

人口變遷與社會制度的關係

涂肇慶*

人口是一群個人的組合，因此人口在數量上的變化對這群個人所組成的社會及其所制定的制度有一定的影響。Preston (1982) 以穩定型人口 (Stable Population Model) 來檢驗人口特徵對個人生命週期 (Life Cycle) 的影響；Keyfitz (1981, 1982) 由人口在數量上的波動探討其對社會保險制度的影響；陳寬政與葉天鋒 (1982) 以日據時代以來台灣地區人口年齡組合的變遷，推估未來老年退休人口比重將大幅度增加，而老年人口結構的變化再配合社會與經濟結構之轉變，勢將又導致未來人口與社會之變遷。雖然上述的各種現象均受人口數量及其增長速度的影響，但是人口因素並非影響這些現象的唯一因素；許多社會與經濟因素對這些現象也有很大的影響。本文旨在分解出人口與其他社會經濟因素對社會制度的影響效果，希望從純人口因素來探討其對某些社會制度的影響。Keyfitz (1977) 主張分解純人口因素的最佳方法是由穩定型人口著手，而其基本原理係源自經濟學上之靜態比較方法 (Comparative Statics Methods)；假設在其他狀況不變的情況下，比較穩定型人口在兩種不同增長率的變化情形，例如比較零度成長率與快速成長率的人口。雖然動態研究 (如研究人口自一種狀況轉型至另一種狀況) 較靜態研究為重要，但由於靜態研究在數學上較易處理，且其結果較易解釋與理解，所以大多數的數理人口學，仍著重於靜態方面的研究。另一方面，動態研究不僅需有很多的假設條件，如需要假設在何種速度下根據何種增加率 (Rate of Increase) 的變化 (曲線或直線) 人口增長才會達到靜止狀態；同時還需考慮下降之增加率如何透過人口年齡結構而變動。所以，本文的分析仍以靜態研究為主。

一、人口年齡組成與人口增加率的關係

在穩定型人口中不同年齡組的人口數量是深受人口增加率的影響。假若我們以 (α, x) 及 (x, β) 代表兩個年齡組人口，同時以生命表 (Life Table) 中的 $l(a)$ 表示自出生能活存到 a 歲的機率。低年齡組的人口數量以 ${}_x-\alpha N_\alpha$ 表示，而高年齡組人口數量以 ${}_\beta-x N_x$ 表示。如果就兩個年齡組 (15, 20) 與 (20, 25) 而言，這兩個年齡組的人口數量則分別為 ${}_5N_{15}$ 和 ${}_5N_{20}$ 。所謂穩定型人口即指一個人口的年齡別死亡率和生育率維持在某個常數上已有相當一段時間，因之此年齡組人口與低年齡組人口的穩定比例 (Stable Ratio) 可

* 紐約州政府人口研究員
紐約州立大學社會與人口分析中心研究員

以下式表示 (Keyfitz, 1972) , 即

$$\frac{\beta-x N_x}{x-\alpha N_\alpha} = \frac{\int_x^\beta e^{-r a} \ell(a) da}{\int_\alpha^x e^{-r a} \ell(a) da} \quad \dots\dots\dots(1)$$

通常在生命表中定 $\ell(0) = 100,000$, 本文爲便於說明乃界定 $\ell(0) = 1$ 。對式(1)取自然對數後, 再對兩邊微分 (Coale, 1972) 即得

$$\frac{d \left(\ln \frac{\beta-x N_x}{x-\alpha N_\alpha} \right)}{dr} = -\bar{a}_H + \bar{a}_L,$$

式中 \bar{a}_H 代表高年齡組人口之平均年齡, \bar{a}_L 則表示低年齡組人口的平均年齡; 由上式我們可以得到

$$\frac{x-\alpha N_\alpha}{\beta-x N_x} \cdot \frac{d \frac{\beta-x N_x}{x-\alpha N_\alpha}}{dr} = \bar{a}_L - \bar{a}_H,$$

經移項得

$$\frac{d \frac{\beta-x N_x}{x-\alpha N_\alpha}}{dr} = (\bar{a}_L - \bar{a}_H) \frac{\beta-x N_x}{x-\alpha N_\alpha} \quad \dots\dots\dots(2)$$

式(2)由有限近似法 (Finite Approximation) 可以得到下式 (Keyfitz 1977)

$$\Delta \frac{\beta-x N_x}{x-\alpha N_\alpha} = (\bar{a}_L - \bar{a}_H) \cdot \frac{\beta-x N_x}{x-\alpha N_\alpha} \cdot \Delta r \quad \dots\dots\dots(3)$$

式(3)表示高年齡組與低年齡組人口數量比例的差異等於增加率差異 (Δr) 與高低年齡組平均年齡差異之相乘積。

假若我們以 X 代表退休年齡 (65 歲) , α 表示進入勞動力就業市場的最初年齡, 並以 β 代表壽命之終點, 則式(1)是勞動力人口與退休人口之比。爲便於說明, 我們進一步假設每個人進入勞力市場的年齡相同而且於同一年齡退休; 同時也受同一個死亡率危機的影響, 也就是受同一個生命表中 $\ell(a)$ 的影響。在這樣一個狀況下, 一個低死亡率人口的勞動人口平均年齡 (\bar{a}_L) 可能是 40 歲, 退休人口的平均年齡則可能是 75 歲, 而此兩個人口平均年齡之差異是 35 歲。由式(3)可推論出假若人口增加率每降低 0.1 % , 退休人口與勞動人口之比例則增加

35%。因而由式(3)可更進一步瞭解一個地區或國家，如果每個勞動者均賺取同等的工資，且每個退休人員的退休金與勞動者的工資相等，則社會保險稅也將增加35%。雖然這種假設狀況與實際情形有很大的差距，但是 Keyfitz (1982) 在針對上述的假設狀況做各種模擬 (Simulation) 後，發現對結果的改變並不大。我們進一步假設在扣除社會保險稅後，勞動者每月的工資與未課稅的退休人員每月的退休金相等而且等於一，若以 t 表示社會保險稅收，退休金以 P 表示，則依據上述假設條件， $P = 1 - t$ ，而

$$t = P \left(\frac{\int_x^\beta e^{-ra} \ell(a) da}{\int_a^x e^{-ra} \ell(a) da} \right)$$

換句話說，社會保險稅收是退休金與退休人口及勞動人口比例的乘積。退休人口數量愈多，所需的社會保險稅也愈高。

二、人口變遷對社會保險制度的影響

除了改變上述穩定型的人口中的各種假設條件外，我們也可以進一步比較穩定型人口與實際情況的差異。由於受資料的限制，本文則以美國人口的情況為例說明。美國自本世紀中葉以來人口增加率大約是 1.5%，如果我們仍以 $\bar{a}_H = 75$ 歲及 $\bar{a}_L = 40$ 歲為例，則社會保險稅將比現有的保險稅增加 0.5 倍 ($35 \times 0.015 \cong 0.5$) 才能達到靜止狀態。也就是說社會保險稅收增加 50% 才可以維持不變。再以此例與美國實際的人口年齡結構相比較，據美國人口統計局之預計與普查報告，指出在 1940 年時，每一百個 20 到 64 歲的人口有 11 個人的年齡超過 65 歲；在 1980 年時則有 19 個人的年齡超過 65 歲。依據人口推估，至 2030 年時將有 32 人年齡超過 65 歲。易言之，老年人口比例在 90 年內將增加三倍，社會保險稅也應增加了三倍所以式(3)仍然低估了所需的社會保險稅收 (Keyfitz, 1981; 1982)。

事實上，社會保險稅收在美國是增加了。依據 1982 年至 1983 年美國統計摘要，雇主與員工於 1950 年時各提供 1.5% 的工資與營利額給社會保險制度，至 1980 年這項稅收已增加到 5.08%。即使如此的增加，仍然顯示出社會保險制度因人口老化所帶來的潛在危機。

除了上述的危機外，由穩定人口模式中也可瞭解美國需要比現今社會保險稅高出兩倍的稅收才能達到靜止狀態 (假設其他條件不變)。由實際人口年齡結構的變化，至少在 1940 年至 2030 年期間可看出實際上社會保險稅收將至少增加三倍，但是由 1940 年至目前的變化已知實際上所徵收的稅率已超過三倍。Keyfitz (1982) 以穩定性人口的分析，將社會保險稅收的增加歸諸於下列四個因素：(1) 穩定型人口模式中年齡結構的變遷；(2) 年齡結構變化的

不穩定所導致的額外變化；(3)每位退休老人因受惠程度之差異而導致的變化；(4)勞動力參與程度的變化，例如，近年來男性勞動力較以前遲入勞力市場，較早退休，同時婦女停留勞動力市場的時間較前長久等。上述四個因素中有些仍可進一步細分，例如因素(1)可進一步區分為因死亡率或是因生育率之變化對年齡結構的影響（Preston, 1974）。本文至此討論了人口數量變化對社會保險制度的影響。下面將研討人口數量變化對教育制度的影響。同樣，因資料的限制，我們仍將以美國為例進行討論。

三、人口變遷對教育制度的影響

美國於1961年時有四百卅九萬嬰兒出生，而到1970年中，嬰兒出生數量降至平均每年僅三百萬左右。這些嬰兒到1980年前後已大約是五歲的兒童了。我們知道大學生數量之變化主要是隨著出生嬰兒數量之變化而變化，只不過這個變化的發生要延遲20年左右。我們也可瞭解所需求的任教於大學的博士數量比大學生數量的變化更受出生嬰兒數量的影響。經由這些連鎖性的影響，研究所數量的昇降也隨著生育數量曲線而變化，只不過它的變化也是延遲至少20年左右，因而才使研究所到目前才受到大學入學數量下降的影響。由於研究所負責所有重要學科的學術研究，所以許多研究工作可能受到1960年代出生嬰兒數量下降之影響而大量縮減。

由另一角度觀察，出生嬰兒數量的減少也減輕了社會、政府、與父母之教育經費負擔。出生嬰兒數量的減少理應導致資源更充分而提供更多的研究經費與機會，但是實際上美國教育制度是以學術工作者必須具有教書位置才能具有研究機會，進而發表研究成果。教書機會之多寡則視大學入學數量而定，而入學數量則受出生嬰兒數量的影響。所以，除了著重出生嬰兒數量對研究所未來發展的影響，也應注意大學生入學數量的影響因素。

目前美國博士尋求教職的艱難程度，需視未來各出生年輪（Cohort）中入大學人數的變化而定。雖然許多出生年輪的數量較1960年代少18%左右，但是若大學入學比率由目前的35%增加至43%（ $35 \times 100 / 80 = 43$ ），則可幫助解決目前大學教員過多所面臨的困難。換言之，如果大學入學率每年能維持在比43%高出2%的水準，則過去一、二十年來的大學盛況仍可維持。

由上面的論述中可以明瞭大學入學率同時受人口因素與入學數量的影響（Keyfitz, 1972；1977）。本文乃試圖分析此二因素。假如在一個人口中，18歲至21歲是主要進入大學的人口，而此四個年齡組入學人數自1960年的960萬增加到1970年的1,470萬，增加約50%。我們可以分解此增加一倍的入學數量為兩部份，即

$$2.0 = (\text{人口比例}) \times (\text{入學比例}),$$

所以，入學率則是

$$2.0 / (\text{人口比例}) = 2.0 / 1.5 = 1.3$$

由上面的計算式中，我們假設人口因素是 1.5，而入學因素則為 1.3，每年入學數量之變化均可依此法分解，如果想要知道入學數量的增加是由某幾個年齡組人口數量增加的影響，則可依據 Keyfitz (1977) 的公式計算，

$$\text{因人口因素而增加的入學人數} = (\text{入學人數})_t \times \left[\frac{(\text{人口數量})_{t+1}}{(\text{人口數量})_t} \right] - (\text{入學人數})_t$$

另外，計算因入學率而增加的入學數量則為

$$[(\text{入學人數})_{t+1} - (\text{入學人數})_t] - (\text{因人口因素而增加的入學人數})$$

表一明顯指出，美國在 1960 年大學入學人數的增加，人口因素大於入學率因素。到了 1970 年代，入學率的因素僅佔入學人數的四分之一，其他四分之三則受人口因素影響而使入學人數增加。由最近美國人口統計局的人口推估資料顯示出，入學率必須增加兩倍才能彌補因大學學齡人口數量縮減所造成的後果。

我們也可進一步由高中入學率的變化來了解大學入學的情形，愈多的學齡人口進入高中，則未來入大學的人口有增加的可能性。1960 年代美國高中畢業生與 18 歲年齡組人口比例自 0.67 增至 0.76，但到 1970 年代，高中生入學人數之增加在比例上並無顯著改變。

類似此種的分解方式也可運用於研究所入學率上，全美國研究生自 1960 年的 34 萬 2 千

表一 大學入學人數變化的分解

年代	18 - 21 歲 人口數量	四年制大學 入學人數	入學人數增減之原因	
			人口因素	入學率因素
1960	9555	3131	1692	1467
1970	14719	6290	973	- 134
1976	16995	7129	222	220
1980	17524	7571		

資料來源：美國 1979 和 1982 - 83 統計摘要

人增加到 1970 年的 103 萬 1 千人。其中部份增加的原因歸諸於大學入學人數的增加，此部份的計算式為

$$342,000 \times \frac{1,780,000}{923,000} - 342,000 = 318,000$$

而其餘的 371,000 則為其他因素的影響。由表二可以看出 1970 年及 1980 年入學人數因素逐漸減少影響力。接下來，我們進一步討論人口增加率維持在固定常數下的情形。

表二 研究生入學率因素的分解

年代	大學生 入學人數	研究生 入學人數	由於入學人數 增加的影響	非入學人數 因素的影響
1960	3227	356	404	271
1970	6889	1031	455	- 401
1976	9927	1085	117	- 102
1980	10997	1100		

資料來源：美國 1979 及 1982 - 83 統計摘要

假設三萬五千個博士中有二萬人於畢業後從事教學工作，平均教書生涯是三十年，那麼在任何時間內，將有六十萬（ $20,000 \times 30 = 600,000$ ）個大學教員。如果師生比例是十五比一，那麼每個時間將有 900 萬個（ $600,000 \times 15 = 9,000,000$ ）學生可以受到大學教育。每個學生平均需時四年來完成學位，每個年輪將有 225 萬個學生。目前美國每個出生年輪的數量大約是 330 萬個嬰兒。如果死亡率是 3%（入大學之前），則將剩下 320 萬人至少可活到大學入學年齡。上述的 225 萬大學生則佔據 70% 的出生年輪人數。雖然這個百分比並非不可能，但實際上美國每個出生年輪中僅有 40% 的人進入大學；同時這個比例已是世界第一了。換句話說，上述例子說明了在靜止人口狀態下，每年所需的教職博士班畢業人數是 2 萬人。在我們所討論的計算方式中有幾個變數是需要仔細檢驗的。第一個是教職人數之百分比；據美國的統計數字顯示在 1962 年以前大約是 50% 以上的博士擔任教職，而最近的統計資料則顯示大約是 55%。如果我們採用 55%，則於 3 萬 5 千個博士畢業生中將有 1 萬 9 千 5 百個從事教學工作。

設若一位卅歲獲得博士學位而於六十歲退休，則可有卅年教學生涯。近幾年美國大學師生比例大約是十四到十六比一，如果將此比例降至十比一，則目前博士供給過剩的問題可獲得解決，不過這個解決途徑需靠增加高等教育預算方能達到。

上述的情況是發生在靜止人口狀態下，與近年來美國高等教育擴張的情況並不符合。大學擴張表示年輕教員增多，退休與死亡率則減少。美國在1972年有5.6%的教員年齡在61歲至65歲，而這些人將在未來五年內陸續退休，也就是平均每年有1.4%的教員退休。46歲到50歲的教員則大約佔了14%，如果他們也在未來15年至20年內退休，則平均每年將有2.8%退休。所有這些統計數字在靜止狀態中可與死亡率或退休率相比較，而平均服務年數的倒數即是退休百分比（類似靜止人口模式中的平均預期壽命 life expectancy 的倒數是粗死亡率）；例如平均服務年數是30年，則退休的百分比數即為3.3%（ $1/30$ ）。依據目前美國教員年齡結構，Keyfitz（1982）認為至少需二十年以上才能接近靜止狀況下的退休率。

假若一個大學每年的擴張率是7%。而師生年齡差距平均二十年，在此情況下教員新陳代謝的比例並非一比一，而可能是一比四。這是由於7%的擴張率可導致學校十年內增加一倍。如果維持在這樣的擴張率下，而若教員取得終身教職的年限是7年，取得教職後有二十八年的教學生涯，則終身教職與非終身教職的穩定比例可以表示為（Keyfitz, 1977）：

$$\int_0^7 e^{-0.07x} dx : \int_7^{35} e^{-0.07x} dx$$

大約是1比1.35。隨著靜止狀態的來臨，這個比例會逐漸降至1比4左右。由上述的例子可了解目前希望維持相等比例的終身教職與非終身教職的教員人數是很困難的，除非四分之三的非終身教職員在7年年限到時不再續聘。這是目前美國高等教育制度因人口因素而造成的一些問題與困難。

四、結 論

本文旨在分解出純人口因素對某些社會制度的影響。由於受限於統計資料，本文討論的內容以美國為主。如果台灣有所需的統計資料存在，則可運用本文中所討論的人口穩定理論分析台灣的一些社會福利制度及教育制度中，人口因素所造成的影響。本文指出美國於1960年代入學人數增加，其中一半以上的原因是由於出生年輪人數較前增多之故。剩下的影響因素則歸諸於入學率的提高，運用人口穩定理論分析教育制度可幫助了解過去的入學情況，進而能較精確預測未來入學的情況。關於社會保險制度方面，我們首先自穩定模式中找尋保險稅

在不同變數變化下的消耗情況，然後再從歷史資料及靜態模式中找尋它的變化情形。最後再依據 Keyfitz (1982) 的分析將社會保險稅收的變化歸為四個原因。

總而言之，本文旨在拋磚引玉，希望由數理人口學的觀點來討論並分解出人口數量本身的變化對某些社會制度的影響。

參 考 文 獻

一、中文部份

陳寬政、葉天鋒

- 1981 「日據時代以來台灣地區人口年齡組成之變遷：1905 - 1979」。第一屆歷史與中國社會變遷（中國社會史）研討會。中央研究院三民主義研究所。頁五〇五～五三〇。

二、英文部份

Coale, Ansley.

- 1972 *The Growth and Structure of Human Populations*. Princeton, NJ: Princeton University Press.

Preston, S. H.

- 1974 "Effects of Mortality Change on Stable Population Parameters," *Demography* 11: 119-130.

Preston, S. H.

- 1982 "Individual Life Cycles and Population Characteristics," *American Sociological Review* 47: 253-263.

Keyfitz, N.

- 1972 *Population Waves in Population Dynamics*. T.N.E. Greville. (ed.), New York: Academic Press.

Keyfitz, N.

- 1977 *Applied Mathematical Demography*. NY: John Wiley & Sons.

Keyfitz, N.

- 1981 "How Secure is Social Security?" *Working paper WP-81-101*. International Institute for Applied Systems Analysis, Laxenburg, Austria.

Keyfitz, N.

- 1982 *Population Change and Social Policy*. Cambridge, MA: Abt Books.

人口變遷與社會制度的關係

(中文摘要)

本文以人口穩定理論分析人口變遷對社會保險制度及教育制度之影響。因受資料之限制，本文採取美國為例，分析方法及解釋，可運用於台灣地區；尤其適當之社會與教育統計資料完備時。

POPULATION CHANGE AND SOCIAL ORGANIZATION

*Jow-ching Tu**

(ABSTRACT)

This paper examines the effect of demographic changes on social organizations. Due to data availability, this study applies stable population theory to the situation of the United States.

* Research Demographer, New York State Health Dept.
Research Associate, Center for Social and Demographic Analysis, State University of
New York at Albany.