科學教育學刊
2004, 第十二卷第二期, 219-239

Chinese Journal of Science Education
2004, 12(2), 219-239

發散性思考測驗的同質性分析 ─以國小物理問題測驗爲例

何偉雲
國立屏東師範學院物理暨地球科學學系

（投稿日期：民國 92 年 1 月 6 日，修訂日期：92 年 7 月 7 日，接受日期：92 年 9 月 8 日）

摘要：發散性思考作爲創造力的核心理論，依據該理論編制的各式評量工具已經被廣泛用於創造力相關研究。本研究探討發散性思考在不同測驗領域的同質性問題，運用視覺化分析技術，比較發散性思考在 Williams 創造性思考測驗、發現問題能力測驗及解題想法提出能力測驗中的同質性。研究結果說明，繪圖式的 Williams 創造性思考測驗無法反映創造力測驗之領域相關性，測驗方式或內容的不同也可能影響創造力的評量結果。Guilford 型式的創造力測驗之結果解釋，或許必須侷限於其測驗內容與方式，否則可能導致對測驗結果之過度解釋，甚至形成誤判。

關鍵詞：發散性思考、問題解決、問題提出、想法提出。

壹、前言

創造力（creativity）、概念形成（conception formation）及符號思維（symbolic thought）作爲人類思維模式的主要特徵，相較於後兩者，由於創造力本質之複雜性，目前人類對創造力之理解尚十分初淺。對於創造力的定義各家學說紛紜，從文獻探討創造力的定義，學者 Rhodes（1961）整理出四十多種創造力的定義。但是學者普遍同意，創造力的呈現方式是多方面的（multi-faceted），發現創造力的來源與如何有效評量創造力是創造力研究的主要內容。依據 Feldman（1999）的報告，研究者認定七種創造力的來源，分別是認知過程、社會或感情過程、家庭環境、正式和非正式教育、歷史和特殊研究領域的特性、社會文化、和歷史動力。可見創造力研究涵蓋範圍十分廣泛，本研究從認知觀點來探討創造力。

從認知觀點，研究學者認爲有兩種思考形式與創造性有關：收斂性思考（convergent thinking）和發散性思考（divergent thinking）。在 2000 年，Torrance 接受 Psychology Online Journal 專訪時表示，發散性思考對於創造力極爲重要。早在 1967 年，美國心理學家 J. P. Guilford 在對創造力進行詳盡的因子分析基礎上，提出了「智力三維結構」模型（Structure of Intellect model, SOI）。按照 SOI 模型，人類智

力應由三個維度的多種因素組成：第一維是指智力的內容，包括圖形、符號、語義和行爲等四種；第二維是指智力的操作，包括認知、記憶、發散性思考、收斂性思考和評估等五種；第三維是指智力的產物，包括單元、類別、關係、系統、轉化和蘊涵等六種。Guilford 認爲，創造性思維的核心就是上述三維結構中處於第二維度的「發散性思考」。在此基礎上，他提出了關於發散性思考的四個主要元件（component），分別是：

流暢性（fluency）：在短時間內能夠表達出的觀念和設想的數量。

變通性（flexibility）：能從不同角度靈活地思考問題。

獨創性（originality）：具有與衆不同的想法和獨出心裁的解決問題思路。

精密性（elaboration）：能想像與描述事物或事件的具體細節。

Guilford、Torrance 等作爲創造力心理測量學學派主要代表人，他們編著的創造力測驗工具（Guilford's Structure of the Intellect, SOI 及 Torrance's Tests of Creative Thinking, TTCT）已經被廣爲使用。可見，就創造力心理測量學派的觀點來看，發散性思考儼然已經成爲評量創造性思考能力的核心指標。儘管這些創造力測驗在內容上有很大差異，但從編制測驗的理論來看，都是以發散思考爲指標的，而且它們的子測驗都可以歸入 30 種不同類型的發散思考能力中去。類似的這些創造性思考測驗通常被稱爲 Guilford 型式創造力測驗。

創造力心理測量學派把這種理論應用於教育，實際上圍繞上述指標來培養發散性思考能力，使發散性思考的培養變成了可操作的教學模式。然而不可否認，把創造性思考等同於發散性思考是一種簡單化的理解，發散性思考在創造力研究中，已經過分被使用，甚至發散性思考測驗也被指出（Hocevar, 1979; Runco & Albert, 1985）存在著測驗的歧異（measurement dilemma）。甚至在實際測驗操作上，有些研究學者混搖地使用字彙式和繪圖式發散性思考測驗工具，Torrance 對此表示憤怒。儘管如此，我們注意到，發散性思考測驗的信度與效度還是得到很多支持（Cropley, Hakstian, Plucker & Runco），發散性理論與其測驗是目前最爲風行的創造力評量方式，到目前爲止，它在創造力研究上繼續擔任主要角色。

但在另一方面，創造力測量學派以發散性思考理論編制的測驗工具，其效度受到多方質疑。Lubart（1994）批評 TTCT 中缺乏知識因素，不但使用流暢性、變通性、精密性來扭曲創造力，而且不適當的利用常態分佈來評量獨創性。Sternberg 和 Lubart（1999）更是嚴厲批評發散性思考測驗，認爲發散性思考測驗是膚淺的，而且錯誤地詮釋創造力的概念。Plucker 和 Renulli（1999）指出，對於應用創造力心理測量理論研究創造力的學者而言，最大的挑戰是如何有效區別各種創造力的概念和影響創造力的相關因素。但是不可否認地，對於創造力的研究與應用來說，發散性思考理論與測驗畢竟是起了不小的推動作用。

值得提出的是，在 1926 年，Graham Wallas 提出了至今仍被廣泛採用的問題解決過程的一個粗略模式，認爲問題解決可以分解爲一系列的四個階段：準備階段（preparation）、醞釀階段（incubation）、頓悟階段（illumination）、驗證階段（verification）。後來，Guilford 認爲創造力與問題解決基本上屬於相同的認知過程，他比較 Dewey 的問題解決五階段模式（five stages of problem solving）、Wallas 的創造力理論（four steps for creative production）及 Rossman 的創新七階段模式（seven steps to creative invention），最後提出他自己的問題解決模式。在他的創造性問題解決模式中，創造性過程主要藉由發散性思考來運作，因此發散性思考中的組

成，像是流暢性、變通性、獨創性、和精密性四大指標，遂成爲創造力心理測量學派評量問題解決的主要內容。但是要說明的是，創造性思考與問題解決的差異（Torrance, 2000）在於，問題解決同時需要發散性思考與收斂性思考，收斂性思考與批判性思考（critical thinking）有密切關係。

在教育領域，以創造性問題解決（CPS）引導教學，期望增進學童之創造力是熱門研究課題，國內外不斷有新的研究成果發表。早在1953年Alex Osborn提出BrainStorming，用來增進創意，後來在 1967 年，Parnes 在 Osborn 的模式之基礎上，提出五階段的創造性問題解決模式（CPS），這五階段分成：發現事實（fact finding、發現問題（problem finding）、發現點子（idea finding）、發現解答（solution finding）、尋求可被接受的點子（acceptance finding）。在其模式中，每一階段都由發散性思考與收斂性思考組成，先發散性思考後收斂性思考。在國內，此一模式最常被拿來用作創造性問題解決的教學模式。基本上，Osborne-Parnes 的 CPS 模式仍然侷限於發散性思考理論。

此外，從認知心理學的觀點，創造力是問題解決的關鍵，創造的過程也是一種解決問題的過程。如果我們把創造力定義爲創造性解決問題的能力，那麼創造性解決問題與一般性問題解決的區別在於：一般性問題解決，無論是解決知識性問題，還是解決日常生活的問題，均可依賴已有的知識經驗、現成的方案；而創造性問題解決，卻沒有現成的方案，它要求對現有的資訊進行加工、進行創造性的思考。發散思考測驗從流暢性、變通性、獨特性和精密性四個方面評分，這就在一定程度上評價了創造性解決問題所需要的能力。依據創造性問題解決模式，發散思考測驗雖然很簡單，就創造力測量學派的觀點，它的確測量了創造能力的重要成分。

貳、研究問題

依據創造力心理測量學派的觀點，發散性思考作爲創造性思考的核心指標，是許多創造性研究的理論基礎。但是 Guilford 型式創造力測驗在不同領域的預測效力範圍，還是存在疑問，尤其是在創造性科學問題解決領域。正如前述，問題解決不等同於創造力，因爲問題解決除了需要創造性思考外，還需要批判性思考，但是兩者都需要創造性思考。因此本研究目的之設定，是要比較 Guilford 型式創造力測驗與創造性科學問題解決測驗的同質性（homogeneity）。如果 Guilford 型式創造力測驗對創造性科學問題解決具有預測效力，那麼，學童在各種 Guilford 發散性思考測驗中表現的創造性思考，也應該出現在創造性問題解決測驗。換言之，各種創造性思考評量指標在兩種不同測驗中，應該表現出「某種程度」以上的同質性。否則，對 Guilford 型式創造力測驗的結果解釋必需侷限於該測驗自身。

至於利用同質性分析的原因是，過去的相關研究，常用相關係數比較法，該方法的優點是簡單，能提供各變量在N維超空間（hyperspace）彼此之間方向之一致性，如果方向一致表示高度想關，否則低相關。其主要的缺點是，該方法無法提供某些樣本集群彼此之間的關係，因而可能導致喪失重要訊息。本研究運用同質性分析，針對各種發散性思考評量指標之同質性進行探討，可以更深入理解創造力測驗的特性。

叁、研究工具的選擇與發展

本研究利用兩種工具，分別是 Williams 創造性思考測驗（WCTT）與自行發展的物理問題解決題組。Williams 依據 Guilford 理論，發展出 WCTT。WCTT 屬於 Guilford 型式創造性

表1：題組編製原則

步驟	活動	第一題	第二題
發現問題	1 從若干的觀點看可能的問題。 2 思索可能的問題。 3 把範圍縮小到主要的問題。	第1小題	第1小題
形成問題	從發現的各種問題中，不斷調整自我形成一個待解決問題	第2小題	第2小題
提出解題想法	1 產生許多主意和可能解決問題的方法。 2 產生許多主意以便解決問題。 3 儘可能的地列出許多主意。	第3小題	第3小題

思考測驗，是國內極少數被國際創造力研究認可的工具。它是一種繪圖式的測驗，在給定的刺激線條下，要求受試者完成圖畫。依據 Torrance（2000）的說法，繪圖式測驗與空間能力有密切相關，字彙式測驗則與文字運用能力有密切相關。WCTT 評量指標共有六項，分別是：流暢性、變通性、精密性、獨創性，開放性 (resistance to closure) 與標題力 (abstractness to title)。WCTT 給分標準是依據受試者之繪圖內容，參考 Williams 手冊中的給分標準進行。

在物理問題解決題組設計方面，它是針對國小六年級學童設計的。因爲受限於研究對象的認知能力，於是將 Osborn-Parnes CPS 五階段模式簡化成三部分，它們分別是：問題發現階段、解題想法提出階段與提出解答階段。因爲本研究是要探討發散性思考，因此實際評量的重點放在前兩階段。爲切合研究目的，該題組中的每道題目設計，均分成三小題，如表 1 所示。第一小題鼓勵學童依據題意寫出相關問題的想法，想法越多越好，這一小題用來評估學童發現問題的能力。第二小題要求學童根據第一小題提出的問題，自我形成一個待解決的問題，透過這個問題，希望最後能成功地解決問題。第三小題則是鼓勵學童依據在第二小題中形成的問題，提出各種解題想法，這階段用來評量解題想法提出能力。

物理問題解決題組的評量指標分別是流暢性、變通性與獨創性，各評量指標之評分內涵參照 Guilford 的發散性思考理論，因此與 Williams 創造性思考測驗工具是一致的。至於給分方式，爲了降低疑慮，並且能與目前國際上著名創造力測驗工具接軌，本研究參考 Williams 創造性思考測驗手冊（WCTT），採用完全相同的給分方式。

物理問題解決題組的發展工作包括題目設計、預試、修正、施測、建立評分刻度 (Rating scale)。在預試階段共設計四道題目，以屏東縣之國小六年級學童三班（共一百二十人）爲樣本。在分析學童回答狀況後，選取其中兩題作爲正式施測用，參考附件(一)。正式施測之抽樣方式採立意取樣，以屏東縣、高雄市、高雄縣、苗栗縣之國小六年級學童四班（共一百五十人）爲施測對象。刪除無效樣本後，以一百一十九位有效樣本所得之答案進行數據分析。

建立評分刻度的第一步驟是收集學童的所有答案，然後選出正確的答案，少數有爭議性的答案由三位評分者討論後決定之。爲提高評分者信度，受試者實際得分爲三位評分者之平均值，在評分之前，三位評分者均受過事前訓練，按評分刻度進行評分。由於流暢性是計算受試者正確回答之數量，故僅需依照正確答案

表即可進行評分。但是變通性的評分是計算正確答案的類別，獨創性的計分是按照正確答案出現的頻率（參考威廉思創造力測驗指導手册），因此必須事先建立評分刻度。評分刻度是依據最後預試及正式施測時之樣本，在剔除無效樣本後建立的（總共 228 位有效樣本）。評分刻度分成問題提出與解題想法提出兩部分，變通性與獨創性的評分刻度表如附件（二~九）。學童在問題解決測驗中各指標之得分，爲該指標在兩題之得分相加而得。最後，信度分析是在正式施測兩週之後，對同一班受試者進行施測。依據評分刻度評分後，將測試所得數據進行測驗信度分析，以考驗重測信度。所得之相關係數爲 0.706，顯示此測驗工具有相當的穩定性。

肆、數據分析

論文中採用兩種數據分析方法，分別爲多元尺度方法（multidimensional scaling, MDS）與同質性分析方法（homogeneity analysis, HOMALS），它們的特色是均屬於低維度視覺化分析技術，視覺化分析的優點是有利於肉眼的觀察與比較。採用以上分析方法的另一理由是，本研究收集的數據屬於九維度的高維數據，使用傳統統計方法分析高維數據有困難，統計學者 Bellman 稱此爲維度的詛咒（curse of dimensionality）。

一、多元尺度分析

對於個體（object）或是觀察值之間的相似性研究，多元尺度方法能提供一種視覺化表示。例如，根據各城市之間的距離，MDS 能夠產生相對應的地圖。MDS 的基本概念，是將觀察值指定到概念性空間中（通常是二維或三維空間），觀察值在空間中的相對位置（例如每點之間的距離），將會儘量符合觀察值已知的相異性。因此，觀察值在空間中的相對位置，可以說明觀察值之間的相似性結構圖案（pattern）。很多時候，概念空間的維度經過解譯之後，就可以用來更深入地探討資料。由於本研究使用兩種測驗工具來評量三項創造性思考指標，爲了尋找兩種測驗之相異性（或者說相似性），於是運用 MDS 來建立各指標之間的相似性結構。

如前所述，本研究分別在 Williams 創造性思考測驗、發現問題階段、及解題想法提出階段，評量學童的創造性思考能力。爲建立 9 個變量（三種測驗 X 三種指標）在二維概念平面之結構，首先將三種測驗中的流暢性、變通性及獨創性進行多元尺度分析，結果如圖(1)所示。根據變量間之親疏遠近，可用來說明變量之內部關聯性或相似性。圖 1 顯示三項創造性思考指標，在不同測驗中各自形成集群。它告訴我們，相較於各測驗內部指標的相似程度，這三種測驗之間存在較大之相異性。這說明，即使三種測驗都是用來評量學童的創造性思考，但是根據集群之坐落位置，學童的創造性思考能力的表現是與測驗方式、內容相關的。爲驗證結果之正確，另外還用譜系聚類分析法對這 9 個變量進行分析，其結果基本一致。由於 MDS 無法直接用圖形說明各創造性思考指標之特性，接下來，將三種發散性思考指標做同質性分析。

二、流暢性的同質性分析

至於同質性分析（HOMALS）是一種多變量對應分析技術，它是利用改變最小平方（alternating least squares）這個方式，來進行同質性（homogeneity）分析。它的目的是要說明在低維度空間中，兩個以上的名義變數彼此之間的關係。而且這個空間內，還包含變數類別，和那些類別中的個體。一般而言，在圖形中，相同類別中的個體，距離會比較近，而

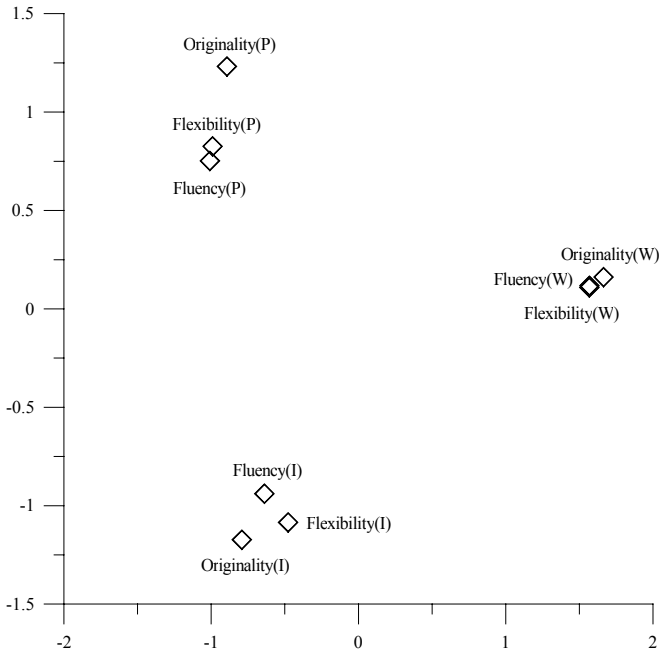

圖 1：多元尺度分析的結果。各指標之相對位置之遠近說明它們關係之親疏。圖中英文字母標題之意義：W：Williams 測驗；P：發現問題能力測驗；I：解題想法提出能力測驗

不同類別中的個體，距離會比較遠，因此，每個個體，都會儘量靠近包含該個體之類別的類別點。本研究利用同質性分析，以圖形的方式，來顯示不同集群、在各個創造性思考指標之間的關係。

先說明流暢性之同質性分析的步驟：

(1)分別利用三種測驗中的流暢性指標依序進行分類，分類方法是 K 平均數集群方法（K-means clustering），該演算法根據所選用的分類指標，找出性質相似的觀察值集群。在分類演算中，必須先指定分類集群數目，考慮到集群分得太細或是太粗都不利於分析，經過試驗後，分類集群數目選爲五，119 位樣本按其流暢性分數之數值結構被分成五個集群。然後計算五個集群在各測驗之流暢性指標平均值，平均值的高低名次用英文字母 A、B、C、D、E 表示，例如 A 表示最優，E 表示最差。

(2)在建立各個樣本所屬的集群後，對三個分類之名義變量進行同質性分析，結果如圖 2 所示。

圖 2 的結果告訴我們，利用流暢性指標作分類（用英文字母標示），Williams 測驗中五個集群的位置分佈，明顯地比較集中，而想法提出能力測驗的五個集群分布則最廣。也就是說，Williams 創造性思考測驗之分類集群其同質性要高於其餘兩種測驗之分類集群。觀察各測驗之 A 集群之位置（A 代表最優），Williams 測驗之 A 集群與其它集群同質性接近，反而與問題提出能力測驗與想法提出能力測驗之 A 集群有較大差異。

三、變通性的同質性分析

利用與 4、2 節中相同的分析步驟，將三種測驗之變通性分類變量進行同質性分析，結果顯示於圖 3。觀察三種測驗之集群分布，發現問題能力測驗之集群分布最廣，Williams

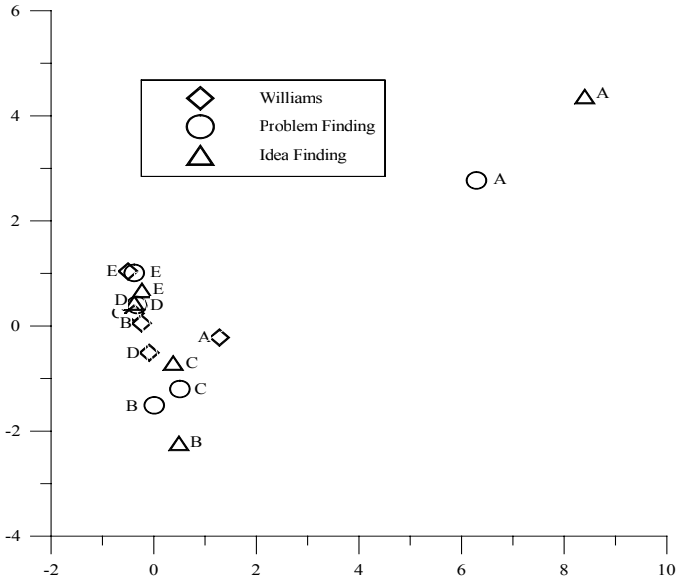

圖 2：流暢性的同質性分析，英文字母表示集群平均值之名次

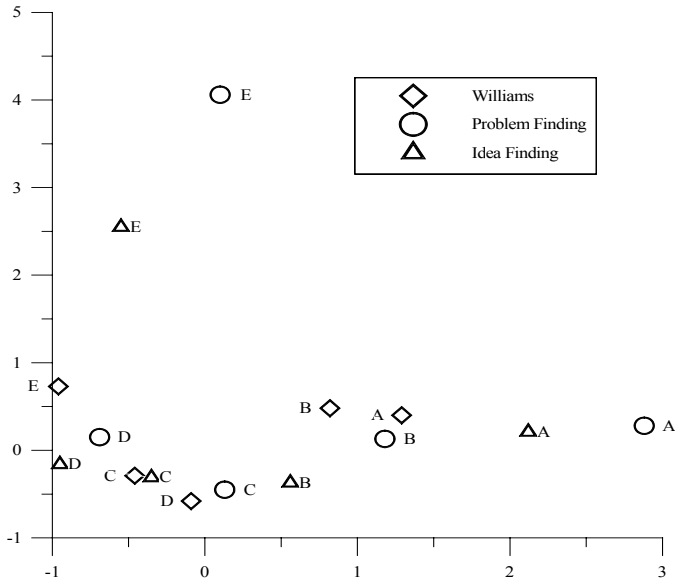

圖 3：變通性的同質性分析，英文字母表示集群之評量等第

創造性思考測驗之集群分布最集中，說明 Williams 測驗之變通性評量無法有效涵蓋其他兩種測驗。這結果基本上與流暢性之同質性分析結果相類似。不同之處是，各測驗之 E 集群（代表最差）顯示出較大差異性，A 集群則次之。

四、獨創性的同質性分析

在獨創性的同質性分析中發現，相對於其

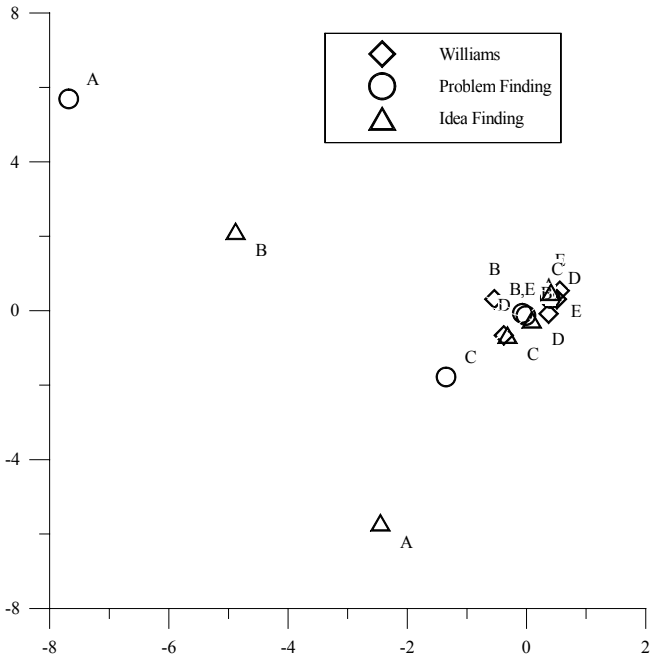

圖 4：獨創性的同質性分析，英文字母表示集群之評量等第

它兩種測驗，Williams 測驗之獨創性分類集群具有相當高之同質性，與前面之分析結果相符合。另外，對發現問題能力測驗與解題想法提出能力測驗之 A 集群進行比較，可發現它們之間相異性非常大。這結果之意義在於，即使排除學科領域相關性這因素，在相同的測驗方式下，不同的測驗內容也可能導致獨創性能力評量出現很大的差異。另外，上述兩種測驗之 B 集群也顯示出相當大的相異性，這與流暢性及變通性之同質性分析中所得的結果不相同。

伍、結果討論

參考 Osborne-Parnes CPS 模式，本研究著重在學童問題發現及解題想法提出兩階段。透過問題發現問題能力測驗、解題想法提出能力測驗、及 Williams 創造性思考測驗，探討在不同領域中，創造性思考的同質性，目的是爲瞭解一般 Guilford 型式測驗在科學領域中的預測效力。爲達研究目的，設計了物理問題題組用來評量學童發現問題與解題想法提出的能力，在蒐集學童的回答後，完全依照 Williams 創造性思考測驗中的評量方式，建立另外兩種測驗中的評分刻度。數據分析方法則採用視覺化的多元尺度方法與同質性分析技術，以利於肉眼的比較。

在多元尺度分析中發現，三種測驗內部之三種創造性思考指標，各自形成三群聚落。這結果說明，創造性思考具有領域相關性，不同的測驗內容或方式可能導致不同結果。由於在創造力研究中，Guilford 型式測驗常被用作評量的工具，或是當作外在關聯效標，因此研究

者必需注意創造性思考之領域相關性，否則可能導致對研究結果的誤判。

爲了更深入探討各項創造性思考指標在三種不同測驗中的同質性，本研究採用同質性分析技術。從流暢性、變通性及獨創性的同質性分析中發現，如果利用 Williams 創造性思考能力測驗中之指標作分類，其集群同質性最高。換言之，Williams 創造性思考測驗是有其侷限性。由於 Williams 創造性思考測驗屬於 Guilford 型式創造力測驗，因此我們可以說，一般 Guilford 型式測驗工具中的各種指標，不但無法對學童的領域創造能力作出正確的判斷，其評量指標設計是否眞的涵蓋所宣稱的評量向度（aspects）也是存在疑問。尤其是在獨創性的同質性分析中發現，如果按照獨創性的評量標準，發現問題能力最優的集群與解題想法提出能力的最優集群竟然顯示出極大差異性，這暗示創造力不但具有領域相關性，測驗內容也可能影響對結果之判斷。總之，本研究的結果說明，領域相關性、測驗方式或測驗內容的不同，有可能造成對學童創造力之誤判。尤其是，國內外許多學者常常仰賴各種創造力評量工具進行相關研究，或是教學評量，對可能出現的誤判，必需審愼爲之。

最後要說明的是，儘管有些學者指出，Guilford 型式創造力測驗中各種發散性思考指標其實是扭曲了創造力的本質。研究結果也偏向支持創造力測驗具有領域侷限性，但是本研究架構的設計僅是探討 Guilford 型式創造力測驗中各種發散性思考指標在不同領域的同質性，也就是說本研究並沒有涉及創造力本質的探討，或是創造力概念的釐清。作者也相信，Guilford 型式創造力測驗還會是許多創造力研究學者的主要工具。對於後續研究，我們可以尋找更合適的數據分析方法來分析高維數據。此外，不妨考慮在 Guilford 理論架構之外，直接從科學問題解決的產品（products）來判斷創造能力，進而探討長期被忽略的創造力與智力之間的相互作用（Plucker & Renzulli），儘管 Torrance（2000）認爲智力與創造力只有 30 % 的重疊。

參考文獻

1. 威廉斯（Williams）**創造力測驗指導手册**，心理出版社。
2. Introduction to the Special Issue: Commemorating Guilford's 1950 Presidential speech. *Creativity Research Journal, Volume 13 Number 3/4 2001*.
3. Bloomberg, M. (1967). An inquiry into the relationship between field independence-dependence and creativity. *The Joumal of Psychology, 67*, 127-140.
4. Cropley, A. J. (2000). Defining and measuring creativity: Are creativity tests worth using? *Roeper Review, 23,* 72-79.
5. Feldman, D. H. (1999). The development of creativity. In R. J. Sternberg (Ed.), *Handbook of creativity* (pp. 169-186). Cambridge, UK: Cambridge University Press.
6. Guilford, J. P. (1950). Creativity. *American Psychologist, 5*, 444-454.
7. Guilford, J. P. (1967). *The Nature of Human Intelligence*. New York: Mc Graw-Hill.
8. Guilford, J. P. (1977). *Way beyond the IQ*. Buffalo, NY: Beady Limited.
9. Guilford, J. P. (1980). Cognitive styles: What are they? *Educational and Psychological Measurement, 40*, 715-735.
10. Hakstian, A. R. (2001-2002). The measurement and prediction of managerial creativity. *Creativity Research Journal, 13, 367-384*.
11. Hocevar, D. (1979). A comparison of statistical

infrequency and subjective judgment as criteria in the measurement of originality. *Journal of Personality Assessment, 43*, 297-299.

12. Isaksen, S. G. (1987). Educational implications of creativity research: An updated rationale for creative learning. In G. Kaufmann and K. Gronhaug (Eds.), *Innovation*: *A cross-disciplinary perspective*. NY: Wiley.
13. Lubart, T. I. (1994). Creativity. In R. Sternberg (Ed.), *Thinking and Problem Solving* (pp. 289-332). Academic Press.
14. Messick, S. (1984). The nature of cognitive styles: Problems and promise in educational practice. *Educational Psychologist, 2*, 59-74.
15. Osborn, A. F. (1953). *Applied Imagination*: *Principles and procedures of creative thinking*. New York: Scribners.
16. Osborn, A. F. (1963). *Applied Imagination (3rd Ed.)*. New York: Scribners.
17. Parnes, S. J. (1967). *Creative behavior guidebook*. New York: Scribners.
18. Parnes, S. J. and Noller, R. B. (1972). Applied creativity: The creative studies project-Part 11. *Journal of Creative Behavior, 6*, 164-186.
19. Parnes, Sidney J, ed. (1992). *Sourcebook for creative problem solving*. Buffalo, NY: Creative Education Foundation Press.
20. Plucker, J. A., & Renzulli, J. S. (1999). Psychometric approaches to the study of human creativity. In R. Sternberg (Ed.), *Handbook of creativity* (pp. 35-61). Cambridge, UK: Cambridge University Press.
21. Pluncker, J. A., & Runco, M. A. (1998). The death of creativity measurement has been greatly exaggerated: Current issues, recent advances, and future directions in creativity assessment. *Roeper Review, 21, 36-39*.
22. Rhodes, M. (1961). An analysis of creativity. *Phi Delta Kappan*, 305-310.
23. Runco, M. A. & Albert, R. S. (1985). The reliability and validity of ideational originality in the divergent thinking of academically gifted and nongifted children. *Educational and Psychological Measurement, 45*, 483-501.
24. Spotts, J. V. & Mackler, B. (1967). Relationships of field-dependent and field-independent cognitive styles to creative test performance. *Perceptual and Motor Skills, 24*, 239-268.
25. Sternberg, R. J. (1985). Implicit theories of intelligence, creativity, and wisdom. *Journal of Personality and Social Psychology*, *49*, 607-627.
26. Sternberg, R. J. (1988). Three facet-model of creativity. In R. J. Sternberg (Ed.), *The nature of creativity* (pp. 125-147). New York: Cambridge University Press.
27. Sternberg, R. J., & Lubart, T. I. (1991). An investment theory of creativity and its development. *Human Development, 34*, 1-31.
28. Sternberg, R. J. (1999). *Handbook of Creativity*, Cambridge University Press.
29. Torrance, E. P. (1962). Can we teach children to think creatively? *Journal of Creative Behavior, 6*, 236-262.
30. Torrance, E. P. (1974). *Torrance tests of creative thinking*: *Norms and technical manual*. Bensenville, IL: Scholastic Testing Service.
31. Torrance, E. P., & Presbury, J. (1984). Criteria of success of 242 recent experimental studies of creativity. *Creative Child Quarterly, 30*, 15-19.
32. Torrance, E. P. (2000). Creativity: An Interview with Dr. E. Paul Torrance By Joseph R. Dunn, Ph. D. Volume I, Number 11, *Psychology Online Journal* (Interview 1, November,

2000).
33. Treffinger, D. J., Renzulli, J. S. and Feldhusen, J. F. (1971). Problems in the assessment of creative thinking. *Journal of Creative Behavior, 5*, 104-112.
34. Wallas, G. (1926). *The art of thought*. New York: Franklin Watts.

附件（一）

物理問題解決思考特性問卷

_____國小___年___班 性別____姓名_____座號：_____

一.小華將木塊置於斜板上，讓木塊由斜板滑下。

1.你認爲決定木塊離開斜板可以滑多遠距離的原因有那些？任何你想到的原因都可以寫出來，不用考慮是否正確。例如，1.木塊的重量 2.…..等。（要標上號碼，寫出越多項越好）。

答：_____

2. 在第 1 題你寫出的答案之中你認爲那一些是最重要的原因？例如，我認爲木塊的重量….等最重要。

答：_____

3. 針對在第 2 題中你寫出重要的原因，你有什麼讓木塊滑最遠的方法？請寫出（要標上號碼，寫出越多項越好）？例如，1.拿很重的木塊來 2.……等。

答：_____

二.大明因參加學校的電動船競賽，要製造一艘電動船，比賽規定這架電動船的動力是利用電動小馬達（用電池驅動的小馬達），比賽誰的船在水中能最快到達終點。

1. 你認爲大明如果要獲得第一名，他製造電動船時應考慮到的問題有那些？任何你想到的問題都可以寫出來，不用考慮是否正確。例如，1.船的大小 2.…..等。（要標上號碼，寫出越多項愈好）。（要標上號碼，寫出越多項愈好）。

答：_____

2. 在第 1 題你寫出的答案之中你認爲那一些是最重要的問題？例如，我認爲船的大小….等最重要。

答：_____

3. 針對在第 2 題中你寫出重要的問題，你有什麼解決的方法？請寫出（要標上號碼，寫出越多項愈好）？例如，1.把船作的小一點 2.……等。

答：_____

附件（二）

問題解決測驗第一題：發現問題階段「獨創性」評分刻度

分數	類別
5分（2%以下） ※獨創性評分方式是按照 Williams 創造性思考測驗手冊之評分方式進行。	A 木塊之面積 B 木塊密度、慣性、有無附加物於木塊上 C 木塊之材質、木塊的乾濕 D 有無外力 E 木塊放置之位置、木塊之高度、木塊之角度 F 斜板之形狀 H 斜板之摩擦力、斜板之材質 I 地板材質、地板上是否有水、木塊與滑行道之摩擦力 J 斜板堅固嗎？、斜板周圍有圍著嗎？、木塊滑行路徑、空氣阻力、木塊與斜板之間的摩擦力、木塊是否有加裝輪子、外加的輪子滑嗎？置於何處？（地球或是月球）、木塊是否有裝上加速的道具、風向、風的強弱、木塊下滑的初始速度、斜板有沖水嗎？ K 在表上尚未出現的答案
3分（2%至4.99%）	D 施力的大小 F 斜板之長短 I 滑行道的平滑度 J 木塊與斜板之間的摩擦力
0分（5%以上）	A 木塊之形狀（木塊之長短）、木塊之大小（木塊之體積） B 木塊之輕重 C 木塊之光滑度 G 斜板之傾斜度 H 斜板表面之光滑度

附件（三）

問題解決測驗第一題：發現問題階段「變通力」評分刻度

A 木塊之外型	木塊之面積、木塊之形狀(木塊之長短)、木塊之大小（木塊之體積）
B 木塊之重量	木塊之輕重、萬有引力、木塊密度、慣性、有無附加物於木塊上
C 木塊之表面狀況	木塊之光滑度、木塊之材質、木塊的乾濕
D 是否施力於木塊	有無外力、施力的大小
E 木塊位於斜板之初始位置	木塊放置之位置、木塊之高度
F 斜板之外型	斜板之長短、斜板之形狀
G 斜板之角度	斜板之傾斜度
H 斜板之表面狀況	斜板表面之光滑度（斜板之摩擦力）、斜板之材質
I 離開木板後滑行道之狀況	滑行道的平滑度、木塊與滑行道之摩擦力、地板材質、地板上是否有水
J 其他	斜板堅固嗎？、斜板周圍有圍著嗎？、木塊滑行路徑、空氣阻力、木塊與斜板之間的摩擦力、木塊是否有加裝輪子、外加的輪子滑嗎？置於何處？（地球或是月球）、木塊是否有裝上加速的道具、風向、風的強弱、木塊下滑的初始速度、斜板有沖水嗎？

附件（四）

問題解決測驗第一題：解題想法提出階段「獨創性」評分刻度

分數	類別
5 分（2％以下） ※獨創性評分方式是按照 Williams 創造性思考測驗手冊之評分方式進行。	A 球型之木塊、接觸面積小一點之木塊（細長形狀）、大小適中之木塊、能平衡之木塊、流線型之木塊 B 輕重適當、小又重之木塊（密度大之木塊） C 木塊之材質、磨平木塊之表面、木塊加保鮮膜，然後再抹油 D 將斜板作成 U 字型不斷沖水、用電風扇吹、用橡皮筋彈出去、用手推、加彈射裝置 E 木塊放置於斜板最高處 F 斜板作成 U 字型、斜板作寬一點 G 角度適中、估算後決定、直接指定某一角度 H 以不同材質製造斜板（鐵板、玻璃、壓克力等）、儘量減少斜板之摩擦力、加洗碗精、黏包裝紙 I 選擇較滑之滑行道、滑行道之加工（打蠟、抹油等）、排除滑行道障礙物、以不同材質製造滑行道（玻璃、壓克力等） J 斜板上放置許多木塊、以小馬達帶動木塊之輪子、將木塊之輪子抹油、讓木塊順風滑行、斜板周圍圍起來（防止木塊中途掉落）、將球型木塊置於 U 型斜板中不斷沖水、木塊加裝火箭、斜板與木塊間完全不能摩擦、木塊裝加速器、木塊下放小推車 K 在表上尚未出現的答案
3 分（2％至 4.99％）	A 大一點之木塊、小一點之木塊 B 較輕之木塊（防止斜板斷裂）C 光滑之木塊 D 施力愈大愈好 F 斜板作長一點 H 抹油或潤滑劑於斜板 J 將木塊加裝輪子
0 分（5％以上）	A 圓形之木塊 B 較重之木塊 G 斜板之傾斜度愈大愈好 H 取較滑斜板

附件（五）

問題解決測驗第一題：解題想法提出階段「變通力」評分刻度

A 木塊之外型	圓形之木塊、球型之木塊、接觸面積小一點之木塊（細長形狀）、大一點之木塊、小一點之木塊、大小適中之木塊、能平衡之木塊、流線型之木塊
B 木塊之重量	較重之木塊、較輕之木塊（防止斜板斷裂）、輕重適當、小又重之木塊（密度大之木塊）
C 木塊之表面狀況	木塊泡水、木塊底面抹油、磨平木塊之表面、光滑之木塊、塗粉於木塊底部、將木塊上漆、木塊加保鮮膜，然後再抹油
D 是否施力於木塊	施力愈大愈好、將斜板作成U字型不斷沖水、用電風扇吹、用橡皮筋彈出去、用手推、加彈射裝置
E 木塊位於斜板之初始位置	木塊放置於斜板最高處
F 斜板之外型	斜板作成U字型、斜板作長一點、斜板作寬一點
G 斜板之角度	斜板之傾斜度愈大愈好、角度適中、估算後決定、直接指定某一角度
H 斜板之表面狀況	取較滑斜板、儘量減少斜板之摩擦力 抹油或潤滑劑於斜板、用砂紙磨斜板、在斜板上加肥皂或肥皂水、塗粉於斜板上、塗油漆、以鐵板作斜板、以壓克力作斜板、以玻璃作斜板、加洗碗精、黏包裝紙
I 離開木板後的滑行道之狀況	選擇較滑之滑行道、滑行道打蠟、滑行道塗油、滑行道塗肥皂、塗粉於滑行道、排除滑行道障礙物、用玻璃製成滑行道、用壓克力成滑行道
J 其他	斜板上放置許多木塊、將木塊加裝輪子、以小馬達帶動木塊之輪子、將木塊之輪子抹油、讓木塊順風滑行、斜板周圍圍起來（防止木塊中途掉落）、將球型木塊置於U型斜板中不斷沖水、木塊加裝火箭、斜板與木塊間完全不能摩擦、木塊裝加速器、木塊下放小推車

附件（六）

問題解決測驗第二題：發現問題階段「獨創性」評分刻度

分數	類別
5 分（2%以下） ※獨創性評分方式是按照 Williams 創造性思考測驗手冊之評分方式進行。	A 船是否爲流線型、船頭的形狀、船的弧度、船的寬度與長短、船底的結構 B 重量與體積的比例（密度）、船能負荷裝備之重量 D 馬達的數量、馬達是否能與船匹配、馬達螺旋槳的大小、馬達的穩定性（容易壞嗎？）、馬達的重量、馬達的耗電量、馬達的線圈數、馬達的防水性 E 電池的數量 F 比賽的場地、氣候、是否順風 G 船是否堅固（是否會進水）、船的平衡（會不會翻船）、船有設置風帆嗎？、船行徑方向的控制、經費、船的浮力、船的平衡（會不會翻船）、船有設置風帆嗎？、船行徑方向的控制、經費、船的浮力、船的速度、有槳嗎？、驅動系統的好壞？、事先有無經過測試、組裝的品質、船的阻力、有沒有事先練習？、有沒有事先經過設計？
3 分（2%至 4.99%）	C 製作船的材料 F 水的阻力（水波大小） G 船是否堅固（是否會進水）
0 分（5%以上）	A 船的形狀、船的大小（體積） B 船的之輕重 C 馬達的馬力 C 電池電力的強弱（電力是否能使馬達發揮最大的功能）

附件（七）

問題解決測驗第二題：發現問題階段「變通力」評分刻度

A 船之外型	船的形狀、船是否爲流線型、船頭的形狀、船的弧度、船的寬度與長短、船的大小（體積）、船底的結構
B 船之重量	船的之輕重、重量與體積的比例（密度）、船能負荷裝備之重量
C 船之材質	製作船的材料
D 船之馬達	馬達的數量、馬達是否能與船匹配、馬達的馬力、馬達螺旋槳的大小、馬達的穩定性（容易壞嗎？）、馬達的重量、馬達的耗電量、馬達的線圈數、馬達的防水性
E 電池	電池電力的強弱（電力是否能使馬達發揮最大的功能）、電池能使用的時間、電池的重量、電池防水、電池的數量
F 比賽的外在環境	比賽的場地、是否順風、氣候、水的阻力（水波大小）
G 其它	船是否堅固（是否會進水或故障）、船的平衡（會不會翻船）、船有設置風帆嗎？船行進方向的控制（操控性）、經費、船的浮力、船的速度、有槳嗎？驅動系統的好壞？事先有無經過測試、組裝的品質、船的阻力、有沒有事先練習？有沒有事先經過設計？

附件（八）

問題解決測驗第二題：解題想法提出階段「獨創性」評分刻度

分數	類別
5 分（2%以下） ※獨創性評分方式是按照 Williams 創造性思考測驗手冊之評分方式進行。	A 船頭的形狀要尖、大小作的剛好、先研究何種形狀船的阻力最小再決定、船尾形狀的設計能讓水流快速流過 B 船重一點（較不會翻船）、重量作的剛好 C 堅固的物質造船、防水的物質造船、以竹片作船、以保力龍作船、以帆布作船 D 馬達裝兩顆、選輕一點的馬達、馬達之抗水性要好、馬達的耐熱性要好、選低耗電性之馬達 E 可充電的電池（由馬達充電）、選輕一點的電池、選防水電池 F 視比賽的環境決定船的外型、若是風大的比賽場地，要減少船的風阻、使水的阻力最小、船作上蓋（防下雨） G 裝風帆、裝風帆在其後加小電扇、先考慮船與馬達的匹配與否、裝尾舵以控制船的方向、以砂紙使船底光滑、作船槳以利加速、先作實驗再進行補強、準備完整的維修工具、先進行精密的設計、經費充足、透過操控，讓船順風而行、問專家的意見
3 分（2%至 4.99%）	A 船作成爲流線型、船的作大一點（防止翻船） D 把馬達的轉速調至最快、盡量使船平衡、賽前做好檢查維修
0 分（5%以上）	A 船的作的小一點 B 船輕一點 C 用最輕的物質造船 D 電池電力強

附件（九）

問題解決測驗第二題：解題想法提出階段「變通力」評分刻度

A 船之外型	船的作的小一點、船作成爲流線型、船頭的形狀要尖、船的作大一點(防止翻船)、大小作的剛好、先研究何種形狀船的阻力最小再決定、船尾形狀的設計能讓水流快速流過、
B 船之重量	船輕一點、船重一點（較不會翻船）、重量作的剛好
C 船之材質	堅固的物質造船、防水的物質造船、用最輕的物質造船、以竹片作船、以保力龍作船、以帆布作船
D 船之馬達	選動力強的馬達、馬達裝兩顆、選輕一點的馬達、把馬達的轉速調至最快、馬達之抗水性要好、馬達的耐熱性要好、選低耗電性之馬達
E 電池	電池電力強、可充電的電池（由馬達充電）、選輕一點的電池、選防水電池、準備許多電池、準備許多電池
F 比賽的外在環境	視比賽的環境決定船的外型、若是風大的比賽場地，要減少船的風阻、使水的阻力最小、船作上蓋（防下雨）
G 其它	裝風帆、裝風帆在其後加小電扇、先考慮船與馬達的匹配與否、裝尾舵以控制船的方向、以砂紙使船底光滑、盡量使船平衡、賽前做好檢查維修、作船槳以利加速、先作實驗再進行補強、準備完整的維修工具、先進行精密的設計、經費充足、透過操控，讓船順風而行、問專家的意見

Homogeneity Analysis of a Divergent-Thinking Test

Woei-Yun Ho
Department of Physics and Geosicence, National Pingtung Teachers College

Abstract

Divergent thinking is regarded as the core theory of creativity. Various tests of creative thinking, based on the theory of divergent thinking, have been developed in the past decades. They have been used in a wide range of creativity research. The purpose of this study is to explore the homogeneity of divergent thinking in the Williams' creative thinking test, problem-finding test and idea-finding test. Visualization techniques were employed to provide a perceptual map to get insight into relationships among those tests. This study concludes that the divergent-thinking test is highly domain dependent and the explanation of the so-called Guilford-style test should be restricted to its own design content. Otherwise, misjudgment of creativity could occur.

Key words: Divergent Thinking, Problem Solving, Problem Finding, Idea Finding.