

科技部補助專題研究計畫成果報告

(☐期中進度報告/☒期末報告)

(計畫名稱)

計畫類別：☒個別型計畫 ☐整合型計畫

計畫編號：MOST 106-2410-H-218-010-SS2

執行期間：106 年 8 月 01 日至 108 年 11 月 30 日

執行機構及系所：南臺學校財團法人南臺科技大學教育領導與評鑑所暨師資培育中心

計畫主持人：王佳琪 助理教授

共同主持人：陳重任 教授

計畫參與人員：林佩玲、黃育玟、許雅雯、謝易修

本計畫除繳交成果報告外，另含下列出國報告，共 2 份：

☐執行國際合作與移地研究心得報告

☒出席國際學術會議心得報告

☐出國參訪及考察心得報告

中 華 民 國 108 年 12 月

跨領域師資培育課程提升學生二十一世紀關鍵能力之研究

Enhancing students' twenty-first century skills in the teacher education program
through the cross-disciplinary curriculum module

計畫編號：MOST 106-2410-H-218-010-SS2

執行期限：106 年 8 月 01 日至 108 年 11 月 30 日

主持人：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暨師資培育中心

共同主持人：陳重任 南臺學校財團法人南臺科技大學視覺傳達設計系

研究助理：林佩玲、黃育玫、許雅雯、謝易修

中文摘要

本研究第一年旨在調查不同領域（人文、商管、設計及理工科等）學生在不同取向之科學想像力表現（圖形 vs. 語文），作為規劃第二年跨領域課程模組之參考；第二年以師資培育中心為實驗場域，將設計思考教學模式融入跨領域課程模組，配合落實校園內外整合實作環境的建置，從跨領域合作與動手做等方向所構思之創意，落實為可實現的原型；此外，為了達到師資培育生多元學習，亦舉辦多場與跨領域課程相關的專題講座、工作坊以及跨領域課程教案競賽，作為臺灣未來教育及跨領域關鍵能力培育之推動依據。本研究在課程教學實驗設計採用準實驗單一組前、後測設計；資料分析方法包括訪談與觀察紀錄的質性分析、Rasch 測量模式分析、相依樣本 t test 等。其研究結果除了能有助於培育學生成為未來所需的 π 型人才，亦能幫助跨領域課程模組教師團隊能跳脫日常框架，培養並提升其創新教學思維，作為臺灣未來教育及跨領域關鍵能力培育之參考依據。本研究部分結果已發表 2 篇 TSSCI 期刊論文與 2 篇國際學術研討會論文。

關鍵詞：師資培育、跨領域課程模組、科學想像力、設計思考

Abstract

The current of study aims to investigate how students in different fields (Humanities, Business Administration, Design, and Science and Engineering) perform their performance in scientific imagination in the first year. In the second year, the cross-disciplinary curriculum module, workshops, and the competition were developed in the center for teacher education for the experimental field with the implementation of campus integration inside and outside the implementation of the environment. In this study, a quasi-experimental single-group pre-and post-test design was used in the cross-disciplinary teaching experiment design. The data analysis methods included interviews and observation record qualitative analysis, Rasch measurement analysis, t test and so on. In addition to helping to nurture students to become the desired π -type talents for the future, the results can also benefit the cross-disciplinary course module team to break away from the daily framework and cultivate and enhance their innovative teaching thinking as the future education. In addition, the two conference papers and two TSSCI journal papers were published.

Keywords: teacher education, cross-disciplinary curriculum module, scientific imagination, design thinking

跨領域師資培育課程提升學生二十一世紀關鍵能力之研究

（以下僅擷取調查研究報告部分）

壹、前言

近年來，世界許多先進國家共同面臨「全球化」、「少子女化」、「高齡化」、「數位化」及「全球暖化」等五化趨勢，導致學校教育的運作模式和教育功能產生嚴峻的衝擊及變化，世界各國的教育也逐漸打破藩籬，因而「人才培育」成了國家在競爭中崛起的關鍵工程。由於社會快速變遷、產業轉型、高等教育過度擴充及少子女化，也使得我國在人力培育及運用出現「學用落差」、「供需失衡」的現象，面臨極大的挑戰，例如：師資培育用和專業有待提升、考試引導教學、教育資源區域不均、弱勢扶助不足、學用落差、基層產業人力不足、課程教學不符學生及社會需求等，進而影響到社會與經濟的發展（教育部，2013）。因此，如何突破困境，讓每個人「學以致用」、「適才適所適用」是人才培育面臨的重要課題。

為了因應全球化的經營模式與競爭，跨領域合作已逐漸取代傳統的個人運作模式，研究者目前任教於南臺科技大學師資培育中心，本校一直以來在治校理念上不斷鼓勵師生進行教學研究創新，務實地著力於產業技術上之創意性改良，有效發揮技職教育學用合一之精神，積極培養學生創新能力、團隊合作能力與創業精神，結合區域夥伴學校組織資源，建構區域創新創業環境，進行人才深化培育，連結產業實務及培育產業需求人才，提供師生創業環境及發展創意創新之創業平台，進而健全校園創業制度及師生創業精神（<http://www.stust.edu.tw/tc/node/mission>）。在本校積極培育人才氛圍及優異的辦學績效（<http://www.stust.edu.tw/tc/node/performance>）下，本師資培育中心本著培育未來從事國民小學、技術型高中與綜合高中各相關群科優質師資之理念，配合教育部將 104 年定位為教育創新行動年的政策實施與推廣，期待能培養職前師資生成為「具有創新理念與特殊教育專長的教師」；本中心在中學師資培育類科專門課程上，以技職類科專門課程為師資培育主軸，在學術領域上，以電子電機、機械、化工、商管、管理、資訊科技、餐旅休閒和應用語文等為發展之重點特色，換言之，修習教育專業課程的學生組成多元，皆來自不同領域，相當適合成為發展跨領域課程模組的實驗場域。

為了配合即將在 107 學年度實施的十二年國民基本教育課程綱要所提之核心素養、跨領域教學為核心，教育部將據此研擬各學科之核心知能以規劃課程基準，賦予各師資培育之大學進行課程自主規劃（周佩君，2016），給予未來師資培育職前課程規劃彈性空間，以培育具備跨領域教學及創新思維的師資。研究者的專長為教育心理學，研究議題主要以科展教師、學生之高層次思考（如創造力、科學想像力、問題解決能力等），以及教師教學行為與師生互動等主題為主。從評量工具的修訂與發展（包括科學創造性問題解決測驗、創意成就問卷、多向度幽默感量表、教師想像力量表、學生科學想像力測驗等），亦探討科學教師創意教學行為和學生學習成效之研究，並發展想像力融入自然科教材以及進行實驗教學檢驗效果等。基於上述，研究者以本身的專長，配合未來師資職前課程政策的發展，在任教的場域結合本校職業類科及鄰近區域特色，發展適合本校師資培育學生的跨領域課程模組，培養學養兼具、

跨領域思維的優質人才，進而以達到培育未來創新、創業教育家、結合社區關懷、回饋社會、臺灣。

基於上述，本研究第一年調查不同領域（人文、商管、設計及理工科等）學生在不同取向之科學想像力的表現（圖形 vs. 語文），作為規劃第二年跨領域課程模組之參考；第二年以師資培育中心為實驗場域，將設計思考教學模式融入跨領域課程模組，配合落實校園內外整合實作環境的建置，從跨領域合作與動手做等方向所構思之創意，落實為可實現的原型；此外，為了達到師資培育生多元學習，亦舉辦多場與跨領域課程相關的專題講座、工作坊以及跨領域課程教案競賽，作為臺灣未來教育及跨領域關鍵能力培育之推動依據。

貳、文獻探討

為了提升整體人力素質，奠定個人及國家發展的利基，我國教育部在 2014 年的 11 月 28 日，公布 107 學年度將實施十二年國民基本教育課程綱要，以「核心素養」做為課程發展之主軸，強調各教育階段間的連貫以及各領域/科目間的統整，強調培養一個人為適應現在生活及面對未來挑戰，所應具備的知識、能力與態度之跨領域能力，強調學習不宜以學科知識及技能為限，而應關注學習與生活的結合，透過實踐力行而彰顯學習者的全人發展（教育部，2014）。為了因應未來世代的快速變遷，各國開始對於學生跨領域能力培養之重視，更是未來每個教育階段所強調的重要課題。因此，在培養學生具備跨領域能力的課程設計上，融入相關創新教學模式，讓不同領域／科目的教師共同設計課程及協同教學，採取問題導向、方案與檔案等學習方法，以真實與 E 化的學習情境引導學生學習，以培養學生具備現在及未來生活的關鍵能力，亦是本研究的目的。

一、科學想像力歷程模式

想像力是創造力的基礎，創造力是想像力具體發揮的極致。Ho、Wang 和 Cheng（2013）以世界青少年發明展（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，有系統的蒐集、紀錄和分析績優教師指導學生科學發明的歷程，發展歸納分析出科學想像力三階段與四能力的歷程，初步釐清科學想像力的定義、運作歷程以及影響因素，並認為科學方面的想像力應該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，能夠在腦中將各種意象構思出來，並加以具體化、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，進入一個無所不能的科學世界，進而創造出跨時代的科學理論和科技產品（Ho et al., 2013; Wang, Ho, & Cheng, 2015; Wang, Ho, Wu, & Cheng, 2014）。

其中，科學想像力具有三階段四能力的歷程（圖 1），分別是發想階段（initiation stage）、動態修正階段（dynamic adjustment stage），以及虛擬實作階段（virtual implementation stage）；四能力則是漫想力（brainstorming）、聯想力（association）、奇想力（transformation, elaboration），以及妙想力（conceptualization, organization, formation）。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，進而從

中篩選出較符合目的的若干點子，並尋找、釐清、聯結、重組點子間的關係，進而匯集點子，在經由考量實踐性的判斷，精鍊出一個足以解決問題的點子。此三個階段建立在問題解決的基礎，以循環的方式，透過分離、重組等方式，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。Ho 等人(2013)命名為「漫想力」。

(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。此階段包含兩種想像的能力，第一種能力著重在點子跟點子之間的關係如何進行聯結，聯結的形式包含如何將相近的點子聯結、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 等人(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聯結的點子賦予新的意義成為新奇的點子，Ho 等人(2013)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(prototype)，Ho 等人(2013)將此能力命名為「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。

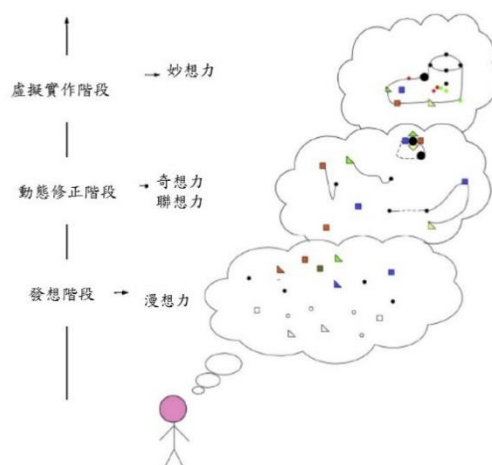


圖 1 科學想像力歷程

(Note. From “Analysis of the Scientific Imagination Process,” by H. C. Ho, C. C. Wang, & Y. Y. Cheng, 2013, *Thinking Skills and Creativity*, 10, p.72.)

因此，本研究在跨領域課程模組設計上，將參考科學想像力歷程的三個階段（Ho et al., 2013），以專題導向的學習模式規劃課程內容，希冀學生能將自身的想像力轉化至具體創造力，達成問題解決之過程，進而培養學生創造力、想像力、自我導向學習及問題解決能力等關鍵能力。

參、研究方法

第一年：科學想像力圖形測驗之驗證（第一年研究成果已被教育心理學報接受）

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、鄭英耀與何曉琪（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 和 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, 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、	1.學生畫出圖案的	學生所畫的內容必須清楚呈現某種具體意像，並命名；若圖畫與命名不符，或者以漫畫式呈現，不予計分。	同左

	評分項目	王佳琪等人（2016）計分說明	修正後的計分說明
D	數量。	評分標準： 0～1 個：0 分 2～4 個：1 分 5～7 個：2 分 8 個 ～：3 分	同左
	2.學生畫出來的圖案，可分為多少類別	1. 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。 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。 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。 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。 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。 育：生育、養育、教育，或者用來學習等物品、相關設施。 樂：國民健康及各項體育、娛樂設施及政策。	衣：增加針線、縫、行動電源、鑰匙、拐杖、錢包、吊飾等項目。 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。 行：增加禁止標誌、迷宮、十字路口等項目。 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。 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。

評分項目	王佳琪等人（2016）計分說明	修正後的計分說明
	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。	
	評分標準 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。	同左

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（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 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。

表 2 作業 A 學生反應計次及百分比表

作業 A 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）	572	93%	0
火車、火車、汽車、腳踏車、公車等車輪、輪胎或輪框	212	34%	0
硬幣（1 元、5 元、10 元、50 元、古錢、金幣、銅板、代幣等）	196	32%	0

作業 A 項目	次數	百分比	得分
眼鏡、鏡片	195	32%	0
手錶	174	28%	0
水杯、咖啡杯、水壺、馬克杯、水桶、牙杯、盒子、碗、鍋子、花盆等容器	154	25%	1
甜甜圈	80	13%	2
棒棒糖、糖果、MM 巧克力	75	12%	2
氣球	66	11%	2
盤子、鏡子、放大鏡、手拿鏡、桌鏡	60	10%	2
電風扇、風扇、CPU 風扇、電扇	51	8%	2
瓶蓋	39	6%	2
手環、手鍊	37	6%	2
戒指	35	6%	2
iPhone Home 鍵、電話按鍵、按鈕、電梯按鈕、鈕扣	34	6%	2
髮飾、髮圈、髮束	32	5%	2
呼拉圈、飛盤	30	5%	2
耳環	27	4%	2
杯墊、餅乾	26	4%	2
項鍊、珍珠項鍊	25	4%	2
方向盤、光碟片(CD、DVD、黑膠唱片等)、披薩(PIZZA)、花枝丸、魚丸、魚蛋、貢丸等丸子、丸子串、橡皮筋	23	4%	2
杯蓋、蓋子、圓蓋子、鍋蓋、門把、擦子、橡皮擦	21	3%	2
平底鍋、湯匙、麵包、鑰匙圈、鑰匙扣	20	3%	2
標靶、箭靶	19	3%	2
手機鏡頭、相機鏡頭、紅綠燈	18	3%	2
吸管、鬧鐘	17	3%	2
圓桌、桌子、飯桌	16	3%	2
相機、游泳圈	14	2%	2
熟蛋、荷包蛋	13	2%	2
扣、扣環、皮帶扣環、燈泡、燈罩、燈管	12	2%	3
垃圾桶	11	2%	3
手電筒、手機、湯圓	10	2%	3
扇子、蛋糕、蛋糕捲、膠帶	9	1%	3
泳圈、肥皂、指北針、指南針、喇叭、溜溜球、鑰匙	8	1%	3
冰、冰淇淋、甜筒、羽毛球拍、珍珠、音響、救生圈、帽子、椅子、圓椅、摩天輪、蓮蓬頭、藥丸、藥、維他命、搖頭丸、罐	7	1%	3

作業 A 項目	次數	百分比	得分
子、罐頭			
耳機、粉撲、粉餅、氣墊粉餅、鉛筆、螺絲釘、螺絲、螺帽	6	1%	3
吊飾、地球儀、保溫瓶、保溫杯、娃娃、玩偶、計時器、啞鈴、章魚燒、爆蛋燒、貼紙、齒輪	5	1%	3
BB 彈、尺、水瓶、水晶球、水管、車燈、保險套、炸彈、喇叭鎖、筆、鈴鐺、電池、漢堡、網子、濾網、遙控器、蝴蝶結、鞋帶孔、機車、摩托車、錢包	4	1%	3
手榴彈、收音機、耳機孔、佛珠、吹風機、後照鏡、洗衣機、珍珠奶茶、盆栽、套圈圈、捕夢網吊飾、珠子、掃地機器人、球拍、晴天娃娃、筆蓋、項圈、圓柱體、滑鼠墊、彈簧、獎牌、髮夾、橡皮圈、寶特瓶、蠟燭	3	0%	3
內衣、公車拉環、太陽餅、手機繩扣環、火柴、火箭、安全帽、行動電源、告示牌、交通號誌、抱枕、拉環、易開罐、拖把、花圃、花園、便當盒、洋芋片罐、洗臉盆、玻璃杯、盾牌、紅豆餅、面具、桌墊、蚊香、望遠鏡、桶子、球框、盒子、麥克風、麻糬、筆筒、圓盤、瑜珈球、聖誕樹裝飾品、腮紅、腳踏墊、鈴鼓、圖釘、漁夫帽、圓盤帽、瞄準鏡、磁鐵、碼表、磅秤、髮蠟、髮膠、機車儀表板、徽章、隱形眼鏡、檯燈、藍芽喇叭、鬆餅、懷錶、繩、彈力繩、鑽戒、鑽石	2	0%	3
midi 線的孔、一筒、人孔蓋、口紅膠、口罩、大同電鍋、大燈、小籠包、五子棋、公車站牌、切披薩器、化妝棉、巴克球、手把、手拉環、手銬、手機盒、手鐲、方向燈、日本國旗、水果切割器、水溝蓋、水管屋、水錶、水龍頭、包子、包包、外套、奶嘴、巨盾、瓦斯爐、立可帶、吊燈、吊環、地毯、托盤、竹輪、衣架、別針、坐墊、扭蛋、投影機、汽水、防滑輪、刷子、拉炮、板凳、泡麵、狙擊槍、直排輪、門鎖、俄羅斯輪盤、保養品、按摩器、挖冰器、故事書、洗衣袋、派、玻璃、玻璃珠、玻璃瓶、玻璃魚缸、相框、背包、軌道、面膜、風車、飛碟、飛標盤、飛輪、飛鏢圈、飛鏢靶、香爐、射飛鏢、射擊框、座墊、桌椅、梳子、烙餅、烤肉架、砵碼、神奇煎蛋鍋、粉盒、粉筆、紓壓球、釘子、馬桶、馬桶吸盤、骨灰罈、高腳杯、剪刀、圈圈尺、培養皿、掃把、球池、球網、蛋捲、蛋塔、蛋餅、蛋糕模、袋子、軟糖、魚板、喇叭上的孔、圍棋、毯子、湯勺、湯鍋、無	1	0%	3

作業 A 項目	次數	百分比	得分
線充電盤、窗戶、筆芯、筆袋、象棋、飲料罐、黑輪、圓包包、圓形磁鐵、圓板凳、圓型坐墊、圓型抱枕、圓盾、圓框、圓規、圓環刀、塑膠水管、塑膠椅、搖桿、煎蛋鐵圈環、筷子、置物架、腳鐐、跳繩、電動車遙控器、電視、電腦、飼料盆、鼓、鼓棒、嗶嗶糖、幕斯圈模、榨汁器、槍、綠豆椪、蜜粉、酸梅片、餅乾筒、鳴槍板、劍玉、廣播器、標誌、箭、衛生筒、戰鬥陀螺、機車把手、機車後照鏡、橡膠圈、燈籠、鋼珠、錄音機、靜電球、餐包、餐盤、鍊子、鍋墊、鏈子、隱形眼鏡盒、鎖、雞蛋糕模、寶貝球、籃框、蘇打餅、鐘擺、護唇膏、鐵餅、鐵鍊、聽診器、曬衣夾、鑼			
總次數	3391		
總人數	616		

(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)。

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

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； $\theta_i = (\theta_i, \dots, \theta_{iD})'$ 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)， α_{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，本研究提供量表的內容、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，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。

肆、研究結果與討論

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 3 所示。

表 3 試題難度估計值、閾難度和適配度數值

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 閾難度。

二、類推效度證據 (Generalizability Evidence)

根據表 4 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。

表 4 試題和 DIF 檢測值

向度	作業	DIF= \triangle 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= \triangle 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。

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。

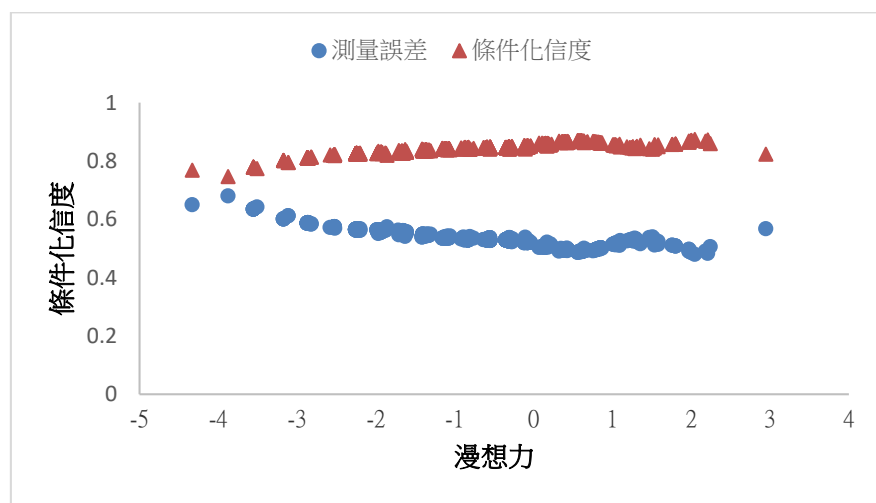


圖 2 漫想力之條件化信度和能力估計誤差

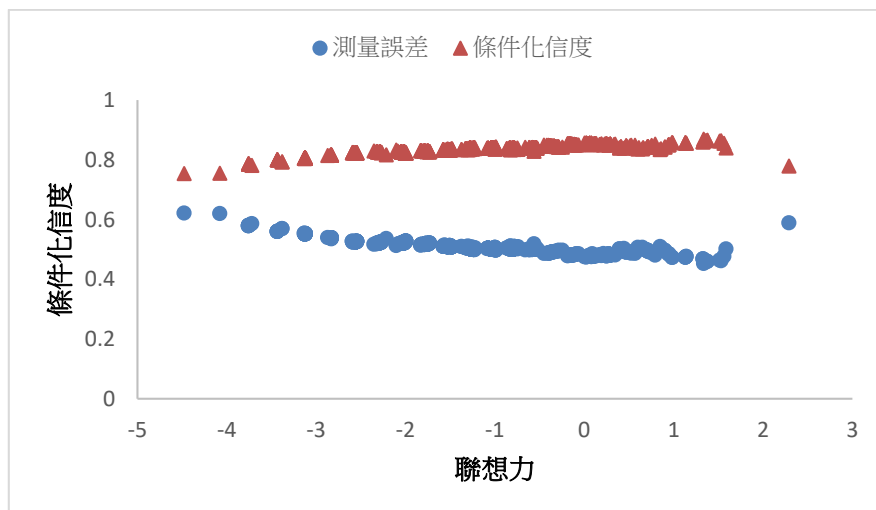


圖 3 聯想力之條件化信度和能力估計誤差

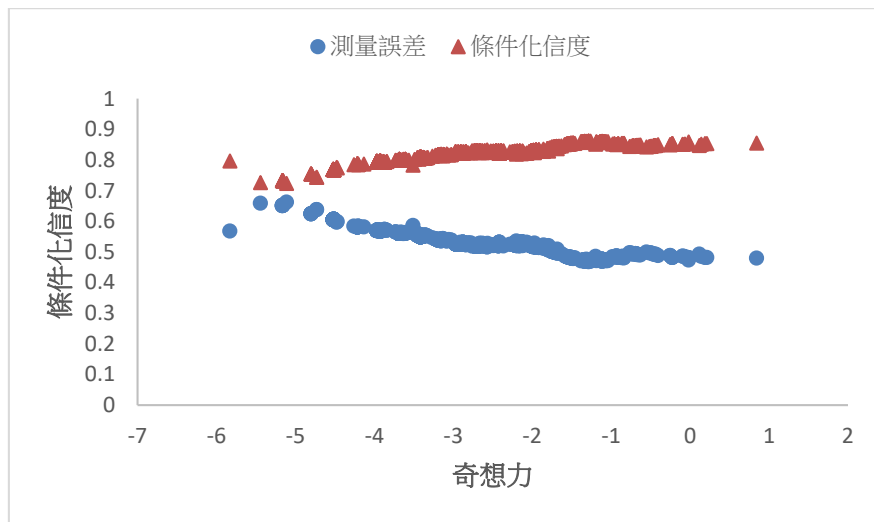


圖 4 奇想力之條件化信度和能力估計誤差

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	7.2 C (×漫想力)	8.2 C (×聯想力)
	XX	XX	9.2 C (×奇想力)	11.2 D (組合聯想力)
1	XXX	XX		
	XXXX	XX		
	XXXXX	XXX		
	XXXXXX	XXXX		
	XXXXXX	XXXX	3.2 A (○奇想力)	
0	XXXXXXXX	XXXXXX	X	
	XXXXXXXX	XXXXXX	X	
	XXXXXXXX	XXXXXXXX	XXX	
	XXXXXXXX	XXXXXXXX	XX	
	XXXXXXXX	XXXXXXXX	XX	
-1	XXXXXX	XXXXXXXX	XXXXX	2.2 A (○聯想力)
	XXXXXXXX	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	XXXXXXXX	XXXXXXXX	
	XXX	XXXXXXXX	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				

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 5 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，亦是大三顯著大於大二 ($p=.043$) 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，同樣是大三顯著大於大二 ($p=.042$) 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 5 性別與年級在漫想力、聯想力、奇想力之平均數與標準差

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

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）。

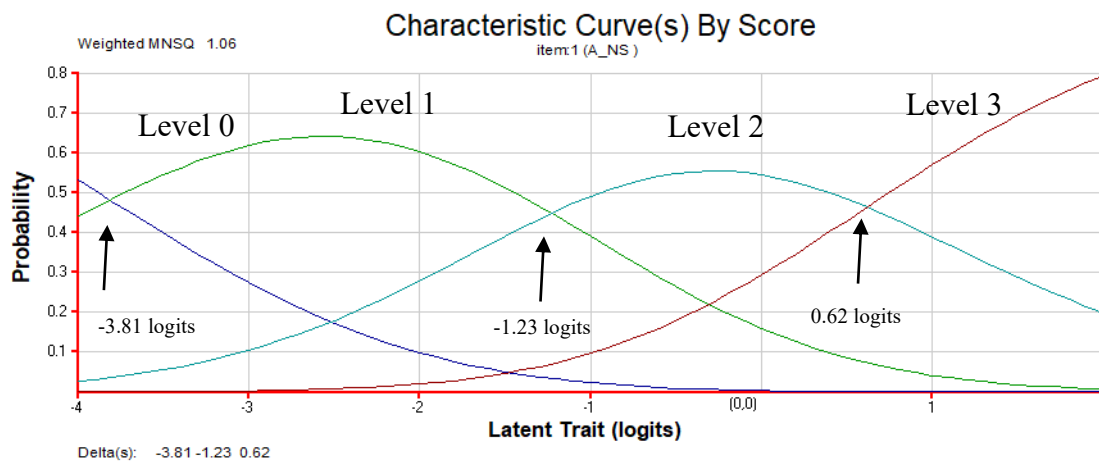


圖 6 不同能力的學生在 4 個 level 的達到機率：以作業 A 測量漫想力為例

表 6 是圖 6 範例題的選項分析，由表 7 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 6 範例題的選項分析

Level	Score	Count	% of tot	Pt Bis	t (p)	PV1Avg: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。

備註：以上成果已投稿至教育心理學報

王佳琪* (付梓中)。科學想像力圖形測驗之驗證。教育心理學報。(TSSCI)

參考文獻

略