

國小學童天文學的概念發展研究

郭 金 美

國立嘉義師範學院副教授

賴秀英 楊登惠 謝承慶 鄭孟忠

國立嘉義師範學院國民教育研究所碩士班研究生

摘 要

本文透過紙筆測試及晤談方式探討國小跨年級、跨年齡學童有關天文學的心智模式及其認知發展。具體的問題是探討國小三~六年級學童對（一）星星、太陽、地球及月球大小；（二）星球形狀及（三）地心引力的心智模式及其發展。測試研究對象總共264人，包括彰化縣三年級兩班（62人）和六年級兩班（63人）、台中市四年級兩班（74人）及嘉義市五年級兩班（65人）。所需資料來自紙筆測試及晤談，紙筆測試題目計四題，並且每班挑選上、中、下程度各三人（共24人）進行訪談。參與測試、訪談及收集數據的是已接受有關訪談訓練的四位研究生，本文以百分比分析各心智模式類型的學童分佈。

本研究有三點重要發現：（一）樣本學童對天文認知發展，發現三年級與四年級間有急遽之進步，與美國學童發展有些差異。（二）學童的地心吸引力想法可分為六種心智模式，分別是：類型I-非均向地心吸引力型；類型II-地心才有吸引力型；類型III-單向地心吸引力型；類型IV-正確地心吸引力型；類型V-地表才有吸引力型；類型VI-太空無吸引力型。（三）中文科學名詞的直接隱喻（如「地心」引力、地「球」）影響學童對科學的認知心智模式。

壹、緒論

近二、三十年來建構主義的知識論深深影響教育學者對教育理論與教室實務的革命省思。Piaget 認知學派（1929）、Ausubel（1968）的有意義學習理論（1967）、von Glasersfeld的基本建構論（1995）以及Vygotsky的社會建構論（1978）等皆是建構主義主導當今教育風潮的重要派典，其基本意義是一致的，咸認為「知識是由學習者所自行建構的，而非被動的由外界所灌輸的」。教育思潮已然由「教」邁向「學」的哲學觀。此理論實施在教室內的學習，首重學生在上課前已存在有自已的想法，這些先前想法有錯的也有片斷、零碎的，國外科教學者稱之為 alternative framework、preconceptions、children's idea、mental model、misconceptions、naive idea、mental models、…等，國內科教學者以迷思概念、先前想法、純真想法、另有架構、心智模式、…等稱之。本研究就以心智模式稱之。建構論的學習觀認為學者的學習應在其原有的認知架構上加多或加長。因此若原有認知的錯誤或少許的誤差常會使欲加多或加長之物受限，以至他日無法在既有基礎上加入更多學習。況且多數研究指出若不及時改變其原有之迷思概念，即使到成年，迷思概念仍然存在。Ausubel（1968）於是極力主張教學者因此必須在學習者原有認知架構上，校正錯誤部分，聯結原有的舊經驗及舊知識，使之成為有意義的學習，否則學習者不管「聽」或「讀」多少遍，學習者仍然無法建起知識的架構（楊榮祥，民84）。因此充分運用策略聯結或改變學童的科學先前想法的教學是當今科學教室所重視的有效學習方式。教師踏進科學教室之前，了解學童有關的先備知識（pre-knowledge）固然重要，清楚學童的各種心智模式（mental model）更是不可或缺。

本文的目的即是研究學童有關天文方面的心智模式，了解跨年級、年齡的國小學童對天文方面的認知發展。具體的問題有：

一、三~六年級的學童對星星、太陽、地球、月球大小的認知心智模式類型及其

發展。

二、三~六年級的學童對星球形狀的認知心智模式類型及其發展。

三、三~六年級的學童對地心吸引力的認知心智模式類型及其發展。

貳、文獻探討

有關天文學方面的實徵研究，諸如對「四季成因」及「晝夜成因及地球運動」的研究，國外文獻皆可見。如Baxter (1989) 研究九~十六歲學生有關四季成因概念有四種心智模式類型：(一) 圓盤地球形狀，冬季因雲層太厚所致；(二) 圓球地球，冬季因太陽移到地球另一邊所致；(三) 地球中心的天體，冬季乃因地球較遠所致及(四) 科學所接受的概念。發現地球距太陽遠近決定四季成因的心智模式又如Schoon (1989)、Klein (1982) 及Philips (1991)。國內亦不乏論著(邱美虹等人，民83；姜滿，民82；林玉椅，民84；林秀鳳，民85)，但皆有類似的發現。至於本研究有關的學童對星球大小、形狀及地心吸引力的心智模式及發展研究，如Nussbaum & Novak (1976) 指出美國國小二年級學童，歸類五種心智模式如下：(一) 口中說出地球是圓的，對地球形狀的想法，卻相信是平的；(二) 相信地球是球形的，卻又缺乏無邊際的地球概念；(三) 缺乏重力概念，卻對於置於地球另側的物體覺得會掉下來；(四) 具有地心吸引力概念，但不知指向地心；及(五) 有地心吸引力概念，且具可被接受的各種說法及理由。

Nussbaum (1979) 另一研究又發現學童另一有關地球形狀心智模式類型即是地球宛如一大球體，由兩半球組成，上半球充滿氣層與天空，人居住在下半球。Sneider & Pulos (1983) 也發現十歲以下學童多數仍存在有關地球形狀。Nussbaum & Novak (1976) 所發現之另有架構(一)、(二)及(三)類型；十~十三歲學童存在的另有架構則是(四)及(五)類型。Mali & Howe (1979) 研究尼泊爾8-12歲學童有關地球形狀想法與美國學童的心智模式極為相似，研究未經學校教育的成人則發現其心智模式與其文化有密切關係，多數認為地球是平的且其四個


角落有大象鎮壓著。有關星球相對大小的順序排列，Vosniadou (1987) 曾對美國一、三、五年級學童作了調查，發現排地球為最大的順位，由低年級（佔75.11%）至五年級（12.50%）有下降的趨勢；認為月亮為最大順位，則由一年級（0.00%）到五年級（37.50%）有上升的趨勢。至於重力概念方面的研究，認為由於有地心吸引力，所以站在地球任何地方都不會掉落的百分比，隨年級的增加逐漸增加。地球形狀的認知發展，Vosniadou (1992) 對學童有更深的研究如圓盤形、雙圓形、長方形、中空形、…等。國內有關學童天文學的概念發展研究，常聚焦於現行國小自然課本呈現的自轉、公轉、四季及晝夜成因，國小教科書尚未列入的星球大小及重力問題的研究仍然欠缺。又如Vosniadou (1992) 研究提高測試學童地球形狀的訪談信效度後，指出隨著文化與教育差異各國各民族學童心智模式發展可能有所不同。面對學童在學習前心智模式對建構主義的學習理論的重要性，加上世界各國現代化科學課程對人所居住環境-地球的重視，本研究欲探討國小三~六年級學童對星球相對大小以及地心吸引力的認知發展，期望對天文方面的教學有更多的助益。

參、研究方法

本研究是以國內彰化縣、台中市及嘉義市共四所小學為研究對象，此樣本乃就研究者方便進行概念筆試及部分訪談，兩種方式交互比對分析得結論。

一、研究工具

紙筆測驗題如附錄一共計四題：第一題測試、診斷學童對於地球、太陽、月球和星星的相對大小排列；第二題測試學童對地球形狀的想法以及對人所在位置與地球的關係之認識；第三、四題測試學童有關地心引力的認識。因第三、四題畫有地球形狀，怕因此影響第一、二題的想法，所以第一、二題與第三、四題分屬兩張試卷，且分開測試，第一、二題完成回收後，再進行第三、四題的測試，減少第三、四題與第一、二題的交互影響。此四題皆取自Vosniadou (1987) 對美國國小一、三、五年級學童的測試題，為使測驗題的題意適合國小三、四、五、六年級，研究者先要四位

參與研究的國小教師（亦是研究生身份）先到教室內預試（預試班級並非本研究樣本），然後一起討論、修正後定稿。預試結果也涉及答案類型的認定，經研究者與共同參與的四位研究生共同討論後確認，例如四年級學童常出現人與地球關係如「」圖示，爲了確定是否表示人居住位置在地表或地球內，訪談了二~三位有此答案的學童，學童通常以一種沒信心的表情答說“地球內”或人住在“北迴歸線”，因此本研究鑑定爲有別於科學家認可的另有架構類型。本研究設計的訪談題目總共五題如附錄二，前四題與紙筆測驗題相同，僅作爲心智模式的類型之澄清與提高信度，不加以附碼分析。第五題涉及地心吸引力概念進一步之診斷，藉此與第四題及第三題交互對照。參與訪談的四位研究生尙接受有訓練一致性訪談內容及口語，但仍恐有訪談者期望暗示的變因（Welzel & Roth, 1998），本研究儘量以Vosniadou（1992）對測試工具及訪談所作的修正，如四位參與測試者的互相協商、討論，以提高訪談的一致性、內容效度以及結果分析的信度。分析結果以逐題討論的方式呈現，然後再將第三題與第二題對照討論，第四題與第三題交互對照。

二、研究對象

除了研究者參與本研究工作外，尙接受一學期有關建構論及學童科學先前概念訓練的四位研究生。此四位研究生除了一位全時就讀外，餘三位皆仍在小學擔任教職。本研究對象爲國小三~六年級學童，爲跨年級的認知調查，選擇的樣本是參與本研究的三位研究生八十七學年度擔任的班級以及研究者任教學院的實驗小學。計有彰化縣三年級兩班（62人）；台中市四年級兩班（74人）及嘉義市五年級兩班（65人），彰化縣六年級兩班（63人），總共264人。僅就研究者方便取樣，年齡分佈自8歲~11歲，雖就原班級測試但樣本皆是常態分班。男女生人數也接近，三年級兩班屬鄉村型小學，餘皆屬都市型小學。

三、研究過程與設計

本研究分測試與訪談兩步驟，時間在八十七學年第一學期中。以紙筆測驗爲分析依據，訪談是爲了澄清答案的類型。四位參與測試的研究生皆經協商共同說明語言與相同測試時間。並自每年級測驗紙較無法認定類型的屬上、中、下程度者各二人進行訪談，澄清本研究心智模式類型的分類，更可獲得更豐富的理由陳述，利於本研究的

發現。例如地心引力概念部分的紙筆測驗常看出學童圖或文的意義，訪談卻直接協助了本研究對於學童地心引力所認識的六大類型。

肆、結果分析

本文結果分四部份分析與討論，第一部份分析國小三~六年級學童對於星星、太陽、地球及月球形狀、相對大小的概念並探討其形成心智模式的可能原因；第二部份分析學童自己體認與地球的關係，探究學童的地心方向是否在；第三部份研究學童的地心吸引力觀點，以紙筆測驗第三、四題再確認的方式診斷學童是否有地心吸引力的概念並藉助晤談方式獲得第四部分學童對於球掉入地洞所測得學童有關地心吸引力的心智模式共有六種類型。

一、學童對星星太陽及地球形狀大小的認知類型

分析三到六年級學童星星的形狀分為角形星星模型、圓形星星模型與其他模型等三類，由表1及圖1可發現三到六年級畫角形的星星形狀的人數，隨年級的增加而減少；畫圓形的星星形狀的人數，隨年級的增加而遞增；在其他方面，三年級沒有出現，四年級佔的12.2%，五年級佔的9.2%，六年級佔全部的9.5%。以角形形狀而言，三年級佔90.3%，六年級只剩36.5%，顯示三年級對自然科學的接觸，多數的學生是由圖畫或卡通中「認識」星星的形狀。分析自然課本（國立編譯館版本）發現第五冊「奇妙的光」中，星星出現的圖畫是角形的形狀，這可能也會誘導學生認為星星是角形的。四年級畫角形星星的圖案雖仍佔58.1%，但比三年級90.3%的比例已經明顯的下降許多。五年級學畫圓形與角形的各佔有49.2%與41.5%；六年級已經增加到了二分之一以上（54.1%）。透過第九冊（五上）第二單元「看星星」發現，星星出現的圖案是由高倍望遠鏡照射的星空圖一點狀的星圖與圖畫表示的圓形星圖，了解星星是圓球形的百分比提高許多。是故，五年級學童仍有近乎一半的學生仍認為星星是角形的，但六年級學童已成長到54.0%學童具圓球體星星的概念。分析264位學童對太陽形狀的認知類型，多數學童都有圓形形狀的想法。表2顯示三到六年級以圓形表示太

陽形狀的皆佔90%以上，可見三年級到六年級學生認識的太陽仍以圓形為主。仔細再分析圓形的畫法，又可分為三種，分別是圓形的太陽、以光環表達陽光和以直線表達陽光等三種類型。就圓形的太陽而言，三與四年級佔的百分比相當接近，四年級以上隨年齡而明顯增加，六年級學童具圓形太陽模型者已佔98.4%。以光環表示陽光者，三年級佔7.7%，四與五年級佔一半以上。此結果顯示四、五年級所認識太陽的形狀，有一半以上學生具有形狀及其火焰密不可分的認知模型。六年級學童沒有任何人畫出這種伴隨火焰的圓形太陽形狀。以直線表達陽光來看，發現三年級佔了77.4%的比例，由自然課本第五冊（三上）天氣觀測這單元中，課本上圖片的畫法是以直線來表達陽光，第八冊（四下）「空氣的流動」與第十冊（五下）「太陽和季節」也是以此種方式表示太陽。

表1 三到六年級學生回答星星形狀的百分率

星星的形狀	三年級	四年級	五年級	六年級
角型的星星模型☆	90.3%	58.1%	49.2%	36.5%
圓型的星星模型○	9.7%	29.7%	41.5%	54.0%
其他	0.0%	12.2%	9.2%	9.5%

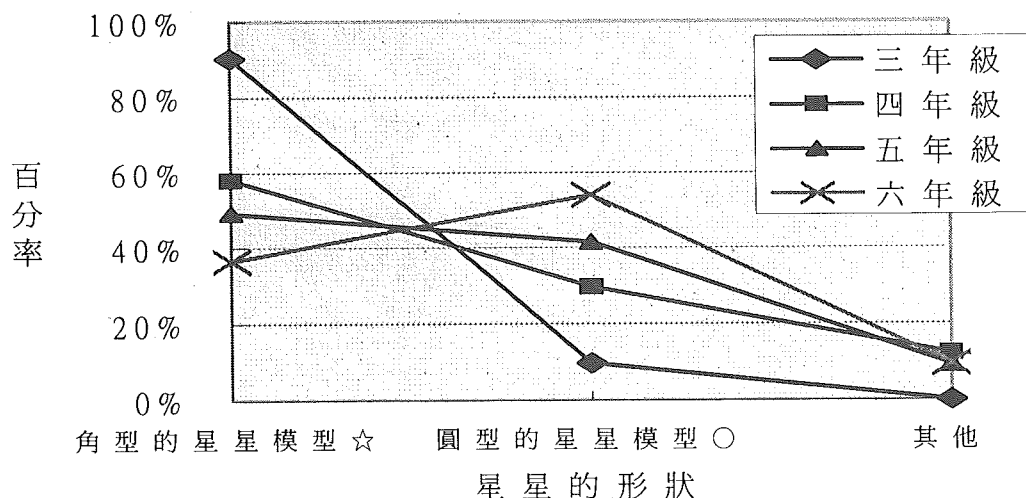




圖1 三至六年級回答星星形狀的百分率

表 2 顯示三年級是以直線表達圓形的陽光為主，四年級是以光環圓形的太陽形狀為主，五年級也是以光環圓形的太陽形狀為主，而六年級則多以圓形的形狀表示。表三紀錄三到六年級學童對地球形狀的想法，90%以上學生認為地球是圓的。其中三年級、五年級更達百分之百，可見學生對自身生長的地球環境較熟悉，綜合其原因不外乎與生活上接觸到許多介紹地球的事物有關，例如：地球儀、圖畫書、電視及媒體常出現地球的圖案的影響。六年級學童認為圓形的百分比反而下降為93.7%，探討原因的敘述，則部分學生已將圓形地球概念修正為橢圓形球體概念了。表 4 顯示學生對月亮的形狀分為滿月型的月亮形狀、弦月型的月亮形狀與其他形狀三種類型。滿月型的形狀以五年級78.5%最高，其次是六年級的58.7%，四年級有48.6%，三年級僅30.7%出現滿月形類型。弦月類型的月亮形狀以三年級67.7%最高，四年級有47.3%，再其次是六年級的34.9%，五年級僅有20%畫弦月形。自然課本第五冊（三上）「奇妙的光」出現弦月的月亮形狀，第七冊（四上）「月亮又圓了」中，觀測月亮的學習活動中，月亮形狀的表示方式是以黑色圓形當背景，每一天隨月亮的圓缺變化加上金黃的顏色，第一天是全黑的，慢慢出現弦月，15、16日為滿月（金黃色的圓）。是故，三年級有67.7%的學生認為月亮真正的形狀是弦月其來有自。況且觀測月亮只有在農曆15、16日月亮才呈現近乎圓形，其餘弦月的月亮佔大多數，這也不難發現四年級仍有一半，與六年級有34.9%的學生認為月亮是弦月形的原因所在。

表 2 三到六年級學生回答太陽形狀的百分率

太陽的形狀		三年級	四年級	五年級	六年級
圓型的太陽形狀	圓形的太陽 ○	4.9%	4.2%	18.5%	98.4%
	以光環表達陽光 	17.7%	55.0%	56.9%	0.0%
	以直線表達陽光 	77.4%	40.8%	23.1%	0.0%
其他的太陽形狀	其他	0.0%	4.1%	1.5%	1.6%

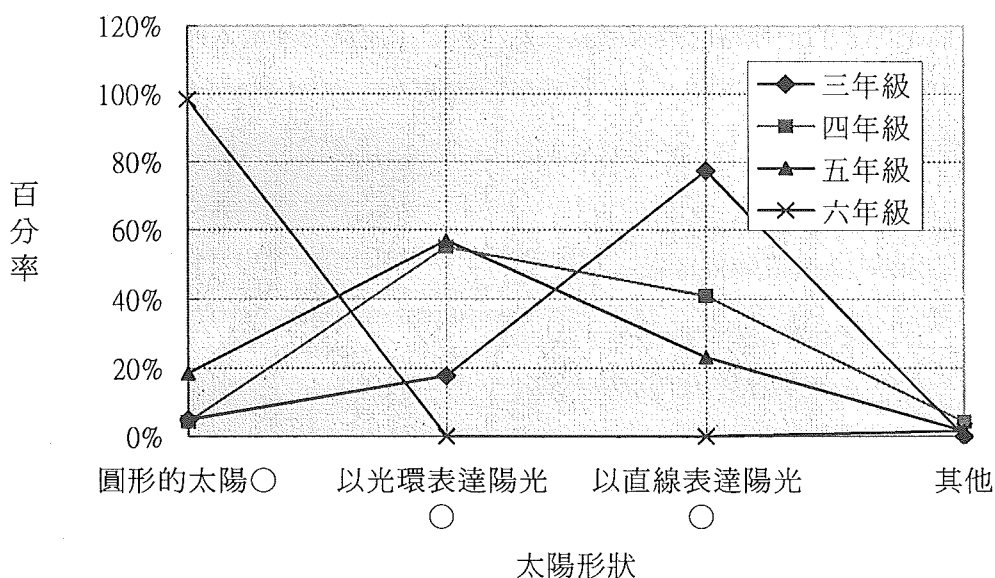


圖 2 三至六年級回答星星形狀的百分率

表 3 三到六年級學生回答地球形狀的百分率

地球的形狀	三年級	四年級	五年級	六年級
圓形的地球形狀 ○	100.0%	93.2%	100.0%	93.7%
其他	0.0%	6.8%	0.0%	6.3%

表 4 三到六年級學生回答月亮形狀的百分率



月亮的形狀	三年級	四年級	五年級	六年級
滿月型的月亮形狀 ○	30.7%	48.6%	78.5%	58.7%
弦月型的月亮形狀 ☾	67.7%	47.3%	20.0%	34.9%
其他 ( 、 )	1.6%	4.1%	0.0%	6.3%

表 5 及圖 3 顯示三~六年級學童對星星、月球、太陽及地球大小排列的順序，四、五、六年級學生認為太陽最大的佔最多，三年級則是認為地球最大(佔66.1%)，三年

級學生將最熟悉的地球當成最大，五、六年級學生認為地球最大僅佔10%以下，四年級則佔12.2%。可見四年級以上已經漸漸脫離地球是最大的概念，因為自然課已慢慢的將課程引入太空的教材，各種雜誌媒體及課外讀物漸漸地太陽比地球大的訊息。四個年級中將月亮排在第一順位的皆在5%以下，這表示四個年級的學生對月亮已明顯的確定認為最小。認為星星是第一順位的，除了六年級佔30.2%外，四年級佔12.2%，三與五年級都只佔3%左右。由訪談及理由陳述得知發現許多學生回答星星大小是由眼睛觀測，覺得它很小，只有少部份的同學認為是因為距離的關係所致，也有部份同學提到光亮的程度，部分學童認為光的亮度比太陽大所以星星是最大。但進步訪談後，又無法確定到底星星是不是最大，這可能由於他們閱讀許多天文的課外書與雜誌「記憶」星星很大而且很遠，但卻缺乏信心述及遠距離與大小的關係所造成那麼大的星球看起來一小點的感覺的機制。三到六年級將星球排在第二順位的百分比隨各年級有相當大的不同，六年級認為星星是第二大順位的學童佔了40%，四與五年級將星星排第二順位的佔有12%，三年級只佔有1.6%。三年級有67.7%將太陽排在第二順位，較其他年級（六年級27%，四年級20%，五年級9.2%）有極大的差距。四與五年級認為地球應排在第二順位的學生佔一半以上，但六年級卻不到10%。認為月亮排在第二順位的比例，五、六年級相近（23%左右），而三、四年級皆在5%以下。

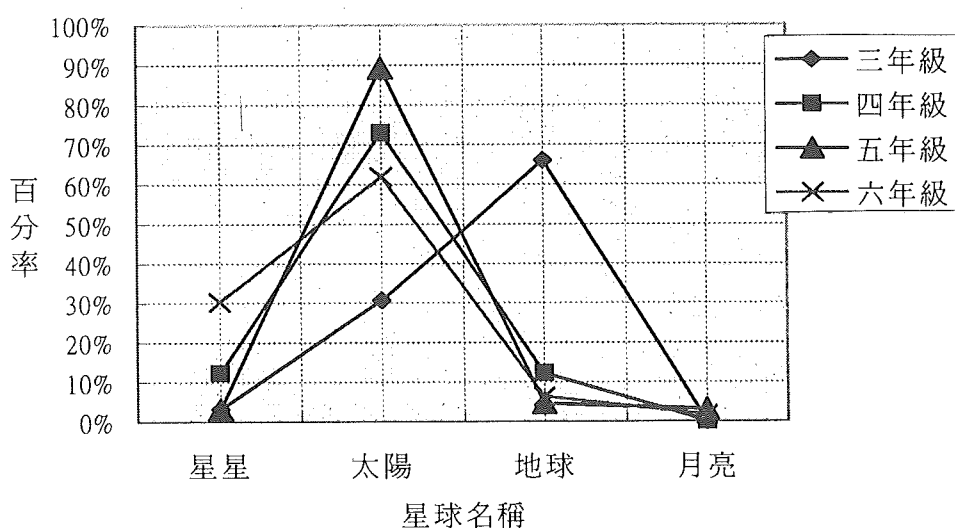


圖 3 三至六年級回答星星形狀的百分率

表5 三到六年級學童排列星球順位的百分率

名稱	大小	星星	太陽	地球	月亮	其他
	年級					
第一	三年級	3.2%	30.7%	66.1%	0.0%	0.0%
	四年級	12.2%	73.0%	12.2%	0.0%	2.7%
	五年級	3.1%	89.2%	4.6%	3.1%	0.0%
	六年級	30.2%	61.9%	6.3%	1.6%	0.0%
第二	三年級	1.6%	67.7%	25.8%	4.9%	0.0%
	四年級	12.2%	20.3%	63.5%	1.4%	2.7%
	五年級	12.3%	9.2%	55.4%	23.1%	0.0%
	六年級	39.7%	27.0%	9.5%	23.8%	0.0%
第三	三年級	0.0%	1.6%	8.1%	90.3%	0.0%
	四年級	9.4%	2.7%	18.9%	67.6%	1.4%
	五年級	7.7%	1.5%	35.4%	55.4%	0.0%
	六年級	12.7%	11.1%	50.8%	25.4%	0.0%
最小	三年級	95.2%	0.0%	0.0%	4.8%	0.0%
	四年級	64.9%	1.3%	2.7%	29.7%	1.4%
	五年級	76.9%	0.0%	4.6%	16.9%	1.5%
	六年級	17.5%	0.0%	33.3%	49.2%	0.0%

圖4顯示三~六年級學童將星星排在末位的百分比，其認知趨勢相當規則，尤其是三、四、五年級的曲線皆呈斜L型。三年級學童將星星排末位的百分比最高，月亮排末位則最少；反之，四年級星星比例佔末位較低，排月亮為末位的比例比三與五年級高。四個年級認為太陽最小的比例都不高，三、四、五年級認為地球最小的比例相當低。六年級卻有超過30%的學生認為地球是最小，50%認為月亮最小，星星是最小的比例，比其他三個年級下降了相當大的幅度。這個現象顯示六年級學童已自外界獲得相多科學家傳遞的訊息。

國小學童天文學的概念發展研究

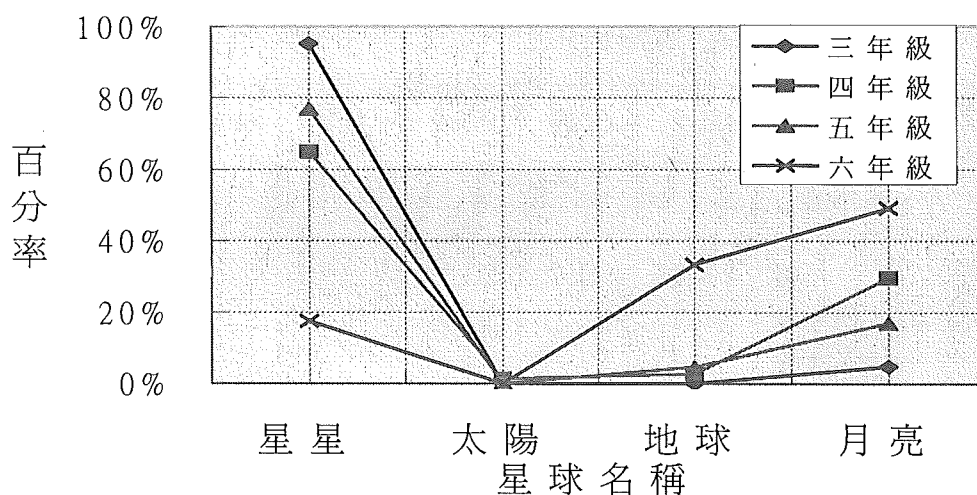


圖 4 三到六年級將星球排在末位的百分率

圖5 顯示三年級學童所排星球順位的百分率，三年級學生認為地球最大的有66.1%，其次是太陽（30.7%），而星星與月亮都在5%以下。認為太陽應該排在第二順位的有67.7%；認為地球居第二順位的有25.8%；星星與月亮在5%以下。90.3%的三年級學生認為月亮應該排第三順位，其餘的星球佔10%。三年級學生有95.2%的學生認為星星最小，星星在前三名的順位皆相當的低，絕大多數三年級的學生認為星星最小（95.2%）。認為月亮為第三順位的居最高百分比，由此可發現三年級學生對天文的概念，多數停留在他們眼見的「事實」上，他們是用眼睛來判斷事物的大小。

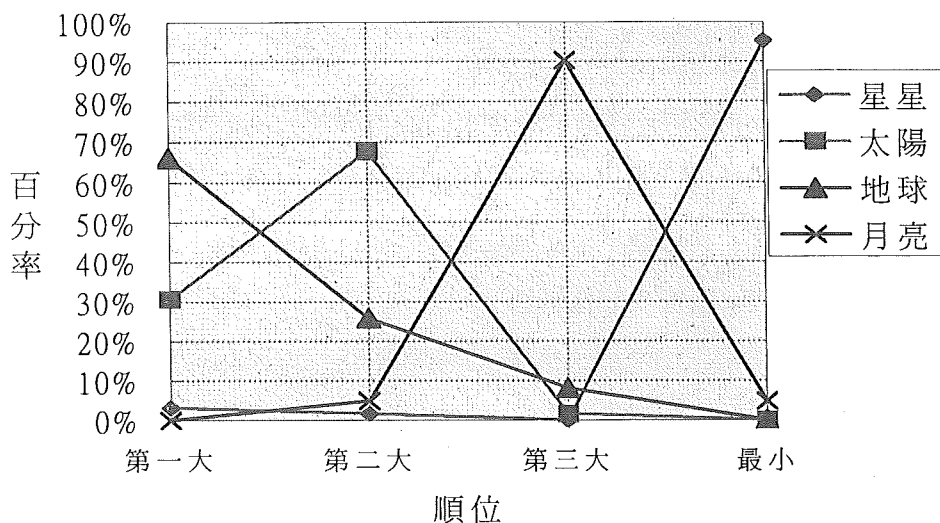


圖 5 三年級學童對星球所排的順位的百分率

圖6顯示七成以上四年級學生認為太陽最大，六成以上的學生認為地球排第二，接近七成的學生認為月亮應該排在第三位，有近約六成五以為星星排列最小。顯然四年級學生在回答星球順位的問題上有相當一致的答案，多數人對星球大小排序為太陽、地球、月亮、星星，顯示四年級學生，可能因為已經學過關於太陽與月亮等星空觀測的課程，脫離了三年級以「眼見為準」的直觀事物概念，獲知太陽比地球大的概念。但卻不曾見到說明理由中提及距離會影響所見的星球大小，仍只自外界獲得太陽比地球大的概念，因而存有太陽應該比地球大的記憶。

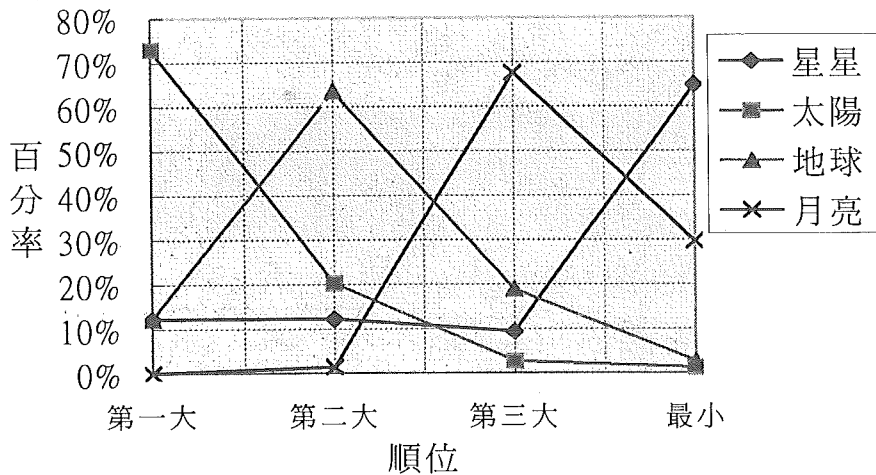


圖6 四年級學童所排星球順位的百分率

由圖7顯示五年級學生所排列回答星球順位的百分率，在最大與最小的回答上有較大的一致性，高達九成的學生認為太陽是最大，近八成的學生認為星星最小。地球排第二，月亮排第三的比例都在六成五左右；回答地球是第二順位者，認為月亮是第三；認為月亮是第二的，則多數認為地球是第三。

國小學童天文學的概念發展研究

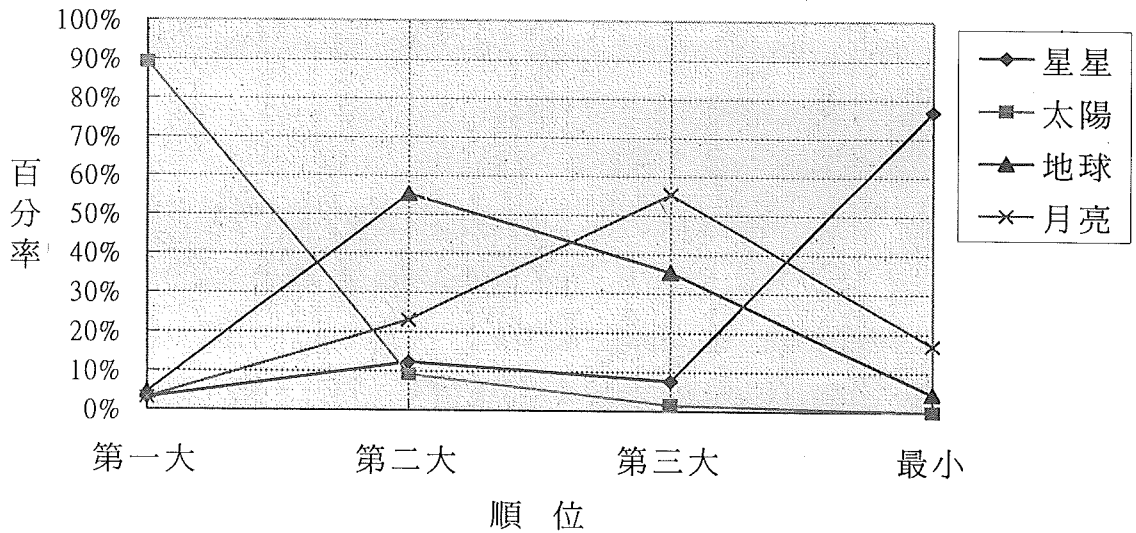


圖 7 五年級學童所排星球順位的百分率

圖 8 顯示是六年級學童所排星球順位的百分率，認為太陽是最大順位的百分率為 61.9%，認為星星是最大的百分比 30.2%。六年級的學生認為星星最大的人數比其他年級有大幅度的增加。在第二順位上星星佔的比例最多，與其他年級不同分佈很不同，認為星星是第一與第二大的百分率超過七成，比三、四與五年級高出甚多，可見六年級對星球大小順位的判斷已經不是單純由自身感覺直覺來判斷。但仍有太陽最大的迷思概念。一半的人認為地球是第三順位，而月亮是星球中最小的，六年級學童的星球大小概念已有漸趨向科學家所認同的正確答案。

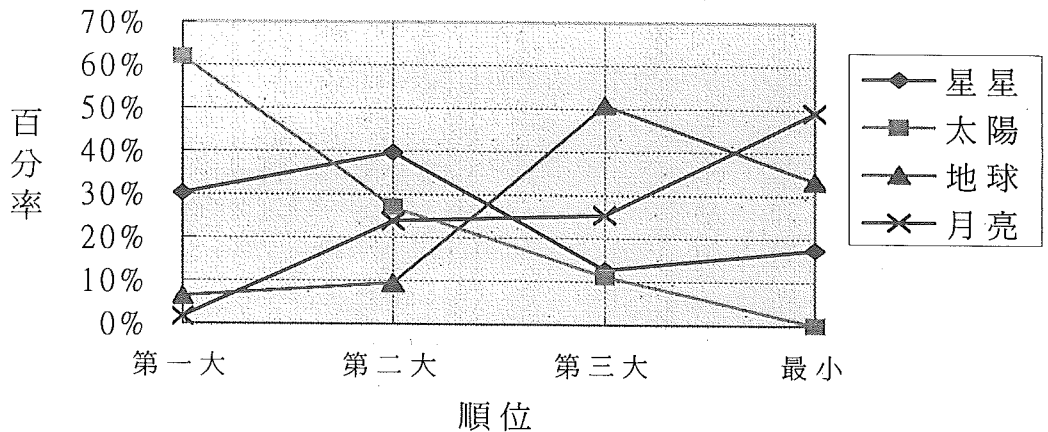


圖 8 六年級學童所排星球順位的百分率

二、國小學童對地球形狀及地心方向的心智模式

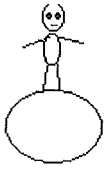
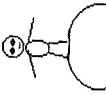


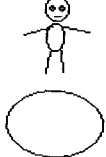
表6顯示三~六年級的學童幾乎都認為地球是圓形的，與第一題分析結果是一致的。對於自己所在與地球相對方向問題，回答住在地球表面正上方的比例，隨著年級而增加，三、四年級沒有任何人可以繪出正確方向，五年級3.1%、六年級19%可以正確表達人與地球相對方向。認為人是住在地球兩側而且是在地球表面的學生，三年級有1.6%，四、五年級無任何人，六年級則有31.7%。認為人是住在地球外部並脫離地球者，三年級有1.6%，四、五年級則是0%，六年級則有31.7%，有隨著年級而增加的趨勢。回答住在地球內部的比例非常高，三年級高達91.9%，四年級100%，五年級96.9%，六年級比例則下降，只有4.8%。回答飄在地球外部的小朋友，三年級有4.9%，四、五年級沒有任何人，六年級則有6.3%，表示四、五年級對於自己不是飄在空中的觀念較清楚。

表6 三至六年級國小學童對地球形狀的看法

年級 形狀	三年級 (共62人)	四年級 (共74人)	五年級 (共65人)	六年級 (共63人)
圓形	95.2%	100%	78.5%	95.2%
其他	4.8%	0%	21.5%	4.8%

國小學童天文學的概念發展研究

表7 三至六年級國小學童對自己所在與地球相對方向的看法

位置						未答
	1	2	3	4	5	6
年級	百分比					
三年級	0%	1.6%	1.6%	91.9%	4.9%	0%
四年級	0%	0%	0%	100%	0%	0%
五年級	3.1%	0%	0%	96.9%	0%	0%
六年級	19%	31.7%	31.7%	4.8%	6.35%	6.3%

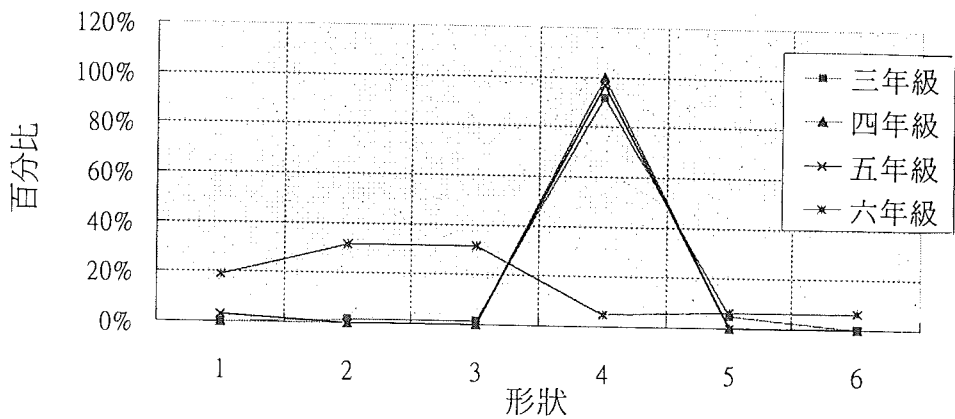


圖9 三至六年級國小學童對自己住在地球哪一個地方的看法

三、學童有關地心吸引力概念發展類型

附錄A測試題第三題是由娃娃模型的站立位置要求學生判斷因否有地心引力的概念。表8及圖10顯示三到六年級學童的地心引力有無的分佈狀態，三年級學童具有地心引力概念佔24.2%，三年級的學童對地心引力的瞭解並不多；四年級的學童對地心引力的概念已提升至60.8%，近六成的四年級學童已具備地心引力的概念，並知道地心引力可以吸引住在地表的人們；五年級（78.5%）和六年級（76.2%）學童對地心引力的概念已解釋相當完整，而且，五年級和六年級的差異不多，可見五年級的學童大多已經發展具有地心引力的概念。

三到六年級的學童在另有概念類型並不盡相同，另有概念類型包括答對題目但由原因敘述判斷為無地心引力概念以及答錯的。三年級的學童另有概念高達75.8%，有理由：因人站在平地上、地球會旋轉、她在地球裡面、她腳沒離開地面、地球上有路、她住在那裡、吸住了（沒說是地心引力）、把地球翻過來就不掉下去了、……等。四年級的學童另有概念已降為39.2%，其另有概念類型包括：她是在南邊，她可以往上飛也可以往下掉、她可以走到上面、她站在地球上面、宇宙沒有空氣、……等。五年級的學童另有概念已降為21.5%，其原因包括：地球根本不會動、地球是圓的不會動、太空中沒有空氣所以她會在同一地方、因為有南北球的關係所以不會掉下來、太空中沒有地心引力、吸引力太強會產生很大的離心力而飛出去、地球本來就停在太空中、不會把他看成顛倒所以會向下掉、有地心引力所以會向下掉、沒有地心引力可以自由的飛、地球以外沒有地心引力所以往上飛、……等。六年級學童另有概念佔23.8%，其理由包括：因為她在地球中不會突然掉下去、因為那個人有腳會走動、因為她站地球表面所以不會掉下來、她站在地球外、因為地球是逆時鐘轉，而她是站在地球上、地球外面有吸引力她會往上飛、因為地球有一個地磁力、因為地球轉動和她沒有關係、地球是磁鐵人是鐵、因為她站在線的上方、因為地球中心有一個會吸東西的磁力，不管什麼東西都會吸、因為人站在下方而會掉下去、……等。

顯然地，三、四年級學童之另有概念類型，較偏好自己所站立的位置，無正確的地心引力概念也無其他的科學概念相混淆，又另有概念的敘述也較簡單。五、六年級之另有概念較多元化，其中有不少把地磁力、萬有引力、地球的轉動等科學名詞相混

國小學童天文學的概念發展研究

淆。另外尚有部分無正確的地心引力概念卻會引用地心引力科學名詞，然而對重力方向模糊或不正確的認識因而答錯問題，同時也發現五、六年級學童對原因敘述也較複雜。

表 8 測試三至六年學童地心吸引力認知發展情形 (1)

類型	年級			
	三	四	五	六
有地心引力概念 (回答：不動)	24.2%	60.8%	78.5%	76.2%
另有概念 (向下掉、往上飛、...)	75.8%	39.2%	21.5%	23.8%

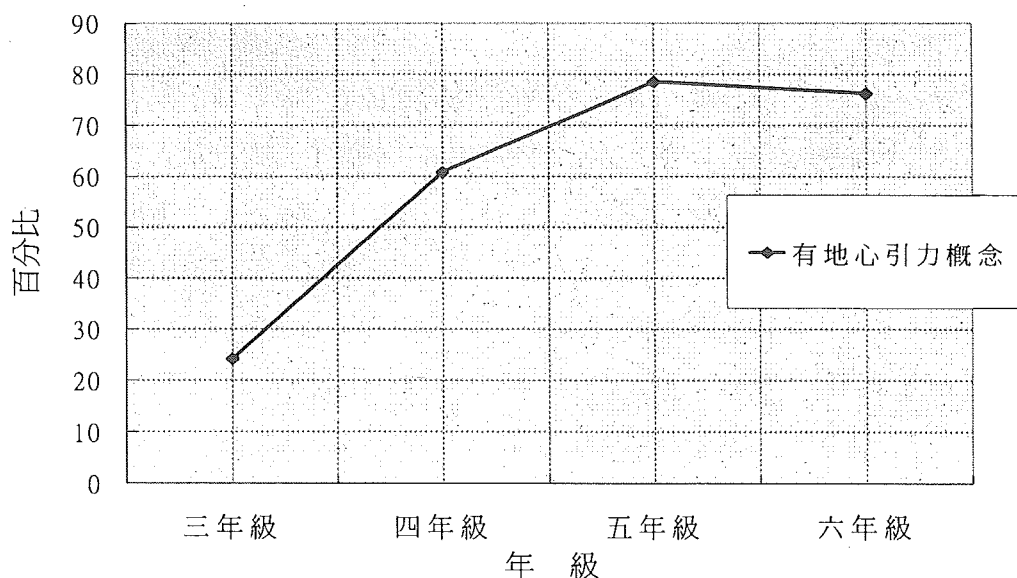


圖 10 三~六年級學童地心引力認知發展(I)

與第三題有關的第四題是有關地心吸引力的進一步診斷，以人拿球掉落的運動，測試學童的地心吸引力概念是否屹立不搖。表 9 及圖 11 顯示四所國小三~五年級學童測試地心引力認知發展情形，正確的地心引力概念隨著年級升高而相對地增加，由三年級 17.7%、四年級 47.5%、五年級 70.8%、增至六年級 71.4%；另有概念隨著年級升高相對地降低，分別是三年級 82.3%、四年級 52.5%、五年級 29.2% 以及六年級 28.6%。此一趨勢顯示國小學童的地心引力認知發展會隨著年齡的增加而提昇，而錯誤的認知更會隨年齡的增長明顯下降。

表 9 三~六年級學童地心吸引力認知發展情形 (II)

		年級			
		三	四	五	六
類型	百分比				
有地心引力概念 (掉落到地表)		24.2%	60.8%	78.5%	76.2%
另有概念 (飛到外太空、浮起來因沒有空氣、... 等)		75.8%	39.2%	21.5%	23.8%

三至六年級學童地心引力另有概念的類型隨著年級的增加，呈現更多元化。三年級學童呈現的理由如：她往下拍球、球有空氣且有彈性、球會往下掉、拿著就像在地上一樣、回答地下有地、球往頭方向、...等。四年級學童回答的理由如：因為這個小朋友都在動，球會掉到地球表面、地球方向是朝地球、球掉往頭方向、...等。在五年級學生中發現如：球因為裡面有空氣所以球沒有心引力、因為有萬有引力而且物體也會往地球掉，因為重量不夠、因為東方比較重，球在東邊、球掉往頭方向、...等。六年級學童另有概念類型如：因為地球中心有一塊磁鐵，什麼都吸、它會掉到地上，因為球是人類吹的、因為人向右邊，所以球就掉到右邊去、因為她住在地球表面，所以會掉在地球的表面、球的裡面裝著二氧化碳和氧氣，它可以打上打下、因為球會掉到腳那裡、球掉往頭方向、...等。可以發現隨著年齡的增加，學童的理由呈現更豐富，但另有概念中卻也見高年級學童對科學名詞的誤用及零碎認識。比較表 8 及表 9 或圖 10 及圖 11，發現以不同題目探討學童有關地心吸引力的認知狀態，結果有相當的一

國小學童天文學的概念發展研究

致性。見到四年級學童對地心吸引力的認知有明顯的增進且具地心吸引力的百分比第四題比第三題稍低。此乃因，藉助第四題的球運動進一步探討有關地心吸引力的認知，更能正確地引出學生的想法，有助判斷的信度。

對照美國學者所作之測試 (Vosniadou, 1987)，美國孩童一年級具有正確地心引力觀的有20%，三年級學生有60%具地心引力科學觀，五年級有55%，此一趨勢與本實驗樣本一致性。本研究結果與美國學童也有相異之處，美國低年級的學童正確的地心引力概念 (20%) 比台灣三年級學童正確的地心引力概念 (17.7%) 高，美國五年級的學童正確的地心引力 (50%) 反而比台灣五年級學童正確的地心引力概念 (70.8%) 低。不過兩項研究皆發現年齡與地心吸引力認知發展有密切的關係。將 (Vosniadou, 1987) 探討美國一、三、五年級學與本研究對台灣三、四、五、六年級學童對地心吸引力比較如表 10 及圖 11。

表 10 台灣與美國學童具地心吸引力概念百分比

國別 \ 百分比	年級					
	一	二	三	四	五	六
美國 (Vosniadou, 1987) 資料	20%		60%		55%	
台灣 (本研究資料)			17.7%	47.7%	70.8%	71.4%

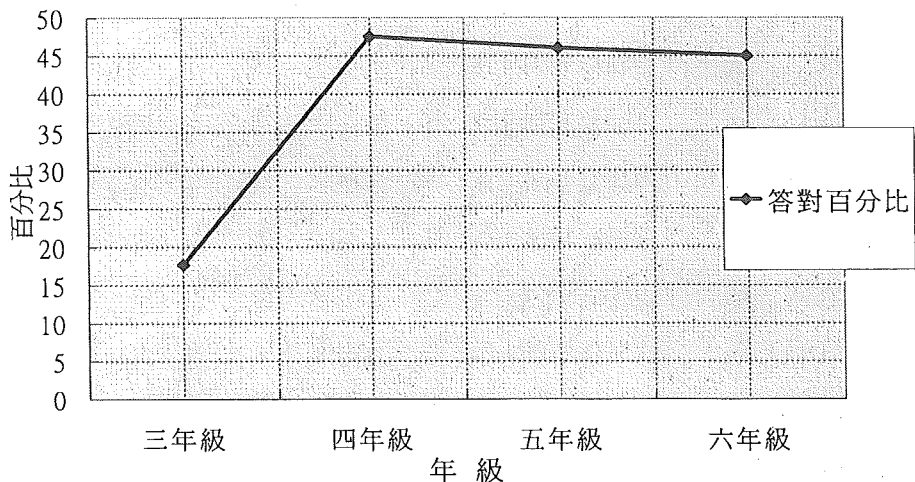


圖 11 三~六年級學童地心吸引力認知發展(II)

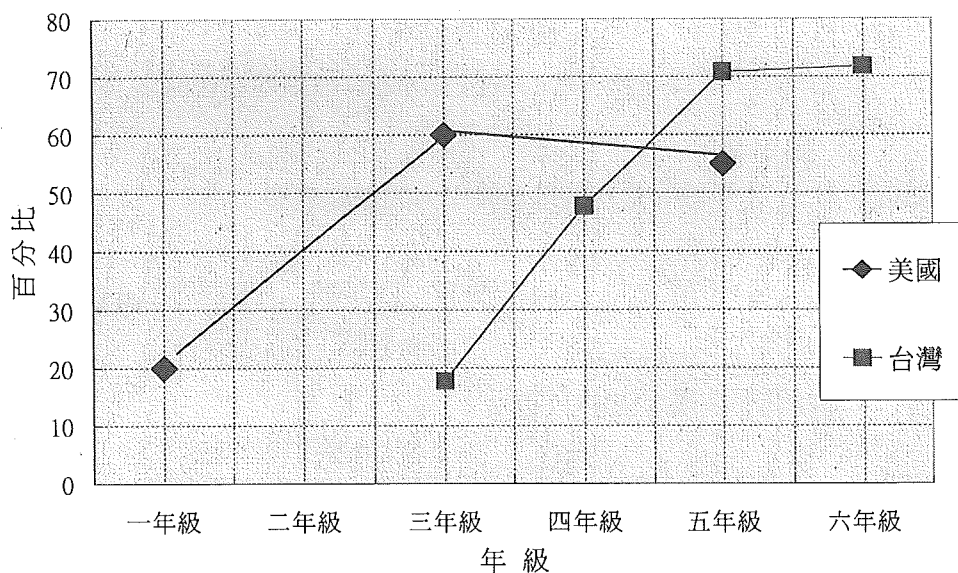


圖 12 台灣與美國學童具地心吸引力概念百分比

四、以地道探索三~六年級學童有關地心吸引力的認知類型

附錄B為晤談部分的題目，前四題僅是針對筆試部分進行心智模式進一步確認。第五題由於本計畫尚未對筆試形式及內容作信效度的研究，僅作為訪談的一部分。晤談時配合學童以筆畫下其表徵意義，二十四位學童對於娃娃拿球掉落後是否通過地心所挖地道的問題回答的類型共六種如表11所列，依據其所述理由，分為：非均向地心吸引力型、地心才有吸引力型、單向地心吸引力型、正確地心吸引力型、地表才有吸引力型、太空無地心吸引力型等六種類型。深入診斷學童是否有地心吸引力的概念，無論進到地表內重力場是否為學童所認知已不是如地表的重力場值，生活經驗體認應知道球必掉入地洞中，且另一側也應為地表，自然不應繼續掉到太空中，表11類型IV才是科學家所接受的概念。但根據表11的類型分佈，可見除了三、四、六年級各一位能正確的回答最遠到另一側地面外，其餘類型都顯示學童仍然以為另一側仍有別於掉落的一側，答對此題的三位學童在第二、三、四題皆具很堅定的地心引力概

國小學童天文學的概念發展研究

念，第二、三、四題診斷為具地心吸引力的十一位學童（以中上程度者多）僅有三位在此題中具類型IV科學家所接受的概念。有四位具類型 I 及III的心智模式，對於地表向心的均向性仍持不穩定性。另四位學童（各年級一位）具類型II的心智模式，表示球會掉到地心的理由是「因為地球有地心吸引力所以會掉到地心後停止」。

表 11 以地道探索三~六年級學童有關地心吸引力的認知類型

類 型	三年級	四年級	五年級	六年級
I  非均向地心吸引力型 (漂浮在另一端太空中)	2	2	2	
II  地心才有吸引力型 (掉到地心停在地心處)	1	1	1	1
III  單向地心吸引力型 (掉到另一端地球下面)	2	3	2	3
IV  正確地心吸引力型 (掉到另一端地面)	1	1		1
V  地表才有吸引力型 (留在地表被地心吸引力 吸住不會掉下去)				
VI  太空無地心吸引力型 (到太空中因人 在地球內 才會有地心吸引力)			1	

伍、結論與建議

本研究發現樣本學童三~六年級對於星球形狀相對大小以及地心吸引力的認知發展隨年齡成長愈接近科學家所期待的模型。Vosnaidou (1992) 所進行美國一、三、五年級學童比較，此認知發展趨勢頗為相似。但又發現樣本學童在四年級以上天文學認知似乎有突飛猛進的狀況，三年級學童具圓形的星星概念僅佔9.7%，四年級學童躍升為29.7%；診斷為具地心吸引力的部分，則由三年級學童佔24.4%驟然升到四年級學童佔60.8%。以美國學童而言，三年級國小學童（如三年級具地心吸引力概念者有60%）已有本研究樣本四年級的認知類似比例，但高年級後發展樣本學童則優於美國學童（美國五年級55%，本研究五年級樣本70.8%具地心吸引力）。

晤談二十四位學童第五題問題，分析綜合有關地心吸引力的想法，歸納為六種心智模式為本研究的另一發現。六種心智模式分別是：類型 I - 非均向地心吸引力型，學童以為最上點才有地心引力，其餘各處視為太空，又認定太空無地心吸引力，所以球飄浮在另一側太空；類型 II - 地心才有吸引力型；類型 III - 單向地心吸引力型，向下為學童所認定的單一重力方向，此類型學童認為球會掉落到真實世界的地面；類型 IV - 正確地心吸引力型；類型 V - 地表才有吸引力型；類型 VI - 太空無吸引力型，學童認為離開地表即屬太空，又認定太空無地心吸引力。

中文名詞的直接隱喻影響學童對科學的認知心智模式是本研究的發現，例如第一、二學童所表徵地球形狀不涉人所在與地球關係時，幾乎高達百分之百都會以球形表示，與歐美學童部分具盤狀迷思概念極不相同。晤談中，部分學童即以「地球」為「球體」說明認知理由，此理由應不可能出自以「Earth」稱之的外國學童。學童對月球認知未能如近百分之百地球圓球體的認知，與出現的名詞為「月亮」非「月球」應多少有部分關聯。又如分析晤談第五題，屬於認知類型 II 的學童即以「因為是『地心』吸引力所以會掉到地心被地心吸住了」說明其另有架構的思考歷程。此應與以「Gravity」或以「重力」稱之的外國學童大異其趣。語彙的隱喻有正面影響，但也

可能造成迷思概念，此實為令人發省之一例。

陸、參考書目

- 林王椅（民84）。國小六年級學生「地球運動」概念之探討。國立台南師範學院碩士論文（未出版）。
- 林秀鳳（民85）。國小學童「地球運動」概念之研究。國立屏東師範學院碩士論文（未出版）。
- 邱美虹、翁雪琴（民83）。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，3，23-67。
- 姜滿（民82）。國小學童地球科學概念之理解。台南師院學報，26，193-219。
- 楊榮祥（民84）。建構論STS和實際教學-西澳的實驗學校例。科學教育月刊，176，4-17。
- Ausubel, D. P. (1968). Educational psychology: A cognitive view. New York: Holt, Rinehart, & Winston.
- Baxter, J. (1989). Children's understanding of familiar astronomical events. International Journal of Science Education, 11, 502-513.
- Klein, C. A. (1982). Children's concepts of the earth and the sun: A cross cultural study. Science Education, 65, 95-107.
- Nussbaum, J., & Novak, J. D. (1976). An assessment of children's concepts of the earth utilizing structured interviews. Science Education, 60, 535-550.
- Nussbaum, J. (1979). Children's conceptions of the earth as a cosmic body: A cross-age study. Science Education, 63, 83-93.
- Schoon, K. J. (1989). Misconception in the earth science: a cross-age study. Eric, ED306076.

- Sneider, C., & Pulos, S. (1983) . Children's cosmologies: Understanding the earth's shape and gravity. Science Education, 67, 205-221.
- Philips, W. C., (1991) . Earth Science misconceptions. The Science Teacher, 21-23.
- Piaget, J. (1929) . The child's conception of the world (J Tomlinson & A. Tomlinson tran) . Towata, N. J.: Littlefield, Adams & Co.
- Vosniadou, S. & Brewer, W. F., (1992) . Mental models of the earth: A study of conceptual change in childhood. Cognitive Psychology, 24, 685-691.
- Von Glasersfeld, E. (1995) . Radical constructivism: A way of knowing and learning. Washington, D. C.: The Falmer Press.
- Vygotsky, (1978) . Mind in society: The development of higher psychological processes. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Welzel, M. & Roth, W. M., (1998) . Do interviews really assess students' knowledge? Int. Sci. Edu., 20, 25-44.

附錄 A 「天文學概念」問卷(一)

小朋友這只是想看看你們的想法，不是考試，照你自己的想法回答喔！


學校：_____國民小學

_____年 _____班 性別 男 女

姓名 _____ 出生：_____年 _____月 _____日

一、太陽、地球、月亮、星星是你認識的星球，你知道它們的樣子嗎？請你由大而小依序排列畫出它們的形狀，並填入星球名稱。

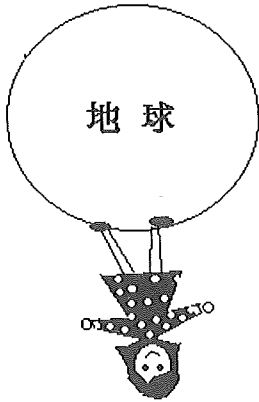
1 ()	2 ()	3 ()	4 ()

二、 這個代表一位小朋友，小朋友站在地上。請你畫出地球和小朋友的圖形。

三、1. 下方圖片中的小朋友，站在那個地方，你想她會怎麼樣？

往上飛 向下掉 不動 其他

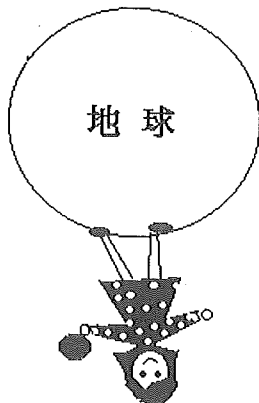
2. 理由： _____



四、1. 假如下圖這個小朋友拿了一個球，球突然掉了，球會掉到哪裡？請你把位置畫出來。

2. 說說看，為什麼？


理由： _____



附錄B 「天文學概念」問卷(二)

一、太陽、地球、月亮、星星是你認識的星球，你知道它們的樣子嗎？請你由大而小依序排列畫出它們的形狀，並填入星球名稱。

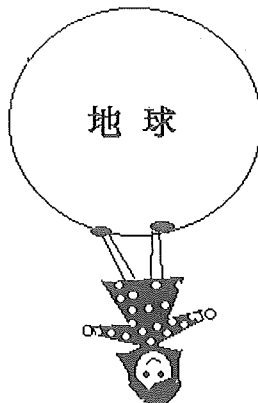
1 ()	2 ()	3 ()	4 ()

二、 這個代表一位小朋友，小朋友站在地上。請你畫出地球和小朋友的圖形

三、1. 下方圖片中的小朋友，站在那個地方，你想她會怎麼樣？

往上飛 向下掉 不動 其他

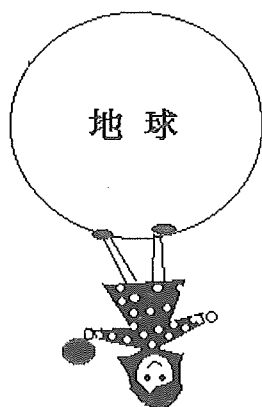
2. 理由： _____



四、1.假如下圖這個小朋友拿了一個球，球突然掉了，球會掉到哪裡？請你把位置畫出來。

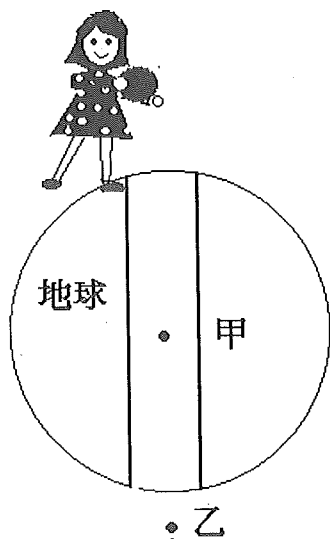
2.說說看，為什麼？

理由：_____



五、假如地球挖個地道如圖示，小朋友手中的球掉落後，球最遠會掉到那裡？

- 甲處（地心） 乙處 飄浮在太空 一直往下掉



Elementary Students' Conceptual Development in Astronomy

Jinmeei Kuo

Shiouinn Li Tinhei Young Chunchin Hisieh

Monjong Chung

Abstract

This paper presents the results of a cross-aged investigation to explore elementary school students' conceptual development in astronomy. Third, 4th, 5th, and 6th grade students were asked and examined with five questions about the mental models of the shape, the relative magnitude with the star, the sun, the earth and the moon, and the gravity. Data came from 264 students with pencil-and-paper test and 24 interviewees.

There were three findings in this study. Firstly, a rapid improvement between 3rd and 4th graders is different from American students' ecology. Secondly, six mental models about gravity pattern, earth-hearted attraction pattern, one-way gravity pattern, scientific pattern, surface attraction pattern and space with no gravity pattern. Finally, a scientific term with metaphor may effect students' conceptual development.