

年輪生育率分佈改變對時期 生育率的影響

王德睦* 董宜禎**

* 國立中正大學社會福利學系教授
E-mail: tmwang@sw.ccu.edu.tw

** 中央研究院社會學研究所博士後研究，通訊作者
E-mail: doreimil218@gmail.com

收稿日期：2012.08.31；接受日期：2013.12.01

airiti
摘要

臺灣的時期總生育率 (total fertility rate) 於2011年已降至1.06，僅及人口替換水準的一半。事實上，除了實質生育率下降外，延後生育也是造成生育率如此低的重要因素，文獻稱為步調效果 (tempo effect)。然而婦女生育年齡有限，生育不可能無限延宕，當生育不再延後，時期生育率就會回升。為了去除生育延後對時期生育率的影響，Bongaarts and Feeney (1998) 提出校正方法，他們僅考慮平均生育年齡的改變，忽略生育年齡變異數的效果；Kohler and Philipov (2001) 納入變異數的變動以補足其缺失，目的均止於步調去除後的生育水準。本文乃進一步使用臺灣婦女的生育資料，由模擬方式分別估計年輪平均生育年齡改變與年輪生育年齡分配型態改變各自對時期總生育率的影響。首先設定各年輪完成生育率均維持觀察到的量，生育年齡分佈則維持「比較基準年輪」之型態，比較歷年時期總生育率的模擬值與觀察值之差異，得出年輪生育率分佈改變的總效果。再設定年輪的平均生育年齡為觀察的平均年齡，分配型態同於「比較基準年輪」，其與第一個模擬之時期總生育率相較後，即為一般所稱的步調效果；其與歷年觀察的總生育率之差異，則為分配型態改變的效果。藉此釐清年輪的平均生育年齡改變與生育年齡分配型態改變各自對時期總生育率的效果，用以補足過去文獻的缺失，乃具有人口學應用及學術參考價值。

關鍵詞：完成生育率、時期總生育率、步調效果、時期性效果、時間效果

airiti

壹、前言

臺灣時期總生育率（total fertility rate, TFR）於1950年代開始大幅下滑，1984年已低於人口替換水準，期間除龍年外，一路呈下滑趨勢而不見回升，至2011年約1.06，僅及替代水準（replacement level）的一半，若維持此生育水準，人口數量每經一代將減少一半。進一步而言，臺灣多年來歷經少子化與壽命增長，促使人口結構產生顯著變化，老年人口比例大幅增漲，青壯人口數量逐年減少，預期未來不論健康保險制度、國民年金制度或其他各項社會安全制度的長期存續將面臨重大考驗。事實上，影響一個國家的時期總生育率除了外在結構與個體因素等人口控制效果外，時期總生育率的人口週期變動更是重要的一環（李美玲 1990；陳寬政等 1986）。換句話說，時期總生育率降至如此低的水準，除了實質生育率下降外，年輪（cohort）間的生育率分佈改變也是重要的影響因素。

我們一般所使用的時期總生育率，其實是當年育齡婦女各年齡別生育率之加總，意義是假定有一群婦女於育齡期間，根據一個時間點的年齡別生育率來生育而取得的平均生育量，實際上並沒有一群女性真正經歷或即將經歷此一特定的生育歷程，因此是一種假設或模擬的指標。由於資料易於取得、計算簡便且能有效反映當年的生育行為，時期總生育率乃受到學界與政策分析者普遍使用。可惜的是，時期總生育率受限於婦女依特定年齡別率的假定，若婦女生育年齡分佈發生變化，縱使所有年輪婦女一生的生育數量維持不變，時期總生育率仍會激增或縮減，這是時期總生育率的內在缺陷（Hajnal 1947）。人們則在長久使用且習焉不察的情況下，將其誤解為真實年輪的生育率，並視為每位婦女一生的平均子女數，進而誤導超低生育率的政策分析，誇大理想與現實子女數的差異（Sobotka and Lutz 2010）。

所以Ryder（1956, 1959）才認為要正確描述一個國家實際生育水準的變化，最簡便的做法就是記錄特定年輪婦女一生的生育歷程，一

方面是紀錄一群婦女真實的生育過程，另一方面多數生育率理論也以完成的家庭規模（completed family size）為討論對象，乃測量生育水準的較佳方式。年輪總生育率（cohort total fertility rate, CTFR）或完成生育率（completed fertility rate, CFR）即是測量特定年輪婦女平均一生所生子女數的代表指標，由於此指標必需等待該年輪完成生育後才能計算，乃數年前甚至二、三十年前的生育行為，而非當前社會的生育模式，故少為政策分析者使用。這也使我們慣用的時期總生育率不可避免地受到年輪間生育率分佈變動的影響，而過去相關的討論大多著重生育時間延後的效果，即文獻所稱的「步調效果」（Bongaarts 1999, 2002, 2004; Bongaarts and Feeney 1998; Kohler and Philipov 2001; Schoen 2004; Zeng and Land 2002）。為了去除生育延後對時期生育率的影響，學者陸續提出多種校正方法與相關討論（Bongaarts and Feeney 1998; Kohler and Philipov 2001; Ní Bhrolcháin 2011; Schoen 2004; Zeng and Land 2002），但重點僅在取得步調去除後的生育水準，對於年輪生育率分佈變動如何作用在時期總生育率的研究卻付之闕如。

另一方面，圖1顯示臺灣多年來時期總生育率的下降除蘊含實質生育量下降外，年輪間的平均生育年齡與生育年齡分配型態改變亦是構成的重要因素。尤其臺灣自1950年代生育率下滑，1980年代中期進入人口轉型尾聲以來，年輪間的生育率分佈變動所引起的時期總生育率週期性波動相對更加明顯，已成為人口變遷的主要動力。然而臺灣年輪間的生育率分佈變動如何影響時期總生育率卻無相關研究以一窺究竟，加上過去文獻大多聚焦時期總生育率的校正方法與校正後的生育水準，諸如此類的討論雖已觸及步調調整後的實質生育率結果，卻對其間波動過程所代表的意涵缺乏檢討，無法揭示本文真正關注的核心目的。本文先簡介時期總生育率的內涵與校正文獻，進而分析年輪間的生育率分佈改變對時期總生育率的影響效果。具體而言，本文嘗試釐清年輪間的平均生育年齡與生育年齡分配型態兩者各自對時期總生育率的作用力，也就是除步調效果外，也討論生育年齡分配型態改

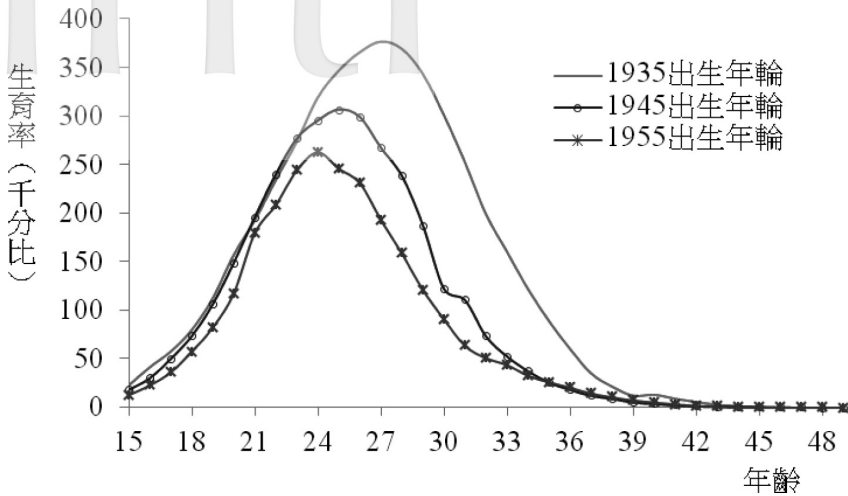


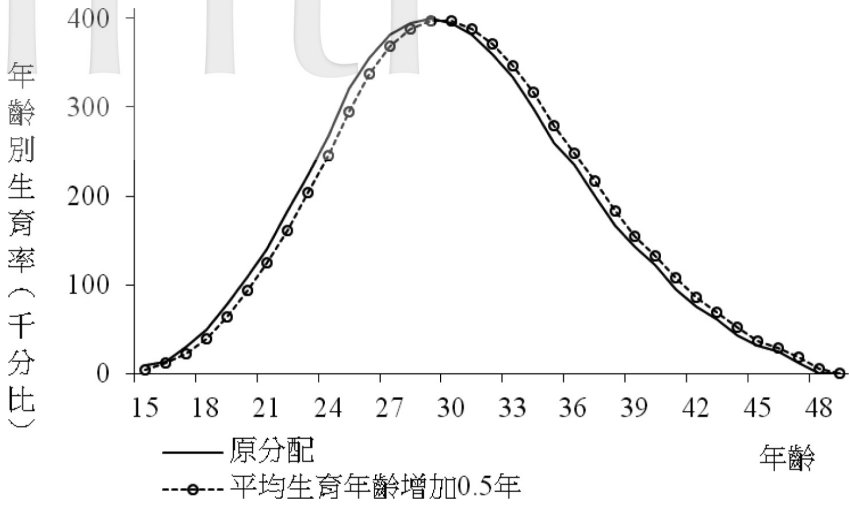
圖1 臺灣婦女的年輪年齡別生育率

資料來源：楊靜利、李大正（2008）。

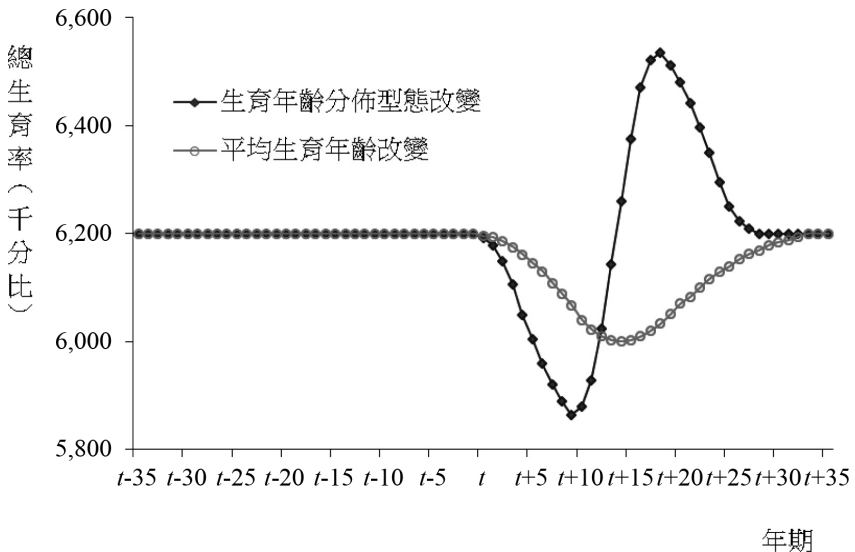
變對時期總生育的影響。藉此挖掘臺灣過去生育轉型所涵蘊的成分，解析歷年來時期總生育率波動的年輪因素，對臺灣人口學術之發展而言，具有重大意義。

貳、年輪與時期

為了顯示年輪生育率分佈改變對時期總生育率的影響，可以進行簡單的模擬（simulation）。假設一社會的婦女均依圖2「原分配」所示的年齡別生育率生育，其平均生育年齡為30.19歲，年輪完成生育率為6.2，由於每一年輪均依此生育進程（fertility schedule）生育，各年的時期總生育率亦為6.2。假設從 t 年15歲的年輪婦女開始延後0.5年生育，也就是平均生育年齡為30.69歲，而生育年齡的分配型態不變（圖2的「平均年齡增加0.5年」），爾後的各年輪依新的生育進程生育，則時期總生育率的變化如圖3所述。



資料來源：作者使用模擬數據繪製而成。



資料來源：作者使用模擬數據繪製而成。

圖3圓形組成的曲線是指由 t 年15歲之年輪開始改變其生育進程，一生中的生育與之前年輪比較，僅平均生育年齡上升0.5歲，生育年齡分配型態不變，之後的年輪也維持此一新的生育進程，而使時期總生育率產生變化。圖中顯示在 t 年之前因生育進程未變，總生育率一直維持6.2，從 t 年開始由於當年最年輕的年輪延後生育，時期總生育率開始下降。爾後因後續的年輪也改變生育進程，生育率的年齡分佈為單峰分配，在 t 年15歲此一年輪未達生育高峰年齡前，總生育率持續下降。當該年輪進入生育高峰（約在 $t + 15$ 年）後，由於年齡別生育率較未改變前的生育率高，總生育率開始回升，至所有年輪均為新的生育進程（ $t + 35$ 年），總生育率回到原先的6.2水準後不變。

同樣地，為了顯示生育年齡分配型態改變對時期總生育率的影響，可以進行類似上述的模擬。假定原先的年輪年齡別生育率如同上述的原分配（圖4的「原分配」同於圖2「原分配」），自 t 年15歲的年輪婦女開始改變生育年齡分佈如圖4之「分配型態改變」，除生育年齡比較集中外，平均生育年齡與完成生育率維持圖2原分配數據，分別為30.19歲與6.2，爾後的各年輪依新的生育進程生育。圖3的菱形組成線條是生育年齡分配型態改變後的時期總生育率，在 t 年之前因分配型態未變，總生育率維持在6.2， t 年開始因當年15歲的年輪生育年齡分配型態改變，生育率開始下降，總生育率也跟著下降。

圖4顯示新的生育年齡分佈在25-33歲期間的年齡別生育率水準高於原分配，其餘年齡則較低。因此圖3中的「生育年齡分配型態改變」曲線，在 $t + 11$ 年之前，已改變生育進程的所有年輪生育率均低於未改變的生育率，時期總生育率乃持續下降。而在該年輪進入較高的生育率年齡後（ $t + 11$ 年），後續年輪也逐漸進入較高生育率年齡，總生育率開始回升，生育水準甚至高於6.2。直至該年輪即將脫離較高的生育率年齡時（ $t + 18$ 年），總生育率最高達到6.54，之後其生育水準低於原分配的水準，繼起之年輪生育率同樣也低於原分配的水準，總生育率又持續下降。直至所有生育年齡婦女均已轉換生育進程（ $t + 35$ 年），總生育率又回復6.2的水準。

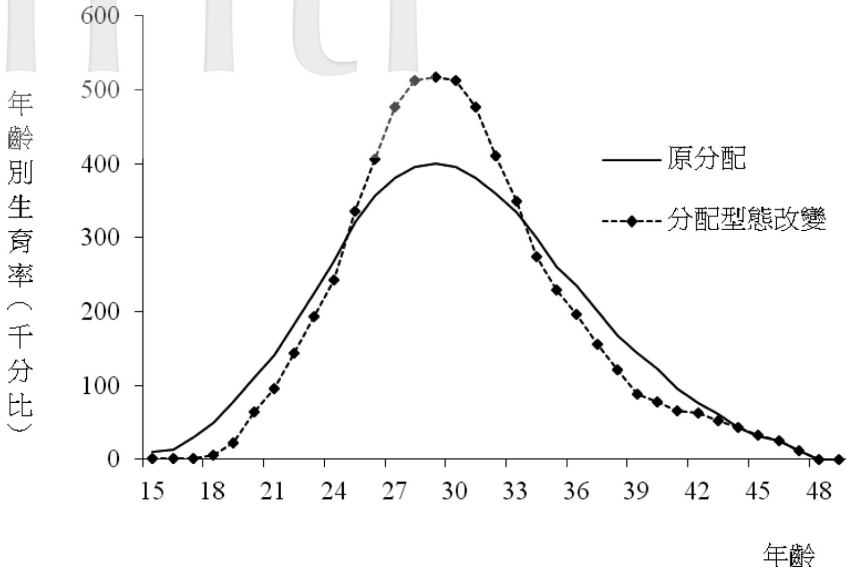


圖4 生育年齡分配型態改變之設定

資料來源：作者使用模擬數據繪製而成。

上述兩個模擬均假定從一特定年輪開始改變其生育進程，爾後的年輪依照新的生育進程生育。然而Bongaarts and Feeney (1998) 校正的假定乃特定一年中，所有正在生育的年輪均改變其生育進程，他們假定所有年輪均延後（或提前） r 年生育，生育年齡的分配型態則維持不變。我們仍可假定在 t 年之前，所有年輪均依圖2之「原分配」生育， t 年時所有年輪均改依圖2之「平均年齡增加0.5年」，也就說均比原先延後半年生育，之後各年輪均依新的生育進程生育。時期總生育率的變化如圖5中圓形組成之線條。圖5顯示當 t 年所有年輪均延後半年生育，生育年齡分配型態不變下， t 年的時期總生育率下降至3.1，而 $t + 1$ 年則回升至6.2的原來水準。符合Bongaarts and Feeney (1998) 的校正式：

$$TFR = TFR'(1-r) \dots\dots\dots (1)$$

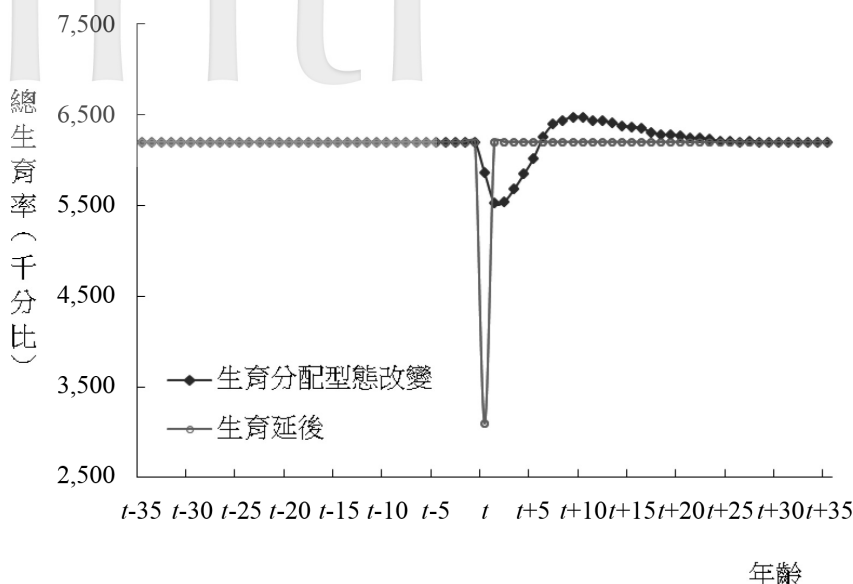


圖5 年輪生育分佈同時改變的影響

資料來源：作者使用模擬數據繪製而成。

其中 TFR 為真實生育率（或完成生育率），而 $r = 0.5$ 。其原因是在 t 年所有年輪均延後半年生育，也就是當年各年齡組生育率只有原先水準的一半，時期總生育率下降了 $1/2$ 。 $t + 1$ 年之後，所有年輪均換成新的生育進程，生育率回復原先水準，這也是他們認為當生育步調不再延後時，時期總生育率會回到真實的生育水準之故。

正如Kim and Schoen（2000）的批評，所有年輪在同一年均延後 r 年生育顯然是太強的假定；另一方面，圖1也顯示臺灣年輪生育率下降過程中，不但生育水準下降和平均生育年齡改變，生育年齡分配型態也改變。因此模擬在 t 年所有年輪的生育年齡分配型態改變有其必要性。假定一個國家的各年輪人口在 t 年之前均依圖2（或圖4）的「原分配」生育， t 年時所有年輪改以圖4的「分配型態改變」生育。圖5菱形組成之線條是此模擬下的時期總生育率，其趨勢略同年輪逐次改變「分配型態」的模擬，均是總生育率先下降後上升又下降，直

至 t 年生育年齡人口均已超過生育年齡($t + 35$ 年)，總生育率又回復原先水準。只是下降和回升的速度均較快，原因是所有年輪的生育進程在 t 年均發生變動，故產生的效果較快。綜觀上述模擬，在顯示年輪的完成生育率不變下，年輪生育率分佈的改變，不論是平均年齡改變或分配型態改變均會影響時期總生育率。

參、研究構想與方法

一般均接受生育步調改變會影響時期總生育率(Horiuchi 2008)，不過Ní Bhrolcháin (2011)提醒我們若時期性指標僅做為生育率趨勢的簡單描述、解釋或向大眾傳達時，步調改變對時期生育率並不會產生扭曲(distortion)現象，只有當這個時期性指標替代真實年輪指標、預測長期生育率或理論論述時，步調效果才是偏誤來源。換句話說，步調改變與偏誤兩者間的連結得視測量目的而定，雖然更多學者指出步調效果產生的扭曲導致時期性指標與年輪生育率兩者長期性的矛盾，誤導實質生育率水準(Bongaarts and Feeney 2010; Luy 2011)。有些學者進而主張校正生育步調後的時期性指標才能代表實際的生育率水準(Sobotka and Lutz 2010)，而Bongaarts and Sobotka (2012)認為時期別觀點與年輪別觀點一致，假設當期年輕女性大量投入教育，則生育率的變化亦可由年輪別角度切入，年輕時少生育的部分可能於之後補生回來，同時透過步調扭曲的模擬進一步闡述時期總生育率變動的情況。

其實早在5、60年前Ryder (1956, 1959)就發現生育步調變動對時期總生育率的影響。他指出，許多國家的時期總生育率從二次大戰後至1950年代期間明顯上揚，也就是眾所周知的嬰兒潮(baby boom)現象，進一步藉由美國白種女性說明年輪的生育率並未明顯上升，當時時期總生育率的上揚僅是平均生育年齡降低所致。Ryder (1959, 1960, 1964)之後提出時期總生育率與完成生育率二者的轉換

關係式，稱為基本轉換式（Ryder's basic translation equation或period-cohort quantum equation）：

$$TFR = CFR \times (1 - m' + rv') \dots\dots\dots (2)$$

其中， m' 代表平均生育年齡對時間的微分， v' 指生育年齡變異數之微分， r 為完成生育率微分與完成生育率之比，也就是完成生育率之變化率。此一轉換方程式蘊含時期總生育率受實際年輪的生育數量（ CFR ）與生育年齡分佈之變化兩因素影響，而生育年齡分佈之變化包含了平均數與變異數的改變。針對臺灣的資料，李美玲（1990）也曾以1890-1962年出生的年輪對應1919-1988年期的生育率，比較年期總生育率、完成生育率與轉換後的總生育率。

由於Ryder的基本轉換式計算較為繁瑣，學者（Bongaarts and Feeney 1998; Zeng and Land 2002）將其簡化為：

$$TFR = CFR (1 - c) \dots\dots\dots (3)$$

其中 c 是兩連續年輪的平均生育年齡的改變年數。經此簡化，生育年齡分佈的改變，僅限於平均生育年齡的改變，Bongaarts and Feeney（1998, 2000）稱之為步調效果，而將生育年齡變異數改變對時期總生育率的影響排除在外。

Brass（1974, 1991）和Foster（1990）發現，此一轉換的總生育率與時期別觀察值的差距並不大，加上Bongaarts and Feeney（1998）也指出，此一轉換乃立基平均生育年齡的變化，而平均生育年齡的變化不僅反映生育步調的變化，生育量的變化也會使平均生育年齡改變。Bongaarts（1999）就以臺灣資料為例，指出生育率下降的過程由於年齡較大的婦女生育率先行下降，促使平均生育年齡下降。因此，除非各年輪的生育量維持不變，否則因平均生育年齡的變化混雜生育量與生育步調的效果，Ryder的轉換式並不適用。

為了避免Ryder轉換式的問題，Bongaarts and Feeney (1998) 提出分胎次來調整年期總生育率。因為分析單一胎次的總生育率，不會產生因高胎次減少導致平均生育年齡下降所產生的干擾。以 t 年時首胎為例，時期別平均生育年齡的變化為 r ，則無生育步調變化的生育數 (B_{adj}) 與觀察到之生育數 (B_{obs}) 兩者關係可為：

$$B_{adj} = B_{obs} / (1 - r) \dots\dots\dots (4)$$

而後將生育數轉換為胎次別總生育率。再逐次計算各胎次別總生育率：

$$TFR'_i = TFR_i / (1 - r_i) \dots\dots\dots (5)$$

其中 TFR_i 為當年觀察之 i 胎次總生育率， r_i 為當年年初與年終 i 胎次平均生育年齡之差距， TFR'_i 是調整生育步調後之胎次別總生育率；將所有胎次加總，即為調整過後的總生育率：

$$TFR' = \sum TFR'_i \dots\dots\dots (6)$$

Bongaarts and Feeney (1998) 提出總生育率的方法後，首先以1950-1990年美國與1978-1993年臺灣資料進行分析；隔年進一步細分胎次別資料，討論臺灣與哥倫比亞的生育率趨勢 (Bongaarts 1999)，之後廣泛應用於國際比較 (Bongaarts 2002)，例如北美、澳洲、歐洲與亞洲，藉此釐清時期總生育率和理想家庭規模的關係 (Bongaarts 2002)，同時檢視人口老化與公共年金的關係 (Bongaarts 2004)。另一方面，劉一龍、王德睦 (2005) 及王德睦、劉一龍 (2008) 以臺灣為例，比較完成生育率與Bongaarts-Feeney校正式兩者之差異；涂肇慶 (Tu 2005) 則區分胎次，比較香港與臺灣總生育率之變遷。

Bongaarts-Feeney的校正式中，係以時期的平均生育年齡之變化代表生育步調，Zeng and Land (2002) 指出這如同時期總生育率般受到生育步調的影響，應以年輪平均生育年齡的變化代表生育步調才是較佳的方式。在完成生育率不變與年輪年齡別生育率形狀不變下，他們導出調整生育步調後的年期總生育率為：

$$TFR^*(t) = TFR(t) (1 + r^*(t)) \dots\dots\dots (7)$$

其中 $r^*(t)$ 係假定年輪年齡別生育率分配型態不變，僅平均生育年齡改變的年數，是年輪生育步調的測量。但這是一種年輪的測量，必須是已經完成生育的年輪才能計算。以上式代入Bongaarts-Feeney之校正式：

$$TFR'(t) = TFR(t) / (1 - r(t)) \dots\dots\dots (8)$$

得到

$$r^*(t) = r(t) / (1 - r(t)) \dots\dots\dots (9)$$

以時期別生育步調 ($r(t)$) 估算年輪別生育步調 ($r^*(t)$)。雖然Zeng and Land (2002) 強調生育步調乃年輪的平均生育年齡改變，而非時期平均生育年齡改變，Bongaarts and Feeney (1998) 的校正式必須修正，但其修正式仍然假定年輪的生育年齡分配型態不變。另一方面，劉一龍、王德睦 (2005) 也發現其修正式與Bongaarts-Feeney校正式應用於臺灣時，二種方法的變化趨勢不僅相近，差異也不大。

除了年輪平均生育年齡改變外，年輪的生育分配型態改變也會影響時期總生育率。而且設定每個年輪的平均年齡等量的改變，也是太強的假定，Bongaarts and Feeney (1998) 及Zeng and Land (2002) 的校正式均如此假定。Kim and Schoen (2000) 就批評這些假定，他們指出由於不同年齡的婦女代表不同的人口年輪，其生活經驗不同，假

定不同年輪婦女對外在環境有相同回應顯然不太合適，影響其數學推導的可信性。他們也指出，當年齡別生育率的進程（schedule of age-specific fertility rates）週期性變化時，Bongaarts-Feeney之調整式會產生不穩定和不合理的結果。突破生育年齡分配變異數不變的限制，Kohler and Philipov（2001）的校正式容許各胎次步調效果可以因年齡而異，定義 t 年 a 歲的年齡別生育步調改變為：

$$r(a,t) = \gamma(t) + \delta(t)(a - \bar{a}(t)) \dots\dots\dots (10)$$

其中 $\gamma(t)$ 是在沒有變異數改變干擾下， t 年平均生育年齡（ $\bar{a}(t)$ ）的改變率。而 $\delta(t)$ 則為生育年齡分配變異數的改變率。一般而言， $\gamma(t)$ 與 $\delta(t)$ 均大於零，則年齡別步調改變 $r(a, t)$ 在大於 $\bar{a}(t)$ 的年齡中，其值大於 $\gamma(t)$ ；在小於 $\bar{a}(t)$ 的年齡中，其值小於 $\gamma(t)$ 。若 $\delta(t)$ 小於零，則結果相反。如此就能反應不同年齡可以有不同的生育步調效果。進一步去除變異數改變的干擾，則：

$$TFR(t) = (1 - \gamma(t)) TFR'(t) \dots\dots\dots (11)$$

而 $\gamma(t)$ 是去除變異數改變效果後平均生育年齡的改變，而非觀察到的或受到變異數扭曲的平均生育年齡改變。Kohler and Philipov（2001）的修正式雖然承認生育年齡分佈改變對時期總生育率的影響，也認知到各個年輪平均生育年齡改變的幅度不同，但是他們的目的仍在得到「正確」的步調效果，而非分離出生育年齡分佈改變中，平均生育年齡改變（步調效果）與生育年齡分配型態改變的效果。

同樣地，Schoen（2004）批評Bongaarts-Feeney調整式以時期的平均生育年齡變化代表生育步調的變化，他指出年期別平均生育年齡本身就含有生育步調的成分，去除的過程中又引進生育步調的影響，其處理並未真正考慮人口年輪效果（cohort effect），僅考慮年齡、時期、胎次與生育間距而已，因此不是去除生育步調影響的良好方式。Schoen認為在完成生育率不變下，由於生育時間延後（提前）造成年

期別生育率的下降（上升）為時間效果（**timing effect**）。而時間效果顯然是人口年輪特性而顯現在時期總生育率中，若某年的時期總生育率上升是因為時間效果，當年正在生育的各個年輪之年齡別生育率占該年輪的完成生育率比重就會較大，也就是正在生育的各年輪集中在此年生育。出生於 τ 年的年輪之完成生育率（CFR）為該年輪在各年齡之年齡別生育率之和：

$$CFR(\tau) = \sum_x f(x, \tau + x) \dots \dots \dots (12)$$

這群 τ 年輪人口於 x 歲時，年齡別生育率占該年輪完成生育率的比例為：

$$\beta(x, \tau + x) = f(x, \tau + x) / \sum_a f(a, \tau + a) = f(x, \tau + x) / CFR(\tau) \dots (13)$$

生育中的各年輪集中於當年生育的程度可以時間指標（**timing index, TI**）表示（Butz and Ward 1979）：

$$TI(t) = \sum_x \beta(x, t) \dots \dots \dots (14)$$

當 $TI(t) = 1$ ，代表沒有時間效果，也就是正在生育中各年輪的生育年齡分配不變；若 $TI(t) > 1$ ，有較大時間效果，生育中各年輪較集中於此年生育；若 $TI(t) < 1$ ，代表較小的時間效果，生育中各年輪較不集中在此年生育。進一步將年期總生育率除此一時間指標，Schoen稱為平均年輪生育率（**average cohort fertility, ACF**）：

$$ACF(t) = TFR(t) / TI(t) \dots \dots \dots (15)$$

代表自時期總生育率中去除時間效果。其與前述的各種時期總生育率的校正相同，目的均在時期總生育率中去除平均生育年齡改變的影響（步調效果），但是時間指標是各年輪生育率在當年占該年輪完成生育率比例之加總，而占完成生育率的比重涉及該年輪的生育率年齡分

佈，包括平均生育年齡與生育年齡分配的型態。換言之，Schoen的校正式同時去除了步調效果（平均年齡改變）與生育年齡分配型態改變的影響。

整體而言，Bongaarts and Feeney（1998）的校正式僅以時期的胎次別平均生育年齡改變調整總生育率，忽略Ryder基本轉換式的生育年齡變異數效果；Zeng and Land（2002）的校正式則以年輪的平均生育年齡改變取代時期的平均生育年齡改變，但仍集中生育步調的討論；Kohler and Philipov（2001）雖然承認生育年齡變異數改變會影響時期總生育率，而且各年齡組的平均生育年齡改變幅度可能不同，但其校正式只是去除這些因素的干擾，目的仍然是生育步調；Schoen（2004）以不同的取向校正時期總生育率，其時間指標已包含各年輪的平均生育年齡與生育年齡分配的型態，其校正式同時去除步調效果與生育年齡分配型態，但目的依舊擺在實質生育水準的取得。然而，時期總生育率係同時受年輪人口的平均生育年齡與分配型態影響，上述校正方式的目的僅止於實質生育率的獲取，無法進一步瞭解兩股作用力各自的影響力，知其然卻不知所以然，對於人口學研究可說是一大憾事，因此本文乃進一步解析歷年來臺灣婦女的步調效果與生育年齡分配型態各自對時期總生育率的影響。

本文以臺灣婦女生育率資料釐清年輪的年齡別生育率分佈改變對於時期總生育率的影響，取向上較接近Schoen（2004），也就是以年輪的年齡別生育率設定為主，在不同年期觀察時期總生育率的變化。方式明顯不同於Bongaarts and Feeney（1998）、Kohler and Philipov（2001）與Zeng and Land（2002）均以年期資料分析；亦非Schoen以「時間指標」計算「平均年輪生育率」，同時去除年輪平均生育年齡與生育年齡分配型態的變化。自Bongaarts and Feeney（1998）的校正式以來，所謂的步調效果係指平均生育年齡改變所造成的時期總生育率變化，Schoen的「平均年輪生育率」顯然去除的不只是步調效果。我們則企圖在年輪年齡別生育率分佈改變對時期總生育率的作用中，

區分平均生育年齡改變（步調效果）與生育年齡分配型態改變的影響。具體而言，比較兩種模擬的總生育率結果與觀察到的時期總生育率，釐清平均生育年齡改變與生育年齡分配型態改變各自對時期總生育率的效果。

第一個模擬是以所有完整年輪的生育年齡分佈之平均為「比較基準年輪」，設定之後每一年輪之完成生育率與該年輪實際觀察到的完成生育率相同。而生育年齡分佈（包括平均生育年齡與生育年齡分配型態）同於「比較基準年輪」。具體的做法是「比較基準年輪」的年齡別生育率除以「比較基準年輪」的完成生育率後，再乘以該年輪實際觀察到的完成生育率。模擬出的各年期總生育率類同於Schoen（2004）的「平均年輪生育率」，是同時去除年輪平均生育年齡改變與生育年齡分配型態改變的影響。第二個模擬則是除了設定各個年輪的完成生育率同於實際觀察到的完成生育率外，也設定平均生育年齡同於實際觀察到的該年輪之平均生育年齡，而生育年齡分配型態則同於「比較基準年輪」。也就是將第一個模擬的各年輪之生育年齡分佈平移至其平均年齡等同實際觀察到該年輪的平均生育年齡，再計算各年期的時期總生育率。第二個模擬所得到的時期總生育率乃具有步調效果，而無生育年齡分佈改變的影響（詳見表1）。為方便之後的討論，模擬一與模擬二估算出來的時期總生育率分別以 TFR_1 與 TFR_2 表示，觀察到的時期總生育率則為 TFR_0 。表1同時顯示當比較第一個與第二個模擬各年期的時期總生育率之差異，即是平均生育年齡改變的影響，也就是步調效果。而比較第二個模擬與觀察到的時期總生育率之差異，即是生育年齡分配型態改變的影響。此一方式不但避免Bongaarts and Feeney（1998）校正式需設定每一年輪的平均生育年齡改變量相同之不合理假定，而以每一年輪實際平均生育年齡改變納入分析，而且也將年輪的生育年齡型態改變（包括變異數改變）納入分析而估計其影響，相對於Kohler and Philipov（2001）校正式與Schoen（2004）的「平均年輪生育率」更進一步。

表1 生育率模擬

名稱	要素	完成生育率	生育年齡分配型態	平均生率年齡	意涵
模擬一		改變	固定	固定	實質生育率 (TFR_1)
模擬二		改變	固定	改變	含步調效果的生育率 (TFR_2)
觀察到的總生育率		改變	改變	改變	含步調效果與分配型態的生育率 (TFR_0)

註：「改變」意指年輪的完成生育率（或平均生育年齡或分配型態）隨實際觀察到的年輪指標而變化，「固定」表示年輪的完成生育率（或平均生育年齡或分配型態）固定在比較基準年輪不變。

為了分析年輪的生育年輪分佈必需有較為詳細的生育率資料，臺灣自1976年以後才有單一年齡別生育率資料，也就是當前仍未存在完整的單一年齡別生育率資料之年輪。然而，戰後自1947年即有5歲年齡組的婦女生育率資料，而楊靜利、李大正（2008）也曾以gamma function插補過1947-1975年的單一年齡組育齡婦女生育率。本文採用此資料，取得1932年出生（1947年15歲）至1962年出生（2011年49歲）31個年輪婦女的完整生育率資料，並以晚近1932-1962年已完成生育的出生年輪之平均做為「比較基準年輪」，分別估算年輪的平均生育年齡改變與生育年齡分配型態改變對時期總生育率的影響。目前可以獲得的完整年輪生育率資料是1962年以前的出生者。1962年出生年輪的主要生育時間在2、30年前，而且1977年之前才有當年所有生育婦女完整的年輪年齡別生育率（1977年15歲的婦女在2011年為49歲），能模擬的時期總生育率也僅至1977年，顯然不能討論當前的生育率變化，這是使用年輪生育率的缺陷。

王德睦、劉一龍（2008）使用臺灣的資料，估算Schoen（2004）的「平均年輪生育率」時，曾以Li and Wu（2003）的方法估算未完

成生育年輪未來的年齡別生育率。其估計是基於三個假定，推估程序首先以特異值分解 (singular-value decomposition, SVD) 模型，在已經完成生育的年輪中，估計其生育水準與生育年齡型態之關係，再運用此關係於未完成生育的年輪，推計其未完成之年齡別生育率 (Lee and Carter 1992) (詳見附錄一)。然而，Lee-Carter模型的假設性過強，對於生育率之推估可能產生較多不合理的現象。Myrskylä et al. (2013) 進一步修訂生育率推估模型：

$$f(x, t) = a(x) + b(x)k(t) \dots\dots\dots (16)$$

$f(x, t)$ 乃 t 年 x 歲的育齡婦女年齡別生育率， $a(x)$ 為 x 歲生育進程之常數，生育率變化則分解為年齡組成 $b(x)$ 與時間組成 $k(t)$ 。其中 $\hat{a}(x)$ 可由最近觀察到的 t 年生育率資料取得， $\hat{b}(x)$ 為最近5年年齡別生育率的變動平均，進而透過迴歸模型取得 $\hat{k}(x)$ ，依此經由簡單的計算即可估算未完成生育婦女未來的年齡別生育率。其函數型態與 Lee-Carter 模型及 Lee and Tuljapurkar (1994) 相同，但 Myrskylä et al. (2013) 的推估模型係納入近5年的年齡別生育率趨勢，乃進一步補足傳統必需涵蓋生育率的長期趨勢或無過去趨勢之推估模型缺失，計算不僅相對簡便，且擁有低誤差、較小變異與低平方根誤差等優勢，¹經由臺灣等37個歐美亞國家研究，Myrskylä 等指出相對於其他推估方法，其推估方法的精確度更高，有效捕捉生育率的不確定性。另一方面，為了測試其推估模型的適用性，我們推估1937-1960年輪的生育率，進一步透過平均絕對誤差 (mean absolute percentage error, MAPE) 比對推估結果與實際資料 (詳見附錄二、三)，結果顯示估計值非常接近實際數值，表示 Myrskylä

1 關於 Lee-Carter 模型應用在臺灣的情況，我們分別嘗試「生育率對數值」與「生育率」代入模型的兩種做法，兩者推估的總生育率 (TFR) 雖還算合理，但年齡別生育率產生不合常理之處。「生育率對數值」推估的結果於24歲以前的低齡組生育率顯得較高，30歲以後則出現相對較低的情況，明顯不符合目前育齡婦女延後生育的現象；「生育率」代入的結果產生年齡別生育率少數負值現象，Myrskylä 推估方法則無此等不合理之處。

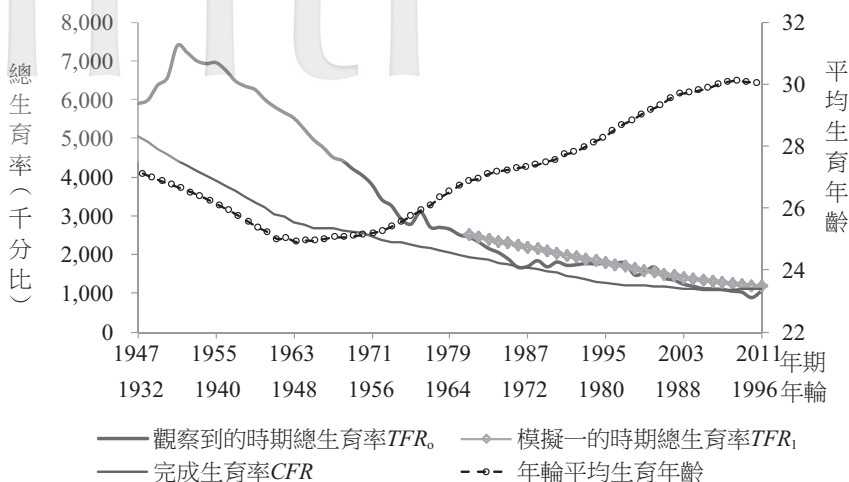
推估方法適合推估我們所需的資料。本文乃採用Myrskylä生育率估計方法，補足目前正在生育而未完成生育的年輪之未完成生育率，計算第一個與第二個模擬的時期總生育率，進一步解析平均生育年齡改變與生育年齡分配型態改變兩者分別對時期別總生育率的影響。

肆、研究結果

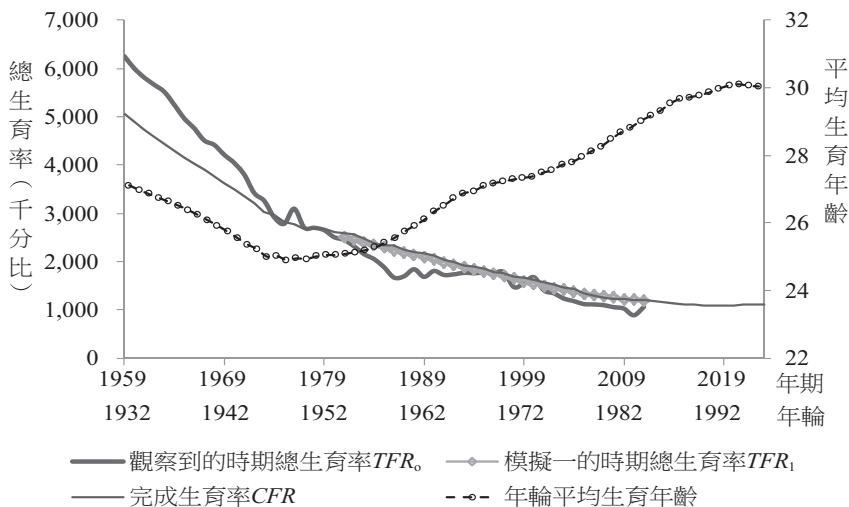
上一節已指出模擬一為年輪的平均生育年齡與生育年齡分配型態維持在比較基準年輪不變，生育水準隨觀察到的時期總生育率改變，所估算的總生育率為實質生育率；模擬二除了生育水準改變外，平均生育年齡也跟著改變，總生育率包括步調效果的成分。透過第一個模擬（ TFR_1 ）、第二個模擬（ TFR_2 ）與觀察到的時期總生育率（ TFR_0 ）三者的比較，釐清年輪的平均生育年齡改變與生育年齡分配型態改變兩者各自對時期總生育率的作用力為何？

一、時期總生育率與完成生育率

目前最常使用的生育率指標為時期總生育率（以下稱為總生育率），圖6(a)陳列1947-2011年的總生育率趨勢（粗線），其由早期接近6的生育水準逐漸上升至7.4，爾後除了少數幾個時點短暫回升外，幾乎隨時間快速下降，1987年以後的降幅逐漸趨緩，維持一段時間後，1998年才又有另一波的下跌，至2011年時已降至1.06左右的低水平，長期持續下跌的生育率趨勢也引發近幾十年來學者與政府的高度關注。然而，時期別生育率乃是假設性的估計指標，並非真實年輪婦女的生育狀況，若觀察圖中細線的完成生育率，即可發現不同的生育樣貌。原本上下起伏、忽快忽慢的蜿蜒趨勢消失，轉而由平滑且和緩的下跌路徑取代，在1932年與1996年出生年輪婦女的完成生育率分別為5.1與1.1，下降速度於1948年年輪以前稍快，之後逐漸趨緩，尤其晚近時期幾乎維持在1.1至1.2的生育水準。



(a)



(b)

圖6 臺灣婦女的總生育率與平均生育年齡：

(a)年期與年輪資料；(b)年期與年輪對應比較

事實上，總生育率乃受到年輪的平均生育年齡與生育年齡分配型態兩者變動的影響，產生期間上下波動的變化，從而高估或低估年輪婦女真實的生育水準（Bongaarts and Feeney 1998; Ryder 1956）。若所有的年輪均維持在比較基礎年輪的生育年齡分佈，總生育率將浮現漸進平滑的足跡，這一點可由圖6(a)第一個模擬的總生育率（ TFR_1 ，菱形組成線條）得到初步驗證。 TFR_1 從1981年的2.3一路下滑至2011年的1.1，整體漸次下降的趨勢與穩定的降幅，明顯不同於觀察到的總生育率（粗線）之劇烈變化。期間大部分的 TFR_1 也在觀察值之上，表示觀察到的總生育率有低估的偏誤，實質生育水準應該仍高於目前慣用的指標。然而，不論是完成生育率、 TFR_1 或是觀察到的總生育率 TFR_0 ，歷年來均呈現長期下跌的生育趨勢。換句話說，除了步調效果與生育年齡分配型態變動的作用外，實質生育率也確實大幅縮減，婦女年輕時未生育的部分到了育齡後期也不見得會補生回來，進而導致整體的生育率持續降低。

觀察總生育率和完成生育率兩者的差異，以及其與年輪平均生育年齡變動的關係，首需注意的是，時期率指標乃是多個年輪構造成的結果，進行時期與年輪比較時，時期所對應的年輪參照點有許多個，只是沒有任何一個年輪可以完全代表時期率資料。一般較常使用的時期與年輪對應方式可以為時期別的主流生育人口所屬之年輪；或者以出生年輪和該年輪婦女達到平均生育年齡的年期互為對照，即出生年輪加上平均生育年齡後才會對應到要比較的年期（李美玲 1990）。為了方便比較，我們採取後者數值的平均數，約27歲，則1932-1984年輪對應的年期為1959-2011年，圖6(b)呈現這個結果。圖6(b)顯示觀察到的總生育率 TFR_0 與完成生育率 CFR 之差異在1978年前後呈現相當不同的圖像，在1978年以前，觀察到的總生育率幾乎都高於對應的完成生育率，兩者的差距自1959年以來逐漸縮減；相對地，在1978年之後，時期總生育率大多低於完成生育率，兩者的差距隨時間先拉大而後縮小，至2001年以後兩者的生育水準已相當接近，維持穩定的些微差距。

進一步比對 TFR_0 和 CFR 兩者的差異與各年輪婦女的平均生育年齡變化（圓形組成線條），發現其依循某一規律而行，產生所謂的時間效果，由於生育時間提前（延後），造成總生育率上升（下降）的趨勢。具體而言，乃指正在生育的各年輪婦女較集中在同一年生育，遂使當年的總生育率立即增漲，稱為「出生堆疊」（piling up）作用；相對地，若育齡婦女較不集中在同一年生育，乃使當年總生育率快速下跌，為「出生稀疏」（thining out）作用（李美玲 1990; Coale 1972）。圖6(b)顯示當年輪的平均生育年齡下降，生育時程提前時，「出生堆疊」的作用促使總生育率立即增漲，高於對應的完成生育率，如1959-1975年期間；當年輪平均生育年齡持續延後，總生育率則落在完成生育率之下，遂使晚近所觀察到的總生育率低估年輪婦女的實質生育水準，更進一步的具體分析待下一節說明。

換句話說，總生育率與完成生育率兩者的差距和年輪平均生育年齡的變動密切相關，符合之前文獻的論述（王德睦、劉一龍 2008；李美玲 1990；劉一龍、王德睦 2005; Bongaarts and Feeney 1998; Coale 1972; Ryder 1956）。這也意味著總生育率在沒有步調效果與生育年齡分配型態兩者變動的影響時，應該會非常接近對應的完成生育率，這一點如前所述，同樣可由 TFR_1 （菱形組成線條）得到驗證，當 TFR_1 移至對應年輪後，其趨勢幾乎等同於完成生育率。上述僅粗略說明年輪的生育變動對總生育率的影響，無法區辨年輪的平均生育年齡與生育年齡分配型態兩者各自對總生育率的貢獻，有必要透過前一節第一個模擬 TFR_0 、第二個模擬 TFR_2 與觀察到的總生育率 TFR_0 三者加以釐清。

二、年輪生育率變動對時期總生育率的影響

前一節已說明第一個模擬的總生育率（ TFR_1 ）與觀察到的總生育率（ TFR_0 ）之趨勢，我們進一步細緻化 TFR_1 、 TFR_0 與平均生育年齡的分析。圖7為1981-2011年臺灣婦女時期總生育率與1954-1984年

輪的平均生育年齡，期間除了少數幾個時點外， TFR_1 數值大多高於 TFR_0 ，顯示實質生育率仍大於目前慣用的總生育率指標，而且當年輪的平均生育年齡增加時，生育進程往後延宕，「出生稀疏」作用削減 TFR_0 的生育水準（李美玲 1990; Coale 1972），使其低於 TFR_1 ，此一現象清楚顯現在1995年以前與2001年以後， TFR_1 與 TFR_0 的高低差距；而1996-2000年期間， TFR_1 與 TFR_0 的歧異和平均生育年齡變動的關係則較曖昧不明，由於這個時期的平均生育年齡增漲速度明顯減緩，延後生育的情況較不明顯，期間 TFR_0 回升可能源於所謂的時期性效果（period effect），因為年輪的平均生育年齡與生育年齡分配型態的變化而產生年輪婦女集中生育或延後生育，中國人傾向龍年添丁（女），忌諱虎年生育即為例子。觀察模擬二的總生育率趨勢即可驗證，年輪的平均生育年齡對時期總生育率的影響確實如文獻所言（李美玲 1990；劉一龍、王德睦 2005; Bongaarts and Feeney 1998; Coale 1972; Ryder 1956），尤其1996-2000年之間的時期性效果消失，當平

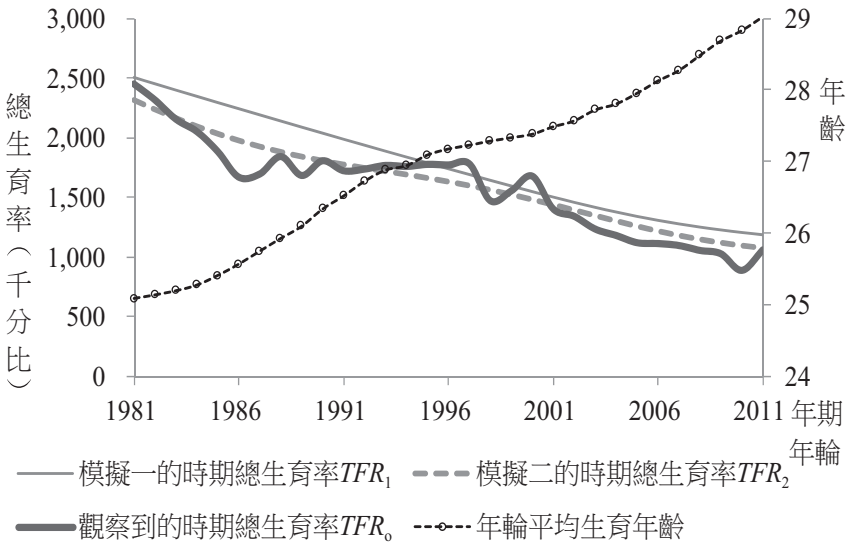


圖7 臺灣婦女時期總生育率與平均生育年齡

均生育年齡減速增漲時， TFR_2 仍然低於 TFR_1 的生育水準。

事實上， TFR_1 與 TFR_2 的差值即是所謂的步調效果，而 TFR_2 與 TFR_0 的歧異為生育年齡分配型態效果，藉此進一步釐清年輪的平均生育年齡與生育年齡分配型態各自對時期總生育率的貢獻。圖8描繪1981-2011年的步調效果（ TFR_1 與 TFR_2 之差值），對應1954-1984年輪的平均生育年齡變動（平均生育年齡對時間的微分），清楚顯示年輪的平均生育年齡改變對時期總生育率的影響主要有三波，第一波介於1981-1996年之間，持續延後的平均生育年齡對 TFR_2 產生壓抑的負效果，遂使 TFR_1 高於 TFR_2 的趨勢隨平均年齡增漲幅度呈先上升後下降的倒V型分佈，峰頂為1986年，步調效果削弱生育率的力量高達0.26以上；第二波介於1997-2002年之間，平均生育年齡的增幅不明顯、甚至是停滯或少數降幅，期間的步調效果不顯著，乃使 TFR_2 相當接近 TFR_1 的水準；第三波介於2003-2011年之間，這一波的 TFR_2 再次受到平均生育年齡延後而縮減，下壓的程度略低於第一波， TFR_1 的水準逐漸大於 TFR_2 。要言之，第一波與第三波主要是年輪生育步調延後，「出生稀疏」作用大幅削弱 TFR_2 ，進而低估年輪婦女的生育水準。相

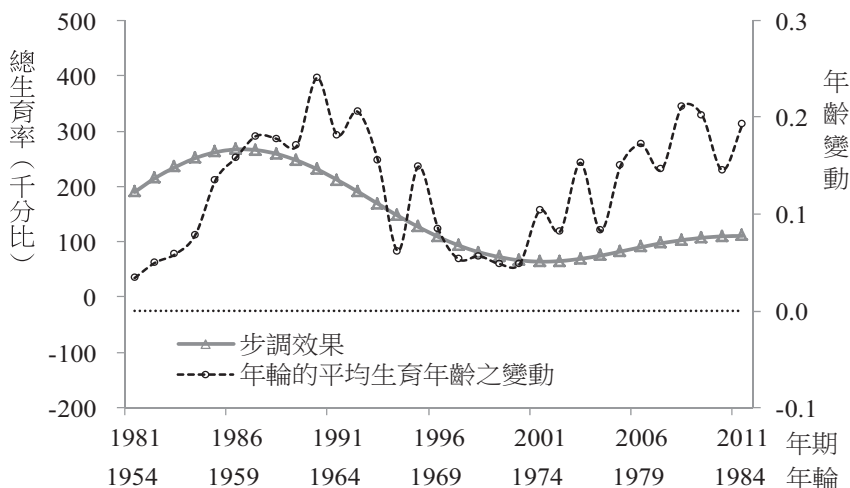


圖8 年輪的平均生育年齡對時期總生育率的影響趨勢

對地，第二波受到步調效果的程度式微，所估得的 TFR_2 在生育分配型態不變的情況下非常接近實質生育率。

另一方面，時期總生育率同時也受到年輪之生育年齡分配型態變動的影響而偏離實質的生育水準，而且生育年齡分配型態的變動不僅是生育年齡的變異數產生變化，生育年齡的分配型態也可能會改變。上一節圖5的模擬已經說明生育年齡分配型態集中化時，總生育率的變化為先下降而後攀升；若生育年齡分配型態分散化，總生育率則為先增後減。然而，年輪的生育年齡分配型態變動對時期總生育率的影響乃牽涉多個年輪，其間的效果錯綜複雜，很難具體分離各個年輪的作用力，僅能概略由歷年平均生育年齡的變異數檢視其間的關係。圖9陳列平均生育年齡變異數的變動（平均生育年齡變異數對時間的微分），以及第二個模擬的總生育率（ TFR_2 ）與觀察到的總生育率（ TFR_0 ）兩者之差值，即年輪的生育年齡分配型態效果，結果顯示歷年來變異數變動的趨勢為雙峰分佈，兩個峰形卻大相逕庭。在1994年以前的趨勢為先上升後下滑的倒V型陡峭分佈，而1994年之後峰形接近高原分佈，兩者峰形的變化對總生育率產生了不同的效果。前者對

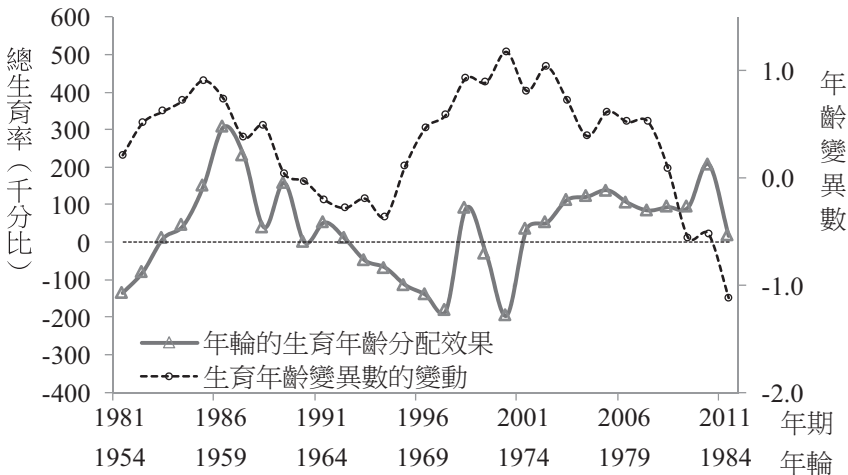


圖9 年輪的生育年齡分配型態對時期總生育率的影響趨勢

應1967年輪以前，生育年齡分配型態的分散化於初始階段有助於 TFR_0 的提升，之後則轉為下拉的力量，因而形成早期 TFR_2 低於 TFR_0 ，兩者的差值落入負值區域；1983年兩者的差值轉為正數，且幅度隨時間增加，至1986年（對應1959年輪）以後逐年下滑，下滑期間形成振幅逐漸縮小的兩個週期擺動。在1994年之後，變異數的變動在二年內即大幅度攀升，生育年齡分配型態的效果再度形成先下降後增漲的週期擺動，只是帶來的效果遠大於1981-1983年，而且繼起年輪的變異數變動為上下起伏的高原分佈，乃使後期的生育分配型態對總生育率的效果呈現高原型態。

表2為1981-2011年總生育率的步調效果與生育年齡分配型態效果，清楚陳列年輪的平均生育年齡與生育年齡分配型態兩者的變化對總生育率的個別影響。我們依步調效果與生育年齡分配型態效果的正負作用力分為四個時期，第一個時期在1981-1982年之間，步調效果對 TFR_0 下拉的力量與生育年齡分配型態上推的力量相互抵銷，而且下拉力遠大於上推的力量，實質生育水準 TFR_1 仍高於 TFR_0 ；第二個時期介於1983-1992年之間，平均生育年齡與生育年齡分配型態這兩個生育步調出現相乘的效果，強化下拉的作用力，總效果因而大幅增漲， TFR_0 受到下拉的力量甚至高達0.574的水準，而使 TFR_1 遠大於 TFR_0 ，兩者的差距先擴大而後縮小，為最大效果的時期，期間步調效果仍是主要的貢獻者；第三個時期介於1993-2000年之間，再次出現正負相抵的作用力，初期的步調效果大於生育年齡分配型態效果，此時總效果有助於壓抑 TFR_0 ，至1996年以後步調效果快速衰跌，不敵生育年齡分配型態的作用力，總效果乃轉為提升 TFR_0 的上推力量；第四個時期介於2001-2011年之間，效果相乘的作用再度成為削弱 TFR_0 的主力，生育年齡分配型態效果與第三期情況相同，均為主要的作用來源。不過，此時的步調效果也隨時間逐漸回升，晚近時期平均生育年齡與生育年齡分配型態兩股生育步調的效果相當。整體而言，年輪生育率分佈對總生育率的總效果在早期為右偏的分配型態，峰頂為1986

表2 總生育率的步調效果與生育年齡分配型態效果

年期	觀察到的 總生育率	模擬一的 總生育率	模擬二的 總生育率	總效果	步調效果	生育年齡分 配型態效果
	TFR_0	TFR_1	TFR_2	$TFR_1 - TFR_0$	$TFR_1 - TFR_2$	$TFR_2 - TFR_0$
1981	2,450	2,504	2,314	55	190	-135
1982	2,315	2,450	2,236	135	215	-79
1983	2,154	2,398	2,163	244	235	9
1984	2,050	2,345	2,094	295	251	44
1985	1,882	2,294	2,032	412	262	150
1986	1,668	2,242	1,975	574	267	307
1987	1,695	2,190	1,925	495	266	230
1988	1,841	2,139	1,880	298	259	39
1989	1,683	2,088	1,841	405	247	158
1990	1,806	2,037	1,806	231	231	0
1991	1,722	1,986	1,774	264	212	53
1992	1,736	1,936	1,745	200	191	9
1993	1,766	1,886	1,717	120	169	-49
1994	1,758	1,837	1,690	79	147	-68
1995	1,775	1,788	1,661	12	127	-115
1996	1,770	1,739	1,630	-32	109	-140
1997	1,780	1,690	1,597	-90	93	-183
1998	1,471	1,642	1,561	171	81	90
1999	1,553	1,594	1,522	41	72	-32
2000	1,677	1,547	1,481	-130	66	-196
2001	1,402	1,501	1,437	99	64	35
2002	1,340	1,457	1,392	117	65	52
2003	1,233	1,415	1,346	182	69	112
2004	1,179	1,376	1,301	196	75	121
2005	1,119	1,340	1,257	221	83	138
2006	1,111	1,306	1,216	195	90	105
2007	1,095	1,277	1,179	182	97	84
2008	1,054	1,250	1,147	196	103	93
2009	1,026	1,226	1,119	200	107	93
2010	887	1,204	1,095	318	110	208
2011	1,058	1,185	1,074	127	111	17

年，之後除了少數波動外，大多為下跌趨勢，期間的主要作用力為步調效果；1996年以後生育年齡分配型態的效果高漲，加上步調效果的作用力式微，總效果因而成為提升 TFR_0 的作用力，2001年以後才轉變為削弱總生育率的效果。這也顯示晚近時期，生育年齡分配型態的效果已是總效果不容忽視的重要來源，然而即使2011年觀察到的總生育率納入總效果，生育水準雖略有增漲，但也僅在1.19左右，仍落入所謂的超低（lowest-low）生育率地區（Kohler et al. 2002）。

伍、結論

目前使用最廣泛的生育率指標為時期總生育率，乃以一個時間點的年齡別生育率為基礎，假設有一群婦女以此年齡別生育率經歷整個生命週期所估得的數據，並非真實年輪婦女的生育水準。這個指標容易受到年輪生育率分佈變動的影響，產生高估或低估實質生育率的偏誤，學者為了解決年輪人口產生的效果，遂使用各種校正方式，以取得正確的生育率趨勢。可惜的是，Bongaarts and Feeney（1998）的校正式有太強的假定，僅允許平均生育年齡改變，而生育年齡分配型態不變且各年輪平均生育年齡改變的年數相同。Kohler and Philipov（2001）的校正式雖然容許生育年齡分配的變異數不同，且不同年輪的平均生育年齡改變年數不同，但是其目的仍在修正Bongaarts and Feeney（1998）的校正式，也就是企圖估計正確的步調效果，而不是估計生育年齡分配型態改變對時期總生育率的影響。Schoen（2004）的「時間指標」雖然已包括平均生育年齡改變與生育年齡分配型態改變，但其「平均年輪生育率」同時去除兩者的影響，仍未分解年輪的平均生育年齡與生育年齡分配型態各自對總生育率的效果。

本文的目的乃分別估計年輪平均生育年齡改變和年輪生育年齡分配型態改變對時期總生育率的影響，而且容許不同年輪平均生育年齡的改變年數不同。我們使用臺灣婦女生育率資料，並容許各個年輪平

均生育年齡的改變年數不同，企圖在年輪的生育率分佈改變對時期總生育率之影響中，區分出平均生育年齡改變（步調效果），以及生育年齡分配型態改變的影響。結果顯示當各年輪的生育率分佈維持在比較基準年輪不變時，實質生育水準仍高於目前慣用的指標。然而，不論使用哪一種生育率指標，均顯示歷年生育率大幅度縮減的現象，這也意味著實質生育率確實下降，婦女年輕時未生育的部分到了育齡後期也不見得會補生回來，進而導致整體的生育率持續降低。

另一方面，我們的研究結果顯示當年輪的平均生育年齡下降，生育時程提前時，「出生堆疊」的作用有助於總生育率高於對應的完成生育率；相對地，若年輪平均生育年齡持續延後，時期總生育率則落在完成生育率之下，遂使晚近所觀察到的總生育率低估年輪婦女的實質生育水準。在生育年齡分配型態方面，當分配集中化時，時期總生育率的變化為先下降而後攀升；若生育年齡分配型態分散化，時期總生育率則為先增後減。此地值得略加說明的是，年輪的生育年齡分配型態變動對時期總生育率的影響乃牽涉多個年輪，其間的效果錯綜複雜，很難具體分離各個年輪的作用力，僅能概略由歷年平均生育年齡的變異數檢視其間的關係。

有趣的是，當我們進一步分析步調效果與生育年齡分配型態各自對總生育率的影響時，發現臺灣生育率下降的過程中，年輪生育率分佈作用在總生育率的兩股力量裡，步調效果是早期最主要的貢獻者；1996年以後步調效果逐漸衰弱，期間的生育年齡分配型態乃成為總效果不容忽視的重要來源。不過，1999年已降至谷底的步調效果也隨時間逐漸回升；近年來，平均生育年齡與生育年齡分配型態兩個生育步調的效果非常接近。換句話說，時期總生育率受到年輪生育率分佈的影響，大多低於實質生育水準，2011年觀察到的時期總生育率即使加入總效果，生育率仍不及1.3的水準，成為超低生育率地區。

McDonald（2009）曾提醒生育率已低於替換水準的東亞國家，若生育率仍持續下跌，很快就會面臨難以挽回的後果，包括人口快速

老化、勞動力短缺、勞動力老化、稅收減少、社會安全制度無法平衡，全球化競爭下風險增加等問題。針對低生育率問題，各國政府大多將焦點擺在友善家庭的相關措施，例如：財務誘因、調和工作與家庭，以及托育服務等面向（McDonald 2006）。事實上，解決生育率的問題也可以從生育步調著手（Lutz and Skirebekk 2005），我們的研究結果也顯示生育步調的確是影響總生育率的重要來源之一。當年李少民（1989）就指出，只要提高大陸人民的平均生育年齡，即使完成生育率不變，總生育率也會下降，這個做法相較於一胎化政策，讓人民多了選擇的自由，同時也達到抑制生育率的目的。相對地，臺灣目前的生育率仍不見止跌回升的跡象，既然政策無法強制人們置換教育、工作、結婚生子等生命歷程的程序，也許納入生育步調政策（tempo policy）是個不錯的選擇，藉由提早入學、縮短教育與兵役年限，將大部分人必經的階段往年齡軸左端平移。劉一龍等（2008）指出即使生育步調稍微提前，總生育率也會產生明顯上漲的趨勢。雖然步調政策不保證生育率立即回升，但壓縮婚育前需經歷的事件時間，勢必增加可以生育的年數，甚至提早進入婚育階段，而且在完成生育率不變的情況下，有助於總生育率的止跌回升。

謝誌

本文為國科會研究計畫「年輪生育率分佈改變對時期生育率的影響」（NSC 100-2410-H-194-087）之部分內容，初稿曾發表於2012年臺灣社會福利學會年會暨國際學術研討會，作者感謝劉一龍教授、楊文山教授、李美玲教授的指正，以及人口學刊三位匿名審查人與編輯委員會於審查過程中提供許多寶貴的修改意見。

airiti
參考文獻

- 王德睦、劉一龍（2008）臺灣總生育率再分析——ACF法的運用。人口學刊，36: 37-65。
- 李少民（1989）中國大陸的人口政策：固定年出生數的政策模型之提出。人文及社會科學集刊，1(1): 99-120。
- 李美玲（1990）生育步調與生育轉型：臺灣地區總生育率之分析。東海大學社會學研究所博士論文。
- 陳寬政、H. H. Winsborough、李美玲（1986）臺灣地區的人口週期與人口控制。中央研究院民族學研究所專刊乙種，16: 109-131。
- 黃意萍、余清祥（2002）臺灣地區生育率推估方法的研究。人口學刊，25: 145-171。
- 楊靜利、李大正（2008）臺灣人口資料之編製與調整：1905-1943與1951-1997。調查研究——方法與應用，23: 119-154。
- 劉一龍、王德睦（2005）臺灣地區總生育率的分析：完成生育率與生育步調之變化。人口學刊，30: 97-123。
- 劉一龍、李大正、王德睦（2008）調整生育步調對臺灣總生育率的影響。臺灣社會福利學刊，6(2): 25-60。
- Bongaarts, J. 1999. "The Fertility Impact of Changes in the Timing of Childbearing in the Developing World." *Population Studies* 53(3): 277-289.
- Bongaarts, J. 2002. "The End of the Fertility Transition in the Developed World." *Population and Development Review* 28(3): 419-443.
- Bongaarts, J. 2004. "Population Aging and the Rising Cost of Public Pensions." *Population and Development Review* 30(1): 1-23.
- Bongaarts, J. and G. Feeney. 1998. "On the Quantum and Tempo of Fertility." *Population and Development Review* 24(2): 271-291.

- Bongaarts, J. and G. Feeney. 2000. "On the Quantum and Tempo of Fertility: Reply." *Population and Development Review* 26(3): 560-564.
- Bongaarts, J. and G. Feeney. 2010. "When is a Tempo Effect a Tempo Distortion?" *Genus* 66(2): 1-15.
- Bongaarts, J. and T. Sobotka. 2012. "A Demographic Explanation for the Recent Rise in European Fertility." *Population and Development Review* 38(1): 83-120.
- Brass, W. 1974. "Perspectives in Population Prediction: Illustrated by the Statistics of England and Wales." *Journal of the Royal Statistical Society. Series A (General)* 137(4): 532-583.
- Brass, W. 1991. "Cohort and Time Period Measures of Quantum Fertility: Concepts and Methodology." Pp. 455-476 in *Life Histories and Generations*, edited by H. A. Becker. Utrecht, NL: University of Utrecht.
- Butz, W. P. and M. P. Ward. 1979. "Will US Fertility Remain Low? A New Economic Interpretation." *Population and Development Review* 5(4): 663-688.
- Coale, A. J. 1972. *The Growth and Structure of Human Populations: A Mathematical Investigation*. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Foster, A. 1990. "Cohort Analysis and Demographic Translation: A Comparative Study of Recent Trends in Age Specific Fertility Rates from Europe and North America." *Population Studies* 44(2): 287-315.
- Hajnal, J. 1947. "The Analysis of Birth Statistics in the Light of the Recent International Recovery of the Birth-Rate." *Population Studies* 1(2): 137-164.
- Horiuchi, S. 2008. "Tempo Effect on Age-Specific Death Rates." Pp. 191-201 in *How Long Do We Live? Demographic Models and Reflections on Tempo Effects*, edited by E. Barbi, J. Bongaarts, and J. W. Vaupel. Berlin, DE: Springer.

- Kim, Y. J. and R. Schoen. 2000. "On the Quantum and Tempo of Fertility: Limits to the Bongaarts-Feeney Adjustment." *Population and Development Review* 26(3): 554-559.
- Kohler, H. P., F. C. Billari, and J. A. Ortega. 2002. "The Emergence of Lowest Low Fertility in Europe During the 1990s." *Population and Development Review* 28(4): 641-680.
- Kohler, H. P. and D. Philipov. 2001. "Variance Effects in the Bongaarts-Feeney Formula." *Demography* 38(1): 1-16.
- Lee, R. D. and L. R. Carter. 1992. "Modeling and Forecasting US Mortality." *Journal of the American Statistical Association* 87(419): 659-671.
- Lee, R. D. and S. Tuljapurkar. 1994. "Stochastic Population Forecasts for the United States: Beyond High, Medium, and Low." *Journal of the American Statistical Association* 89(428): 1175-1189.
- Lewis, E. B. 1982. "Control of Body Segment Differentiation in *Drosophila* by the Bithorax Gene Complex." *Progress in Clinical and Biological Research* 85: 269-288.
- Li, N. and Z. Wu. 2003. "Forecasting Cohort Incomplete Fertility: A Method and an Application." *Population Studies* 57(3): 303-320.
- Lutz, W. and V. Skirbekk. 2005. "Policies Addressing the Tempo Effect in Low Fertility Countries." *Population and Development Review* 31(4): 699-720.
- Luy, M. 2011. "Tempo Effects and Their Relevance in Demographic Analysis." *Comparative Population Studies-Zeitschrift für Bevölkerungswissenschaft* 35(3): 415-446.
- McDonald, P. 2006. "Low Fertility and the State: The Efficacy of Policy." *Population and Development Review* 32(3): 485-510.
- McDonald, P. 2009. "Explanations of Low Fertility in East Asia: A Comparative Perspective." Pp. 23-39 in *Ultra-Low Fertility in Pacific Asia: Trends,*

Causes, and Policy Issues, edited by G. Jones, P. T. Straughan, and A. Chan. London: Routledge.

- Myrskylä, M., J. R. Goldstein, and Y. H. A. Cheng. 2013. "New Cohort Fertility Forecasts for the Developed World: Rises, Falls, and Reversals." *Population and Development Review* 39(1): 31-56.
- Ní Bhrolcháin, M. 2011. "Tempo and the TFR." *Demography* 48(3): 841-861.
- Ryder, N. B. 1956. "Problems of Trend Determination during a Transition in Fertility." *The Milbank Memorial Fund Quarterly* 34(1): 5-21.
- Ryder, N. B. 1959. *An Appraisal of Fertility Trends in the United States*. Indianapolis, IN: Bobbs-Merrill.
- Ryder, N. B. 1960. "The Structure and Tempo of Current Fertility." Pp. 117-136 in *Demographic and Economic Change in Developed Countries, A Conference of the Universities-National Bureau Committee for Economic Research*, edited by National Bureau of Economic Research. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Ryder, N. B. 1964. "The Process of Demographic Translation." *Demography* 1(1): 74-82.
- Schoen, R. 2004. "Timing Effects and the Interpretation of Period Fertility." *Demography* 41(4): 801-819.
- Sobotka, T. and W. Lutz. 2010. "Misleading Policy Messages Derived from the Period TFR: Should We Stop Using It?" *Comparative Population Studies* 35(3): 637-664.
- Tu, E. J. C. 2005. "Fertility Transition in Chinese Societies: Taiwan and Hong Kong." Paper presented at the International Conference of Lowest Low Fertility and Responses: The French Experience and East-Asian Realities. Academia Sinica, Taipei, October 27-28.
- Zeng, Y. and K. C. Land. (2002). "Adjusting Period Tempo Changes with an Extension of Ryder's Basic Translation Equation." *Demography* 39(2): 269-285.

附錄一：Lee-Carter生育率推估模型

王德睦、劉一龍（2008）的計算基於三個假設：（1）生育是女性生命週期中重要的安排，婦女有意識的達到此目標。由於生育有生理及年齡限制，所以婦女在年輕時的生育水準與完成生育率有密切關係，因此，年輪之年齡別生育率中，年長時的生育率與年輕時生育率有關，藉此從已完成的生育率來估計未完成部分；（2）年輪間的生育差異，在年齡較高部分小於年輕部分，生育率的下降主要發生在年輕與生育中期；（3）在造成生育率改變的結構因素相同下，年長與年輕者的生育率相關程度之變化不大。其推估以 $f(x, t)$ 表示 t 年輪的婦女於 x 歲時的生育率，可分解為：

$$f(x, t) = a(x) + b(x)k(t) + \varepsilon(x, t) \dots\dots\dots (17)$$

其中 $a(x)$ 為 x 歲歷年的生育率平均數， $b(x)$ 為年齡組間之變化，代表年輪中各年齡組生育率的關係模式； $k(t)$ 為不同年輪間生育水準的變化。但是一般最小平方法（ordinary least square, OLS）無法同時估計 $b(x)$ 、 $k(t)$ 。因此以SVD模型估計 $\hat{b}(x)$ 之後， $\hat{k}(t)$ 可以線性最小平方法（linear least-squares model）取得估計：

$$\min \sum_{x=\alpha}^{\beta} [f(x, t) - \hat{a}(x) - \hat{b}(x)k(t)]^2 ;$$

$$\hat{k}(t) = \sum_{x=\alpha}^{\beta} [f(x, t) - \hat{a}(x)] \hat{b}(x) / \sum_{x=\alpha}^{\beta} \hat{b}^2(x) \dots\dots\dots (18)$$

藉由估計出的 $\hat{b}(x)$ 和 $\hat{k}(t)$ ，可以用 $\hat{b}(x)$ 估計未完成生育年輪的 $k(t)$ （ $K(t, n)$ ），其中 n 為未完成生育年輪其已完成生育的年數。觀察到已完成生育的最後一年輪若為 t_2 出生， $f(y, t)$ 代表 t 年輪 y 歲的未完成

生育率，此時 t 的範圍將介於 $t_2 + 1$ 至 $t_2 + \beta - \alpha$ （ α 為最低生育年齡， β 為最高生育年齡）。其已完成的年齡別生育率 $f(x, t)$ ，其中 $\alpha \leq x \leq \beta - t + t_2$ ；至於未完成生育率 $f(y, t)$ ， $\beta - t + t_2 < y \leq \beta$ ，完成生育的年數（ n ）等於 $\beta - \alpha - t + t_2 + 1$ 。估計方法為：

$$\min \sum_{x=\alpha}^{\alpha+n-1} [f(x, t) - \hat{a}(x) - \hat{b}(x)K(t, n)]^2 \dots\dots\dots (19)$$

則

$$K(t, n) = \frac{\sum_{x=\alpha}^{\alpha+n-1} [f(x, t) - \hat{a}(x)] \hat{b}(x)}{\sum_{x=\alpha}^{\alpha+n-1} \hat{b}^2(x)} ;$$

$$n = \beta - \alpha - t + t_2 + 1 \dots\dots\dots (20)$$

再以估計出的 $K(t, n)$ 代入分解式中，則正在生育而未完成生育年輪之未完成的年齡別生育率 $F(y, t) = \hat{a}(t) + \hat{b}(y)K(t, n)$ （其中 $\alpha + n \leq y \leq \beta$ ）（Lee and Carter 1992）。

附錄二：平均絕對誤差（MAPE） 預測能力分級

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

資料來源：黃意萍、余清祥（2002）；Lewis（1982）。

附錄三：各年齡別平均絕對誤差數值 (單歲年齡組)

	15	16	17	18	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49												
1937	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.37											
1938	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.64	3.22											
1939	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.13	0.06	1.17											
1940	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.09	3.43	3.53											
1941	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	1.01	0.33	1.24	0.53											
1942	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.39	0.32	0.81	0.31	3.42	0.09											
1943	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.24	0.88	0.09	0.16	0.09	0.76	3.52											
1944	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08	0.42	0.96	0.42	0.09	1.94	0.25	3.45											
1945	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.15	0.60	0.76	0.44	0.40	1.17	3.01	3.06	0.00											
1946	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.09	0.05	0.45	0.50	0.94	0.47	0.26	0.74	0.93	4.07											
1947	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.18	0.08	0.12	0.30	0.80	0.86	1.23	1.99	0.77	0.10											
1948	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.21	0.03	0.27	0.45	0.96	0.25	1.58	0.98	1.57	1.63											
1949	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.04	0.14	0.57	0.73	0.51	0.64	0.42	1.33	0.15											
1950	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.10	0.15	0.55	0.99	0.45	0.37	1.14	2.20	0.34											
1951	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08	0.09	0.19	0.02	0.06	0.06	0.29	0.83	0.20	1.03	1.15	1.41	0.26								
1952	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.14	0.18	0.12	0.22	0.08	0.16	0.09	0.31	0.76	0.14	0.84	1.60	0.29	0.12							
1953	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.15	0.17	0.21	0.16	0.29	0.10	0.20	0.00	0.15	0.72	0.35	0.59	1.60	0.41	0.59						
1954	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.13	0.04	0.12	0.16	0.20	0.24	0.23	0.31	0.16	0.27	0.14	0.11	0.92	0.39	0.12	0.34	6.97	3.08			
1955	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11	0.13	0.25	0.30	0.30	0.36	0.27	0.31	0.20	0.03	0.56	0.13	1.34	0.71	1.77	3.25	0.00				
1956	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11	0.24	0.27	0.31	0.38	0.32	0.42	0.27	0.28	0.13	0.20	0.54	0.40	1.77	1.10	0.72	7.82				
1957	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.09	0.09	0.20	0.22	0.30	0.34	0.36	0.35	0.43	0.30	0.26	0.16	0.04	0.96	0.36	1.27	1.55	3.28	3.39		
1958	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.24	0.03	0.05	0.20	0.22	0.26	0.36	0.37	0.42	0.40	0.48	0.29	0.32	0.16	0.84	0.70	0.94	1.31	7.63	3.43	
1959	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.19	0.23	0.29	0.34	0.39	0.44	0.48	0.43	0.46	0.31	0.41	0.21	0.13	0.43	0.86	0.44	0.85	4.99	0.02		
1960	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.15	0.16	0.24	0.31	0.35	0.44	0.45	0.48	0.43	0.46	0.39	0.36	0.21	0.11	0.84	0.42	0.96	0.75	5.09	1.34

註：數值愈小代表誤差愈小，結果顯示大部分均為合理範圍以內，高齡部分僅少數數值較不合理，但高齡婦女的生育水準就不高，對結果影響自然不大。

The Effect of Cohort Fertility Schedule Changes on Period Fertility

Te-Mu Wang* Yi-Jhen Dong**

Abstract

The total fertility rate in Taiwan has declined since 1951, reaching half of the replacement level in 2011. The secular decline is obviously real, but a “tempo effect” has also worked to bring it down. Since fertility cannot shift indefinitely to later ages of childbearing, the total fertility rate can be expected to rise once the shift has become saturated. Bongaarts and Feeney (1998) proposed a model to correct this terminating effect of shifting age pattern on total fertility, but it appears to address only the shifting mean age of childbearing. The model neglected the effect of shifting variance of the age distribution on total fertility rate. To redress the problem, Kohler and Philipov (2001) developed a way to assess the effect of removing variance on total fertility rate. The remedy appears to focus on the outcome of the tempo effect, but pays little attention to the shifts in the age pattern of fertility itself. This study employs a simulation approach to capture both the effects of shifting mean age and variance of the age distribution on total fertility rate simultaneously. We first compute cohort completed fertility rate based on the observed age-specific fertility rates. We then adjust the age pattern of cohort fertility assuming a certain age pattern, and simulate the total fertility rates accordingly. The differences between the simulated total

* Professor, Department of Social Welfare, National Chung Cheng University.
E-mail: tmwang@sw.ccu.edu.tw

** Postdoctoral Fellow, Institute of Sociology, Academia Sinica.
E-mail: doreimi1218@gmail.com

fertility rates and the actual total fertility rates over time are then considered as the results of shifting age pattern. We further adjust the cohort fertility to the averaged mean ages of childbearing while keeping the age pattern constant; the comparison between this new simulation and the earlier one amounts to the well-documented tempo effect.

Keywords: completed fertility rate, total fertility rate, tempo effect, period effect, timing effect