

## 人口轉型的形式動態\*

陳寬政\*\*

在一篇檢討人類人口成長史的論文中，Ansley Coale (1974) 指出在人類歷史上距今約兩百年以前，世界人口幾乎是長期維持在一個固定而且接近於零成長 (Zero Population Growth) 的水平上，主要係因高出生率與高死亡率互相抵消所致；但是自十八世紀中期開始，由於死亡率下跌而造成 1750 年以來的快速人口成長，產生了人口轉型 (Population Transition)<sup>(1)</sup> 的現象，則人類歷史上的人口成長可以 1750 年為分界點，畫分為截然不同的兩個時期。在農業耕作發展為主要的生活依據以前，人類過著游牧狩獵的生活，人口數量幾乎是固定不變的，年成長率約為每百萬人口中增加 15 人。農業耕作於紀元前 8000 年開始發展以後人口成長略有加速，由八百萬人口增加到紀元元年時估計有三億人口，換算年成長率為每百萬人增加 360 人，或 0.36%；自紀元元年至公元 1750 年，人口量從三億人增加為八億人，年成長率為千分之 0.56。但自從 1750 年以後，世界人口快速成長而成長率更是戲劇性地增高，1750 年至 1800 年間平均成長率為 4.4%，使得人口於五十年內增加到十億人；1850 年至 1900 年間，平均年成長率更增高為千分之 5.30 左右。Coale (1974:43) 進一步引用聯合國的資料指出，廿世紀的前半部平均年成長率為 7.9%，而 1950 年至 1974 年間則平均年成長率為 17.1%，幾為廿世紀前半期的兩倍之多；同時，聯合國的資料也預估人類人口於公元 2000 年時將達 64 億之譜，則 1975 年至 2000 年間預估的平均年成長率為 19% 上下。

顯然，人類人口的顯著成長發生在 1750 年死亡率開始大幅下跌以後，而死亡率下跌則引發了出生率之跟隨下跌，以致於人口自高出生率與高死亡率的均衡而轉型，趨向於低出生率與低死亡率的均衡，其間因死亡率先行下跌而產生大幅度的人口成長。雖然學者對於出生率下跌的原因與時機仍有許多的爭論 (Davis 1967, Coale 1973, Leibenstein 1975, Caldwell 1976, Demeny 1979, Easterlin 1978)，出生率跟隨在死亡率之後下跌乃是一項普遍被接受的「事實」，所以 Coale (1974:48) 認為「死亡率之下跌幾乎在每一個地方 (或

\* 本文係作者於東海大學社會學研究所講授「人口學理論」所使用的講稿之一部份，經修改完成。「教學相長」乃作者不敢或忘的原則，文中或包含有學生的意見與貢獻，特此聲明感謝研究生王德睦、陳宇嘉、李美玲、陳文玲、齊力、及張維華之參與討論。

\*\* 中央研究院三民主義研究所研究員

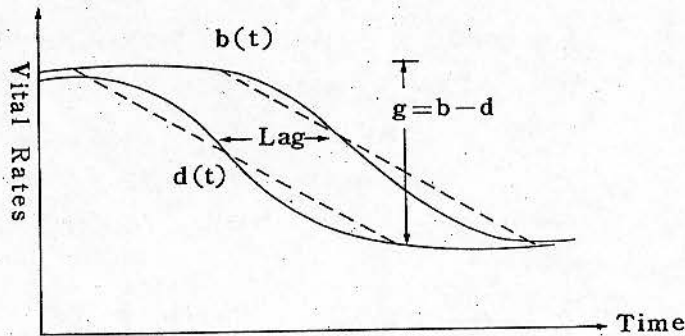
人口)都發生於出生率下跌之前,而且早了好多年」。如果把世界人口畫分為已開發國家的人口及開發中國家的人口兩個部份,上述的人口轉型在這兩個群體中雖然展現相同的基本模式,轉型的時間、速度、與幅度卻有很大的不同。一般而言,已開發國家的死亡率下跌發生在18世紀末期與19世紀初期,開發中國家的死亡率下跌則發生在廿世紀初期與中期以後;出生率之下跌在已開發國家大都發生在19世紀末期及20世紀初期,在開發中國家則於1960年以後逐漸成為普遍的趨勢,在1970年以後更因為中國大陸、印度、及印尼的出生率顯著下跌而使世界的人口成長趨向和緩,漸進於人口轉型之完成<sup>(2)</sup>。上述一般狀況之比較指出,開發中國家的人口轉型在發生時間上較為晚近,轉型的速度較快而且所產生的人口成長幅度較大。

由於疫病控制與公共衛生制度係十八世紀末期及十九世紀初期在歐美大西洋岸逐漸產生的技術,已開發國家的死亡率下跌乃長期而緩慢發展的結果;開發中國家則於廿世紀初期(尤其是二次戰後)直接自已開發國家引進這些技術,所以其死亡率下跌顯得較為迅速而幅度也較大(Coale 1974: 51)。但死亡率下跌乃人口轉型的理論與說明中較不成為問題的部份,人口學者對於人口轉型「理論」的主要爭論為出生率下跌的原因與時機。出生率之下跌似與歐美已開發國家的某些特性有關,例如英國的出生率下跌是發生在人口已經高度集中於都市,農業耕作成為少數人的生產活動而且教育已經普及以後,所以學者(Notestein 1945, 1953, Davis 1963, Davis and Blake 1956)主張都市化、教育發展、與產業轉型(合稱現代化)為出生率下跌的條件,是為人口轉型的理論。但進一步的研究卻指出,出生率之下跌也可能發生在教育文化程度偏低,主要經濟活動仍為農業生產而死亡率維持在中等水準的地區,如1850年以前的法國南部省份(Coale 1973, 1974)。顯然已開發國家的歷史經驗不足以對人口轉型的理論提供適當而充分的支持,則學者對於開發中國家人口轉型之趨向完成,一般係採取「人口成長率終於會因出生率之下跌而迫近零點」的暫試性觀點(Coale 1974, Freedman and Berelson 1974),而無理論上或經驗上的確定證據。本文企圖重新檢討人口轉型的理論,針對其缺失提出修正性的概念與模型設計,引用若干新證據來支持人口轉型的動態模型。

## 一、人口轉型的理論

所謂「人口轉型」,指的是人口自高出生率與高死亡率的均衡靜止狀態移轉至低出生率與低死亡率的均衡靜止狀態,轉型的過程中因死亡率先於出生率下降而產生了人口成長如圖一所示;人口轉型理論的創始人Frank Notestein (1945)指出,過去兩百年間歐美各國的人口變遷係自高出生率及高死亡率,經過高出生率及低死亡率的過渡階段,而至於低出生率

圖一 理念化的人口轉型

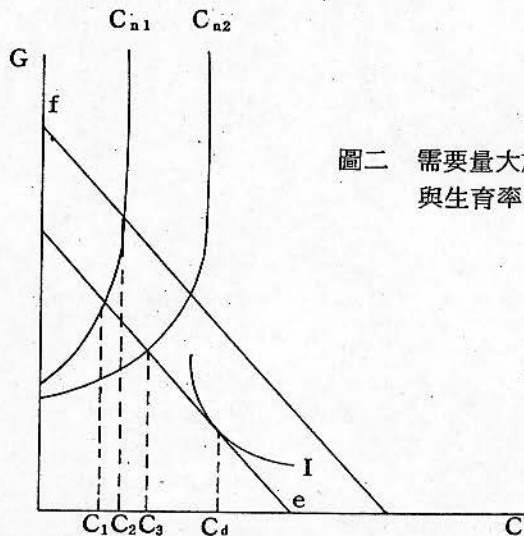


與低死亡率的近似靜態人口，將人口轉型建立為人口史上的基本事實或現象<sup>(3)</sup>。雖然學者對於死亡率下跌的原因與時機也不是完全沒有爭議（Coale 1974: 48-9），但均承認農業技術與醫藥衛生的進步改變了人類的生活條件與健康，促成了死亡率（尤其是嬰幼兒的死亡率）之下跌，但出生率之下降顯然較為遲緩而且莫衷一是；用Notestein（1953: 25）的話來說，「由於人類渴求身體健康，死亡率能因應外來的影響而迅速下跌，但出生率之下降卻必需等待傳統（而且傾向高生育率）的社會經濟制度之逐漸崩解，與新的家庭規模理念之興起」。Notestein（1945, 1953）認為在早期的傳統社會中，人們為了種族繁衍而必需在宗教、婚姻、與家庭習俗中提倡高生育率，才能彌補高死亡率所造成的人口損失；但在死亡率大幅下跌以後，原有的這些對於高生育率的鼓勵與規約就不再需要了，而於現代化過程中興起的個人主義乃成為破壞這些規約習俗的主要力量。在早期家戶單位自給自足的經濟體制中，家庭是個人生活與安全的保障，個人的成就在其出生時就因家庭而確定，同時死亡率高表示壽命短，迫使個人必需較早投入家庭的生產活動，則婦女的主要經濟功能就是養育子女提供勞動力；換句話說，由於外在的成就機會少而死亡率高，傳統社會較為重視小孩的經濟價值。

但是，十八世紀以來的產業轉型改變了上述的社會經濟條件，經濟生產逐漸脫離家庭的範疇，使得家庭外的成就機會大為增加，而死亡率的適時下跌則使傳統的生育態度與規範有了改變的可能。基本上，人口轉型理論對於出生率下跌的說明是從個人的態度、信仰、及經濟理性來著手的，主張家庭的組織與功能因現代化而改變，乃有經濟理性之產生，使得個別的家庭能透過理性運作而衡量子女的效用與成本，在擴大家戶生產的條件下決定生育子女數。Caldwell（1976）對於人口轉型理論的主張及批評加以檢討，指出無論在何種發展階段或社會中，生育的行為都是理性的行為，而生育率高低只是個人或家庭就經濟利益加以考量後的行為結果。但是，所謂的經濟理性是由代間財富流動（Intergenerational Wealth

Flows) 的社會條件所決定；在「養兒防老」的社會中，代間的財富流動使父母受益，所以有較高的生育率；在「現代化」的社會中，由於小家庭「主義」(Nucleation)之興起，使子女的生產功能消退，以致於有較低的生育率。顯然 Caldwell (1976) 之重述 (Restatement) 人口轉型理論，已經擺脫了其創始人所賦與的結構主義 (Structuralism) 色彩 (Notestein 1953, Davis 1963)，而突出「經濟理性」在個人或家庭生育行為中所扮演的角色，但由於其敘述止於概念與辭語設計，未能進一步做模型設定的工作，於經濟理性對生育率的影響過程並無深入的發明，不足以說明現代化與出生率下跌間的關聯，更不足以協調其間的局部矛盾現象<sup>(4)</sup>。事實上，人口史的研究已經指出生育率之決定既是結構性的，也是行為性的，而第一位嘗試就這兩種性質設定模型加以綜合的人口學者當推 Richard Easterlin (1978)。

Easterlin 顯然相信社會學的觀點是結構性的，而經濟學的觀點則是行為性的，所以他 (Easterlin 1969) 在早期一篇有關「生育率的社會經濟理論」的論文中，一開始就引用 James Duessenberry (1960) 的話，「經濟學研究人如何做抉擇，而社會學則研究人為什麼無所抉擇」，印證其生育率理論 (Easterlin 1978) 為社會學與經濟學理論的「綜合」。據 Easterlin (1978) 的分析，生育率係決定於個人或個別家庭的子女需要量、供給量、與預算限制間之均衡；需要量為  $C_d$ ，表示父母所希望擁有的存活 (或成年) 子女數；供給量為  $C_n$ ，表示在沒有理性節制 (或有意控制) 情況下所生育而存活的子女數；預算限制為  $y = P_g G + P_c C$ ， $G$  表示父母的生活水準， $C$  表示實際所擁有而存活的子女數，則  $P_g$  為一般消費品的單位價格，而  $P_c$  為子女的單位生活費用。Easterlin (1978) 使用圖二來說明傳統



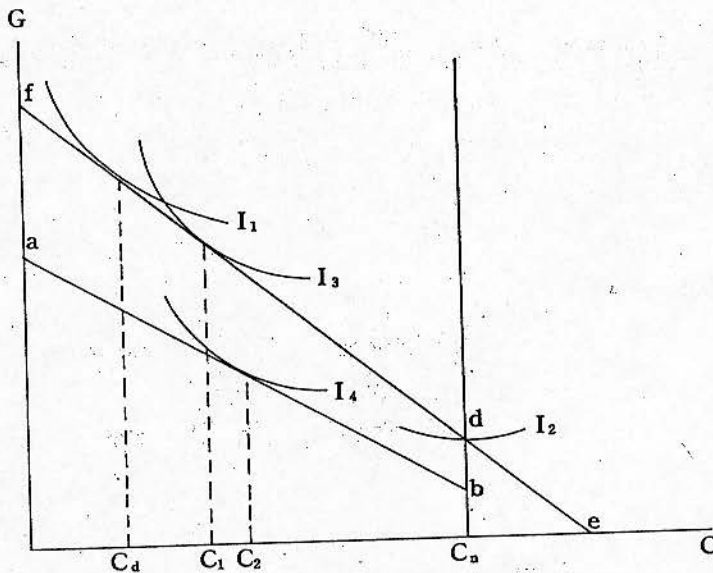
圖二 需要量大於供給量時的所得與生育率\*

\* 取自 Easterlin 1978:103, 略加修改。

社會中的生育行為，指出  $C_n = sN$  係因結構條件而定， $N$  表示在既定文化與社會規約下的「自然」生育率， $s$  為存活率。但  $C_n$  亦因父母的生活水準而略有變化，圖二設定當父母的生活條件低於某一最低水準時， $C_n$  曲線彎向零點，此種狀況之發生有嬰幼兒死亡率因母子營養不良而上昇，或性慾因饑餓而降低等。至於一向為經濟學分析重點的子女需要量  $C_d$ ，係因效用函數  $u = f(G, C)$  及預算限制而定，圖二以  $ef$  直線表示預算限制而  $I$  曲線則表示個人或個別家庭的偏好組合，兩者的切點可以決定父母所希望擁有的存活子女數。由於死亡率太高或「自然」生育率太低以致  $C_n < C_d$ ，傳統社會中的實際生育率完全因結構條件而定，無所謂生育率的理性抉擇或節制；當所得增加而  $C_n$  不變時，實際生育率自  $C_1$  移向  $C_2$ ，或是當死亡率降低而所得不變時，實際生育率自  $C_1$  移向  $C_3$ ，兩種情況都能說明「多子多孫多福氣」的傳統見解。

接著，Easterlin (1978:104-20) 應用  $C_n$  及  $C_d$  的概念及其綜合模型來說明現代化與出生率下跌間的關聯，進一步闡述人口轉型的理論。雖然人口轉型係因死亡率下跌而發生，但無論是 Notestein 的理論原型或 Caldwell 之重述，似均未能如 Easterlin 般將死亡率之下跌視為引發人口轉型的主要因素。顯然死亡率的穩定下跌迫使圖二的  $C_n$  曲線繼續向右移動，而終於造成供給量大於需要量 ( $C_n > C_d$ ) 的情況，引發了節制生育的動機；當節制生育的成本為零時，實際擁有的存活子女數  $C = C_d$ ，為圖三  $I_1$  無異曲線與預算限制線  $ef$  的切點所

圖三 供給量大於需要量時的所得與生育率\*



\* 取自 Easterlin 1978:81，略加修改。

決定的子女數；當節制生育的成本大到無法接受的程度時，無異曲線平移為  $I_2$  與供給量  $C_n$  的交點為  $d$ ，令  $C=C_n$ 。但事實上節制生育的成本既不可能為零，也不可能大到無法接受的程度，則實際擁有的子女數需視新的預算限制  $y=P_g G+P_c C+P_b (C_n - C) + P_i$  而定； $P_i$  為節制生育的固定成本，表現於圖三等於所得相對減少  $P_i$  個單位，使  $ef$  預算線向下平移而與  $C_n$  交於  $b$  點； $P_b$  為節制生育變動成本的單價，使新的預算線自  $b$  點開始向零點移動，與縱軸交會於  $a$  點，所以適用節制生育時的新預算線為  $abd$  線。但無論是  $P_i$  或  $P_b$ ，都只是客觀的市場價格，並未包括因結構條件而發生的主觀成本，所以 Easterlin (1978:82-3) 主張使用無異曲線的斜率變化來表示節育的主觀成本。如果不考慮市場價格  $P_i$  及  $P_b$ ，無異曲線因節育的主觀成本自  $I_1$  改變斜率而為  $I_3$ ，決定了實際擁有的存活子女數為  $C_1$ ；如果同時考慮主觀與客觀的節育成本， $I_3$  平移為  $I_4$  而與  $abd$  相切，則實際擁有的存活子女數為  $C_2$ 。

事實上，我們可以不假定  $C_n$  因現代化而有任何變化，僅需  $C_n$  因死亡率下跌而有增漲就足以說明人口轉型的現象。也就是說，出生率於人口轉型的初期維持不變而死亡率穩定下跌，使子女的供給量  $C_n$  因之而迅速上漲；如果子女的需求量  $C_d$  維持不變且於  $C_n$  超過  $C_d$  以後，死亡率之持續下跌使節育的壓力  $(C_n - C_d)$  日益擴大；由於節育的成本不是大到無法接受的程度，出生率乃因節制生育漸趨普遍而開始下跌。但除了死亡率下跌以外，現代化的其他層面如教育發展及產業轉型等，也可能有助於出生率之下跌。首先，Easterlin (1978:111) 認為教育與傳播制度之興起可能有助於節育成本之降低，當然晚近興起的「家庭計畫」更能直接減少節制生育的主觀成本，使節育的成效  $(C_n - C)$  能更為彰顯。其次，Easterlin (1978:108-18) 認為教育制度興起與經濟發展改變了子女的需求量  $C_d$ ，一方面因教育制度興起使子女的「品質」逐漸取代「數量」而為個別家庭從事生育抉擇時的主要考慮因素，改變了效用函數  $u=f(G, C)$  的組成；另一方面則經濟發展使子女的「價格」相對高於一般消費品的價格，改變了預算限制  $y=P_g G+P_c C$  的組成；兩項變遷均可能促使個別家庭傾向於提高一般性的生活水準，而減少希望擁有的存活子女數  $C_d$ 。但是，使用經濟學的需要模型來說明所得與生育率間的關係時，最大的問題在於子女應視為何種「財貨」的問題。如果子女相對於一般消費財為一種「劣勢財」，則經濟發展與出生率下跌間的反向關係可因所得成長的替代效果而取得說明，上述的子女「品質」才能有適切的理論意義；另一方面，人口轉型的理論顯然指出，在傳統社會中子女是被視為「生產財」的，則上述將子女視為「消費財」的經濟學分析使用了不當的模型。所以，Harvey Leibenstein (1975) 主張揚棄需要模型的分析，代之以「地位財」與「普通財」的分析。

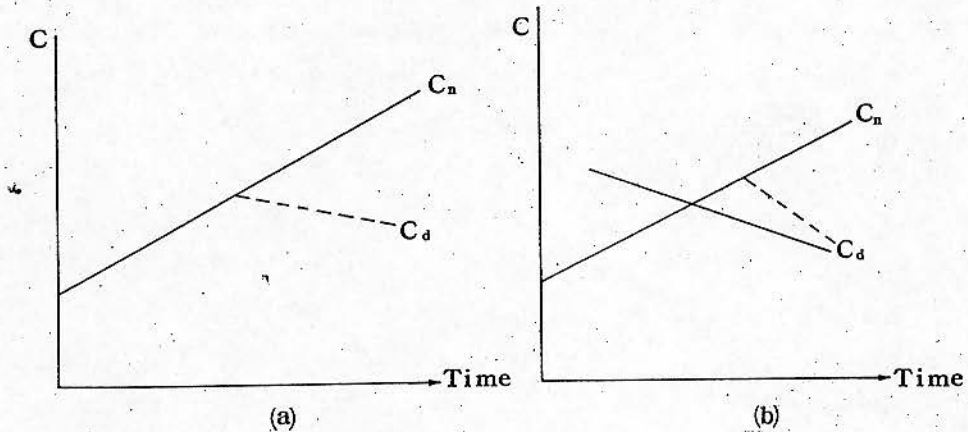
Leibenstein (1975) 認為子女只是家戶的成員而不是任何「財貨」，而且消費財可畫分為邊際效用遞增的地位財 (Status Goods) 與邊際效用遞減的普通財 (Ordinary Goods) 兩種，則若高所得與低所得的家戶在養育子女的費用上採取相同的原則，也就是每單位所

得中平均分配給每個子女的費用是固定的，則因高所得的家戶為維繫其地位識別（Status Identity 或 Status Visibility）而投入較大比例的所得於地位財之消費，其子女人數必需相對減少才能保持固定的養育費用比值。這個理論不但能說明一個橫斷面上的所得與生育率間的反關係，也能說明經濟發展促成出生率下跌的作用過程。根據 Leibenstein (1975:4-7) 的主張，經濟發展帶來所得的再分配，使高所得家庭的地位識別因低所得家庭的所得增加而受到威脅；由於低所得家庭逐漸投入較大比例的所得於地位財之消費，迫使高所得家庭改變其消費型態而以更大比例的所得從事地位消費，競相爭逐的結果乃使養育子女費用的分攤比相對減少而迫使生育率下跌。雖然 Leibenstein 的理論解決了子女「品質」的問題而成功地避免了子女效用的討論，其理論分析仍然不能脫離經濟學分析著重需要面的特性，而未能就子女供給量  $C_n$  有所涉入，相對於 Easterlin 的綜合模型只是對人口轉型的一個片面說明。Easterlin (1978:118-20) 似乎認為在人口史上的人口轉型因時地不同而展現相當的變異性，其綜合模型中所有決定子女供給量與需要量的因素也不可能同時發生作用，需視歷史條件的不同而有個別差異，則任何對人口轉型的理論「說明」都只能是片面性的說明，我們所需要的只是一個足夠廣含而且富有彈性，能因應個別狀況的分析性架構。

## 二、人口量與成長率

人口轉型的理論經過一再的檢討與修飾，雖然學者指出人口轉型與現代化之間並無必然的關聯，但人口轉型本身視為人口（出生與死亡率）的變化模式則為確立不移的經驗通則（Coale 1973），所以本文強調「人口轉型」為現象或事實，而有關人口轉型的說明性或分析性模型為理論，兩者不應互為混淆。從上述的理論檢討中我們應能發現，結構觀點所提出的供給面分析似可稱為人口轉型理論的「弱式」模型（The Weak Case），而行為觀點提出的需要面分析則為「強式」模型（The Strong Case）；前者不必假定子女需要量  $C_d$  的變化，僅需人口轉型期間的死亡率持續下跌令  $C_n$  大於  $C_d$  就足以引起出生率之下跌，而後者卻必需假定一組複雜的社會經濟變遷，才能引起子女「價格」或「品質」的變遷，而致於子女需求量的下跌。圖四將人口轉型與現代化間的伴隨關係（Association）標示在時間軸上，四(a)表示當子女需求量  $C_d$  不變時，供給量  $C_n$  因死亡率下跌而持續上漲，在  $C_n$  超過  $C_d$  以後抵達某一個變化閾（Threshold）時，節制生育的成本或因難相對低於不需要的生育（Unwanted Fertility）所產生的負擔，實際的生育率乃偏離  $C_n$  而趨向固定的需求量  $C_d$ ，表現在總體人口上為出生率之下跌；四(b)表示在  $C_n$  上漲的同時， $C_d$  於經過一段適應的時間後因現代化所帶來的社會經濟變遷而下跌，同樣地  $C_n$  與  $C_d$  的差距超過變化閾以後開始有生育率的下跌，表現為人口出生率之下跌。當其他條件均相同時，四(b)所顯現的生育率下跌幅

圖四 人口轉型與子女需求量\*



\* 取自 Easterlin 1978:108，略加修改。

度與速度均大於四(a)，當然也需要更多的歷史與經驗證據來「充實」這樣的一個分析架構。

然而如 Coale (1973,1974)的檢討所指出者，歐洲各國人口轉型期間的社會經濟狀態實在有很大的變異性，難以做為人口轉型強式模型的支持性證據 (Coale 1973:55)，而在現代開發中國家的出生率顯著下跌則似限於受到中國文化所影響的區域<sup>(5)</sup>，與文化的關聯似乎遠大於與社會經濟變遷的關聯 (Coale 1973:70)，暗示著結構條件的重要性。又據 van de Walle (1978)適用 Easterlin 的綜合模型於十九世紀初期法國出生率下跌之研究，發現在 1800 年至 1850 年間法國各省的出生率與死亡率間有最强的相關，與所得水準或有相關，與都市化及工業化則無明顯的關聯。van de Walle (1978:287)指出，如果勉強要給出生率之下跌找個「說明」，則死亡率之下跌是主要因素，雖然因資料所限而未能區分出口口轉型理論所強調的先後秩序關係。另外，Knodel and van de Walle (1967)研究德國南部三省 (Bavaria, Baden, and Hasen) 於十九世紀末期的出生率，也發現嬰兒死亡率與出生率間存在有强烈的相關，進而主張區域間的出生率差異需由死亡率之變異來加以說明。雖然在 Knodel (1973)完成了對德國死亡率的系統性分析以後，Coale (1973:60-1)及 van de Walle (1978:278)均對死亡率下跌引發出生率下跌的主張存有疑問<sup>(6)</sup>，但 Coale (1974:48)又指出在歐洲人口轉型期間如非死亡率先於出生率而下跌，歐洲的人口不可能於十九世紀初期開始有高速的成長，所以他認為死亡率之下跌幾乎都是發生在出生率下跌之前。相對而言，上述歷史經驗的研究似與人口轉型的弱式模型較能互為印證，對於強式模型則無所助益，所以本文所提出的形式動態採取供給面分析的策略，強調出生率下跌的結構條件，而不涉及社會經濟結構變遷與生育行為間的關聯。



如果我們接受轉型理論的弱式模型，則理論的敘述限於人口成長的組成元素（出生與死亡率）的相對變化，不再涉及社會經濟體系的變遷，可能有利於對人口轉型的形式動態（Formal Dynamics）之進一步澄清，所以Norman Ryder（1983）主張在實質理論（Substantive Theory）之外發展人口成長的形式理論（Formal Theory）。所謂人口成長的形式理論，係就出生率與死亡率的定義式加以分析，對其組成份子（Components）的變化之相互關係提出說明；例如人口轉型不只涉及出生與死亡率，而且涉及人口的年齡組成，人口的年齡組成又會影響出生率與死亡率的變化，所以一個完整的轉型理論應該包括有處理人口形式動態的部門。Ryder（1983:4）認為人口轉型的理論未能關聯人口年齡組成之變遷為一大缺憾，以致於粗率（Crude Rates）與標準率（Standardized Rates）並用於文獻中而無所辨別，如van de Walle（1978:279）就是以出生時平均餘命與粗出生率（及其變形）之相關來檢討法國的人口轉型。顯然早期的文獻均就粗率的變化來定義人口轉型，而晚期有關子女需要量之討論則均以標準化的出生率或生育率為主，這種概念混淆的狀況明顯可見於以上的理論敘述中。由於粗率與標準率混用，多數學者均疏於注意到轉型初期嬰幼兒死亡率之下跌改變了年齡組成，以致於粗出生率因之而下落的可能性；也疏於注意到轉型末期的人口年齡組成趨向老化，以致於粗死亡率因之而上漲的可能性，好果包括了年齡組成之變遷，則法國的出生率（與死亡率同時）下跌似可分解為(1)初期的年齡組成效應，及(2)稍後的生育率下跌兩個不同的成份，也許能部份解決有關的爭論與疑問<sup>(7)</sup>。

但是在深入討論人口轉型期間的年齡組成變遷以前，我們先就人口轉型與人口成長間的形式關係加以檢討，一方面可借助人口轉型的「規律性」而整合人口成長的理論模型，另一方面可進一步考察出生率與死亡率間的實質關係。圖一假定在人口轉型期間的死亡率先於出生率而下跌，則兩者間的差距 $b(t) - d(t) = g(t)$ （即人口成長率）有先擴大而後收縮的現象，反映於成長趨勢上則人口先有加速成長而後有減速成長，其間的關聯雖然是人口學者所熟悉的常識，卻迄無與上述觀察相一致的數學表式（Mathematical Representation）。一般數理人口學的教科書都是就固定成長率的穩定模型討論人口成長的形式動態（Pollard 1973, Keyfitz 1977b），如果成長率固定為 $g(t) = r$ ，由於 $g(t) \equiv d \log p(t) / dt$ ， $\log p(t) = \int d \log p(t) = r \int dt = rt + c$ ，則 $p(t) = e^c \cdot e^{rt}$ ， $c$ 為任意常數；當 $t=0$ 時 $p(0) = e^c$ ，所以人口成時間（ $t$ ）的增指數函數而成長： $p(t) = p(0) e^{rt}$ ， $p(0)$ 為成長起點（或零點）的人口量。換句話說，只要人口成長率固定不變而且 $r > 0$ ，人口就會以愈來愈快的速率成長，正是馬爾薩斯（Malthus 1798, *Essay on the Principle of Population*）所設想的人口成長。當然成長率 $r$ 也有可能小於零，則人口為加速負成長，以愈來愈快的速率減少；如果 $r = 0$ ，則 $p(t) = p(0)$ ，為人口學文獻經常引用的靜態性人口（Stationary Population）。雖然上述的三種人口成長都只是設想的狀況，卻於人口學的形式

式理論中有其特定的位置與用途，均有助於人口學者在「理想狀態」下分析人口的表層現象，發明內在的結構與動力，事實上是借助模型與數據操作而從事某種「實驗」(Keyfitz 1977b:167-8)或模擬(Simulation)，乃是科學發展史中經常見到的研究方法之一(Kuhn 1976)。

但固定成長率的模型顯然不適用於「先有加速成長而後有減速成長」的人口轉型，而人口學文獻中唯一能符合此種發展型態的數學模型乃 Pearl and Reed (1920, 1922) 所發展出來的邏輯成長曲線(Logistic Growth Curve)，雖然已經不再被學者使用為說明及預測人口成長的模型，卻仍被列為人口分析與人口數學的基本教材(Shryock and Siegel 1973:372-88, Pollard 1973:23, 49, Keyfitz 1977a:210-20, 1977b:18-25)。如果人口成長率不再固定為  $g(t)=r$ ，而是因既有的成長有所節制， $g(t)=r(1-\theta)$  而且  $0 \leq \theta \leq 1$ ，則  $g(t)$  因  $\theta$  之大小而有增減， $\theta$  可以代表節制的「力量」。當  $K$  表示環境或技術條件所能容許的極限人口時，令  $\theta = p(t)/K$ ，人口量愈接近極限值則節制力愈大，使人口趨向於減速成長；應用上述固定成長率的數學分析， $P(t) = Ae^{rt} / e^{\int p(t) dt}$ ， $A = e^c$ ， $\alpha = r/K$ 。由於  $Ae^{rt} = p(t) e^{\int p(t) dt} = \frac{1}{\alpha} \frac{d}{dt} e^{\int p(t) dt}$ ，等號兩邊均對  $t$  積分得  $Ke^{\int p(t) dt} = A(e^{rt} + A) = Ae^{rt}(1 + Ae^{-rt})$ ，所以  $p(t) = Ae^{rt} / e^{\int p(t) dt} = K / (1 + Ae^{-rt})$  即為以  $K$  為上限及  $K/(1+A)$  為下限的邏輯成長曲線，其成長速率(Time Rate of Growth，或 Speed of Growth)的轉折點位於  $p(t) = K/2$  時。在提出此一極限成長的數學模型之同時，Pearl and Reed (1920) 適用邏輯成長曲線於 1790 年至 1910 年間的美國人口成長，後來 Pearl, Reed, and Kish (1940) 又重新適用於 1790 年至 1940 年間的人口成長，均得到很好的結果(Very Good Approximation)。Pearl (1925) 更進一步適用邏輯成長模型於世界各國的人口成長均取得相同的結果，因而引起了當時生物學者、社會科學者、與人口學者的廣泛興趣與注意(Lloyd 1967:100)。

事實上邏輯成長曲線的適用範圍是很廣的，舉凡單一細胞及其他微生物、果蠅、及動物族群之繁殖，乃至人體成長及人口成長(Lloyd 1967)，以至於人類社會組織、科學技術之累積與擴散(Hamblin, Jacobsen, and Miller 1973)，經濟發展(Kristensen 1974)等，都可以使用邏輯成長的數學模型來提供初步的說明，並取得相當準確的估計與預測。除了使用於說明與預測人口成長外，人口學上的 Gompertz 函數做為邏輯成長曲線的變形之一，一向被使用來說明死亡率的年齡分佈，而最近經 Hernes (1972) 的推廣更適用於結婚率(Nuptiality)的年齡分佈(陳寬政 1982:180-2)。以上的數學分析指出，邏輯成長的型態主要是由「一個加速性及一個抑制性」的力量組合而成(Lloyd 1967:108)，或者說是兩個元素之融合(Fusion of Two Components)，為本文所欲提出的理論模型之基本構造。但是 Pearl and Reed (1920) 的邏輯成長曲線設定成長率  $g(t) = r(1-\theta)$

爲人口成長的降低性函數，顯然不符合於人口轉型期間成長率本身，「先增後減」的拋物線型態，則進一步的修飾是必要的。我們的模型設定出生率與死亡率間的比例關係爲  $b(t) = md(t)$  而且  $m \geq 1$ ，代入成長率的定義式則  $g(t) = qd(t)$ ， $q = m - 1$  在一般狀況下均爲小於 1 的正數；但若死亡率於轉型期間先行下跌而出生率維持不變， $q$  值乃因之而上漲，設  $q$  之變化率 (Time Rate of Change) 固定爲  $A$ ，則  $q = At$ ，死亡率與出生率下跌間的時差 (Time Lag) 愈長則成長率愈大，爲比例增加的關係。由於死亡率之下跌在人口轉型晚期因人類壽命之迫近極限 (Brass 1974:548, Mirzaee 1979:52, Arriaga 1984:83) 而趨向停滯，死亡率之下跌應爲時間的降指數函數  $d(t) = d(0)e^{-rt}$ ，代入成長率得  $g(t) = Ad(0)te^{-rt}$ ，爲時間的單峯函數 (事實上爲 Gamma Function of the First Order)，則成長率符合「先增而後減」的轉型期變化形態。

既然轉型期間的人口成長率爲  $g(t) = d \log p(t) / dt = A_0 te^{-rt}$ ， $A_0 = Ad(0)$ ，很容易證明  $p(t) = K / e^{(a+bt)} e^{-rt}$ ， $K = e^{A_0 c}$ ， $c$  爲任意常數， $a = A_0 / r^2$ ， $b = A_0 / r$ ；顯然  $p(t)$  也是具有上下限的邏輯成長曲線之一種，當  $t=0$  時  $p(t) = K / e^a$ ，當  $t = \infty$  時  $p(t) = K$ ，所以轉型期間的人口成長倍數爲  $e^a = K / p(0)$ 。進一步求人口成長的高峯點，也就是人口轉型的轉折點，令  $\frac{d}{dt} g(t) = A_0 e^{-rt} (1 - rt) = 0$ ，由於  $A_0 e^{-rt} \neq 0$ ，所以  $t_0 = 1/r$  表示出生率與死亡率下跌間的時差。我們的數學分析指出，只要  $g(t) \equiv b(t) - d(t) = qd(t)$ ， $q = At$ ，及  $d(t) = d(0)e^{-rt}$  的條件成立，則死亡率下跌的速度愈快 (也就是  $r$  愈大) 涵蘊著出生率跟隨下跌的時間也愈早的結論，似可說明現代開發中國家以較短的時間通過人口轉型的轉折點，而已開發國家歷史上的人口轉型則費時較長才通過轉折點的觀察。表一使用  $r$  (及  $t_0$ ) 與  $e^a$  的操作來模擬轉型期的高峯成長率，顯示人口轉型參考數據 (Parameters) 的選擇範圍非常有限，似乎已開發國家的人口轉型速率限於  $0.01 \leq r \leq 0.03$  的範圍以內，

表一 人口轉型期間的高峯成長率\*

|       |        | $g(t_0) = ar/e$ |        |        |        |        |        |
|-------|--------|-----------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| $e^a$ | $a$    | $r = 0.01$      | $0.02$ | $0.03$ | $0.04$ | $0.05$ | $0.06$ |
|       |        | $t_0 = 100$     | $50$   | $33$   | $25$   | $20$   | $17$   |
| 2     | 0.6932 | 2.55            | 5.10   | 7.65   | 10.20  | 12.75  | 15.30  |
| 4     | 1.3863 | 5.10            | 10.20  | 15.30  | 20.40  | 25.50  | 30.60  |
| 6     | 1.7918 | 6.59            | 13.18  | 19.78  | 26.37  | 32.96  | 39.55  |
| 8     | 2.0794 | 7.65            | 15.30  | 22.95  | 30.60  | 38.25  | 45.90  |
| 10    | 2.3026 | 8.47            | 16.94  | 25.41  | 33.88  | 42.35  | 50.82  |

\*  $g(t_0)$  爲千分比， $t_0$  以年爲單位。

而開發中國家則限於  $0.03 \leq r \leq 0.05$  的範圍以內。表面上， $e^a$  類似於 Keyfitz (1977b: 24) 所提出的成長倍數  $e^{g(t_0)t_0}$ ，但若令  $r = 0.04$  (也就是  $t_0 = 25$ ) 而  $g(t_0) = 0.03$ ，則  $e^{g(t_0)t_0} = 2.12$  倍，表一指出當成長倍數小於  $e^a = 4$  而尖峯成長率大於 30% 時，出生率與死亡率下跌的時差不能超過 17 年，才能使人口及時收斂而停止成長，顯然是不太可能發生的狀況。在相同的假定下，我們的模型計算則顯示由於  $a = Ad(0)/r^2 = g(t_0)e/r = 2.0387$ ，人口成長的倍數應為  $e^a = 7.68$  倍；證諸台灣地區於轉型前夕 (1925 年) 的人口為四百萬，而出生率於 1950 年開始下跌 ( $t_0 = 25$ ) 時的尖峯成長率約為  $g(t_0) = 0.03$ ，預期於轉型完成時的極限人口是三千萬人左右，似乎是較為切合歷史經驗的結果。

### 三、人口的年齡組成

以上邏輯成長的修正模型假定出生率與死亡率間的均衡關係如圖四(a)，則人口於轉型期間因(1)死亡率領先下跌而加速成長，又因(2)出生率之隨後下跌而減速成長，終致恢復轉型前的靜止狀態。但圖四(a)只說明了節制生育的「動機」因  $C_n - C_d$  之擴大而加強，至於出生率與死亡率下跌的秩序或時差關係之說明，則必需假定節制生育的成本透過預算限制或經濟理性而發生作用；當  $C_n - C_d$  大於此項成本時乃有生育率之下跌，造成了出生率之隨死亡率而下跌。換句話說，節制生育的成本愈高則出生率下跌的時機愈遲緩，或是死亡率降低的速率  $r$  愈大則節育的成本必需相對降低，才能使出生率於較短的時間內下跌，這或許是家庭計畫所提供的現代避孕工具對開發中國家的人口轉型較為重要的理由。據 Freedman and Takeshita (1969) 對台灣地區推行家庭計畫 (1963 年) 以前的人口與社會經濟狀況之分析，出生率早自 1951 年就已開始下跌，而其主要原因應為死亡率自 1920 年以來的長期下跌，引起存活子女數  $C_n$  之增加，及節制生育技術與消息 ( $P_b$  及  $P_i$ ) 之普及，而與希望擁有的子女數  $C_d$  之變化無關；同樣的觀點又重過於最近的一篇檢討報告 (Freedman, Hermalin, Sun, and Liu 1980:2) 中，「子女存活率 (也就是子女供給量) 之急驟上升可能係節制生育能迅速推廣的原因，而子女需求量之變化則跟隨在生育率下跌之後，並非在前」。顯然我們的模型因假定  $C_d$  於轉型期間固定不變而顯得過度簡化 (Over-simplified)，鑑於子女「價格」與「品質」的理論與測量迄無圓滿的解決，本文採取「愈簡單愈好」的觀點 (The Principle of Simplicity; Hempel 1966) 從事模型建構，將需求量的變化視為供給量變化的結果，不再將需求量變化視為社會經濟結構變遷的結果。

關於節制生育的「成本」，Easterlin (1978:83) 強調係包括社會學研究所主張的「普及性」；由於節制生育有傳統及現代化的工具與方法，均能發揮相當的作用，節制生育的所謂「市場價格」其實是難以界定的。例如在已開發國家的人口轉型期間現代的避孕工具並

不存在，則出生率之下跌主要係依賴傳統的辦法，雖然效率較差卻也能達到減少生育的目的；但是開發中國家的人口轉型始於自己開發國家引進現代的醫藥及公共衛生制度，死亡率因疫病受到有效控制而急速下跌，相對地就需要效率較高的現代避孕器材來彌補傳統避孕方法之不足，而避孕的現代醫藥技術又於廿世紀初期及中期有適時的發展，使開發中國家得以借助而及時促成出生率之下跌。無論是傳統或現代的避孕器材與方法，其市場價格似乎都是名目性 (Nominal) 的<sup>(9)</sup>，則節制生育的客觀成本主要係因知識與消息之不足而發生，所以台灣的經驗 (Freedman, Hermalin, Sun, and Liu 1980:15) 指出「家庭計畫的效果主要是吸引較為傳統部門的人口來實行生育節制」，重點在於提供訊息與服務，使家庭計畫能「到達」偏遠而且知識水準較低的地區與人口。換句話說，家庭計畫在降低節育成本方面的主要貢獻為在普及性上所做的努力，本文把普及性視為市場價格 ( $P_0$  及  $P_1$ ) 係對市場價格做了較為寬鬆定義的結果。至於節制生育的主觀成本，主要係影響了子女需要量的決定，其變動當然也改變了對子女的需求，為台灣經驗所不能肯定的部份 (Freedman, Hermalin, Sun, and Liu 1980:37)；我們可以相信一般人對子女有不同的偏好程度，卻無法確定此種偏好是否隨避孕工具與方法之普及而有所改變。

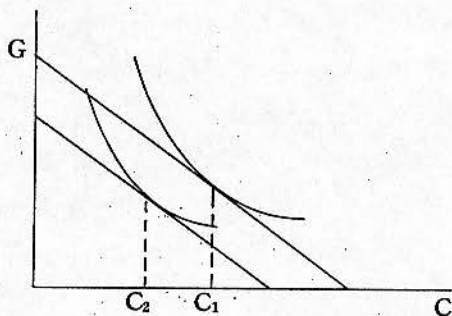
但是，我們對於  $C_n - C_a$  之引發節育動機，及其與節育行為間的「理性代數」(Calculus of Rationality) 也不是完全沒有疑問的。圖四(a)的  $C_n$  與  $C_a$  顯然定義為個體分析 (Micro-Analysis) 的概念，假定個人 (或父母) 有能力了解並且比較  $C_n$  與  $C_a$ ； $C_a$  做為一個固定不變的子女需要量固然是個人心目中的主觀數值， $C_n$  係因外在的總體變遷 (如肝炎疫苗之推廣) 影響到個體的生存機率而改變，卻不是一個「正常」人能隨時掌握並運用的數值，更不可能拿來與  $C_a$  相比而產生節育的動機，乃社會學研究中所強調的「結構效果」的特性之一。如果我們將  $C_n$  也當做是一個主觀的數值，因個人的經驗累積 (或稱社會化) 而產生，則  $C_n = SN$  所關聯的  $S$  顯然不可能是當年的  $S$  值，而是過去若干年來的子女存活率之某種平均值，也許能部份解決  $C_n$  的概念問題。由於因果關聯假定原因發生在結果之前，個人於生育子女以後的生活體驗通常不適宜說明生育行為或生育率的變化，則相干的 (Relevant) 生活體驗必需源自於個人幼年時期的生活狀況，如 Easterlin (1973) 的「相對經濟地位」所主張者，或是源自於「重要他人」(Important Others, or Reference Group) 的生活體驗之推廣，如 Leibenstein (1975) 的理論所強調者；雖然這兩個理論主要為生育率的需要面分析，但其概念設計均取自社會學的文獻，適合於供給面為主的分析。因為幼年生活體驗的概念比較容易了解與處理，對於人口轉型的時差問題亦能有所說明，並且可以關聯人口年齡組成之變遷，所以我們使用個人幼年時期的生活體驗來說明個人心目中的主觀子女供給量  $C_n$ 。

此地，我們引用在別處發表的一段話 (陳寬政與葉天鋒 1982:515) 做為說明，「假定

這一群人出生於 1935 年左右，也假定這群人於 1957 年前後開始生育子女時的平均年齡為 22 歲；由於這群人出生及成長於死亡率大幅降低的時期，兄弟姊妹及兒時遊伴均能長大成人的機會大增，使他們對生命產生信心與希望。他們的父母必需生四個以求保全兩個，卻發現四個子女都能長大成人，父子兩個乃開始懷疑傳統「多子多孫多福氣」的智慧。同時，由於家庭資源受到過多子女及戰爭的影響而發生困苦的狀況，使 1935 年出生的這一代自幼即承受著節育的壓力與經驗，其生育傾向乃大受影響而比上一代小了許多」。首先值得指生，使用幼年期的生活體驗來解釋  $C_n$  不只為我們的模型分析提供更多的理論與經驗內涵，而且可以說明台灣地區人口轉型的轉折點 ( $t_0$ ) 距起始點約為一代間隔 (20 至 25 年) 的事實；當然如果死亡率之下跌緩慢而不顯著時，人口成長率偏低且通過轉折點的時間可能超過一代以上的間隔如表一所述，也是可以使用同一組概念來說明的。其次，既然在概念上  $C_n = SN$  可以用主觀認識來加以了解，而且此項主觀認識為個人的生活體驗之累積，則  $C_n$  與  $L = SB$  的概念是對等的 (Equivalent)， $L$  表示某一群同時出生的人經歷若干時間後的餘存量  $S \equiv L/B$ 。如果  $t$  代表代距 (Mean Length of Generation)， $L(t) \equiv SB(t-1)$  表示這一代的成年人口量為上一代生育量  $B(t-1)$  之餘存，代入人口學的再生式 (Renewal Equation) 得  $B(t) \equiv b(t)L(t) \equiv Sb(t)B(t-1)$ ，陳述兩代之間生育量的函數關係， $b(t)$  為生育率。由於  $L(t)$  與  $B(t)$  兩個函數都是定義式之陳述，均使用全等號來表達函數關係，指出這兩個函數都是形式動態的函數。

現在，如果  $C_n$  大於  $C_d$  係個人在生活體驗中累積出來的主觀認識，而且這種認識直接引起了節育的動機與行為，則  $b(t) = a - cL(t) \equiv a - cSB(t-1)$ ，因為轉型期間的  $L(t)$  變化純係死亡率下跌的直接後果， $a$  為最大的自然生育率，而  $c$  為節育動機的「強度」。將此一節育行為的函數代入上述的人口再生式，得  $B(t) = [a - cSB(t-1)]SB(t-1)$ ，可以微分式表示為  $d \log B(t)/dt = (aS - 1) - cS^2B(t)$ ，應用前述邏輯成長曲線的數學分析，則歷代生育的人數為  $B(t) = K/1 + Ae^{(1-aS)t}$ ，其極限值為  $K = (aS - 1)/cS^2$ ，展現節制性成長的特徵，係一個增加性的壓力  $SB(t-1)$  及一個降低性的壓力  $a - cSB(t-1)$  互相融合的結果。顯然於人口成長的分析中，所謂的增加性壓力來自人口自我增殖 (Self-Renewing) 的能力，及人口學形式理論的基本概念，而降低性的壓力則來自環境、技術、或社會經濟條件的限制，或是主觀認識的改變，乃社會經濟理論的分析重點。當然，我們也可以把死亡率下跌對生育率的效果視為子女需要量  $C_d$  的變遷，進而探討死亡率下跌與  $C_d$  間的關聯。如果在一個停滯的經濟 (Stagnation) 中生產力與就業機會都沒有變化，則當死亡率下跌造成勞動力  $L(t)$  之增加時，工資率  $w(t)$  乃因競爭工作機會而下跌；進一步假定一個固定不變的效用函數  $U = f(G, C)$  而且預算線的斜率也固定 (等於相對價格  $P_g$  及  $P_c$  不變)，則工資率下跌表示所得減少， $C_d$  乃必需跟隨下跌如圖五，子女需要量 (或實際生育率)

圖五 工資率與生育率



因預算線及無異曲線平行下移而自  $C_1$  減少為  $C_2$ 。假定工資率與生育率間為正比例的函數關係而且工資率因勞動力增加而下跌可表示為線性函數，則若以化約式 (Reduced Form) 來刪除工資率，子女需要量或實際生育率為  $b(t) = a - cL(t) \equiv a - cSB(t-1)$ ，與主觀供給量  $C_n$  的分析可有相同的結論，Ronald Lee (1974) 稱之為控制型人口 (Controlled Population)。

表面上，控制型人口似乎做了幾個很不合理的假定 (如停滯的經濟與不變的價格等)，事實上則因人口年齡組成之介入於模型分析中，使得看似不合理的假定要比看似合理的假定 (如子女品質因經濟現代化而改變等) 具有更大的說服力。首先必需指出，我們所討論的人口轉型乃是一個連續性的過程，雖然就長期歷史的觀點而言，它只是一個短暫的爆發而人類人口在轉型以前 (或以後) 乃是長期在靜態均衡的水準上下波動的 (Coale 1974)。由於死亡率穩定下跌產生愈來愈大的及齡勞動力準備進入勞力市場，如果勞動力有年齡別的區分而且彼此間的替代性偏低，則除非就業機會能相對於資本使用率有適時而穩定的成長，工資率乃因及齡勞動力供給量的變化而受到相對的影響。Winsborough (1975) 曾使用人口年輪 (Birth Cohort) 的分析方法指出，當扣除教育程度、種族、年齡、及時期所代表的所得水準差異以後，人數愈多的人口年輪則平均所得愈少，Freeman (1979) 也有相同的發現；至於台灣地區人口成長與工資率間的關聯，林忠正 (1983) 指出就未曾接受高等 (大專) 教育而且較年輕的人口而言，人口年輪的規模對勞動所得有顯著的負效果。換句話說，雖然與人口轉型同時俱來的經濟發展促成了一般性的所得水準之提昇，人口成長卻使較年輕而正在進入勞力市場的人口處於相對不利的地位，其所得水準相對偏低於一般水準或因經濟發展而有的預期水準，乃至其日後結婚成家時的生育率受到影響而下跌<sup>(9)</sup>。所以適用需要模型於死亡率下跌所引發的生育率下跌之分析，所使用的「所得」應為相對性的所得 (Relative Income)，但不同於 Easterlin (1973) 之強調幼年時期的生活體驗如主觀供給量之分析然，係以一般所得或出活水準做為比較的對象。

好與所得間之配合，採取行爲抉擇的觀點來研究生育率，由於醫藥衛生制度建立、教育發展、產業轉型、及都市化等社會經濟變遷改變了出生率與死亡率間的某種均衡關係，也改變了個人或個別家庭對於子女的需要或偏好水準，導致出生率跟隨在死亡率之後下跌而形成了人口之邏輯成長。但衆多的歷史與經驗證據卻顯示，雖然人口轉型大都是因死亡率穩定下跌而發生，出生率之下跌則不盡然能與社會經濟變遷的時機與幅度互相配合，導致學者就人口轉型的理論產生許多爭論與質疑。由於人口轉型已經發生在歷史上及現代許多不同社會文化背景與經濟狀況的國家，雖然呈現相當一致的成長形態，同時在成長的幅度與速度方面也表現相當大的異質性，多數學者似乎接受「無一般模型」的解決，而主張人口轉型在不同的國家及時代中均有其獨特的歷史與社會文化條件，不宜使用一個過度推廣（Over-Generalized）的模型來渲染其一致性，以致忽略了明顯的變異性。

但人口轉型做爲人口成長的一項「規律」，其一般性卻又是久爲人口學者所熟悉而且習慣的「事實」，以致於 Coale (1974) 也不得不使用人口轉型的理論來「說明」或「敘述」十八世紀末期以來的各國人口成長；如果說人口學有所謂的實質理論，則人口轉型理論及其相關的模型似爲多數人口學者均會時加以援引檢討的理論。人口轉型的理論的確曾經引起許多學者的熱烈討論與研究，在引進經濟學的理論分析以後更產生了深入而精闢的辯論，其結果當然是人口學知識與理論體系的不斷擴展而日趨成熟，在過程中也累積了不少有關人口轉型規律性及變異性的文獻；事實上，我們今天所討論的人口轉型在理論及經驗內涵方面均已不同於早期的概念，則其進一步發展必需是就新的解釋與新的證據有所發展的。基於這樣的認識，我們主張區分人口轉型的現象與理論，認爲相干的理論必需是建立在對於現象本身的基本規律性之了解與掌握。既然人口轉型所帶來的成長必需以死亡率之下跌爲其先決條件，而且死亡率下跌引起人口年齡組成變遷爲人口再生過程中的內在要素，則人口轉型的理論至少需就此內部動力有所關聯才能對現象提供適切的說明，所以本文嘗試以形式動態爲整合現有理論模型的基礎。雖然我們提生若干新證據來支持本文所主張的形式動態模型，而且 Easterlin (1973) 的研究也頗能支持相對所得與生育率間的正相關，由於經驗證據仍然有限以及尚有許多理論環節需要進一步發展，我們只是嘗試性地認爲就年齡組成之變遷來建立人口轉型的形式理論是可行而且需要的。

## 註 釋

註 1：人口轉型在人口學的文獻中一向稱爲 Demographic Transition，但 Norman Ryder (1983) 指出所謂人口轉型係人口之變遷，而非「人口學的」變遷，所以應改稱爲 Population Transition。



- 註 2：由於這三個國家的人口合計幾為世界人口之半，成為開發中國家人口三分之二，其出生率之顯著下跌乃使人類人口之成長趨向緩和，詳見 Demeny (1979) 與 Bogue and Tsui (1979) 之爭論。
- 註 3：將「人口轉型」或「人口成長的階段」視為事實或現象者，與 Notestein 同時或更早的有 Thompson (1929, 1946) 及 Blacker (1947)。對於人口轉型理論做系統性檢討者，有 Flieger (1967) 及 Caldwell (1976) 等。
- 註 4：例如現代化一般均涵蘊著所得之增加，而在假定「經濟理性」的條件下，所得增加對生育率有所得及替代效果兩種作用，牽涉到不少困難的問題 (Leibenstein 1975, Schultz 1981)，但人口轉型的敘述與重述中均無相關的討論。
- 註 5：雖然狀況於 1970 年代中期以後有了變化，如今包括印度及巴基斯坦在內的亞南國家之生育率下跌已經為人口學者所接受的事實，但最先發生生育率下跌的地區為中國文化所影響的亞東地區則無可置疑。
- 註 6：Knodel (1973) 的研究發現雖然就德國全國而言，出生率與嬰兒死亡率的時間序列間有強烈的相關，而且兩者間展現著如理論所預期的秩序關係，但各省的時間序列則顯現混亂的結果，甚至有些省份的出生率先於嬰兒死亡率而下跌。由於 Knodel 的研究未能控制人口年齡組成的影響，則內部的人口流動 (Internal Migration) 可能係各省情況混亂的重要因素。
- 註 7：相關不等於因果關係，所以 van de Walle (1978: 278) 說「如果我們能證實死亡率之下跌發生在先，我們就能主張兩者間的因果關聯」。
- 註 8：現代的避孕器材在開發中國家大都是政府貼補的項目，而且在大量生產制度下其製造成本與售價都不是很高，似不成為節育行為的重要考慮因素。至於傳統的避孕方法，主要係透過消息與知識之傳播而取得，似無所謂的市場價格。
- 註 9：此地，我們根據 Hogan (1976) 的研究而假定一般人都是先完成教育後進入勞力市場，然後才有結婚與生育的決定。

## 參考書目

- Arriaga, Eduardo E.  
1984 "Measuring and explaining the change in life expectancies", *Demography* 21 (February): 83-96.
- Blacker, C. P.  
1947 "Stages in population growth", *Eugenics Review* 39 (October): 88-101.

- 註 2：由於這三個國家的人口合計幾為世界人口之半，成為開發中國家人口三分之二，其出生率之顯著下跌乃使人類人口之成長趨向緩和，詳見 Demeny (1979) 與 Bogue and Tsui (1979) 之爭論。
- 註 3：將「人口轉型」或「人口成長的階段」視為事實或現象者，與 Notestein 同時或更早的有 Thompson (1929, 1946) 及 Blacker (1947)。對於人口轉型理論做系統性檢討者，有 Flieger (1967) 及 Caldwell (1976) 等。
- 註 4：例如現代化一般均涵蘊著所得之增加，而在假定「經濟理性」的條件下，所得增加對生育率有所得及替代效果兩種作用，牽涉到不少困難的問題 (Leibenstein 1975, Schultz 1981)，但人口轉型的敘述與重述中均無相關的討論。
- 註 5：雖然狀況於 1970 年代中期以後有了變化，如今包括印度及巴基斯坦在內的亞南國家之生育率下跌已經為人口學者所接受的事實，但最先發生生育率下跌的地區為中國文化所影響的亞東地區則無可置疑。
- 註 6：Knodel (1973) 的研究發現雖然就德國全國而言，出生率與嬰兒死亡率的時間序列間有強烈的相關，而且兩者間展現著如理論所預期的秩序關係，但各省的時間序列則顯現混亂的結果，甚至有些省份的出生率先於嬰兒死亡率而下跌。由於 Knodel 的研究未能控制人口年齡組成的影響，則內部的人口流動 (Internal Migration) 可能係各省情況混亂的重要因素。
- 註 7：相關不等於因果關係，所以 van de Walle (1978:278) 說「如果我們能證實死亡率之下跌發生在先，我們就能主張兩者間的因果關聯」。
- 註 8：現代的避孕器材在開發中國家大都是政府貼補的項目，而且在大量生產制度下其製造成本與售價都不是很高，似不成為節育行為的重要考慮因素。至於傳統的避孕方法，主要係透過消息與知識之傳播而取得，似無所謂的市場價格。
- 註 9：此地，我們根據 Hogan (1976) 的研究而假定一般人都是先完成教育後進入勞力市場，然後才有結婚與生育的決定。

## 參考書目

Arriaga, Eduardo E.

1984 "Measuring and explaining the change in life expectancies", *Demography* 21 (February): 83-96.

Blacker, C. P.

1947 "Stages in population growth", *Eugenics Review* 39 (October): 88-101.

- Bogue, Donald, J. and Amy O. Tsui  
 1979 "A reply to Paul Demeny's 'On the end of the population explosion'", *Population and Development Review* 5 (September): 479-494.
- Brass, W.  
 1974 "Perspectives in population prediction: illustrated by the statistics of England and Wales", *Journal of Royal Statistical Society, Series A, General*, 137 (Part IV): 532-70.
- Caldwell, John C.  
 1976 "Toward a restatement of demographic transition theory", *Population and Development Review* 2 (September/December): 321-66.
- Coale, Ansley J.  
 1973 "The demographic transition", in *International Population Conference, Vol I*, pp. 53-72. Liege: IUSSP.  
 1974 "The history of human population". *Scientific American* 213 (September): 41-51.
- Davis, Kingsley  
 1963 "The theory of change and response in modern demographic history", *Population Index* 29: 345-66.  
 1976 "Population policy: will current program succeed?": *Science* 138 (November): 370-9.
- Davis, Kingsley and Judith Blake  
 1956 "Social structure and fertility: an analytical framework", *Economic Development and Cultural Change* 4 (April): 211-35.
- Demeny, Paul  
 1979 "On the end of the population explosion", *Population and Development Review* 5 (March): 141-62.
- Duesenberg, James S.  
 1960 "Comment", *Demographic and Economic Change in Developed Countries*. p. 233. Princeton: Princeton University Press.
- Easterlin, Richard A.  
 1969 "Toward a socio-economic theory of fertility: a survey of recent research on economic factors in American fertility", in S. J. Behrman, Leslie Corsa, and Ronald Freedman (eds.), *Fertility and Family Planning: A World View*, pp. 127-56. Ann Arbor: University of Michigan Press.  
 1973 "Relative economic status and the American fertility swing", in Eleanor B. Sheldon (ed.), *Family Economic Behavior Problems and Prospects*, pp. 170-227. Philadelphia: J. B. Lippincott Company.  
 1978 "The economics and sociology of fertility: a synthesis", in Charles Tilly (ed.), *Historical Studies of Changing Fertility*, pp. 57-133. Princeton: Princeton University Press.
- Flieger, Wilhelm  
 1967 A Re-examination of the Demographic Transition in the Light of Newly Collected Data. Ph. D. Dissertation, Department of Sociology, University of Chicago.
- Freeman, Richard B.  
 1979 "The effect of demographic factors on age-earning profiles", *Journal of Human Resources* 14 (Summer): 289-318.

Freedman, Ronald, and B. A. Berelson

- 1974 "The human population", in *Human Population: A Scientific American Book*, pp. 3-11. San Francisco: W. H. Freeman and Co.

Freedman, Ronald and J. Y. Takeshita

- 1969 *Family Planning in Taiwan: An Experiment in Social Change*. Princeton: Princeton University Press.

Freedman, Ronald, A. Hermalin, Te-hsiung Sun, and Ke Chin Liu

- 1980 "Factors related to Taiwan's fertility decline: a review of the evidence", Taiwan Population Studies, Working Paper No. 44, Department of Sociology, University of Michigan, Ann Arbor.

Hamblin, Robert L., R. Brooke Jacobsen, and Jerry L. L. Miller

- 1973 *A Mathematical Theory of Social Change*. New York: Wiley-Interscience.

Hempel, Carl G.

- 1966 *Philosophy of Natural Science*. Englewood Cliffs: Prentice Hall, Inc.

Hernes, Gudmund

- 1972 "The process of entry into the first marriage", *American Sociological Review* 37 (April): 173-82.

Hogan, Dennis P.

- 1976 *The Passage of American Men from Family of Orientation to Family of Procreation: Patterns, Timing, and Determinants*. Ph. D. Dissertation, Department of Sociology, University of Wisconsin-Madison.

Knodel, John

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

Knodel, John and Etienne van de Walle

- 1976 "Breast feeding, fertility and infant mortality: an analysis of some early Germany data", *Population Studies* 21 (September): 109-31.

Kristensen, Thorkil

- 1974 *Development in Rich and Poor Countries*. New York: Praeger.

Kuhn, Thomas S.

- 1976 "Mathematical versus experimental traditions in the development of physical science", *Journal of Interdisciplinary History* 7:1-31.

Lee, Ronald D.

- 1974 "The formal dynamics of controlled populations and the Echo, the Boom, and the Bust", *Demography* 11 (November): 563-85.

Leibenstein, Harvey

- 1975 "The economic theory of fertility decline". *The Quarterly Journal of Economics* 89 (February): 1-31.

Lloyd, P. J.

- 1967 "American, German and British antecedents to Pearl and Reed's logistic curve", *Population Studies* 21 (September): 99-108.

## Keyfitz, Nathan

- 1977a *Introduction to the Mathematics of Population*. Revised edition, Reading: Addison-Wesley Publishing Company.
- 1977b *Applied Mathematical Demography*. New York: John Wiley & Sons, Inc.

## Mirzaee, M.

- 1979 Trends and Determinants of Mortality in Taiwan, 1895-1975. Ph. D. Dissertation, Population Studies Center, University of Pennsylvania.

## Notestein, Frank W.

- 1945 "Population — the long view", in Theodore W. Schultz (ed.), *Food for the World*, pp. 36-57. Chicago: Chicago University Press.
- 1953 "Economic problems of population change", in *Proceedings of the Eighth International Conference of Agricultural Economists*, pp. 13-31 London: Oxford University.

## Pearl, R.

- 1925 *The Biology of Population Growth*. New York: Alfred A. Knopf.

## Pearl, R. and L. J. Reed

- 1920 "On the rate of growth of the population of the United States since 1790 and its mathematical representation", *Proceedings of National Academy of Science* 6: 275-88.
- 1922 "A further note on the mathematical theory of population growth", *Proceedings of the National Academy of Science* 8: 365-368.

## Pearl, R., L. J. Reed, and J. F. Kish

- 1940 "The logistic curve and the census count of 1940", *Science* 92 (2395): 486-88.

## Pollard, J. H.

- 1973 *Mathematical Models for the Growth of Human Population*. London: Cambridge University Press.

## Ryder, Norman B.

- 1983 "The transition model of population transition", Paper Presented at the 1983 Annual Meeting of the American Sociological Association.

## Schultz, T. Paul

- 1981 *Economics of Population*. Reading: Addison-Wesley Publishing Company.

## Shryock, H. S. and J. S. Siegel

- 1973 *The Methods and Materials of Demography*. Washington, D. C.: U. S. Government Printing Office.

## Thompson, Warren S.

- 1929 "Population", *American Journal of Sociology* 34 (May): 959-75.
- 1946 *Population and Peace in the Pacific*. Chicago: University of Chicago Press.

## van de Walle, Etienne

- 1978 "Alone in Europe: the French fertility decline until 1850", in Charles Tilly (ed.), *Historical Studies of Changing Fertility*. pp. 257-88. Princeton: Princeton University Press.

Winsborough, Hal H.

- 1975 "Age, period, cohort and educational effects on earnings by racean experiment with a sequence of cross-sectional surveys", in Kenneth C. Land and Seymour Spilerman (eds.), *Social Indicator Models*. pp. 201-17. New York: Russell Sage Foundation.

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—198  
中研院民族所。

陳寬政、葉天鋒

- 1982 「日據時代以來台灣人口年齡組成之變遷」，台大人口學刊，第六期，頁99—114。

林忠正

- 1983 「勞動力年齡結構，預期因素，與失業率之關係—台灣地區的實證研究」，第三次  
社會指標研討會論文集，頁265—80，中研院三民所。

陳寬政、Hal. H. Winsborough、李美玲

- 1984 「台灣地區的人口週期與人口控制」，社會變遷研討會論文集，中研院民族所，排  
印中。

## THE FORMAL DYNAMICS OF POPULATION TRANSITION

*Kuan-jeng Chen*

### (ABSTRACT)

This paper re-examines the facts and theories of the much debated population transition and proposes that the transition should be regarded as a "regularity" governing the population growth of the nations during the past two hundred years. It is argued that since in almost all the cases the mortality decline has preceded the fertility decline but socioeconomic covariates of fertility have been found to be inconsistent, a supply dominant resolution with built-in dynamics of the renewal process should be adopted. Fertility decline is then related to a subjective increase in the supply of children, and alternatively, to the relative income of the young adults entering the labor market. Evidences affirming the relationships between mortality decline, shifting age composition, and fertility decline are provided.