

## 以 3D 電腦動畫模擬輔助國小學童磁場概念之學習

李婉芬<sup>1</sup> 林志明<sup>2\*</sup> 唐文華<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 台北市立葫蘆國小

<sup>2</sup> 國立新竹教育大學 應用科學學系

<sup>3</sup> 國立新竹教育大學 資訊科學研究所

\* 通訊作者

(投稿日期：民國 96 年 5 月 15 日，修訂日期：96 年 8 月 15 日，接受日期：96 年 8 月 23 日)

**摘要：**「磁場」是一種既抽象又複雜的空間概念，在傳統教學上比較難以傳遞，因此經常導致學生的迷思概念如「磁場是二維空間的，不是三維空間的」。為了幫助學生建立磁場的空間概念，本研究利用 3D 電腦動畫技術發展出一套磁場的立體空間模型，來輔助學生進行磁場概念之學習，以建立正確的磁場空間概念，避免迷思概念的發生。我們使用這套模型進行教學實驗與分析，發現 3D 電腦動畫模擬對於國小學童學習磁場空間概念有正面的成效。成就測驗的結果顯示，實驗組的學生在磁場空間與形狀的問題中有九成以上完全答對，控制組只有不到一半的學生完全答對；問卷調查的結果也顯示超過八成的學生認同 3D 電腦動畫模擬對於磁場空間概念的學習具有正面的效果。

**關鍵詞：**3D 電腦動畫模擬、磁場空間概念、迷思概念、教學實驗

### 壹、緒論

將資訊科技應用在各科教學上是現代化教學的趨勢，而電腦輔助教學的成效早已受到各項研究的肯定。教育部的「資訊教育基礎建設」使國內各級學校普遍設置電腦與網路相關設備(徐式寬、林珮貞，2003)，在硬體設備許可下，尚需各種教學軟體配合才能達到應用的目標，因此教育當局也持續不斷推動資訊融入各科教學計畫，使一些傳統教

學中無法充分表達的現象或觀念，可以透過電腦輔助教學的方式來提升學習效果(戴文雄，1993)。

電腦動畫最早出現在 60 年代，到了 70 年代就已經開始發展立體電腦動畫，立體電腦動畫是指運用三度空間的幾何模型、動作指派、觀測角度控制以及運用光影演算法所形成的物體影像描寫，包含立體模型、動作、觀察與光影描寫等四項要素(吳智凱，1994)。隨著科技迅速發展，如今最新的立體

電腦動畫已進入不需立體眼鏡即可在電影院欣賞的境界(Liao, et al. 2005)。

電腦動畫依其設計方式可分為「固定路徑式動畫」和「資料運算式動畫」，前者在製作時就已設定好一切內容，播放時無論播放幾次內容都相同，使用者只能觀看而無法互動，例如：一般電影院播放的電腦動畫、台北市立天文館立體劇場播放的立體電影等；後者又稱作「即時運算式動畫」，使用者可以改變部分物件移動的路徑、方向、順序、觀察的視角等，例如：模擬軟體、遊戲軟體等。固定路徑式動畫的優點是所需軟硬體設備較簡單、畫質較好，缺點是缺乏互動性。資料運算式動畫的優點是具有互動性、可任意操作，缺點是對軟硬體設備需求較高、受限於執行效率畫質較固定路徑式動畫差。

電腦模擬是電腦動畫的一種，在陳郁雯(2004)的研究中指出，電腦模擬對學生學習具有正面成效，但是國內在這類軟體的開發與推廣上仍嫌不足。Lee(1999)的研究亦指出，科學適合使用電腦模擬來進行學習，因此建置一套能配合課程內容的電腦模擬輔助教材是有其必要性的。莊雅茹(1996)指出五種課程內容或知識屬性最適合用動畫來展示：

- 1.程序性的動作
- 2.不易實際觀察到的現象或知識
- 3.需要觀察在某一段時間內變化的知識
- 4.模擬複雜系統各元件間的相互關係
- 5.符合動畫特質的抽象觀念

運用電腦動畫輔助教學在國外已逐漸成熟，有許多教育人員組成社群進行有組織的運作，研發各種電腦輔助教學的方法，不論是在動畫或模擬等方面，他們不只在技術方面互相討論、支援，也在成果上互相分享。爲了促進電腦動畫在輔助教學的發展，英國一群專家學者於 2002 年 7 月開始經營社群，

並建立電腦繪圖教材資源系統(Computer Graphics Educational Materials Source, CGEMS)，讓全球教師進行教學資源的分享。

隨著科技的進步，電腦模擬技術也進入到虛擬實境(virtual reality)的時代。虛擬實境可以利用複雜的設備進行多感官的體驗，也可以只用電腦螢幕、鍵盤、滑鼠進行視覺的探索。近年來，由於以視覺爲主要訴求的 3D 軟體已經逐漸成熟，因此非常適合用來作爲輔助學習的工具。

電腦模擬可以是簡單的動畫式圖解模型，也可以是複雜的飛行模擬器。目前，虛擬實境可說是電腦模擬的最高境界，而資料運算式動畫就是使用在虛擬實境中的一項技術(林秀美，1998)。由於虛擬實境本身具有許多優良的特性，因此非常適合應用在教育訓練上(陳瓊瑤，1996)，像美國空軍就利用虛擬實境來實施飛行員的訓練，如此不但可以避免因技術不純熟或不適應飛行所造成的危險，而且虛擬實境系統可以模擬各種不同的天候和狀況來加強飛行員的應變能力。

虛擬實境在科學教育上的應用範圍很廣(唐文華，1996)，而且透過虛擬實境的學習要比教科書上的文字、圖片或老師的敘述生動又有趣。我們可以利用虛擬實境技術來模擬氣體分子的擴散情形、原子或分子的結構、電場或磁場的分佈與改變情形。以國小「電流和磁場」的教學單元爲例，由於磁場是一種既抽象又複雜的空間概念，在傳統教學上比較難以傳遞(Guisasola, et al. 2004)，因此我們可以透過電腦模擬的方式來呈現磁場的三度空間概念。

在九年一貫課程中，磁鐵遊戲在中、低年級出現，高年級則進入電流產生磁場，因此磁場應屬國小階段所要學習的概念。由於磁場的空間概念較爲抽象，國小學童不易理解，教師在教學時常會採取輕略帶過的方

式，表示磁場是立體的，但不特別進行深入教學。當學童的認知程度達到具體運思和形式運思期時，思考方式逐漸擺脫自我中心的觀點，而開始具有三度空間的概念，這時就比較容易理解磁場的空間概念。

國內外許多研究指出空間能力與科學推理能力有密切關係，劉俊祥(2000)認為空間能力是指能夠正確辨識、觀察、透視圖形並將物體圖形記憶在腦中，然後透過想像的操弄，將圖形在心中進行位移或旋轉的能力。Holley 和 Dansereau (1984)建議若能使用空間策略來進行教學，將可增進學生的空間能力與科學推理能力。陳采穗(1998)認為空間能力是可以增進的，且運用電腦和虛擬實境更是有效提升空間能力的方式。Lowery、Knirk(1982)和Zavotka(1985)等人的研究指出視覺的空間性是可以被訓練的，並可經由電腦相關活動來進行。綜合以上學者的研究可以知道，電腦模擬可以增進學生的空間能力，而空間能力的增進對自然科學的學習也是有幫助的，因此利用電腦模擬來幫助磁場空間概念的學習是非常適當的。

依據上述的動機與背景及九年一貫課程的需要，本研究利用 3D 電腦軟體發展出一套磁場的立體空間模型，來輔助國小學童進行磁場概念之學習。這套模型除了可以進一步製作成虛擬實境的動態模擬系統之外，亦

可直接輸出成爲 3D 電腦動畫，如此一來，即使教師、學生受限於電腦軟、硬體設備而無法使用虛擬實境的互動方式，仍可運用電腦動畫來輔助學習，藉以建立正確的磁場空間概念，避免迷思概念的發生。

本研究將使用這套模型進行教學實驗，以探討 3D 電腦動畫對於磁場空間概念的輔助學習成效，並透過問卷調查來國小學童對於使用 3D 電腦動畫來輔助磁場空間概念學習的看法。

## 貳、磁場空間模型製作

磁場是磁力分佈的範圍，雖然真實存在但無法用肉眼看到，在教學上常用磁力線來表示。磁力線是平滑、封閉的曲線，具有方向性，在磁鐵外部是由 N 極到 S 極。磁力線分佈的範圍，代表磁場的範圍；磁力線在空間中分佈的密度，代表此處磁力的強弱；磁力線越密代表磁力越強，磁力線越疏代表磁力越弱。

在教科書的圖片或電腦多媒體中，一般磁力線呈現的方式有兩種：

- 1.用實線加上箭頭的靜態方式表示，如圖 1 所示。
- 2.用虛線移動的動態方式表示，如圖 2 所示。

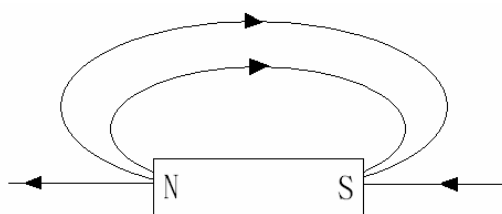


圖 1：用實線加上箭頭來呈現磁力線

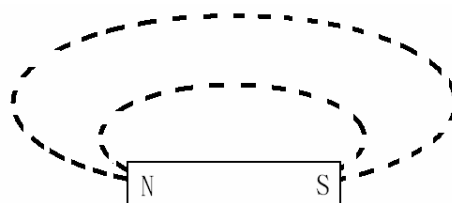


圖 2：用移動的虛線來呈現磁力線



圖 3：磁鐵模型完成圖

本研究為顧及磁力線的封閉性與方向性，採用前者來呈現磁力線的形狀，並在實線加上移動的箭頭代表磁力線的方向，等磁力線模型完整呈現時再移去箭頭，避免學童誤以為箭頭是磁力線的一部分。在磁鐵的形狀方面，由於馬蹄形磁鐵和矩形磁鐵的磁力線分佈較為複雜，因此我們選擇使用圓柱形磁鐵來設計磁力線的分佈模型和 3D 動畫。

### 一、磁鐵模型設計

我們使用 3D Max 軟體建立一個圓柱體，然後用貼圖指令在圓柱體表面貼上磁鐵的外觀材質，再標示使用出 N、S 極後磁鐵模型即可完成(如圖 3)。在設計時要注意圓柱體的點面數不可太大，以免後續製作動態模擬時，耗費太多計算時間而導致畫面延遲的現象。

### 二、磁力線

在 3D Max 的編輯區建立一個矩形和一個橢圓形，並指定兩者為同一顏色。移動位置使中心點對齊，將矩形的兩個頂點與橢圓形邊界相接，再以 Edit Spline 功能繪製出一條磁力線。剛開始繪製矩形與橢圓形時是以 2D 的線條繪製，由於 2D 的線條在輸出畫面上是看不見的，若要設定成可以看見的狀

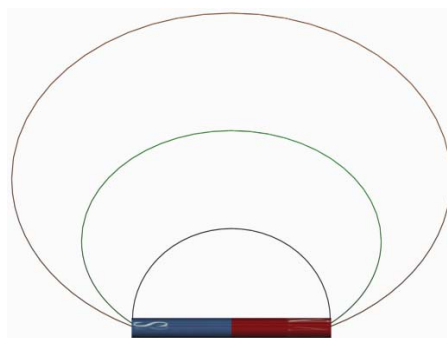


圖 4：使用 Edit Spline 來設計磁力線

態，必須使用有體積的管線來呈現，在設計時必須注意點面數的設定，否則點面數過多將導致後續製作上的困難。我們使用三種曲線(紅、綠、藍)來代表不同位置的磁力線分佈(如圖 4)。

### 三、箭頭

使用 Cone 功能建立一角椎來代表磁力線的方向，再指定表面顏色(如圖 5)。在設定角錐底部大小時，需注意磁力線和箭頭的相對位置必須要置中重疊。

### 四、磁場

將磁力線放在適當的位置(如圖 6)，以第二層的磁力線為例：

- 1.選擇箭頭以 Path Deform 功能指定磁力線為箭頭的運動軌跡。
- 2.利用 Auto Key 功能做動畫設定，指定箭頭在不同的時間點位於磁力線上的位置(如圖 6)。
- 3.將磁力線和箭頭以 Group 功能形成一個群體，再將群體的軸心移到磁鐵的中心，以 Array 指令將群體作環型複製。以相同的方式製作另外兩層磁力線即可完成磁場的空間模型(如圖 7)。

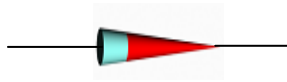


圖 5：指示方向用箭頭

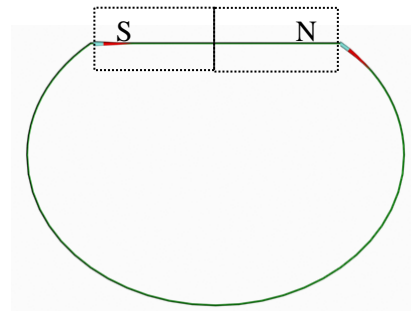


圖 6：磁力線與移動的箭頭

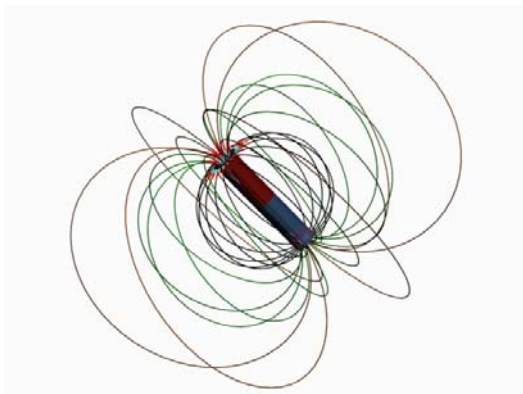


圖 7：磁場的空間模型

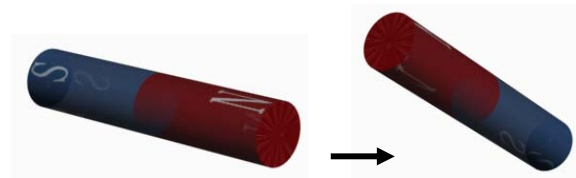


圖 8：磁鐵移動和旋轉

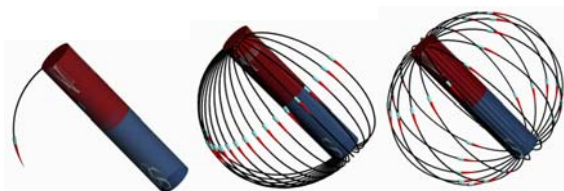


圖 9：第一層磁力線出現的動畫

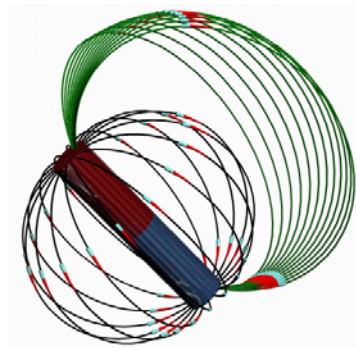


圖 10：第二層磁力線出現的動畫

## 五、動畫設定

在製作動畫的過程中，利用 Auto Key 功能做一些設定，然後再配合攝影機的設定就可以輸出成爲一段動畫。

1.在磁力線出現之前先讓磁鐵稍微移動和旋

轉，以呈現出立體的感覺(此時所有磁力線設定爲隱藏，如圖 8)。

2.接著設定第一層磁力線隨著箭頭的導引而逐條出現，如圖 9。

3.以相同的方式設定第二層磁力線隨著箭頭的導引而逐條出現，如圖 10。

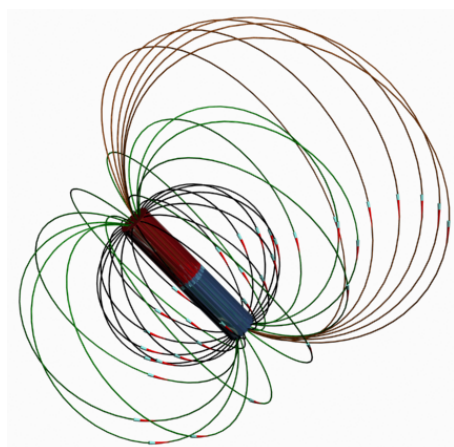


圖 11：第三層磁力線出現的動畫

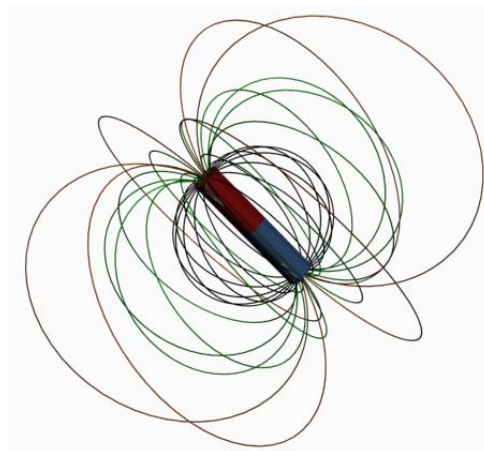


圖 12：將磁力線上的箭頭隱藏

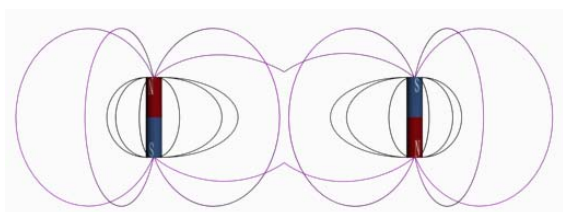


圖 13：兩個磁鐵接近時的磁力線變化

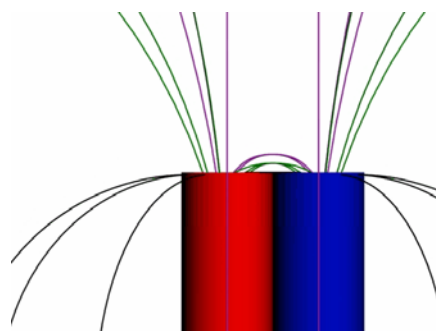


圖 14：異極磁鐵完全接觸時的磁力線變化

- 4.以相同的方式設定第三層磁力線隨著箭頭的導引而逐條出現，如圖 11。
- 5.為避免學生誤以為箭頭是磁力線的一部分，等所有的磁力線都出現之後設定所有箭頭隱藏，以方便教師向學生說明，如圖 12。
- 6.設定攝影機和燈光的位置以及所需的變化，即完成動畫的製作。將設計好的動畫製作成網頁教材以供教學使用。

## 六、兩個磁鐵之間的磁力線變化

我們可以利用製作完成的磁場空間模型，來模擬兩鐵間的磁場變化。當兩個磁鐵

在以異極互相靠近時，兩者的磁力線在接近後會融合成為新的磁力線(如圖 13)，在此要以 Morph 變型指令來設定磁力線的變形，圖 14 顯示兩個磁鐵完全接觸後融合的磁力線。

## 參、教學實驗

本研究使用 3D 電腦模擬技術來設計磁場空間模型與電腦動畫，並以台北市某國小五年級學生來進行教學實驗，藉以探討 3D 電腦動畫模擬對於國小學童磁場概念的學習成效和使用意願。

表 1：磁場空間成就測驗預試題目分析

	題目	鑑別度	難度度	題型
1	磁力線是平滑封閉的曲線。	0.35	0.51	知識
2	磁力線是有方向性的。	0.10	0.95	理解
3	我們看不到磁場是因為磁場根本就不存在。	0.05	0.98	理解
4	我們用磁力線來表示磁場的位置和形狀。	0.22	0.89	知識
5	磁場是平的，在桌面上。	0.30	0.85	理解
6	磁力線越密集表示磁力越強、磁場越強。	0.13	0.93	知識
7	磁場是有方向的。	0.27	0.87	應用
8	磁力線會互相交叉。	0.59	0.64	知識
9	磁場指的是磁力能影響的範圍。	0.43	0.78	理解
10	磁場的形狀(1)像紙一樣是平面的(2)是立體的，在磁鐵的上下左右前後都有(3)會和磁鐵的形狀一模一樣(4)像一條直線。	0.68	0.66	理解
11	磁力線的方向是(1)沒有方向(2)磁鐵外部由 S 到 N 極，磁鐵內部由 N 到 S 極(3)磁鐵內部由 S 到 N 極，磁鐵外部由 N 到 S 極(4)磁鐵內部由 S 到 N 極，磁鐵外部也是由 S 到 N 極。	0.07	0.22	理解
12	一個磁鐵磁力線最密集的位置在(1)磁鐵的 N 極和 S 極(2)離磁鐵很遠的地方(3)磁鐵中間(4)會變來變去不一定。	0.42	0.79	理解
13	磁力線分佈的範圍稱為(1)磁力(2)磁場(3)磁極(4)磁鐵。	0.27	0.87	知識
14	棒狀磁鐵磁場的形狀比較像什麼樣子？(1)平舖在桌面上像一張紙(2)像一個盤子(3)像一個長形的盒子(4)像一顆圓球。	0.17	0.16	理解

## 一、預試分析

本研究所採用的成就測驗為自編工具，前、後測試題相同。由於九年一貫課程中有關磁場的空間概念在國小的教材比較少，因此我們另外加上其它相關概念如磁力線等來編製測驗題。這份成就測驗卷共有 14 題，我們以實驗對象同校的六年級學生 136 人先進行預試(結果如表 1)，並請專家鑑定試題，確

定題目內容對量測的概念具有代表性。

從以上的測驗題中針對磁場空間、形狀的三個題目(5、10、14)之答題情形(如表 2)可以發現，參與預試的學生中有 84.6%之認為「磁場是平的，在桌面上」是「錯」的，在選擇題「磁場的形狀」中有 57.4%的學生選擇磁場「是立體的，在磁鐵的上下左右前後都有」。在選擇題「棒狀磁鐵磁場的形狀比較像什麼樣子？」中只有 16.2%的學生選擇

「像一顆圓球」，值得注意的是有 64.0% 的學生選擇「像一個長形的盒子」。在預試中這三題的答案皆選擇為平面的學生有 5.2%，三題中平面與立體交錯出現的有 48.5%，三題皆選擇立體空間的有 46.3%。另外，選擇磁場空間為立體的學生當中只有 8.8% 的學生三題全對，其餘 37.5% 的學生認為棒狀磁鐵的磁場空間為「像一個長形的盒子」。由上述數據可以看出，學生約有半數不能完全理解磁場空間為立體，另外約半數的學生雖能接受磁場空間為立體的這個說法，但是對於在腦海中操弄磁力線構成磁場空間形狀的能力是不足的。

由於九年一貫課程能力指標沒有明確指示「磁場」這個概念的教學範圍，加上對於五、六年級學生而言磁場空間概念學習困難，因此學生對於磁場空間的概念是模糊的或錯誤的。從預試的結果可以得知學生對於磁場空間的概念有兩個迷思概念，一為磁場是平面的，二是磁場是立體的但究竟是圓是方並不清楚，因此研究者認為他們缺乏在腦海中操弄磁力線構成磁場空間形狀的能力。另一個可能的原因是，教育部所實施的九年一貫課程內容有相當的彈性，因此也容易出

現某些教材低年級老師認為高年級該教，而高年級老師認為低年級已經教過的情形，而且不同的老師對能力指標的解讀不同，也會造成某些概念有人教、有人不教的情形，這些情形其實會造成教學銜接上的問題，教育當局應當正視。

為了探討我們所設計的磁場空間模型與 3D 動畫對於國小學童學習磁場的空間概念是否有幫助，本研究採準實驗設計方式，以台北市某國小五年級的學生(分成實驗組和對照組)來進行教學實驗。由於台北市早已推行班班有電腦，因此所有教學活動都在自然科教室進行。

實驗組和對照組在教學實驗做完前測一週後，以 40 分鐘的時間進行磁場空間的教學，兩組學生皆以傳統教學方式先進行 30 分鐘的教學活動。首先藉由觀察指北針在磁鐵四周所受到的影響導出磁力線的方向性和磁場的立體性，再配合觀察鐵粉導出磁力線是平滑封閉的曲線與磁場的形狀。實驗組最後 10 分鐘利用自然科教室的電腦和單槍投影機，投射磁場的 3D 電腦動畫進行統整，對照組則以口頭及板書進行統整。兩組學生在教學活動後隨即進行後測和問卷調查。

表 2：磁場空間概念預試結果分析

題目	誘答力分析(畫底線者代表正確答案)			
磁場是平的，在桌面上。	對 15.4%	錯 84.6%		
磁場的形狀	(1)像紙一樣是平面的 19.1%	(2)是立體的，在 <u>磁鐵的上下左右前後都有</u> 57.4%	(3)會和磁鐵的形狀一模一樣 15.4%	(4)像一條直線一樣 8.1%
棒狀磁鐵磁場的形狀比較像什麼樣子？	(1)平舖在桌面上像一張紙 9.5%	(2)像一個盤子 10.3%	(3)像一個長形的盒子 64.0%	(4) <u>像一顆圓球</u> 16.2%



表 3：磁場空間學習成就測驗前後測平均數及標準差

組別	人數	前測		後測	
		平均數	標準差	平均數	標準差
實驗組	76	9.47	1.756	13.35	0.89
對照組	55	9.89	1.84	11.84	1.78
全體	131	9.65	1.80	12.72	1.53

## 二、成就測驗分析

本次教學實驗共有 5 個班 134 位學生參與，其中實驗組三個班共 78 人，對照組兩個班共 56 人。在統計資料時，我們將答題不完整或明顯猜題者的資料剔除，最後採計的有效樣本數為實驗組 76 人，對照組 55 人，各組的前、後測平均數及標準差如表 3。

為了確認這兩組學生在教學實驗前為同質性的群體，我們首先對實驗組與對照組的前測做 T 考驗，結果(如表 4)得到  $t=-1.30$ ， $p=0.20(p>.05)$ ，表示未達顯著水準，也就是實驗組與對照組在教學前對於磁場空間的概念是沒有太大差異的。

我們接著再對實驗組與對照組的後測成績做 T 考驗，結果(如表 5)得到  $t=5.77$ ， $p=2 \times 10^{-7} (p<.05)$ ，表示達到顯著水準，也就是實驗組與對照組在教學實驗後是有差異的，由實驗組的後測平均數=13.35、對照組的後測平均數=11.84，可以得知 3D 電腦動畫對於增進學生的磁場概念具有正面的效果。

為了進一步 3D 電腦動畫是否可以幫助國小學童建立磁場的空間與形狀之概念，我們特別針對前、後測試題第 5、10、14 題的答題情形進行分析。從表 6 的統計結果可以發現，在教學活動前實驗組與對照組都有超過八成的學生認為認為「磁場是平的，在桌面上」是「錯」的；在選擇題「磁場的形狀」中實驗組有 50.6%、對照組有 64.3%的學生選擇磁場「是立體的，在磁鐵的上下左右前後都有」，對照組答對率略高於實驗組；最後在「棒狀磁鐵磁場的形狀比較像什麼樣子？」中實驗組有 11.7%、對照組有 17.9%的學生選擇「像一顆圓球」，對照組答對率略高於實驗組，而實驗組有 72.7%、對照組有 57.1%的學生選擇「像一個長形的盒子」，顯示兩組學生對於磁力線構成磁場空間形狀的能力比較缺乏。

在這三題的答案皆選擇為平面的實驗組有 2.6%、對照組有 0%；三題中平面與立體交錯出現的實驗組有 55.8%、對照組有 57.1%；三題皆選擇立體空間的實驗組有 41.6%、對照組有 42.9%。在選擇磁場空間為立體的學生中實驗組有 10.4%、對照組有 10.7%的學生三題全對，實驗組有 31.8%、對照組有 32.1%的學生認為棒狀磁鐵的磁場空間為「像一個長形的盒子」，從這些數據可以看出實驗組和對照組的學生在教學實驗前對於磁場的空間概念差別不大。

表 4：實驗組與對照組前測之 t 考驗

	實驗組	對照組
平均數	9.47	9.89
變異數	3.13	3.43
觀察值個數	76	55
t 值	-1.30	
P(T<=t) 雙尾	0.20	
臨界值：雙尾	1.98	

表 5：實驗組與對照組後測之 t 考驗

	實驗組	對照組
平均數	13.35	11.84
變異數	0.81	3.21
觀察值個數	76	55
t 值	5.77	
P(T<=t) 雙尾	$2 \times 10^{-7}$	
臨界值：雙尾	1.99	

表 6：磁場空間概念前測結果分析

題目	誘答力分析(畫底線者代表正確答案)							
	對				錯			
磁場是平的，在桌面上	實驗組		對照組		實驗組		對照組	
	16.9%		16.1%		83.1%		83.9%	
磁場的形狀	(1)像紙一樣是平面的		(2)是立體的，在 <u>磁鐵的上下左右前後都有</u>		(3)會和磁鐵的形狀一模一樣		(4)像一條直線一樣	
	實驗組	對照組	實驗組	對照組	實驗組	對照組	實驗組	對照組
	22.1%	14.3%	50.6%	64.3%	11.7%	14.3%	15.6%	7.1%
棒狀磁鐵磁場的形狀比較像什麼樣子？	(1)平舖在桌面上像一張紙		(2)像一個盤子		(3)像一個長形的盒子		(4)像一顆圓球	
	實驗組	對照組	實驗組	對照組	實驗組	對照組	實驗組	對照組
	11.7%	17.9%	3.9%	7.1%	72.7%	57.1%	11.7%	17.9%

接下來，我們針對教學實驗後有關磁場空間與形狀的測驗結果進行分析與討論。從表 7 可以發現，100%的實驗組學生以及 89.1%的對照組學生認為「磁場是平的，像紙一樣」是「錯」的，實驗組的答對率高於對照組；在選擇題「棒狀磁鐵的磁場形狀」中實驗組有 94.7%、對照組有 81.8%的學生選擇磁場「是立體的，在磁鐵的上下左右前後都有」，實驗組的答對率亦高於對照組。

在「棒狀磁鐵磁場的形狀比較像什麼樣子？」中，實驗組有 98.7%、對照組有 49.1%的學生選擇「像一顆圓球」，實驗組答對率明顯高於對照組。此外，實驗組有 0%的學生、對照組有 34.5%的學生選擇「像一個長形的盒子」，對照組的答錯比例明顯高於實驗組。

整體而言，在這三題的答案皆選擇磁場

為平面的實驗組有 0%、對照組有 7.3%；三題中平面與立體交錯出現的實驗組有 7.9%、對照組有 14.5%；三題皆選擇立體空間的實驗組有 92.1%、對照組有 78.2%，在選擇磁場空間為立體的學生中，實驗組有 92.1%、對照組有 47.3%的學生三題全對，從這些數據可以看出實驗組與對照組有顯著性差異，而且實驗組明顯地優於對照組。另外，在前測中兩組學生對磁場的相關概念並無太大差異，且在磁場空間與形狀的問題中，兩組都只有約 10%的人完全答對。在後測中，實驗組的學生在磁場空間形狀的問題中有 92.1%完全答對，對照組只有 47.3%的學生完全答對，可見 3D 電腦動畫對學生磁場的空間概念與形狀是有很大的幫助。

表 7：磁場空間概念後測結果分析

題目	誘答力分析(畫底線者代表正確答案)							
	對				錯			
磁場是平的，在桌面上	實驗組		對照組		實驗組		對照組	
	0%		10.9%		100%		89.1%	
	磁場的形狀	(1)像紙一樣是平面的		(2)是立體的，在 <u>磁鐵的上下左右前後都有</u>		(3)會和磁鐵的形狀一模一樣		(4)像一條直線一樣
實驗組		對照組	實驗組	對照組	實驗組	對照組	實驗組	對照組
0%		10.9%	94.7%	81.8%	1.3%	1.8%	3.9%	5.5%
棒狀磁鐵磁場的形狀比較像什麼樣子？	(1)平鋪在桌面上像一張紙		(2)像一個盤子		(3)像一個長形的盒子		(4)像一顆圓球	
	實驗組	對照組	實驗組	對照組	實驗組	對照組	實驗組	對照組
	0%	9.1%	1.3%	7.3%	0%	34.5%	98.7%	49.1%

### 三、問卷調查結果

本研究以問卷調查的方式來探討學生對於使用 3D 電腦動畫來輔助磁場空間概念教學的看法。我們所採用的意見調查表為自編工具，目的在本研究開發的 3D 動畫(1)對於磁場空間概念的學習是否有幫助(2)學生是否有興趣並能吸引其注意(3)對於磁場空間概念的理解是否有幫助的主觀看法。

由表 8 的結果以發現：有 81.9%的學生覺得受到這段動畫的吸引，75.9%的學生覺得這段動畫有趣，84.1%的學生覺得這段動畫能幫助他們瞭解磁場是立體的，87.1%的學生覺得這段動畫能幫助他們瞭解磁場的形狀，67.6%的學生覺得以後老師上磁力課的

時候要播放這段動畫。另外，我們也發現所有題目的結果眾數都落在 5 分，平均都在 4 分以上，再加上前、後測的分析結果，可以看出這段 3D 動畫確實對學生的磁場空間概念有正面的影響。由以上數據可看出以 3D 動畫來輔助磁場概念教學具有正面成效，且學生接受度也高。再經由專家的檢驗也認為動畫的內容適合作為教學之用，各項概念的呈現相當清楚，另外若是能在動畫中加上指北針，與傳統教學相呼應會更完整。以 3D 電腦動畫輔助磁場空間教學在學生的主觀認知中，多數認為是有效且有吸引注意力的效果，專家也肯定動畫的內容適合運用於教學。

表 8：單圓柱形磁鐵磁場空間動畫問卷調查結果統計

問題	5分	4分	3分	2分	1分	平均數	標準差
1.播放這段動畫時有吸引你的注意嗎？	很注意 57.1%	有點注意 24.8%	普通 15.8%	不太注意 1.5%	完全不注意 0.8%	4.36	0.85
2.你覺得這段電腦動畫有趣嗎？	很有趣 54.1%	有趣 21.8%	普通 18.8%	無趣 3.0%	很無趣 2.3%	4.23	1.00
3.你覺得這段動畫能幫助你了解磁場是立體的這件事嗎？	很有幫助 51.9%	有幫助 32.2%	有一點幫助 12.8%	沒有太多幫助 2.3%	完全沒有幫助 0.8%	4.32	0.84
4.你覺得這段動畫能幫助你了解磁場的形狀嗎？	很有幫助 53.3%	有幫助 33.8%	有一點幫助 9.8%	沒有太多幫助 2.3%	完全沒有幫助 0.8%	4.37	0.81
5.你覺得以後老師上磁力課的時候要不要播放這段動畫呢？	一定要 49.6%	有比較好 18.0%	都可以 28.6%	不要比較好 2.3%	絕對不要 1.5%	4.12	1.00

## 柒、結論與建議

本研究旨在使用 3D 電腦繪圖技術建構一個磁場的立體空間模型，並運用此模型設計一段電腦動畫，以期能應用在磁場空間概念的教學。我們根據研究的過程和教學實驗結果歸納出以下結論：

- 1.以電腦製作的 3D 動畫模型修改、複製、保存容易，較之以實物製作模型要來的快速又實惠。
- 2.實物製作的模型不易表現磁場的方向性，但若用電腦模擬則有數種策略可運用，還可隨意加入或移除。
- 3.以電腦模擬的磁場空間模型，在磁力線的形狀與分佈上較實物模型精準。

4.由於磁場是以磁力線表示，而磁力線是平滑的曲線，在製作上點、面數較多，電腦運算時要花費比較多的 CPU 時間。因此在製作時可以將磁力線數減少，這樣做同時也可以使得磁力線的變化比較容易觀察。

5.由前測的結果可以得知國小學童對於磁場的空間概念比較不易理解，除了一般常見的迷思概念「磁場是平面的」之外，知道磁場是立體的學生也大多不知道磁力線的形狀。

6.以 3D 電腦動畫模擬配合傳統教學可以將磁場的空間概念具體化，有助於教學歸納，並作為複習之用，可以提升磁場空間概念的教學成效。

目前國外已經有教育人員組成社群，互

相交流關於利用電腦模擬來輔助教學的各種資源，包含：軟體技術的研討、教材與教案的分享等。國內雖然也有類似組織，但第一線的教師知道又能順利運用的不多，因此在推廣上還須盡力。這當中屬於電腦模擬、虛擬實境的部份則還需擴充。因此我們建議電腦模擬和虛擬實境技術應在體制內形成培養及進修的機制。

國內的師資培育機構雖已有相關科系開設這方面的課程，但隨著教師員額不斷減少，新人進入學校越來越難，而現職的國小教師具備此能力者較少。因此，提供現職的教育人員進修管道，進而製作出可用的教材是有需要的。

磁場空間概念本來就比較抽象，以傳統的教學方式不太容易傳達，連帶後續包含地磁等概念學生也不易理解，因此教師在教學時常易乎略。我們希望本研究製作的磁場空間模型未來可以發展成爲一套有用的教材以協助教師教學。

## 誌謝

感謝行政院國家科學委員會科學教育處的經費補助，使本研究得以順利完成。計畫編號：94-2524-S-134-002。

## 參考文獻

1. 吳智凱(1994)：運用電腦動畫建立視覺模型的嘗試，視聽教育雙月刊，1994，24-42。
2. 林秀美(1998)：電腦模擬在科技教育上之應用。教學科技與媒體，42，23-31。
3. 唐文華(民 1996)：簡介虛擬實境在科學教育上的應用。科學教育，187，43-47。
4. 徐式寬、林珮貞(民 2003)：反省與回顧台灣政府近年來在電腦融入教學上的投資與努力。教學科技與媒體，60-71。
5. 莊雅茹(1996)：CAL 軟體動畫界面設計。教學科技與媒體，28，13-18。
6. 陳采穗(1998)：模擬實境在加強空間能力之研究。國立政治大學資訊管理研究所碩士論文(未出版)。
7. 陳郁雯(2004)：電腦模擬對學生學習成效影響之後設分析。國立新竹師範學院國民教育研究所碩士論文(未出版)。
8. 陳瓊瑤(1996)：虛擬實境在教育訓練應用上之探討。國立清華大學工業工程研究所碩士論文(未出版)。
9. 劉俊祥(2000)：機械製圖科學生空間能力與立體圖成就表現之相關研究。國立臺灣師範大學工業教育研究所碩士論文(未出版)。
10. 戴文雄(1993)：認知型態與空間觀念對機械製圖態度轉變與成效之研究。彰化師範大學學報，4，171-207。
11. Guisasola, Jenaro, Almodí, José M & Zubimendi, José L (2004)： Difficulties in Learning the Introductory Magnetic Field, *Science Education*, Vol. 88, No. 3, 443-464.
13. Holley, C. D. & Dansereau, D. F. (1984). Spatial learning strategies: techniques, applications, and related issues. New York: Academic Press.
14. Lee, J. (1999). Effectiveness of computer-based instruction simulation: a meta-analysis. *International Journal of Instructional Media*, 26(1), 71-85.
12. Liao, Hongen, Iwahara, Makoto, Katayama, Yoichi, Hata, Nobuhiko & Dohi, Takeyoshi (2005): Three-dimensional display with a long viewing distance by use of Integral Photography, *Optics Letter*, Vol. 30, No. 6,

- 613-615.
15. Lowery, B.R., & Knirk, F.G. (1983). Micro-computer video games and spatial visualization acquisition. *Journal of Educational Technology Systems, 11* (2), 155-166.
16. Zavotka, S. (1985). The use of three-dimensional computer graphics animation to teach spatial skills home economics college students. Unpublished doctoral dissertation. Ohio State University, Columbus, OH.

## Using 3D Computer Animation to Assist Elementary Students in Learning the Conception of Magnetic Field

Wan-Fen Lee<sup>1</sup>, Chih-Ming Lin<sup>2\*</sup> and Wernhuar Tarn<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Taipei Municipal Hulu Elementary School

<sup>2</sup>Department of Applied Science, National Hsinchu University of Education

<sup>3</sup>Graduate Institute of Computer Science, National Hsinchu University of Education

### Abstract

Magnetic field is an abstract and complicated spatial conception, which is difficult to convey in traditional teaching and often causes the misconception of students to believe that magnetic field is a two-dimensional space. To help students develop the spatial conception of magnetic field, this work utilizes 3D computer animation technology to design a 3D model of magnetic field, which can assist students in learning the conception of magnetic field while avoiding the formation of misconceptions. We applied this model to a teaching experiment, and found that it is useful for the students of primary schools in learning the conception of magnetic field. The results of achievement tests showed that over 90% of students in the experimental group obtained perfect scores; however, only half of the students in the control group got answered all questions correctly. The results of questionnaires also indicated that more than 80% of students agreed with the efficiency of 3D animation in helping them study the conception of magnetic field.

**Keywords** : 3D animation, magnetic field, misconception, teaching experiment

\* To whom correspondence should be addressed.

