

中華資優教育學會
資優教育論壇，2013，11卷，16-41頁

析論文獻探討在科展指導的角色

傅秀蘭

新竹市關東國小

本文旨在析論科展作品文獻與文獻探討歷程，在學生科展研究與教師科展指導專業發展歷程所扮演之角色。示例對「翻硬幣」主題進行歷屆科展作品之文獻探討，其關注焦點可為：進入研究主題的開端、研究問題的界定與解決取徑，以及獲致成果的特色，並能從中瞭解此主題研究現況與可繼續探究的方向，以供教師指導科展及發展個人科展專業知識時參考。

因為在翻硬幣主題科展得獎作品報告書中，文獻探討主要作用於引起研究動機階段，且研究方法取徑未參照文獻者，較具發展潛力。故進一步剖析科展指導教師和學者，對文獻探討在科展研究歷程必要性的看法，以及已有豐富研究成果主題之探究潛力等科展指導實務。

分析發現，學生不易獨力研讀理解文獻而需指導老師介入協助，且未參照前人研究歷程時，較能發揮學生個人特質、展現創意。故教師指導科展時，不必堅持學生必先瞭解前人研究成果。已有豐碩研究成果的主題，可提供較多與主題相關的學科知識與研究方法資料，有益指導教師發展科展指導專業知識；只要能適合學生個人學習需要、激起強烈的研究興趣，教師仍可採用適當策略（如：轉換解釋架構）來指導學生，不預設研究取徑和目標，便能讓師生在科展活動中，共同體驗發現與突破的科學歷程。

關鍵詞：文獻探討、科展指導、教師專業發展、創新性、實務知識

緒論

一、全國科展的功效與指導教師的角色

「全國中小學科學展覽會（中華民國中小學科學展覽會實施要點，2009；國立台灣科學教育館，2010）」（簡稱「科展」），一直是學校教育填補國內科學教育探究與實作活動的不足（李文献，2006），及培育、發掘科學人才的重要管道（杜明進，2004；教育部，2006）。在國內資優教育課程與教學佔有重要地位的「獨立研究」課程，與科展活動有著相同的目標：希望培養學生主動發現問題並解決真實問題的能力（柯麗卿，2010），因數理學習優勢學生在科學或數學上深度探究的作品，往往可達到足以參加中小學科展的水準，故科展競賽亦成為資優課程中，學生獨立研究能力的展現舞台之一（蔡淑英，2000）。

如何指導學生進行科學研究、產生品質良好的研究作品，以充分發揮藉由科展活動來培育學生獨立研究能力的功能，則有賴教師的指導（全任重，2003；張秋男，1981；鄭旭泰，2002；蔡素伶，2006）。除了藉獎勵科展指導優良教師、公開發表得獎心得（中華民國中小學科學展覽會實施要點，2009）、將各屆科學展覽會優良指導教師得獎感言載於「科學研習月刊」以傳承指導經驗外，科展指導專業知識也成為數理或資優教師培育、進修與研習所規劃的課程之一（屏東教育大學國小數理師資培育研究小組，2008；陳宏仁，2010；謝惠聰，2007；簡聿成、洪振

方，2010）。

二、歷屆科展作品文獻資源與教師科展指導實務的關係

中華民國中小學科學展覽會實施要點（2009）載明科展作品研製過程：學生宜於當年教學內容中選擇適當的科學研究主題；決定研究主題後，應主動蒐集與主題相關之參考資料，瞭解類似主題，別人曾利用之材料、方法，以及已研究至何種程度；分析各有關資料相似點與不同點，決定是否有可改進的項目；根據分析資料結果，擬定研究計畫…。故對歷屆科展得獎作品進行文獻探討，應該是一個完整科展研究的必經歷程；科展教師應指導學生發展主題、搜集並分析前人研究資料後，再擬定可行的研究計畫、執行研究。

許多科展指導教師的經驗分享均指出，科展指導要獲致良好成果，較為困難的部分是尋找適合學生程度、且創意可行的研究主題（鍾旻修，2005），而歷屆科展得獎作品可提供豐富的資源庫予以教師借鏡，並從中尋找適合發展成學生科展研究的題材（陳宏仁，2010；蔡淑英，2000；謝惠聰，2007）。即使有得獎作品的範例資源可供教師參考，但教師若本身數理學科專業素養不足，在指導學生進行科學探究活動上仍會有很大的困難（林睿傑，無年代）；而具有科學專業背景的科展新手教師，在指導學生尋找題目、研究設計與指正科展作品的優缺點等方面，亦會有無從掌握決策依據之感（簡聿成、洪振方，2010）。

一位曾指導學生在全國科展中得名的資優班教師，曾向筆者吐露其在指導學生

進行獨立研究或科展的歷程中仍會遭遇到挫折：即使有眼力看到學生的研究潛能，卻沒有足夠的學科知識去引導其發展研究的方向與深度！勵秀貞、黃萬居（2010）調查發現，資優班教師自覺科學相關背景知識不足是在教學中最为感到困擾的因素，但是因為一般智能資優班並未規定必開科學課程，資優班教師對自然科學學科知識增能並未產生強烈的需求、甚或認為不需過份強調科學課程的重要性，有些資優班便以外聘師資、或傾向不安排科學課程來因應之。即使科學課程與科展並非資優課程的必要學習活動，為提供具數理傾向資優生能充分發展其獨立研究潛能的機會，對個人科學基礎能力感到不足的資優教師在引導資優生進行獨立研究時，除了外聘專長教師外，該如何充實個人的數理專題研究（或甚至是科展）指導能力、以順應具數理性向的學生其學習需求來提供合適的指導呢？

一些科展指導績優教師（如：謝惠聰，2007）就個人的經驗，認為閱讀歷屆科展作品可提升教師對科展研究進行模式與成果品質期望水準的鑑賞力，有助於發展教師的科展指導專業知識。科展作品報告書可以視為是一種科學文章，因閱讀者認知基模的個別差異，對同一篇科學性文章之閱讀便會產生不同的知識提取和意義建構（洪文東，1997）。俗話說：「外行看熱鬧、內行看門道」，將歷屆科展作品依主題分析整理的資料（林怡菁，2007；陳宏仁，2006，2010），除了幫助教師瞭解科展研究題材與文獻資料所在，甚至是哪些熱門題材已經被廣泛研究過、而不適合作為研究主題外，對有意指導科

展的新手教師與不具數理背景的資優教師而言，如何從歷屆科展得獎作品中看出門道、指導學生利用此資料以瞭解前人探究成果、找出合適主題並發展科展或獨立研究計畫，以及該如何從得獎作品文獻中有效提取能發展個人科展指導的學科專業知識，仍需要將科展績優教師對歷屆科展文獻利用的「實務智慧」（wisdom of practice, Shulman, 1987）做更為精緻化地闡明。

三、本文之研究旨趣與研究取徑

筆者具有生物學碩士與數理資優教學碩士學位，任教國小近二十年來，曾任教資優班兩年，自然科教學十一年多，先後指導學生參與六屆科展且均能在地方性科展競賽中獲得獎項，其中一件並曾薦送參加第34屆全國科展，在科展指導專業表現上雖未獲科展績優教師光環之肯定，但因對數理資優人才培育的關心，故而關切科展指導的相關議題。在筆者指導科展的經驗中，因個人的數理學科背景能力與教學經驗之故，閱讀歷屆科展作品的文獻並非困難之事，但是在指導學生進行文獻探討的歷程中，面對學生理解文獻的困難，對於教師該介入到何種程度以避免直接灌輸的界線拿捏仍未全了然於心。

在進修數理資優教學碩士學位歷程中，瞭解到不具數理學科背景的資優班教師在指導學生科展或數理類獨立研究時，茫然不知如何從文獻中尋找指導資訊（例如：哪些是教師需要讀懂的地方，哪些是學生自己要去研究探討的學習內容，連教師都讀不懂的得獎作品又該如何引導學生去突破…等）的困境，非僅是鼓勵資優班教師要相信能從自己的指導實務去摸索、

累積個人實務知識，以及觀摩他人成功經驗即可獲致。簡聿成、洪振方（2010）研究發現，資深科展教師分享科展指導教學案例的方式，能有效協助初任科展教師發展個人的科展指導專業知識。筆者若能以實例方式示例個人作為科展教師角度如何閱讀歷屆科展作品、並從中提取科展指導實務會運用到的資訊類型，應能為新手科展教師或對科展指導感到困擾的資優班教師提供更為具體的經驗觀摩與指引。

同時，教師實務知識需要教師對自己的教學行動持續進行專業反省而不斷學習與發展（葉蕙芬，2008；Clarke, 1994），筆者對個人指導學生文獻探討的實務進行自我探究（self-study, Loughran, 2006），亦能幫助檢視與瞭解個人科展指導實務知識。自我探究的進行，依Schön（1991 / 2003）指出的原則為之：藉由敘說實務工作的歷程，針對筆者在進行實踐文獻探討歷程時自發的活動，就其中所顯露出有關筆者自身的理解予以探究，觀察描述且試圖說明科展教師指導在實務工作實際上所說的、所做的事物。當遇到看似怪異或令人困惑的實踐方式時，便假定必定有個潛藏的意義有待發掘，而且這是身為研究者所應該發掘的。

故本文以科展指導教師角度，對歷屆全國科展作品的一個數學科展主題（「翻硬幣」）進行文獻探討，示例科展教師與學生在閱讀科展作品時，應尋找、理解之資訊內容；分析各作品報告中，文獻探討程序在其學生研究歷程所扮演的作用與功能；並進一步討論科展指導教師對歷屆科

展作品進行文獻探討之程序與功能所應具有的認知。

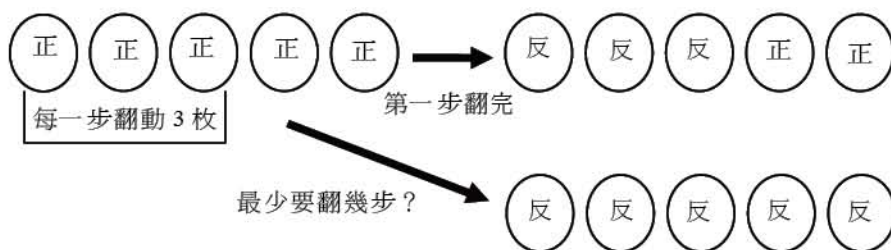
惟教師實務知識因具有情境互動性與專屬私有性（葉蕙芬，2008），筆者個人所建構發展的實務知識不見得適用於所有的科展研究問題與指導情境。故除了揭露個人閱讀歷屆科展作品的實務工作外，亦以現象學研究的精神（李文富，2003；洪漢鼎，2008；Embree, 2007 / 2007），放下個人的實務經驗與預設立場，從期刊、論文、科展績優教師得獎感言、研習資料等文獻，搜集眾多科展指導資深教師對於文獻探討與科展指導的經驗與看法，直接面對教師實務經驗中所理解的科展指導工作，慎思科展指導雜多現象所反應出的之教師實務知識本質。資料搜集的對象盡量涵涉兼顧數學與科學類科展教師的看法，以期能從一個更為全面的角度來理解教師對科展指導與文獻利用的實務知識。

筆者在此並未刻意解釋或深究各作品背後數學理論的適切性，是因認為無須對具有學科背景的科展新手教師贅述數學知識；而對於自覺數學學科背景不足的科展或資優班教師，示例在不涉及需具備透徹理解各科展得獎作品數學學科知識的背景，去嘗試進行「如何從歷屆科展作品中找到對科展指導有實用價值的訊息」，使其在指導學生從事科展的文獻探討程序時可有參考切入的指導策略。期能藉由先破除教師無力指導的疑慮後，讓教師先願意投入科展指導、再從指導實務中和學生一起成長，或產生學科知識增能需求，從而漸次充實與累積個人的學科知識。

探討「翻硬幣」主題之歷屆全國科展作品說明書

「翻硬幣」遊戲規則為：「兩正整數 m, n ，且 $m \geq n$ 。一個任務情境為：總數 m 枚硬幣／或杯子排成一列，開始狀態為全部正面朝上，操作一步的動作是：將任意 n 枚硬幣翻面（改變其正反面狀態，使朝上面從正面變成反面、或從反面變成正面）。

要使所有的硬幣／或杯子都成為反面朝上，最少要經過幾步？此最佳步數定義為 K 值。」（圖一示例為 $m=5, n=3$ 的任務情境）一般主要探究的問題是：尋找 K 值與 m, n 之間的關係式。因為其可以具體操作、任務單純易於理解，且任務情境容易變化延伸，成為可引導學生進行數學科展、發展解題策略與察覺數學原理的研究題材。



圖一 翻硬幣遊戲規則說明示意圖（以總數5枚、每一步翻面3枚為例）

歷屆以「翻硬幣」為主題，參加第14屆至第49屆全國中小學科展（國立台灣科學教育館網站，2009）的作品共有五件

（陳宏仁，2010；國立台灣科學教育館網站，2009），參展作品資料如表一所示。

表一 第14至第49屆全國中小學科展「翻硬幣」主題之研究作品資料彙整

參展屆別 (年代)	組別	作者	作品名稱	參展 成績	指導教師
36 (1996)	國小 高小組	戴清琮	翻來覆去乾坤轉—— 翻硬幣遊戲的新發現	第一名	許文化、 鄭燕麗
43 (2003)	國小組	林昱諠、黃中道	最佳全翻位的探討	第二名	劉如加
45 (2005)	國小組	蘇百毅、楊久霆、 陳姿穎、林宜靚、 葉書豪、洪綉茹	翻出一片天	第三名	張淑怡、 陳雅芬
46 (2006)	國中組	張桓瑞	再翻出一片天	佳作	曾昭榕、 陳信豪
49 (2009)	國中組	黃亮諭、陳雅筑、 陳芯諠、孫宇廷	挑戰全翻位		劉雅芬、 謝曉楓

資料來源：整理自國立台灣科學教育館網站（2009）

以下依作品年代順序分析這五件作品的內容，筆者主要關注於瞭解涉及教師指導工作有關的訊息，包含：1.如何引導學生發現問題（研究動機）、2.研究問題的界定歷程與所探究的問題範圍、3.解決問題所採用的探究方法或程序、4.研究成果在深度或廣度上所達到的成就特色、5.研究之缺失與可繼續深究之處。並依筆者前述對「翻硬幣」遊戲的定義，來轉換各作品所討論的問題範圍與研究發現，以便於各作品間相互參照比較，並將其中載明是教師介入指導之處以粗體底線字體標示出來。

一、歷屆全國科展「翻硬幣」主題作品內容分析

(一)「翻來覆去乾坤轉——翻硬幣遊戲的新發現」(戴清琮, 1996)

戴清琮(1996)於數學科普書籍發現「翻硬幣」的題目，瞭解關於此活動有「固定數翻題目」、「倍數翻題目」、「翻杯子遊戲」等遊戲規則及解答，而引發探究動機，探討下面類型的翻硬幣問題之規律性：

1. 固定數翻：在同一個任務情境中， n 為定值；探究改變 m 或 n 值的不同任務情境中， K 值與 m, n 的關係。
2. 連續數翻：同一任務情境中， n 非定值而是等於步數，即第1步翻面任意一枚、第2步翻面任意2枚……。
3. 倍數翻：依硬幣排列方向，循序將排列序為步數倍數的硬幣翻面，第1步將排列次序位於1的倍數上的硬幣全部翻面，第2步將位於2的倍數上的所有硬幣翻面，求最多至總數 m

的倍數翻完為止，最後所呈現的正反面排列樣式。

4. 因數翻：類似倍數翻之規則，但僅翻動總數 m 之因數，第1步將第1個因數之倍數位置上的硬幣均予以翻面，第2步將第2個因數的倍數位置上的硬幣逐一翻面……求最後所呈現的正反面排列樣式。

戴清琮(1996)對固定數翻的探究程序，是先操作 $m \leq 14$ 的範圍內，所有可能 n 值的問題情境下，所得到之最佳 K 值列表呈現，關於固定數翻的 K 值規律性，幾乎全在以此表格之數據為基礎下發展出來。觀察找出幾個可解釋部分 K 值共通性的規律性，如： $m=n$ 則1步翻完、 $n=2$ 則 $m/2$ 步可翻完（其未註明這個規律性應僅限於 m 為偶數的情形下才成立）、 $n=m-1$ 則 m 步可翻完（其未註明此規律性僅限於 m 為偶數時才成立）。由於此列表中 $K=3$ 的情形出現較多次，故戴清琮進一步觀察 $K=3$ 時 m, n 兩數量，找出當 $m \leq 3n$ 且 $m=2a+n$ （指 m, n 同奇偶性）時，可3步翻完。再觀察 $n \leq 4$ 的情形下，翻面一次對硬幣正反面數量之變化量，以此觀察結果來解釋為何 $K=3$ 及 m 為奇數且 n 為偶數時 K 值不存在的原因。最後歸納出固定數翻硬幣的解題流程，認為依此流程可找出所有固定數翻問題的 K 值。

對於「連續數翻」的解法，戴清琮(1996)先實際操作得到 $m \leq 29$ 的 K 值，對照 m 與 K 兩數量，發現 $K=1, 2, 5, 6, 9, 10 \cdots$ 時，則 m 均為奇數， $K=3, 4, 7, 8, 11, 12 \cdots$ 時，則 m 均為偶數。之後又發現在 $m=1, 3, 6, 10, 15, 21 \cdots$ 時， K 值會產生變化（筆者從其描述中，看不出其所指的變化是什

麼，因為隨著 m 值的增加，除了 $m=2$ 時無 K 值外， K 值呈現不斷增減跳動的狀態：1, 2, 3, 5, 3, 5, 4, 5, 4, 5, 7, 5, …），繼而推演出 K 值與 m 的關係等式。

至於「倍數翻」及「因數翻」，戴清琮參考出現在文獻中的公式，再從自行嘗試所得之結果陳述歸納了幾點發現，並未詳細分析其發現之思考與獲致歷程。

本作品報告書內容精簡扼要，部分研究發現或與文獻資料作比較時，提出簡要的結論或評論後，卻沒有仔細說明自己下如此結論或評論的原因，會讓對這一遊戲沒有經驗的讀者，不易理解作者為何能得到這樣的結論。例如：

1. 文獻探討中舉出有哪些和「翻硬幣」相關的內容，均以一句話帶過而已：「有關定數翻的題目並附解答」、「有談到倍數翻的題目並解答」、「有談到翻杯子的遊戲與翻硬幣遊戲相同」，不清楚有哪些已解或未解的問題；
2. 在「固定數翻」的研究中提到：「前人的研究結果…用分析的方法求出結果，非常繁雜…翻茶杯遊戲的解題方法用 $+1$ 與 -1 來表示正反兩面，再以乘法的方法來求解。這種解題方式不合邏輯。」為什麼不合理、不合邏輯？並沒有說明理由。

本件作品說明書在內容上還有許多書寫錯誤或從有限資料歸納而做過度推論的問題。例如：

1. 探究「固定數翻」進一步觀察 $K=3$ 時，比較 m, n 兩數量的列表，各列項目應為：全部硬幣數 (a) 與可翻硬

幣數 (b)，卻誤植為全部硬幣數 (a) 與全部硬幣數 (b)，嚴重影響閱讀理解作者所欲比較的數量到底為何。

2. 對固定數翻的 K 值，主要著重於僅詳細討論 $K=3$ 的情形下， m, n 兩數的關係式，但並未討論所有的 K 值與 m, n 兩數的關係。以觀察歸納特定 K 值來推導出的符合 m, n 兩數的關係式，若反其道而行，找出符合此關係式的所有 m, n 值，則未必然對應到相同 K 值。僅根據分析至 $m \leq 14$ 的結果所做出的結論，便認為「這個規律可以無限往後延伸；經推論與驗證的完全正確。」是否足能將推論無限延伸，證據仍不夠令人信服。

不過因為本科展研究以「將翻硬幣題材作多種不同遊戲規則變化」的探討為主，故在類型討論較為多樣、且均個人所觀察發現的規律性與具體結論情況下，或許因研究結果的多樣性呈現，及競賽現場時能清楚說明（參見該作品評語，國立台灣科學教育館網站，2009），讓評審忽視其說明書內容部分精簡不明的疑慮，而得到第一名優異成績的肯定。

(二)「最佳全翻位的探討」(林昱誼、黃中道，2003)

林昱誼、黃中道(2003)也是從數學遊戲書籍中看到「全翻位」的翻硬幣遊戲，因為發現自己的翻法比書上的步驟更少，且書上求 K 值的公式並未涵蓋全部狀況，而引發動機想找出 K 值的一般化公式與翻幣操作模式。本研究並未提及戴清琮(1996)得到的解題規律，所引用的文獻也與戴清琮相異，一開始便將研究問題界

定在要獲致能適用所有 m, n 條件下之 K 值的一般化公式，完整而清楚呈現其嘗試錯誤並修正的研究歷程，顯現較戴清琮（1996）更為謹慎求完善的研究取向。

林昱誼、黃中道（2003）開始時採用與戴清琮（1996）相同方式，先從操作 $m \leq 12$ 的所有可能任務情境並將得到的 K 值列表呈現。之後便將任務情境區分為當 m, n 各為奇數或偶數時，分別適用的可能規律性，例如： m 為奇數、 n 為偶數則無 K 值， m, n 均為奇數時，當 $m-n=2$ 則 $K=3$ 、當 $m=n \times p$ 則 $K=p$ 。依可能的規律性去推論，擴展延伸至 $m \leq 25, n \leq 11$ 的任務情境之 K 值，發現並非盡能解釋所有任務情境中 K, m, n 三者關係。進而觀察解題翻面的操作歷程，歸納出可分為五種翻面模式，及其適用的任務情境中 K, m, n 三者的數量關係。再次延伸預測至 $m \leq 26, n \leq 11$ 的所有可能 K 值，並經實作檢驗確認均能與預測相符，而肯定所發現的五個規律性能延伸涵蓋所有 m, n 值。附錄提供詳細的探究記錄，包含幾種任務情境翻面解題過程記錄、發現 K, m, n 三數關係等式的思考歷程，可讓讀者瞭解及檢驗其正確性。

此作品作者將最少次數的結果與解題翻面過程的操作加以連結，清楚解釋其發展一般化公式的基礎，表現從實作觀察歷程中觀察數量變化再予以分析歸納、並延伸預測檢驗規律性的實證推論精神，使得結論能確實達到研究目的所欲求適用所有情況之 K 值求解公式，且論述深入。與戴清琮（1996）的研究相較，雖然僅探討「固定數翻」的規則，但報告書內容說明清楚而詳盡，將嘗試錯誤歷程也記錄列出，使人容易依循其思考模式去理解結論

如何獲致，並將規律性發現應用於翻動硬幣解題的實際操作。但是採用觀察操作數據從中分類歸納的研究推論方法，再以延伸實作結果來加以驗證預測，也僅能證實其結論可適用於所探究範圍，若未能深入探究 K 值如何受到 m, n 的影響，則無法論定推論的模式可無限延伸至適用於所有問題情境。

本作品在附錄中除了有記錄筆誤之處（ $m=10, n=6$ 時的記錄3步解題卻寫4步完成）、讀者閱讀時要自行校正外，研究歷程有記錄每一步操作後的硬幣正反面數，但未在研究報告本文中呈現或應用此資料協助解題。對照戴清琮（1996）以硬幣正反面變化量即可解釋為何某些特定任務情境下 $K=3$ 、 m 為奇數且 n 為偶數時 K 值不存在的原因，後續研究或可由思考正反面數的變化去發展不同的解題取徑。

（三）「翻出一片天」（蘇百毅、楊久靈、陳姿穎、林宜靚、葉書豪、洪綉茹，2005）

蘇百毅等人（2005）因過去科展經驗引發從事科展研究的興趣，從老師於數學課程所出「怎樣解題」的題目中尋找科展題材，發現「翻杯子」問題是值得挑戰的問題，而選擇作為探究題材。作品說明書中他們並未探究過去是否有相似研究，便展開研究探索的解題歷程。

蘇百毅等人（2005）先嘗試 $m \leq 8$ 的所有可能任務情境之翻面解題過程，將各步走完的杯子正反面排列狀態（以+、-來表示）和正反面數量都記錄下來，發現 K 值是否存在，與 m, n 兩數的奇偶性有關；經老師指導提醒：不能只以符合觀察特例的結果來支持論點，藉由討論而找到合

理解釋： m 為奇數時成功解題所有杯子均被翻動奇數次，翻動杯子總翻量（ m 的奇數倍）仍為奇數，但每一步翻動 n 個（偶數）不可能獲致奇數的總翻量。再以總翻量會和 m, n 有倍數關係的想法為基礎，觀察 $m \leq 8$ 所有任務情境中 K 值和 $m \div n$ 的商數及餘數間的關係，檢驗杯子總數增加至 $m=27, n=9$ 或 $m=14, n=13$ 時，其發現的關係式仍能適用。但是為了找到能讓老師更滿意的論證，進一步分析幾個任務情境之正反面數量可能組合，在不走回頭路的原則下，結合可選擇的正反面數量變化來思考翻面步驟，以找到的翻法規則去支持對 K 值的預測公式。和林昱誼等人（2003）研究相同的是，蘇百毅等人將此假設延伸遇到不相符情況時，進一步觀察 $m \leq 20$ 時的所有情況而重新修正假設。但為了符合老師認可的標準：要有合理的解釋、不能倚賴舉例來證明，深入思考每一步操作使翻量對朝向正反面數量目標組合（正面杯數為 n 個時僅須翻動最後一步）的逼近效果，提出更能符合所有任務情境 K 值的預測與解釋。

雖然在本作品報告書中，並未將「翻杯子」問題和過去科展中「翻硬幣」題材的研究作比較，但是最後所得出的關係公式，其實和林昱誼等人（2003）的結論相同，只是用較口語化的文字來敘述。在記錄方法上著重杯子正反面變化量的觀察，協助於由此角度去發現操作歷程對正反杯數的影響而解釋 K, m, n 三者的關係。但在作品報告書中，將列舉成員間的對話討論視為對「奇偶性關係」假設成立的驗證方法，應該只能說是邏輯推理或提出解釋，並非嚴謹的驗證，應可再深入探討。

（四）「再翻出一片天」（張桓瑞，2006）

張桓瑞（2006）因發現有很多不適用於蘇百毅等人（2005）結論的反例，進行文獻探討後，針對前人缺乏系統性研究，及未察覺部分以歸納法導致錯誤結論的缺點來改進研究方法。不僅找出實際翻動時，不需繁複計算便能快速以最少步數翻出的策略，並以代數算式證明此種翻法之所以能得到最少步數的一般化公式，最後還探討並證明了「連續數翻」（連續正整數、連續奇數與連續偶數）的快捷翻法，也提出應用於生活情境中翻旗表演的可能性。

張桓瑞（2006）將總數與翻量變化關係，區分成五類型的問題情境，以代數一般化方式來討論證明 m, n 兩數所有可能條件下之 K 值，免除重蹈戴清淙（1996）、林昱誼等人（2003）與蘇百毅等人（2005）以觀察實驗數據來歸納關係式所可能產生錯誤推論的問題，但報告中沒有呈現研究結果如何獲致的探究歷程，直接整理述明其研究發現。先整理出三種不需觀察翻動歷程正反面數量變化差的簡易翻動策略（折半法、對稱法、折半+對稱法）與可應用的任務情境後，才以代數關係式證明翻動策略的適用原理。對於連續數翻也以同樣的程序（找出快捷翻法再提出代數式證明）加以解題及證明，使抽象的數學關係和實際的動作連結而有意義，是國小學生能力上不易達到的研究成果，故能顯著突破前人研究成果而得到佳作的肯定。

本研究僅限解決蘇百毅等人（2005）「翻杯子」的問題，應可繼續比較其他翻硬幣研究，如戴清淙（1996）指出的「倍數翻」與「因數翻」。

(五)「挑戰全翻位」(黃亮諭、陳雅筑、陳芯誼、孫宇廷, 2009)

黃亮諭等人(2009)在科展研究歷程中,歷經兩次嘗試尋找合適研究題材均徒勞無功,故而大量研讀科展得獎作品以觀摩他人研究。因發現林昱誼、黃中道(2003)公式中的錯誤,及結論歸納模式類別太過繁複,故欲修正前人公式,找出最佳翻動策略並簡化歸納的模式類型。他們採用的研究方法和戴清琮(1996)、林昱誼、黃中道(2003)及蘇百毅等人(2005)相同,先嘗試找出 $m \leq 20$ 的所有任務情境的K值,將此實驗數據列表後,結合觀察部分任務情境中解題歷程正反面數量之變化,試著找出能涵蓋所有K, m, n三者的關係的操作模式和計算公式,並將K值的預測關係式簡化至四種類型。

在張桓瑞(2006)翻杯子的研究中,已經能以代數一般式,證明最佳翻動策略與最少步數預測關係式的正確性,本作品中卻沒能發現到,而在結果的呈現中坦承:「在此無法以完整的證明來驗證我們的發現是對的,只能藉觀察實驗過程的規律性來解釋以上的發現」。所以雖然評審認為本作品延伸討論至環狀排列的翻法較有創意,不過創新性仍不夠,而沒有在全國科展中獲獎。

二、綜觀歷屆科展得獎作品研究成果

將上述五件作品的文獻探討整理成表二。在不比較各作品的研究成果(翻法策略或K值預測公式)時,仍能從中看出各科展作品如何發展研究的歷程軌跡,而有益教師未來指導學生從事同樣主題研究時,可參考介入引導的出發點,如:提供

接觸探究此活動的機會或文獻資料,讓學生先試作觀察、對問題有初步理解後,才提出研究問題、訂定研究計畫。同時也能幫助教師瞭解學生研究此主題時,可採行的研究方法與探究方向。

綜合表二資料顯示,對於「翻硬幣」的研究,多以探討「固定數翻」時求解K值及最佳翻動策略為主;研究方法上除了張桓瑞(2006)能以代數方式討論證明K值預測公式與最佳翻動策略能符合所有問題情境外,其他研究均採觀察、操作一定m值的任務情境,來歸納出可以涵蓋實驗數據的K值預測公式與翻動策略,再以擴充硬幣(∠杯子)總數的翻轉結果來檢驗,仍是有限度的延伸驗證,無法證明總數增加時提出之結論仍能適用。而目前的研究成果仍須視問題情境而套用不同的預測模式,尚未發現一個通用於所有情況的一般式,是可以進一步探究的方向。

另一種研究的取向是變換延伸翻硬幣遊戲規則,如「連續數翻」、「倍數翻」、「因數翻」、「環狀排列翻」(張桓瑞, 2006; 黃亮諭等人, 2009; 戴清琮, 1996)。不過對於這些變換延伸的規則或者定義不明,或者研究結果記錄較為簡略(戴清琮, 1996),許多結論也未再獲得他人檢驗或進一步討論解釋,仍有深究的空間。

歷屆科展得獎作品在教師科展指導之運用實務

分析「翻硬幣」科展得獎作品,確實可以瞭解此主題的科展研究方法、研究現況、與可進一步發展的方向。雖然只有在蘇百毅等人(2005)的報告中,可以窺見

表二 「翻硬幣」主題歷屆科展作品內容分析表

作者 (年代)	研究動機的引起	界定 研究問題	研究方法 與程序	研究成果	作品特色	可延續 探究方向
戴涓琮 (1996)	閱讀數學遊戲科 普書	求固定數翻、 連續數翻之K 值預測公式， 倍數翻、因數 翻硬幣排列樣 式預測	從觀察實作至 固定數翻至 $m \leq 14$ 、連續 數翻至 $m \leq 29$ 所得數據，歸 納提出預測公 式再操作驗證	找出幾個適用的 K值公式，倍數 翻僅述明硬幣排 列樣式之預測公 式，因數翻列出 $m \leq 10$ 的硬幣排 列樣式及說明預 測公式	變換各種翻法， 從觀察實作中歸 納規律性	延伸驗證至所有 任務情境、深究 倍數翻、因數翻 規律性之解釋， 證明檢證公式之 適用性
林昱諠、 黃中道 (2003)	數學遊戲書籍中 的缺失	求固定數翻之 K值與最佳翻 幣模式	詳細記錄實作 過程，分類歸 納預測公式與 翻法模式	找出五種適用的 最佳翻硬幣解 序和預測公式， 驗證至 $m \leq 29$	展現抽象思考及 運算能力，嘗試 錯誤歷程也忠實 列出，符合實證 推論精神，觀察 解題歷程的相異 模式，將一般化 規律延伸應用於 實際翻動硬幣解 題	比較倍數翻、因 數翻之規律性與 翻動模式
蘇百毅等人 (2005)	數學課程題目作 延伸，未進行文 獻探討	求固定數翻之 K值與翻法	觀察實作歷 程，發現規律 性，提出假 設、進行探究 再修正或驗證	找出最少步數預 測公式與翻法， 驗證至 $m \leq 20$	記錄翻動過程正 反面狀態量的變 化，將K值預測 公式以口語化方 式呈現，更易傳 達研究歷程與成 果。教師介入指 導對本研究之發 展有明顯的影響 力	對於預測公式的 解釋與驗證，論 述的嚴謹性可再 強化
張桓瑞 (2006)	發現蘇百毅等人 (2005)科展的 錯誤與研究方法 的缺點	固定數翻的快 速翻法策略， 以代數式證明 K值，連續數 翻的快速解法	系統性嘗試各 種可能問題情 境，找出簡易策 略；觀察實 作記錄K, m, n及解題歷程 正反面數量變 化，分類找出 代數關係且證 明之	對固定數翻的題 目提出3種翻法 策略及5種最少 步數代數式的證 明，探討並證明 了幾種連續數翻 的快速翻法，及 翻旗表演的生活 應用	簡化翻動策略， 以代數對最少步 數作嚴謹的證明	比較翻硬幣文獻 的倍數翻、因數 翻問題並予以證 明
黃亮諭等人 (2009)	發現林昱諠、 黃中道(2003) 結論中的錯誤及 研究成果不夠精 簡等缺點	修正K值公 式，找出最佳 翻動策略，並 簡化歸納的模 式類型，延伸 探究環狀排列 類型	記錄實作過 程，觀察後分 類歸納K值預 測公式與翻法 模式	觀察 $m \leq 20$ 的K 值，歸納能涵蓋 所有實驗數據中 K, m, n關係的操 作模式和公式， 將K值的預測關 係式簡化至四種 類型，新創環狀 排列玩法	只藉觀察實作過 程來為解釋規律 性，無法以完整 的代數證明來驗 證發現的正確 性；延伸討論至 環狀排列的翻法 較有創意	參考張桓瑞 (2006)的代數 證明方法，並可 深究其他類型問 題

到科展指導教師介入的指導工作之一部分，不過仔細觀察仍可從中亦浮現出二個與文獻探討指導實務有關的議題：文獻探討在科展研究中的角色，與已有豐富研究成果主題有效突破創新之指導策略。深究這些問題，或能瞭解教師對於在科展中如何善用文獻的專業知識內涵。

一、文獻探討是否是學生科展之必要歷程

(一) 比較文獻探討在「翻硬幣」歷屆科展作品中的作用

比較表二所列各作品中，文獻探討主要出現在研究動機的歷程。戴清琮（1993）和林昱誼、黃中道（2003）在作品說明書中雖有進行文獻探討，不過並未提及前人如何得到結論的解題過程；蘇百毅等人（2005）則未在作品說明書中進行文獻探討。三件研究均是作者在未依循前人解題過程下，自己開展探究的歷程，在研究內容與歷程上均能各有其特色。張桓瑞（2006）和黃亮諭等人（2009），雖然均是以一件國小組得獎作品的錯誤而引起研究動機，但張桓瑞不受前人研究影響自己的研究方法，採用全然相異的證明方式來解題；黃亮諭等人則明顯採用和林昱誼、黃中道相同的研究方法，雖然在成果上能修正前人錯誤，並得到更為精簡的題型分類，最後更嘗試突破前人成果而增加探討變換環狀排列的問題類型，但整體而言，終究大部分研究成果仍僅是重現前人的研究歷程而略作調整，難有全新的作品樣貌。

文獻對此五件作品研究歷程所扮演的作用，除了主要僅在研究初始階段作為研

究設計的參考外，似乎意味著具獲獎潛力的共同特徵——未參照前人研究方法、或未刻意著墨於和前人成果作比較的研究，才容易得到更具創新或突破的成果。

(二) 科展指導教師看歷屆科展作品在學生科展學習歷程的角色

對許多科展指導老師或是有興趣做科展的學生而言，擇定題目是一開始最困擾的問題（王聖輝，2009；杜明進，2004）。許多科展指導教師（如：蔡淑英，2000），均肯定研究歷屆科展得獎作品，是學生科展有益的開端；查閱資料不僅可以提示研究方向，也可以擴展自己的思考模式（杜明進，2004）、並能初步認識數學科展的研究方法、找到有潛力且適合程度的主題，累積數學知識而增加研究的深度、廣度（林睿傑，無年代）。

不過林睿傑（無年代）也指出，大多數學生在探究科展得獎作品文獻時，都有摸不著頭緒的困擾，除了無法確實掌握自己感興趣的主題在哪，且作品書內容不但頗多錯誤（在本文所分析的幾件翻硬幣的作品說明書中也可以看到錯誤之處）且文句艱澀不易理解；就其教學研究發現：學生對於前人研究的理解，極端仰賴指導老師先行理解，並發揮學科專業所扮演的居中引介能力；且由於國小學生在搜尋相關資料和理解能力的不足，指導老師便應搜尋相關數學資源，甚至可能是不適合小學生閱讀的數學專門文獻資料，得到新研究主題的重要資訊後才引導學生開發進一步深究的主題方向。

那麼，探究歷屆科展作品或其他數學研究題材的文獻資料以發現科展題材，是否是指導老師在進行科展指導實務工作

前，個人應預先要做好的功課？文獻探究及理解應用，應歸屬於科展指導老師或是學生的責任？

綜合一些科展指導教師的觀點（李榮彬，無年代；吳麗淑，無年代；林信安，無年代；林睿傑，無年代；張秋男，1981；陳宏仁，2010；蔡淑英，2000），認為科展指導教師應具備瞭解歷屆科展作品的基本能力，大量閱讀科展作品或數學探究教材，以發現或瞭解值得學生研究的題材；但是在實際進入科展指導工作時，仍應視學生需要去引導、陪伴學生閱讀理解文獻，進一步發現自己的研究題材，而非讓學生獨力去自行摸索文獻資料、探尋研究題材。

（三）科展教師指導文獻探討的實務運用

省思「翻硬幣」主題各作品中文獻探討所扮演的角色、以及學生閱讀科展作品的困難這兩個現象，或能為教師在指導學生進行文獻探討的科展指導實務上帶來下列啟示：

1. 與文獻相異研究取徑較容易突破創新

從文獻對「翻硬幣」主題五件得獎作品的作用，發現學生不特意探究前人所採用的研究方法，較易發展不同作者其思維特質與研究風格（如：抽象數字分析、歷程變化分析、或語言描述），使得同一題材可以有不同面向的探究。故沒有看過別人的研究而自行摸索，似乎較符合學生的學習心理，也增加發揮個人特質創意、尋找不同研究方法的可能性。此現象背後的意涵又是什麼原理？

Polanyi（1962/2004）曾指出，理

解一個概念的解釋架構，要運用接收（assimilation）與適應（adaptation）這兩種過程；改變一個解釋架構，必然要皈依（conversion）新的前提、要修改我們據以判斷的前提。而不同主張的新思想體系發現者：

具有各自的概念架構，他們都用自己的概念架構來辨認自己的事實，都在自己的概念架構範圍內進行論證，都用自己具有顯著特徵術語來表達自己的概念。…依賴一種解釋架構的形式操作，不能向依賴於另一種解釋架構的人們演證一個命題。它的倡導者甚至無法成功地得到這些人的聆聽，因為前者首先必須要教會後者一種新的語言，…事實上，一群有敵意的聽眾可能會故意拒絕像…等人的新概念，因為他們害怕一旦接受了這個架構，他們就會被引向他們——正確或錯誤地——討厭的結論。（Polanyi, 1962/2004, pp. 185-186）。

故若要學生對他人的研究成果進行文獻探討，去理解和自己相異特質他人的研究論述，就像學習另一種語言或解釋架構般，需要一段時間的投入、皈依他人的研究語言、甚至重製模仿一遍別人的研究歷程，才容易理解別人的研究成果。但在理解接受他人的成果後，要擺脫他人的影子、加以評判，甚或保有自己的想法並突破創新另一種相異的解釋架構，對學生而言又是另一件難事。鍾旻修（2005）也認為，教師搜集過去書本中的理論與實驗或歷屆科展作品，來指導學生延伸及擴張，以此取徑來選擇科展主題，對學生而言其實並非易事。

具有創意的科學家，都懂得跳脫原先的邏輯框架是尋求突破的關鍵（沈致遠，2006）。故刻意避免接受前人對某一主題事實研究所提出的解釋架構，或可是教師在指導學生科展發展相異且創新解釋架構時，能採用的有效引導策略。教師指導科展時，可以不用強求學生須先進行文獻探討、理解別人的研究後再去加以突破，如同：蘇百毅等人（2005）的研究得到的成果雖然和林昱誼等人（2003）相似，但是發展不同的記錄方法且以不同方式來表徵其發現；張桓瑞（2006）雖是因林昱誼等人的錯誤而繼續探究，卻採取不同的解題與證明方式——均可以得到和前人全然相異的解釋架構而展現出各自的創意。

2. 研究取徑應由學生自行發展不需預設結論或依賴文獻導引

指導科展要有開放的心態，研究過程應讓學生自己開展、獲致研究結果，教師不宜介入過多，以免變成老師的作品（黃天長，2000；鄭旭泰，2002；鍾建坪，2003）。全任重（2003）也主張，即使老師已經知道學生研究的數學原理，仍應隱藏起來，不要剝奪其發現的樂趣、要讓學生覺得研究是自己的成果。而科展要獲致創意且深入的成果，重要的是激勵學生主動且長期（通常至少要超過半年以上）沈浸研究，當學生自己對研究的投入程度越大，從研究歷程中的學習也會越多（張秋男，1981）。

筆者認為，這也隱含著讓學生成為對自己科展發展有真實的決定權，相信學生有潛能以自己的能力與創意來發現問題並成功解決。當學生願意長期投入、自行發展研究所獲致的成果，常能帶來老師始料

未及的新意（江英英，2007；吳淑麗，2008；蔡淑英，2000）。故指導老師在指導文獻探究時，不必執著於欲求瞭解既有的研究基礎後才能去進一步發展，或是引導朝向老師預定的研究問題與認可的解題取向。

二、已有豐富研究成果主題有效突破創新之指導策略

全任重（2003）由過去作品來分析，認為越是熱門的題材越是缺乏創意，並推薦幾項冷門且有數學實驗潛力的數學科展題材；陳義勳（2000）依擔任評審的經驗，認為題目的選擇相當重要，不宜與歷屆科展作品相同、落入炒冷飯；陳宏仁（2010）將歷屆國展作品以探討主題分類整理之後，建議不要再指導學生研究某些已有豐富研究成果的主題，包含本文所評析的「翻硬幣」主題。引發筆者的不解：探討歷屆科展作品文獻的目的，是否只在發現較少受到關注的題材、確認研究主題的創新性以取得致勝先機？果真如此，只要是熱門的題材，教師是否就可以不需要再多花心力去探討理解歷屆科展作品內容了？但是許多科展指導老師的經驗（李榮彬，無年代；吳麗淑，無年代；林信安，無年代；林睿傑，無年代；蔡淑英，2000）所指稱「從歷屆科展作品尋找題材靈感」，似乎並非意指要排除不值得浪費師生心力的熱門研究主題。

科展作品年年近萬件，要在研究議題上有創新思維實屬不易（李文献，2006）。蔡淑英（2000）與蔡素伶（2006）都認為，即使是已經得獎的作品主題，仍可「老樹發新芽」、「冷飯新炒」，只要適

切學生程度並結合加深加廣題材，仍能博得評審青睞。林睿傑（無年代）也認為做科展不一定只能做新的研究，除了參考歷屆科展得獎作品，學生也可以找一本有興趣的書仔細研讀後先加以整理，再做一些延伸推廣的研究，就是一件不錯的作品；而在整理過程學到了前人所累積的數學知識和研究方法，這也是參與科展活動最重要的目的。

因此在引導學生發現探究主題時，歷屆科展得獎作品（尤其是累積有豐富研究成果）文獻所透露出之價值，兩種相異主張（不要再研究，或可以用來幫助學生學習），究竟各據何立場？以下繼續深究其所反應出的本質意涵。

（一）不宜繼續探究已有豐富研究成果主題的理由

能在全國科展中得獎的作品，均具有一定的研究成果。如果同一題材已經有很多獲獎的研究，學生可能要花更多時間去理解，或是更難有突破的空間，是否這題材就不值得再研究？但為何難有創意突破的題材就不值得學生再研究？難道這些能讓許多學生相繼學習科學探究歷程並成果輝煌的主題，只能淪為見證前人研究能力的成果記錄文獻，不值得再成為其他後繼學生仿效、學習探究科學歷程、進入科展領域的引導教材嗎？還是因為學生在科展的學習，一定要先評估能否獲致成果上的創意突破，才值得師生選擇投入心力去研究？

不管任何題材，只要學生願意長期投入深究，應能對自己的科學探究知能帶來莫大的成長。但是教師是否有責任替學生把關衡量，若無法得到比別人更優異的成

果，這樣的成長價值便不值得去指導學生探究？試從下面幾個方向來尋求這些問題的合理解答。

1. 參與科展所欲求的報償

為了鼓勵師生參與科學研究，參賽得獎學生不僅可以獲得獎狀與獎金，指導教師亦可獲得獎狀或敘獎（中華民國中小學科學展覽會實施要點，2009；國立台灣科學教育館，2010）。回歸辦理科展競賽的宗旨，不只是為發掘科學人才、以在國展取得優勝標準來鑑定數理資優學生、作為升學加分的另一管道（教育部，2006），更是學校教育中提升科學研究風氣、培育科學人才的重要教學活動。

師生從事科展研究，不僅提升學生對科學知識的理解學習，教師個人在科學指導專業知識上也能有所成長（吳麗淑，2008；林麗卿，2008；林耀南，2007；張可彤，2009；陳忠信，2007；陳建良，2008；鄭旭泰，2002；謝惠聰，2007）；而師生從參與科展研究中均獲得成就感，是驅使許多教師和學生願意投入心力參與科展競賽的主要內在動力。教師指導科展的價值，在以科展活動做為科學教育的教學；學生在科展中，要親自經歷一段如科學家般的研究歷程，學習到各種問題解決策略，和較高層次的思考技能，並且得到具體的研究成果（李文献，2006；許素，2002）。甚至理解到研究活動可以是無止盡的，並非到科展競賽後便是研究終止之時；即便是得到最大獎項肯定的作品題材，也不代表完美到無法再有繼續突破的發展，只要有心都有可以再深究的空間，讓知識經由眾人的不斷研究而更為豐富精緻（張秋男，1981；蔡素伶，2006）。

得獎固然是老師和學生的共同期待，但是任何競賽中能否得獎，總摻雜競爭對手素質，和是否切合評審個人品味而易獲得青睞的運氣成分（王聰章，2007；全任重，2003；吳心楷，2009；黃嘉郁，2003）。與其在意能否指導學生在科展競賽中獲勝，更要在意學生在科展中學得夠不夠透澈；讓學生覺得自己收穫很多、真正培養出研究的興趣才是最重要的，努力為自己的收穫作最好呈現，能得獎僅是附帶價值（李文献，2006；邱智宏，2008；黃天長，2000；簡聿成、洪振方，2010）。有資深科展指導教師就觀察到曾以科展競賽獲獎而保送大學的優秀學生，因志得意滿而在大學適應不良、灰心喪志，故在一項輔導初任科展教師發展科展指導能力的方案中，將對學生與家長心理輔導勿過度在意獎項，視為科展教師指導時應瞭解的重要實務工作之一（簡聿成、洪振方，2010）。

深究科展活動精神，追逐獎項鼓勵與肯定應非師生參與科展的最終目的（李文献，2006；徐佳璋，2007；鄭旭泰，2002；鍾旻修，2005；簡聿成、洪振方，2010）；以得獎為主要目的導向的科展活動，容易專注於快速獲取答案、追逐亮麗成績的教育成果，誤導學生對科學研究的態度（李文献，2006；徐佳璋，2007）。人才的培育，應重視學生到底學會了哪些能力，或是表現有何進步，而不在和他人競爭求勝（黃政傑，2006）；在科展競賽的場合，更應該教育學生：發揮天賦潛能的「優勢」，不一定來自與別人一較長短的競爭，而是找到自己的特質去發揮才能、創造自己的價值（劉建人，2006）。

故學生能否在科展歷程中學習研究方法，與體會到個人的成長而有所收穫，才是師生應追求的科展活動價值，也是科展教師在指導實務上應瞭解並謹守的本質信念。

2. 前人研究成果與文獻對後人科學發展的意義

筆者相信，若一個能吸引眾多學生先後主動投入、長期研究學習的主題，絕對值得其他學生繼續探究、從中學習並體會研究發現的成就感，不應只是專屬得獎學生所能受惠的教材，而讓其他學生視前人研究成果為沈重的學術資產。從一對姊弟（就讀小學五年級與四年級）的對話中，可感受到人類智識的發展成就，竟成為個人要獲得發現成就感的阻礙：

弟：我覺得生活在以前的人真好！

父：為什麼？

弟：因為他們都可以發明很多東西，像是畢氏定理；不像我們現在很多東西都被發明過了。

姊：我也覺得，以前的人可以很容易因為發明、發現，而成名流傳千古。

（2010年3月3日，筆者記錄的一段家人睡前談心）

這對姊弟欣羨古人的有感而發，不能僅視為在今日追逐名利的成就感更難獲致，亦是反應出人類文化發展所累積的智識資產，對孩童而言有時反而也是欲求發明、發現時的沈重負擔。原本可以輕易達到突破創見、體會個人致知成就喜悅的境界，在今日卻相對更難獲致，因為得要先能站在如陳佩正（2009）所稱：由文獻所形成之巨人的肩膀上。但是學生為何不能從學習前人智識資產的歷程中，體會個人

成長的喜悅？Polanyi（1962 / 2004）曾深入剖析人們接受科學權威知識與科學家創新發現知識，兩者心理歷程是有著個人內在求知控制感與對事實證據掌控確信度的差異：前者在評判科學的有效性和價值時，間接接受了科學社群所提出的權威，需要讓渡自己個人的忠誠、信任服從社群的教育；後者則發揮自己的求知熱情，以自我相信（或稱自我確認）來做為發現知識的有效嚮導；唯有受個人求知熱情所啟發的致知行動，才能因證明個人致知的勝利與能力勝任感，而帶來最大的成就滿足感。

不過對豐富知識發明資產的後續發展性，倒不一定只能抱持悲觀態度。據摩爾定律（Moore's Law，引自：Brockman，2003 / 2008）所證明的現實，從事科學工作越多、就越有更多科學可以從事；對科學家來說，世上沒有任何一種立場是固定不變的；任何人的思想都可以被挑戰，而理解與知識便是透過這樣的挑戰累積。陳佩正（2009）也指出，在這資訊爆炸的時代，即使是面對如巨人肩膀般有力的文獻，也應培養學生抱持非僅單純接受學習資訊的態度，學習迦利略看待哥白尼的論點般的科學求真精神，需要作訊息確認、驗證工作，甚至挑戰連教師原本也不會的知識領域。全任重（2005）就例舉了某校之名師，整理出一系列科展題材後在網頁上公告周知，廣召學生將這些構想實現成科展；雖然研究題材的來源缺乏創意，但是學生並不因此而喪失靈感仍能產生富有創意的作品。

綜合上述看法，筆者認為已有豐富研究成果的主題，只要能引起學生深究的內

在求知慾望，願意長期投入並以自己的觀點去理解詮釋問題，不僅可以讓學生從中學學習到科學家對所謂定論的懷疑態度，經歷自我發現知識的歷程與成就喜悅感，且還是有可能在前人成就基礎上取得突破性進展的空間。

3. 指導老師尋找適切研究題材的考量

據林睿傑（無年代）的看法，指導老師應具備瞭解學生研究主題相關文獻的學科專業能力，才能在學生科展研究歷程中給予適當協助，引導學生尋找研究問題及發展解題方法。當一個主題似乎已經被瞭解研究得很透澈時，指導老師是否應顧慮自己專業能力可能無法指導學生突破前人研究的風險性，而及早放棄這樣的冒險？選擇研究課題可能會面臨的考量有：

他所選擇的課題可能是無法解決或確實難以解決的…但是，四平八穩也有可能是同樣白費力氣。平庸的結果絕不應是雇用具有天賦的人才所獲得的合理回報，這樣的結果甚至可能也無法彌補花在上頭的投資。所以選擇一個課題不僅要能預見某種隱蔽但又不是可望不可及的東西，而且還要對研究者（及其協作者）的能力和這個課題的預期難度進行對比評估…（Polanyi, 1962 / 2004, pp. 153-154）。

吳心楷（2009）指出，一個還沒有人研究過的主題其實可能有兩層意義：創新而還沒有被看見其重要性，或是學術社群認為不值得投入心力研究。故新題材和老題材，一樣有它的風險性。真正科展研究者是學生（吳淑麗，2008；李榮彬，無年代；科展指導有密招，2007；許素，2002），指導老師不該實際操控負

責研究的進展，應協助學生得到他自己想要的成果、而非老師所預期的結果（徐佳璋，2007）。當然在科展題材的選擇上，考量的不只是研究成果有無具創新性的得獎條件，還有能投入的時間與資源、能否配合在競賽時程內獲致成果（黃嘉郁，2003）。如果學生對於一個主題真的有個人濃厚的探究興趣，指導老師應該告知可能的風險，讓學生自己去選擇決定自己想要的學習取徑。

所以指導老師評斷一個題材值不值得指導學生去研究，應是基於此題材是否適合學生學習的考量（徐佳璋，2007）——具備能激發學生內在研究動力、並能從探究歷程中得到成長與成就感——，而非因為教師個人認為此題材在學術研究上已經完全破解、沒有繼續探究精進的價值。

（二）已有豐富研究成果主題仍具探究潛力的可能性

胡守仁（2005）指出驅使數學得以持續發展的數學家特質為：

數學家對待定理有點像藝術家或作家對待他們的作品一樣，反反覆覆，回首思索。證明了一個定理並不能讓數學家就此放心安樂，專心去作其他事情，他們會想或許還有更漂亮優雅、更簡短的證明，或許從另一個角度來看，結果就很容易找到了…；就算是一個早已解決的問題，也許在研究其他問題時又蹦了出來，不禁又想到了一個證明；而一個新的證明或許又激起…。光是畢氏定理，就有一百多個方法來證明呢。（頁7）。

Perkins（2000 / 2001）以達文西和萊特兄弟的思考為例，說明突破性思考最令

人驚奇的地方，不是他們所得到的結論，而是所採取的思考路徑；重新架構問題，將有助於洞察問題、在解題上獲得進展。一個拓樸學上最重要的問題——龐加萊猜想，在提出近百年後於2006年證實已被破解，最大功臣為投入近30年、慣用自己想法解決數學問題的美國數學家漢米爾頓（Richard Hamilton）和思索此問題近10年、引入其他領域想法的俄國數學家帕瑞爾曼（Grisha Perelman）；兩人均不急功近利和追逐論文數量的肯定，而是以各自原創的思考架構、踏實的持續努力，並且無私地分享彼此的工作成果，才能解決此一高懸許久的難題（李瑩英，2006）。

已經在歷屆科展中屢獲佳績的主題，就科學發展不斷求新、求真善美的歷程而言，應該仍有可以突破創新的空間。指導老師該如何引導學生從別人成功的研究經驗中，尋找出值得更進一步探究發展的方向？

除了延伸應用Polanyi（1962 / 2004）對科學發現的看法：新思想體系的發現者會故意去拒絕皈依他人的觀點，讓學生以自己的方式去體驗同一主題、嘗試發展自己的解釋架構外，亦可與他人合作激盪彼此想法。另外從評審對得獎作品的建議中，即使是寥寥數語，或亦能發現突破的契機。以「翻硬幣」的主題為例，在評審對張桓瑞（2006）的評語中，便對此主題進一步探究的方向提出具體建議：「如果能善用數學的模型，如集合、子集合概念，或 $(0, 1)$ 一向量來描述成果進而給出證明，將會是很優秀的作品。」

查詢科展以外的其他文獻資料，可以發現對「翻硬幣」問題仍有學生觀察到、

但未善加利用的解釋架構，例如：在這五件作品中都有注意到一步操作對硬幣正面數量所能造成的變化量，但卻未以此來發展對問題的界定：

題目等於：要將 0000000000 變成
1111111111

第一步一定是0000000000->1111
00000

最後一步一定是111110000->11
1111111

如此，答案便是由1111100000->1
111100000中的 n 步

其實，便是使 "1" 的數量增加 1 個
一次翻四個，1的數量只可能有以下變化（詳情自己推）

+4, +2, 0, -2, -4

以上五種組合怎麼樣都不可能得出
+1，也就是 $a \times (4) + b \times (2) + c \times (-2) + d \times (-4) = 1$ 所以無法做到。（2009年
12月4日，取自：<http://www1.discuss.com.hk/archiver/?tid-9974534.html>）

也可從歷屆科展作品中尋找被作者忽略的解題取徑，例如：戴清琮（1996）認為以+1、-1來表示正反面、以乘法來計算求解是不合邏輯而揚棄的想法，其實也只是觀察焦點是結果（操作後之硬幣狀態）或過程（動作）不同所致。若以關注操作動作對結果狀態的作用來對「翻硬幣」問題重下定義：「+1代表正面、-1代表反面，操作一步翻面代表對n個硬幣作乘以-1的運算，沒被翻面的硬幣則作乘以+1的運算，則任務情境為：將m項狀態值為+1的硬幣，在每一步運算中對任意n個項目作乘以-1的運算，至少經過幾步運算後，可以使m項狀態值均得到-1的結果？」以m=5,

n=4為例：

原始狀態：	+1	+1	+1	+1	+1
一步運算（4項×-1）	×-1	×-1	×-1	×-1	
走完一步後狀態：	-1	-1	-1	-1	+1
經過幾步？				
結束狀態：	-1	-1	-1	-1	-1

故若欲突破「翻硬幣」主題所累積的科展成果，不管是嘗試從數學模型或(0,1)-向量的概念，或是關注動作對目標狀態變化量的影響等觀點，來重新定義此一主題的問題情境，都會和過去得獎作品所採用的思考路徑有相異的切入點，仍具突破與創新成果的潛力。

結論

將本文獲致的結論歸納如下：

一、翻硬幣主題數學科展作品文獻特色

（一）研究現況與待深究方向

以「翻硬幣」的主題的數學科展，在歷屆全國科展中，已有五件作品參展、四件獲獎，以探討固定數翻的最小步數預測公式，和最佳翻動策略為主，少數延伸討論至連續數翻、倍數翻、因數翻、與環狀排列翻等不同類型；採用的研究方法以實作探究解題、記錄過程，從實作數據中歸納得出與觀察結果相符的公式和翻法，再延伸較多的總數去檢驗是否與推論相符，僅有一件作品以代數式來對所得推論作嚴謹的解釋與證明。

此主題的研究，仍有可以進一步研究的價值與突破空間。除了可針對變化遊戲

規則的題目類型，深究其翻動策略與規律性，或關注翻動歷程對硬幣正反面數量所產生的影響，也可套用數學模型等不同解釋架構來重新界定研究問題，都是未來可再繼續深究的方向。

(二) 文獻探討在翻硬幣主題科展研究歷程所扮演的角色

在翻硬幣主題的科展作品中，文獻探討主要僅出現於引導學生發現問題的階段。學生發展研究方法的階段，未參考文獻之研究方法者，所獲致的研究成果較容易呈現出自己的思考特質，並因此較具創意而能在科展競賽中獲得佳績。

二、教師對文獻探討在科展指導實務運用應有的認知

(一) 進行文獻探討程序在學生科展研究與學習上的意義

1. 科展重視的是科學實作的精神，理解歷屆科展作品文獻並非學生科展的必要工作，且教師並非實際科展研究主導者，不需因為教師對研究主題的陌生，或擔心自己無法指導學生理解文獻中的前人研究成果，而將文獻探討或科展指導視為畏途。在進行文獻探討程序時，僅需引導學生從文獻資料中，掌握切合訂定自己科展計畫所需的相關資訊即可。
2. 學生在未充分探究文獻、皈依前人研究的解釋架構時，反而容易依照自己的特質來重新詮釋問題，而或有創意的觀點。
3. 教師科展指導實務中，仍要視文獻探討是否是幫助學生進行研究的必

要過程為考量，因學生學習的需求而調整，不必堅守以學術研究的角度，來看重文獻探討的必要性。

(二) 已具豐富研究成果的主題的研究潛力

1. 科展指導教師應具有瞭解科展活動價值的基本信念，給予學生一個學習完整科學探究與發現歷程的經驗，避免追逐獎項對學生在科展歷程所造成的負面學習效應。研究題材的選擇，應以能否切合學生的學習需要為考量，而非是否具有得獎潛力。
2. 研究題材的選擇，歷屆科展可以是一個靈感的來源，不管是選擇全新的議題或是已有豐富研究成果的研究主題，學生研究成果的突破與創新程度都同樣具有風險，不宜由指導教師獨斷地評估，以能否確保得獎的報償性來替學生抉擇研究主題或研究取徑。
3. 歷屆科展作品熱門的研究題材，可提供學生如何藉由此類題材學習科學探究的眾多成功範例，幫助指導教師瞭解如何引導學生學習、並藉此充實自己的科展指導專業知識。只要讓學生發揮自己的思考特質，改變對問題的解釋架構，仍有突破創新的空間。
4. 若一個題材能引起學生強烈探究興趣、願意主動長期投入，師生均可將前人累積的研究成果當成促發更多可能性的挑戰，一起尋找突破精進的可能。如此學生才能真正成為自己研究的主人，為自己的研究成

果負責。就算最後可能只是驗證前人的結論正確，也能學習到科學家對所謂真理永遠抱持懷疑的態度：除非真切理解才會信服他人的論證。

5. 指導老師的責任，應是告知學生評估並承擔選擇題材的風險性，協助學生以突破性思考的有效策略來面對一個熟知主題。突破的靈感，可以細細斟酌評審的評語、發現前人的缺失，或是尋找被揚棄或忽略的解釋架構。

(三) 利用歷屆科展得獎作品發展教師科展指導專業知識

經由本文的思辨歷程，可幫助筆者瞭解翻硬幣主題的科展研究現況，與科展教師在指導學生文獻探討時可不必過於在意學生是否要讀懂文獻後才能發展研究。藉由筆者檢視個人對科展得獎作品所做文獻探討的實務工作，期望能發揮拋磚引玉之效，使其他有意從事科展指導、卻不知從何下手的教師，瞭解到歷屆科展作品確實可提供豐富的指導與研究資源，幫助教師瞭解相關領域的研究設計與研究成果。

教師若能突破題目難尋的心理障礙，善用得獎科展作品資源，便有機會進一步在陪伴學生研究成長的歷程中發展自己的科展指導專業知識與學科知識。對於已經有豐富得獎記錄的研究主題，指導老師對研究取向與終點宜抱持著較為開放的態度，發揮學生相異思考特質、引導學生發展不同的解釋架構，師生或者均可能因再次成功挑戰此任務而啟發新視野，並找到有效突破性思考的秘訣。

謝誌

感謝國立台北教育大學張英傑教授的提點與鼓勵，才能促使筆者醞釀發展此一議題的探究。同時感謝科學教育研究與發展季刊之初審者，在筆者初次嘗試發表時指正研究方法與論述方式，並提供範例予筆者觀摩學習、琢磨適切的研究設計。更感謝資優教育研究審稿者之厚愛，不僅給予筆者修正改進的機會，並且在本文的論述撰寫上提供許多具體的指導與鼓勵。在此發表改寫歷程中，有緣向新竹教育大學陳惠邦教授修習質性研究方法，陳教授亦不吝惜予以筆者支持勉勵，令筆者銘感於心。對於本文之完成，筆者深感上述學者的無私指導之情，在此一併致上誠摯謝意。

參考文獻

- 王聰章（2007）：第47屆中小學科學展覽會優良指導教師得獎感言。科學研習月刊，467(5)，55。
- 王聖輝（2009）：第49屆中小學科學展覽會優良指導教師得獎感言。科學研習月刊，48(5)，52。
- 中華民國中小學科學展覽會實施要點（2009）。2010年8月2日，取自：<http://www.ntsec.gov.tw/dn.aspx?uid=59>
- 江英英（2007）：第47屆中小學科學展覽會優良指導教師得獎感言。科學研習月刊，46(5)，56。
- 全任重（2003）：製作數學科展的一些點子。科學教育月刊，259，21-36。
- 杜明進（2004）：中、小學科學展覽之探討。國教世紀，209，17-26。

- 李文富 (2003)：海得格的詮釋現象學籍其在教育學方法論的意涵。花蓮師院學報，16，89-108。
- 李文献 (2006)：展望全國科展的教育功效。科學月刊，37(9)，644-645。
- 李榮彬 (無年代)：如何帶學生作科展。2010年8月2日，取自：http://www0.nttu.edu.tw/sccenter/New_Folder/李榮彬老師.ppt
- 李瑩英 (2006)：最重要的拓樸學問題－龐加萊猜想的歷史與解決。科學月刊，37(12)，896-903。
- 吳心楷 (2009)：期刊論文投稿經驗分享：工作流程與策略。論文發表於2009年科學教育學術期刊暨論文寫作工作坊。台北市：台北市立教育大學。
- 吳麗淑 (2008)：第48屆中小學科學展覽會優良指導教師得獎感言。科學研習月刊，47(5)，53-54。
- 吳麗淑 (無年代)：指導科展心得。2010年8月15日，取自：<http://www.ycps.kh.edu.tw/know/upload/6-1.pdf>
- 沈致遠 (2006)：先有雞還是先有雞蛋？科學月刊，37(12)，892-893。
- 余安順、施昆易、王國華、劉世雄 (2009)：在職中學數理教師教學專業發展現況、需求與困境調查之初探。科學教育研究與發展季刊，55，21-48。
- 林怡菁 (2007)：全國科學展覽第32至46屆國小組參展作品之內容分析。國立新竹教育大學應用科學系碩士班碩士論文，未出版，新竹市。
- 林信安 (無年代)：科展製作經驗分享。2010年8月15日，取自：<http://chem.kshs.kh.edu.tw/download/47.doc>
- 林昱誼、黃中道 (2003)：最佳全翻位的探討。國立台灣科學教育館第43屆全國中小學科學展覽競賽國小組數學科第二名，未初版，台北市。2010年8月15日，取自：<http://activity.ntsec.gov.tw/activity/race-1/43/pdf/c/080408.pdf>
- 林睿傑 (無年代)：落實國小學生數學專題研究能力養成計畫。教育部97年度中小學科學教育計畫專案成果報告。2009年12月13日，取自：<http://sec.sci.edu.ncue.edu.tw/sec/edu.php?yr=2008>
- 林麗卿 (2008)：第48屆中小學科學展覽會優良指導教師得獎感言。科學研習月刊，47(7)，54。
- 林耀南 (2007)：第47屆中小學科學展覽會優良指導教師得獎感言。科學研習月刊，46(8)，52。
- 邱智宏 (2008)：第48屆中小學科學展覽會優良指導教師得獎感言。科學研習月刊，47(7)，52。
- 屏東教育大學國小數理師資培育研究小組 (2008)：國小數理教師在職進修特資優教學碩士學位班試辦計畫簡介。屏東教大科學教育，28，65-74。
- 科展指導有密招 (2007)：2010年8月15日，取自：<http://tw.myblog.yahoo.com/jw!j7IjmmKFEQNuLt.ba7k7ca0-/article?mid=1209>
- 柯麗卿 (2010)：獨立研究指導教師之專業素養與有效教學行為初探。資優教育季刊，114，22-29。
- 胡守仁 (2005)：導讀：觸動對數學的好奇。載於M. Gardner，拼圖拼字拼數學（胡守仁譯）(pp. 4-12)。台北市：遠流。

- 洪漢鼎 (2008)：重新回到現象學的原點：現象學十四講。台北市：世新大學。
- 徐佳璋 (2007)：臺灣中小學科展活動之實務探究。科學教育月刊，297，2-15。
- 國立台灣科學教育館 (2009)：歷屆優勝作品 (第14屆至第49屆)。2009年12月4日，取自：<http://www.ntsec.gov.tw/m1.aspx?sNo=0000263>
- 國立台灣科學教育館 (2010)：活動資訊：全國中小學科學展覽會。2010年8月2日，取自：<http://www.ntsec.gov.tw/m1.aspx?sNo=0000167>
- 教育部 (2006)：身心障礙及資賦優異學生鑑定標準 (2006年9月29日修正)。2010年8月2日，取自：<http://law.moj.gov.tw/LawClass/LawAll.aspx?PCode=H0080065>
- 許素 (2002)：培育國小高年級學童科學探究能力－製作科學展覽的經驗與反省。教育資料與研究，48，24-36。
- 張可彤 (2009)：科學展覽表現優良教師指導科展歷程之個案研究。國立台北教育大學自然科學教育學系碩士論文，未出版，台北市。
- 張秋男 (1981)：對科學展覽應有的認識及如何使展覽作品成功。科學教育月刊，42，8-12。
- 張桓瑞 (2006)：再翻出一片天。國立台灣科學教育館第46屆全國中小學科學展覽競賽國中組數學科佳作，未初版，台北市。2010年8月18日，取自：<http://activity.ntsec.gov.tw/activity/race-1/46/junior/0304/030405.pdf>
- 陳宏仁 (2006)：數學科展作品索引分類表。2009年12月4日，取自：<http://gifted.kshs.kh.edu.tw/upload/archive/68/6820090309.doc>
- 陳宏仁 (2010)：國中數學科展指導之經驗分享簡報。2010年8月15日，取自：<http://www.slideshare.net/miaoniguo/990423-3837645>
- 陳佩正 (2009)：在資訊時代訓練國小老師完成科學報告的撰寫。國民教育，50(1)，57-63。
- 陳忠信 (2007)：第47屆中小學科學展覽會優良指導教師得獎感言。科學研習月刊，46(8)，53。
- 陳建良 (2008)：探討國小教師指導科展之行動研究。台北市立教育大學科學教育學碩士論文，未出版，台北市。
- 陳義勳 (2000)：中小學科學展覽之析論與評論。國教新知，46，21-20。
- 黃天長 (2000)：如何指導參加科展比賽。國教輔導，31，42-45。
- 黃亮諭、陳雅筑、陳芯誼、孫宇廷 (2009)：挑戰全翻位。國立台灣科學教育館第49屆全國中小學科學展覽競賽國中組數學科參展作品，未初版，台北市。2010年8月18日，取自：<http://activity.ntsec.gov.tw/activity/race-1/49/pdf/030426.pdf>
- 黃政傑 (2006)：把每個學生教好－談人才培育與資優教育。師友，472，8-12。
- 黃嘉郁 (2003)：給有意從事科展的青年學子－如何完成一件優秀的科展作品。科學教育月刊，265，31-36。
- 葉蕙芬 (2008)：教師實務知識之個案研究－以小二數學領域教學為例。科學教育月刊，330，34-49。
- 劉建人 (2006)：競爭優勢或價值優勢？師

- 友，472，40-42。
- 鄭旭泰（2002）：如何在自然與生活科技教學中輔導學生作科學展覽。教育資料與研究，48，9-15。
- 蔡素伶（2006）：科展實作與分享。師友，473，78-82。
- 蔡淑英（2000）：兒童興趣中心數學科主題研究教學：科展製作指導經驗談。台北市：台北市立師範學院。
- 鍾旻修（2005）：培養科學素養與科展主題能力。師友，451，71-74。
- 鍾建坪（2003）：帶領學生作科展。師友，435，80-82。
- 戴清琮（1996）：翻來覆去乾坤轉——翻硬幣遊戲的新發現。國立台灣科學教育館第36屆全國中小學科學展覽競賽高小組數學科第一名，未初版，台北市。2010年8月15日，取自：<http://activity.ntsec.gov.tw/activity/race-1/36/pdf/36s/195.pdf>
- 勵秀貞、黃萬居（2010）。國小資優教師的自然科教學現況、能力及進修需求。科學教育研究與發展季刊，58，65-94。
- 謝惠聰（2007）：一位科展績優教師在科學教育的歷程反思。國立中山大學教育研究所碩士論文，未出版，高雄市。
- 簡聿成、洪振方（2010）：以教學案例發展初任科學教師科學展覽指導能力之個案研究。屏東教大科學教育，32，5-20。
- 蘇百毅、楊久霆、陳姿穎、林宜靚、葉書豪、洪綉茹（2005）：翻出一片天。國立台灣科學教育館第45屆全國中小學科學展覽競賽國小組數學科第三名，未初版，台北市。2010年8月15日，取自：<http://activity.ntsec.gov.tw/activity/race-1/45/elementary/0804/080408.pdf>
- Brockman, J. (2008)：導言：新人文主義者。載於 J. Brockman（編著），新人文主義——從科學的角度觀看（pp. i-x）（雷達文譯）。台北市：聯經。（原著出版年：2003）
- Clarke, D. (1994). Ten Key Principles from Research for the Professional Development of Mathematics Teachers. In D. B. Aichele and A. F. Coxford (eds), *Professional Development for Teachers of Mathematics* (National Council of Teachers of Mathematics), pp. 27-39.
- Embree, L. (2007)：反思性分析：現象學研究入門（水軛、靳希平譯）。台北市：漫遊者文化。（原著出版年：2007）
- Loughran, J. (2006). Series editor introduction. In C. Kosnik, C. Beck, A. R. Freese & A. P. Samaras (Eds.), *Making a difference in teacher education through self-study: Studies of personal, professional and program renewal* (pp. ix-xi). Netherlands: Springer.
- Perkins, D. (2001)：阿基米德的浴缸——突破性思考的藝術與邏輯（林志懋譯）。台北市：究竟。（原著出版年：2000）
- Polanyi, M. (2004)：個人知識：邁向後批判哲學（許澤民譯）。台北市：商周。（原著再版年：1962）
- Schön, D. A. (2003)：反映回觀：教育實踐的個案研究（夏林清、洪雯柔、謝斐敦譯）。台北市：遠流。（原著出版年1991）

Shulman, L. (1987). Knowledge and teaching:
Foundations of the new reform. *Harvard
Educational Review*, 57(1), 1-21.

(作者為新竹市關東國小教師)

Inquiring the Role of Literature Review on the Science Fair Works

Hsiu-Lan Fu

Guan-Dong Elementary School, Hsin-Chu City

Abstract

This research aimed at clarifying the role of literature review on the science fair works. As in the example of the National Science fair works inquiring the subject of turning-coins-head-to-tail, the author suggested how literature review goes to inform teachers on the instructing of science fairs.

The role of literature review emerged mainly in the early stage of the relevant Science fair works. The necessity of literature review, the achievement potential of a rich awared subject, and the instructing practice for acquiring works of higher quality were all discussed.

The results indicated that the students had great difficulty in literature review and needed teachers' assistance. In addition, it seemed as if works with less literature review acquired the higher personalized innovation. It was suggested that it is not necessary to insist on literature review as the first step of conducting a successful science fair work as well as that a rich awared subject still keeps the value of helping students to learn and the potential for innovation. With appropriate breakthrough strategy, the teacher and students involved would experience the progress of science discovery and innovation.

Keywords: literature review, the instructing of science fairs, teacher professional development, innovation, the knowledge of practice