

數學學習成就對國民所得成長的軌跡分析：PISA 為例

張芳全*

摘要

本研究探討 2009 年參與國際學生評估計劃的國家數學學習成就對 2009 至 2018 年國民所得成長的影響情形。本研究以世界銀行及經濟合作發展組織資料，納入 69 個國家包括臺灣，以潛在成長曲線分析與迴歸分析，獲得結論：2009 年各國的數學學習成就愈高，同年國民所得愈好。2009 年各國的數學學習成就對 2009 至 2018 年各國的國民所得成長速率有提升。臺灣在 2009 年數學學習成就條件下，2009 年至 2018 年的國民所得低於 69 個國家平均值 22,056 美元至 23,846 美元，臺灣在 69 個參與 PISA 國家的數學學習成相對高，但在國民所得相對低。本研究貢獻在於發現，數學學習成就有短期與長期提升國民所得效果，宜加強數學教育與經濟發展聯結，臺灣應從中提出策略。針對結論深入討論，提出具體建議。

關鍵詞：國民所得、數學學習成就、潛在成長曲線模式

* 第一作者：國立臺北教育大學教育經營與管理學系教授兼系主任

Email : fcchang@tea.ntue.edu.tw

壹、緒論

一、研究動機

人力資本論(human capital theory)認為，教育投資具有經濟效益，而此種教育投資包括教育經費投入於各級學校與各級教育在學率增加，因為教育人數增加累積了個人及國家的人力資本。然而這種論點有幾個問題值得思考：一是國家的教育經費投資不必然提高經濟發展，因為教育經費投資之後，還涉及經費分配及使用效率問題，尤其國家在分配資源易受政治或制度的影響，獲得教育資源的單位不一定充份使用經費資源；二是各國的各級教育在學率不一定會讓國民所得提升，因為初等教育與中等教育，多數國家已成為義務教育，在義務教育普及化之後，與經濟發展關聯降低。就以高等教育來說，近年各國教育快速的擴充，使得許多國家的高等教育量過多，有過量教育問題，在此種情形之下，不必然可以提升國民所得或讓國家的經濟成長。Hanushek 與 Woessmann(2009)把經濟成長解釋為教育質量的函數，雖然他們沒有找到支持受教育年限的重要證據，但卻發現認知技能(包括學生學習表現)和素養及技能與經濟成長有其相關性。本研究以學習成就做為人力資本的替代變項，也就是以學生學習成就表現做為人力資本測量，更可以反映出教育投資的成效與價值。因為學習成就表現是一種能力累積，包括對個人的認知及技能的知識，如果學習成就表現較高，代表某些認知領域及技能可以學習的比較好，這對於個人日後就業有很大幫助，進而提高個人國民所得。

許多研究教育對於經濟發展的影響多以橫斷面分析(Benhabib & Spiegel, 1994；Mankiw, Romer, & Weil, 1992；Perraakis & Stamatakis, 2002)，以一個年代的教育與經濟發展變項透過分析獲得結論，其限制在於只是一個時間點，難以長期追蹤教育和國民所得的關聯，無法推論教育與國民所得的因果關係，以及兩者成長變化軌跡。因此，如以學生學習成就對於多年度的國民所得成長分析，可以瞭解學習成就對長期國民所得的影響。經濟合作與發展組織(Organisation for Economic Co-operation and Development [OECD], 2010a)的國際學生評估計劃(Programme for International Student Assessment, PISA)提供與學生素養相關因素的重要訊息，包括學生在學習過程的參與度、性別和家庭背景，並深入了解學校特點，例如學校組織資源的可運用性與學生的讀寫能力的關聯。PISA 每三年調查一次，為政策制定者提供參考數據，可以隨著時間推移，監測學生學習表現，根據其他國家表現結果，做為國家教育的優劣勢參考。OECD(2002)和聯

合國教科文組織(United Nation Educational, Scientific and Cultural Organization)期待透過 PISA 從教育投入轉向學習成果，以協助各國尋求改善學校教育，並為年輕人進入成年生活做更好準備，以因應快速變化和全球相互依存的可能性。

數學是科學之母，數學和科學素養對所有人都很重要。數學可以做為了解技術和科學進步，並與生活結合的依據。PISA 著眼於數學在人們生活的應用，評估學生認識和解釋數學問題的能力，將這些問題轉化為數學背景；運用數學知識和程序解決問題，根據原始問題解釋結果，並應用於生活之中。OECD(2002)指出，國民所得或國內生產毛額較高的國家在閱讀、數學和科學素養，比起國民所得較低的國家表現更好，雖然這不一定構成兩者的因果關係，但根據每人國民所得預測國家平均學習成就分數卻有 43% 解釋變異量；國民所得不平等程度愈高，平均學習成就愈低，這種關係相當一致，國民所得不平等以基尼指數(gini coefficient)來衡量，它對參對國平均學習成就有 26% 解釋變異量。

有研究探討教育對經濟發展縱貫性的發展，例如張芳全(2017)以1994至2000年各國的高等教育在學率對國民所得的影響，該研究以每兩年為一觀察期，時間短，易受時間因素影響。然而數學學習成就及國民所得不易立竿見影，本研究在國民所得以每三年為一波探究，觀察年度2009年至2018年，從2009年之後看出國民所得成長情形。由於參與 PISA 的國家數較多，搭配以2009年國民所得為起始年之後的四波至2018年資料較貼近現況，分析2009年參與 PISA 國家對2009年至2018年各國國民所得之影響情形。雖然國民所得無法完整代表各國的經濟發展，但它是經濟發展重要指標之一，具有容易測量、穩定性較高、可比較性以及可蒐集國家數較多，所以本研究以國民所得作為經濟發展的替代變項。簡言之，現有研究少以學習成就對經濟成長的影響，本研究補足這缺口，透過 PISA 的數學學習成就來代表人力資本對於國民所得的成長軌跡，以2009年參與 PISA 國家的學生數學學習成就對於2009年至2018年每三年一波國民所得的成長關聯性，不僅可以較準確了解各國的數學學習成就對國民所得成長的影響，也可掌握數學學習成就對於國民所得的變化影響情形。

本研究探討2009年各國數學學習成就對於國民所得的成長軌跡，以潛在成長曲線分析(latent growth curve modeling, LCGM)探究變項的跨年度國民所得之關聯性。余民寧(2013)、Blalock(1964)、Bollen(1989)指出，探討變項之間的因果關係必需在變項之間具有共變關係、事件發生應有時間先後，以及沒有虛假效果干擾。本研究以2009年各國

學習成就與2009年至2018年四波的國民所得，各國的數學學習成就與各年度的國民所得具有共變關係，它們之間也有時間先後順序，在國民所得的運用上考量每三年為一波觀察期，排除年代太過接近有高度受到時間因素影響。因此以 LGCM 分析各國的學習成就對於國民所得成長軌跡的變化情形。

臺灣是國際社群的重要一員，2006年臺灣開始參與 PISA 評比，加以可以取得臺灣的國民所得，因此在本研究之列。東亞國家的學習成就比歐美國家還高，但經濟發展水準不一定比他們好，因此將學習成就與經濟發展水準納入分析，不僅可以瞭解數學學習成就與國民所得之關聯性，而且從國際的相對地位分析，臺灣可以有改善之處。因此本研究也要分析臺灣在這方面的表現情形。

二、研究目的

本研究目的如下：(一) 2009年各國數學學習成就影響2009年各國國民所得的情形。(二) 2009年各國數學學習成就影響2009年至2018年各國國民所得成長速率的情形。(三) 瞭解2009年臺灣的數學學習成就與2009至2018年的國民所得之國際相對表現情形。

貳、文獻探討

一、PISA 的緣起與全球各地理區的數學學習成就表現情形

PISA 是國際之間很重要調查學生學習表現方案之一，旨在衡量即將結束義務教育的15歲學生是否準備好迎接社會挑戰。PISA 對每個參與國的4,500至10,000名學生進行測試和背景調查，以評估閱讀、數學和科學的讀寫能力。評估側重於學生將知識和技能應用於與未來生活相關任務的能力，而不是學科知識的記憶(OECD, 2002)，2000年首次有32個國家/地區進行，除四個國家之外，其他所有國家/地區都是 OECD 成員。OECD(2019)指出，全球各國對 PISA 有極大興趣，2001年調查範圍擴大到11個不是 OECD 國家，使調查國家數增加到43個，2006年及2007年和2018年各為57、70及78個國家。2001年出版的《知識與生活技能》(Knowledge and Skills for Life)報告32個國家的結果。

OECD(1999)指出，PISA 在許多重要方面採取不同方法，使得成就測量與眾不同：
1.它的起源是政府主動進行，每次調查都會影響政策規劃，但是仍以服務為主。2.它是

有規律性的，承諾涵蓋多個評估領域，每三年更新一次年，將使各國定期及可預測及監測達到關鍵的學習目標之程度。3.在涵蓋年齡組方面，對即將結束義務教育年輕人進行評估，以獲得有用的教育系統績效指標。雖然 OECD 國家多數年輕人，在15歲之後繼續接受他們的教育，這接近結束基礎教育階段，所有年輕人都遵循廣泛通用課程。但是在後來教育階段，他們獲得知識和技能程度是有用的，對他們在未來有所幫助，包括他們進一步學習的個性化路徑可能會跟隨著他們。4.在測試的知識和技能方面，主要不是根據國家學校課程，但這些技能是未來生活必不可少的知識。這是 PISA 基本也是最野心勃勃特徵。它將學校技能和生活技能區分，因為學校一直致力於為年輕人的生活做好準備。傳統上，學校課程根據學科知識和技術來轉化學習內容，他們在課程領域內較少關注在每個領域需要開發的技能，以提供未來成年人生活應用。他們甚至更少關注更廣泛能力，這些能力在整個課程少有；相對的，PISA 試著將解決問題，將學生想法和理解應用於與生活有關的情況來測試。PISA 不排除基於課程的知識和理解，但在測試會掌握獲得廣泛概念和技能，使知識能夠被應用。在數學素養(literacy)上，PISA 關注學生會運用數學能力，迎接未來生活的挑戰。這與學生的能力有關，也就是透過各種領域和情況下提出、設計和解決數學問題，有效分析、推理和分享想法。因此，OECD 在數學素養定義為：個人識別和理解數學在世界所扮演角色、做出有根據的數學判斷，以提高學生數學能力。從這定義看出，它是一個建設性、關心和反思的公民在當前和未來生活。PISA 不僅根據對學校課程的掌握程度，還根據成人生活所需的重要知識和技能來定義每個測試的領域。跨課程能力評估是 PISA 的一個組成部分，強調對問題解決流程掌握、對概念理解以及在每個領域內，各種情況發揮作用能力評估。OECD(2010b)指出，2009年參與國家有70個，歐洲國家增加為44個，亞太地區國家增為14個，這兩個地區的平均分數為475.11分及477.82分，全球平均分數為463.09分，最低與最高分各為331.16分及600.08分。OECD (2019)指出，在2018年參與國家增為78個，其中歐洲國家有47個，亞太地區有20個，這兩地區平均分數為474.55分及462.10分，全球平均分數為459.64分，最低與最高分各為325.10分及591.39分。

二、各地理區及不同國民所得水準情形

國民所得、經濟成長率、失業率與就業率是衡量一個國家經濟發展的重要指標(Edwards & Thames, 2009)。就業率與失業率為互斥的經濟指標，可以擇一說明。就上述指標來看，2009至2018年全球地理區及不同國民所得國家的國民所得如表1所示。若以

不同國民所得來說，2009年世界平均、高所得、中所得及低所得與高負債國家的國民所得各為9,271美元、38,438美元、3,656美元、717美元與775美元，2018年各增加為10,931美元、43,815美元、5,157美元、827美元與949美元。在地理區方面，東亞及大洋洲、歐洲、北美洲國家各為7,240美元、36,798美元、47,561美元，2018年各為10,331美元、40,778美元、54,633美元。上述看出，世界平均及低所得國家的國民所得增加有限，然而高所得國家增加5,377美元。

表 1

2009 年至 2018 年各地理區域及不同所得程度的經濟發展情形 單位：美元、%

指標	國民所得				經濟成長				失業率			
	2009	2012	2015	2018	2009	2012	2015	2018	2009	2012	2015	2018
地區/所得水準/年代												
阿拉伯地區國家	5819	6291	6470	6509	0.43	6.64	3.40	2.14	9.20	10.50	10.71	10.26
東亞與大洋洲國家	7240	8320	9273	10331	1.39	4.70	4.20	4.19	4.44	4.07	4.05	3.74
太平洋小國家	2916	3028	3235	3452	-0.92	0.74	3.65	2.86	3.52	3.13	2.92	2.74
歐洲國家	36798	37772	38600	40788	-4.47	-0.90	2.05	1.87	9.54	11.29	10.84	8.18
中歐和白俄羅斯聯邦	12035	12788	13957	15882	-3.08	0.59	4.06	4.51	8.49	9.98	7.81	4.31
中東與北非洲國家	6978	7423	7604	7758	0.50	3.91	2.56	0.89	9.35	10.19	10.06	9.81
北美洲國家	47561	49535	52057	54633	-2.58	2.20	2.84	2.94	9.15	7.99	5.46	4.11
拉丁美洲與加勒比海地區	8671	9523	9590	9614	-1.87	2.78	0.09	1.76	7.49	6.39	6.69	7.96
南亞洲國家	1184	1358	1594	1880	7.13	5.50	7.49	6.44	5.06	5.09	5.25	5.10
薩哈拉非洲國家	1550	1641	1712	1681	3.10	4.10	2.75	2.58	5.62	5.84	5.78	6.23
人口 100 萬以下國家	10116	11264	11724	11679	1.87	3.20	2.85	1.93	10.37	10.12	9.89	8.93
高所得國家	38438	40132	41799	43815	-3.30	1.28	2.39	2.22	7.98	7.94	6.63	5.09
中所得國家	3656	4224	4659	5157	2.26	5.17	3.98	4.52	5.63	5.33	5.46	5.51
中低所得國家	3397	3906	4292	4729	2.30	5.13	3.95	4.53	5.57	5.30	5.41	5.43
低所得國家	717	744	790	827	5.00	2.65	1.90	4.53	4.81	4.98	4.88	4.66
高度負債國家	775	835	901	949	4.49	5.72	4.62	4.56	4.81	4.88	4.69	4.46
OECD 國家	34123	35593	37064	38807	-3.41	1.28	2.48	2.24	8.28	8.02	6.84	5.46
歐盟	32218	33233	34269	36496	-4.30	-0.76	2.30	2.11	9.12	10.81	10.02	7.27
世界平均	9271	9869	10357	10931	-1.66	2.52	2.92	3.03	6.01	5.78	5.63	5.37

資料來源：World Bank(2010, 2013, 2016, 2019). *World development report*. Washington, DC:

Oxford University Press.

而在經濟成長率方面，2009年的世界平均、高所得、中所得、低所得與高負債國家各為-1.66%、-3.30%、2.26%、5.00%與4.49%，2018年各為3.03%、2.22%、4.52%、4.53%與4.56%，可以看出經濟成長率略有提高，但中所得、低所得與高負債國家還有4.5%，可見這些國家努力追求經濟發展。如以地理區來看，2009年至2018年之間，除了薩哈拉非洲國家之外，其他地區國家的經濟成長率都有增加，其中中歐及白俄羅斯聯邦的經濟成長率由-3.08%，2018年增加至4.08%改變最大，可見各地理區的經濟成長率表現還不錯。就失業率來看，2009年世界平均、高所得、中所得與低所得國家各為6.01%、7.98%、5.63%、4.81%，2018年分別為5.37%、5.09%、5.51%與4.66%。從各地理區域來看，從2009至2018年各地理區域增減不一，例如阿拉伯國家由9.20%，增加至10.26%，北美國家則由9.15%，減少為4.11%。雖然高所得及歐洲國家的國民所得比較高，但是失業率也偏高，2018年歐洲國家的失業率也有8.18%。而在總人口一百萬以下的小國家失業率也不低，2009年為10.37%，2018年為8.93%。整體來看，失業率略有減少，經濟成長率及國民所得都略有提升。

三、人力資本意涵、理論與國民所得之關係

(一) 人力資本的意涵及其理論

1960年代人力資本的研究受到電腦發明與改良及更多研究者投入分析，教育經濟學逐漸科學化，研究議題及方法不斷創新。Mincer(1958)以收入函數分析發現，一個人薪資在整個生命週期，會先增加再遞減的發展，對多數人而言，國民所得呈現倒U形，其收入函數成為個人所得分析的重要依據。Schultz(1961)將教育投資擴充到個人技能和生產力的所有活動，包括透過衛生支出、在職培訓、正規教育、成人學習計畫與人口遷移。Schultz(1963)把教育視為一種能力與潛能，透過教育與學習開發出個體的知識、技能、能力，加上體力與健康狀況等，而投資管道包括營養及醫療保健、學校教育、在職培訓、人口遷移等，這些人力資本是經濟成長主要來源。Becker(1962, 1975)指出，個人一生賺取的國民所得會與個人的年齡之間呈倒U字形，也就是隨著年齡增加，個人的賺取所得也會隨之提高，然而到達一個年齡之後，個人賺取所得會逐漸下降，最高賺取所得的年齡轉折大約在45至55歲之間。Psacharopoulos(1981)估算各國教育收益率發現，私人教育收益率高於社會收益率、各級教育收益率高於10%、開發中國家的教育收益率高於已開發國家。上述看出，人力資本可以從個人潛能開發，進而累積人力

資源，這種開發途徑可以透過教育、訓練、移民、營養與健康等方式來不斷的累積。

儘管人力資本提高經濟產出和促進經濟成長的重要因素，但要怎麼測量人力資本仍有爭議。Mincer (1970, 1974)認為，如果根據學校成績表現來定義人力資本，是很容易衡量的方式，因為它與技能發展和人力資本有密切關聯。這個觀念隨後為多數人力資本研究方面的思考，以至於學校成績常被視為人力資本的同義詞。然而人力資本內涵相當多元，可以運用不同的角度與觀點來說明。Holland、Liadze、Rienzo 與 Wilkinson(2013)把以教育為人力資本衡量分為四類：1.人力資本存量(stock of human capital)，常以國民平均受教育年數來衡量，國民接受的教育年數愈高，人力資本存量愈高、2.人力資本流動(human capital flows)，常以學生進入不同等級教育的入學率與在學率來衡量、3.人力資本投資(investment in human capital)，以個人或公共教育支出占國民生產毛額比率來衡量，教育經費投資愈多，愈有機會累積為人力資本、4.教育體系和教育質量(education system and educational quality)，包括各教育階段的平均生師比、教育資源使用效率、學生學習成就表現；在學習成就表現較常使用的是國際組織評量為代表，近年來以 PISA 或 TIMSS 的數學和科學學習成就為代表(Hanushek & Woessmann, 2011)。國際成就調查基於嚴謹的資料蒐集過程，可以提供對不同國家的教育成就分析，也就是在一定標準下對生產力決定因素探討。Tienken(2008)分析美國過去50年（即1957-1982年、1983-2000年和2001-2006年）三個不同時期的國際評比與2006年國家競爭力排名的關係，透過前50%和後50% 的國家競爭力排名與國際成就測驗排名之關係發現，經濟表現較差的國家，國際數學和科學學習成就排名與國家競爭力之關聯度高，而高所得的國家，學習成就表現與國家競爭力的關聯度較弱。上述研究大致支持學習成就與國民所得有關聯，這也是做為本研究假設依據，而真實情形有待本研究探究。

總之，人力資本把個體視為資本，個體透過接受教育、訓練、營養與健康及移民等進行個人資本投資與累積，進而提高個人的經濟生產力，並從生產力反應出經濟與非經濟的價值。本研究的人力資本替代變項為數學學習成就，也就是從 PISA 獲得的數學學習表現。選擇理由在於，因為各國的教育在學率僅是一個流量概念，教育在學率不一定反應實質的知識與能力，包括中等及高等教育在學率，尤其近年來，許多國家已有過量教育的情形，所以運用高等教育在學率做為衡量人力資本效益降低。若以受教育年數，其數值愈高不一定代表知識與技能愈好。若以教育經費支出，一方面各國資料不完整，它是資源投入，不是產出與結果，較難說明人力資本累積情形。因此以

國際學生測驗評量表現，一方面測驗客觀，一方面參與國家數愈來愈多，再者學習成就表現某種程度代表學習者在學校所獲得的知識、能力與技能表現，因此本研究就以學習成就表現做為人力資本的替代變項。

(二) 人力資本與國民所得的關係

1960年代教育經濟學逐漸科學化，1980年代之後很多研究支持，教育投資帶給個人經濟收益。Mankiw、Romer 與 Weil(1992)分析發現，教育投資可以解釋1985年每人國民生產毛額78%的變異量。Montenegro 與 Patrinos(2014)對全球教育收益分析指出，額外接受一年的教育之收益率為10%左右；自1980年之後，學校教育人力供應增加近50%，但教育收益率僅下降3.5個百分點，每年下降0.1%。Psacharopoulos 與 Patrinos(2018)以1950年至2014年139個國家的1,120篇教育收益率研究分析指出，每增加一年教育平均教育收益率為9%、女性教育收益比男性高。Woessmann(2005)根據生產過程來評估學校的表現，其中學生學習成就表現、教師和資源投入結合起來，創造一個非常重要產出：學生的認知技能，以西歐15個國家中學生估計教育生產函數，學生認知是教育生產過程的重要特徵，但沒有發現學生的認知技能有統計顯著效應。上述雖然沒有縱貫資料分析，但可以做為本研究假設依據，也就是2009年各國的數學學習成就對於2009年至2018年的國民所得成長影響之變化情形。

總之，經濟發展來自於人力資本投資。各國的學習成就形成的人力資本對於國民所得的影響情形為何呢？是本研究分析重點。

四、學習成就與國民所得之相關研究

不同地區生活經歷和教育制度差異使得學習成就表現有所不同，特別是先進國家和落後國家的經濟與社會環境之差異，使得學生的學習成就表現有所不同(Buchmann & Hannum, 2001；Juárez & Gayet, 2014)。人力資本投資可以減少高所得國家國民的教育成就差距，讓高低所得的家庭子女教育程度拉近(Vegas & Cofn, 2015)。相反的，低收入國家存在高度社會不平等和貧困，會將教育投資收益限制在優秀學生身上(Juárez & Gayet, 2014)。歐洲的摩爾多瓦因為國家貧困，缺乏就業機會，影響兒童在家和學校學習、合格教師短缺，許多教師移民到其他國家工作，使得學生學習品質不佳，學習成就表現不好(Worden, 2014)。落後國家的政府無力提供教育資源，導致富有家庭對私立學校依賴增加，這限制貧困學生的教育機會，拉大貧富差距，影響貧困家庭子女的學習成就表現(Chankseliani, 2014)。上述說明了學校教育品質不一，與學生學習表現

有關，也可能與學生畢業後就業的薪資所得有關。Barro (2001)研究發現，雖然受教育的數量和考試成績對經濟成長都很重要，但以考試成績的認知技能對於經濟成長更為重要。Woessmann(2003)研究發現，經濟發展水平的跨國差異，如以認知技能做為人力資本納入分析時，這項人力資本對於經濟成長的解釋力會急劇增加。Gundlach、Rudman 與 Woessmann(2002)分析1990年132個國家/地區的國民所得發現，一旦納入國際學生成就進入分析模式，以學生學習成就表現的人力資本對於國民所得的解釋力將從21% 提升到45%。Schoellman(2012)指出，雖然以國民接受教育年限數據很容易獲得，但教育品質數據卻不是，進一步以美國接受外國教育的質量來計算移民的教育收益發現，來自先進國家的移民比來自開發中國家移民獲得更高教育收益，然而在解釋國民所得方面，教育品質與受教育年數大致同等的重要，但教育品質加入之後對國民所得解釋力從10%提高到20%。Campbell(2021)以49個國家 PISA 2015分析發現，性別和收入平等、人類發展指數、個人主義與 PISA 2015學習成就表現有正向顯著關聯。Goczek、Witkowska 與 Witkowski(2021)以 PISA 資料分析發現，各國早期的教育發展是經濟成長的重要因素，同時學生學習成就和國民生產毛額成長有正向關聯，作者指出這可能是對優質中小學教育對經濟發展重要性的確認。也就是個人可以透過教育增加人力資本，提高經濟收入和福利，進而影響經濟成長；因此人力資本是加速經濟成長的關鍵因素。Hanushek 與 Woessmann(2020)認為，開發國家和開發中國家的勞動者的知識資本明顯影響經濟成長，在快速發展知識經濟中，複雜的技能和員工的能力對經濟成長特別重要。Widarni 與 Bawono(2021)研究印尼的35個年度(1984-2019 年)時間序列的人力資本和技術對經濟成長影響發現，教育機制增加人力資本，影響了經濟成長，代表人力資本投資在經濟成長作用非常重要；而科技對經濟成長有顯著影響，增加人力資本和技術促進印尼經濟成長的重要因素；同時教育發展增加人力資本和技術發展成功的關鍵，教育提高人力資本發揮著作用，他們所指的增加人力資本包括增加知識、掌握技術、創新及開發技術，以鼓勵技術發展能力。因此人力資本和技術的投資是多面向的，它們對短期與長期的經濟成長都有影響。簡言之，人力資本促進長期經濟成長，而有效技術對長期和短期經濟成長亦有助益。張芳全(2017)縱貫分析發現，1994年各國高等教育在學率開始愈高，2002年國民所得起始愈好；1994年各國高等教育在學率愈高，對於2002至2008年國民所得成長速率有提升效果。然而 Hanushek 與 Kimko(2000)以1970-1971年第一次國際科學成就測驗的17個參與國家資料分析發現，學習成就對經

濟成長沒有顯著影響。這可能第一次的國際成就資料的信效度及國家數較少，沒有看出明顯的關聯性。

總之，上述多以橫斷面分析各國教育發展和國民所得的關聯，雖然有些研究以每二年一波的教育在學率對國民所得縱貫性分析，但是教育在學率代表人力資本，並無法反應出學習者的認知能力，而橫斷面研究無法推論變項之間的成長軌跡。因此本研究以縱貫研究，以目前最新資料分析2009年69個國家的學生學習成就對2009年至2018年的國民所得成長的影響情形更能貼近現況。

五、臺灣的數學學習成就與國民所得在相對表現之研究

臺灣在2009 PISA 數學學習成就與國民所得在國際相對表現的研究不多。臺灣從2006年開始參加 PISA 評量，2015年是第四次參加，2018年為第五次，這幾次的數學學習成就分別為549分、543分、560分、542分、531分(OECD, 2019)。張芳全(2021)從世界銀行的統計報告蒐集2018年75個國家資料，對數學與科學學習成就整併為綜合指數與排名，探討國家的國民所得在教育年數與高等教育在學率和學習成就之關係發現，在75個國家的學習成就最好的五個是新加坡、香港、愛沙尼亞、日本與韓國，臺灣排在第八位，他也發現，各國的教育年數與高等教育在學率及國民所得對學習成就都有顯著正向影響；並把三個領域的學習成就運用主成分分析整併為學習成就指數，臺灣排名第八，在國際相對地位不錯。然而該研究探討國民所得對於學習成就有顯著關聯，其立論點是以國家發展程度，也就是愈現代化、愈先進的國家，學生學習表現愈好。也就是該研究支持現代化理論論點，然而本研究所討論重點依據人力資本理論，也就是人力資本投資與累積與經濟發展的關聯，以數學學習成就做為人力資本的替代變項，這論點的重要性上述已說明，也有許多實證研究支持。然而上述研究多以橫斷面分析，本研究以2009年 PISA 數學學習成就對於2009年至2018年，每三年為一波的國民所得之成長變化分析。該研究僅以整併學習成就排名，沒有進一步分析數學學習成就或整併學習成就和國民所得的關聯，也沒有透過兩者關聯來瞭解臺灣在國際的相對地位表現。本研究透過統計分析瞭解兩者在國際相對地位表現，找出臺灣與各國平均發展水準的不足程度，可以提供臺灣改善依據。這也是本研究所探討的重點之一。

參、研究設計與實施

一、研究架構與假設

依據文獻探討，所建立的架構如圖1所示。圖中直線表示變項之間的影响關係。上面框是2009年參與 PISA 調查國家的數學學習成就表現，底下的框是2009至2018年各國的國民所得起始點與成長率，它以每3年為一波，共四波資料。LGCM 估計參數包括截距因素(intercept factor)，代表當測量時間為0，即測量的起始時間點，也就是結果變項起始狀態(initial status)；斜率因素(slope factor)是結果變項隨時間改變的線性改變率，因素負荷量大小代表成長變化的趨勢。

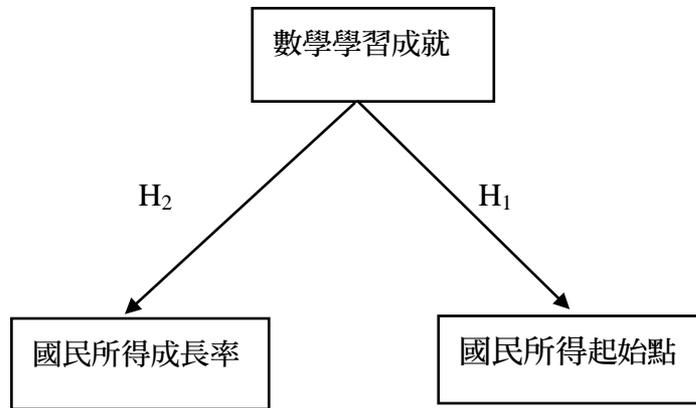


圖 1 2009 年各國數學學習成就對 2009 至 2018 年國民所得成長變化影響的架構

基於文獻探討，研究假設如下：

H₁：2009 年各國的數學學習成就顯著影響 2009 年各國的國民所得。

H₂：2009 年各國的數學學習成就顯著影響 2009 年至 2018 年的國民所得成長速率。

二、變項測量

本研究的學習成就與國民所得的測量說明如下：(一)學習成就：它是指一個國家的八年級學生學習成就表現，本研究以2009年參與 PISA 的69個國家學生數學學習成就表現，以分為單位。分數愈高代表學習成就愈好。(二)國民所得：它是一國家(或一定地

區)常住居民在一定期間生產之總成果。其計算方式以一定時間，一個國家或地區總生產額，計算內容相當多元，包括生產、消費、儲蓄、投資等活動，以貨幣代表其價值。本研究在2009至2018年採用的國民所得，以一年度各國國民提供生產要素，所賺取的經濟報酬總額，再平均為每位國民的所得，以美元為單位。各國的國民所得最大值與最小值差異大，模式估計時將它除以1,000，以縮小刻度。

三、資料來源

本研究的各國國民所得取自 World Bank 發行的《世界發展報告》(World development report, 2010, 2013, 2016, 2019)。臺灣的國民所得取自行政院主計總處(2020)。本研究依據人力資本理論，以2009年69個國家參與 PISA 的數學學習成就做為人力資本替代變項，縱貫研究模式不宜太複雜，因而僅以各國的數學學習成就對國民所得成長的影響分析。各國都要有各年度資料相當困難，本研究刪除缺失值之後，最後有69個國家納入分析，各國包括臺灣如附表所示。選擇2009年之後的各國學習成就主因是自該年之後參與 PISA 國家較多，在模式估計較為穩定。因此以2009年69個國家學生的數學學習成就對於2009年至2018年69個國家的國民所得成長之影響情形。

四、資料處理

本研究在資料處理透過描述統計計算各變項的平均數、標準差、偏態與峰度，繪製2009至2018年4波各國的國民所得之成長曲線。以積差相關係數計算變項之相關係數矩陣做為 LGCM 檢定的依據。採用 LGCM 對從 OECD 取得2009年69個國家參與 PISA 的數學學習成就，並從世界銀行取得4波國民所得，抽取出潛在變項的稱起始值，代表若沒有成長效果出現時的一個起點，以及潛在變項的變化速率，也稱成長率或斜率。學習成就對於國民所得的起始點與成長速率的影響，其值可能正負，代表對起始點與成長的影響。截距項的因素負荷量都固定為1.0，代表穩定常數對重複測量的影響，而斜率項因素的負荷量均固定在一個直線性穩定發展值，代表隨時間而改變，其線性成長趨勢如圖2所示。

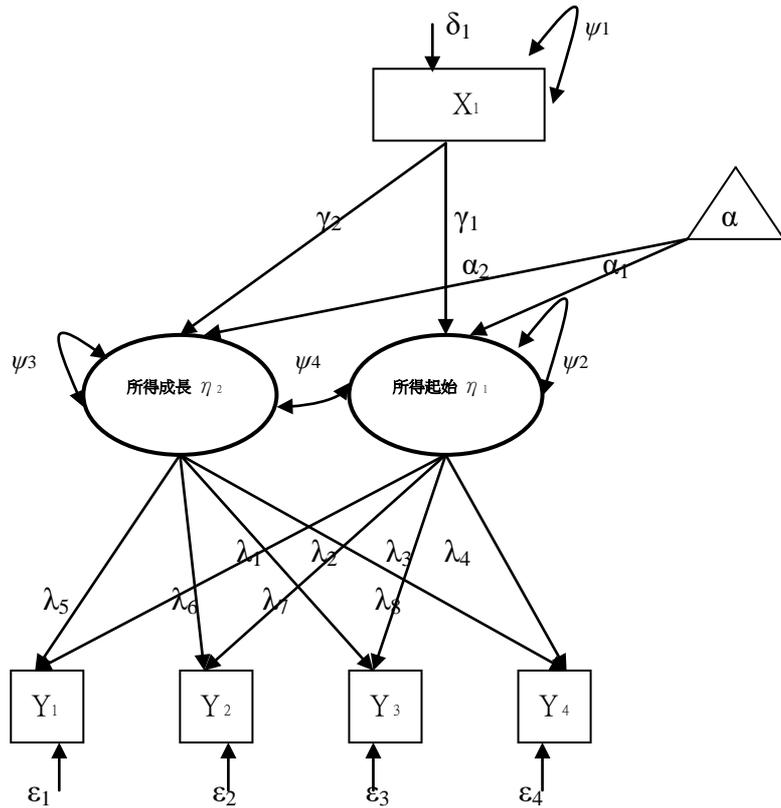


圖 2 各國的數學學習成就對國民所得之潛在成長模式

模式圖的符號，說明如下：○中的 η_1 、 η_2 表示潛在變項；□符號 X_1 代表 2009 年各國的數學學習成就；□中 Y_1 、 Y_2 、 Y_3 、 Y_4 代表 2009 年、2012 年、2015 年及 2018 年各國國民所得(η_1)的起始點測量變項， η_2 為國民所得的成長幅度； γ_1 、 γ_2 分別代表數學學習成就對國民所得的起始點及成長幅度的影響。 λ_1 至 λ_8 為各潛在變項的起始值與成長幅度的因素負荷量。圖中三角形代表常數項， α_1 、 α_2 代表各國的國民所得的起始點與成長幅度 η_1 、 η_2 的平均截距項及斜率項參數。 ψ_1 、 ψ_2 、 ψ_3 、 ψ_4 分別為各國的數學學習成就、國民所得起始值、國民所得成長幅度的變異數，以及國民所得起始值與成長幅度的共變數。 δ_1 代表數學學習成就的測量誤差； ε_1 至 ε_4 代表 Y_1 至 Y_4 的測量誤差。

為了瞭解臺灣的數學學習成就與國民所得在國際的相對表現，本研究以數學學習成就為投入變項，國民所得為結果變項，透過迴歸分析來探究，依據文獻探討提出的

方程模式設計為： $Y_{\text{國民所得}} = a + b(\text{數學學習成就}) + e$ 。方程式中的 b 值是要估計參數， a 為常數項， e 為殘差項。

肆、研究結果與討論

一、各變項的描述

(一) 各變項的描述統計與相關程度

2009 年 69 個國家的數學學習成就與 2009 年 2018 年 69 個國家的國民所得之平均數、標準差、偏態、峰度，以及數學學習成就與國民所得在各年度的相關係數矩陣如表 2。表中看出，各國的數學學習成就與各年度國民所得之相關係數在.540 至.583 中度顯著正相關。2009 年的數學學習成就，以及 2009 年至 2018 年的四波國民所得之偏態係數絕對值小於 3 及峰度係數絕對值小於 10，符合 Kline(2005)在判斷變項資料為常態分配之條件，所以各年度各國資料符合常態分配，LISREL 以最大概似估計法(maximum likelihood estimation)進行參數估計。

表 2

2009 年 2018 年各國的數學學習成就與國民所得與相關係數

變項	1	2	3	4	5
1.2009 數學學習成就	-				
2.2009 國民所得	.540**	-			
3.2012 國民所得	.557**	.991**	-		
4.2015 國民所得	.560**	.992**	.993**	-	
5.2018 國民所得	.583**	.985**	.988**	.998**	-
平均數	462.03	24822.06	26292.85	27382.78	28997.94
臺灣	543.00	16933.00	21295.00	22400.00	25838.00
標準差	59.92	21859.00	22661.20	23202.79	24108.72
偏態	-0.16	1.26	1.17	1.18	1.13
峰度	-0.83	1.59	1.05	1.17	0.96

註: $n=69$

** $p < .01$.

(二) 各國及臺灣的國民所得之成長變化

本研究計算 69 個國家的國民所得平均值，繪製為成長曲線如圖 3 所示，從圖 3 可知，2009 年至 2018 年 69 個國家平均國民所得呈現上升—上升—上升情形，代表各國平均國民所得持續增加；而 2009 年到 2012 年臺灣略有增加，但 2012 年至 2015 之間則呈現平穩沒有明顯增加，可能是受到世界經濟風暴及國內政治不穩定影響，就業不易，國民所得無法增加，勞動者處於較低薪狀態，影響國民所得有停滯不前，在 2015 年至 2018 年才又提高一些。

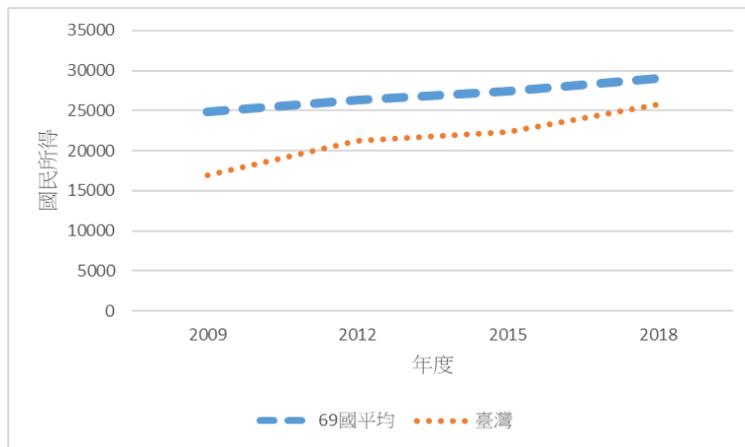


圖 3 2009 至 2018 年各國及臺灣的國民所得的成長曲線

二、模式估計結果

本研究建立的 2009 年 69 個國家參與 PISA 的數學學習成就對 2009 年至 2018 年 69 個國家的國民所得成長軌跡模式，SEM 檢定發現模式適配度的 RMSEA 偏高，經過調整模式，最後結果如表 3 所示，表中看出 $\chi^2 = 52.62 (p < .01)$ ，RMSEA = .29，NNFI = .90，SRMR = .02。從表 4 與圖 5 得知，2009 年 69 個國家國民所得平均起始值為 -6.71 (本研究將國民所得除 10,000)，以每波平均 -1.28 速度成長，各波成長速率，即 λ_5 至 λ_8 分別為 .00、.06、.11、.17，各波測量誤差變異數設定相同。69 個國家的國民所得起始點與其成長幅度之相關係數為 .18，且 $p > .05$ ，即沒有達到統計顯著水準，不過仍可看出 2000 年 69 個國家的國民所得愈高，其後來的國民所得會高一些。

表 3

各國學習成就對國民所得成長模式參數估計摘要

估計參數	估計值	估計標準誤	t 值
數學學習成就			
變異數(ψ_1)	0.35**	0.06	5.83
平均數(ψ_2)	4.61**	0.07	63.86
國民所得			
平均截距項(α_1)	-6.71**	1.76	-3.82
平均斜率項(α_2)	-1.28**	0.39	-3.31
截距項變異數(ψ_4)	3.42(.71)**	0.590	5.80
斜率項變異數(ψ_5)	0.12(.72)**	0.030	4.14
斜率項/截距項共變數(ψ_6)	0.18(.20)	0.094	1.91
數學學習成就的效果			
學習成就對國民所得起始(γ_1)	2.00(.54)**	0.06	5.29
學習成就對國民所得成長(γ_2)	0.37(.53)**	0.03	4.38
λ_1	1(1.0)	-	-
λ_2	1(.97)	-	-
λ_3	1(.94)	-	-
λ_4	1(.90)	-	-
λ_5	-	-	-
λ_6	0.32(.06)**	0.04	7.24
λ_7	0.63(.11)**	0.04	14.61
λ_8	1.00(.17)	-	-
國民所得第一波誤差變異數	0.03(.01)**	0.003	8.25
國民所得第二波誤差變異數	0.03(.001)**	0.003	8.25
國民所得第三波誤差變異數	0.03(.001)**	0.003	8.25
國民所得第四波誤差變異數	0.03(.001)**	0.003	8.25
$\chi^2_{(df=8)}$		52.62**	
p-value		.00	
RMSEA		.29	
AGFI		.76	
NNFI		.90	
SRMR		.02	

註：刮弧數字為標準化值； λ_1 至 λ_4 為設定 1.0 為起始值設定； λ_5 為設定 0， λ_8 為設定 1， λ_6 與 λ_7 為開放估計。n=69

** $p < .01$.

從圖 4 看出，2009 年 69 個國家的數學學習成就對 2009 年 69 個國家的國民所得起始點有正向($\gamma_1 = .54$)顯著影響($p < .01$)。它代表 2009 年 69 個國家的數學學習成就愈高，2009 年 69 個國家的國民所得也會較高，數學學習成就對國民所得起始值的解釋力為 $.29(.54 \times .54)$ 。2009 年 69 個國家學生的數學學習成就對於 2009 年至 2018 年國民所得成長速率有正向($\gamma_2 = .53$)顯著影響($p < .01$)。它代表 2009 年 69 個國家的學生數學學習成就愈高，對於 2009 至 2018 年國民所得成長速度有正向影響，數學學習成就對國民得成長速率解釋力為 $.28(.53 \times .53)$ 。可見 2009 年 69 個國家數學學習成就仍然會對於後來九年的國民所得有顯著提升之延宕效果。

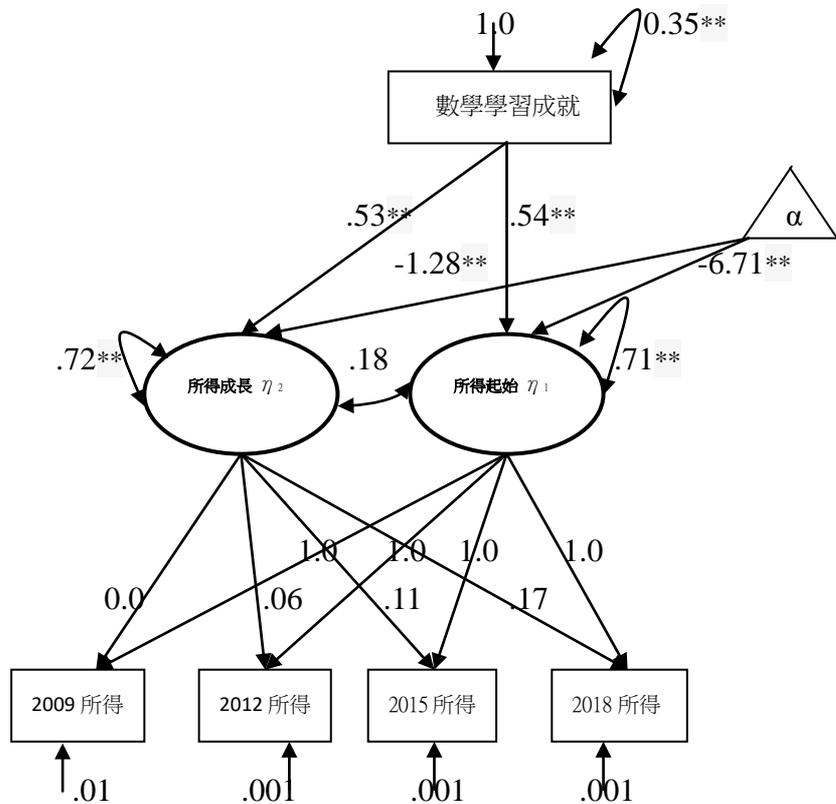


圖 4 2009 年 69 個國家數學成就對 2009 年至 2018 年國民所得之成長模式結果

** $p < .01$.

三、臺灣在國際的相對地位表現

上述成長曲線模式支持了 69 個國家的學生數學學習成就對國民所得有短期與長期有顯著影響，接著為了解臺灣的數學學習成就與國民所得在國際相對地位表現。本研究以研究設計與實施設定的模式，估計臺灣與全球平均發展水準差距，結果如表 4 所示。表中看出，2009 年 69 個國家的數學學習成就對於 2009 年、2012 年、2015 年與 2018 年的國民所得之 F 值都達到 $p < .01$ ，代表模式適配，四個模式的數學學習成就都對國民所得具有顯著正向影響，解釋力各為 .29、.31、.31 及 .34。從結果看出 69 個國家的學生數學學習成就對於國民所得不僅具有同時效果，還具有延宕效果，也就是和 2009 年國民所得有顯著關聯，在 2012 年至 2018 年國民所得仍與 2009 年數學學習成就有顯著關聯。依此對不同年度預測分析結果整理如附表，表中 69 個國家的國民所得估計值，即 C、E、G、I 欄為正值者，就以 C 欄來說，代表在 69 個國家的國民所得條件下，數學學習成就表現高於全球平均水準。例如澳洲、奧地利、比利時、加拿大等都是代表的國家。此欄數值代表，在 2009 年 PISA 的數學學習成就，該國國民所得高於全球平均水準的額度。以澳洲來說，2009 年的數學學習成就 514 分，應該是 35,131 美元就符合 69 個國家平均水準，但她仍高於 69 個國家平均水準 16,637 美元；比利時的 515 分，其國民所得應該 35,314 美元就符合 69 個國家平均水準，但她卻又高於 69 個國家平均國民所得有 7,992 美元。換言之，她們是高所得，但數學學習成就較低。如為負值代表數學成就低於 69 個國家平均水準，例如臺灣、南韓、紐西蘭、亞塞拜然等國，而 C 欄的數值代表在 2009 年 PISA 的數學學習成就，該國國民所得低於全球平均水準的額度。以臺灣來說，2009 年 543 分，國民所得應該要在 40,779 美元才符合 69 個國家平均水準，但是她少了 23,846 美元；韓國的 546 分應該 41,415 美元才符合 69 個國家的平均水準，但是她少了 19,691 美元。在 D 欄以 2009 年的數學學習成就對於 2012 年國民所得最適值，E 差距預測值的額度，以臺灣在 2009 年的 543 分，2012 年的國民所得應該 43,351 美元才符合 69 個國家平均水準，但少了 22,056 美元；韓國在 2009 年的 546 分，國民所得應該 44,031 美元，但少了 69 個國家平均水準有 19,833 美元。

表 4

2009 年 PISA 數學學習成就對於 2009 年至 2018 年國民所得的迴歸分析結果

變項	<i>b</i>	標準誤	<i>B</i>	<i>F</i> 值	<i>R</i> ²
2009 國民所得					
常數	-66225.65**	17470.87		27.61**	.29
2009PISA 數學成就	197.06**	37.50	.54**		
2012 國民所得					
常數	-71041.58**	17873.94		30.15**	.31
2009PISA 數學成就	210.67**	38.37	.56**		
2015 國民所得					
常數	-72777.87**	18259.66		30.59**	.31
2009PISA 數學成就	216.78**	39.20	.56**		
2018 國民所得					
常數	-79337.54**	18606.89		34.46**	.34
2009PISA 數學成就	234.48**	39.94	.58**		

** $p < .01$.

為了讓上述說明更易理解，以 2009 年的數學學習成就為橫座標，2009 年的國民所得為縱座標，69 個國家的散布情形如圖 5 所示。圖 5 的直線是最適迴歸線，在此直線以上的國家，代表在該數學學習成就之下，國民所得較於 69 個國家平均水準，例如盧森堡、挪威與瑞士，這可以從附表中 C 欄看出是正值。如果在直線以下的國家，代表該數學學習成就之下，國民所得低於 69 個國家平均水準，例如臺灣、南韓、中國大陸、愛沙尼亞、斯洛伐克等國。臺灣在直線之下，代表以 543 分的數學學習成就之下，在國民所得的提升還有努力空間。

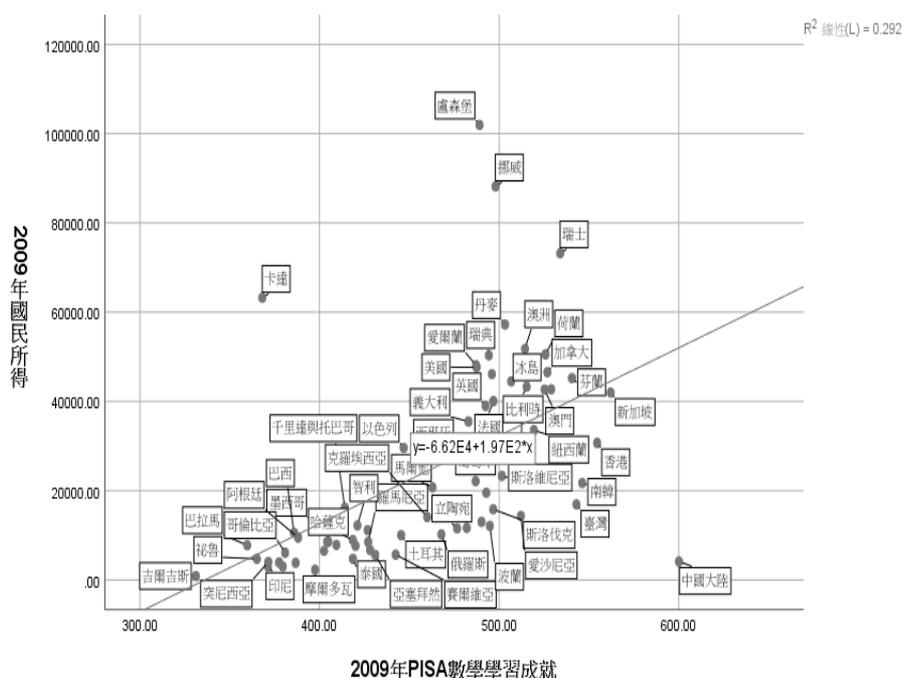


圖 5 2009 年 69 個國家的數學學習成就與國民所得之散布狀況

四、綜合討論

近年來各國對於學生學習成就表現相當的重視。OECD自2000年起進行PISA測量學生的數學、科學與閱讀學習表現。學生學習成就是一種人力資本投資反映，也是人力資本累積的重要成果之一。國際上有許多研究以學習成就代替傳統的教育在學率、教育經費、教育年數等人力資本形式(Goczek, Witkowska, & Witkowski, 2021; Hanushek & Woessmann, 2011)。然而這些研究多以一個年度學習成就對於國民所得分析，結果支持了數學學習成就是替代人力資本很好的指標，但是這些研究以一個年度的學習成就對經濟發展分析，沒有縱貫探究相當可惜。本研究透過世界銀行的國民所得及PISA的數學學習成就，建立69個國家的數學學習成就與國民所得縱貫模式分析的貢獻在於：以2009年PISA69個國家學生的數學學習成就對於2009年至2018年每三年為一波觀察時間的國民所得之成長關係，這種探究內容有別於橫斷面分析。本研究縱貫分析模式，透過LGCM對於69個國家分析數學學習成就對國民所得之成長軌跡，臺灣在研究之列是少有分析的。PISA最新資料為2018年，以每三年為一波調查，2009年參與國家較多，本研究以2009年的數學學習成就為投入變項，國民所得配合三年為一期，從2009年至

2018年共四波資料，其分析有完整性。從結果發現來看，2009年69個國家的數學學習成就對2009至2018年69個國家的國民所得成長有正面助益，支持人力資本理論論點，這比起現有以橫斷面資料分析的推論更準確。這代表69個國家不僅在2009年的數學學習成就對同年度國民所得有正面貢獻之外，而且對2009年至2018年國民所得成長幅度有正向貢獻。簡言之，69個國家的數學學習成就對於國民所得的影響兼具有短期與長期的提升效果。討論如下：

本研究結果發現，2009年69個國家學生的數學學習成就愈高，2009年69個國家國民所得起始水準愈高。也就是說，2009年69個國家有較高的數學學習成就，同年度的69個國家國民所得起始水準比較高。這支持人力資本理論的投資論點，若學校教育給予學生有較高的學習成就，尤其數學學習成就反應出人力資本，各國國民所得有正面助益。這與Barro (2001)、Woessmann(2003)、Gundlach 等人(2002)、Schoellman(2012)的研究發現接近。因此接受 H_1 。

2009年69個國家的學生數學學習成就對於2009年至2018年69個國家國民所得成長速有提升效果。它代表2009年69個國家數學學習成就表現愈高，對於2009年至2018年的國民所得成長有提升效果。這說明69個國家的數學學習成就一開始比較高，對於後來年度的國民所得成長有明顯提升作用。換句話說，國家的數學學習成就，對長期的國民所得成長有明顯助益，以及對於國民所得提高有延宕效果。這與張芳全(2017)、Campbell(2021)、Goczek 等人(2021)、Hanushek 與 Woessmann(2020)、Perraakis 與 Stamatakis(2002)研究教育對於經濟發展有正面貢獻的結論一致，也支持人力資本論觀點，因此接受 H_2 。

如果對照臺灣與69個國家平均國民所得成長如圖3，2012年至2015年臺灣的國民所得呈現平穩狀態，比起69個國家平均國民所得成長幅度還緩慢。這突顯出臺灣經濟發展困境，國民所得沒有提高，勞動者長期處於低薪狀態。從2009年各國數學學習成就對於2009年至2018年四波國民所得的預測中，臺灣分別低於69個國家平均水準各有23,846美元、22,056美元、22,536美元、22,146美元，可見臺灣的數學學習成就在69個國家相對高，這與張芳全(2021)的研究結果相近，但是在國民所得相對的低。雖然與國民所得有關因素相當多元，包括土地、資本、勞動力、研究與創新、教育的人力資本累積等，但本研究結果發現，學習成就可以顯著預測國民所得，代表學習成就是很好的人力資本代替變項，尤其學習成就表現代表學習者的認知能力，學生從學校畢業之

後的重要生產力代表指標之一，對於國家未來的國民所得及經濟成長的關聯性高。當然臺灣的數學學習成就較高，如同南韓、日本、香港、新加坡都可能受到升學及社會重文憑因素的關聯，因而這些國家的學習成就較高，不必然與國民所得有關聯，可能還涉及社會價值觀。然而國際上沒這方面資料無法分析，日後如有這資料可以納入考量。總之，從結果來看，臺灣應思考學生的數學學習成就如何與經濟發展結合的課題。

伍、結論與建議

一、結論

基於上述本研究獲得以下結論：(一) 2009 年 69 個國家的數學學習成就愈高，2009 年各國國民所得愈好。(二) 2009 年 69 個國家的數學學習成就愈高，對於 2009 至 2018 年 69 個國家的國民所得成長速率有正向提升效果。整體來看，數學學習成就對於國民所得不僅有短期提升效果，而且還有長期的延宕提升效果。(三) 臺灣在 2009 年數學學習成就條件下，2009 年至 2018 年的國民所得分別低於 69 個國家平均值各有 23,846 美元、22,056 美元、22,536 美元、22,146 美元，臺灣在 69 個參與 PISA 國家的數學學習成就相對高，但是在國民所得相對低。

二、建議

本研究建議如下：

各國應維持或持續提高學生數學學習成就，並與經濟發展做適當的連結。結論一指出，2009 年 69 個國家的數學學習成就愈高，69 個國家的國民所得愈好，同時結論二指出，2009 年 69 個國家的數學學習成就愈高，對於 2009 至 2018 年 69 個國家的國民所得成長速率有正向提升。這都說明各國不僅應重視學生數學學習成就表現與國民所得的結合之外，而且國民所得比較低的國家，尤其在圖 5 中直線以下的國家更應注意在其數學學習成就條件之下，提出經濟發展方案，來提高國民所得；同時對於數學學習成就比起 69 個國家平均水準低的國家，應該注意提高學生數學學習成就表現，累積人力資本，以提高國民所得。

臺灣在本研究之列也提出建議。雖然結論一、二指出，69 個國家數學學習成就對於國民所得不僅有短期提升效果，而且在長期也發揮提升作用。因此學校應重視及提升學生數學學習成就表現與學習品質著手，分享兩者關聯性的結果，讓學生瞭解數學

學習表現與國民所得的關聯性。而政府應在國際上每次 PISA 成果發表之後，針對各國的數據與經濟發展相關指標分析，瞭解數學學習成就與國民所得的關係，以及國家在學習成就與國民所得的國際相對地位表現，提供這方面訊息給學校與教師或家長瞭解這關聯性。當然不是為升學考試得到的學習成就，尤其臺灣的數學學習成就在歷次 PISA 國際表現亮眼，但是在此條件下，臺灣的國民所得無法符應全球平均水準。這說明臺灣的國民所得仍有提高空間。然而就如討論所言，各國的國民所得提升有多重因素使然，並不是數學學習成就單一因素而已，本研究只是把數學學習成就探究發現，以學習者認知能力為代替的人力資本和國民所得有顯著正向關聯。必須說明的是臺灣的數學學習成就在國際表現優異，也有可能部分與社會風氣、價值觀及學生的課後補習使然，不完全與國民所得聯結，但可以確定的是提升學生數學學習成就對於學生及國家未來有助益。

本研究在 LGCM 估計之後，模式的最佳適配度略有差距，問題在於變項測量誤差略大。雖然 LISREL 程式收斂，代表模式的參數估計沒問題，但結果有改善空間。分析過程把國民所得固定起始點及成長幅度的變異數設為固定，改善測量誤差較大問題。本研究在這領域少有線索可循，模式沒有完全適配，應可以接受與容忍。未來在模式推衍增刪品質變項，甚至理論結構改變也可以嘗試。例如經濟發展不能僅以國民所得為替代變項，還可以考慮國民生產毛額、國內生產毛額、勞動力就業率、經濟成長率等。本研究投入變項僅一個年代，未來若投入自變項之起始點與成長幅度，以及結果變項年度相同，可以進行同時效果分析。如果投入變項的起始點及成長幅度比結果變項還要前面年度是交叉延宕效果(cross-lag effect)。這兩種不同時間數列分析會有不同發現也可以嘗試。在時間點可以一年一波，以超過五波以上資料，更能反映縱貫研究特性。最後，數學學習成就對國民所得都各僅有一個變項，是否過於簡要仍有討論空間，未來可以納入同樣是人力資本的預期壽命、教育年數、健康經費與教育經費支出的縱貫資料，若將這些變項納入分析更能豐富模式，然而這需要考量樣本數及模式的精簡化。

參考文獻

中文部份

- 行政院主計總處(2020)。社會統計指標。臺北市：作者。
- 余民寧(2013)。縱貫性資料分析—LGM 的應用。臺北市：心理。
- 張芳全(2017)。高等教育擴充與經濟發展的縱貫分析。載於張芳全，**高等教育理論與實踐**(121 至 151 頁)。臺北市：高等教育。
- 張芳全(2021)。學習成就的跨國評比及教育和學習成就之分析：以國民所得為中介變項。**教育研究學報**，55(1)，1-34。

外文部分

- Becker, G. S. (1962). Investment in human capital: A theoretical analysis. *The Journal of Political Economy*, 70, 9-49.
- Becker, G. S. (1975). *Human capital: A theoretical and empirical analysis, with special reference to education* (2nd ed.). New York, NY: National Bureau of Economic Research.
- Benhabib, J., & Spiegel, M. M. (1994). The role of human capital in economic development: Evidence from aggregate cross-country data. *Journal of Monetary Economics*, 34(2), 143-173.
- Blalock, H. (1964). *Causal inferences in non-experimental research*. Chapel Hill, NC: University of North Carolina Press.
- Bollen, K. (1989). *Structural equations with latent variables*. New York, NY: John Wiley.
- Buchmann, C., & Hannum, E. (2001). Education and stratification in developing countries: A review of theories and research. *Annual Review of Sociology*, 27, 77-102.
- Campbell, J. A. (2021). The moderating effect of gender equality and other factors on PISA and education policy. *Education Sciences*, 11.
<https://www-proquest-com.metalib.lib.ntue.edu.tw/scholarly-journals/moderating-effect-gender-equality-other-factors/docview/2526895299/se-2?accountid=8007>
- Chankseliani, M. (2014). Georgia: Marketization and education post-1991. In N. Ivanenko (Ed.), *Education in eastern Europe and Eurasia* (pp. 277-302). New York, NY:

Bloomsbury Academic.

- Edwards, J. A., & Thames, F. C. (2009). The effects of economic and political development on GDP growth volatility. *Global Economy Journal*, 9(2), 1–31.
- Goczek, Ł., Witkowska, E., & Witkowski, B. (2021). How does education quality affect economic growth? *Sustainability*, 13(11), 6437.
<http://dx.doi.org.metalib.lib.ntue.edu.tw/10.3390/su13116437>
- Gundlach, E., Rudman, D., & Woessmann, L. (2002). Second thoughts on development accounting. *Applied Economics*, 34(11), 1359-1369.
- Hanushek, E. A. & Woessmann, L. (2020). Education, knowledge capital, and economic growth. In S. Bradley., & C. Green, (Eds.), *The economics of education* (pp. 171-182). London, UK: Academic Press.
- Hanushek, E. A., & Kimko, D. D. (2000). Schooling, labor force quality, and the growth of nations. *American Economic Review*, 90(5), 1184-1208.
- Hanushek, E. A., & Woessmann, L. (2011). How much do educational outcomes matter in OECD countries? *Economic Policy*, 26, 427-491.
- Holland, D., Liadze, I., Rienzo, C., & Wilkinson, D. (2013). *The relationship between graduates and economic growth across countries*. BIS Research Paper 110. London, UK: Department for Business Innovation & Skills.
- Juárez, F., & Gayet, C. (2014). Transitions to adulthood in developing countries. *Annual Review of Sociology*, 40, 521-538.
- Kline, R. B. (2005). *Principles and practice of structural equation modeling*. New York, NY: Guilford press.
- Mankiw, G., Romer, D., & Weil, D. (1992). A contribution to the empirics of economic growth. *Quarterly Journal of Economics*, 107, 407-438.
- Mincer, J. (1958). Investment in human capital and personal income distribution, *Journal of Political Economy*, 66, 281–302.
- Mincer, J. (1970). The distribution of labor incomes: A survey with special reference to the human capital approach. *Journal of Economic Literacy*, 8 (1), 1-26.
- Mincer, J. (1974). Schooling, experience, and earnings. New York, NY: National Bureau of

Economic Research.

Montenegro, C. E., & Patrinos, H. A. (2014). *Comparable estimates of returns to schooling around the world*. Policy Research Working Paper No. 7020. Washington, DC:

Education Global Practice Group.

OECD (1999). *Measuring student knowledge and skills: A new framework for assessment*.

Pairs, France: Author.

OECD (2002). *Literacy skills for the world of tomorrow: Further results from PISA 2000*.

Pairs, France: Author.

OECD (2010a). *PISA 2009 framework: Key competencies in reading, mathematics and science*. Pairs, France: Author.

OECD (2010b). *PISA 2009 results: What students know and can do student performance in reading, mathematics and science volume I*. Pairs, France: Author.

OECD (2019). *PISA 2018 results (volume I): What students know and can do, PISA*. OECD Publishing, Paris. <https://doi.org/10.1787/5f07c754-en>

Perraakis, P. E., & Stamatakis, D. (2002). Growth and educational levels: A comparative analysis. *Economics of Education Review*, 21, 513-521.

Psacharopoulos, G. (1981). Returns to education: An updated international comparison. *Comparative Education*, 17, 321-341.

Psacharopoulos, G., & Patrinos, H. A. (2004). Returns to investment in education: A further update. *Education Economics*, 12(2), 111-134.

<https://doi:10.1080/0964529042000239140>

Psacharopoulos, G., & Patrinos, H. A. (2018). Returns to investment in education: A decennial review of the global literature. *Education Economics*, 26(5), 445-458.

<https://doi.org/10.1080/0964529042000239140>

Romer, P. M. (1986). Increasing returns and long-run growth. *Journal of Political Economy*, 94(5), 1002-1037.

Schoellman, T. (2012). Education quality and development accounting. *The Review of Economic Studies*, 79(1), 388-417. <https://doi.org/10.1093/restud/rdr025> .

Schultz, T. W. (1963). *The economic value of education*. New York, NY: Columbia

University Press.

Schultz, T.W. (1961). Investment in human capital. *American Economic Review*, 51(1), 1-17.

Tienken, C. H. (2008). Rankings of international achievement test performance and economic strength: Correlation or conjecture? *International Journal of Education Policy and Leadership*, 3(4). <https://doi.org/10.22230/ijepl.2008v3n4a110>

Vegas, E., & Cofn, C. (2015). When education expenditure matters: An empirical analysis of recent international data. *Comparative Education Review*, 59(2), 289-304.

Widarni, E. L., & Bawono, S. (2021). Human capital, technology, and economic growth: A case study of Indonesia. *The Journal of Asian Finance, Economics and Business*, 8, 29-35.

Wilkinson, R., & Yussof, I. (2005). Public and private provision of higher education in Malaysia: A comparative analysis. *Higher Education*, 50, 361-386.

Woessmann, L. (2003). Specifying human capital. *Journal of Economics Survey*, 17(3), 239-270.

Woessmann, L. (2005). Educational production in Europe. *Economic Policy*, 20(43), 446-504. <https://doi.org/10.1111/j.1468-0327.2005.00144.x>

Worden, E. A. (2014). Moldova: Challenges and opportunities. In N. Ivanenko (Ed.), *Education in Eastern Europe and Eurasia* (pp. 47-64). New York, NY: Bloomsbury Academic.

World Bank. (1997). *Vietnam: Education financing*. Washington, DC: Oxford University Press.

World Bank. (2000). Higher education in developing countries: Peril and promise. *The task force on higher education and society*. Washington, DC: Oxford University Press.

World Bank. (2001). *World development report*. Washington, DC: Oxford University Press.

World Bank. (2006). *World development report*. Washington, DC: Oxford University Press.

World Bank. (2011). *World development report*. Washington, DC: Oxford University Press.

World Bank. (2016). *World development report*. Washington, DC: Oxford University Press.

附表

各國的數學學習成就對於國民所得的預測值與差距

國家	A	B	C	D	E	F	G	H	I
臺灣	543	40779	-23846	43351	-22056	44936	-22536	47984	-22146
南韓	546	41415	-19691	44031	-19833	45636	-19573	48741	-20583
紐西蘭	519	36108	-2554	38358	-3550	39799	-3116	42427	-4373
阿爾巴尼亞	377	8157	-4229	8477	-4201	9050	-4526	9169	-4094
阿根廷	388	10247	-745	10712	-62	11349	-781	11656	-1606
澳洲	514	35131	16637	37313	16369	38723	16357	41264	15568
奧地利	496	31499	14625	33430	14742	34728	13062	36942	13110
亞塞拜然	431	18703	-13060	19751	-14026	20651	-14587	21717	-15916
比利時	515	35314	7992	37510	6851	38925	6582	41483	5553
巴西	386	9803	792	10237	1509	10861	570	11127	-48
保加利亞	428	18130	-11399	19138	-12055	20020	-12357	21035	-12360
加拿大	527	37587	8953	39939	8847	41426	8836	44187	7279
智利	421	16749	-4522	17662	-3627	18502	-3779	19392	-4280
中國大陸	600	52026	-47893	55375	-50050	57310	-50809	61367	-53560
哥倫比亞	381	8825	-2697	9191	-2279	9784	-2204	9963	-2269
哥斯大黎加	409	14448	-6593	15203	-6513	15971	-6751	16654	-6718
克羅埃西亞	460	24410	-10307	25853	-12175	26930	-12819	28508	-12537
捷克	493	30889	-11346	32779	-12696	34057	-12496	36217	-12416
丹麥	503	32951	24278	34983	23505	36325	24077	38670	25602
愛沙尼亞	512	34690	-20320	36842	-20345	38239	-20605	40740	-20807
芬蘭	541	40287	4945	42825	3713	44395	1252	47399	1481
法國	497	31671	8388	33615	7644	34917	6876	37147	6573
喬治亞	379	8557	-5536	8905	-5154	9490	-5304	9645	-4910
德國	513	34823	4982	36984	7087	38385	6823	40898	6416
希臘	466	25624	2891	27150	-4319	28265	-5649	29952	-6405
香港	555	43050	-12339	45780	-11693	47435	-11175	50687	-11988
匈牙利	490	30368	-17352	32222	-18854	33484	-18633	35597	-18803
冰島	507	33619	10873	35697	8335	37060	10473	39465	12127
印尼	371	6943	-3964	7180	-3758	7715	-3890	7724	-3440

愛爾蘭	487	29770	18341	31582	16991	32826	32607	34885	41777
以色列	447	21834	7768	23098	8597	24095	8976	25442	9307
義大利	483	28937	6566	30692	4328	31909	2052	33894	1591
日本	529	38018	4706	40400	4877	41900	5203	44700	4066
約旦	387	9971	-6124	10416	-6887	11045	-7695	11327	-8017
哈薩克	405	13561	-4988	14255	-4331	14995	-4378	15599	-4434
吉爾吉斯	331	-968	1863	-1278	2183	-988	2010	-1689	2780
拉托維亞	482	28749	-17086	30491	-17463	31702	-17288	33670	-17407
立陶宛	477	27694	-16143	29363	-15676	30542	-15143	32415	-14673
盧森堡	489	30150	71789	31989	70415	33245	74394	35338	75364
澳門	525	37287	5364	39619	26653	41096	12383	43830	14812
馬來西亞	404	13438	-4879	14123	-4380	14859	-3947	15452	-3321
馬爾他	463	24989	-4233	26472	-3968	27567	-1140	29197	-553
模里西斯	420	16539	-8856	17438	-8858	18271	-8795	19143	-8565
墨西哥	419	16246	-7298	17125	-7434	17949	-7906	18794	-8408
摩爾多瓦	397	12105	-9831	12697	-10131	13392	-10439	13866	-10341
蒙特哥維納	403	13094	-6572	13756	-7052	14481	-7195	15044	-6790
荷蘭	526	37396	13137	39735	11046	41215	10656	43960	10935
挪威	498	31902	56272	33862	54743	35171	54858	37422	54697
巴拉馬	360	4667	3106	4746	4795	5210	5556	5016	6740
祕魯	365	5723	-993	5875	-232	6372	-258	6272	181
波蘭	495	31281	-19157	33198	-19817	34488	-19877	36683	-20034
葡萄牙	487	29721	-7597	31530	-10193	32772	-10754	34827	-10742
卡達	368	6315	56904	6508	61143	7023	60420	6977	56956
羅馬尼亞	427	17935	-9438	18930	-10308	19806	-10146	20803	-9263
俄羅斯	468	25962	-15742	27511	-15958	28637	-17282	30354	-18510
賽爾維亞	442	20951	-15280	22154	-16267	23124	-16967	24391	-17493
新加坡	562	44526	-2543	47358	2786	49059	4950	52444	6630
斯洛伐克	497	31651	-15815	33594	-16092	34896	-15997	37124	-16573
斯洛維尼亞	501	32595	-9296	34603	-11613	35934	-12108	38247	-11486
西班牙	483	29052	1542	30815	-1579	32036	-1486	34031	-1082
瑞典	494	31169	19157	33079	20354	34366	21974	36551	21361
瑞士	534	38997	34192	41447	33537	42977	33577	45865	33370

泰國	419	16261	-11516	17141	-11703	17965	-12223	18811	-12441
千里達與托 巴哥	414	15367	868	16184	452	16981	-141	17747	-2586
突尼西亞	371	6979	-2936	7218	-3076	7754	-3446	7767	-3359
土耳其	445	21555	-11508	22801	-10673	23789	-9866	25111	-9921
英國	492	30810	8176	32694	7345	33970	8047	36123	7201
美國	487	29821	17828	31637	17966	32882	19286	34946	19887
烏拉圭	427	17865	-6709	18855	-5874	19729	-5791	20720	-6102

註：A 為 2009 年 PISA 數學分數、B 代表 2009 年國民所得理想值、C 代表 2009 年國民所得和理值差距、D 代表 2012 年國民所得理想值、E 代表 2012 年國民所得和理值差距、F 代表 2015 年國民所得理想值、G 代表 2015 年國民所得和理值差距、H 代表 2018 年國民所得理想值、I 代表 2018 年國民所得和理值差距。

The Trajectory of Mathematics Learning Achievement to the Growth of National Income: Evidence from PISA Data

Fang-Chung Chang*

Abstract

This study explored the impact of students' mathematics learning achievements in countries participating in PISA in 2009 on the growth of national income from 2009 to 2018. Based on the data of the World Bank and the Organization for Economic Cooperation and Development, this study included 69 countries, including Taiwan, the latent growth curve model and regression analysis were performed, and obtained the following conclusions: The higher the mathematics learning achievements of 69 countries in 2009, the higher the national income in 2000. In 2009, the higher the mathematics learning achievements of 69 countries, the higher the growth rate of national income in all countries from 2009 to 2018. Under the conditions of achievement in mathematics learning in 2009, Taiwan's national income from 2009 to 2018 was lower than the average of 69 countries, ranging from US\$22,056 to US\$23,846. Taiwan's mathematics learning achievement in 69 countries participating in PISA was relatively high, but the national income was relatively low. The contributions of this research showed in the discovery that mathematics learning achievements had both short-term and long-term effects of improving national income. It was advisable to strengthen the connection between mathematics education and economic development. Taiwan should also reflect on it In-depth discussion on the conclusions and recommendations were made.

**Keywords: latent growth curve model, mathematics learning achievement,
national income**

* 1st : Professor, Professor/ Chairman, Department of Educational Management, National Taipei University of
Education
Email: fcchang@tea.ntue.edu.tw

數學學習成就對國民所得成長的軌跡分析：PISA 為例