

高等教育影響經濟成長之迴歸分析

羅家德

羅家德，1996年，「高等教育對經濟成長的影響」，*歐美研究*，26卷1期：35－60

Abstract

Human Capital Theory asserts that education can improve workers' productivity and thus bring them higher earnings. Screening Theory on the other hand, downplays the substantial economic benefits of education by arguing that credentials rather than greater productivity account for the higher income of more educated workers. Instead of focusing worker's performance, this paper examines the economic role played by higher education from another perspective. According to Averch, Druckers et. al., higher education provides the basis for developing technology, while technology is the engine of economic growth in the theories of Solow, Schumpeter et. al. This paper devises a model based on Solow's theory of economic growth to test the proposition that higher education brings economic growth via technology improvement. I combine two periods in the history of 22 economically advanced European and North American countries to form a pooled cross section-time series data, and utilize GLS to estimate the model and draw conclusions. The estimated coefficients converge in iterations, thereby confirming the proposition.

第一節 大學教育與文憑主義

1967年，社會學者 Peter M. Blau 與統計學者 Otis Dudley Duncan 合著了一本社會學界劃時代的作品 The American Occupational Structure，這本學術大著不但引進了路徑分析，開啟了社會學使用結構因果模型的世代，而且它指出教育是一個人取得社會經濟地位最主要的因素，在他們的地位取得模型中，已被解釋的百分之四十二的部份裏，百分之二十四可歸因於個人在求學上的努力，只有百分之十八是因為家世餘蔭的關係（P. 202）。隨後一連串的研究都支持這樣的論證，如 Sewell 等人（1975）作時間序列追蹤調查的研究，結果顯示教育亦是地位取得最相關的變數。另一本社會學內使用迴歸分析技術頗具代表性的著作 *Who Get Ahead?*（1973）無獨有偶也是研究地位取得問題，C. Jencks 在使用了多種不同的資料作迴歸分析之後，雖然強調不可解釋的「運氣」成份在一個人的成功歷程上扮演著第一重要的角色，但是一個人的智能如果沒有教育加以訓練，則對職業收入毫無貢獻（pp 110－115）。Keith Hope（1984）則以路徑模型作了美國與蘇格蘭兩地的比較，分別得到了相類似的結論。這一連串的研究顯示出歐美工業化社會是一個精英主義的社

會，高學歷高知識份子往往擁有較高的社經地位，取得比較有自主權與決策權的工作。

同時這項論証也獲得了經濟學的呼應。依據個體經濟學理論，一個人的薪資所得，在理論上，必須相當於這個人的邊際生產力。相對來說，高學歷帶來的高薪職業意味著，學校教育一定能提高這個人的邊際生產力，所以高學歷者以其高邊際生產力贏得較高的薪資。諾貝爾經濟學獎得主 Gary Becker (1964) 在同一時期提出了「家計生產函數」(Household Production Function) 與「人力資本理論」(Human Capital Theory, 實際上, Theodore Schultz 1963 首先引入此一觀念), 這個理論一方面把教育視為生產財而非消費財, 教育一如生產工具資本財一樣, 可以用來改善生產力, 另一方面, 這個理論不再把家計單位視作一個純消費單位, 除了作消費決策之外, 它也要負擔「人力資本」的投資決策。「人力資本」理論隨後獲得相當的重視並發揚光大, 除了引發一連串如上述的地位取得模型或收入函數 (Earnings Function) 的研究外, 也有很多經濟學家估計教育的需求函數 (Campbell 1967, Freeman 1971, et al.), 提出不少可檢証的理論模型, 並預測某級教育的需求率或某學科之需求率。教育投資遂被視為改善勞動生產力的資本財。

另一方面, 教育是否真的提高了勞工的工作表現? 一些文憑主義論者一直提出他們的質疑。Folger 和 Nam (1964) 研究二十世紀以來的工作變遷, 指出只有百分之十五的工作必須由學歷提高來適應工作內容的改變, 其他百分之八十五的工作其工作內容並沒有太大的變化, 原來學歷的工作者也可以勝任。在這百分之八十五的工作中, 依據 Berg (1970) 研究 1950 到 1960 年美國勞工部的資料, 提高工作人員的學歷並不能因此而增加勞動生產力, 換句話說提高學歷在這類工作中不但不是必需的, 並且是浪費的。而高學歷浪費的現象在大學男畢業生與高中女畢業生中尤其嚴重。他更進一步指出, 在銀行櫃臺人員、秘書、工廠技師、銷售人員等等工作中, 高中畢業生反而表現的最好, 優於高中以下者, 也優於大學畢業生。而需要高學歷的研究或專業領域裏, 以工程師為例, 博士學位者明顯地表現最好, 但碩士、學士與學士以下者則無明顯的優劣之別。另外一連串的研究 (Sharp 1970, Jencks & Riesman 1968, Perrucci & Perrucci 1970) 指出在管理、工程、科研、醫療領域內, 一個人大學時期的功課表現與他日後的職業成功並不明顯相關, 雖然工程師中, 大學績優生比較會留在本業內, 但薪水上, 他們絲毫不比「壞學生」表現的更成功。這些研究質疑著大學教育是否已過度擴充? 必竟在大多數的工作領域內, 提昇教育水準並不是必需的, 也無助於改善勞工的工作表現。少數必需高教育水準的工作, 大學教育的學生成績也不必然與其工作表現相關, 所以大學教育的內容與生產力之間的關係是值得懷疑的。

如果大學教育並不能創造更高的生產力, 為什麼社會願以高薪高職位聘請大學畢業生呢? 為什麼大學教育是歐美工業社會內一個人取得高社經地位的關鍵因素呢? 很多實証研究証實了高學歷帶來高的個人報酬率 (Private Return to Education), 卻無法解釋為什麼。依據個體經濟學理論, 在競爭性均衡 (Competitive Equilibrium) 下, 資源可以發揮最高效率, 資源的報酬率要等

於它的邊際生產力，人力資源亦復如此，是真的嗎？文憑主義 (Credentialism or Screening Theory) 論者提出了不同的觀點，以為公司用人著重某些人格特質與能力，尤其是可被訓練的能力，學歷正好可以作為這些能力的證明，所以學校教育雖不能實質創造生產力，但卻可以作為判斷員工好壞的依據 (Taubman and Wales 1974)。衝突學派社會學者 Randall Collins 以衝突理論 (1975) 的觀點出發，以為這是階級衝突的結果。在其所著的文憑社會 (Credential Society 1979) 一書中，Collins 立論指出教育資源往往為較高階層的人所專擅，透過高學歷的取得，高社經地位可以合理地從上一代傳承給下一代。尤其在美國，不同種族與不同宗教之間有著很大的文化差異，不同階層之間也有著生活、價值上的差距，教育系統往往反應了主流社會的文化，透過教育系統的篩選，主流社會內較高階層的子弟往往可以取得較高的學歷。在文憑主義社會中，不管正式學校教育是否有助於個人的工作表現，文憑合法化了好工作的取得與較快速的升遷，所以社會中上階層的第二代可以透過就學與高學歷合情合理地取得高社經地位。換句話說，教育，尤其是大學或大學以上的教育，是階級地位跨代遺傳的工具。

大學教育真的和經濟生產力不相關或低度相關嗎？其實這些文憑主義的論証都只限於大學教育與個人職業表現之間的研究¹。「人力資本」理論對這些論証亦有反駁，如 Fagerlind (1975) 以 33 年長期追蹤資料控制智商因素後去檢視學校教育在長時間中的工作表現、昇遷與所得收入，Layard and Psacharopoulos (1974) 則指出學校教育在工作十至十五年間會帶來最大的報酬，換言之，高學歷者往往在工作表現上受到賞識而昇遷。撇開這些個人報酬率的研究不談，大學教育的經濟功能也不限於提昇個人職業表現而已，它也有增加社會報酬 (Social Return to Education) 的功能。除去那些文化、藝術、社會風氣等非經濟性的報酬，大學教育一直背負著科學科技的創新與傳播的使命，而科技改進則是經濟生產力成長的主要因素。一如 Harvey A. Averch (1985 p.157) 所言，在一個科技發展快速的社會裏，掌握多樣化知識的能力是一個人作公私決策不可或缺的能力，尤其要作一個有效的公共政策，掌握各種科學知識更是成敗關鍵。而大學教育不但是這些科學、科技創新的重要來源，也是這些創新主要的傳播媒介。現代大學教育的設計，正是一方面集聚一群學者從事各方面知識最前沿的研究，另一方面又在課堂上把這些新研究傳播出去。學生在大學中所學的不只是專業工作能力而已，另外，吸納新知識的能力也是大學訓練的重點。大學教育與科學、科技之間的關係，以及科技創新與總體經濟成長之間的關係，早為許多學者所注意，以下的兩個命題在總體層面上揭示了大學教育對經濟生產力的影響。

(一) 科技發展是經濟生產力成長的主要因素

早在二零年代，經濟學家 Schumpeter 在研究景氣循環時就指出，新技術是推動經濟成長的主要力量。諾貝爾經濟學獎得主 Solow 在其得獎論文

¹ 很多反人力資本理論的論據其實並不來自文憑主義論者，而是來自人力資本論者本身，只是他們的實証結果不但無法肯証人力資本理論的命題，反而成了「異例」(Anomaly)，造成 Mark Blaug 所謂的人力資本理論的危機，以及文憑主義這些替代方案的興起。

Technical Change and The Aggregate Production Function (1957) 中，以 Solow 經濟成長模型推估各生產要素對經濟成長的貢獻，結果指出只有百分之十三可歸因於勞動力成長或資本累積，而百分之八十七是「其他因素」的貢獻，其他因素，據 Solow 闡釋，主要指的是技術改變。另一位經濟學家 Denison (1965) 則以生產函數與美國資料直接推估技術對經濟生產力的貢獻，結論指出從 1929 年到 1957 年經濟成長的 20% 可歸功於技術改進，而從 1950 到 1962 年這項貢獻提昇到 23%。Harvey A. Averch (1985) 認為技術改進貢獻了百分之三十的經濟成長，應該是一個多數學者都能接受的起碼數字。

(二) 大學教育是技術改進的溫床

科學研究與大學教育會從純學術工作變成經濟生產力的關鍵性因素，深受二十世紀幾個重要趨勢所影響。

(1) 科學與技術的融合

十九世紀五零年代中間，英國化學家 William Henry Perkin 第一次在煤礦中提煉出染料，自此以後工藝技術漸漸與工匠 (Craftman) 分家，而與科學家相結合，成為應用科學。經過十九世紀末的德國與二十世紀初的美國的蓬勃發展，應用科學的研究在大學中逐漸制度化，而且成為顯學，深深地與工業生產相結合 (Kranzberg 1967)。到了 1987 年的美國，研發產業 (Research & Development, 簡稱 R&D) 成為一年投入一千一百八十億美元的大型產業 (1987 Statistical Abstract of The United States)。

(2) 管理科學的興起

自從泰勒提出分工理論與生產泰勒化之後，管理科學化成為二十世紀的代表性運動 (Bendix 1966)，福特的生產線生產開啟了大量生產的時代，通用汽車引進應用數學從事工業工程管理規劃，則建立了科學管理的新里程碑，兩者都是創新勞動過程 (Labor Process) 的典範。勞動過程的不斷改良遂成為提高生產力不可或缺的利器，同時這也需要大量的高級勞動力制度化地從事研究、規劃與推廣。

(3) 研發從單打獨鬥的研究變成大組織、大型計劃的研究

二十世紀初葉以前的研發，即使是飛機、電話、汽車，還都是個人的傑作，與萊特、貝爾、賓士的名字密切相連，不可區分。但自三零年代以降，各種科學整合在一起從事科研漸成趨勢，科技產品也日益複雜，如今貝爾實驗室、IBM 實驗室、美國太空總署等動輒擁有數千名科學人才，而一架太空梭或一臺超級電腦也整合了數以千計的腦力智慧始得完成。這個趨勢更進一步帶動了建教合作，大學內各種科學人才的粹聚成為大型研發的優良場所，大學也往往擔負了很大一部份的研發責任，麻省理工學院之於波士頓一二八公路區，史坦佛大學之於舊金山矽谷，就是大學支援工業研發最成功的例子 (Saxenian 1994)。

(4) 知識工人的大量需求造成對大學教育的需求

研究發展、科學管理與專業工作創造了一群知識工人 (Drucker 1969)，成為二戰之後新興耀眼的新階層。如今這個新階層正在不斷地擴大它的人數與影響力，在美國，研發產業雇用了三百萬的勞力，而科學管理則要求一年七萬的管理碩士 (MBA, Master of Business Administration) 加入改良勞動過程的行列 (1987 Statistical Abstract of The United States)，這些人才都有待大學提供。

以上所述雖然都是觀察美國的實際狀況得到的趨勢，但是証諸歐美先進工業社會，這些趨勢是普遍存在的。

以個體經濟的角度而論，個別大學畢業生在中多數不需要高技術的行業內，如銀行員、秘書、技師、推銷員，平均的工作表現並不一定強於其他學歷者，所以高學歷在很大一部份的狀況下似乎是浪費的。但從總體經濟的角度觀之，高等教育作為一個整體系統，卻是支援科學技術研發與勞動過程改良的主要力量。以研發為例，美國在1986年，百分之五十六的基礎科學研究經費歸入大學之中 (133億2千5百萬中 74億5千萬給了大學，1986 Statistical Abstract of The United States)。而一般論之，美國政府一年支援科研的 70 億美元經費裏總有近百分之六十交由大學負責科學研究，以 1984 年為例，66億1千5百萬的經費中有 39億5千8百萬投資在大學的研究室裏 (1984 Statistic of Federal Funds for Research and Development)。至於民間的工業研發也有 6%的投資是藉由建教合作獲致科研成果的 (1986年 954億7千5百萬的大產業中大學分得了 54億5千萬的投資，1987 Statistical Abstract of The United States)。

大學教育作為一個支援系統，其功能不止於直接參予科技研發與科學管理而已，更重要的，它是一個負責人才篩選與培育的系統。以美國研發產業的研究人員為例，9.6%有博士學位，26.2%有碩士學位，54.9%是大學畢業生，受過高等教育的佔了九成以上 (Phillips and Shen 1982)。而大學中從事科研或研發的主要人員——亦即教授和研究生——更是高等教育的受惠者。大學教育作為一個整體，很難將其切割成過度擴張造成浪費的部份與支援科研必須培植的部份。這個系統篩選出適合科技研發與科學管理的人才，只有系統的擴張才能擴大篩選培育的功能，提供經濟成長必要的高級人力資源。至於那些轉任銀行員、行政幹事、銷售員、技師的大學畢業生，我們能夠從他們的平均工作表現就斷定大學教育在他們身上是浪費的嗎？既然大學的訓練主要在於新知的傳播與吸收新知能力的培養，一如 Averch 所言，對科學新知的認識是從事公私決策不可或缺的能力，所以在科技變化日新月異的現代社會裏，當「內部勞力市場」 (Internal Labor Market) 選一個技術操作性的從業人員晉昇為有決策權的經理人員時，大學教育訓練似乎仍是十分有用的考量。

在總體經濟上，教育的社會報酬率也曾被大量討論過 (如 George Psacharopoulos 1980)，只是實証限於個人報酬的加總 (文憑主義論者會認為這個社會報酬並不真的等於總體經濟生產力)，高等教育的外部性則人說紛紛，莫衷一是 (Blaug 1992)。理論上在各種生產資源自由競爭的經濟內，教育的社會投資應該要等於它的邊際生產力，以期得到生產資源報酬極大化。但是

這一點卻無法被証實，因為教育在先進國家中仍然為政府所壟斷，並不曾在自由市場上競爭資源，並得到競爭性均衡 (Blaug 1992)。至於政府的教育投資規劃是否會依照極大化社會福利的觀點，投資教育到它的邊際投資等於它的邊際生產力？恐怕也很難找到這麼理性的政府。

當文憑主義論者質疑教育的個人報酬率不等於個人邊際生產力時，教育的社會投資是否相當於它的總體經濟生產力呢？依據 Griliches (1988) 對研發產業的研究，研發投資的生產力高於任何其他種類的資本投資。根據以上所述，很多學者肯定了大學教育在歐美工業先進社會內對技術改進的影響，包括了科學工藝技術與科學管理技術的改進，高等教育投資透過技術改進必然顯著地增加總體經濟生產力。綜合這些論述可以得到一個待檢証的命題：

高等教育擴充——>技術改進——>增加總體經濟生產力 (i)

換句話說，高等教育的擴充正向影響經濟成長。教育與經濟成長的研究在60年代曾有一些發展，如 Harbison and Meyers (1964) 的研究，把全世界國寫分成四類，在四個類別中，分別求取教育入學率與經濟成長率的線性關係。不過他們以線性相關研究這兩者之間的關係，得到的結論不盡理想，正是本文欲改進的地方。70年代初，總合生產函數受到 Edward F. Denison (1974) 等人的質疑，這類研究戛然而止。Mark Blaug 以為他們的質疑並不該影響到這類研究 (1992, p 7)。八零年代，George Psacharopoulos (1984 1992) 復使用總合生產函數計量教育入學率對經濟成長的影響，不過實証模型中，他把教育訓練視為勞動力改進的一部份，本文的模型有所不同，因為以下的實証是把高等教育視為技術改進的一部份。

下面我將以歐美二十二個先進工業國家的資料檢証這個命題假設。

第二節 理論模型指定與資料指定

(一) 理論模型指定

本文主要貢獻在於試圖以計量方式檢証歐美先進工業國家中高等教育的擴充與經濟成長之間的關係。而探討的重點則在於中介變數「技術改進」一項。高等教育與總體經濟生產力之間的關係是極為複雜的現象，因果路徑也絕非一條路徑，甚至在長時間觀察上，這兩個變數是互為因果的。本文選用 Solow 經濟成長模型為基礎發展檢証上述命題的理論模型，主要是因為在經濟成長模型中，Solow 特別注重技術改進的效果，另一方面，跨國總體經濟資料往往是小樣本資料，以本文為例，只有二十二個樣本點，合併兩個時期資料成為跨區間—時間數列混合資料 (Cross-section Time-series Pooled Data)，也只有四十四個樣本點，以如此少量的樣本並不合適檢証複雜的模型，而 Solow 經濟成長模型的簡單與解釋能力的強大，正好適合小樣本資料的檢証。有一些經濟學者所作技術改進方面的研究，如 Romer (1986) 對研發投資與研發成果的理論，導演出較為複雜的模型，如能演繹成總體研發投資與總體技術改進的模型，必對高等教育投資的研究有正面而重大之貢獻。不過本文欲以跨國比較資

料作計量研究，所使用資料之樣本小，並不適合複雜模型的檢定，所以 Solow 模型不失為一個良好的選擇。

Solow 把經濟生產視為三個因素的組合，勞力數量、資本數量與其他經濟社會因素的狀況，而其他因素主要指的是生產技術水準。他設定一個經濟的總和生產量 (Aggregate Product) Q 為：

$$Q = A(t)f(K, L)$$

$f(K, L)$ 是一個社會的總和生產函數 (aggregate production function)，是一個勞力與資本的函數。 $A(t)$ 是當時技術水準。 t 是時間。

兩邊對時間全微分，並除以 Q 得到：

$$\frac{\dot{Q}}{Q} = \frac{\dot{A}}{A} + \frac{\partial f}{\partial K} \frac{\dot{K}}{K} + \frac{\partial f}{\partial L} \frac{\dot{L}}{L} \quad (\text{ii})$$

定義 $w_k = \partial Q / \partial K \cdot K / Q$ ，亦即資本存量之改變影響總和產出的係數。定義 $w_l = \partial Q / \partial L \cdot L / Q$ ，亦即總和勞動力的改變影響總和產出的係數。將這些代入上述之方程式 (ii)，將得到：

$$\frac{\dot{Q}}{Q} = \frac{\dot{A}}{A} + w_k \frac{\dot{K}}{K} + w_l \frac{\dot{L}}{L}$$

其中 $w_k + w_l = 1$ 。讓我們定義 $Q/L = q$ ，亦即每個勞動力的平均產出，或稱勞動生產力。並定義 $K/L = k$ ，亦即每個勞動力的平均使用資本。把方程式

$$Q/L = q \quad \text{兩邊取對數並全微分，我們可以得到} \quad \dot{q}/q = \dot{Q}/Q - \dot{L}/L$$

$$K/L = k \quad \text{兩邊取對數並全微分，我們可以得到} \quad \dot{k}/k = \dot{K}/K - \dot{L}/L$$

$$\dot{q}/q = \dot{A}/A + w_k \dot{k}/k \quad (\text{iii})$$

q 是 GDP/每個勞動力，亦即全國平均勞動生產力。 k 是平均每個勞動力使用資本量。如果我們假設勞動力佔人口之一定比例，並呈相同比例成長，亦即勞動力對人口之比例是一個常數，不隨時間改變，則方程式 (iii) 中之 q 可被視為 GDP/每人，或所謂的每人平均所得。 k 是每人平均使用資本量。

\dot{q}/q 就是每人平均所得成長率，亦即扣除勞力變動因素的實質經濟成長。

\dot{k}/k 是每人平均使用資本成長率。 \dot{A}/A 是技術水準成長率，也就是技術改進的

速度。Solow 經濟成長模型經過導演並加上勞動力佔人口比例不變的假設，其理論指出每人平均所得成長率受兩個因素之影響，分別是每人平均使用資本成長率以及技術改進速率。

以此理論模型為基礎，本文以 Cobb-Douglas 生產函數 (Cobb-Douglas production function) 代入 Solow 總和生產函數。高等教育依據上述論證，應和技術水準正向相關，本文假設兩者之間不是線性關係，而呈現指數關係，以數式表達：

$$A(t) = f(E(t)) = E(t)^x \quad x > 0 \quad (iv)$$

$A(t)$ 是技術狀況， $E(t)$ 是高等教育水準， x 是兩變數間關係係數，函數型態為指數函數，而非線性函數。實際上，高等教育並不是影響技術狀況的唯一因素，依據 Denison (1967, pp 279–296) 之見解，除了高等教育之外，影響技術狀況最直接的因子仍然是研發能力，亦即僱用研發人員從事研發的數量與質量 (研發投資也是 Romer (1986) 建構知識創新模型的主要自變項)。Denison 還指出比較次要的因子是自國外輸入技術的能力。研發能力主要表現在一國研發人力的數量與質量上，如上第一節之 (二) 所述，研發人力九成以上來自高等教育，所以研發能力也是高等教育的函數。一方面兩者之間的函數關係欠缺理論模型，另一方面本文目的在作歐美先進國家之跨國比較，樣本量小，不適用於估計複雜模型。為簡化模型起見，本文視研發人力數量與質量為高等教育之函數，亦即研發投資 $R\&D = R\&D(E(t))$ 。另一方面，研發人力數量與質量也是高等教育影響技術狀況的中介變數 (Intervenning Variable)，綜合這項間接效果與高等教育對技術改進的直接效果，本文以簡單的指數關係表達總效果， $A(t) = g(E(t))$ $R\&D(E(t)) = f(E(t)) = E(t)^x$ ，關係係數 x 表示總效果，在簡單模型中，不再分解 (Decompose) 成直接效果與透過 $R\&D$ 的間接效果。

x 大於 1，則表示高等教育擴張時，技術水準以加速度改進其生產效率，教育投資越多，技術改進的加速度也愈高。如果 x 等於 1，則技術改進和高等教育擴張呈線性關係，而且是一比一同步成長。如果 x 小於 1，技術水準的改進趕不上高等教育的投資，而以較慢的成長率改善其生產效率，而且教育投資愈多，技術改進的速度也愈慢。

代入 Cobb-Douglas 生產函數的 Solow 經濟成長模型是：

$$Q(A K L t) = A(t)K^sL^{1-s} \quad (v)$$

(v) 式兩邊各除以勞動力 L ，並代入 (iv) 式，亦即 $A(t) = E(t)^x$ ，我們可以得到：

$$\begin{aligned} Q/L &= A(t) (K/L)^s \\ \text{-----} > \quad q &= E(t)^x k^s \\ \text{-----} > \quad \log q &= x \log E(t) + s \log k \end{aligned} \quad (vi)$$

(vi) 式兩邊微分

· · ·

$$q/q = x * E/E + s * k/k \quad (vii)$$

q/q 是平均每人所得成長率。 E/E 是高等教育成長率。 k/k 是每人平均使用資

本成長率，不考慮折舊因素下，資本增加即是投資，因此 k/k 亦是每人平均投資率。我們可以看到若以線性迴歸方程式檢証 (i) 式命題，必須以平均每人所得成長率為應變項，而以高等教育成長率為自變項。若想直接檢証高等教育普及率與個人平均所得之間的關係，則必須使用非線性（指數函數）迴歸模型。

以 Solow 經濟成長模型為基礎，本文加入兩個假設 (1) 勞動力與人口之比例是一個常數，(2) 高等教育水準與技術水準呈現指數相關，經過導演，指定出檢証本文命題之理論模型：

$$\dot{q}/q = b_1 \dot{E}/E + b_2 \dot{k}/k + u \quad (viii)$$

H_1 待檢証之假設： $b_1 > 0$

H_0 替代假設： $b_1 < 0$ 或 $b_1 = 0$

二、資料與變數

本文借以檢証式 (viii) 之假設的資料為政治經濟指標之世界手冊 (World Handbook of Political and Social Indicators) 第三冊 (簡稱 World Handbook III)。此一資料為德國之大學所收集，現收錄於 ICPSR 之中。全冊資料分為二卷，第一卷羅列了全世界一百五十五個國家之總體經濟、社會、政治之各項指標。第二卷則包括了一百三十九個國家的政治變化與政治抗爭事件的資料。因為政治經濟指標之世界手冊不只有經濟方面的資料，其它各種社會、政治、教育指標亦十分完整，在本文作指定尋找的階段裏能提供各期各樣指標，所以政治經濟指標之世界手冊很合適本文使用。

因為本文待檢証之命題是高等教育透過技術改進對經濟成長的影響，在第一節中所羅列這方面的論述都是研究歐美先進工業國家，尤其集中在對美國社會的探討。對工業技術後進國家而言，技術改進主要依賴海外輸入，而技術輸入與大學教育之間的關係，需要其他的理論加以剖析，不在本文檢証的範圍之內。所以本文欲作的跨國比較計量分析限制於已開發工業國家，這也是本文所述命題與理論模型的範圍條件 (Scope Condition or Qualification)，換言之，資料的收集必須在上述範圍條件之內。為了選取適當的資料，本文為工業先進國家設定了兩個選取標準，一是 1970 年時平均國民所得必須高於二千五百美元，這個門檻是蘇聯的平均國民所得，以此門檻排除那些工業落後低所得的國家。另一標準是製造業生產佔全國總產值 29% 以上，這個門檻是美國的製造業比重，以此門檻排除那些實際上技術落後的石油富國。通過此二標準的國家在一百五十五筆資料中共有二十四個國家。其中除了日本與以色列外，其他都是歐美先進工業國家，包括共產國家四國，蘇聯、東德、波蘭與捷克，以及澳洲二國澳大利亞和紐西蘭。在所需要的變數中，有兩國西班牙與捷克有遺失數據，所以真正能加入跨國分析的樣本點只有二十二個。

上述式 (viii) 之理論模型雖然只指定了兩個自變數，但是二十二筆資料對兩個變數而言仍嫌太少，因為參數估計值在這麼少樣本的情況下仍然處在不穩定階段 (Transient Stage，當估計一個迴歸參數時，需要樣本量二十五個以上，估計值才會漸趨穩定)，所以有必要加大樣本量，以獲取穩定的估計值。本文處理這個問題的方法是把前後兩個時期的資料加以合併，形成跨區間—時間數列混合資料，如此就有四十四筆資料可作分析，可以獲得較穩定而且較有信度的估計值。本文要用經濟成長率作為應變項，因此選了三個定點觀察經濟成長的情況，分別是 1965 到 1970 的經濟成長率，以及 1970 到 1975 的經濟成長率。政治經濟指標之世界手冊以每五年為一期收錄各國各期資料，可惜收錄到 1978 年之後戛然而止，所以沒有更新的資料。

自變項方面，本文自變數的選取採用了應變數前期的資料，所以不會產生因果結構模型中自變數內生 (endogeneity) 的問題。否則，因為經濟成長反過來也會影響教育投資以及資本投資，如果用同期的資料，會有變數間相互影響的問題。實際上，高等教育成長透過技術改進而影響個人平均所得成長，原本就因為時間落差 (Time Lag) 的原故，應該取前期資料以為自變數。但是本期的經濟成長又會增加下一期的高等教育投資，間接地增加了下二期的經濟成長，這個高等教育成長與經濟成長互為因果，又互有時間落差的聯立方程式，如果用總體經濟時間序列資料來估計，最好的選擇是 VAR 模型 (Vector AutoRegressive Model)。本文用的是兩期之跨國資料，以跨區間資料為主，時間序列的期數太少，目前統計理論尚未以這類資料估計 VAR 模型，是以本文無法擴大模型探討兩變數間互為因果的情況。

下面簡介三個變數的計算方式：

(1) GNP GROW：把兩個時期的平均每人所得成長率合併在一塊形成一個變數，兩個時期分別是：

1965 到 1970 平均每年經濟成長率： $[(\text{GNP } 1970 / \text{每人} - \text{GNP } 1965 / \text{每人}) \div \text{GNP } 1965 / \text{每人} \div 5] * 100\%$

1970 到 1975 平均每年經濟成長率： $[(\text{GNP } 1975 / \text{每人} - \text{GNP } 1970 / \text{每人}) \div \text{GNP } 1970 / \text{每人} \div 5] * 100\%$

以上 GNP 計算皆以 1975 年美元為計算標準

(2) EDUC GROW：把兩個時期的高等教育成長率合併在一塊形成一個變數，兩個時期分別是：

1950 到 1955 平均每年高等教育成長率： $[(1955 \text{ 高等教育入學率} - 1950 \text{ 高等教育入學率}) \div 1950 \text{ 高等教育入學率} \div 5] * 100\%$

1955 到 1960 平均每年高等教育成長率： $[(1960 \text{ 高等教育入學率} - 1955 \text{ 高等教育入學率}) \div 1955 \text{ 高等教育入學率} \div 5] * 100\%$

入學率以每一百萬人受高等教育之人數為比率

本文在經濟成長與高等教育成長之間選取了十五年的時間落差 (Time Lag)，亦即假設高等教育投資十五年之後，會產生技術改進與經濟成長的效果。至於高等教育定義，本文依 World Handbook III 之定義為準，以各國第三級學校（一般而言是四年制大學）或以上學校（研究所）為高等教育。

(3) INVEST：把兩個時期的每人投資率，亦即每人使用資本成長率（不考慮折舊因素）合併在一塊形成一個變數，兩個時期分別是：

1965 年每人投資／每人所得

1970 年每人投資／每人所得

原本指定的變數應是 每人投資／每人使用資本，可惜 World Handbook III 上沒有每人使用資本之資料，不得已只有使用每人所得替代。欲使用此一替代變數，必先假定不同國家的每人使用資本除以每人所得是一個相同的常數。因為各分析樣本皆為工業先進國家，所使用之技術水準相去不遠，所以此一假設雖非事實，但應該可以被接受。

本文假設了資本投資下去到經濟成果增加出來的時間落差是五年，也就是個人平均使用資本成長在一期（在 World Handbook III 上一期是五年）之後反應在經濟成長上。同時本文也假設高等教育成長對經濟成長的影響力有十五年之時間落差。這兩個時間落差的選定並未依據任何理論，而是來自於資料分析。本文以 1965—1970 成長率為應變數（亦即本文估計模型所用資料之前一期資料），以不同時間落差的自變數組成多個模型，並從事模型選擇 (Model Selection, 請參考 Draper Smith)，選出解釋能力最強的模型。借著這種指定尋找 (Specification Searches) 的方式，發覺高等教育投資與資本投資的時間落差分別是十五年與五年，估計效果會最好。

下面是各主要變數的描述性統計：

TABLE 1 主要變數之描述性統計

變數名稱	變數定義	(%) 平均數	(%) 極小值	(%) 極大值
GNPGROW	GNP／每人每年平均成長率			
	自 65 至 70 以及自 '70 到 '75	2.9 4.6	0.7 -0.2	5.8 7.3
EDUCGROW	平均高等教育成長率			
	自 50 至 55 以及自 '55 到 '60	2.99 6.82	-10.0 -3.18	22.5 19.3
INVEST	每人投資／每人所得 '65 以及 '70	23.0	15.0	31.0

註：以上數字皆為百分比

第三節 模型估計

(一) 資料檢查與補救方法

(1) 異質變異數問題 (Heteroscedasticity)

為了檢查清楚異質變異數問題，本文在使用 OLS 估計模型（見第三節之（二））之後，求得的殘差值對兩個自變數——教育成長率與資本成長率——分別作殘差值圖（residuals plot，參考 Draper Smith P.147），可以看出殘差值並無喇叭狀或蝴蝶結狀之分佈。另外本文也用了 White Test (White 1980) 再一次檢証，得到 Chisquare Value = 4.8891，在自由度 3，顯著水準 0.95 之下，接受 Null Hypothesis：所有變異數相同。實証如預期的，資料並無異質變異數問題。本文所使用之資料為因為皆是歐美先進工業國的資料，同質性很高，異質變異數問題較常出現在分群資料 (Grouped Data) 中，所以本文之資料沒有誤差項變異數不一致的情況出現，檢定結果是很合理的。

(2) 資料自我相關問題 (Autocorrelation)

本文用以檢証假設命題的資料是跨國資料，各國之間並不前後相關，所以不會有資料自我相關問題。只是本文為了加大樣本數，結合了二十二國兩時期之資料，形成跨區間—時間數列混合資料，所以資料的第一筆是美國，第二十三筆也是美國，第二筆是英國，第二十四筆也是英國，……。國與國間的跨國資料一般而論不會相關，但美國的前一期資料則往往和後一期資料相關，這就是自我相關 (Autocorrelation) 的問題。本文所用跨區間—時間數列混合資料，每隔二十二筆資料，相同國家即出現一次，換言之，這些資料中有二十二階自我相關的問題。如果用古典最小平方法 (OLS) 去估計式 (viii) 之參數，會得到偏差估計式。所以為了獲得不偏估計式，本文使用一般化最小平方法 (GLS, General Least Square) 來估計參數，把隨機變數的變異數—互變數矩陣 (Variance-Covariance Matrix) 放入估計式中，以修正二十二階自我相關造成的偏差。求得二十二階自我相關變異數—互變數矩陣的步驟是：

(1) 第一步仍然以 OLS 估計 (viii) 迴歸線方程式之參數 b_1 與 b_2 ，以得到殘差值 e (residuals)，並以殘差值推估迴歸模型的隨機變項 u (random items)。

(2) 第二步，以這四十四個殘差值為資料，用 OLS 估計下列迴歸線方程式 (ix) 之參數 f ：

$$e_t = fe_{t-22} + v_t \quad (ix)$$

e 是殘差項， f 是二十二階自我相關係數。借此方法可以得到二十二階自我相關係數的估計值。

(3) 以 f 代入下列之 44x44 矩陣：

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 & \dots & f & 0 & 0 & \dots \\ 0 & 1 & 0 & \dots & f & 0 & \dots \end{pmatrix}$$

$$E(ee') = \begin{matrix} . & 0 & . & 0 & . & . & . & 0 & . & e_{23} \\ . & . & . & 1 & 0 & 0 & 0 & f & . & \swarrow \\ f & 0 & 0 & . & 1 & 0 & . & . & f & \searrow \\ 0 & f & 0 & . & . & . & . & . & . & \\ 0 & 0 & . & 0 & . & . & 1 & . & . & \\ . & 0 & f & . & . & . & . & . & . & \end{matrix} = Q$$

可以得到隨機變項 u 之變異數－互變數矩陣 Q 。以 Q 代入 GLS，反覆 (iteration) 推估，即可得到不偏估計式。

(二) OLS 估計結果

本文欲檢証之理論模型與假設如下所述：

$$\text{GNPGROW} = b_1 \text{EDUGROW} + b_2 \text{INVEST} + u$$

H_1 待檢証之假設： $b_1 > 0$

H_0 替代假設： $b_1 < 0$ 或 $b_1 = 0$

第一步使用 OLS 推估此一模型以求得殘差項，結果得到：

TABLE 2 OLS 估計式所得結果

被解釋變數：平均每年經濟成長率

解釋變數	估計值	t 值	PROB> T
平均高等教育成長率	0.0869	2.069	0.045 **
每人使用資本成長率	0.1381	9.687	0.001 ***
總計四十四個樣本，自由度 42 以上全為單尾檢定			
* 顯著水準 = 0.1 ** 顯著水準 = .05 *** 顯著水準 = 0.01			
$R^2 = .8203$ Adjusted $R^2 = .8117$			

(三) 再檢查模型

取得 OLS 估計值後，利用殘差值 (Residual) 及共變數矩陣 (Covariance Matrix) 作下述兩項檢定

(1) 非線性檢定 (Non-Linearity)

以 OLS 求得的殘差值對自變數--高等教育成長率與每人使用資本成長率--作殘差值圖 (residuals plot)，可以看出殘差值已呈隨機分佈，自變數與應變數間並無非線性關係存在。

(2) 檢查自變數間相關 (Multi-Collinearity)

EDUCGROW 與 INVEST 兩變數之間的 Person 相關係數為 0.0862

在顯著水準 0.05 之下，EDUCGROW 與 INVEST 不顯著相關。

(四) GLS 估計結果

然後以 OLS 求得之殘差值推估二十二階自我相關係數，以 GLS 反覆估計模型參數。估計結果收斂，經過四次反覆 (Iterations)，自我相關係數收斂至 -0.117，參數 b_1 估計值前後差不到 0.001，遂停止反覆估計，得到經過修正的不偏估計式，結果報告如下：

TABLE 3 GLS 估計式所得結果

被解釋變數：平均每年經濟成長率

解釋變數	估計值	t 值	PROB> T
平均高等教育成長率	0.0882	2.147	0.038 **
每人使用資本成長率	0.1200	8.993	0.001 ***

總計四十四個樣本，自由度 42
以上全為單尾檢定
* 顯著水準 = 0.1 ** 顯著水準 = .05 *** 顯著水準 = 0.01
二十二階自我相關係數縮減到 -0.117 迴歸係數差異縮減到 0.001

第四節 結論

(一) 模型估計結果之解釋

由 Table 3 中，可以看到，高等教育成長率正向顯著地影響個人平均所得成長率，不過迴歸係數是 0.09，在顯著水準 0.05 單尾檢定下，顯著大於零。雖未經過檢証，但似乎也可以確定，一定小於一。換言之，高等教育擴張在歐美國家先進國家中確實正向影響經濟成長，但是當高等教育投資愈多，技術改進的加速度也愈慢。高等教育的投資會帶來個人平均生產力的成長，只是對技術改進的投資報酬率呈遞減狀況。

另一個變數，個人平均使用資本的增加，在本文中是控制變數 (Control variable)，結果影響力亦十分顯著。在 Solow 經濟成長模型中，按照理論它是一個顯著的因子，本文也肯証了這個假設。

(二) 未來研究方向

本研究之宗旨在比較歐美先進國家高等教育擴張與個人平均所得成長的關係，而全研究的著眼點則在於中介變數技術改進一項，把技術改進視為高等教育擴張的函數，同時透過 Solow 經濟成長模型對技術改進的探討，而把高等教育擴張建入經濟成長模型之中。這個研究固然著重高等教育在技術改進上的功能，但高等教育對總體經濟的貢獻卻不止於此一端，更多的研究探討了高等教

育對勞動力品質的改善（如 Psacharopoulos 等）。本文與這些研究是互補的，而非相互競爭模型，因此並不排斥其它的觀點看待此一問題。

本文所用跨國比較研究的優點在於能夠看出是否投資高等教育多的工業先進國，其經濟成長也較好？然而歐美工業先進國家國數有限，不免樣本較小，為求取穩定（Stable）估計值，理論模型趨於簡單。在本研究中，如果資料數量許可，模型可以改善之處仍有。一是技術狀況與高等教育之間的函數關係，如果能把中介變數「研發能力」引入，導演出三個變數的因果函數型態，將會是改善模型的一個重大方向。另外自 Solow 提出他的經濟成長模型之後，經濟成長理論復有持續發展，長期經濟成長因素除了供給面的技術改進、資本投入與勞力投入之外，其它因素如資本投入背後的儲蓄與投資（如 Kaldor's Model 與 Steady-State Growth），需求面的總和需求增加（Keynesian Theory），與國際貿易成長等，亦有多方探討。本文受限於樣本小，未能把這些因素考慮進來，此亦為未來改善模型的一個方向。

另外，高等教育成長與經濟成長互為因果，而相互間的影響又互有時間落差，如果使用時間數列資料檢証兩者間的因果關係，應該建立交互影響的聯立方程式，形成 VAR 模型。本文用的是跨國資料，不能估計此一模型，未來有心之人不妨使用時間數列資料，研究兩者之間的交互影響，亦是此一課題可資發展的方向。

（三）討論

每當大學生就業困難的問題被提出討論時，總有論者檢討大學教育的內容是否與就業市場脫節，也有人懷疑大學訓練並不能改進大學生就業後的工作生產力。這些論點與文憑主義論者所作的一些實証研究相互呼應，可以說明大學教育的某些面向，也往往引發大學教育需不需要市場導向的爭論。

但很多學者以另外一個角度看待高等教育，把整個系統視作一個整體，是工業先進社會中引領技術改進的主要機制。所以大學訓練在這層觀點上並不強調職業技能訓練，而置重點於新知的傳播以及學生吸收新知能力的培養，美國大學核心課程的設計即著眼於此一觀點。本文以此一觀點看待高等教育與經濟生產力的關係，並以跨國資料檢証這個關係。雖然受限於資料數量的少，理論模型不能趨於複雜，但檢証結果仍然足以說明高等教育顯著地影響個人平均生產力的成長。在討論大學訓練與就業能力之同時，論者不應該忽略高等教育在總體經濟上對技術改進與生產力的貢獻。

REFERENCE

- Averch, Harvey A. A Strategic Analysis of Science & Technology Policy Baltimore:The Johns Hopkins University Press 1985.
- Becker, Gary Human Capital 2nd ed. NY:Columbia U. Press [1964] 1975
- Bendix, Reinhard Working Authority in Industry Berkeley:University of California Press 1966
- Berg, I. Education and Jobs New York: Praeger 1970
- Blau, Peter and Duncan, Otis The American Occupational Structure NY: The Free Press 1978
- Blaug, Mark An Introduction to the Economics of Education London:Penguin Books 1972
- Blaug, Mark The Economic Value of Education Cambridge:Cambridge University Press 1992
- Campbell, Robert & Siegel, Barry "The Edmand for Higher Education in the United States"
American Economic Review June 1967
- Collins, Randall The Credential Society NY:Academic Press Inc. 1979.
- Collins, Randall Conflict Sociology NY: Academic Press Inc. 1975.
- Denison, Edward Fulton "Education and Economic Productivity" adopted from Education and Public Policy edited by S. Harris Berkeley: McCutchen 1965
- Denison, Edward Fulton Why Growth Rates Differ: Postwar Experience in Nine Western Countries Washington:Brookings Institution 1967
- Denison, Edward Fulton Accounting for United States Economic Growth, 1929-1969 Washington:Brookings Institution 1974
- Draper, Smith Applied Regression Analysis 2nd ed. NY:John Wiley & Sons Inc. 1966 1981
- Drucker, Peter F. The Age of Discontinuity NY:Harper & Row, Publishers, Inc. 1969
- Fagerlind, Ingmar formal Education and Adult Earnings Stockholm: Almqvist & Wicksell International 1975
- Freeman, Richard The Market for College-Trained Manpower Cambridge:Harvard University Press 1971
- Folger, J. K. and Nam, C. B. Trends in Education in Relation to the Occupational Structure
Sociology of Education 38 :19-33
- Gersumy, J. The Neo-Serve Economy NY:Praeger 1988
- Griliches, Zvi Technology, Education, and Productivity: Early Papers with Notes to Subsequent Literature NY: B. Blackwell 1988
- Harbison, F. and C. A. Myers Education, Manpower, and Economic Growth NY:McGraw-Hill Co. 1964
- Hope, Keith As Others See Us: Schooling and Social Mobility in Socotland & The U.S. Cambridge: Cambridge University Press 1984
- Jencks, Christopher Who Get Ahead? NY:Basic Book 1973
- Judge, George and Hill, R. Carter and Griffiths, William E. and Lutkepohl, Helmut and Lee, Tsoung-Chao Introduction To The Theory and Practice of Econometrics 2nd. ed. NY:John Wiley & Sons, Inc. 1988
- Kranzberg, Melvin and Pursell, Carroll W. Technology in Western Civilization volume II Oxford: Oxford University Press, 1967
- Nelson, Richard R. "Investment in Humans, Technological Diffusion And Economic Growth"
adopted from Capital Theory American Economic Association 196

- Perrucci, R. and Perrucci C. "Social Origins, Educational Contexts, and Career Mobility" American Sociological Review 35:451-463 1970
- Phillips, Don and Shen, Benjamin S. P. Research in the Age of the Steady-State University Boulder: Westview Press, Inc. 1982
- Psacharopoulos, George Higher Education in Developing Countries: A Cost-Benefit Analysis NY:World Bank 1980
- Psacharopoulos, George "The Contribution of Education to Economic Growth: International Comparisons" adopted by The Economic Value of Education edited by Mark Blaug VT. USA: Edward Elgar Publishing Limited 1992
- Romer, Paul M. "Increasing Return and Long-Run Growth" Journal of Political Economy, 1986 Vol 94 no. 5
- Saxenian, Annalee Regional Advantage: Culture and Competition in Silicon Valley and Route 128 Cambridge: Harvard University Press 1994
- Schultz, Theodore The Economic Value of Education NY:Columbia University Press 1963
- Sewell W. H. and R. M. Hauser Education, Occupation, and Earnings NY:Academic Press 1975
- Sharp, L. M. Education and Employment Baltimore: John Hopkins Press 1970
- Solow, Robert M. Technical Change and The Aggregate Production Function Review of Economic Studies Aug. 1957
- Toffler, Alvin The Third Wave NY:William Morrow and Company Inc. 1980
- White, H. "A Heteroskedasticity-consistent Covariance Matrix Estimator and a Direct Test for Heteroskedasticity" Econometrics 48 pp. 817-838 1980
- Statistical Abstract of the United States 1987 107th edition U.S. Dept. of Commerce Bureau of the Census
- Federal Funds for Research and Development Fiscal Years 1982 1983 1984
National Science Foundation