

台灣社會現象的分析，伊慶春、朱瑞珩主編
中央研究院三民主義研究所叢刊(2)，頁337-362
78年6月，台灣，台北

嬰幼兒死亡率影響生育率之模擬分析*

王德睦**

生育率下降的原因在人口學文獻上產生殊多的爭論，有些學者(Notestein, 1945; Davis, 1963, 1967)認為生育率下跌與都市化、工業化、教育普及等「現代化」因素有關，另外有學者認為代間財富移轉之改變與小家庭制度之確立才是生育率下跌的原因(Caldwell, 1976)，經濟學者則以家戶預算條件與子女需求之均衡為生育率的決定因素(Becker, 1960)。Easterlin(1978)認為經濟學者的主張著重子女需求面的行為分析，而社會學者的理解則注重子女供給面的結構分析，所以主張將生育率視為家戶子女需求與供給之均衡，受限於家戶預算條件及節制生育的主客觀成本；結合行為的結構條件與理性計算，以家戶為理論分析的單位，是為所謂的「綜合」模型。

為了探討生育率下跌的因素，普林斯頓大學的人口史研究計劃曾結合歐美學者，深入挖掘工業革命時期的歐洲教區資料，指出歐洲近代史上的生育率下跌實在與當時的工業革命或經濟發展互不相

* 本文由作者博士論文之一部分修改而成，作者感謝陳寬政教授在寫作過程中悉心的指導，孫得雄、謝高橋、廖正宏、孫清山等教授提供修改意見。文中有疏漏謬誤之處，由作者自行負責。

** 東海大學社會學系副教授

干 (Knodel, 1973; Coale, 1973; van de Walle 1978); 他們的結論指出如果必需為生育率變遷找個原因的話, 最重要的可能原因乃是死亡率之先於出生率而下跌。台灣地區的人口轉型也一樣是由死亡率下跌而帶動的變遷 (陳寬政、王德睦陳文玲, 1986), 而且死亡率之下跌係以嬰幼兒死亡率為主 (Mirzaee 1979, Tu, 1985), 本文首先在理論上檢討嬰幼兒死亡率影響生育率的過程 (Preston, 1978), 指出家戶內的嬰幼兒死亡可能透過「間距」、「補償」、與「保險」等效果而影響生育率, 並以蒙地卡羅模擬 (Monte Carlo Microsimulation) 的方法, 創造電腦模擬的客體, 依據台灣地區過去研究之結論, 再參酌國外學者的研究成果, 取得婦女生育行為之相關數據。再選用一個西方型標準生命表 (Coale and Demeny, 1966), 作為設定婦女 (月份別) 存活機率的根據, 又另選用幾個不同水準的西方型標準生命表估算子女的月份別存活機率, 透過模型運算逐月模擬婦女「樣本」的生育歷程, 就模型間及模型內不同死亡水準之設定, 而分解嬰幼兒死亡率對生育率的影響效果, 並討論不同轉型階段各效果之變化。

壹、嬰幼兒死亡率與生育率

人口學者認為嬰幼兒死亡率對於生育率確實有其影響 (Rutstein 1974; Taylor, Newman and Kelly, 1976; Preston, 1978; Heer, 1983), 不過這種影響並非立即且直接的, 而是必需透過某些生理或主觀條件的轉換才可能發生效果。在人口學文獻中屢經討論而且被認為比較可能發生顯著作用的, 有間距效果 (Interval Effect)、補償效果 (Replacement Effect)、以及保險效果 (Insurance Effect) 三種可能的轉換程序: 間距效果係指嬰兒死亡而縮短產婦授乳的時間, 使產後回經的速度加快, 增加受孕機會, 縮短胎次間距, 所以嬰幼兒死亡率與生育率有正向的相關; 補償效果係指父母藉增加生育胎次來彌補已經

損失的子女數量，藉以滿足其既有的子女需要量；保險效果則指父母對子女死亡有相當大的恐懼，而盡可能多生以備未來的損失。

由於間距效果是以授乳為中介，嬰幼兒死亡時因停止授乳而使產後停經的時間縮短，進而縮短生育間距，因為婦女能生育的時間有限，縮短生育間距即能增加生育的數量，因此間距效果主要作用於沒有人為節育措施的自然生育率，嬰幼兒死亡率的下落造成自然生育率的減低，但在實施節育措施的人口中，由於一般婦女在未完成自然生育率所容許的生育極限前即停止生育，縮短生育間距對實際生育行為的影響應小於對自然生育率的影響，而且間距效果以授乳為中介，也只有普遍授乳的地區才有顯著效果。根據 Jain, Hermalin and Sun (1979) 的研究指出，台灣地區婦女生育的胎次平均間距為廿五個月，其中懷胎九個月、產後停經四個月、授乳及產後停經的重疊四個月、等待受孕六個月，其餘兩個月則為授乳之非生理性淨效果。嬰幼兒死亡所能縮短的胎次間距，僅能作用於與授乳及等待受孕有關的十二個月，間距效果應該不大。況且間距效果僅能發生於授乳的婦女，而根據 Millman(1985) 的研究，台灣地區的平均授乳月數已由 1976 年的十三個月至 1980 年降到四個月，可見台灣地區目前並不普遍授乳，間距效果不會很大。

補償效果係指父母遭遇喪子(女)之痛，藉延長生育的時間、增加生育的胎次以彌補損失的子女數量。補償效果一般發生在普遍實施節制生育的地區，由於父母對於子女人數已有確定的計劃，則任一個子女損失都是難以忍受的損失，所以會運用剩餘的生育力(Fecundity)來從事彌補性的生育；由於生育力到底是隨年齡與胎次增加而遞減的能力，而能經驗喪子(女)之痛的父母通常是年齡較大的父母，所以補償效果通常不是一對一的補償，而是少於一的補償，越是高胎次的子女死亡越不容易獲得補償。由於台灣地區的婦女普遍節育，據人口學者在世界各地所搜集的資料，台灣地區似在現代各國的人口中

擁有最高的補償率 (Preston, 1978a)，每損失一個子女平均補回了四分之一強 (Heer and Wu, 1978)，而其他各地的資料則一致地顯示愈是普遍實施節育的地區有愈高的補償率 (Preston, 1978a)。

保險效果則通常發生在出生與死亡控制兩不週全的地區，一方面夫妻不容易管制自己的生育量，另一方面也難以確信在其停止生育以後不會再有子女死亡，只能採取盡量多生育以備將來可能損失的策略來應對其生存環境的不確定性。文獻上比較欠缺保險效果的經驗研究，但台灣地區較高生育率的鄉鎮也都是高死亡率的鄉鎮，而且無論如何控制個人的特性，愈高死亡率鄉鎮的女人就有愈高的生育率 (Heer, Wu, 1978)，顯示死亡率對生育行為的影響可能是一般性的，而不限於曾有子女死亡的父母，則保險效果在高死亡率的社區還是可能存在的。以色列的資料 (Ben-Porath, 1978) 也指出，即使母親現居以色列而且子女也出生在以色列，只要是高死亡率地區出生的女人其子女的死亡率就比別人高，而且本人的生育率也比較高。台灣省家庭計劃研究所的調查資料也顯示，恐懼子女死亡的父母比沒有恐懼感或較少恐懼的父母顯著地有較高的生育率 (Rutstein, 1974)，這些研究結論似均可視為保險效果的間接佐証。

由於內在機轉的不同，嬰幼兒死亡率影響生育率的三種效果在人口轉型的不同階段也展現不同的影響力。間距效果主要作用於自然生育率，所以在生育率愈接近自然生育率時有較大的影響，而且間距效果必需透過授乳為中介才能產生影響，只能在普遍授乳的地區方能產生作用。在生育率接近自然生育率及普遍授乳的傳統社會中，間距效果較有可能產生影響；隨著死亡率的下跌，子女供給量逐漸超過需求量而產生節育動機與行為，則生育率逐漸偏離自然生育率而降低，間距效果的影響也就逐漸減小，加上授乳比例減低與授乳月數縮短，更加速間距效果之衰微。保險效果的產生出於父母對子女死亡的主觀恐懼，在死亡率較高的時期或地區，父母對子女的死亡當然有較高的恐

表二 避孕方法的使用率與成功率

避 孕 方 法	第二次生育力 調查之使用率	第五次生育力 ¹ 調查之使用率	成功率 ²
結 紮	18.10	26.15	1.00
子宮內避孕器	55.31	35.06	0.96
避 孕 藥	7.53	8.69	0.98
保 險 套	5.44	11.48	0.91
週 期 法	10.41	15.85	0.82
其 他	3.22	2.77	0.90

1 使用率係指使用該項避孕方法者佔全體使用者的比重。

2 成功率詳見上段文字說明。Bongaarts(1978: 112)

terpolation; 見 Keyfitz, 1977: 224 - 28) 分別計算母親與嬰兒的月份別存活機率，計算在不同死亡水準下的模擬婦女之生育量，以彰顯嬰幼兒死亡率透過授乳作用而影響自然生育率的過程。第一個模型僅止於自然生育率的模擬，模型中的婦女均持續生育至不能生育為止，則縮小生育間距對完成生育率（或量）自然有較大的影響。在實際生育的狀況中，一般婦女則均或多或少採行某種生育控制，以致停止生育的時間早於其喪失生殖能力，使得縮短生育間距所產生的效果較不明顯。我們的第二個模型將生育控制的因素引入，藉以在較為接近現實的條件下，檢討嬰幼兒死亡率對生育率所產生的間距效果。

補償效果係指子女死亡後，父母運用其剩餘的生育力企圖補回喪失的子女數。我們的第三個模型除考慮前一個模型的全部因素以外，更進一步引入婦女的理想子女數，以及隨之而來的所謂「生育理性」。如果婦女在達成理想子女以後仍有繼續生育的能力，而發生子女死亡，除非該婦女以結紮為避孕手段（結紮後不僅以手術回復生殖能力的比

生育行爲的影響，而以中介變項的相關數據代入模型。

在 Bongaarts(1978) 的架構下，自然生育率可分解爲有偶率與自然婚生率 (Natural Marital Fertility)，而直接影響自然婚生率的因素有授乳、性交頻率、不孕、子宮內死亡、與可受孕期等；生育控制則分爲避孕及人工流產兩類。性交頻率的資料不容易取得，對生育率的影響不大 (Bongaarts, 1978)，主要是作用於生育力 (Fecundability)；婦女可受孕期限於兩次月經排卵之間，其長度分配頗難取得正確的估計，其效果則係與性交相互作用而決定生育力。由於生育力可就未實施避孕人口的受孕期生育率取得準確的估計，所以我們的模型不考慮性交頻率與可受孕期的長度，而直接代以台灣地區的婦女生育力之估計。

我們的模擬首先依不孕的年齡機率分配決定該婦女到達不排卵的年齡 (月份)，進而使用生育力的機率分配決定該婦女的生育力，再依初婚年齡函數決定該婦女的初婚年齡，該婦女婚後若非不孕則進入等待受孕的期間，期間長短依據其生育力之機率來決定。懷孕的結束的方式有活產、死產、與自然流產三種可能，依機率分配而定；三種結束方式的受孕期不同，恢復排卵的時間當然也不相同，俟排卵後又進入可受孕期。在自然生育的條件 (也就是不實施生育控制) 下，模擬婦女依此原則一直生育下去，直到不孕期或死亡，而死亡機率則據標準生命表的死亡機率而定。當然配偶死亡或離婚均能使生育中斷，而再婚又可恢復生育；由於此因素過於複雜，我們的模擬不考慮配偶死亡或離婚的可能性，等於是假定婦女喪偶或離婚後均立即再婚。雖然此一假定會使結果略爲偏離事實，卻顯著簡化模擬的程序與結果之解釋。

在實際生育的條件下，我們使用理想子女數的機率分配決定模擬婦女的理想子女數，達成理想子女數後依不同避孕工具的機率分配決定採用何種避孕工具，再依避孕工具的有效性決定避孕失敗的機率。

若該婦女避孕失敗則又進入等待懷孕的階段，而若再懷孕則依人工流產的機率分配來決定是否墮胎，懷孕結束後又進入避孕階段。此一考慮將避孕與人工流產視為結束生育的方法，而忽略其擴大生育間距的功能，必然使模擬結果偏離實際情況；但是依據台灣省家庭計畫研究所的歷年調查資料，使用避孕為停止生育手段的婦女約佔三分之二（孫得雄，1973；Chi, 1986），則偏離的幅度應該不大。

Ansley Coale (1971) 曾收集各國不同時期的婦女初婚資料並詳加比對，指出婦女的初婚年齡分佈符合邏輯函數 (Logistic Function) 的一般性徵。Hernes(1972) 進一步提出理論性的說明，指出若 p 代表年齡為 t 時的已婚率，則 dp/dt 表示年齡別的初婚機率，受到正反兩種力量的制約：一方面年齡愈大則同輩中已婚者愈多，所產生的「社會壓力」愈大，驅使初婚率上漲；另一方面年齡愈大則競爭力降低而且適婚對象愈來愈少，迫使初婚率下跌（詳見 Chen, 1979 及陳寬政, 1982 之檢討與修飾）。所以初婚率的變化受已婚率 p 、未婚率 $1-p$ 、及競爭力 q 的影響，

$$dp/dt = qp(1-p)。$$

競爭力因年齡而遞減，為年齡的降指數函數，

$$q = Ab^t，$$

其中 $0 < b < 1$ 表示一個衰退的因子。將 q 函數代入初婚率並且積分，得已婚率的年齡函數為

$$p(t) = 1 / [1 + (1 / Ka^b)]。$$

式中 $\log a = A / \log b$ ， $K = p(0) / [a(1 - p(0))]$ ， $p(t)$ 近似於邏輯函數，只是其轉折點不在零與函數極限之中點。李美玲 (1986) 使用最小平方法為估計，就一九六六年台灣地區人口普查資料核算出 $a = 0.0000467$ 、 $b = 0.890$ 、 $K = 172.232$ 的結果， R^2 高達 0.9945

，以一九八〇年的人口普查資料則估計出 $a = 0.0000284$ 、 $b = 0.918$ 、 $K = 227.804$ 的結果， R^2 也高達 0.9998。我們依據此數據隨機決定模擬婦女的初婚年齡（月份）。

如果一個婦女的生育力固定不變，在等待受孕時每月懷孕的機率均為 p ，則該婦女在第 k 個月懷孕的機率呈幾何分配 (Sheps and Menken, 1973; Brass and Barrett, 1978; Bongaarts, 1977)，

$$f(k) = P(1 - P)^{k-1}。$$

但是任一婦女一生中其生育力不可能固定不變，Willigan et al. (1982) 指出生育力應為年齡的梯形分配 (Trapezoid Distribution)，從十一至廿歲生育力直線上升，廿至卅四歲時維持不變，卅四歲以後則直線下降。我們的模擬依此原則先取得廿至卅四歲時的生育力，從而推出廿歲以前及卅四歲以後的生育力。但是並非所有婦女的生育力在任一年齡上均為相同，由於營養、健康、性交頻率等因素不同，個別婦女的生育力也會跟著有所不同。人口學者的研究 (Jain, 1969; Sheps, Menken, 1973; Bongaarts, 1977; Brass, Barrett, 1978) 指出婦女生育力係呈 Beta 函數型態分配：

$$f(P) = [P^{c-1}(1-P)^{d-1}] / B(c,d),$$

$$B(c,d) = \int_0^1 x^{c-1}(1-x)^{d-1} dx。$$

在資料上，人口學者慣常使用未實行避孕的已婚婦女於可受孕期內的生育力為生育力之估計 (Bongaart, 1978)，而 Jain (1969) 分析一九六二年在台灣省人口研究中心的台中調查 (Taichung Survey) 資料也發現生育力接近 Beta 分配的型態，並且核算上述 c 、 d 兩個參數

得到近似於三與十八的結果。我們使用 Jain 的數據隨機決定模擬婦女的生育力。

婦女懷孕後如果不考慮人工流產，則結束懷孕的方式只有活產、死產、與自然流產三種可能。這三種結束懷孕的方法也隨著年齡不同而有不同的機率，Brass and Barrett (1978) 指出若以 $\theta(1)$ 、 $\theta(2)$ 、及 $\theta(3)$ 代表活產、自然流產、與死產之機率，以 t 表示婦女的年齡(歲)，則——

$$\theta(2) = 0.24 + [0.005(t - 30)],$$

$$\theta(3) = 0.03 + [0.001(t - 30)],$$

$$\theta(1) + \theta(2) + \theta(3) = 1,$$

活產與死產之懷孕月數均為九個月。根據學者 (Bongaarts, 1977; Brass and Barrett, 1978) 研究的結論，自然流產的機率在懷孕期間呈幾何分配，

$$f(u) = s(1 - s)^{u-1},$$

u 表示懷孕月份，Bongaarts (1977) 指出首月自然流產機率 s 應為 0.4。

婦女結束懷孕後並非立即恢復生育能力，而是必須有一段時間的產後停經 (Post-partum Amenorrhea) 或產後不排卵 (Post-partum Anovulation)，在此段時間內婦女暫時失去生育能力，而影響產後停經久暫的最主要因素為授乳 (Potter and Kobrin, 1981; Bongaarts, 1983)。Brass and Barrett (1978) 指出發生死產與流產以後，婦女的產後停經分別為三個月及兩個月；而活產後的停經月數則呈 Pascal 分配 (Bongaarts, 1977; Brass and Barrett, 1978; Potter and Kobrin, 1981)，若以 X 代表回復生育能力的參數，顯然 X 受授乳與嬰兒存活久暫的影響，則婦女產後在第 j 個月回經的機率為

$$f(j) = (j - 2)X^2(1 - X)^{j-2}.$$

此 Pascal 分配之平均數為 $2/X$ ，所以婦女平均在產後第 $2/X$ 個

月回經，也就是說活產之後婦女平均會有 $(X / 2) - 1$ 個月暫時失去生育能力。由於授乳是延長產後停經的主要因素，X 值大小因授乳普及程度而定。Brass and Barrett(1978) 根據 Jain et al. 對台灣地區婦女產後停經與授乳月數之迴歸分析估算 X 值，指出若授乳超過廿個月則 X 值為六分之一，否則授乳月數與 X 的函數關係為：

$$h = [4(m - 1)] / 19 + 1 \quad (1 \leq m \leq 20),$$

$$X = 1 / (1 + h) \quad (1 / 2 \geq X \geq 1 / 6);$$

也就說，授乳若超過廿個月則產後停經平均十一個月，否則產後停經平均在三到十一個月之間。

婦女到達更年期停經以後永遠失去生殖能力，但也有婦也因生殖官能障礙、停經前生理週期不規律、高齡產婦曾有多次胎兒子宮內死亡、本人或配偶罹患性病等因素，在停經前即已失去生殖能力。

Bongaarts and Potter(1983: 136) 就 Louis Henri(1965) 之不孕率重新估算，指出從十九歲至五十歲，婦女具有生殖能力的比率分別為

.98, .97, .97, .97, .96, .96, .95, .95, .94, .94, .93,
.92, .91, .90, .89, .87, .85, .82, .79, .76, .72, .68,
.63, .57, .49, .40, .31, .23, .15, .09, .05, .00,

而於十九歲以前則均為 .98。也就說，約有百分之二的婦女終其一生均無生殖的能力，而所有婦女年滿五十歲以後則因停經而失去生殖能力。

以上我們討論直接影響自然生育率的因素，但婦女的實際生育行為除受自然生育率的影響以外，也受生育控制之影響。我們的模擬將生育控制視為終止生育的手段，而不考慮其擴大生育間距的功能，所以我們的模擬婦女均於達成理想子女數以後才實行避孕。根據台灣省家庭計畫研究所第二次婦女生育力調查(KAP - II)的結果，當年(符合我們所選用的死亡水準之時期)台灣地區育齡婦女的理想子女數分配如表一，在討論不同轉型階段各效果之變化時，我們也使用第五

次婦女生育力調查之理想子女數作為比較的依據，該次調查之理想子女數分配亦附於表一，我們在模型中使用這些數據隨機決定婦女的理想子女數。

表一 台灣地區婦女之理想子女數*

理想子女數	第二次生育力調查	第五次生育力調查
不想有子女	0.22%	0.00%
1	0.24	1.07
2	7.19	34.89
3	28.13	45.31
4	46.61	16.80
5	12.51	0.56
6	4.52	0.19
順其自然	0.77	1.18
總 數	4,117	3,743

* 去除未回答問項的樣本婦女後，重新核計比例。

資料來源：台灣省家庭計畫研究所第二次及第五次婦女生育力調查。

婦女達成理想子女數以後開始實行避孕，與表一相同的兩筆調查資料顯示台灣地區實行避孕的婦女所使用之避孕方法以子宮內裝置為最多，各種避孕方法的使用分佈如表二；但是除了結紮 (Sterilization) 以外，其他避孕方法均非百分之百有效。由於避孕方法有效性的評估數據不易取得，也不盡可靠 (Bongaarts and Potter, 1983: 68)

，我們只能依賴國外研究成果的既有數據 (Bongaarts, 1978: 112) 為粗略之估計列入表二。由於避孕之有效性 (e) 係以

$$e = 1 - f(r) / f(n)$$

為估計，其中 $f(n)$ 表示自然生育力， $f(r)$ 則為採用避孕工具後的殘餘生育力，我們在模型中使用

$$f(r) = (1 - e) f(n)$$

為核計殘餘生育力的依據。避孕失敗時有部份婦女採用人工流產的方法來結束懷孕，台灣省家庭計畫研究所第一次人工流產調查資料顯示，達成理想子女數後的懷孕有四成以上 (43.5 %) 係因人工流產而結束。我們的模型使用這個數字為接受人工流產的機率，未實施人工流產者依前述機率決定其懷孕的結果為活產、死產、或自然流產。實施人工流產時的懷孕月數自然也會影響以後的生育行為，根據上述的所第一次人工流產調查，在懷孕一至七個月間接受人工流產的機率分別為 .2024, .6745, .1027, .0149, .0012, .0012, .0012。人工流產的產後不孕期為兩個月，未實施人工流產者依其結束懷孕的方式而有不同的不孕期，回經後則再依不同避孕工具的使用率實行避孕。在我們的模擬分析中，雖然均以影響生育行為因素的機率分配隨機決定婦女在該因素的狀況，但這並不意謂生育過程是完全隨機的，因為發生在前的生育情況對後續的生育行為會產生影響，如結束懷孕方式不同產後不孕期亦長短不一，縱使其他條件相同，產後回經後生育力也因年齡不同而可能有所差異，進而造成生育量的差異。

嬰幼兒死亡率影響生育率的三種效果中，間距效果純為生理效應：授乳中的嬰幼兒死亡使授乳中斷而致產後回經提前，進而縮短生育間距而使生育率上昇，則間距效果主要作用於自然生育率，透過自然生育率而影響生育率。所以我們的第一個模型不考慮生育控制的因素，而將其他直接影響自然生育力的因素數據輸入程式，依據所選定的西方型標準生命表上之存活率，採用二次元內插法 (Quadratic In-

表二 避孕方法的使用率與成功率

避 孕 方 法	第二次生育力 調查之使用率	第五次生育力 ¹ 調查之使用率	成功率 ²
結 紮	18.10	26.15	1.00
子宮內避孕器	55.31	35.06	0.96
避 孕 藥	7.53	8.69	0.98
保 險 套	5.44	11.48	0.91
週 期 法	10.41	15.85	0.82
其 他	3.22	2.77	0.90

1 使用率係指使用該項避孕方法者佔全體使用者的比重。

2 成功率詳見上段文字說明。Bongaarts(1978: 112)

terpolation; 見 Keyfitz, 1977: 224 - 28) 分別計算母親與嬰兒的月份別存活機率，計算在不同死亡水準下的模擬婦女之生育量，以彰顯嬰幼兒死亡率透過授乳作用而影響自然生育率的過程。第一個模型僅止於自然生育率的模擬，模型中的婦女均持續生育至不能生育為止，則縮小生育間距對完成生育率（或量）自然有較大的影響。在實際生育的狀況中，一般婦女則均或多或少採行某種生育控制，以致停止生育的時間早於其喪失生殖能力，使得縮短生育間距所產生的效果較不明顯。我們的第二個模型將生育控制的因素引入，藉以在較為接近現實的條件下，檢討嬰幼兒死亡率對生育率所產生的間距效果。

補償效果係指子女死亡後，父母運用其剩餘的生育力企圖補回喪失的子女數。我們的第三個模型除考慮前一個模型的全部因素以外，更進一步引入婦女的理想子女數，以及隨之而來的所謂「生育理性」。如果婦女在達成理想子女以後仍有繼續生育的能力，而發生子女死亡，除非該婦女以結紮為避孕手段（結紮後不僅以手術回復生殖能力的比

例很低而且成功率亦低，因此我們設定結紮後則永久喪失生殖能力），否則我們的模型讓這個婦女即行停止避孕，依其生育力進入等待受孕的階段，直到補回喪失的子女數後再恢復避孕，若補不足則至其喪失生殖能力為止，是為第三個模型。比較第二與第三個模型的「樣本」平均生育量即為補償效果之檢証。

保險效果係指父母對於子女存活以致成人的機會懷有相當疑懼，乃儘量多事生育以備未來的可能損失。基於對子女死亡之恐懼，婦女可能超額生育，至其子女人數多於理想數以後才考慮避孕，實際子女人數與理想數的差額係因父母對子女死亡的主觀認知而異。我們設定這種主觀認知的分佈為標準差在 0.1 的常態分配 (Normal Distribution)，而其平均值（主觀死亡機率）則為所選用的「客觀」水準，依隨機原理決定模擬婦女對其子女未成年即死亡的機率之主觀判斷。以 w 表示理想子女數， z 表示對子女死亡的機率之主觀判斷，則模擬婦女至少要生育

$$Y = W / (1 - z)$$

個子女後才會考慮避孕。將 y 值引入理性計算的模型，加上第三個模型的全部因素，即為第四個模型，比較第三與第四模型的「樣本」平均生育量即為保險效果之部分檢証。但是對子女死亡的主觀認知應該形成於父母幼時的經驗，而在人口轉型的歷程中父母幼年時的死亡率應高於子女的死亡率，因此在死亡率持續下跌的轉型期中，以客觀的死亡率作為主觀機率的平均值並不適當，我們的第五個模型考慮論死亡率轉型的速度如何透過主觀機率而對生育率產生不同的影響。

討論嬰幼兒死亡率影響生育率的三種效果在不同轉型階段的差異，是本文使用模擬分析的目的之一，若只考慮不同死亡水準下各效果的大小，顯然忽略轉型期中其他因素的變化，在前面的討論中我們已指出，隨著人口轉型子女需求量也逐次縮減，而現代化亦使初婚年齡延後、夫婦採用更有效力的節育工具，因此我們對上述各模型均進

行兩次模擬，第一次模擬使用 1966 年的初婚機率分配，及台灣省家庭計畫研究所第二次生育力調查(1967 年)的理想子女數與避孕方法之分配進行模擬，第二次則以 1980 年的初婚機率分配與第五次生育力調查(1980 年)的理想子女數與避孕方法之分配進行模擬。兩次模擬中各效果的差異即代表不同的兩個轉型階段各效果之變化。

參、模擬分析的結果

我們以第十三死亡水準的西方型標準生命表($e_0 = 50$)上之死亡機率為母親的死亡機率，分別以第三($e_0 = 25$)、第八($e_0 = 37.5$)、第十三($e_0 = 50$)、第十八($e_0 = 62.5$)、第廿三($e_0 = 75$)死亡水準的西方型標準生命表上的死亡機率為子女之死亡機率代入上述的各個模型，在每一模型中分別以上述五種子女死亡機率進行模擬，而每一模擬均使用一萬名婦女。表三不同模型與不同的子女死亡機率水準，列出第一次與第二次模擬中一萬名婦女的平均生育量。表三的各模型中，除第二模型第一次模擬的次高存活水準與該模型第二次模擬最高存活水準外，子女的死亡機率愈高則平均生育量也愈高，暗示嬰幼兒死亡率對生育率的效果存在。而第一次模擬的各模型的平均生育量均高於第二次模擬，則指出「現代化」對生育率下跌的貢獻。

間距效果主要係作用於自然生育率，於實際生育行為中因節育因素的影響而使效果減小。表三兩次模擬的第一模型結果顯示死亡率愈低則平均生育量也愈小，而第二模型之模擬結果雖然大致相同，第一次模擬次高存活水準與第二次模擬最高存活水準卻有平均生育量略升的現象。但這些數值的變化有可能只是「樣本」變異而已，所以我們針對第一及第二模型的各次模擬構造平均生育量差數之檢定，發現子女死亡率下跌所帶來的生育量下降，於第一模型中兩次模擬的結果均遠高於第二模型，而且第二模型中子女死亡率變化所引起的生育量變化均未達 0.01 的統計顯著水準。也就是說，間距效果對自然生育率

表三 各模擬模型的平均生育量

子 女 存活水準	模 型 一	模 型 二	模 型 三	模 型 四
$e_0=25.0$	6.7483 (5.6422)	3.7077 (2.8278)	5.9900 (5.1116)	6.4656 (5.6533)
37.5	6.3743 (5.6339)	3.6979 (2.8251)	5.7147 (4.7286)	6.2219 (5.2150)
50.0	6.2723 (5.5995)	3.6828 (2.8166)	5.3382 (4.2730)	5.7466 (4.5901)
62.5	6.1872 (5.4929)	3.6956 (2.8013)	4.7272 (3.8257)	4.9293 (3.9167)
75.0	6.1477 (5.4648)	3.6770 (2.8059)	4.2245 (3.3385)	4.2031 (3.3581)

表中數值為第一次模擬結果，括弧內數值則為第二次模擬結果。

有較大的影響，加入節育之考慮則使其影響縮小，以致於不顯著的程度，支持文獻上「間距效果對實際生育行為影響不大」的結論。第一模型平均量差數檢定的結果顯示，間距效果主要發生在不普遍實行生育節制的人口，也就是生育率近似於自然生育率的人口。即使在這種生育條件下，子女死亡率也需有相當大幅度的變化才能造成顯著影響，第一模型兩次模擬均指出，子女出生時平均餘命需增加廿五歲以上才能產生平均生育量之顯著下跌。第一模型兩次模擬中，平均生育量降幅最大的是第一次模擬，子女出生時平均餘命從廿五歲提高為七十五歲，平均生育量減少不到三分之一個人，則統計顯著的差數仍然是實質上不重要的差數。

表三顯示第三模型兩次模擬各存活水準的平均生育量均比第二模

型的結果為高，表四分子女存活水準及兩次模擬列出兩個模型的平均生育量差數，以為補償生育之量度。結果顯示在各個子女存活水準上補償效果均有顯著的作用，而且效果的方向與假設相符合，也就是子女死亡率越高則補償生育越多。補償效果在我們的模型計算中，最多能使婦女平均多生育 2.28 個子女（對應於最低的存活水準），最少能使婦女平均多生育 0.53 個子女（對應於最高的存活水準）。

表四 補償生育量數及其分解

e_0	第一次 模擬	第二次 模擬	兩次模 擬差異	初婚率 之差異	避孕方 法差異	理想數 之差異
25.0	2.2823 (61.2444)	2.2838 (63.3383)	0.0015 (0.0790)	-0.4278 (-8.1622)	-0.0294 (-0.5650)	0.4581 (8.9003)
37.5	2.0168 (55.2956)	1.9035 (54.3554)	-0.1133 (-2.2408)	-0.3452 (-6.6753)	-0.0480 (-0.9476)	0.2799 (5.5838)
50.0	1.6554 (46.8659)	1.4564 (44.0623)	-0.1990 (-4.1137)	-0.3274 (-6.6753)	-0.0171 (-0.3545)	0.1455 (3.0597)
62.5	1.0316 (32.2118)	1.0244 (34.1854)	-0.0072 (-0.1642)	-0.1769 (-3.9563)	0.0436 (0.9769)	0.1261 (2.8806)
75.0	0.5475 (20.0778)	0.5326 (20.7857)	-0.0149 (-0.3978)	-0.1473 (-3.8272)	0.0330 (0.8511)	0.0994 (2.6330)

*括號外為第三模型平均生育量減第二模型平均生育量，括號內為t檢定值。

表四分兩次模擬陳列補償生育量，便於比較不同轉型階段的補償生育行爲。前文已指出補償效果一般發生於普遍節育的地區，而理想子女數減少有加強節育動機的作用，則理想子女數愈少產生愈大的補償效果。但是初婚年齡的後延卻迫使婦女在生育力較差的年齡行使補償生育，乃有壓抑補償效果的作用。換句話說，如果理想子女數減少及初婚年齡後延都是「現代化」不可避免的結果，則「現代化」對補償效果的影響乃是利弊互見，正反兩面都有的。我們的第一次模擬使用 1966 年的初婚函數及 1967 年的理想子女數與避孕方法分佈，代表人口轉型的較前期階段；第二次模擬採用 1980 年的相關函數資料，代表人口轉型的較後期階段。爲了釐清補償效果在不同轉型階段的變化，我們進一步使用 1980 年的初婚函數配合 1967 年的理想子女數與避孕方法分佈，在模型內計算初婚年齡後延對補償生育的影響，也使用 1980 年的理想子女數及避孕方法分佈配合 1966 年的初婚函數，計算理想子女數減少及避孕方法改變的影響，結果顯示初婚年齡後延確有抑制補償效果的作用，理想子女數減少也有增強補償效果的作用，而避孕方法改變則無顯著作用。

上述第三模型加上對子女死亡率的主觀判斷即爲第四模型，而於模型計算時我們係使用客觀機率爲主觀機率的平均數，進一步加入亂數爲每一「樣本」婦女的主觀子女死亡率。表三指出第四模型的平均生育量一致大於第三模型，顯示保險效果之運作。表五分兩次模擬列出第四與第三模型的平均生育量差數，以爲保險生育之量度，顯示對子女死亡率的主觀判斷除於最高子女存活水準時不產生顯著差別外，在其他子女存活水準上確有使婦女多事生育以備未來損失的作用。於死亡率轉型的過程中，保險生育量數展現下跌的趨勢，從最高死亡率時平均多生育 0.5 個子女以致於最低死亡率時不發生顯著作用。表五又顯示兩次模擬的差異都很小而且不顯著，可見得保險效果主要係肇因於對子女死亡的恐懼，與所謂的「現代化」並不相干。爲檢測主客

表五 保險生育之量數

客觀子女 存活水準	第一次模擬	第二次模擬	兩次模擬差異
$e_o = 25.0$	0.4756 (10.0089)	0.5417 (11.6023)	0.0661 (0.9922)
37.5	0.5072 (10.9390)	0.4864 (10.7733)	-0.0208 (-0.3214)
50.0	0.4084 (9.1223)	0.3171 (7.4690)	-0.0913 (-1.4798)
62.5	0.2021 (5.0860)	0.0910 (2.4399)	-0.1111 (-2.0386)
75.0	-0.0214 (-0.6878)	0.0196 (0.6600)	0.0410 (0.9532)

括號內為t檢定值。

觀死亡率的差別，同時瞭解人口轉型對保險生育行為的影響，我們進一步使用「樣本」母親所適用的存活水準 ($e_o = 50$) 代入模型，換算為主觀的子女存活水準，果然產生顯著的差別。於第一次模擬當客觀存活水準為 $e_o = 62.5$ 時保險效果使婦女多生育 0.44 個子女，當客觀水準為 $e_o = 75$ 時多生育 0.41 個子女，比表五結果多出兩倍有餘；於第二次模擬則保險生育量雖然縮減為 0.27 及 0.24，仍然是表五數值兩倍有餘。

肆、結 論

嬰幼兒死亡率的下降被視為生育率下降的重要因素之一，而嬰幼兒死亡率對生育率的影響並非立即且直接的，而是需要經過「間距效

果」、「補償效果」、及「保險效果」等轉換程序才能產生影響。本文以蒙地卡羅模擬的方法，企圖檢討此三效果，並討論此三效果在不同人口轉型階段的變化，模擬分析的結果指出，間距效果主要作用於自然生育率，而對實際的生育率並無顯著影響，當實際的生育率愈接近自然生育率時，間距效果的影響愈大，所以間距效果只可能在轉型的初期有明顯的影響。補償效果遠大於保險效果。補償效果發生一般於普遍節育的地區，於轉型過程中補償效果的變化顯得相當複雜，一方面初婚年齡的延後使補償效果縮小，另一方面理想子女數的下降卻使補償效果擴大。保險效果係因對子女死亡的主觀恐懼而導致多生育的後果，所以死亡率愈高則保險效果愈大，死亡率轉型愈快保險效果也愈大。在人口轉型的初期，保險效果可能很大而間距效果亦能發生影響，在轉型的歷程中，間距效果逐漸衰退，保險效果也逐漸減弱，但節育措施趨向普遍使補償效果更為彰顯，至轉型末期則嬰幼兒死亡率對生育率的影響以補償效果為主。

參考資料

孫得雄

- 1973 「台灣地區家庭計劃工作效果之研究—對生育率之影響」，中央研究院經濟研究所經濟論文期刊，(2): 85 - 145。

陳寬政

- 1982 「社會學理論與研究的形式關係」，社會學理論與方法研討會論文集，頁 173 - 98。台北：中央研究院民族學研究所。

李美玲

- 1986 「台灣女性初婚的年齡過程」，未發表的研究報告。

陳寬政、王德睦與陳文玲

- 1986 「台灣地區人口變遷的原因與結果」，台大人口學刊，9:1 - 23。

- 1979 Nuptiality Transition: Population and Economic Cycles. Ph. D. Dissertation. Department of Sociology, University of Wisconsin—Madison.

Chi, Li (齊力)

- 1986 "Use—Effectiveness of Oral Pill, Loop, Cu T and Multiload in Taiwan Area," pp.144—174 in the *Proceedings of Conference on Comparative Study of Fertility Control Experiences in Republic of Korea and Republic of China*. Taichung: Chinese Center for International Training in Family Planning.

Coale, Ansley J.

- 1971 "Age Pattern of Marriage," *Population Studies*, 25: 193—214.
1973 "The Demographic Transition:" 53—72 in *Proceedings of the International Population Conference*, Bucharest. Liege: IUSSP.

Coale, Ansley and Paul Demeny

- 1966 *Regional Model Life Tables and Stable Populations*. Princeton: Princeton University Press.

Davis, Kingsley

- 1963 "The Theory of Change and Response in Modern Demographic History" *Population Index*, 29: 345—366.
1967 "Population Policy; Will Current Programs Succeed?" *Science*, (November) : 730—39.

Easterlin, Richard A.

- 1978 "The Economics and Sociology of Fertility: a Synthesis," pp.57—133 in Charles Tilly(ed.), *Historical Studies of Changing Fertility*. Princeton: Princeton University Press.

Heer, David M.

- 1983 "Infant and Child Mortality and The Demand for Children,"

Bongaarts, John

1977 A Dynamic Model of Reproductive Process, *Population Studies*, 30(3): 59–73.

1978 “A Framework for Analyzing the Proximate Determinants of Fertility,” *Population and Development Review*, 4: 105–132.

Bongaarts, John and Robert G. Potter

1983 *Fertility, Biology, and Behavior: An Analysis of the Proximate Determinants*. New York: Academic Press.

Becker, Gary S.

1960 “An Economic Analysis of Fertility,” pp.209–213 in *Demographic and Economic Changes in Developing Countries*, NBER Conference Series 11. Princeton; Princeton University Press.

Ben-porath, Yoram

1978 “Fertility Response to Child Mortality: Microdata from Israel,” pp.161–180 in Samuel H. Preston(ed.), *The Effects of Infant and Child Mortality on Fertility*. New York: Academic Press.

Brass, W. and J. C. Barrett

1978 “Measurement Problems in the Analysis of Linkages between Fertility and Child Mortality,” pp.209–233 in Samuel H. Preston(ed.), *The Effects of Infant and Child Mortality on Fertility*. New York: Academic Press.

Caldwell, John C.

1976 “Toward a Restatement of Demographic Transition,” *Population and Development Review*, 2(September/December): 321–366.

Chen, Kuanjeng (陳寬政)

1973 *The Fertility Decline in Germany*. Princeton: Princeton University Press.

1986 "Demographic Transitions in German Villages," pp.337-389 in Ansley J. Coale and Susan C. Watkins(eds.), *The Decline of Fertility in Europe*. Princeton: Princeton University Press.

Millman, Sara

1985 "Breastfeeding and Contraception; Why the Inverse Association?" *Studies in Family Planning*, 16(March/April): 61-75.

Mirzaee, Mohammed

1979 "Trends and Determinants of Mortality in Taiwan, 1895-1973." Ph. D. Dissertation. Center for Population Studies, University of Pennsylvania.

Notestein, Frank W.

1945 "Population: the Long View," pp.36-57 in Theodore W. Schultz (ed.), *Food for the World*. Chicago: University of Chicago Press.

Potter, R. G. and F. E. Kobrin

1981 "Distributions of Amenorrhea and Anovulation," *Population Studies*, 35: 85-99.

Preston, Samuel H.(ed.)

1978 *The Effects of Infant and Child Mortality on Fertility*. New York: Academic Press.

Preston, Samuel H.

1978a "Introduction," pp.1-18 in Samuel H. Preston(ed.), *The Effects of Infant and Child Mortality on Fertility*. New York: Academic Press.

pp.369—387 in Rodolfo A.Bulatao and Ronald D. Lee(eds.),
Determinants of Fertility in Developing Countries. Vol.1. *The
Supply and Demand for Children*. New York: Academic Press.

Heer, David M. and Hsin—ying Wu (吳新英)

1978 “Effects in Rural Taiwan and urban Morocco: combining
Individual and Aggregate Data,” pp.135—159 in Samuel H.
Preston(ed.), *The Effects of Infant and Child Mortality on
Fertility*. New York: Academic Press.

Henri,Louis

1965 “French Statistical Research in Natural Fertility,” pp.333—350
in M. C. Sheps and J. C. Ridley(ed.), *Public Health and
Population Change*. Pittsburgh: University of Pittsburgh Press.

Hernes, G.

1972 “The process of entry first marriage,” *American Sociological
Review*, 37: 173—182.

Jain, Anrudh K.

1969 “Fecundability and Its Relation to Age in a Sample of
Taiwanese Women,” *Population Studies*, 23(1): 69—85.

Jain, Anrudh K., Albert Hermalin,and Te—hsiung Sun

1979 “Lactation and natural fertility,” pp.151—193 in H. Leriden
and J. Menken(eds.), *Natural Fertility*. Paris: IUSSP.

Keyfitz, Nathan

1977 *Applied Mathematic Demograph*. New York: John Wiley and
Sons ,Inc.

Knodel, John

1968 “Infant Mortality and Fertility in Three Bavarian Villages,”
Population Studies, 22: 297—318.

Rutstein, Shea O.

- 1974 "The Influence of Child Mortality on Fertility in Taiwan,"
Studies in Family Planning, 5(June) : 182-188.

Sheps, Mindel C. and Jane A. Menken

- 1973 *Mathematical Models of Conception and Birth*. Chicago. The
University of Chicago Press.

Taylor, Carl E., Jeanne S. Newman and Narindar U. Kelly

- 1976 "The Child Survival hypothesis," *Population Studies*, 30(July)
: 263-278.

Tu, Jowching (涂肇慶)

- 1985 "On Long-term Mortality Trends in Taiwan, 1906-
1980," *Chinese Journal of Sociology*, : 145-164.

van de Walle, Etienne

- 1978 "Alone in Europe: the French Fertility Decline until 1850,"
pp.257-288 in Charles Tilly(ed.), *Historical Studies of Chang-
ing Fertility*. Princeton: Princeton University Press.

Willigan, J. D., G. P. Mineau, D. L. Anderton and L. L. Bean

- 1982 "A Microsimulation Approach to the Investigation of Natural
Fertility," *Demography*, 19(2): 161-196.

Comparing the Effects of Infant and Child Mortality on Fertility:

Mortality on Fertility:

A Microsimulation

Temu Wang

Abstract

This paper reports the results of a microsimulation aimed at comparing the “interval”, “replacement”, and “insurance” effects of infant and child mortality on fertility. Under the circumstances of both limited and widespread adoption of fertility regulation, the “interval” effect is found statistically insignificant, the “insurance” effect significant but relatively small, the “replacement” effect significant and substantial. Further analysis of “replacement” effect shows that delayed marriage coupled with smaller desired number of children in a modern setting can counter-balance each other to produce insignificant change to the size of effect.