

大學生數理科學領域創意成就及其錯誤因應策略之關係

陳柏霖* 林偉文**

摘要

本研究旨在探究大學生數理科學領域創意成就與錯誤因應策略的關係。研究採用問卷調查法，以大專院校學生共556人為對象，經描述統計、多變量變異數分析。研究結果：(1) 在錯誤因應策略三個分量表中，學生在「錯誤中學習」得分最高。(2) 一年級在「數理、自然應用與生命科學」領域創意成就表現上，高於二年級。(3) 高分組「數理、自然科學及生命科學」領域創意成就在「錯誤中發現」有顯著高於中分組和低分組，而低分組「數理、自然應用與生命科學」領域創意成就在「逃避」上顯著低於中分組。本研究根據結果，對數理科學領域與未來研究提出建議。

關鍵詞：創造力、錯誤因應策略、數理科學領域創意成就、錯誤中學習、錯誤中發現

責任編輯：楊龍立

投稿日期：2011年4月7日，2011年6月29日修改完畢，2011年12月1日通過採用

*陳柏霖，國立政治大學教育學系博士候選人，E-mail: 97152516@nccu.edu.tw

**林偉文，國立臺北教育大學教育學系暨教育創新與評鑑碩士班副教授

壹、緒論

近年來，國內興起一股創造力的熱潮，自教育部推動「創造力教育中程計畫」以來，現今大學校園不斷舉辦各種創意展現活動，使大學生在各領域展現創意。如何幫助大學生在創造歷程中，透過嘗試錯誤的歷程，在創意成就上呈現良性循環，顯得重要。換言之，大學生在創造的歷程中，創作的失敗經驗是無法完全避免，所以容忍錯誤與失敗更顯得極為重要。如何在學校的學習階段，就積極地藉由教學活動提高他們的錯誤因應能力，引導學生提出有意思的問題，從而進行有創意的解答，同時記錄與反思，隨時進行意義的建構（溫肇東，2006）。

而大學生在創造歷程中，是如何面對錯誤呢？而錯誤要如何因應呢？尤其數理科學領域創意成就在錯誤因應策略的程度有什麼不同呢？

在回答上述問題之前，我們先從名人案例論起。義大利曠世奇才達文西（Leonardo de Vinci, 1452-1519），由於從小對週遭世界充滿好奇，造就他不僅是位畫家，更是位傑出的詩人、建築師、數學家、音樂家、軍事家、哲學家與發明家等，其一生充滿許多「創舉」，例如：第一位解剖人體結構藝術家、率先發現地球並非太陽軌道中心等。達文西在創意過程中，容忍錯誤，從錯誤和逆境中學習，向「反面教材」學習，並從錯誤中發現，激發出更多不同領域的創新與想法（袁長瑞，2007；劉蘊芳譯，1999）。而美國著名的物理學家費曼（Richard Phillips Feynman, 1918-1988）於一九六五年獲得諾貝爾物理獎。他有一個特質，就是勇於認錯，把錯誤的經驗轉化成正面之力量，跳脫自我的框架，從錯誤中發現（吳程遠譯，2005）。創意大師de Bono名言：「寧可有許多其中有些錯誤的點子，總比一直對，卻沒有點子好（李分明與莊耀輝，2008）。」

在Torrance（1993）一份跨越三十年的縱貫研究中發現，高創造力的個人通常擁有十個共同的特徵：喜愛深度思考、容忍錯誤、喜愛自己工作、具有清楚目標、樂於工作、成為一個少數份子感到自在、與眾不同、不圓滑、具有使命感、有勇氣創新等，可見容忍錯誤是創意發想的重要歷程之一。Einstein曾言：「從未犯錯的人就是從未嘗試任何新事物的人」。有創意的人比墨守成規者會犯更多錯誤，遭遇更多失敗，這表示他們的組織，認同錯誤，更勇於接受創新的嘗試（Lindquist, 2007），有更好的點子，有更多的可能性。所以如何看待錯誤所帶來的失敗是創新的關鍵。Edison曾說：

「我沒有失敗，我只是找到一萬種無效的方式。」因此有創意的人，視錯誤為成功之母，更視錯誤為獲得創新和突破的重要方法（王溢嘉，2005）。而吳靜吉與林偉文（2004）提到，允許錯誤其意為容忍並鼓勵「智慧型的失敗」，也就是從失敗中學習，創造出向前的動力。其實，在創意的過程中，會遇到錯誤（mistakes），每一個人對於錯誤的因應策略皆不同，有的人害怕錯誤，容易功能性固著（functional fixation）或習得無助感（learned helplessness），害怕遭受責備，選擇放棄（鄭明宣譯，1999）；而有的人，面對錯誤，可以透過不斷的嘗試錯誤來獲得相關的學習（Bickhard, 2005; Mullins, 2007; Yeung, Ulrich, Nason, & Glinow, 1999）；而更有創意的人，改變現狀，開啟新的可能，將錯誤視為另一種發現，終而成為該領域的成就者。

過去，創造力的研究多將焦點放在「從問題解決的心理歷程來說明創造力的產生」，但多數研究忽略創造力的產生歷程，不可能是一帆風順，會有錯誤之發生。此時，錯誤的因應顯得重要，有的人能發現其他人所未見的，在一堆龐雜問題中，挑出一小塊可以先解決的部份，從錯誤中修正計畫，達成目標；還有些人則重新界定問題，在一個已知的問題中，發掘出隱藏的細節，從中有所新的發現（林宜瑄譯，2006）。本研究基於上述動機，擬探討數理科學領域創意成就者在錯誤因應策略的表現為何？

目前，國內對於在數理科學創造歷程中，錯誤因應的研究，仍缺乏，所以研究者試圖對大學生數理科學領域創意成就在錯誤因應策略的差異，希冀有更深入的了解，以豐厚創造心理學的內涵與發展。本研究期待所提出之實徵資料，對於數理科學領域創意成就與未來研究提出建議與參考。根據上述研究動機，本研究之研究目的如下：

- 一、探究大學生在數理科學領域創意成就與錯誤因應策略之現況。
- 二、探究不同程度數理科學領域創意成就之大學生在錯誤因應策略上的差異。

據此，本研究嘗試透過問卷調查方式，瞭解大學生數理科學領域創意成就與錯誤因應策略的關係。以下茲探討領域創意成就的定義、測量及錯誤因應策略的定義、內涵。

一、領域創意成就

（一）創意成就的定義

本研究參卓Carson、Peterson及Higgins（2005）的定義，提出本研究「領域創意成就」的定義。所謂的領域創意成就（Creative achievement），意指個體一生中，截至大學階段為止，在各領域受到個人、社會或文化認可之創意相關的成就，這些創意成就可能是接受專業訓練、找到解決方法或作法令人讚賞，如同Kaufman與Beghetto（2009）所提到的小創造力（Little-c）與迷你創造力（Mini-c）。

（二）創意成就的評量

Carson等人（2005）分類提出，創意成就評量的類型如下：

1. 成就的指標（markers of eminence）：創意成就可使用一個單一的榮譽、獎項或是特定領域中卓越的次數，作為評量的卓越指標。早期，Ellis（1926）曾使用國家傳記字典的詞條，測量1,030位英國傑出人物。亦有研究者使用各領域卓越成就指標的數目測量。例如：Colangelo、Kerr、Hallowell、Huesman及Gaeth（1992）運用獲得專利的數目，作為知名發明家的卓越指標；而Simonton（1980）則計算已逝作曲家錄製的曲子數目作為卓越的測量。
2. 專家或非專家的評量（ratings by experts and nonexperts）：MacKinnon（1962）在其建築創意力研究中，邀請五位建築領域專家，提名最具有影響力的當代建築師。此外，研究者以非專家的評量，來評定創意的指標，例如Ludwig（1992）分析1,006位在十九種不同專業領域中，評量已故傑出人才的創意成就量表，並對一些非專家評分者進行訓練，利用量表的標準，並根據傑出人才的傳記資料，來評定卓越的成就者。
3. 自陳式量表（self-report inventories）：Hocevar和Bachelor（1989）認為自陳式量表為測量創意成就及創意天份最容易的方式，此量表大部分要求受試者勾選各種領域的創意成就項目。Torrance（1972）在一項測量擴散性思考測驗的長期研究中，設計一份測量中學生在學校創意成就的質與量，以期在縱貫研究上能預測。受試者列出十五個活動中已完成的次數，此為「量」的成績，並請他們從中挑選出三項重要的創意成就，此成就由

訓練過的實驗者依十分等級評分，此為「質」的成績。Holland和Nichols（1964）根據大一生選出的成就，設計一個跨越六個領域的量表，包含領導能力、科學、表演藝術、文學、音樂及美術領域，每項成就分為一般的或少見的，從每個領域計算兩個分測驗的成績。張世彗（2011）指出，自陳創造性活動或成就表現，也是一種評定創造力高低的方法。

目前國外以Carson等人（2005）針對大學生所編製的創意成就量表，作為測量工具，Weisberg（2006）在《創造力：理解創新在解決問題、科學、發明及藝術》（Creativity: Understanding innovation in problem solving, science, invention, and the arts）一書中，提到關於〈創造力的評量〉（Measuring the capacity think creativity）亦列舉該量表內容。其實Weisberg（2006）指出，評量創意並無一定的標準模式，所以創意成就在建築、寫作、繪畫、詩或科學等領域方面的評量皆有所不同；然而Lubart認為，即使量表是以客觀標準為基礎，但自我評量中個體活動報告的主觀性仍然相當高（蔣國英譯，2007）。尤其是一些諸如社會期待，或者是正好相反如受試者過於謙遜的態度所造成主觀性偏誤，但自評量表卻是最簡單評量的方法，同時可以測量各領域的創意成就表現。Carson等人提出，自評量表能辨識單一領域的成就和跨領域在個別差異或團體的差異，使其形成整體成就的指標。自評量表雖有限制，但是自評量表對自己瞭解的程度，比任何人都來得深入，知道自己的特質，以及在各個領域的創意成就程度，是辨識個人創意成就最好的方法，而且基於某些經濟的考量，所以能在有限的人力和物力下測得，產生這個成就。

本研究將透過自陳式量表來測量領域創意成就，由於創意成就量表是基於在不同領域中和創意相關事件的自我評量，其有兩種類型，一種是創意成就的自我評定，另一種是客觀成就的評量，希望藉由客觀成就評量，降低其主觀的影響。

（三）創意成就的相關研究

創意成就會因領域、年齡而有所影響（郭有遙，1994；陳昭儀，2006；Amabile, 1997；Feldman, 1999；Helson & Pals, 2000；Piirto, 1991；Simonton, 1975；Sternberg, 1999）：相關研究指出，數學與科學領域的創意成就者，在年輕時即能展露頭角，而文學領域的創意成就者，其高峰期約在晚期，所

以理論物理學家的平均年齡都較其他領域年輕，也較早明朗化；而文學家與哲學家的創意成就高峰期約在五、六十歲，因此創造力的巔峰時期和領域有關；更會因每個領域中生涯起始點，也就是第一個創作成品時間的不同而有差異。

創意產品的產量會影響創意成就（郭有通，1994；Simonton, 1984, 1988, 1999）：相關研究說明，創造作品的產量越多，從事研究思考的時間也越長，與世界學術的接觸面也比較廣，其從失敗中得到教訓的次數也較多，因此產生高品質的產品之可能性也比較高。

其實，創造是一個歷程與階段，在創造歷程中著重於思考，由意念的萌生至概念形成。其間的歷程包括對錯誤的方式，發現問題、尋求解決方案、最佳處理辦法的尋獲、評估、驗證及發表、溝通與應用（Amabile, 1996），而影響創意成就。尤其，在創意成就的過程中，有一段創造歷程，必須經歷孤寂、苦思的過程，其中會伴隨遭遇到許多錯誤，有人能從錯誤中，思考錯誤的因應，找出錯誤的原因，達成訂定的目標；而有的人在錯誤中，忍受曖昧不明，突破規範、功能固著的限制，彈性變通原有的產品，跳脫原有的思考，創造出新的產品，達到成就。

在創造的歷程中，個人必須獨自忍受他人異樣眼光的孤獨，但是若能將錯誤視為瑰寶，化錯誤為助力，從錯誤或失敗中獲得學習，甚至是迸發出豁然開朗的頓悟，從中發現，皆會影響創意成就的展現。根據上述文獻，在創造的歷程中，有一段似是而非的模糊階段，個人面對錯誤，是胸有成竹，還是一揮而就呢？或是嘗試錯誤，積極因應呢？甚至是消極因應，選擇逃避呢？

二、錯誤因應策略

錯誤因應策略（Strategies for coping with mistakes）在本研究分為「錯誤中學習」和「錯誤中發現」以及「逃避」三種。所謂的「錯誤」，意指結果與預期有所落差，在某一事件之過程中，無法達到目標之失敗，或是不能正常的執行一種功能，遭到失敗。

Langer認為個體之所以對於犯錯厭惡，乃是根植於對計畫的信念，期望毫無偏差地執行原定計畫，但其實，錯誤卻能提供原本可能不會發現的選擇（顏湘如譯，2006）。在《科學發現邏輯中》，Popper提到：在更多犯錯的

機會下，最後犯較少錯誤的理論便是較好的理論。給與理論犯錯的機會，而不是讓它避免錯誤（顏湘如譯，2006）。「錯誤」意指結果與預期有所落差，在某一事件之過程中，無法達到目標之失敗，或是不能正常的執行一種功能，遭到失敗。依據上述研究，個體面對錯誤可能有很多種因應策略，個體因應錯誤的策略，亦可能影響其創意成就，因此，探究個體在創造歷程中的錯誤因應策略將有其意義。

從日常生活經驗論述，當人遇到錯誤，可能會有兩種反應，一種是消極性的反應：可能是放棄，選擇逃避；另外一種是積極性面對錯誤：一般來說，會思考錯誤的原因，從中調整修正達到設定的目標，從錯誤中學習；此外，過去創造的案例也顯示，個體不只從錯誤中記取教訓，還會從錯誤中有所發現，例如Silver在3M公司時，發明一種獨特、可簡單除去或重新貼上的黏貼劑，但發明之後並未受到好評；然而Art Fry的靈光一閃，加以改良，發明與原來計畫不一樣的產品，而深受好評，即是無心插柳柳成蔭的成功產物誕生。當人從錯誤中學習外，會從中發現新的可能性，另闢蹊徑，而有新的發現。

（一）錯誤中學習

什麼是錯誤中學習呢？個體在面對錯誤時，有的人可能會先澄清錯誤，思考自己的錯誤到底出在那裡，然後再調整修正自己的目標，運用不同的方法去改變，想想看有什麼方法，達成設定的目標，從錯誤中記得教訓（Carson & Langer, 2006）。當問題解決或創造者，因為某些問題出錯，無法達成自己的目標，可能先澄清失敗的原因，確定問題的性質，提出可能的解釋方案，調整修正問題，改變自己的認知，記取錯誤的經驗，達成目標。陳柏霖（2009）歸納，在決策的過程中，即使遭遇錯誤，如何看待錯誤的過程，妥善運用資源，從中試著推論與記取教訓，將有助於錯誤中學習。

本研究將「錯誤中學習」定義為，指個人在遇到問題或困境時，能夠從中澄清問題，調整與改變，循著已訂定的目標，實際解決，記取錯誤的教訓，因而達到預定之目標。當個體面臨可能危及目標的困境時，個體能夠從環境中找到協助資源，或透過調整與修正來因應。學習者面對錯誤或與原先目標有違背時，會從計畫、任務目標中，用正向思考的觀點，首先澄清錯誤，澄清目標是有意義和具策略性的；再則，調整修正表現或意志的控

制，個體為求達到目標有計畫地自我發展思想、情感及行動的循環調整過程，在學習過程中具有監督、控制、調整自己的認知、動機、行為、情境的可能性；之後，會依不同的學習情境來改變調整策略的使用（Zimmerman, 2000），學習者在學習過程中會依據目標的標準決定行為的是否繼續或改變（Pintrich, 2000）；最後，記取教訓，也就是說，釐清是否因目標的設定、行動的控制、學習策略之因素，所造成的學習失敗，再從各因素作學習上之調整，解決其中問題，改變學習速度、把疑惑的地方弄清楚等的思考與行為，調整自我學習（李分明與莊耀輝，2008；桂慶中與劉炳輝，2002；Pintrich, 1995, 1999；Zimmerman, 1998）。

植基上述，個人在面對錯誤時，在不違背與原先設定的目標下，懂得改變方法，調整原來的策略，而達到目標的設定，並且記取教訓。研究者根據此內涵，以「記得」、「注意」等關鍵字，編製「錯誤中學習」情境題目。然而，在錯誤的因應方面，有的不僅錯誤中學習，還在錯誤過程中，有不一樣的想法，從中有新的發現，第二部分將加以探討。

（二）錯誤中發現

有些人從錯誤中學習，達成原先設定的目標；但是否所有人都如此呢？我們發現，有的人從錯誤中，能有新的發現，造就新的可能，例如丁肇中、Art Fry、Bob Metcalfe（乙太網路之父）、Da Vinci、Feynman、Fleming、Frederick W. Smith等人，這些發明家在靈光一閃的情況下，發現原先所設計的產品，雖然產生錯誤，但是靠著背景知識或創造思考等基礎，發現有不一樣的用途，而改變原先的目標，發現新的可能。例如Langer（2005）提到，一九四五年，一名海軍工程師James負責為軍隊測試彈簧。某次實驗中，有個彈簧雖做壞了，但是James將它帶回家交給妻子，妻子對這個彈簧產生幻想，沒想到卻造就新的玩具，提供原本可能不會發現的選擇。而Burke（1995）在其連結理論（theory of connections）中，強調偶然發現及意外事件。他舉出如奎寧（quinine）、染色（dye），以及電磁鐵（electromagnet）作為一件事卻引起另一件事的發現，其關鍵因素是能相互連接，一個與另一個相互連結，往往促成重大的創新及結果（Runco, 2007）。Dietrich（2004）提出如Watson和Crick發現DNA對愛迪生的發明，以及Bach的布蘭登堡協奏曲，這些創意工作皆是辛勤的嘗試和錯誤的結果所形成的。李分明

與莊耀輝（2008）指出，創意者在解決問題時，並不特別倚重數學工具，如統計圖表等，他們在進行計畫時，使用一般的科學知識，喜歡動手做，從嘗試錯誤中獲得創意，甚至後來亦導致科學的重大發現。如同林偉文（2011）提到，任何的創造都需要對問題的深度理解，並且能從不同觀點來理解問題，需要進行深度的觀察、資料蒐集與應用相關知識。上述的案例說明，這些人在錯誤中，發現新的可能性，甚至創造新的產品，Sutton認為錯誤就是種新發現（徐鋒志譯，2002）。當遭遇錯誤時，個體會回憶已學習過的經驗，結合且運用先前所學的規則去解決新奇的情境，以獲致解決的過程，然而需要進行哪些思考，才能思索新近的導引，產生新的發現，新的可能性呢？

以往研究創造性問題解決的學者（如Parnes, 1966; Wallas, 1926）發現，如果要在解決問題中，強調突破性創造，需要重新界定問題，或在解決問題困境中產生頓悟，所謂的頓悟是一種看東西的新方法，對目前所發生的問題，有其幫助與瞭解，例如運用倒推法、尋找可借鏡的類似問題、改變原來問題等方式，進行擴散式思考，從中發現新的可能。歷史上，眾多的發明家例如Bell、Da Vinci、Feynman、Fleming等，皆是在錯誤修正中發現新的可能，而導引出新產品。Franklin曾言：「人類的錯誤史，從整體來看，比他們的發現更有價值、更有趣；錯誤有無窮的多樣面貌（劉燕芬譯，2011）。」

尤其個體在遭遇錯誤時，能從中思考其他的可能性，另闢蹊徑，而有新的發現或發明，例如人在解決問題時，看到某種知識對該問題的相關性，亦即把不相干知識從相關中去除，以及將過去的事情與現在的情況做類比，把各種關係不明的知識結合在一起（Ward, 2007），運用擴散性思考探索不同想法及答案的過程，從不同的角度去理解某概念，從一個初始概念跳脫，而去嘗試另一些新線索的能力，發展出新的產品，本研究稱為「錯誤中發現」。

綜合上述，歸納出錯誤中發現可能的內涵，包括「重新界定問題」、「頓悟」與「擴散性思考」。在錯誤中發現的策略下，個體一開始需發掘錯誤的問題，雖然對錯誤百思不解（或暫時擱置，然潛意識仍在繼續思考），作了各種猜測與假設後，開始重新定義問題，從中對錯誤有豁然開朗的想法（瞭解錯誤解決之可能關鍵），以及試驗猜測假設（瞭解是否可行，並加以組合）。最後，藉由檢視創意產品的產出時，看其是否有達到流暢性、變

通性、獨創性、精密性、實用性與正當性，作為整體創造產品的評量標準（Torrance, 1996; Ward, 2007）。

另外，遇到錯誤可能有「放空」、「歸零」的狀況，本研究歸類在錯誤中發現，這種狀況如同Carson與Langer（2006）所提到，在用心（mindfulness）下的錯誤，可能從用心中有不同的發現，如Langer（顏湘如譯，2006）在《學學藝術家的減法藝術》（On becoming an artist: Reinventing yourself through mindful creativity）一書中提到的相關事例。

（三）逃避

誠如本部分最先提到，一般人在面對錯誤，是如何因應呢？除了前述文獻所提到積極性的錯誤因應外，例如錯誤中學習和錯誤中發現，是否可能還會有其他的錯誤因應呢？例如消極性的錯誤因應策略。個體在創造歷程中，有的人可能為避免失敗或怕被認為沒有能力，因而以否定或放棄的方式，逃避新的解決方法，不願意錯誤中思考。本部份將探討何謂逃避？逃避是什麼？

逃避就是，當個人遇到錯誤時，可能會否認、曲解、扭曲現實，將已發生的不愉快經驗加以否定，拒絕接受它們已發生或已存在的事實，並且當一個人遇到現實上之挫折或困難時，無法以實際的現實方法來處理這些挫折或困難的問題，就利用想像的方法，將自己與現實世界脫離，存在於幻想之境界中，用想像的情感、希望與策略處理及因應心理上的挫折與困難，以得到內心之滿足與降低焦慮的歷程（周文欽、孫敏華與張德聰，2004；Latack, 1986；Lazarus, 1991；Moos & Schaefer, 1984）。也就是說，這樣的人遇到錯誤，為了降低其焦慮，選擇逃避的方法，所以在創造歷程中，放棄不再思考，然後以「逃避」作為因應策略。

尤其，一個人面對錯誤時，會有眾多情緒反應，最初可能會以逃避來面對。逃避在從事創造時，將影響個人的創意成就，其因為個體抱持「多一事不如少一事」消極的心理，並經常找理由來逃避事實，面對問題採逃避閃躲的態度，因而阻礙創造力的發展與信念。當逃避成為創造性產品的阻礙時，逃避所形成的意義系統，焦慮、否定、受辱的負向情緒影響力，將大過於個體の後設認知，造成創意無法開展其潛能。

本部分即根據文獻，假設在面對錯誤時，個人可能會選擇逃避，想說面

對錯誤可能沒有其他種策略，因而，逃避原先設定的目標，或是新得到的想法，可能以否定的方式去因應。研究者根據此內涵，以「丟掉」、「放棄」等關鍵字，編製「逃避」情境題目。因此，情境量表即根據此內容，設計逃避題項。

根據本文獻，研究者假設面對錯誤可能有三種策略，其一是，遇到問題或困境時，能夠從中澄清問題，調整與改變，循著已訂定的目標，實際解決，記取錯誤的教訓，因而達到預定之目標，本研究稱為「錯誤中學習」；其二是，可能在遇到錯誤時，能從中思考其他的可能性，另闢蹊徑，而有新的發現或發明，本研究命名為「錯誤中發現」；其三是，面對錯誤，選擇否定或放棄，不願意思考解決方法，本研究稱為「逃避」。

「錯誤中學習」與「錯誤中發現」的差異在於，運用錯誤中學習的策略，在經歷調整、改變之後，能達到既定的目標；而有的個體會將錯誤視為發現或創造的酵母，改變既定的目標，帶動新的可能，產生新的產品。

三、數理領域創意成就與錯誤因應策略之關係

一個人要從錯誤中有所發現，擁有聚斂性思考是創造性突破所必需的，因為靈光不會無端出現，必須有堅實的知識做基礎。有創意的人通常對特定領域有著豐富的知識。Einstein相對論的公式： $E=mc^2$ 研發之前，已經專研多年的物理、數學以及哲學問題。德州農工大學的Smith強調概念結合的重要性。有創意的人，有能力將乍看似乎沒有任何共通點的元素連結起來。要做到這一點，必須要能好好掌握這些概念，越容易發展出創新的解決方法（黃榮棋譯，2005）。錯誤對發展構想是不可或缺的。錯誤是個人正跨越自己的解決之道的藩籬，例如居里夫婦（Marie & Pierre Curie）在篩選過數以噸計的石頭之後，才發現微量的鐳（蔡梵谷譯，2001）。

從「數理領域」的觀點來看，具有「錯誤中發現」才能的學生，必要的時候能離開固定式的解題方式，並且找到新的、不同的方法來解題，透過類比與靈感所得到的想法，克服固定性（或自我限制）顯示出來，或者從很頑固的解題方法中突破出來。Balke和Kruteskii提出，能夠改變思考的形式、突破思考的限制，能夠輕易轉換思考而富有彈性，是一種不受經驗而固著思考的路徑（林士傑，2006），唯有如此，才得以從錯誤中發現。例如餘弦定

律、Heron公式、古埃及的四邊形面積公式、Pick公式等的推論，皆非一蹴而得，必須透過不斷的解題、推論，才能在錯誤中有所發現。例如在《創造的勇氣》裡，數學家潘卡雷為了推論富克式函數（Fuchian functions），每天嘗試各種組合，但使終未獲致結論，在不斷的頓悟思考中，才產生理論（陳文玲，2005）。Sawyer認為，數學家有較強的探索欲望，不怕犯錯，即使與理論的結果不符，還是會去嘗試（胡守仁譯，2006）。

其次，從「自然科學領域」的觀點，科學創造成就的原動力來自「問題的發現與探索」，並憑藉個體本身原有「豐富的舊有知識」，當做科學錯誤中發現思考的來源，經過靈感、想像與直覺頓悟，以及「邏輯論證」產生新的科學創造思考使得昇華（洪振方，1998）。丁興祥（2000）以傳記資料分析當代傑出科技人才創造發展，發現他們在從事科學研究或實務工程時，常常會遇到困難，而使進度受阻，不輕言放棄，會不斷觀察、嘗試、修正錯誤，提出新的方案，直到問題解決為止。即使解決了問題，也會不斷加以改進，寄望精益求精。鄭瑛珍（2000）研究結果發現，科學家認為發現是基於有心而非意外，且每個研究結果並不代表結束，而是另一個研究的開始。基於此信念，科學家透過頓悟或擴散式思考所得到的想法，既可能是一個偉大的發現。在Roberts（1989）出版《意外的科學發現》（Serendipity: Accidental Discoveries in Science）一書中，介紹許多小錯誤大發現的案例。如美國Wilson Greatbatch於1958年時，設計一個可以測量動物心跳的振盪裝備，在工作箱抓了一個電阻放至設計的振盪裝備中，但拿錯電阻的顏色（電阻的高低以顏色作標示），才能在錯誤中發明心律調整器（林天送，2009a）。而Plunkett，因具有好奇心，有求真及「準備的心」，在一次無意的過程中，他的助理忘記已將四氟乙烯用完，隔天以為沒有氣體釋放出來，結果有異狀，再去分析氣缸瓶中的白色粉末，發現這些粉末是製造四氟乙烯聚合物的方法，因此杜邦將鐵氟龍做為商標（林天送，2009b）。再者，人造甜劑的「發明」，也都是意外的「發現」，如糖精（Saccharin）、Sucaryl及NutraSweet（或Equal）分別由Fahlberg、Sveda及Schlatter發明，在意外的過程，嘗到甜味時，能進一步追查、精煉、用心再合成，重複求證，最後得到一致的答案（林天送，2009c）。如同Kröning所指出，科學的知識在誤判與疏忽的荊棘中，才有可能有新的可能，科學家在問題的探索中，會陸續產生新的問題，知識將不斷進行演化（謝靜怡與莊仲黎譯，2006）。

而達文西之所以有許多創舉在於，用不同方式來重建問題，用不同的觀點來看問題，每換一種觀點，對問題的理解就愈深入，並能逐漸掌握問題的核心；愛因斯坦的相對論，基本上就說明著不同觀點的交互作用；而佛洛依德的分析法，則是找出不合傳統觀點的細節，從中建立一套全新的觀點（謝佩紋譯，2007）。Fleming在無心的情況下，發現有一皿被青綠色的*Penillium notatum*黴菌所污染，但是他更進一步發現這種養有青黴菌的溶液過濾後之濾液（命名為penicillin）能殺死格蘭氏陽性之細菌，而對格蘭氏陰性菌無效（袁尚賢，1982；Carson & Langer, 2006），所以從錯誤中發現penicillin。再則，Edison進行改善電話的實驗時，意外發現傳話器裡的膜板會隨著說話的聲音產生相應的顫動，聲音低時顫動較慢，聲音高時顫動較快，於是他反過來，利用短震的顫動能否使它發出原先的聲音呢？利用此一逆向思考，Edison發明留聲機（王溢嘉，2005）。Michalko指出，當我們在構思新的點子或解答時，往往得到的是了無新意的舊點子，所以換一種方式來詮釋問題，就能發現新的可能（謝佩紋譯，2007）。因此，懂得將錯誤視為瑰寶的人，將從中有新的發現，成為該領域的成就者。

陳昭儀（2000）研究傑出理化科學家之人格特質及創造歷程，得出傑出科學家的一些共同特質，如：具有堅持力、認真、專注的精神；在思考特質方面，也多半具有好奇心、喜歡思考新問題、見解獨到、具有批判力等創意特質；而在學習特性方面，他們多屬積極求取新知的自學方式。吳淑敏（2004）研究出女性科學家生涯發展歷程，發現她們好勝、不服輸，遇到阻力不輕言放棄。而傑出科學家，不只在專業領域有創造力，甚至在其他領域也有興趣，使其產生異質性的知識，產生新的思緒，有所發現（陳昭儀，2006）。張景煥與金盛華（2006）研究發現，具有創意成就的科學家，欲想獲得創造性成就，除了具備成就取向（內在體驗取向）外，個體更需具備主動積極的特徵（包括有理想抱負、思考能力強、內在興趣、勇於冒險、願意嘗試及積極進取）。曾如固特異輪胎與橡膠公司的Charles Goodyear曾說，「科學研究無法查知的事物，常因意外事件而發現，而發現者常是能敏銳觀察週遭事物相互間關聯的人」（林宜瑄譯，2006）。從意外中發現有兩個關鍵，一是偶然性質（accidental nature）和意外驚喜的東西（如合成銅酞菁），二是突破性（breakthrough）意外的連結（如染料使用的酞菁銅），其需具有洞察力（insight）才能發現和創新；這個意外的發現包括，尋找意

想不到的結果，及洞察這些訊息（Auyang, 2006）。

綜合上述，對於本研究的啟示：傑出數學或科學領域的成就者，其人格特質皆有冒險、創新、敏銳觀察、不害怕挫折或失敗，即使遭遇到錯誤，也能從中發現，迎刃而解（丁興祥，2000；林天送，2009a，2009b，2009c；吳淑敏，2004；洪振方，1998；陳文玲，2005；陳昭儀，2000，2006；鄭瑛珍，2000；Carson & Langer, 2006；Kohn, 1989；Kraft, 2005；Roberts, 1989）。也就是說，該領域創意成就者，在某種情況下，錯誤是過失，需要修正訂定目標，從錯誤中學習；在另外一種情況下，卻可能意外成為新的成果，從錯誤中發現，例如數學領域者在建構一個公式或模式中，雖然會遭受創造的困境，但是成就者會將「原物品如何發展成新物品」的方法推演出來，為成品賦予可用性。而科學領域者，在實驗過程中會遇到困境，不斷嘗試錯誤的歷程，運用個人的敏銳觀察其現況，從中發現結果不一樣的可能，有所發現。

四、本研究議題的擬議

根據上述研究目的與文獻評閱心得，本研究擬提出下列的待答問題與假設：本研究的問題如下：

- 一、大學生在數理科學領域的創意成就與錯誤因應策略之現況為何？
- 二、不同程度數理科學領域創意成就之大學生在錯誤因應策略上的差異為何？

根據研究問題，其研究假設如下：

- 一、數理科學領域的高創意成就者，在使用錯誤中學習策略方面，顯著高於低創意成就者。
- 二、數理科學領域的高創意成就者，在使用錯誤中發現策略方面，顯著高於低創意成就者。
- 三、數理科學領域的高創意成就者，在使用逃避策略方面，顯著低於低創意成就者。

貳、研究方法

一、研究對象與程序

本研究方便取樣自北、中、南地區的16所公私立大專院校中抽取600名受試者，經剔除無效問卷，得有效樣本556份，有效樣本率為92.7%。其中男生263人，女生293人。樣本分佈於一至四年級間（201：152：135：68）。學院分佈情形為人文藝術（104）、社會科學（253）與理工醫農（199）。

研究者徵得任課教師同意，由教師安排時段在課堂中進行團體施測，在施測前研究者備有基本測驗之流程與相關注意事項，並敬請教師告知，或研究者親自施測而告知。回收後刪除填答不完全之廢卷，並以描述統計、變異數分析檢驗本研究之假設。

二、研究工具

（一）領域創意成就量表

本研究預試量表以Carson、Peterson和Higgins（2005）針對大學生所編製用以評定大學生創意成就之工具。由於該量表以美國哈佛大學的大學生為樣本所建立之問卷，國內大學生在填答該量表的活動項目時，發現難度頗高，比較難以達成，因此本研究參考文獻（如柴芸芸，2008；Carson, et al., 2005）自編大學生「數理、自然應用與生命科學領域創意成就」量表。該量表以四點量尺計分，越符合受試者數理領域創意成就的表現，則得分越高，越不符合受試者遇到問題的反應，則得分越低。信度方面，數理科學領域創意成就量表之Cronbach's α 值為.89；效度方面，量表各題目的因素負荷量介於.67到.86之間，六題共可解釋58.37%的變異量。數理、自然應用與生命科學領域創意成就」量表和其他領域（如社會科學、科技與工程等量表）均為顯著正相關（ $p < .01$, $r = .208 \sim .477$ ），而由相關係數值可知多為中度正相關，有適當的建構效度。

（二）錯誤因應策略量表

本研究將錯誤因應策略，設定為「日常生活的錯誤」，其根據文獻評閱的結果，從錯誤中有新的發現，常常都是因生活上無意的失誤，反而發現新的可能，加以編製而成（陳柏霖，2008）。

本研究設計出三種錯誤因應情境：一是「錯誤中學習」，二是「錯誤中發現」，三是「逃避」。研究者根據錯誤因應策略之文獻，以「記得」、「注意」等關鍵字，編製「錯誤中學習」情境題目；以「探究」、「試試」、「想想」等關鍵字，編製「錯誤中發展」情境題目；再以「丟掉」、「放棄」等關鍵字，編製「逃避」情境題目。

「錯誤因應策略」為情境反應量表，該量表以四點量尺計分，越符合受試者遇到問題的反應，則得分越高，越不符合受試者遇到問題的反應，則得分越低。信度方面，以556位大學生為樣本，依所得資料進行信度分析，採用Cronbach's α 係數檢驗因素與量表內容的內部一致性，得到「錯誤中學習」分量表的Cronbach's α 為.81，「錯誤中發現」分量表的Cronbach's α 為.74，「逃避」分量表的Cronbach's α 為.76，可知本量表的內部一致性信度尚可接受；效度方面，專家內容效度為0.8，在建構效度上，以主成分分析抽取法抽取因素，並採直交最大變異數法為因素轉軸，量表各題目的因素負荷量介於.39到.70之間，三個因素分別能解釋13.59%、10.45%、9.67%，合計三個因素能解釋33個題目總變異量的33.72%。

參、結果與討論

一、「數理、自然應用與生命科學」領域創意成就統計現況之分析

（一）在受試「數理、自然應用與生命科學」領域創意成就的描述統計方面，平均數 = 2.12、標準差 = .73、偏態 = -.01。

（二）根據MANOVA的結果（Wilks' Λ = .893， $p < .001$ ），如表1、表2所示，不同年級受試在「數理、自然應用與生命科學」領域的創意成就有顯著差異（ $F=4.85$ ， $p<.05$ ）。接著以Scheffé法進行事後比較，結果顯示一年級在「數理、自然應用與生命科學」領域的創意成就上，高

於二年級。

(三) 大學生的主修領域背景在「數理、自然應用與生命科學」領域創意成就分量表上，其MANOVA考驗結果（Wilks' $\Lambda = .829$ ， $p < .001$ ）無顯著差異。

關於一年級在「數理、自然應用與生命科學」領域的創意成就上，高於二年級的結果，由於本研究所調查的內容：學生接受該領域的專業訓練、找到、修改與轉換解決數理科學問題、自認為解決問題的方式與眾不同、或觀點、答案、實驗設計令人欣賞，可能屬於Kaufman與Beghetto（2009）所提到的小創造力（Little-c）與迷你創造力（Mini-c），也就是日常生活展現的創造力，或是學習歷程中，個人建構知識的歷程，因此，一年級的學生可能比二年級的學生較有這方面的經驗、環境或體悟，所以其自我知覺較高；在未來相關研究中，可再做更清楚的界定。

表1 不同年級投入組在數理科學領域創意成就之單變項變異數分析及事後比較摘要表

變異來源	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	事後比較
年級	7.61	3	2.54	4.85*	一 > 二

* $p < .05$ 。

表2 不同年級受試在數理科學領域創意成就分量表的平均數與標準差

變項名稱	年級	人數	平均數	標準差
數理、自然應用與生命科學	一	201	2.24	.71
	二	152	1.97	.77
	三	135	2.17	.74
	四	68	2.00	.65

二、錯誤因應策略統計現況之分析

(一) 在錯誤因應策略的描述統計方面，研究者首先進行描述性統計，再進行重複測量變異數分析， F 檢定經校正後（ $F = .948$ ， $p < .001$ ），結果發現錯誤因應策略以「錯誤中學習」的層面（ $M = 3.24$ ）得分

最高，其次為「錯誤中發現」（ $M = 2.82$ ），最後為「逃避」（ $M = 2.11$ ）。

（二）根據MANOVA分析的結果（Wilks' $\Lambda = .991$ ， $p > .05$ ），不同年級受試在錯誤因應策略分量表無差異，因此不再向下進行單變量分析。

根據上述結果，大學生在「錯誤中學習」的層面得分較高，此一結果符合日常生活所遭遇錯誤的反應，個體面對錯誤時，在不違背與原先設定的目標下，懂得改變方法，調整原來的策略，而達到目標的設定，並且記取教訓。一般人面對錯誤時，可能會有一些負面的反應，有可能從錯誤中學習，記取錯誤的教訓；然而要從錯誤中有所發現，除了個體有較高的創意生活經驗外，從中思考新的可能，有時也需要跳脫框架，才能從中有新的點子。

三、數理、自然科學與生命科學領域的創意成就在錯誤因應策略上的差異

為瞭解「數理、自然科學與生命科學」不同程度領域的創意成就在錯誤因應策略間是否有顯著差異，本研究首先以多變量變數分析，探討「數理、自然科學與生命科學」不同程度領域的創意成就之大學生在錯誤因應策略的差異情形。

在變異數分析方面，如表3、表4所示，「數理、自然科學與生命科學」領域的創意成就在「錯誤中發現」與逃避上有顯著差異（Wilks' $\Lambda = .954$ ， $p < .001$ ）。結果顯示，高分組的「數理、自然應用與生命科學」的創意成就領域，在「錯誤中發現」上，顯著高於中分組和低分組，而低分組的「數理、自然科學與生命科學」領域的創意成就在「逃避」上顯著高於中分組。

根據文獻評閱結果（如郭有遙，1994；陳昭儀，2006；張景煥與金盛華，2006；Amabile, 1997; Feldman, 1999; Helson & Pals, 2000; Piirto, 1991; Simonton, 1975; Sternberg, 1999），傑出數學或科學領域的成就者，其人格特質皆有冒險、創新、敏銳觀察、不害怕挫折或失敗，即使遭遇到錯誤，也能從中發現，迎刃而解。本研究結果發現，「數理、自然科學及生命科學」領域的高創意成就者，在面臨錯誤時，較會採用「錯誤中發現」的因應策略，且較不會採用「逃避」的策略。這說明從錯誤中發現，的確是「數理、自然科學及生命科學」領域創意成就者產生創意作品，達到成就的一條重要

路徑。過去許多科學創意案例，如Fleming從錯誤中發現penicillin，也顯示如Sutton所說錯誤就是新發現（徐鋒志譯，2002），從錯誤中思考錯誤所呈現的新意義，或其他可能性，將可能導引出新的發現與創意作品。如同林偉文（2011）提到，任何的創造都需要對問題的深度理解，並且能從不同觀點來理解問題，需要進行深度的觀察、資料蒐集與應用相關知識。面對錯誤是學習過程中不可或缺的一環，當體認既然錯誤的經驗無法完全避免，若能試著在過程中學習外，甚至從不同的觀點或思維，將有新的發現之可能。

此外，在本研究中，僅有「數理、自然科學及生命科學」領域高創意成就者在「錯誤中發現」策略有顯著差異，此一結果與過去研究一致，Simonton（1975）推算科學家的創造力，多半始於二十多歲，到了卅五歲至四十五歲達到顛峰點。陳昭儀（2006）訪談鄭天佐院士，訪談結果指出，物理、數學和化學最需要想像力，從事理論路線的人，大多在三十歲以前其成就有所成果。因此，較能夠顯現出，高、中、低三組創意成就者，在錯誤因應策略上的差異。

受試者在「數理、自然科學及生命科學」領域的創意成就多半為建構模式、發現型態、設計與進行實驗，以驗證假說，所以較容易從錯誤中發現新的可能性；其二從偏態來看，「數理、自然科學及生命科學」領域的創意成就偏態係數為-.01，顯示「數理、自然科學及生命科學」領域受試者大多落於分布曲線的右側，且接近常態分配。

表3 數理、自然科學與生命科學領域的創意成就之大學生在錯誤因應策略的多變量變異數分析摘要表

變異來源	MANOVA		錯誤中學習	ANOVA $F(2,553)$	
	df	Wilks' Λ		錯誤中發現	逃避
組間	2	.954***	1.28	8.69***	3.70*
組內	553				
總和	555				

* $p < .05$ *** $p < .001$

表4 數理、自然科學與生命科學領域的創意成就之大學生在錯誤因應策略的變異數分析及事後比較摘要表

變項	組別	人數	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>F</i>	<i>P</i>	Scheffé
錯誤中學習	1.高分組	211	3.24	.42	1.28	.28	
	2.中分組	188	3.20	.45			
	3.低分組	157	3.28	.47			
錯誤中發現	1.高分組	211	2.92	.43	8.69***	.00	1 > 2
	2.中分組	188	2.72	.48			1 > 3
	3.低分組	157	2.79	.50			
逃避	1.高分組	211	2.91	.48	3.70*	.03	3 > 2
	2.中分組	188	2.82	.45			
	3.低分組	157	2.96	.51			

* $p < .05$ *** $p < .001$

肆、結論與建議

一、結論

本研究發現，在錯誤因應策略的表現上，學生的「錯誤中學習」之因應策略得分最高。而在領域創意成就表現上，一年級在「數理、自然應用與生命科學」領域創意成就表現上，顯著高於二年級。其次，「數理、自然科學及生命科學」領域的創意成就者，在使用「錯誤中發現」策略方面，顯著高於中分組與低分組低的創意成就者，而低分組的「數理、自然應用與生命科學」領域的創意成就者，在使用「逃避」策略方面上，顯著低於中分組的創意成就者。

二、建議

（一）在數理、自然科學與生命科學領域的創意成就上，從錯誤中發現問題

根據研究結論，「數理、自然科學及生命科學」領域的創意成就在使用「錯誤中發現」有顯著高於中分組和低分組，可知學生在數理或自然領域，平日若能從日常生活所遭遇到的錯誤，從中發現新的可能性，自行重新界定問題，企圖找出變異，發揮創意的問題空間，將對創意產出的結果有正向的影響。此外，若能引導學生在「數理、自然科學及生命科學」領域的創造歷程中，教導從錯誤中發現新可能性，將可導引其產生更高創意成就。

（二）對未來研究建議

1. 研究範圍

由於領域創意成就有年齡的問題，其結果會因年齡的不同而有所差異，建議未來若能針對大學生與碩、博士生數理科學領域「創意成就」在「錯誤因應策略」差異的探討，將使所得資料可以相互參照或驗證，其研究結果更為豐富、客觀、周延和正確。

2. 研究方法

本研究僅採用計分量表瞭解大學生數理科學領域「創意成就」在「錯誤因應策略」的差異，然而，對於建構一個新理論模式而言，可能較無法測得受試者的真實反應，若是以情境為主題，可要求受試者實際去解決一個難題，或是完成一個任務，進行放聲思考、訪談或實驗法。

3. 研究內容

本研究動機之一旨在探討國內大學生數理科學領域「創意成就」之現況，建議未來根據領域創意成就的分類，瞭解是否符合知識領域的分類，將更能編製適合國內領域創意成就量表。

本研究動機之二旨在建構錯誤因應策略的內涵，由於本研究屬初探性探討，在理論建構方面，仍須進一步思考、討論與研究，以建構更精緻的錯誤因應策略理論模式；其次，本研究目前僅編製日常生活中面對錯誤的情境



類型，尚未針對各領域所遭遇的錯誤，編製測驗題目，亦是未來可加以建構的，將更臻完善。

三、研究限制

（一）研究對象的限制

本研究係針對普通大學（公私立大學、教育大學、科技大學）的科系進行取樣，企圖探究大學生錯誤因應策略與創意成就的情形，但限於時間、人力及經濟因素之考量，本研究僅以臺灣地區北部、中部、南部幾所學校為範圍，資料並非隨機抽樣取得，故在結果解釋及推論上僅根據問卷所得資料，此為本研究的限制。

（二）研究方法的限制

本研究以問卷調查進行量化研究，受試者在填答問卷時，可能受其情緒特質、主觀判斷或認知而無法達出與真實情境相符之資訊，在解釋上會產生一定的誤差。

（三）研究內容的限制

在錯誤因應策略方面，本研究將其定義為「日常生活」所遇到的錯誤，研究根據受試者所勾選的自評「錯誤因應策略」情境量表為依據，可能在推論特定領域的創意成就有所限制。

參考文獻

- 丁興祥（2000）。當代傑出科技人才創造發展的社會環境：一種傳記資料的分析。行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告（編號：NSC 88-2519-S-004-001-C），未出版。
- 王溢嘉（2005）。褲襠·天花與愛因斯坦——創異啟示錄。臺北：野鵝。
- 吳淑敏（2004）。傑出女性科學家生涯發展歷程及其成功因素之探討（未出版之博士論文）。國立臺灣師範大學，臺北。

- 吳程遠（譯）（2005）。R. P. Feynman著。**別鬧了，費曼先生：科學頑童的故事**（Surely you're Joking Mr. Feynman: Adventures of a curious character）。臺北：天下文化。
- 吳靜吉、林偉文（2004，9月）。創意氛圍與創造力培育。「**瀋陽創造教育國際學術研討會**」發表之論文，中國瀋陽，東北大學。
- 李分明、莊耀輝（2008）。**創意思考**。臺北：新文京。
- 周文欽、孫敏華、張德聰（2004）。**壓力與生活**。臺北：空中大學。
- 林士傑（2006）。從創造力觀點探討國中資優班學生數學表現差異（未出版之碩士論文）。國立彰化師範大學，彰化。
- 林天送（2009a）。錯誤中的發明——小型心律調整器。**科學發展**，**440**，72-75。
- 林天送（2009b）。意外的產物——鐵氟龍。**科學發展**，**443**，70-72。
- 林天送（2009c）。人造甜劑。**科學發展**，**444**，14-21。
- 林宜瑄（譯）（2006）。E. I. Schwartz著。**追蹤發明的思路**（Juice: The creative fuel that drives world-class inventors）。臺北：臉譜。
- 林偉文（2011）。創意教學與創造力的培育——以「設計思考」為例。**教育資料與研究**，**100**，53-74。
- 洪振方（1998）。在科學教學的另類選擇：融入科學史教學。**屏師科學教育月刊**，**7**，2-10。
- 胡守仁（譯）（2006）。W. W. Sawyer著。**數學家是怎麼思考的**（Prelude to mathematics）。臺北：天下遠見。
- 徐鋒志（譯）（2002）。R. Sutton著。**11 1/2逆向管理**（Weird ideas that work: 11 1/2 ways to promote, manage and sustain innovation）。臺北：大塊文化。
- 桂慶中、劉炳輝（2002）。皮亞傑認知發展論探討自我調整學習歷程之建構與應用。**中等教育**，**53**（5），112-123。
- 柴芸芸（2008）。大學生學科創造性成就問卷之編製（未出版之碩士論文）。國立政治大學，臺北。
- 袁尚賢（1982）。盤尼西林所以靈。**科學月刊**，**156**。取自<http://210.240.178.2/science30/disc1/content/1982/00120156/0011.htm>
- 袁長瑞（2007）。**創意發想**。臺北：新文京。

- 張世慧（2011）。創造力教學、學習與評量之探究。**教育資料與研究**，**100**，1-22。
- 張景煥、金盛華（2006）。具有創造成就的科學家關於創造的概念結構。**心理學報**，**39**（1），135-145。
- 郭有遙（1994）。**發明心理學**。臺北：遠流。
- 陳文玲（2005）。論自我與創意。載於國立政治大學教育學系主編，**2005學習與創造、教育與創新國際學術研討會論文集**（頁7-34）。臺北：國立政治大學教育學系。
- 陳昭儀（2000）。傑出理化科學家之人格特質及創造歷程之研究。**師大學報（科學教育類）**，**45**（1），27-45。
- 陳昭儀（2006）。臺灣傑出科學家之創造與生涯歷程。臺北：五南。
- 陳柏霖（2008）。大學生錯誤因應策略及其創意成就之關係（未出版之碩士論文）。國立臺北教育大學，臺北。
- 陳柏霖（2009）。錯誤中學習對於組織效益之探討。載於實踐大學管理學院主編，**2009 創新與管理國際學術研討會論文集**（頁981-993）。臺北：實踐大學管理學院。
- 黃榮棋（譯）（2005）。U. Kraft 著。釋放創意精靈（Unleashing creativity）。**科學人**，**45**，46-52。
- 溫肇東（2006）。向達文西學習。**科學人**，**55**，24。
- 劉燕芬（譯）（2011）。S. Johnson著。創意從何而來（Where good ideas come from: The natural history of innovation）。臺北市：大塊文化。
- 劉蘊芳（譯）（1999）。M. Gelb著。**7 Brains：怎樣擁有達文西的7種天才**（How to think like Leonardo Da Vinci: Seven steps to genius every day）。臺北：大塊文化。
- 蔣國英（譯）（2007）。T. I. Lubart 著。**創意心理學**（Psychologie de la créativité）。臺北：遠流。
- 蔡梵谷（譯）（2001）。S. Thorpe著。**愛因斯坦怎麼想**（How to think like Einstein: simple ways to break the rules and discover your hidden genius）。臺北：臉譜。
- 鄭明宣（譯）（1999）。D. Dörner著。**錯誤的決策思考**（The logic of failure: why things go wrong and what we can do to make them right）。臺北：聯經。

- 鄭瑛珍（2000）。物理學家問題發現與問題解決之個案研究（未出版之碩士論文）。國立臺灣師範大學，臺北。
- 謝佩姣（譯）（2007）。M. Michalko著。創意的技術：100位天才的9種思考習慣（Cracking creativity: The secrets of creative genius）。臺北：究竟。
- 謝靜怡、莊仲黎（譯）（2006）。P. Kröning著。天才也有凸槌的時候：科學家的運氣與失誤（Auch genies können irren...: Glücksfälle und fehlerurteile der wissenschaft）。臺北：究竟。
- 顏湘如（譯）（2006）。E. J. Langer著。學學藝術家的減法藝術（On becoming an artist: Reinventing yourself through mindful creativity）。臺北：天下。
- Amabile, T. M. (1996). *Creativity in context*. Boulder, CO: Westview Press.
- Auyang, S. Y. (2006). *Chance and the prepared mind in drug discovery*. Retrieved from <http://www.creatingtechnology.org/biomed/chance.pdf>.
- Bickhard, M. H. (2005, May). *Creativity and rationality: Interrelationships and implications for education*. Paper presented at the meeting of International Conference on Learning and Creating, Educating and Innovating, Taipei, Taiwan.
- Carson, S. H., & Langer, E. J. (2006). Mindfulness and self-acceptance. *Journal of Rational-Emotive & Cognitive-Behavior Therapy*, 24(1), 29-43.
- Carson, S. H., Peterson, J. B., & Higgins, D. M. (2005). Reliability, validity, and factor structure of the creative achievement questionnaire. *Creativity Research Journal*, 17(1), 37-50.
- Colangelo, N., Kerr, B., Hallowell, K., Huesman, R., & Gaeth, J. (1992). The Iowa Inventiveness Inventory: Toward a measure of mechanical inventiveness. *Creativity Research Journal*, 5(2), 157-163.
- Dietrich, A. (2004). The cognitive neuroscience of creativity. *Psychonomic Bulletin & Review*, 11(6), 1011-1016.
- Ellis, H. (1926). *A study of british genius*. New York, NY: Houghton-Mifflin.
- Feldman, D. H. (1999). The Development of Creativity. In R. J. Sternberg (Ed), *Handbook of Creativity* (pp.169-186). Cambridge, England: Cambridge University press.

- Helson, R., & Pals, J. L. (2000). Creative potential, creative achievement and personal growth. *Journal of Personality*, 68(1), 1-27.
- Hocevar, D., & Bachelor, P. (1989). A taxonomy and critique of measurements used in the study of creativity. In J. A. Glover, R. R. Ronning, & C. R. Reynolds (Eds.), *Handbook of creativity* (pp. 53-75). New York, NY: Plenum.
- Holland, J. L., & Nichols, R. C. (1964). Prediction of academic and extra-curricular achievement in college. *Journal of Educational Psychology*, 55(1), 55-65.
- Kaufman, J. C., & Beghetto, R. A. (2009). Beyond big and little: The four c model of creativity. *Review of General Psychology*, 13(1), 1-12.
- Kohn, A. (1989). *Fortune or failure: Missed opportunities and chance discoveries*. Cambridge, MA: Blackwell.
- Latack, J. C. (1986). Career transaction within organization: An experimentary study of work, none-work and coping strategies. *Organizational Behavior and Human Performance*, 34, 296-322.
- Lazarus, R. S. (1991). *Emotion and adaptation*. New York, NY: Oxford.
- Lindquist, M. (2007). *Embrace Mistakes So Your Organization Can Thrive*. Retrieved from <http://www.myarticlearchive.com/articles/7/079.htm>
- Ludwig, A. (1992). The creative achievement scale. *Creativity Research Journal*, 5, 109-124.
- MacKinnon, D. W. (1962). The nature and nurture of creative talent. *American Psychologist*, 17, 484-495.
- Moos, R. H., & Schaefer, J. A. (1984). The crisis of physical illness: An overview and conceptual approach. *Stress and coping with physical illness*, 2, 3-24.
- Mullins, S. (2007). *Learning from mistakes made in past relationships*. Retrieved from <http://www.associatedcontent.com>
- Parnes, S. J. (1966). *Programming creative behavior*. New York, NY: The State University of New York at Buffalo.
- Piirto, J. (1991). Why are there so few? (Creative women: visual artists, mathematicians, musicians). *Roeper Review*, 13(3), 142-147.
- Pintrich, P. R. (1995). Understanding self-regulated learning. *New Directions for*

- Teaching and Learning*, 63, 3-12.
- Pintrich, P. R. (2000). The role of goal orientation in self-regulated learning. In M. Boekaerts, P. R. Pintrich, & M. Zeidner (Eds.), *Handbook of self-regulation* (pp.452-502). New York, NY: Academic Press.
- Roberts, R. M. (1989). *Serendipity: Accidental discoveries in science*. New York, NY: Wiley VCH.
- Runco, M. A. (2007). *Creativity theories and themes: Research, development, and practice*. Oxford, UK: Elsevier Academic Press.
- Simonton, D. (1975). Age and literary creativity: A cross-cultural and transhistorical survey. *Journal of Cross-Cultural Psychology*, 6, 259-277.
- Simonton, D. K. (1980). Thematic fame, melodic originality, and musical zeitgeist: A biographical and transhistorical content analysis. *Journal of Personality and Social Psychology*, 38, 972-983.
- Simonton, D. K. (1984). *Genius, creativity, and leadership: Historiometric inquiries*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Simonton, D. K. (1988). *Scientific genius*. New York, NY: Harvard University Press.
- Simonton, D. K. (1999). *The origins of genius: Darwinian perspectives on creativity*. New York, NY: Oxford University Press.
- Sternberg, R. J. (1999). *Cognitive psychology*. (2nd ed.). Fort Worth, TX: Harcourt Brace College.
- Torrance, E. P. (1972). Career patterns and peak creative achievements of creative high school students twelve years later. *Gifted Child Quarterly*, 16, 75-88.
- Torrance, E. P. (1993). The beyonders in a thirty year longitudinal study of creative achievement. *Roeper Review*, 15(3), 131-135.
- Wallas, G. (1926). *The Art of Thought*. New York, NY: Harcourt Brace.
- Ward, T. B. (2007). Creative cognition as a window on creativity. *Methods*, 42, 28-37.
- Weisberg, R. W. (2006). *Creativity: Understanding Innovation in Problem Solving, Science, Invention, and the Arts*. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons.
- Yeung, A. K., Ulrich, D. O., Nason, S. W., & Glinow, M. A-V. (1999).



Organizational learning capability. New York, NY: Oxford University Press.

Zimmerman, B. J. (1998). Developing self-fulfilling cycles of academic regulation: An analysis of exemplary instructional models. In D. H. Schunk & B. J. Zimmerman (Eds.), *Self-regulated learning: From teaching to self-reflective practice* (pp.1-19). New York, NY: The Guilford Press.

Zimmerman, B. J. (2000). Attaining self-regulation: A social cognitive perspective. In M. Boekaerts, P. R. Pintrich, & M. Zeidner (Eds.), *Handbook of self-regulation* (pp.13-41). New York, NY: Academic Press.

The Relationship between College Students' Mathematics, Science, and Creative Achievements and Strategies for Coping with Mistakes

Po-Lin Chen Wei-Wen Lin ***

Abstract

This study explores the relationship between college student's strategies for coping with mistakes and their mathematics, science, and creative achievements. This study selected 556 college students in Taiwan to participate in the quantitative survey. The collected data were analyzed using descriptive statistics and multivariate analysis of variance. The findings of this study were summarized as follows: (1) For the 3 subscales of strategies to cope with mistakes, students obtained the highest score for "learning from mistakes." (2) For college students in different grades, their creative achievements in Mathematics, Applied Sciences, and Life Sciences differed significantly; freshmen achieved higher scores than the sophomores. (3) Regarding Mathematics, Applied Sciences, and Life Sciences, students with high creative achievements scored higher for "discovering mistakes" compared to students with middle and low creative achievement. Additionally, the score of "escaping" for students with low creative achievements was higher than that of students with middle-level creative achievements. According to the results, this study provides a number of suggestions for future studies on mathematical, science, and creative achievements.

Keywords: creativity, strategies for coping with mistakes, mathematics sciences creative achievement, discovering from mistakes, learning from mistakes

Section editor: Long-Lih Yang

Received: April 7, 2011; Modified: June 29, 2011; Accepted: December 1, 2011

* Po-Lin Chen, Ph. D. Candidate, Department of Education, National Chengchi University, E-mail: 97152516@nccu.edu.tw

** Wei-Wen Lin, Associate Professor, Department of Education and Master Program of Educational Innovation and Evaluation, National Taipei University of Education

