

探討氣象探究網路競賽中學生科學探究能力的表現

彭天音¹
地球科學研究所¹
國立臺灣師範大學¹

許瑛珺²
科學教育研究所²
國立臺灣師範大學²

王緒溢³
網路學習科技研究所³
國立中央大學³

張立杰⁴
數位學習設計與管理研究所⁴
國立嘉義大學⁴

摘 要

本研究探討氣象探究網路競賽中學生科學探究能力表現的情形，先分析2006-2008年學生科學探究能力表現情形，再探討2009年修改學習單之後，學生科學探究能力的改變情形，以及學生對科學探究的信心和學習態度對探究能力表現的影響、教師對科學探究教學的看法對學習科學探究能力表現的影響。並透過焦點組的錄影觀察和晤談，分析個案教師在氣象探究網路競賽的指導策略。本研究採相關研究法，對象為台北市四到九年級學生，2006-2009年有效組數分別為23、40、55、51組。研究工具為對科學探究的信心量表、對自然科學的態度量表、教師對科學探究看法問卷、學生科學探究能力晤談單、教師科展指導晤談單。

關鍵詞：科學探究、線上科展、探究教學話語分析

一、前言

在美國國家科學教育標準（National Science Education Standards，簡稱NSES）（NRC，1996）中提到，對於提升全民的素養，發展科學探究教學是最有效的方法，同時也鼓勵教師使用探究式教學，來引導並促進學生學習。在國內也有此趨勢，教育部《科學教育白皮書》中，提及科學教育之目標在於提升、運用探究能力解決日常生活中的問題（教育部，2003）。

科展(Science fair)可開展學生的潛能，使學生激發創造思考及創意發現，進而能學習主動建構科學概念、熟悉使用科學方法、培養問題解決的能力，故科展可做為數理科學之延伸教學。也隨著科技進步，帶來更多的學習的方式，電腦及網路的興起，進而促使學習型態更多樣化，利用網路科技進行專題研究，可以引發學生學習動機，並促進學生收集、處理、轉換、解釋數據的能力(Linn，2003)。且網路學習兼具「不受時空限制」的優勢和「缺乏架構、學習成效難以掌控」的缺點等特質，教師若能提供鷹架支持，或許可營造有效的網路學習環境(許瑛珺等，2003)。然而，雖然有越來越多的網際網路學習網站提供學生學習機會，但其中以「科學探究」為訴求的社群並不多。故本研究運用台北市校園數位氣象網(Taipei Weather Inquiry-Based Learning Network，簡稱TWIN)來支援探究式學習活動，作為實證研究及分析學習者在此探究環境引導中的學習成效。

台北市校園數位氣象網(Taipei Weather Inquiry-Based Learning Network，簡稱TWIN)是覆蓋整個台北市的一個分散式無線感測網路。自2004年起兩年內陸續在台北市所屬的60所小學校園裡設置60

個無線「校園數位氣象站」，每5分鐘自動測量各校所在地即時的氣象資料，在2006年起至今，更發展「氣象探究網路競賽」，在此競賽中學生可以使用台北市校園數位氣象網的氣象資料進行專題研究，達成協助學生學習氣象相關概念和科學探究能力，輔以結合學習單，幫助學生使用其科學探究能力，並討論學生對學習科學的信心與態度對科學探究能力之影響，進一步分析個案教師的科學探究指導歷程，探討其運用專業知識實際指導學生的情形，以作為日後網路專題研究指導與學習之參考。

二、文獻探討

本研究針對四到九年級學生從事線上探究活動的情境脈絡中，探討網路科技專題研究與師生話語，對學生科學探究能力的影響。因此，研究者依據奧勒岡州教育部於2002-2009年所提出6-8年級科學探究能力評分指標(2002-2009 Official Scientific Inquiry Scoring Guide：Grades 6, 7 and 8)(如表1所示)作為參考修改成合適的評分標準，說明科學探究的模式，並以Strauss（1990）所提出開放性編碼（open coding）經轉錄活動錄音、錄影資料後，以教活動所發生的事件（events）為分析單位，作為網路科展指導的參考。

網路科技在專題研究可滿足學習者的學習動機、提供多元的學習內容、創造一個學習資源豐富的學習情境、網路學習社群互動(Linn，2003)。因此，藉由學習單的方式，將學習者進行網路專題學習歷程紀錄下來，來了解網路科技輔助學生探究學習的情形。且TWIN所建構的網路平台可提供學生整合性、即時性的氣象數據，探究主題也針對地區經驗中有興趣的事物來進行探究，藉此引起學生學習動機，並培養其科學探究的能力。

表1 科學探究能力的四個向度與三個層面

向度 層面	形成問題 與假說(Q)	設計研究 (P)	收集呈現 數據(A)	分析闡述 結果(I)
科學知識的 應用(a)	Q-a 概念的 運用	P-a 實驗的 操弄	A-a 數據的 處理	I-a 對資料 的解釋
溝通與傳達 (c)	Q-c 主題的 詮釋	P-c 步驟的 完整性	A-c 數據的 呈現	I-c 對主題 的討論
科學探究的 本質(n)	Q-n 主題的 推論	P-n 計畫的 合適性	A-n 數據的 轉換	I-n 檢視及 評估

三、學生探究表現分析

3-1. 2006-2008 年學生探究表現分析

經分析2006-2008年參賽隊伍學習單，針對「概念的運用」、「主題的推論」、「計畫的合適性」、「數據的處理」、「數據的轉換」、「對資料的解釋」、「對主題的討論」與「檢視及評估」表現較不佳的分項(如圖1)，來修改2009年學習單。

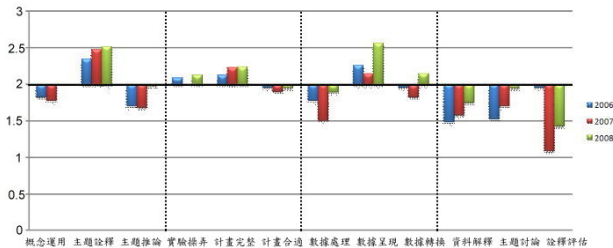


圖1 2006-2008年探究能力平均得分分布圖

3-2. 2009 年學生探究表現分析

從四個向度進行獨立樣本單因子變異數分析，「收集呈現數據」與「分析闡述結果」兩個向度在2006-2009四年中達顯著差異 ($p < 0.01$)，且2009年在平均數上有較好的表現(如表2所示)。

表2 2006-2009 學生探究能力單因子變異數分析

	2009	2008	2007	2006	F
Q	2.21(0.49)	2.19(0.56)	1.98(0.66)	2.02(0.48)	1.84
P	2.17(0.46)	2.11(0.47)	2.04(0.68)	2.06(0.57)	0.42
A	2.17(0.49)	2.20(0.59)	1.82(0.69)	2.00(0.49)	3.79**
I	2.17(0.51)	1.71(0.65)	1.45(0.66)	1.32(0.65)	13.30**
Total	2.18(0.48)	2.05(0.58)	1.82(0.68)	1.85(0.54)	

** $p < 0.01$ 平均值(標準差)

因2分為學生應達之基本能力，故以2分等級作為劃分，2009年修改學習單後，在各分項平均分數皆可達2分(如圖2)，表示學習單的修改有助於學生更確切答題方向與預計完成之任務。

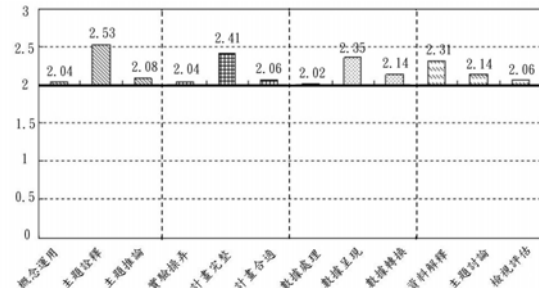


圖2 2009科學探究能力平均得分差異分布圖

2006-2009年在三層面每年表現都有進步的趨勢(如圖3所示)，推測可能將歷屆得獎作品放在網路上提供參考，可以幫助學習者更清楚了解所需完成之任務，而指導教練也對於指導方式漸漸有了經驗，學習單的修改也使引導問句更清楚。

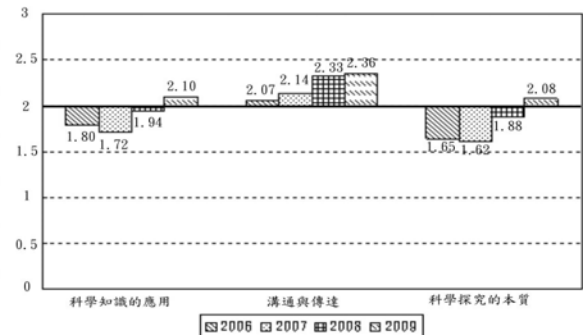


圖3 2006-2009 科學探究能力平均數分析圖

四、學生信心、態度與探究表現的相關性

4-1. 學生對科學探究的信心

學生2009年氣象探究網路競賽前後，對科學探究的信心量表總分達顯著差異($p < 0.01$)(如表3)，顯示在經過本次活動後學生對探究學習更信心，而對探究信心量表前後測與該量表四向度的交互作用達顯著水準($p < 0.01$)，進行單純效果分析，前測中對「設計研究」的信心平均數上高於其他三向度的信心；而前後測在對「收集呈現數據」上達顯著差異(如表4與表5)。

表3 對科學探究信心量表前後測總分t檢定

N=51	前測		後測		t	p	ES
	平均 值	標準 差	平均 值	標準 差			
總平均	3.67	0.62	3.83	0.55	3.62	0.00**	0.29

** $p < 0.01$

表4信心量表前後測與四向度二因子相依樣本變異數分析摘要

變異來源	SS	df	MS	F	ES
前後測	2.68	1	2.68	12.08**	0.26
四向度	0.85	3	0.28	0.34	0.31
交互作用	2.76	3	0.92	4.15**	0.27
前後測誤差	44.30	200	0.22		
四向度誤差	166.73	200	0.83		
交互作用誤差	83.366	200	0.417		

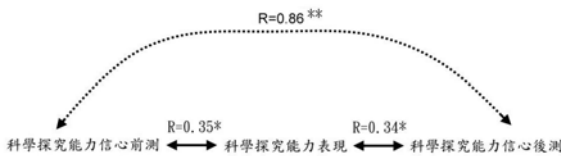
** $p < 0.01$

表5 對科學探究的信心量表前測與後測與四個向度的單純主要效果變異數分析摘要表

變異來源	SS	df	MS	F	
前、後測					
Q	0.39	1	0.39	3.49	
P	0.16	1	0.16	1.82	
A	4.88	1	4.88	29.37**	後測>前測
I	0.001	1	0.001	0.002	測
四個向度					
在前測	2.40	3	0.80	4.03**	$P > I > Q$
在後測	1.20	3	0.40	0.25	$> A$

* $p < 0.04$ ** $p < 0.02$

學生在對科學探究信心與探究表現間進行相關性研究。科學探究的信心前測總分與後測總分間達顯著相關($p < 0.01$)，Pearson積差相關係數 $R = 0.86$ ，且學生科學探究的信心前測與探究表現達顯著相關($p < 0.05$)，Pearson積差相關係數 $R = 0.35$ ，學生科學探究能力表現與科學探究的信心後測達顯著相關($p < 0.05$)，Pearson積差相關係數 $R = 0.34$ ；顯示學生科學探究的信心前測與後測呈線性關係，且學生科學探究能力表現與對科學探究的信心是有顯著正相關的。



* $p < 0.05$ ** $p < 0.01$

圖4 學生科學探究的信心與學生科學探究能力表現的相關分析

學生活動前後對科學探究四向度的信心與其在不同科學探究能力向度上的表現之相關分析(如表6)。僅「收集呈現數據」向度信心前測與探究表現未達顯著相關，僅後測與探究表現達顯著正相關，經由活動過程收集和分析資料的經驗，參賽學生對「收集呈現數據」較具信心者，在探究表現上也較佳。

表6 學生對科學探究能力信心各向度前後測與探究能力各向度的相關分析簡表

學生對科學探究能力信心量表前測			
Q	P	A	I
↑ 0.60**	↑ 0.28*	--	↑ 0.37**
學生科學探究能力表現			
Q	P	A	I
↑ 0.32*	↑ 0.37**	↑ 0.37**	↑ 0.56**
學生對科學探究能力信心量表後測			
Q	P	A	I

(未達顯著相關：--；顯著正相關：↑)

* $p < 0.05$ ** $p < 0.01$

4.2. 學生對自然科學的態度

學生在活動前後，對自然科學的態度量表總分達顯著差異($p < 0.01$)，表示在活動後學生對自然科學的態度顯著比活動前好(如表7)，而二因子變異數分析結果之交互作用項未達顯著，則直接看邊緣平均數的差異，顯示在前後測中，依變項測量值平均數的高低依序為對科學的態度、對參與科學探討活動的態度、對學習科學的態度(如表8與表9)。

表7 對自然科學態度量表前測與後測總分 t 檢定

N=51	前測		後測		t	p	ES
	平均值	標準差	平均值	標準差			
總平均	3.82	0.68	3.99	0.69	3.47	0.00**	0.25

** $p < 0.01$

在對自然科學態度與科學探究能力表現的相關性研究，學生對自然科學態度前後測總分達顯著相關($p < 0.01$)，Pearson積差相關係數 $R = 0.86$ ，學生對自然科學態度前測與探究表現也達顯著相關($p < 0.01$)， $R = 0.82$ ，學生探究表現與自然科學態度後測也達顯著相關($p < 0.01$)， $R = 0.82$ (如圖5)；顯示學生對自然科學態度高的學生，其科學探究能力表現也較好。

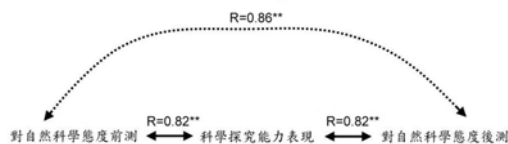
表8 對自然科學態度量表前後測與三個向度的二因子相依樣本變異數分析摘要

變異來源	SS	df	MS	F	ES
前後測	2.30	1	2.30	20.87***	0.37
三個向度	3.41	2	1.78	1.78*	0.84
交互作用	0.66	2	0.33	2.98	0.20
前後測誤差	16.55	150	0.11		
三向度誤差	143.48	150	0.96		
交互作用誤差	71.74	150	0.48		

* $p < 0.05$ *** $p < 0.001$

表9 對自然科學態度量表前後測與三向度的平均數之細格與邊緣平均數摘要表

		三向度			邊緣平均數
		對科學的態度	對學習科學的態度	對參與科學探討活動的態度	
前後測	前測	M=3.99 N=51	M=3.63 N=51	M=3.83 N=51	M=3.82 N=153
	後測	M=4.04 N=51	M=3.90 N=51	M=4.03 N=51	M=3.99 N=153
邊緣平均數		M=4.02 N=102	M=3.76 N=102	M=3.93 N=102	M=3.90 N=306



** $p < 0.01$

圖5 學生對自然科學的態度前後測與科學探究能力表現的相關分析

五、教師對科學探究的看法與學生探究表現的相關性

將教師對科學探究教學看法進行三因子獨立樣本變異數分析，得知科學探究教學看法總分與年齡、探究教學經歷交互作用達顯著差異性，顯示年齡分布在46-50歲與26-30歲且有使用過探究教學進行教學的教練，其科學探究教學看法平均分數得分較他者為高(如表10與表11所示)。

將2009年氣象探究網路競賽參賽的指導教練對科學探究教學的看法，與學生科學探究能力的表現進行迴歸分析達顯著水準($p < 0.05$)，且多元相關係數 R 為0.61，決定係數 R^2 為0.38，迴歸方程式可寫成：

$Y = 0.334X - 16.75$ (Y 為學生探究表現分數； X 為教練對科學探究看法之分數)(如圖6所示)。

表10 三因子獨立樣本變異數分析摘要

變異來源	SS	df	MS	F	ES
A	858.26	5	171.65	1.92	0.71
C	1.92	1	1.92	0.02	0.30
D	142.6	1	142.60	1.60	1.18
A×C	1771.3	4	442.83	4.96*	0.87
A×D	199.18	2	99.59	1.11	0.29
C×D	250.98	1	250.98	2.81	0.33
A×C×D	0	0	-		
組內	2323.8	26	89.377		
合計	697736	41			

* $p < 0.05$ ※ A：年齡 C：探究教學經歷 D：性別

表11 性別與探究教學經歷事後比較表

變異來源	SS	df	MS	F	事後比較
年齡	858.26	5	171.65	1.92	(46-50) > (26-30) > (36-40) > (31-35) > (41-45)
探究教學經歷	1.92	1	1.92	0.02	有探究教學經歷 > 無探究教學
年齡×經歷	1771.3	4	442.83	4.96*	
誤差	2323.8	26	89.377		
Total	697736	41			

* $p < 0.05$

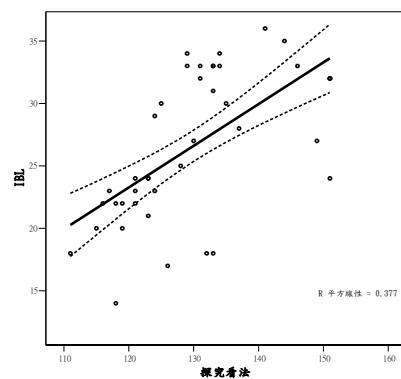


圖6 教師科學探究能力看法與學生探究表現之散佈圖

六、科學探究教學與學習之個案研究

將教室觀察影片的逐字稿進行開放性編碼(整理如圖7)，圖中方形代表「執行」，在活動前需要一些輸入的條件；一個活動執行後會產生一些輸出的事件；菱形代表的是「決策」，它可以是進入的流向或離開的流向，只有當條件滿足時，活動狀態才會向實線箭頭所指向的方向進行。顯示探究過程之間並非線

性關係，而是一個網狀的交互作用過程(Krajcik, Blumenfeld, Marx & Soloway, 2000)。

在「形成問題與假說」階段的四個事件中，個案教師引導學生在「形成問題」事件形成一個可以研究的問題，並在「問題的可測試性」事件將問題聚焦成一個可以進行科學調查的問題，教師在「釐清變因」事件引導學生釐清研究問題變項間的邏輯關係，並在「問題的可推論性」事件中藉由推論、想像來開拓問題的發展空間。

在「設計研究」階段的三個事件中，進一步在「設計可調查的研究」事件，個案教師引導學生設計科學調查，並引導學生對變因定出操作型定義以及適用的條件；在「計畫的準確性」事件，檢視所收集資料的適用性，作為調整科學調查方法和流程的依據，並反覆測試，在「變因的操弄」事件，考慮較多的變項，將與研究問題相關較高的變項設計於研究調查中。

在「收集呈現數據」階段的三個事件中，教師在「避免誤差」事件提醒學生蒐集資料過程如何避免誤差和偏見，並在「數據的呈現與轉換」事件，引導學生選取較清楚且具意義的方式，呈現和轉換數據；在「數據的邏輯性」事件，教師引導學生以合乎邏輯的方式收集和分析資料。

在「分析闡述結果」階段的三個事件中，「解釋資料」事件，個案教師引導學生依據數據或資料的特徵、規律或趨勢作科學解釋；並反覆調整數據呈現和轉換的方式，以精緻化與釐清所提出的解釋。並在「資料的客觀性」事件，提出可支持論點的有力證據，及說明成為證據的依據，最後，教師在「下結論」事件引導學生綜合證據和適用範圍，對研究問題提出結論。

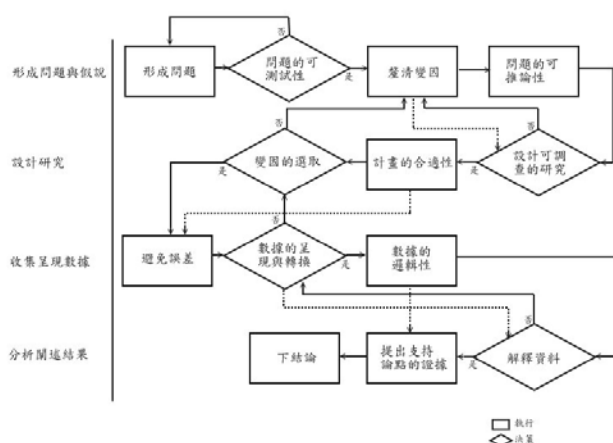


圖7 個案教師指導科學探究歷程四階段之事件流程圖

七、討論與建議

(一)學習單設計方面

1.拉長探究學習歷程

活動進行前，可利用一段時間先行讓參賽隊伍了解探究歷程所需運用到的相關能力，才能針對不同學生成熟度與預備度的差異部份事先準備。例如本活動需要整理大量數據資料、資料換算、圖表判讀等的能力，每個學生所具備的能力程度亦不同。

2.檢核任務培養後設認知能力

可安排檢核表讓學生自省學習狀況、探究與他人想法相異原因以及主動尋求具價值外在資源，加強其自我反思的後設認知能力，即能增進學生的學習成效。

(二)探究教學歷程方面

1.運用適當的教學引導

教師必須能夠扮演著「引導」的角色，應在課程中及時發現學生的困惑以給予正向回饋與引導，但要避免給予過多提示，經運用適當的教學引導以有效發揮師生互動、同儕討論以及自主學習的功效。

2.實施探究教學指導課程

若能在活動進行前實施教練探究教學課程培訓，讓指導教練先了解如何適當引導學生進行探究學習活動，並即時發現小組隊員的缺失達成個別化的需求、支持與回饋、建議，學生科學探究能力表現必能會有所進步。

3.教學心得與自省紀錄

競賽網路平台可設計討論區讓教練分享探究階段歷程引導的心得與看法，能促進教練教學自省與改進，進而提昇教練探究教學效能，透過經驗的分享，教練可了解引導科學探究的要點。

參考文獻

- 教育部 (2003)。科學教育白皮書。台北：教育部。
- 許瑛珺、廖桂菁 (2003)。情境式網路學習環境互動行為分析：以高中地球科學線上學習為例。師大學報：科學教育類，48 (1)，93-118。
- Krajcik, J. S., Blumenfeld, B., Marx, R., & Soloway, E. (2000), Instructional, curricular, and technological supports for inquiry in science classrooms., In J. Mirstell, E. Van Zee (Eds.), Inquiry into Inquiry: Science learning and teaching., 283-315, Washington, DC: American Association for the Advancement of Science Press..
- Linn, M. C. (2003). Technology and science education: starting points, research programs, and trends.

International Journal of Science Education, 25(6),
727-758.

Strauss, A & Corbin, J.(1990).Basics of Qualitative
Research : Grounded Theory Procedures and
Techniques.Newbury Park,CA:Sage.

National Research Council. (1996).National science
education standards.Washington, DC: National
Academy Press.

Oregon Department of Education: 2002-2009 Official
Scientific Inquiry Scoring Guide.