

# 國家發展因素與學生學習成就關聯之探討：以 UNDP、World Bank、PISA 資料為例

張芳全\*

## 摘 要

本研究從 UNDP(2019)、World Bank(2019)及 2018 PISA 取得 56 個國家資料，探討國家發展因素與數學、科學和閱讀成就的關聯性，獲得以下結論：國家的教育年數、中等教育在學率愈高與性別愈平等，學習成就愈好；教育經費占國民生產毛額比率愈高，數學、科學與閱讀學習成就較低；研究發展經費占國民生產毛額比率和學習成就有顯著正向關聯。然而國民所得與學習成就沒有顯著關聯，這是國民所得與性別平等指數相互壓抑所造成。在納入 56 個國家的六個投入變項估計之後，臺灣學生學習成就的相對表現上，數學及科學學習成就高於各國平均水準，然而閱讀學習成就低於各國平均水準。本研究重要在於發現在於以國家為單位探究學習成就的因素發現，國家性別愈平等、教育年數愈長、中等教育在學率愈高、研究經費支出比率愈高，學習成就愈好，但是教育經費投資愈多，反而學習成就愈低。針對結論深入討論，提出具體建議。

**關鍵詞：**性別平等指數、教育年數、教育經費支出、國際學生能力評量計畫、學習成就

\* 第一作者：國立台北教育大學教育經營與管理系教授

Email：fcchang@tea.ntue.edu.tw

## 壹、緒論

### 一、研究動機

許多研究探討學生學習成就的相關因素多數聚焦於學生的個人特質、家庭背景因素( Agirdag et al., 2012 ; Baker et al., 2002 ; Marks, 2005)、學校投資經費、學校環境、學校教學資源與學校規模(張芳全, 2010 ; Greenwald et al., 1996), 或教師教學效能與學生同儕關係(陳敏瑜、游錦雲, 2017 ; Rivkin et al., 2005)。在眾多研究之中, 以國家發展因素和學生學習成就關聯的研究相當少(張芳全, 2021a, 2021b)。

與學習成就的相關因素不僅是學生、家庭、學校或同儕因素而已, 還可以從國家發展的重要因素來瞭解與學習成就有其關聯性(Baker, et al, 2002)。國家發展因素相當多元, 但是重要的包括教育、經濟、社會及研究發展因素, 其中教育因素以國家的教育經費占國民生產毛額比率(education expenditure as a percentage of gross national product, 以下以教育經費支出替代)、國民接受教育年數、中等教育在學率為代表; 經濟因素以國民所得為替代; 社會因素以性別平等指數替代; 研究發展因素以研究與發展經費支出為替代。然而這些國家發展因素和學生學習成就關聯程度為何呢? 人力資本理論(human capital theory)強調, 國家教育經費投資愈多, 國民接受教育年數愈長和中等教育愈普及, 可以提高學生學習成就。這些因素超越學生個人特質、家庭及學校因素, 卻很少研究深入探討(Bempechat & Drago-Severson, 1999 ; Hanushek & Woessmann, 2012)。經濟合作暨發展組織 (Organization for Economic Cooperation and Development, OECD, 2020)在 2018PISA 成果報告第五輯, 以國家為單位指出各國表現情況, 並說明不同學校系統的作法與政策, 以瞭解要提升學習成就有效性, 然而它沒有以國家為單位來瞭解國家發展因素與學習成就的關聯, 難以從國家層級的相關因素提供實務參考, 這也是本研究探究的動機之一。

國家發展除了教育發展因素之外, 還包括經濟與社會發展因素。以經濟發展來說, 國家經濟發展愈好, 代表國家現代化程度高, 政府可以投資教育經費較多, 相對的, 國家經濟不佳, 無法更多教育經費投資。Feniger 與 Atia(2018)分析指出, 國家的經濟成長與國家的學生平均學習成就為正向關聯。張芳全(2021a)以 71 個國家分析發現, 教育年數與高等教育在學率和學習成就有顯著正相關。然而他的研究僅以兩個投入變項, 沒有考量各國性別平等、研究與創新和學習成就的關係。很重要的是, 研究指出

國家的研究與發展經費愈高，代表國家愈重視研究與創新，因而會投入更多經費於研究與發展，提高生產力，以促進經濟發展(Gulmez & Yardımcıoğlu, 2012; Kuo & Yang, 2008; Kwack & Yang, 2006)。在這些的國家發展脈絡下，也會讓學校教育重視學生學習及其表現。如果國家的經濟發展不佳，學生預期畢業失業，會沒有經濟收入，此時提高學習成就會受限。本研究把各國的性別平等及研發經費支出納入分析，以瞭解他們對於各國的學習成就貢獻程度。許多指標衡量經濟發展程度，例如國民所得、研發經費支出及失業率。國民所得若能穩定成長代表經濟發展穩定。學習者若在良好經濟環境，可以獲得較多教育及學習資源，加上政府在國民所得提升之後，有更多機會投資於教育設備改善，增加學習資源，讓學生學習機會提高，對於學習成就有幫助。然而各國的國民所得、研究與發展經費占國民生產毛額比率(the ratio of research and development expenditure to the gross national production，以下稱研發經費支出)和學習成就的關聯為何呢？是本研究探討重點之一。

國家的性別平等與學生的學習成就可能有關聯。社會愈開放，兩性愈平等，不僅是男女性接受教育機會較為相近，同時女性接受教育較為公平之後，可以提高她們的學習成就。相對的，國家的兩性愈不平等，代表社會愈封閉，不鼓勵女性接受教育，此時也影響女性學習成就。如果性別愈平等的國家，學生學習成就愈高，反之愈低。張芳全(2020)分析 109 個國家發現，教育年數、都市化程度、健康經費占國民生產毛額比率及性別平等指數和國民所得有正向顯著關聯。然而他的研究沒有把這些國家發展因素與學習成就分析。Schnepf (2004)以國際調查資料分析，從地區別及共產主義轉型與民主國家的學生學習成就分析發現，男女生的學習成就有明顯差異，這受到社會文化影響，但是其研究沒有進一步統計檢定無法進行推論。因此各國的性別愈平等，學習成就是否愈好呢？是本研究要探究的重點之一。

近年來國際組織進行的學生學習評量資料相當多，例如國際數學與科學成就趨勢調查(Trends in International Mathematics and Science Study, TIMSS)、國際學生能力評量計畫(Programme for International Student Assessment, PISA)以及國際閱讀素養調查(Programme of International Reading Literacy Study, PIRLS)蒐集相當多學生學習表現資料。OECD 自 2000 年起，每 3 年舉辦一次 PISA 以 15 歲學生的調查，評量涵蓋閱讀、數學、科學領域的素養，其樣本大、代表性高，有三個學習成就領域可以跨國比較。張芳全(2021c)雖然以國家、學校及學生層，透過多層次模式分析學習成就影響因素獲

得許多結論，但其研究無法從這些國家層因素，來瞭解臺灣在國際的相對地位。本研究疑問是，若在考量教育、經濟、社會與研發經費因素之後，對於各國學生學習成就評估，臺灣學生學習成就的相對地位狀況為何？因此本研究選定 2018 年參與 PISA 調查的國家探究國家發展因素和學習成就之關聯性，一方面是資料較新，一方面可以跨國比較，加上有三種學習成就，而臺灣也有這方面資料之中，若納入研究，可以作為臺灣未來發展參考。在此要說明的是，本研究以國家為分析單位，以國家聚合資料，沒有針對學生學習成就的個別表現探討，在解釋及推論應以國家不是個人，以避免生態謬誤(ecological fallacy)。

## 二、研究目的與問題

本研究目的如下：（一）瞭解 56 個國家的國家發展因素(包括教育年數、中等教育在學率、教育經費支出、國民所得、性別平等指數、研發經費支出)與學習成就之關聯性；（二）瞭解臺灣的學生學習成就在國際的相對地位。因此，研究問題如下：（一）2018 年參與 PISA 的 56 個國家的教育年數、中等教育在學率、教育經費支出、國民所得、性別平等指數、研發經費支出與學習成就(包括數學、科學與閱讀學習成就)有顯著關聯嗎？（二）考量上述 56 個國家的六個投入變項，臺灣的學生在數學、科學與閱讀學習成就在國際的相對地位為何呢？

## 貳、文獻探討

### 一、與學習成就相關聯的人力資本理論

本研究探討國家發展因素與其學生學習成就之關聯性，因此需要說明與學習成就相關聯的人力資本理論，說明如下：

首先，國家發展因素與學生學習成就有關，學生學習成就反應出國家發展的重要性。國家的學生素質及能力反應國家未來發展與競爭力。在探討學習成就可從國家發展來探討與學生學習成就的相關性。學生學習成就愈好，反應出國家下一代公民會有較好的生產力與國家競爭力。近年來的跨國分析常以 TIMSS、PISA、PIRLS 的學習成就做為研究變項，包括在數學、科學、閱讀或語文學習成就作為分析依據。學生科學及數學成就與國家未來科學人力培養與供給有關，學生有良好的科學及數學能力是國

家未來發展的重要基礎。張芳全(2021b)研究發現，各國的學習成就、研發經費支出與國家競爭力有正向顯著關聯。也就是說，學生學習成就愈高的國家，國家競爭力愈高。Keller (2006a)以亞洲國家分析發現，教育擴充及教育經費投資對於經濟發展提升有顯著關聯性。同時學生閱讀能力與國家未來國民學習能力有關，有好的閱讀能力可以做為日後學習及工作的依據。Krskova 與 Baumann(2017)研究發現，學校紀律與教育投資對於學生學習成就各有 88%及 12%的解釋變異量，並且兩個變項都與競爭力顯著相關。中學生的數學學習成就是預測未來個人收入的重要科目(Murnane et al., 1995)，此外，中學生的數學成就與國家經濟生產力有顯著相關(Hanushek & Woessmann, 2012)。56 個參與 PISA 的國家分析國家發展因素與學習成就是否有正向顯著關聯呢？

其次，人力資本理論與學習成就有密切關聯。1960 年代興起的人力資本理論，其重要性已受到重視，它解釋了教育及學習成就的價值。人力資本理論認為，教育投資及教育年數與教育在學率提升對於國民的知識、觀念、能力、生產力及經濟所得有提升效果(Kingsbury, 2018；Psacharopoulos et al., 2017；Psacharopoulos & Patrinos, 2018；Schultz, 1961)。教育經費支出愈高，代表學生擁有的學習資源及品質愈高，所以對於學習成就表現有幫助；Vegas 與 Coffin(2015)分析 50 個國家的資料發現，教育經費支出對數學成就有正向顯著關聯。國民的教育年數愈高，代表人力資本愈高，國民接受教育普遍高，反應出較好的學習觀念，與子女學習成就有正相關；Lee 與 Lee(2016)建構與估計 111 個國家的國民教育年數發現，國民教育年數愈長的國家，國民所得愈高。而各級教育在學率愈高，代表國民可以接受教育機會較高，因為較多人接受教育，國民素質提升，對教育的重視，使得讓學習成就提升。Baumann 與 Winzar(2016)研究發現，擴充中等教育在學率可以提高國家的競爭力。Keller(2006b)研究發現，中等教育與高等教育在學率對於經濟成長有顯著影響，初等教育在學率則否。余民寧(2006)提出學習成就因素的五個模型：學生個人背景模型、家庭背景模型、教師背景模型、學校管理背景模型、政府教育政策因素模型，其中政府教育政策因素強調政府教育投資及政策方向，對於學生學習成就的影響。他提出的模型僅是概念性探究沒有實證研究支持。所以，各國的教育經費投資、教育年數與教育在學率，以及研發經費支出和學生學習成就有關。本研究以 2018 年參與 PISA 的 56 個國家探討這些國家的教育年數、中等教育在學率、教育經費支出、研發經費支出和學習成就的關聯性。

## 二、國家發展因素與學習成就之相關研究

關於國家發展因素與學生學習成就的研究說明如下：

- (一) 教育發展與學習成就之研究方面，教育投資與教育發展愈好，國民素質愈好(馬信行，1988)。張芳全、余民寧(2001)分析 100 多個國家的資料發現，教育經費占國民生產毛額比率對於政府支出比率有正向顯著影響，學生單位成本與人口成長率與國民所得有正向影響。Barro 與 Lee(2013)的研究發現，國家平均教育年數愈長，經濟發展愈好。Rindermann(2008)的研究指出，教育發展、學習成就及經濟發展有正向關係。Waldfoegel 與 Zhai(2008)研究澳大利亞、日本、荷蘭、紐西蘭、挪威、英國和美國於 1995 年和 2003 年參與 TIMSS 的數據發現，學前教育經費支出和四年級生的數學和科學成績的相關係數很小，但具有顯著正相關，資源貧乏的家庭和不經常使用測試語言的家庭子女，可能比其他子女從增加教育經費支出獲得更多收益。張芳全(2021)對 75 個國家分析發現，教育年數對於國民所得有正向顯著影響，但高等教育在學率則否；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。基於上述，各國的教育發展與學生學習成就有密切關係，尤其教育經費投資愈多，各國的教育年數與中等教育在學率提高，可能與學習成就有顯著提升的關聯。因此，本研究探討各國的教育年數、教育經費支出、中等教育在學率與學生學習成就的關聯性。
- (二) 經濟發展與學習成就之研究方面，國家愈現代化代表國家的國民所得提高，國民所得提高，不僅個人及國家可以投資教育發展資源愈多，而且國民所得高，政府在教育愈有能力投資，有益於學生學習成就表現。羅珮華(2010)探討 1995 年以來 TIMSS 資料發現，TIMSS 1999 至 TIMSS 2007 各國八年級學生在數學及科學學習成就與國家經濟能力具高度正相關，高經濟群國家的學生數學成就平均分顯著高於低經濟群國家。Chen 與 Luoh (2010)研究發現，TIMSS 2007 的數學與科學成就對於國民所得有正向顯著影響。這代表經濟發展與學生學習成就有關係。

然而與學生學習成就有關的是青年人口失業情形，如果青年人無法在學校畢業後有謀職機會，在生活安全受到威脅，學習表現受到限制。此外，良好的經濟發展代表社會與國家愈現代化，現代化國家講究社會公平性，社會愈公平，經濟與社會問題減少，社會更能趨於穩定，學習成就表現會較好。Montt (2011)跨國分析顯示，吉尼指數愈高，學生學習成就愈低，而每人國民所得愈高，

學生學習成就愈好。它顯示了，國家的經濟分配愈不均等，學生學習成就表現愈不好。

總之，各國的經濟發展與學習成就有關，本研究選用國民所得、研發經費支出，這兩項指標和學生學習成就的關聯情形為何？是本研究要探究。

- (三) 性別平等與學習成就的研究方面，國家的性別平等情形反應出社會開放性及穩定性，對於女性有更多尊重與保障，因為女權受到重視，尤其是國民接受教育權受到保障，讓女性接受教育機會增加，透過教育提高他們的知識與能力，可以反應在學習成效。許多變項可以代表國家性別平等情形，尤其聯合國開發署 (United Nations Development Programme, UNDP, 2011) 於 2010 年開始編製性別不平等指數 (gender inequality index)，以生育健康、賦權及勞動市場的 3 個領域之 5 項指標衡量各國的性別平等，它是一個綜合指數，指數在 0 至 1 之間，數值愈高愈不平等。UNDP(2019)統計發現，2018 年的瑞士、荷蘭、加拿大及日本的性別平等指數各為 .96、.96、.94、.90，而 2018 PISA 的八年級生數學學習成就各為 521 分、512 分、564 分、532 分，土耳其、喬治亞、泰國、巴西的性別平等指數各為 .70、.65、.62、.61，其數學學習成就各為 420 分、404 分、415 分、377 分。從這些數據來看，本研究認為，性別平等指數與學習成就可能有正相關。Cheema 與 Galluzzo(2013)以 2003PISA 的美國 4,733 筆樣本透過迴歸分析，以性別、種族和社會經濟地位預測數學成就，並以學生感知數學焦慮和數學自我效能，在控制年齡、心理障礙和語言能力發現，數學學習成就存在種族與社會經濟地位的差距，而數學學習焦慮和自我效能感在解釋數學成就有顯著貢獻，一旦預測數學成就的自我效能和數學焦慮受到控制，數學表現的性別差距就會消失。這說明了，性別平等和數學學習成就有關。Kane 與 Mertz(2012)以性別平等指數和參與 2003 及 2007TIMSS 的四年級與八年級數學學習成就、2009 PISA15 歲學生的數學學習成就之分析發現，2003 年參與 TIMSS 的 24 個國家之四年級學生與數學學習成就沒有顯著相關，然而性別平等與 2003TIMSS 八年級生、2007TIMSS 四年級與八年級生、2009PISA15 歲學生數學學習成就有顯著正相關。Marks(2008)分析 31 個國家發現，性別平等與閱讀和數學學習成就有正向顯著關聯。Schnepf (2004)以 PISA、TIMSS 及 PIRLS 的學習成就進行國家比較發現，OECD 國家的學生學習成就在性別差異與中東歐國家的 PIRLS 差異不大，

但是就 PISA 結果而言，只有匈牙利和羅馬尼亞在閱讀成績的性別差異比 OECD 國家低；平均而言，女孩的教育優勢比男孩大得多，認知能力、社會經濟背景有顯著關聯；與城市地區學生相比，農村地區學生閱讀成績普遍較差。這可能和性別不平等與學習成就有關聯。然而本研究要以 56 個國家的性別平等指數與學習成就之關聯性為何？是本研究分析的課題。

(四) 研發經費支出和學習成就的關係方面，國家投入研究與發展會提高政府部門的創新能力，無形中影響學校學生創新觀念的提升。研究與發展透過產品創新，增加產品競爭力，並顯著影響國民所得(Das & Mukherjee, 2019；Gulmez & Yardımcıoğlu, 2012; Kuo & Yang, 2008; Kwack & Yang, 2006)。Das 和 Mukherjee(2019)研究指出，研發與發展經費支出不僅提高了 OECD 國家國民所得成長，也促使中高收入、中低收入和中等收入國家的研究發展及創新。Gumus 和 Celikay(2015)對 1996-2010 年 52 個發展狀況不同的國家發現，研發經費支出對所有國家的經濟成長具有顯著提升效果。Das(2020)研究發現，各國的研究與發展經費愈高，國家的生產力及競爭力愈高。Shi 等人(2016)以 PISA 和 TIMSS 數據分析發現，與 TIMSS 相比，PISA 科學分數更有效代表國家科技競爭力；科學和技術能力與智商、研發經費支出、研究與發展的人員和技術人員數量之間有顯著正相關。

總之，本研究以人力資本理論及相關研究為依據，蒐集 2018 年 PISA 參與國家的學生數學、科學與閱讀學習成就資料，探討國家的教育因素、經濟發展、性別平等、研究發展和學習成就之間的關聯。

## 參、研究設計與實施

### 一、研究架構

基於文獻探討，建立 56 個國家的學習成就因素之架構如圖 1 所示。圖中所代表分析 56 個國家的教育年數、中等教育在學率、教育經費支出、國民所得、性別平等指數、研發經費支出和學習成就(包括數學、科學及閱讀學習成就)的關聯性。同時基於文獻探討，本研究提出的假設如下：

$H_1$ ：56 個國家的教育年數和學習成就有顯著關聯。



H<sub>2</sub>：56 個國家的中等教育在學率和學習成就有顯著關聯。

H<sub>3</sub>：56 個國家的教育經費支出和學習成就有顯著關聯。

H<sub>4</sub>：56 個國家的國民所得和學習成就有顯著關聯。

H<sub>5</sub>：56 個國家的性別平等指數和學習成就有顯著關聯。

H<sub>6</sub>：56 個國家的研發經費支出和學習成就有顯著關聯。

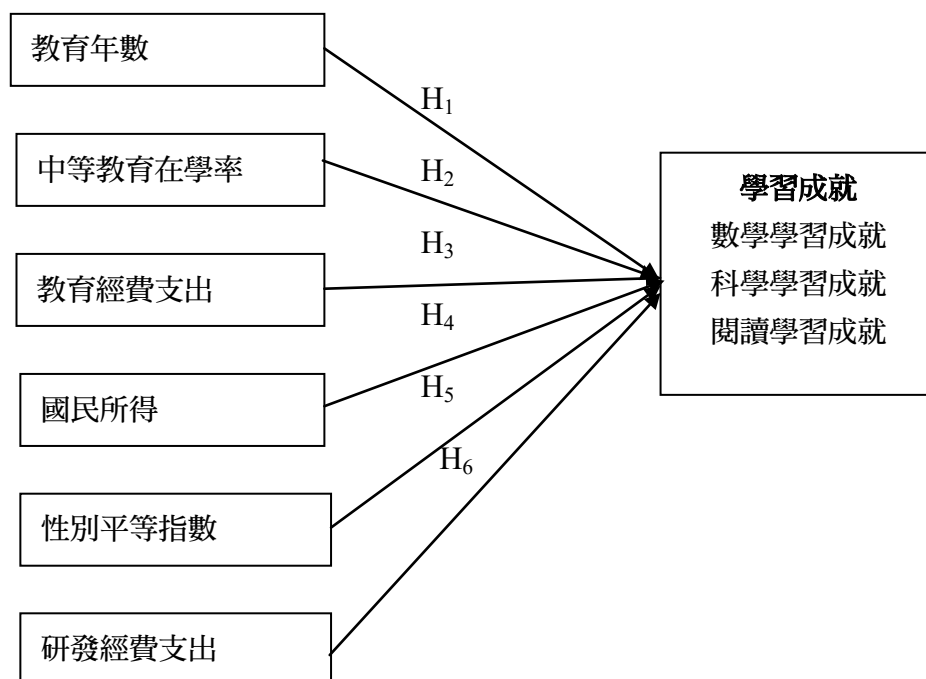


圖 1 研究架構

## 二、各變項的測量

本研究使用的變項之定義與測量如下：教育年數是指一個國家所有國民接受教育的平均年數，以年為單位。此數值愈高代表國家的國民接受教育愈長，人民素質愈高；教育年數愈短，國民素質較低。中等教育在學率是指各國中等教育階段學齡人口接受高等教育除以中等教育學齡人口數(13 至 18 歲)比率，以百分比為單位。教育經費占國民生產毛額比率是指一個國家每年教育經費支出占國家整體的國民生產毛額比率，百

分比為單位，此數值愈高代表國家教育經費支出愈高，教育經費投資與支出愈多，國民接受教育機會愈多，人力素質也會愈高。

國民所得是指一個國家所有居住國民(包括個人及機構)提供生產要素進行生產，因而在一定期間(通常以一年度計算)內所獲得報酬的平均總額，代表一個國家國民平均收入，以美元為單位。性別平等指數在測量一個國家性別平等狀況，該指數介於 0 至 1 之間，如果係數愈低，代表國家的兩性愈不均等，反之則愈均等。UNDP(2011)自 2010 年起統計運用性別不平等指數(gender inequality index)，指數在 0 至 1 之間，如果此數值愈高，代表愈不平等。本研究運用 1 來減除此係數，以代表國家對於女權及女性的重視程度愈高，反之，此數值低代表社會對於兩性平等程度愈低。研究與發展經費占 GDP%是指一個國家在研發經費每年投入創新研究的情形，它占 GDP%，此數值愈高代表該國的研究與創新愈高，以百分比為單位。在學習成就方面，本研究的數學學習成就、閱讀學習成就、科學學習成就係以 PISA 在 2018 年各國對於八年級生在數學、科學及閱讀學習成就的測量結果。

### 三、資料來源與樣本描述

本研究從 World Bank(2019)的《世界發展指標》(*World development indicator*)蒐集 56 國家的教育經費支出、中等教育在學率、國民所得、教育年數、研發經費支出；從 UNDP(2019)蒐集性別平等指數。這兩本國際統計年報出刊於 2019 年，所統計資料年數是 2018 年或 2018 年之前年度資料。納入分析的國家如附錄。臺灣的教育年數、中等教育在學率、教育經費支出取自教育部(2019)的中華民國教育統計；國民所得、研發經費支出、性別平等指數取自行政院主計總處(2019)的社會統計指標。雖然 World Bank 提供 266 個國家及地區的資料，UNDP 的統計報告有 189 個國家及地區的數據，但是 2018 年 PISA 僅有 70 多個國家及地區參與，加上一些國家沒有性別平等指數、教育經費支出、研究經費支出資料，因此在考量納入變項都有數據的國家僅有 56 個。也就是 2018 年在 56 國都有的變項(含學習成就)才分析，如有變項缺失不納入。各國學習成就於 2022 年 10 月取自 <http://www.oecd.org/pisa/pisaproducts/>。各變項的描述統計如表 1，表中看出 56 個國家的數學、科學及閱讀學習成就、教育年數、中等教育在學率、教育經費支出、國民所得、性別平等指數、研發經費支出各為 466.88 分、468.68 分、471.80 分、11.35 年、108.41%、5.07%、33,982.71 美元、0.82、1.44%。數學、閱讀及科學學習成就的最高與最低差距各為 197.0 分、174.0 分及 170.0 分。研究經費支出的變異係

數(coefficient of variation, CV).76 在所有變項中最高，可見在這些變項中最分散，而閱讀及科學成就的變異係數.09 最低，代表這兩個變項的分散性最低。

表 1

**2018 年 56 個國家的學習成就與相關變項描述統計**

變項	全距	最小值	最大值	平均數	標準差	CV	偏態	峰度
數學成就	197.00	367.00	564.00	466.88	48.48	.10	-0.45	-0.82
閱讀成就	174.00	361.00	535.00	468.68	42.80	.09	-0.60	-0.81
科學成就	170.00	386.00	556.00	471.80	42.85	.09	-0.30	-1.00
教育年數	6.90	7.20	14.10	11.35	1.74	.15	-0.92	-0.21
中等教育率	96.00	65.00	161.00	108.41	18.11	.17	1.05	1.64
教育經費支出	4.80	2.90	7.70	5.07	1.27	.25	0.43	-0.45
國民所得	103656.00	6833.00	110489.00	33982.71	19437.52	.57	1.42	3.52
性別平等	0.43	0.53	0.96	0.82	0.13	.16	-0.71	-0.76
研發經費支出	4.20	0.10	4.30	1.44	1.10	.76	0.83	-0.18

N=56

#### 四、資料處理方法

本研究資料分析方法包括描述統計、Pearson 積差相關係數與多元迴歸分析。描述統計在瞭解 56 個國家的變項之分配情形；積差相關係數在分析教育年數、中等教育在學率、教育經費支出、國民所得、性別平等指數、研發經費支出、數學、科學及閱讀學習成就之關聯性。迴歸分析在瞭解 56 個國家的學生學習成就之相關因素，在迴歸分析變項投入方式採用強迫法，而標準化迴歸係數瞭解每個投入變項在模式的相對重要性。迴歸分析會先對資料基本假定，即投入變項與結果變項具有直線性、殘差值的分配具有常態性、殘差值的分配具有獨立性、殘差值的分配具有變異數同質性、極端值與多元共線性診斷。其中常態性以各變項之偏態係數的絕對值小於 3 及峰度係數絕對值小於 10 來評估(Kline, 2005)；誤差獨立性運用 Durbin-Watson 係數(簡稱 DW)檢定，DW 接近 2 代表沒有自我相關情形(周俊, 2018)。變異數同質性以自變項與依變項之間的淨殘差散布圖呈現分散情形。在極端值評估以模式的標準化殘差值大於 3.0 以上為判

斷，並透過變異數膨脹因子(variance inflation factor, VIF)係數， $VIF = 1 / (1 - R_j^2)$ ，如果大於 10，代表自變項之間有嚴重多元共線性。模式設定如下：

$$Y(\text{ach}) = b_0 + b_1(\text{edu}) + b_2(\text{sec}) + b_3(\text{mon}) + b_4(\text{gnp}) + b_5(\text{gender}) + b_6(\text{R \& D}) + \varepsilon$$

模式中的  $Y(\text{ach})$ 代表八年級生的數學、科學與閱讀學習成就； $\text{edu}$  為教育年數、 $\text{sec}$  代表中等教育在學率、 $\text{mon}$  代表教育經費支出、 $\text{gnp}$  為國民所得、 $\text{gender}$  為性別平等指數、 $\text{R\&D}$  為研發經費支出， $b_0$  為常數項、為  $\varepsilon$  誤差。

本研究運用迴歸分析除了要瞭解 56 個國家的國家發展因素與學習成就的關聯，也要從這六個投入變項來預測學習成就，就是考量 56 個國家之國家發展因素條件下，56 個國家在學習成就計算出預測值與實際值之間的差異。本研究在迴歸分析中，以六個投入變項對結果變項進行估計，可計算出標準化殘差值、未標準化殘差值等，其中標準化殘差值以常態分配形式算出各國家的相對差異(標準化 Z 分數)，此時將所得到數值查常態分配表，就可瞭解每一個樣本在國際相對位置。這樣是更完整瞭解臺灣在 56 個國家的相對地位。結果如附錄。

## 肆、結果與討論

### 一、資料的評估結果

迴歸分析之前，對分析資料之直線性、常態性、獨立性、變異數同質性評估。

#### (一) 變項之間的直線性

在直線性方面的相關係數如表 2 所示，表中看出，56 個國家的學生學習成就(包括數學、科學及閱讀學習成就)，與教育年數、中等教育在學率、教育經費支出、國民所得、性別平等指數、研發經費支出都是顯著正相關，相關係數在.452 至.862 之間，其中最高相關是數學學習成就與性別平等指數的.862，而數學學習成就與中等教育在學率為.452 的中度正相關。

表 2

各變項與數學、科學及閱讀學習成就之相關係數

變項	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1 數學成就	-								
2 閱讀成就	.943**	-							
3 科學成就	.974**	.968**	-						
4 教育年數	.725**	.699**	.705**	-					
5 中等教育率	.452**	.524**	.498**	.252	-				
6 教經費比	-.141	-.208	-.151	.161	.491**	-			
7 國民所得	.537**	.509**	.518**	.411**	.241	-.012	-		
8 性別平等	.862**	.817**	.827**	.667**	.503**	.348**	.620**	-	
9 研發經費	.698**	.670**	.684**	.538**	.375**	.350**	.463**	.698**	-

註：N=56。

\*\*  $p < .01$

56 個國家的學生數學成就與性別平等指數為高度正相關，也是三項學習成就與其他變項的相關係數最高，所以以這個變項的散布圖看出，性別平等指數與數學學習成就的樣本在空間呈現為直線關係如圖 2 所示。

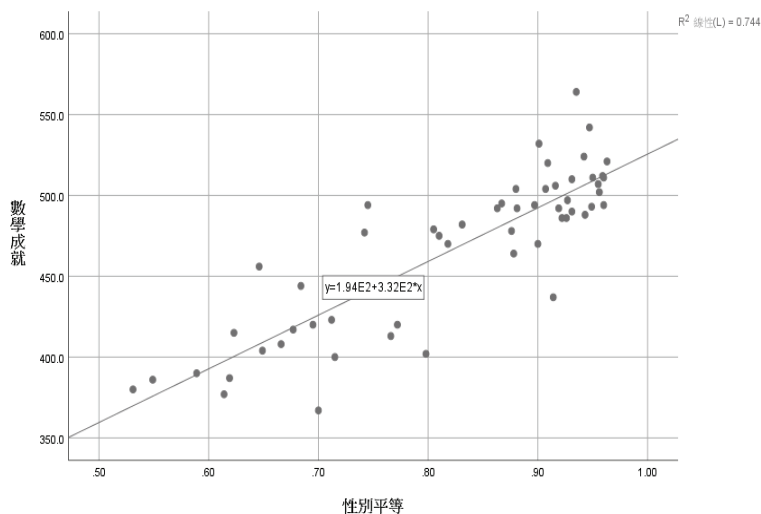


圖 2 56 個國家的性別平等指數與數學學習成就之散布狀況

## (二) 變項的常態性

在殘差值的分配具有常態性方面，2018 年 56 個國家各變項之偏態與峰度係數如表 1 所示，可以看出偏態係數的絕對值小於 3 及峰度的絕對值小於 10，符合常態分配條件(Kline, 2005)。

## (三) 變項的獨立性

在殘差值的分配具有獨立性方面，以 Durbin-Watson 係數來估計，本研究投入變項有六個，56 個國家在三個模式的 DW 係數各為 2.031、2.04、2.05 接近 2.0，代表沒有自我相關情形。

## (四) 變項的變異數同質性

在殘差值分配的變異數同質性方面，因為有六個投入變項，無法一一呈現兩兩之關係，本研究選擇高度正相關的變項，也就是教育年數、性別平等指數和數學學習成就的淨殘差散布來瞭解，如圖 3 與圖 4 所示，兩圖的殘差值大致沿著.00 線在上下不規則隨機的散布狀態，符合變異數同質性。極端值診斷經過分析，如附錄的標準化殘差值沒有超過 3.0 以上，極端值不嚴重。基於上述迴歸分析資料評估，可以進行迴歸分析。

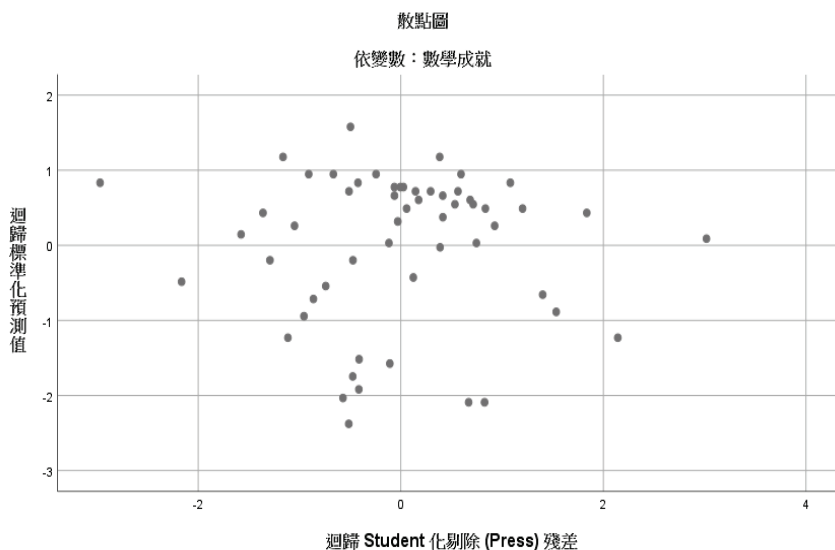


圖 3 56 個國家的教育年數與數學學習成就之淨殘差分布狀況

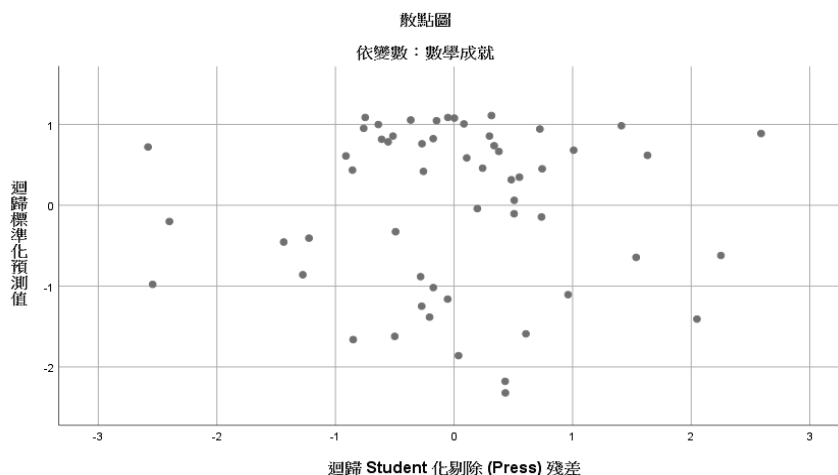


圖 4 56 個國家的性別平等指數與數學學習成就之淨殘差分布狀況

## 二、與 56 個國家的學生學習成就有關因素的迴歸分析結果

數學學習成就的相關因素經過迴歸分析整理如表 3 所示，模式的  $F$  值達到  $p < .01$ ，代表投入變項與結果變項之關係模式適配，其中教育年數、中等教育在學率、性別平等指數、研發經費支出和數學學習成就有正向顯著關聯，代表 56 個國家的教育年數、中等教育在學率、性別平等指數、研發經費支出愈高，數學學習成就愈高。其中性別平等指數的  $\beta$  值最高，其次是教育經費支出。然而教育經費支出為負向顯著關聯，代表 56 個國家的教育經費投資愈多，數學學習成就反而愈低。在極端值診斷方面，在六個變項投入模式之後，最大標準化殘差值為 2.499，見附錄，它是阿根廷，此數值沒有超過 3 個標準差，所以沒有極端值。此外，56 個國家的國民所得和數學學習成就沒有顯著關聯。上述模式的投入變項對於結果變項的解釋變異量為 82.2%。VIF 都在 4.0 以下，沒有高於門檻值 10，代表投入的變項之多元共線性不高。

表 3

56 個國家的國家發展因素對數學學習成就的迴歸分析摘要

變項	<i>b</i>	估計標準誤	$\beta$	<i>t</i>	<i>P</i>	VIF
常數	195.425**	27.255		7.170	.000	
教育年數	6.397**	2.172	.230**	2.946	.005	1.889
中等教育率	0.392*	0.192	.146*	2.041	.047	1.594
教育經費支出	-10.011**	2.690	-.262**	-3.722	.001	1.532
國民所得	0.0001	0.0001	-.085	-1.108	.273	1.825
性別平等指數	244.379**	42.545	.635**	5.744	.000	3.778
研發經費支出	9.092*	3.611	.207*	2.518	.015	2.082
<i>F</i> 值	$F_{(6,49)}=$	43.41**				
Adj- <i>R</i> <sup>2</sup>	.822					

\* $p < .05$  ; \*\* $p < .01$

迴歸分析科學學習成就的結果如表 4 所示，模式的 *F* 值達  $p < .01$ ，代表投入變項和結果變項的關係模式適配，其中教育年數、中等教育在學率、性別平等指數、研發經費支出和科學學習成就有正向顯著關聯，代表 56 個國家的教育年數、中等教育在學率、性別平等指數、研發經費支出愈高，科學成就愈高。其中性別平等指數的  $\beta$  值最高，其次是教育經費支出。然而教育經費支出為負向顯著關係，代表 56 個國家的教育經費投資愈多，科學學習成就反而愈低。此模式解釋力為 77.6%。在極端值診斷方面，在六個變項投入模式之後，最大標準化殘差值為 2.602，見附錄，它是阿根廷，此數值沒有超過 3 個標準差，所以沒有極端值。VIF 都低於 4.0 以下，沒有高於門檻值 10，代表投入的變項之多元共線性不高。



表 4

## 56 個國家的國家發展因素對科學學習成就的迴歸分析摘要

變項	<i>b</i>	估計標準誤	$\beta$	<i>t</i>	<i>P</i>	VIF
常數	233.332**	27.059		8.623	.000	
教育年數	6.125**	2.156	.249**	2.841	.007	1.889
中等教育率	0.557**	0.191	.235**	2.919	.005	1.594
教育經費支出	-8.953**	2.670	-.265**	-3.353	.002	1.532
國民所得	0.0001	0.0001	-.072	-0.830	.410	1.825
性別平等指數	178.523**	42.239	.525**	4.226	.000	3.778
研發經費支出	8.583*	3.585	.221*	2.394	.021	2.082
<i>F</i> 值	$F_{(6,49)}=$	37.71**				
Adj- <i>R</i> <sup>2</sup>	.776					

\* $p < .05$  ; \*\* $p < .01$

迴歸分析 56 個國家的閱讀學習成就因素之結果如表 5 所示，模式的 *F* 值達  $p < .01$ ，代表投入變項與結果變項的關係模式適配，其中教育年數、中等教育在學率、性別平等指數和科學學習成就有正向顯著關聯，代表 56 個國家的教育年數、中等教育在學率、性別平等指數愈高，閱讀學習成就愈高。其中性別平等指數的  $\beta$  值最高，其次是教育年數。然而教育經費支出為負向顯著關係，代表教育經費支出愈多，閱讀學習成就反而愈低。56 個國家的國民所得和閱讀學習成就沒有顯著關聯。此模式的解釋力為 74.2%。在極端值診斷方面，在六個變項投入模式之後，最大標準化殘差值為 -2.405，見附錄，它是喬治亞，此數值沒有超過 3 個標準差，所以沒有極端值。VIF 都低於 4.0 以下，沒有高於門檻值 10，代表投入的變項之多元共線性不高。

表 5

56 個國家的國家發展因素對閱讀學習成就的迴歸分析摘要

變項	<i>b</i>	估計標準誤	$\beta$	<i>t</i>	顯著水準	VIF
常數	222.385**	28.998		7.669	.000	
教育年數	6.506**	2.311	.265**	2.816	.007	1.889
中等教育率	0.593**	0.204	.251**	2.902	.006	1.594
教育經費支出	-6.428*	2.862	-.190*	-2.246	.029	1.532
國民所得	0.0001	0.0001	-.046	-0.494	.623	1.825
性別平等指數	162.306**	45.268	.477**	3.585	.001	3.778
研發經費支出	7.300	3.842	.188	1.900	.063	2.082
<i>F</i> 值	$F_{(6,49)}$	27.34**				
Adj- $R^2$	.742					

\* $p < .05$  ; \*\* $p < .01$

值得說明的是，表2的相關係數矩陣，56個國家的數學、科學與閱讀學習成就和國民所得的相關係數為中度顯著正相關，然而迴歸分析結果都沒有顯著且負值，按理來說，迴歸分析應該正向顯著關聯，這在投入變項之間可能相互壓抑情形(余民寧，1994；1995)。余民寧指出，如果原本投入變項與結果變項之間，在相關係數是正相關，但在迴歸分析會變成負相關，這是變項之間產生壓抑，而不是投入變項之間的多元共線性。表2的國民所得與學習成就的相關係數為.509以上，性別平等指數與學習成就相關在.817以上，代表兩個變項與學習成就都有中高度相關，因此有壓抑狀況。雖然Pandey與Elliott(2010)在遇到變項壓抑運用可能迴歸程序(all possible regression procedure)來分析，但從他們所分析例子之變項僅三個，可以一個一個分析，然而本研究投入變項六個，以他們檢定程序繁瑣。本研究先找出哪些變項有壓抑情形，因此以迴歸分析的逐步法來瞭解哪些變項會保留在模式中，哪些變項會排除在模式之外，在確立排除變項。也就是可能與其他變項有壓抑之後，再排除第一個納入原先模式的變項，接著以強迫進入法分析，以瞭解保留的變項對結果變項的影響情形。逐步法的分析如表6所示，有五個投入變項納入模式，其中以性別平等指數對於數學學習成就的解釋變異量73.9%最高，中等教育在學率對於學習成就的解釋變異量1.3%最低，教育經費支出仍然對學習成就為負向顯著影響，模式總解釋變異量為82.1%。在此模式中，國民所得被排除在模

式之外，這可能是性別平等指數與國民所得相互壓抑的結果，後續分析會排除性別平等指數，保留國民所得，以及其他在模式中的變項再分析。

表 6

**56 個國家的國家發展因素對於數學學習成就的分析結果(逐步迴歸法)**

模 式	變項	b	標準誤	$\beta$	<i>t</i>	VIF	<i>F</i>	<i>Adj-R</i> <sup>2</sup>	$\Delta R$ <sup>2</sup>
1	常數	193.549	22.095		8.760		156.54**	.739	.739**
	性別平等	332.009	26.536	.862	12.512	1.000			
2	常數	165.586	22.337		7.413		96.01**	.776	.037**
	性別平等	262.899	33.019	.683	7.962	1.802			
	教育年數	7.479	2.384	.269	3.137	1.802			
3	常數	181.131	22.271		8.133		72.07**	.795	.019**
	性別平等	289.739	33.405	.752	8.674	2.019			
	教育年數	6.903	2.290	.248	3.014	1.821			
	教經費支出	-6.138	2.503	-.161	-2.452	1.150			
4	常數	216.930	26.425		8.209		59.88**	.811	.016**
	性別平等	248.397	36.752	.645	6.759	2.647			
	教育年數	6.105	2.228	.220	2.741	1.866			
	教經費支出	-7.131	2.443	-.187	-2.919	1.187			
	研發經費支出	8.544	3.701	.194	2.309	2.053			
5	常數	200.911	26.862		7.479		51.61**	.821	.010**
	性別平等	222.744	37.888	.578	5.879	2.983			
	教育年數	6.527	2.173	.235	3.003	1.883			
	教經費支出	-9.084	2.562	-.238	-3.545	1.384			
	研發經費支出	8.623	3.594	.196	2.399	2.053			
	中等教育率	0.389	0.193	.145	2.018	1.594			

\* $p < .05$  ; \*\* $p < .01$

性別平等與國民所得可能有變項壓抑情形，本研究進一步排除了性別平等指數，以56個國家的國民所得、中等教育在學率、教育年數、研發經費支出、教育經費支出

對於數學、科學與閱讀學習成就的強迫進入法迴歸分析如表7發現，國民所得對於學習成就都沒有明顯影響，但是表2的國民所得與學習成就的相關係數為.509以上的顯著正相關，代表國民所得與模式所列變項還有其他干擾，是未來值得探究。整體來看，56個國家的國民所得對學習成就沒有顯著影響。這部分在綜合討論再說明。因此，本研究接受 $H_1$ 、 $H_2$ 、 $H_5$ 與 $H_6$ 、拒絕 $H_3$ 與 $H_4$ 。

表 7

**56 個國家的國家發展因素對學習成就的迴歸分析摘要**

變項	<i>b</i>	估計標準誤	$\beta$	<i>t</i>	顯著水準	VIF
<b>數學學習成就</b>						
常數	254.244**	32.344		7.861	.000	
教育年數	12.193**	2.463	.439**	4.951	.000	1.481
中等教育率	0.713**	0.235	.266**	3.027	.004	1.460
教育經費支出	-7.230*	3.388	-.189*	-2.134	.038	1.483
國民所得	0.0001	0.0001	.117	1.342	.186	1.441
研發經費支出	16.440**	4.324	.373**	3.802	.000	1.821
<i>F</i> 值	$F_{(5,50)=}$	27.74**				
Adj- $R^2$	.709					
<b>科學學習成就</b>						
常數	276.300**	28.998		9.528	.000	
教育年數	10.359**	2.208	.422**	4.692	.000	1.481
中等教育率	0.791**	0.211	.334**	3.747	.000	1.460
教育經費支出	-6.922*	3.038	-.205*	-2.279	.027	1.483
國民所得	0.0001	0.0001	.096	1.079	.286	1.441
研發經費支出	13.951**	3.877	.359**	3.599	.001	1.821
<i>F</i> 值	$F(5,50)=$	24.44**				
Adj- $R^2$	.681					
<b>閱讀學習成就</b>						
常數	261.450**	29.891		8.747	.000	
教育年數	10.356**	2.276	.422**	4.550	.000	1.481
中等教育率	0.806**	0.218	.341**	3.705	.001	1.460
教育經費支出	-4.581	3.131	-.136	-1.463	.150	1.483

國民所得	0.0001	0.0001	.107	1.165	.250	1.441
研發經費支出	12.180**	3.996	.313**	3.048	.004	1.821
F 值	$F(5,50)=$	26.68**				
Adj-R <sup>2</sup>	.700					

\* $p < .05$  ; \*\* $p < .01$

### 三、56 個國家的重要變項與學習成就的散布圖

表 3 至表 5 看出各國性別平等指數對數學、科學與閱讀學習成就的  $\beta$  值最高，其次教育年數，第三是中等教育在學率，第四是教育經費支出，其中教育經費支出為負向關聯，與預期不同。本研究以教育年數與性別平等指數透過兩個軸線的空間散布圖，來瞭解 56 個國家這些變項與科學學習成就的相對地位，而閱讀與數學學習成就篇幅限制不列舉。要說明的是，本研究納入六個國家發展因素，按理來說，應該是一個多向度空間來瞭解各變項的相對位置，但目前無法繪製這圖形，所以以兩向度空間作為說明。附錄第四、五、六欄位的數學、科學與閱讀標準化殘差值以六個投入變項對學習成就預測所得到的數值，再與實際值相減所得到的數據。臺灣在 56 個國家的相對表現說明如下：

- (一) 56 個國家的性別平等指數與科學學習成就之相對地位方面，56 個國家的性別平等指數與科學學習成就之散布情形如圖 5 所示。圖中直線為最適迴歸線，代表 56 個國家的性別平等指數與科學學習成就應有的世界平均發展水準。在此所指的世界平均發展水準是指所納入的這 56 個國家所做分析。在直線上方的國家是在性別平等指數之下，學習成就高於 56 個國家平均水準，就如臺灣的性別平等指數為 .95，科學學習成就有 532 分，在此性別指數條件下，只要 512 分即符合 56 個國家平均水準，也就是說臺灣的 532 分高於利用該迴歸預測線所預測的科學學習成就水準 512 分。而馬爾他的性別平等指數為 .80，科學學習成就為 465 分剛好落在最適直線上，代表該國的性別平等指數與科學成就在 56 個國家中最符合 56 個國家平均水準者之一。在最適線以下的國家有不少，例如巴西、土耳其、冰島、義大利、以色列、阿爾巴尼亞、卡達等，卡達的性別平等指數為 .80，科學學習成就應該是 465 分，但是僅有 418 分，顯然比起 56 個國家平均水準還要少了 47 分。

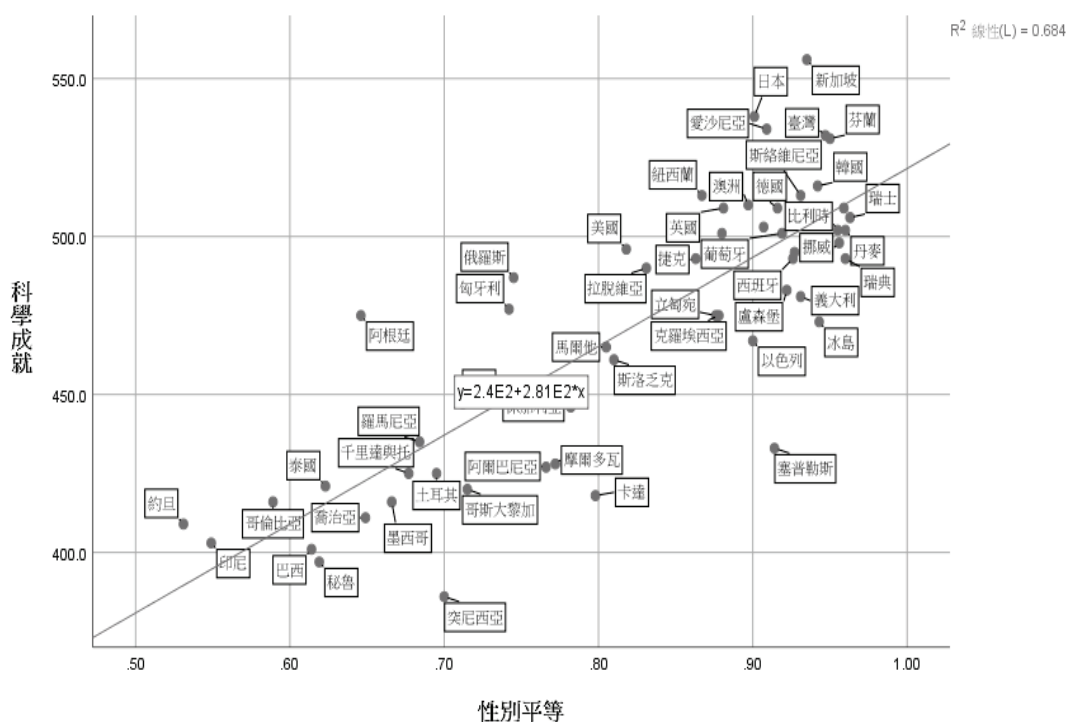


圖 5 56 個國家的性別平等指數與科學學習成就之散布情形

(二) 56 個國家的教育年數與科學成就之相對地位方面，56 個國家的教育年數與科學學習成就的散布情形如圖 6 所示。圖中直線為最適迴歸線是 56 個國家的教育年數與科學學習成就之平均發展水準。在直線上方有很多國家，它們在教育年數條件下，科學學習成就高於 56 個國家平均發展水準。以日本來說，教育年數為 12.8 年，科學學習成就卻有 538 分，以 12.8 年的教育年數只要 495 分就符合 56 個國家的發展水準；而瑞士的教育年數為 13.4 年，科學學習成就為 506 分剛好落在最適直線上，代表瑞士的教育年數與科學學習成就在 56 個國家之中最適切者之一。喬治亞、約旦、卡達、秘魯、以色列等都在最適迴歸線之下，代表這些國家的教育年數與科學學習成就無法符應 56 個國家的發展平均水準。以約旦來說，教育年數為 10.4 年，科學學習成就應該在 458 分，然而卻僅有 409 分，少了 49 分。

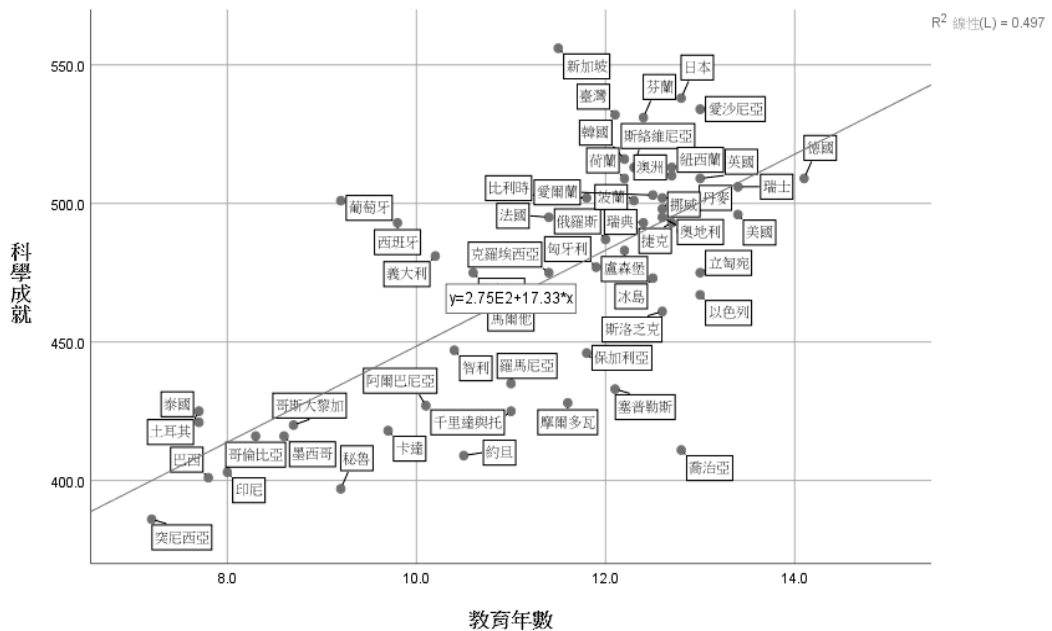


圖 6 56 個國家的教育年數與科學學習成就之散布情形

#### 四、綜合討論

學生學習成就是衡量國家發展重要指標之一(張芳全, 2021a)。現有研究探討學習成就相關因素侷限於學生特質、家庭環境、家庭社經地位、學校脈絡(Agirdag et al., 2012; Baker et al., 2002; Marks, 2005), 較少把焦點放在以國家為單位的學習成就之相關因素探究(張芳全, 2021b)。近年來 PISA、TIMSS、PIRLS 的學習成就調查, 不僅瞭解學生學習成就狀況, 也成為各國教育改革重要依據之一。本研究以 2018 年 PISA 參與 56 個國家資料, 來瞭解學習成就的國家發展之因素。分析過程先檢定資料的適切性, 包括投入變項與結果變項的直線性、殘差分配的常態性、獨立性、變異數同質性、極端值和多元共線性讓結果更為準確。本研究結果發現, 56 個國家的性別平等指數對學習成就的解釋變異量最大, 其次是教育年數, 研發經費支出和學習成就也有顯著正向關聯, 然而教育經費支出為負向顯著關聯, 國民所得和學習成就沒有顯著關聯。本研究以國家為分析單位, 以國家聚合資料的分析, 不是針對個別學生學習成就, 要避免生態謬誤, 在解釋及推論結果應以國家為單位, 而不是以學生個人、班級、學校為單位。針對研究結果的綜合討論如下:

### (一) 教育因素對學習成就的重要性討論

本研究結果發現，56 個國家的教育年數與中等教育在學率和數學、科學及閱讀學習成就都有正向顯著關聯。這與 Barro 與 Lee(2013)、Rindermann(2008)、Waldfogel 與 Zhai(2008)的研究結果一致。56 個國家的教育年數對於數學、科學及閱讀學習成就的標準化迴歸係數，在六個因素之中僅次於性別平等指數與教育經費支出，可見 56 個國家的教育年數對學生學習成就提升的重要性。上述可以理解，國家愈能提高教育年數及中等教育在學率，愈可以讓學生知能提升，對於學習成就有助益，符應人力資本理論論點。

本研究結果發現，56 個國家的教育經費支出對於數學、科學及閱讀學習成就為負向顯著關聯。代表 56 個國家更多教育資源投入教育，難以提高學生數學、科學及閱讀學習成就，反而讓學習成就下降。這與 Rindermann(2008)的研究，教育發展與學習成就及經濟發展有正向關聯不同。有幾項原因，一是許多國家的政府教育經費投資不一定運用在改善學生學習成就，所以教育經費愈高，並沒有讓學習成就提升(Hanushek & Woessmann, 2012)；二是教育經費運用較沒有效率，尤其是落後國家的教育經費投資，教育經費不一定使用得很有效率，因而沒有讓學生學習成就有所改善(Psacharopoulos, 2004)。三是各國的教育經費投資與學習成就可能非直線之關係，先進國家的教育經費支出雖然較高，但是最高也有一定經費比率限度，反之開發中國家為了致力國家現代化，而有更多教育經費支出，但是在經費分配與使用沒有效率(張芳全、余民寧，2001)，縱然教育經費支出較高，但是學生整體的學習成就成長有限，使得教育經費支出與學習成就為負向關聯。

### (二) 經濟因素對學習成就的重要性討論

本研究結果發現，56 個國家的國民所得與學習成就在迴歸分析之後沒有明顯關聯。這與羅珮華(2010)、Chen 與 Luoh(2010)的研究結果不同。這與國家經濟發展較好，傾向於學習成就較好的刻板印象不同。但是從表 2 的相關係數矩陣來看，數學、科學與閱讀學習成就和國民所得的相關係數為中度顯著正相關。原因包括，一是國家的國民所得較好，學習成就不一定比較好，因為高所得國家有較好的經濟發展，作為教育發展基礎，但不一定可以提升國家整體學習成就。東亞國家的學習成就比較高，並沒有和國家經濟發展有關聯，尤其亞洲國家多為儒家文化、社會重視文憑及家長對子女高度教育期待有關，然而這些因素的資料欠缺，無法納入分析與論證。二是資料結構



問題，表 2 的數學、科學與閱讀學習成就和國民所得的相關係數為顯著正相關，然而表 3、4、5 都沒有顯著相關且是負值，按理若兩個變項為正相關，在迴歸分析兩變項會有正向關聯，這可能是變項之間的相互壓抑所致(余民寧，1994；1995)。本研究的國民所得與其他變項之間可能相互壓抑。余民寧指出，如果有這種情形應先檢視投入變項與結果變項之關係，從投入變項與結果變項的相關係數最高的先剔除，再跑迴歸分析的模式，如獲得與相關係數相同方向者，也就是從模式剔除的變項與原先相關係數相同方向，代表相互壓抑。本研究先以逐步迴歸分析法如表 6 發現，國民所得被排除在模式之外，這代表性別平等指數與國民所得可能有相互壓抑。本研究把性別平等指數模式排除模式之後，再透過強迫進入法的迴歸分析檢定結果如表 7 所示，56 個國家的國民所得對三項學習成就都沒有顯著影響。

### (三) 社會因素對學習成就的重要性討論

本研究的社會因素以性別平等指數為替代變項分析發現，56 個國家的性別平等指數愈高，數學、科學及閱讀學習成就愈好。這與 Cheema 與 Galluzzo(2013)、Kane 與 Mertz(2012)、Marks(2008)、Montt(2011)、Schnepf(2004)在跨國研究顯示，各國社會的性別愈平等，學生學習成就愈好的研究發現一樣。合理推論是，愈現代化國家，兩性愈平權，國家的性別愈平等，代表女性接受教育機會愈多，女性接受教育機會增加，透過了學校教育提高他們的數學、科學及閱讀學習成就。低度及開發中國家的女性較男性接受教育機會低，學習成就表現較差，因此 56 個國家之兩性愈公平，該國的學生學習成就愈好。

### (四) 研發因素對學習成就的重要性討論

本研究結果發現，56 個國家的研發經費支出，與數學及科學學習成就有顯著正向關聯，這與 Shi 等人(2016)的研究發現相同。代表 56 個國家的研發經費支出愈高，數學與科學學習成就愈高，國家的創新研發風氣高，帶動學校在學習成就表現的重視，這是國家創新氛圍以及國家重視研究發展，無形中帶動學校重視研究與創新，因而與學生學習成就有正向關聯。

### (五) 臺灣在國際之間的相對地位之討論

本研究把臺灣納入分析，從 56 個國家投入變項與數學、科學及閱讀學習成就較具重要關聯的是教育年數、性別平等指數與科學學習成就，例如散布圖 5 及圖 6，這是單

以某一個變項與結果變項情形。如在教育年數及性別平等指數之條件下，臺灣的科學學習成就都高於世界平均發展水準，代表臺灣在兩項學生學習成就的國際相對地位還不錯。臺灣的學生學習成就高，還有家長高度教育期望及社會價值觀有關。如以 56 個國家的教育年數與閱讀學習成就的散布圖來看，如圖 7，臺灣一樣高於世界發展水準，臺灣的教育年數為 12.1 年的條件之下，閱讀學習成就應該是 482 分，然而臺灣的分數為 497 分，已高出 15 分。雖然臺灣八年級生閱讀學習成就不在全球前五名內，但是閱讀學習成就的分數高出 56 個國家平均發展水準。

本研究從所投入六個變項對於學習成就的解釋變異量，也就是考量六個國家發展因素之下，這三個領域學習成就相對位置，此時就不會僅以學習領域來單獨看國際的相對位置。如單以學習領域來看相對地位沒有太多特色，從這些國家分數換算排名就可以瞭解。然而學生學習成就與很多因素有關聯，本研究以國家發展因素探討，透過這六個國家發展因素預測三個領域的學習成就分數之國際相對地位，這樣更周全思考了不同的因素，學生在國際上應有的學習成就水準，從這可以瞭解臺灣與其他國家的相對地位，而不是僅用一項學習領域成績來評比的侷限性，這也是本研究很大特色。

因此以本研究的六個變項投入迴歸分析的標準化殘差值如附錄所示，數學、閱讀及科學學習成就的標準化殘差值(它的數值在於正負 3 之間)各為 1.197、-0.126、1.096，臺灣在數學及科學學習成就，在 56 個國家的相對表現，上述的標準化殘差值，經過查常態分配表，可以得知百分等級各為 88 及 86，而閱讀學習成就百分等級為 45( $Z = -0.126$  查表，獲得  $p = .0495$ )。可見數學及科學學習成就還不錯，但是閱讀學習成就低於 56 個國家的平均水準。這也就是說，在考量了 56 個國家的國民所得、性別平等、教育年數、中等教育在學率、教育經費支出與研發經費支出之後，臺灣的數學和科學學習成就依然相當高，相對的，閱讀學習成就仍然低於 56 個國家平均水準，正說明了臺灣的閱讀教育及學生閱讀學習還有努力改善的空間。

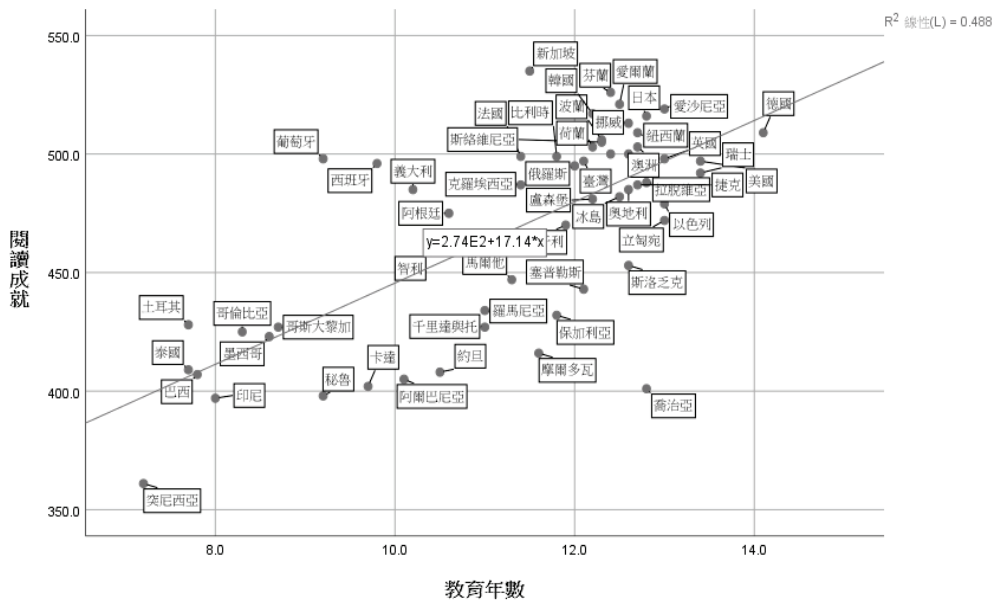


圖 7 56 個國家的教育年數與閱讀學習成就之散布情形

## 伍、結論與建議

### 一、結論

本研究從 UNDP、World Bank 蒐集國家發展資料以及蒐集 2018 PISA56 個國家的學生學習成就，分析數學、科學及閱讀學習成就的國家發展因素之關聯性。獲得結論如下：

#### (一) 國家教育發展愈好，性別愈平等，學習成就愈好

本研究結果發現，56 個國家的教育年數愈長、中等教育在學率愈高，這些國家的性別愈平等，學生學習成就愈好。

#### (二) 國家教育經費支出愈高，學生學習成就愈不好

本研究結果發現，56 個國家的教育經費支出愈高，反而學生在數學、科學與閱讀學習成就愈不好。這說明教育經費支出不一定提高學生學習成就。這是這些國家應注意是否有教育資源浪費情形者。

### （三）國家研發經費支出愈多，學習成就愈好，國民所得與學習成就沒有關聯

本研究結果發現，56 個國家的研發經費支出對數學與科學學習成就有顯著正向關聯，然而國民所得和數學、科學及閱讀學習成就沒有顯著關聯，這是國民所得與性別平等指數之間相互壓抑造成。

### （四）臺灣學生在國際的數學及科學表現優異，但是閱讀表現則較不佳

本研究結果發現，在納入教育年數、中等教育在學率、性別平等指數、國民所得、研究經費支出、教育經費支出之後，臺灣學生的數學、閱讀及科學學習成就在 56 個國家的相對表現，百分等級各為 88 及 86，而閱讀學習成就百分等級為 45，數學及科學學習成就還不錯，但是閱讀學習成就低於 56 個國家的平均水準。

總之，2018 年參與 PISA 的國家之學生學習成就有關的國家層級變項為教育年數、中等教育在學率、教育經費支出、性別平等指數、研發經費支出，然而國民所得受到性別平等指數之影響，沒有與學習成就有顯著關聯。同時在納入本研究的六個投入變項之後，臺灣的數學及科學學習成就高於 56 個國家的平均水準，而閱讀學習成就則低於 56 個國家的平均水準。

## 二、建議

針對研究結論有以下建議：

- （一）56 個國家應持續延長教育年數與中等教育在學率擴充。結論一指出，56 個國家的教育年數與中等教育在學率愈高，數學、科學與閱讀學習成就愈高。建議 56 個國家應持續延長教育年數與提升中等教育在學率，尤其落後國家的政府應透過教育年數延長及中等教育在學率擴充，讓更多國民接受教育，逐次提高學生學習成就。
- （二）56 個國家應持續改善性別不平等，逐漸提高學習成就。結論一指出，性別平等指數愈高，數學、科學與閱讀學習成就愈好。建議 56 個國家性別平等指數較低的國家應促進與改善兩性平等，透過多元途徑，例如保障女性就業及工作權、尊重女性社會地位，增加女性就業機會、運用更多誘因增加女性就業機會等。在教育政策方面，這 56 個國家的性別平等較低的國家應給予女性入學保障，家長鼓勵女性子女就學，增加教育機會，提高女性就讀初等與中等教育的機會。
- （三）56 個國家注意教育經費投資的效率問題，避免教育經費投資浪費。結論二指出，教育經費支出愈高，反而降低學生學習成就。這代表 56 個國家有不少教育投資

浪費及沒有效率，各國應注意教育經費使用效率，尤其開發中或低度發展國家易有教育經費使用效率不佳情形，在教育經費使用應評估，以有效運用，提高學生學習成就。

- (四) 56 個國家應增加研發經費支出，鼓勵國家研究與創新，逐漸提升學生數學及科學學習成就。結論三指出，研發經費支出與數學及科學學習成就有顯著正相關。建議 56 個國家應持續提高研發經費支出，增加國家的創新及研究能力，以帶動學校重視學生學習，進而提高學生學習成就。
- (五) 臺灣應持續維持學生數學及科學學習成就的表現水準，但應提出閱讀學習成就提升的方案。結論指出，臺灣的數學及科學學習成就高於 56 個國家的平均水準，而閱讀學習成就低於 56 個國家的平均水準。代表閱讀學習成就還有待政府及學校和教師及學生共同努力，政府應持續提出改善學生學習閱讀計畫，而學校及教師應平時鼓勵學生閱讀及閱讀理解的能力，教師運用多元及活潑的方式引導學生喜歡閱讀，願意閱讀，進而提升閱讀學習成就。而學生應瞭解與評估自己的閱讀的學習問題，改善問題，以提高閱讀學習成就。
- (六) 未來研究建議，一是研究結果發現，56 個國家的教育經費支出對於數學、科學及閱讀學習成就為負向顯著關聯，這代表這些國家更多教育資源投入教育，難以提高學生數學、科學及閱讀學習成就，反而讓學習成就下降。這說明了可能有教育浪費的情形，以及本研究僅一次分析，未來宜再從不同年度分析，以瞭解其真實性。二是從附錄來看，亞洲國家的學生學習成就傾向較高，這不一定與國民所得有關，應該還有文化、歷史或家長教育期待較高夾雜在其中，這些因素在 PISA 欠缺調查資料，無法納入分析，未來有這些資料可以探究。本研究結論指出，56 個國家的教育經費支出與學習成就呈現負向顯著關聯，這與預期不符，本研究已評估投入變項多元共線性問題，並沒有這種情形。此外，56 個國家國民所得與數學、科學及閱讀學習成就沒有明顯關聯可能受到性別平等指數壓抑的關係，未來應持續觀察分析。同時究竟是 56 個國家性別平等影響學習成就，或是學習成就影響性別平等也是未來可進一步探究。當然本研究僅是一年度結果，還有待未來年度的資料探究。

## 參考文獻

### 中文部分

- 行政院主計總處(2019)。**社會指標統計表**。https://www.dgbas.gov.tw
- 余民寧(1994)。壓抑變項及其對資料分析的影響(上)。**教育研究月刊**，40，39-44。
- 余民寧(1995)。壓抑變項及其對資料分析的影響(下)。**教育研究月刊**，41，42-54。
- 余民寧(2006)。影響學習成就的因素探討。**教育資料與研究**，73，11-24。
- 周俊(2018)。**問卷資料分析破解 SPSS 的六類分析思路**。電子工業出版社。
- 馬信行(1988)。國家發展指標之探索—以教育與經濟發展指標為主。**國立政治大學學報**，58，229-271。
- 張芳全(2010)。**多層次模型在學習成就之研究**。心理出版社。
- 張芳全(2020)。教育、社會、健康及性別平等與經濟發展關係之跨國研究。**比較教育**，89，1-40。
- 張芳全(2021a)。學習成就的跨國評比及教育和學習成就之分析：國民所得為中介變項。**教育研究學報**，55(1)，1-42。
- 張芳全(2021b)。學習成就、國民所得、研發經費支出與國家競爭力關聯的探索。**新竹縣教育研究集刊**，20，39-68。
- 張芳全(2021c)。國家發展、學校因素及學生因素對數學成就影響之多層次分析。**臺灣教育社會學**，21(1)，1-48。
- 張芳全、余民寧(2001)。教育經費占國民生產毛額比率、國民所得、教育經費占政府支出比率之關聯分析。**臺灣教育社會學研究**，1，249-282。
- 教育部(2019)。**中華民國教育統計指標**。作者。
- 陳敏瑜、游錦雲(2017)。學生知覺教師期望、能力信念、實用價值與內在價值對臺灣八年級學生數理成就之影響：以 TIMSS 2011 多層次結構方程式模型為例。**教育科學研究期刊**，62(1)，59-102。
- 羅珮華(2010)。從 TIMSS 探討國家經濟能力與學生學習成就之關係。**考試學刊**，8，31-52。

## 外文部分

- Agirdag, O., Van Houtte, M., & Van Avermaet, P. (2012). Why does the ethnic and socio-economic composition of schools influence math achievement? The role of sense of futility and futility culture. *European Sociological Review*, 28(3), 366-378.
- Baker, D. P., Goesling, B., & LeTendre, G. K. (2002). Socioeconomic status, school quality, and national economic development: A cross-national analysis of the "Heyneman-Loxley Effect" on mathematics and science achievement. *Comparative Education Review*, 46(3), 291-312.
- Barro R., & Lee, J. (2013). A new data set of educational attainment in the world, 1950–2010. *Journal of Development Economics*, 104, 184-198.
- Barro, R.J. (2000). Inequality and growth in a panel of countries. *Journal of Economic Growth*, 5(1), 5-32.
- Baumann, C., & Winzar, H. (2016). The role of secondary education in explaining competitiveness. *Asia Pacific Journal of Education*, 36(1), 13-30.
- Bempechat, J., & Drago-Severson, E. (1999). Cross-national differences in academic achievement: Beyond etic conceptions of children's understanding. *Review of Educational Research*, 69(3), 287-314.
- Cheema, J. R., & Galluzzo, G. (2013). Analyzing the gender gap in math achievement: Evidence from a large-scale US sample. *Research in Education*, 90(1), 98–112. <https://doi.org/10.7227/RIE.90.1.7>
- Chen, S. S., & Luoh, M. C. (2010). Are mathematics and science test scores good indicators of labor-force quality? *Social Indicator Research*, 96, 133-143.
- Das, R. C. (2020). Interplays among R & D spending, patent and income growth: New empirical evidence from the panel of countries and groups. *Journal of Innovation and Entrepreneurship* 9(18). <https://doi.org/10.1186/s13731-020-00130-8>
- Das, R. C., & Mukherjee, S. (2019). Do spending on R&D influence income? An enquiry on world's leading economies and groups. *Journal of the Knowledge Economy*, Springer Nature, May. <https://doi.org/10.1007/s13132-019-00609-0>

- Feniger, Y., & Atia, M. (2018). Rethinking cause and effect: Analyzing economic growth and PISA scores over a period of 15 years. *In World Yearbook of Education 2019* (pp. 96-110). Routledge.
- Greenwald, R., Hedges, L. V., & Laine, R. D. (1996). The effect of school resources on student achievement. *Review of Educational Research, 66*(3), 361-396.
- Gulmez, A., & Yardımcıoğlu, F. (2012). The relationship between R & D expenditures and economic growth in OECD countries: Panel cointegration and panel causality analyses (1990–2010). *Maliye Dergisi, 163*, 335-353.
- Gumus, E., & Celikay, F. (2015). R&D expenditure and economic growth: New empirical evidence. *Margin-The Journal of Applied Economic Research, 9*(3), 205-217.
- Hanushek, E. A., & Woessmann, L. (2012). Do better schools lead to more growth? Cognitive skills, economic outcomes, and causation. *Journal of Economic Growth, 17*(4), 267–321.
- Kane, J. M., & Mertz, J. E. (2012). Debunking myths about gender and mathematics performance. *Notices of the AMS, 59*(1), 10–21.
- Keller, K. R. (2006a). Education expansion, expenditures per student and the effects on growth in Asia. *Global Economic Review, 35*(1), 21-42.
- Keller, K. R. (2006b). Investment in primary, secondary, and higher education and the effects on economic growth. *Contemporary Economic Policy, 24*(1), 18-34.
- Kingsbury, I. (2018). Making sense of low private returns in MENA: A human capital approach. *International Journal of Educational Development, 61*, 173–183.  
<https://doi.org/10.1016/j.ijedudev.2018.01.001>
- Krskova, H., & Baumann, C. (2017). School discipline, investment, competitiveness and mediating educational performance. *International Journal of Educational Management, 31*(3), 293-319. <https://doi.org/10.1108/IJEM-05-2016-0099>
- Kuo, C. C., & Yang, C. H. (2008). Knowledge capital and spillover on regional economic growth: Evidence from China. *China Economic Review, 19*, 594-604.



- Kwack, S. U., & Lee, Y. S. (2006). Analyzing the Korea's growth experience: The application of R&D and human capital based growth models with demography. *Journal of Asian Economics*, 17, 818-831
- Lee, J.-W., & Lee, H. (2016). Human capital in the long run. *Journal of Development Economics*, 122, 147-169. <https://doi.org/10.1016/j.jdevec.2016.05.006>
- Marks, G. N. (2005). Cross-national differences and accounting for social class inequalities in education. *International Sociology*, 20(December), 483-505.
- Marks, G. N. (2008). Accounting for the gender gaps in student performance in reading and mathematics: Evidence from 31 countries. *Oxford Review of Education*, 34(1), 89-109.
- Montt, G. (2011). Cross-national differences in educational achievement inequality. *Sociology of Education*, 84(January), 49-68.
- Murnane, R. J., Willett, J. B., & Levy, F. (1995). The growing importance of cognitive skills in wage determination. *Review of Economics and Statistics*, 77 (2), 251-266.
- OECD (2020). *PISA 2018 results (volume V): Effective policies, successful schools*. PISA, OECD Publishing, Paris. <https://doi.org/10.1787/ca768d40-en>.
- Pandey, S., & Elliott, W. (2010). Suppressor variables in social work research: Ways to identify in multiple regression models. *Journal of the Society for Social Work and Research*, 1, 28 - 40.
- Psacharopoulos, G. (2004). Economics of education: From theory to practice. *Brussels Economic Review*, 47(3), 341-357.
- Psacharopoulos, G., & Patrinos, H. A. (2018). Returns to investment in education: A decennial review of the global literature. *Education Economics*, 26(5), 445-458.
- Psacharopoulos, G., Montenegro, C. E., & Patrinos, H. A. (2017). Education financing priorities in developing countries. *Journal of Educational Planning and Administration*, 31(1), 5-16.
- Rindermann, H. (2008). Relevance of education and intelligence at the national level for the economic welfare of people. *Intelligence*, 36(2), 127-142.
- Rivkin, S., Hanushek, E., & Kain, J. (2005). Teachers, schools, and academic achievement. *Econometrica*, 73(2), 417-458.

- Schnepf, S. V. (2004). *Gender equality in education achievement: An east-west comparison*.  
Institute for the study of labor.
- Schultz, T. W. (1961). Investment in human capital. *American Economic Review*, 51 (1),  
1–17.
- Shi, W., He, X., Wang, Y., Fan, Z., & Guo, L. (2016). PISA and TIMSS science score,  
which clock is more accurate to indicate national science and technology  
competitiveness? *EURASIA Journal of Mathematics, Science & Technology  
Education*, 12(4), 965-974.
- UNDP (2011). *Human development report 2010*. Oxford University Press.
- UNDP (2019). *Human development report 2018*. Oxford University Press.
- Vegas, E., & Coffin, C. (2015). When education expenditure matters: An empirical analysis  
of recent international data. *Comparative Education Review*, 59(2), 289-304.  
<https://doi.org/10.1086/680324>
- Waldfoegel, J., & Zhai, F. (2008). Effects of public preschool expenditures on the test scores  
of fourth graders: Evidence from TIMSS. *Educational Research and Evaluation*, 14(1),  
9-28.
- World Bank (2019). *World development indicator*. Author.

## 附 錄

## 56 個國家參與 2018 PISA 的數學、科學與閱讀學習成就表現及標準化殘差值

國家	數學	閱讀	科學	數學標準 化殘差值	閱讀標準 化殘差值	科學標準 化殘差值
挪威	502	513	498	0.920	1.091	0.663
瑞士	521	492	506	-0.184	-0.888	-0.602
愛爾蘭	504	521	503	-0.036	0.889	-0.071
德國	506	509	509	-0.599	-0.051	-0.299
澳洲	494	503	510	-0.797	-0.582	-0.378
冰島	488	482	473	0.232	-0.208	-0.578
瑞典	494	500	493	-0.734	-0.671	-0.999
新加坡	564	535	556	2.176	1.355	2.023
荷蘭	512	503	509	-0.138	-0.374	-0.278
丹麥	511	500	502	0.454	-0.175	-0.035
芬蘭	511	526	531	-0.063	0.277	0.598
紐西蘭	495	509	513	0.974	1.281	1.628
英國	492	498	509	-0.691	-0.694	-0.274
美國	470	497	496	-0.471	0.649	0.549
比利時	507	499	502	-0.417	-0.975	-0.930
日本	532	516	538	0.389	0.278	0.855
奧地利	497	485	495	-0.360	-0.525	-0.337
盧森堡	486	481	483	-0.515	-0.353	-0.571
以色列	470	479	467	-1.894	-1.090	-2.040
韓國	524	517	516	0.190	0.411	0.076
斯絡維尼亞	510	505	513	0.001	0.127	0.258
西班牙	486	496	493	-0.359	0.321	-0.083
捷克	492	487	493	0.644	0.374	0.606
法國	493	499	495	-0.121	0.505	0.139
馬爾他	479	447	465	1.655	-0.073	0.726
義大利	490	485	481	0.005	0.280	-0.263
愛沙尼亞	520	519	534	0.872	0.935	1.560
塞普勒斯	437	443	433	-1.568	-1.082	-1.795

國家	數學	閱讀	科學	數學標準 化殘差值	閱讀標準 化殘差值	科學標準 化殘差值
波蘭	504	506	501	0.822	1.022	0.710
立陶宛	478	472	475	-0.763	-0.708	-0.889
斯洛乏克	475	453	461	0.580	-0.396	-0.229
拉脫維亞	482	488	490	0.629	0.698	0.814
葡萄牙	492	498	501	0.592	1.018	0.992
卡達	402	402	418	-1.739	-1.720	-1.278
智利	423	459	447	0.208	1.364	0.858
匈牙利	477	470	477	1.318	0.624	0.897
克羅埃西亞	464	487	475	-0.597	0.749	-0.016
阿根廷	456	475	475	2.499	2.289	2.602
俄羅斯	494	495	487	1.621	1.378	0.937
保加利亞	441	432	446	-1.027	-1.364	-1.040
羅馬尼亞	444	434	435	0.517	-0.172	-0.444
土耳其	420	428	425	0.437	0.347	-0.018
千里達與托巴哥	417	427	425	-0.576	-0.305	-0.708
哥斯大黎加	400	427	420	-0.165	0.195	-0.005
阿爾巴尼亞	413	405	427	-1.531	-1.820	-1.106
喬治亞	404	401	411	-1.921	-2.405	-2.264
墨西哥	408	423	416	0.402	0.466	0.029
泰國	415	409	421	0.614	-0.507	-0.087
巴西	377	407	401	-0.372	0.270	-0.055
哥倫比亞	390	425	416	0.131	1.092	0.589
秘魯	387	398	397	-0.921	-0.862	-1.225
突尼西亞	367	361	386	-1.214	-2.102	-0.858
約旦	380	408	409	-0.308	0.607	0.512
摩爾多瓦	420	416	428	-0.346	-0.815	-0.253
印尼	386	397	403	0.348	0.155	0.292
<b>臺灣</b>	<b>542</b>	<b>497</b>	<b>532</b>	<b>1.197</b>	<b>-0.126</b>	<b>1.096</b>

# **The Relationship Between National Development Factors and Students' Learning Achievement: Evidence from UNDP, World Bank, PISA Data**

Fang-Chung Chang\*

## **Abstract**

This study obtained data from 56 countries from UNDP (2019), World Bank (2019), 2018 PISA and explored the correlation between national development factors and achievements in mathematics, science and reading, and obtained the following conclusions: The higher the number of years of education, the higher the enrolment rate of secondary education, the more gender equality in the country, the better the academic achievement. The higher the ratio of education expenditure to the gross national product, the worse the performance of mathematics, science and reading learning achievement respectively. There was a significant positive correlation between the ratio of research and development expenditure to the gross national production respectively. But there was no significant correlation between national income and learning achievement. This was caused by the mutual suppression of national income and gender equality index. After including the above six input variables, the relative performance of Taiwanese students in mathematics, reading and science learning achievement in 56 countries, mathematics and science learning achievement were higher than the average level of 56 countries respectively, but reading learning achievement was lower than 56 countries average. The contributions of this research were to explore the factors of learning achievement with the country as a unit, and found that the more gender equality in the country, the longer the number of years of education, the ratio of secondary education, the more

國家發展因素與學生學習成就關聯之探討：以 UNDP、World Bank、PISA 資料為例

investment in research funding, the better the learning achievement, but the more investment in education funds, the lower the learning achievement. In response to the above conclusions, in-depth discussions and specific suggestions were made.

**Keywords : education years, education expenditure, gender equality index, learning achievement, PISA**

\* Frist Co-Author : Professor, Department of Educational Management, National Taipei University of Education

Email : fchang@tea.ntue.edu.tw