

天氣預報融入國小教學實驗成果分析

呂國臣¹
氣象預報中心¹
中央氣象局¹

王緒溢²
網路學習科技研究所²
國立中央大學²

摘要

本研究目的在評析針對國小中高年級學生實施天氣預報教學之作法與可行性，內容包括國小天氣預報教學鷹架課程設計與天氣預報教學活動「氣象小博士」之成果評析。來自台北市31所國民小學推薦64名四至六年級學生參與氣象小博士活動，順利通過兩天之五個階段的天氣預報實驗活動訓練，包括天氣預報基礎、天氣圖介紹、簡易天氣圖導引繪製、天氣資訊轉換，並完成天氣預報實習課程，並依課程所學，自行預測未來三日之氣溫與降雨機率。研究者依學生所作之天氣預報對照實際天氣情形，驗證所設計課程是否合適。

初步分析結果顯示，參與天氣預報實習的學生可以依循教學鷹架，完成天氣預報程序。六年級生有93%比例能夠自行判斷，修訂天氣預測數據，四年級和五年級生分別為80%和44%。所有自行判斷修訂天氣預測學生中有83%比例，考核結果優於未自行判斷者。此結果同時顯示，氣象預報為可以在國民小學的自然基礎學科背景下，藉由適當的教學鷹架課程輔助，有效地增進國民小學中高年級學生天氣預測的資料解讀和應用能力。

關鍵字：天氣預報教學、國民小學、資訊融入教學、問題導向式學習

一、前言

資訊融入教學是學校教育的重要方向之一，生活化資訊操作體驗即是落實資訊融入教學的一項正面思考策略。天氣變化與生活息息相關，預知天氣可以趨吉避凶，善用氣象資訊可以減少損失(Freebairn and Zillman 2002)。對於天氣的變化感受每一個人都有經驗，常是經驗分享的話題。然而，在目前資訊來源過度充斥環境下，天氣資訊常令人混淆而莫衷一是。

近年來全球變遷與災害性天氣事件頻傳，對社會民生與經濟造成的影響超乎預期，聯合國「減災國際戰略」機構(UN International Strategy for Disaster Reduction, UNISDR)指出過去10年因自然災害死亡人數佔全球總死亡數85%。過去10年最嚴重自然災害包括：2004年印度大海嘯(22萬6408人死亡)、2008年緬甸颶風(13萬8366人死亡)、同年四川汶山地震(8萬7476人死亡)、2005年巴基斯坦地震(7萬3338人死)等，都發生在亞洲(UNISDR 2010)。

台灣地處環太平洋地震帶，每年都遭受颱風、梅雨、寒潮等災害性天氣的威脅，未來在全球環境變遷衝擊之下，天氣變化可能亦將隱藏更大不確定性。在此全球變遷的時代，未來環境將快速轉換，不管是日常生活的安排或是因應災害性天氣，皆須掌握細緻的天氣訊息，以因應未來環境變遷之用。因此，氣象資訊正確的解讀與自我驗證，是全球公民必備的生活知識之一。

天氣變化單元是國民小學中高年級的自然與生活科技學習領域教材項目之一(國民教育社群網 <http://teach.eje.edu.tw>)，內容包括觀察天氣變化、認識天氣報告、認識天氣圖高氣壓、低氣壓、鋒面和颱風等天氣系統的符號等等。透過課程導引，學生已經可辨識天氣圖中天氣系統的所在地理位置。課程導引若能透過網路並配合實際天氣變化，進而推估天氣系統通過當地時間，並觀察天氣變化，不但可將課程的教學內容導引到實際的體驗，更能落實資訊融入教學的要旨。

2009年88風災重創台灣中南部地區，造成數百人死亡或失蹤，天氣預報準確度再度變成大家關心的課題(許等 2010)。可是，大家對於天氣預報卻又不甚了解，經常責怪天氣預報不準，造成生活困擾。如果大家一方面可以理解天有不測風雲的風險，一方面卻又期待天氣預測能夠百分之一百準確，不異乎過度敬天悖理的矛盾，不如用科學思維來面對這種具有準確但又不是很準確的天氣數據。

天氣預測是一項綜合物理、化學、數值方法及電腦科技專門的技術(呂和李 2008)，氣象局發佈氣象預報必須透過具備長年的天氣觀測經驗的預報人員研判之後，方足以合理的預測未來天氣變化。但是，天氣預報資訊的應用和驗證的經驗，卻也是學校教育的課綱的一環。在高等教育環境中，大氣科學領域之相關科系，常會舉辦天氣預報競賽以豐富教學內容(Grenci et al. 2008; Hamill and Wilks 1995)，讓參賽者體驗天氣預報資訊多變的特質，學生可以由天氣

的紀錄、天氣系統的演變、天氣預報產品的驗證，更深入的瞭解天氣相關科學應用在實際生活上實質意義。天氣變化是人類生活必須面對的一環，對其感受沒有年齡之別，正確的觀念確需從中小學基礎教育紮根。而在基礎教育方面，英國皇家氣象學會(Royal Meteorological Society, RMETS)於2007年即曾舉辦國中小學氣象預報競賽 (<http://www.rmets.org/news/>)，強化小學教育的氣象資訊應用知能。

2010年5月台北市政府教育局「臺北市校園數位氣象網」推動小組結合氣象預報專長學者和網路學習科技學者舉辦「氣象小博士」活動，設計天氣預報教學課程並進行實驗，提供正在學習天氣現象的小學生，利用課堂講授的天氣圖上的鋒面、颱風、高氣壓、低氣壓等天氣系統觀念，應用在預測天氣現象。本研究即分析參與活動學生部分的學習成果，第二章介紹教學實驗課程鷹架的設計，第三章及第四章討論在教學導引預測實驗的實習方式與成效，第五章是結論和討論未來國中小學生網路天氣預報競賽可行方向。

二、天氣預報教學實驗設計

目前氣象局發佈之氣象預報屬於大範圍之區域預測，例如北部地區、台北地區或台北市，並沒有針對特定地點預測天氣，例如特別預測某學校之氣溫、天氣等。因此對一個天氣預報資訊使用者而言，需要透過適當的思維轉換方式，才能獲得更貼近自己日常生活的氣象資訊。

表1. 2010年5月1日氣象局發佈之1週天氣概況

中央氣象局 1週天氣預報概況
發布時間：99年 5月1日16時30分
有效時間：自 5月2日 0時起至 5月8日24時止
天氣概況：
2日受鋒面影響，東半部及南部地區將轉為有短暫陣雨或雷雨的天氣；中部以北地區亦將轉為有局部短暫陣雨。
3日東半部有短暫陣雨，中部以北及南部為短暫陣雨後多雲的天氣。
4日至5日白天氣溫偏高，北部地區及中南部山區午後有局部短暫陣雨，其他地區為多雲到晴。
.....
.....

實驗設計即依循氣象局預測天氣變化趨勢，應用到選定之氣象觀測地點，進而預測該地點未來氣象變化。有關氣象局預測資料特徵以及實驗依循步驟設計如下說明。

(一) 氣象局天氣預測資料特徵

由中央氣象局官方網頁 (<http://www.cwb.gov.tw>) 分析發現，逐日天氣預報資訊種類可分天氣概況描述、預測天氣圖以及氣溫、雲量、降雨機率等天氣項

目預測。天氣概況描述內容旨在配合天氣圖或預測天氣圖(圖1)，說明影響台灣的天氣系統(表1)，預測天氣圖則是呈現天氣系統的地理位置，可對應出天氣系統和台灣的相對位置，藉此對應關係推估各地天氣預測。以2010年5月1日氣象局發佈之預測資料為例：圖1顯示，2日、3日鋒面在台灣東南方海面，台北在鋒面北側，北部早晚天氣較涼，北部有短暫陣雨(表1所述)。依此天氣型態，氣象局預測台北市3日天氣為短暫陣雨後多雲(表2)，當日最低及最高氣溫分別為19°C及28°C。5日大陸東南部鋒面形成，鋒面前面為暖區，預測台北市為多雲午後短暫陣雨，最低及最高氣溫分別為23°C及33°C。

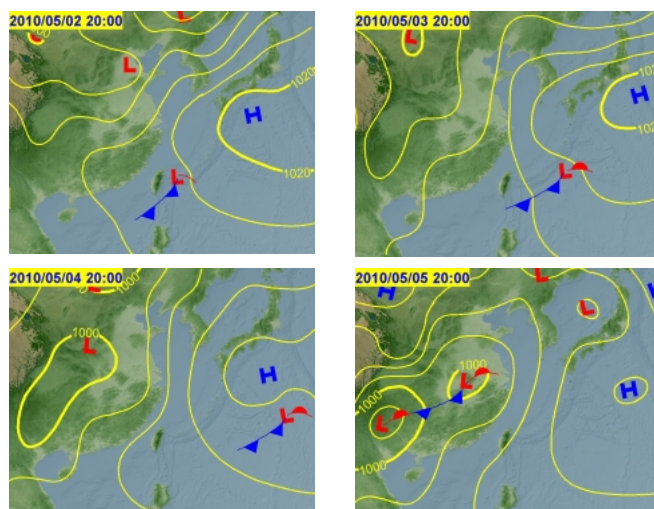


圖1. 2010年5月1日氣象局發佈預測天氣圖

根據上述台北市天氣的預測邏輯，概略可分為兩步驟，步驟一先預測天氣系統，例如5月2日鋒面通過台灣，5日另一個鋒面在大陸東南部形成。步驟二是依照天氣系統伴隨的天氣特徵，預測天氣變化。例如鋒面通過後氣溫容易下降，鋒面接近時氣溫通常會上升。

表2. 2010年5月1日氣象局發佈之台北市天氣預測

日期	天氣現象預測	預測最低氣溫(°C)	預測最高氣溫(°C)
5月2日	晴轉多雲短暫陣雨	20	28
5月3日	短暫陣雨後多雲	19	28
5月4日	多雲午後短暫陣雨	20	31
5月5日	多雲午後短暫陣雨	23	33

由於判斷天氣系統移動和強度變化需要專業設備和經驗，技術門檻高。因此，步驟一預測天氣系統需要參考氣象局每日發佈之預測天氣圖。至於步驟二預測未來天氣現象變化，則需要考量未來天氣系統變化和預測地點氣候特徵，研判過程需要更多的資訊轉換，也是下一章節教學鷹架設計的重點。

(二) 天氣預報教學鷹架

對這些天氣概念僅有簡易的天氣圖概念的國小學生而言，授予適當背景知識與操作課程，可以幫助他們回憶天氣事件與個人經驗的連結。依課程性質分類教學鷹架共分五階段完成：

1. 天氣預報基本：概念講述氣溫和海拔高度關係、高低氣壓和天氣的關係、鋒面和天氣的關係、地形和下雨的關係、迎風面和背風面的天氣差異，以及東北季風的基本概念。
2. 天氣圖介紹：由天氣圖搭配衛星雲圖，講解颱風的運動、鋒面的運動、和冬天冷氣團特徵，並讓學生認識預測天氣圖。
3. 簡易天氣圖導引繪製：在天氣圖上繪製鋒面的位置、找出高氣壓中心的位置、找出低氣壓中心的位置、找出颱風的位置。由兩張不同時間的天氣圖，預測下一個時間颱風的位置。
4. 天氣資訊轉換：將天氣圖轉換到台北市的天氣情境，使能夠當看到一張天氣圖時，可以將之轉換為天氣的感受，例如在天氣圖上看到台北在颱風範圍內，可以憶想台北可能下大雨。看到大陸高壓南下，可憶想到台北氣溫會變冷，並以實際氣象觀測站量測數據驗證。
5. 天氣預報實習：由預測天氣圖分析天氣系統的移動或變化，預測未來三天的台北氣象站（氣象局位置）白天最高溫、夜間最低溫、和會不會下雨（下雨的機會）。課程進行過程中，講師帶領學生探索氣象局網路資訊，學習判讀天氣圖和預測天氣的要領，學習判斷未來三天的每日最高氣溫、最低氣溫和降雨機率，並寫下天氣預報單。

此外，本教學設計還包含氣象體驗課程和授課期間梅雨季節天氣特徵的講授，增強學生對即將到來之梅雨季節天氣變化特徵的認知，讓學生能夠即時預期並體驗當季的天氣。

三、引導式教學鷹架預報實習

台北市政府教育局透過台北市校園數位氣象網推動小組舉辦之氣象小博士活動，於2010年5月2日及8日兩天在台北市新生國小舉辦，邀請氣象局六位資深天氣預報人員，依教學鷹架課程，分A、B兩班各32名四至六年級學生同時授課，學生分別來自31所台北市國民小學以推薦方式，經審核後錄取。

第一天授課目標是將天氣預報教學鷹架設計課程，以生活化的氣象資訊，導引學生實際操作，動手預測未來三天各項天氣變化因子。第二天5月8日，則是強化學生對當時梅雨季節天氣變化特徵的認知，並驗證第一天課程完成的天氣預測結果。

(一) 預報實習方式

天氣預報教學於課程當天（5月2日）授完天氣預報基本知能後，在最後一堂課天氣預報實習中，導引

學生透過氣象局網站發佈之預測天氣圖（圖1），判斷未來三天（3日至5日）影響台灣的天氣系統的動向。學生可參考氣象局於前一日發佈之台北市天氣和最高、最低氣溫（表2）預測資訊，預測台北氣象站3日至5日每天的最高氣溫和最低氣溫，以及降雨機率，並寫下影響天氣的因素。學生可以參考氣象局網站當日台北氣象站實際觀測資料，依據氣象局預測之未來天氣變化的趨勢，調整預測數據。

(二) 預報數據選定與評估方式

天氣預測項目採日常生活習慣使用的日最高氣溫和日最低氣溫，以及降雨事件出現的機率。至於天空雲量項目，因為預測範圍內目前沒有儀器客觀直接量測數據，無法事後評估。

預測數據評估方法以絕對誤差平均（Mean Absolute Error, MAE）計算，MAE越低表示預測越準確（Murphy et al. 1989）。

$$MAE = \sum_{i=1}^n |F_i - O_i| / n$$

F：預測值

O：觀測值

n：個案數

最高、最低氣溫：最小單位為0.1°C

降雨機率：降雨事件發生係以當日雨量大於0.1毫米者，O為1表示有下雨，否則為0，預測機率值為0至100%，間距為10%。

(三) 氣溫變化體驗課程

為使學生體驗不同環境條件下，因風速不同而造成體感溫度的差異。本活動設計在冷氣房和常溫房內擺設不同風速之大型風扇吹風，依次讓學生量測風速，紀錄不同情境下之風速大小、氣溫和依身體感受不同冷暖程度下的溫度，最後比較當時環境氣溫和感受氣溫的差異。

活動中學生透過體驗發現，風速越強，身體感受的氣溫越低，但和實際量測紀錄的氣溫卻未降低。由此體驗獲知風扇風速大小並沒有改變環境的氣溫。

四、預報教學實驗評估分析

教學成效之評估係根據學生天氣預報實習課程回收之天氣預報單，分析學生預測天氣行為以及各項預報數據特徵。依預報單數據完整程度篩選共獲有效樣本56份。AB兩班分別為31和25份（圖2），四、五和六年級比例為27%、44%和29%，其中五年級生比例較多。

氣溫預報（含最高及最低氣溫）方面，AB兩班之MAE分別為1.7及1.8°C，顯示兩組學生接受課程教學後之所獲得知能之差異不大。以4/5/6年級的預報結果分析，MAE分別為1.9/1.7/1.6°C，顯然高年級預測優於較低年級。

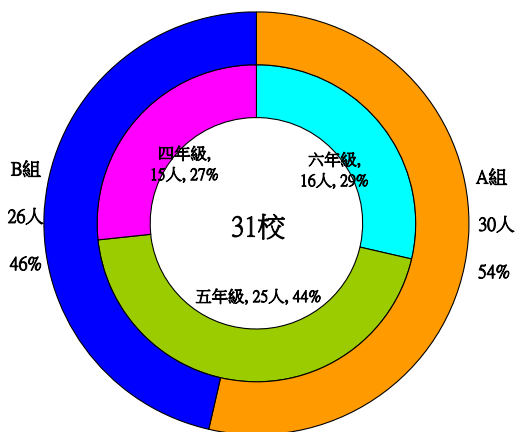


圖2.天氣預報單有效樣本內學校數、分組(A組B組)及各年級之人數和環狀分佈圖

由學生預測行為分析顯示，有14名學生完全採信氣象局5月1日發佈之預測資料，填寫於天氣預報單（氣溫預測數據如表2），另42名學生（佔75%）僅參考氣象局的預測數據，並未全面採信，且能自行判斷填報預測數據，其中四、五、六年級能自行研斷的學生比例分別為44%、80%與93%。此現象顯示，年級越高，越勇於提出自己的看法。扣除14名未修改者之預測誤差，四、五、六年級之平均MAE分別為1.6、1.6及1.5°C，均低於完全參照表2預測之MAE（2.2°C）。六年級生預測成績較優，但四年級生能夠自行修改者的MAE為1.6°C，明顯優於全四年級之MAE（1.9°C）。以上的分析基本上可合理反映出不同年級間學能差異的現象，例如年級越高較有信心於修改參考的資料，也能夠獲得較優的預測成績。

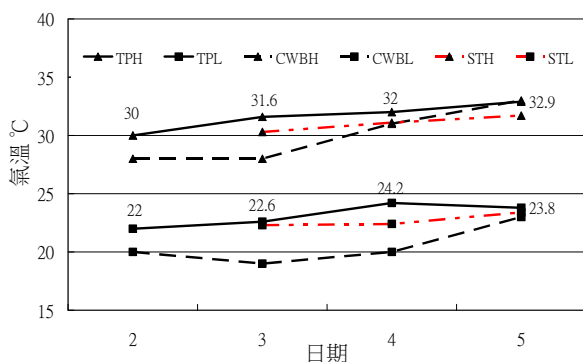


圖3. 2010年5月2日至5日台北氣象站實際發生之最高 (TPH)、最低氣溫 (TPL)，氣象局 (CWB) 1日發佈當日台北市之最高 (CWBH)、最低氣溫 (CWBL) 預測以及學生於5月2日自行判斷之預測者之預測台北氣象站3至5日之最高 (STH) 平均值、最低氣溫 (STL) 平均值

從另一個角度來看，學生自行判斷，有沒有預報技術呢？學生參考氣象局前一日（5月1日）發佈的天

氣預測趨勢（圖3），依當日台北氣象站觀測的數據顯示，最高氣溫約30°C，最低氣溫約22°C，學生若能參考氣象局預測台北市大範圍區域未來變化趨勢，即能合理推估台北氣象站未來的數據變化。實驗結果顯示，42名自行判斷學生中有35名MAE低於氣象局於5月1日預測3日之MAE（2.2°C）。換言之，勇於修改者，挑戰成功率約為83%。此結果同時顯示，本次天氣預報教學實驗的課程設計和實習操作，能使學生更正確地詮釋天氣預報的訊息。

在降雨機率預報方面，由於3日至5日台北並未出現降雨，所有有效樣本之逐日降雨機率預報MAE分別為18%、20%和24%。整體上可反映出台北市梅雨季節裡氣溫越高，越有機會出現午後陣雨的氣候特性。此數據顯示，學生在授課過程後，可合理的以機率方式，來表示自己認為未來會不會下雨的信心程度。

五、結論和未來計畫

天氣預報教學實驗架構與實施藉由氣象小博士活動的舉辦，來自台北市31所國民小學推薦64名四至六年級學生參與，順利通過兩天之五個階段的天氣預報教學實驗活動訓練，包括天氣預報基礎、天氣圖介紹、簡易天氣圖導引繪製、天氣資訊轉換，同時亦完成包括最低氣溫、最高氣溫和降雨機率天氣預測之天氣預報實習課程。

初步分析結果顯示，參與天氣預報實習的學生可以依循教學鷹架，完成天氣預報程序。六年級生有93%比例能夠自行判斷，修訂天氣預測，四年級生和五年級生比例較少，分別為80%和44%。所有自行判斷修訂天氣預測學生中有83%比例，考核結果優於未自行判斷者。

實驗結果顯示，以氣象預報為主題的生活資訊，以目前國民小學中高年級的自然基礎學科環境下，藉由適當的教學鷹架課程輔助，可以有效地增進國民小學中高年級學生對天氣預測資料合理的解讀與應用能力。

近年來「臺北市校園數位氣象網」教學應用成果豐碩 (Chang, et al. 2009; Wang, et al. 2009; Peng, et al. 2010; 張立杰等 2009)，能夠提供優質化問題導向式學習 (problem-based learning) 機會，提升學生氣象科學得知能、探究氣象的興趣與問題解決的能力。目前該推動小組正結合科學教育學者、數位學習學者，以及中央氣象局預報專家之專業力量，活化校園氣象科學教學內涵，在2010年梅雨季節接續舉辦台北市國民小學天氣預報競賽。活動包括網路氣象預報競賽及氣象小學堂PK賽，參賽學生可以由天氣的紀錄、天氣系統的演變、天氣預報產品的驗證，更深入的瞭解天氣相關科學應用在實際生活上的實質意義。本研究未來也將藉此活動獲得的寶貴數據，進一

步分析以天氣預報之生活化資訊透過網路科技融入教學的成效。

六、致謝

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，健康國小李閨秀老師，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、新生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體驗活動所需之經費支持。此外，更感謝氣象局資深預報員謝明昌課長、伍婉華科長、李湘源技士、陳怡良博士與黃椿喜博士參與講授預報實驗課程，分享天氣預測經驗。

七、參考文獻

- 呂國臣和李清勝 2008：天氣預報。《台灣大百科全書》，<http://taiwanpedia.culture.tw/web/media> 大氣科學門，天氣學科，天氣預報項。
- 張立杰，王緒溢，林燕玲，陳錦雪和徐蕙君2009：無線氣象感測平台上之學生探究學習成果分析，第13屆全球華人計算機教育應用大會(GCCCE 2009)。
- 許晃雄等莫拉克颱風科學小組 2010：莫拉克颱風科學報告，192頁。行政院國家科學委員會，2010年3月24日。
- Chang, B., H. Y. Wang, C. S. Chen, and J. K. Liang 2009: Distributed Weather Net: Wireless Sensor Network Supported Inquiry-Based Learning. Paper presented in the 8th International Conference on Computer Supported Collaborative Learning (CSCL 2009).
- Freebairn, J. W., and Zillman, J. W., 2002: Economic benefits of meteorological services. *Meteor. Appl.*, 9, 33–44.
- Hamill, T. M. and D. S. Wilks, 1995: A probabilistic forecast contest and the difficulty in assessing short-range forecast uncertainty. *Wea. Forecasting*, 10:620–631.
- Grenci L. M., D. M. Babb, S. A. Seman 2008: A Grand Experiment in e-Education: Offering Adult Students an Online Apprenticeship in Weather Forecasting. *Bull. Amer. Met. Soc.*, 89, 969-974
- Murphy, A.H., B.G. Brown, and Y.-S. Chen 1989: Diagnostic verification of temperature forecasts. *Wea. Forecasting*, 4, 485-501.
- Peng, T.Y., Y.S. Hsu, H.Y. Wang, and B. Chang 2010: Inquiry based learning in Taipei weather science learning network. Paper presented in the 6th International Conference on Science, Mathematics and Technology Education (SMTE 2010).
- UNISDR, 2010: Earthquakes caused the deadliest disasters in the past decade. <http://www.unisdr.org/news/v.php?id=12470> (Last retrieved: May 17 2010)
- Wang, H. Y., B. Chang, and C. T. Harn 2009: Using Mobile Data Logger and City-Wide Weather Database to Facilitate Parent-Child Coupled Climatology Learning. *IEEE Learning Technology Newsletter*. 11(3). 4-6.