

教育研究集刊

第五十六輯第二期 2010年6月 頁105-139

# 國中生數學補得愈久，數學成就愈好 嗎？傾向分數配對法的分析

關秉寅、李敦義

## 摘要

先前的研究發現，國三學生參與數學補習雖有正面的效果，但效果值並不大。由於補習是放學後一種補充性的學習活動，一項合理的假設是：開始補習的時間愈久，補習的效果也會愈好。本文使用台灣教育長期追蹤資料庫（Taiwan Education Panel Survey, TEPS）追蹤樣本驗證此種假設是否成立。

依據開始補習數學的時間，TEPS的國中樣本可區分出國一到國三上學期都有補習者、國二開始補習者、國三開始補習者，以及國中期間從未補習者等四種類型。本文運用傾向分數配對法進行資料分析，以國中期間從未補習者做為對照組，分別探討前三種補習類型，若在不給予補習的情況下，其補習數學的平均效果為何？

研究結果發現：一、數學補習的時間愈久，補習者與不補習者間，在個人特性與家庭背景等的差異處就愈多；二、從國二開始補習數學者的平均效果值最大，以滿分100分的情況來看，其效果值約為三分。從國一開始連續補習，或者從國三開始補習，其效果值都不明顯。

**關鍵詞：**補習、數學成就、傾向分數配對、臺灣教育長期追蹤資料庫

---

關秉寅，國立政治大學社會學系副教授

李敦義，國立政治大學教育學系博士班研究生

電子郵件為：[soci1005@nccu.edu.tw](mailto:soci1005@nccu.edu.tw)

投稿日期：2009年9月24日；修改日期：2010年3月11日；採用日期：2010年5月12日

# Effects of Cram Schooling on Math Performance in Junior High: A Propensity Score Matching Approach

Ping-Yin Kuan Duen-Yi Lee

## Abstract

Our previous research has shown that cram schooling in 9th grade in Taiwan has a positive but fairly small effect on math performance. Since cram schooling is supplementary learning after school, it is possible that the earlier a student starts participating in cram schooling, the bigger the effect is. We explore this possibility by using the core panel data of the Taiwan Education Panel Survey (TEPS).

We identify four types of students in terms of the length of their participation in math cramming during junior-high school years. We use the method of propensity score matching (PSM) to explore the average treatment effect on the treated (ATT) by comparing those who have participated in math cramming since 7th, 8th, and 9th grade separately with those who have never had math cramming during junior-high years.

With different matching estimators, all results of PSM analysis indicate small or no effect of cram schooling on math performance, irrespective of how long the

---

Ping-Yin Kuan, Associate Professor, Department of Sociology, National Chengchi University

Duen-Yi Lee, Doctoral Student, Department of Education, National Chengchi University

E-mail: soci1005@nccu.edu.tw

Manuscript received: Sep. 24, 2009; Modified: Mar. 11, 2010; Accepted: May 12, 2010.

math cramming is. The largest ATT found is for those who have participated in math cramming since the 8th grade. The size of the effect is around 3 points if the highest math ability score is 100. For those who undertake math cramming since the 7th grade or only in the 9th grade, there are virtually no gains from cram schooling.

Keywords: cram schooling, math performance, propensity score matching, Taiwan Education Panel Survey (TEPS)

## 壹、前言

升學補習是臺灣學生在求學過程中或多或少都曾有的經驗，其主要目的是為了提高在校學習表現，或者在升學的過程中取得有利的競爭位置。雖然近年來，政府已陸續推動教科書一綱多本、九年一貫課程與多元入學方案等重大教育改革方案，但學生或家長對補習仍有很高的需求性（關秉寅、李敦義，2008；Kuan, 2008）。補習可能演變成流行文化，且一旦成為主流文化後，要消失就會變得很困難（林忠正、黃瑾娟，2009）。但是，除了文化因素的解釋外，教育普及後，家長與學生以私人的資源進一步追求教育品質的因素也愈趨重要（Baker & LeTendre, 2005）。因此，除了在一些有補習文化傳統的亞洲國家（如日本、韓國等國）外，在希臘與土耳其等新興國家的補習風氣也非常興盛（Baker, Akiba, LeTendre, & Wiseman, 2001; Stevenson & Baker, 1992）。此外，也有數據顯示，補習教育在北美、東歐和幾個非洲國家逐漸受到歡迎（Bray, 2003）。這種校外補習的風潮讓教育工作者與教育研究人員感到憂心，因為補習對教育的品質和公平性會產生負面的影響（Bray, 1999, 2003; Silova, Budience, & Bray, 2006）。

何以補習在臺灣社會隨處可見？其主要原因可從傳統文化面與體制面的角度來說明。在傳統文化面上，臺灣深受中國傳統儒家文化所薰陶，重視功績主義（meritocracy）和強調以科舉制度拔擢人才（Zeng, 1999）；在體制面上，臺灣教育體系仍採競爭性入學考試制度來篩選學生或予以分流的作法，延續了科舉文化的價值信念，也構成了補習存在的環境（Stevenson & Baker, 1992）。雖然臺灣的教育改革已歷經十多年，目前仍保有正式的入學考試制度，做為篩選學生或進行教育分流。如果想進入理想的大學或高中，或積極地擠進明星學校，則需要更好的入學考試成績，才能進入這些好的學校。進到理想的學校也被認為將在未來就業市場上較具競爭力，或者在日後可取得較高的職業聲望和收入。這種關聯性在近代社會流動的研究中也獲得證實（蔡淑鈴、瞿海源，2002；Blau & Duncan, 1967）。在這些因素影響下，補習可能也演變成一種具有規範性的流行文化（林忠正、黃瑾娟，2009），使得學生及家長不會將補習視為不好的行為。

這種校外補習的風潮讓教育工作者與教育學者感到憂心，因為補習對學校教育的品質和公平性會產生負面的影響（Bray, 1999, 2003; Silova, Budience, & Bray, 2006）。有鑑於此，我們從事補習效果研究的重要意涵之一，即在於了解補習是否能讓具優勢家庭背景的子代取得學習上更大的成就，並進而維持其社會階層體制的優勢地位。

但要能確實評估補習的效果並不容易，因為補習效果的研究主要是運用觀察研究（observational study），而非以實驗研究所得到的資料從事分析。因此，研究者需要去控制其他影響參與補習與否和學業表現的重要個人和社會因素。但只要參與補習與否是個人自由意志選擇的結果，以及分析時還有未能觀察到卻可能影響參與補習的重要因素（如智力），以觀察資料進行較精確之補習效果的因果推論是有困難的。基於此種困難，關秉寅與李敦義（2008）運用台灣教育長期追蹤資料庫（Taiwan Education Panel Survey, TEPS）的資料和傾向分數配對法（Propensity Score Matching, PSM），來控制不同群體在各類背景上的差異，也就是控制基準線上的差異（baseline differences），並假定以此方法可有效控制未觀察到的因素，進行臺灣國三學生參與數學補習是否有效及效用多大的研究。此項研究結果發現，國三學生參與數學補習雖有正面的效用，但平均效果值並不大。由於補習是學校教育體制外一種補充性或補救性的學習活動，因此，一項合理的懷疑是，雖然前項研究發現國三時補習數學的效果不大，但如果學生開始參與補習的時間愈早，其累積的效果是否也會愈好？基於上述的懷疑，本文進一步使用 TEPS 於 2001、2003 及 2005 年蒐集並提供公共使用的長期追蹤樣本資料，驗證此種假設是否可成立。

為了克服利用觀察研究資料在因果推論上的困難，本文以反事實推論分析架構衍生出之 PSM 統計方法，檢視「國中學生參與數學補習的時間愈久，效果是否就愈好」此一問題，並了解從國中不同階段開始參與數學補習的學生之因果效應為何。

## 貳、文獻探討

### 一、補習及其對學習成就的影響

「補習」是指正式學校教育之外，針對不同學習需求的學生，提供學科性補充或補救教學，或者是針對升學準備所進行的學習指導（關秉寅、李敦義，2008）。臺灣國、高中階段的補習與升學考試有密切關聯，其目的在於提高未來入學考試成績，以取得較佳的競爭位置。廣義的補習型態包括校內放學後的課後輔導、校外的補習班或請家教。關於中小學課後輔導的運作現況，各縣市政府訂有正式或非正式的課後輔導和留校自習的相關辦法來規範課後輔導的運作，例如臺北縣政府《臺北縣立完全中學暨國民中學學生課後輔導及寒暑假學藝活動實施要點》。學校的課後輔導規定是以補救教學為主，不得教授新進度，因此，本研究中所稱的補習係將課後輔導排除在外。校外的補習或請家教具有下列幾項特徵：（一）是正式學校教育外，針對學科內容而進行的教學；（二）目的通常是為了準備升學考試，補習內容包含增進學科知識或應試技巧；（三）補習型態則包括從一對一式的家教，到各種大、小補習班的教學；（四）是需要付費的私人教育投資；（五）參與補習的學生將補習視為補救教學以趕上同儕，或者提高競爭優勢以更能超越同儕。

#### （一）補習為何有效

上述提到的前二項補習特徵與社會大眾對補習能提高考試成績的信念一致，學理上也將補習視為一種補充性學習，且和補習者可獲得額外教學資源之概念有關。那麼如何解釋補習可能產生的效用呢？在過往教育學及教育社會學的文獻中，與補習效果有關的文獻至少有兩類：一類是討論教學或學習時間與學習效果的文獻；另一類則為準備考試或教導考試技巧方面的文獻（關秉寅、李敦義，2008）。

由於補習是增加學科學習的時間，因此，可從學習時間的長短對學習效果之文獻來探討補習可能發揮的效果。對此方面最主要的論述之一是 J. B. Carroll 於 1963 年所提出的「學校學習的模式」（model of school learning）（Carroll, 1963,

1989)。Carroll 認為，與學生在校學習成就有關的時間變項包括學生學習一項事情所需要的時間、提供學習的時間，以及學生學習一項事情真正花費的時間等。後續相關研究發現，學校所提供的學習時間，例如學校每天上課的時間或每學年上課的天數等，與學習成就沒有關係或關係很小，而實際參與學習的時間則與學習成就有些關係，與學習成就關係最大的是學生實際能學習到東西的時間（Aronson, Zimmerman, & Carlos, 1999; Berliner, 1990; Gettinger, 1985）。這些正式學校中學習時間的研究結果，雖與補習的關係較為間接，但若將補習視為學生參與學習及真正學習到東西之時間的延長，那麼我們可以依此推論，補習或許會對學習有正面效果，而且補習的時期愈長，則其正面效果也會愈明顯。以本研究而言，用來衡量數學補習時間的長短是以學期為單位，因此當數學補習的學期數愈多、愈連貫時，數學補習的時期就愈久，則我們假設其正面的學習效果也會愈明顯。

而與學校學習時間相關的另一類研究是學校放假對學習成就效果的影響，例如 Entwisle、Alexander 與 Olson（1997）提出的「水龍頭理論」（the faucet theory），也可以用來說明補習為何會對學習產生正面效用。所謂水龍頭理論是指在校上課期間（春、秋季），學校教學就如同水龍頭般，對著每一位學童進行澆灌，不論學童的出身背景為何，全部學童都能同時受益，享受到正式學校教育的教學成果，並使不同社經背景的學童，在學業表現上能維持穩定的落差而不會惡化；若學校一旦開始放寒暑假，則水龍頭（學校教學）便會關閉。低社經背景或是經濟不利的學童在學校長期停課期間，因家庭所能提供之文化、經濟和社會等資源的不足，讓這些學童無法如社經地位較好的同學般，能於放假時在學習上繼續成長（Alexander, Entwisle, & Olson, 2007）。此理論說明了，家庭因素在非在校學習期間會影響到學童的學習，特別對低社經地位的學童更為不利；換言之，若能延長在校的學習時間，將能減緩高社經背景與低社經背景的學童在學習表現上的落差。

雖然暑期放長假會對學習產生負面影響，但也支持了過去研究中發現暑期學習課程（summer vacation program）對學習表現有效的觀點。Cooper、Charlton、Valentine 與 Muhlenbruck（2000）針對 93 篇有關暑假輔導與學習表現的研究進行整合性分析後發現，不管是補救式的或者加深、加廣式的暑期學習課程，都能

增進學童的學業表現成績。但 Cooper 等人卻也進一步指出，暑期學習課程對高社經地位家庭的子女比低社經地位家庭的子女有幫助。為何暑期學習課程的效果會隨著家庭社經地位的不同而有所不同？他們認為，與高社經地位家庭會提供子女更多的書籍和閱讀機會有關。這和 Entwisle、Alexander 與 Olson（2001）將解釋夏季學習會逐漸拉大不同社經背景間學童學業表現的原因是一致的，此與高社經地位家庭子女比低社經地位家庭子女更能享受到額外的教育資源有關。

如果校外補習是放學後針對學校學科進行的補充教學，則此活動就如同當學校放假時所進行的暑假輔導或是家庭所提供之額外的學習活動般。因此，根據前述水龍頭理論或暑期輔導的相關研究文獻推論，校外補習應該對學習成就有正面的效果，且此效果會隨著學生的社經背景而有不同程度的效果。

國外與補習有比較直接關聯的文獻則是探討考試準備（coaching for test）或是教導考試技巧（test-wiseness）的文獻。以美國為例，美國的學校以及學習文化與國內有所不同，所做的補習是短期的商業補習，對於學生入學考試（如 SAT）的影響，大都以提高學生的應試技巧為目的。此種補習型態跟國內的補習文化有所不同，國內著重加強學科的複習、預習，以應付學校考試或升學考試為目的，且持續補習的時期可能很長。雖然美國的補習文化與臺灣所談的補習仍有一些差距，可是，最接近臺灣補習之情況，應屬在校外準備與申請大學入學有關之標準化測驗，例如 SAT（Becker, 1990）。Allalouf 與 Ben-Shakhar（1998）在探討參與如 SAT 測驗準備課程對測驗成績的影響時指出，這類校外準備課程通常包含三個部分：1. 讓參與者熟悉測驗的形式，如測驗時間及試卷格式等；2. 讓參與者熟悉測驗所包含的內容；3. 讓參與者學習這類測驗的應考技巧，例如不要花太多的時間在難的題目上等。這三個部分中的第二部分與學校教導內容比較接近，而其他兩部分則是與考試的程序、出題方式及應考技巧的學習較為有關（Brunner, Artelt, Krauss, & Baumert, 2007）。那麼課餘時間準備如 SAT 這類測驗有效嗎？Becker（1990）針對 23 篇研究報告或論文中的 48 個研究進行整合性研究發現，正式發表的論文顯示補習 SAT 會增加 SAT 的分數，但是不多，其中 SAT-V（語言）部分平均增加約 0.09 標準差的分數，而 SAT-M（數學）部分則是增加約 0.16 個標準差的分數。Becker（1990）也進一步指出，大多數這類的研究設計並不佳，並未考量自我選擇等因素的影響，而 Dominique 與 Briggs（2009）

以傾向分數配對的方法來控制此類因素後的分析結果也發現，補習對 SAT 分數的影響並不大。

從教學或學習時間與學習效果，以及為準備考試或教導考試技巧方面的文獻來看，學生或許會因補習而獲得更多的時間與機會複習課業、練習應試的考科內容及熟悉應試技巧，進而提升應付升學考試的能力。但因為補習需要付出額外的物質與精神成本。物質成本包括補習費、補習時間與交通成本等；精神成本則包含需承受從事一種社會不認同的行為所產生的道德壓力，以及輿論的負面看法等（林忠正、黃瑢娟，2009）。當補習量愈高時，所付出的成本也愈高，補習的效果則可能會逐漸遞減。是故，補習量與補習成本兩者間必須有所取捨，補習的最佳效果並非完全以補習量取勝，補習的質也會影響到補習成效，例如：補習的動機、補習的策略、優弱勢學科、學生的能力與努力等因素都會影響補習的效果（林大森、陳憶芬，2006；黃毅志、陳俊瑋，2008）。

## （二）如何估計補習效果

前面提到的後三項補習特徵與如何精確地估計補習效果有關。補習的第三、四項特徵顯示，參與補習是一項私人教育投資，與家庭經濟條件及社會資本有密切關係。假如將教育場域中的「文化資本」看做社會優勢階級能夠設定有利於其下一代的教育規範及標準的話（Lareau & Weininger, 2003），那麼父母以提供補習資源的方式，使他們的小孩在學校或教育場域中得以排除他人或是高人一等的作法，也可看成是一種文化資本的提供。因此，家庭社經背景及父母對學習的關注（parental involvement）會造成補習效果估計在基準線上的差異；換言之，評估補習的效果時，要先將補習前在各類個人及社經背景上，以及補習前學科表現的差異加以控制，以使補習效果的評估不會受到這些因素干擾。

第五項補習特徵則顯示，補習與學生的意願及期待的效用有關。當學生有很強烈的補習動機或者對補習效果有高期待時，其與不想參與補習或被強迫去補習者的補習效果可能會有不同。此外，與低家庭社經地位的學生相比，家庭社經地位較佳或就讀好學校有較高學習成就的學生（Marks, Cresswell, & Ainley, 2006; Shavit & Blossfeld, 1993），也可能會在補習效果上有所不同。總言之，補習的效果可能會隨著參與補習者的不同而有所差異，此即為異質性因果效應（heterogeneous causal effects）的現象。

過往國內有關補習效果的研究大都採用觀察研究的資料，並使用迴歸分析進行資料分析。這些研究的結果已經顯示社會和個人因素會影響到補習的參與，也就是發現補習與不補習者在基準線上的差異。例如使用全國性樣本的研究發現，父母的教育程度和職業聲望會提高補習參與的可能性（林大森、陳憶芬，2006；孫清山、黃毅志，1996；章英華、伊慶春，2005；劉正，2006）；父母的教育期望也會直接影響到補習的參與（劉正，2006）。另外，一些重要的人口屬性變項的因素（如性別、族群）、家庭背景（如家庭收入、家庭結構、家庭大小和手足數目）及居住位置（如居住在鄉村或都市、學校位置）都與提高補習參與的可能性有關（林大森、陳憶芬，2006；孫清山、黃毅志，1996；劉正，2006）。林大森與陳憶芬（2006）研究發現，家庭背景和個人因素解釋高中學生參與補習的變異量相當低。此外，林大森與陳憶芬（2006）和劉正（2006）也發現，補習量與考試成績未必成正比，劉正的研究更發現，若控制家庭社經背景和學生個人屬性之後，補習對學習成就的效果值將約減少一半。此研究發現顯示，補習與不補習者在基準線上的差異對補習效果的估計有重大影響。

過去國內有關補習效果的研究有助於我們了解補習的效果，但是這些研究結果仍存在著未精確估計補習效果的可能性，其中最重要的影響因素是，觀察研究所得的資料並無法掌握所有重要變項（如參與補習的意願及智商），而這些無法掌握到的重要變項會影響到補習的參與及補習的效果。此外，國內有關補習效果研究比較少討論學生個人特性，例如學習的動機或學習能力，以及家庭以外的學習環境因素，例如學校或班級的競爭狀態等，但這些因素可能也會影響學生補習的參與，並造成補習效果在基準線上的差異及個人自我選擇的偏誤。

為了能掌握補習效果在不同團體基準線上的差異，或是補習效果的異質性，理想上以實驗研究所得之資料進行補習效果的研究最為適切，但是現實生活中，要以實驗方式進行補習效果研究並不容易。因此，使用觀察研究所得的資料和適切的統計方法進行補習效果的研究是需要的。

## 二、反事實推論和傾向分數配對法

### （一）反事實推論分析與因果推論

假如無法以實驗方式進行補習效果的研究，只有觀察研究所得的資料的話，

那麼要如何處理補習效果在基準線上的差異和異質性因果效應的問題呢？研究者藉由 PSM 統計方法及一些假定，可克服上述因果推論上的難題。利用 PSM 進行補習效果研究是指，將參與補習者在可觀察到的個人、家庭及學校等特質上與未參與補習者進行配對，使此二類除了是否參與補習外，其他條件均相同，然後再計算兩者間在結果上的差異。在符合使用 PSM 統計假定的前提下，PSM 可以分別估算出參與補習者若不給予補習的平均處理效果（Average Treatment Effects on the Treated, ATT），以及未參與補習者若給予補習的平均處理效果（Average Treatment Effects on the Untreated, ATU）。

配對統計法是在反事實推論分析的架構下發展出來的，為了要了解如何使用配對法，有必要先釐清反事實因果推論分析是什麼？反事實推論分析認為，每一個體都存有兩種反應，一種是接受實驗處理（treatment）後的反應，另一種則是未接受實驗處理的反應。<sup>1</sup>以補習為例，參與補習可看成是一種實驗處理，每個學生都有可能去補習或是不補習，因此每個學生都有兩種反應，但現實生活中只有其中一種可以被觀察到。

在反事實推論分析的架構下，個體層次的實驗處理效果可以定義為：某個體在接受實驗處理與未接受實驗處理後反應的差異。若以補習效果為例的話，我們可以估計某學生在參與補習後的結果與若不參與補習後結果的差異（ATT），也可以反過來估計某學生未參與補習的結果與若參與補習後結果的差異（ATU）。然而，在現實生活中，個體無法同時接受或不接受實驗處理，所以要估計個體層次的實驗處理效果並不可能。<sup>2</sup>不過，若透過嚴謹的假定（Morgan & Winship, 2007），即可以估算母群體的平均因果效果（average treatment effects, ATE），所謂 ATE 是指，母群體中接受實驗處理與不接受實驗處理的兩組在接受與不接受實驗處理後的平均差異。為了要能估算 ATE，需要先估算出 ATT 和 ATU。一般而言，要能有效估算出一致、無偏誤的 ATT 所需要的假定比估算 ATU 寬鬆。

<sup>1</sup> 有關反事實推論分析之討論及 PSM 統計法主要是依據 Morgan 與 Winship (2007)，並參考 Winship 與 Morgan (1999)、Winship 與 Sobel (2004) 及 Morgan 與 Harding (2006) 等論文之討論。國內相關的介紹可參考關秉寅與李敦義 (2008) 的研究。

<sup>2</sup> Holland (1986) 稱此情況為因果推論的基本問題 (the fundamental problem of causal inference)。

以補習為例，此假定是指，參與補習的組別若不給予補習，其與沒有參與補習組別的效果是一樣的，因為參與補習組別若不補習的話，與不補習組別相比，不會表現的比較好或比較差。以本論文所關注的對象來說，就是國中學生不同時期參與數學補習的 ATT。

## (二) 配對法和傾向分數 (propensity score)

以實驗研究的設計而言，因為透過隨機分派後，可以創造一個實驗組和控制組在各方面條件皆相等或接近的狀態；也就是說，實驗組和控制組除了在實驗處理不同外，兩組的其他條件接近或相等，因此要估算因果推論時，只要將兩組實驗處理後結果相減即可。但在觀察研究裡，是否接受實驗處理，往往無法符合隨機分派的設計，所以會造成實驗組和控制組在接受實驗處理前，即有基準線上的差異，以及因自我選擇而有因果效果上的不同。這些差異會影響到實驗處理效果的估算。為了克服觀察研究在因果推論上的困難，Rosenbaum 與 Rubin (1983) 提出，以傾向分數配對法來控制實驗組和控制組在配對變項上相近或相等，也就是控制會影響推估因果效果的共變項 (confounding covariates)。

以傾向分數進行配對是指，可將所有配對變項 (即可觀察到的用來預測接受實驗處理與否的共變項) 化約成為一個預測每一個案接受實驗處理與否 (分派到實驗組) 的機率  $P(Z)$ ，此機率即為傾向分數 (propensity score)。因為這個機率包括了所有配對變項的訊息，因此，以這單一機率進行配對分層會比實際使用眾多配對變項來配對容易許多。實際估算  $P(Z)$  的方式是以是否接受實驗處理做為依變項，使用可觀察到的共變數做為自變項進行羅吉特 (Logit) 迴歸分析或機率單位 (Probit) 迴歸分析，其估算出來的值就是  $P(Z)$  的估算值，其值介於 0 ~ 1 之間。但使用傾向分數進行配對有一個限制，就是當實驗組有人的傾向分數為 1，或是控制組有人的傾向分數為 0，亦即實驗組與控制組在傾向分數上沒有重疊時，實驗組就無法找到控制組來進行配對，這些未配對成功的樣本會被捨棄。<sup>3</sup> 因此，以 PSM 進行因果推論時，其外在效度僅能推論配對成功的樣本身上，無法適用全體樣本。而 PSM 相較於一般最小平方法迴歸分析 (Ordinary Least Squares Regression, OLS) 的優點在於，其能充分掌握不同團體在基準線上

---

<sup>3</sup> 此種方式稱為共同重疊區 (common support) 的設定。

的差異或是因果效果的異質性。OLS 迴歸分析通常假定實驗組和控制組因果效果是一樣的。此外，OLS 迴歸分析雖可利用控制重要變項的方法來控制不同團體在基準線上的差異，但 OLS 的分析方法仍無法有效排除那些不同團體中無法予以比較的樣本，進而使因果效果的估計產生偏誤。

使用 PSM 進行資料分析的步驟相當明瞭易懂 (Caliendo & Kopeinig, 2008)。首先，以 Logit 或 Probit 分析估算出傾向分數；接著，選擇配對的運算方式；第三，共同重疊區 (common support) 的確認，亦即確認在配對變項有相同分數者，均有分配到實驗組或控制組的機率，如果個案只有分配到其中一組的機率，則會被排除在共同重疊區外，不納入分析中；第四，確認配對品質和實驗處理效果的估算，而確認配對品質最簡單的方式就是將配對後的共變數進行  $t$  考驗；最後，進行敏感度分析 (sensitivity analysis)。常用的 PSM 配對的運算方式有四大類：1. 確配對法 (exact matching)；2. 最近鄰居配對法 (nearest neighbor matching)；3. 間配對法 (interval matching)；4. Kernel 配對法 (kernel matching)。而每一種配對的運算方式所估算出來的實驗處理效果會略有不同，從事此類研究時，最好分別使用各運算方式來估計，並比較其差異 (Morgan & Harding, 2006)。

至於最後需要從事敏感度分析，是因為 PSM 分析假定，經由控制可觀察到的配對變項後，就可一併控制那些未能觀察到卻可能會影響是否接受實驗處理 (在此即為補習數學)，以及實驗處理效果的變項。透過敏感度分析，研究者則可了解經 PSM 分析估計得到的實驗處理效果，在何種程度會受到此類未觀察到變項對處理效果之異質性，或對是否進入共同重疊區的影響為何。因此，透過敏感度分析，研究者可了解實驗處理效果受到未觀察到變項干擾的嚴重程度。以本研究為例，如果是否補習的機率是  $\pi_i$ ，且此機率不僅為觀察到的配對變項  $x_i$  所決定，也受到未觀察到之變項  $u_i$  的影響，則  $\pi_i = \Pr (D_i = 1 | x_i) = F (\beta x_i + \gamma u_i)$ 。此公式中的  $D_i = 1$ ，在本研究即參與補習， $u_i$  是可設定介於 0 與 1 間，而  $\gamma$  是  $u_i$  對參與補習的影響效果。因此，如果補習參與只受到觀察到的配對變項  $x_i$  決定的話， $\gamma$  即為 0；但如果  $\gamma$  不是 0，則是否補習的機率估計就會有潛在偏誤 (hidden bias)，亦即兩個案即使在  $x_i$  的數值相同，但是否參與補習的機率卻不同。隨著所設定之  $\gamma$  大小的變化，研究者可以評估處理效果受到潛在偏誤之影響的敏感

度。Rosenbaum (2002) 將兩個案有同樣配對變項數值，但因未觀察變項影響而有不同的接受實驗處理之機率的潛在偏誤上下限訂為介於  $\frac{1}{\Gamma}$  及  $\Gamma$  之間<sup>4</sup> (DiPrete & Gangl, 2004; Caliendo & Kopeinig, 2008)。

雖然 PSM 分析法可同時分析多種實驗處理 (Imbens, 2000; Lechner, 1999)，但目前比較成熟可供使用的程式，只能處理一個實驗處理的情況，也就是說，僅能進行實驗組及控制組一對一的比較，在多種實驗處理的情況下，需將不同的實驗處理兩兩配對來做分析。這是使用 PSM 分析法的限制，也是本篇論文的限制之一。在統計軟體方面，本研究使用 STATA 10.0 中 Leuven 與 Sianesi (2003) 所研發的 Psmatch 2 程式進行 PSM 分析，並使用 Gaussian kernel 配對法、Epanechnikov kernel 配對法、五個最近鄰居配對法 (caliper equals 為 .001)、Radius 配對法 (caliper equals 為 .001) 和 Local linear 結合 Epanechnikov kernel 配對法等五種運算方式，分別估算不同數學補習類型的效果。

## 參、研究設計

### 一、資料來源與變項處理

TEPS 是一項由中央研究院、教育部、國家教育研究院籌備處與國科會共同規劃的全國性長期調查計畫。TEPS 採多階段分層抽樣設計 (multistage stratified sampling method) 進行抽樣，在 2001 年下半年對國中一年級學生進行第一梯次的資料蒐集，共抽取 333 所學校 20,004 個樣本；到 2003 年下半年再對屆時已升上國三的同一批學生進行第二次的資料蒐集；2005 年時有部分國中樣本在高中／高職及五專的二年級再被追蹤，這些樣本稱為追蹤樣本，而追蹤樣本人數約有四千多人，公共版釋放出 70% 的追蹤樣本人數，計有 3,022 人 (張荳雲, 2004, 2006a, 2006b, 2007)。

本研究資料取自 TEPS 公開釋出之 2001、2003 及 2005 年的追蹤樣本 (core panel) 資料。選取追蹤樣本的原因在於，2005 年時追蹤樣本的問卷有一問卷題

<sup>4</sup> 此上下限訂為： $\frac{1}{\Gamma} \leq \frac{\pi_{s,1}(1-\pi_{s,2})}{\pi_{s,2}(1-\pi_{s,1})} \leq \Gamma$ ，其中 S 是指配對的個案， $S = 1, \dots, S$ ， $\Gamma = \exp(\gamma)$ 。

目「上國中時，你在下列哪個學期，到校外或請家教補數學？」由於此一問卷題目可區分出國一、國二和國三上的數學補習情形，這是僅利用 2003 年的調查資料所無法做到的。基於研究目的，本研究只能利用此追蹤樣本，並透過樣本加權方式彌補分析樣本與原始樣本之間可能有的落差。

在變項的處理上，本研究首先進行資料的合併；接著採整列剔除法，刪除數學表現、數學校外補習、數學先備能力、國中時是否上資優班和性別五個變項中有不合理值及缺失值者。其餘研究所需用到的變項中若有不清楚、不合理值或缺失值者，則一律以眾數取代，以減少樣本的流失率，增加推論的效度。另外，為了探討數學補習時期長短對數學表現的影響，分析樣本的選取僅限以國三上為基準，往前回推而連續參與數學補習的學生，以此區分為國中期間未曾參與數學補習、國中三年都有參與數學補習、數學補習從國二連續補到國三，以及僅國三上參與數學補習等四種參與數學補習的類型。經資料整理後，共可得 1,993 個分析樣本。基於本研究目的在於探討數學補習是否有累積效果，因其他數學補習類型的補習效果並非本研究關注的焦點，故不納入本研究分析範圍內。<sup>5</sup>

## 二、變項的定義與測量

本研究變項可分為兩大類，一類為本研究關注的因果變項，亦即國中期間的數學補習類型（因）和國三數學表現（果）的變項；另一類則是做為配對用的變項，選取這一類的變項時，必須符合 PSM 假定，亦即配對變項必須發生在實驗處理（國中不同時期數學補習）之前，且在學理或過去實證研究上發現會影響實驗處理的分派和實驗結果（Caliendo & Kopeinig, 2008）。本研究有關配對用變項的選取，都有實證研究的基礎（林大森、陳憶芬，2006；孫清山、黃毅志，1996；章英華、伊慶春，2005；劉正，2006；Baker, Akiba, LeTendre, & Wiseman, 2001; Briggs, 2001; Powers & Rock, 1999; Stevenson & Baker, 1992）。

<sup>5</sup> 其他補習類型人數分配如下：只有國二有補習數學者有 218 人（比例為 8.09%）、只有國一有數學補習者 294 人（比例為 10.91%）、國一國二有補國三上沒有補習數學者有 169 人（比例為 6.27%）、國一、國三上有補國二沒有補習數學者有 21 人（比例為 0.78%），若再合計其它四類補習類型人數，共有 2,695 人。

### (一) 數學補習類型

依據 TEPS 的資料，2003 年時有 93.5% 的國中樣本繼續升學，2005 年時追蹤樣本被詢問：「上國中時，你在下列哪個學期，到校外或請家教補數學？」此一有關國中時期數學補習狀況的問題，經資料的合併與處理後，有 805 個樣本國中期間未曾參與數學補習；有 748 個樣本國中三年都有參與數學補習，有 232 個樣本數學補習從國二連續補到國三；最後有 208 個樣本只有國三上有參與數學補習，計有 1,993 個可分析樣本。進行 PSM 分析時，以國中期間未曾參與數學補習者為對照組。從上述數據得知，若以有、無補習做類型區分的話，都未補習者的人數為 805 人（比例為 29.87%），國一到國三上曾參與數學補習者的合計人數為 1,890（比例為 71.13%），曾參與數學補習的人數大於未補習人數；若再以曾參與數學補習的人數比例來看，以國一到國三上都參與數學補習的人數比例最高（比例為 27.76%），顯示補習在臺灣受歡迎的程度，以及在臺灣參與數學補習型態大都屬於長期型的補習。透過前述配對比較的設計，我們可估算出這些或長期或短期參與數學補習的國中生如果不補習的話，其在數學成就上的差異為何。

### (二) 數學表現

數學表現是指樣本在國三時利用 IRT3-P 模式估算的數學或數字型分析能力，為了解釋上的方便，再將 IRT3-P 模式估算出近乎常態分配的數學或數字型分析能力分數轉換為以平均數 60、標準差 20 的標準分數，其分數範圍界於 3 ~ 100 之間，與目前國內學生學科成績計算方式較為接近，易為一般人所明瞭。

### (三) 配對用的變項

本研究共計選取 26 個變項做為配對使用，這些變項大都是國一的資料，部分則是來自於國三的資料，這是因為國三問卷提供了一些國一時期相關的資料。這 26 個變項分別與個人特性及學習特質、家庭環境及班級或學校氣氛與環境有關。此外，本研究也將第一波學生樣本權數（w1stwt1）做為配對用的變項，以確保某些特殊個案不會集中在實驗組或控制組（Harding, 2003: 698）。其中，個人學習特質和班級或學校氣氛這兩大類變項，是過去在探討補習效果研究中較少被使用的變項（劉正，2006；Stevenson & Baker, 1992）。當這些變項為類別變項時，則以虛擬變項方式進行編碼。各大類變項包含的內容及編碼方式之說明如

下：

屬於個人特性及學習特質的部分包括：

1. 性別：1 為男生、0 為女生，以類別變項處理。
2. 個人學習特質，包含：
  - (1) 最多時間做功課的科目：1 為數學科、0 為非數學科，以類別變項處理。
  - (2) 從小開始不會讓別的事耽誤功課：1 為非常符合、2 為符合、3 為不符合、4 為非常不符合，視為連續變項處理。
  - (3) 從小開始回家會複習功課：同前題編碼方式。
  - (4) 從小在學習遇到困難我會設法搞懂：同前題編碼方式。
  - (5) 數學問題總是令我頭痛：同前題編碼方式。
  - (6) 數學跟得上進度：進度超前為 1、跟得上進度為 2、跟不上進度為 3、完全跟不上進度為 4，視為連續變項處理。
  - (7) 數學作業表現：總是遲交為 1、經常遲交為 2、偶爾遲交為 3、從未遲交為 4，視為連續變項處理。
  - (8) 國中時是不是上資優班：學科資優班為 1、非學科資優班為 0，以類別變項處理。
  - (9) 補習數學的意願：1 為補習數學是自己的主意、0 為補習數學不是自己的而是父母等其他人的主意，以類別變項處理。

以上與個人特性及學習特質有關的變項，除補習數學的意願為 TEPS 第二波的資料外，其餘均為第一波蒐集的資料。

3. 補習經驗：根據 TEPS 第一波詢問國小五、六年級是否有參與學科補習或請家教，1 為有、0 為沒有。

4. 數學先備能力：指國一時利用 IRT3-P 模式估算的數學或數字型分析能力，以連續變項處理。

屬於家庭背景方面的變項均為 TEPS 第一波蒐集的資料，包括：

1. 父母親籍貫：根據 TEPS 第一波詢問父親及母親籍貫的兩個變項，建構出閩南人、客家人、大陸各省市和原住民等四個類別變項，以閩南人為參考類別。

2. 家庭社經地位，包含三個主要變項：

(1) 父母親教育程度：根據 TEPS 第一波詢問父母教育程度兩個變項中教

育程度較高者，建構出國／高中畢業、專科、技術學院或科技大學畢業／一般大學畢業、研究所畢業等三個類別變項，以國／高中畢業為參考類別。

(2) 父母親職業：根據 TEPS 第一波詢問父母職業類別的兩個變項建構出專業或事務人員（包括學校教師、公務員、律師、法官、醫師、工程師、會計師、專業技術人員和業務或事務人員等五個類別）、買賣或服務人員和其他等三個類別變項，以其他類為參考類別。

(3) 家庭每月總收入：分成不到 2 萬元、2 萬元～5 萬元（不含 5 萬元）、5 萬元～10 萬元（不含 10 萬元）和 10 萬元以上等四個類別變項，以不到 2 萬元為參考類別。

3. 家庭結構：根據 TEPS 第一波詢問家中同住的人為誰的變項，建構出 1 為與雙親同住、0 為不與雙親同住等兩個類別變項，以不與雙親同住者為參考類別。

4. 手足數目：根據 TEPS 第一波詢問兄弟姊妹人數的四個變項，建構出手足數目，並利用是否與兄弟姊妹同住、有幾位 18 歲或以下的兄弟姊妹數、爸媽是否偏心，以及兄弟姊妹間相處情況等九個變項的答案建構出一個邏輯變項，<sup>6</sup> 以檢證若此一變項中不合邏輯者，若不合邏輯者則以眾數取代。

5. 父母期望子女的教育程度：分為國／高中畢業、專科、技術學院或科技大學／一般大學畢業和研究所畢業等三個類別變項，以期待國／高中畢業者為參考類別。

屬於班級和學校氣氛與環境的變項，除班級屬性外，其餘均為第一波資料，包括：

1. 班級或學校氣氛與環境，包含下列七個變項：

(1) 班級屬性：根據 TEPS 第二波詢問學生是否念過前段班等三個變項，以國三時有沒有念過前段班或是好班做為測量依據，建構出 1 為有、0 為沒有兩個類別變項。

(2) 班上讀書風氣興盛：1 為非常不同意、2 為不同意、3 為同意、4 為非常同意，視為連續變項處理。

---

<sup>6</sup> 此九個變項在第一波 TEPS 資料的變項名稱為 w1s207、w1s2025、w1s244、w1s245 至 w1s250。

(3) 我們班的成績算是好的：1 為非常符合、2 為符合、3 為不符合、4 為非常不符合，視為連續變項處理。

(4) 同學常在一起討論功課或念書：同前題編碼方式。

(5) 同學間的學業競爭激烈：同前題編碼方式，視為連續變項處理。

(6) 同學間常常討論升學的事：同前題編碼方式，視為連續變項處理。

2. 學校所在的地區別：分為鄉村、城鎮、都市等三個類別變項，以鄉村為參考類別。

## 肆、研究發現

### 一、四種數學補習類型的描述統計

表 1 呈現出四種數學補習類型在各變項上的描述統計。由此表可看出國中三年都補習者與未曾補習者在多個相關變項上達  $p < .05$  顯著性差異，其中，最值得注意的是國中三年都補習者比未曾補習者在數學表現上約多出 6 分，此 6 分的差異量是在未控制基準線上差異所得的結果，並不完全由數學補習所造成。另外，國中三年都補習者比起未曾補習者有較佳的數學作業表現、小學五年級或六年級時曾參與補習、父母親的社經地位較高、與雙親同住、手足數目較多、有較高的教育期望及入學的學校所在地區為城鎮或都市。而從國二或國三開始補習者與未曾補習者的差異大都集中在家庭背景、手足數目或學校的所在地區別上。整體而言，在未進一步控制其他變項的情況下做比較時，未曾補習者與其他三組有數學補習經驗者共同差異的地方是手足數目和學校所在地。

表 1 四種數學補習類型的描述統計摘要表

| 變項   | 參與數學補習的時間長短 |        |         |        |         |        |           |        |
|------|-------------|--------|---------|--------|---------|--------|-----------|--------|
|      | 未曾補習        |        | 國三開始補習  |        | 國二開始補習  |        | 國中三年都有補習  |        |
|      | (N=805)     |        | (N=208) |        | (N=232) |        | (N=748)   |        |
|      | 平均數         | 標準差    | 平均數     | 標準差    | 平均數     | 標準差    | 平均數       | 標準差    |
| 數學表現 | 59.221      | 20.959 | 57.428  | 19.550 | 61.994  | 17.231 | 65.590*** | 16.662 |
| 性別   | .530        | .499   | .541    | .499   | .408    | .492   | .475      | .499   |

表 1 四種數學補習類型的描述統計摘要表（續）

| 變項                      | 參與數學補習的時間長短     |       |                   |      |                   |      |                     |      |
|-------------------------|-----------------|-------|-------------------|------|-------------------|------|---------------------|------|
|                         | 未曾補習<br>(N=805) |       | 國三開始補習<br>(N=208) |      | 國二開始補習<br>(N=232) |      | 國中三年都有補習<br>(N=748) |      |
|                         | 平均數             | 標準差   | 平均數               | 標準差  | 平均數               | 標準差  | 平均數                 | 標準差  |
| 花最多時間做數學功課              | .262            | .440  | .307              | .462 | .262              | .441 | .284                | .451 |
| 不會讓別的事耽誤功課              | 2.008           | .794  | 1.980             | .786 | 2.146             | .714 | 1.968               | .727 |
| 回家會複習功課                 | 2.362           | .828  | 2.245             | .784 | 2.287             | .748 | 2.247               | .783 |
| 遇到困難我會設法搞懂              | 1.918           | .735  | 1.924             | .734 | 2.016             | .693 | 1.825               | .702 |
| 數學問題總是令我頭痛              | 2.350           | 1.001 | 2.093             | .969 | 2.171             | .966 | 2.463               | .963 |
| 數學跟得上進度                 | 2.087           | .624  | 2.122             | .619 | 2.067             | .635 | 1.905               | .518 |
| 數學作業表現                  | 3.614           | .583  | 3.511             | .637 | 3.602             | .629 | 3.711***            | .518 |
| 學科資優班                   | .076            | .265  | .132              | .339 | .044              | .207 | .103                | .305 |
| 補數學是自己的意思               | .808            | .393  | .652***           | .477 | .739              | .440 | .755                | .429 |
| 小五或小六補習經驗               | .382            | .486  | .518              | .500 | .492              | .501 | .526***             | .499 |
| 數學先備能力<br>(國一數學分析IRT分數) | .461            | .947  | .415              | .863 | .503              | .822 | .703                | .749 |
| 父母親籍貫                   |                 |       |                   |      |                   |      |                     |      |
| 閩南人                     | .768            | .422  | .687              | .464 | .726              | .446 | .758                | .428 |
| 客家人                     | .103            | .304  | .129              | .336 | .101              | .302 | .114                | .318 |
| 大陸各省市                   | .115            | .319  | .176              | .382 | .158              | .365 | .125                | .331 |
| 原住民                     | .013            | .114  | .006***           | .079 | .013              | .114 | .001***             | .042 |
| 父母親教育程度                 |                 |       |                   |      |                   |      |                     |      |
| 國／高中畢業                  | .626            | .484  | .522              | .500 | .576              | .495 | .548                | .498 |
| 專科／大學畢業                 | .319            | .466  | .419              | .494 | .353              | .479 | .419                | .493 |
| 研究所畢業                   | .054            | .226  | .057              | .232 | .069              | .255 | .031                | .175 |

表 1 四種數學補習類型的描述統計摘要表（續）

| 變項                       | 參與數學補習的時間長短     |       |                   |       |                   |      |                     |      |
|--------------------------|-----------------|-------|-------------------|-------|-------------------|------|---------------------|------|
|                          | 未曾補習<br>(N=805) |       | 國三開始補習<br>(N=208) |       | 國二開始補習<br>(N=232) |      | 國中三年都有補習<br>(N=748) |      |
|                          | 平均數             | 標準差   | 平均數               | 標準差   | 平均數               | 標準差  | 平均數                 | 標準差  |
| 父母親職業                    |                 |       |                   |       |                   |      |                     |      |
| 專業或事務人員                  | .359            | .480  | .411              | .493  | .421              | .494 | .443*               | .497 |
| 買賣或服務人員                  | .222            | .416  | .241              | .429  | .249              | .433 | .237                | .426 |
| 其他                       | .417            | .493  | .346              | .477  | .328              | .470 | .318**              | .466 |
| 家庭每月總收入                  |                 |       |                   |       |                   |      |                     |      |
| 不到 2 萬元                  | .109            | .312  | .056              | .230  | .036**            | .187 | .056*               | .231 |
| 2 萬 ~5 萬元<br>(不含 5 萬元)   | .389            | .487  | .352              | .478  | .370              | .484 | .351                | .477 |
| 5 萬 ~10 萬元<br>(不含 10 萬元) | .356            | .479  | .372              | .484  | .399              | .490 | .395                | .489 |
| 10 萬元以上                  | .144            | .352  | .218              | .414  | .193              | .395 | .195*               | .397 |
| 家庭結構                     |                 |       |                   |       |                   |      |                     |      |
| 與雙親同住                    | .834            | .371  | .891              | .312  | .846              | .361 | .893*               | .308 |
| 手足數目                     | 1.832           | 1.322 | 1.545*            | 1.029 | 1.453***          | .843 | 1.577**             | .866 |
| 父母教育期望                   |                 |       |                   |       |                   |      |                     |      |
| 國／高中畢業                   | .051            | .220  | .042              | .201  | .028              | .167 | .035                | .185 |
| 專科／大學畢業                  | .632            | .482  | .614              | .487  | .646              | .479 | .512***             | .500 |
| 研究所畢業                    | .315            | .465  | .343              | .475  | .324              | .469 | .452***             | .498 |
| 班級或學校氣氛<br>與環境           |                 |       |                   |       |                   |      |                     |      |
| 念過好班或前<br>段班             | .246            | .431  | .194              | .397  | .234              | .424 | .282                | .450 |
| 班上讀書風氣<br>興盛             | 2.865           | .817  | 2.897             | .810  | 2.933             | .822 | 2.859               | .857 |
| 我們班的成績<br>算是好的           | 2.285           | .889  | 2.498             | .903  | 2.353             | .824 | 2.358               | .839 |
| 同學常在一起<br>討論功課或念<br>書    | 2.127           | .763  | 2.202             | .750  | 2.051             | .749 | 2.165               | .753 |

表 1 四種數學補習類型的描述統計摘要表（續）

| 變項          | 參與數學補習的時間長短     |      |                   |      |                   |      |                     |      |
|-------------|-----------------|------|-------------------|------|-------------------|------|---------------------|------|
|             | 未曾補習<br>(N=805) |      | 國三開始補習<br>(N=208) |      | 國二開始補習<br>(N=232) |      | 國中三年都有補習<br>(N=748) |      |
|             | 平均數             | 標準差  | 平均數               | 標準差  | 平均數               | 標準差  | 平均數                 | 標準差  |
| 同學間的學業競爭激烈  | 2.072           | .818 | 2.162             | .816 | 2.114             | .812 | 2.057               | .820 |
| 同學間常常討論升學的事 | 2.724           | .797 | 2.717             | .727 | 2.655             | .775 | 2.764               | .802 |
| 學校所在的地區別    |                 |      |                   |      |                   |      |                     |      |
| 鄉村          | .081            | .274 | .048              | .215 | .060              | .238 | .095                | .294 |
| 城鎮          | .493            | .500 | .392              | .489 | .363**            | .482 | .386**              | .487 |
| 都市          | .424            | .494 | .558**            | .497 | .576**            | .495 | .517**              | .500 |
| 第一波學生樣本權數   | 1.037           | .914 | .871***           | .521 | .952              | .470 | 1.045               | .775 |

\*p&lt;.05 \*\*p&lt;.01 \*\*\*p&lt;.001

註：1.除第一波學生樣本權數變項外，計算各變項的平均數時都使用 wlstwt1 進行加權。

2.以未曾補習做為參照組，與其它數學補習類型各組進行平均數比較時，並使用 Bonferroni 做為校正。

## 二、影響參與數學補習與否的因素

表 2 呈現出三種數學補習類型分別在影響參與數學補習與否的 logistic 迴歸分析結果，<sup>7</sup> 整體來看，可以發現數學補習的時期愈長，補習者與不補習者間的差異點就愈多。在控制其他相關變項的情況下，與都沒有參與數學補習者相比，國中三年都有補習者在個人特性及學習特質上傾向為女性、非原住民、從小開始回家會複習功課、數學跟得上進度、補習數學的意願是由他人決定、小學五年級或六年級時曾參與學科補習或請家教；在家庭背景方面則傾向為父母教育程度為非研究所畢業、家庭收入較高、與雙親同住及手足數目較少。總而言之，數學補

<sup>7</sup> 個別的 Logistic 迴歸分析結果與 Multinomial Logistic 迴歸分析結果一致。

習持續度愈久者，其學習習慣愈佳、愈能順從他人期望、家庭結構較為完整及家庭收入也較好。

表 2 是否參與數學補習的 Logistic 迴歸分析結果

| 變項                        | 國三開始補習 vs. 未曾補習<br>(N = 1013) |       | 國二開始補習 vs. 未曾補習<br>(N = 1037) |         | 三年都有補習 vs. 未曾補習<br>(N = 1553) |          | 三年都有補習 vs. 國二開始補習<br>(N = 980) |      |
|---------------------------|-------------------------------|-------|-------------------------------|---------|-------------------------------|----------|--------------------------------|------|
|                           | 係數                            | 標準誤   | 係數                            | 標準誤     | 係數                            | 標準誤      | 係數                             | 標準誤  |
|                           | 性別                            | -.194 | .176                          | -.480** | .171                          | -.389*** | .116                           | .043 |
| 花最多時間做數學功課                | .034                          | .189  | -.002                         | .181    | .110                          | .124     | .097                           | .178 |
| 不會讓別的事耽誤功課                | -.103                         | .129  | .236                          | .122    | .045                          | .083     | -.219                          | .123 |
| 回家會複習功課                   | -.144                         | .131  | -.305**                       | .127    | -.228***                      | .087     | .126                           | .131 |
| 遇到困難我會設法搞懂                | .095                          | .138  | .254                          | .133    | .104                          | .091     | -.151                          | .132 |
| 數學問題總是令我頭痛                | -.287**                       | .092  | -.218*                        | .088    | .041                          | .059     | .264                           | .090 |
| 數學跟得上進度                   | -.159                         | .158  | -.388*                        | .158    | -.537***                      | .111     | -.226                          | .166 |
| 數學作業表現                    | -.250                         | .154  | -.329*                        | .153    | -.105                         | .108     | .190                           | .151 |
| 學科資優班                     | .889**                        | .278  | -.292                         | .341    | .227                          | .198     | .558                           | .326 |
| 補數學是自己的意思                 | -.530**                       | .188  | -.170                         | .193    | -.345***                      | .133     | -.047                          | .190 |
| 小五或小六補習經驗                 | .582**                        | .167  | .462                          | .161    | .534***                       | .110     | .128                           | .160 |
| 數學先備能力<br>(國一數學分析 IRT 分數) | .003                          | .117  | .150                          | .115    | .029                          | .081     | -.162                          | .122 |
| 父母親籍貫                     |                               |       |                               |         |                               |          |                                |      |
| 閩南人                       | .316                          | .266  | .140                          | .262    | -.060                         | .187     | -.165                          | .264 |
| 客家人                       | .199                          | .240  | -.016                         | .232    | -.033                         | .166     | -.012                          | .232 |
| 大陸各省市                     | -.506                         | .578  | -.390                         | .575    | -2.051 *                      | .746     | -1.935*                        | .939 |

表 2 是否參與數學補習的 Logistic 迴歸分析結果 (續)

| 變項                     | 國三開始補習 vs. 未曾補習<br>(N = 1013) |       | 國二開始補習 vs. 未曾補習<br>(N = 1037) |      | 三年都有補習 vs. 未曾補習<br>(N = 1553) |      | 三年都有補習 vs. 國二開始補習<br>(N = 980) |      |
|------------------------|-------------------------------|-------|-------------------------------|------|-------------------------------|------|--------------------------------|------|
|                        | 係數                            | 標準誤   | 係數                            | 標準誤  | 係數                            | 標準誤  | 係數                             | 標準誤  |
|                        | 父母親教育程度                       |       |                               |      |                               |      |                                |      |
| 專科／大學畢業                | .329                          | .209  | -.003                         | .199 | -.035                         | .134 | .082                           | .188 |
| 研究所畢業                  | -.088                         | .398  | -.269                         | .364 | -1.243***                     | .284 | -.697                          | .384 |
| 父母親職業                  |                               |       |                               |      |                               |      |                                |      |
| 專業或事務人員                | -.148                         | .227  | .210                          | .215 | .112                          | .148 | -.150                          | .215 |
| 買賣或服務人員                | .146                          | .219  | .137                          | .222 | .037                          | .150 | -.156                          | .222 |
| 家庭每月總收入                |                               |       |                               |      |                               |      |                                |      |
| 2 萬元 ~5 萬元 (不含 5 萬元)   | .220                          | .368  | .254                          | .368 | .517 *                        | .246 | .272                           | .397 |
| 5 萬元 ~10 萬元 (不含 10 萬元) | .423                          | .670  | .670                          | .374 | .716 **                       | .253 | .052                           | .402 |
| 10 萬元以上                | .625                          | .896  | .896*                         | .411 | 1.000***                      | .281 | .231                           | .435 |
| 家庭結構                   |                               |       |                               |      |                               |      |                                |      |
| 與雙親同住                  | .366                          | -.101 | -.101                         | .226 | .341 *                        | .170 | .499*                          | .234 |
| 手足數目                   | -.119                         | .084  | -.210*                        | .089 | -.107 *                       | .055 | .165                           | .102 |
| 父母教育期望                 |                               |       |                               |      |                               |      |                                |      |
| 專科／大學畢業                | .405                          | .414  | .771                          | .459 | .312                          | .285 | -.356                          | .489 |
| 研究所畢業                  | .152                          | .444  | .285                          | .487 | .547                          | .297 | .281                           | .507 |
| 班級或學校氣氛與環境             |                               |       |                               |      |                               |      |                                |      |
| 念過好班或前段班               | .051                          | .213  | -.009                         | .205 | .179                          | .135 | .264                           | .203 |

表 2 是否參與數學補習的 Logistic 迴歸分析結果 (續)

| 變項                    | 國三開始補習 vs. 未曾補習<br>(N = 1013) |       | 國二開始補習 vs. 未曾補習<br>(N = 1037) |       | 三年都有補習 vs. 未曾補習<br>(N = 1553) |      | 三年都有補習 vs. 國二開始補習<br>(N = 980) |       |
|-----------------------|-------------------------------|-------|-------------------------------|-------|-------------------------------|------|--------------------------------|-------|
|                       | 係數                            | 標準誤   | 係數                            | 標準誤   | 係數                            | 標準誤  | 係數                             | 標準誤   |
|                       | 班上讀書風氣興盛                      | .012  | .098                          | .169  | .100                          | .072 | .068                           | -.100 |
| 我們班的成績算是好的            | .176                          | .105  | .001                          | .102  | .110                          | .070 | .093                           | .103  |
| 同學常在一起討論功課或念書         | .117                          | .128  | -.007                         | .124  | .149                          | .084 | .113                           | .126  |
| 同學間的學業競爭激烈            | .054                          | .112  | .123                          | .109  | -.116                         | .075 | -.232                          | .111  |
| 同學間常常討論升學的事           | -.191                         | .114  | -.102                         | .112  | -.046                         | .075 | .117                           | .112  |
| 學校所在的地區別              |                               |       |                               |       |                               |      |                                |       |
| 城鎮                    | -.312                         | .438  | -.321                         | .421  | -.422                         | .280 | -.145                          | .441  |
| 都市                    | .026                          | .444  | -.004                         | .426  | -.083                         | .287 | -.113                          | .452  |
| 樣本數權重                 | -.344*                        | .139  | -.126                         | .106  | .008                          | .068 | .105                           | .122  |
| 常數                    | .213                          | 1.189 | .083                          | 1.186 | .325                          | .801 | .107                           | 1.210 |
| Log likelihood        | -468.451                      |       | -502.899                      |       | -969.064                      |      | -498.070                       |       |
| LR $\chi^2$ (df)      | 91.71 (35) ***                |       | 96.70 (35) ***                |       | 212.69 (35) ***               |      | 76.54 (35) ***                 |       |
| Pseudo R <sup>2</sup> | 0.089                         |       | 0.087                         |       | 0.098                         |      | 0.071                          |       |

\* p < .05 \*\* p < .01 \*\*\* p < .001

註：樣本數權重由 TEPS 所提供，標準誤是 robust 標準誤。

與都沒有參與數學補習者相比，國二開始補習者在個人特性及學習特質上傾向女性、家庭收入較高及較少的手足數，而父母的教育程度和參與數學補習的意願就變得不重要，在學習特質上則更凸顯其重要性，例如：回家會複習功課、遇到困難我會設法搞懂、不會對數學問題感到頭痛、數學跟得上進度及數學作業表現較佳等特質。以國中三年都有補習者與國二開始補習者做相對比較，差異點為國中三年都有補習者的父母親籍貫為非外省人及與雙親同住。最後，國三開始補習者與都沒有參與數學補習者相比，兩者間的主要差異僅在個人特質，例如：不會對數學問題感到頭痛、國中時曾上學科資優班、小學五年或六年級時曾參與學科補習或請家教及參與數學補習的意願是由他人決定。

### 三、不同類型的數學補習平均處理效果

為了回答「國三學生參與數學補習的時間愈久，效果是否就愈好？」此一問題，本研究以五種配對方式分別進行數學補習效果的估算，其結果如表 3 所示。

表 3 數學補習平均處理效果

| 變項                                   | 國三開始補習 vs. 未曾補習<br>(N = 1,013) |       | 國二開始補習 vs. 未曾補習<br>(N = 1,037) |       | 三年都有補習 vs. 未曾補習<br>(N = 1,553) |       | 三年都有補習 vs. 國二開始補習<br>(N = 980) |       |
|--------------------------------------|--------------------------------|-------|--------------------------------|-------|--------------------------------|-------|--------------------------------|-------|
|                                      | ATT                            | 標準誤   | ATT                            | 標準誤   | ATT                            | 標準誤   | ATT                            | 標準誤   |
| Kernel with Gaussian kernel          | -.260                          | 1.389 | 2.589*                         | 1.085 | 1.412*                         | .552  | -.083                          | 1.136 |
| Kernel with Epanechnikov kernel      | -.260                          | 1.256 | 2.589*                         | 1.054 | 1.405                          | .817  | -.083                          | 1.086 |
| 5 nearest-neighbor with caliper .001 | .080                           | 2.375 | 2.429                          | 2.150 | 2.053                          | 1.398 | .623                           | 1.969 |
| Radius matching with caliper .001    | .318                           | 2.521 | 2.529                          | 2.433 | 2.059                          | 1.351 | .641                           | 2.240 |

表 3 數學補習平均處理效果（續）

| 變項 | 國三開始補習 vs. 未曾補習<br>(N = 1,013)        |       | 國二開始補習 vs. 未曾補習<br>(N = 1,037) |         | 三年都有補習 vs. 未曾補習<br>(N = 1,553) |       | 三年都有補習 vs. 國二開始補習<br>(N = 980) |       |
|----|---------------------------------------|-------|--------------------------------|---------|--------------------------------|-------|--------------------------------|-------|
|    | ATT                                   | 標準誤   | ATT                            | 標準誤     | ATT                            | 標準誤   | ATT                            | 標準誤   |
|    | Local linear with Epanechnikov kernel | -.126 | 1.313                          | 2.765** | .896                           | 1.226 | .734                           | -.557 |

\* p < .05 \*\* p < .01 \*\*\* p < .001

這與過去的研究結果相吻合，並沒有發現數學補習有累積的效果，也就是說，數學補習的效果與補習時期的長短並沒有關聯性，且補習效用不大（關秉寅、李敦義，2008），以滿分為 100 分的學科成績計算方式來看，其效果值範圍約介於 0 ~ 3 分之間，約為 0 ~ 0.15 個標準差。另外可看出，與 Kernel 配對法有關運算方式，其效果估計的估算及標準誤，都比其他兩種配對方式來得小，若採用 Kernel 配對法做為較有效的 ATT 估算方式，那麼最大的數學補習平均處理效果出現在從國二開始進行數學補習。何以會如此？這與從國二開始進行數學補習者的特質有密切關係；也就是說，從表 2 可知，這些從國二開始進行數學補習者，是一群可能在學習數學上比較努力用功的學生，而且這可能是造成較佳的補習效果的原因。此結果也支持了 Carroll 的學校學習模式，亦即當學生真正願意參與學習時，才會獲得學習成效。然而，比起從未補習者，國二開始進行數學補習其成效僅增加不到 3 分，與投注在補習的資源與心力做比較，成本效益相當的低。

另外，從表 3 結果得知，最令人感到訝異的是國中三年都參與數學補習的補習效果僅增加約 2 分，與表 1 中國中三年都參與數學補習與未曾參與數學補習者差距 6 分相比，當控制家庭背景及學習特質在基準線上的差異後可以發現，數學補習的效果明顯下降，這說明了長期進行補習可能成為一種學習上的慣性，原因與補習有助於學習表現的信念，或者害怕學習落後於同儕的壓力可能有緊密關係。當本研究結果發現數學補習愈久效果並非愈好時，這樣的結果並不會令人太驚訝，但與一般社會大眾對補習效果的預期恐怕會有明顯的落差。

## 四、敏感度分析

由於數學補習似乎只有對國二開始補習者才有明顯效果，因此進一步的敏感度分析將只針對此一類的學生。表 4 顯示，針對國二開始補習數學者與從未補習數學者配對成功的 230 對中進行敏感度分析的結果是，如果未觀察到之變項對影響補習參與與否的影響力，即 Gamma ( $\gamma$ ) 是介於 1.15 到 1.2 時，不論是哪種運算法的結果，就可能會變成不顯著。而其中又以配對運算法為 Epanechnikov kernel 時比較敏感。由於此可能影響結果的變項並不能直接觀察到，因此我們可用一個與此未觀察到變項影響力大小的程度類似，但為可觀察到會影響是否補習的變項來做比較。如果 Gamma 等於 1.15、1.2、1.25 的情況，取這些數值的自然對數，則分別為 0.140、0.182 及 0.223。以表 3 國二開始補習與未曾補習者之邏輯迴歸係數比較，接近 0.140 的變項為「補習是自己的意思」、「家庭每月收入為 2 萬元至 5 萬元」或「班上讀書風氣很盛」等。如果係數是接近 0.182 則有「數學先備能力」或「學校在都市地區」，而 0.223 的則有「不會讓別的事耽誤功課」等。因此，如果未觀察到的變項之影響力是與這些變項相似，而此未觀察到之變項的數值由 1 變成 0 或是加減 1 個測量單位的話，就會影響到是否參與補習。不過，在此要強調的是，未觀察到的變項如果只是影響是否補習數學，但對數學補習之效果沒有影響或是很弱的話，此未觀察到之變項仍然不會對推估數學補習效果有影響。因此，此處之敏感度分析是一種「最壞情況」(worst-case scenarios) 的推測。

表 4 國二開始補習數學者 ATT 敏感度分析 (配對數 = 230)

| 配對運算法：Kernel with Gaussian kernel   ATT = 2.589 |       |        |        |        |
|---|-------|--------|--------|--------|
| Gamma*  | sig+* | sig-*  | CI+*   | CI-*   |
| 1.00  | .0014 | .0014  | 1.2212 | 5.9520 |
| 1.10  | .0093 | .0001  | .4967  | 6.6801 |
| 1.15  | .0196 | .00004 | .1411  | 6.9885 |
| 1.20  | .0371 | .00001 | -.2274 | 7.3097 |
| 1.30  | .1022 | .0000  | -.9410 | 7.9060 |
| 1.40  | .2139 | .0000  | -1.606 | 8.4795 |

表 4 國二開始補習數學者 ATT 敏感度分析（配對數 = 230）（續）

| 配對運算法：Kernel with Epanechnikov kernel   ATT = 2.589 |       |        |        |        |
|---|-------|--------|--------|--------|
| Gamma   | sig+  | sig-   | CI+    | CI-    |
| 1.00  | .0014 | .0014  | 1.2212 | 5.9520 |
| 1.10  | .0093 | .0001  | .4967  | 6.6801 |
| 1.15  | .0196 | .00004 | .1411  | 6.9885 |
| 1.20  | .0371 | .00001 | -.2274 | 7.3097 |
| 1.30  | .1022 | 0.000  | -.9410 | 7.9060 |
| 1.40  | .2139 | 0.000  | -1.606 | 8.4795 |

\*Gamma：log odds of differential assignment due to unobserved factors.

sig+：upper bound significance level.

sig-：lower bound significance level.

CI+：upper bound confidence interval ( $\alpha = .95$ ).

CI-：lower bound confidence interval ( $\alpha = .95$ ).

## 伍、結論與討論

補習在臺灣是一個常見的社會現象，此現象與中國既有的科舉文化，以及採取競爭性升學考試制度有緊密的關聯，造成學生或家長尋求學校教育以外的學習機會，藉由補習提高升學競爭優勢的信念也間接促成補習的需求。先前的研究發現，國三學生參與數學補習雖有正面的效果，但效果值並不大，那麼隨著補習量的增加，補習效果是否也會隨之增加？因此，本文再進一步使用 TEPS 公共使用版的追蹤樣本資料來驗證此種假設。

為了控制補習效果於不同群體在基準線上的差異，以及補習效果異質性的問題，本文採用 PSM 統計方法來評估補習的效果量。以 PSM 法分析的結果發現，隨著國中數學補習時期的增長，補習與不補習者在基準線上的差異處也隨之增多，而補習的效果並未隨著補習時期的增長而增加。以國中從未補習者為配對比較對象時，最佳的補習效果出現在從國二開始補習者身上，以滿分為 100 分的學科成績計算方式來看，補習效果增加不到 3 分。進一步細究其原因，除了家庭背景及學習特質會影響數學補習的參與外，值得注意的是，在學習特質上，從國二

開始數學補習者是一群在學習數學上比較傾向努力用功的學生，與其他兩組補習類型的學生明顯不同。此結果也支持 Carroll 學校學習模式中學習時間與學習成效關係的說法，學習成效並非只有增加學習時間的增加，更重要的是，要增加能學習到東西的時間量。

本論文研究的發現與學生或家長對補習效果的期待，恐怕會有相當大的落差。一般大眾若認為補習有效，可能是基於對自身或是參與補習者的觀察，但這種觀察是一種有選擇偏誤的觀察。參與補習者可能一開始就與不補習者在一些條件上有差異，這些先前的差異可能就是兩者在學習成就上有差異的原因，而不一定是補習所造成的。此外，數學補習的效果有限，也可能是一種天花板效應。是否有此效應，可從 TEPS 數學能力測驗設計及補習內容兩方面來探討。在能力測驗設計方面，天花板效應會因為能測得之能力的上限不夠高，因此限制了補習效果的估計。但因實際得到 TEPS 數學能力測驗滿分的學生極少，故此可能性並不大。有此效應之另一可能則是與補習的內容有關。如果補習主要是依據學校課程的內容，則本來數學成績較好的學生，在一定的學習範圍內重複學習，並不會增加他們在此學科方面太多的成就。目前看來，如果補習數學有天花板效應的話，應該是後者的可能性比較大。

即便本研究發現補習效果相當有限，一般大眾可能還是不容易改變其對補習效果的觀察，畢竟補習對不同學生有不同的實質意義。對原先成績或先備能力本來就比較好的學生而言，在與其他同樣優秀的學習者競爭時，這種有限增加的成績是能使其獲得些許的競爭優勢，更凸顯出補習的重要性；而對於原來成績普通的學生而言，補習所增加的有限分數，雖然不能打敗太多其他的同儕，但或許能增加其心理的優勢或安慰。處在一個強調努力比能力重要的社會裡，補習為何這麼盛行及受到重視是其來有自的（Stevenson & Stigler, 2002）。

目前臺灣的教育體系仍採取競爭性入學考試制度來篩選學生或予以分流的作法，構成了補習得以生存的環境，補習也是家庭財務資本和社會資本的延伸，這種藉由補習使子女在升學的過程中取得有利的競爭位置的作法，可能影響學習成就的不平等，並形成階級再製的機制之一。就我們的研究發現來看，因為補習對

學習成就的累積效果有限，或許補習並非是階級複製的重要機制。<sup>8</sup> 但是，補習不過是家庭對整體學習成就影響的一環，其所代表的是父母對子女學習的重視。雖然補習對學習成就的效果有限，但若將補習加上其他能促進學習成就的手段，例如：長期對子女學習的關懷、暑期安排結構性的活動等，就能一起構成家庭維持或複製不平等的機制。

## 參考文獻

- 林大森、陳憶芬（2006）。臺灣高中生參加補習之效益分析。《教育研究集刊》，52（4），35-70。
- 林忠正、黃瓏娟（2009）。補習文化。《人文及社會科學集刊》，21（4），587-643。
- 孫清山、黃毅志（1996）。補習教育、文化資本與教育取得。《臺灣社會學刊》，19，95-139。
- 章英華、伊慶春（2005，6月）。**Cram Schooling and Academic Achievement: A Remedial Strategy, a Proactive Strategy or Just a Mimic Behavior**。論文發表於中央研究院社會學研究所舉辦之「臺灣青少年成長歷程研究」第一次學術研討會，臺北市。
- 張莖雲（2004）。臺灣教育長期追蹤資料庫：第一波（2001）國中家長問卷【公共使用版電子檔】、國中學生表現評量問卷【公共使用版電子檔】。臺北市：中央研究院調查研究專題中心【管理、釋出單位】。
- 張莖雲（2006a）。臺灣教育長期追蹤資料庫：第一波（2003）國中學生問卷【公共使用版電子檔】、國中家長問卷【公共使用版電子檔】。臺北市：中央研究院調查研究專題中心【管理、釋出單位】。
- 張莖雲（2006b）。臺灣教育長期追蹤資料庫：第二波（2003）國中學生問卷【公共使用

<sup>8</sup> 關秉寅與李敦義（2008）以父母教育程度分層進一步分析國三補習數學之效果顯示，在其他配對條件相同的假定下，父母教育程度為高中及以下之國三學生補習數學的效果較大些。本研究進一步將父母教育程度分成國高中與大專（含）以上等兩層，以兩種 Kernel 配對法進行分析後，其結果顯示，不論是那一層，也不論是哪一階段補習，ATT 均未達顯著。這可能與分層後配對樣本數較小有關。如不論是否達顯著，以 ATT 的大小來看，國二開始補習數學者，也是父母為國高中程度者的效果稍大，但其他組則是父母為大專以上程度者稍大。各配對組間分層的差距均小於 2 分。如讀者有興趣得知此處分析的結果，請聯絡第一作者。

版電子檔】。臺北市：中央研究院調查研究專題中心【管理、釋出單位】。

張苙雲（2007）。臺灣教育長期追蹤資料庫：第一波（2001）、第二波（2003）、第三波（2005）資料使用手冊【公用使用版】。臺北市：中央研究院調查研究專題中心【管理、釋出單位】。

黃毅志、陳俊瑋（2008）。學科補習、成績表現與升學結果——以學測成績與上公立大學為例。《教育研究集刊》，54（1），117-149。

劉正（2006）。補習在臺灣的變遷、效能與階層化。《教育研究集刊》，52（4），1-33。

蔡淑鈴、瞿海源（2002）。臺灣教育階層化的變遷。《國家科學委員會研究彙刊：人文及社會科學》，2（1），98-118。

關秉寅、李敦義（2008）。補習數學有用嗎？一個「反事實」的分析。《臺灣社會學刊》，41，97-148。

Alexander, K. L., Entwisle, D. R., & Olson, L. S. (2007). Lasting consequences of summer learning gap. *American Sociological Review*, 72, 167-180.

Allalouf, A., & Ben-Shakhar, G. (1998). The effect of coaching on the predictive validity of scholastic aptitude tests. *Journal of Educational Measurement*, 35, 31-47.

Aronson, J., Zimmerman, J., & Carlos, L. (1999). *Improving student achievement by extending school: Is it just a matter of time?* Retrieved June 15, 2008, from [http://eric.ed.gov/ERICDocs/data/ericdocs2sql/content\\_storage\\_01/0000019b/80/15/ea/c4.pdf](http://eric.ed.gov/ERICDocs/data/ericdocs2sql/content_storage_01/0000019b/80/15/ea/c4.pdf)

Baker, D. P., Akiba, M., LeTendre, G. K., & Wiseman, A. W. (2001). Worldwide shadow education: Outside-school learning, institutional quality of schooling, and cross-national mathematics achievement. *Educational Evaluation and Policy Analysis*, 1, 1-17.

Baker, D. P., & LeTendre, G. K. (2005). *National differences, global similarities: World culture and the future of schooling*. Stanford, CA: Stanford University Press.

Becker, B. J. (1990). Coaching for the scholastic aptitude test: Further synthesis and appraisal. *Review of Educational Research*, 60, 373-417.

Berliner, D. C. (1990). *What's all the fuss about instructional time? the nature of time in schools: Theoretical concepts, practitioner perceptions*. New York: Teacher College Press.

Blau, P. M., & Duncan, O. D. (1967). *The American occupational structure*. New York: John Wiley.

Bray, M. (1999). *The shadow education system: Private tutoring and its implications for planners*. Paris: UNESCO, International Institute for Educational Planning.

Bray, M. (2003). *Adverse effects of private supplementary tutoring: Dimensions, implications*

- and governmental responses*. Retrieved November 10, 2007, from <http://unesdoc.unesco.org/images/0013/001330/133039e.pdf>
- Briggs, D. C. (2001). The effect of admissions test preparation: Evidence from NELS: 88. *Chance, 14*(1), 10-18.
- Brunner, M., Artelt, C., Krauss, S., & Baumert J. (2007). Coaching for the PISA test. *Learning and Instruction, 17*, 111-122.
- Caliendo, M., & Kopeinig, S. (2008). Some practical guidance for the implementation of propensity score matching. *Journal of Economic Surveys, 22*, 31-72.
- Carroll, J. B. (1963). A model of school learning. *Teachers College Record, 64*, 723-733.
- Carroll, J. B. (1989). The carroll model: A 25-year retrospective and prospective view. *Educational Research, 31*, 26-31.
- Cooper, H., Charlton, K., Valentine, J. C., & Muhlenbruck, L. (2000). *Making the most of summer school. Monographs series of the society for research in child development*. Malden, MA: Blackwell.
- DiPrete, T. A., & Gangl, M. (2004). Assessing bias in the estimation of causal effects: Rosenbaum bounds on matching estimators and instrumental variables estimation with imperfect instruments. *Sociological Methodology, 34*, 271-310.
- Dominique, B., & Briggs, D. C. (2009). Using linear regression and propensity score matching to estimate the effect of coaching on the SAT. *Multiple Linear Regression Viewpoints, 35*(1), 12-29.
- Entwisle, D. R., Alexander, K. L., & Olson, L. S. (1997). *Children, schools and inequality*. Boulder, Colorado: Westview Press.
- Entwisle, D. R., Alexander, K. L., & Olson, L. S. (2001). Keep the faucet flowing: Summer learning and home environment. *American Educator, 25*(3), 10-15, 47.
- Gettinger, M. (1985). Time allocated and time spent relative to time needed for learning as determinants of achievement. *Journal of Educational Psychology, 77*, 3-11.
- Harding, D. J. (2003). Counterfactual models of neighborhood effects: The effect neighborhood poverty on dropping out and teenage pregnancy. *American Journal of Sociology, 109*, 676-719.
- Holland, P. W. (1986). Statistics and causal inference. *Journal of the American Statistical Association, 18*, 945-960.
- Imbens, G. W. (2000). The role of the propensity score in estimating dose-response functions.

*Biometrika*, 87, 706-710.

- Kuan, Ping-Yin (2008, August). *The effect of cram schooling for math: A counterfactual analysis*. Paper presented at the summer meeting on Work, Poverty, and Inequality in the 21st Century, Palo Alto, CA.
- Lareau, A., & Weininger, E. B. (2003). Cultural capital in educational research: A critical assessment. *Theory and Society*, 32, 567-606.
- Lechner, M. (1999). Identification and estimation of causal effects of multiple treatments under the conditional independence assumption. *IZA Discussion Papers No. 97*. Retrieved May 30, 2010, from <ftp://repec.iza.org/RePEc/Discussionpaper/dp91.pdf>
- Leuven, E., & Sianesi, B. (2003). *Psmatch2: Stata module to perform full mahalanobis and propensity score matching, common support graphing, and covariate imbalance testing*. Retrieved October 17, 2007, from <http://ideas.repec.org/c/boc/bocode/s432001.html>, version 3.0.0
- Marks, G. N., Cresswell, J., & Ainley, J. (2006). Explaining socioeconomic inequalities in student achievement: The role of home and school factors. *Educational Research and Evaluation*, 12, 105-128.
- Morgan, S. L., & Harding, D. J. (2006). Matching estimators of causal effects prospects and pitfalls in theory and practice. *Sociological Methods and Research*, 35(1), 3-60.
- Morgan, S. L., & Winship, C. (2007). *Counterfactuals and causal analysis: Methods and principles for social research*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Powers, D. E., & Rock, D. A. (1999). Effects of coaching on SAT I: Reasoning test scores. *Journal of Educational Measurement*, 36(2), 93-118.
- Rosenbaum, P. R., & Rubin, D. B. (1983). The central role of the propensity score in observational studies for causal effects. *Biometrika*, 70, 41-55.
- Rosenbaum, P. R. (2002). *Observational studies*. New York: Springer.
- Shavit, Y., & Blossfeld, H.-P. (Ed.). (1993). *Persistent inequality: Changing educational attainment in thirteen countries*. Boulder, CO: Westview.
- Silova, I., Budiene, V., & Bray, M. (Eds.). (2006). *Education in a hidden marketplace: Monitoring of private tutoring*. New York: Open Society Institute.
- Stevenson, D. L., & Baker, D. P. (1992). Shadow education and allocation in formal schooling: Transition to university in Japan. *American Journal of Sociology*, 97, 1639-1657.
- Stevenson, D. L., & Stigler, J. (2002). *The learning gap: Why our schools are failing, and what*

期刊徵稿：<http://www.edubook.com.tw/CallforPaper/BER/?f=oa>

高等教育出版：<http://www.edubook.com.tw/?f=oa>

高等教育知識庫：<http://www.ericdata.com/?f=oa>

關秉寅、李敦義 國中生數學補得愈久，數學成就愈好嗎？傾向分數配對法的分析 139

*we can learn from Japanese and Chinese education*. New York: Summit Books.

Winship, C., & Morgan, S. L. (1999). The estimation of causal effects from observational data. *Annual Review of Sociology*, 25, 659-707.

Winship, C., & Sobel, M. (2004). Causal inference in sociological studies. In M. Hardy (Ed.), *The handbook of data analysis* (pp. 481-503). Thousand Oaks, CA: Sage.

Zeng, K. (1999). *Dragon gate: Competitive examinations and their consequences*. London: Cassell.

期刊徵稿：<http://www.edubook.com.tw/CallforPaper/BER/?f=oa>

高等教育出版：<http://www.edubook.com.tw/?f=oa>

高等教育知識庫：<http://www.ericdata.com/?f=oa>