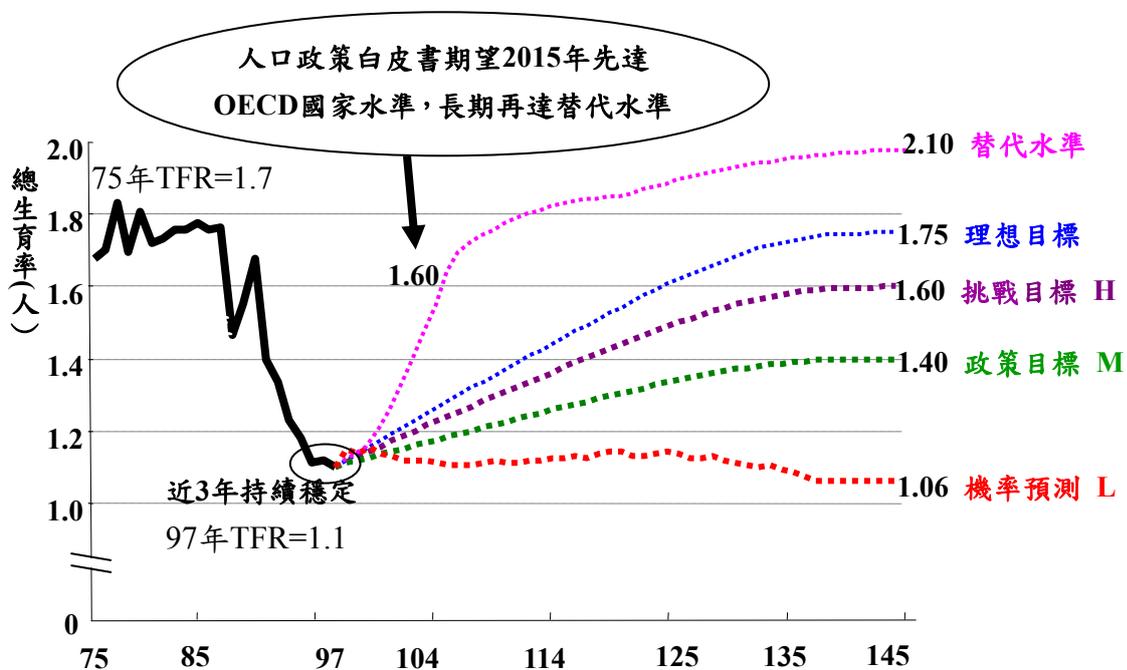


圖1.1 台灣地區不同情境下總生育率假設趨勢

資料來源：經建會「中華民國臺灣97年至145年人口推計」

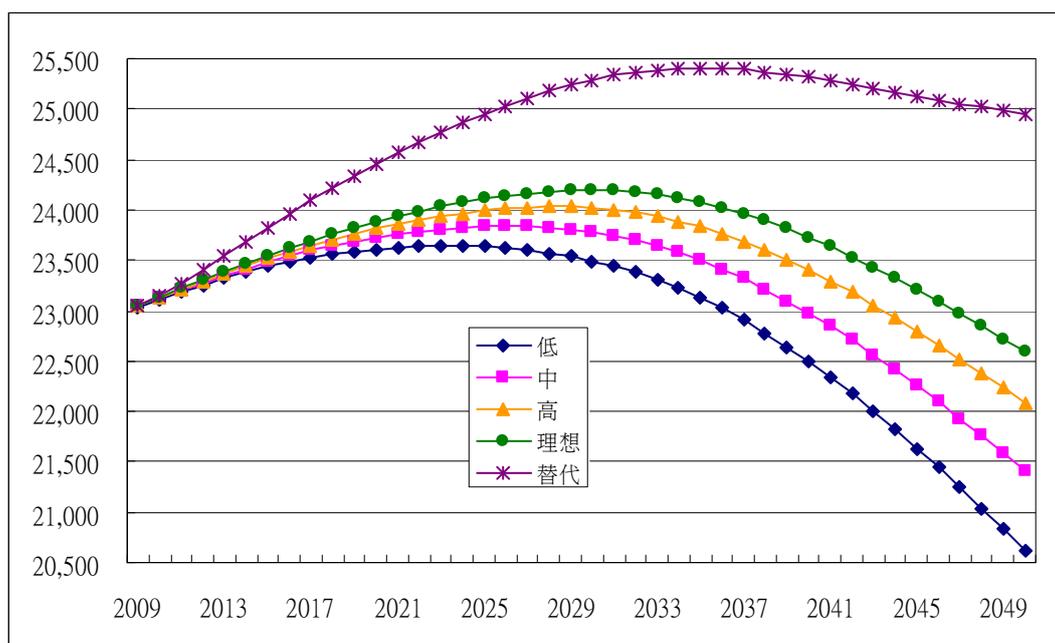


圖 1.2 台灣地區不同情境下人口發展趨勢 (單位:千)

表 1.3 不同情境下達人口高峰之年份與人數

	低	中	高	理想	替代
年份	2023	2026	2028	2030	2035
人數(千)	23646	23837	24031	24198	25410

圖1.2為「中華民國臺灣97年至145年人口推計」中五種情境下推計結果，其人口高峰之年份與人數見表1.3。目前台灣婦女總生育率維持在1.1左右，則僅就高、中及低三種推計結果討論，總人口將於2023至2028年間由正成長轉為負成長，主要原因為婦女生育水準已遠低於維持穩定人口結構之「替代水準（replacement level）」，替代水準是指一個世代之人口完全由同一數目的下一世代所替代，即可維持長期穩定之人口結構，亦即每年每一婦女所生子女數，恰好遞補上一代之人數。我國自1984年起總生育率開始低於替代水準(2.1)，加上近年來總生育率仍持續下滑，未來人口成長由正轉負將為不可避免之趨勢。此份報告中五種情境下之總人口數隨出生數的減少而陸續達到高峰後下降將導致未來幼童及學齡人口遞減、高齡化社會、勞動力結構老化與依賴人口扶養比提高等現象。

另于宗先、王金利(2009)以最小平方法預測人口自然增加率推算未來人口數，即未來台灣人口數=當期人口數*(1+自然增加率)，其有兩結果，一為線性模型在2012年達人口高峰2292萬人，二為曲線模式在2011年達人口高峰2286萬人，並指出醫藥衛生的增進，人類壽命越來越長，也因此社會高齡化現象也就越來越明顯，若配合數減少中的幼兒，老人比例就會大幅上升，將產生人口結構高齡化現象，使得勞動力結構老化。

林彩梅、賴素鈴、鄧旭茹(2006)以較長期的資料期間(1949~2004年)以及統計模式(包含一般線性趨勢模式、ARIMA與解構模式)進行生育率之模式估計與預測，發現我國生育率的確正逐年下滑，其中解釋能力最佳之解構模式的預測結果在2005年至2009年分別為1.34、1.27、1.24、1.21以及1.15，呈現大幅下滑，而實際的生育率為1.115、1.115、1.1、1.05及1.03，遠比預測值低，因此人口老化、青少年勞動力不足、以及就學人口大幅減少等問題實令人憂心。

黃意萍、余清祥(2002)以1951年至1995年的婦女總生育率為資料進行Gamma函數、Gompertz函數、Lee-Carter法三種模式及單一年齡個別估計法，1996年至2000年資料為檢測樣本的驗證資料，尋求較適合台灣地區生育率的模型，發現使用單一年齡個別估計法或經由WLS修正的Lee-Carter模型較佳且以上四種預測方法均顯示未來的總生育率將持續下降，並提及生育率的未來變化，對於台灣人口、家庭、勞動力等將會產生衝擊，如何掌握精確的人口變遷趨勢是規劃相關措施時的重要工作。

楊靜利、馮曉蘋(2005)指出人口老化的主因來自於生育率降低，也就是幼年人口數的減少，使教育資源過剩、勞動力短缺及老化與養老負擔的問題緊接而來。另中央研究院在2009年提出的「2020年的人口社會結構預測報告」中，對社會人口結構的分析，包含「人口與家庭變遷」(高齡與少子化)與「社會不平等」(教育、經濟與健康不平等)，對於高齡化社會不單單是因為少子化現象，目前65歲以上老年人的身體比過去同年齡老年人要更為健康，平均餘命提高也是使社會走向高齡化的原因。

第二章 台灣人口發展概況

自日本統治台灣之始，日本就已對台灣進行人口普查，第二次世界大戰後數年，臺灣人口發生巨大的變動，先是在台灣的日本人撤回日本，其次是來台接受日本投降的國民政府所派的官、兵及隨後來台的大陸人；後來因國共戰爭失利，國民政府播遷來台，隨政府播遷來台的官、軍、民及其家屬，在 1949 年與 1950 年大量流入台灣(于宗先、王金利，2009)，直至 2009 年台灣人口都持續增長。

林勝偉(2004) 指出1946至1969年間，大部分的軍人僅在軍事體系中設有「兵籍」而並未設立「戶籍」，因此，1970 年以前台灣總體人口之數據並未涵蓋極大比例的軍事人口，此一制度造成了總體人口數據上的「誤差」。人口學家早已指出，由於1969年以前台灣總體人口的數據中並未包括（戰前入伍的）職業軍人，因此造成此一數據的誤差甚至系統性的扭曲，干擾了學術單位與社會各界對於人口現象的描述與分析（參見官蔚藍1963；李棟明1968；劉克智197；陳寬政、葉天鋒1982；林勝偉2002）。從各項官方統計數據來看，1970年以前台灣的人口結構有著相當不尋常的變遷，這段時間中，台灣的人口結構中逐步形成了一個年齡上以青壯年為主、性別上幾乎由男性組成的特殊世代。

1969年戶籍與軍人戶口調查等相關辦法完成重大修訂後，軍事人口終於納入或「改隸」於一般戶籍；至此，台灣總體人口的統計數據才真正完備。因此本章探討台灣1970至2008年，台灣總人口發展概況。

人口成長受兩個因素影響，一個是自然增加，也就是出生與死亡所引起的自然變動，另一個是社會增加，即因國際遷徙引起之社會變動。就台灣人口而言，遷移變動的作用極小，自然增加是人口變動的主要原因。

2.1 出生率

出生率係指當年出生之活產數與年中人口總數的比率，亦即一年內每一千位年中人口之平均活產數。1950年至1969年間，戰後嬰兒潮及死亡率快速下降，造成人口快速成長，1970年以前台灣出生率始終高於2.5%，嚴重影響台灣之經濟發展，因而有訂定人口政策緩和人口成長速度之議。1969年政府公布人口政策綱領，開始從事大規模的家庭計畫推廣工作(孫得雄、陳肇男、李棟明，2001)，全面提倡避孕，提出“子女少、幸福多”、“一個不算少，兩個恰恰好”等口號。1951年出生率上升至5%，之後出生率不斷下降，1960年以後，人口出生率開始下降到4%以下，惟1966年以前出生率仍高於3%，1967年則下降到3%以下，實行家庭計畫後，出生率持續下降，1984年以後降至2%以下，1990年開始受到社會環境、職場競爭激烈等的影響，使得出生率下降，2004年起低於1%。另外受到傳統觀念之影響，龍年的新生嬰兒潮，1964、1976、1988及2000年，也就是龍年的出生率相對與附近幾年來得高。

2.2 死亡率

死亡率係指某年人口的死亡數與該年年中人口總數之比率，亦即每千人口之死亡數。長久以來，台灣出生率高於死亡率，1952 死亡率開始低於 1%，1970 年降低至 0.5%，1972 年來到最低死亡率 0.47%，之後的趨勢就維持在其附近，直到 1988 年回升到 0.5%以上，2008 年的死亡率為 0.6%。

2.3 自然增加率與成長率

所謂自然增加率指的是一國或一地在一年中自然增加數對年中人口數的比率，或粗出生率減粗死亡率之差。成長率係指每千人口在一年期間增加的人口總數，在這種增加人口中，包括遷徙增加及自然增加的人口。

從圖2.1得知，1950年與1969年的自然增加率與成長率產生較大差異；其餘年份兩者是接近的，相近者表示在戶籍人口登記上社會人口變動流動並無大變動，1950年左右自然增加率與成長率的差異，可視為非軍人之大陸人士遷入來台，1969年為戶籍上補登記之軍人(于宗先、王金利，2009)。

台灣歷年來出生率始終高於死亡率，但兩者差距有越來越接近的趨勢，因為死亡率的變動較小，主要是受到出生率的變動影響著自然增加率，所以自然增加率的趨勢大致與出生率相同。

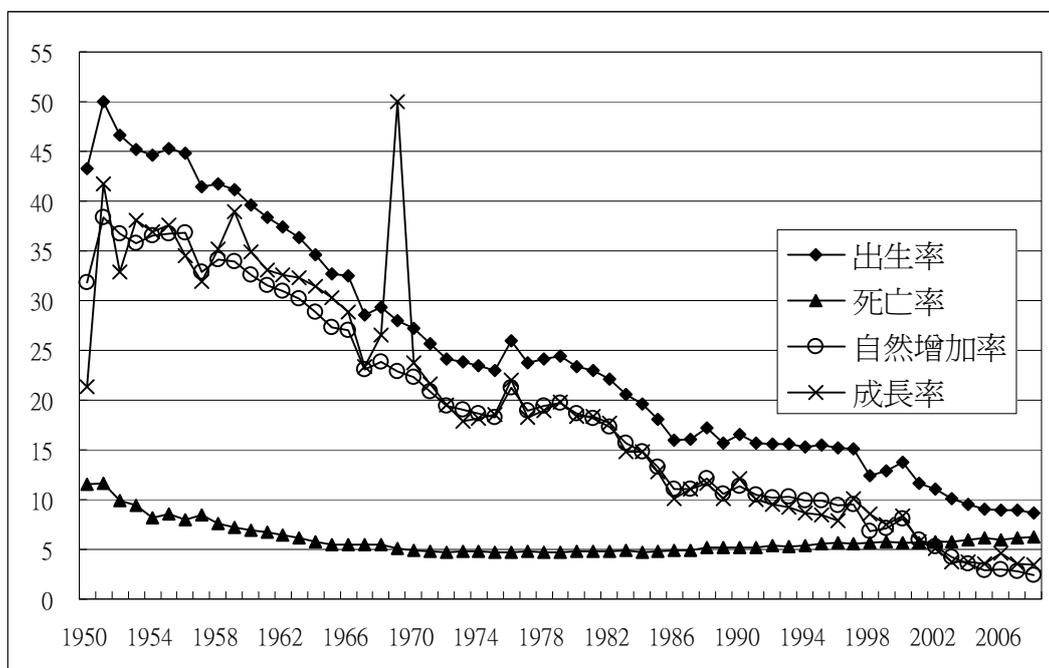


圖2.1 1958~2008年台灣出生率、死亡率及人口成長率的變化（單位：人/%）

資料來源：內政部戶政司，2009。

2.4 總人口數

因為1969年戶籍與軍人戶口調查等相關辦法完成重大修訂後，軍事人口終於納入或「改隸」於一般戶籍，本文總人口數在1970年後開始討論。

台灣人口從高出生率與高死亡率變為低出生率與低死亡率，造成人口的快速增加的過程，同時也是人口轉型的過程。于宗先、王金利(2009)指出，人口轉型，

可分為三個階段。在第一個階段，從高出生率與高死亡率並存，人口呈現靜止狀態；第二階段發生在1921年起，死亡率開始下降，但出生率仍維持在原先的高水準，人口開始快速增加，第三階段，生兒育女的觀念終會受到現代化的影響而使出生率開始下降，一直到所下降的出生率約等於死亡率時人口轉型才完成。第三階段開始年份約在1960年之後，人口出生率緩慢下降，結束的年份應落在出生率約等於死亡率之時，但台灣出生率始終大於死亡率，依此判定過於嚴格，改以死亡率最低點開始上升而超越0.5%為依據，則結束年份約在1987年。

台灣歷年出生率始終高於死亡率，導致人口的增長是處於人口轉型的第二與第三階段，1984年婦女總生育率降至2.1以下，台灣總人口數開始上升的較緩慢，2008年台灣首度突破2300萬人(見圖2.2)。

目前台灣少子化的問題嚴重，預測台灣未來一段時間內仍將持續增長，但很可能由自然增加變為自然減少，逐漸進入人口減少的時代，如果未來少子化未改善，則人口開始負成長的時間會早，高齡化現象將更嚴峻，對未來我國人口結構的影響也將更趨嚴重。

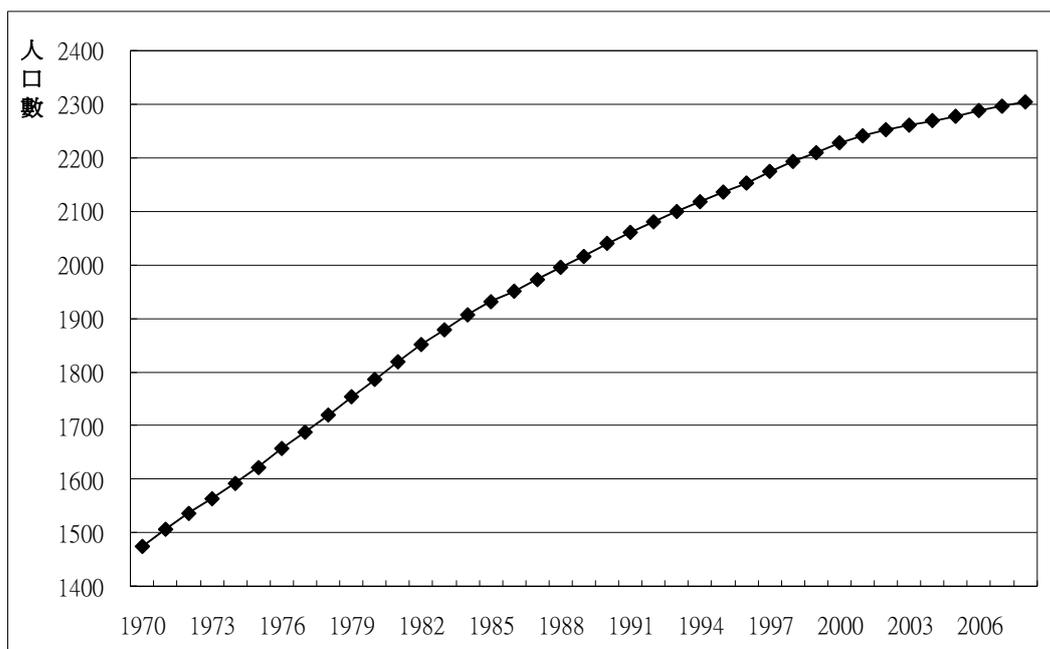


圖2.2 1970~2008台灣總人口數 (單位：萬)

2.5 人口消長的原因

于宗先、王金利(2009)指出，人口增減有兩個因素，一為外力，包含天災、戰亂、傳染病及政府執行的生育政策；另一為內力，也就是夫妻對結婚與生兒育女缺乏興趣，產生原因非常複雜，有經濟因素與社會因素等。人口減少主要由外力造成，而內力為生育的主要力量。

政府執行的生育政策：第二次世界大戰後人口增加快速，對人民生活與經濟造成嚴重影響，因而推動家庭計畫，目的就是要一般婦女節制生育。1949年開始許多學者陸續提出台灣人口的問題，1953年中國家庭計畫協會成立，在1958年以前主要服務項目有生育指導、婚姻指導及家庭生活與衛生之普及教育。1964年成立「台灣省衛生處家庭衛生委員會」，正式公開全面地推行家庭計畫，提出「擴大推行台灣省家庭計畫五年方案」，預期將人口自然增加率由1963年的30‰降為1973年的20‰，1969年政府公布人口政策綱領，這是家庭計畫推行以來第一個條文性的政策法令，開始從事大規模的家庭計畫推廣工作，推出「小家庭，幸福多」口號，後改為「子女少，幸福多」，1971年又推出「兩個孩子恰恰好，女孩男孩一樣好」、「家庭計畫三二一」，即結婚三年生第一胎，隔三年生第二胎。

戰後嬰兒潮表現在1949年到1960年，1952年人口自然增加率由35.7‰下降至1970年的22.3‰，到1980年代人口增加的速度逐漸緩慢，于宗先、王金利(2009)的研究指出，促成台灣人口下降的其他原因還包括了產業結構的改變與男女受教育的機會平等，以及教育費用的大幅提高，科技進步使有偶男女自行控制生育、婦女選擇職業而不選擇生育、「養兒防老」觀念破碎、離婚率大幅提高等等。

1960年代前半期台灣產業由農業轉變為工商業為主流，這種變化打破了傳統的大家庭制，隨著女性受教育的水平提高和教育年限延長，1968年政府推行九年國民教育，高中畢業的就學率也逐年升高，圖2.3為高等教育18—21歲女性淨在學率(淨在學率=各該級教育相當學齡學生人數÷各該相當學齡人口數×100)，1985年後快速上升至2002開始大於50%。1980年代，台灣經濟起飛，女性勞參

率上升，解嚴前女性意識喚醒，自 1987 年解嚴後婦女團體即如雨後春筍般地成立，女性勞參率開始緩慢上升，成長幅度高於男性(見圖 2.4)。因為女性受高等教育的比例與就業率上升，導致女性育嬰期縮短，而台灣結婚率從 1980 年代後持續下降(見圖 2.5)，且選擇職業而不選擇生育的女性越來越多，終生不婚者也不乏其人，內政部戶政司人口政策科科長劉保民也分析，愈來愈多婦女為了取得高學歷，延後了結婚、生育的年齡，甚至導致不生育。社會的轉型對節制生育的家庭計畫有著不可估量的作用。隨著家庭計畫的大力推行和社會經濟的發展，到 1987 年，臺灣完成了人口轉型，即從高生育率、高死亡率發展到死亡率下降，同時生育率較高造成人口總數大幅度增加，最後生育率下降到一個相當低水準的過程。

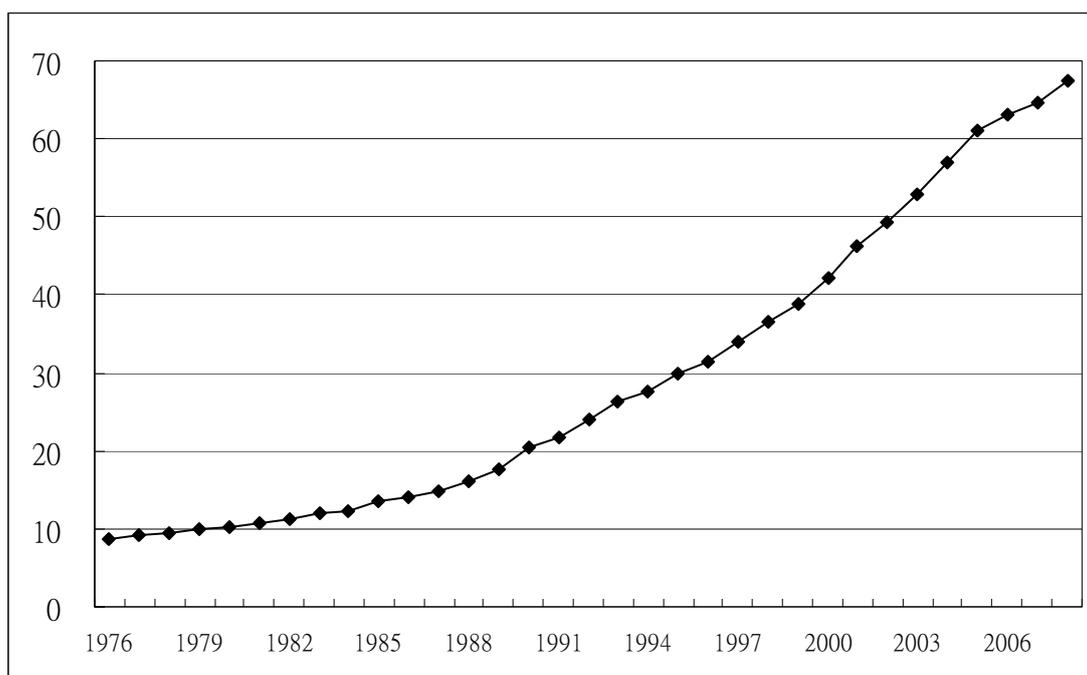


圖 2.3 1976~2008 年女性高等教育 18—21 歲淨在學率 (單位：%)

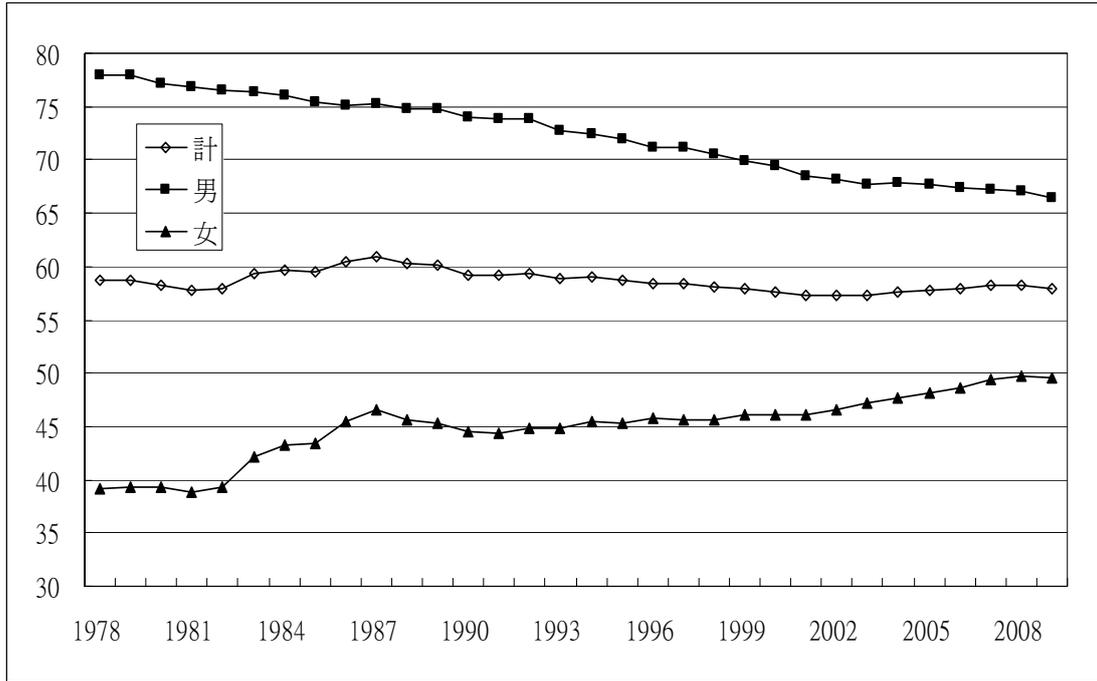


圖 2.4 1978~2008 年勞參率 (單位：%)

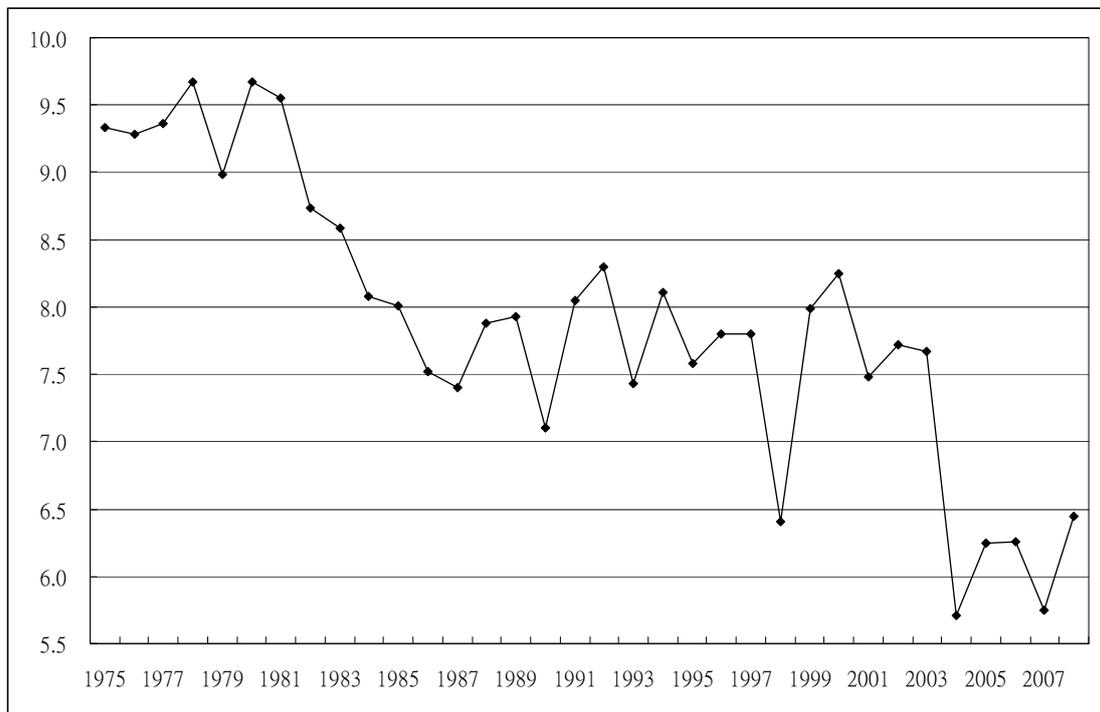


圖 2.5 1975~2008 結婚率 (單位：對/‰)

第三章 人口成長模式

本研究擬利用 Von Bertalanffy 模式、時間序列及 Grey 等模式針對台灣人口數與人口成長率建構模式，預測台灣未來的人口發展，茲將各種分析方法介紹如下：

3.1 Von Bertalanffy 模式

Von Bertalanffy(1938)研究生物之新陳代謝與體重對於生長之關係，提出公式 $P=cQ^a$ ，其中 P 表生長機能， Q 表組織， a 為生長關係常數， c 為隨 P 、 Q 而變化的參數。廣泛研究後，定 a 為 $2/3$ 。Chapman(1961)與 Richards(1959)則分別將此生長函數式應用於動物及植物生長研究上，並將 a 修改為隨生長資料而變動的參數。

Pütter (1920)曾經提出生物的生長為組成(synthesis)和破壞(destruction)之交互作用，即為同化作用和異化作用的交互作用，當同化作用大於異化作用時才有生長，Von Bertalanffy 根據此觀點提出生物生長率模式：

$$\frac{dW}{dt} = nW^m - kW \quad (3.1)$$

其中 W 表生物的體重或重量， n 、 m 、 k 為所求參數， n 為同化作用率， k 表異化作用率， m 表生物內的增值率或生長曲線之坡度(≥ 0)。

Pienaar 及 Turnbull(1973)將 Von Bertalanffy 提出的生物組織與生長機能的關係： $P=cQ^a$ ，應用在林木材積上： $S = n'V^m$ 其中 S 表形成層面積， V 表材積， n' 及 m 表參數。而生長量乃與同化作用量扣除異化作用量後之殘餘量成正比，同化作用量與形成層面積成正比： $c_1 S = c_1 n' V^m = n' V^m$ ，異化作用量與材積成正比 $k'V$ ，則生長量為： $c_2 (n' V^m - k' V) = n V^m - kV$ ，材積之連年生長量模式同為：

$$\frac{dV}{dt} = nV^m - kV \quad (3.2)$$

其中 n 表同化常數， k 表異化常數。

若將此 Von Bertalanffy 模式積分可得：

$$V = \left[\frac{n}{k} - \left(\frac{n}{k} - V_0^{1-m} \right) e^{-(1-m)kt} \right]^{\frac{1}{1-m}} \quad (3.3)$$

其中 v_0 為當 $t=0$ 時之 V 值，如運用在人口成長，則 n 與 k 表示人口增加與減少常數，所得 n 與 k 為負，人口成長速率式表示為 $\frac{dV}{dt} = kV - nV^m$ ，則 $n > 0$ ， $k > 0$ ，其 n 值與成長速度成反比， k 與成長速度成正比， m 表人口成長之坡度， m 與坡度成反比，即 m 越小則坡度越陡。

Richards(1959)將此表示為

$$V = \left[A^{1-m} - C * e^{-Bt} \right]^{\frac{1}{1-m}} \quad (3.4)$$

其中 $A = \left(\frac{n}{k} \right)^{\frac{1}{1-m}}$ 表 V 漸近之極限值(人口發展極限值)， $B = (1-m)k$ ， $C = A^{1-m} - V_0^{1-m}$ ，

更進一步發現

當 $m=0$ 時此模式為 Monomolecular(Mitscherlich)式：

$$\frac{dV}{dt} = n - kV = B(A - V) \Rightarrow V = A(1 - Ce^{-Bt})$$

其趨線特性為：具漸近線(A 表最大極限值)，但不具反曲點

當 $m=2$ 時成爲 Autocatalytic(Logistic)式：

$$\frac{dV}{dt} = nV^2 - kV = \frac{BV(A-V)}{A} \Rightarrow V = \left[A^{-1} - Ce^{-Bt} \right]^{-1} = \frac{A}{1 + Ce^{-Bt}}$$

其趨線特性為：具漸近線(A 表最大極限值)，反曲點為 $A/2$

當 m 趨於 1 時則成爲 Gompertz 式：

$$\frac{dV}{dt} = BV \left(\ln \frac{A}{V} \right) \Rightarrow V = Ae^{-Ce^{-Bt}}$$

其趨線特性為：具漸近線(A 表最大極限值)，反曲點為 A/e

本研究擬利用 Von Bertalanffy 模式推估未來台灣人口，令 V 為台灣人口總數， A 、 B 、 C 及 m 為所求之參數。依目前婦女總生育率的發展，未來人口極有下降之可能，因 Von Bertalanffy 生長將隨時間發展至極限，因此我們嘗試增加一參數 D

使之有下降趨勢(Von Bertalanffy 2)：

$$V = \left[A^{1-m} - C * e^{Dt^2 - Bt} \right]^{\frac{1}{1-m}} = \left[A^{1-m} - C * e^{D \left(t - \frac{B}{2D} \right)^2 - \frac{B^2}{4D}} \right]^{\frac{1}{1-m}} \quad (3.5)$$

而最大值則發生在 $t = \frac{B}{2D}$ ，且極限值由 A 變為高峰 $\left[A^{1-m} - C e^{-\frac{B^2}{4D}} \right]^{\frac{1}{1-m}}$ 。

3.2 時間序列(Time Series)

Box-Jenkins(1976)首先提出自我迴歸平均移動模式(Autoregressive Moving Average Model; ARMA)為時間序列分析方法之一，是由自我迴歸(AutoRegressive; AR)模型，以及移動平均(Moving Average; MA)模型整合而成。ARMA 模型的前提是假設時間序列資料必需是定態(stationary)，定態是指一個數列對於任何外在衝擊僅具暫時性影響，不隨時間的變動而改變(意指其變數具有相同的期望值與變異數)，後來 ARMA 模式擴展至整合之自我迴歸平均移動模式(Autoregressive Integration Moving Average Model，簡稱 ARIMA)，可以處理非定態的時間數列。

本文以時間序列之 ARIMA 模式預測總人口數，ARIMA(p,d,q)可表示為

$$\text{ARIMA}(p,d,q) : \square^d x_t = a_0 + \sum_{i=1}^p a_i \square^d x_{t-i} + \varepsilon_t + \sum_{i=1}^q b_i \varepsilon_{t-i} \quad (3.6)$$

其中 p：自迴歸階數，d：差分階數，q：移動平均階數， $\square^d x_t$ ：將 x_t 差分 d 次，本文 x_t 設為 t 年之台灣人口總數。當 d=0 時其為穩定之 ARIMA，也就是 ARMA。

首先決定要 d 次差分，讓數列定態(平穩)化，通常數列蘊含線性趨勢，一階差分就可以使趨勢平穩，若為曲線趨勢，則二階或三階就可以消除曲線趨勢的影響。另 p 與 q 可利用自我相關函數(Autocorrelation Function; ACF)來鑑定 MA 之階數 q，以及偏自我相關函數(Partial Autocorrelation Function; PACF)來鑑定 AR 之階數 p。另 AIC 準則與 BIC 準則等等也可作為最佳模型(對原始數列配適最為接近並待定

參數的個數最精簡)之重要參考值

建立模型後還要檢查誤差項是否有序列相關，如果有序列相關，則表示模型配適不佳。評估標準為 Ljung-Box(1978)提出的 Ljung-Box Q 統計量，其虛無假設為 H_0 ：殘差序列無相關，統計量為：

$$Q=n(n+2)\sum_{i=1}^m \frac{\hat{\varepsilon}_t \hat{\varepsilon}_{t-i}}{(n-i)}$$

其中 n 為樣本數， $\hat{\varepsilon}_t$ 為誤差項估計， m 為遞延期數。

此模式在人口推估之應用方面最早始於 Chohen(1983)用以分析以色列每天嬰兒出生數之變動；吳柏林與廖敏治(1991)亦用以預測我國 1971~1980 年的粗出生率；Lee(1993)亦運用 ARIMA 對美國總生育率進行預測。

3.3 灰模型(Grey model)與灰預測(Grey prediction)

灰色系統理論由中國大陸學者鄧聚龍(1982)提出，主要是針對不明確與資訊不完整之數據，根據某種邏輯推理方法來建立模式，而灰模型與灰預測係灰色系統理論內容之一，灰模型可分為三種：

- (1) GM(1,1)模式：表示一階微分，輸入變數為一個，一般做預測用。
- (2) GM(1,N)模式：表示一階微分，輸入變數則為 N 個，一般做多變量關聯分析。
- (3) GM(0,N)模式：是 GM(1,1)模式的特例，表示零階微分，輸入變數為 N 個，一般做多變量關聯分析。

灰預測是以 GM(1,1)模式為基礎對現有數據所進行的預測方法，實際上則是找出某一數列中，各個元素之未來動態狀況，主要優點為所需數據不需太多(最少四筆)及數學基礎簡單。灰預測 GM(1,1)模型之一階微分方程：

$$\frac{dx^{(1)}}{dt} + ax^{(1)} = b \quad (3.7)$$

其中 t 為自變數， a 為發展係數， b 為灰色控制變數， a 、 b 為待定參數。

以下說明灰預測 GM(1,1)模型的建構步驟及方法，

步驟 1：累加生成(Accumulated Generating Operation；AGO)

令原始序列為： $X^{(0)} = (X^{(0)}(1), X^{(0)}(2), X^{(0)}(3), \dots, X^{(0)}(n))$

$X^{(1)}$ 為 $X^{(0)}$ 的一次 AGO 數列：

$$X^{(1)} = (X^{(1)}(1), X^{(1)}(2), X^{(1)}(3), \dots, X^{(1)}(n)) = \left(\sum_{k=1}^1 X^{(0)}(k), \sum_{k=1}^2 X^{(0)}(k), \dots, \sum_{k=1}^n X^{(0)}(k) \right)$$

步驟 2：建立數據矩陣 B

$$Y = \begin{bmatrix} X^{(0)}(2) \\ X^{(0)}(3) \\ \vdots \\ X^{(0)}(n) \end{bmatrix} \quad B = \begin{bmatrix} -\frac{1}{2}[X^{(1)}(1)+X^{(1)}(2)] & 1 \\ -\frac{1}{2}[X^{(1)}(2)+X^{(1)}(3)] & 1 \\ \vdots & \vdots \\ -\frac{1}{2}[X^{(1)}(n-1)+X^{(1)}(n)] & 1 \end{bmatrix}$$

步驟 3：求解 a 及 b

$$\hat{\alpha} = \begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix} = (B^T B)^{-1} B^T Y$$

步驟 4：解出 GM(1,1)模型之一階微分方程

$$\hat{X}^{(1)}(K+1) = \left[X^{(0)}(1) - \frac{b}{a} \right] e^{-aK} + \frac{b}{a} \quad (3.8)$$

步驟 5：累減生成(Inverse AGO)求得原始數列估計值及預測值

還原為 $\hat{X}^{(0)}$ 數列如下：

$$\hat{X}^{(0)}(k) = \left[X^{(0)}(1) - \frac{b}{a} \right] e^{-a(k-1)} (1 - e^{-a}) \quad k=1, 2, \dots, n$$

$$\hat{X}^{(0)} = (\hat{X}^{(0)}(1), \hat{X}^{(0)}(2), \dots, \hat{X}^{(0)}(n))$$

本文原始序列為 2000~2008 人口成長率，利用上述 GM(1,1)模式預測未來人口成長率至 2050 年，再轉為總人口數。

第四章 未來人口預測與經建會人口推估報告的比較

4.1 台灣未來人口的預測

吾等擬配適多種模型，就台灣人口的預測比較其差異，並根據「中華民國臺灣 97 年至 145 年人口推計」進行比較。

利用台灣歷年人口數，配適模型如表 4.1：首先利用 1970 年~2008 年台灣總人口數為資料建構模型，其次考慮一個世代(1980 年~2008 年) 約 29 年的資料配適模型，第三部分，預測未來台灣人口的成長率，逐年推算總人口數。

表 4.1 各模型預測台灣未來人口數採用之資料期間

	1970~2008	1980~2008	其他
Exponential	*		
Gompertz (m=1)	*		
Logistic (m=2)	*		
二次曲線	*		
時間序列	*	*	
Von Bertalanfly m=3.25	*	*	
設定 m=4	*		
設定 m=4.5	*		
Von Bertalanfly 2	*		
Exp 成長率		*	
Gompertz 成長率	*		
Grey 成長率			2000~2008

以上各模式，皆推估至西元 2050 年，再依序討論近期(2008 年至 2020 年)、中期(2020 年至 2030 年)，與遠期(2030 年至 2050 年)的人口發展狀況，並與經建會的人口推計報告比較。

4.1.1 近期預測(2008~2020)

4.1.1.1 以 1970~2008 年總人口數配適模型推估

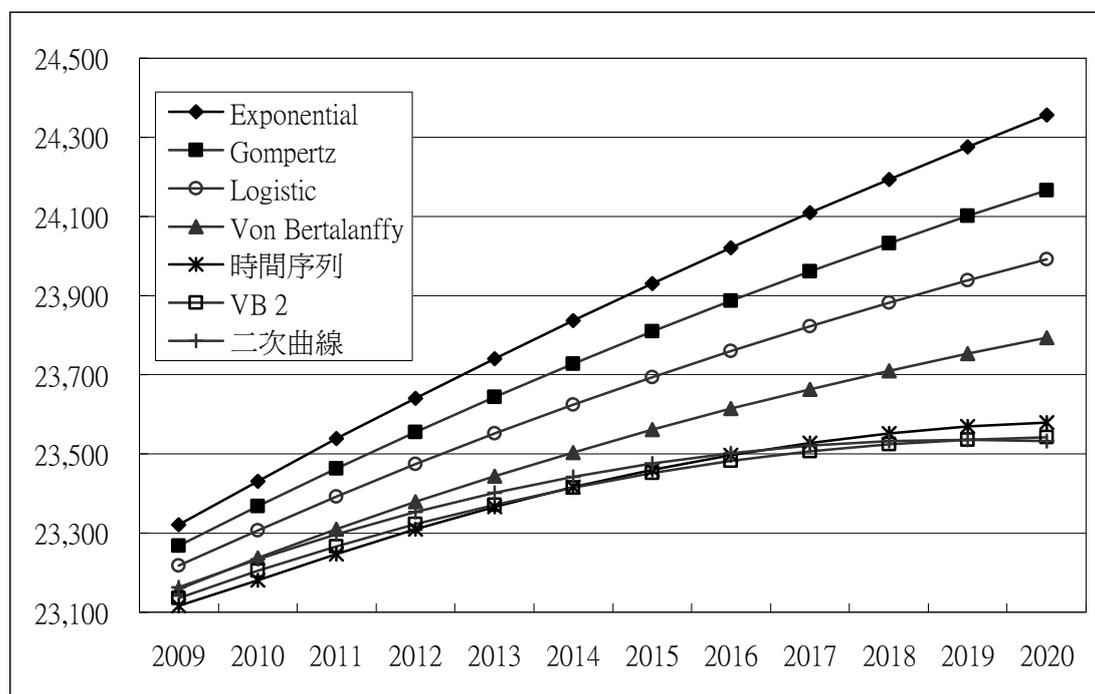


圖 4.1 近期結果-以 1970~2008 年資料配適模型

圖 4.1 為七種方法以 1970~2008 年總人口數配適模型至 2020 年，發現 Exponential、Gompertz 與 Logistic 在 2009 年的預測值高出實際值許多，且發展的趨勢持續升高，是所有模式裡人口成長最快的，依台灣目前的人口發展，此三種模式發生的可能性並不高，所以在討論中期與遠期時，不考慮這三個模式。

在 2009 年時預估人數較高的是二次曲線，其次是 Von Bertalanffy 2，最後是時間序列。但到了 2020 年前趨勢已反轉；最高為時間序列，其次是 Von Bertalanffy 2，最後則為二次曲線。

另外 Von Bertalanffy 在 2013 年之前亦提供了一個不錯的趨勢，但由於人口的發展不會一直往上延升的情況下，調整參數 m 使人口增加較緩慢，更符合目前的人口發展：在建構 Von Bertalanffy 時，原參數 m 為 3.25，當 m 越大時，則人口上升趨勢就越慢，因此另設定 $m=4$ 及 $m=4.5$ ，當 $m=4.5$ 時，則人口的預測與時間序列的結果相當接近。

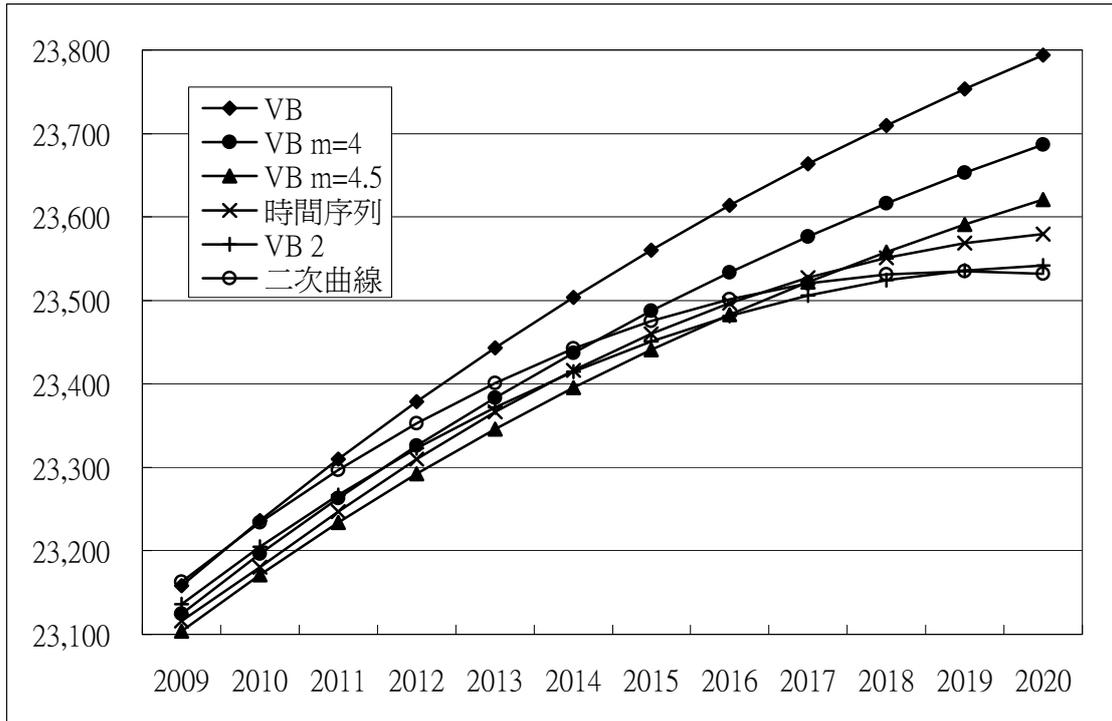


圖 4.2 Von Bertalanffy 設定參數 $m=4$ 與 $m=4.5$

4.1.1.2 以 1980~2008 年總人口數配適模型推估

除了上節近 40 年的資料進行人口數之推估外，我們亦使用一個世代的資料，預測近期未來的人口，與上節類似，Exponential model 是預估未來人口發展最快的，而二次曲線是下降最快的模式。因此不考慮以上兩種模式，而以五種模式 Gompertz、Logistic、Von Bertalanffy、Von Bertalanffy 2 與時間序列進行推估。

利用 1980~2008 人口資料配適 Gompertz、Logistic 模式的預測結果，確實比起以 1970~2008 年配適 Gompertz、Logistic 的結果還要低。雖然如此，以 1980~2008 人口數配適 Gompertz、Logistic 模式的預測結果，仍是高於經建會推算的替代目標，替代目標為設定婦女總生育率到民國 145 年會升至 1.75。近 10 年婦女總生育率都維持在 1.6 以下，2008 年更下降至 1.05，因此認為 145 年婦女生育率會達到 1.75 的可能並不高，所以 Gompertz、Logistic 模型不在討論之列。

有關 Von Bertalanffy 的部分，以 1980 至 2008 年的人口數推測後，人口成長較為緩慢，可能是近幾年人口數的增加越來越少，因此使用較近期的資料作預測

會得到更符合現階段人口發展狀況。在 Von Bertalanffy 中，增加參數 D 是爲了讓成長趨勢有下降的可能，以 1970~2008 年的資料配適 Von Bertalanffy 2 時，預測的結果確實有下降，惟以 1980~2008 年的資料配適 Von Bertalanffy 2 時，並無下降的趨勢。或許是 1970~1979 年的總人口數增加的較快，因此採用人口數增長較緩慢的 1980~2008 年資料，會使得下降的趨勢不敏銳，導致 Von Bertalanffy 2 配適結果與 1980~2008 年配適 Von Bertalanffy 的結果相差不大，因此配適 1980~2008 年資料，我們以 Von Bertalanffy 討論。

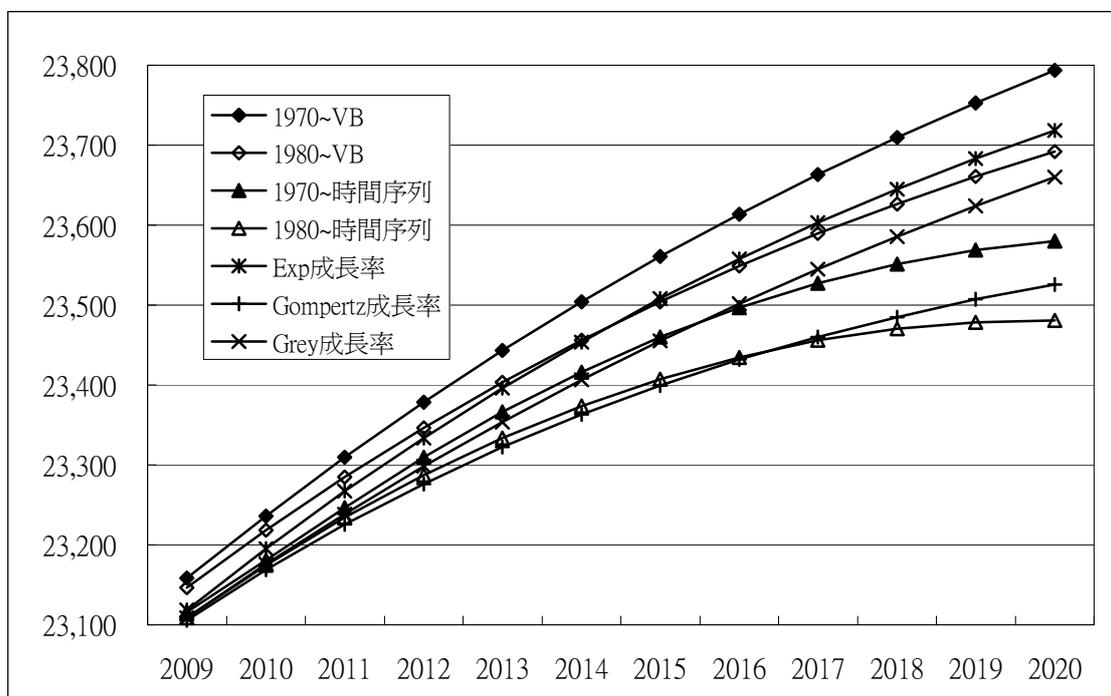


圖 4.3 近期結果-以 1980~2008 年資料配適模型與成長率推估總人口數

至於時間序列，用較少的資料配適的結果，一樣有著成長較爲緩慢的趨勢，基本上，各模式以較近的年份作預測，都會有較低的結果，人口數的成長會較緩慢，目前台灣人口的成長率逐年下降，近幾年人口數的發展越顯平緩，利用近期的資料會預測出較符合目前的人口成長狀況，利用較多年的數據去配適反而不見得會得到理想的預測結果(見圖 4.3)。

4.1.1.3 預測未來人口成長率推估總人口數

由歷年總人口數預測未來總人口數是一種單純的方法，而人口成長率對總人口數的發展有直接的關係，我們可以考慮預測未來人口成長率，再換算成總人口數。所考慮的模式有 Grey、Exponential 及 Gompertz(見圖 4.3)。2020 年前此三種模式預測出的未來人口增加速度不同，Exponential 成長率增加速度最為快，2020 年人口數突破 2370 萬人，其次是 Grey 成長率，最緩慢的是 Gompertz 成長率，2020 年預估的人口成長率已小於 1‰；2020 年總人口比起 2008 年增加約 50 萬人。

4.1.1.4 近期結果與經建會報告的比較

經建會人口統計報告「中華民國臺灣 97 年至 145 年人口推計」中，運用人口變動要素組成方法，經由各項人口變動要素之假設，包括婦女生育率、男女嬰出生性別比例、生命表中未來人口存活機率及國際遷徙等各項假設，來推算未來人口總數。分為五種推計結果，替代水準、理想目標、挑戰目標(高推計)、政策目標(中推計)、機率預測(低推計)，分別是設定婦女生育率在民國 145 年達到 2.1、1.75、1.60、1.40、1.06。

除了兩千年(龍年)的婦女生育率為 1.68，目前台灣近十年婦女生育率始終沒有高於 1.60，因此本研究只與經建會報告中的高推計、中推計、低推計做比較。經建會的報告中，婦女生育率從 2008 年緩慢上升至 2056 年，表 4.2 是高推計、中推計與低推計分別在 2020 年、2030 年與 2050 年的婦女生育率。

2009 年台灣實際人口數為 2312 萬人，介於 2009 年(見表 4.3)的 Von Bertalanffy $m=4$ 與 Exponential 成長率間，值得注意的是，由經建會所推估「中華民國臺灣 97 年至 145 年人口推計」中，不論高、中與低推計在 2009 年的結果都是低估的。除了 Exponential、Gompertz 與 Logistic 其它預估的情況都比經建會推估情況好；2009 年高推計與實際值就相差了 7.4 萬人，而二次曲線與實際值只差了 4.3 萬人。

表 4.2：中華民國臺灣 97 年至 145 年人口推計報告之婦女生育率假設

婦女生育率	2020 年	2030 年	2050 年	2056 年
高推計	1.283	1.415	1.595	1.60
中推計	1.210	1.289	1.397	1.40
低推計	1.111	1.140	1.060	1.06

表 4.3：各模式 2009 年與 2010 年推估人口數 (單位：千)

	EXP	Gompertz	Logistic	二次曲線	1970~ VB	1980~ VB	VB 2	VB m=4	實際 人口數
2008									23037
2009	23321	23268	23217	23163	23158	23146	23136	23125	23120
2010	23431	23368	23307	23234	23236	23218	23205	23197	
	Exp 成長率	1980~ 時間序列	1980~ 時間序列	Grey 成長率	Gompertz 成長率	VB m=4.5	高推計	中推計	低推計
2008							22961	22960	22956
2009	23119	23116	23109	23108	23106	23103	23046	23042	23034
2010	23195	23181	23175	23176	23169	23171	23129	23123	23110

由圖 4.4 可看出，Von Bertalanffy(m=3.25)的結果接近高推計，在設定參數 m=4 與 m=4.5 分別接近中推計與低推計，而 Von Bertalanffy 2，即多加一個參數至 Von Bertalanffy，人口增加較 Von Bertalanffy 緩慢，2009 年的結果較 Von Bertalanffy m=4 高(見表 4.3)，但 2020 年較 Von Bertalanffy m=4.5 低，另外以 1980~2008 配適 Von Bertalanffy，比起以 1970~2008 年配適 Von Bertalanffy 的結果還要低，大致接近 Von Bertalanffy m=4。

時間序列的部份，以 1970~2008 年配適較接近低推計，而以 1980~2008 年配適的結果則較其為低，離低推計越來越遠。至於二次曲線的配適也是另一個接近低推計的結果，在 2009 年時起時間序列為高；2020 年時則介於 1970~2008 年配

適的時間序列與 1980~2008 年配適的時間序列。

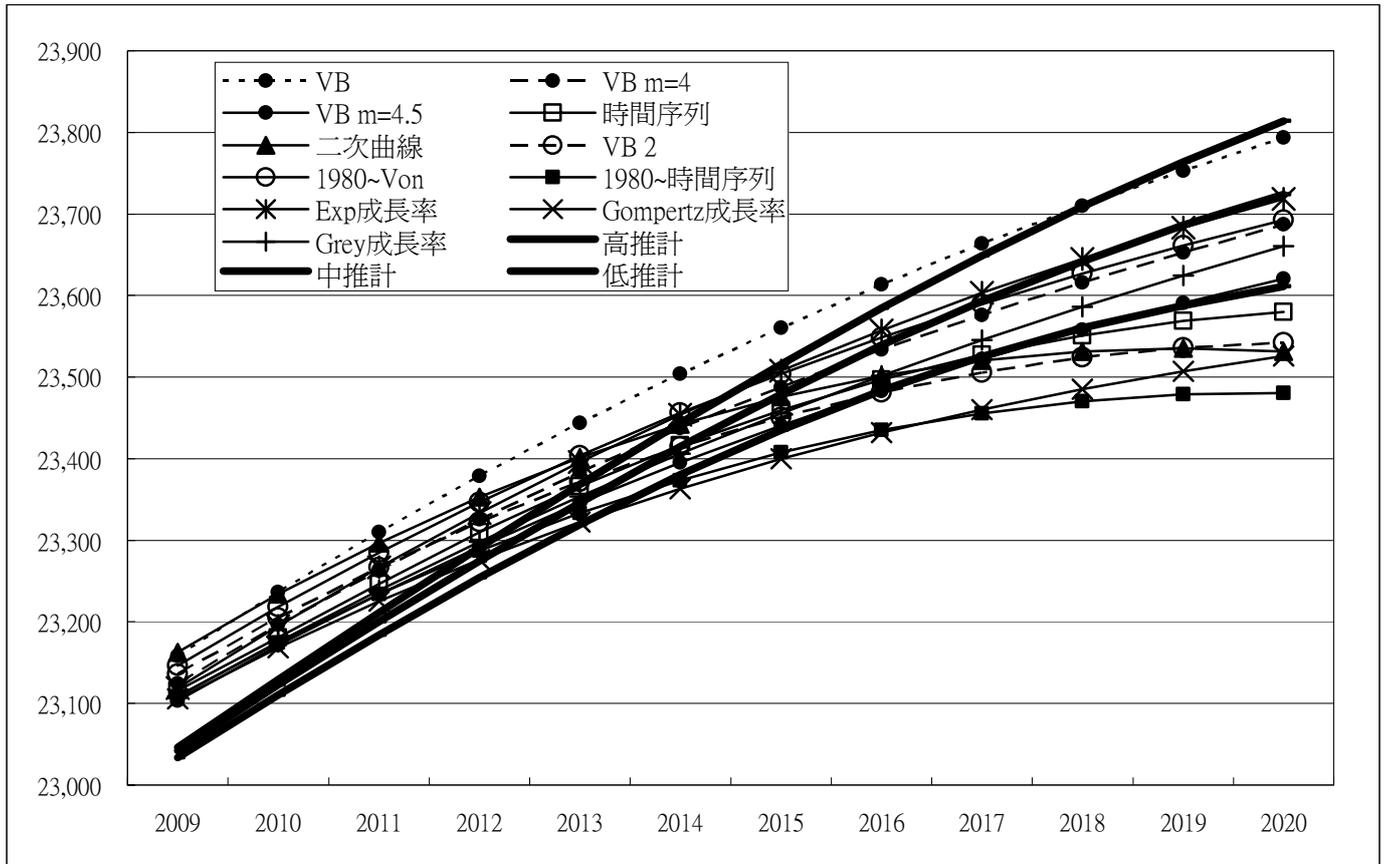


圖 4.4 近期各模式預測結果與經建會報告比較

嘗試 Grey model 時，直接由歷年總人數預測未來的總人口數，並且利用 1984 年~2008 年、2000 年~2008 年、2003 年~2008 年、2005 年~2008 年此四段時間的資料去預測，但由於結果不盡理想，甚至利用 2005 年~2008 年預測出最保守的狀況還高於經建會的理想目標。因此考慮 Grey model 先預測人口成長率，並藉由上述四段時間預測未來人口數，發現利用 2000~2008 年的資料所配適出的結果較為佳，在 2020 年前配適結果介於中推計與低推計間。

另外 Exponential 亦以 1980~2008 年的資料利用相同方法推算出未來總人口數，在近期的發展非常接近中推計，會選此段資料是因為嘗試 1960 年、1970 年、1975 年至 2008 年配適後的結果明顯低於低推計且有一段差距，故不予考慮。

而 Gompertz 以 1970 至 2008 配適的結果在近期已經低於低推計，至於沒有考慮以

Logistic 配適人口成長率乃係其預測的人口成長率會較 Gompertz 更低。

4.1.2 中期預測(2020~2030)

4.1.2.1 以 1970~2008 年總人口數配適模型

除 Exponential、Gompertz 與 Logistic 這三個模式外，另外六種模式從 2020 年後很明顯地分成兩個趨勢(如圖 4.5)，持續上升或是在 2020 年左右開始下降，其中有三個模式，在未來的人口數發展有下降的趨勢，分別是二次曲線、時間序列與 Von Bertalanffy 2，以二次曲線為例，2019 年為 2353.5 萬人是最大人口數，而時間序列與 Von Bertalanffy 2 都是在 2021 年達到人口最高峰，此時人數分別為 2358.4 萬人、2354.2 萬人。在 2020 年前此三種模式沒有太大的差別，但可以看的出在未來人口預估會相差越大，其中下降最快的是以二次曲線所預估的情況。

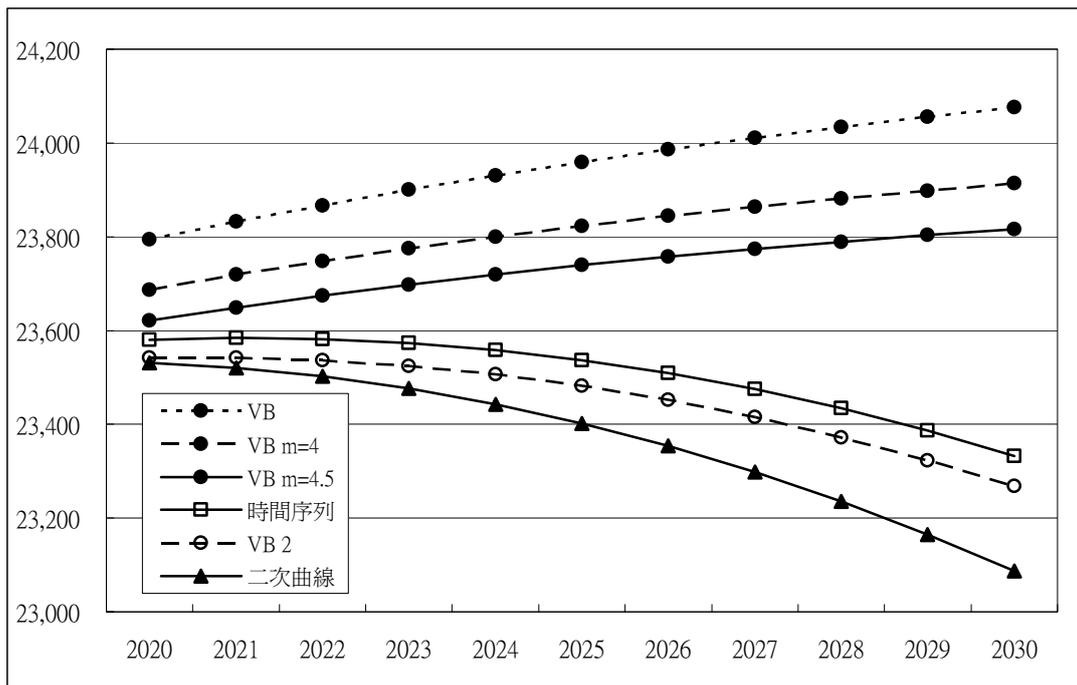


圖 4.5 中期結果-以 1970~2008 年資料配適模型

4.1.2.2 以 1980~2008 年總人口數配適模型

4.1.1.2 提及有關 1970~2008 年人口配適模型，Gompertz 與 Logistic 模式發生的可能性不高，Von Bertalanffy 2 與 Von Bertalanffy 的結果相差不大，在此我們保留 Von Bertalanffy 與時間序列的結果作討論。1980~2008 年配適 Von Bertalanffy 的增加速度較 1970~2008 年配適的 Von Bertalanffy 緩慢，而 1980~2008 年配適時間序列較 1970~2008 年配適的時間序列下降的較快速。

4.1.2.3 預測未來人口成長率及推估總人口數

預估成長率的部份，Exponential 成長率與 Grey 成長率有非常接近的結果，但 Exponential 配適的成長率較 Grey 模式得到的成長率下降的快(見圖 4.6)，在 2030 年 Exponential 預估的成長率換算成的總人口數已比 Grey 預估的成長率換算成的總人口數還低。Gompertz 成長率換算成總人口數的結果雖然較低，但卻是一種持續上升的情況，在 2026 年後成長率趨近零，人口總數維持穩定。這三種方法在 2020 年後人口數的增加都非常緩慢，尤其是 Gompertz 預測的結果。

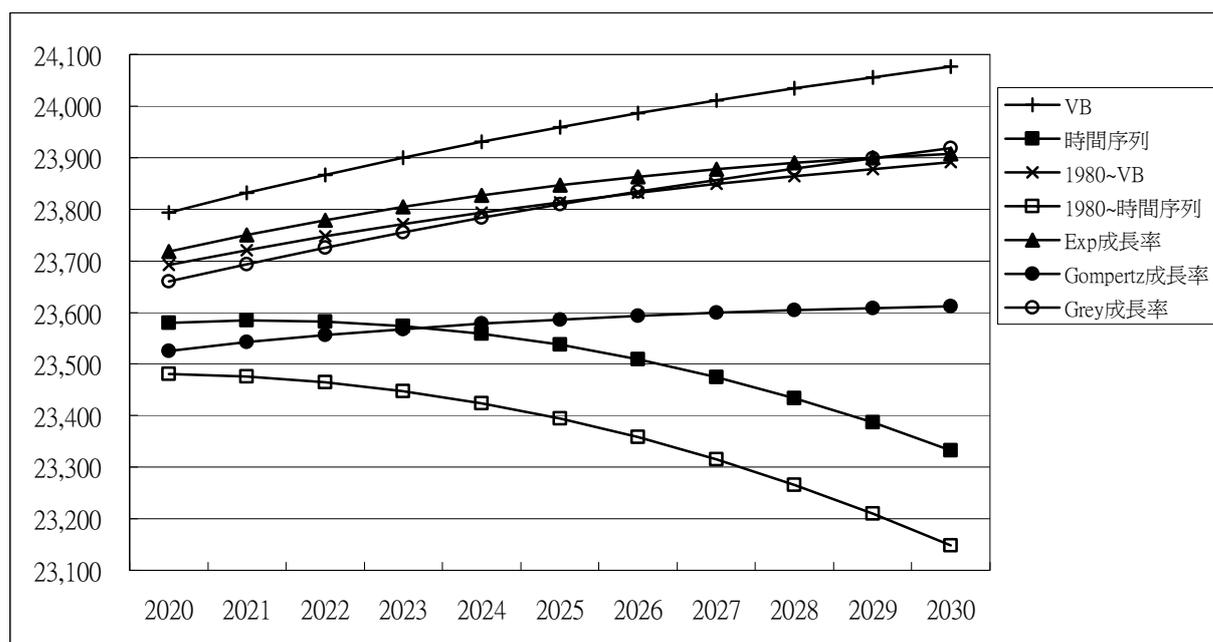


圖4.6 中期結果-以1980~2008年資料配適模型與成長率推估總人口數

4.1.2.4 中期結果與經建會報告比較

不論是低、中與高推計，在 2030 以前都已達到人口最高峰，也就是人口成長率為零，而剛提及的預估模式中， Von Bertalanffy 2、二次曲線與時間序列都有此結果，較符合目前台灣人口趨於下降的情況，人口數最高的年代與人數分別如下表：

表 4.4 人口最高峰之時間與人數

	低推計	中推計	高推計	二次曲線	1980~ 時間序列	1970~ 時間序列	VB 2
人口最大值	23646	23837	24031	23535	23481	23584	23542
年代	2023	2026	2028	2019	2020	2021	2021

原已低於低推計的時間序列，用更少的資料配適的結果與低推計差距更大，人口成長的狀況也越小，在人口數最高峰時，原為 2021 年提前一年，但未來發展人數相差越大。雖然在 2020 年後此四種結果比起低推計有更低的預測，但近幾年台灣生育率越來越低，2009 年婦女生育率更是 1.03，所以此三種預測結果並非沒有發生的可能。除以上四種結果外，其它模式依然升高，這是最大差異，惟其大致都維持在高推計與低推計之間(見圖 4.7)。

Von Bertalanffy 傾向於高推計，而以 1980~2008 年預估的 Von Bertalanffy 與 Von Bertalanffy $m=4$ 兩者相當接近且與中推計有相似的結果，至少以目前看來至民國 145 年婦女生育率升至 1.4 的可能性大過 1.6，使用較近期的資料作預測，會得到更符合現階段的預測。Von Bertalanffy $m=4.5$ 在 2020 年前與低推計較接近，但因為預估結果不會下降，所以在 2020 年後與低推計越差越遠。

以成長率推算總人口數在中期與經建會的報告比較，除了 Exp 成長率會在 2033 年開始由零轉負，另兩種方法始終不會小於零，因而推算出的總人口數不會有下降的趨勢，但經建會的報告中不論高、中、低推計都已經在 2030 年前出現人口最高峰。

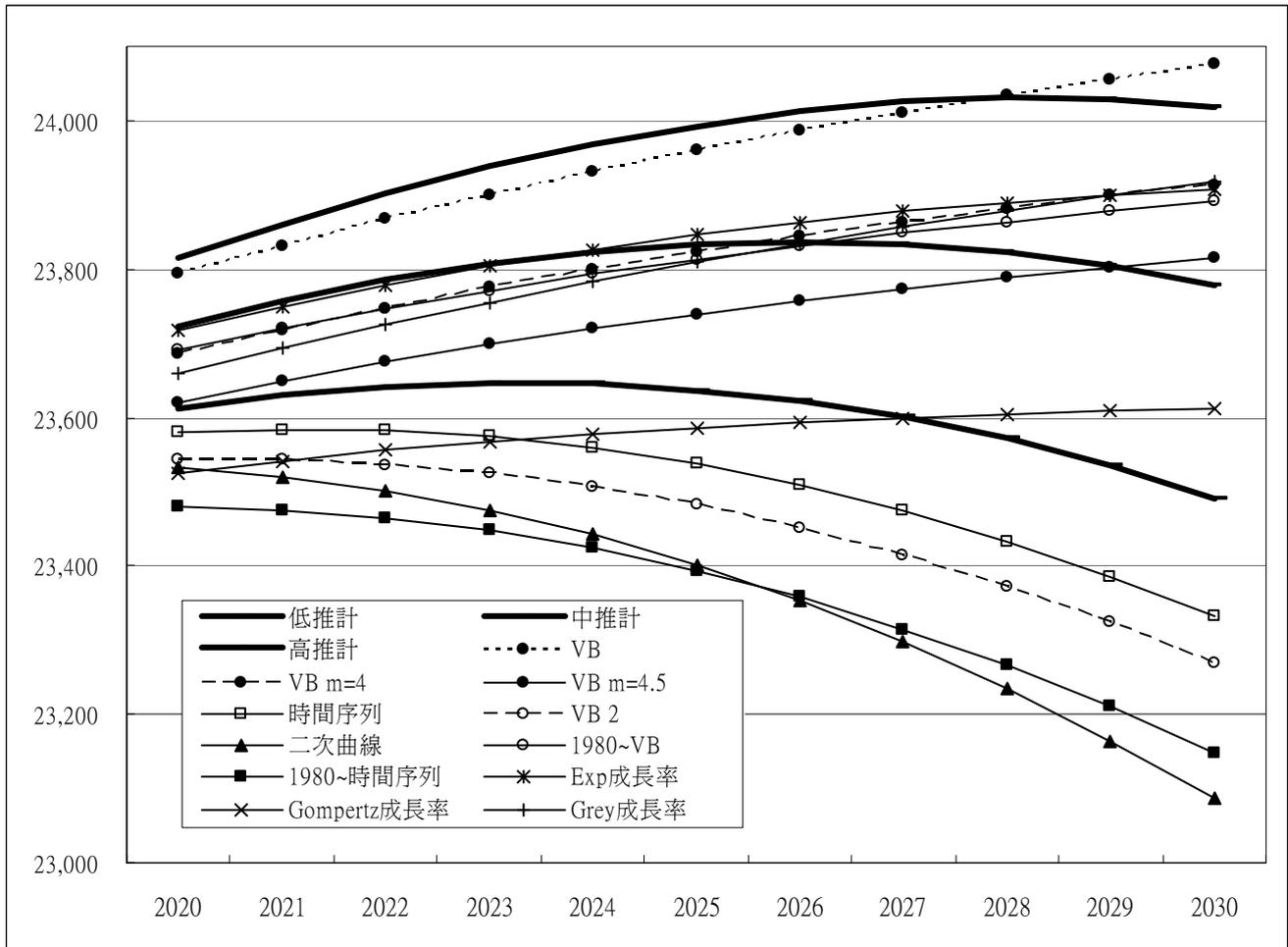


圖 4.7 中期各模式預測結果與經建會報告比較

4.1.3 長期預測(2030~2050)

由於近期的人口變動是比較穩定的，預估未來五到十年的人口預測準確度會相當高；至於對人口的長期預測，由於充滿不確定性，故很難掌握其預測方向。

圖 4.8 是上述各模式在 2030 年至 2050 年的發展狀況，很明顯分成兩個趨勢：人口持續增加，其中只有以 Exponential 成長率配適會在 2033 年人口高峰，也就是會下降的模式，而 Von Bertalanffy 在西元 2030 年前已經高過高推計，其它模式最晚在 2035 年皆會超出高推計的 2383.3 萬人，另外 Gompertz 成長率在 2038 年超出高推計。這些模式皆會達到人口的恆定，成長率維持在零，出生數與死亡數會互相抵銷，這也是未來人口另一個可能發展的情況。高推計在 2050 年會下降至 2208.2 萬人。

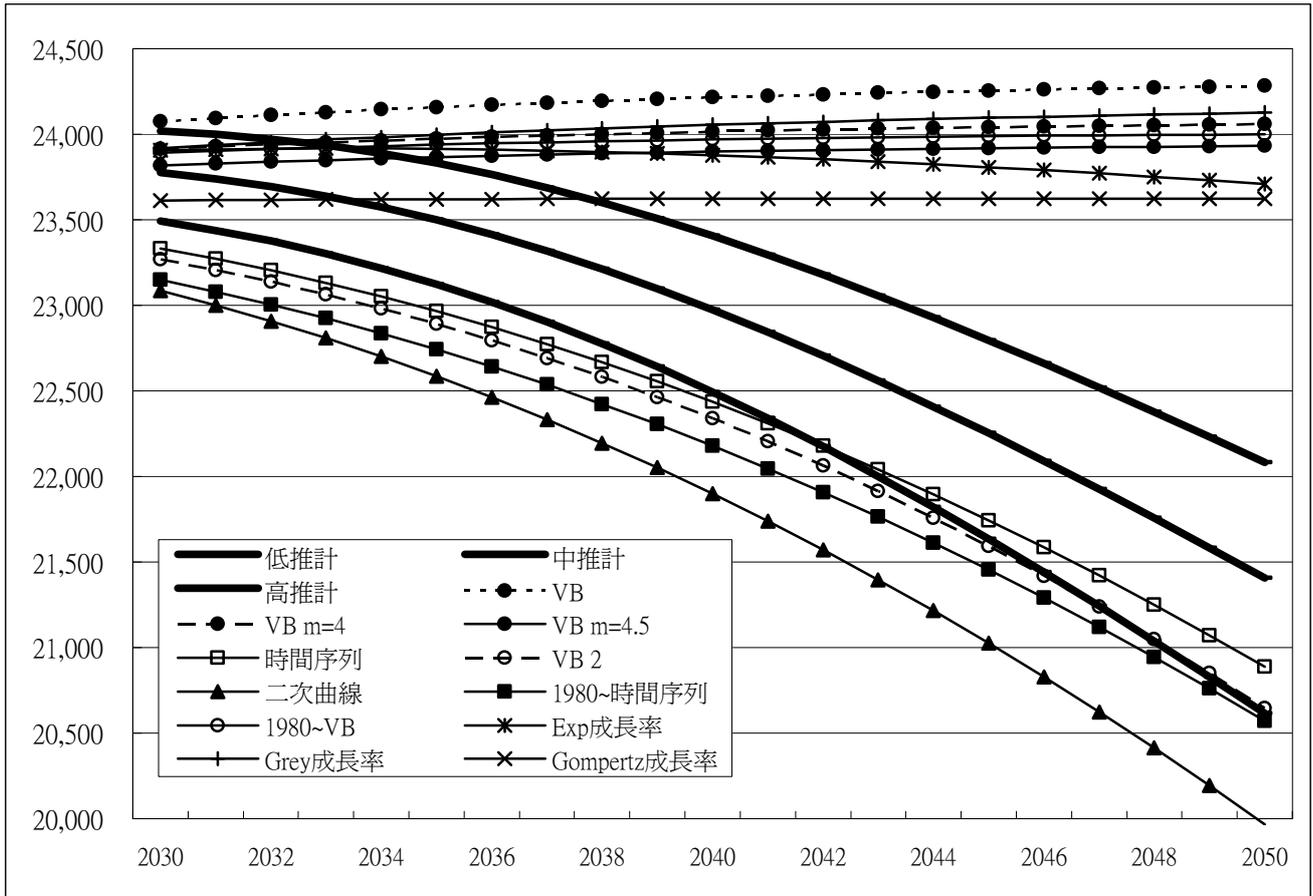


圖 4.8 遠期各模式預測結果與經建會報告比較

人口的長期預測很難預測精準，我們預測的模式中，其中會下降的模式中，包括 Von Bertalanffy 2 與時間序列所預估的結果在 2030 年後與低推計有很接近的結果，且維持到 2050 年，也就是婦女生育率設定為在民國 145 年緩慢升至 1.06 的情況下與 Von Bertalanffy 2、時間序列有相當接近的人口預測。

4.2 各類模式預測能力

在分析時間序列資料時，最重要的是實證模型的好壞，一般可分為配適度(Goodness of fit)及預測力(Forecasability)。前者是模型和樣本資料間的一致程度，即模型能否確切描述所採集的資料樣本；後者則是模型能否有效地預測外來的目標變數(楊奕農，2005)。李博志(2000)也指出最佳的預測模型被採用是以該模型預測準確性來決定。而預測準確度衡量方法(指標)共有很多種，建議採用平均絕對誤差(Mean Absolute Percentage Error；MAPE)與根均平方誤差(Root Mean Square Percentage Error；RMSPE)(楊奕農，2005)。

本研究採用上述之平均絕對誤差(Mean Absolute Percentage Error；MAPE)以及根均平方誤差(Root Mean Square Percentage Error；RMSPE)，來衡量預測精確度(預測能力)，本文以經建會報告中之結果做比較對象。

(1) MAPE：為衡量預測值與真實值的平均誤差率，其優點為可以避免變數單位大小的影響。

$$\text{MAPE} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{|\varepsilon_i|}{Y_i} \times 100\%$$

其中 Y_i 為第 i 個觀察值； $\varepsilon_i = Y_i - \hat{Y}_i$

Lewis(1982)依據 MAPE 大小將模式預測能力分為以下四個等級：

MAPE	<10%	10%~20%	20%~50%	>50%
預測能力	高精確度	良好	合理	不正確

當 MAPE<10%時，表示模型之預測能力優良。

(2) RMSPE：

$$\text{RMSPE} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{\varepsilon_i}{Y_i}\right)^2} \times 100\%$$

因其有平方項易受離群值(outlier)影響，但是仍可照上述之等級判斷。

4.2.1 短期預測(2009~2020)

MAPE 與 RMSPE 作為評估個模式預測能力的準則，用來判斷各模式的預測結果與經建會報告中的高推計、中推計與低推計是否接近(準確程度)。

由下表可知這些模式對於高推計、中推計與低推計的準確程度皆為高，其中 Von Bertalanffy $m=4.5$ ，在低推計的精確程度最為佳，以 1970~2008 年配適的時間序列結果與 Grey 成長率換算後的總人口數也與低推計有接近的結果。另外 Von Bertalanffy $m=4$ 與 Exponential 成長率換算後的總人口數是中推計的最佳預測模型，而以 1970~2008 年配適的 Von Bertalanffy 是這些模式中最接近高推計的結果。Von Bertalanffy 所得結果接近高推計(MAPE 低)，在設定參數 $m=4$ 與 4.5 使結果較接近中推計與低推計，MAPE 分別為 0.1632 與 0.1025。

表 4.5 2009~2020 年 MAPE 與 RMSPE

2009~2020	高		中		低		平均	
	MAPE	RMSPE	MAPE	RMSPE	MAPE	RMSPE	MAPE	RMSPE
1970~VB	0.2361	0.2894	0.3781	0.3867	0.5845	0.5894	0.3996	0.4218
VB $m=4$	0.2616	0.3018	0.1632	0.1936	0.2857	0.2919	0.2368	0.2624
VB $m=4.5$	0.3592	0.4410	0.2230	0.2583	0.1025	0.1456	0.2282	0.2816
VB 2	0.4528	0.5246	0.3332	0.3955	0.2255	0.2616	0.3372	0.3939
1970~時間序列	0.3743	0.4774	0.2534	0.3048	0.1625	0.1948	0.2634	0.3257
二次曲線	0.4758	0.5798	0.3754	0.4342	0.2979	0.3449	0.3830	0.4530
1980~VB	0.3546	0.3620	0.2021	0.2483	0.2771	0.3136	0.2779	0.3080
1980~時間序列	0.5470	0.7035	0.4083	0.5137	0.2559	0.2979	0.4037	0.5050
Exp 成長率	0.3548	0.3571	0.1546	0.1941	0.2118	0.2397	0.2404	0.2636
Grey 成長率	0.3043	0.3624	0.1735	0.1933	0.1679	0.1852	0.2152	0.2470
Gomp 成長率	0.5235	0.6518	0.3771	0.4599	0.2165	0.2427	0.3724	0.4515

4.2.2 中期預測(2009~2030)

Von Bertalanffy 2、時間序列、二次曲線是三種預測未來人口數會下降的模式，並且 2020 年後較低推計有更大的差距，因此 MAPE 與 RMSPE 明顯地與 2009~2020 年所計算出的 MAPE 與 RMSPE 高出許多。雖然與經建會報告中的低推計有些差距，但是如此低估的預測亦有可能是台灣未來人口發展的趨勢。

各模式與低推計的精確度，以 Gompertz 預測成長率換算總人口數的結果與以 1970~2008 年時間序列所得結果較佳，Gompertz 預測成長率換算總人口數的結果在西元 2030 年前始終沒有下降，在 2027 年開始高於低推計，雖然與低推計沒有相同趨勢(低推計會下降)，不過 MAPE 是這些模式裡最小的，而會下降的模式中，又以 1970~2008 年時間序列所得結果與低推計最為接近。

有三個模式配適的結果與中推計相當接近，分別是 Von Bertalanffy $m=4$ 、以 1980~2008 年配適的 Von Bertalanffy 與 Exponential 預測成長率換算總人口數的結果。2009~2030 年也是以 1970~2008 年配適的 Von Bertalanffy 最為接近高推計。

表 4.6 2009~2030 年 MAPE 與 RMSPE

2009~2030	高		中		低		平均	
	MAPE	RMSPE	MAPE	RMSPE	MAPE	RMSPE	MAPE	RMSPE
1970~VB	0.1856	0.2330	0.5056	0.5669	1.0190	1.1802	0.5701	0.6600
VB $m=4$	0.4296	0.4835	0.1791	0.2235	0.5886	0.7436	0.3991	0.4835
VB $m=4.5$	0.6430	0.7403	0.2636	0.3029	0.3259	0.5020	0.4108	0.5151
VB 2	1.2617	1.6093	0.8810	1.1102	0.4308	0.5116	0.8578	1.0770
1970~時間序列	1.1143	1.4433	0.7321	0.9423	0.2902	0.3482	0.7122	0.9113
二次曲線	1.4523	1.8963	1.0835	1.4041	0.6516	0.8158	1.0625	1.3721
1980~VB	0.4577	0.5125	0.1886	0.2330	0.6061	0.7261	0.4175	0.4905
1980~時間序列	1.4866	1.8886	1.0968	1.3873	0.6239	0.7715	2.8035	3.4027
Exp 成長率	0.6606	0.7897	0.1602	0.2176	0.3685	0.4166	0.3964	0.4746
Grey 成長率	0.4737	0.5342	0.2015	0.2282	0.5032	0.7096	0.3928	0.4907
Gomp 成長率	1.0306	1.2092	0.6330	0.7223	0.2384	0.2699	0.6340	0.7338

4.2.3 長期預測(2009~2050)

四種具有下降趨勢的預估模式分別為 Von Bertalanffy 2 與 1970~2008 年、1980~2008 年時間序列及二次曲線模式，推算低推計的精確度和短、中期預測相比都較低，其中以 Von Bertalanffy 2 與以 1970~2008 年時間序列有較佳的配適結果。

其他模式的結果長期看來人口都是持續增長，遠遠高於高推計，在此無法與高、中及低推計比較。

表 4.7 2009~2050 年 MAPE 與 RMSPE

2009~2050	高		中		低		平均	
	MAPE	RMSPE	MAPE	RMSPE	MAPE	RMSPE	MAPE	RMSPE
VB 2	2.9098	3.5154	1.8048	2.1180	0.5043	0.6070	1.7396	2.0801
1970~時間序列	2.5809	3.1097	1.4693	1.7164	0.4393	0.5364	1.4965	1.7875
1980~時間序列	3.3074	3.9544	2.2030	2.5723	0.8834	1.0344	2.1313	2.5204
二次曲線	3.4440	4.9228	2.5005	3.5429	1.3806	1.9011	3.1295	3.4556

第五章 台灣婦女生育率之探討

前述增加人口數逐年減少和生育率下降有密切關係，台灣婦女受教育機會增加、生育年齡延後造成台灣總生育率自 1984 年起開始低於 2.1、人口的成長率持續下降、平均生育年齡快速增加，2008 年已高達 29.8 歲。如果情況未改善，未來人口成長率極有可能轉變為負，臺灣將面臨到前所未有的困境，包括高齡化社會、人口結構的變動、依賴人口扶養比變大，勞動力高齡化等等，因此我們嘗試瞭解台灣婦女生育率的發展，探討未來人口變化，訂定符合未來人口發展的政策。

5.1 婦女總生育率

人口研究常以出生率與總生育率來反映某地的生育水準，但是出生率常受到人口年齡組成影響，無法得知真實變化，易使結果偏誤（Ryder，1982）。總生育率（TFR，total fertility rate）指 15-49 歲生育期間各年齡組別婦女生育率的總計，即平均每位婦女一生中所生育之子女數，為較合宜之指標。有鑑於此，學者改以總生育率來衡量生育水準，婦女總生育率：指一個假設世代的育齡婦女按照目前的年齡別生育水準，在無死亡的情況之下，渡過其生育年齡期間以後，一生所生育的嬰兒數或生育率。

表 5.1 為 1950 至 2008 年台灣婦女總生育率，1939~1945 年發生二次世界大戰，人民生活困苦，婦女總生育率較低，1950 年至 1960 年左右受戰後嬰兒潮影響，出現生育高峰期。總生育率 1951 年高達 7.05 人，1959 年仍然維持在 6 人，在政府推動家庭計劃一段時間後，1970 年婦女生育率為 4 人，1986 年快速下降至 1.68 人，1987 年解嚴後接著維持在 1.75 人左右，直至 2000 年開始下降。1975 年後結婚率下降，在台灣先結婚後有小孩的觀念重，結婚率不高直接影響婦女總生育率，近五年婦女生育率大致維持在 1.1 人左右，2008 年總生育率為 1.07 人再創新低。

在台灣，龍年是生育、結婚、創業的黃道吉日。在 1976 年以前，台灣龍年的出生率並沒有增加的現象。Goodkind(1993)指出，1976 年以前龍年效應並不明顯，其原因在於缺乏現代化且有效的避孕方法，因此選擇在龍年生育的困難度較高。1976 年以後，龍年效應較明顯，1976、1988 與 2000 年為龍年，總生育率明顯比前後幾年高。

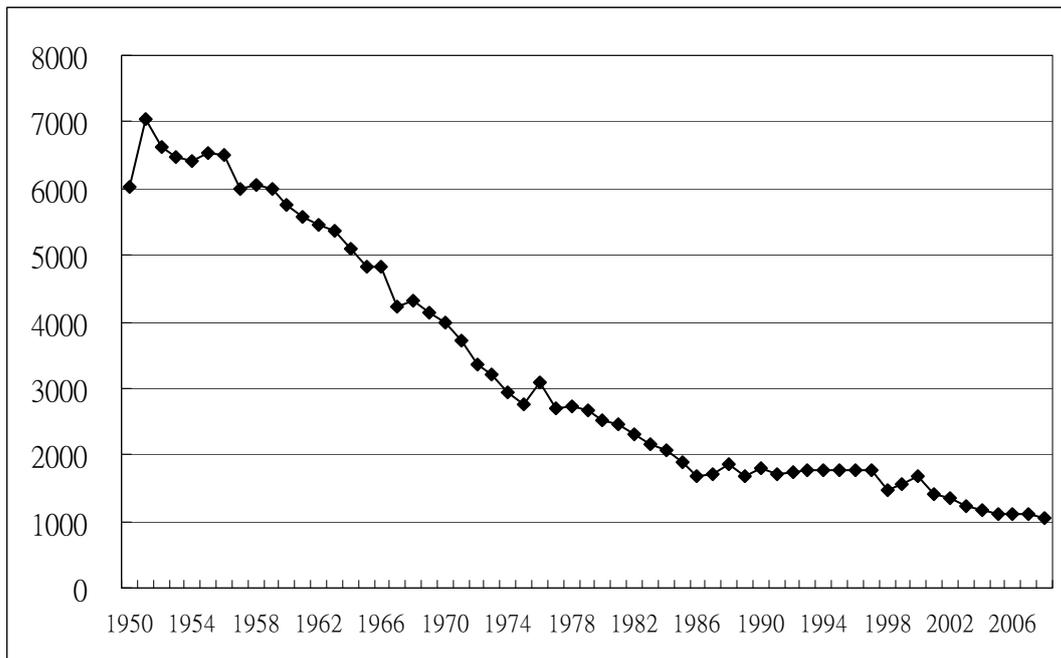


圖 5.1 1950~2008 台灣婦女總生育率 (單位：‰)

圖 5.2 為年齡別生育率，除 1951 年各年齡組的生育率都上升外，戰後嬰兒潮導致生育率維持高水平後，政府提倡家庭計畫時得各年齡組生育率都不斷下降，1987 年解嚴後，各年齡組的生育率不再下降，30~34 歲的婦女生育率甚至有提高的現象，近幾年各年齡組的生育率都比起早期來得低，但 30 至 39 歲的生育率反而提高，與初婚年齡的延後有關。另外 1976 年、1988 年與 2000 年也就是台灣俗稱的龍年，在 20 至 34 歲的生育率都有明顯的上升。

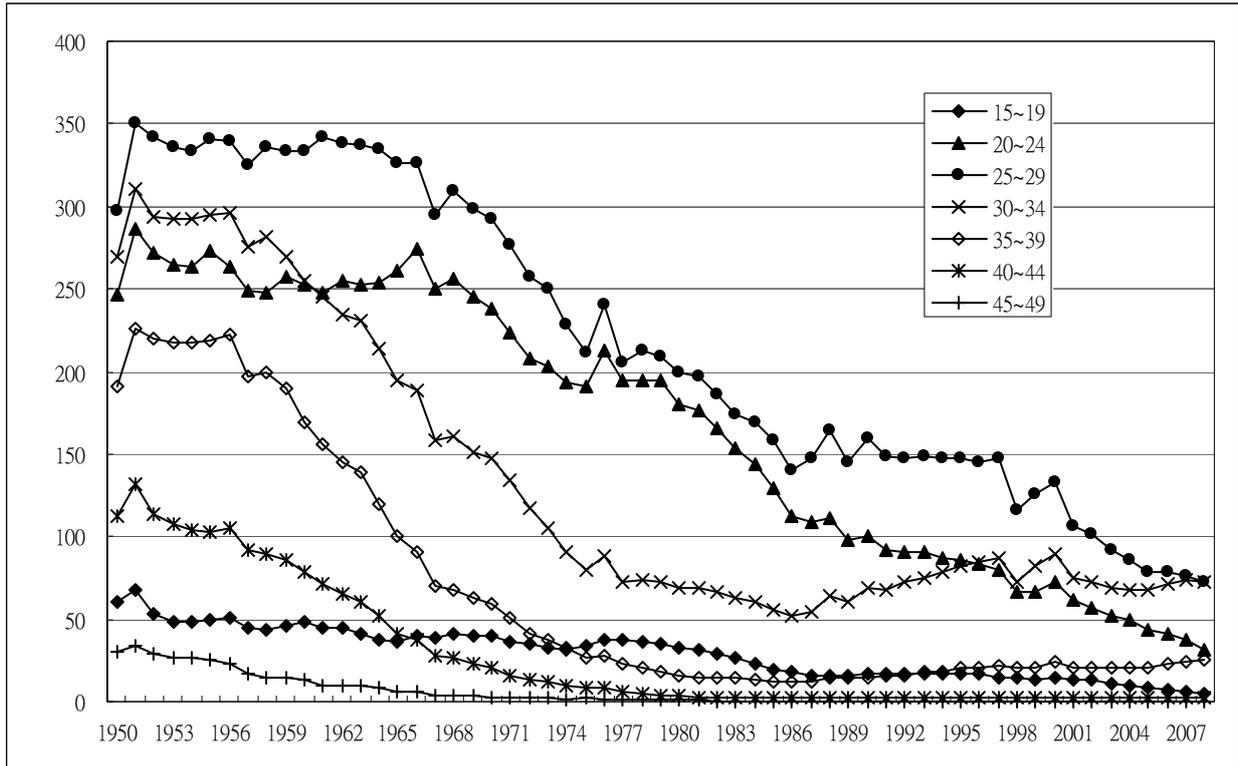


圖 5.2 1950~2008 年齡別生育率 (單位：千)

合理的人口替代水準設定在總生育率為 2.1，表示平均一位母親擁有一個「成年」女兒，此「成年」定義為母親生育該女兒時的年齡(至少活到母親生育她之年齡)，如此下一代的人口數量可維持與上一代相同，若總生育低於 2.1 則表示替換不足，幼年人口逐漸縮減，台灣自 1984 年起，平均每位婦女生育數即少於 2.1 人，如果近年低生育的情況持續下去，未來將更加速人口金字塔一代比一代往內縮的現象(如圖 5.3 之預測 145 年人口結構)。要長期使人口數量及比例維持相對的穩定狀態，總生育率必須長期維持穩定，才能使國家長期穩定於理想人口結構，也就是人口學上的世代更替生育水準(如圖 5.3 之穩定生育之理想人口結構)。

2007 年人口金字塔的彎曲圖形，即可說明過去生育數迅速變化的情況(見圖 5.3)。由過去出生數短期間的增加及減少，造成年齡層人口分布及性別結構的「山」與「谷」觀之，戰後第一次嬰兒潮世代，造成目前 58 歲左右人口第一次膨脹彎曲的圖形，65 年龍年前後出生的第二次嬰兒潮世代，又造成目前 33 歲左右人口第二

次膨脹彎曲圖形。未來在我國人口結構趨於高齡化的同時，台灣近年出生數急遽下降的「谷」，將帶來日後人口高齡化的「山」快速攀升。(行政院經濟建設委員會人力規劃處-新聞稿 98年2月24日從總生育率趨勢看人口結構變化)

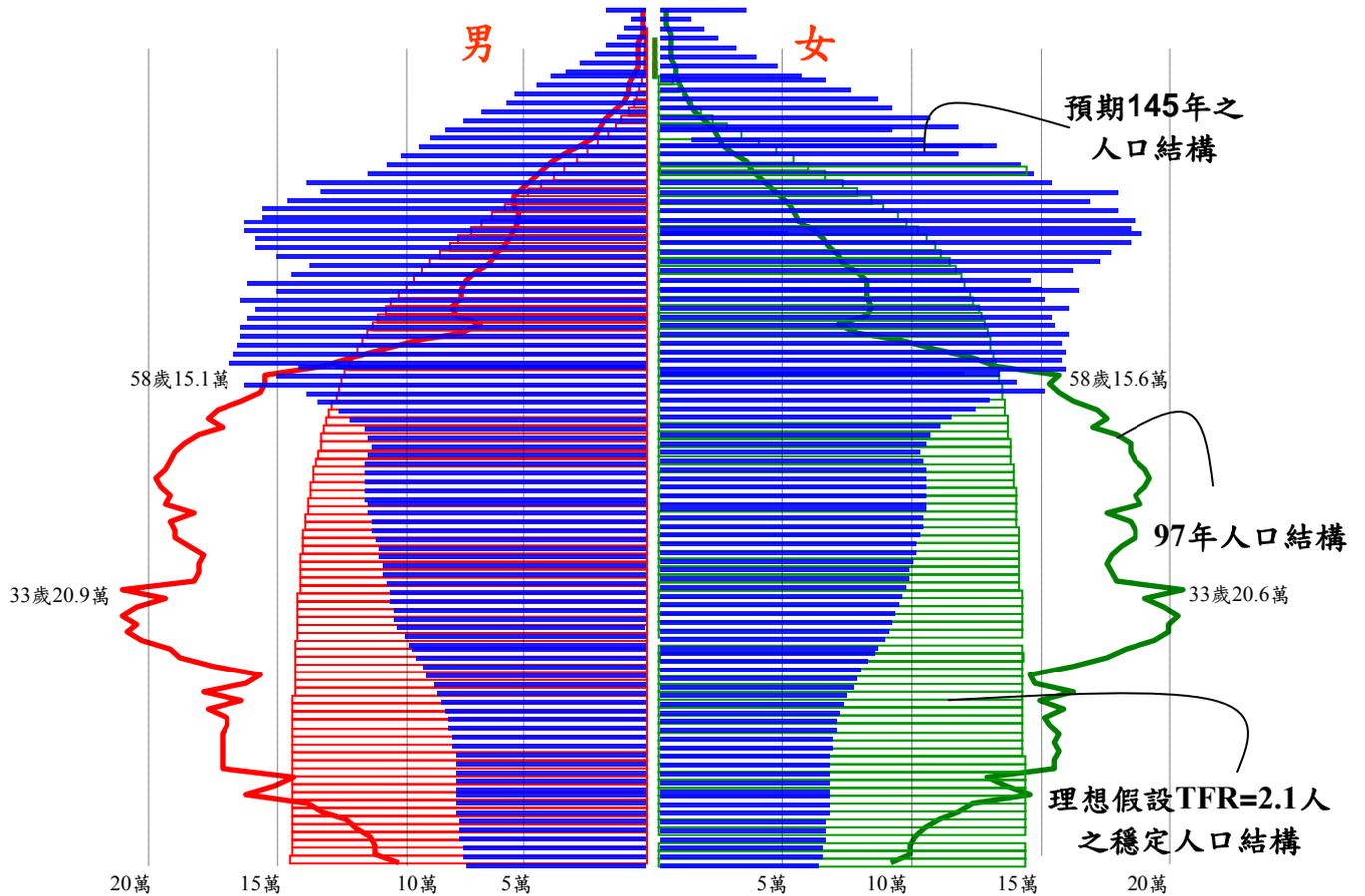


圖 5.3 台灣 97 年及理想人口金字塔

資料來源：行政院經濟建設委員會，中華民國臺灣97年至145年人口推計，97年8月。

5.2 生育之年齡

由於內政部戶政司提供的資料中，台灣平均生育年齡在 1950 年左右升高至 30 歲以上，我們認為在 1975 年前的數據不合理，故利用年齡別的生育數另外求得平均生育年齡(見圖 5.4)。

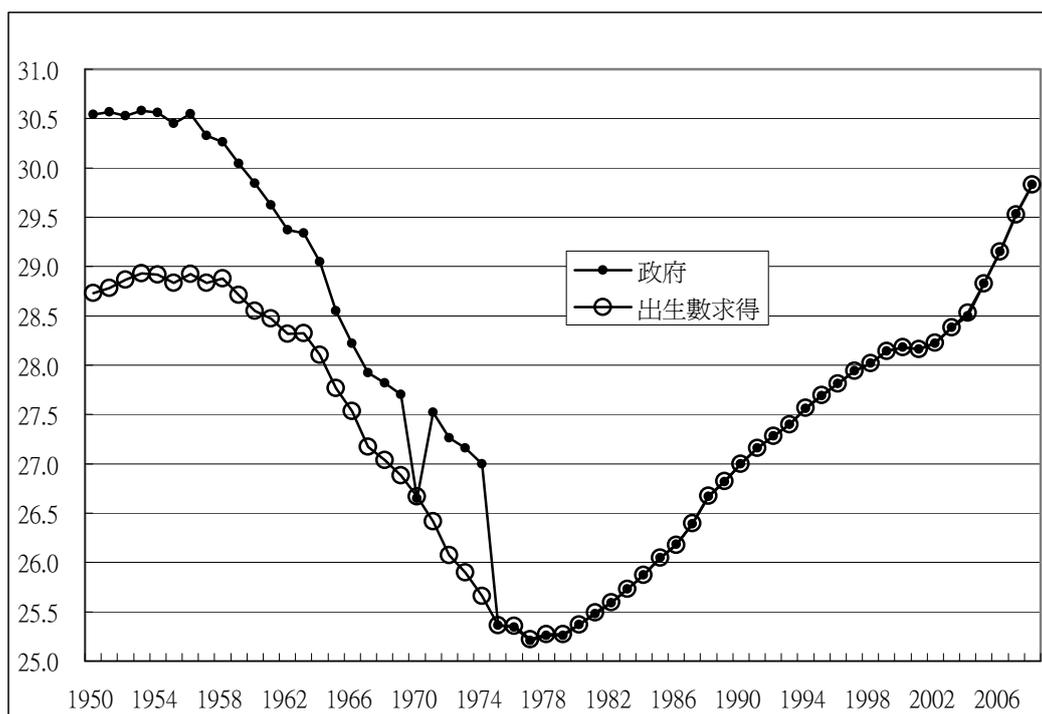


圖 5.4 1950~2008 年生育平均年齡

2.4 節提及二次大戰後，遠赴戰場的男人解甲返鄉，觸發了嬰兒潮，1951 年婦女總生育率為歷年最高 7.04，也由於農業社會需要較多人力，早期婦女通常生多胎，1950 年代平均生育年齡居高不下，從 1950 年的 28.7 歲，上升至 1958 年 29 歲左右，主要原因是婦女生多胎，拉長了生育年齡。1960 年代實施家庭計畫後，婦女總生育率持續下降，婦女不再多胎，平均生育年齡開始下降，直至 1977 年來到生育年齡最低的 25.2 歲，這 20 年來，生育年齡下降了快 4 歲。

1980 年代開始，初婚年齡延後，圖 5.5 顯示出男、女初婚年齡不斷提高，1975 年男性初婚年齡為 26.6 歲；女性 22.3 歲。男性初婚年齡到 1990 年時延後至 29.0 歲、女性 25.8 歲。2008 年，男性更延後到 31.1 歲，女性則是 28.4 歲。1975 至 2008 年間，男性初婚年齡延後 4.5 歲，女性卻延遲 6.1 歲。因為女性受高等教育與工作機會增加，經濟獨立後壓縮了結婚的空間，晚婚已成趨勢，平均生育年齡也相對延後，婦女生育第一胎平均年齡由 1975 年 22.9 歲上升至 2008 年 28.9 歲 (見圖 5.6)，變動幅度較平均生育年齡大。

平均生育年齡自 1977 年開始上升至 2000 年 28.2 歲，同時婦女不如早期多胎，總生育率在 1984 年開始低於 2.1，解嚴後(1987 年)維持在 1.75 至 2000 年開始下降，此階段晚婚才是影響平均年齡上升的主因。近年生育的平均年齡快速上升，婦女總生育率維持在 1.1 左右，高齡婦女生育的現象越來越明顯。2008 年總生育率為 1.07 再創新低，生育平均年齡為 29.8 歲，是台灣有記錄以來年齡最大的一年。以此趨勢未來生育平均年齡很有可能突破 30 歲，高齡產婦的增加將是另一個值得注意的問題。

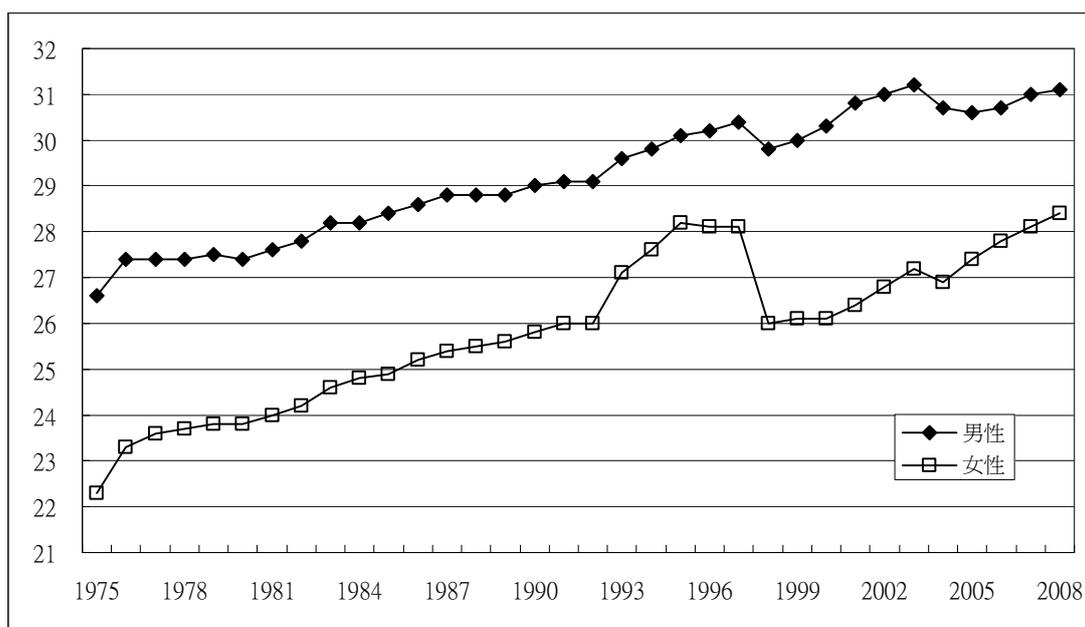


圖 5.5 1975~2008 年初婚平均年齡

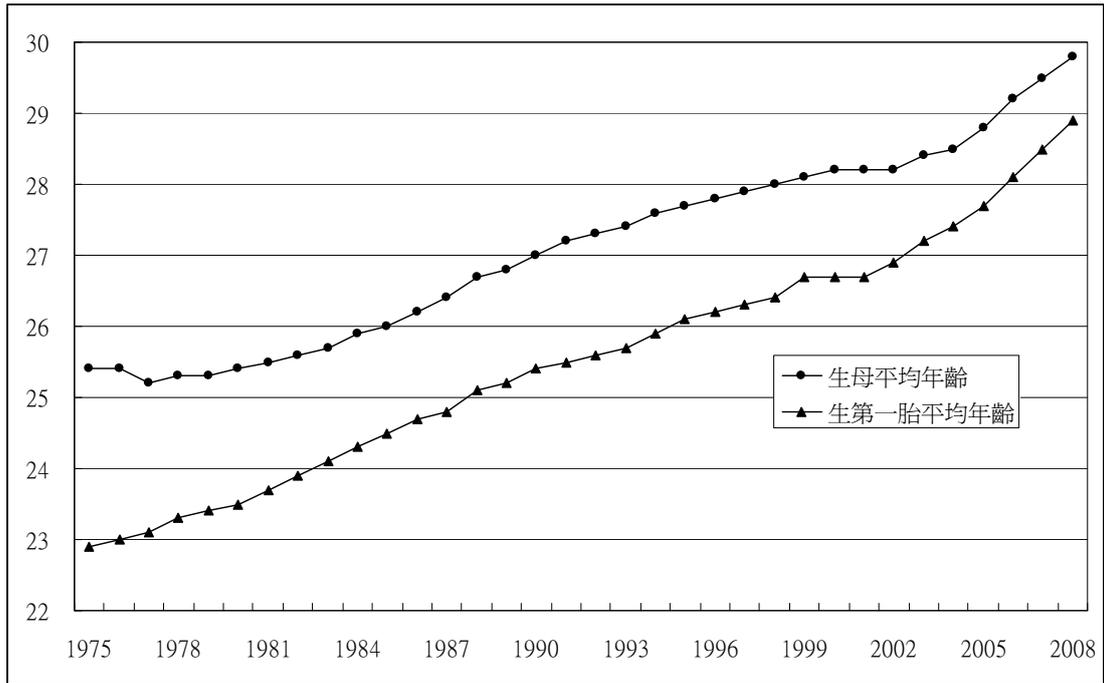


圖 5.6 1975~2008 年平均生育年齡與生第一胎平均年齡

5.3 生育年齡的分佈與之標準差、變異係數

為瞭解台灣婦女生育狀況的變化，吾等擬探討生育年齡分配的趨勢。我國採用育齡為 15 歲至 49 歲(即滿 15 歲至未滿 50 歲)，我們利用五齡組之育齡年齡別生育數，探討其分配。圖 5.7 至圖 5.13 為每 10 年婦女生育數之分佈(單位：千)。

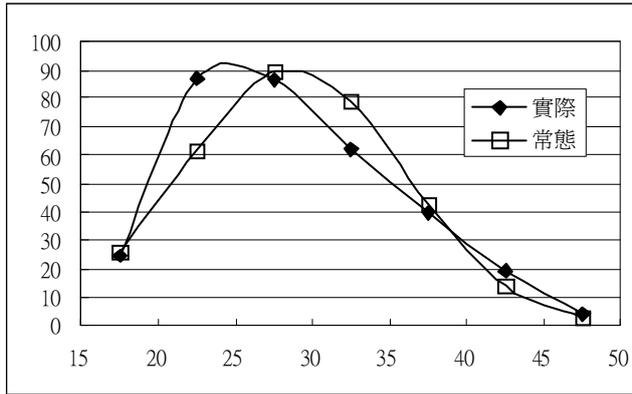


圖 5.7 1950 年生育年齡分佈

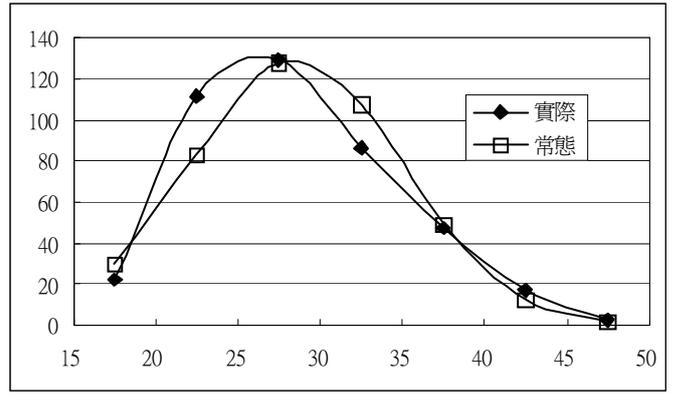


圖 5.8 1960 年生育年齡分佈

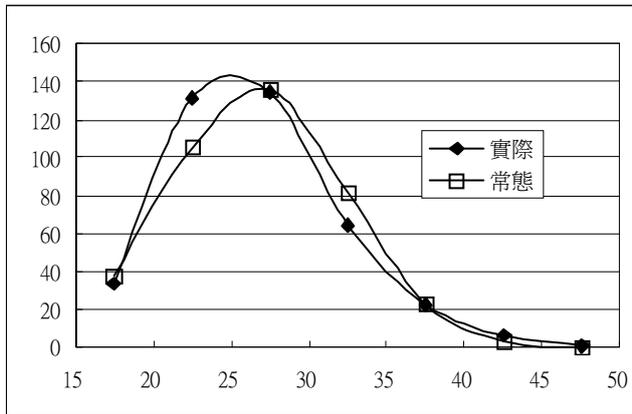


圖 5.9 1970 年生育年齡分佈

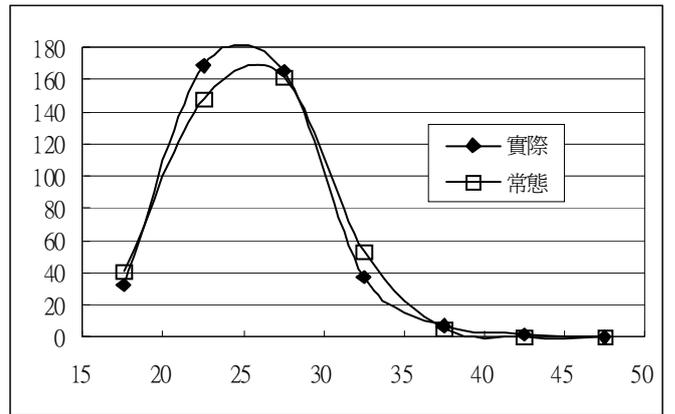


圖 5.10 1980 年生育年齡分佈

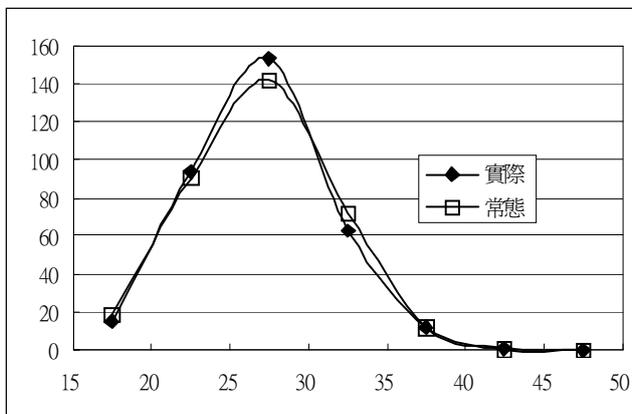


圖 5.11 1990 年生育年齡分佈

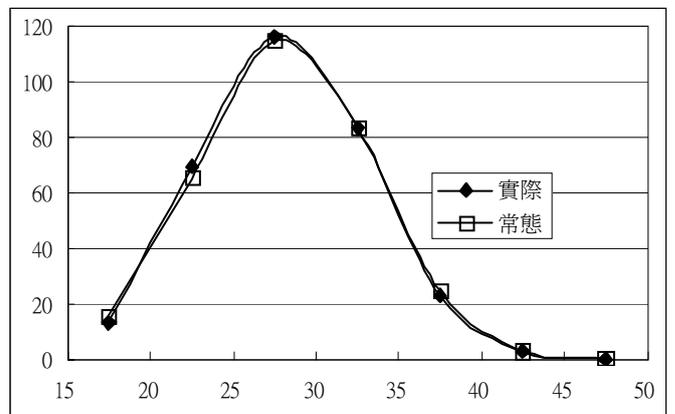


圖 5.12 2000 年生育年齡分佈

表 5.1 生育平均年齡、標準差與偏度

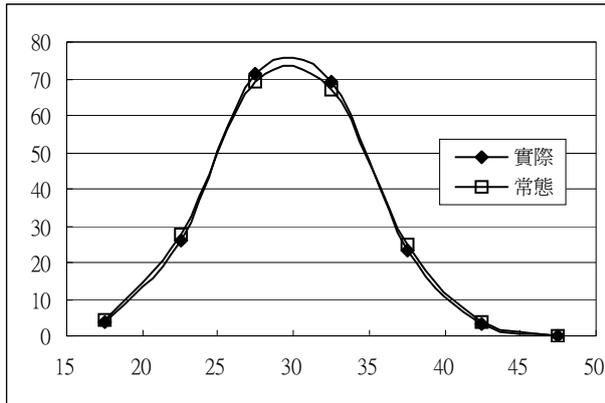


圖 5.13 2008 年生育年齡分佈

	平均	標準差	偏度
1950	28.73	6.95	0.4746
1960	28.55	6.27	0.4751
1970	26.67	5.53	0.6018
1980	25.37	4.33	0.5718
1990	27.00	4.48	0.2484
2000	28.18	5.08	0.1400
2008	29.83	4.91	0.0210

生育年齡分佈的標準差(見圖 5.14)，表示歷年婦女生育的年齡分佈是否較廣抑或是集中。由圖 5.7~圖 5.13 顯示早期台灣婦女生第一胎時，年紀往往還小，而由於戰後生活較安穩、農業社會多子多孫多福氣的習俗與避孕的知識不足，生多胎是件稀鬆平常的事情，生育年齡的分佈較廣，平均生育年齡因為生多胎而拉高至 29 歲(見圖 5.7)。1960 年代實施家庭計畫、宣導節育方法，總生育率與平均生育年齡不斷下降，婦女越來越集中在 20 至 30 歲生育，而 1970 年則不如早期多胎，35 歲以上婦女的生育數下降，生育年齡的分佈(圖 5.9)明顯較 1960 年 (見圖 5.8) 集中且左移，此現象(越顯集中且平均生育年齡下降)持續維持到 1980 年，1980 年婦女的生育分佈(見圖 5.10)又較 1970 年集中。另從分佈圖看來 1980 年前生育年齡都傾向某種程度的右偏，年紀較輕的婦女為主要生育者，1970 年右偏情形最大(見表 5.1)。1980 年代婦女生育狀況發生改變，由於女性上大學與就業機會的增加，影響婦女結婚的年齡，平均生育年齡因為晚婚開始上升，1984 年台灣婦女總生育率首度低於替代水準 2.1 以下，並不斷下降，1986 年後生育年齡分佈因為 25 歲以下的生育數明顯減少，不似 1980 年代以前集中在 20~30 歲之右偏現象，轉為常態。

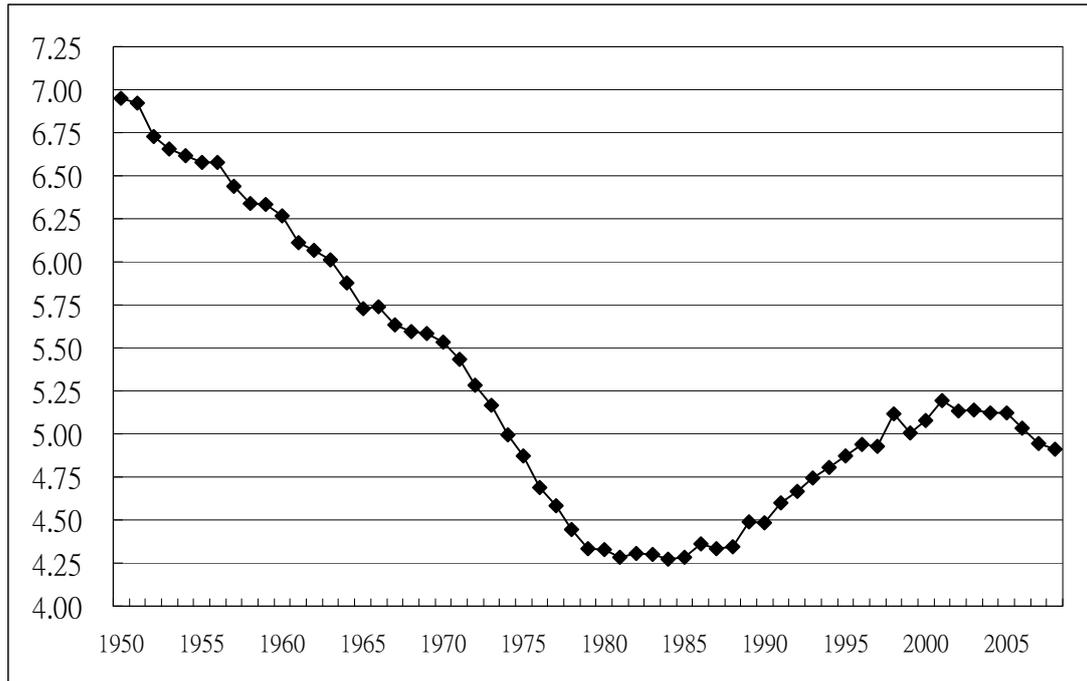


圖 5.14 1950~2008 年生育年齡分佈的標準差

1990 年後家庭計畫告一段落，女性就學及就業機會不斷增加，晚婚、晚生，甚至不育的狀況持續發生，選擇 30 歲以上生育的婦女快速增加，婦女的生育年齡分佈因此變廣(見圖 5.11)，平均生育年齡屢創新高，生育年齡的分佈呈現常態。1990 至 2000 年變異程度逐漸變大，也就是婦女生育年齡分佈越離散，生育年齡上升至 28 歲左右持平，而 2000 年又適逢龍年，婦女總生育率略為上升，但社會晚婚的風氣日趨嚴重，女性因為經濟獨立等原因選擇不婚更不在少數，使得婦女生育率仍是持續下降，平均生育年齡屢創新高，主要生育者由 20 至 30 歲轉為 25 至 35 歲(見圖 5.12)。2008 年是生育率最低且平均生育年齡最高的一年，生育年齡的分佈一樣呈現常態但明顯右移(平均年齡增加)，集中在高齡婦女生育(見圖 5.13)，台灣走向高齡化社會並且扶養高齡者的負擔變重將是無法避免的結果。

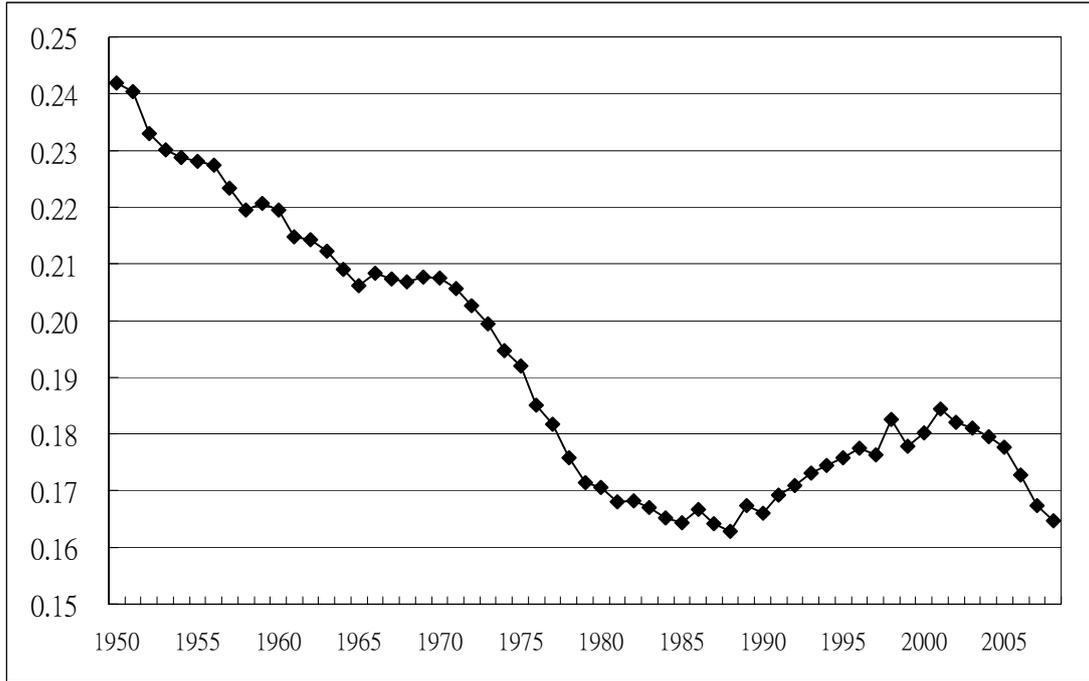


圖 5.15 1950~2008 年生育年齡分佈之 C.V

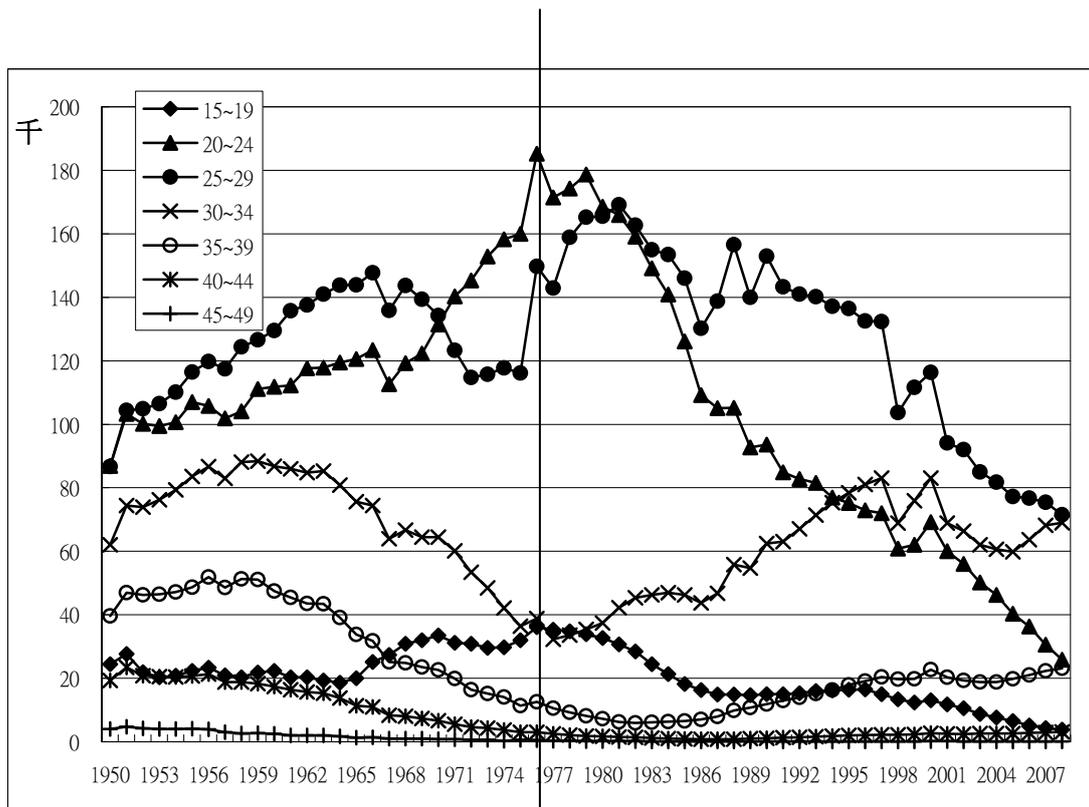


圖 5.16 1950~2008 年齡別生育數 (單位：千)

圖 5.15 是生育年齡分佈的變異係數係標準差與平均值之比，可比較年與年之間的差異程度。此趨勢大致與標準差相同。1975 至 1985 年變異係數與 2000 年後有相同趨勢，但前者是由於婦女不再生多胎，年紀較輕時就生育完，而後者卻是因為就學或就業等原因導致晚婚，越來越集中在較高齡婦女生育。

圖 5.16 為年齡別生育數，1970 年前與 1980 年後最大生育數之年齡為 25~30 歲，1970 年代為 20~25 歲。1950 年起 20 至 30 歲的婦女生育數不斷增加，且變為主要生育年齡，與上述提及生育年齡越顯集中一致(20~30 歲的生育數越遠大於其他年齡)，因此 1970 年代生育年齡的分佈(圖 5.9)明顯較 1960 年 (見 5.8) 集中且左移，至 1994 年開始 30~35 歲的生育數首度超越 20~25 歲，變為 25~35 歲之生育數最多。另接近 1980 年時，30 歲以下的生育數快速下降，尤其是 20~25 歲的生育數變化高達 16 萬，30 歲以上的生育數受到就學與就業的影響而增加，亦說明婦女主要生育年齡已由早期的 30 歲以下逐漸轉移為 25 至 35 歲。

5.4 配適生育平均年齡與變異係數(Piecewise Regression)

探討生育率的發展，我們配適 Piecewise regression，針對歷年來的生育平均年齡，以 1977 年為切點，並且在 1950 至 1977 年配適曲線，且令 1950 年 X 為 0 至 2008 年 X 為 58，Y 為生育平均年齡，模型為：

$$y = \beta_0 + \beta_1 x + \beta_2 (x-27)D + \beta_3 (x-27)^2 D \quad \text{where } D = 1, \text{ if } x-27 < 0$$

結果為： $\beta_0 = 21.0160$ ， $\beta_1 = 0.1453$ ， $\beta_2 = -0.4529$ ， $\beta_3 = -0.0059$

表示 1950 年開始生育平均年齡隨家庭計畫等等因素呈曲線發展，而 1977 年起台灣的生育平均年齡受經濟與教育等發展則開始直線上升。根據此一模式，1977 年後生育平均年齡依循 $\hat{y} = 21.0160 + 0.1453x$ 發展，也就是每年平均生育年齡會上升 0.1453 歲，若此一趨勢不變則至 2020 年生育平均年齡會上升至 31.19 歲。該模式之 MAPE=0.5045%、RMSPE=0.6018%。

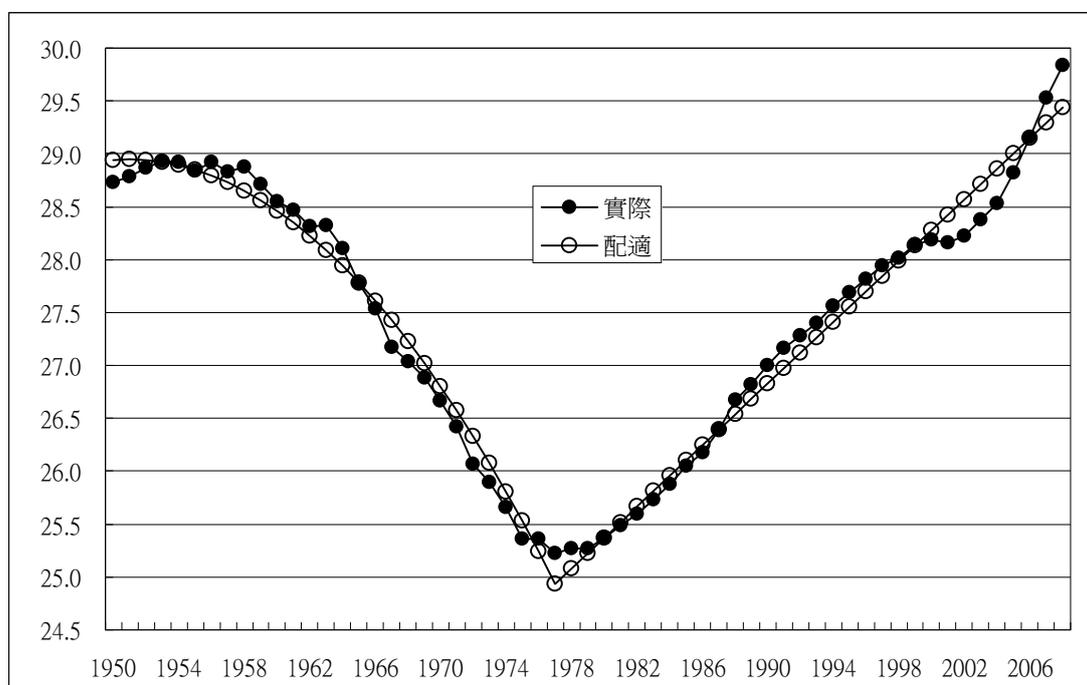


圖 5.17 配適生育平均年齡

另外針對生育年齡分佈的變異係數，我們找出最合適的切點與模式如下：

$$\hat{y} = \beta_0 + \beta_1 x + \beta_2 (x-36)D_1 + \beta_3 (x-20)D_2 + \beta_4 x^2 + \beta_5 (x-36)^2 D_1 + \beta_6 (x-20)^2 D_2$$

where $D_1 = 1, \text{ if } x-36 > 0$, $D_2 = 1, \text{ if } x-20 > 0$

一樣令 1950 年 X 為 0 至 2008 年 X 為 58，Y 為變異係數，以 1970 年與 1986 年為切點，三段都配適為曲線，但 β_6 不顯著。刪除 β_6 再配適後所得結果為：

$$\beta_0 = 0.2421, \beta_1 = -0.0035, \beta_2 = 0.0046, \beta_3 = -0.0046, \beta_4 = 8.9E-0.5, \beta_5 = -0.0002$$

表示台灣生育年齡的分佈大致分為三階段，1970 年前生育年齡的分佈廣，第二階段生育年齡開始趨向集中至 1986 年，第三階段因為社會文化環境的影響改變婦女生育的想法及年齡，生育的年齡分布由逐漸廣闊又變回集中，集中在 25 至 30 歲婦女生育。依此趨勢，未來的變異係數會逐漸下降，生育狀況會越來越集中在年齡越大的婦女上，該模式之 MAPE=1.1820%、RMSPE=1.4470%。

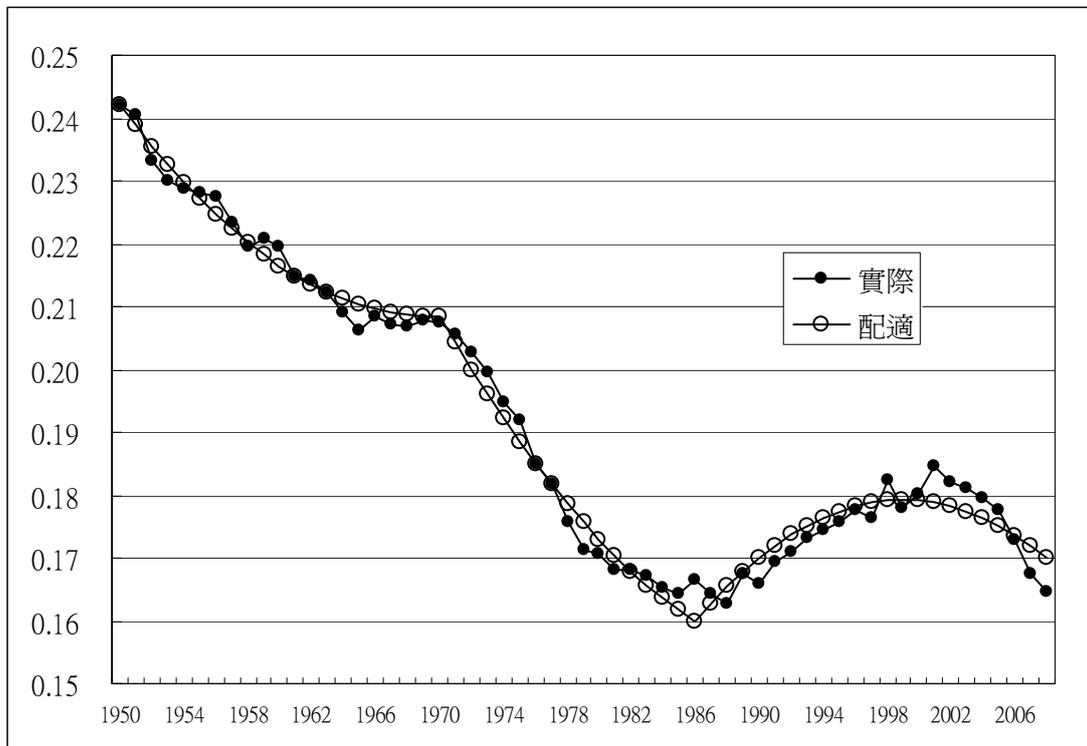


圖 5.18 配適變異係數

5.5 未來人口將面臨的問題

人口變遷所面臨的問題不單單是因為人口總量的增減，人口年齡結構的變化才是真正的原因，人口年齡結構指的是各年齡層人數佔總人數的比重，通常以人口金字塔表現。由於各年齡層有不同的人生任務，彼此之間不容易取代，因此人口結構變化如果過於劇烈，原有的社會經濟制度就會來不及反應(楊靜利、馮曉蘋，2005)。第四章說明台灣未來人口可能走向高峰後轉為負成長，本章也提到人口結構因為晚婚、晚生等因素導致少子化現象而改變，幼年人口佔總人口的比例不斷下降，相對地老年人口佔總人口的比例則不斷提高，人口年齡結構逐漸老化，進而造成以下幾種人口問題：

1. 總生育率下降，少子化現象：生育平均年齡與婦女生第一胎的年齡提高，女性生育胎次的降低，都顯示晚婚、不婚的情形已顯現，至 1984 年起，台灣總婦女生育率降為 2.1，表示少子化現象已浮現。其原因與經濟、社會、環境條件都有密切關係，過去農業社會需要勞動力的投入，造成多子多孫多福氣的觀念，這十幾年，女子受高等教育，女權意識蓬勃發展，進入職場追求經濟獨立，而影響生兒育女的觀念。少子化會使社會更加失去老年人家庭養老的功能，加速社會高齡化的發展，也使原本以嬰兒、兒童為消費對象的產業受到衝擊。
2. 人口老化：依聯合國定義，65 歲以上的人口佔總人口的比例超過 7%，就可稱為老化人口社會，1994 年台灣已變為高齡化社會。造成社會高齡化的因素有二，一是人們隨著醫療發達壽命延長，二為老人少死，嬰兒少生，就會造成人口結構高齡化，如果少子化的速度加快，同時也會加速社會的高齡化，造成將來勞動力的減少、老人無子無女為依靠(陳寬政，2008)，勢必轉為社會支持，成為今後政府財政相當嚴重的負擔(于宗先、王金利，2009)。
3. 結婚與出生率下降，幼童及學齡人口遞減：幼年人口數減少，教育資源過剩與教育成本提高適首當其衝的挑戰，學校班級數不但遞減，班上人數也下降，

造成教育資源嚴重閒置，少子化現象很快就會影響國中、高中、大專院校，使得上大學的機會提高，學生水平拉低，而某些院校產升招生不足，甚至倒閉。

4. 勞工斷層：台灣經歷三十多年的經濟發展，國民所得大幅提升及教育程度的影響，造成國人不願從事辛苦與危險性高的工作；高等教育擴張使進入勞動市場年齡延後，造成勞動力供應不足。若國人不願從事勞動力的工作，工資的提升增加企業的勞動成本，卻不一定會增加人們的意願，企業者將引進外國勞工來補足國內基層勞工之不足，而外國勞工在台工作所衍生的問題，政府也須另加注意。

第六章 結論與建議

6.1 Von Bertalanffy 模式的討論

根據 MAPE 與 RMSPE (見表 4.5、表 4.6 與表 4.7)，我們配適多種模式的結果中，不同情況下的 Von Bertalanffy 模式與經建會報告中的高、中與低推計有相當接近的結果。Von Bertalanffy 配適的結果人口數始終上升，而經建會報告中的高、中與低推計分別在 2028 年、2026 年與 2023 年人口開始下降。在 2030 年前，高推計的結果與配適 Von Bertalanffy 的結果($m=3.25$)相當吻合；中推計的結果與配適 $m=4$ 的 Von Bertalanffy 相當接近；而低推計在 2023 年開始下降，至 2020 年前低推計與配適 $m=4.5$ 的 Von Bertalanffy 結果一致。經建會運用人口變動要素方法推計未來人口可能的發展與 Von Bertalanffy 的趨勢非常相似，從 1970 年到 2030 年人口的成長就像是隨著 Von Bertalanffy 的模式在發展。

由於未來人口可能達到高峰後下降，因此我們增加一個參數使之有下降的趨勢，其結果與低推計至 2050 年相近 (MAPE=0.54%)，雖然 MAPE 較高，但如此長遠的預測下，我們認為 MAPE 小於 1%算是高度精確。

另以 1970 至 2008 年實際人口數接續 2009 至 2030 年經建會中的高、中與低推計，此三種發展(1970 年~2030 年)皆可配適 Von Bertalanffy，惟高、中與低推計在 2030 年前陸續達到人口高峰後下降，因此配適結果沒有以 Von Bertalanffy 2 配適佳。

而 1970 至 2008 年實際人口數接續 2009 至 2050 年經建會中的理想水準、高、中與低推計(1970 年~2050 年)皆可配適 Von Bertalanffy 2，但若是接續替代水準至 2050 年(總生育率於民國 104 年達 1.6 人、145 年達 2.1 人)卻無法配適 Von Bertalanffy 2。近幾年台灣總生育率大致為 1.1，婦女晚婚甚至不婚現象日趨嚴重，顯然民國 104 年總生育率要升高至 1.6 人的可能性不大，且在民國 145 年達 2.1 更

是難以達成的目標。若接續替代水準的結果至 2023 年(總生育率達 1.74)，則可配適 Von Bertalanffy，Von Bertalanffy 詮釋台灣人口發展至 2023 年總生育率達 1.74 已為極限。

依上述之配適結果，近期(2009~2020)台灣人口可能將會依循 Von Bertalanffy 模式與 Von Bertalanffy 2 模式持續增加，而未來人口發展(至 2050 年)很有可能依循 Von Bertalanffy 2 之趨勢，此趨勢包含經建會報告中低推計與理想水準間，至 2023 年婦女總生育率提高至 1.74 已是極限(見附錄 B-3)，人口依循替代水準發展則較不可能。

6.2 各種模式結果與經建會最新報告比較

第四章我們利用經建會「中華民國臺灣 97 年至 145 年人口推計」中的挑戰目標(高推計)、政策目標(中推計)及機率預測(低推計)與本研究做比較，其中婦女生育率分別設定為在民國 145 年達到 1.60、1.40、1.06。而經建會最新報告「2010 年至 2060 年臺灣人口推計」，一樣運用人口變動要素方法，經由各項人口變動要素之假設，推算人口未來發展，分為三種推計結果，挑戰目標(高推計)、政策目標(中推計)及機率預測(低推計)，分別是設定婦女生育率在民國 149 年達到 1.60、1.30、0.8。

經建會在 2010 年 11 月公布最新報告「2010 年至 2060 年臺灣人口推計」，因此本文最後與此報告加以比較。「2010 年至 2060 年臺灣人口推計」中，2010 年的人口總數推計結果，較兩年前的報告要高出大約 4 萬多人，與本文分析結果更為接近(見表 6.1)。另在達到人口最高峰時，「中華民國臺灣 97 年至 145 年人口推計」中，最早達到人口最高峰的低推計在 2023 年，但「2010 年至 2060 年臺灣人口推計」低、中及高推計達到最高峰分別在 2018、2022 及 2025 年，低推計的部份提早了 5 年。本文中二次曲線、1970~時間序列、1980~時間序列及 Von 2 四種模式的人口最大值與其年代均介於經建會兩份報告中的低推計間(見表 6.2)。

表 6.1 2010 年推計結果比較

	EXP	Gompertz	Logistic	二次線性	1970~ VB	1980~ VB	VB 2
2010	23431	23368	23307	23234	23236	23218	23205
	VB m=4	Exp 成長率	1970~ 時間序列	1980~ 時間序列	Grey 成長率	Gompertz 成長率	VB m=4.5
2010	23197	23195	23181	23175	23176	23169	23171
	高推計	中推計	低推計	(新) 高推計	(新) 中推計	(新) 低推計	
2010	23129	23123	23110	23169	23165	23161	

表 6.2 人口高峰比較

本研究	二次曲線	1980~ 時間序列	1970~ 時間序列	VB 2		
人口最大值	23535	23481	23584	23542		
年代	2019	2020	2021	2021		
經建會報告	高推計	中推計	低推計	(新)高推計	(新)中推計	(新)低推計
人口最大值	24031	23837	23646	23567	23446	23353
年代	2028	2026	2023	2025	2022	2018

圖 6.1、圖 6.2、圖 6.3 為近期、中期及遠期各模式與經建會最新報告比較，其中二次曲線、1970~時間序列、1980~時間序列、VB 2 及 Gompertz 成長率與此報告中的高、中及低推計較相近：在近期高於經建會最新報告中的高、中及低推計，中期大致介於高推計與低推計間，遠期則介於中推計與低推計間，2030~2050 年二次曲線的結果與低推計非常相似。此五種模式與經建會「中華民國臺灣 97 年至 145 年人口推計」之比較則較為低估，而與最新報告「2010 年至 2060 年臺灣人口推計」的比較更為佳，圖 6.4 只保留經建會近兩期的高、中及低推計與此五種模式，可以更清楚看出之間差異。除這五種模式外，其餘模式在 2010 年後就高於此報告中的高推計，其中以 1970~2008 年人口成長率配適 Gompertz 再換算成總人口數之結果在 2024 年前與高推計相同，圖 6.1 與圖 6.2(2024 年前)這兩條線幾乎重疊。

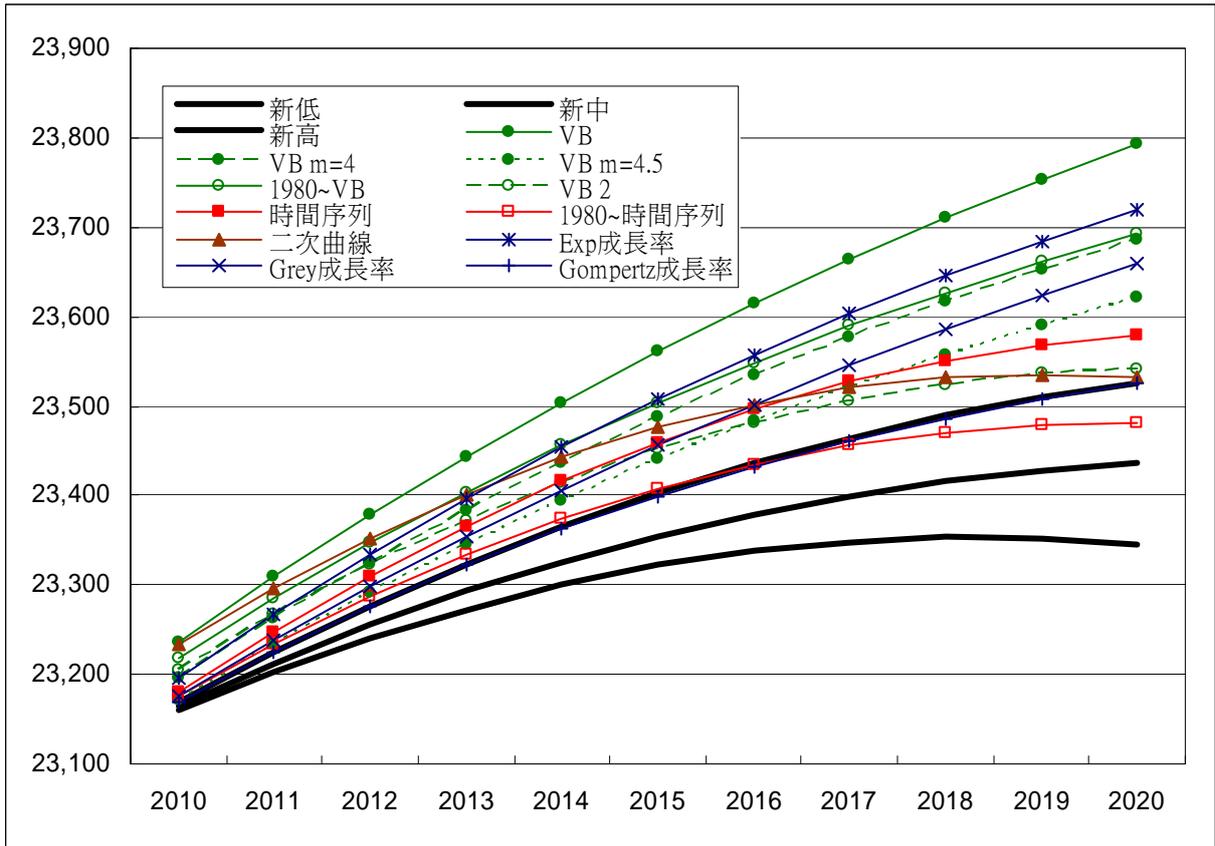


圖 6.1 各模式 2010~2020 年與經建會最新報告比較

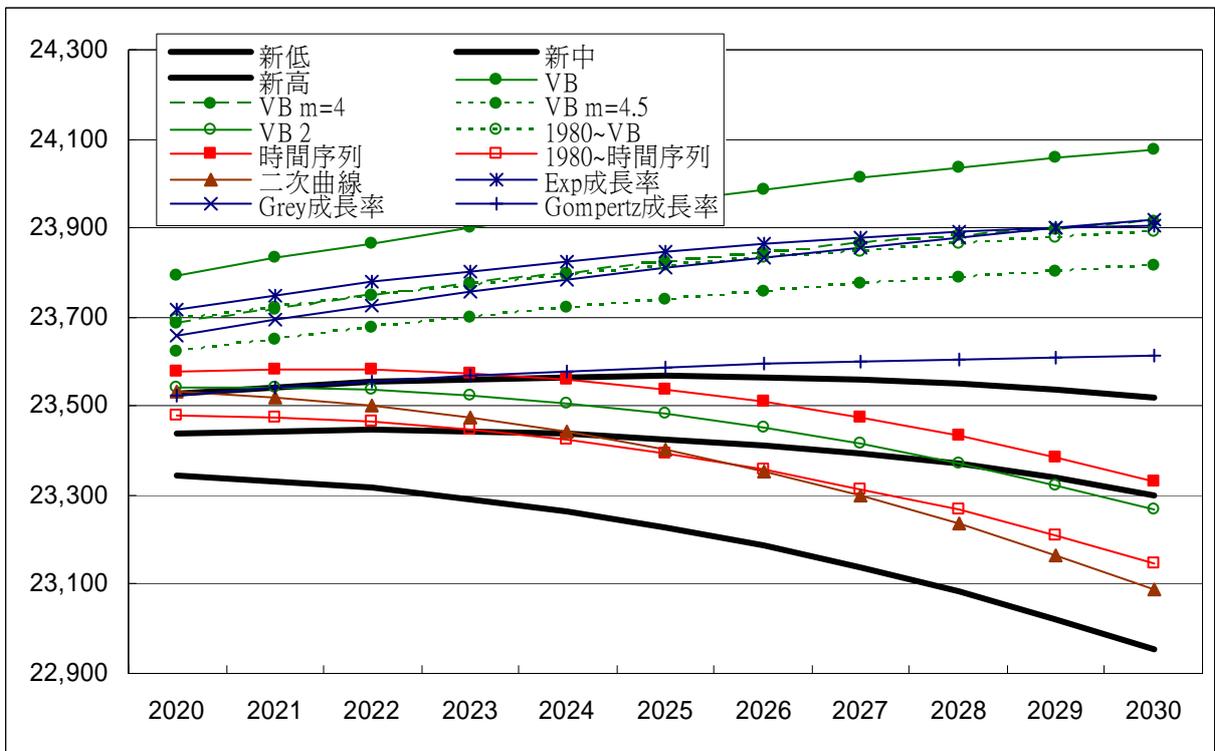


圖 6.2 各模式 2020~2030 年與經建會最新報告比較

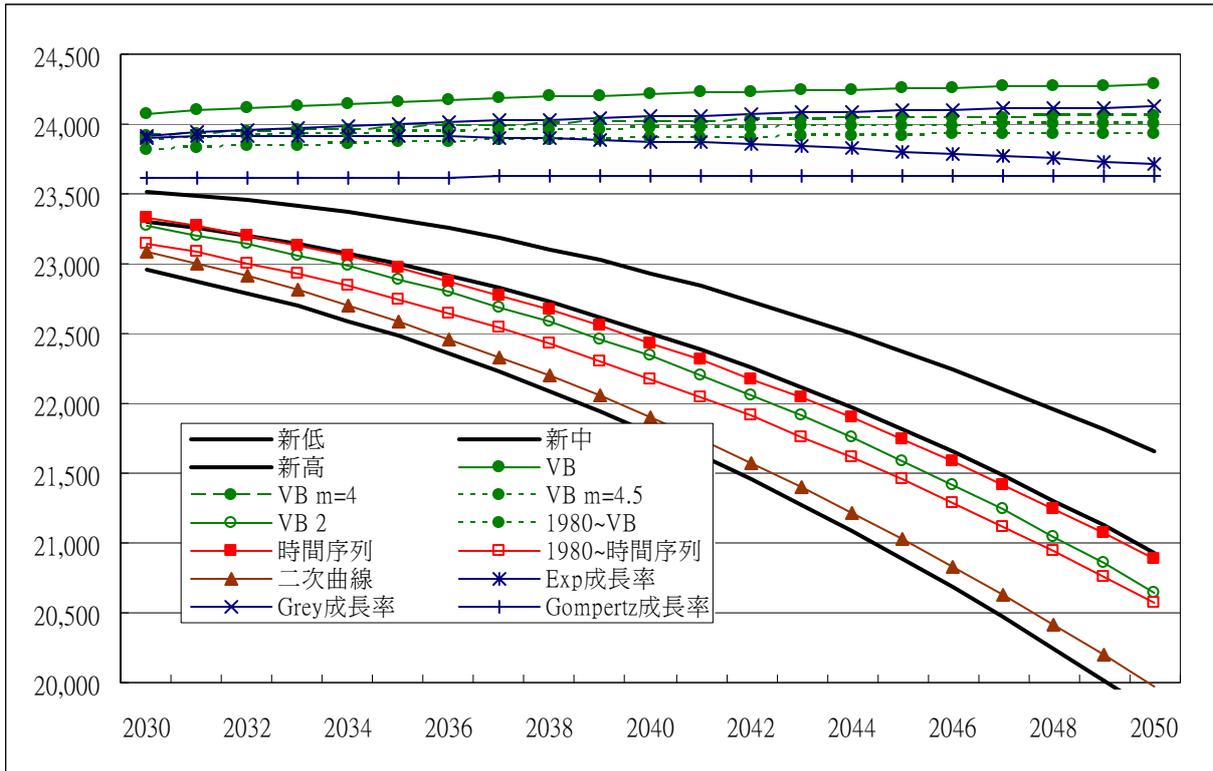


圖 6.3 各模式 2030~2050 年與經建會最新報告比較

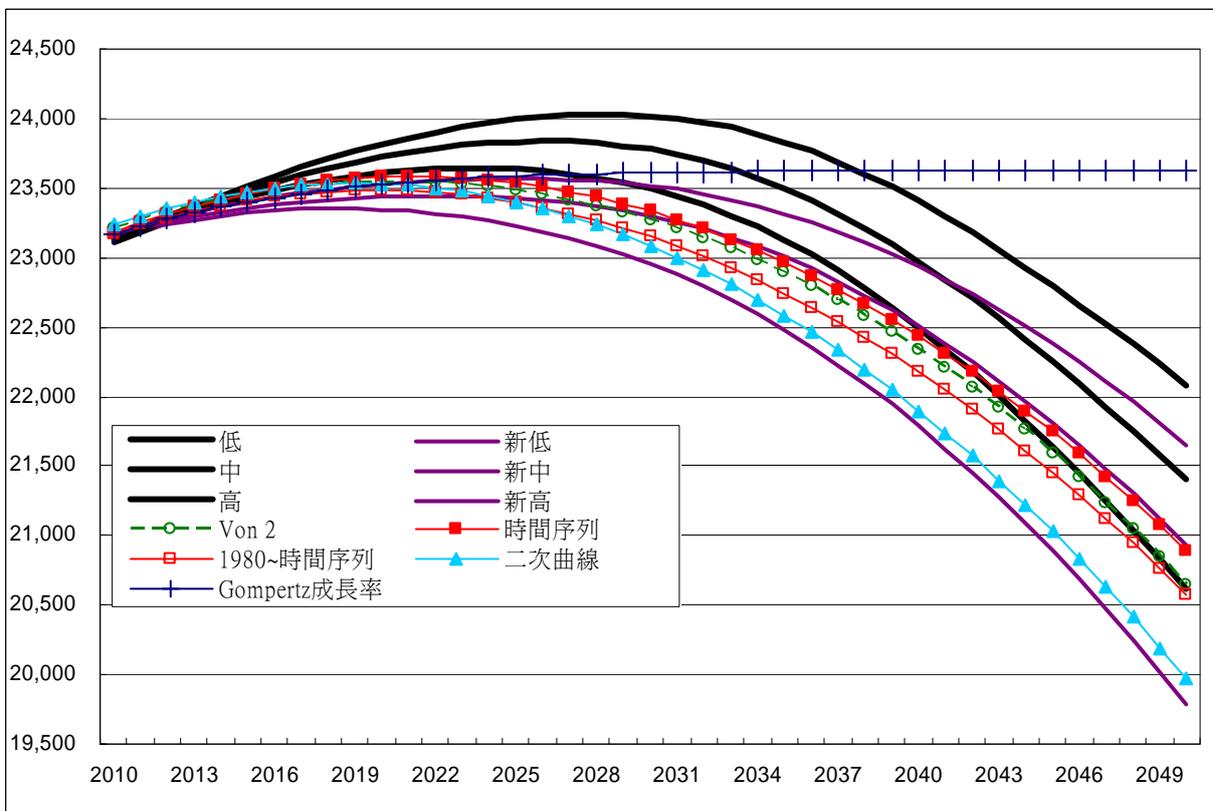


圖 6.4 各模式 2010~2050 年與經建會近兩期報告比較

我們挑選預測結果大致介於最新報告中的高推計與低推計間的五種模式推算預測能力。表 6.3 為二次曲線、1970~時間序列、1980~時間序列、VB 2 及 Gompertz 長長率與經建會最新報告中的高、中及低推計推算之 MAPE 與 RMSPE。其中 Gompertz 成長率至中期與新高推計接近，其 MAPE 與 RMSPE 都較低。另 2009~2050 年的二次曲線結果與最新報告中的低推計非常接近，由圖 6.3 顯示二次曲線與低推計差距甚小。我們使用 1970~2008 年總人口數配適二次曲線模式就可推估出經建會藉由人口變動要素組成方法所推算的結果，而不需考慮其他的人口要素。

表 6.3 四種模式之 MAPE 與 RMSPE

2009~2020	新高		新中		新低		平均	
	MAPE	RMSPE	MAPE	RMSPE	MAPE	RMSPE	MAPE	RMSPE
VB 2	0.1709	0.1763	0.3718	0.3841	0.5416	0.5787	0.3614	0.3797
1970~時間序列	0.2022	0.2141	0.4032	0.4421	0.5932	0.6430	0.3929	0.4331
1980~時間序列	0.0605	0.0800	0.1807	0.1912	0.3502	0.3862	0.1971	0.2191
二次曲線	0.2494	0.2680	0.4504	0.4558	0.6203	0.6394	0.4400	0.4544
Gompe 成長率	0.0081	0.0103	0.1938	0.2240	0.3634	0.4288	0.1884	0.2210
2009~2030	新高		新中		新低		平均	
	MAPE	RMSPE	MAPE	RMSPE	MAPE	RMSPE	MAPE	RMSPE
VB 2	0.3050	0.4190	0.2890	0.3264	0.8096	0.8861	0.4679	0.5438
1970~時間序列	0.2488	0.3117	0.4032	0.4400	0.9446	1.0556	0.5322	0.6024
1980~時間序列	0.4381	0.6598	0.2190	0.2710	0.5272	0.5768	0.3948	0.5025
二次曲線	0.5299	0.7363	0.3996	0.4554	0.6512	0.6758	0.5269	0.6225
Gompe 成長率	0.0700	0.1296	0.4748	0.5991	1.0191	0.3142	0.5213	0.6810
2009~2050	新高		新中		新低		平均	
	MAPE	RMSPE	MAPE	RMSPE	MAPE	RMSPE	MAPE	RMSPE
VB 2	1.5044	2.0855	0.5223	0.6347	1.7291	2.0920	1.2519	1.6041
1970~時間序列	1.2147	1.6671	0.3171	0.3607	2.0807	2.5511	1.2042	1.5263
1980~時間序列	1.8685	2.4970	0.7882	1.0122	1.2794	1.6474	1.3120	1.7189
二次曲線	2.5843	3.5707	1.5662	2.1202	0.6152	0.6437	1.5886	2.1115

6.3 經建會人口推估報告

鐘俊文(2003)指出，根據行政院經建會公佈的新世紀人力發展方案(90年至93年)，民國93年嬰兒出生數為33.1萬人，民國100年降為32.2萬人，但實際民國90年出生數僅26萬人，91年降至24.7萬人。與經建會所預測的數字，差距超過10萬人。而經建會所做的報告「民國97年至145年人口推計」中，民國97年低推計的結果2295.6萬人，實際人數為2303.7萬人，民國98年低推計為2303.4萬人，實際人數為2312.0萬人，都低估約8萬人。

表 6.4 政府經建會人口推計

		高	中	低
民國 91 年至 140 年人口推計	人口零成長(年)	119	116	111
	總人口數(單位：千)	24964	24481	23829
	設定總生育率至	1.9	1.6	1.25
民國 93 年至 140 年人口推計	人口零成長(年)	116	111	105
	總人口數(單位：千)	24300	23700	23200
	設定總生育率至	1.6	1.2	0.9
民國 95 年至 140 年人口推計	人口零成長(年)	116	107	103
	總人口數(單位：千)	23900	23200	23000
	設定總生育率至	1.6	1.1	0.8
民國 97 年至 145 年人口推計	人口零成長(年)	117	115	112
	總人口數(單位：千)	24031	23837	23646
	設定總生育率至	1.6	1.4	1.06
民國 99 年至 149 年人口推計	人口零成長(年)	114	111	107
	總人口數(單位：千)	23567	23446	23353
	設定總生育率至	1.6	1.3	0.8

表 6.4 為經建會每兩年所做的人口推計報告中的人口最大值與年份，「民國 95 年至 140 年人口推計」是這五次報告中最早達到人口高峰，分別是 2027 年、2018 年及 2014 年，而「民國 95 年至 140 年人口推計」與「民國 97 年至 145 年人口推

計」，短短兩年低推計達成長率為零的年份，由民國 103 年延後至民國 112 年，人口的最大值相差大約六十五萬人。

從「民國 91 年至 140 年人口推計」到最新報告「民國 99 年至 149 年人口推計」，高推計及低推計間的差異越來越接近。「民國 91 年至 140 年人口推計」高推計與低推計相差 113.5 萬，「民國 93 年至 140 年人口推計」高推計與低推計相差 110 萬，「民國 95 年至 140 年人口推計」高推計與低推計相差 90 萬，近兩年則分別為 38.5 萬人與 21.4 萬人。

在經建會所推估的結果不見得準確下，我們利用各類模式對未來人口做預測亦是可能發生的情況，其結果在近期人口都持續的增加。中期預測大致分成兩個趨勢，達到高峰後下降與持續增加。未來人口數會下降的模式則都介於經建會近期兩份報告中之低推計，在 2020 左右台灣人口可能就會達到高峰，且根據第五章婦女生育率的探討少子化日趨嚴重，將使得人口結構轉變。而人口數持續增加的模式在中期增加的速度開始漸緩，或許未來台灣人口的發展並不如預期惡劣，但近幾年婦女生育率的下降，人口增加數勢必會越來越少。長期預測的結果接續中期的發展。一是人口的持續下降，至 2050 年大致下降至 2000 萬人與 2090 萬人間，介於經建會近期兩份報告中之低推計，遠遠低於 2008 年的總人口數。其中二次曲線為最低結果與經建會最新報告中的低推計有相同趨勢且相當接近，2050 年預測的總人口數低於兩千萬。二是人口接續成長的模式在 2040 年左右達到約 2390 萬人的恆定人口，2050 年大約介於 2360 萬人至 2430 萬人，此結果與經建會的報告有所不同，但人口成長存在許多不可預期的事，我們無法判定未來人口達到恆定為不可能的結果，或許也是另一種人口發展的狀況。

由於未來人口的發展，存在太多不可預期的因素，人口達高峰後下降抑或是與經建會推估結果呈現相反的恆定發展都可能發生，而 Von Bertalanffy 與 Von Bertalanffy 2 大致可詮釋台灣人口之發展趨勢。我們只能利用現有資料，儘可能的預測出較合理與接近未來人口的發展狀況，進而作為訂定規劃有助於未來國家發展的經濟、教育與社會政策的參考。

6.4 建議

本文 5.5 節提及台灣未來總生育正逐年下滑，將導致人口老化、幼童及學齡人口遞減、平均壽命延長等現象，因此本研究提出以下建議作為參考：

1. 總生育率下降，少子化現象：過去養兒防老的觀念已不多見，婚後繼續工作的也不在少數，目前建構能兼顧工作及家庭生活的職場為當務之急，此外生育補助如育嬰假、育嬰津貼與不孕症治療、育兒金等等，希望透過實質補貼，能提高逐年下滑的生育率。
2. 人口老化：除了目前有關老人福利的法令外，其落實程度及成效仍有待加強，另外及早規劃退休金福利、老人安養院、看護設施與醫療等都極為重要(詹火生、林慧芬，2002；鐘俊文，2004；李選與張婷，2002)，推動高齡者相關服務及產業發展，營造友善的高齡者生活環境，結合戶警社政系統關懷獨居高齡者，方能減少未來人口老化所帶來之問題。
3. 結婚與出生率下降，幼童及學齡人口遞減：減少新學校的設立外，可規劃相似學校合併，提高學校競爭力，也可避免學校有招生不足因而倒閉之危機與師資過剩的問題。同時教育資源之擴充應改為教育品質之提升(鐘俊文，2004)。
4. 勞工斷層：勞動力中高齡(準老人)比例漸增，勞動力結構將老化，政府單位應正視此問題並提供我國勞工之因應政策，例如：延後退休年齡及階段性退休津貼領取制度，鼓勵退休勞工繼續協助公司，將多年經驗繼續傳授，有效運用資深人力資本，此外協助部份技職學生參與建教合作，不但可以學以致用，也可鼓勵青年勞工提早進入市場。

參考文獻

中文部分：

- 于宗先、王金利 (2009) 台灣人口變動與經濟發展，台北：聯經出版。
- 內政部 (2008)。內政部人口政策白皮書。台灣：台北。
- 行政院經濟建設委員會 (2001) 新世紀人力發展方案：民國九十年至九十三年》，台北：行政院經建會。
- 行政院經濟建設委員會人力規劃處 (2008) 中華民國臺灣地區民國97年至145年人口推計，臺北市：行政院經建會。
- 行政院經濟建設委員會人力規劃處 (2010) 2010年至2060年臺灣人口推計，臺北市：行政院經建會。
- 李棟明 (1968) 歷來臺灣人口社會增加之研究，臺灣省衛生處臺灣人口研究中心出版。
- 李博志 (2000) 應用計量經濟學，五南圖書，台北。
- 李選、張婷 (2002) 高齡化社會宣告來臨----人民準備好了嗎。中山醫學大學護理學系季刊。
- 吳柏林，廖敏治 (1991) 台灣地區結婚率、出生率、人口成長率的時間數列模式探討，人口學刊，第 14 卷，第 109-132 頁。
- 林勝偉 (2002) 台灣人口性別結構之變遷：1905-2000，國立政治大學社會學報，第三十三期。
- 林勝偉 (2004) 「戶籍」與「兵籍」：戰後台灣人口統計二元化之成因及其影響，臺灣人口學會主辦「臺灣人口學會二〇〇四年年會」暨『人口、家庭與國民健康政策回顧及展望』研討會，台北。
- 林彩梅、賴素鈴、鄧旭茹 (2006) 我國生育率預測方法之探討—趨勢、解構及 ARIMA 模式比較，台北科技大學學報，39之1，251-261。
- 官蔚藍 (1963) 臺灣光復後人口總數及其增加率之研究，國際經濟資料，10(4):

9-31。

孫得雄、陳肇男、李棟明 (2001) 台灣家庭計畫之轉折與政策經驗，台灣經濟預測與政策，32(2)：25-76。

陳寬政、葉天鋒 (1982) 日據時代以來台灣地區人口年齡組成之變遷：1905-1979，台灣大學人口學刊，第6卷，頁99-114。

黃意萍、余清祥 (2002) 台灣地區生育率推估方法的研究，人口學刊，第 25卷，145-171。

詹火生、林慧芬 (2002) 失業率攀升中的挑戰與對策。2001年12月16日發表於北京人民大學、香港大學及政治大學主辦之「兩岸三地變動中的社會環境與勞動保障研討會」。

楊奕農 (2005) 時間序列分析，雙葉書廊有限公司出版，台北。

楊靜利、馮曉蘋 (2005) 臺灣的人口問題：迷思與因應，台灣銀行季刊56(3)：60-83。

鄧聚龍 (1982) 灰色系統基本方法 (Grey System Theory)，華中理工大學出版社。

劉克智 (1975) 台灣人口成長與經濟發展論，台北：聯經出版。

鍾俊文 (2003) 政府的人口預測為何錯的離譜，貨幣觀測與信用評等，第 43 卷，第 1-2 頁。

鐘俊文 (2004) 少子化、人口老化及人口減少的成因、衝擊與對策，台灣經濟論衡，2(6)：11-46。

英文部分：

Box, G. E. P. and Jenkins, G. M. (1976). Time Series Analysis: forecasting and control (revised edition), Hoden-Day, Sun Francisco. 575 p.

Chapman, D. G. (1961). Statistical problems in dynamics of exploited fisheries

- populations. In: Proceedings, 4th Berkeley symposium of mathematical statistics and Problems, CA: University of California. 153-168p.
- Cohen, A. (1983). Seasonal daily effect on the number of births in Israel, *Applied Statistics*, vol. 32, 228-235p.
- Goodkind, D. M. (1993). New Zodiacal Influences on Chinese Family Formation: Taiwan, 1976. *Demography* 30(2): 127-142.
- Ljung, G.M. and Box, G. E.P. (1987). On a Measure of Lack of Fit in Time-Series Models, *Biometrika*, 65, 297-303.
- Lewis, E. B. (1982). Control of body segment differentiation in *Drosophila* by the bithorax gene complex, *Embryonic Development, Part A: Genetics Aspects*, Edited by Burger, M. M. and R. Weber. Alan R. Liss, New York, 269-288.
- Lee, R. D. (1993). Modeling and Forecasting the Time Series of US Fertility : Age Distribution, Range, and Ultimate Level, *International Journal of Forecasting*, 9, 187-202.
- Pütter, A.(1920). Studien über physiologische Ähnlichkeit. VI. Wachstumsähnlichkeiten. *Pflügers Arch. ges. Physiol.* 180:298-340.
- Pienaar, L. V., and Turnbull, K. J. (1973). The Chapman-Richards generalization of Von Bertalanffy's growth model for basal area growth and yield in even-aged stands. *Forest Science.* 19:2-22.
- Richards, F. J. (1959). A flexible growth function for empirical use. *Journal of Experimental Botany.* 10(29): 290-300.
- Ryder, N. B. (1982). Cohort and Period Measures of Changing Fertility, Determinants of Fertility in Developing Countries : 736-756.
- Von Bertalanffy, L.(1938). A quantitative theory of organic growth (Inquires on growth laws. II). *Human Biol.* 10:181-213.

附錄 A：SAS 程式

A1. 利用台灣歷年總人口數配適 Von Bertalanffy

```
/**Von Bertalanffy**/
```

```
proc nlin data=TOTAL;
```

```
parms A= 23800 B=0.07 C=0 m=3;
```

```
model y=(A**(1-m)-C*exp(-B*t))**(1/(1-m));
```

```
output out=total
```

```
p=yhat l95=low u95=up
```

```
parms= A B C m ;
```

```
run;
```

設定起始值，A 大致選取人口高峰值， $B=(1-m)k$ 介於 0~1 間，C 為極小值，m 為坡度

設定模型為 $y=(A^{(1-m)}-Ce^{-Bt})^{\frac{1}{1-m}}$

P 為估計值，l95 與 u95 分別為信賴區間之下界與上界

```
/**Von Bertalanffy m=4**/
```

```
proc nlin data=TOTAL;
```

```
parms A= 23800 B=0.07 C=0;
```

```
model y=(A**(1-4)-C*exp(-B*t))**(1/(1-4));
```

```
output out=total
```

```
p=yhat l95=low u95=up
```

```
parms= A B C m ;
```

```
run;
```

模式裡直接設 m=4

```
/** VB 2**/
```

```
proc nlin data=total MAXITER=10000;
```

```
parms A= 29000 B=0.09 C=0 D=0 m=4.7;
```

```
model
```

```
y=(A**(1-m)-C*exp(D*(t**2)-b*t))**(1/(1-m));
```

```
output out=total
```

```
p=yhat l95=low u95=up
```

```
parms= A B C D m;
```

```
run;
```

設模式為 $y=(A^{(1-m)}-Ce^{D t^2-Bt})^{\frac{1}{1-m}}$

```
proc export data=total
```

```
outfile='c:\von bertalanffy.xls'
```

```
dbms=excel
```

```
replace;
```

```
run;
```

結果輸出至 C 槽，格式為 excel，名稱為 von bertalanffy

A2. 利用台灣歷年總人口數配適時間序列 1970~2008年

```
/**Time Series**/
```

```
data case1;
```

```
input x@@;
```

```
y=dif(x);
```

```
z=dif(dif(x));
```

```
t=intnx ('year','01jan1970'd,_n_-1);
```

```
format t year.;
```

```
cards;
```

```
14753911 15073216 15367774 15642467 15927167
```

```
16223089 16579737 16882053 17202491 17543067
```

```
17866008 18193955 18515754 18790538 19069194
```

```
19313825 19509082 19725010 19954397 20156587
```

```
20401305 20605831 20802622 20995416 21177874
```

```
21357431 21525433 21742815 21928591 22092387
```

```
22276672 22405568 22520776 22604550 22689122
```

```
22770383 22876527 22958360 23037031
```

```
;
```

```
proc print data=case1;run;
```

```
proc gplot;plot x*t;symbol i=joint v=dot;
```

```
proc gplot;plot y*t;symbol i=joint v=dot;
```

```
proc gplot;plot z*t;symbol i=joint v=dot;
```

```
run;
```

```
proc arima;
```

```
identify var=z nlag=24 minic p=(0:5) q=(0:5);run;
```

```
estimate p=0 q=(1,4) method=cls; run;
```

```
forecast lead=50 id=t out=results; run;
```

```
proc gplot data=results;
```

```
plot x*t=1 forecast*t=2 l95*t=3 u95*t=3/overlay;
```

```
symbol1 c=blue i=none v=star;
```

```
symbol2 c=red i=join v=none l=1 w=1;
```

```
symbol3 c=green i=join v=none l=2 w=2;run;
```

X 為原始資料，y 為 x 之一階差分，
z 為 y 之一階差分

時間資料 t，format 則是 t 定為 year，n 表示
年份且加上-1 表示資料從 1970 年開始，若
不加則從 1971 年開始

對資料 x 對時間畫圖，i 指每個資
料點要連線，v=dot 指資料為點的
型態，若為 none 就表示無點狀

分別對資料 y 與 z 對時間畫圖，
判別是否為平穩

選取資料 z，跑 ACF 與 PACF 共 24
期，minic 可得到一系列 BIC 值

根據 BIC 值選取最小者來確定 p=0 及
q=1 及 4，cls 為條件最小平方估計

forecast 為預估未來 50 筆資料

畫出未來 50 筆預估值及其上界
與下界，overlay 為此三筆資料畫
在同一張圖

設定預估值、上界及下界之顏
色、線條型態與寬度

1980~2008 年

```
/**Time Series**/
```

```
data case1;
```

```
input x@@;
```

```
y= dif(x);
```

```
z= dif(dif(x);
```

```
t= intnx('year','01jan1980'd,_n_-1);
```

時間資料 t，此筆資料從 1980 年開始

```
format t year4.;
```

```
cards;
```

```
17866008 18193955 18515754 18790538 19069194
```

```
19313825 19509082 19725010 19954397 20156587
```

```
20401305 20605831 20802622 20995416 21177874
```

```
21357431 21525433 21742815 21928591 22092387
```

```
22276672 22405568 22520776 22604550 22689122
```

```
22770383 22876527 22958360 23037031
```

```
;
```

```
proc print data=case1;run;
```

```
proc gplot;plot x*t;symbol i=joint v=dot;
```

```
proc gplot;plot y*t;symbol i=joint v=dot;
```

```
proc gplot;plot z*t;symbol i=joint v=dot;
```

```
run;
```

```
proc arima;
```

```
identify var=z nlag=24 minic p=(0:5) q=(0:5); run;
```

判別後資料 z 為平穩，以資料 z 做 arima，得到 ACF 與 PACF 與 BIC

```
estimate p=0 q=1 method=cls;run;
```

選取 BIC 最小為 p=0 及 q=1

```
forecast lead=50 id=t out=results;
```

```
run;
```

```
proc gplot data=results;
```

```
plot x*t=1 forecast*t=2 l95*t=3 u95*t=3/overlay;
```

```
symbol1 c=blue i=none v=star;
```

```
symbol2 c=red i=join v=none l=1 w=1;
```

```
symbol3 c=green i=join v=none l=2 w=2;run;
```

附錄 B：各模式配適之結果(參數估計值)

B1、配適總人口數

1.Exponential 模式

Model : $y=A+Be^{Ct}$, y 為 1970~2008 年總人口數 , t 為時間 0~38

參數 A=26761

B=-12226.2

C=-0.0325

2.Gompertz 模式

Model : $y=Ae^{-ce^{-Bt}}$, y 為 1970~2008 年總人口數 , t 為時間 0~38

參數 A=25631

B=0.045202

C=0.563822

Model : $y=Ae^{-ce^{-Bt}}$, y 為 1980~2008 年總人口數 , t 為時間 0~28

參數 A=25258

B=0.048605

C=0.344677

3.Logistic 模式

Model : $y=\frac{A}{1+\exp(B+Ct)}$, y 為 1970~2008 年總人口數 , t 為時間 0~38

參數 A=24924

B=-0.35225

C=-0.05789

Model : $y=\frac{A}{1+\exp(B+Ct)}$, y 為 1980~2008 年總人口數 , t 為時間 0~28

參數 A=24882

B=-0.94293

C=-0.05804

4.二次曲線

Model : $y=A+Bt+Ct^2$, y 為 1970~2008 年總人口數 , t 為時間 0~38

參數 $A=14612855$
 $B=364112.58$
 $C=-3714.7$

5.Von Bertalanffy 模式

Model : $y=(A^{1-m}-C*e^{-Bt})^{\frac{1}{1-m}}$

$=\left[\frac{n}{k}-\left(\frac{n}{k}-v_0\right)e^{-(1-m)kt}\right]^{\frac{1}{1-m}}$, y 為 1970~2008 年總人口數 , t 為時間 0~38

參數 $A=24344.8$ $n=-4.4E-12$
 $B=0.073764$ $k=-0.03279$
 $C=-2.86233$ $v_0=14695$
 $m=3.25$

Model : $y=(A^{1-m}-C*e^{-Bt})^{\frac{1}{1-m}}$

$=\left[\frac{n}{k}-\left(\frac{n}{k}-v_0\right)e^{-(1-m)kt}\right]^{\frac{1}{1-m}}$, y 為 1980~2008 年總人口數 , t 為時間 0~28

參數 $A=24018.9$ $n=-2.5E-24$
 $B=0.095847$ $k=-0.01918$
 $C=-4.2E-22$ $v_0=17960$
 $m=5.997$

6. Von Bertalanffy 2 模式

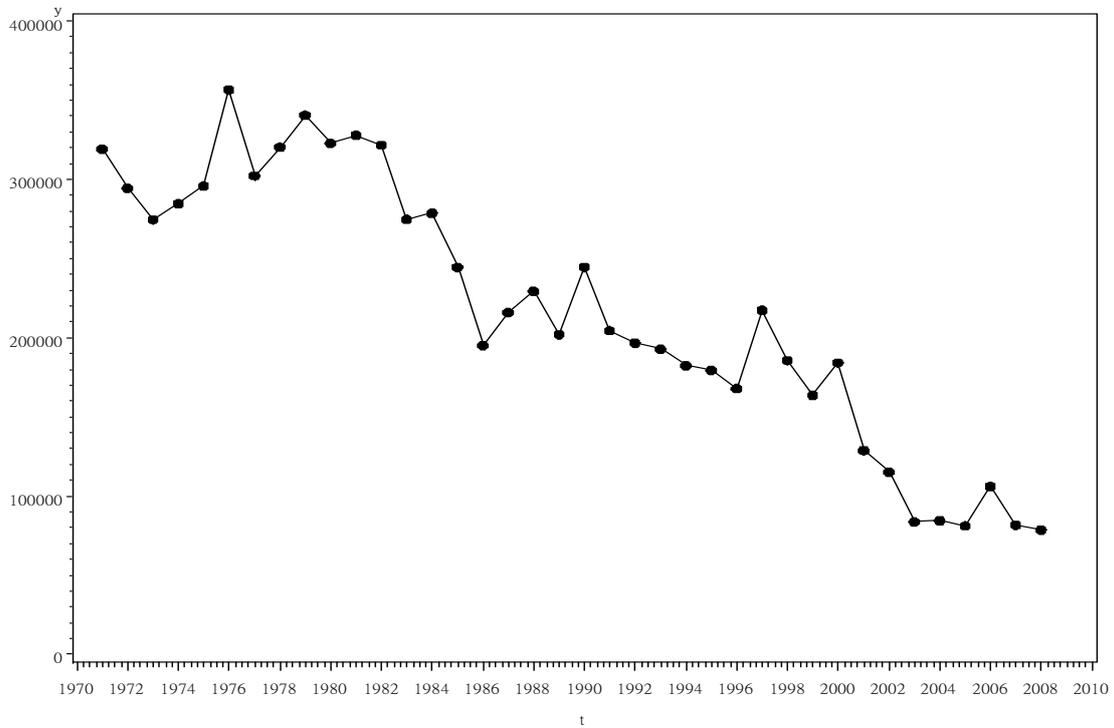
Model : $y=(A^{1-m}-C*e^{Dt^2-Bt})^{\frac{1}{1-m}}$, y 為 1970~2008 年總人口數 , t 為時間 0~38

參數 $A=28761$
 $B=0.091462$
 $C=-3.24E-16$
 $D=0.000905$
 $m=4.708$

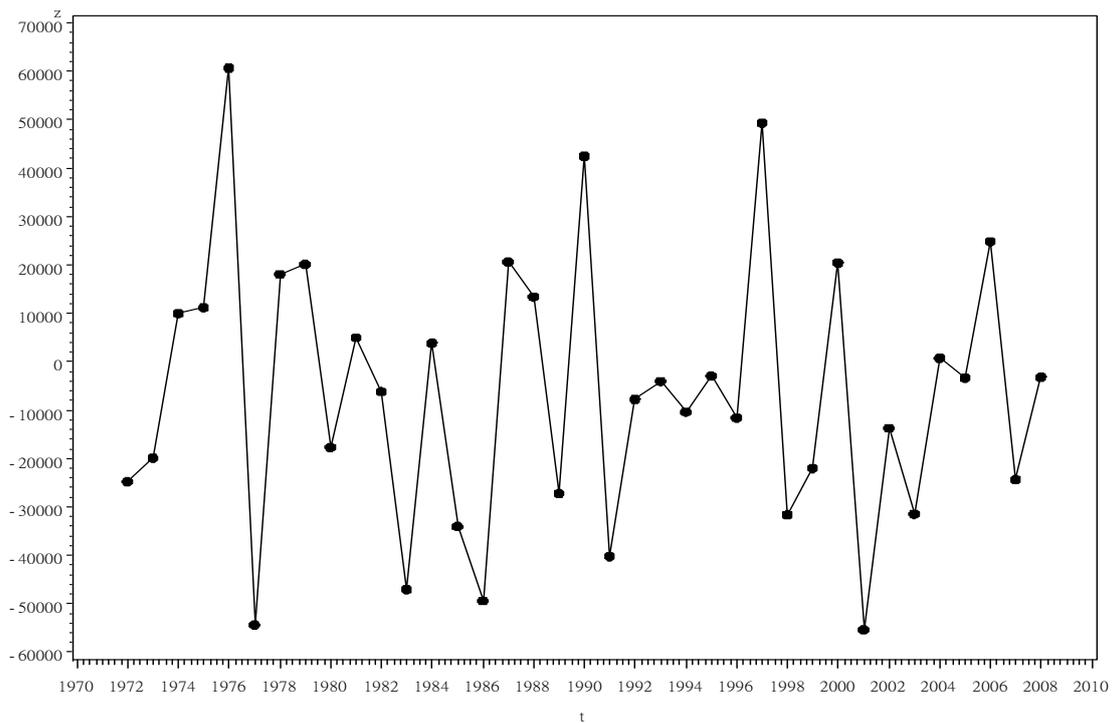
7.時間序列

● X 為原始資料(1970~2008 年人口總數)

(1.) 對 X 一階差分： $Y=dif(X)$ ，不平穩(存在趨勢)



(2.) 對 Y 一階差分： $Z=dif(Y)$ ，平穩



(3.) 選取 BIC 最小值：BIC(0,4) = 19.9381

(4.) 配適 p=0 q=4，MA2 MA3 不顯著

Conditional Least Squares Estimation					
Parameter	Estimate	Standard		Approx	
		Error	t Value	Pr > t	Lag
MU	-5908.7	1409.0	-4.19	0.0002	0
MA1,1	0.45793	0.16821	2.72	0.0104	1
MA1,2	0.07963	0.19335	0.41	0.6832	2
MA1,3	0.05688	0.19537	0.29	0.7728	3
MA1,4	0.40555	0.18635	2.18	0.0370	4

(5.) 配適 p=0 q=(1,4)

Conditional Least Squares Estimation					
Parameter	Estimate	Standard		Approx	
		Error	t Value	Pr > t	Lag
MU	-6497.8	1135.6	-5.72	<.0001	0
MA1,1	0.47284	0.14300	3.31	0.0022	1
MA1,2	0.37146	0.15272	2.43	0.0204	4

(6.) 白噪音檢定，(根據 Ljung-Box 方法)：殘差序列為白噪音序列

LB統計量 Autocorrelation Check of Residuals									
To	Chi-Square	DF	Pr > ChiSq	-----Autocorrelations-----					
Lag 6	0.69	4	0.9526	0.067	0.046	0.071	0.032	0.008	-0.058
Lag 12	6.83	10	0.7414	-0.195	-0.001	0.097	-0.107	-0.224	0.087
Lag 18	11.17	16	0.7989	-0.006	0.070	-0.085	0.131	0.038	0.172
Lag 24	18.32	22	0.6871	0.021	-0.127	0.129	0.022	-0.193	-0.058

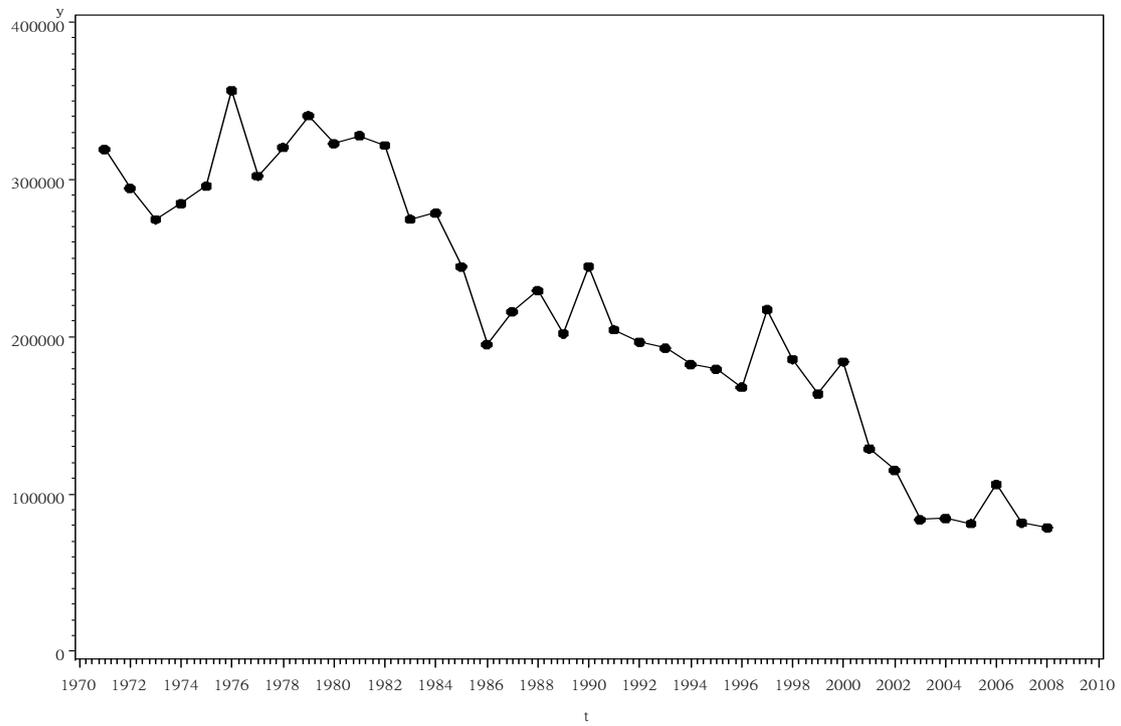
(7.) 模型為 ARIMA(0, 2, 1, 4)：

$$\square^2 X_t = a_0 + \sum_{i=1}^0 a_i \square^2 X_{t-i} + \varepsilon_t + b_1 \varepsilon_{t-1} + b_2 \varepsilon_{t-4}$$

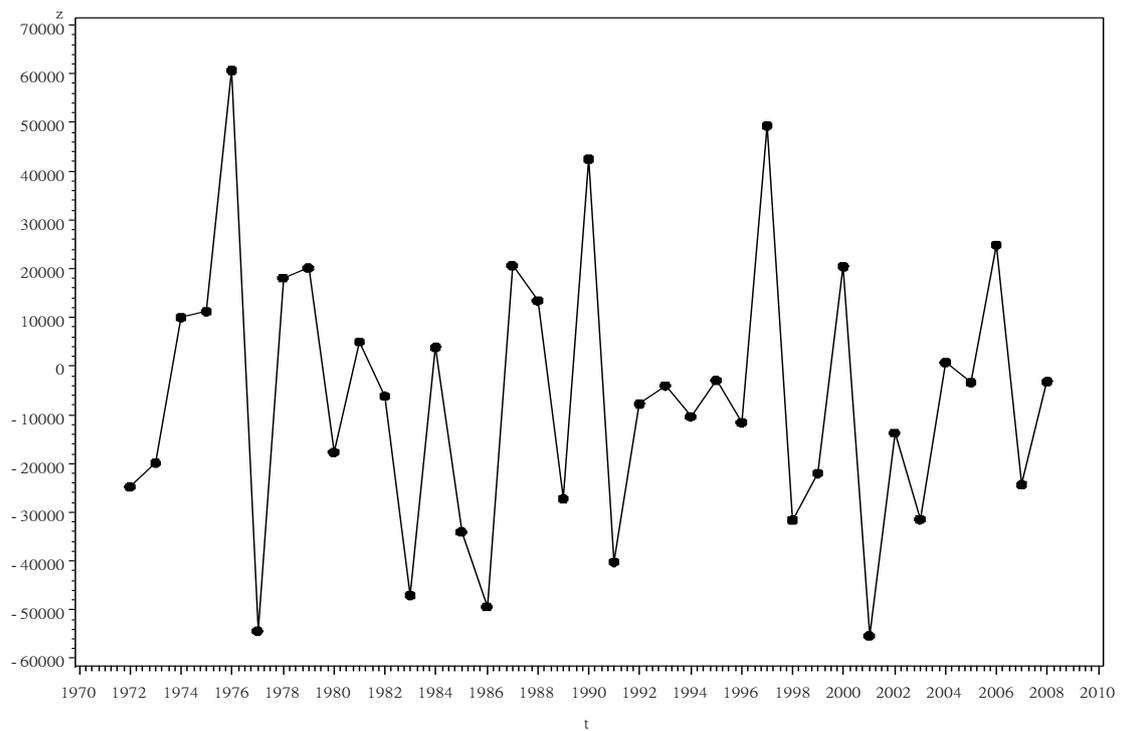
$$\square^2 X_t = -6497.8 + \varepsilon_t + 0.47284 \varepsilon_{t-1} + 0.37146 \varepsilon_{t-4}$$

● X 為原始資料(1980~2008 年人口總數)

(1.) 對 X 一階差分： $Y=dif(X)$ ，不平穩(存在趨勢)



(2.) 對 Y 一階差分： $Z=dif(Y)$ ，平穩



(3.) 選取 BIC 最小值：BIC(0,1) = 20.07259

(4.) 配適 p=0 q=1

Conditional Least Squares Estimation					
Parameter	Estimate	Standard Error	t Value	Approx Pr > t	Lag
MU	-6379.0	3012.3	-2.12	0.0414	0
MA1,1	0.32505	0.15982	2.03	0.0496	1

(5.) 白噪音檢定，(根據 Ljung-Box 方法)：殘差序列為白噪音序列

Autocorrelation Check of Residuals									
To Lag	Chi-Square	DF	Pr > ChiSq						
-----Autocorrelations-----									
6	5.28	5	0.3824	-0.018	0.049	0.128	-0.290	-0.127	-0.039
12	9.24	11	0.6002	-0.182	-0.038	0.094	-0.086	-0.147	0.064
18	13.46	17	0.7046	-0.046	0.029	-0.019	0.159	-0.016	0.173
24	20.46	23	0.6139	0.098	-0.130	0.153	-0.013	-0.160	0.008

(6.) 模型為 ARIMA(0, 2, 1)：

$$\square^2 X_t = a_0 + \sum_{i=1}^0 a_i \square^2 X_{t-i} + \varepsilon_t + b_1 \varepsilon_{t-1}$$

$$\square^2 X_t = -6379.0 + \varepsilon_t + 0.32505 \varepsilon_{t-1}$$

B2、配適成長率

成長率 $Y_t = \frac{(X_t - X_{t-1})}{X_{t-1}} \times 1000$ ，則總人口數 $X_{t+1} = \left[\left(\frac{Y_t}{1000} \right) + 1 \right] \times X_t$

1.Exponential

Model : $y = A + Be^{Ct}$ ，y 為 1980~2008 年人口成長率，t 為時間 0~28

參數 $A = -1.714644$

$B = 19.6338$

$C = -0.045425$

2.Gompertz

Model : $y = Ae^{-ce^{-Bt}}$ ，y 為 1970~2008 年人口成長率，t 為時間 0~38

參數 $A = 41.17$

$B = -0.037003$

$C = 0.61927$

3.Grey

Model : $\frac{dx^{(1)}}{dt} + ax^{(1)} = b$ ，x 為 2000~2008 年人口成長率， $x^{(1)}$ 為 x 一次累加生成

參數 $a = 0.06470872$

$b = 5.913163$

B3、接續經建會推計結果配適 Von Bertalanffy 與 Von Bertalanffy 2

1.以 1970~2008 實際人口數+經建會推計結果

VB	A	B	C	m	
+低~2030	23806	0.0963	-2.55E-17	4.963121	
+中~2030	24088	0.0822	-8.3E-13	3.870004	
+高~2030	24368	0.0714	-2.3E-09	3.02654	
+理想~2030	24611	0.0639	-5.4E-07	2.436585	
+替代~2030				負	
+替代~TFR=1.74	26709	0.0330	4926.9	0.08224	
VB 2	A	B	C	m	D
+低~2030	26509	0.1149	-6.63E-21	5.836	0.00107
+中~2030	25782	0.1133	-2.37E-22	5.702	0.00095
+高~2030	24824	0.1012	-2.69E-17	4.963	0.00057
+理想~2030				負	負
+替代~2030				負	負
VB 2	A	B	C	m	D
+低~2050	31906	0.0644	-8.83E-11	3.395	0.000633
+中~2050	38397	0.0313	-0.00315	1.500	0.000295
+高~2050	44962	0.0178	17.2979	0.633	0.000161
+理想~2050	50799	0.0117	4715.118	0.178	0.000102
+替代~2050				負	

附錄 C：各模式預測(2009 年~2050 年)之結果(總人口數)

總人口數 (千)	1970~2008 Von Bertalanffy	1980~2008 Von Bertalanffy	1970~2008 VB m=4	1970~2008 VB m=4.5	1970~2008 VB 2
2009	23158	23146	23125	23103	23136
2010	23236	23218	23197	23171	23205
2011	23310	23285	23263	23234	23267
2012	23379	23347	23326	23292	23323
2013	23443	23404	23384	23346	23372
2014	23504	23456	23437	23395	23415
2015	23561	23504	23487	23441	23451
2016	23614	23549	23533	23483	23482
2017	23663	23589	23576	23522	23506
2018	23710	23627	23616	23558	23524
2019	23753	23661	23653	23591	23536
2020	23794	23692	23687	23621	23542
2021	23832	23721	23719	23649	23542
2022	23867	23747	23748	23674	23536
2023	23900	23771	23775	23698	23524
2024	23931	23793	23800	23719	23506
2025	23959	23814	23823	23739	23482
2026	23986	23832	23844	23757	23452
2027	24011	23849	23863	23774	23415
2028	24034	23864	23882	23789	23372
2029	24056	23878	23898	23803	23323
2030	24076	23890	23914	23816	23268
2031	24095	23902	23928	23828	23206
2032	24112	23913	23941	23839	23137
2033	24129	23922	23953	23848	23062
2034	24144	23931	23964	23857	22980
2035	24158	23939	23975	23866	22891
2036	24171	23946	23984	23873	22795
2037	24183	23953	23993	23880	22692
2038	24195	23959	24001	23887	22581
2039	24205	23964	24008	23892	22463
2040	24215	23969	24015	23898	22338
2041	24224	23974	24021	23903	22204

2042	24233	23978	24027	23907	22064
2043	24241	23982	24032	23911	21915
2044	24248	23985	24037	23915	21758
2045	24255	23988	24042	23918	21593
2046	24261	23991	24046	23921	21420
2047	24267	23993	24050	23924	21238
2048	24273	23996	24053	23927	21049
2049	24278	23998	24057	23929	20851
2050	24283	24000	24060	23931	20644

總人口數 (千)	1970~2008 時間序列	1980~2008 時間序列	1970~2008 二次曲線	1980~2008 Exp 成長率	1970~2008 Gompertz 成長率	2000~2008 Grey 成長率
2009	23116	23109	23163	23119	23106	23108
2010	23181	23175	23234	23195	23169	23176
2011	23247	23234	23297	23267	23225	23239
2012	23310	23287	23353	23334	23276	23298
2013	23366	23333	23401	23396	23322	23354
2014	23416	23374	23442	23454	23363	23406
2015	23460	23407	23476	23508	23400	23455
2016	23497	23435	23502	23557	23432	23502
2017	23527	23456	23520	23603	23460	23545
2018	23551	23470	23531	23645	23485	23586
2019	23569	23479	23535	23683	23507	23624
2020	23580	23481	23532	23718	23526	23660
2021	23584	23476	23521	23750	23542	23694
2022	23582	23465	23502	23779	23556	23726
2023	23574	23448	23476	23804	23568	23755
2024	23559	23424	23443	23826	23578	23783
2025	23537	23394	23402	23846	23586	23809
2026	23509	23358	23354	23863	23593	23834
2027	23475	23315	23298	23878	23599	23857
2028	23434	23266	23235	23890	23604	23879
2029	23386	23210	23164	23899	23608	23899
2030	23332	23148	23087	23907	23611	23918
2031	23272	23080	23001	23912	23614	23936
2032	23205	23005	22908	23915	23616	23953
2033	23131	22924	22808	23917	23618	23968
2034	23052	22837	22700	23916	23619	23983
2035	22965	22743	22585	23914	23620	23997
2036	22872	22643	22463	23910	23621	24010
2037	22773	22536	22333	23904	23621	24022
2038	22667	22423	22196	23897	23622	24033
2039	22554	22304	22051	23888	23622	24044
2040	22435	22178	21898	23877	23623	24054
2041	22310	22046	21739	23866	23623	24064
2042	22178	21908	21572	23853	23623	24072
2043	22039	21763	21397	23839	23623	24081

2044	21894	21612	21215	23824	23623	24088
2045	21743	21454	21026	23807	23623	24096
2046	21585	21290	20829	23790	23623	24102
2047	21421	21120	20625	23771	23623	24109
2048	21250	20943	20413	23752	23623	24115
2049	21072	20760	20194	23731	23623	24121
2050	20888	20571	19967	23710	23623	24126