

本期訪問的臺灣師範大學地球科學系許瑛珺教授，她除了擅長地球科學之外，也從科學教育的角度來帶領我們深入了解一些重要的教育觀念，其中有很多與天文館的功能相關，希望大家在閱讀的過程中，能激盪出許多新的想法與做法。

# 在爭議中的 自我反思與成長

## 學思歷程與研究選擇

許老師從小就對數理很有興趣，常把解難題當作遊戲地去玩。她印象很深刻的是高中時還曾遇過一位特別的老師，喜歡帶領學生領略數學背後的思考樂趣，因此更激勵她朝向數理領域發展。大學聯考進入臺灣師範大學地球科學系時，正是該系初成立的第一屆，師資課程還不齊備，所受的訓練以地質與大氣為主。由於當年地質給人的感覺是比較固定、很多都靠背誦，不如大氣那麼多變化、有趣，因此她很早就選定念大氣。後來還到臺大去旁聽大氣的課，畢業後就考上臺大大氣科學研究所。

然而大氣科學所處理的數據非常龐大，當年的電腦儲存空間與處理速度都不如今天，因此要花許多時間面對儀器。這一點曾讓許老師有些猶豫，她覺得自己比較喜歡和人互動，電腦太過冰冷；而她臺大的指導老師陳泰然教授也鼓勵她從事大氣的科學教育，認為大氣還有許多基本觀念尚待普及，需要多加推廣，因此她出國念博士時就選擇「課程與教育科技」來攻讀。

## 接受挑戰 自我批判

師大培育人才向來以老師為主，學生在大三與大四的時候就有機會修習許多教育學分，許老師特別提到毛松霖教授「教材教法」這門課。毛老師曾在板橋的教師研習會編製小學的課程，經驗非常豐富。教學時他會希望大家以小組的方式去分析課程，了解哪些單元是比較難教的，可以用什麼特別的方式去引





天文館也有一個類似的展示可以啟發學生對科氏力作用的認識。

導；在教法上他也鼓勵大家不要用傳統講述方式，而可製作教具協助學生直接觀察、蒐集資料、分析資料，然後探討背後可能的科學原因。

許老師與同組同學特別找了科氏力來設計教學活動，這是一個艱深的觀念，對學生而言有點抽象，但又因為會對風向產生影響而顯關鍵，該如何來教呢？大家討論過後找了一個可以調整轉速的圓盤，用沾上墨水的玻璃球滾過去，觀察者便可以從墨跡看出球的偏向。他們就這樣生動地演示出科氏力的作用，後來也看到這個想法被許多地方拿去展示。

不過許老師他們同學間課後持續的討論則發現那不是科氏力，那個偏向是摩擦力帶出來的，跟大氣在地球上吹動而遵循直線前進，其偏向是由地球自轉而造成地球上人看到的現象，這兩者之間的意義不一樣。

許老師一方面思考其中原理，一方面也觀察演示所造成的效應。後來她覺得這樣的設計還是有值得肯定的地方，因為科氏力是一個假想力，很難教學生去思考，所以後來還是利用它去教，認為藉此引發思考，也算達到教育的目的。

許老師認為這件事的重點不在於做了一個合適的教具來演示科氏力，而在於毛教授引導大家體會教地球科學的時候有幾個特質要去把握。地球科學跟其它很不一樣的是在於現象的複雜性，它不是單純學個定律，而是一個現象背後有很多複雜的因素，因此教師要去把這些現象做分解，引導學生去看見每一個特性，然後再將之設計成幾個清楚的、可以探究的活動和實驗，最後才統整出一個科學發現，形成一個科學

解釋。教師的引導很重要，絕對不能教得像文科，以背誦和記憶為主。

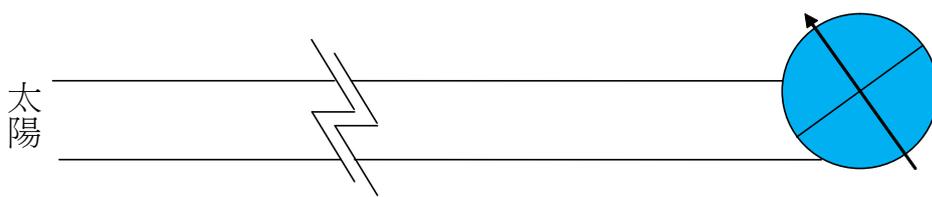
## 配合新興教學媒體的論文研究

有了學科基礎與教育理論的概念之後，許老師到美國念書時，其論文是跟大氣系的教授合作來做通識教育。他們為大一、大二的學生上大氣科學概論，那時候網路剛剛興起，許老師想要用網路來做一些有趣的活動。比如說針對溫度、降雨、濕度等氣象因子作天氣預報，原本授課的教授就有這樣的課程，但是讓學生任意選擇地點，許老師則建議他可以選一個特別的地方，例如可以在山底配合地形效應，就可以讓學生在預測天氣時學到很多複雜因素的影響。他們在網路上建製了一個氣流過山的電腦模擬，讓學生可以改變參數後觀察結果，從中體會到影響氣候的變因。在介面上許老師還特別設計可以讓學生回頭去看自己的學習歷程，然後從經驗中去調整學習策略。

結果顯示，懂得控制變因與操縱變因的學生學習成效最好，還可以看得到其不斷進步；另外還有些學生會有系統的去測試數值，雖然無法掌握背後的學理，但也學得不錯；至於隨便輸入純粹亂試的人學習就比較不好。許老師回到臺灣之後，第一件事情是把這套模擬中文化，做成一套高中生的學習教材。之後她就不僅限於大氣，而會擴展到地球科學的其他領域。

## 四季成因迷思多

根據美國國家課程標準中的概念，有幾個比較困難的天文主題，四季的成因是其中之一。曾有研究調查哈佛大學的畢業學生如何理解四季的成因，結果發現絕大多數的受訪者都認為距離是最主要的因素，很多人侃侃而談地說：北半球夏天的時候在近日點、冬天的時候在遠日點。這個訪談結果被拍成影片，在許多



有的學生會認為因為地軸傾斜所造成的距離差距，是四季的成因。但從圖上可以看出來這樣的效應與日地距離相比當小。

科教研討會播放，引起學者的震驚。為什麼那些頂尖學府的優秀學生，在大學畢業的時候還搞不清楚這些國小就該學過的基本概念？

因此許老師也想了解國內學生對四季成因的了解，從文獻探討把國外對四季的迷思概念先整理出來，發展出一套診斷工具，還利用晤談與畫概念圖的方式希望額外蒐集到臺灣學生獨特的想法。與國外相比，臺灣學生特有的概念是認為：「四季的形成是因為地軸傾斜的影響。」

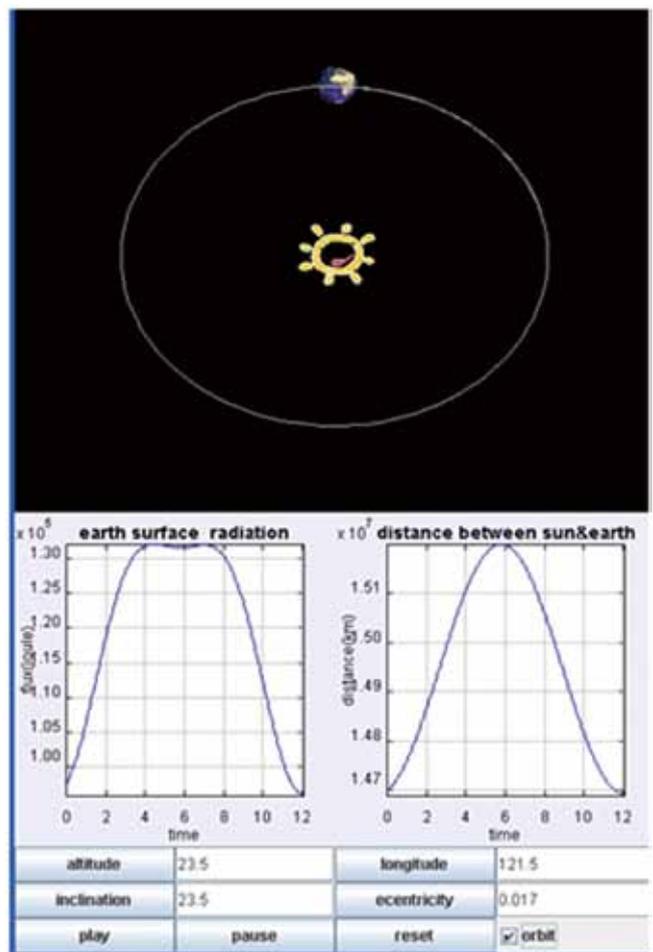
聽到這裡大家想必覺得很好，沒錯，這位學生確實懂了。但持續訪談或看學生的圖才發現，有的人解釋是：「當地軸傾斜的時候，會造成北半球的人距離太陽比較近，所以會覺得比較熱，是夏天。南半球的人距離太陽比較遠，所以會覺得比較冷，是冬天。」這還是距離的概念。

這提醒我們不要看到學生回答跟課本一樣，就認為他懂了，還要再追問，鼓勵學生用自己的話來解釋或是用不同的方式（如畫圖）來表達，這樣才能更了解他們的想法。可惜現在的考試多是選擇題，這些考不出來，多數人不知道有問題，就讓學生帶著這樣的迷思概念一輩子。

有了這樣的基礎後，許老師再針對學生的迷思概念，設計一套完整的電腦模擬課程，讓高中學生來學習這一單元。每個人一上課就先做診斷，了解他有哪一類型的迷思概念之後，就有特別能矯正他概念的課程內容去對症下藥，因此每位學生所學習的內容未必一樣，這屬於「適性化教學」。

在這套課程中學生可以調整包括偏心率、地軸傾角、以及所在地的緯度，然後去看不同月份的太陽輻射量和溫度，就可以去了解季節的變化。不過由於距離與地軸傾斜都是影響太陽輻射量的因素，如果學生對地球軌道特性沒有概念，

還是不能判斷出哪個才是關鍵因素，因此萬一學生設定的參數讓軌道非常狹長，那可能還是認為距離遠近會是關鍵。因此後來又設計讓學生能對地球軌道特性了解更具體的教材，這樣的教學效果當然就更好了。後續許老師還設計了加入後設認知的策略（一種讓學生有意識地反省所採用之學習策略）、合作學習的方式，看看是否提醒學生自我監控，或者鼓勵學生與他人溝通，可以有助於學生的學習。

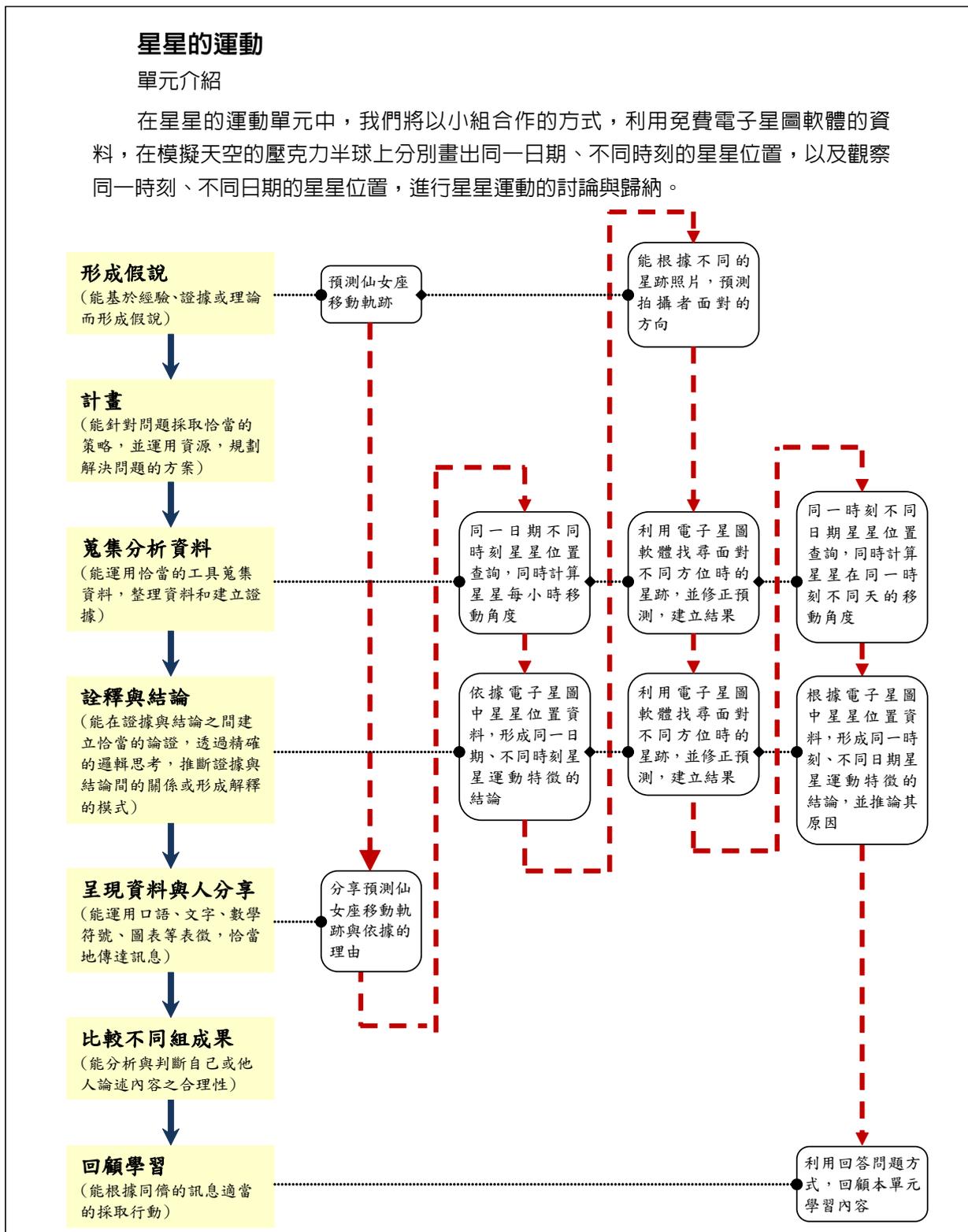


許老師研究團隊設計四季成因的電腦模擬，讓學生可以調整介面下方的參數值，就看到模擬結果顯示於上方的3個圖內，包括地球公轉軌道、觀察地點的太陽輻射量和距太陽距離的變化。

## 探究式教學

許老師再介紹一個以探究方式來教高中地球科學的研究，這是藉由教學過程讓學生體驗近似科學家探究的歷程，希望學生除了學到知識之

外，也能培養解決問題的能力，將來遇到新的科學問題，或許就有能力按照這種方式去自己尋求答案。至於課程內容則廣泛地運用到地球科學的各領域，我們現在以天文的「星星的運動」為例來介紹這研究的理念。



在探究式教學中，「星星的運動」之鷹架架構圖。

因為學生的空間概念很不好，因此在這個單元會特別希望能有一個具象的東西讓學生了解，進而呈現出清晰的想法，知道星星到底怎麼運動，然後才能看到現象之規律。學習一開始提供資料讓學生去查閱，然後將幾顆目標星根據方位仰角畫在一個壓克力半球上。學生要畫出同一天的不同時刻，以及同時刻的不同天，這兩種情形的星空變化，然後從其中了解每天星空的東升西落是因為地球自轉的緣故，星星每天提早四分鐘升起則是因為地球公轉的緣故。還希望學生能從星跡圖的形態去判斷所面對的方位。但是由於學生的空間概念不好，再加上這個單元實在很困難，因此真的能由學生小組討論出符合科學理論的比例很少。有的時候還要搭配星圖軟體去演示效果才會比較好。

在這個單元每個主題前面都會有一個鷹架勾勒出探究過程的主要活動，以及在這個單元所對應的內容。雖然理論上的探究是要讓學生形成假說後自己作計畫，但許老師說，由於星星的運動對學生而言太過抽象，因此會是以老師引導的方式為主，比較看不到學生自己的計畫。她以另外一個單元「天氣」來做比較，表示這是一個很傳統、很生活的單元，讓學生自己去計畫選定在校園的哪裡蒐集天氣的數據，老師的引導就會少些。

雖然天氣是個很傳統的單元，但是還是有很多地方可以啟發學生。例如現在有很多電子儀器拿到戶外就可以測量數值，但是學生往往沒有儀器校正的概念，非常信賴儀器上的數字，有時候量測到不合理的數值也純粹盲信。這時候老師可以教導學生對數字要有感覺，知道合理範圍在哪裡，落在合理範圍外就要注意儀器是否有校正或其他問題，還是真的有特殊現象的產生。這種對數據誤差的處理，也很重要。

這套課程設計研究分三組，有的班級會把探究的過程的引導圖明示給學生，放在學生的教材中，希望學生把這種方式印在腦子裡，有的則未有特別的明示。另外還有一個班級的教材設計是一開始的單元有引導圖，後面的單元則沒有引導圖，但在教學時還是要讓學生歷

經相同流程，反思每項活動在探究流程中的意義，這叫漸褪鷹架。

結果顯示，科學概念上各班級都有增長，但漸褪鷹架的方式對學生探究能力的培養效果最好，這顯示教學過程中老師要適當地放手，學生才有可能自主學習、真正學會，其中的意義很值得深思。

## 地球科學的教育

最後許老師給讀者意見，她特別引用美國地質學會拍的影片—為什麼學地球科學—來給青年學生。學習地球科學的原因可從環境的角度來看，人類的活動對地球產生的影響所引致的環境變遷，地球上每個份子都有責任去了解它，協助它做永續的發展。

對任課老師，她也提醒：越來越多的環境議題跟地球科學很有關係，老師不再是傳統地球科學知識的傳播者，而是環境永續發展的思維與行動之帶領者。老師要很注重環境議題，帶進課室引導學生思考環境和我們的科學息息相關，用科學的態度去解釋和剖析，讓大家更嚴肅地去看待這個問題，且以統整性與系統性方式去了解各領域彼此間的複雜關係，以及地球本身的回饋機制。教學可以採用許多不同觀點去讓學生自己去分析、了解，學生才會有動力願意去做改變。

至於教科書該放哪些東西？是有定論的內容、還是尚無定論卻重要的議題？許老師認為不必擔心教一些沒有定論的東西學生會無所適從，而是該考慮怎麼樣讓這些沒有定論的東西去做有系統的呈現，這些爭議可以讓學生有更開闊的胸襟去了解在不同觀點下可能會有不同的結論，學生一方面要了解眼前知識的限制，另一方面還要在未定的結論下去推論、討論、和做選擇，這是作為未來地球公民所須具備的重要素養。

范賢娟: 任職於臺灣師範大學科學教育研究所