

科學想像力圖形測驗之驗證*

王佳琪

南臺學校財團法人

南臺科技大學教育領導與評鑑所

本研究旨在以 Rasch 模式重新驗證科學想像力圖形測驗 (Scientific Imagination Test-Figural, SIT-Figural)，以提供內容、結構、類推、本質、解釋、以及外在效度面向的效度證據，並探討科學想像力、心像與不同背景變項（例如性別、年級與學院別）之間的關係。研究對象共 616 位大學生。本測驗共有 A、B、C、D 四項作業，每項作業均包含科學想像力歷程中的漫想力、聯想力、奇想力等三個向度，用以測量學生之科學想像力。經以 Rasch 部分給分模式分析，三向度的測驗具有良好的模式資料適配度。大部分的作業在性別、年級與學院別上並無明顯的差異試題功能 (differential item functioning, DIF)，且漫想力、聯想力、奇想力之信度分別是 .85、.84 以及 .83，科學想像力與心像能力具有中低度相關。在差異分析上，研究指出科學想像力在性別、年級與學院別上有顯著差異，其中，女學生在科學想像力圖形測驗上的能力表現顯著高於男生，大三學生的科學想像力顯著優於大一與大二學生，人文社會學院與數位設計學院學生的表現比工學院與商管學院的學生好。最後，本研究針對「科學想像力圖形測驗」的發展與應用，提出未來研究之建議。

關鍵詞：心像、科學想像力、科學想像力圖形測驗、Rasch 部分給分模式

* 1. 本文通訊作者：王佳琪，通訊方式：wcc0805@gmail.com；wcc0805@mail.stust.edu.tw。
2. 誌謝詞：本論文為科技部專題研究計畫成果（計畫編號 MOST 106-2410-H-218-010-SS2），由於科技部的支持，使本計畫得以順利進行，特此致上感謝之意。

想像力是創造的重要驅力，創造力是想像力具體發揮的極致，亦是驅使創新成功的重要關鍵（Huang, Kao, Lu, & Wu, 2017）。2014 年 7 月，致力於促進想像力的理解和研究的「想像力機構」（Imagination Institute），向全世界對想像力相關研究領域有興趣的心理學家、神經科學家、教育工作者等專家學者，徵求想像力的測量及促進之研究國際計畫（計畫名稱：“Advancing the Science of Imagination: Toward an “Imagination Quotient” to test, validate and develop measurement tools and interventions for imagination and perspective”），希冀能對想像力之測量與促進有進一步的了解（<http://imagination-institute.org/>）。由此可知，發展適當的想像力評量工具，是近年來國際想像力研究的潮流之一。

經濟和文化的改變，必須透過想像力和創造力，而科學教育是培育富有想像力和創造力人才的途徑之一（McCormack, 2010）。一般而言，將想像力定義為「一種面對特定情境或問題時，需以日常生活經驗為基礎，透過聯想、轉換、重組等認知活動，將已知經驗、意象的累積後，重新組合成心像，進而產生與現實聯結之新穎點子的心智活動」（王佳琪，2015）。為了推廣科學領域的創造想像教育，幫助教學現場的教師進行科學想像力的教學與評量，2013 年開始，Ho、Wang 與 Cheng（2013）在科學教育領域中，以指導國小學生參加世界青少年發明展（international exhibition for young inventors, IEYI）的績優教師為對象，藉由質性訪談與現場錄影觀察的方式，蒐集、紀錄和分析自然科學績優教師指導國小學生進行科學發明的歷程，發展歸納出科學想像力歷程模式，認為科學方面的想像力偏重於有目的的想像，將科學想像力定義為一種應用科學原理原則，與日常生活經驗聯結而產生新穎點子的心智活動，這種心智活動不受任何的規則限制，也不受既定思維模式的滯阻，能夠在腦海中構思各種心像，並加以具體化與視覺化，可幫助人類跳脫既有的知識框架和超越現實的限制。在這個歷程模式的基礎下，王佳琪、鄭英耀、何曉琪（2016）與 Wang、Ho、Cheng（2015）分別以國小學童為對象，開發科學想像力圖形測驗與情境測驗等想像力評量工具，作為連結課程、教學、評量之橋樑，以進行科學想像力教育培育和推展。

創造始於想像，上述所發展的評量工具－科學想像力圖形測驗與情境測驗，即分別符合過去探究創造活動時的認知能力或歷程－兩大研究取向（Sternberg & Lubart, 1996）：心理計量取向（psychometric approaches）與認知取向（cognitive approaches）。科學想像力圖形測驗主要以三種幾何圖形（“○”、“|”、“×”）進行物品聯想，以測量學生的漫想力、聯想力及奇想力。其中，學生須依據圖案聯想出的物品數量，旨在測量漫想力；學生依據圖案所畫出物品的種類則是在測聯想力；學生所畫出的物品佔所有物品中所佔比例的獨特性，即是測量奇想力（王佳琪等人，2016），這種立基在「想得多」是「想得好」的假設基礎上，屬於心理計量取向，主要以擴散性思考（divergent thinking）為依據，強調的是創造的流暢、變通、與獨特性，這種取向多以標準化的紙筆測驗來評量一般人的創造潛力。而科學想像力情境測驗所側重的作業情境具目標導向，更重視想法的適切性，是以認知取向的方式來展現個體的想像力（Wang et al., 2015），這種取向比較像是將創造力視為在有條件的限制下，如何根據已知、產生假設以解決問題的過程（例如，Finke, Ward, & Smith, 1992），多以解決頓悟問題（insight problem）來展現創造潛能（林緯倫、連韻文、任純慧，2005）。這兩類科學想像力測驗雖然都強調想法的新奇性，但情境測驗在想法產出時著重在反應的適切性，具目標導向，強調想法的彈性而非總量，展現在解決有明確目標的問題；圖形測驗則強調開放性的聯想，不受限於實用的考量，能快速產生大量新奇的點子，但在目標導向的問題解決上並未特別突出，相較於情境測驗而言，科學想像力圖形測驗不容易受限於學生的語言能力進而影響到測驗結果，較適用於不同領域的對象，能評量出較為客觀普遍的科學想像力，更具有實用性。

再者，隨著年級的成長，專業知識也隨之增加，專業知識在創造力扮演的角色主要有兩派理論（李乙明、李淑貞譯，2005），分別是張力觀與基礎觀。張力觀假設知識和創造力之間具有一種張力關係，知識是基本要素，作為建構新想法的磚塊，若要使磚塊有用，將舊有想法結合在一起的灰泥，其黏性就不能過強。換言之，知識是創造力的必要條件，但過多知識反而無法超越刻板反應，如同倒 U 字形的曲線，最大的創造力表現是落在中等範圍上。基礎觀指的則是創造力是建立在知識之上，知識與創造力呈現正相關，知識越豐富則創造力越高（潘裕豐，2016），而不同學習背景的個體，因為過去學習經驗的不同，所連結的日常生活經驗所展現的想像力亦可能產生差異。這兩種觀點是否在想像力的展現上成立，值得深究。過去研究亦指出，兒童與成人的想像能

力截然不同 (Eckhoff & Urbach, 2008; Vygotsky, 2004)，不同年級的學生會用不同的方式來表達想像力 (Ren, Li, Zhang, & Wang, 2012)，幼童時期是人類想像力的第一個高峰，能用 U 型趨勢表示想像力發展和年齡的關係，但目前沒有任何實徵研究證實此趨勢 (王依仁、葉忠達、江怡瑩, 2012)。因此，若能更確切了解科學想像力發展與年齡的關係，延伸研究對象至成人 (例如，大學生)，建立不同階段的科學想像力發展歷程之證據，將有助於未來在不同教育階段的科學想像力教學及人才培育。

性別與年齡間之差異，素為教育與心理關注的焦點，王佳琪等人 (2016) 的研究結果發現，國小女生在科學想像力圖形測驗上的能力表現雖顯著高於男生，但其實質顯著效果 (效果量) 卻趨近零；在一些成人想像力研究指出，不同性別以及不同專業成熟度的學習者，於內在心理影響想像力促發情形是有差異的 (許育齡、黃文宗、林立中, 2012; 許育齡、梁朝雲、林志成, 2013)。另外，心像 (mental imagery) 常被認為是想像力的來源，科學進步的源頭，有許多創意個體提及在科學和藝術產品方面常使用心像的能力 (LeBoutillier & Marks, 2003)。基於上述，本研究擬以不同年齡階段的學生 (大學生) 為研究對象，以 Rasch 模式重新驗證科學想像力圖形測驗，同時探討科學想像力、心像與不同背景變項 (如性別、年級與學院別) 之間的關係，以提供更豐富之科學想像力圖形測驗之客觀評量觀點，作為未來開發科學想像力培育課程之參考。

文獻探討

一、想像力評量

隨著世界教育思潮及發展，教育不斷革新演變，再加上教學、課程及評量典範的快速轉移，許多專家學者、現場教師開始實踐各種不同另類評量方法。發展適當的想像力評量工具，已是目前國際想像力研究的潮流之一，本研究依據評量形式與評量對象整理過去國內外想像力、科學創造力、科學想像力之評量工具如下。首先，在評量形式大致可分為：自陳式量表 (邱發忠、陳學志、林耀南、涂莉苹, 2012; 侯雅齡, 2009; 許育齡、梁朝雲, 2012; 許育齡等人, 2012; 許育齡等人, 2013; 梁朝雲、許育齡、林威聖, 2014; Pérez-Fabello & Campos, 2011)、開放性作答測驗如文字測驗 (吳可久、蘇于倫、曹筱玥, 2013; 洪瑞雲、王精文、拾己寰、李泊諺、王倫敏, 2013; 曹筱玥、林小慧, 2012; 葉玉珠、彭月茵、林志哲、蔡維欣、鍾素香, 2008; 謝甫佩、洪振方, 2006; Ayas & Sak, 2014; Hu & Adey, 2002; Ren et al., 2012) 和圖形測驗 (邱發忠等人, 2012; 吳可久等人, 2013; 曹筱玥、林小慧, 2012; 謝甫佩、洪振方, 2006; Hu & Adey, 2002; Kaewowski & Soszynski, 2008; Karwowski, 2008; Ren et al., 2012)、以及實驗操弄作業 (Finke & Slayton, 1988; Gündoğan, Ari, & Gönen, 2013) 等。再者，依評量對象可分為：幼兒 (侯雅齡, 2009)、國中小兒童 (葉玉珠等人, 2008; Ayas & Sak, 2014; Gündoğan et al., 2013; Hu & Adey, 2002; Karwowski, 2008; Ren et al., 2012)、高中生 (謝甫佩、洪振方, 2006; Karwowski, 2008)、以及成人 (邱發忠等人, 2012; 吳可久等人, 2013; 洪瑞雲等人, 2013; 許育齡、梁朝雲, 2012; 許育齡等人, 2012; 許育齡等人, 2013; 梁朝雲等人, 2014; 曹筱玥、林小慧, 2012; Finke & Slayton, 1988; Kaewowski & Soszynski, 2008; Karwowski, 2008; Pérez-Fabello & Campos, 2011)。

就評量的觀點來看，教學及評量需緊密結合，從課程目標的設定、起點行為的診斷、教學方法的採用、學習成效的檢核，評量皆貫穿整個教學歷程，才能有助於提升學生的學習成效，形成有意義的學習 (王佳琪、何曉琪、鄭英耀, 2014; 王佳琪等人, 2016)。然而，在教學現場中，因礙於課程內容及教學進度，上述所整理之想像力評量工具的發展脈絡，較少與教師的教與學生的學產生緊密連結。為了推廣科學領域的創造想像教育，幫助日後教師實施科學想像力之教學，成為教師進行科學想像課程時的指導方針，Wang、Ho、Wu 與 Cheng (2014)、Wang 等人 (2015)、王佳琪等人 (2016)、王佳琪、何曉琪、鄭英耀、邱文彬 (2017)、王佳琪、楊榮棠 (2019) 等人

在科學想像力歷程模式 (Ho et al., 2013) 的發展基礎下，分別在課程開發、教學策略、以及評量工具方面展開一系列具系統性的研究，作為未來發展科學想像課程模組之參考依據。

例如，Wang 等人 (2014) 以專家團隊概念圖的建構，重新驗證 Ho 等人 (2013) 的科學想像力歷程，進而建構出科學想像力 3PS 模式——人格特質 (personality)、歷程 (process)、心像 (picture in mind)、環境 (surrounding)，以瞭解教師引導國小學生進行科學發明時的影響因素，作為教師引導及精進教學的參考，提供後續研究想像力之理論基礎。Wang 等人 (2015) 結合了近年來在科學教育與心理學領域之「科學想像力」及「學習進程」兩個較為新起之概念，以美國柏克萊大學評估與評量研究中心所發展的 BEAR 評量系統為基礎，初步建構國小五、六年級學生科學想像力之學習進程，釐清科學想像力發展階段的核心概念與發展途徑，建構科學想像力評量工具，並透過學習進程的評量與回饋，設計科學發明之課程單元，促進課程教學與評量之連結。為了反覆修改與驗證此學習進程，王佳琪等人 (2017) 重新討論科學想像力學習進程的次序，修編以情境為主且採取開放式作答的科學想像力測驗，提供欲進行科學想像力培訓的老師實施評量的依據。在課程教學方面，亦針對國小自然與生活科技教材，發展課程創新教學模組，著重動手做、具挑戰性以及討論困難概念等教學策略，以提升學生學習動機及學習表現 (王佳琪, 2015; 王佳琪、楊榮棠, 2019)。在評量工具方面，除了科學想像力情境測驗之外，王佳琪等人 (2016) 以國小五、六年級學生為對象，發展一份以幾何圖形為主題的科學想像力圖形測驗 (Scientific Imagination Test-Figural, SIT-Figural)，讓科學想像力的評量不受語言能力之限制。立基於上述在科學想像力的研究成果，為了能更豐富科學想像力的教與學，本研究擬以大學生為研究對象，重新驗證科學想像力圖形測驗，並探討科學想像力、心像與不同背景變項 (如性別、年級與學院別) 之間的關係，期以提供更豐富之科學想像力圖形測驗之客觀評量觀點，有裨益於未來開發科學想像力培育課程。

二、心像與想像力的關係

人類在創作的過程中，從命題、想像、構思、訊息蒐集、編輯 (圖像/媒材/意義) 到表現成品，想像力扮演極為重要的角色。Efland (2004) 提及，想像力是形成心像 (mental imagery) 的行為或是能力，是創造新觀念或是先前經驗組合或重組圖像的行為或能力 (陳瓊花, 2013)；科學想像力亦是一種應用科學原理原則，並與日常生活經驗連結，在腦中產生各種新穎心像的心智活動 (Ho et al., 2013)。心像是一種能在心裡想像一幅景物、圖畫或實體，且可以超越外界實質的心理能力 (鄭昭明, 1993)，心像不只被認為是認知的一個基本形式，在許多人類心智活動上，如方向辨識、記憶...甚至到問題解決，皆扮演著重要的角色 (韓承靜、洪蘭、蔡介立, 2010)。心像特性有三個，第一，心像，相對於實物或景象而言，是不完全的，每一個人都有能力產生心像。第二，心像可以自由的操弄，也可以虛構，例如，你可以在腦海中想像一隻大象像一隻老鼠那麼小。第三，心像可以整合，例如，我們可以利用心像形成一幅「一台公車正戴著一副大眼鏡具有五官」的圖像，這景象不只是虛構，也是一種整合。思考是在心智上或認知上，處理或運作訊息的歷程。心像就是思考運作的另一種符號，當人類使用心像、運用心像來思考時，這類思考稱為視覺的思考 (visual thinking) (鄭昭明, 1993)。

Hampson 和 Morris (1983) 提出三種解釋心像形成的方式，分別是描述論 (description theory)、圖像理論 (pictorial theory) 以及知覺理論 (perceptual learning)。其中，描述論認為心像是經驗的知覺，心理的命題透過心理語言的解讀而產生符號，經過刺激之後可以進行提取，並產生圖示化的效果。圖像理論則認為心像是視覺緩衝區圖像的發生。而知覺理論則認為心像不只是作為一個記憶儲存的功能而已，而是不斷的進行更新使資料更加完善，從知覺的角度來看，不只是內在腦海中的圖片和描述，更是知覺經驗所組成的活動。心像不需直接經歷環境的控制和探索，而是對環境的一種主動提問的過程，主觀知覺到刺激之後便給大腦一個問題，這些新的問題便會不斷對大腦先前所儲存的資料內容進行探索。但無論是哪一種心像理論，學者普遍都認為心像是一種經過感官知覺，然後對大腦記憶訊息進行搜尋，或是從個人經驗結構中提取資訊，而以一種圖像的形式呈現在腦海中的畫面。

最近，有許多心像的研究，都將心像定義為一個未分化的單一結構，所以個體心像的能力，只能被分成好或不好。然而，有認知和神經科學研究（例如，Farah, Hammond, Levine, & Calvanio, 1988; Kosslyn, 1994; Kosslyn & Koenig, 1992; Levine, Warach, & Farah, 1985）建議心像應有兩個子系統存在，分別是物體心像（object imagery）和空間心像（spatial imagery），指大腦可以運用不同的方式轉譯（encode）及處理視覺訊息。物體心像（object imagery）提到個體能將個別物體如實的表徵（representations），像是精確的型態（form）、大小（size）、形式（shape）、顏色（colour）及明亮（brightness）等；而空間心像（spatial imagery）則提到在物體、物體的一部分、物體在空間位置以及物體移動、和物體一部份和其他複雜空間轉換的抽象表徵等（cited from Blajenkova, Kozhevnikov, & Motes, 2006）。過去，王佳琪等人（2017）曾發現科學想像力（科學想像力情境測驗－語文）與心像能力具有低度相關，但此研究主要是以語文形式來測量學生的科學想像力，而本研究採用的工具主要是運用圖形來評量個體的科學想像力，與心像較有直接的關聯性，然尚未有研究探討此二者之間的關聯，應進一步探究之。

三、年齡（年級）與想像力的關係

想像是每個人與生俱來的能力，但隨著年齡增長，個體逐漸淡化探索與想像的動力，也忽略善用想像於活化心智運思（許育齡等人，2013）。Ren 等人（2012）研究了 4 年級到 12 年級學生的創意想像力發展。結果顯示，創意想像力會隨著年級增加（從 4 年級至 11 年級）而成長，但在 12 年級的學生之創意想像力卻略有下降；Mun、Mun 與 Kim（2015）研究韓國 4 到 8 年級的學生在科學想像力的表現，發現國小學生比國中學生的科學想像力高，在 6、7 年級的時候，學生的科學想像力能力開始下降，4、5、6 年級學生之間的科學想像力沒有差異，而 7、8 年級學生之間有顯著差異。換言之，在不同的階段會有不同的發展速度，一般來說，4-6 年級和 7-9 年級階段，是兩個快速發展的階段，學生進入青少年階段，在心理和生理都會發展非常快速，也提供創意想像力快速成長的基礎。另外，在不同年級，學生會用不同的方式來表達他們的想像力，年輕的學生傾向使用繪畫來表達思考，長大後，就會運用語言來表達想像力。

人類從兒童時期即開始發展想像力的思維，並持續至成年期，而兒童時期的想像也往往會影響到成年後的想像力（Gündoğan, et al., 2013; Root-Bernstein & Root-Bernstein, 2006）。兒童通常被認為是想像力豐富的群體，因為他們的思維模式尚未形成，思想中的限制與規比成人要少，故往往被認為具有豐富的想像力（陳坤森、沈思岑，2011）。王依仁等人（2012）指出，過去在從事兒童視覺藝術教學時，不論從口語表達或繪畫創作，對於兒童的想像力表現感到驚奇，兒童的想像力有時候看似天馬行空、毫無邏輯，但進一步會發現，某些想像與兒童的生活經驗有關。此外，想像力的功能非常複雜，並且由一系列不同的因素所影響。例如，想像力須以生活經驗為基礎，兒童所經驗的世界和成人所經驗的型態不同；另外，兒童和環境之間的關係，不論是複雜、簡單、傳統關係，都會影響刺激其創意歷程，此點和成人非常不同。再者，成人和兒童對事物的興趣也不同。因此，不同的生活經驗和不同的認知工具發展的關係，大人的想像能力和兒童的想像能力是截然不同的（Eckhoff & Urbach, 2008; Vygotsky, 2004）。

隨著年紀的增長，兒童的想像會漸漸符合客觀現實，概括性與邏輯性也會有初步發展。以國小學童而言，中高年級學童複製和簡單再現的表現已較低年級減少，反而是對表象的創造性改造增加。王依仁等人（2012）認為可以用 U 型趨勢表示想像力發展和年齡的關係，幼童時期是人類想像力的第一個高峰。高年級學童則處於想像力發展的轉捩點上，若高年級學童處於轉捩期，而無法成功度過，其想像力發展將受到限制；若能成功度過，他們將能繼續保持豐富的想像力。此外，在創造性想像力的研究中，T. Ribot 描繪了想像力的發展，認為想像力的發展會經歷兩個不同的關鍵階段（圖 1）（Vygotsky, 2004; p. 33）。由圖 1 所示，第一個階段想像力的發展以 IM 曲線來表徵，它上升急遽，然後在相對長的時間周期內維持一定的水平。RO 虛線則代表的是智力或推理能力的發展，這方面的發展，因為需要更多經驗的累積及複雜性，起步較晚且上升速度比較慢，而只有當想像力發展和推理發展兩條線會合在 M 點時，想像力進一步的發展，MN 線會和推理 XO

平行發展，屆時，兒童的發散性特性會不見，想像力會開始和思考歷程緊密連結（Vygotsky, 2004; p. 33）。T. Ribot 所繪製的曲線，雖然僅是推測，但能有助於理解想像力在不同時期獨特的本質。再者，王佳琪等人（2017）指出年齡（年級）在國小階段可能不是影響科學想像力的重要因素，建議未來可以將樣本擴展到國中、高中、大學，並蒐集更多質性資料（如放聲思考、觀察訪談等）佐以解釋，以提供科學想像力在不同的年齡階段更完善的學習進程。因此，想像力發展在不同的年級（年齡）以及表現方式，的確會有所差異，亦值得後續研究探討之。

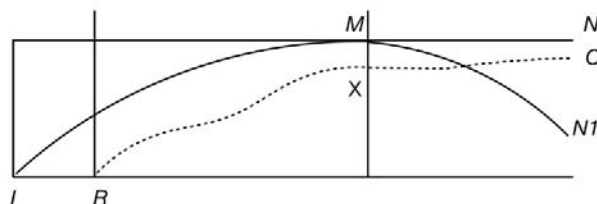


圖 1 想像力發展

資料來源：Vygotsky, S. L. (2004). Imagination and creativity in childhood. *Journal of Russian and East European Psychology*, 42(1), 33.

四、性別與想像力的關係

過去在創造力研究領域中，針對性別在創造力表現差異的結果，尚未有定論，在想像力研究領域中，更是鮮少談及。近年來，Razumnikova（2004）利用腦電波儀來檢測不同性別在解決創造性問題時腦波的變化，結果指出，在成功的擴散性思考過程中，男女間在腦波上的確具有差異存在，提出生理神經科學證據。Baer 與 Kaufman（2008）亦指出，在創造力領域的性別差異研究常有歧異的結果，有些研究報告女生在一些創造力測驗分數表現比男生好（例如，王佳琪等人，2014；Dudek, Strobel, & Runco, 1993），有些是相反的結果（例如，Chan et al., 2001），有些則是男女沒有差異（例如，Hargreaves, 1977）。另外，部分研究認為造成性別在創造力的差異因素，可能是環境所造成的關係（Mcvey, 2004; cited from Baer & Kaufman, 2008）。

另外，在想像力研究方面，Wang 等人（2015）的研究指出國小男、女學生之間的科學想像力並無顯著差異，而 Mun 等人（2015）研究韓國國中、小學生在科學想像力的表現，發現女學生在科學想像力的表現是顯著高於男學生。在成人研究方面，許育齡等人（2012）以視覺傳達設計學生為研究對象，發現不同性別，以及不同專業成熟度的學習者，於內在心理影響想像促發情形有所差異。在心理因素促發想像上雖無男女之別，但進一步發現男性整體要比女性認為「促發動機」之自主空間，以及「正向情緒」之受到他人尊重等對想像促發有影響。再者，在探究教師從事教學設計的想像力，及其個人心理與學校環境與該想像力的影響時，發現女性教師認為教學資源、內在動機、正向情緒，與做中悟對自身發揮教學設計想像力之影響較為明顯，在想像力及學校環境則無明顯差異（許育齡等人，2013）。由此可見，不同階段的個體，其想像力的性別差異的確存在。

五、學院別與想像力的關係

有想像力、創造力的人，通常都是因為對生活周遭事物感到好奇，對於未知事物產生求知欲，遇到問題時，秉持著開放的態度及廣泛的興趣，以多元經驗及先備知識為基礎，透過高層次的認知能力，聯結過去經驗，發揮想像力重組、轉化產生很多點子，並勇於冒險的去解決所遇到的問題（王佳琪，2015）。而不同學習背景的個體，也會因為過去學習經驗的不同，所展現的想像力亦可能產生差異。

過去，伍家德、王沛淳、黃文宏（2016）曾經探討大學生創造性人格與創意行為之間的關係，以科技大學的學生為研究對象，探討不同學習背景包含商管學院、工程學院、人文學院及設計學院的學生之創意行為表現，研究結果發現，設計學院的大學生其創意行為能力優於其他學院的大學生，其原因可能設計學院的學生在作業的創作經驗較多，較常接觸創意領域的書籍或環境，故想法、點子、能力表現上會顯得較出色。潘裕豐（2016）亦曾探討大學藝術學院學生創造力與遠距聯想之關係，研究指出表演藝術系學生的遠距聯想能力優於設計系的學生，而設計系學生在擴散思考能力上優於表演藝術系學生。基於上述，可推測不同科系或不同學院的學生，其思考類型與生活經驗不同，在創意發想或是想像力的展現上亦可能有差異。然而，搜尋過去想像力相關研究文獻時，探討不同學院別或不同科系的學生在想像力的展現結果極少，故本研究有進一步探究此二者關係之必要性。

方法

一、研究對象

本研究以南台灣某科技大學的學生為研究對象，以通識教育課程的學生為主，共分為人文藝術領域、社會科學領域、自然科學領域等三個領域，分別從三個領域中隨機挑選 14 門課程進行施測，修課人數為 734 名，共有 621 位學生接受施測，扣除無效樣本後，剩下有效樣本 616 位學生。其中，女性占 49.8% ($N = 307$)，男生佔 48.9% ($N = 301$)，未填性別有 8 位；大學生中，來自工學院的佔 32.8% ($N = 202$)，商管學院佔 42.4% ($N = 261$)，人文社會學院佔 12.9% ($N = 80$)，數位設計學院佔 11.9% ($N = 73$)；大一學生佔 37.8% ($N = 233$)，大二學生佔 17.2% ($N = 106$)，大三學生佔 28.6% ($N = 176$)，大四學生（包含大五延修生）佔 16.3% ($N = 100$)，未填者有一位。平均年齡是 20.26 歲（18 歲至 49 歲）。

二、研究工具

（一）測驗內容

1. 科學想像力圖形測驗

本工具主要是採用王佳琪等人（2016）所發展的科學想像力圖形測驗（Scientific Imagination Test-Figural, SIT-Figural），本工具分為兩部分，第一部份為受試者基本資料，包含性別、科系、年級、出生年等。第二部份以圖形為主，共包含兩個任務，分別是任務一之作業 A、作業 B、作業 C、以及任務二之作業 D 等四項作業題目，每項題目將有漫想力、聯想力、奇想力等三種分數，共計有 12 個分數。其中，任務一中的三個作業主要是各以一個基本圖形為主，依序為“○”、“|”、“×”等三種圖形，前三項作業請受試者依此圖形進行物品聯想，每項作業作答時間為 4 分鐘。任務二作業 D 則為組合圖形題，受試者需將上述三種基本圖形組合成一種有意義的物品，作答時間為 7 分鐘。

2. 心像測驗

本研究效標工具參考 Blajenkova、Kozhevnikov 與 Motes (2006) 所發展的物體-空間心像問卷 (Object-Spatial Imagery Questionnaire, OSIQ)，來評估個體的心像能力。OSIQ 包含兩個分量表：一個是物體心像量表 (object imagery)，主要是來評估對個別物體的描繪及處理顏色的、圖像的、高解析圖像的偏好，例題：「在我腦海中想到的圖像通常是非常生動，就像真的一樣」；空間心像量表 (spatial imagery) 則是評估對於描繪和處理圖像式圖片、物體和空間轉換的空間關係，例如：「我可以輕易的在腦海中想像幾何圖形的立體 (3D) 形狀和旋轉的情形」。其中，物體心像量表的信度為 $\alpha = .83$ ，空間心像量表的信度為 $\alpha = .79$ ，並具備理論、效標效度、區辨效度等效度證據。

研究者挑選適用於測量心像能力的試題，並將其原問卷翻譯成中文版後，請英國文學語文專家學者審核與校正；進一步邀請兩位教育心理學、教育測驗與評量等專長的領域專家，以及兩位具創造力、想像力及教育測驗與評量等專長之教育研究所博士候選人進行專家效度，以檢視問卷題目內容是否符合心像定義及適當的用詞遣字。該心像問卷由王佳琪等人 (2016) 經以國小三至六年級共 425 名學生施測後，分別以 Rasch PCM 分析學生在心像題目上的反應，結果指出所有心像題目具有適當的模式適配度，在 DIF 檢驗上，男女生對於試題意涵上並無差異。正式心像問卷共 8 題，信度值為 .73，採李克特氏五點量表計分，由完全符合 (4 分) 至完全不符合 (0 分)。

(二) 評分規準

科學想像力圖形測驗原先適用的對象為國小五、六年級學生，由於本研究對象為大學生，兒童與成人在認知發展與生活經驗的差異，反映在想像力的展現本來就截然不同 (Eckhoff & Urbach, 2008; Vygotsky, 1930/2004)，因此，本測驗的評分標準以王佳琪等人 (2016) 擬定的規準為主，並依據大學生的作答反應，擴展其反應資料庫，將評分規準修正如表 1。其中，評分方式仍為評分者依答案的品質評定分數，進行四等量尺計分 (0-3 分)，在發想階段，漫想力強調學生想出點子的多寡，學生需依據圖案畫出物品，以數量進行評分，且學生所畫的內容必須清楚呈現某種具體物品，並命名；若圖畫與命名不符，或者以漫畫式呈現，不予計分。畫出 0~1 個給 0 分 (Level 0)，2~4 個給 1 分 (Level 1)，5~7 個給 2 分 (Level 2)，8 個以上給 3 分 (Level 3)。在動態修正階段，聯想力著重在如何找出點子間的關係，包含相同點、相異點與矛盾關係。此用以評量學生所畫出來物品的種類，畫出的物品種類越多元表示聯想力越高。以食、衣、住、行、育、樂與其他項目進行分類，但動、植物 (如：蝸牛、蘋果、花椰菜、雞蛋等)、自然現象 (如：太陽、風、雲、蜘蛛網、雪人等)、臉部表情 (如：笑臉、哭臉等)、卡通人物、企業標章 (如奧運標章、品牌標章等)、瞬間消失的物品 (如泡泡等)、語言類 (英文字母、改錯誤答案等) 均不予計分。畫出 0~1 類給 0 分 (Level 0)，2~3 類給 1 分 (Level 1)，4~5 類給 2 分 (Level 2)，6 類以上給 3 分 (Level 3) (王佳琪等人, 2016)。以作業 A 為例，若某生寫出披薩、棒棒糖、麵包三個點子，則漫想力給 1 分，而這三種點子因為都歸類為「食」，故聯想力只能給 0 分。

表 1 基本圖形組合評分標準

評分項目	王佳琪等人 (2016) 計分說明	修正後的計分說明
作業 A、B、C、D	<p>1. 學生畫出圖案的數量。</p> <p>學生所畫的內容必須清楚呈現某種具體意象，並命名；若圖畫與命名不符，或者以漫畫式呈現，不予計分。</p> <p>評分標準：</p> <p>0~1 個：0 分 2~4 個：1 分 5~7 個：2 分 8 個~：3 分</p> <p>2. 學生畫出來的圖案，可分為多少類別</p> <p>以食、衣、住、行、育、樂與其他項目進行分類，但動、植物（如：蝸牛、蘋果、花椰菜、雞蛋等）、自然現象（如：太陽、風、雲、蜘蛛網、雪人等）、臉部表情（如：笑臉、哭臉等）、卡通人物、企業標章（如奧運標章、品牌標章等）、瞬間消失的物品（如泡泡等）、語言類（英文字母、改錯誤答案等）均不予計分。</p> <p>食：包括食物、飲料、點心、零食、烹煮、廚房用具、製造販賣與管理等。</p> <p>衣：包括衣物、裙褲、帽子、鞋襪（襪子上有加強功能的叉叉圖案可計分）、及各式配件首飾（如眼鏡、髮飾、皮包）、鏡子、製造販賣與管理。</p> <p>住：包括住宅、居室、公設等居住環境周圍、居家物品、清潔用品、製造販賣與管理等。</p> <p>行：包括公車、捷運、計程車、自行車等交通工具、及道路、鐵路等基本建設（包含紅綠燈），近年更擴及電信、網路等基本建設。另不包含標線，如：斑馬線。</p> <p>育：生育、養育、教育，或者用來學習等物品、相關設施。</p> <p>樂：國民健康及各項體育、娛樂設施及政策。</p> <p>其他：為物品的原型概念（如：繩子、風車、直圓柱、寶石等），或未說明其他功能，如火藥、炸彈、十字架，或具有多種、複合功能，如信用卡、一卡通、悠遊卡、剪刀、弓箭、雨傘、計算機等。</p> <p>評分標準</p> <p>0~1 類，給 0 分； 2~3 類，給 1 分； 4~5 類，給 2 分； 6 類以上，給 3 分。</p>	<p>同左</p> <p>同左</p> <p>衣：增加針線、縫、行動電源、鑰匙、拐杖、錢包、吊飾等項目。</p> <p>住：增加鯉魚旗、收音機、音響、鍵盤、牙刷、梳子、螢幕、梯子、柵欄等項目。</p> <p>行：增加禁止標誌、迷宮、十字路口等項目。</p> <p>樂：國民健康及各項體育、娛樂設施及政策。增加如：釣魚竿、麥克風、呼拉圈、單槓、扯鈴、仙女棒、摩天輪、風箏、標靶、加油棒等項目。</p> <p>其他：增加如網子、紙、氣球、鋼管、信封、禮物、喇叭、救生圈、鏟子、相機、鏡頭、CD、放大鏡、火柴、牙籤、手電筒、耙子、美工刀、卡片等項目。</p> <p>同左</p>

奇想力意指將被聯結的點子以一個新奇的意義詮釋的能力。此指學生所畫的物品在所有物品中所佔比例的獨特性。由於大學生和國小學生對點子的詮釋能力有所差異，因此，研究團隊綜合所有大學生的有效反應，以王佳琪等人（2016）的標準為主，透過研究共識重新將每一項作業的反應歸納整理成若干項目，並記錄該項目出現的次數，每一個出現的項目佔所有項目的百分比－出現的次數除以總次數，若出現 25% 以上的項目則計為 0 分，15% 至 25% 的項目計為 1 分，2% 至 15% 計為 2 分，2% 以下計為 3 分，再計算每位學生在該作業所有反應次數的總分，進一步換算為等第分數。以作業 A 為例，若某生的反應為「籃球、電風扇、鈕扣、球拍」，籃球為 0 分，電風扇為 2 分、鈕扣為 2 分，球拍為 3 分，將三項反應的分述加總後，得分為 7 分。計算完每位學生的總分後，研究團隊將依據不同總分的百分比換算為四個等第分數（3 分優於 2 分、2 分優於 1 分、1 分優於 0 分），以作業 A 為例，在總分平均數以上 1 個標準差（累積百分比為 84%）以下（Level 0：0~10 分），視為 0 分；介於 1 個標準差至 2 個標準差之間（累積百分比範圍 84%-97.6%）（Level 1：11~18 分），視為 1 分；介於 2 個標準差至 3 個標準差之間（累積百分比範圍 97.6%-99.7%）（Level 2：19-25 分），視為 2 分；超過 3 個標準差（Level 3：26 分以上），則視為 3 分。某生的原始得分為 7 分，換算成等第則為 Level 0，學生奇想力之分數即為 0 分。

（三）測驗時間與施測方式

施測者先說明指導語和作答方式，至全體受試者皆填妥答案本之基本資料後，受試者翻開測驗本，開始作答。每項作業皆有測驗時間限制，測驗時間一到，無論完成與否，皆需進行下一項作業作答，圖形測驗時間為 20 分鐘。

（四）評分者一致性

評分者成員包括二名教育相關研究所的碩士生，以及一名任職於教育相關研究所的助理教授，專長背景為教育心理學、創造力、想像力等相關領域，共計三位評分者。由三位評分者成員對評分標準進行了解後，先從樣本中隨機抽取 10 份進行評分，經多次評分討論後，評分者一致性信度由第一次的 .48，一直評到第 10 份提升到 .91 已趨向穩定，顯示，只要評分者充分了解評分依據，本測驗評分者間的一致性甚佳（Miles & Huberman, 1994）。

四、資料分析

本圖形測驗共有四項作業試題，每個試題分別測量漫想力、聯想力、及奇想力等構念，評分者依照受試者答題反應給予不同水平，由程度最低者（0 分）至程度最高者（3 分），我們只能宣稱得 3 分的漫想力、聯想力或奇想力程度高於得 2 分者，得 2 分者高於 1 分者，依此類推。再者，此測驗因同時有兩種潛在特質以上在運作，因此本研究採用多向度隨機係數多項洛基模式（multidimensional random coefficients multinomial logit model, MRCMLM; Adams, Wilson, & Wang, 1997），公式如下（1）。此多向度 Rasch 模式可以延伸為多向度 Rasch 部分給分模式（partial credit model, PCM; Master, 1982）。

$$P(X_{ijk}=1; \xi|\theta_i) = \frac{\exp(b'_{jk}\theta_i + a'_{jk}\xi)}{\sum_{u=1}^{K_j} \exp(b'_{jk}\theta_i + a'_{jk}\xi)} \quad (1)$$

其中， $P(X_{ijk}=1; \xi|\theta_i)$ 是指受試者 i 填答第 j 題的第 k 類別反應的機率； $\theta_i = (\theta_i, \dots, \theta_{D_i})'$ 是指受試者在向度 D 上的能力或稱為潛在特質（latent trait）程度，指測驗想要測量的構念（construct），即代表受試者 i 的漫想力、聯想力或奇想力； ξ 表示試題的向量及階難度（step difficulty）， a_{jk} 是第 j 題的第 k 類別的設計向量，用以表達 ξ 中各個元素的線性組合， b_{jk} 是指第 j 題的第 k 個類別的得分向量。為了比較不同能力程度之次序，本研究另外計算每一個作業試題的塞斯通閾值（Thurstone threshold）。由於本研究的量表採四點計分，所以每一個題目會有三個塞斯通閾值，每一題的第 k 個塞斯通閾值定義為，該題得 k 分以下的機率和得 k 分（含）以上的機率相同時的試題難度（Linacre, 1998）。就圖形測驗而言，作業試題中的第 2 個塞斯通閾值表示，受試者在該試題得 1 分和 1 分以下的機率，與得 2 分和 2 分以上的機率相同時的試題難度，可作為高程度與低程

度之截斷點。因此，本研究將以每一個試題的第 2 個塞斯通閾值，作為比較不同試題能力之依據。所有的 Rasch 分析採用套裝軟體 ConQuest (Wu, Adams, & Wilson, 2007) 進行分析。

資料的分析程序，本研究提供量表的内容、結構、類推、本質、解釋、以及外在效度面向的效度證據 (Wolfe & Smith, 2007)。在圖形測驗部分，關於内容和結構效度證據，首先，以多向度 Rasch PCM，分析漫想力、聯想力、奇想力的三向度結構之模式-資料適配度，適配度指標採用 *infit* (weighted) 及 *outfit* (unweighted) 均方誤 (mean square error, MNSQ) 統計量，其數值介於 0.6- 1.4 之間，表示模式-資料適配度良好 (Bond & Fox, 2007)。若題目的適配度佳，表示題目所測量到的是相同的構念；若題目的適配度不佳，則進行刪題。在類推效度證據上，針對漫想力、聯想力、奇想力兩個向度，進行性別、年級和學院別的差異試題功能分析 (differential item functioning, DIF; Holland & Wainer, 1993)，檢驗量表題目在不同性別、年級和學院別上，是否具有相同的意涵。此 DIF 分析以 ConQuest 軟體進行分析，主要以相等平均難度法 (equal-mean-difficulty, EMD) 來檢測試題的 DIF。DIF 分析是另一種檢驗試題品質的方式，就一般的 DIF 分析而言，當兩個群體在某一個試題的整體難度估計值差距達 0.5 個 logits 以上時，表示這兩個群體對於此題的認知已達到一定程度的差異 (Wang, 2008)，則應考慮刪題。其次，本研究以多向度 Rasch PCM，分析整體受試者在此三個向度的分散性信度 (person separation reliability) (Schumacker & Smith, 2007)，以獲得較準確的信度估計值 (Cheng, Wang, & Ho, 2009)。此外，由於 Rasch 模式分析可以針對每一個受試者提供個別的測量精準度，不同程度的受試者作答相同的測驗，會有不同的信度。因此，本研究亦將提供條件化信度 (conditional reliability) (Raju, Price, Oshima, & Nering, 2007)，以針對不同程度的學生提供較精確的測量信度，作為豐富測量的類推效度證據。在本質與解釋效度證據上，本研究透過 Rasch 分析，呈現受試者的漫想力、聯想力及奇想力程度與題目難度的對照圖，探討漫想、聯想與奇想力試題難度顯示的次序性。另外，本研究亦以單因子變異數分析分別針對不同性別、年級、以及學院學生之漫想、聯想、奇想程度分析，以作為測驗分數解釋之參考。在外在效度證據上，以多向度 Rasch PCM 直接估計科學想像力向度和心像問卷兩個分向度的相關，作為外在效標關聯效度的證據。

結果

一、内容和結構效度證據 (content and structural evidence)

在正式樣本資料部分，多向度的 Rasch PCM 分析顯示，三向度的結構皆具有良好的適配度，試題整體難度估計值、閾難度和適配度數值如表 2 所示。

表 2 試題難度估計值、闕難度和適配度數值

向度	作業	整體 難度	Step 1	Step 2	Step 3	SE	OUTFIT MNSQ	INFIT MNSQ
漫想力	A	-1.48	-2.34	-0.25	2.09	0.05	1.08	1.06
	B	-2.71	-1.44	-0.28	1.72	0.05	0.84	0.88
	C	-1.51	-2.94	-0.05	2.99	0.05	1.07	1.06
	D	-2.68	-3.97	-0.97	4.94	0.09	1.04	1.02
聯想力	A	-0.69	-2.96	-0.19	3.14	0.05	1.07	1.07
	B	-2.02	-2.62	-0.39	3.01	0.05	1.03	1.03
	C	-1.26	-2.72	-0.23	2.49	0.05	1.01	1.01
	D	-1.45	-2.89	-0.04	2.85	0.09	0.98	0.98
奇想力	A	-0.09	-1.21	-0.52	0.69	0.07	0.86	1.00
	B	-1.33	-1.65	-0.36	1.29	0.06	0.97	0.99
	C	-0.43	-0.99	-0.99	-	0.08	0.80	0.87
	D	-0.81	-0.76	-0.76	-	0.12	0.63	0.85

註：“-”表示沒有受試者達到此 step 闕難度。

二、類推效度證據 (generalizability evidence)

根據表 3 之 DIF 分析顯示，男、女生之間在大部分題目上並無明顯的 DIF，大部分題目的難度估計值在性別上的差距皆小於 0.37 個 logits，除了作業 A 奇想力有性別上的 DIF，男女之間的差距為 0.52 個 logits。在年級之間，大部分題目無明顯的 DIF，除了作業 C 的聯想力及作業 D 的奇想力有年級的 DIF，最大值與最小值的差距分別是 0.53 和 0.54 個 logits。學院別之間大部分題目亦無明顯的 DIF，大部分題目難度估計值在學院別的差距皆小於 0.48 個 logits，除了作業 A 奇想力與作業 D 的奇想力有學院別上的 DIF，最大值與最小值之間的差距分別是 0.59 和 0.74 個 logits。

在信度方面，經以多向度 Rasch PCM 分析漫想力、聯想力、奇想力，其信度值分別為 .85、.84 以及 .83。另外，本研究估計出每一位受試者在三個能力上的條件化信度，以提供個別的測量精準度，圖 2~4 分別是漫想力、聯想力、奇想力的條件化信度及能力估計誤差，其中，漫想力的條件化信度仍介於 .75~.87 之間，聯想力的條件化信度介於 .75~.87 之間，奇想力的條件化信度介於 .72~.86。由圖 2~圖 4 可看出，分別有極少部分的受試者填答測驗時的條件化信度下降，根據 Raju 等人 (2007) 提出條件化信度是依據受試者能力估計值及估計標準誤所計算出來，若估計標準誤越大，其條件化信度越小，本測驗之試題整體難度介於 -2.71 與 2.68 個 logits 之間，當受試者的能力極端低或高於試題難度範圍時，估計標準誤會變大，導致條件化信度會下降，故此測驗僅適用於此範圍程度的受試者，較不適用於極端能力的受試者填答。

表 3 試題和 DIF 檢測值

向度	作業	DIF = Δ 男女	大一難 度	大二難 度	大三難 度	大四難 度	工學院 難度	商管學 院難度	人文社 會學院 難度	數位設 計學院 難度
漫想力	A	0.22	-0.04	-0.31	-0.08	-0.19	-0.08	-0.19	-0.19	-0.30
	B	0.17	-0.21	-0.10	-0.07	-0.04	-0.20	-0.04	-0.26	-0.02
	C	0.04	-0.11	-0.16	-0.09	-0.18	-0.08	-0.01	-0.22	-0.15
	D	0.35	-0.06	-0.06	-0.06	-0.05	-0.20	-0.14	-0.23	-0.17
聯想力	A	0.03	-0.07	-0.17	-0.09	-0.33	-0.07	-0.07	-0.17	-0.31
	B	0.20	-0.07	-0.10	-0.20	-0.04	-0.19	-0.07	-0.17	-0.06
	C	0.14	-0.12	-0.25	-0.09	-0.28	-0.04	-0.07	-0.19	-0.21
	D	0.37	-0.02	-0.01	-0.02	-0.01	-0.07	-0.08	-0.16	-0.16
奇想力	A	0.52	-0.08	-0.23	-0.23	-0.07	-0.32	-0.04	-0.27	-0.01
	B	0.05	-0.17	-0.00	-0.03	-0.19	-0.09	-0.04	-0.16	-0.29
	C	0.15	-0.05	-0.14	-0.26	-0.08	-0.14	-0.03	-0.03	-0.08
	D	0.32	-0.20	-0.09	-0.05	-0.34	-0.10	-0.06	-0.39	-0.35

註 1：DIF = Δ 男女 = |男_{難度} - 女_{難度}|。

註 2：粗體表示具備 DIF 題之難度估計值的|最大值-最小值|大於 0.5 logit，表示該題具有 DIF。

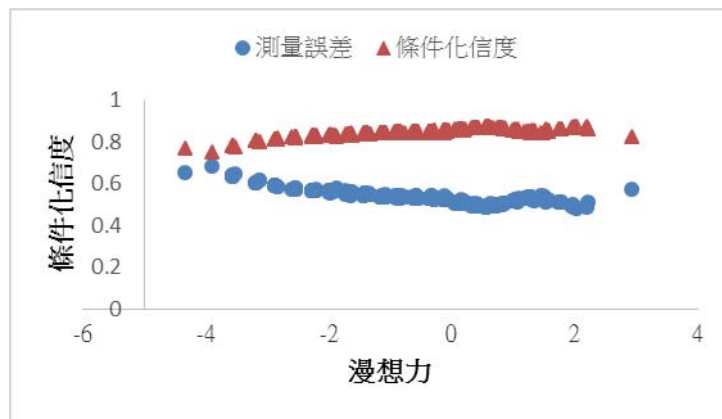


圖 2 漫想力之條件化信度和能力估計誤差

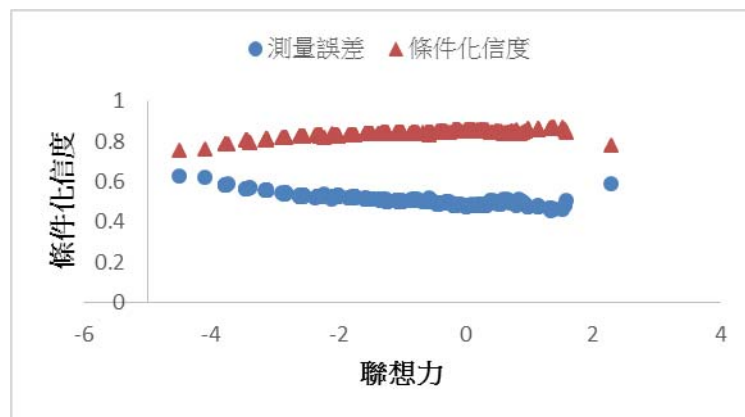


圖 3 聯想力之條件化信度和能力估計誤差

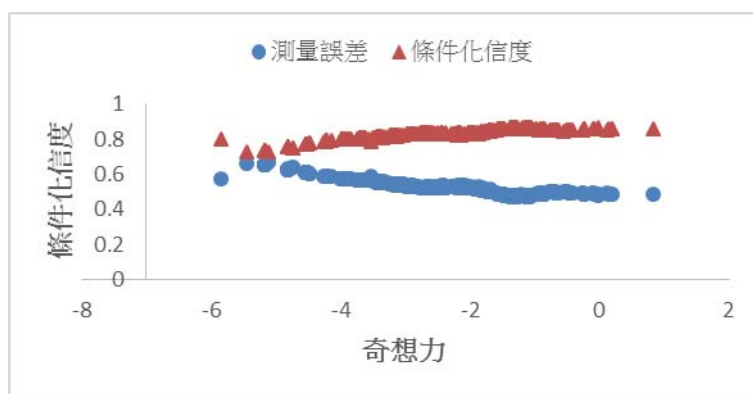


圖 4 奇想力之條件化信度和能力估計誤差

三、解釋效度證據 (interpretability evidence)

圖 5 為漫想力、聯想力與奇想力向度的受試者能力及題目塞斯通閾值對照圖，本研究將三項能力的圖合併在一起以利解釋。圖左邊的“X”表示學生的漫想力、聯想力與奇想力程度之分佈，右邊數字是每一題的第 2 個塞斯通閾值，愈上面的學生表示想像力程度愈高，愈上面的題目難度愈難，表示想像力程度越難達到。由圖 5 顯示，學生在漫想力的能力分佈 ($M = -0.72, SD = 1.23$) 低於題目的難度分佈 ($M = -0.24, SD = 2.24$)，若以作業 A (○圖形) 測漫想力 (圖 5 標示 1.2) 為例，這道題目對 66.67% 的學生而言較為簡單。另外，學生在聯想力的能力分佈 ($M = -1.17, SD = 1.14$) 亦低於題目的難度分佈 ($M = -0.07, SD = 1.87$)，同樣以作業 A (○圖形) 測聯想力為例 (圖 5 標示 2.2)，對於 41.04% 的學生而言是較為容易達到的能力。然而，學生在奇想力的能力分佈 ($M = -2.55, SD = 1.14$) 遠低於題目的難度分佈 ($M = 0.62, SD = 1.32$)，以作業 B (┃圖形) 測奇想力為例 (圖 5 標示 6.2)，對於 10.77% 的學生而言是較為容易達到的能力，其他作業無論是哪一種圖形的奇想力，對於學生而言都是屬於難以達到的題目。整體而言，學生的漫想力、聯想力、奇想力皆低於試題的難度，顯示受試者的漫想力、聯想力與奇想力的程度偏低；另一方面，在題目的難度上，可以看出“┃”的圖形對學生來說是比較簡單的，其次是“○”、“×”以及圖形組合題目。再者，以“○”、“┃”而言，已經可以看出漫想力、聯想力以及奇想力的試題難度是有次序性的，此結果與 Wang 等人 (2015) 和王佳琪等人 (2016) 結果符合，亦吻合 Ho 等人 (2013) 科學想像力歷程模式之特性。

Dimension			Generalised-Item Thresholds	
	1	2	3	
3				
	X			
	X			
	X			
2	X			
	XX	X		10.2 D (組合漫想力) 12.2 D (組合奇想力)
	XX	X		
	XX	XX		7.2 C (×漫想力) 8.2 C (×聯想力)
1	XXX	XX		
	XXXX	XX		9.2 C (×奇想力) 11.2 D (組合聯想力)
	XXXXX	XXX		
	XXXXXX	XXXX		
	XXXXXX	XXXX		
0	XXXXXXXX	XXXXXX	X	3.2 A (○奇想力)
	XXXXXXXX	XXXXXX	X	
	XXXXXXXX	XXXXXXXX	XXX	
	XXXXXXXX	XXXXXXXX	XX	
	XXXXXXXX	XXXXXXXX	XX	
-1	XXXXXX	XXXXXXXX	XXXX	2.2 A (○聯想力)
	XXXXXX	XXXXXXXX	XXXX	6.2 B (奇想力)
	XXXXXX	XXXXXX	XXXXXX	1.2 A (○漫想力)
	XXXXXX	XXXXXX	XXXXXX	
	XXXXXX	XXXXXXXX	XXXXXXXX	
-2	XXXXX	XXXXXX	XXXXXXXX	
	XXX	XXXXXX	XXXXXXXX	
	XXXXX	XXXXX	XXXXXXXX	5.2 B (聯想力)
	XXXX	XXXXX	XXXXXXXX	
	XX	XXXX	XXXXXXXX	
-3	XX	XXX	XXXXXXXX	4.2 B (漫想力)
	X	XXX	XXXXXXXX	
	X	XX	XXXXXXXX	
	X		XXXXXX	
	X	X	XXXXX	
-4		X	XXXXXX	
		X	XXX	
			XXX	
		X	XX	
			X	
-5			X	
			X	
			X	
-6			X	

Each 'X' represents 4.6 cases
The labels for thresholds show the levels of item, and step, respectively

圖 5 漫想力、聯想力與奇想力向度的受試者能力及題目難度對照圖

表 4 呈現的是大學生在不同性別、年級與學院別之漫想力、聯想力與奇想力程度。整體而言，在性別方面，女生不論在漫想力 ($F_{(1, 606)} = 24.60, p < .005, \eta^2 = 0.04$)、聯想力 ($F_{(1, 606)} = 24.31, p < .005, \eta^2 = 0.04$) 及奇想力 ($F_{(1, 606)} = 25.31, p < .005, \eta^2 = 0.04$) 皆顯著高於男生。在年級方面，不同年級間在漫想力 ($F_{(3, 611)} = 4.88, p = .002, \eta^2 = 0.02$) 有顯著差異，主要是大三顯著大於大二 ($p = .043$) 與大一 ($p = .009$)；在聯想力 ($F_{(3, 611)} = 4.86, p = .002, \eta^2 = 0.02$) 有顯著差異，亦是高三顯著大於大二 ($p = .043$) 與大一 ($p = .009$)；最後，奇想力 ($F_{(3, 611)} = 4.96, p = .002, \eta^2 = 0.02$) 也是有顯著差異，同樣是高三顯著大於大二 ($p = .042$) 與大一 ($p = .008$)。在學院別方面，在漫想力 ($F_{(3, 612)} = 12.89, p < .005, \eta^2 = 0.06$) 有顯著差異，其中主要是人文社會學院和數位設計學院顯著優於工學院、商管學院；在聯想力 ($F_{(3, 612)} = 12.81, p < .005, \eta^2 = 0.06$) 有顯著差異，亦是人文社會學院與數位設計學院顯著優於工學院與商管學院；在奇想力 ($F_{(3, 612)} = 13.12, p < .005, \eta^2 = 0.06$) 有顯著差異，同樣是人文社會學院與數位設計學院都顯著優於工學院與商管學院。綜上所述，女性在科學想像力的表現皆顯著優於男性；在年級方面，大三學生在科學想像力的表現顯著優於大一與大二；在學院別方面，則是人文社會學院與數位設計學院的表現，顯著優於工學院與商管學院。

表 4 性別與年級在漫想力、聯想力、奇想力之平均數與標準差

類別 (N)		漫想力	聯想力	奇想力
性別				
男生	M	-0.98	-1.40	-2.79
	SD	-1.25	-1.16	-1.15
(301)				
女生	M	-0.49	-0.95	-2.34
	SD	-1.18	-1.09	-2.79
(307)				
年級				
大一	M	-0.96	-1.38	-2.77
	SD	-1.28	-1.18	-1.17
(233)				
大二	M	-0.55	-1.00	-2.39
	SD	-1.32	-1.22	-1.22
(106)				
大三	M	-0.54	-0.99	-2.38
	SD	-1.07	-0.99	-0.99
(176)				
大四及延畢	M	-0.73	-1.17	-2.55
	SD	-1.27	-1.17	-1.18
(100)				
學院				
工學院	M	-1.02	-1.43	-2.82
	SD	-1.24	-1.14	-1.14
(202)				
商管學院	M	-0.79	-1.22	-2.61
	SD	-1.21	-1.12	-1.12
(261)				
人文社會學院	M	-0.29	-0.76	-2.14
	SD	-1.12	-1.03	-1.04
(80)				
數位設計學院	M	-0.18	-0.66	-2.04
	SD	-1.17	-1.08	-1.09
(73)				

四、本質效度證據 (substantive evidence)

本研究的圖形試題設計，本質上預期隨著學生的能力愈高，愈可能達到較高的 Level。此本質上的預期，可從 PCM 分析的四個選項之 *infit MNSQ* 獲得驗證。正式施測分析結果顯示，隨著學生的能力增加，學生達到高 Level 之機率也會愈高。

以作業 A 測量發想階段的漫想力為例，透過正式施測資料的 PCM 分析結果，學生在 4 個選項的達到不同 level 機率如圖 6 所示。橫軸表示學生的漫想力，單位以 logit 表示，愈右邊表示學生的能力愈高；縱軸表示學生達到每一個 level 的機率。圖 6 中 4 條曲線表示學生在 4 個 level 的機率。由圖中可看出當學生能力低於 -3.81 logits 時，最可能達到 Level 0；當學生的能力介於 -3.81~ -1.23 logits 之間，最可能達到 Level 1；當學生的能力介於 -1.23~ 0.62 logits 之間，最可能達到 Level 2；當學生能力超過 0.62 logits，最可能達到 Level 3。整體而言，隨著學生的能力逐漸提升，其達到的 Level 也會跟著提升，顯示此題目每一個選項 Level 的設定，符合學生的實際能力之表現。然而，作業 C 及作業 D 的圖形對所有學生都過於困難，因此難以看出達到 Level 是否跟著提升（表 3）。

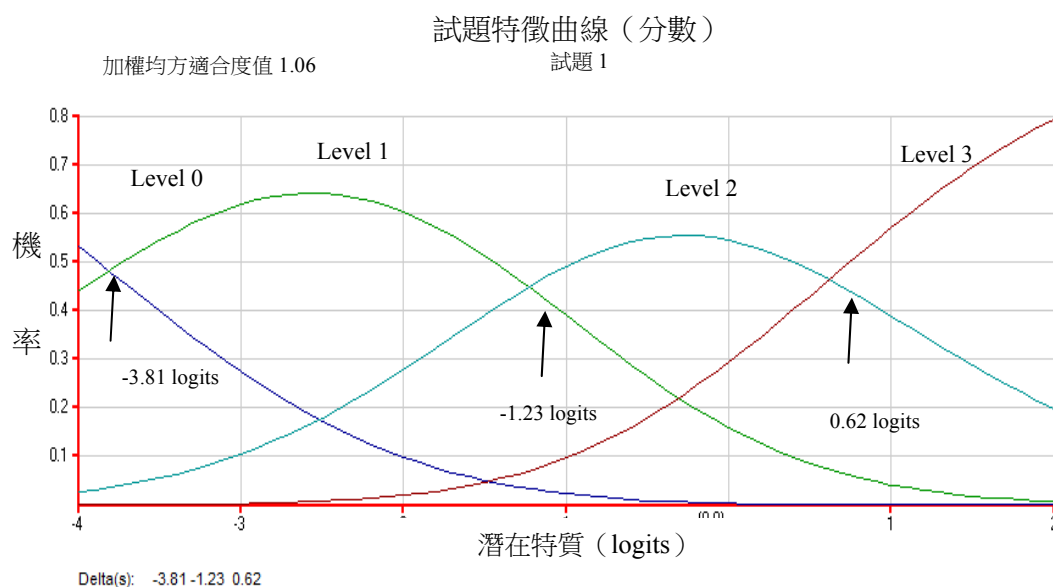


圖 6 不同能力的學生在 4 個 level 的達到機率：以作業 A 測量漫想力為例

表 5 是圖 6 範例題的選項分析，由表 6 可看出每一個 level 的達成人數都大於 5%，表示 4 個 level 都有一定程度的誘答力。從達到不同 Level 的學生之能力估計值的平均數 (PV1 Avg) 可看出，達到 Level 0 的學生之平均能力最低 (-2.85 logits)，依序為達到 Level 1 的學生 (-1.52 logits)、Level 2 的學生 (-0.45 logits)，Level 3 的學生之平均能力最高 (0.41 logits)。此結果吻合理論上的預期，表示此題目的 4 個選項可區分出學生的能力。整體而言，作業 A 在聯想力的 Level 3、奇想力的 Level 2 和 Level 3 的達成人數是低於 5%；作業 B 在漫想力的 Level 0、聯想力 Level 0、奇想力 Level 3 達成人數低於 5%；作業 C 在漫想力的 Level 3、聯想力的 Level 3、奇想力的 Level 2 和 Level 3 選項達成人數是低於 5%；作業 D 在漫想力的 Level 3、聯想力的 Level 3、奇想力的 Level 2 和 Level 3 選項之達成人數亦低於 5%。由此可知，這群大學生對於圖形測驗的 Level 2 或 Level 3，較難以達到。

表 5 範例題的選項分析

Level	Score	Count	% of tot	Pt Bis	t (p)	PV1 Avg: 1	PV1 SD: 1
0	0	33	5.36	-0.35	-9.39(.000)	-2.85	1.10
1	1	200	32.47	-0.44	-12.21(.000)	-1.52	1.07
2	2	246	39.94	0.16	3.91(.000)	-0.45	1.02
3	3	137	22.24	0.51	14.54(.000)	0.41	1.09

五、外在效度證據 (External Evidence)

在外在效度證據方面，以多向度 Rasch PCM，直接估計科學想像力之漫想力、聯想力和奇想力和心像之間的相關。結果顯示，漫想力、聯想力和奇想力和心像的相關分別為 .46、.29、與 .36 ($p < .05$)，表示科學想像力與心像能力具有顯著的中低度相關。

討論與建議

本研究以大學生作為驗證科學想像力圖形測驗的研究對象，以 Rasch 模式驗證科學想像力歷程的成分，同時採用心像的表現作業，重新探討科學想像力、心像與不同背景變項（如性別、年級與學院別）之間的關係。根據 Rasch 測量模式分析結果指出，科學想像力圖形測驗之漫想力、聯想力及奇想力等三向度結構，具備適當的模式適配度，表示所有題目都是在測量這三個向度，提供了內容及結構效度的證據。

在類推效度證據上，科學想像力圖形測驗大部分的題目對不同性別、年級與學院別的學生具有相同的意涵。在性別方面，僅有作業 A 測量奇想力的試題有性別上的 DIF，此和王佳琪等人 (2016) 的部分結果一致；在年級部分，作業 C 的聯想力及作業 D 的奇想力有年級的 DIF；學院別部分，亦發現作業 A 與作業 D 測量奇想力的試題有學院別上的 DIF，未來可進一步訪談不同性別、年級與學院別的學生，了解他們對作業的看法，做為修正奇想力標準之依據。另，圖形測驗在漫想力、聯想力及奇想力之整體分散性信度依序為 .85、.84 以及 .83，堪稱適當；透過估計受試者的條件化信度結果亦指出，本研究以大學生為對象所驗證的圖形測驗工具，在應用層面上，僅適用於中間程度的學生填答，不適用於極端程度的學生。

在解釋效度證據上，從圖 5 中可得知，以作業 A 與作業 B 來看，漫想力、聯想力以及奇想力的試題難度排序，是有次序性的，此和王佳琪等人 (2016) 的結果一致。就圖 5 所示，可看出四項作業對受試者而言分別有難度的差異，其漫想力、聯想力及奇想力的排序，在不同的作業難度反應出不同的位置。作業 A 與作業 B 的難度較為簡單，可以看出漫想力、聯想力、奇想力的次序性，但作業 C 和作業 D 比較難，看不出次序性。過去，科學想像力歷程模式中假設「好的點子是來自於眾多的點子」(Wang et al., 2014)，在一般的情況下，好點子是來自於眾多點子的命題是成立的，然而，從過去及本研究得知，不論是對小學生還是對大學生而言，這樣的假設僅成立於作業 A 與作業 B，在作業 C 和作業 D 不成立；再者，從圖 5 亦可看到四項作業的奇想力難度分布位置很相近，研究者猜測可能是作業本身難度和受試者想像力產生交互作用的結果，當作業難度到一定程度時，短時間之內比較看不出受試者高層次能力運作的差異（例如，奇想力）(王佳琪等人，2016)，因此，若要進一步看出學生能力間的層次差異，未來可以延長測驗的作答時間，並使用不同的統計模式，了解不同向度間是否具有階層性 (Huang, Wang, Chen, & Su, 2013)。

在性別之科學想像力能力差異分析上，本研究結果發現，女學生在科學想像力圖形測驗上的能力表現顯著高於男生，此結果和王佳琪等人 (2016) 的研究一致，過去 Mun 等人 (2015) 研究四到八年級的韓國學生在科學想像力的表現，結果指出女學生在科學想像力的表現是顯著高於男學生。在成人想像力研究方面，許育齡等人 (2012) 探討成人心理因素與背景變項在視覺傳達設計歷程等三個不同設計階段，對促發視覺傳達設計學生想像的差異情形。結果發現不同性別，以

及不同專業成熟度的學習者，於內在心理影響想像促發情形有所差異，其中，女教師認為教學資源、內在動機、正向情緒，與做中悟對自身發揮教學設計想像力之影響較為明顯，在想像力及學校環境則無明顯差異（許育齡等人，2013）。然而，在創造力或想像力領域中，很難論斷造成男性／男學生與女性／女學生整體的差異，是源自於動機、社會期待、教養環境、專業背景等何種原因（Baer & Kaufman, 2008），僅能說明想像力的性別差異的確存在，而在那些面向存有差異、差異的結果，以及差異究竟如何產生，有待後續研究進一步深究。因此，本研究建議未來老師在激發學生想像力時，要將學生的性別差異考量進去，例如：部分男生對於感受與情感的認知較不敏銳，老師可嘗試幫助男學生多了解感受與知覺情緒的本質等。

另外，Mun 等人（2015）研究發現，相較於國中學生，國小學生有較高的科學想像力，本研究發現不同年級學生的科學想像力表現亦有顯著差異，本研究指出大三學生的漫想力、聯想力與奇想力皆顯著高於大二與大一學生，大一學生剛進大學，相較於其他年級，在各方面專業及經驗上都較不足，此顯示年級對想像力的表現有一定程度的差異，呼應了隨著年級越高，專業知識的累積與想像力的正相關。然而，大四學生卻沒有顯著高於其他學生，研究者進一步推測，有可能和臺灣大學生的人格特質和學習動機有關。過去研究提及，人格特質會影響個人的內在動機與想像力之間的關係（Liang & Chang, 2014; Liang, Chang, & Hsu, 2014），對臺灣大四學生而言，多半將心力和時間著重放在自己未來的生涯規劃，在課程修習數量及學習動機上會略低於其他年級，過去研究亦指出，若缺乏動機對於創意展現確實會有負面的影響（Amabile, 1996）。另外，研究亦顯示，若課室氣氛讓學生感受強烈壓力而缺乏動機時，可能會壓抑學生的創意表現（葉玉珠等人，2008）；想像力的激發也可能和內在動機、自我效能、壓力、行動激勵、情緒和認知等因素有關（Hsu, Liang, & Chang, 2014）。換言之，若原先的課室氣氛讓學生缺乏動機時，也有可能會影響學生的想像力表現。因此，建議未來研究可增加人格特質、動機、自我效能或者知覺課室氣氛的變項，來探討對科學想像力的影響。

在學院別方面，人文社會學院與數位設計學院在漫想力、聯想力與奇想力都顯著優於工學院、商管學院。研究者推測，人文社會學院與數位設計學院的學生相較於工學院與商管學院的學生，其科學想像力的表現可能和他們本身的學習方式、思考風格與學習者本身的特質有關。對人文社會科學及設計學院的學生而言，人文社會學院教授的教學方式相較於工學院及商管學院，多使用引導或探索的方式教學，學生比較容易在短時間內提出自己的看法，再加上本研究所施測的工具為速度測驗，需要在一定的時間發想出許多想法，這種測驗的填答方式，工學院及商管學院的學生較不熟悉。再者，Sternberg（1994）的界定認為每個人運用其能力的偏好—「思考風格」相當迥異，也有可能會影響其科學想像力的表現。基於此，本研究建議未來可增加探討學習策略或思考風格的變項探究之。

另外，設計學院的學生本身在創作及繪畫的能力、細節及速度，原本就優於其他學院，因為他們在作業的創作經驗較多，較常接觸創意領域的書籍或環境，故想法、點子、能力表現上會顯得較出色（伍家德等人，2016）。過去有許多創造力的個案研究提出所謂的十年法則，很多人覺得，創意（作）的人好像很容易就可以產生源源不斷的洞見（李乙明、李淑貞譯，2005，頁 148），若進一步從認知心理學中專家與生手的觀點來解釋（林清山譯，1990，頁 446），可將設計學院的學生類比為專家，他們在形成好點子之前，已不需要以形成大量點子為基礎，例如：設計學院的學生可能在回答需涉及到一些空間、重組、旋轉等能力的作業 C（圖形 X）及作業 D（三個圖形組合）時，也許不需要在提出很多點子的基礎上（漫想力、聯想力），就可以直接提出具有獨特性的點子（奇想力）。再者，相似背景的人會分享粗略相似的類別知識基礎，容易受到相同的結構及歷程加以引導，可預期不同個體的創作之間，會顯示出許多的共通性（Ward, 1994）。因此，為了更釐清科學想像力運作的機制，本研究建議，未來可進一步邀請不同學院的學生，運用認知心理學中常用的放聲思考法（think aloud protocol），紀錄受試者在回答不同難度的題目時之思考歷程，能提供更多支持科學想像力歷程模式的證據，同時亦可作為修改評分標準之參考依據。

在本質效度證據上，從 PCM 分析結果顯示，本研究發現在作業 A 及作業 B 的部分，隨著學生的能力增加，學生選答高 Level 的選項機率也會愈高。然而，即便受試者為大學生，作業 C 及作業 D 的圖形對所有學生仍都過於困難，難以看出選答選項的 Level 是否跟著提升。另外，心像是創造新觀念或是先前經驗組合或重組圖像的行為或能力，研究結果卻指出僅有漫想力與心像能

力達到中度相關，表示一個人的心像能力越好，能有助於想出點子的數量，卻和聯想和奇想的關聯性不高，研究者建議未來可運用實作性的心像作業或想像力作業，並延長測驗作答時間，並分析學生在測驗中的文字資料，進而測量出學生在這兩項作業的能力差異，得到更準確的結果。

最後，本研究以 Rasch 模式重新驗證科學想像力圖形測驗，除了對科學想像力提供公正客觀的評量觀點之外，更從探討科學想像力、心像、性別、年級與學院別之間的關係，提供在教育場域推動想像力教育的應用價值。未來，在大學教育階段推廣想像教育，可依據科學想像力發展的歷程進行課程設計與教學，如：規劃因應三個發展階段與能力的教學策略與學習材料等，培養學生具備有創造想像與問題解決的能力，以刺激創新，培養跨領域之關鍵能力。另外，學校也可以在不同的學院中，安排和提供關於激發創意想像之課程，或多增加選修、通識的創意課程，讓不同學院之間的學生，彼此分享創意的經驗及觀念，以平衡或強化學生的創意潛能（伍家德等人，2016）。進一步，建議未來在想像教育的教學與研究之推動上，對臺灣學生科學想像力的發展現況能做更有系統的調查與比較，使其科學想像力歷程模式包含成分及運作機制等內涵，建構得更加完善，作為緊密連結課程、教學、評量的重要橋梁。

參考文獻

- 王佳琪（2015）：**科學想像力學習進程之驗證**。國立中山大學教育研究所博士論文。[Wang, C.-C. (2015). *Validation of learning progressions in scientific imagination* (Doctorate Dissertation). National Sun Yat-sen University, Kaohsiung, Taiwan.]
- 王佳琪、何曉琪、鄭英耀（2014）：科學創造性問題解決測驗之發展。**測驗學刊**，**61**（3），337-360。[Wang, C.-C., Ho, H.-C., & Cheng, Y.-Y. (2014). Development of the children scientific creative problem solving test. *Psychological Testing*, 61(3), 337-360.]
- 王佳琪、何曉琪、鄭英耀、邱文彬（2017）：科學想像力學習進程之驗證：測量觀點。**教育心理學報**，**49**（1），69-94。[Wang, C.-C., Ho, H.-C., Cheng, Y.-Y., & Chiou, W.-B. (2017). Validation of the learning progression in scientific imagination: a measurement perspective. *Bulletin of Educational Psychology*, 49(1), 69-94.]
- 王佳琪、楊榮棠（2019）：探討科學想像力融入國小自然科課程單元之成效：以「簡單力學—力與運動」單元為例。**教育科學研究期刊**，**64**（1），213-240。[Wang, C.-C., & Yang, C.-T. (2019). Effectiveness of an instructional experiment using scientific imagination integrated into a nature science course for elementary school students: An example of “simple machines-force and motion”. *Journal of Research in Education Sciences*, 64(1), 213-240.]
- 王佳琪、鄭英耀、何曉琪（2016）：科學想像力圖形測驗之發展。**教育科學研究期刊**，**61**（4），177-204。[Wang, C.-C., Cheng, Y.-Y., & Ho, H.-C. (2016). Development of the Scientific Imagination Test-Figural. *Journal of Research in Education Sciences*, 61(4), 177-204.]
- 王依仁、葉忠達、江怡瑩（2012）：國小六年級學童的繪畫創作想像力研究。**藝術教育研究**，**23**，105-134。[Wang, Y.-J., Ye, C.-T., & Chiang, Y.-Y. (2012). A study of imagination in drawings by sixth graders. *Arts Educations*, 23, 105-134.]

- 伍家德、王沛淳、黃文宏 (2016)：創造性人格與創意行為之關聯研究－以 A 科技大學為例。管理資訊計算，5 (2)，47-57。[Wu, C.-T., Wang, P.-C., & Huang, W.-H. (2016). A study on the relationship among creative personality and creative behavior - evidence from a university of science and technology. *Management Information Computing*, 5(2), 47-57.]
- 吳可久、蘇于倫、曹筱玥 (2013)：由激發想像力思維探索設計課程教學方式。建築學報，83，19-35。[Wu, K.-C., Su, Y.-L., & Tsau, S.-Y. (2013). Explore the teaching models for design studio by the thinking stimulation of imagination. *Journal of Architecture*, 83, 19-35.]
- 林緯倫、連韻文、任純慧 (2005)：想得多是想得好的前提嗎？探討發散性思考能力在創意問題解決的角色。中華心理學刊，47 (3)，211-227。[Lin, W.-L., Lien, Y.-W., & Jen, C.-H. (2005). Is the more the better? The role of divergent thinking in creative problem solving. *Chinese Journal of Psychology*, 47(3), 211-227.]
- 邱發忠、陳學志、林耀南、涂莉苹 (2012)：想像力構念之初探。教育心理學報，44 (2)，389-410。[Chiu, F.-C., Chen, H.-C., Lin, Y.-N., & Tu, P.-L.-P. (2012). The exploratory study on the construct of imagination. *Bulletin of Educational Psychology*, 44(2), 389-410.]
- 侯雅齡 (2009)：幼兒科學創造力評量方法之發展：嵌入式評量設計。教育科學研究期刊，54 (1)，113-142。[Hou, Y.-L. (2009). The technique development of assessing preschool children's creativity in science: an embedded assessment design. *Journal of research in education sciences*, 54(1), 113-142.]
- 洪瑞雲、王精文、拾己寰、李泊諺、王愉敏 (2013)：以概念結合理論為基礎的想像力測驗之編製。測驗學刊，60 (4)，681-713。[Horng, R.-Y., Wang, C.-W., Shyr, Y.-H., Lee, P.-Y., & Wang, Y.-M. (2013). Construction of an imagination test based on theory of conceptual combination. *Psychological Testing*, 60(4), 681-713.]
- 曹筱玥、林小慧 (2012)：想像力量表之編製。教育科學研究期刊，57 (4)，1-37。[Tsau, S.-Y., & Lin, H.-H. (2012). The development of an imagination scale. *Journal of Research in Education Sciences*, 57(4), 1-37.]
- 梁朝雲、許育齡、林威聖 (2014)：探究想像力內涵暨評測量表研發。測驗學刊，61 (1)，27-50。[Liang, C.-Y., Hsu, Y.-L., & Ling, W.-S. (2014). The study of imaginative capabilities and imaginative capability scale development. *Psychological Testing*, 61(1), 27-50.]
- 許育齡、梁朝雲 (2012)：探究想像力的意涵與特徵－探索性與驗證性因素分析之發現。教育心理學報，44 (2)，349-372。[Hsu, Y.-L., & Liang, C.-Y. (2012). Meaning and characteristics of imagination: findings from exploratory factor analysis and confirmatory factor analysis. *Bulletin of Educational Psychology*, 44(2), 349-372.]

- 許育齡、梁朝雲、林志成（2013）：教師發揮教學設計想像力的心理與環境因素探究。**當代教育研究季刊**，**21**（2），113-148。[Hsu, Y.-L., Liang, C.-Y., & Lin, C.-C. (2013). The influences of individual psychology and school environment on the teachers imaginative capability of instructional design. *Contemporary Educational Research Quarterly*, 21(2), 113-148.]
- 許育齡、黃文宗、林立中（2012）：視覺傳達設計學習者發揮想像的內在因素探索與驗證。**藝術教育研究**，**23**，41-66。[Hsu, Y.-L., Huang, W.-C., & Lin, L.-J. (2012). A study of psychological factors that stimulate imagination in visual communication design. *Research in Arts Education*, 23, 41-66.]
- 陳坤淼、沈思岑（2011）：設計想像力之探討－以個案創意設計分析為例。**文化創意產業研究學報**，**1**（1），1-12。[Chen, K.-M., & Shen, S.-T. (2011). The imagination of the design in creative design of a case study. *Journal of Cultural and Creative Industries Research*, 1(1), 1-12.]
- 陳瓊花（2013）：創造力的載體：從「創意表現」探討創造力具體化的圖像類型、表現策略及其意涵。**資優教育論壇**，**11**，42-71。[Chen, C.-H. (2013). The carriers of creativity: From “creative expression” to investigate how images types, expressive strategies and meanings objectify creativities. *Gifted Education Forum*, 11, 42-71.]
- 葉玉珠、彭月茵、林志哲、蔡維欣、鍾素香（2008）：「情境式科學創造力測驗」之發展暨科學創造力之性別與年級差異分析。**測驗學刊**，**55**（1），33-60。[Yeh, Y.-C., Peng, Y.-Y., Lin, C.-C., Tsai, W.-S., & Chung, S.-H. (2008). The development of ssct and the analyses of gender and grade differences in scientific creativity. *Psychological Testing*, 55(1), 33-60.]
- 潘裕豐（2016）：大學藝術學院學生創造力與遠距聯想之關係研究。**創造學刊**，**7**（1），1-18。[Pan, Y.-F. (2016). Relationship between the creativity and remote association of university art students. *Journal of Chinese Creativity*, 7(1), 1-18.]
- 鄭昭明（1993）：**認知心理學：理論與實踐**。台北市：桂冠。[Cheng, C.-M. (1993). *Cognitive psychology*. Taipei: Lauréat Publications]
- 謝甫佩、洪振方（2006）：從匯合取向的觀點探討科學創造力的評量。**科學教育月刊**，**291**，11-23。[Xie, Y., & Hong, Z.-F. (2006). Explore the assessment of scientific creativity from the perspective of convergence. *Science Education Monthly*, 291, 11-23.]
- 韓承靜、洪蘭、蔡介立（2010）：心像旋轉之心智表徵特性－探討圖形複雜度與整合性的影響。**教育心理學報**，**41**（3），551-578。[Han, C.-C., Hung, D.-L., & Tsai, J.-L. (2010). The mental representation during the mental rotation task- explore the complexity and integrity effects. *Bulletin of Educational Psychology*, 41(3), 551-578.]

- 李乙明、李淑貞（譯）（2005）：**創造力 I・理論**（原作者：Robert J. Sternberg）。臺北：五南。（原出版年：1999）[Sternberg, R. J. (Ed.). (1999). *Handbook of creativity*. New York, NY, US: Cambridge University Press.]
- 林清山（譯）（1990）：**教育心理學—認知取向**（原作者：Richard. E. Mayer）。臺北：遠流。（原出版年：1987）[Mayer, R. E. (1987). *Educational psychology: A cognitive approach*. Boston: Little, Brown and Company.]
- Adams, R. J., Wilson, M. R., & Wang, W. C. (1997). The multidimensional random coefficients multinomial logit model. *Applied Psychological Measurement*, 21, 1-23.
- Amabile, T. M. (1996). *Creativity in context*. Boulder, CO: Westview Press.
- Ayas, M. B., & Sak, U. (2014). Objective measure of scientific creativity: Psychometric validity of the creative scientific ability test. *Thinking Skills and Creativity*, 13, 195-205. DOI: 10.1016/j.tsc.2014.06.001
- Baer, J. & Kaufman, J. C. (2008). Gender differences in creativity. *The Journal of Creative Behavior*, 42(2), 75-105.
- Blajenkova, O., Kozhevnikov, M., & Motes, M. A. (2006). Object-spatial imagery: A new self-report imagery questionnaire. *Applied Cognitive Psychology*, 20, 239-263. DOI: 10.1002/acp.1182
- Bond, T. & Fox, C. (2007). *Applying the Rasch model: Fundamental measurement in the human sciences* (2nd). Mahwah, NJ: LEA.
- Chan, D. W., Cheung, P. C., Lau, S., Wu, W. Y., Kwong, J. M., & Li, W. L. (2001). Assessing ideational fluency in primary students in Hong Kong. *Creativity Research Journal*, 13 (3-4), 359-365. DOI: 10.1207/S15326934CRJ1334_13
- Cheng, Y. Y., Wang, W. C., & Ho, Y. H. (2009). Multidimensional Rasch analysis of a psychological test with multiple subtests: A statistical solution for the bandwidth-fidelity dilemma. *Educational and Psychological Measurement*, 69, 369-388.
- Dudek, S. Z., Strobel, M. G., & Runco, M. A. (1993). Cumulative and proximal influences on the social environment and children's creative potential. *Journal of Genetic Psychology*, 154, 487-499. DOI: 10.1080/00221325.1993.9914747
- Eckhoff, A., & Urbach, J. (2008). Understanding imaginative thinking during childhood: Sociocultural conceptions of creativity and imaginative thought. *Early Childhood Educ J*, 36, 179-185. DOI: 10.1007/s10643-008-0261-4
- Efland, A. (2004). Art education as imaginative cognition. In E. W. Eisner & M. D. Day (Eds.), *Handbook of research and policy in art education* (pp. 751-773). Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, Inc., Publishers.

- Farah, M. J., Hammond, K. M., Levine, D. N., & Calvanio, R. (1988). Visual and spatial mental imagery: Dissociable systems of representation. *Cognitive Psychology*, 20, 439-462.
- Finke, R. A., & Slayton, K. (1988). Explorations of creative visual synthesis in mental synthesis in mental imagery. *Memory & Cognition*, 16, 252-257.
- Finke, R. A., Ward, T. B., & Smith, S. M. (1992). *Creative cognition: Theory, research, and applications*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Gündoğan, A., Ari, M., & Gönen, M. (2013). Test of creative imagination: Validity and reliability study. *Educational Sciences: Theory & practice*, 13, 15-20.
- Hampson, P. E. & Morris, P. J. (1983). *Imagery and consciousness*. London: Academic Press.
- Hargreaves, D. J. (1977). Sex roles in divergent thinking. *British Journal of Educational Psychology*, 47, 25-32. DOI: 10.1111/j.2044-8279.1977.tb02997.x
- Ho, H. C., Wang, C. C., & Cheng, Y. Y. (2013). Analysis of the scientific imagination process. *Thinking Skills and Creativity*, 10, 68-78. DOI: 10.1016/j.tsc.2013.04.003
- Holland, P. W., & Wainer, H. (Eds.) (1993). *Differential item functioning*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Hsu, Y., Liang, C., & Chang, C. C. (2014). The mediating effects of generative cognition on imagination stimulation. *Innovations in Education and Teaching International*, 51(5), 544-555. DOI: 10.1080/14703297.2013.796715
- Hu, W., & Adey, P. (2002). A scientific creativity test for secondary school students. *International Journal of Science Education*, 24, 389-403. DOI: 10.1080/09500690110098912
- Huang, C. Y., Kao, Y. S., Lu, H. H., & Wu, M. J. (2017). Curriculum Development for Enhancing the Imagination in the Technology Commercialization Process. *EURASIA Journal of Mathematics Science and Technology Education*, 13, 6249-6283. DOI: 10.12973/eurasia.2017.01062a
- Huang H.-Y., Wang W.-C., Chen P.-H., Su C.-M. (2013). Higher-order item response models for hierarchical latent traits. *Applied Psychological Measurement*, 37, 619-637. DOI: 10.1177/0146621613488819
- Kaewowski, M., & Soszynski, M. (2008). How to develop creative imagination? Assumptions, aims and effectiveness of Role Play Training in Creativity (RPTC). *Thinking Skills and Creativity*, 3, 163-171. DOI: 10.1016/j.tsc.2008.07.001
- Karwowski, M. (2008). Measuring creativity using the Test of Creative Imagination (TCI). Part 2. On validity of the TCI. *The New Educational Review*, 2, 216-232.
- Kosslyn, S. M. (1994). *Image and brain: The resolution of the imagery debate*. Cambridge, MA: MIT Press.

- Kosslyn, S. M., & Koenig, O. (1992). *Wet mind: The new cognitive neuroscience*. New York: Free Press.
- LeBoutillier, N., & Marks, D. F. (2003). Mental imagery and creativity: A meta-analytic review study. *British Journal of Psychology*, 94, 29-44. DOI: 10.1348/000712603762842084
- Levien, D. N., Warach, J., & Farah, M. J. (1985). Two visual systems in mental imagery: dissociation of 'what' and 'where' in imagery disorders due to bilateral posterior cerebral lesions. *Neurology*, 35, 1010-1018.
- Liang, C., & Chang, C. C. (2014). Predicting scientific imagination from the joint influences of intrinsic motivation, self-efficacy, agreeableness, and extraversion. *Learning and Individual Differences*, 31, 36-42.
- Liang, C., Chang, C. C., & Hsu, Y. (2014). Differential effects of personality traits and environmental predictors on reproductive and creative imagination. *Journal of Creative Behavior*, 48(4), 237-253. DOI: 10.1002/jocb.50
- Linacre, J. M. (1998). Thurstone thresholds and the Rasch model. *Rasch Measurement Transactions*, 12, 634-635.
- Masters, G. N. (1982). A Rasch model for partial credit scoring. *Psychometrika*, 47, 149-174.
- McCormack, A. (2010). Imagine and invent: Create a great future. *Journal of College Science Teaching*, 40, 8-9.
- Mcvey, J. A. (2004). Single-sex schooling and girls' gender-role identity and creativity (Doctoral dissertation). Foodham Unirersity, New York, USA.
- Miles, M. B., & Huberman, A. M. (1994). *Qualitative data analysis* (2nd ed.). Thousand Oaks, CA: Sage.
- Mun, J., Mun, K., & Kim, S. W. (2015). Exploration of Korean students' scientific imagination using the scientific imagination inventory. *International Journal of Science Education*, 37(13), 2091-2112. DOI: 10.1080/09500693.2015.1067380.
- Pérez-Fabello, M. J., & Campos, A. (2011). Dissociative experiences and creativity in fine arts students. *Creativity Research Journal*, 23, 38-41. DOI: 10.1080/10400419.2011.545721
- Raju, N. S., Price, L. R., Oshima, T. C., & Nering, M. L. (2007). Standardized conditional SEM: A case for conditional reliability. *Applied Psychological Measurement*, 31, 169-180. DOI: 10.1177/0146621606291569
- Razumnikova, O. M. (2004). Gender differences in hemispheric organization during divergent thinking: An EEG investigation in human subjects. *Neuroscience Letters*, 362, 193-195. DOI: 10.1016/j.neulet.2004.02.066

- Ren, F., Li, X., Zhang, H., & Wang, L. (2012). Progression of Chinese students' creative imagination from elementary through high school. *International Journal of Science Education*, 34, 2043-2059. DOI: 10.1080/09500693.2012.709334
- Root-Bernstein, M., & Root-Bernstein, R. (2006). Imaginary worldplay in childhood and maturity and its impact on adult creativity. *Creativity Research Journal*, 18, 405-425. DOI: 10.1207/s15326934crj1804_1
- Schumacker, R. E., & Smith, E. V., Jr. (2007). A Rasch perspective. *Educational and Psychological Measurement*, 67, 394-409. DOI: 10.1177/0013164406294776
- Sternberg, R. J. (1994). Allowing for thinking styles. *Educational Leadership*, 52, 36-40.
- Sternberg, R. J., & Lubart, T. I. (1996). Investing in creativity. *American Psychologist*, 51, 677-688.
- Vygotsky, S. L. (2004). Imagination and creativity in childhood. *Journal of Russian and East European Psychology*, 42(1), 7-97.
- Wang, C. C., Ho, H. C., & Cheng, Y. Y. (2015). Building a learning progression for scientific imagination: A measurement approach. *Thinking Skills and Creativity*, 17, 1-14. DOI: 10.1016/j.tsc.2015.02.001
- Wang, C. C., Ho, H. C., Wu, J. J., & Cheng, Y. Y. (2014). Development of the scientific imagination model: A concept-mapping perspective. *Thinking Skills and Creativity*, 13, 106-119. DOI: 10.1016/j.tsc.2014.04.001
- Wang, W. C. (2008). Assessment of differential item functioning. *Journal of Applied Measurement*, 9, 1-22.
- Ward, T. B. (1994). Structured imagination: The role of category structure in exemplar generation. *Cognitive Psychology*, 27, 1-40. DOI: 10.1006/cogp.1994.1010
- Wolfe, E. W., & Smith, E. V., Jr. (2007). Instrument development tools and activities for measure validation using Rasch models: Part II-Validation activities. *Journal of Applied Measurement*, 8, 204-233.
- Wu, M. L., Adams, R. J., & Wilson, M. R. (2007). *ConQuest* [Computer software and manual]. Camberwell, Victoria, Australia: Australian Council for Educational Research.

收 稿 日 期：2019 年 03 月 04 日

一稿修訂日期：2019 年 03 月 12 日

二稿修訂日期：2019 年 05 月 20 日

三稿修訂日期：2019 年 07 月 12 日

四稿修訂日期：2019 年 07 月 23 日

接受刊登日期：2019 年 07 月 23 日

Bulletin of Educational Psychology, 2020, 51(3), 341-367

National Taiwan Normal University, Taipei, Taiwan, R.O.C.

Validation of the Scientific Imagination Test-Figural

Chia-Chi Wang

Graduate Institute of Educational Leadership and Evaluation

Southern Taiwan University of Science and Technology

The present study aimed to validate the Scientific Imagination Test-Figural (SIT-Figural; Wang, Ho, & Cheng, 2016) for undergraduates using Rasch measurement. Furthermore, this study not only provided validating evidence concerning content validity, structural validity, generalizability, substantive validity, interpretation, and external validity (Wolfe & Smith, 2007) but also explored the relationship among scientific imagination, mental imagery, and other background variables (e.g., gender, grade, and college). Quantitative data were collected from 616 participants using the questionnaire, which was extracted from the SIT-Figural model.

The SIT-Figural was designed to measure students' scientific imagination through four types of tasks: A, B, C, and D. Additionally, these assignments in the scientific imaginative process comprised three dimensions: brainstorming, association, and transformation/elaboration. The Rasch partial credit model was used to assess the model-data fit; differential item functioning (DIF) analysis was conducted to examine the consistency of the ratings by gender and college.

The results of DIF demonstrated that some items in the SIT-Figural showed a significant difference. Moreover, the three dimensions in the SIT-Figural indicated a positive model-data fit. The reliabilities of three subtests were 0.85, 0.84, and 0.83. The correlation coefficients between scientific imagination and mental imagery ranged from low to medium. Furthermore, a significant difference was found between scientific imagination and gender, grade, and college. In terms of scientific imagination, female students performed better than male students. Third-year students displayed better scientific imagination than freshmen and sophomores. Students from the College of Humanities and Social Sciences and the College of Digital Design possessed better abilities than those from the College of Engineering and the College of Business. Finally, suggestions for revising and applying the SIT-Figural were proposed for future research.

KEY WORDS: Mental Imagery, Rasch Partial Credit Model, Scientific Imagination, Scientific Imagination Test-Figural

