

行動與感測科技輔助之親子氣象探究式學習

王緒溢¹
網路學習科技研究所¹
國立中央大學¹

許瑛珺²
科學教育研究所²
國立臺灣師範大學²

張立杰³
數位學習設計與管理研究所³
國立嘉義大學³

摘要

在本研究中，作者利用行動科技(mobile technology)與感測科技(sensor technology)，提出一個國小學生與家長配對進行之氣象探究學習的架構，稱為PICNIC(parent-child coupled inquiry-based learning camp)。PICNIC是一個利用課外時間，以氣象科學為主題，透過營隊活動的方式來進行的基礎科學教育活動。參加者為國小四到六年級學生，搭配一位自己的父親或母親組成探究團隊，每一對親子配備有行動小筆電與數位實驗記錄儀(data logger)。親子團隊利用數位實驗記錄儀至野外收集氣象數據，再將所收集的數據透過行動小筆電記錄與分析，並可將這些數據與「臺北市校園數位氣象網」上的資料進行比對。研究的目的在探討所設計的營隊課程與活動的適用性，進而以此為基礎，開發進階的中小學生氣象探究課程。

關鍵字：氣象科學學習，探究式學習，行動學習，數位實驗記錄儀，感測科技

一、前言

現代教育愈來愈重視培養學生高階思考能力(higher-order thinking skills, HOTS)，例如探究、探索與問題解決等，學生不僅應學習概念性與程序性的知識，也要學習思考的技能與實踐知識的方法[2][4]。提出問題、建立假設、規劃，以及執行調查、根據證據做成結論的能力，可以培養學生高階思考能力，以面對二十一世紀的挑戰[15]。學習者建立知識、使用複雜的資訊蒐集工具，以及同儕間合作互動使他們能獲取高階思考的能力[7]。在眾多的教學法中，探究活動(inquiry activities)提供學習者一個有價值的環境來獲取、澄清，並應用所理解的科學概念，以幫助學習者發展認知能力與科學內涵。探究式學習(inquiry-based learning)強調提出問題、蒐集與分析資料，以及建構植基於證據的論點[12]，學生藉由共同合作的調查活動(cooperative investigation)，從事意義建構、發展植基於證據的解釋、將他們的想法與學習內容互動，以及學科相關的推理技巧與練習等認知活動[9]。他們在進行探究活動時，得以開發一般性的探究能力、獲得從事調查活動的技能，並瞭解科學的概念與原則[8]。至於學生的學習成果，Hmelo-Silver等人明確肯定表示「有愈來愈多來自於大規模實驗與準實驗的研究證據顯示，相較於傳統教學方法，學生在探究式教學中可以獲得更顯著的學習成果。」然而，要成功實施探究式學習仍然面臨眾多挑戰，包括孩童難以從事系統性的科學

調查、蒐集資料、分析資料、解釋資料，以及表達結果等[8]。

學習者在學習與認識科學時採用數位實驗記錄儀(data logger)有許多的好處，包括擴充學生觀察的能力、增進量測的品質、即時回應功能引起學生學習動機、擴大調查範圍以強化學習，以及藉由減少單調乏味的資料收集工作，鼓勵學生進行關鍵思考等[1][16][18]。相較於傳統的科學調查方式，使用數位實驗記錄儀的學生不需要花時間在實地的量測與記錄資料，並製作報表，他們可以轉而做更多的觀察與討論。這表示使用數位實驗記錄系統(data-logging system)可以鼓勵與幫助學生進行高階的思考活動，然而這種應用的教學品質仍有賴於應用的方式以及當時他們周遭環境的限制[17]。

本研究提出一個課程規劃與實施的方法，在行動與感測科技(mobile and sensor technology)支援下，孩童和他們的父母共同從事一個氣象科學的探究式學習活動。在學習的過程中，科技用於增強興趣和動機、做為資訊存取的媒介、讓使用者操弄與表現資料、建構與支持學習過程、診斷與改正錯誤，以及管理與輔助複雜的學習成果[3]。活動設計中加入孩童父母共同參與是因為通常父母參與學童的教育活動有助孩子的學習[10]，且當孩童在學習時感到害怕或焦慮時，父母也能學習到他們的關愛與接觸對孩子有多麼重要[20]，這有助於減輕孩童面對探究活動時挑戰與困難度。

基於上述，本研究的目的是在於設計並實施一個擁有多樣化科技工具的環境，使初學者在父母的陪伴

下，參與探究式氣象科學的學習活動，進而探討研究人員所設計活動與課程的適用性。

二、氣象探究親子營的課程與活動

真實的活動能引起學習動機，帶給他們獲取新知的動力，促使他們將所具有的先備知識與新的知識整合，並讓他們能有機會應用所獲得的新知識[8]。氣象探究親子營(parent-child coupled inquiry-based learning camp, 簡稱PICNIC)的設計是為了幫助學生在其父母的陪伴下，執行一個完整的探究活動。在PICNIC中，一位國小學童必須與他的父親或母親組成一隊，每一對親子都配發一個行動小筆電，同時在小筆電上裝備數位實驗記錄儀與相關的外部感測器(external sensors)，使他們能用於野外以收集天氣資料。在野外使用攜帶式科技(portable technology)學生可以快速地收集、儲存與分析資料，進而了解所生活的環境[19]。收集到野外的氣象資料後，他們還能與「臺北市校園數位氣象網」(Taipei weather science learning network, TWIN)中自動收集與記錄氣象資料做進一步的比較。

對這些對於科學探究與科技只擁有很少經驗的孩童，我們必須授予所需的背景知識與科技設備操作課程，以幫助他們從事後續的探究活動。因此，PICNIC的整體活動分成以下五個階段：

- (一) **做計畫(planning)**：由國小四到六年級學童與他們的父親或母親其中一位組成一隊，上網註冊參加營隊活動。每對親子被要求完成一份簡單的探究計畫，內容是針對他們在營隊期間想要探求的問題。網站上會提供一份探究計畫應有的架構與簡單範例，完成這份計畫後要上傳到網站，未上傳的隊伍則無法參加後續的營隊活動。
- (二) **基礎培訓(basic training)**：所有親子要參加一個整天的課程，內容是關於行動小筆電、數位實驗記錄儀與臺北市校園數位氣象網的操作與熟悉。課程的最後，每對親子會在有經驗的自然科學教師組成的營隊輔導員協助下，根據他們到野外想要進行的探究問題，修改先前上傳的探究計畫。這段基礎培訓課程包括了一場「名人談“天”」的專家演講，以及「氣象資料解密」與「行動氣象站」等兩場動手實作的操作課程，以訓練學生和家長如何使用數位實驗記錄儀與臺北市校園數位氣象網。
- (三) **組內討論(inner-discussion)**：兩天的課程分別在連續的兩個周末或周日舉行，因此在課程與課程間會有六天的間隔，在這段期間，

親子可以在家裡討論他們的探究計畫並進行必要的修正也可以上網查看臺北市校園數位氣象網所收集的野外量測活動地點附近的天氣概況，以更了解這段戶外活動行程所可能遭遇的天氣，這有助於他們設計更精準的野外量測計畫。

- (四) **野外實測(field measurement)**：每對親子使用數位實驗記錄儀搭配相關的外部感測器於野外量測氣象數據，他們必須透過行動小筆電來設定記錄儀的相關參數，並將所收集的數據下載到小筆電中，再使用電腦中的軟體將數據資料畫成表格或繪製圖表，以便進一步地分析與處理這些資料。
- (五) **結果討論(communicating findings)**：所有親子必須在他們的探究計畫中，根據所製作的圖表來解釋他們的發現，以完成一份完整的探究計畫作品。隨後他們會被分成幾個小組，每一個小組中有七到八對親子。這個階段被設計成分站活動，其中有賓果、大富翁和比手劃腳等大地遊戲，遊戲內容為氣象科學的相關知識，以及一個小組討論的分站。在小組討論分站中，每一隊親子必須發表他們的探究計畫與發現，並接受其他親子隊伍的提問與討論。最後再集合所有隊伍，並請在分站活動中選出的代表親子進行群體發表與討論。



圖1. 親子共同進行戶外量測

PICNIC的野外實測地點選在陽明山國家公園，它是距離臺北市最近的國家公園，從市中心搭乘巴士只需三十分鐘即可抵達，非常適合親子團隊從事實地的氣象量測活動。營隊一共選定六個氣象數據量測地點，其海拔高度為平地、100公尺、398公尺、499公尺、590公尺與770公尺，分別位於市中心、山腳下、山腰不同高度與山上高地。每一個地點約停留20至30分鐘，方便親子進行觀察與量測。親子們

先在車上利用小筆電，根據下一個停留點所要收集的數據，設定數位實驗記錄儀的量測參數，如此一到量測地點，下車後便可立即找到適當地點開始量測與記錄，而一回到車上就可以立即將所測量的資料下載到小筆電中，並針對數據做簡單的討論。量測路徑的安排讓親子可以針對主要的氣象因子，例如溫度、相對濕度、氣壓等，與海拔高度進行分析比較。在完成所有量測工作，回到營隊上課地點後，每對親子要根據所收集的數據，繪製資料圖表並進行討論，以完成他們的探究計畫。



圖2. 親子共同完成探究計畫

最後一個活動是探究計畫的發表與討論，所有隊伍一起參加，一共有八對選拔出來的親子進行發表活動，每一對發表完就要接受其他人的提問與討論。

三、氣象探究親子營中使用的科技

資訊與網路科技提供一個新的、戲劇性的機會來協助探究式學習活動[8]，Jonassen等人認為科技應被當成學生在學習時的知識建構工具，學生在使用這些知識建構工具做為學習策略的一部分時，將會深入思考他們正在學習的事物[11]。在PICNIC的設計中，行動與感測科技扮演很重要的角色，它們不僅做為親子用來收集資料、分析資料與製作探究報告的工作平台，也是親子間的中介物，讓他們能夠專注於探究計劃本身。當從事野外實測時，每一對親子在開始量測之前使用他們自己的行動小筆電來設定實驗記錄儀的量測參數，然後在完成測量後從記錄儀下載測得的數據資料，讓他們能在每一個停留的量測點即時地記錄氣象資料，並於事後與設置在定點的校園數位氣象站數據進行比對。本研究所使用的行動小筆電為平板電腦模式，具有手寫功能且螢幕可360度旋轉，方便孩童與家長於野外活動時的操作。

(一)、臺北市校園數位氣象網

大範圍的資料收集機制讓大量的數據得以支援對於氣候的科學調查[13]，本研究採用「臺北市校園數位氣象網」做為資料來源之一(圖3為網站首頁，網址為<http://weather.tp.edu.tw>)，以輔助學童實施他們的探究計畫。臺北市校園數位氣象網是一個城市氣象感測網路(city-wide weather sensor network)，由六十個設在臺北市六十所中小學校園中的氣象感測站所組成[6][21]，每一個氣象站每五分鐘自動感測溫度(temperature)、相對濕度(relative humidity)、UV輻射(UV radiation)、大氣壓(atmospheric pressure)、降雨速率(rainfall rate)、降雨量(precipitation)、風向(wind direction)與風速(wind velocity)等氣象資料，並立即傳輸到連接電腦的資料接收主控台(console)儲存，中央伺服器則可接收來自六十個站的資料，並儲存到網站資料庫中。使用者可以在臺北市校園數位氣象網中選取所需要的資料項目，並設定資料期間，再以CSV格式下載檔案，以便利用諸如Microsoft Excel等電子試算表軟體來製作資料表或繪製統計圖。



圖3. 臺北市校園數位氣象網接收市內六十個氣象站數據

(二)、數位實驗記錄儀

數位實驗記錄儀是一種行動式的電子儀器，經常用於包括野外科學調查的實地量測，它使學生可以進行由他們自己的問題與假設所驅動的多重與短期的調查活動[19]。一個數位實驗記錄系統通常包含資料收集的感測器(sensors)，以及在電腦或掌上型裝置上執行的，控制量測程序與顯示資料或圖表的軟體，學生可以使用這樣的系統來完成資料收集、顯示與分析的完整流程。數位實驗記錄儀的內建感測器可以感測環境資料，例如溫度、相對濕度、光度、

大氣壓、音量等。感測資料會被轉化成電子訊號以儲存在記錄儀中，或傳輸到電腦上保存。外接感測器則可插入實驗記錄儀中，以感測更多樣的數據資料，例如在實驗記錄儀插入外接式酸鹼值探針(pH probe)後就，就可以用它來收集液體的酸鹼值。圖4是本研究所使用的數位實驗記錄儀，它內建溫度、相對濕度、光度、大氣壓、音量等有五個感測器，所有外部感測器都以探針(probe)的形式與記錄儀連接。



圖4. 數位實驗記錄儀內建感測器用於量測氣象數據

四、成果初探

本研究以2007年1月於臺北市文山區志清國小所舉辦的「Ez氣象Let's Go, 親子氣象體驗營」為研究標的，共有來自全市各國小的57對親子參與這個營隊，研究者設計了一份問卷並在營隊活動結束前發給所有家長，以瞭解參與活動家長的想法，做為驗證PICNIC設計的適用性(feasibility)的參考。問卷的第一部分採五點量表(Likert scale questionnaire)設計，內含六個問題，主要是針對營隊中的課程所進行的滿意度調查；第二部分則有三個開放性問題(open-ended questions)，用來收集家長對於PICNIC活動設計的想法與建議，這三個問題分別是“你覺得孩子從營隊活動中獲得哪些好處？”、“在過去一週，你曾和孩子討論過你們的探究計畫或是任何與氣象科學相關的話題？”、“你對於本營隊活動有什麼建議？”，在所有參與的家長中，有五位未回答問題，藉由分析家長們對於這些問題的答覆，有助於我們瞭解PICNIC整體活動設計的適切性。

圖5是家長對於營隊中六個課程的滿意度調查結果，其中僅有“我的氣象探究計畫”這一項課程的滿意與非常滿意比率合計為85%，其餘課程均超過90%。它顯示出有15%的親子對於在剛開始的階段要設計出一份探究計畫感到困難。此外，有97%的家長表示參加營隊符合或超出他們原本的預期，而且若有進階課程願意再帶孩子來參加。

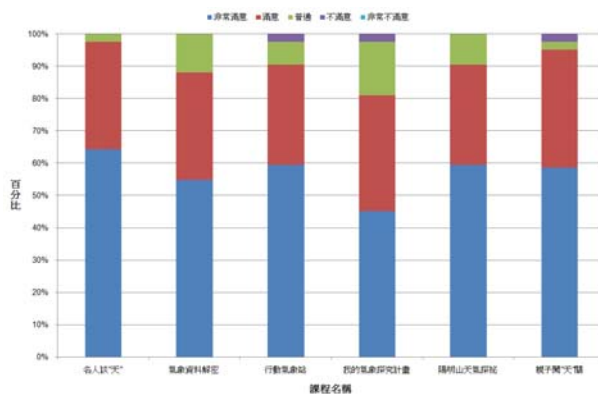


圖5. PICNIC課程滿意度調查結果

在開放性問題的分析方面，家長對於第一個問題的答覆，有超過一半(55%)的家長表示，參加PICNIC讓他們自己和孩子都更熟悉氣象科學，而有將近一半(45%)的家長表示，營隊活動增強了他們的親子互動，還有將近三分之一(30%)的家長表示，透過參加PICNIC，他們的孩子對於科技在氣象科學中的能力與角色學得更多。此外，有十分之一的家長表示，解決問題的活動讓孩子更懂得如何進行一項科學探究。下面列出其中三位家長所表示的意見：

“（我們瞭解了）樹下與空曠地溫度與濕度的差別，樹下為何較空曠地涼爽的原因，是因溫度與濕度，前較低，後較高的緣故。”

“（親子營）增進了親子關係，也讓我們更瞭解氣象，平常有一些錯誤觀念獲得解答，也體驗了新科技帶來的便利。”

“（親子營）讓親子對氣象的瞭解更深一層，尤其實地觀察操作部分更難能可貴。”

第二個開放性問題詢問家長，他們在過去一週在家裡是否與孩子討論探究計畫或是任何氣象相關的議題，有85%的家長表示他們有討論。下面列出其中三位家長的回答：

“（我們）討論天氣對每個人的影響，以及陽明山天氣探針活動的資料收集與做實驗的內容方法及表格。”

“（我們）根據Ecolog的性能修改原先探究計畫的內容。”

“（我們）由最近天氣的異常談到關心周遭的環境，及大自然的維護。”

最後一個問題請家長提供他們對於整體營隊活動與課程設計的建議，有四分之三(75%)的家長提出他們的建議，其中將近一半(47%)的家長建議加長營隊的時間，例如延長到三天而不是只有兩天，以便讓孩子能有足夠的時間來熟悉各項科技。此外，有

三分之一(33%)的家長建議在這個營隊之後能有進階的課程與活動。

五、結論與討論

探究式學習的本質上是一種問題導向(question-driven)、開放性程序(open-ended process)的學習法，學生必須要有科學探究的個人經驗，以瞭解科學的基本觀點[14]，對於已經很習慣於傳統講述式教學法的學習者可能會覺得較難以適應而感到困難。本研究的氣象探究親子營讓一位國小四到六年級的學童與一位它們的家長組成一對，在行動與感測科技的協助下，一起進行一個氣象科學探究學習活動。PICNIC由講述式課程、動手實作課程、野外量測活動、大地遊戲，以及探究計畫報告與討論等多元型式的活動所組成，研究者從陪伴孩童參與營隊的家長中收集質化與量化資料來檢核活動與課程設計的適用性。研究的初步結果顯示家長對於營隊的課程設計感到滿意，但建議在時間的安排上能夠更加充分。此外，他們也表示營隊活動不僅增強了親子間的互動，也讓他們學到了很多氣象科學的知能，以及科技在氣象學上扮演的角色及其能力。

對於探究式學習的初學者來說，他們可能對於提出問題、規劃與設計解決問題的策略與程序、收集與分析資料，以及解釋所發現的結果會感到困難。本研究的量化結果顯示，設計適當的鷹架(scaffolding)以輔助學生設計與執行一項探究計畫有其必要性，這將會是本研究未來進一步要進行的工作項目之一。

臺北市校園數位氣象網每五分鐘自動收集來自設置在臺北市六十所中小學校園內的數位氣象站傳來的氣象數據，它開放大眾可以獲取即時天氣狀態，也讓學生可以實作氣象科學的探究式學習活動。在這個基礎上，延續PICNIC活動之後，研究者繼續進行一項以氣象為範圍的探究式學習網路競賽[5]，以深入與活化臺北市校園數位氣象網的教育與推廣功能。

六、參考資料

- [1] Barton, R. (1997), Does data logging change the nature of children's thinking in experimental work in science? In B. Somekh & N. Davis (Eds.), *Using information technology effectively in teaching and learning – studies in pre-service and in-service teacher education* (pp. 61-70). London: Routledge.
- [2] Bereiter, C., & Scardamalia, M. (2006), Education for the knowledge age: Design-centered models of teaching and instruction. In P. A. Alexander & P. H. Winne (Eds.), *Handbook of educational psychology* (2nd ed., pp. 695-713). Mahwah, NJ: Erlbaum.
- [3] Blumenfeld, P. C., Soloway, E., Marx, R., Krajcik, J. S., Guzdial, M., & Palincsar, A. (1991). *Motivating Project-Based Learning: Sustaining the Doing, Supporting the Learning*. *Educational Psychologist*, 26(3 & 4), 369-398.
- [4] Bransford, J. D., Brown, A. L., & Cocking, R. R. (2000), *How people learn*. Washington DC: National Academy Press.
- [5] Chang, B., Wang, H. Y., & Hsu, Y. S. (2010), Development and Evaluation of a City-Wide Wireless Weather Sensor Network. *Educational Technology & Society*. (in press)
- [6] Chang, B., Wang, H. Y., Chen, C. S., Peng, T. Y., & Liang, J. K. (2009), Distributed Weather Net: Wireless Sensor Network Supported Inquiry-Based Learning, in *Proceedings of the 8th International Conference on Computer Supported Collaborative Learning*, 365-369.
- [7] Dede, C. (1990). Imaging technology's role in restructuring for learning, In Sheingold, K. & Tucker, M.S. (Eds.), *Restructuring for learning with technology* (pp 49-72). New York: Center for Technology in Education, Bank Street College of Education, and National Center on Education and the Economy.
- [8] Edelson, D. C., Gordin, D. N., & Pea, R. D. (1999). Addressing the challenges of inquiry-based learning through technology and curriculum design. *The Journal of the Learning Sciences*, 8(3&4), 391-450.
- [9] Hmelo-Silver, C. C., Duncan R. G., & Chinn, C. A. (2007), Scaffolding and Achievement in Problem-Based and Inquiry Learning: A Response to Kirshner, Sweller, and Clark (2006). *Educational Psychologist*, 42(2), 99-107.
- [10] Hoover-Dempsey, K., & Sandler, H. (1997), Why do parents become involved in their children's education? *Review of Educational Research*, 67(1), 3-42.
- [11] Jonassen, D. H., Carr, C., & Yueh, H. P. (1998). Computers as mindtools for engaging learners in critical thinking. *TechTrends*, 43(2), 24-32.
- [12] Kuhn, D., Black, J., Keselman, A., & Kaplan, D. (2000). The development of cognitive skills to support inquiry learning. *Cognition and Instruction*, 18, 495-523.

- [13] NASA (1998), Understanding our changing planet: Earth Science Enterprise 1998 applications fact book, Washington, DC: National Aeronautics and Space Administration.
- [14] National Research Council (1995), National Science Education Standards, Washington, D.C.: National Academy Press.
- [15] National Research Council (2000), Inquiry and the National Science Education Standards: A Guide for Teaching and Learning, Washington, DC: National Academy Press.
- [16] Rogers, L. (1987). The computer-assisted laboratory. *Physics Education*, 22(4), 219-224.
- [17] Rogers, L. & Wild, P. (1996). Data-logging: effects on practical science. *Journal of Computer Assisted Learning*, 12(3), 130-145.
- [18] Thornton, R. K. (1987). Tools for scientific thinking – microcomputer-based laboratories for physics teaching. *Physics Education*, 22(4), 230-238.
- [19] Tinker, R. F. (2001), Introduction. In R. F. Tinker & J. S. Krajcik (Eds.), *Portable Technologies: Science Learning in Context* (pp. 1-6). Netherlands: Kluwer Publishers.
- [20] UNESCO-IBE (2000), “Parents and learning,” Washington, The International Bureau of Education.
- [Online]. Available: <http://www.ibe.unesco.org/publications/EducationalPracticesSeriesPdf/prac02e.pdf>. [Accessed July 9, 2009].
- [21] Wang, H. Y., Chang, B. & Harn, C. T. (2009, July). Using Mobile Data Logger and City-Wide Weather Database to Facilitate Parent-Child Coupled Climatology Learning. *IEEE Learning Technology Newsletter*. 11(3). 4-6.

七、誌謝

感謝「臺北市校園數位氣象網推動小組」成員－新生國小徐蕙君老師、廖章棋老師，志清國小楊寶玉老師、黃淑美老師，民權國小王寶勛老師，五常國小曹中嫦老師，健康國小李閩秀老師，永樂國小陳錦雪老師與明德國小楊世昌老師－協助本研究之課程實施、志清國小協助辦理營隊活動的行政支援，以及臺北市政府教育局提供營隊活動所需之經費支持。作者王緒溢並以此文紀念前中央大學大氣科學系江火明教授，他的研究與教學生涯致力於推動基層的科學教育活動，並對氣象親子營研究在設計階段的課程規劃指導甚多。