

太陽經緯儀原型於國小天文實作教學的應用與改進

鄭宏文^{1,*} 王漢卿² 盧秀琴¹

¹國立臺北教育大學 自然科學教育學系

²新北市新和國民小學

摘要

本研究為太陽經緯儀(sun altazimuth)實體教具開發暨教學應用可行性之先導試驗(pilot study)。係以地球上觀察者所見的太陽視運動規律為理論基礎，由研究者自行設計並製作紙板材質的太陽經緯儀原型(prototype)，以提供中小學自然科教師、學生、或地球上觀察者觀測太陽視運動；並可模擬地球上南、北半球任意緯度觀測地點、一年中任意觀測日期、與該日期中任何觀測時間，太陽視運動的位置與軌跡。本研究以160位國小五年級學童為準實驗研究的對象，以五上自然「太陽的觀測」為教學單元，實驗組學童試用以DIY製作的太陽經緯儀原型替代對照組的竿影教具，兩組皆以食譜式實驗教學策略搭配合作學習模式進行分組實驗教學以做為控制變因，探討學童在不同天文概念上的學習成效，並蒐集學童的回饋意見以作為日後修正教具設計與教學策略之參考。研究結果顯示實驗組教學成效明顯優於對照組，而兩組學童在「測量太陽位置的功能性」、「教學時間的充裕性」、與「提升學童學習的成效性」等三個層次的認同度方面，太陽經緯儀也都明顯優於傳統竿影教具，但是教具對於不同空間能力學童的學習成效而言並不存在選擇性。從學童的回饋亦得知：紙板太陽經緯儀原型的功能雖獲肯定，但製作材質的結構過於脆弱，不利於學童的學習操作。

關鍵詞：太陽視運動、太陽經緯儀

壹、前言

一、研究的理念與重要性

九年一貫課程(教育部，2008)特別強調了科學問題探究與問題解決，讓學生們能夠從學中做、由做中學，以學習「帶著走的能力」，而「科學實驗」是讓學生透過驗證與觀察來理解自然規律的重要手段。但是與生

物實驗、化學實驗、物理實驗不同，在天文領域裡面並沒有辦法進行「天文實驗」。教師雖然可以在白天安排幾場1~2小時戶外的生態與地質考察，卻沒辦法在白天觀察星象。就算是要安排太陽軌跡相關現象的一場完整的觀測活動，也將耗費教師與學生當天白晝約12小時的觀測時間，其中還得在氣候、體力、與時間等眾多條件配合下方能圓

*通訊作者：鄭宏文

(投稿日期：民國102年11月8日，修訂日期：民國103年9月17日，接受日期：民國103年9月18日)

滿完成，卻也造成中、小學階段基礎天文教育推展的困擾(Plummer, 2009a)。

雖然建構主義的學習理論(Vygotsky, 1962)強調學生是知識建構的主體，但是國小學童依據生活經驗所主動建構的「知識」，亦必須建立在完整且正確的「現象觀察」之上。許多天象觀測的活動卻常因耗時冗長而導致施行困難，使許多中、小學生或教師因而缺乏完整的天象觀察經驗。因此天文教育在學習者普遍缺乏完整現象觀察經驗的背景之下，發展具備天體運動演示或天體位置測量等功能之教學輔具的研究就愈顯重要。但人們日常生活中所觀察到的天文現象其實是從地球上觀察者所見之觀點(geocentric)，與一般教科書裡所描述以太空中太陽為中心觀點(heliocentric)的軌道運動來解釋說明的切入角度並不相同。以常見的「三球儀」教具為例，該教具係模擬太空中「以太陽為中心」的觀點，以三顆圓球形象地分別代表太陽、地球與月亮，動態演示日、地、月的相對運動，用以說明或解釋日、月食、晝夜與季節變換等各種天象的成因，卻不能直接用以「演示」地球上觀察者所見的天體「視運動」(apparent motion)。或許成年人可以將地球上觀察者所見的天體視運動，與太陽為中心觀點的天體軌道運動這兩個概念進行正確的概念聯結，藉此以理解地球上所見諸如日、月食、晝夜、與季節變換等各種天文現象。但是根據皮亞傑的「認知發展理論」(Piaget, 1964)，處於具體運思期的國小五年級學童在面對自然科上學期「太陽的觀測」的課程活動時，卻是依據具體經驗思維來解決問題，或藉由具體物之操作來協助思考。以國小五年級「太陽的觀測」單元來說，此處所謂的「具體經驗」所指的就是學童們日常生活中所觀察到的「太陽視運動」與「太陽軌跡」。但是一方面國小學童普遍缺乏天

體視運動觀察的完整經驗，而另一方面「三球儀」所演示的又是「以太陽為中心」觀點下天文現象的「解釋說明」，卻不是學童生活與體驗中「以地球人觀點」所見的太陽軌跡。另一方面由於國小五年級學童尚未進入形式運思期，以太陽為中心的「太空人觀點」並不屬於學童生活中的具體經驗，在學童的動態空間推理能力尚未發展完備的情況之下，容易在學童心理層面產生出「天文概念太過抽象」或「天文概念難以理解」的錯誤印象，因而阻礙了學童學習天文的熱情與興趣(陳文屏, 1999)。學者(Plummer, 2009b; Plummer & Krajcik, 2010)的研究亦指出，以太陽為中心觀點所進行的天文教學活動，其實並無助於提升學生從地球上「觀察者本位」的天體視運動之理解，反而容易引發學生的許多錯誤概念，造成未來學生在學習基礎天文課程時，天文概念理解的許多困難與阻礙。

另有學者的研究(Bakas & Mikropoulos, 2003)則顯示天文模擬軟體除了可呈現出類似三球儀以太陽為中心觀點的天體運動之外，更可以轉化為三球儀所無法提供的地球上的觀察者角度，讓學童可以從二維平面的電腦螢幕中，看到如太陽、月亮、與星星等不同天體的視運動，並以虛擬實境的方式進行彼此間的概念聯結。蘇偉昭(2004)亦指出：「天象觀測是屬於三度空間，應該回歸三度空間的方式來教學，二度空間的教材設計的方式，無法使生活在三度空間的人們以自然的理解方式來學習」。但是天文模擬軟體雖然能夠呈現出虛擬實境以模擬學童日常生活的天象觀察經驗，卻無法如同竿影教具這類實體教具一般提供學童針對真實情境下的太陽視運動進行測量。因此本研究嘗試設計製作一套實體天文教具以輔助學童模擬觀察者本位的太陽視運動，並提供教師教學演示太陽

軌跡，讓學童可藉以測量太陽高度角及方位角等資料；並將地球自轉、地軸傾斜、地球公轉、與觀測地點經、緯度等概念整合於該實體教具的機構設計之中，以進一步評估此實體教具在國小天文教學活動的適用性與可行性。

二、研究目的

本研究擬以地球上觀察者所見觀點的太陽視運動為基礎，設計並製作太陽經緯儀原型，以提供教師或學童觀測、模擬、與演示太陽的視運動。本研究以國小五年級的學童為對象，探討太陽經緯儀應用於自然與生活科技領域「太陽的觀測」單元之教學應用成效，同時蒐集相關資料以做為改進太陽經緯儀原型及教學策略之參考。因此，本研究探討以下三個問題：(一)太陽經緯儀能否提升學童在「太陽的觀測」單元相關概念的理解？(二)太陽經緯儀對於不同空間能力的學童在本單元學習成效的提升是否相同？(三)學童對於應用太陽經緯儀於本單元教學活動的相關實作學習心得及回饋意見為何？

貳、文獻探討

一、太陽運動概念的認知與學習

九年一貫課程國小自然領域五年級上學期的第一個單元，探討「太陽的觀測」，學習太陽運行的變化規律，並對日常生活中常見的太陽視運動現象進行觀察與討論。根據教育部所頒布「自然與生活科技領域國民中小學九年一貫課程綱要」(教育部，2008)，其中與太陽相關概念的分段能力指標，訂定了國小學童在「認識環境」的認知層次上，可「長期觀測，發現太陽升落方位(或最大高度角)在改變」；而國中一至三年級則是「由日、月、地模型瞭解晝夜、四季、日蝕、月

蝕及潮汐現象」。如此無非是在於鼓勵國小五至六年級處於具體運思期的學童，先經由長時期的太陽觀測活動，來觀察並認識生活中與太陽視運動的相關現象與變化，以其具體經驗思維來解決生活之中的相關問題，並協助該發展階段學童進行其思考；等待認知主體進入了形式運思期，具備了邏輯與空間推理等抽象思維之後，再藉由日、地、月天體模型來建構國中一至三年級學生的大空間概念。

以課綱所訂定的教材內容細目來說，與太陽相關的國小課程教材內容則包括：「111-1a.察覺太陽東昇西落，使一天分為白天和黑夜」、「111-3a.知道太陽在不同季節，其升起與落下的方位也不同」、「111-3e.知道太陽是一顆恆星」、「211-1b.察覺夏天氣溫高、冬天氣溫低」、「212-2a.察覺不同季節晝夜長短不同，氣溫不同」、「215-2c.知道要表達物體的位置，應包括座標、距離、方向等資料」、「215-2d.察覺規則性的運動可用來測量時間及方向(例如日影的改變)」、「217-1a.察覺日曬使身體溫暖，知道太陽可以提供熱」、「與「217-3a.知道太陽能使水溫上升(成為熱能)，也可用來發電(產生電能)」等內容。國內現行各種版本教科書(南一，2011；康軒，2011；翰林，2011)將上述教材內容細目落實於教學設計後，不約而同地在國小五年級太陽相關單元中包含了下列四項教學活動：「太陽視位置的測量」、「太陽軌跡的周日變化」、「太陽軌跡的周年變化」、與「太陽在日常生活中的應用」。由於學童必須在活動中量度太陽的高度角與方位角，並以此表達或記錄太陽的位置與軌跡變化，所以學童必須具備地理方位辨識與高度角測量等各種空間概念，才能順利掌握該單元的學習內容。

學者(Lelliott & Rollnick, 2010)歸納整理了1974 ~ 2008年發表於國際期刊共103篇與天文教育相關的文獻資料，發現其中超過80%的研究主題集中於五大類天文概念：地球、晝夜週期、重力、日地月系統與月相、及季節成因。然而這些概念都與「太陽視運動」單元的學習內容緊密相關，由此可見國小五年級「太陽的觀測」單元對於學童建立正確天文概念的重要性。學者的研究(Schnepps & Sadler, 1989)發現，即便如國際知名頂尖大學本科系專業表現十分優異與傑出的畢業生，對於國中、小學時就已學過的「季節成因」概念亦尚未能完全掌握。學者(Sneider, Bar, & Kavanagh, 2011)則認為學生們之所以未能熟悉「季節成因」的相關概念，係因為相關先備知識包含了許多複雜且重要的概念，且教材裡面缺乏了對太陽軌跡變化的觀察，而學生又缺乏對光線行為與特性的瞭解，使學生無法充分理解氣溫差異及氣候帶與極區的形成原因，連帶造成理解該區域內氣候變化成因的困難，甚至由於學生缺乏完整的空間推理能力，以致於無法將觀察者所見的太陽視運動與大空間概念的天體運動模型相結合。國外學者的研究結果(Preece, 1985)則顯示天文教學現場中學童普遍存在天文現象觀察經驗不足的現象。另一方面國內學者的研究結果(Yang, Huang, & Aldridge, 2002)，則顯示我國科學教師在自然科教學依賴教科書的比例，遠超過美英澳等英語系國家。由於天體運動實屬於三維空間的立體概念，如果自然科教師過度倚賴教科書中二維平面教材的模式進行教學，處於具體運思期的國小學童在尚未具備完整空間推理能力之前、在缺乏天象觀察經驗、又缺乏適當的教具可提供天體視運動演示或模擬的情況之下，將容易造成學童學習天文相關概念的阻礙。

二、教具應用與教學研究

Baxter (1991)根據研究結果指出：「由於國小天文教材中所安排的實境調查(practical investigations)活動分量遠比其他科學領域要少得多，所以學童普遍缺乏完整天象的觀察經驗。所以天文教學須倚重教學輔具的天象模擬或演示功能」。然而國小階段所常見的天文教學輔具則有：竿影類型教具、半天球模型、三球儀、與數位模擬軟體等。此處所謂數位模擬軟體則廣義地包括了顯示於平面式電腦螢幕的天文模擬軟體、將天體影像投影在圓頂的天象儀、及其他以數位技術進行天象模擬的電子裝置。Baxter與Preece (2000)以48名英國國小五至六年級學童為研究對象，將顯示於電腦螢幕的天文模擬軟體及圓頂式天象儀的教學進行比較研究後發現，雖然男生在教學前的空間能力表現優於女生，但是上述兩類教學活動卻都能使女生在太陽視運動概念學習成效提升的表現上顯著優於男生，可見虛擬實境的天象模擬與教學演示具備了協助空間能力不足學童有效提升天體視運動概念認知之功能。但由於天象儀的設置條件較為嚴苛，無法為每間學校所擁有，所以目前許多國內外自然科教師都以平面式的電腦螢幕替代天象儀，相關教學研究結果(蘇偉昭，2007；Bakas & Mikropoulos, 2003)亦顯示天體視運動的擬真演示對於學童的學習成效有正面的幫助。張珈(2010)則利用擴增實境(augmented reality)概念與技術，運用行動裝置上的感應器與電子羅盤建構出虛擬全天域的星空環境，並將此「手持式數位渾天儀」結合國小天文課程，發現「手持式數位渾天儀」能有效提升學童對於星座基本觀念的學習成效與星座辨識的能力，提升學童的學習興趣。

雖然天體視運動的模擬或演示有助於彌補學童天象觀察經驗不足的缺憾，且能有

效提升學習者在「用心體會」(minds on)或在「質性的」(qualitative)層面上理解天體視運動概念，可是國小「太陽的觀測」單元中針對太陽視位置的量測活動，與活動中屬於「動手操作」(hands on)或「量性的」(quantitative)層面的科學過程技能訓練來說，實體教具的價值就不是一般天文模擬軟體所能夠完全取代。由於目前國小各版本教科書(南一，2011；康軒，2011；翰林，2011)係以「太陽高度角」與「太陽方位角」來表示或記錄太陽的位置座標，所以當「日中天」太陽位於「天頂」的時候，「太陽方位角」就無法定義，此時學童與教師就會發現無法在課本座標平面圖中標示太陽位置的困擾。作為一種「太陽位置記錄器」，目前國內許多國小老師所採用的「半天球模型」(施惠，1998)就可以解決這項困擾。學童可以將太陽位置或軌跡轉錄於半天球模型上，並透過光線投影的概念將其上的太陽位置與天空中太陽的視位置產生對應。所以半天球模型不但可以將日中天的太陽位置進行標示，學童也可在半天球模型上記錄當天的太陽軌跡，並在過程中逐步建立起「天球」概念。最後，「竿影教具」(康軒，2011)則是另一類目前國小「太陽的運動」單元中，所常使用的實體教具，該教具係利用光線投影概念來測量太陽高度角與方位角。上述半天球模型與竿影教具這兩類實體教具皆能協助學童在操作中

建立起「度量」與「物理量」等概念，並藉以熟習相關之科學過程技能。茲將各類天文教具與太陽經緯儀的功能整理比較列於表1。

在天文學教材教法的研究方面，學者的研究結果(Bailey & Slater, 2005; McDemott & Redish, 1999)顯示教師若單以講述式教學法進行物理或天文教學，不但無助於學生深入理解課程概念、亦無法提升學生的學習態度與興趣。Fraknoi (2011)則對天文教學提出幾項建議：(一)「學習者不能像一個旁觀者」，「動手做」活動可以提高學生的參與感、(二)小組合作學習能可鼓勵學生共同參與及相互支援，並激勵學生的學習動機、(三)讓學生有充分的時間進行思考、討論、與深入探究。

綜合本節的探討可知國小「太陽的觀測」單元的教學須倚重教具的輔助，其功能可略分為二：協助學童「用心體會」(minds on)太陽視運動的變化與規律、提供學童「動手操作」(hands on)以測量太陽視位置的座標與改變。而本研究所開發太陽經緯儀在天文教育的應用，其一為「定性」(qualitatively)演示的功能：以光線投影的概念在立體空間中對太陽視運動進行模擬與演示、其二為「定量」(quantitatively)測量的工作：以提供學童對太陽的視位置進行度量操作與記錄，或許能夠對學童天象觀察經驗不足的現況提供一套可能的解決方案。

表1：各類天文教具與太陽經緯儀的功能比較表

教具名稱	竿影教具	三球儀	半天球模型	太陽經緯儀	天文模擬軟體
是否為實體教具	是	是	是	是	否
演示太陽運動的功能	無	有	有	有	有
演示太陽運動的觀點	無	太空人的觀點	地球人的觀點	地球人的觀點	兩者皆可
預測太陽位置的功能	無	有	無	有	有
量度太陽的視位置	可以	無法	可以	可以	無法
作為太陽位置記錄器	無法	無法	可以	可以	無法
教具主要功能的分類	定量的度量	定性的演示	兩者皆可	兩者皆可	定性的演示

三、空間能力對太陽運動概念學習的影響

國外學者的研究(Sneider & Pulos, 1983)發現空間能力和天文學習之間存在顯著相關，且「空間能力」因素的影響甚至高於「性別」。國內學者(邱美虹、翁雪琴, 1995)在研究國中生「四季成因」的心智模式與推論歷程時，發現學生在閱讀學習歷程中所產生的推論，是決定學生是否理解四季成因的因素之一，且由於高空間能力的學生能經由正確的推論回溯相關資訊，所以會有較佳的學習表現。但是許民陽等學者的研究(許民陽、鄧國雄、卓秀娟、李崑山、殷炯盛, 1994)卻顯示國小各年級學童在大空間的認知方面存在著方位辨識的困難，甚至有些高年級學童都還難以達成大空間或三度空間內較抽象的空間概念應用。因此，教學活動的設計應該要能夠配合學童的認知發展，並鼓勵學童在國小階段多藉由現象的觀察或教具的演示來熟悉太陽視運動的變化規律。國外學者的研究結果(Baxter & Preece, 2000)則顯示天文模擬軟體的教學演示功能，能夠有效提升英國國小五至六年級空間能力較差學童的學習表現。

但是對於空間能力(spatial abilities)的定義，卻時常因為研究者觀點與分析角度的不同而有所差異：McGee (1979)主張空間能力包含了「空間視覺化」(spatial visualization)與「空間定位」(spatial orientation)兩項能力，其中前者為個體在心中對圖形操弄、扭轉、或翻轉的能力，而後者為個體從不同定位點去想像物體形狀之能力。Lohma則認為「空間視覺」、「空間定位」、與「空間關係」(spatial relations)是空間能力諸多因素之中最重要的三項，其中「空間視覺」指的是將平面圖形想像成立體物件的能力、而「空間定位」係個體從不同角度去觀察物體的能

力、「空間關係」則是個體利用心像快速解決問題的能力(Lohman, 1979, 引自卓沛勳, 2007, 頁16)。Macnab與Johnstone (1990)則是從生物科學研究的角度出發，認為空間能力有三，分別是：「將三維立體結構轉化為心中之二維截面視覺圖像」的能力、「將二維截面圖形轉化為心中之三維立體結構視覺圖像」的能力、與「在立體結構的方位改變時，卻依然能夠進行正確辨識」的能力。然而本研究所指的「空間能力」則是國小學童在楊天德(2009)所編製的「空間能力測驗」的成績表現。該測驗將「空間能力」區分為：「方位辨識與應用」、「空間視覺化」、與「空間移動旋轉能力」等三個向度。其中「方位辨識與應用」則細分為：「基本空間概念」與「空間相對位置」兩個概念、「空間視覺化」則細分為：「二維轉三維」與「三維轉二維」兩個概念、「空間移動旋轉能力」則細分為：「平面圖形旋轉」、「立體圖形旋轉」、與「方位景像」等三個概念。

在空間能力發展的研究上，許民陽等(1994)發現國小學童在不同項目空間能力的概念與認知的發展上並不相同，例如：低年級學童已可辨視「上下前後」等空間概念，但是「左右」、「光影相對位置」、「東西南北」等概念則至中年級始達相當水平，且「座標」與「指北針」的使用能力至高年級才趨成熟。Macnab與Johnstone (1990)的研究也發現：雖然不同項目的空間能力都隨著年齡逐漸發展，但速度並不一致，且相對於其他項目而言，「將三維立體結構轉化為心中二維截面之視覺圖像」能力的發展所耗費的時間顯然更為冗長。

總結本節的文獻探討，可知由於空間能力對國小自然領域天文概念的認知有重要的影響，因此教材教法與教學活動的設計、

乃至於教學輔具的應用都應配合學童的認知暨其空間能力的發展，讓學童能透過實體教具的操作以協助學童進行思考，使其依據操作過程中的具體經驗思維來解決問題，以彌補學童空間能力差異在學習成效上所造成的不良影響，俾使教師的教學能收事半功倍之效。本研究將實體教具應用於國小「太陽的運動」單元的教學活動，係透過實體教具的操作讓學童能夠自行演示太陽的視運動軌跡、並藉由測量太陽高度角與方位角所進行的現象觀察，來提升學童「太陽的運動」單元的學習成效，並藉此研究不同空間能力學童的學習表現。

參、研究方法與流程

一、太陽經緯儀

太陽經緯儀(詳見圖1)係由作者所發明¹(鄭宏文, 2011a, 2011b, 2013; Cheng, 2012), 操作步驟(詳見圖2)與星座盤類似, 可提供教師或學童模擬、演示、觀測、與記錄任意地點觀察者在任何日期、時間的太陽視位置。本研究所使用的太陽經緯儀原型係作者以厚紙板製作, 經檢核科學正確性後發現太陽視位置的指向誤差在 ± 5 度角以內。

二、研究設計與教學對象

本研究的目的是在於瞭解太陽經緯儀實體教具於國小天文教學應用之可行性。藉由實體教具的操作來提升五年級學童於上學期自然與生活科技領域「太陽的觀測」單元的學習成效, 並深入探討太陽經緯儀對於不同空間能力學童在太陽運動概念上的學習差異,

蒐集學童學習操作太陽經緯儀的使用心得與意見回饋, 以作為日後改進實體教具設計與教學之參考。本研究以立意(研究者所負責之自然科任教班級)選取新北市某所國小五年級六個班級, 扣除轉學2人、資源班2人、及無效樣本3人, 所得有效樣本數共160位學童, 其中三個班80名學童(男生38人, 女生42人)為實驗組, 另三個班80名學童(男生36人, 女生44人)為對照組, 由於該校係常態分班, 所以每班學童的學習表現應皆相近。再分別對兩組學童實施表2所示的準實驗教學設計。

本研究採準實驗前後測設計: 在實驗教學前1週, 兩組學童先以「空間能力測驗」確定其空間能力, 並以「太陽的觀測單元學習成就測驗」前測確認學童在相關概念認知的起始點差異; 在同一位自然科任教師所進行各4週的教學活動中, 實驗組學童應用太陽經緯儀、對照組學童則以竿影教具, 分別接受共400分鐘的教學; 教學結束後1週, 兩組學童進行「太陽的觀測單元學習成就測驗」後測以瞭解其學習成效, 同時施以「太陽的觀測單元學習問卷」之調查以獲得兩組學童對太陽的觀測單元概念自我認知、使用教具學習的反應、學習所遇到的困難、與教具使用後的建議。有關本研究的自變項、背景變項及依變項如圖3所示。

三、教學設計與教材內容

本研究以「太陽的觀測」單元內容為主題進行教學, 而其中的教學活動設計則是以「現象的觀察」為基礎, 著重於引導學童透過實際的觀察, 主動發現各種現象的特徵, 並經由整理歸納而獲得太陽視運動的現象規

¹「易暘指: 太陽軌跡追蹤經緯儀」, 榮獲2011年「臺北國際發明展」金牌獎; 2011年瑞士「日內瓦國際發明展」教具類金牌獎(“Easy! Sun Tracker: Quasi-Uniaxial Solar Trajectory Tracting Transist System” Awarded Gold medal of Invention Geneva 2011)。

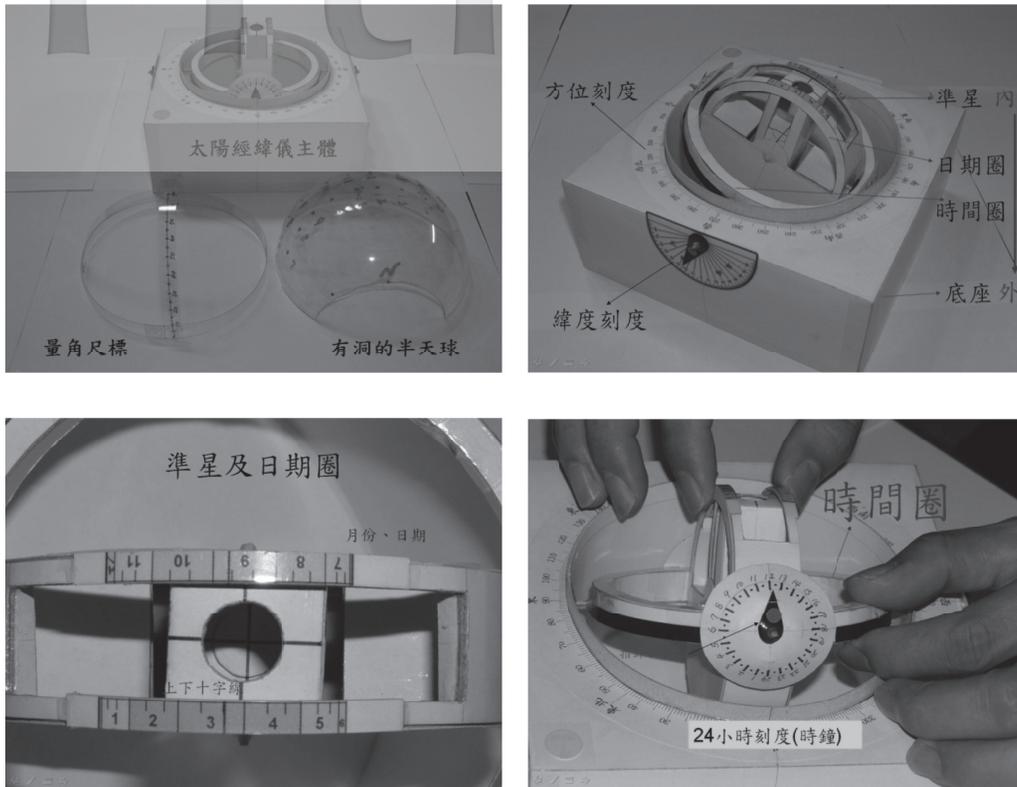


圖1：太陽經緯儀各部構造圖

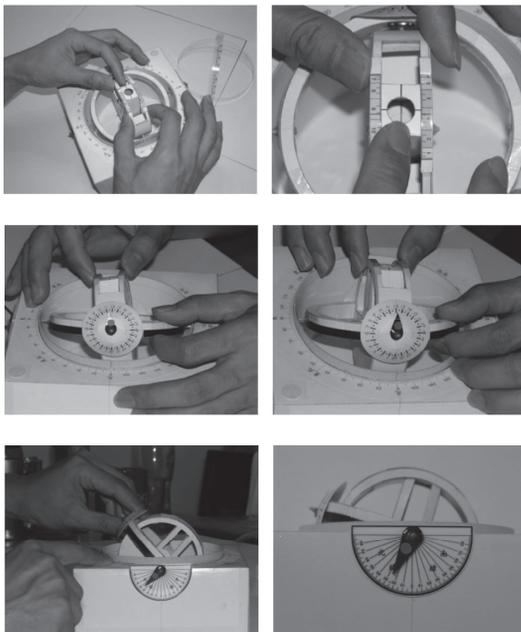


圖2：太陽經緯儀操作程序與實例示意圖

太陽經緯儀的標準操作流程一

調整日期，對到幾月幾日

作法：用手輕握日期圈，以手指輕推準星，使十字線對到所要觀測的日期。

太陽經緯儀的標準操作流程二

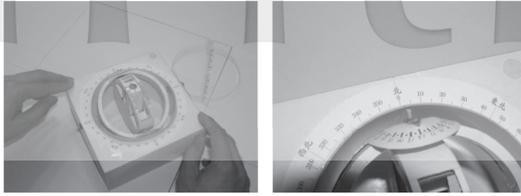
調整時間，對到幾點幾分

作法：用手輕握時間圈，以兩指輕轉日期圈，使時間指針對到要觀測的時間。

太陽經緯儀的標準操作流程三

調整到觀測地點所在緯度

作法：用手固定底座，再用兩指輕轉時間圈，使緯度指針對到當地緯度。



太陽經緯儀的標準操作流程四

將太陽經緯儀平放並對準北方

作法：將太陽經緯儀平放並旋轉底座，使北字對到北方。



太陽經緯儀的標準操作流程五

確定流程

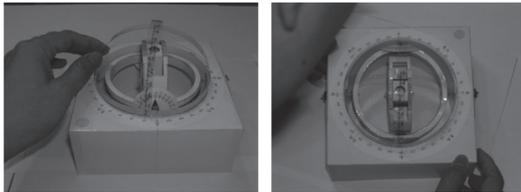
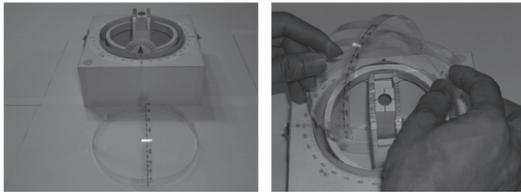
作法：檢查流程一至流程四日期是否對好、時間是否調對、緯度是否正確、是否水平及對準北方無誤後，則太陽經緯儀中心十字線圓圈對準太陽所在位置。



太陽經緯儀的標準操作流程六

讀出高度角及方位角

作法：放上量角尺標並旋轉對準到準星中心圓圈，透過重合上下十字線即可測出太陽的高度角；順著刻度線往下對到方位刻度即可測出太陽的方位角。



太陽經緯儀的標準操作實例：

左上：模擬四季代表日太陽的觀測及記錄。

右上：在半天球上轉錄太陽的四季軌跡線。

左下：利用有四季軌跡線的半天球模擬四季竿影變化。

右下：四季代表日的竿影變化圖。

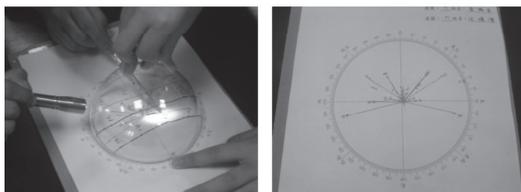


圖2：太陽經緯儀操作程序與實例示意圖(續)

律，茲將相關的教材內容架構分析如圖4所示。本研究採食譜式實驗教學策略，教學活動採分組合作學習模式，以異質分組原則將每班分成十小組，每小組三人。對照組使用康軒版教科書，實驗組採用自編教材，而自編教材係教學者融合康軒版、南一版、及臺灣省國民學校教師研習會(1995)自然科實驗教材第11冊「晝夜與四季」之課程內容編製而成。實驗與對照組的教學者皆由同一位資深自然科任教師所擔任，該教師具備豐富的天文觀測經驗，在教學過程中亦特別注重觀測活動裡面關鍵步驟的操作示範、異質分組中的組員討論與互助學習。實驗期間除了在教具的採用上兩組各有不同之外，教學者在

教學態度與教學內容方面則對兩組學童一視同仁，亦不告知學童正在進行實驗活動，以避免實驗組產生「霍桑效應」(Hawthorne effect)，對照組產生「強亨利效應」(John Henry effect)，並且不公布施測成績，以免對實驗結果產生影響。由圖4的教材內容架構分析可以發現：光線與影子間的空間幾何關係，實為本單元內容的核心概念，亦為學童理解太陽高度角與方位角操作型定義之基礎，因此本研究將「太陽的光影」視為兩組學童都必須學習的共同課程。茲將教學活動設計與教學目標對照表整理於表3，由於教學者發現實驗組學童可快速地將太陽真實位置對應於太陽經緯儀半球模型上的記錄點並

表2：實驗設計表

組別	前測	實驗處理	後測
實驗組	O ₁ O ₂	X ₁	O ₂ O ₃
對照組	O ₁ O ₂	X ₂	O ₂ O ₃

註：X₁：表示實驗組以太陽經緯儀教學進行實驗處理。

X₂：表示對照組以竿影教具教學進行實驗處理。

O₁：表示實驗組與對照組均接受空間能力測驗。

O₂：表示實驗組與對照組均接受太陽的觀測單元學習成就測驗。

O₃：表示實驗組與對照組均接受太陽的觀測單元學習問卷。

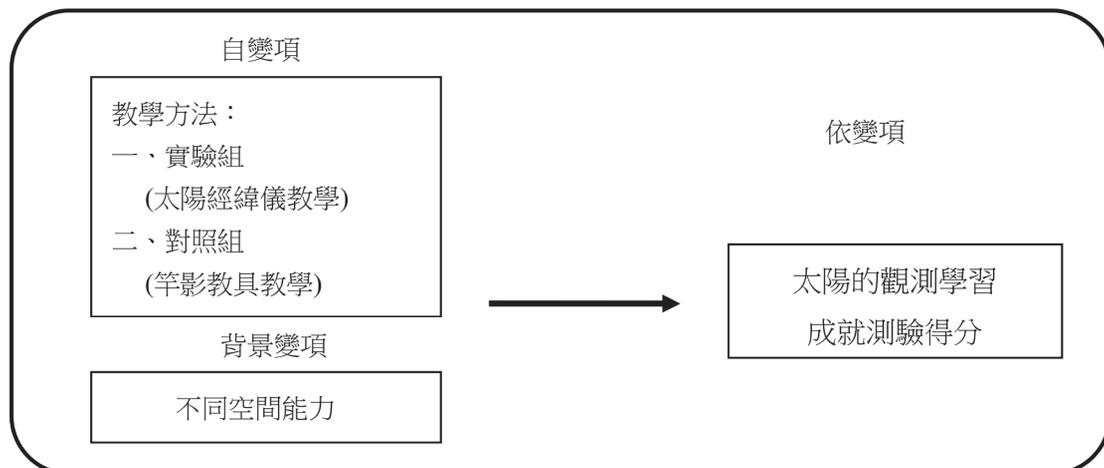


圖3：研究變項圖

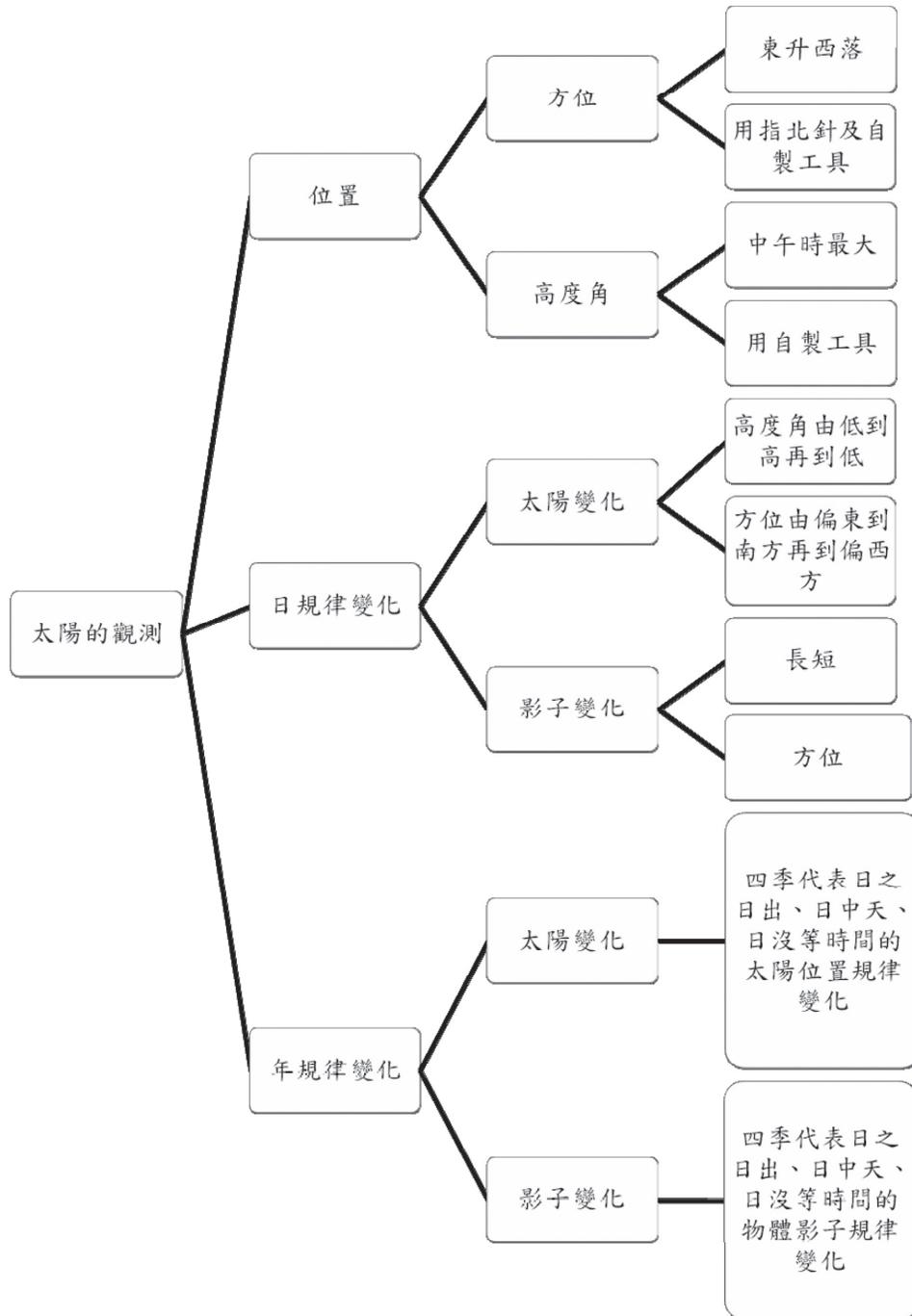


圖4：「太陽的觀測」教材內容架構圖

順利達成教學活動目標，所以實驗組的教學時間十分充裕；但是對照組學童卻亟需更詳盡的解說才能理解教科書上的太陽位置變化折線圖與實際太陽軌跡的對應關係。教學者為了即時回應對照組學童的學習情況，因此增加了對照組在「太陽的日規律」活動中的教學時間(實驗組80分鐘、對照組120分鐘)。但為求兩組教學總時數的一致性，研究者相應調整了「太陽的年規律」活動的教學時數

(實驗組120分鐘、對照組80分鐘)。本研究中所謂的「太陽的年規律」教學，係從「可觀察的現象」為出發點，主要在探討一年之中四季代表日的太陽軌跡變化、並討論四季太陽軌跡變化對太陽竿影長度的影響。本研究所使用的竿影教具有兩類，沿用原教科書中的說明為「小琳的太陽觀測器」與「小喬的太陽觀測器」，請詳見圖5所示。其中「小琳的太陽觀測器」則為兩組學童在「太陽的光影」的共

表3：實驗組、對照組教學活動對照表

活動名稱	活動內容的差異		共同的活動內容
	實驗組	對照組	
太陽的光影	此為共同課程	此為共同課程	<ul style="list-style-type: none"> • 時間：80分鐘 • 由竿影操作瞭解光與影間的關係。 • 以方位和高度角表示太陽位置。 • 以小琳的太陽觀測器測量一日內太陽位置變化。 • 實作記錄一天內的竿影變化。
太陽的位置	<ul style="list-style-type: none"> • 學習太陽經緯儀操作與室外實測。 	<ul style="list-style-type: none"> • 以小喬的太陽觀測器測量一日內太陽位置變化。 	<ul style="list-style-type: none"> • 時間：120分鐘 • 以竿影觀察太陽方位和高度角。 • 以方位和高度角表示太陽位置。 • 以小琳的太陽觀測器測量一日內太陽位置變化。
太陽的日規律	<ul style="list-style-type: none"> • 時間：80分鐘。 • 熟練太陽經緯儀操作。 • 利用太陽經緯儀觀察太陽一天中位置變化。 • 以太陽經緯儀進行當天太陽軌跡的動態模擬。 • 分組討論。 	<ul style="list-style-type: none"> • 時間：120分鐘。 • 繪製當天太陽位置變化折線圖。 • 以當天太陽位置變化折線圖觀察太陽軌跡。 • 配合太陽實際位置進行說明與分組討論。 	<ul style="list-style-type: none"> • 以折線圖表示太陽一天中位置變化。
太陽的年規律	<ul style="list-style-type: none"> • 時間：120分鐘。 • 以太陽經緯儀對一年中四季代表日的太陽軌跡進行動態的模擬。 • 以太陽經緯儀轉錄於半天球模型的四季太陽軌跡引導學童討論太陽竿影的季節變化。 • 以太陽經緯儀進行動態教學演示。 	<ul style="list-style-type: none"> • 時間：80分鐘。 • 以日出、落及中天的位置改變說明太陽軌跡的季節性變化。 • 以教科書中的「太陽高度角年變化折線圖」引導學童討論太陽竿影的季節變化。 • 以太陽四季軌跡掛圖進行靜態解說。 	<ul style="list-style-type: none"> • 討論太陽一年之中四季代表日的太陽軌跡變化。 • 討論四季太陽軌跡變化對太陽竿影長度的影響。

同活動中所使用，藉以熟習太陽位置的座標定義及測量方法。而「小喬的太陽觀測器」則與太陽經緯儀相對照，分別為對照組及實驗組學童所使用於其他三項活動之中。

四、教學研究工具

本研究所使用的測驗工具共有下列三項：分別是「空間能力測驗」、「太陽的觀測單元學習成就測驗」、與「太陽的觀測單元學習問卷」。

(一)空間能力測驗

由於表3所列舉「太陽的觀測」單元各項教學活動皆與楊天德(2009)所編製之空間能力測驗的各向度空間能力高度相關，所以本研究在編製者授權同意下使用了該空間能力測驗來測試學童的空間能力。舉例來說，「太陽的光影」活動中「光影」的幾何關係與「空間相對位置」有關、「太陽的位置」活動中太陽方位角與太陽高度角的訂定則運用了「基本空間概念」、「太陽的日規律」活動裡面的太陽軌跡記錄則運用到「空間視覺化」能力、而「太陽的年規律」活動中四季太陽軌跡的差異則與「空間移動旋轉能

力」有關。該測驗題目為四選項之單選題，共25題，施測時間40分鐘。編製者參考相關研究(宋嘉恩，2007；洪志盈，2004；馮雅慧，2005；劉再興，2004)，將空間能力定義為「方位的辨識與應用」、「空間視覺化」、「空間移動旋轉能力」等三個向度，其中第一個向度包含了「基本空間概念」與「空間相對位置」兩個子概念；第二個向度包含了「二維轉三維的圖形」以及「三維轉二維的圖形」兩個子概念；第三個向度則包含了「平面圖形」、「立體圖形」、與「方位景象」等三個子概念，係編製者考量國小學童的幾何思考層次與空間概念的發展進程(林軍治，1992；吳德邦，2000；劉好，1994；盧銘法，1999)為其基礎，並經三位學者專家的審視改編而成。題目之間的內部一致性係數(Cronbach's coefficient α)為 .809，難度在 .2 ~ .8之間，鑑別度在 .3之上。

(二)太陽的觀測單元學習成就測驗

依據「太陽的觀測」單元的主要科學內容，本測驗設計有三大主題，包括「太陽的位置表示」、「太陽的日規律性」、與「太陽的年規律性」，正式測驗卷為29題單選

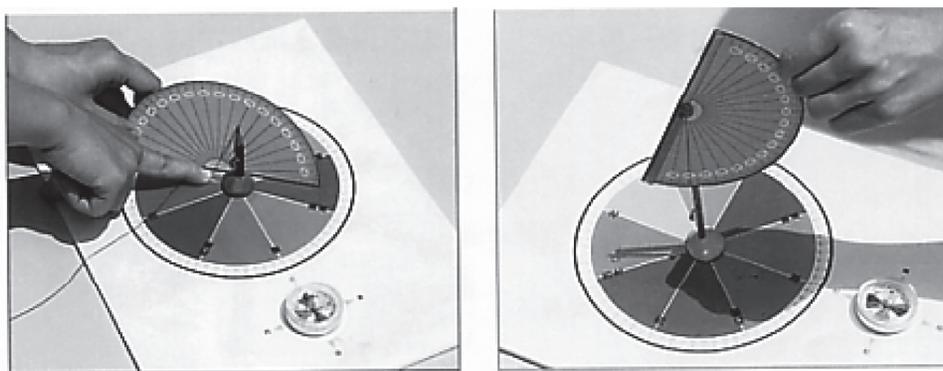


圖5：本研究所使用的竿影式太陽觀測法

註：左圖稱為「小琳的太陽觀測器」、右圖則稱為「小喬的太陽觀測器」。其命名係沿用原教科書中的相關說明。

題，每題四個選項，每題一分，滿分29分，為研究者根據教材內容、教學目標、與概念分析進行測驗題的編製，並依據Bloom認知領域中的認知層次將試題分類為：知識、理解、應用。原預試題目40題，經學習過該課程的三位國小學童進行試題閱讀、試答、與回饋後，微調了試題語句以建立其表面效度，再經由一位教授與五位資深國小自然科教師進行專家審查與內容效度化以確定本測驗能涵蓋「太陽的觀測」單元的教學目標。經由106位國小五年級學童進行預試，扣除3份無效的測驗卷，獲得103份有效預試樣本，刪除難度或鑑別度不佳的題目且保留部分重要概念的題目後，形成29題的正式測驗卷(其雙向細目表請詳見附錄)。在信度考驗方面，庫李20號(KR-20)信度為.842，一個月後的重測信度則為.867，顯示「太陽的觀測」學習成就測驗是屬於高度相關的測驗題目。

(三)太陽的觀測單元學習問卷

本研究以「太陽的觀測」單元之教學目標為主軸設計「太陽的觀測單元學習問卷」，用來檢視學童應用太陽經緯儀或竿影教具於「太陽的觀測」單元中的實作心得與回饋意見，以作為日後實體教具修正或教學活動設計之參考。本問卷係根據「太陽的觀測」教材內容、教學目標、教學時所採用的教具來編寫問題，以瞭解學童對不同教具教學之意見與反應。問卷內容包含了：「個人基本資料」、「填寫說明」、與「正式問卷內容」三部分。正式問卷內容則分為實驗組的A卷與對照組的B卷兩份，內容包含三個層面：「概念學習心得」(5題)、「教具教學感想」(A卷17題、B卷14題)、與「學習意見回饋」(2題)。前兩部分的題型為勾選題，採李克特式四點量表，分成四個類別：「非常同意」、「同意」、「不同意」與「非常不同

意」，依學童認同程度填寫。「教具教學感想」的部分係學童以開放式文字描述其上課後的經驗、想法及建議。A卷共計24題、B卷共計21題，在經由一位教授與一位國小資深自然科教師審查其內容的適切性，A、B兩份問卷分別經過28名與26名學童進行預試，其內部一致性係數(Cronbach's coefficient α)分別為.808與.873。A、B兩份問卷中5題「概念學習心得」係學童依其於「太陽的觀測」單元概念學習情形所進行的自我評估，在與學童「學習成就測驗」的後測成績對照之效標效度則分別為.478 ($p = .010$)與.428 ($p = .029$)，顯示A、B兩份皆屬於高信度與高效度之問卷，表示學童於本問卷所填寫答的資料可以確實反應其學習情況。

五、資料的蒐集與分析

量化資料的部分，包含：(一)兩組學童在本單元的學習成就差異、(二)兩組學童在本單元不同分向度子概念的學習成效差異、(三)兩組學童的空間能力對於本單元學習成就的影響。質性資料的部分，則包含兩組學童對太陽經緯儀與竿影教具教學的心得與意見回饋。茲將資料的蒐集與分析方法詳述如下。

(一)量化資料

1. 兩組學童在「太陽的觀測」單元的學習成就差異：以國小五年級學童為對象，並以不同的教學方式(實驗組接受「太陽經緯儀」教具教學，對照組進行傳統竿影教具教學)為自變項。為屏除兩組學童在「太陽的觀測」單元教學活動進行前的起始點差異，以學習成就測驗之前測分數為共變項，後測得分為依變項，進行獨立樣本單因子共變數分析以比較兩組學童在學習成就表現的差異。

2. 兩組學童於「太陽的觀測」單元中不同分向度概念的學習成效：本單元學習成就測驗可分為：「太陽的位置表示」、「太陽的日規律」、與「太陽的年規律」等三個向度。為屏除兩組學童在教學前於三個向度概念認知的起始點差異，本研究以學習成就測驗中三個分向度概念题目的後測得分為依變項、以不同教學方式為自變項(實驗組接受「太陽經緯儀」教具教學，對照組進行傳統竿影教具教學)、並以學習成就測驗中相應之分向度概念题目的前測得分為共變項，分別進行獨立樣本單因子共變數分析，以探討兩組學童在本單元不同分向度概念的學習成效。
3. 空間能力對於實驗組學童在「太陽的觀測」單元學習成就的影響：學童依空間能力測驗得分區分為高、中、低三個群組，人數比例各占27%、46%與27%，所得有效樣本之高空間能力組22人、中空間能力組36人、低空間能力22人，合計為80人。分析方式則以空間能力分組為自變項，學習成就測驗之前測分數為共變項，後測得分為依變項，分別進行「高—中空間能力」、「高—低空間能力」、與「中—空間能力」三類空間能力自變項配對的獨立樣本單因子共變數分析；以瞭解不同空間能力的實驗組學童以「太陽經緯儀」為輔助下在本單元的學習成就表現。
4. 空間能力對於對照組學童在「太陽的觀測」單元學習成就的影響：學童依空間能力測驗得分區分為高、中、低三個群組，人數比例各占27%、46%與27%，所得有效樣本之高空間能力組22人、中空間能力組36人、低空間能力22人，合計為80人。分析方式則以空間能力分組為自變項，學習成就測驗之前測分數為共變項，後測得

分為依變項，分別進行「高—中空間能力」、「高—低空間能力」、與「中—低空間能力」三類空間能力自變項配對的獨立樣本單因子共變數分析；以瞭解不同空間能力的對照組學童以「竿影式太陽觀測器」為輔助下在本單元的學習成就表現。

(二)質性資料

質性資料包含了學童對各類教具的學習心得與意見回饋。本研究於實驗教學一週後，對兩組學童進行學習問卷調查，內容包含「概念學習心得」、「教具教學感想」、與「學習意見回饋」。資料蒐集與分析方式則分別說明如下：

1. 「概念學習心得」：讓學童自我評量本單元的概念學習狀況，並依學童個人的認同程度進行勾選，「非常同意」計為4分、「同意」計為3分、「不同意」計為2分、「非常不同意」計為1分。研究者將兩組學童所勾選的選項轉換成分數後與其學習成就測驗成績進行了統計分析，發現Pearson相關達顯著水準($p < .001$)，顯示學童自我學習的狀況認知與成就測驗的得分一致，所以本問卷的填寫答資料可反應學童的學習情況，亦可作為「教具教學感想」與「學習意見回饋」等調查資料可信程度的參考依據。
2. 「教具教學感想」：用以蒐集兩組學童對教學活動所使用的教具在不同層面的認同度差異。本研究所使用的教具包括：「小琳的太陽觀測器(兩組學童共同使用)」、「小喬的太陽觀測器(對照組使用)」、與「太陽經緯儀(實驗組使用)」等三類。學童依據個人認同程度進行勾選，計分方式如同前述，研究者將學童勾選的選項轉換為分數後，以獨立樣本t檢定分析比較實驗組

學童(使用太陽經緯儀)與對照組學童(使用小喬的太陽觀測器)在「測量太陽位置的功能性」、「教學時間的充裕性」、與「提升學習成就的有效性」等三項教具功能的認同度差異，以及兩組學童在本單元三個分向度：「太陽的位置表示」、「太陽的日規律」、「太陽的年規律」概念學習的教具成效認同度差異。

3. 「學習意見回饋」：以開放式問卷的方式蒐集、統整、並歸納學童使用各類教具的心得與建議。
4. 質性資料的三角校正：研究者將問卷前兩個部分的質性資料進行編碼，並配合量化資料形成主張，說明實驗組與對照組學童的學習狀況差異。為提升研究的可信賴度，參與本研究的六位成員(兩位教授、兩位國小教師兼任研究生與兩位全職研究生)不斷透過溝通、審視、評鑑所有的質性資料，達到一致的共識後，完成三角校正的檢覈。

肆、研究結果與討論

一、兩組學童在「太陽的觀測」單元學習成就的差異

國小五年級學童在「太陽的觀測」單元中以不同教學方式(實驗組接受「太陽經緯儀」教具教學，對照組進行傳統竿影教具教學)為自變項，本單元學習成就測驗之前測分數為共變項，後測得分為依變項，進行獨立樣本單因子共變數分析。茲將實驗組與對照組兩組學童在學習成就測驗的前、後測分數總結於摘要表4，並以獨立樣本 t 檢定檢驗兩組學童在學習成就測驗與空間能力測驗之前測得分數差異(詳見表5)。

由於本研究學習成就測驗前測與後測的施測時間相隔達6週，且後測題目雖與前測相同，但皆以亂數方式重新排列過題目順序。由表4~5可知研究者實施教學之前，兩組學童在學習成就測驗的前測得分數($p = .721$)與空間能力測驗的前測得分數($p = .849$)皆未達顯著差異。進一步進行兩組學童學習成就測驗後測得分數之組內迴歸係數同質性考驗(詳見表6)之後，顯示組內迴歸係數同質性 $F(1,$

表4：兩組學童在「學習成就測驗」前、後測得分數摘要表

測驗別	組別	人數	前測		後測	
			平均數	標準差	平均數	標準差
學習成就測驗	實驗組	80	11.29	4.20	18.95	5.28
	對照組	80	11.54	4.62	17.49	5.56

表5：兩組學童分別在「學習成就測驗」與「空間能力測驗」之前測得分數之獨立樣本 t 檢定摘要表

測驗別	組別(使用教具)	人數	平均數	標準差	t 值
學習成就測驗	實驗組(太陽經緯儀)	80	11.29	4.20	-0.358
	對照組(小喬太陽觀測器)	80	11.54	4.62	
空間能力測驗	實驗組(太陽經緯儀)	80	14.09	4.08	0.191
	對照組(小喬太陽觀測器)	80	13.96	4.19	

* $p < .050$

156) = .50, $p = .479$ 未達顯著水準，兩組斜率可視為相同，符合共變數分析組內迴歸係數同質性的基本假設，可繼續進行單因子共變數分析以除去共變數之影響。

由表7可知在排除學習成就測驗前測分數(共變量)的影響後，實驗效果達到顯著水準($F[1, 157] = 6.86, p \leq .010$)，表示實驗組「太陽經緯儀」教具的教學成效，明顯優於對照組的傳統竿影教具。

由於太陽經緯儀在「測量太陽位置」的功能上優於傳統竿影教具，學童透過太陽經緯儀的操作來量測太陽的位置與軌跡，會比竿影教具還要更方便且更有效，如此將會使教師有更充裕的時間進行教學，進而有助於學童對相關概念更充分與深入的學習，並提升學童的學習成效。

二、兩組學童於「太陽的觀測」單元中不同分向度概念的學習成效

「太陽的觀測」單元學習成就測驗分為三個向度：太陽的位置表示、太陽的日規律、與太陽的年規律。兩組學童在前測、後測之中，這三個分向度概念的平均得分與標準差總結於表8。

以三個分向度概念的後測得分為依變項、不同教學方式為自變項(實驗組接受「太陽經緯儀」教具教學，對照組進行傳統竿影教具教學)、相對應分向度概念的前測得分為共變項，進行獨立樣本單因子共變數分析，其結果如表9~10。

由表9可得知學習成就測驗中三個分向度概念題目得分所進行的組內迴歸係數同質性檢定的結果均未達顯著標準，表示實驗組

表6：兩組學童學習成就測驗後測分數之組內迴歸係數同質性考驗摘要表

變異來源	離均差平方和	自由度	均方	F值	p值
迴歸係數同質性	8.18	1	8.18	0.50	.479
誤差	2,539.13	156	16.28		

表7：兩組學童「太陽的觀測」單元學習成就測驗之單因子共變數分析摘要表

變異來源	離均差平方和	自由度	均方	F值	p值
組內	111.36	1	111.36	6.86	.010
組間	2,547.31	157	16.23		

表8：兩組學童在前測、後測之中各分向度子概念所得分數摘要表

分向度概念	組別	前測		後測	
		平均數	標準差	平均數	標準差
太陽的位置表示(共5題)	實驗組	1.70	1.29	3.19	1.27
	對照組	1.75	1.28	3.05	1.31
太陽的日規律(共12題)	實驗組	6.31	2.31	8.39	2.35
	對照組	6.20	2.45	8.04	2.50
太陽的年規律(共12題)	實驗組	3.28	1.85	7.38	2.66
	對照組	3.59	2.08	6.40	2.71

與對照組迴歸線斜率可視為相同，符合共變數分析之組內迴歸係數同質性假設。進一步進行單因子共變數分析(詳見表10)，發現三個分向度概念之中，「太陽的位置表示」與「太陽的日規律」概念均未達顯著差異，只有「太陽的年規律」概念部分達到顯著差異($F [1, 157] = 8.34, p < .010$)，顯示實驗組學童在「太陽的年規律」概念的學習成效優於對照組學童。然而以兩組所使用的教具來說(實驗組為太陽經緯儀，對照組為小喬的太陽觀測器)，學童對於相關教具在提升上述三項分向度概念學習的成效認同度方面，在「學習問卷」調查結果轉換為分數後進行獨立樣本t檢定(詳見表11)。

表11的分析結果顯示學童認為在「太陽的觀測」單元中，太陽經緯儀比傳統竿影教具更有助於輔助學童在「太陽的位置表示」、「太陽的日規律」、與「太陽的年規律」等三個分向度的概念學習，此亦可佐證上述學習成就測驗的調查與分析結果。

由於本單元的教學活動著重在實際的現象觀察，而對照組所使用的竿影教具卻只能在天候良好及時間充裕等不確定的因素配合之下，方可讓學童進行太陽觀測活動。但是太陽經緯儀教具除了可於天候及時間的配合下在戶外觀測太陽之外，亦可提供學童在教室裡面模擬、或演示一年之中任意日期及時間的太陽位置，以填補學童對於天文現象觀察經驗不足的缺憾，進而有效提升學童在「太陽的位置表示」、「太陽的日規律」、與「太陽的年規律」等三個分向度的概念學習成效。

三、空間能力對於實驗組學童在「太陽的觀測」單元學習成就的影響

學童空間能力依空間能力測驗區分為高、中、低三個群組，人數比例分別占27%、46%、與27%，所得有效樣本之高空間能力組22人、中空間能力組36人、及低空間

表9：兩組學童後測中各分向度子概念所得分數之組內迴歸係數同質性考驗摘要表

分向度	變異來源	離均差平方和	自由度	均方	F值	p值
太陽的位置表示(共5題)	迴歸係數同質性	2.24	2	2.24	1.52	.220
	誤差	230.22	156	1.48		
太陽的日規律(共12題)	迴歸係數同質性	0.04	1	0.04	0.01	.911
	誤差	538.42	156	3.45		
太陽的年規律(共12題)	迴歸係數同質性	22.73	1	22.73	3.74	.055
	誤差	947.78	156	6.08		

表10：兩組學童在「太陽的觀測」單元學習成就測驗不同分向度子概念題目之單因子共變數分析摘要表

分向度	變異來源	離均差平方和	自由度	均方	F值	p值
太陽的位置表示(共5題)	組間	0.96	1	0.96	0.65	.422
	組內	232.46	157	1.48		
太陽的日規律(共12題)	組間	3.03	1	3.03	0.88	.348
	組內	538.46	157	3.43		
太陽的年規律(共12題)	組間	51.52	1	51.52	8.34	.004
	組內	970.50	157	6.18		

能力22人，合計共為80人。學習成效分析是根據學童在教學前、教學後實施太陽的觀測學習成就測驗成績，以太陽經緯儀教具教學方法(實驗組)對高、中及低空間能力學童的分別進行學習成效比較，學童於太陽的觀測學習成就測驗之組內迴歸係數同質性考驗，以及共變數分析結果敘述如表12。

由於表12的組內迴歸係數同質性考驗未達顯著水準，代表三組的斜率可視為相同，符合共變數分析中組內迴歸係數同質性的基本假設，故能繼續進行單因子共變數分析以除去共變數之影響。表13顯示在排除前測成績的影響後，實驗組之高、中及低空間能力學童在太陽的觀測學習成就後測成績差異達顯著水準。事後比較分析請詳見表14～15，進行事後比較分析發現高空間能力學童之後測成績調整後的平均數為21.76，中空間能力

學童之後測成績調整後的平均數為19.39，低空間能力學童之後測成績調整後的平均數為15.30，依據上述三組調整後的平均數進行成對事後比較得知：高空間能力學童成績顯著優於中、低空間能力學童，中空間能力學童成績也顯著優於低空間能力學童。顯示經由太陽經緯儀教學後，空間能力愈好的學童學習成效愈好。

四、空間能力對於對照組學童在「太陽的觀測」單元學習成就的影響

學童空間能力依空間能力測驗區分為高、中、低三個群組，人數比例分別占27%、46%、與27%，所得有效樣本之高空間能力組22人、中空間能力組36人、及低空間能力22人，合計共為80人。學習成效分析是

表11：兩組學童在「學習問卷」中，對於各分向度子概念學習的教具成效認同度之獨立樣本t檢定摘要表

「太陽的觀測」單元分向度子概念	組別(使用教具)	人數	平均數	標準差	t值
太陽的位置表示	實驗組(太陽經緯儀)	80	3.59	0.54	2.946**
	對照組(小喬太陽觀測器)	80	3.30	0.68	
太陽的日規律	實驗組(太陽經緯儀)	80	3.66	0.55	2.371*
	對照組(小喬太陽觀測器)	80	3.43	0.71	
太陽的年規律	實驗組(太陽經緯儀)	80	3.54	0.71	2.252*
	對照組(小喬太陽觀測器)	80	3.28	0.76	

* $p < .050$, ** $p < .010$

表12：實驗組之高、中、低空間能力學童在後測組內迴歸係數同質性考驗摘要表

變異來源	離均差平方和	自由度	均方	F值	p值
迴歸係數同質性	5.186	2	2.593	0.20	.821
誤差	971.11	74	13.123		

表13：實驗組之高、中、低空間能力學童後測共變數分析摘要表

變異來源	離均差平方和	自由度	均方	F值	p值
組內	403.94	2	201.97	15.72	< .001
組間	976.30	76	12.85		

根據學童在教學前、教學後實施太陽的觀測學習成就測驗成績，以竿影式太陽觀測教具教學方法(對照組)對高、中及低空間能力學童的分別進行學習成效比較，學童於太陽的觀測學習成就測驗之組內迴歸係數同質性考驗，以及共變數分析結果如下(表16)。

在表16中，組內迴歸係數同質性考驗未達顯著水準，表示三組斜率可視為相同，符合共變數分析組內迴歸係數同質性的基本假設，故能繼續進行單因子共變數分析以除去共變數之影響。表17顯示在排除前測成績的影響後，對照組之高、中及低空間能力學童在太陽的觀測學習成就後測成績差異達顯著水準。進行事後比較分析(詳見表18~19)。

進行事後比較分析發現高空間能力學童之後測成績調整後的平均數為19.72，中空間能力學童之後測成績調整後的平均數為17.70，低空間能力學童之後測成績調整後的平均數為14.98，依據上述三組調整後的平均

數進行成對事後比較得知：高空間能力學童成績顯著優於中、低空間能力學童，中空間能力學童成績也顯著優於低空間能力學童。顯示經由竿影教具教學後，空間能力愈好的學童學習成效愈好。

在比較第三、四小節的分析結果後可以發現，相關統計數據之間存在著下列關係：

- 1.對於低空間能力學童學習成就測驗的後測成績「調整後平均數」來說，實驗組(平均數15.30，標準差0.82)與對照組(平均數14.98，標準差0.80)之間並沒有太大的差異。
- 2.對於中、低空間能力學童的學習成就測驗後測成績之「成對事後比較」(中空間能力—低空間能力)來說，實驗組的平均數差異(4.09, $p < .001$)就比對照組的平均數差異(2.72, $p < .010$)還要更高。
- 3.對於高、低空間能力學童的學習成就測驗後測成績之「成對事後比較」(高空間能力—低空間能力)來說，實驗組的平均數差

表14：實驗組之高、中、低空間能力學童後測調整平均數摘要表

實驗組	後測調整平均數	標準差
高空間能力學童	21.76	0.77
中空間能力學童	19.39	0.61
低空間能力學童	15.30	0.82

註：模型中所顯示的評估共變量：前測 = 11.29。

表15：實驗組之高、中、低空間能力學童後測成對事後比較摘要表

(I) 空間分組	(J) 空間分組	平均數差異 (I-J)	標準差	p值
高空間能力	中空間能力	2.38	0.98	.016
高空間能力	低空間能力	6.46	1.16	< .001
中空間能力	低空間能力	4.09	1.04	< .001

表16：對照組之高、中、低空間能力學童在後測組內迴歸係數同質性考驗摘要表

變異來源	離均差平方和	自由度	均方	F值	p值
迴歸係數同質性	52.49	2	26.25	2.16	.120
誤差	900.82	74	12.17		

異(6.46, $p < .001$)也比對照組的平均數差異(4.74, $p < .001$)還要高。

由上述的統計關係可以獲得以下結論：

1. 不論使用太陽經緯儀或竿影教具進行教學，空間能力愈好的學童都會有愈好的學習成效。
2. 教具種類的差異對於低空間能力的學童在「太陽的觀測」單元學習成效的提升效果來說，並沒有太大的幫助。
3. 但是太陽經緯儀教具的使用卻有助於提升中、高空間能力學童在「太陽的觀測」單元的學習成效。

由於教科書所呈現的只是二維的平面教材，但是太陽經緯儀教具卻能夠以立體的方式演示太陽升落的軌跡線，並輔助學童將二維的平面教材順利轉換成為三維立體的太陽軌跡概念。由以上的結論可知，透過太陽經緯儀的實際操作，可以協助中、高空間能力

學童進行空間推理與思考，並進而提升「太陽的觀測」單元的學習成效。但是教學者在實際教學現場卻發現，許多低空間能力學童由於缺乏了「地理方位的辨識」、「高度角與方位角的定義」、與「光源與影子的幾何關係」等先備概念的認知，因而導致了「太陽的觀測」單元的學習困難。因此，對於這類低空間能力的學童來說，「教具的種類差異」並不是影響其學習成效的主要因素。或許，對於任課教師來說，進行上述三項空間基本能力的補救教學，並加強其概念的認知，反而才是首要任務。

五、兩組學童在「太陽的觀測」單元的「教具教學感想」

研究者以獨立樣本 t 檢定分析「學習問卷」的調查結果(詳見表20)後，發現「教具教學感想」中，關於兩組學童在教具功能認同度方面顯示出顯著的差異。相關的問卷題

表17：對照組之高、中、低空間能力學童後測共變數分析摘要表

變異來源	離均差平方和	自由度	均方	F值	p值
組內	205.59	2	102.80	8.20	.001
組間	953.31	76	12.54		

表18：對照組之高、中、低空間能力學童後測調整平均數摘要表

實驗組	後測調整平均數	標準差
高空間能力學童	19.72	0.82
中空間能力學童	17.70	0.57
低空間能力學童	14.98	0.80

註：模型中所顯示的評估共變量：前測 = 11.54。

表19：對照組之高、中、低空間能力學童後測成對事後比較摘要表

(I) 空間分組	(J) 空間分組	平均數差異 (I-J)	標準差	p值
高空間能力	中空間能力	2.02	1.00	.046
高空間能力	低空間能力	4.74	1.18	< .001
中空間能力	低空間能力	2.72	0.98	.007

目及其題意分別簡述如下：「實驗組(對照組)的教具可以讓我準確測量並指示太陽的位置」、「實驗組(對照組)教具的教學時間充足而能讓我充分的學習」、與「操作過實驗組(對照組)的教具後能夠提升我的學習成效」。

由表20的分析結果，可知學童對於太陽經緯儀在「測量太陽位置的功能性」認同度明顯優於傳統竿影教具，表示學童認為透過太陽經緯儀的操作來量測太陽的位置與軌跡，會比竿影教具還要更方便且更有效，連帶使得教師有「更為充裕的教學時間」。換句話說，教師將太陽經緯儀應用於本單元的教學活動中，將能讓學童進行有更充分與深入的概念學習，也更能夠「提升學童的學習成效」，所以這個調查結果亦可佐證學習成就測驗的相關分析結論。

六、兩組學童在「太陽的觀測」單元的「學習意見回饋」

本研究為瞭解學童對於不同教具教學之意見，以及對於學習與其所使用的教具的反應，故於實驗教學後，對進行實驗教學之兩組學童進行學習問卷調查，學習問卷中的「學習意見回饋」部分，係為瞭解學童在「太陽的觀測」單元學習過程中所發生的困難，並對於

教學活動中所使用的相關教具提出其心得與建議，由兩組學童各自以開放式的文字描述其上課經驗、課後想法。茲將學童所提出各類的心得與意見歸納整理於表21。

在整理學童反饋的心得與建議之後，歸納並提出具體的主張或建議如下。

(一)在「觀測條件」的部分

1. 天候狀況、建築物遮蔽、與時間不足等條件，嚴重限制並影響了本單元太陽觀測活動的順利進行。
2. 太陽經緯儀具備太陽視運動的立體演示功能，不會受到天候、遮蔽、或時間等條件所限制。

(二)在「太陽位置表示」教學活動的部分

1. 學童在「地理方位的辨識」、「高度角與方位角的定義」等先備概念的認知有不足之處。
2. 學童在「光源與影子的幾何關係」概念認知方面，有需要加強教學的力度。

(三)在「太陽年規律變化」教學的部分

1. 學童無法順利地將立體空間中太陽的實際位置，與教科書中的太陽軌跡圖產生對應。

表20：兩組學童在「學習問卷」中，對於教具功能認同度之獨立樣本t檢定摘要表

層面：「學習問卷的題意簡述」	組別(使用教具)	人數	平均數	標準差	t值
測量太陽的功能性：「實驗組(對照組)的教具可以讓我準確測量並指示太陽的位置。」	實驗組(太陽經緯儀)	80	3.39	0.68	4.378***
	對照組(小喬太陽觀測器)	80	2.93	0.65	
教學時間的充裕性：「實驗組(對照組)教具的教學時間充足而能讓我充分的學習。」	實驗組(太陽經緯儀)	80	3.48	0.69	3.010**
	對照組(小喬太陽觀測器)	80	3.14	0.73	
提升學習的成效性：「操作過實驗組(對照組)的教具後能夠提升我的學習成效。」	實驗組(太陽經緯儀)	80	3.66	0.53	6.025***
	對照組(小喬太陽觀測器)	80	3.10	0.65	

** $p < .010$, *** $p < .001$

2.許多學童仍習慣以「死記強背」的方式來學習「太陽軌跡的四季變化」概念。

(四)在「教具使用的建議」方面

- 1.竿影教具容易歪斜，其垂直度的維持不易，阻礙了太陽觀測活動的順利進行。
- 2.紙製的太陽經緯儀原型不夠耐用，應該以更堅固的材料進行製作。
- 3.太陽經緯儀的使用須要提供簡潔易學的操作指引，以便利學童的學習。

伍、結論與建議

一、結論

綜合分析並歸納研究結果之後發現，國

小學童在五年級上學期自然與生活科技領域「太陽的觀測」單元的總體學習成就提升效果上，太陽經緯儀明顯優於傳統竿影式太陽觀測器。且由於教學活動中太陽經緯儀提供學童與教師太陽軌跡季節性變化的模擬與演示，彌補了大部分學童對於太陽視運動長期變化的觀察經驗極為缺乏的弱點，有效強化了學童在「太陽的觀測」單元中相關概念的學習。研究結果肯定了太陽經緯儀不但是一種具備原創性且新穎的實體教具，同時亦能通過國小教學現場在適用度方面的可行性測試。

至於空間能力差異對於學童在各類教具學習成效的影響上，本研究的結果則顯示：在「太陽的觀測」單元的學習活動中，學童必須具備「地理方位辨識」、「高度角與方

表21：實驗組與對照組學童在學習問卷中「學習意見回饋」的答題整理

	實驗組學童	對照組學童
學習遇到的困難	觀測的條件 (一)學童E3-11：有時候天氣不好，所以看不到太陽。 (二)學童E7-24：太陽太大怕被晒成黑人。	(三)學童C4-15：有時(天氣)沒太陽就沒辦法觀察。 學童C4-04：太晚起來看不到日出，都市建築物太多，看不到太陽。 (四)學童C4-22：觀察影子長短變化需要充分的時間。
	太陽位置表示 (五)學童E2-15：地上的影子和天空上的太陽方向有時會讓我搞混。 (六)學童E2-24：東西南北搞混。	(七)學童C6-02：太陽的方位和高度角搞不清楚。
使用教具的建議	太陽的年規律變化 (八)學童E2-06：比較不懂季節的竿影變化。 (九)學童E3-04：有點難記四季太陽早、中、下午會偏哪個位置。 (十)學童E7-23：太陽四季運行軌跡圖不好記。	(十一)學童C5-29：背不起來太陽什麼季節和日期在什麼位置。 (十二)學童C6-14：考試的軌跡圖看得懂，但現實中不懂，不知道夏至、冬至，太陽哪時候出來。
	教具的材料 (十三)學童E7-07：希望太陽經緯儀(紙製品)可以改用更好的材料。 (十四)學童E2-15：很難在半天球畫上太陽的四季軌跡線。(要方便固定)	(十五)學童C6-01：小喬這一組的太陽觀測器吸管要貼好，才不會錯誤。 (十六)學童C6-07：小琳這一組的觀測器(紙製品)不夠精準。
操作的程序	(十七)學童E2-03：太陽經緯儀操作的步驟比較多，很會忘記，要多練習。 (十八)學童E2-18：太陽經緯儀結構有點複雜，不知道要怎麼轉才會正確。	(十九)學童C6-07：固定的大頭釘要釘正。 (二十)學童C6-08：用小琳這一組竿影觀測器時，要將線壓好。 (二十一)學童C6-24：測量用的立竿不能歪歪的。

位角定義」、與「光源與影子的幾何關係」等先備概念，才不會阻礙相關學習活動的順利進行。在滿足此項條件的前提之下，太陽經緯儀教具能夠有效提升不同空間能力學童的學習成效，從本研究學習問卷所蒐集學童的意見亦顯示：實驗組學童(太陽經緯儀)對於學習成效提升的認同度方面要高於對照組學童(竿影式太陽觀測器)。本研究所製作的紙板太陽經緯儀原型之功能，雖然獲得了學童們的肯定，但由於製作材料(厚紙板)的結構過於脆弱，實不利於學童的學習與操作。

二、建議

(一)教學環境的配合

「太陽的觀測」活動需要有場地的配合，學校行政在規劃場所時，須考慮到要有觀測天象的空曠場地，以免建築物或地形、地貌的阻擋而妨礙了太陽觀測活動的進行。同時可以考慮在空曠場地處設置標示地理方位或時間顯示等指標，以利學童學習。

(二)教學輔具的使用

太陽經緯儀突破以往太陽觀測教學受時間、空間、及天氣……等等因素限制，課程的設計與教學活動實施如果可以優良的教具作為輔助，不但能夠協助教師順利教學、吸引學童學習的興趣之外，亦可以提升學童學習的效果，同時將會使得「太陽的觀測」課程展現出全新的面貌。

(三)長期觀察的重要

學習如果能與生活結合，不僅不會有制式課程的學習壓力，且可收事半功倍之效。學校行政在規劃學校本位課程時可考慮與節氣、時令互相配合，在一年中最重要的四個節氣(春分、夏至、秋分及冬至)安排相關生態、植物、天文、與能源等議題之科學活

動，並進行太陽觀測活動，以落實在生活中的學習、將學習成果運用在生活之中。

(四)實驗分組的原則

由於學童的空間能力會影響其學習「太陽的觀測」單元之成效，而男、女生學童在空間能力優勢的也有所不同。因此，建議高年級的自然教師在上課時可以採男女及空間能力異質分組，讓不同空間能力、不同性別學童進行合作學習，各揮發專長互蒙其利。另外，也要注意到教具的數量是否足夠，避免造成資源爭搶，影響及於任何一類型的學童。

(五)先備空間概念的加強

許多學童由於空間能力嚴重不足，缺乏了「地理方位的辨識」、「高度角與方位角的定義」、與「光源與影子的幾何關係」等先備概念的認知，因而導致了「太陽的觀測」單元的學習困難。對於這類低空間能力的學童來說，「教具的種類差異」並不是影響其學習成效的主要因素，所以教師宜針對低空間能力學童進行上述三項空間基本能力的補救教學以加強其概念認知，方可收事半功倍之效。

三、研究的展望

本研究雖然肯定了太陽經緯儀於國小教學應用的可行性，然則後續仍有許多進一步的修正或更加深入探究的空間，包括：

- (一)改善本研究之中所製作與使用之材質(厚紙板)結構脆弱的缺點，考慮以更加堅固的材料進行製作，以提升教師演示與學童學習所需的耐用度。
- (二)建立操作步驟與範例以利於學習者能快速上手。

誌謝

本研究順利完成並且發表，感謝行政院科技部(NSC102-2511-S-152-020-MY2)之經費支持。並感謝新北市某國小資深自然科教師

協助建立研究工具信、效度及各類質性資料的蒐集分類整理，與某國立教育大學教授在教學與參與本研究群所有相關研究工作的辛苦致上萬分謝意。

參考文獻

1. 宋嘉恩(2007)。臺北縣國小學童空間能力與推理能力相關因素研究。未出版之碩士論文，臺北市立教育大學自然科學教育學系，臺北市。
2. 邱美虹、翁雪琴(1995)。國三學生「四季成因」之心智模式與推論歷程之探討。科學教育學刊，3(1)，23-68。
3. 卓沛勳(2007)。空間能力測驗之因素分析。未出版之碩士論文，國立臺灣科技大學技術及職業教育研究所，臺北市。
4. 林軍治(1992)。兒童幾何思考之van Hiele水準分析研究——VHL、城鄉、年級、性別、認知型式與幾何概念理解及錯誤概念之關係。臺中市：書桓。
5. 吳德邦(2000)。臺灣中部地區國小學童van Hiele幾何思考層次之研究——晤談部分。進修學訊年刊，6，11-32。
6. 南一編輯群(2011)。國民小學自然與生活科技(第5冊)。臺南市：作者。
7. 施惠(1998)。自然科師資培育教材教法研究：天文篇。臺北市：五南。
8. 洪志盈(2004)。國小學童空間能力量表建構之研究。未出版之碩士論文，國立彰化師範大學工業教育學系，彰化市。
9. 康軒編輯群(2011)。國民小學自然與生活科技(第5冊)。臺北市：作者。
10. 張珈(2010)。行動數位渾天儀用於國小天文觀測教學。未出版之碩士論文，國立臺灣師範大學資訊教育學系，臺北市。
11. 教育部(2008)。97年國民中小學九年一貫課程綱要(100學年度實施)。查詢日期：2010年4月1日，檢自：http://www.edu.tw/eje/content.aspx?site_content_sn=15326。
12. 許民陽、鄧國雄、卓娟秀、李崑山、殷炯盛(1994)。國小學童對方向及位置兩空間概念認知發展的研究。臺北市立師範學院學報，25，91-120。
13. 陳文屏(1999)。論臺灣之天文教育。物理雙月刊，21(6)，671-676。
14. 馮雅慧(2005)。空間能力與數學幾何成就相關之探究。未出版之碩士論文，國立臺中教育大學數學教育學系在職班，臺中市。
15. 楊天德(2009)。以空間建構教學進行「太陽的觀測」單元教學之成效研究。未出版之碩士論文，臺北市立教育大學自然科學系，臺北市。

16. 臺灣省國民學校教師研習會主編(1995)。國民小學自然科實驗教材修訂本教師手冊(第11冊)。新北市：作者。
17. 劉好(1994)。國民小學數學科新課程中幾何教材的設計。收錄於臺灣省國民學校教師研習會(主編)，國民小學數學科新課程概(低年級)(頁194-213)。臺北市：臺灣省國民學校教師研習會。
18. 劉再興(2004)。國小六年級幾何教學對空間能力提昇之研究——以柱體與錐體為例。未出版之碩士論文，國立臺北師範學院數理教育研究所，臺北市。
19. 鄭宏文(2011a)。準單軸太陽軌跡追蹤經緯儀(中華人民共和國證書號第2051370號，實用新型專利證書第ZL 2011 2 0210639.4號專利)。北京市：中華人民共和國國家知識產權局。
20. 鄭宏文(2011b)。「太陽經緯儀」在國小天文科學教育上的應用。科學教育月刊，342，20-27。
21. 鄭宏文(2013)。準單軸太陽軌跡追蹤經緯儀(中華民國發明專利證書發明第419089號)。臺北市：經濟部智慧財產局
22. 盧銘法(1999)。國小學生四邊形幾何概念之分析。中師數理學報，3(1)，1-37。
23. 翰林編輯群(2011)。國民小學自然與生活科技(第5冊)。臺南市：作者。
24. 蘇偉昭(2004)。日月行星在天球上之電腦模擬。收錄於國立屏東師範學院(主編)，九十三學年度師範校院教育學術論文發表會論文集(頁933-960)。屏東市：國立屏東師範學院。
25. 蘇偉昭(2007)。三球儀模擬軟體展示天文概念。收錄於臺北市立教育大學(主編)，2007年臺灣教育學術研討會論文集(頁199-226)。臺北市：臺北市立教育大學。
26. Bailey, J. M., & Slater, T. F. (2005). Resource letter AER-1: Astronomy education research. *American Journal of Physics*, 73(8), 677-685.
27. Bakas, C., & Mikropoulos, T. A. (2003). Design of virtual environments for the comprehension of planetary phenomena based on students' ideas. *Internal Journal of Science Education*, 25(8), 949-967.
28. Baxter, J. H. (1991). The national curriculum: A challenge for astronomers. *Quarterly Journal of the Royal Astronomical Society*, 32, 147-157.
29. Baxter, J. H., & Preece, P. F. W. (2000). A comparison of dome and computer planetaria in the teaching of astronomy. *Research in Science and Technological Education*, 18(1), 63-69.
30. Cheng, H.-W. (2012). *Quasi-uniaxial solar trajectory tracking transist system* (Patent Number US 8205346 B1). Alexandria, VA: United States Patent and Trademark Office.
31. Fraknoi, A. (2011). Seven concepts for effective teaching. *Astronomy Education Review*, 10(1), 0302-0304.
32. Lelliott, A., & Rollnick, M. (2010). Big ideas: A review of astronomy education research 1974-2008. *International Journal of Science Education*, 32(13), 1771-1799.

33. Lohman, D. F. (1979). *Spatial ability: A review and reanalysis of the correlational literature* (Tech. Rep. No. 8). Stanford, CA: Aptitude Research Project, School of Education, Stanford University.
34. Macnab, W., & Johnstone, A. H. (1990). Spatial skills which contribute to competence in the biological sciences. *Journal of Biological Education*, 24(1), 37-42.
35. McDermott, L. C., & Redish, E. F. (1999). Resource letter: PER-1: Physics education research. *American Journal of Physics*, 67(9), 755-767.
36. McGee, M. G. (1979). Human spatial abilities: Psychometric studies and environmental, genetic, hormonal, and neurological influences. *Psychological-Bulletin*, 86(5), 889-918.
37. Piaget, J. (1964). Cognitive development in children: Piaget development and learning. *Journal of Research in Science Teaching*, 2(3), 176-186.
38. Plummer, J. D. (2009a). A cross-age study of children's knowledge of apparent celestial motion. *International Journal Science Education*, 31(12), 1571-1605.
39. Plummer, J. D. (2009b). Early elementary students' development of astronomy concepts in the planetarium. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(2), 192-209.
40. Plummer, J. D., & Krajcik, J. S. (2010). Building a learning progression for celestial motion: Elementary levels from an earth-based perspective. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(7), 768-787.
41. Preece, P. F. (1985). Childrens' ideas about the earth and gravity. In P. F. M. Preece & D. Clish (Eds.), *The teaching of astronomy. Perspectives 16* (pp. 67-73). Exeter, UK: School of Education, University of Exeter.
42. Schnepps, M. H., & Sadler, P. M. (1989). *A private universe -- Preconceptions that block learning* (videotape). Cambridge, MA: Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics.
43. Sneider, C., Bar, V., & Kavanagh, C. (2011). Learning about Seasons: A guide for teachers and curriculum developers. *Astronomy Education Review*, 10(1), 010103-1-010103-22.
44. Sneider, G., & Pulos, S. (1983). Children's cosmographies: Understanding the earth's shape and gravity. *Science Education*, 67(2), 205-221.
45. Yang, J.-H., Huang, I. T.-C., & Aldridge, J. M. (2002). Investigating factors that prevent science teachers from creating positive learning environments in Taiwan. In S. C. Goh & M. S. Khine (Eds.), *Studies in educational learning environments: An international perspective* (pp. 217-233). River Edge, NJ: World Scientific.
46. Vygotsky, L. (1962). *Thought and language*. Cambridge, MA: MIT Press.

附錄

「太陽的觀測」學習成就測驗試題分析雙向細目表

概念內容	認知層次			試題合計
	知識	理解	應用	
一、太陽的位置表示(合計5題)	2	3	0	5
二、太陽的日規律性(合計12題)				
(一)太陽位置變化的日規律性(小計7題)				
1.太陽日周升落方位變化	0	1	0	1
2.太陽日周高度角變化	0	4	1	5
3.太陽日周軌跡	0	0	1	1
(二)物體影子變化的日規律性(小計5題)				
1.物體影子方位的日變化	0	2	0	2
2.物體影子長度的日變化	0	2	0	2
3.物體影子的日變化	0	0	1	1
三、太陽的年規律性(合計12題)				
(一)太陽位置變化的年規律性(小計7題)				
1.太陽年周方位變化	0	0	2	2
2.太陽年周高度角變化	1	0	2	3
3.太陽年周軌跡	1	1	0	2
(二)物體影子變化的年規律性(小計5題)				
1.物體影子方位的年變化	0	1	0	1
2.物體影子長度的年變化	2	1	0	3
3.物體影子的年變化	0	0	1	1
試題總計	6	15	8	29

The Prototype of Sun Altazimuth in Science Education: An Implication for Astronomy Teaching

Hong-Wen Cheng^{1,*}, Han-Ching Wang² and Chow-Chin Lu¹

¹Department of Natural Science Education, National Taipei University of Education

²Xinhe Elementary School, New Taipei City

Abstract

This quasi-experiment investigated the effect of the presentation of a newly developed instrument -- “Sun Altazimuth,” which can easily represent solar motion observed at any time, in any date, and at any location on Earth, in comparison with the traditionally adopted teaching material of sundials. Pretest and post-test data for 160 fifth grade primary school students were used to address the research question and the relationships between the performance of students and their spatial abilities. Students, independent of their spatial abilities, showed significant improvement in knowledge of the apparent solar motion. This suggests that the students are cable of learning an accurate description of apparent celestial motion through the manipulation of “Sun Altazimuth”. The results also demonstrate the value of both kinesthetic learning techniques and how a 3-D model of solar motion supported students to develop conceptual understandings of various astronomical phenomena that required a change in a frame of reference.

Key words: Sun Altazimuth, Apparent Solar Motion

* Corresponding author: Hong-Wen Cheng