

台灣地區總生育率的分析： 完成生育率與生育步調之變化*

劉一龍** 王德睦***

摘 要

晚近，台灣地區總生育率 (total fertility rate, TFR) 的快速下跌引發廣泛討論，總生育率為模擬數值，雖可反映生育水準，卻易受人口年輪 (cohort) 的生育數量 (quantum) 與生育步調 (tempo) 影響造成結果偏誤。於是，不少學者提出調整方法，如 Ryder (1959) 透過完成生育率 (complete fertility rate, CFR) 實際值，以年輪平均生育年齡變化，估計較真實的時期別總生育率。爾後，Bongaarts and Feeney (1998) 及 Zeng and Land (2002) 使用時期別平均生育年齡差異，直接調整時期別總生育率掌握生育水準的實際變化。本文使用 Bongaarts 與 Zeng 等人的方法，企圖瞭解台灣地區總生育率下降的原因是生育數量實質減少，抑或只是生育步調延後之故。

研究結果發現，去除生育步調延後 (即平均生育年齡增加) 的影響，1980 年至 1997 年間，調整之總生育率均高於觀察值，代表實際生育水準仍高，淨繁殖率 (net reproductive rate, NRR) 亦維持在 1 上下。

* 感謝張明正教授、陳寬政教授、楊靜利教授與兩位匿名審稿人寶貴建議。

** 中正大學社會福利研究所博士生

*** 中正大學社會福利研究所教授

但是，自 1998 年起，觀察值與調整值差距縮減，生育步調作用減弱，生育數量實質下滑。此外，台灣地區於 2003 年與 2004 年的總生育率分別為 1230 與 1200，兩者皆低於 1300，台灣已成為超低生育率 (lowest-low) 地區 (Kohler, Billarim and Ortega, 2002)。假使總生育率持續下滑，勢必導致人口零成長、負成長的時間提前來到，人口老化速度亦將加快，因此必須及早思考因應之道。

關鍵字：總生育率、完成生育率、生育步調、超低生育率

An Analysis of the TFR in Taiwan: Changes of the CFR and the Tempo Effect

Yilong Liu^{*} Te-Mu Wang^{}**

Abstract

The total fertility rate (TFR) is the most widely used indicator for monitoring the fertility trends. It can be seen as consisting of two distinct parts: (1) a 'quantum' component (complete fertility rate, CFR), which equals the TFR that would have been observed in the absence of changes in the timing of births, and (2) a 'tempo' component that is attributable to the advancing or delaying of births. The TFR is a hypothetical measure, because no real group of women has experienced or will necessarily experience these particular rates, so many critiques of the TFR involve the changes in the timing of childbearing. Therefore, Ryder (1959) created the concept of CFR and proposed an equation for translating the TFR to CFR by employing a tempo effect, which is composed the mean age of childbearing. Then Bongaarts and Feeney (1998), and Zeng and Land (2002) improved Ryder's equations to produce more reliable fertility measures.

Recently, the TFR in Taiwan has declined more rapidly and pervasively than it was expected. Did a quantum change or the tempo effect cause this? This study applied the Zeng and Land's tempo free TFR method to the case of Taiwan, for the period from 1980 to 2001. The results show

* Doctoral Student, Institute of Social Welfare, National Chung Cheng University

** Professor, Institute of Social Welfare, National Chung Cheng University

that (1) the adjusted TFRs (CFRs) were higher than the observed TFRs from 1980 to 1997 due to the tempo effect. (2) The net reproduction rates (NRR) were kept around 1 before 1998. (3) The tempo effect has been disappearing since 1998, therefore the adjusted TFRs were close to the observed TFRs and from then on, fertility rates declined in actuality. Since the TFR in 2003 was below 1.3 (1.23), that means we inevitably will face a strictly challenged demographic future.

Key Words: TFR (total fertility rate), CFR (complete fertility rate), tempo effect, lowest-low fertility level

壹、總生育率的運用與不足

一、總生育率的運用：台灣地區總生育率之變化

有關生育水準的研究，可利用粗出生率 (crude birth rate) 為指標來探討變化趨勢；粗出生率為當年出生活產數與年中人口數之比率 (即每千人口的活產嬰兒數)，優點是計算簡單且易於比較。然而，粗出生率無法顧及人口年齡組成影響，容易造成結果偏誤 (Ryder, 1982)。有鑑於此，學者改以總生育率 (total fertility rate, TFR) 來衡量生育水準，人口統計常見的「育齡婦女總生育率」即是指每千名婦女若依某一年或目前的育齡婦女年齡別生育率來生兒育女，那麼這些婦女在 15 歲至 49 歲育齡期間共可生育幾名子女；但事實上並非真有一女性群體實際或即將經歷此一生育狀況，故總生育率為假設性測量。由於總生育率完全針對當前女性的生育狀況，並去除人口年齡組成影響，加上易用於地區別比較，故常被學界引用。

以台灣地區育齡婦女總生育率為例(圖 1)，總生育率自 1951 年便開始下跌，期間雖因龍年效應影響略為回升 (Sun et al., 1978; Goodkind, 1993; 余清祥與藍銘偉, 2003)，仍未改變主要趨勢走向。從 1984 年起，總生育率低於 2100 (確實數字為 2050)，正式宣告人口低於替代水準；1986 年的總生育率為 1675，之後上下波動，到 1997 年止，平均維持在 1750 左右；1998 年明顯下降，2000 年 (龍年) 則略有回升，總生育率為 1675；但 2001 年與 2002 年又急速下跌，分別為 1395 與 1335。2003 年總生育率為 1230，使台灣成為超低 (lowest-low) 生育率的地區之一 (Kohler et al., 2002)。

二、總生育率的不足：生育數量 (quantum) 與生育步調 (tempo) 的影響

雖然，育齡婦女總生育率可視為婦女一生平均所生的子女數，模擬社會內平均子女數量。但是，總生育率為同一時間點各年齡別生育率之加總，因而變

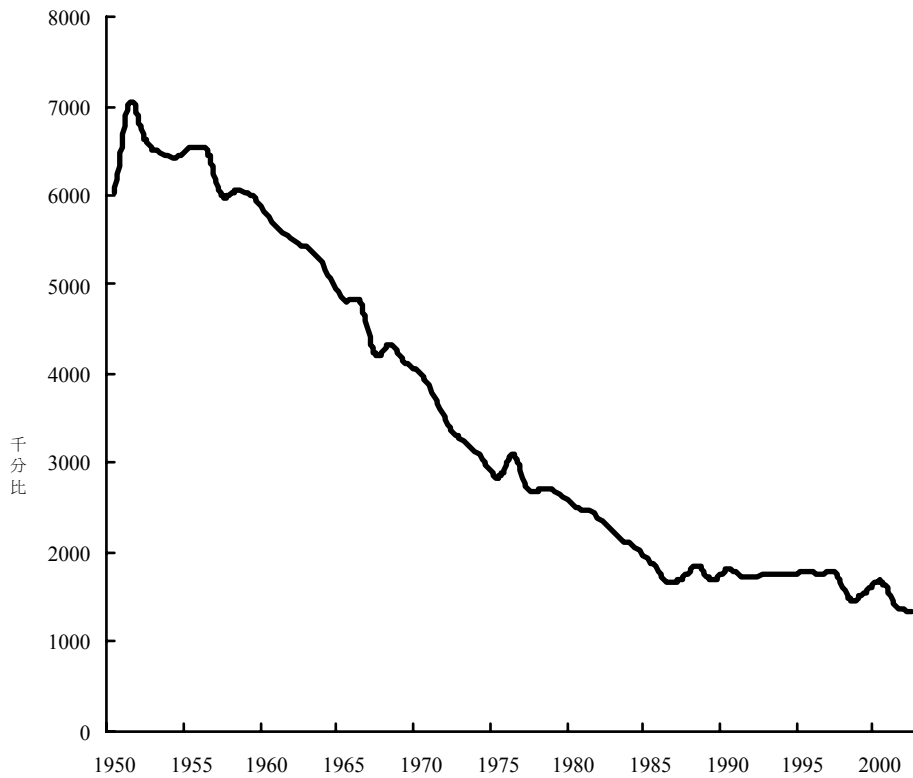


圖 1 1950 ~ 2002 台灣地區育齡婦女總生育率變化圖

化效果會受不同人口年輪¹ (cohort) 的生育數量或時間差異而有所誇大或削減，Bongaarts (1999) 將前者稱為生育數量 (quantum) 組成，為考慮生育時間變化的實質生育數；後者為生育步調 (tempo)，即生育年齡提前或延後。

舉例來說，在同一時間點，且各年輪生育數不變，假使後面人口年輪（較年輕者）生育年齡延後，當她們處於較低年齡時，該組的生育率便會下跌；若

¹ 指同一時期發生相同事件的一群人口。

前面的年輪（位於較高年齡組）仍維持舊有的生育習慣，則高年齡組的生育率並未提高，因此，即使各年輪實際生育水準不變，此時點對年齡別生育率加總而來的總生育率仍會下降。簡單說，如果有任一年輪者生育時間延後，縱然所有年輪的生育數不變，那麼每年平均生育的子女數將會減少，時期別生育率則會下降，此為生育步調（tempo）之影響。另外，當各年輪實際的生育數量（quantum）下降時，降幅會稍被誇大，倘使年輪實際的總生育水準上升，即新的年輪人口生育較多但比較晚生育，上升的幅度也會略為削弱。

由於總生育率是假設性的生育水準，其內涵包括生育數量（quantum）和生育步調（tempo），台灣目前總生育率雖達超低水準，是否只是生育步調的延後效果（tempo effect）抑或生育數量的實質下跌？本文希望透過適當調整，修正生育步調對總生育率之影響。

貳、總生育率的調整

不少學者發現當不同年輪的生育時間，特別是生育第一個子女的平均年齡改變時（Billari and Kohler, 2004），當期總生育率可能會有誤差，Ryder（1956；1959；1964；1983）是首位提出問題並調整者。爾後，有不少學者跟進（Keilman，1994；Keilman and van Imhoff，1995），或是增加胎次別討論與修正（Bongaarts and Feeney，1998；Kim and Schoen，2000；van Imhoff and Keilman，2000；Zeng and Land，2002；Sobotka，2004）。

一、Ryder 的基本轉換方程式（Basic Translation Equation）

早期，Whelpton（1945）在比較胎次別（生育首胎與所有胎次）總生育率時便注意到生育時間點的影響，但並未直接處理其可能問題。Hajnal（1947）研究已開發與低生育國家在 1930 年至 1940 年間的生育情況，他發現若發生短期、劇烈波動，便會影響時期別生育率的趨勢，因此他批評傳統以年度資料分析生育趨勢的方法具有內在缺陷，可算是最早發現時期別生育率需要調整者。

（一）年輪完成生育率（CFR）轉換為年期總生育率（TFR）之概念

由於對 50 年代嬰兒潮及 60 年初期婦女生育數減少的預測失敗，引起人口學者重視生育測量，並著手尋求較佳的人口推估方式（Akers, 1965）。Ryder（1956；1959）即以美國白人女性為對象，探討當不同年輪者生育時間改變，對時期別總生育率之影響。他發現二戰後至 1950 年間，眾多婦女紛紛將生育時間提前，造成生育年齡降低，加上生育量上升，促成該期總生育率增加形成「嬰兒潮」，這個結果也引發 Ryder 利用「人口年輪」概念來探討生育狀況之動機。60 年代時利用年輪概念討論生育狀況頗受矚目，美國人口普查局在 1964 年七月出版之人口推計當中即是使用年輪方法推計未來人口。²

從人口年輪的角度，我們可以觀察同一年輪婦女在其完整育齡期（一般為 15 歲至 49 歲）的平均生育子女數，我們也稱此「年輪總生育率」為「完成生育率（cohort complete fertility rate, CFR）」。年期總生育率（亦即前述之 TFR）與完成生育率的差異在於，前者並非真有一女性群體實際或即將經歷某生育狀況，該指標實為一假設測量；相對的，完成生育率實為某人口年輪下的女性，超過 50 歲時的實際平均生育數，代表該群體女性的實際生育經驗。雖然，完成生育率能完整紀錄各年輪者生育狀況，但僅限已經完成生育的情況，對目前尚未完成生育者則有其限制，例如當前 20、30 歲女性尚未完成生育，即無法得知目前女性的實際生育情況（Ryder, 1960；Bongaarts and Feeney, 1998）。但是，TFR 可依據當前的生育趨勢與水平做調整，同時又可與其他方法作比較，因而運用層面實際上較廣。

Ryder（1956；1959）認為傳統時期別生育率（如 TFR）的測量，受到生育時間的影響，其變化、波動幅度皆比完成生育率大，當時大眾亦認為時期別生育測量在預測或推計未來人口時得小心沿用，兩者的轉換式為：

² 使用 period 與 cohort 方法推計未來人口都以母親年齡別為基準，period 的年齡別生育率隨年調整；cohort 則假設某一年輪女性的生育情況皆依照某水準。

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

其中， m' 代表平均生育年齡對時間年輪的微分， V' 指生育年齡變異數之微分， r 為生育量的微分除以總生育量。

由於該式計算較為繁瑣，學者（Bongaarts and Feeney, 1998；Zeng and Land, 2002）調整兩者為線性關係的方程式，一般稱為基本轉換方程式（Ryder's Basic Translation Equation 或 period-cohort quantum equation）：

$$TFR = CFR (1 - c)$$

其中， c 是兩連續年輪的平均生育年齡變化，為年輪生育步調的變化。舉例來說，若兩連續人口年輪的平均生育年齡分別為 27 歲與 27.1 歲，兩者相差 0.1 歲，則 $TFR = CFR \times (1 - 0.1)$ 。也就是說，兩人口年輪間的平均年齡差每增加 1/10， TFR 相對 CFR 便下降 10%。

（二）運用

Ryder（1959）進一步將實際變化描繪成圖 2，研究美國白人女性完成生育率對應時期別總生育率之變化，其中完成生育率從 1892 年到 1930 年，假設平均生育年齡為 28 歲，對照轉換後的總生育率由 1920 年至 1956 年，兩者分佈十分相似。但自 1940 年起，轉換後之年期別總生育率變化較為劇烈，倘若完成生育率（1912 年的 CFR ）變化不大，即每位女性終生的生育數增加不多，那麼造成 1945 年後總生育率（對應 1917 年輪）劇烈變動的原因，便為生育時間提前，亦即女性生育年齡下滑所致。

李美玲（1990）亦使用 Ryder 之轉換式，以 1890-1968 年輪對應 1919-1988 年期，並附上 1919 年至 1988 年觀察的總生育率，對照比較台灣地區生育水準變化。我們發現三者走勢雖類似但仍有差異，對應轉換後的年期總生育率與完成生育率十分接近，變化較為和緩；觀察之年期總生育率，變化不僅劇烈且與

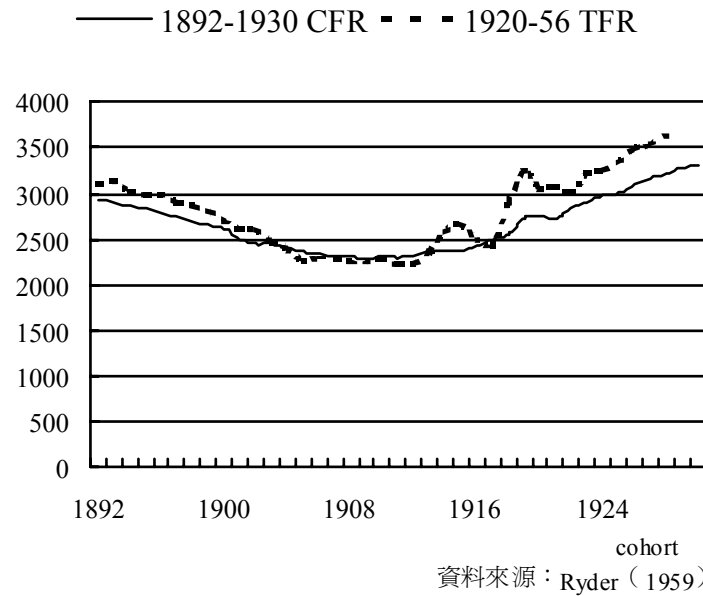


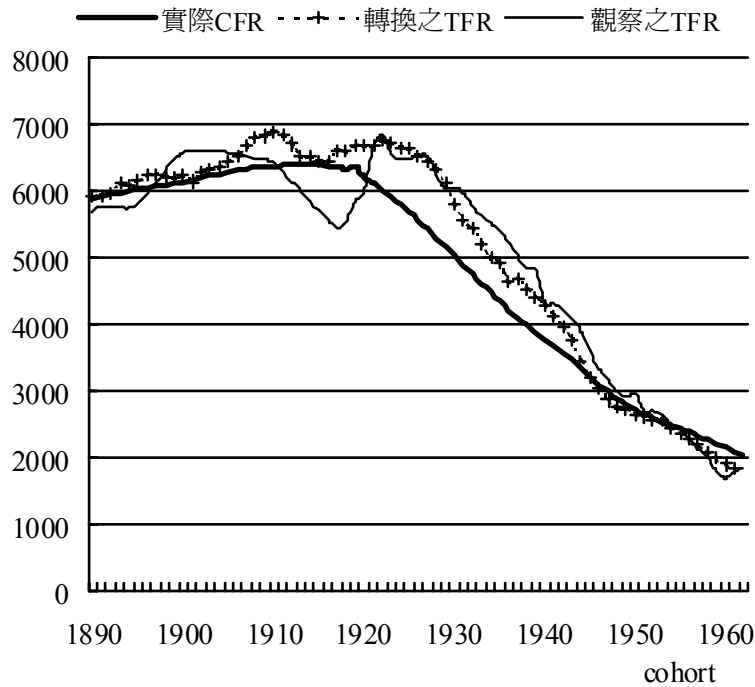
圖 2 美國白人女性 TFR 與 CFR 之變化

完成生育率差距較大。至於轉換後與觀察之年期生育率，二者趨勢類似，同時數值十分類似。

李美玲 (ibid.) 的研究也發現，年輪生育步調的變化對台灣地區年期總生育率變動之影響頗大：1919-1925 年間由於高死亡率影響，孕產婦與胎兒死亡率皆高，出現生育低潮；1940-49 年間，因為戰亂與戰後經濟匱乏，出現顯著的生育低潮使觀察之總生育率低於轉換水準。1950-79 年期間，由於婦女生育年輕化與緊縮化，使總生育率比實質年輪生育水準高；1980 年代，婦女生育受高齡化與分散化作用，總生育率受到不少壓抑，即使 1983 年人口達替代水準時，年輪生育水準仍高 10% 左右；1984-88 年間，總生育率亦低估主流生育年輪生育水平，程度介於 10% 至 28 % 間。

(三) 小結

簡單來說，Ryder 基本轉換方程式是藉由年輪別完成生育率，透過年輪平均生育年齡差距換算對應值，結果與觀察之年期總生育率的最大差異，在於換算值較接近年輪別完成生育率，同時換算值的變化幅度較小。然而，我們也發現換算值與觀察值的差距其實不大。



資料來源：李美玲（1990）

圖 3 台灣地區 1890-1962 年輪和對應轉換、觀察之年期總生育率比較

Ryder 基本方程式遭質疑處有二。首先在概念上，Bongaarts and Feeney (1998) 認為 Ryder 過度強調年輪別生育時間對年期別總生育率的影響，而實際

上，不同胎次的生育時間、胎次間隔，甚至已擁有之子女數皆會影響時期別總生育率之水準。另外，Brass (1974) 與 Foster (1990) 發現年輪別換算值與時期別的差距不大；而 Ní Bhrolcháin (1987) 甚至認為人口年輪概念盛行是因重要研究學者（如 Ryder）極力研究所致。運用上，轉換的年期總生育率得由年輪別完成生育率運算而來，也就是說，我們早已知道真正的生育水準（即實際的完成生育率），這使得 Ryder 基本方程式的作用侷限於比較轉換與觀察之年期別總生育率差距。雖然 Ryder (1956; 1959) 的方法受到不少指正，但其概念上仍值得肯定，特別是喚起學界對人口年輪及完成生育率概念的注意。

二、Bongaarts 與 Feeney 的「生育步調調整」總生育率 (tempo-adjusted TFR)

由於完成生育率僅適用於完成育齡期者的生育情況，同時難與政策執行相呼應，故多數學者仍將焦點放在總生育率的影響因素與調整上。Ní Bhrolcháin (1992) 認為生育年齡差異僅能部分解釋對時期別總生育率變化；此外，生育時間點、模擬假設是否恰當、生育胎次與婚姻時間等變項，皆會影響時期別總生育率。Bongaarts 與 Feeney (1998) 則主張總生育率也受生育最後一胎之年齡、胎次別與生育間隔影響，並藉調整胎次與時間，套用於慣用總生育率上，我們稱為「生育步調調整」總生育率 (tempo-adjusted TFR；或稱 B-F 法)。

(一) 概念

Bongaarts 與 Feeney 先以一年內不同人口年輪生育年齡之變化說明生育步調變化之影響³。以圖 4 為例，一年內有五個人口年輪，其生育間隔為 0.2 年，每個人口年輪的生育年齡為 x 歲。圖 4 假設平均生育年齡於一年內增加 0.2 年（如由 x 歲增為 $x+0.2$ 歲），此增加造成 t 年時平均生育年齡順延，cohort1 的延展最小、cohort5 平均生育年齡甚至延至 $t+1$ 年，於是 t 年時平均生育數減少 20%。

³ 需假設：僅討論第一胎；生育首胎之所有 cohort 女性會在單一年齡生育；一年內之生育間隔相等；所有 cohort 的女性人數相同。

圖 6 情況恰與圖 5 相反，當平均生育年齡減少 0.2 年，則平均生育數增加 20%。

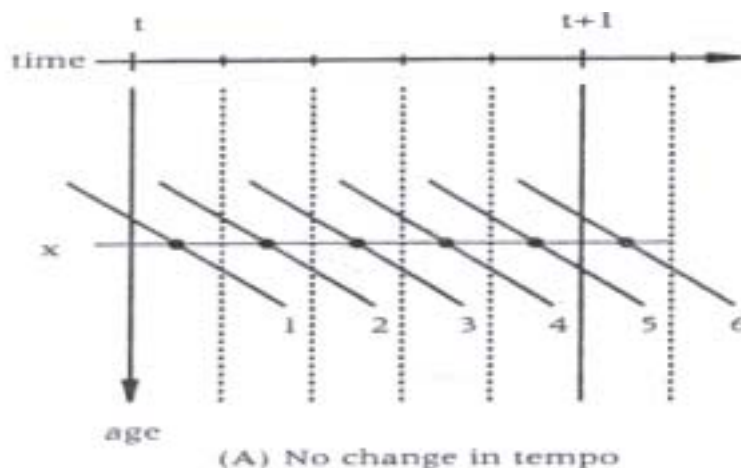
因此，t 年時以首胎為例，生育平均生育年齡的變化為 r，則未有 tempo 變化所觀察到的生育數 (B_{adj}) 與觀察到之生育數 (B_{obs}) 二者關係可為：

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

再將生育數可轉換為總生育率，雖然上述方程式僅討論某年首胎，但可調整並適用在各胎次別，並依胎次區別：

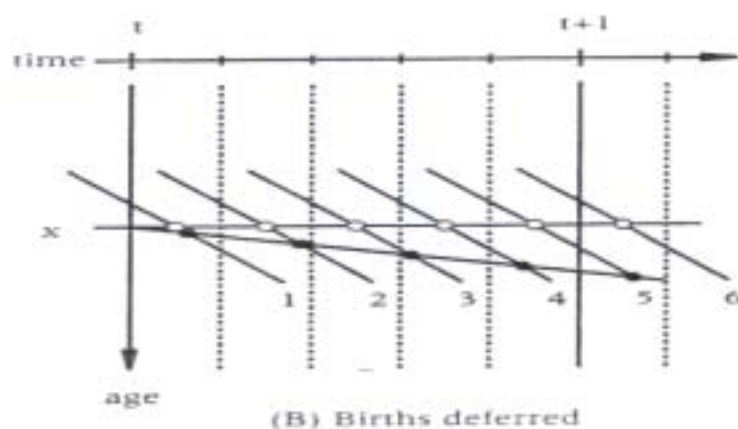
$$TFR'_i = TFR_i / (1 - r_i)$$

其中，TFR_i 為任一年觀察之胎次別生育率，r_i 為某胎次 (i) 起始年在平均生育年齡之差距，TFR'_i 是調整生育步調後之胎次別生育率；將所有胎次加總，即為調整過後的 TFR' = $\sum TFR'_i$ 。



資料來源：Bongaarts & Feeney (1998：276)
 說明：t 至 t+1 年時有 5 個人口年輪生育，每個年輪生育差距 0.2 年

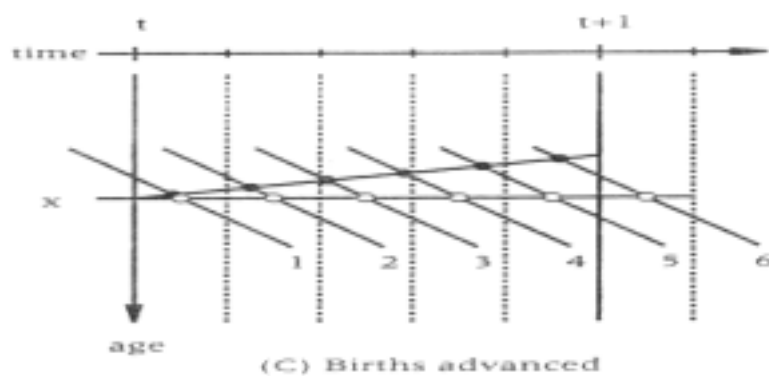
圖 4 生育步調不變時的時期別總生育率



資料來源：Bongaarts & Feeney (1998 : 276)

說明：原先 t 至 $t+1$ 年時有 5 個人口年輪生育，但因生育步調延後 0.2 年，故 t 至 $t+1$ 年間僅剩 4 個生育人口年輪。

圖 5 生育步調延後時的時期別總生育率



資料來源：Bongaarts & Feeney (1998 : 276)

說明：原先 t 至 $t+1$ 年時有 5 個人口年輪生育，但因生育步調提前 0.2 年，故 t 至 $t+1$ 年間增為 6 個生育人口年輪。

圖 6 生育步調提前時的時期別總生育率

(二) 運用

Bongaarts (1999) 運用 B-F 方法，討論台灣地區 1978 年至 1993 年生育情況之變化。首先，觀察與調整後總生育率之差異，以 1980 年至 1984 年為例，首胎、第二胎、第三胎與第四胎次別總生育率，觀察之總生育率比考慮生育步調者依次減少 13.3%、17.6%、14.6%、6.4%；1985 年至 1989 年則少了 14.3%、20.2%、25.5%、29.5%。最後，將所有胎次別加總為總生育率，生育步調影響 1970 年觀察之總生育率，使其減少 10%、1980 年減少 19%、1990 年少了 10%。Bongaarts (2002) 也使用同樣方法，比較澳洲、丹麥、法國、德國、西班牙與瑞典等歐洲國家之年期總生育率與年輪完成生育率，除獲得生育步調造成之影響效果，也發現生育步調的影響越來越小，即生育水準確實已經下滑。Sobotka (2004) 則針對所有歐洲國家的生育狀況，依地區別調整，探討因平均生育年齡延後造成的步調影響，他發現影響以南歐最為顯著，觀察與調整後之總生育率分別為 1230 與 1590，相差約千分之 360；中歐地區，觀察值與調整值亦相差千分之 340。

三、Zeng 與 Land 的修正

爾後，仍有學者針對總生育率作調整，如 Zeng and Land (2001 ; 2002)，其假設及方法（簡稱 Z-L 法），該方法與 Bongaarts and Feeney (1998) 調整法相當類似，皆為了解生育步調改變時，對觀察誤差（period tempo bias）之影響，兩者計算結果類似，差異為平均生育年齡變化之假設。

(一) 概念

他們藉由 Brass (1990) 方法發現某年不同年齡的婦女生育步調之實際變化 ($r^*(t)$)，得出調整過的時期別生育率 ($TFR^*(t)$):

$$TFR^*(t) = TFR(t) \left(1 + r^*(t) \right)$$

其中，($TFR^*(t)$) 為假設的人口年輪因生育步調改變而來的總生育率，藉此調整

其影響。

接著，依照 B-F 方程式： $TFR^*(t) = TFR(t)/(1-r(t))$ ；

代入後得到： $r(t) = r^*(t)/(1+r^*(t))$ ；或 $r^*(t) = r(t)/(1-r(t))$ 。

其中， $r(t)$ 是觀察到時期別生育步調變化； $r^*(t)$ 為降低偏差而調整之生育步調變化。

(二) 運用

Zeng and Land (2002) 將其方法運用在美國、台灣不同胎次別的調整後、與觀察之生育平均年齡變化，藉以證明其方程式可以調整生育步調影響。以台灣地區為例(表 1)，以 1977 年至 1993 年平均觀察值 (0) 為例，依胎次別 (1；2；3) 為 0.128、0.164 與 0.175；調整值 (即實際值) 為 0.145、0.196 與 0.212，可見實際值的變化比觀察值還大。

表 1 1977-1993 年台灣地區胎次別平均生育年齡變化

年期	胎次別平均生育年齡變化					
	1		2		3	
	o	a	o	a	o	a
1977	0.071	0.076	0.040	0.042	-0.056	-0.053
1979	0.074	0.080	0.147	0.173	0.027	0.028
1981	0.125	0.143	0.147	0.172	0.173	0.210
1983	0.145	0.170	0.172	0.207	0.160	0.191
1985	0.159	0.189	0.238	0.313	0.194	0.240
1987	0.147	0.173	0.184	0.226	0.239	0.314
1989	0.132	0.152	0.197	0.245	0.273	0.375
1991	0.097	0.108	0.124	0.141	0.222	0.285
1993	0.141	0.164	0.077	0.084	0.136	0.158

資料來源：Zeng and Land (2002)；

「o」為觀察之年期 (t-1 年至 t+1 年) 差距平均值，

「a」為調整生育步調後之實際值

余清祥與藍銘偉（2003）曾利用各種生育模型，納入龍年、虎年效應作調整，並比較胎次別生育率與年齡別生育率，以求更精確獲得婦女生育狀況。他們利用 B-F 方法與 Zeng 等人針對生育率之調整，先求出 5 個胎次之胎次別生育年齡與生育率，除發現生育年齡逐年增加之外（生育頭胎的平均年齡從 1975 年的 23.71 歲升至 1996 年的 26.15 歲；第二胎則由 25.29 歲延至 28.15 歲）。修正後的第一、第二胎生育率的變化並不明顯，但第三、第四與第五胎次的生育率急速下滑，同時第三胎之胎次別生育率由 1976 年 0.65 降至 1995 年 0.30，結果顯示生育二胎以上者的比例減少。

（三）缺憾

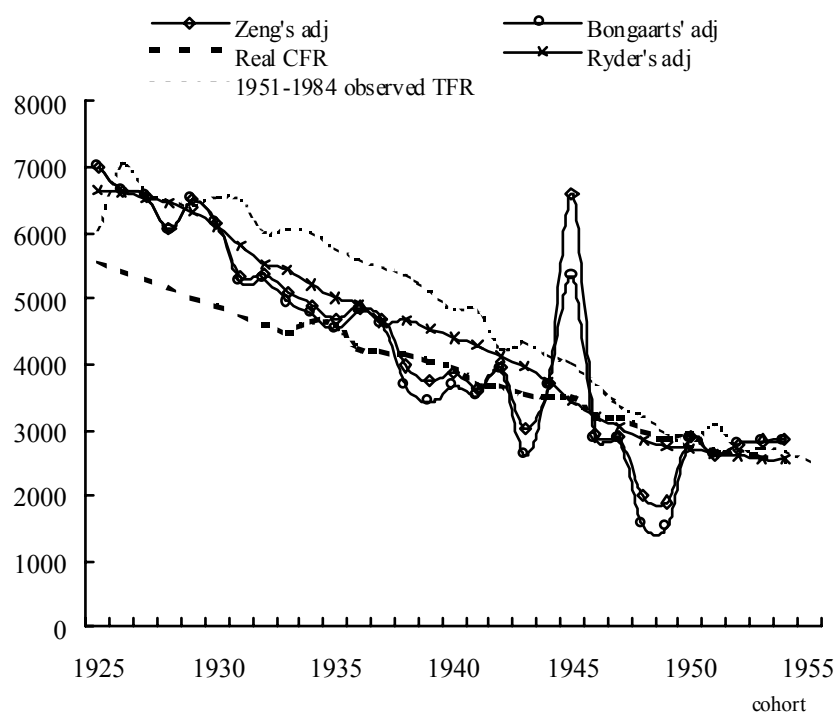
Kim and Schoen（2000）以及 Zeng and Land（2001）認為生育步調調整總生育率概念假設上仍有限制，在 $TFR_{adj} = TFR/(1-r)$ 中，需假設每一人口輪的生育間隔不變（參照圖 4、圖 5 與圖 6），實際狀況並非如此。在實際運用上，van Imhoff and Keilman（2000）發現 Bongaarts and Feeney（1998）之研究結果並不適用於荷蘭與挪威。

四、不同調整方法與實際生育水準之比較

綜合來說，Ryder（1959）基本轉換方程式是透過已知的年輪歷史資料來對應年期轉換水準，亦即計算需等待年輪完成生育歷程，而 Bongaarts and Feeney（1998）、Bongaarts（1999）與 Zeng and Land（2002）等人的方法類似，主要是針對當期年期總生育率，利用平均生育年齡的變化，調整年期生育水準。

台灣地區 1955 年以前出生的年輪，其生育歷程已近完成狀態，我們可檢討三種估計方法調整之年期總生育率（1951 至 1984 年期）與實際完成生育率（1925 至 1955 年輪）、觀察之年期總生育率（1951 至 1984 年期）的差距。結果發現，即使透過平均生育年齡（約 26 歲）對應，觀察之年期總生育率和實際完成生育率仍有不小差距。至於三種估計方法結果，1925-29 年的完成生育率小於對應的三種估計值（1951-55 年期的總生育率），同時差方較大，對照歷史事件發展，

可能因國共戰後初期，戶籍與人口統計資料紊亂所致。1930 年（1956 年年期）開始，完成生育率與三種估計值的差距接近，使用 Ryder (1959) 基本轉換式對應之年期總生育率，變化幅度較小，其值在 1945 年（1971 年期）前大於完成生育率，1945 年（1971 年期）後，估計值雖然小於實際完成生育率，但差距明顯縮小。使用 Bongaarts and Feeney (1998) 與 Zeng and Land (2002) 等方法之結果，雖然估計值在 1930 年（1956 年年期）與實際值走勢相似且差距拉近，但估計值的變化較為劇烈，當平均生育年齡變化過大（超過 0.5 歲），易產生離群值（outlier），如 1946 年與 1949 年的估計值，明顯與實際值有段距離。



資料來源：Zeng，Bongaarts 調整值為作者計算；Ryder 調整值來自李美玲（1990）

圖 7 估計值與實際值之比較

三種估算方法與實際值的差距，透過平均絕對誤差(mean absolute percentage error, 簡稱 MAPE) 判準，以 Ryder (1959) 基本轉換方程式的測量能力最佳，為「高精確度」估計；至於 Bongaarts and Feeney (1998) 與 Zeng and Land (2002) 的方法，後者的方法又較前者為佳，二者同為「良好」等級。若改以根均平方誤差(root mean square percentage error, 簡稱 RMSPE) 判斷估計方法是否準確，Ryder 的基本轉換方程式仍為「高精確度」估計；Bongaarts and Feeney 與 Zeng and Land 的估計受到 1946 年與 1949 年的估計為離群值影響，降為「合理」估計標準。值得注意的是，1950 年（自 1976 年年期開始）後，Bongaarts 與 Zeng 等人的估計與實際值十分相近，三種方法獲得之結果皆為「高精確度」估計。

表 2 三種估計方法比較

估計類別	Ryder 基本轉換方程式	Bongaarts and Feeney 「生育步調調整」	Zeng and Land 的修正
優點	由實際完成生育率轉換，計算結果較為準確；變化幅度較小；不易產生離群值(outlier)	適用於生育狀況較穩定時；年期對應較簡單；不需待年輪完成生育歷程，即可估計當期總生育率	
缺點	需待年輪完成生育歷程；年輪與對應年期不易掌握	計算變化較大；易產生離群值	

參、台灣地區總生育率的分析

由於完成生育歷程需時約 50 年，因此我們無法獲得近代完成生育率的實際數值，使得調整年期總生育率只能透過 Bongaarts and Feeney (1998) 與 Zeng and Land (2002) 直接調整年期觀察值的方法。

我們整理出 B-F 方法之 $TFR'_i = TFR_i / (1 - r_i)$ ，且 $TFR' = \sum TFR'_i$ ；Zeng and Land 之 $TFR^*(t) = TFR(t)(1 + r^*(t))$ ，同時 $r^*(t) = r(t) / (1 - r(t))$ 。Zeng and Land (2002: 281) 認為調整生育步調後之總生育率，即代表完成生育率（仍為模擬假設值）。我們分別使用 Bongaarts and Feeney 及 Zeng and Land 的方法，計算並調整生育

步調影響以了解近來台灣地區完成生育率的變化，並與觀察之總生育率作比較。

一、調整後的年期總生育率之變化

圖 8 為觀察之總生育率、與調整生育步調效果 (tempo effect) 後之總生育率 (模擬完成生育率) 的比較結果，調整值與觀察值的距離即為生育步調之影響，雖然圖形變化類似且皆為下滑趨勢，但數值間仍有差異，調整值明顯高於觀察之總生育率。

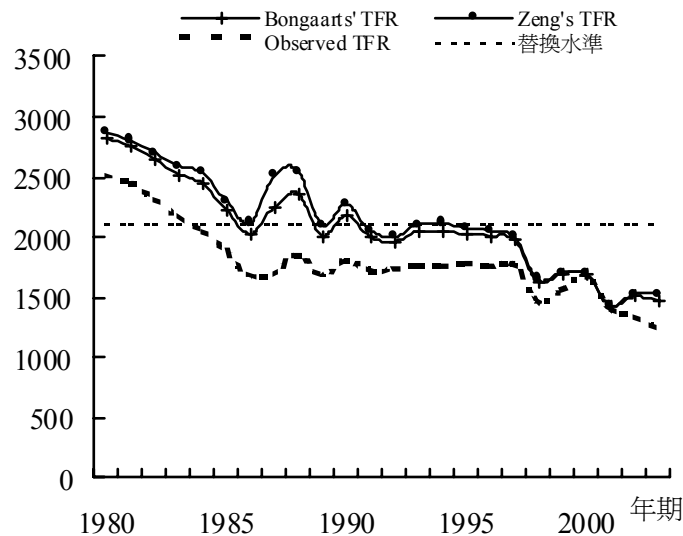


圖 8 1980-2002 年台灣地區觀察與調整 TFR 之變化

調整後的總生育率，以 Bongaarts and Feeney (1998) 等人方法為例，從 1980 年後開始下滑，1992 年曾跌破 2000 (為 1966)，爾後至 1997 年間，調整後之總生育率皆維持在 2000 上下，即育齡婦女平均生育的子女數維持在兩名左右。1998 年起，調整值大幅下滑至 1628，1999 年雖回復 1690，2000 年 (龍年) 略升至 1697，龍年效果顯然不若以往顯著。2001 年，調整值更大幅下跌為 1429，2002

年，平均生育年齡變化持平，縱然觀察值下滑，調整值小幅攀升為 1506，2003 年則為 1470。

調整值與觀察值間的差距，代表生育步調的影響，亦即因婦女生育年齡變化（生育時間延後），造成二者差距。1980 年至 1990 年，生育步調延後壓抑總生育率值約千分之 300；1991 年至 1997 年，觀察值較調整值減少約千分之 250；1998 年起，差距開始減少，甚至 2001 年時二者幾乎相等，之後則維持千分之 200 上下。

調整後，另一焦點為淨繁殖率⁴（net reproduction rate，簡稱 NRR）。以往認為淨繁殖率自 1984 年起便小於 1，即人口低於替代水準（replacement level），且持續下降並影響未來人口規模。但調整後，人口低於替代水準的時間延後至 1986 年，當期總生育率調整後為 2024。接著，1987 至 1997 年間，總生育率皆維持 2000 上下，淨繁殖率總能維持在 1 左右。但是，自 1998 年起，總生育率即使經過調整，數值仍低於 2000，淨繁殖率自此持續下跌，甚至 2001 年為歷史新低，2002 年雖略上升，但能否恢復以往標準仍難定論。也就是說，1980 年至 1997 年間，淨繁殖率仍位在 1 上下；1998 年起，淨繁殖率持續小於 1，過去生育率低於替代水準乃生育步調影響所致，1998 年後則為生育水準下滑，淨繁殖率確實降低。

二、生育步調（tempo）的改變

從不同胎次別平均生育年齡的變化，亦可發現生育時間不斷延後。以前三胎為例，無論是觀察或調整後的生育時間（表 3），女性生育年齡不分胎次別，多為增加趨勢。以生育第一胎的平均年齡來看，1998 至 1999 年增加幅度最多，觀察值增加 0.29 歲，調整值也增加 0.40 歲；同時間，生育第二胎的平均年齡亦增加，因此，1998 年平均生育年齡之增加同時造成當期總生育大幅下降。2000

⁴ 為每千名婦女，自出生到生育年齡結束期間，每個年齡組實際生存人數，所生產之活女嬰數。

年前後，生育步調的變化不大；2001 年至 2002 年，生育第一胎的平均年齡又大幅增長 0.21 歲，結果可想而知，將會壓縮總生育率之成長。

表 3 1993-2002 年台灣地區胎次別平均生育年齡之變化

年期	胎次別平均生育年齡差距					
	1		2		3	
	O	a	o	a	o	a
1992-1993	0.12	0.14	0.12	0.14	0.13	0.16
1993-1994	0.19	0.23	0.15	0.18	0.22	0.28
1994-1995	0.15	0.17	0.13	0.15	0.13	0.15
1995-1996	0.09	0.10	0.09	0.10	0.09	0.10
1996-1997	0.18	0.21	0.16	0.19	0.10	0.11
1997-1998	0.11	0.12	0.16	0.19	0.18	0.22
1998-1999	<u>0.29</u>	<u>0.40</u>	0.15	0.17	-0.02	-0.02
1999-2000	0.01	0.01	0.08	0.08	0.13	0.15
2000-2001	-0.01	-0.01	0.16	0.20	0.17	0.21
2001-2002	0.17	0.21	0.00	0.00	0.09	0.10

資料來源：作者以歷年「台閩地區人口統計」運算而來；
「o」為觀察之年期差距值，
「a」為依照 Zeng and Land (2002) 公式計算之調整差距

張明正與李美慧(2001)認為晚婚或 30 歲以下者有偶率減少，造成 1983 年來，台灣地區總生育率持續下滑。倘若多數家庭仍依循「先結婚、再生子」的傳統，那麼晚婚與平均生育年齡延後將有直接關係。至於有偶率下滑，從傳統角度來看，若多數人不願結婚，那麼生育水準自然不高，圖 8 顯示 1998 年後生育步調的影響逐漸減小，也就是時期別總生育率已十分接近完成生育率，代表生育水準實質下降。

三、台灣地區將邁向超低生育率 (lowest-low) 時代？

近來，生育率持續下跌，不免讓人擔心日後生育水平的發展。2003 年，台灣地區的總生育率為 1.230，成為 Kohler 等人(2002)所稱的超低生育率 (lowest-low) 地區。歐洲在 1995 年時，有七個國家總生育率降至此水準，約佔歐洲總人口數的 28%；2001 年，數量倍數增長，有十五個歐洲國家的生育為此水平，超

過歐洲總人口數的五成（57%），超低生育率的現象，不僅發生在眾所皆知的南歐（希臘、義大利與西班牙），觸角亦延伸至中歐（捷克和斯洛維尼亞）與東歐（如烏克蘭）等國家（Sobotka，2004）。

超低生育率的影響直接反映於人口規模上，Kohler 等人（2002）曾推估當總生育率位於 1300，且女性的平均生育年齡延後至 30 歲時，則人口數將定期縮減 1.5%；若總生育率維持在 1300，也代表人口規模將每 45 年減少二分之一。如果總生育率低於 1000，則人口規模將在 29 年內減半。對於未來總生育的變化，Bongaarts（2002）雖認為隨著平均生育年齡的增加趨緩，生育水準將再度攀升。但是，從歷史進程和估計結果來看，總生育率的確不易恢復過去水準（Frejka and Calot，2001）。

生育水準的下滑有無終點？目前仍無定論。台灣地區在 2003 年的總生育率為 1230，而 2004 年上半季的新生兒數目僅 10.27 萬人，較 2003 年同期減少 6.3%，依照此趨勢推估，2004 年新生兒數目僅約 21 萬人，總生育率將低於 1200。這個推估將比日本、義大利及德國更低，台灣可能成為全球生育率最低的地區之一。倘若無法有效提高生育率，人口零成長、負成長的時間勢必提前來到，人口老化速度越來越快，大眾的負擔也越來越重。

肆、結 論

我們使用 Bongaarts and Feeney（1998）與 Zeng and Land（2002）為降低生育步調（tempo）影響，調整年期總生育率（TFR）計算之方法，此調整結果（ TFR^* ）即代表完成生育率（CFR）。計算發現，調整值高於當期觀察之總生育率，此結果和李美玲（1990）以及余清祥與藍銘偉（2003）的結論相同，亦即受到生育步調變化（生育年齡延後）影響，容易低估當期育齡婦女的生育水準。

即使 1984 年起，觀察之總生育率低於 2100、淨繁殖率（NRR）開始小於 1；

調整後之總生育率在 1986 年才落至 2100 之下，爾後，1997 年前皆維持 2000 上下；1998 年後，調整之總生育率持續下跌，2000 年的龍年效果亦不顯著，2002 年雖因平均生育年齡持平而略為回升，2003 年調整值再度下滑。假若完成生育率能維持 1997 年之前的水準，即總生育率下降是受平均生育年齡增加影響（婦女可能因求學或工作，使生育時間延後），造成觀察之總生育率降低，此時實質生育狀況仍在替代水準（replacement level）上下，生育情況仍屬樂觀。但是，調整值自 1998 年起便大幅下滑，縱然 2000 年為龍年，也未恢復往日水準，同時，調整值與觀察值差距拉近（生育步調效果減弱），也就是說總生育率下降，並非僅來自平均生育年齡增加，而是生育水準實質減少。

生育率之計算與變化，不是簡單的分子、分母關係，在數字呈現背後，代表區域生育水準高低；倘若觀察與調整後總生育率的水準相近、皆為下滑趨勢，顯示實質生育水平確實降低，人口老化將為不可避免的趨勢。人口老化，影響無遠弗屆，降低長期影響的根本是提高生育率、改善人口結構，如何有效提高生育率？從經驗顯示，一些政策努力（如兒童津貼或工作保障）結果並不樂觀，亦即治本之道仍舊難行。短期面則是健全社會保障制度，以達「老有所養」，儘管牽涉面與爭議不少，但這是不應逃避的問題。

參考文獻

中文部分

- 李美玲 (1990), 生育步調與生育轉型：台灣地區總生育率之分析。台中：東海大學社會學研究所博士論文。
- 余清祥、藍銘偉 (2003), 台灣地區生育率模型之研究, 頁 1-24, 台灣人口學會編, 當前台灣地區人口現象與生育政策研討會論文集。
- 張明正與李美慧 (2001), 台灣地區人口轉型後之生育趨勢與展望, 人口學刊, 23 : 93-112。

英文部分

- Akers, D. S. 1965. "Cohort Fertility versus Parity Progression as Methods of Projecting Births." *Demography* 2(2): 414-428.
- Billari, F. C., and H.-P. Kohler. 2004. "Patterns of Low and Very Low Fertility in Europe." *Population Studies* 58(2): 161-76.
- Bongaarts, J., and G.. Feeney. 1998. "On the Quantum and Tempo of Fertility." *Population and Development Review* 24(2): 271-291.
- Bongaarts, J. 1999. "The Fertility Impact of Changes in the Timing of Childbearing in the Developing World." *Population Studies* 53: 277-289.
- _____. 2002. "The End of the Fertility Transition in the Developed World." *Population and Development Review* 28(3): 419-443.
- Brass, W. 1974. "Perspectives in Population Prediction : Illustrated by the Statistics of England and Wales." *Journal of the Royal Statistical Society* 137 A: 532-583.
- _____. 1990. "Cohort and Time Period Measures of Quantum Fertility: Concepts and Methodology." pp455-476 in *Life Histories and Generations* (Vol. 2), edited by H. A. Becker. Utrecht: Interdisciplinair Sociaal-wetenschappelijk Onderzoeksinstituut Rijksuniversiteit.

- Foster, A.D. 1990. "Cohort Analysis and Demographic Translation: A Comparative Study of Study of Recent Trends in Age Specific Fertility Rates From Europe and North America," *Population Studies* 44: 287-315.
- Frejka, T., and G. Calot. 2001. "Cohort Reproductive Patterns in Low-Fertility Countries." *Population and Development Review* 27(1): 103-132.
- Goodkind, D. M. 1993. "New Zodiacal Influences on Chinese Family Formation: Taiwan, 1976." *Demography* 30(2): 127-142
- Hajnal, J. 1947. "The Analysis of Birth Statistics in the Light of the Recent International Recovery of the Birth-Rate." *Population Studies* 1: 137-64.
- Keilman, N. 1994. "Translation Formulae for Non-Repeatable Events." *Population Studies* 48: 341-357.
- Keilman, N, and E. van Imhoff. 1995. "Cohort Quantum as a Function of Time-Dependent Period Quantum for Non-Repeatable Events." *Population Studies* 49: 347-352.
- Kim, Y. J., and R. Schoen. 2000. "Changes in Timing and Measurement of Fertility." *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.
- Ryder, N. B. 1956. "Problems of Trend Determination during a Translation in Fertility." *Milbank Memorial Fund Quarterly* 34(1): 5-21.
- _____. 1959. "An Appraisal of Fertility Trends in the United States." pp: 38-49 in *Thirty Years of Research in Human Fertility Retrospect and Prospect*, edited by Milbank Memorial Fund. New York: Milbank Memorial Fund.
- _____. 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 by Universities-National Bureau Committee for Economic Research. Princeton: Princeton

University Press.

- _____. 1964. "The Process of Demographic." *Demography* 1(1): 74-82.
- _____. 1983. "Cohort and Period Measures of Changing Fertility." pp: 736-756 in *Determinants of Fertility in Developing Countries* (Vol. 2), edited by R. A. Bulatao and R. D. Lee. New York: Academic Press.
- Sobotka, T. 2004. "Is Lowest-Low Fertility in Europe Explained by the Postponement of Childbearing?" *Population and Development Review* 30(2): 195-220.
- Sun, T.-H., H.-S. Lin, and R. Freedman. 1978. "Trends in Fertility, Family Size Preferences, and Family Planning Practice, Taiwan: 1965-1976." *Studies in Family Planning* 9: 54-69.
- van Imhoff, E., and N. Keilman. 2000. "On the Quantum and Tempo of Fertility: Comment." *Population and Development Review* 26(3): 549-553.
- Whelpton, P. K. 1945. "Effect of Increased Birth Rate on Future Population." *American Journal of Public Health* 35: 326-333.
- Zeng, Yi, and K. C. Land. 2001. "A Sensitivity Analysis of the Bongaarts-Feeney Method for Adjusting Bias in Observed Period Total Fertility Rates." *Demography* 38: 17-28.
- _____. 2002. "Adjusting Period Tempo Changes with An Extension of Ryder's Basic Translation Equation." *Demography* 39(2): 269-285.
- Ní Bhrolcháin, M. 1987. "Period Parity Progression Ratios and Birth Intervals in England and Wales, 1941-1971." *Population Studies* 41(1): 103-125.
- _____. 1992. "Period Paramount? A Critique of the Cohort Fertility Approach to Fertility." *Population and Development Review* 18(4): 599-629.