

教育科學研究期刊 第六十一卷第四期

2016 年，61 (4)，177-204

doi:10.6209/JORIES.2016.61(4).07



科學想像力圖形測驗之發展

王佳琪

南臺科技大學
師資培育中心

鄭英耀

國立中山大學
教育研究所

何曉琪

國立中山大學
人文創新與社會實踐研究中心

摘要

本研究旨在科學想像力歷程模式的基礎下，發展適用於國小五、六年級的科學想像力圖形測驗。研究對象包含預試樣本 558 位學生，正式樣本 698 位學生。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，三向度的量表具有良好的模式資料適配度。所有的作業在男、女學生並無明顯的差異試題功能，且漫想力、聯想力、奇想力之信度分別是 .88、.88 以及 .87。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：科學想像力圖形測驗、科學想像力歷程、Rasch 部分給分模式

壹、前言

經濟和文化的改變，必須透過想像力和創新（McCormack, 2010），而現今科學技術的發展，是想像具體化至創造的最佳範例（Vygotsky, 2004）。人們運用與生俱來的想像力，透過不斷的思考、嘗試，發現了許多科學理論及創造出改進生活的新發明。十九世紀德國化學家 A. Kekulé 宣稱自己是在夢到一條蛇咬住自己的尾巴後，透過夢的啟示，發現了苯環結構，進而解決當時化學家們百思不得其解的難題，間接隱含夢境似乎可以轉換為科學現實（Robinson, 2010）。二十世紀末，桃莉羊的基因複製研究（Campbell, Mcwhir, Ritchie, & Wilmut, 1996）呼應了明朝神話傳說《西遊記》中，孫悟空透過毛髮變出許多分身的想像。A. Einstein 因想像自己以光速飛行可能看到的景象，經不斷地思索與驗證，最後發展出相對論。在美、英科學家的研究下（Pendry, Schurig, & Smith, 2006），透過超穎材料（metamaterial）的突破，實現了 H. Potter 的隱形斗篷，提供了體現的可能。諸如此類的例子，無不證明想像力對人類發展的重要性，人類藉由想像力運作的歷程，發展新的創意想法，並將此想法轉變為一種產品或是實體，進而付諸實現（Eckhoff & Urbach, 2008; Ho, Wang, & Cheng, 2013; Wang, Ho, Wu, & Cheng, 2014）。

因此，科學教育是培育富有想像力和創造力人才一條良好的途徑（McCormack, 2010），想像力也著實是科學研究中的重要元素。自 2013 年 4 月起，美國以國家研究委員會（National Research Council, NRC）「K-12 科學教育架構」（Framework for K-12 Science Education）為基礎，正式公布「新世代科學標準」（The Next Generation Science Standards, NGSS），包含學科核心構念（disciplinary core ideas）、科學與工程實務（science and engineering practices）、跨學科概念（crosscutting concepts）等三個重點面向，發展新的一貫美國科學教育標準，強化科學教育的認知與應用性。NGSS 報告書在科學本質（nature of science）其中一個主軸中提及「科學是人類努力的結果」（science is a human endeavor），並分別在國小三至五年級、中學及高中等不同年齡階段，特別強調創造力和想像力對科學的重要性，認為科學知識是經由人類努力、想像力和創造力所形成的結果（The Next Generation Science Standards, 2013）。由此可知，想像力及創造力等高層次思考能力，已漸漸成為科學教育領域不可忽視的重要概念。

過去，想像力的定義、運作機制以及影響因素，因為不同領域而有所差異。在科學領域中探討想像力的文獻，如 Cruz 和 Smedt（2010）探討科學家如何做出有貢獻的假說、提出有意義的科學理論，以及創造出影響人類文明的科學發明，將科學定義為一種「結構性的想像力」（science as structured imagination）。他們認為，當個體在創作新作品時，想像力是基本且必備的，這種想像力本身需依賴現有知識，以作為創造力引導的傾向，而所創作出來的作品容易包含現有物品的特質，這種獨特能力稱作「結構性的想像力」（structured imagination）

(Cruz & Smedt, 2010; Ward, 1994)，而這種所謂的科學想像力 (scientific imagination) 就像是每天的創造力一樣，是有結構性的、是循序漸進的 (mental hops)，而不是突然發生的 (leaps) (Cruz & Smedt, 2010)。

相同地，Ho 等 (2013) 亦認為科學方面的想像力應偏重於有目的的想像，是一種應用科學原理原則，與日常生活經驗連結而產生新穎點子的心智活動。進一步，Ho 等人以世界青少年發明展 (the International Exhibition for Young Inventors, IEYI) 績優教師為對象，藉由質性訪談、現場錄影觀察等，有系統地蒐集、記錄和分析績優教師指導國小學生進行科學發明的歷程，發展歸納分析出科學想像力的發展具有三階段四能力的歷程，並對每一個階段訂有詳盡的說明，其歷程共有三個階段，分別為發想階段 (initiation stage)、動態修正階段 (dynamic adjustment stage) 與虛擬實作階段 (virtual implementation stage)，每個階段內各有不同的能力運作，分別為「漫想力」(brainstorming)、「聯想力」(association)、「奇想力」(transformation and Elaboration) 以及「妙想力」(conceptualization, organization, and formation) 等四個能力，教師引導學生在此三個階段中以循環的方式，透過分離、重組等程序，持續地依解決問題的需求，不斷地產生相應的點子。

後來，Wang、Ho、Wu 等 (2014) 依 Ho 等 (2013) 的歷程模式為基礎，以概念圖取向的方式發展了一個科學想像力 3PS 模式；進一步，Wang、Ho 與 Cheng (2015) 更是參考此歷程模式，採用 Wilson (2005, 2009) 提出之 BEAR 評量系統 (BEAR Assessment System, BAS)，建構國小五、六年級學生科學想像力之學習進程，並依據此學習進程，編擬以問題情境為主的科學想像力語文測驗 (Scientific Imagination Test-Verbal, SIT-Verbal)，學生依據問題的情境進行開放式作答，回答此情境可能會造成的問題，並設計出能解決此問題的產品，以及說明如何使用，並畫出一個現在市面上沒有看過，但能夠解決此情境造成生活不便的新發明，說明可能的功能，以及需要使用哪些材料等。然而，科學想像力語文測驗限制之一，即是容易受限於學生的語言能力進而影響到測驗結果，再者，這種產生新穎點子的科學想像能力，具有不受任何的規則限制，也不受既定思維模式滯阻，而能夠在腦海中將各種意象構思出來，加以具體化、視覺化的特徵 (Ho et al., 2013; Wang, Ho, Wu, et al., 2014; Wang et al., 2015)。因此，發展科學想像力圖形評量工具，結合現階段科學教育重視學生創造、想像力之目標，進一步讓科學想像力之評量不受語言能力之限制，易於方便施測，是有其必要性。

近年來，試題反應理論的 Rasch 測量模式 (Rasch, 1960) 因具有試題獨立、樣本獨立及客觀等距的特性，適用於檢驗量表的心理計量品質，已廣泛被應用於教育、心理與醫療等領域 (王文中, 2004)，例如教師情境判斷 (趙子揚、黃嘉莉、宋曜廷、郭蕙寧、許明輝, 2016)、閱讀理解 (林怡君、張麗麗、陸怡琮, 2013)、閱讀素養 (張貴琳, 2013)、數學實作評量 (謝如山、謝名娟, 2013)、大學生基本能力 (鄭英耀、葉麗貞、劉昆夏、莫慕貞, 2011)、自尊 (巫博瀚、賴英娟、施慶麟, 2013)、心理疾症 (趙小瑩、王文中、葉寶專, 2007)、幽默感 (王

佳琪、鄭英耀、劉昆夏、何曉琪，2011）、創造力（王佳琪、何曉琪、鄭英耀，2014；劉昆夏、鄭英耀、王文中，2010；Wang, Ho, Cheng, & Cheng, 2014）、想像力（梁朝雲、許育齡、林威聖，2014；Wang et al., 2015）等。Rasch 測量模式的優點即是將次序的資料轉換成等距的資料，若測驗資料能符合模式預期，可解決過去傳統古典測驗理論測驗依賴、樣本依賴及原始分數非等距等限制。另外，由於 Rasch 分析是基於理論導向的分析方式，可檢驗測量構念的結構是否合理理論預期，並避免過去因採用探索性因素分析可能導致的因素結構不一的問題，同時也可以提供每一個因素內試題特性的階層，因此能更瞭解所欲探討的心理構念之發展。

基於此，本研究旨在參考 Ho 等（2013）的科學想像力歷程模式，發展科學想像力圖形測驗，並以 Rasch 分析驗證科學想像力構念的成分，除可提供評量的工具外，亦可在 Rasch 的基礎上，提供科學想像力圖形測驗客觀評量的觀點及科學想像力發展的階層，可作為未來開發科學想像力培育課程之參考。

貳、科學想像力歷程模式

Ho 等（2013）有系統地蒐集、記錄和分析國小五、六年級學生科學發明的歷程，發展歸納分析出科學想像力具有三階段四能力的歷程（圖 1）。三階段分別是發想階段、動態修正階段，以及虛擬實作階段；四能力則是漫想力、聯想力、奇想力以及妙想力。透過教師的引導，學生運用科學想像力針對待解決問題進行有目的的想像，在腦海中發想出數個可能解決問題的點子，從中篩選出較符合目的的若干點子，並尋找、釐清、連結、重組點子間的關係，進而匯集點子，再經由考量實踐性的評估，精練出一個足以解決問題的點子。此三個階段以循環的方式，透過分離、重組等程序，持續地依解決問題的需求，不斷地產生相應的點子。

一、發想階段

當學生發現問題，欲運用與生俱來的想像力（Osborn, 1953）思索可能解決問題的方法時，即展開科學想像力運作歷程的第一階段，此階段稱為發想階段，此階段的核心任務在於學生能想出多少可能解決問題點子的數量，在性質上偏重於量的變化。檢視生活中的不方便是課堂中教師常使用的引導方式，讓學生從自己的周遭環境（如：家庭、學校）與重要他人（如：家人、朋友）發覺不方便、待解決的問題，並思考出如何解決這些問題的點子，此為想像力運作的開端。Ho 等（2013）將此心理運思能力稱為「漫想力」。

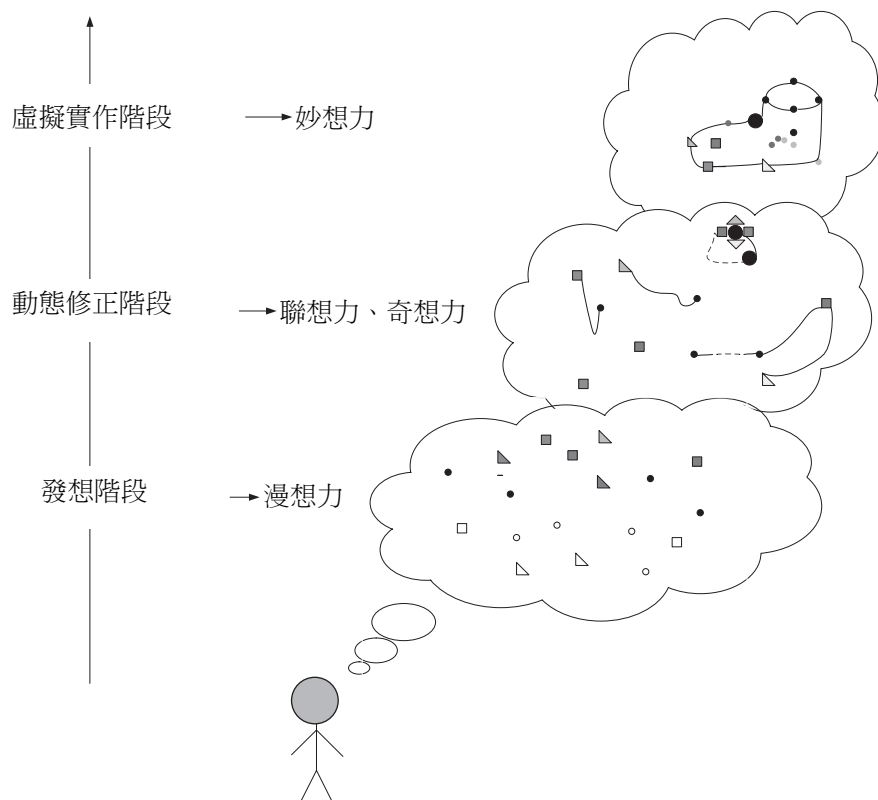


圖1. 科學想像力歷程。引自“Analysis of the Scientific Imagination Process,” by H.-C. Ho, C.-C. Wang, and Y.-Y. Cheng, 2013, *Thinking Skills and Creativity*, 10, p. 72。

二、動態修正階段

動態修正階段主要在描述學生開始啟動科學想像力機制後，如何找出眾多點子間的關係並反覆修正，產出新奇的點子，是一個將點子精緻化的階段。此階段包含兩種想像的能力，第一種能力著重在點子與點子之間的關係如何進行連結，連結的形式包含如何將相近的點子連結、延伸點子間的概念及找出點子間矛盾關係等方式，重組、分離點子間的功能。Ho 等（2013）將此能力命名為「聯想力」，核心在於找尋點子間的關係，在性質上仍屬於量的變化。第二種能力就是一種將被連結的點子賦予新的意義成為新奇的點子，Ho 等人將其命名為「奇想力」，在性質上屬於質的變化。

三、虛擬實作階段

虛擬實作階段意指學生如何在教師的引導下，將奇特的點子透過設計圖、模型等，精緻化點子的內容與解決問題的特徵。基本上，虛擬實作階段會形成點子的作品原型，Ho 等（2013）將此能力稱為「妙想力」，其核心在於考量如何選用材料、如何組裝、如何發揮應有功能的

線索，形成設計圖、發想圖的草稿，以作為心智想像和後續實際創作連結的依據，在性質上亦屬於質的變化。

參、研究方法

一、研究對象

本研究以南臺灣大高雄地區國民小學五、六年級學生為對象，分為預試及正式施測兩個樣本。預試樣本的資料用於檢測量表試題的品質，正式樣本資料用於檢驗量表的信度與效度。預試樣本共有 558 位國小學生，以隨機的方式抽取 12 所學校，在每一所學校五、六年級各抽 1 班。其中，五年級學生占 51.1% ($N=285$)、六年級學生占 48.9% ($N=273$)；學生年齡介於 11~13 歲 ($M=11.86$, $SD=0.72$)，共有 13 位學生未填年齡；男生占 51.4% ($N=287$)、女生占 48.0% ($N=268$)，有 3 位學生未填性別。正式樣本共有 698 位國小學生，以隨機的方式抽取 16 所學校，在每一所學校五、六年級各抽 1 班。其中，五年級學生占 45% ($N=314$)，六年級學生占 55% ($N=384$)；學生年齡介於 11~13 歲 ($M=11.88$, $SD=0.70$)，共有 14 位學生未填年齡；男生占 52.1% ($N=364$)、女生占 47.4% ($N=331$)，有 3 位學生未填性別。

二、研究工具

(一) 測驗內容

Ho 等 (2013) 提出的科學想像力歷程模式，分別有發想、動態修正及虛擬實作等三個階段，依照每個階段運作能力的比重，分別有漫想、聯想、奇想與妙想等四個能力 (圖 1)。本研究旨在發展圖形測驗，就虛擬實作階段之妙想力的定義，為需考量學生形成特定絕佳點子的作品雛形 (prototype)、如何選用材料、如何組裝、如何發揮應有功能等面向的能力，經研究團隊考量後，此能力並不適用於圖形測驗之發展，因此本工具僅發展測量學生的漫想、聯想及奇想等能力之圖形測驗。

本工具分為兩部分，第一部分為受試者基本資料，包含性別、學校、班級、出生年等。第二部部分以圖形為主，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“○”、“|”、“×”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。詳見表 1 範例題。

表 1

圖形測驗內容，以作業 A 為例

 任務一 時光機來到了「拉比多星球」的地表，外星人在地表上，架設了「聯想關卡」。這個關卡包含A、B、C三個小關卡，你能一一破解嗎？聯想得愈多，登入星球的機率就愈高喔！  關卡 A (1) 請你以圓圈圈“○”作為基本圖形進行聯想，畫出你所想到在生活中可使用的物品，並給它取一個名字。 (2) 記住，你可以同時使用很多圓圈圈“○”，也可以改變圓圈圈“○”的大小，或在上面增加東西，但不可以改變圓圈圈“○”的形狀。 (3) 關卡A的闖關時間是<u>4分鐘</u>，畫出的東西愈多愈好，加油喔！

（二）評分規準

本測驗之評分規準是透過兩次專家會議討論（每次會議約 100 分鐘），並參考預試分析結果所擬訂。

1. 評分方式

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的物品種類，畫出的物品種類愈多元表示聯想力愈高。以食、衣、住、行、育、樂與其他項目進行分類，但動、植物、自然現象、臉部表情、卡通人物、企業標章、瞬間消失的物品等，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）。

奇想力意指將被連結的點子，以一個新奇意義詮釋的能力。此指學生所畫的物品在所有物品中所占比例的獨特性。因此，研究團隊綜合所有學生在預試及正式施測的有效反應，參考新編創造思考測驗（吳靜吉、郭俊賢、林偉文、劉士豪、陳玉樺，1998）在獨創力評分標準，透過研究共識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，每一個出現的項目占有所有項目的百分比＝出現的次數除以總次數（預試加上正式施測該物品出

現的總次數)，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、扣子」，籃球為 0 分、電風扇為 1 分、扣子為 2 分，將三項反應的分數加總後，得分為 3 分（範例可參考表 2）。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，在總分平均數以上一個標準差（累積百分比為 84%）以下（Level 0：0~10 分），視為 0 分；介於一個標準差至兩個標準差之間（累積百分比範圍 84%~97.6%）（Level 1：11~18 分），視為 1 分；介於兩個標準差至三個標準差之間（累積百分比範圍 97.6%~99.7%）（Level 2：19~25 分），視為 2 分；超過三個標準差（Level 3：26 分以上），則視為 3 分，此即為學生奇想力之分數。

表 2

作業 A 學生反應計次及百分比

項目	次數	百分比	得分
球類（手球、巧固球、皮球、乒乓球、曲棍球、羽毛球、籃球、排球、足球、保麗龍球、保齡球、壘球、海灘球、高爾夫球、棒球、躲避球、鉛球、網球、彈力球、彈珠、撞球、橡皮球）	1,153	91.73%	0
火車、汽車、腳踏車等車輪	466	37.07%	0
甜甜圈、貝果	197	15.67%	1
電風扇、吊扇、風扇	240	19.09%	1
手錶	217	17.26%	1
水杯、咖啡杯、水壺、水桶、牙杯、盒子、碗、花盆等容器	222	17.66%	1
眼鏡、鏡片、墨鏡	265	21.08%	1
棒棒糖	237	18.85%	1
硬幣（1元、5元、10元、50元、古錢、金幣、銅板等）	149	11.85%	2
光碟片（CD、DVD等）、唱片	34	2.70%	2
披薩（PIZZA）	89	7.08%	2
丸子、丸子串、肉串、花枝丸、貢丸、章魚燒、魚丸、肉丸子	79	6.28%	2
磁鐵	58	4.61%	2
手把、把手、拉把、門把、門鎖、握把	52	4.14%	2
手環、手鍊、手鐲、珍珠手鍊、項鍊	50	3.98%	2
鏡子、後照鏡	45	3.58%	2

（續）

表 2

作業 A 學生反應計次及百分比（續）

項目	次數	百分比	得分
蓋子、杯蓋、垃圾桶蓋子、酒瓶蓋、筆蓋、交通號誌、告示牌、招牌、看板、站牌、冰淇淋、冰棒等、扣子、炸彈、救生圈、泳圈、呼拉圈、鬧鐘、時鐘、麵包、菠蘿麵包、飛盤、氣球、橡皮擦、椅子、象棋、餅乾、盤子、糖果、鍋子	—	2%-15%	2
飛碟（UFO）、勺子、大富翁的棋子、棋子、大餅、喜餅、太陽餅、月餅、大聲公、子彈、小泳池、池塘、粉圓、珍珠奶茶、鋼珠、五子棋、公車、尺（尺內的洞）、手套、手提袋、手電筒、手榴彈、手銬、手機、方向盤、日本國旗、臺灣國旗、日光燈、木偶、木頭、毛球、水晶球、水晶寶寶、水塔、水餃、水龍頭、火柴、火箭、加油棒、包子、皮包、書包、錢包、卡片、飲料、可樂、奶瓶、奶嘴、巧克力豆、巧克力球、餅、旺仔小饅頭、布丁、平底鍋、鍋子、球拍（乒乓球拍、羽毛球拍、網球拍）、印章、吊飾、吊飾勾、風鈴、髮飾、地瓜球、地球儀、地毯、多啦A夢、存錢筒、耳機、耳環、肉丸、肉圓、衣服、太空衣、內衣、比基尼、串珠、佛珠、冷氣機、別針、吸塵器、吸管、吹泡泡的東西、戒指、扯鈴、汽油桶、沙漏、車輪餅、紅豆餅、車燈、車籃、垃圾桶、房子、枕頭、拖把、放大鏡、杯墊、板凳、泳帽、泳鏡、狗鍊、玩偶、娃娃、直笛、直笛孔、陶笛、肥皂、芝麻餅、花圈、花瓶、瓶子、門鈴、鈴鐺、陀螺、雨傘、指北針、指南針、按鈕、柱子、洋蔥圈、洗衣機、流星錘、珍珠、珠子、珠寶、鑽石、皇冠、相框、相機、盾牌、紅綠燈、紅龜粿、軍徽、徽章、面具、面膜、風車、飛機、飛鏢、香水、香腸、原子筆、筆、鉛筆、扇子、桌子、浴缸、烤肉架、粉筆、胸章、釘子、圖釘、針筒、馬卡龍、馬桶、溜冰鞋、高跟鞋、健身器材、啞鈴、舉重器、剪刀、捲尺、彩球、捲心酥、掃把、排水孔、接收器、曼陀珠、望遠鏡、船、船舵、荷包蛋、牛舌餅、蛋塔、蛋餅、蛋糕、杯子蛋糕、軟糖、鳥籠、籠子、麥克風、喇叭、單槍、帽子、晴天娃娃、棉花糖、棒球棍、棒子、湯匙、湯圓、窗戶、貼紙、太空梭、開關、飯糰、黑輪、溜溜球、溜滑梯、滑水道、滑鼠、鏡頭、腰帶、號碼球、BB彈、鈴鼓、雷達、電池、電蚊拍、電燈泡、標靶、鼓、鼓棒、槍、漁網、網子、撈魚網、漢堡、監視器、管子、水管、遙控器按鈕、銅鑼燒、骰子、廣播器、彈簧、摩天輪、潛水艇、熱氣球、獎牌、金牌、碼表、磅秤、膠水、膠帶、蓮蓬頭、蔥油餅、蝴蝶結、調色盤、賭盤、輪椅、齒輪、戰車、操場、橡皮筋、鋼圈、燈籠、糖葫蘆、螢光棒、頭盔、螺旋槳、螺絲、擴音器、音箱、檯燈、鬆餅、藥丸、鏟子、饅頭、籃子、籃框、籃球場、鐘擺、蠟燭、襪子、響板、體重計、罐頭、罐子、鑰匙、鑰匙圈等	—	2%以下	3
合計	5,722		
總次數	1,257		

（三）適用對象

國小高年級（五、六年級）學生。

（四）測驗時間

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。

（五）施測方式

1.施測者需在施測前先瞭解本測驗內容與施測指導語，以便在施測時回答受試者對測驗內容或作答方式之疑問。

2.本測驗為紙筆測驗，施測前施測者需說明本測驗作答方式。

(1)第一頁為簡易基本資料填寫（說明此份測驗僅為學術研究之用，並無洩漏個人資料之虞）。

(2)在測驗內容方面，請施測者發下問卷後，提醒受試者這是一個有趣、沒有正確答案的作業，想到什麼就填寫什麼，只是每項作業都有時間上的限制，時間一到需停止作答。

(3)每項作業開始前，請老師先說明指導語，確認學生對題目理解無誤後，再開始每項作業的計時，請學生在時間內依照測驗的問題，在答案卷上寫下自己的答案。

(4)每項作業時間一到，老師必須請學生停止作答，並進行下一個作業。

3.施測者需備指導手冊與手錶，得以控制施測時間。

三、測驗編製過程

（一）編擬作業試題

本研究以紙筆測驗的形式作答，參考 Finke 和 Slayton（1988）的 15 種圖形材料，從中隨機抽取三種幾何圖形（“○”、“|”、“×”）進行物品聯想，以測量學生的漫想力、聯想力及奇想力。學生能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，學生所畫出的物品占有所有物品中所占比例的獨特性，即是測量奇想力。進一步邀請具備教育心理學、想像力、創造力、科學教育、教育測驗與評量、心理計量等五位專家學者，評定作業試題難易度及合適性。作業試題編擬完成後，經專家效度評定、修改後，編製成正式的預試量表。

（二）評分者一致性

評分者成員包括高雄市國小三位自然科績優教師（兩男、一女）與二位教育研究所的博士生，專長背景為教育心理學、創造力、想像力等相關領域，共計五位評分者。其中，教師

平均教學年資為 23 年以上，皆具備碩士學位，並具有指導世界青少年發明展、科學展覽等科學相關競賽豐富的獲獎經驗，詳見表 3。

表 3

評分者成員基本資料

成員	任教年資（年）／ 年級	學歷	經歷
謝○○老師	35（2011年已退休）	教育碩士	● ○○市國小自然科任教師。 ● 指導學生參加世界青少年發明展臺灣選拔共計參賽七屆（2004-2009, 2011），作品共計 17 件。 ● 發明展得獎紀錄：一件金牌、一件特優、七件優等、八件甲等；參加日本 2004 年世界青少年發明獎分別榮獲優等獎，並代表臺灣到日本參加展覽比賽並獲專利。
曾○○老師	30	教育碩士	● ○○市國小自然科任教師。 ● 指導學生參加世界青少年發明展臺灣選拔共計參賽四屆（2007, 2009-2011），作品共計 10 件。 ● 發明展得獎紀錄：一件特優、兩件優等、四件甲等、一件銅牌、兩件佳作。榮獲 2010 年世界青少年發明展金牌獎。
魏○○老師	23	教育碩士	● ○○市國小自然科任教師。 ● 指導學生參加世界青少年發明展臺灣選拔共計參賽六屆（2006-2011），作品共計 33 件。 ● 發明展得獎紀錄：一件特優、六件優等、22 件甲等、一件銅牌、三件佳作。榮獲 2010 年世界青少年發明展金牌獎。
何○○	教育心理學博士生 四年級	教育心理學 碩士	● 擔任 KKP Inter-University Resource Center for Teaching and Learning 專任助理。 ● 擔任六項國科會專題計畫研究助理。
王○○	教育心理學博士生 三年級	教育心理學 碩士	● 擔任七項國科會專題計畫研究助理。

註：此處任教年資以 2012 年為標準。

由五位評分者對評分標準進行瞭解後，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初次的 .41 提升到 .86 趨向穩定，顯示，只要評分者充分瞭解評

分依據，本測驗評分者間的一致性甚佳（Miles & Huberman, 1994）。

四、資料分析

圖形測驗部分共有四項作業試題，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，此測驗不論在預試及正式施測階段，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），如公式(1)所示。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）（Masters, 1982）。

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

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； $\theta_i = (\theta_{i1}, \dots, \theta_{iD})$ 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階層，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，作業試題中的第二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二個塞斯通閾值，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，分為預試量表題目品質的檢核和正式量表的信度與效度檢驗兩部分。預試階段主要是進行題目品質的檢核，就奇想力的定義是指將被連結的點子以一個新奇意義詮釋的能力，是以學生所畫的物品在所有物品中所占比例的獨特性加以評定。就預試樣本而言，所蒐集到的學生作答反應較少，因此，本研究同時將預試及正式施測所蒐集的學生作答反應一併納入，以作為奇想力分數擬訂的參考依據。故，在預試資料分析部分，未有奇想力分數，在圖形測驗部分，本研究採用多向度 Rasch PCM，僅針對漫想力、聯想力等兩個向度進行模式－資料適配度（model-data fit）分析。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。其次，為了確保每一試題對於男、女學生具有相同的意涵，本研究進一步針對兩個向度所保留下來的題目，分別進行性別的差異試題功能 (differential item functioning, DIF) (Holland & Wainer, 1993) 分析。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 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)。

在正式樣本的量表信度與效度檢驗部分，本研究提供量表的內容、結構、類推、本質及解釋面向的效度證據 (Wolfe & Smith, 2007)。在圖形測驗部分，關於內容和結構效度證據，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。在類推效度證據上，針對漫想力、聯想力、奇想力三個向度，進行性別的 DIF 分析，再次檢驗量表題目在不同性別上是否具有相同的意涵。其次，本研究以多向度 Rasch PCM 分析此三個向度的信度，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，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，並檢驗每一個試題漫想、聯想與奇想程度的階層性，以作為科學想像力發展階段的證據。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。

肆、研究結果

一、預試量表題目品質檢核

在預試樣本資料部分，因尚未統計學生的反應，因此預試結果並未有奇想力的分數。經以多向度 Rasch PCM 檢驗漫想力和聯想力向度的模式—資料適配度，結果發現，所有題目的適配度良好，infit 及 outfit MNSQ 數值皆介於 0.85-1.33 之間。DIF 分析顯示，此八個分數在性別上並沒有明顯的 DIF，均小於 0.5 logits。在受試者分離信度 (person separation reliability) 結果上，漫想力的信度為 .80，聯想力的信度為 .79，堪稱適當。

二、正式施測結果

(一) 內容和結構效度證據 (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 4 所示。

表 4

試題難度估計值、閾難度和適配度數值

向度	關卡	整體 難度	Step 1	Step 2	Step 3	SE	OUTFIT MNSQ	INFIT MNSQ
漫想力	A	-1.49	-4.13	-1.05	0.70	0.05	0.95	0.95
	B	-2.89	-4.62	-2.85	-1.18	0.05	1.05	1.01
	C	1.14	-0.47	2.76	—	0.07	1.22	1.09
	D	3.24	0.71	4.18	4.82	0.10	1.06	1.16
聯想力	A	-1.09	-4.13	-0.99	1.86	0.06	0.95	0.96
	B	-1.54	-4.90	-1.64	1.93	0.06	1.04	1.04
	C	0.75	-0.69	2.19	—	0.06	1.04	1.05
	D	1.87	0.53	3.22	—	0.11	0.95	1.05
奇想力	A	0.02	-0.87	0.46	0.47	0.06	0.62	0.90
	B	-0.07	-0.76	0.01	0.55	0.06	0.73	0.94
	C	0.00	-0.82	0.06	0.76	0.06	0.75	0.85
	D	0.05	-0.68	0.28	0.54	0.11	0.87	0.94

註：“—”表示沒有受試者達到此 step 閾難度。

（二）類推效度證據（Generalizability Evidence）

DIF 分析顯示，男、女學生在所有的題目上並無明顯的 DIF，大部分題目的難度估計值在性別上的差距皆小於 0.31 logits。簡言之，表示測驗題目在不同性別具相等之意涵。

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 .88、.88 及 .87。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介於 .73~.92 之間、聯想力的條件化信度介於 .74~.92 之間、奇想力的條件化信度介於 .73~.91。由圖 2~4 可看出，此圖形測驗皆適合不同能力程度的學生填答。

（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布，右邊數字是每一題的第二個塞斯通閾值，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，表示想像力程度愈難達到。由圖 5 顯示，學生在漫想力的能力分布

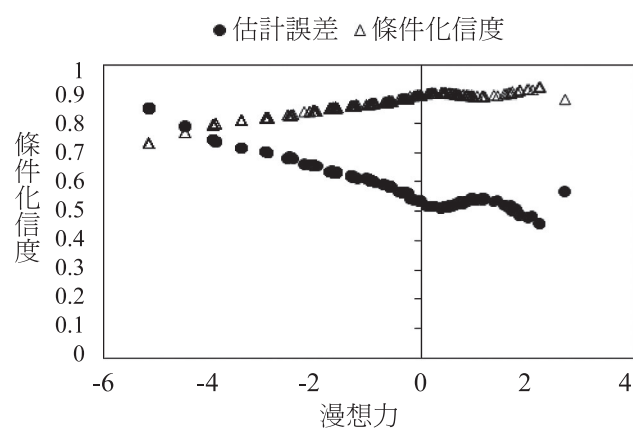


圖2. 漫想力之條件化信度和能力估計誤差

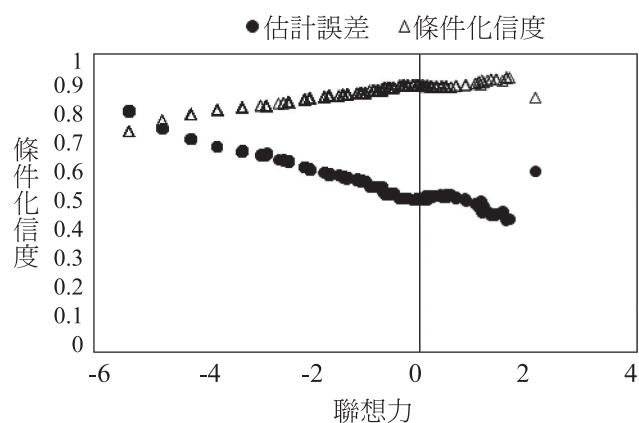


圖3. 聯想力之條件化信度和能力估計誤差

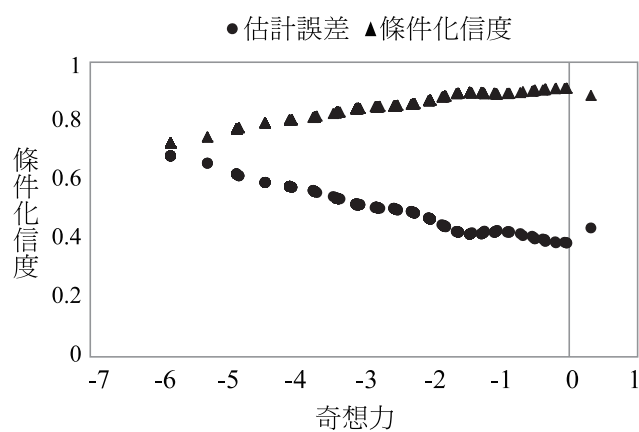


圖4. 奇想力之條件化信度和能力估計誤差

Dimension			Generalised-Item Thresholds	
漫想力	聯想力	奇想力		
4			7.2	作業D (組合) 漫想力
			8.2	作業D (組合) 聯想力
3			5.2	作業C (X) 漫想力
			6.2	作業C (X) 聯想力
2	X			
	X			
	X	X		
1	XX	X		
	XX	X		
	XXX	XX		
	XXXX	X		
	XXXXX	XXX		
	XXXXXX	XXXX	9.2 12.2	作業A (o) 奇想力 作業D (組合) 奇想力
0	XXXXXXX	XXXX	10.2 11.2	作業B (I) 奇想力 作業C (X) 奇想力
	XXXXXXX	XXXXXX		
	XXXXXXXX	XXXXXX		
	XXXXXXXX	XXXXXXXX		
	XXXXXXXX	XXXXXXXX		
-1	XXXXXXXX	XXXXXXXX	2.2	作業A (o) 聯想力
	XXXXXXXX	XXXX	1.2	作業A (o) 漫想力
	XXXXXXXX	XXXX		
	XXXXXX	XXXXXXXX	4.2	作業B (I) 聯想力
	XXXXXX	XXXXXXXX		
-2	XXXXXX	XXXXXXXX		
	XXXXXX	XXXXXXXX		
	XXXXXX	XXXXXXXX		
	XXXXXXXX	XXXXXXXX		
-3	XXXX	XXXX	3.2	作業B (I) 漫想力
	XXXX	XXXX		
	XXXX	XXXX		
	XXXX	XXXX		
	XX	XXXX		
-4	XX	XXXX		
	X	X		
	X	XX		
	X	X		
-5	X			
	X	X		
		X		
	X	X		
		X		
-6		X		
	X	X		
		X		
		X		
-7		X		

Each 'X' represents 5.1 cases

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

($M=-1.39, SD=1.53$) 低於題目的難度分布 ($M=0.67, SD=3.20$)，若以作業 A (○圖形) 測漫想力 (圖 5 標示 1.2) 為例，這道題目對 43.80% 的學生而言較為簡單。另外，學生在聯想力的能力分布 ($M=-1.80, SD=1.46$) 亦低於題目的難度分布 ($M=0.72, SD=2.41$)，同樣以作業 A (○圖形) 測聯想力為例 (圖 5 標示 2.2)，對於 26.81% 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布 ($M=-2.87, SD=1.20$) 遠低於題目的難度分布 ($M=0.08, SD=0.10$)，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、聯想力以及奇想力是有階層性的，此結果與 Wang 等 (2015) 的研究結果符合，亦吻合 Ho 等 (2013) 科學想像力歷程模式之特性。

表 5 呈現的是國小五、六年級學生在不同性別和年級之漫想力、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 ($F(2, 695)=5.26, p=.005, \eta^2=.02$)、聯想力 ($F(2, 695)=5.21, p=.006, \eta^2=.02$) 及奇想力 ($F(2, 695)=5.29, p=.005, \eta^2=.02$) 皆顯著高於男生。在年級方面，六年級學生不論在漫想力 ($F(1, 696)=7.26, p=.007, \eta^2=.01$)、聯想力 ($F(1, 696)=7.26, p=.007, \eta^2=.01$) 及奇想力 ($F(1, 696)=7.23, p=.007, \eta^2=.01$) 也都顯著高於五年級學生。

表 5

性別與年級在漫想力、聯想力、奇想力之平均數與標準差

類 (N)		漫想力	聯想力	奇想力
性別				
男生 (364)	M	-1.54	-1.94	-2.99
	SD	1.51	1.44	1.19
女生 (331)	M	-1.22	-1.63	-2.74
	SD	1.54	1.47	1.21
年級				
五年級 (314)	M	-1.57	-1.96	-3.01
	SD	1.57	1.50	1.23
六年級 (384)	M	-1.25	-1.66	-2.76
	SD	1.49	1.42	1.17

(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，學生在四個選項達到不同 level 的機率如圖 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 中四條曲線表示學生在四個 level 的機率。由圖中可看出當學生能力低於 -4.13 logits 時，最可能達到 Level 0；當學生的能力介於 -4.13~-1.05 logits 之間，最可能達到 Level 1；當學生的能力介於 -1.05~0.70 logits 之間，最可能達到 Level 2；當學生能力超過 0.70 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 4）。

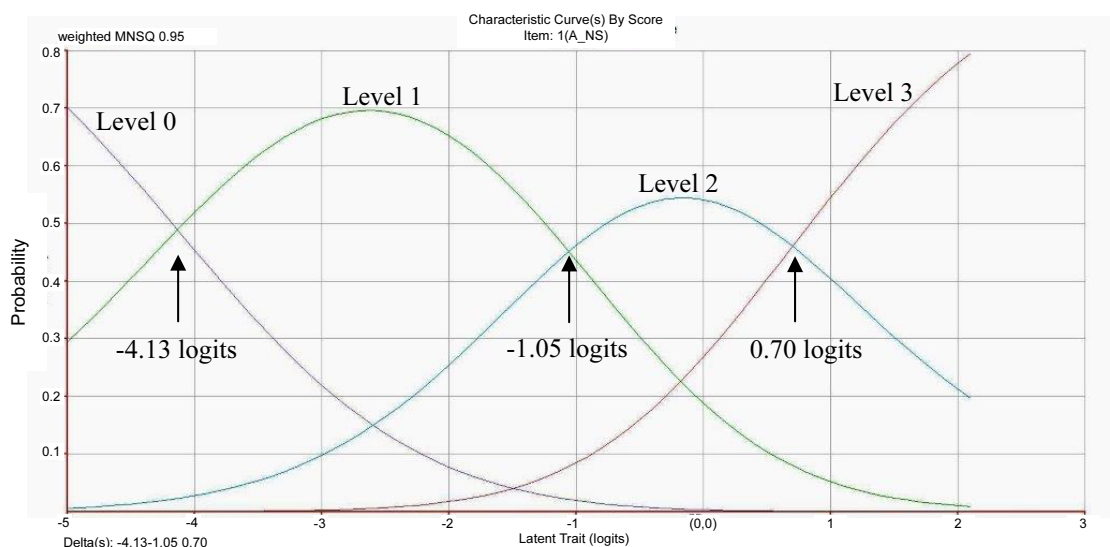


圖6. 不同能力的學生在四個level的達到機率：以作業A測量漫想力為例

表 6 是圖 6 範例題的選項分析，由表 6 可看出每一個 level 的達到人數都大於 5 %，表示四個 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 (-4.06 logits)，依序為達到 Level 1 的學生 (-1.97 logits)、Level 2 的學生 (-0.68 logits)，Level 3 的學生之平均能力最高 (0.48 logits)。此結果吻合理論上的預期，表示此題目的四個選項可區分出學生的能力。整體而言，作業 A 在漫想

表 6

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	75	10.74	-0.48	-14.26 (.000)	-4.06	1.56
1	1	293	41.98	-0.36	-10.13 (.000)	-1.97	1.20
2	2	228	32.66	0.27	7.54 (.000)	-0.68	1.02
3	3	102	14.61	0.55	17.51 (.000)	0.48	0.98

力的 Level 3、奇想力的 Level 2 和 Level 3 的達到人數是低於 5%；作業 B 在奇想力的 Level 2 和 Level 3 達到人數低於 5%；作業 C 在漫想力、聯想力及奇想力的 Level 2 和 Level 3 選項達到人數是低於 5%；作業 D 在漫想力、聯想力及奇想力的 Level 2 和 Level 3 選項之達到人數亦低於 5%。由此可知，這群學生對於圖形測驗的 Level 2 或 Level 3，較難以達到。

伍、討論與建議

本研究旨在參考 Ho 等 (2013) 科學想像力歷程模式，發展科學想像力圖形測驗，以 Rasch 分析進一步驗證科學想像力歷程的成分。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對不同性別具有相同的意涵；另，測驗在漫想力、聯想力及奇想力之整體分散性信度依序為 .88、.88 及 .87，堪稱適當，也與科學想像力情境測驗的信度 .85 一致 (Wang et al., 2015)；另外，過去 Wang 等 (2015) 所發展的情境測驗，僅適合一般中等程度的學生，並不適合用來測量能力極端低或極端高程度的學生。而本研究所發展的圖形測驗工具，透過估計受試者的條件化信度結果指出，在應用層面上，可擴展到適用於所有程度的學生，說明此工具將可廣泛使用在一般教學情境。

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、聯想力及奇想力的試題難度排序，是有階層性的，此亦吻合 Ho 等 (2013) 科學想像力歷程模式之特性。就圖 5 所示，可看出四項作業對受試者而言分別會有難度的差異，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、奇想力的階層性，但作業 C 和作業 D 比較難，看不出階層性。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, Ho, Wu, 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，從本研究得知，這樣的假設僅成立於作業 A 與作業 B，但在作業 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，研究者推測，除了可能是因作業本身難度和受試者想像力產生交互作用的結果之外，當作業難度到一定程度時，可能不會影響到較高層次的能力（例如奇想力），此推測則需進一步探討。

基於此，本研究試圖提出另外一種解釋的可能性—當作業難度偏高，可能需要一定的領域知識或者能力基礎時，是否這樣的假設就不存在？過去有許多創造力的個案研究提出了所謂的 10 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（Sternberg, 1999/2005, p. 148），若進一步從認知心理學中專家與生手的觀點來解釋（Mayer, 1987/1990, p. 446），可將具創造力個體的思考歷程類比為專家觀點，指出他們在形成好點子之前，已不需要以形成大量點子為基礎。相對地，回答作業 C（圖形 X）及作業 D（三個圖形組合），需涉及到一些空間、重組、旋轉等能力，對於能力較佳的受試者（可類比成專家概念），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）。因此，本研究建議，未來進一步可從認知心理學中常用的放聲思考法（Think Aloud Protocol），記錄受試者在回答不同難度的題目時之思考歷程，進而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。

再者，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，因為作業 C 及作業 D 的圖形對所有學生都過於困難，難以看出選答選項的 Level 是否跟著提升。因此，建議未來可將樣本擴展到國中、高中、大學，進一步提供科學想像力圖形測驗在不同的年齡階段更完善的結果。

性別與年齡間之差異，素為教育與心理關注的焦點，在性別之科學想像力能力差異分析上，本研究結果發現，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，進而推測國小男、女學生的科學想像力之間的顯著差異，應是來自於學生的數量所致，實質上，男女之間的科學想像力並無顯著差異，此亦與 Wang 等（2015）的研究指出，男女之間的科學想像力並沒有顯著差異的結果一致。

由於，相較於創造力，探討想像力的性別差異研究仍屬少數，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。然而，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，即指出在擴散性思考過程中，男女間在腦波上的確具有差異存在。另外，Abraham、Thybusch、Pieritz 和 Hermann（2014）運用近年來新興的 fMRI 針對 28 位就讀社會科學的大學生進行創造力表現的性別差異檢驗，結果顯示在獨創性（originality）與流暢性（fluency）上，男女並無差異，但在回憶先前創作的物件時（recalling objects），女性的表現較好，顯示女性在口語能力與描述性記憶上表現較佳（better verbal and declarative memory skills），此結果與 DeMoss、Milich 和 DeMers（1993）的研究結果一致。在想像力研究方面，許育齡、梁朝雲與林志成（2013）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。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，2013）。Jankowska 與 Karwowski（2015）透過創造性想像力量表的驗證（the Test of Creative Imagery Abilities, TCIA）指出女學生擁有較高的想像力。簡言之，過去在創造力及想像力研究領域中，針對性別在創造力表現差異的結果，仍然尚未有明確定論（Baer & Kaufman, 2008; DeMoss et al., 1993）。Baer 與 Kaufman（2008）認為造成此現象的原因在動機、社會期待、教養環境、專業背景等的作用下，男女在創造力及想像力的表現，是很難去論斷男性／男學生與女性／女學生整體的差異，此說明想像力的性別差異的確存在，然而，在哪些面向存有差異、差異的結果以及此種差異究竟是如何產生？則有待後續研究進一步探討。

另一方面，在年級的差異分析結果顯示，國小六年級的漫想、聯想及奇想力雖顯著高於五年級學生，但在實質層面上亦無明顯差異存在。有研究顯示，創意想像力會隨著年級增加（從四年級至十一年級）而成長，但在 12 年級的學生之創意想像力卻略有下降，在不同的階段會有不同的發展速度（Ren, Li, Zhang, & Wang, 2012）。基本上，想像力是一種心理運作的表徵，從 J. Piaget 對兒童認知發展階段的觀點來看，兒童在兩歲到七歲是屬於前運思期（preoperational），其認知思考的產物常是荒謬、不可逆且超越現實的，這樣的表徵形式往往被視為怪異、有趣且極富想像力的，例如孩童時期的角色扮演遊戲（role play）（Vygotsky, 2004），孩童透過想像思考，依照自己的需求與欲望，在遊戲中能像自己是一位士兵、國王等，以想像、創意的方式結合自己的生活經驗形成一個新的事實（new reality）。而國小五、六年級學生時值由具體運思期階段（concrete operation）邁入形式運思期階段（formal operational），此時學生的認知發展已開始展現出抽象、邏輯、非線性的形式思考，先前超越現實的想像力在邏輯思考的發展下，逐漸由非現實、荒謬、跳脫框架的抽象複雜性思維轉變為在一定事實基礎下的創造性想像思考，學生的思考不再無邊無際的擴散，而是透過理性論證後提出較為精鍊的問題解決方式。簡言之，就認知發展的觀點而言，想像力的表徵隨著認知發展的階段，在數量上有遞減的趨勢。再者，王依仁、葉忠達與江怡瑩（2012）認為幼童時期會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，可用 U 型趨勢表示想像力發展和年齡的關係，但該研究卻沒有任何實徵資料加以證實此趨勢。因此，若要是能更確切瞭解科學想像力發展與年齡的關係，建議未來可分別向上、向下延伸研究對象，建立不同階段的科學想像力之學習進程，以提供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。

有很多創意個體建議說，在科學和藝術產品方面常使用心像的能力（LeBoutillier & Marks, 2003），建議未來在量表之外，在效度證據上可以採用心像的表現作業，重新探討科學想像力

與心像之間的關係。此外，敏銳觀察力、好奇心、求知慾、開放態度、勇於冒險、多元經驗、興趣廣泛等個人特質、心像能力，以及周遭環境，皆會影響到想像力的發展（Hadzigeorgiou & Stefanich, 2000; Ho et al., 2013; Osborn, 1953; Sternberg & Williams, 1996; Wang, Ho, Wu, et al., 2014; Wood & Endres, 2004; Zabriskie, 2004; Zarnowski, 2009）。建議未來可採用更多元的實徵證據，來驗證影響科學想像力的因素。

另外，由於此評量工具是屬於開放式作答的測驗，評分者依據學生的答案給予不同的分數，研究者受限於篇幅及研究目的，僅進行測驗分數的量化分析，並未探討學生在測驗上的文字及圖形作答資料。再者，對於評量類別之間關聯高低亦可於未來研究中進行探討，如遠距聯想。Ward（1994）認為，想像力會在涉及到非創意分類的基本現象中，被相同的結構及歷程加以引導。因為相似背景的人，他們會分享粗略相似的類別知識基礎，假如在想像力作業中得到這樣的結果，將可預期不同個體的創作之間，會顯示出許多的共通性。除此之外，不同年級的學生也會用不同的方式來表達其想像力（Ren et al., 2012），兒童與成人的想像能力亦是截然不同（Eckhoff & Urbach, 2008; Vygotsky, 2004）。因此，研究者建議未來可進一步分析學生的填答資料，探討學生的生活經驗、不同年級，以及不同教育階段在想像力的表現方式，將可提供未來在驗證科學想像力學習進程更多面向的參考依據。此外，一個測驗的發展與精緻並非一次的驗證即可確認其結構性，未來將需要更多元的實徵證據，使其科學想像力歷程模式建構得更加完善。

最後，在教育實務界的應用方面，科學想像力圖形測驗的發展提供了連結課程、教學、評量的橋梁。教師可依據科學想像力發展的歷程進行課程設計與教學，如：因應三個發展階段的教學策略、學習材料等；另外，科學想像力圖形測驗提供了學生學習表現的診斷與教師教學的回饋，教師可依學生的個別差異進行個別輔導。事實上，臺灣從 2009 年起即開始將想像力教育視為重要的教育政策之一，當時科技會議閉幕式即指示將「想像教育」視為啟發基礎教育的方式並加強科學教育相關研究（<http://ap0922.most.gov.tw/tc/8th/formal.asp>），然而，截至目前為止對於臺灣學生想像力的發展現況仍尚未有系統的調查，本研究發展的科學想像力圖形測驗則可成為有效的工具之一，亦作為未來開發科學想像力培育課程之參考。

誌謝

本研究感謝科技部（計畫編號：MOST100-2511-S-110-002-MY3）補助支持，以及研究進行過程中國小現場教師、學生與領域專家的參與。

參考文獻

一、中文文獻

- 王文中 (2004)。Rasch 測量理論與其在教育和心理之應用。《教育與心理研究》，27 (4)，637-694。
- 【Wang, W.-C. (2004). Rasch measurement theory and application in education and psychology. *Journal of Education & Psychology*, 27(4), 637-694.】
- 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、鄭英耀、劉昆夏、何曉琪 (2011)。以 Rasch 分析檢驗「多向度幽默感量表」之信效度。《測驗學刊》，58 (4)，691-713。
- 【Wang, C.-C., Cheng, Y.-Y., Liu, K.-S., & Ho, H.-C. (2011). Validation of the multidimensional sense of humor scale using Rasch analyses. *Psychological Testing*, 58(4), 691-713.】
- 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.】
- 吳靜吉、郭俊賢、林偉文、劉士豪、陳玉樺 (1998)。新編創造思考測驗研究。教育部輔導工作六年計畫研究報告。臺北市：教育部。
- 【Wu, J.-J., Kuo, J.-S., Lin, W.-W., Liu, S.-H., & Chen, Y.-W. (1998). *Development of creative thinking test*. Report of a six-year project from Ministry of Education. Taipei, Taiwan: Ministry of Education.】
- 巫博瀚、賴英娟、施慶麟 (2013)。「Rosenberg 自尊量表」之試題衡鑑：評等量尺模型的應用。《測驗學刊》，60 (2)，263-289。
- 【Wu, P.-H., Lai, Y.-C., & Shih, C.-L. (2013). Evaluation of the Rosenberg self-esteem scale using the rating scale model. *Psychological Testing*, 60(2), 263-289.】
- 林怡君、張麗麗、陸怡琮 (2013)。Rasch 模式建置國小高年級閱讀理解測驗。《教育心理學報》，45 (1)，39-61。doi:10.6251/BEP.20121128
- 【Lin, I.-C., Chang, L., & Lu, I.-C. (2013). The development of reading comprehension test for 5th and 6th graders using the Rasch model. *Bulletin of Educational Psychology*, 45(1), 39-61. doi:10.6251/BEP.20121128】
- 張貴琳 (2013)。青少年線上閱讀素養評量工具之發展。《教育實踐與研究》，26 (2)，29-66。
- 【Chang, K.-L. (2013). The development of adolescent online reading literacy assessments. *Journal of Education Practice and Research*, 26(2), 29-66.】
- 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., & Lin, 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、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。doi:10.6151/CERQ.2013.2102.04
- 【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. doi:10.6151/CERQ.2013.2102.04】
- 趙子揚、黃嘉莉、宋曜廷、郭蕙寧、許明輝（2016）。教師情境判斷測驗之編製。《教育科學研究期刊》，61（2），85-117。doi:10.6209/JORIES.2016.61(2).04
- 【Chao, T.-Y., Huang, J.-L., Sung, Y.-T., Kuo, H.-N., & Shiu, M.-H. (2016). Construction of the teacher situational judgment test. *Journal of Research in Education Sciences*, 61(2), 85-117. doi:10.6209/JORIES.2016.61(2).04】
- 趙小瑩、王文中、葉寶專（2007）。正負向情感及身體激起量表之發展與試題反應分析：焦慮症與憂鬱症三角模式的再探討。《測驗學刊》，54（1），223-258。
- 【Chao, H.-Y., Wang, W.-C., & Yeh, B.-Z. (2007). Development and item response analysis of the positive, negative, and physiological hyperarousal scales. *Psychological Testing*, 54(1), 223-258.】
- 劉昆夏、鄭英耀、王文中（2010）。創意產品共識評量之信、效度析論。《測驗學刊》，57（1），59-84。
- 【Liu, K.-S., Cheng, Y.-Y., & Wang, W.-C. (2010). Consensual assessment for creative products: A review of reliability and validity. *Psychological Testing*, 57(1), 59-84.】
- 鄭英耀、葉麗貞、劉昆夏、莫慕貞（2011）。大學生基本能力指標之建構。《測驗學刊》，58（3），531-558。
- 【Cheng, Y.-Y., Yeh, L.-J., Liu, K.-S., & Mok, M. M. C. (2011). Constructing the indicators of undergraduate students' key competences. *Psychological Testing*, 58(3), 531-558.】
- 謝如山、謝名娟（2013）。多層面 Rasch 模式在數學實作評量的應用。《教育心理學報》，45（1），1-18。doi:10.6251/BEP.20121101.1
- 【Hsieh, J.-S., & Hsieh, M.-C. (2013). An application of many-facet Rasch model to evaluate mathematics performance assessment. *Bulletin of Educational Psychology*, 45(1), 1-18. doi:10.6251/BEP.20121101.1】
- Mayer, R. E. (1990)。《教育心理學－認知取向》（林清山，譯）。臺北市：遠流。（原著出版於 1987 年）
- 【Mayer, R. E. (1990). *Educational psychology: A cognitive approach* (C.-S. Lin, Trans.). Taipei, Taiwan: Yuan-Liou. (Original work published 1987)】
- Sternberg, R. J. (Ed.). (2005)。《創造力 I：理論》（李乙明、李淑貞，譯）。臺北市：五南。（原著出版於 1999 年）
- 【Sternberg, R. J. (Ed.). (2005). *Handbook of creativity* (I.-M. Lee & S.-J. Lee, Trans.). Taipei, Taiwan: Wu-Nan Book. (Original work published 1999)】

二、外文文獻

- Abraham, A., Thybusch, K., Pieritz, K., & Hermann, C. (2014). Gender differences in creative thinking: Behavioral and fMRI findings. *Brain Imaging and Behavior*, 8(1), 39-51. doi:10.1007/s11682-013-9241-4

- Adams, R. J., Wilson, M. R., & Wang, W.-C. (1997). The multidimensional random coefficients multinomial logit model. *Applied Psychological Measurement*, 21(1), 1-23. doi:10.1177/0146621697211001
- Baer, J., & Kaufman, J. C. (2008). Gender differences in creativity. *The Journal of Creative Behavior*, 42(2), 75-105. doi:10.1002/j.2162-6057.2008.tb01289.x
- Bond, T. G., & Fox, C. M. (2007). *Applying the Rasch model: Fundamental measurement in the human sciences* (2nd ed.). Mahwah, NJ: LEA.
- Campbell, K. H. S., Mcwhir, J., Ritchie, W. A., & Wilmut, I. (1996). Sheep cloned by nuclear transfer from a cultured cell line. *Nature*, 380, 64-66. doi:10.1038/380064a0
- 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(3), 369-388. doi:10.1177/0013164408323241
- Cruz, H. D., & Smedt, J. D. (2010). Science as structured imagination. *Journal of Creative Behavior*, 44(1), 37-52. doi:10.1002/j.2162-6057.2010.tb01324.x
- DeMoss, K., Milich, R., & DeMers, S. (1993). Gender, creativity, depression, and attributional style in adolescents with high academic ability. *Journal of Abnormal Child Psychology*, 21(4), 455-467. doi:10.1007/BF01261604
- Eckhoff, A., & Urbach, J. (2008). Understanding imaginative thinking during childhood: Sociocultural conceptions of creativity and imaginative thought. *Early Childhood Education Journal*, 36(2), 179-185. doi:10.1007/s10643-008-0261-4
- Finke, R. A., & Slayton, K. (1988). Explorations of creative visual synthesis in mental imagery. *Memory & Cognition*, 16(3), 252-257. doi:10.3758/BF03197758
- Hadzigeorgiou, Y., & Stefanich, G. (2000). Imagination in science education. *Contemporary Education*, 71(4), 23-28.
- 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 Associates.
- Jankowska, D. M., & Karwowski, M. (2015). Measuring creative imagery abilities. *Frontiers in Psychology*, 6, 1591. doi:10.3389/fpsyg.2015.01591
- LeBoutillier, N., & Marks, D. F. (2003). Mental imagery and creativity: A meta-analytic review study. *British Journal of Psychology*, 94(1), 29-44. doi:10.1348/000712603762842084
- Linacre, J. M. (1998). Thurstone thresholds and the Rasch model. *Rasch Measurement Transactions*, 12(2), 634-635.

- Masters, G. N. (1982). A Rasch model for partial credit scoring. *Psychometrika*, 47(2), 149-174. doi:10.1007/BF02296272
- McCormack, A. (2010). Imagine and invent: Create a great future. *Journal of College Science Teaching*, 40(1), 8-9.
- Miles, M. B., & Huberman, A. M. (1994). *Qualitative data analysis: An expanded sourcebook* (2nd ed.). Thousand Oaks, CA: Sage.
- Osborn, A. F. (1953). *Applied imagination*. New York, NY: Charles Scribner's Sons.
- Pendry, J. B., Schurig, D., & Smith, D. R. (2006). Controlling electromagnetic fields. *Science*, 312(5781), 1780-1782. doi:10.1126/science.1125907
- 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(3), 169-180. doi:10.1177/0146621606291569
- Rasch, G. (1960). *Probabilistic models for some intelligence and attainment tests*. Copenhagen, Denmark: Danish Institute for Educational Research.
- Razumnikova, O. M. (2004). Gender differences in hemispheric organization during divergent thinking: An EEG investigation in human subjects. *Neuroscience Letters*, 362(3), 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(13), 2043-2059. doi:10.1080/09500693.2012.709334
- Robinson, A. (2010). Chemistry's visual origins—Vivid imagination was key to unlocking the secrets of molecular structure in the nineteenth century. *Nature*, 465, 36. doi:10.1038/465036a
- Sternberg, R. J., & Williams, W. M. (1996). *How to develop student creativity*. Alexandria, VA: Association for Supervision and Curriculum Development.
- The Next Generation Science Standards. (2013). *Appendix H—Understanding the scientific enterprise: The nature of science in the next generation science standards*. Retrieved from <http://www.nextgenscience.org/sites/ngss/files/Appendix%20H%20-%20The%20Nature%20of%20Science%20in%20the%20Next%20Generation%20Science%20Standards%204.15.13.pdf>
- 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., Cheng, C.-L., & Cheng, Y.-Y. (2014). Application of the Rasch model to the measurement of creativity: The creative achievement questionnaire. *Creativity Research Journal*, 26(1), 62-71. doi:10.1080/10400419.2013.843347
- 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(4), 1-22.
- Ward, T. B. (1994). Structured imagination: The role of category structure in exemplar generation. *Cognitive Psychology*, 27(1), 1-40. doi:10.1006/cogp.1994.1010
- Wilson, M. (2005). *Constructing measures: An item response modeling approach*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Wilson, M. (2009). Measuring processions: Assessment structures underlying a learning progression. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(6), 716-730. doi:10.1002/tea.20318
- Wolfe, E. W., & Smith, E. V., Jr. (2007). Understanding Rasch measurement: Instrument development tools and activities for measure validation using Rasch models: Part II-Validation activities. *Journal of Applied Measurement*, 8(2), 204-233.
- Wood, K. D., & Endres, C. (2004). Motivating student interest with the imagine, elaborate, predict, and confirm (IEPC) strategy. *The Reading Teacher*, 58(4), 346-357. doi:10.1598/RT.58.4.4
- Wu, M. L., Adams, R. J., & Wilson, M. R. (2007). *ConQuest* [Computer software and manual]. Camberwell, Australia: Australian Council for Educational Research.
- Zabriskie, B. (2004). Imagination as laboratory. *Journal of Analytical Psychology*, 49(2), 235-242. doi:10.1111/j.1465-5922.2004.00455.x
- Zarnowski, M. (2009). The thought experiment: An imaginative way into civic literacy. *Social Studies*, 100(2), 55-62. doi:10.3200/TSSS.100.2.55-62

Journal of Research in Education Sciences

2016, 61(4), 177-204

doi:10.6209/JORIES.2016.61(4).07

Development of the Scientific Imagination Test-Figural

Chia-Chi Wang

Center for Teacher Education,
Southern Taiwan University of Science and
Technology

Ying-Yao Cheng

Institute of Education,
National Sun Yat-sen University

Hsiao-Chi Ho

Center for Humanities Innovation
and Social Engagement,
National Sun Yat-sen University

Abstract

This study developed the Scientific Imagination Test-Figural (SIT-Figural) for 5th and 6th graders on the basis of the scientific imagination process. A total of 1,256 students who completed the SIT-Figural constituted Sample 1 ($n = 558$) and Sample 2 ($n = 698$). The SIT-Figural, which was designed to measure the students' scientific imagination, comprised four tasks, A, B, C, and D—which covered three dimensions of the scientific imagination process, namely brainstorming, association, and transformation (or elaboration). The Rasch partial credit model was used to assess the model–data fit. A differential item functioning analysis was conducted to assess the consistency of the ratings provided by male and female students. The results revealed that the three dimensions of the SIT-Figural exhibited an acceptable model–data fit. The three subtests had person separate reliabilities of .88, .88, and .87. Finally, suggestions for future revisions and applications of the SIT-Figural have been proposed in this paper.

Keywords: Rasch partial credit model, scientific imagination process, Scientific Imagination Test-Figural