

以電腦樂高進行國小科學教學活動 設計與實施之研究

吳志緯¹ 黃萬居²

¹台北縣麗林國小

²台北市立師院科學教育研究所

(投稿日期：92年9月17日；修正日期：92年10月9日；接受日期：92年12月4日)

摘要

本研究目的在探討國小六年級學生在「電腦樂高」教學方案和探究活動情境下，(一)學生如何運用科學過程技能？(二)學生之問題解決歷程是如何？(三)學生在探究活動環境中如何與同儕溝通互動，進而達到「合作學習」之情形？(四)對學生科學學習態度之影響如何？

研究者以建造論(Constructionism)與探究教學策略作為理論基礎，透過社團活動的方式，以六年級學生男、女各三名，分成兩組進行電腦樂高教學方案和探究活動情境。將學生科學學習歷程，以一個月的時間，每週三天，每天3小時的探究活動，透過現場的觀察與記錄，進行質的分析與研究。

研究結果發現：(一)學生在進行電腦樂高教學方案和探究活動情境中，電腦樂高提供豐富且具高互動性的科學學習環境，讓學生可以在活動過程中，使用、精練與培養學生各種的科學過程技能。(二)在電腦樂高教學方案和探究活動情境中，提供學生問題解決的訓練與培養之情境，其問題解決的歷程包含(1)問題的確定(2)分工(3)積木設計與組裝(4)程式設計與執行(5)修正。(三)在電腦樂高教學方案和探究活動情境中，學生透過同儕的積極溝通、討論與互助以達合作學習之情形。(四)在電腦樂高教學方案和探究活動情境中，能鼓勵與協助學生關於科學學習態度的正向發展。

此外，針對本研究的發現，研究者提出對科學教育及未來研究的建議。

關鍵詞：合作學習、科學過程技能、建造論、問題解決、電腦樂高

壹、緒論

一、研究背景與重要性

近年來建構主義是科學教育界頗為重視的學習哲學觀，認為學習知識不是被動的接受，而是主動建構。強調教學設計要以學習者為主體，學習過程應該給予學習者更多的控制權，教師應以協助者的角色，在學習情境裡，提供學習者能夠透過操弄、探索的活動過程，主動建構屬於自己的知識。並強調學習者間的互動關係，包括同儕間的合作與分享等（Papert & Harel, 1991；郭重吉, 1996；王美芬, 1998）。

由 MIT 媒體實驗室與丹麥樂高 (LEGO) 公司合作開發的電腦樂高是利用樂高積木與電腦結合做為教具，進而發展出一系列的科學創意課程，經由 MIT 媒體實驗室在教育現場的實徵研究發現，透過課程設計的活動，結合電腦程式，控制所創造的模型，訓練學生從實際動手做的過程中，學習到機械原理、電腦控制和程式邏輯等科學知識，結合日常生活的科學知識，並從生活化、具體化、活潑化的引導方式中，學習推理思考、問題解決、創造發明、團隊合作，以開拓學生的科學領域、邏輯分析及程式觀念的建立、激發學生對科學濃厚的興趣，並充實學校科技教學課程，讓教學活潑化、學習趣味化（Papert, 1993; Sargent, Resnick, Martin & Silverman, 1996）。

根據研究報告指出，利用玩具或遊戲做為學習科學的媒介是可行的（Lars, 1999），玩具可以用來作為實物模型的展示、科學概念的建構與對科學和科技整合的說明（Stein & Miller, 1997），更可以促進學生對科學學習的興趣（Angier, 1981）。

另外，以電腦為學習平台的實徵研究中亦指出，電腦的學習平台可以提供建構式與情境化的學習環境，可提昇學生學習動機、學生間合作、學生獨立性和提高學生問題解決能力，對科學學習、科學態度亦有正向度的顯著差異（Resnick, Martin, Sargent & Silverman, 1996；杜榮珠、王美智, 1994；張俊彥、董家莒, 2000；饒世妙, 2002）。

在九年一貫課程中，強調國民教育階段的課程設計應以學生為主體，以生活經驗為重心，本研究擬嘗試透過社團活動的方式，成立電腦樂高機器人實驗室的學習團隊，以日常生活中的經驗為主題，利用電腦樂高積木建造課程中所需要的機器人或機器，並透過電腦圖形化介面的程式設計來控制所設計的機器人或機器的行為，在探究教學法與以問題為中心的教學策略中，觀察學生對於科學過程技能是如何運用？對於所面臨的問題其解決歷程是如何？如何與組員間溝通互動而達到合作學習之情形與對其科學學習態度之影響是如何？以提供國小教師在培養學生運用科技與資訊、主動

探索與研究與獨立思考與解決問題的能力，與「自然與生活科技」學習領域進行教學活動時之參考。

二、研究目的

基於上述的研究背景與重要性，本研究透過學生在進行電腦樂高教學方案和探究活動情境下，對學生科學學習歷程的觀察與研究，俾進一步了解在互動式的數位可操弄工具－電腦樂高與學生活動中，有關學生如何運用「科學過程技能」、「解決問題」的歷程與同儕溝通互動進而達到「合作學習」之情形，以及探討其對學生科學學習態度之影響，以增進研究者未來在國小「自然與生活科技」學習領域之教學，與兒童在「自然與生活科技」學習領域學習之理解。

貳、文獻探討

一、電腦樂高的理論基礎－建造論

就如同一份由 MIT 媒體實驗室對電腦樂高所做的一份報告內容所言：「在電腦樂高背後有一個非常迷人的故事，那是由 Resnick 和 Papert 所領導的認識論與學習研究群、樂高公司與 MIT 媒體實驗室共同投入的一個複雜的社會互動故事。」。由 Resnick 和 Papert 所領導的認識論與學習研究群，在 1985 年成立於 MIT 媒體實驗。電腦樂高學習理論基礎即是由 Papert 所提出來的建造論（Constructionism），這是以皮亞傑的建構理論(constructivism)為基礎的理論架構（Martin and Resnick, 1990），以下本節將從建構理論的相關文獻開始來探討說明建造論。

建構主義基本上是在解釋「知識是什麼？」和「學習是什麼？」的一種理論模式，也就是西方近數十年來興起的一套認識論（epistemology）。然而建構主義並非屬於單一學派，亦非由一人所獨創所得。

張靜馨（1995）依接受的程度而定分為淺、深、廣三種不同層次的建構主義，包括傳統建構主義、個人建構主義與社會建構主義，並根據對建構主義三個基本原理包括：（1）知識是認知個體主動的建構，不是被動的接受或吸收；（2）認知功能在適應，是用來組織經驗的世界，不是用來發現本體的現實；（3）知識是個人與別人經由磋商與和解的社會建構。

「認知發展論」源自於兩大主體，一是皮亞傑的「社會認知衝突學說」（sociocognitive conflict perspective），另一是維高斯基(Vygotsky)的「社會建構論」

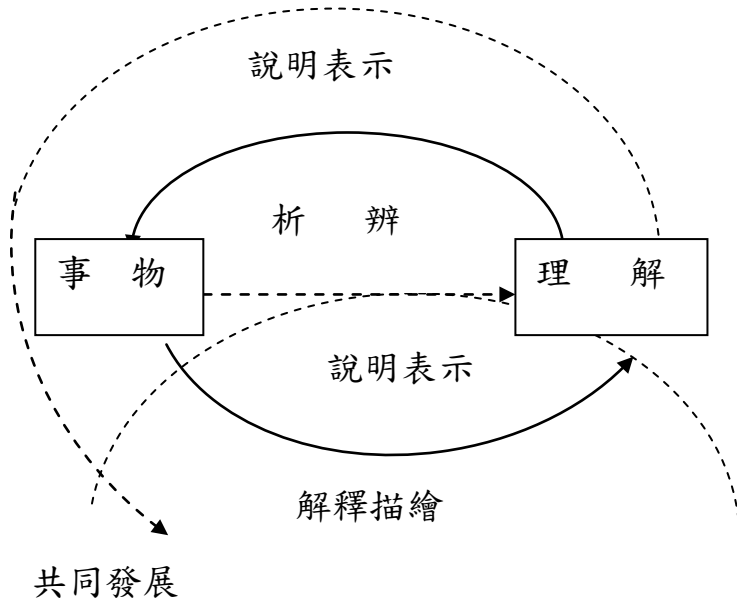
(social constructivism)。這兩大主體認為：當個人與其他個體進行社會互動時，可能會產生認知上的衝突或不平衡。為解決這種矛盾的現象，個體會透過彼此之間的再互動和資訊的再交換，進一步地調整自己的認知結構甚或修改之。而且根據研究發現，學生在解釋自己的想法或教材給別人聽的同時，或在表達與傾聽的過程中，他們能對學習內容產生更深一層的建構及精熟（許志逸，1999）。另外，邱貴發（1998）認為在建構論和建造論中，都強調教課者應有知識技能上的優勢，應該是學習者的協助者，但不可以是學習的主控者。

然而，由於電腦科技的進步，Papert（1988）認為皮亞傑的階段理論應該修正，提出了 Constructionism，他強調「做中學」，形式操作的思考風格並不一定優於具體運思的思考風格，他反對皮亞傑所主張的認識論中過分推崇邏輯形式的結構，因而提出認識多元論的主張，強調在具體的操作過程中，也可以有相同的學習（黃國鴻，2000）。

所以 Papert 更進一步提出建造論的說法，他認為建造論是奠基於兩個不同的建構（Construction）觀念，一個是「學習是主動的建構新知識而不是被動的接受」；一個是「透過對事物（例如電腦程式、積木、電腦樂高……等等）的操弄並進一步的展現或發表以及與人分享，而達到個人有意義化的建構學習」（Papert & Harel，1991）。Mcgrath（2000）更進一步闡述：Constructionism（Papert）等於 Constructivism（Piaget）加上 Construction（Lego，Logo）。

Ostwald（1996）在他的博士論文中提出一個知識建構的模型（A Model of Knowledge Construction）如圖一進一步說明建造論的意義，他認為知識的建構是透過事物的操弄與理解而共同發展出來的。

電腦樂高即是透過圖形化電腦介面與樂高積木的結合，讓學習者透過具體的操作中，建構相關的知識與技能。例如在一個製作賽車的教學方案中，學生為了加強車速，因而發現了「摩擦力」，為了修正汽車的動作與行為，他們創造了相關「理論」，透過圖形化程式控制介面軟體來修正車子的動作與行為。



圖一 知識建構的模型 (Ostwald , 1996)

綜合以上，電腦樂高是一套利用舊有的樂高積木形式為基礎，透過麻省理工學院媒體實驗室由 Papert 所領導的「認識論與學習小組」重新賦予新的思維，從靜態的堆疊積木變成具開放與多樣性的可操弄電腦化積木，更發展出以皮亞傑建構理論為基礎的建造論，強調透過對物件的操弄以建構對知識之理解。

二、電腦樂高與科學學習

田耐青（1999）認為電腦樂高是一個「科技支援之建構學習環境」，結合傳統的樂高積木與圖形化程式語言控制介面軟體，使得原本靜態的積木，產生更開放的使用空間。電腦樂高教學理念是以建構式教學為主軸，強調結合日常生活的科學知識，讓孩童透過實際動手做的互動過程，建構累積經驗與知識，讓孩子從實驗中進行探索及思考問題，培養孩子創造力及解決問題的能力，並啟發孩童多元智能(貝登堡, 2002)。電腦樂高亦提供了多元學習的情境包括：1.師生及同儕間的共同創作 2.在各科目中發展學生的語文及學科素養 3.將學校學習與學生生活連結 4.教導高層次的思考技巧 5.

經由對話進行教學 6.符合 Gardner 的多元智慧理論（田耐青，1999）。

另外，電腦樂高是為兒童設計的，讓使用者具有創造與控制的環境，更提供與真實世界豐富的連結（Sargent, Resnick, Martin & Silverman, 1996）。由麻省理工學院的媒體實驗室發展出來的電腦樂高曾在美國波士頓數所學校廣泛的實驗，結果發現電腦樂高在科學學習上的一些不同向度（Martin & Resnick, 1990），包括：

（一）科學的過程技能：

就如俗語所說：給人一條魚，可以吃飽一天，教他如何釣魚可以終生不挨餓，電腦樂高有點類似這樣的情形，透過電腦樂高的學習環境，能夠發展對科學歷程的理解，教導孩子如何像一位科學家一樣思考，例如學生發展一個解釋機器人行為的想法，然後設計建造，接下來進一步實驗測試其想法。

當學生在執行電腦樂高學習方案時，學生可以學習到測量、統計或資料的收集。例如在一個肥皂盒汽車的教學方案中，發現學生在測量距離時，也會利用非標準的單位測量距離，例如使用某人鞋子的長度或是書的長度等，同時學生也發現每次肥皂盒汽車所走的路徑長都不一樣，經過資料收集與計算而得到其平均值。

（二）科學設計：

在學校課堂中，學生對問題解決大部分焦點停留在分析思考上，學生被教導利用制式的規則把問題分解成簡單次問題形式，就設計的觀點，問題的目標往往是少有結構性的，在電腦樂高的課堂上，學生的活動就像科學家與發明家，而發明不像是食譜式的處方，而是充滿嘗試與錯誤的情境。

（三）科學概念：

以摩擦力的概念而言，在電腦樂高的課堂上，當學生（主動或經由協助）發現機器不動是因為摩擦力的關係時，他們透過不同的途徑了解摩擦力，例如軸摩擦到塑膠橫桿，齒輪被另一個齒輪卡住了，也因此了解摩擦力的重要性，例如地板太光滑造成輪子滑動，或者橡膠皮帶不夠緊時滑輪也會滑動。而不是只透過簡單的實驗操作或定義來了解摩擦力。

（四）機械概念：

這是一個充滿科技驅動的社會，在國小階段，關於機械或控制科技的概念是很難實施的，然而透過電腦樂高的協助，可以彌補這樣的缺口。例如回饋概念（feedback），利用光感應器，讓一隻電腦樂高烏龜沿著在白色桌面上一條黑色的線走，透過程式設

計，當輪子向左轉直到碰到黑線時，讓馬達反轉使輪子轉向右邊，直到遇到黑線時再讓馬達反轉使輪子轉到左邊，如此這隻電腦樂高烏龜將會沿著黑線前進。這就是基本的回饋概念。

(五) 科學的大想法 (Big ideas) :

在學校的科學教育常常傾向於細微的概念而忽視了大型的圖像，這種大範圍的概念稱為「大想法」。例如「複雜的東西是由簡單的物件所構成」，這樣的想法在電腦樂高的學習中是顯而易見的，透過電腦樂高的許多小零件，學生可以建構令人驚訝的、多變而複雜的結構。同樣的，經由簡單的圖形式控制軟體，學生可以讓機器人產生複雜多變的行為模式，儘管學生不一定能清楚說出這樣的定理或規則，但期望學生能理解複雜的數學問題也是由簡單的次問題所構成。

參、研究方法

本研究採質的研究方式，以探討電腦樂高教學方案對國小學生科學學習之研究。以下分別就研究設計、情境與研究對象、研究工具、資料蒐集與分析等方面加以說明：

一、研究設計、情境與研究對象

本研究是研究者在任教學校電腦教室成立「電腦樂高機器人實驗室」，並邀請 6 位即將升上六年級的學生參與本研究。研究者定位為「參與者即觀察者」，研究者除了協助電腦樂高教學方案和探究活動的進行之外，並且要記錄、詮釋學生的探究學習過程與學習經驗。研究聚焦在理解與詮釋學生在進行電腦樂高教學方案和探究活動過程中，學生是如何運用相關的科學過程技能？問題解決歷程如何？同儕之間如何溝通互動進而達到「合作學習」之情形？以及了解其對學生科學學習態度之影響。

參與本研究的兩組學生（男生 3 位一組，分別以 MS1、MS2、MS3 代表之。女生 3 位一組，分別以 FS1、FS2、FS3 代表之。），於 2002 年暑假期間每星期一、二、三日上午 9 點至 12 點，以四週共 36 小時的時間進行活動課程，以小組方式進行電腦樂高教學方案和探究活動。

二、研究工具

(一) 自然科學學習態度量表：

本研究採用王貴春(2000)於其「STS 教學與國小學生創造力及學習態度之研究」

論文中發展的自然科學習態度量表。藉由前後測的比較結果，作為學生在經過電腦樂高學習方案與探究活動後，對學生自然科學習態度是否有所影響的分析參考依據。

(二) 問題解決能力量表：

採用潘怡吟(2001)於其「遊戲型態教學對國小學生『自然與生活科技』學習之研究」論文中所發展的「問題解決能力量表」內容主要是以九年一貫課程綱要十大基本能力中的「問題解決與獨立思考」所列出的細項與分段能力思考智能中的「問題解決」所列出的細項為主要理念，適合探討學生問題解決能力的改變(潘怡吟,2001)。本研究欲透過對學生前後測之比較，作為對本研究待答問題詮釋的參考資料。

(三) 學生活動學習挑戰單：

根據貝登堡公司提供的電腦樂高機器人實驗室學生活動手冊為主要內容，透過學生活動挑戰單，從學生的記錄資料中，記錄其學習歷程，了解其對課程內容的理解程度，以及對問題解決中所採取的步驟與方法，以做為詮釋待答問題時之分析參考依據。

三、資料蒐集與分析

本研究資料蒐集的來源分述如下：

- (一) 錄影(音)：本研究採用數位錄影機(DV)架設於可涵蓋研究現場的位置，以錄影(音)的方式將活動現場全程紀錄下來，以增加資料的正確性。
- (二) 教師觀察札記：研究者以參與觀察的方式，透過在現場的紙筆紀錄，主要是觀察學生在探究過程的行動中，有關待答問題之特定的對話、事件等，以做為待答問題詮釋時之參考依據。
- (三) 與學生訪談記錄：1.非正式訪談：利用課程活動後，澄清錄影(音)帶上模糊不清的語言，研究者並與學生共同確認紀錄內容以及研究者的詮釋。2.半結構式訪談：利用自行設計的半結構性訪談題目，對六位學生進行訪談，內容向度包括各項待答問題，訪談時間是利用整個活動課程結束後進行。
- (四) 學生活動挑戰單：依據貝登堡公司提供的電腦樂高機器人實驗室學生活動手冊為主要內容，將每次活動的課程內容重點請學生紀錄下來，包括學生活動中所有規劃的資料包含機器人設計草圖、實驗紀錄與實驗報告，以及今天我們做了哪些事？今天我發現了……，今天印象最深的事

情.....等，作為本研究相關問題的資料詮釋依據。

(五) 量表與測驗：根據自然科學習態度量表與問題解決能力量表之前後測資料，作為學生在經過電腦樂高學習方案與探究活動後，對學生自然科學習態度是否有所影響的分析參考依據。

(六) 作品發表：在每一次活動單元結束後，將請同學分享其製作的目的、過程與成果，可以讓學生作統整性的表達，研究者透過錄影（音）與其成果作品的拍照，以做為研究問題詮釋的重要依據。

肆、研究發現與討論

一、學生在電腦樂高教學方案和探究活動情境下運用「科學過程技能」之情形

(一) 發現「分類」的重要性

研究者發現學生非常依賴零件的「分類」，學生認為如果不分類，除了會浪費許多時間找零件外，零件如果遺失了也不容易發現。

(二) 「運用量化的數字」輔助「觀察」、「測量」或「控制」

電腦樂高主要的控制裝置是一個 RCX，分別有輸出入的裝置，其中一個光源感應器是將偵測的結果以數值化的形式呈現，分成 100 等份來感測周圍的明暗度。在讓學生探索光源感應器時，學生發現了 RCX 上的螢幕所產生的數值變化，以下是學生在使用光源感應器的一段對話內容：

FS3：不對啦！我發現應該接在 1、2、3 這邊。

FS2：嗯

FS1：有紅光！

FS2：哪裡？

FS1：在這裡啦！光源感應器有紅燈會亮

FS3：我再試試看！插 ABC 這一邊看看。

FS1：紅光不見了！

FS3：對嘛！我說是 123 這一邊才是輸入的地方。

FS2：可是怎麼看出老師說的數字呢？

FS3：**FS2**，你看我按 VIEW 的按鈕的時候有一個箭頭會動。

FS3：我知道了！你們來看！

FS3：如果插在 1 號，箭頭也在 1 號數字就會變

FS1：我試試看

FS1：真的咧！我手蓋住光源感應器數值變少了，放開來就變多了

(SPS-VA-91070827)

從上述的對話中，女生組學生發現了如何將光源感應器正確的裝置在 RCX 上，並讀出感應到的數值。看他們從地板到黑板、從教室內到教室外，不斷的在測試光源的數值。在研究者的指導下，請學生觀察黑板哪裡比較暗時，學生剛開始使用肉眼觀察時，都認為差不多亮，經過光源感應器的協助針對黑板 9 個點做偵測(分別為左上、左中、左下、右上、右中、右下與正上方、正下方及正中央)，發現在打開黑板燈的時候，中間與上半部較亮，關掉黑板燈時發現左右比中間亮。透過儀器的協助，讓學生學習如何將觀察數值化，並作較客觀的判斷與比較。

(三) 應用空間與時間關係的技能

在對於應用空間與時間關係的技能上，在組裝 2-1 挑戰單-旋轉椅的控制單元時，學生必須利用程式來掌握旋轉椅的速度與上下方向時間的控制，尤其必須透過冠狀齒輪讓馬達輸出旋轉的方向改變，以達到旋轉椅旋轉的目的。

(四) 透過觀察、推理來仿製 7-11 便利商店的自動門

推理是透過觀察到的資料或現況，做進一步的解釋或推想造成的原因為何，也就是「推理」是解釋觀察。在「電腦樂高自動門」活動中，研究者先要求學生觀察 7-11 便利商店的自動門開啓與關閉的過程，再進一步推想其可能的運作方式，如果用電腦樂高來製造一座自動門可能需要哪些特殊積木？以下是與學生訪談的部分內容：

MS1：我們一接近門，門就會打開，那一定得用到光源感應器。

FS2：為什麼門又會停下來呢？

FS3：有東西擋住

FS1：是不是馬達停止轉動？

T：那麼電腦樂高的積木中哪一個可以用得上？

MS3：觸碰感應器對不對？

T：為什麼？

MS3：如果門碰到處碰感應器，我們就讓電腦把馬達停下來。

T：太帥啦！接下來請各組將想法與設計圖寫下來。

(SPS-SI-91071702)

透過日常生活情境，請學生來推論可能的情形，結合電腦樂高特殊積木，進一步讓學生將不透明的機械裝置與設計原理，透過電腦樂高組合與建構讓它透明化。

(五) 透過圖形化介面的程式設計來「預測」機器人的行為

當觀察或收集到的資訊或是現象有發現相關時，藉以推估未來可能的結果。透過「有根據」預測，不僅可以檢驗預測的邏輯是否合理或精確與否，更可以檢視所收集到的資訊或所形成的概念是否經得起結果的考驗。例如天氣的預測是典型的例子。而在電腦樂高教學探究活動中，學生為了控制所設計的機器人行為，常常必須收集光源感應器所偵測到的數據或是透過觀察與實地操作執行程式後，將所收集到的資訊再透過程式的修正，來預測下一步的機器人行為。

(六) 統整過程技能的運用

在編號「9-1 挑戰單-機器人投籃賽」中(附錄六)，學生為了將乒乓球正確的投入正確位置，必須控制投籃的時間、地點與投籃手臂等問題，研究者發現，學生會先操縱一個變因來逐步完成整個問題。例如女生組將組裝好的投籃機器人進行測試時，發現乒乓球的落點落在籃框之前，FS1 認為「我想太早投籃了」，FS2 認為「是拋球的方式有問題」。於是研究者進一步請該組將問題說的更清楚，訪談內容如下：

T：FS1 你說太早投籃了？可不說更清楚一點？

FS1：老師你看（MS1 再操作一次投籃的情形），如果再近一點投不就進了。

T：FS2 那你呢？為什麼說拋球有問題？

FS2：我是在想，如果把擋住桿子的地方換一下也許會拋的更遠。

T：為什麼？

FS2：這樣拋比較像在投籃啊！

(SPS-SI-91072405)

兩位學生針對該問題，各說出了兩種假設，並且都牽涉到一個變因的問題。後來經過對程式的修正與修改機器人後發現，在同一個位置投籃，投射的角度與馬達輸出的力量都會影響投籃的距離。

二、學生在電腦樂高教學方案和探究活動情境下「解決問題」之歷程

問題的解決有賴解題者相關的知識背景與概念、經驗與問題情境，而問題表徵的形成更關係著解題者問題解決的初始狀態與對問題了解的程度，本節將從學生在電腦樂高教學方案和探究活動情境中，描述與詮釋學生透過實物操作或實地觀察來形成問題表徵以及其問題所具有的「操縱性」特徵，並且進一步描述與詮釋在問題解決過程中所產生的次問題內容，包括電腦樂高積木組裝的問題與程式設計的問題，最後將學生問題解決的歷程以流程圖的方式呈現整理說明之。

(一) 透過實物操作或實地觀察來形成問題表徵

問題表徵的形成是解決問題的重要關鍵，問題表徵更能顯出解題者對題目了解的程度。在活動現場，學生對於在生活中有經驗的事物或問題，在陳述問題表徵時較能掌握與了解，對於缺乏經驗的事物與問題，必須花費較多的時間來釐清題目的內容與解題方向。例如在編號「4-1 挑戰單-翻轉機器賽車」（附錄二）中，對於車子翻轉後再回到起始點，這樣的問題，發現學生最大的困難在於車子翻轉後怎麼會再前進呢？學生透過實物操作後發現，當車子翻轉後，輪子的轉動方向必須改變，否則車子翻轉後依然會向障礙物方向前進。以下是學生對話內容：

MS2：MS1，你看車子翻過來還是向前衝

MS1：對啊！我來試試看，（MS1 拿著輪胎沿著路線，走了一遍）

MS2：我知道了！

MS2：車子爬上斜坡後，翻轉過來的時候輪子也要改變。

T：怎麼改變呢？（研究者這時介入其談話中）

MS3：用程式控制啊！

T：你說說看（研究者請 MS3 說明其想法）

T：各位女生請過來（研究者這時邀請女生加入討論）

（PSP-SI-91071512）

經過實務的操作與學生間的對話，慢慢形成對問題的聚焦，大家都同意，問題就在「當車子翻轉後如何改變輪子轉動的方向呢？」。

(二) 活動中學生大多提出「操作性問題」

Wolfinger（1984）將自然科的問題分為「操作性」問題及「理論性」問題，他

認為經由「操作性」問題，可以直接暗示或指引解題者尋找解題的方法、材料或技能以尋求答案進而提供未來比較複雜性、理論性的問題解決的經驗背景。在電腦樂高的活動中學生所遇到的問題往往是「操作性問題」，例如以下的對話：

MS3：光源感應器測量的數值和被測量的東西距離有關嗎？

(PSP-VA-91070809)

學生經由操作光源感應器，除了實物的操作並配合觀察技能、數字的應用與變因的控制，進一步了解光源感應器的使用方法與特性。另外如：

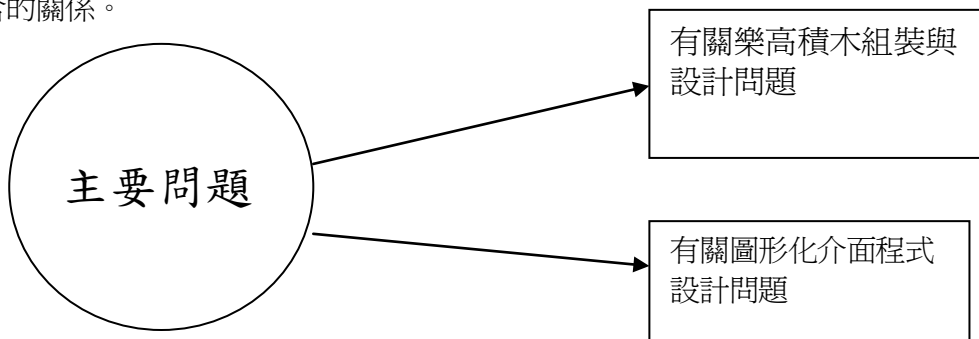
MS3：一個光源感應器怎麼控制馬達讓車子沿著圓形的黑線走呢？

(PSP-VA-91070825)

當學生在編號「1-2 挑戰單-光源感應器」（附錄一）的運用中，研究者讓學生如何利用一個光源感應器就可以控制兩個馬達讓機器人沿著圓形黑線行走。從學生的問題中，學生提到「一個光源感應器」、「控制馬達」與「沿著黑線走」等話語，都是解題過程中可以操弄的物件或條件，學生透過程式設計與樂高積木的組裝，來測試結果。學生藉著問題內容，透過實際對物件的操作或經由程式的設計與除錯的過程，往往能得到答案。學生在找尋答案的過程中，不但必須具備相關的概念，也學會了相關的科學過程技能操作的方法。

(三) 從問題中產生的次問題

研究者發現在電腦樂高教學方案和探究活動情境中，學生所面臨的問題包含兩個向度，一個是有關電腦樂高積木組裝的問題，第二個向度是程式設計時所面臨的次要問題，研究者將其主要問題以及所產生的次要問題的關係如圖二呈現，以說明其包含的關係。



圖二 主要問題和次要問題的關係圖

(四) 樂高積木組裝的問題

(1) 輸、出入裝置的概念與應用

電腦樂高對六位學生而言是一個陌生的學習教材，其中牽涉到的特殊積木應用，如光源感應器、觸碰感應器與馬達等輸出入裝置的運用，皆由研究者讓學生先經過探索的階段，在將概念介紹給學生，並進一步的學習應用該概念，例如輸出入裝置的特殊積木經過學生的探索後，知道裝置在 RCX1、2、3 端是屬於輸入裝置，A、B、C 端是屬於輸出裝置，然而學生在活動初期，操作的過程中，常常會將輸出入裝置弄混淆。如何類比此一輸出入裝置的概念呢？研究者把觸碰感應器與光源感應器比喻做人類的感覺器官，如皮膚與眼睛，輸出裝置就像手與腳的動作，經過比喻後，學生方能清楚的將輸出入裝置安排於適當位置。

(2) 如何將積木與 RCX 結合？

學生在解決問題的過程中，研究者發現學生對於如何將積木「固定」在一起常常是一大問題，例如在組裝翻轉機器賽車時一開始進行測試的時候，車子常常散成一地，後來學生發現將積木盡量能成十字交叉的堆疊方式比較牢固，另外，例如光源感應器的裝置，也曾困擾過學生，因為學生都知道要偵測地板的亮度，而且要以固定的距離來偵測，但是要將光源感應器朝地板方向也需要一些技巧與創意。

(3) 齒輪如何組合運用？

這一屆學生的自然課程中，要到六年級上學期才有「巧妙的工具」單元（牛頓版）來介紹有關槓桿、齒輪、輪軸、滑輪、鏈條與輪子的應用。然而，在電腦樂高的積木中，學生常常遇到齒輪如何結合與運用的問題。為了讓學生探索齒輪方面的相關概念，研究者讓學生探討齒輪、鏈條與輪軸的概念，並且讓學生觀察大齒輪帶動小齒輪的時候，當驅動齒輪轉一圈時，從動齒輪需要轉 5 圈，這樣可以產生較高的轉速，但是要讓從動齒輪不轉動時，比較不費力，而當小齒輪帶動大齒輪的時候，驅動齒輪必須轉 5 圈，從動齒輪才會轉一圈。這樣可以產生減速的效果，但是要讓從動齒輪不轉動時，比較費力，換句話說這樣的裝置可以產生較大的轉動力。

(五) 「程式設計」在問題解決的歷程中的重要性

「程式設計」在國小現行課程安排中並無任何的安排，而在電腦樂高教學方案和探究活動情境中，程式設計成爲學生問題解決主要的工具，也是問題解決歷程中重要

的一環。

(1) 圖形化的程式介面，學生容易接受

電腦樂高必須經由對圖形化的程式設計，透過無線傳輸裝置（IR）將程式輸入 RCX 中以達到控制機器的行為來解決問題。本活動剛開始，研究者將圖三圖形化程式，請兩組學生討論其代表的程式意義如何？發現學生竟然一開始就對圖三的內容解釋得很清楚，以下為部分對話內容：

T：這就是電腦樂高最簡單的程式（研究者指著圖三）

T：你們討論一下上面所代表的意思

（約經過 3 分鐘）

T：女生先說說看

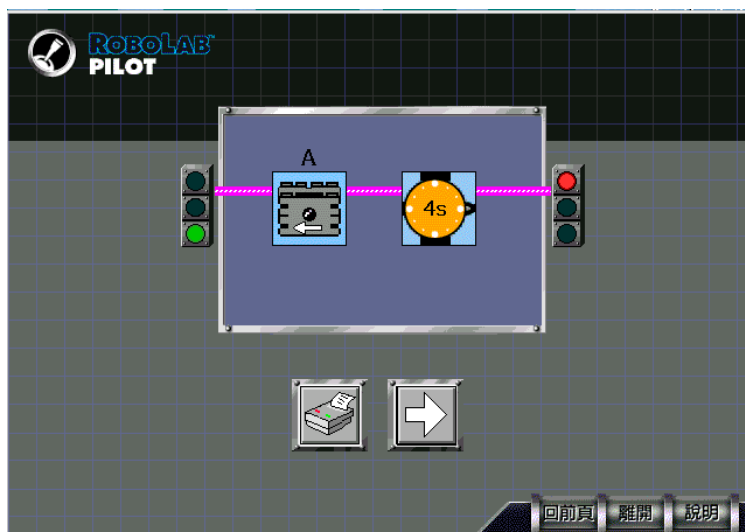
FS3：這個綠燈（指著圖左邊的綠燈符號）可能代表程式開始，右邊紅燈代表程式結束。

FS2：這個很像馬達的圖形，箭頭應該是說它轉的方向吧

T：FS1，那這個圖表示什麼呢？

FS1：很像手錶，代表時間嗎？

（PSP-VA-91070926）



圖三 圖形化程式圖

女生組的成員，在第一次接觸這種圖形化的程式很容易地說出整個程式所代表的

意義，尤其將其中的特殊代表物件的圖形解釋後，學生更容易解釋程式的意義，這對後來更高階的程式設計，提供了學生信心與成就感的基礎。

(2) 建構「多工」、「分叉」、「迴圈」與「循環跳移」的程式設計概念在問題解決歷程中的應用

建構「多工」、「分叉」、「迴圈」與「循環跳移」的程式設計概念對學生而言是陌生的，在小學課程中學生並無此相關概念與課程的訓練。

在「多工」的程式概念上，研究者請學生舉例說明在日常生活中有哪些事情是同時進行的？

MS1：有啊！像我爸一面開車，就一面跟我說話。

T：對了！人類其實很多時候會同時處理一些事情，這種情形其時就是「多工」的概念。

FS3：那麼電腦樂高也可以讓它會一面跑，一面讓燈一閃一閃的囉？

FS1：還可以發出聲音！

T：對！透過圖 A 的功能我們可以設計程式同時做兩件以上的事情或動作這就是多工的意義。

(PSP-SI-91071611)



圖 A 多工程式圖形

學生很快的了解圖 A 在程式設計上的應用，圖 B 即是男生組舉出的程式例子，同時讓馬達轉動 6 秒與燈亮 6 秒。圖 C 是女生組所設計的例子，他們希望能一面發出聲音一面使馬達轉動。而在編號「6-1 挑戰單-樂高自動門活動」（附錄四）中，學生在設計自動門時，希望能讓門一打開就演奏音樂，即利用到多工的概念。但是電腦樂高的程式設計中，當有利用多工的程式設計時，每一條件必須配合一個程式結束的

符號（如圖 D），而這也是學生在利用多工程式設計時，常常疏忽的地方。

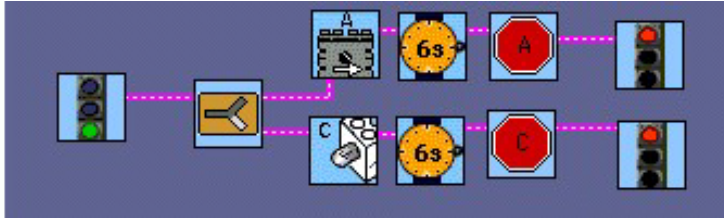


圖 B 男生組利用多工概念設計的程式

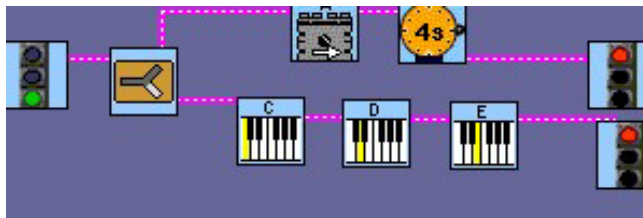


圖 C 女生組利用多工概念設計的程式



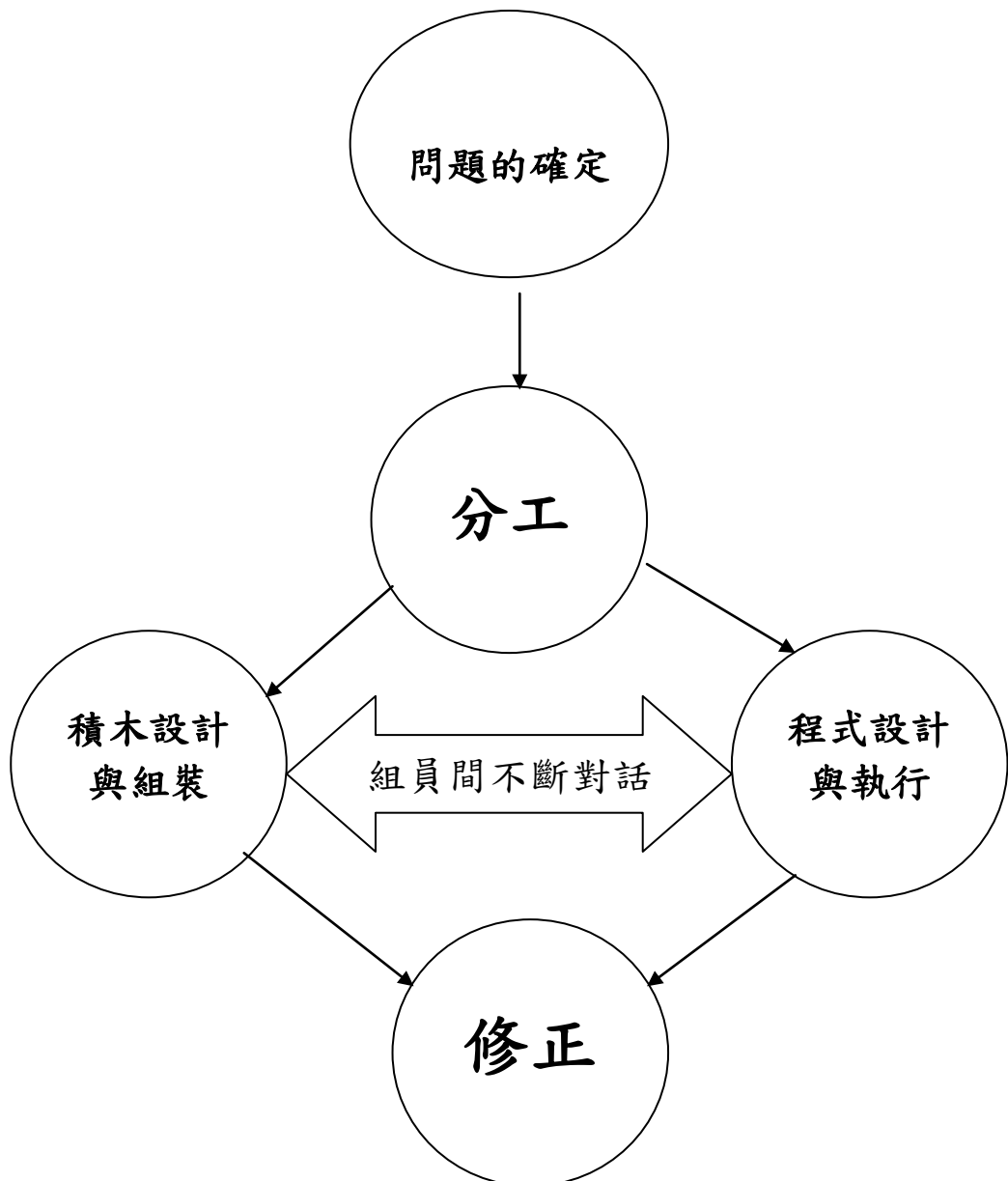
圖 D 程式停止的符號

（六）在問題解決的歷程中，「錯誤」是有價值的經驗

在與學生訪談的過程中發現學生對於在活動中所設計的程式或是機器，當遇到錯誤的時候會不斷的進行修正或改裝，而且對於錯誤的部分並不像在上自然課時那麼具有挫折感，例如 FS3 就認為在自然課實驗的時候，當知道做錯的時候，老師通常都已經打分數了，尤其考試的時候，也都是改完了考卷才知道錯誤，可是已經來不及了。MS1 在自然課中同樣遇到一樣的挫折，他說每次的作業做錯了不是老師罵就是媽媽罵，很不舒服，而且也都是老師改作業之後才知道錯在哪裡？已經來不及了。學生在面對錯誤的時候，會尋找錯誤的來源並且採取修正的動作，對於「錯誤」沒有出現挫折或不知所措的態度，反而更積極的想解決問題所在。

(七) 在問題解決的歷程中，包含五部分包括：1.問題的確定 2.分工 3.積木設計與組裝 4.程式設計與執行 5.修正

學生在問題的解決歷程中，先對問題的內容加以討論、確定，再分工進行解題工作，分為積木的組裝與程式的設計，然而儘管有分工的現象，組員卻不斷隨時保持對話，最後下載程式後執行，並進一步對結果做修正。其關係如圖四：



圖四 問題的解決歷程圖

三、學生在電腦樂高教學方案和探究活動情境中「合作學習」之情形

(一) 合作學習的第一步-加強同組的認同感

根據研究者調查，參與本次活動的學生雖然是來自同一個班級，但是在上自然課時卻從來不曾同一組活動過，雖然平時會在一起遊戲玩耍，卻也很少一起討論功課。研究者爲了提高學生對小組的認同感，要求男、女生各組爲自己的小組先取一個研究團隊的名稱，分別爲男生組取名爲火箭隊，女生組取名爲 U2 隊。

(二) 改善小組內無效的討論與溝通

研究者發現當活動開始時，組內成員間的對話往往是無效的或是溝通不良，有時甚至造成衝突，關於先前各隊自己所命名的隊名，並無法有效拉近隊員間的認同感與合作。由於對電腦樂高的好奇與新鮮，剛開始，組內的成員幾乎是各玩各的，例如在做零件分類的時候，火箭隊的男生還爲誰應該來做分類而造成爭執。這時研究者介入，首先，研究者透過影片「機器人五號」的片段以及電腦樂高機器人大賽的 VCD 影片，來引起各組成員的學習動機，並向各組解釋說明本次活動的目的與意義，讓學生清楚了解，需要透過各隊的組員間團結合作才能在一定的時間內完成挑戰。

(三) 各組會經由討論的方式，並能提出個人的意見，來形成對問題的共同看法。

研究者發現，接下來的活動，各組成員在活動中都是集體行動，一起組裝電腦樂高或者一起討論程式設計，但約經過一週後，雖然有分工的模式出現，但是在分工之前，各組成員依然會先就問題，做進一步的討論後，再進行分工。

(四) 同組內的學生相互支援與鼓勵是完成問題挑戰的關鍵

小組成員剛開始會以負面性質的話語批評因錯誤造成失敗的組員，經研究者指導後，會以正向性的語氣鼓勵因程式設計錯誤所造成的失敗。而在電腦樂高積木組裝的

過程中，研究者亦發現，三個人一起組裝電腦樂高積木時，容易引起爭執，尤其男生組，雖然會一起討論問題，但是剛開始的活動中，常常爲了誰要組裝積木而起爭執，造成無法解決問題，經過研究者指導後，以及同儕間互相的支援與鼓勵，漸漸的各組間形成了默契，進一步的分工，尤其程式設計方面，MS1 在個別訪談紀錄中，告訴研究者說他很佩服 MS3 的程式設計能力，而 MS3 也發現 MS1 很會組裝電腦樂高，FS1 與 FS2 也認爲 FS3 很會程式設計。在經過一週的學習活動後，同組內的學生相互支援與鼓勵的氣氛下，完成各項問題挑戰的活動。

(五) 小組成員分工情形

剛開始的活動中，小組成員對於活動內容與教材可能較不熟悉或是不了解，各組成員多一起行動，例如一起組裝電腦樂高積木或一起討論程式設計，但是研究者針對編號「4-1 挑戰單-翻轉機器賽車」（附錄二）、編號「5-1 挑戰單-機器人軌跡競速賽」（附錄三）、編號「6-1 挑戰單-樂高自動門」（附錄四）、編號「8-1 挑戰單-保全系統警報器」（附錄五）、編號「9-1 挑戰單-機器人投籃賽」（附錄六）等五項活動中，各組成員參與程式設計與電腦樂高積木組合等兩個活動程度，進一步觀察作成表一，在小組內，各位成員的能力與興趣的不同，透過表一的檢核，發現組員會針對有興趣的與自己有能力活動內容，積極參與並付出較多的時間，例如 MS3 對於程式設計非常有興趣，更將許多應用的程式圖形與程式寫法結構作成筆記。但對於樂高的組裝 MS1 的手就比較靈巧，再加上對組裝的機器人造型的創意，使得該組的機器人造型總是與眾不同。MS2 對上述兩項活動內容並無較明顯的偏好，但往往是問題解決的關鍵人物，能提出讓其他成員都接受的解決方式。在女生組方面，發現 FS1 與 FS2 很喜歡組裝樂高積木，而 FS3 對於利用程式設計來控制組裝好的機器人非常感到興趣，有關於該組電腦程式設計部份大多由 FS3 來完成。

表一 學生參與程式設計與樂高組合程度的觀察檢核表

學生 \ 活動	4-1		5-1		6-1		8-1		9-1		
	程式設計	樂高組合	程式設計	樂高組合	程式設計	樂高組合	程式設計	樂高組合	程式設計	樂高組合	
MS1	1	3	1	3	2	3	1	3	1	3	
MS2	2	2	3	1	3	2	2	2	3	2	

MS3	3	1	3	2	3	1	3	1	3	2	
FS1	2	3	1	3	2	3	1	3	1	3	
FS2	1	3	1	3	2	3	1	3	2	3	
FS3	3	1	3	1	3	2	3	2	3	1	

備註：1、2、3 代表參與的程度，1 表示參與程度低，2 表示參與程度中等，3 表示參與程度高。

儘管研究者發現各組間有分工的情形，但是在問題解決的過程中組員間是透過不停的對話與合作來完成的，例如在編號「4-1 挑戰單-翻轉機器賽車」（附錄二）活動中，爲了讓車子翻轉後能跑回起點，各組的組員剛開始就一直在討論車子如何設計的問題，直到有共識後才分工，接下來的測試階段，研究者亦發現程式設計者與電腦樂高積木的組裝者，又會一起來測試結果，並針對結果再次的討論與對話直到達成共識後，又分工各自修正所負責的部分。

（六）組間亦有相互支援與學習的情形

在研究者現場的觀察中亦發現，男、女各組間亦有互相支援與學習的現象，就研究現場的觀察，男生組大部分都是在向女生組調借零件，女生組卻常詢問男生組有關樂高組合問題。

四、在電腦樂高教學方案和探究活動情境下對學生科學學習態度之影響

（一）對課程內容感到新鮮、好奇與學習參與度高

在爲期一個月 36 六小時的活動課程中，除了一位女生中途生病請假一天外，其餘學生皆全程參與，從問卷與個別訪談中都顯示出學生對本活動內容感到新鮮、好奇並願意全心投入活動。每週三天的課程從早上九點到 12 點，研究者發現學生都忘記「下課」的時間，都必須靠研究者「強迫」才下課休息十分鐘，這是在一般自然教室很少見到的情形。經由自然科學學習態度問卷的前後測分析比較後，針對部分內容對學生進一步的訪談發現，在自然科課程方面，同學認爲在自然教室上課比較少動手做，常常是老師講，不然就是沒有興趣。研究者發現，學生對於電腦樂高上課的態度比原

來的自然科課程較正向，對於電腦樂高的活動感到有挑戰性與豐富性，並且願意積極參與。

(二) 喜歡老師上課的方式

在「對自然科教師的態度」問卷分析與進一步對學生訪談中，研究者發現學生喜歡自己學習，希望老師的態度不要很兇，也希望能經過老師的協助學習更多有趣的事情。以下是針對自然科學習態度問卷內容中的「對自然科教師的態度」部分對學生進一步訪談的記錄：

T：MS2，你覺得老師上課的方式和你們自然老師有什麼不同？

MS2：你比較有趣，而且你很客氣，我們自然老師比較兇。

T：還有呢？

MS2：上電腦樂高讓我覺得很忙，好像大部分的時間都是我們在玩，不過我很喜歡老師在我們遇到問題時，會提供我們線索。

(LSA-SI-91080105)

T：FS3，你覺得老師上課的方式和你們自然老師上課的方式，哪一個你比較喜歡？

FS3：我比較喜歡你上課的方式，因為我們自然老師上課有時就一直講，我都來不及聽，在這裡我們可以親自動手玩，比較棒。

(LSA-SI-91080109)

T：FS1：你覺得老師上課的方式和你們自然老師有什麼不同？

FS1：差很多。

T：哪裡不一樣？

FS1：你都是講一下子，然後我們就可以玩很久，可是我們自然老師都講很久，又不一定有實驗，比較不好，不過你教我們都很用心。

(LSA-SI-91080112)

學生的回答裡研究者發現，學生在上電腦樂高的課程時，總認為是在「玩」，對老師的要求，是希望多給他們動手玩的時間，而希望老師的態度要和藹親切，對電腦樂高活動中，對老師的態度是持正面的看法。

(三) 覺得在電腦樂高的學習活動中很有成就感

學生在活動中除了積極參與外，研究者發現一當學生完成挑戰單上的問題時組員

一起歡呼的興奮與成就常常表露無遺，以下是針對對自然科學習態度問卷內容中的「自然科學習動機」部分對學生進一步訪談的記錄：

T：MS3，我看你有做電腦樂高的筆記喔，你在自然課也有做嗎？

MS3：是有啦，不過都是媽媽叫我做的，但是這些（指著它的筆記），都是我記的資料，因為要程式設計有些問題不記下來會忘記，像這個符號（指著筆記上分叉的記號），我正在研究如何用它。

T：會不會覺得很難？

MS3：有時會覺得很難，跟 MS1，MS2 一起做測試的時候，有時要做好多遍，不過成功的時候很高興。

(LSA-SI-91071606)

T：FS3，你會不會覺得電腦樂高很難？

FS3：會啊！

T：哪一部份呢？

FS3：都很難

T：可是老師發現你的程式寫的很棒

FS3：啊！那都是大家幫忙的，不過很棒喔，因為成功的時候大家都很高興。

T：那在組積木的部分呢？

FS3：我不像 FS1、FS2 那麼厲害，像那麼多齒輪常常搞不清楚，不過到現在我才知道可以用程式控制來命令機器人的動作。

(LSA-SI-91073007)

在電腦樂高教學方案和探究活動情境下學生獲得成就感是主要的學習動力來源之一，經由動手操作以及能透過電腦程式，來控制機械行為解決問題，讓學生充滿立即回饋的成就感。在電腦樂高教學方案和探究活動情境下，學生的學習動機與科學學習態度是正面向的。

伍、研究結論與建議

一、結論

- (一) 電腦樂高提供豐富且具高互動性的科學學習環境，讓學生可以在活動過程中，使用豐富的科學過程技能、精練學生科學過程技能與培養學生科學過程技能。

不論是民國 64 年公布的國民小學自然科學課程標準，或者是民國 82 年九月公布的國民小學自然科學課程標準，乃至九年一貫中有關自然與生活科技學習領域，都將科學過程技能的內容納入其中，可見其重要性，而科學過程技能的培養與訓練不應該脫離情境單獨進行，在本研究中，研究者透過學生的先備經驗加上熟悉的生活情境，透過動手與動腦，在電腦樂高的教學活動中，藉由挑戰單的問題讓學生不斷在選擇適當的過程技能中來進行問題的探究與解決。

在每一個活動中，學生必須用心觀察，必須將下載程式與測試後的結果，做為下一次修正的依據。而光源感應器的使用，不僅讓學生了解測量所得數字的應用。更精煉了其使用的方法。在一連串的組裝、設計與下載測試中，如何找出相關影響測試結果的變因以及如何加以控制變因成為學生解決問題的重要關鍵。透過圖形化介面的程式設計，學生不斷嘗試預測所欲控制的機器人行為。

透過電腦的程式設計與樂高積木的組裝設計，研究者發現在電腦樂高教學活動中能提供豐富且具高互動性的科學學習環境，讓學生可以在活動過程中，使用豐富的科學過程技能、精練學生科學過程技能，更能培養學生科學過程技能。

(二) 電腦樂高教學方案和探究活動情境下，提供問題解決的訓練與培養之情境

在活動中，學生在形成問題的表徵過程中，多以可操作性問題呈現，學生不僅能主動思考、多方思考，並提出可行的方案與謀求解決策略。而遇到錯誤時，能透過圖形化介面的程式設計與樂高積木的組裝設計，進行修正，並了解到錯誤的價值所在，透過所發現的錯誤做為下次修正的依據。

而在解決問題的歷程中，學生發現重要的問題裡還隱藏著許多的次要問題，學生願意積極面對問題，透過同儕的討論與協助或經由老師的指導與幫助，了解基本的科學概念，如齒輪的運用、輪與軸的利用以及槓桿原理等或積木的組裝，與程式所提供相關的圖形功能，來解決所面臨的問題，以改變其問題空間，對解決問題的途徑並做最佳的選擇。

根據樂高公司提供的學習手冊中說明，學生在使用電腦樂高的過程包括 1.設計與組裝機器人 2.在電腦上編寫程式 3.將程式下載至 RCX4.測試與執行程式，而本研究發現學生在問題解決的過程包括：在問題解決的歷程中，包含五部分：1.問題的確定。2.分工。3.設計組裝機器人。4.程式設計與測試。5.修正。成為學生在電腦樂高教學方案和探究活動情境中，解決問題的模式。其中關於第 3 項與第 4 項往往是分工進行，

但是組員間是在不斷的對話過程中進行分工的任務。修正的過程也非線性循環式，而是依學生的觀察與判斷來決定從哪一個部分再做修正的起點。

透過電腦樂高教學方案和探究活動情境下，提供問題解決的訓練與培養之情境。

(三) 在電腦樂高教學方案和探究活動情境中，學生透過同儕的積極溝通、討論與互助以達合作學習之情形

在活動的過程中，小組成員間會針對問題進行討論與溝通，來形成對問題的共同看法。而小組成員的相互支援與鼓勵是問題挑戰的關鍵。由於學生對機器人的組裝設計與圖形化介面的程式設計有著不一樣的能力與興趣，小組成員形成有專門負責程式設計與機器人組裝的分工情形。但是關於機器人或程式的測試或執行小組成員皆共同參與。而活動中亦發現兩組間亦有相互交流技術與想法的情形。

在電腦樂高教學方案和探究活動情境中，學生透過同儕的積極溝通、討論與互助，以達合作學習之情形。

(四) 在互動式的數位可操弄工具 - 電腦樂高與學生科學學習活動中，能鼓勵與協助學生有關科學學習態度的正向發展

學生對於電腦樂高上課的態度比原來的自然科課程較正向，對於電腦樂高的活動感到有挑戰性與豐富性，並且願意積極參與。尤其對電腦的看法亦有所改變，認為電腦不再只是玩電動玩具與打字的工具，也可以設計程式來控制機器人。在電腦樂高教學方案和探究活動情境下學生獲的成就感是主要的學習動力來源之一，經由動手操作以及能透過定腦程式來控制機行為解決問題，讓學生充滿立即回饋的成就感。在電腦樂高教學方案和探究活動情境下，學生的學習動機是正面的。在互動式的數位可操弄工具－電腦樂高與學生科學學習活動中，能鼓勵與協助學生有關科學學習態度的正向發展。

二、建議

(一) 自然與生活科技領域教學建議

- (1) 教師可以融合 STS 教學理念，配合以學生的生活經驗為主軸的教學，以 2-3 人為一小組，設計電腦樂高科學學習課程，進行專題式合作學習與探究的科學學習活動。
- (2) 結合程式設計的概念與科學概念的應用，讓高年級學生學習基礎的生活科

技，透過實物的操弄與設計，再經由電腦程式的控制過程，讓學生了解基礎科技的應用，讓科技透明化。

(二) 未來研究建議

- (1) 電腦樂高科學學習課程，可以針對學生科學創造力的研究主題作進一步探討與研究。透過學生對樂高積木的創意組合，與豐富的程式設計變化，培養具創造力的下一代。
- (2) 關於電腦與程式設計在科學學習所扮演的角色與功能值得進一步探討與研究。
- (3) 可針對中低年級學童有關電腦樂高對其科學學習的影響進一步探討與研究。
- (4) 可針對電腦樂高所提供的科學相關概念做進一步的探討與研究。

陸、參考文獻

- 王美芬(1998)：《兒童科學觀的理論與研究》。台北市：心理出版社。
- 王貴春(2000)：《STS 教學與國小學生創造力及學習態度之研究》。台北市立師範學院科學教育研究所碩士論文。
- 田耐青(1999)：由「電腦樂高」談新世紀的學習：一個「科技支援之建構學習環境」實例。《教學科技與媒體》，第四十四期，24-35 頁。
- 邱貴發(1998)：《教育研究資訊》，第六卷(1)，頁 20-27
- 貝登堡國際公司(2002)。《機器人學苑》，2002 年 4 月 1 日，取自：<http://www.erobot.com.tw/school/>
- 杜榮珠、王美智(1994)：《電腦在教學上的應用—美國中小學電腦教學最新概況》，2002 年 2 月 16 日，取自教育部網站：<http://www.edu.tw/dep/docs/iecai52/ba018.htm>
- 郭重吉(1996)：〈建構論：科學哲學的省思〉。《教育研究》，第四十九期，頁 16-23。
- 莊奇勳(2001)：《STS 模組在課程與教學上之應用》。《開創課程新世紀—九年一貫課程學習領域教學研討會》。國立臺灣師範大學。
- 許志逸(1999)：淺談合作學習。《建構與教學》，第十四期第九版。
- 黃萬居(1997)：談建構主義的自然科教學。《教育資料與研究》，第 18 期，頁 35-37。
- 黃國鴻(2000)：《以專題製作為主的電腦化學習環境之比較研究：認知取向與情境取向》。彰化師範大學科學教育研究所博士論文。
- 張俊彥、董家莒(2000)：「問題解決」或「無問題解決」？電腦輔助教學成效的比

- 較研究。科學教育學刊，第八卷第四期，頁 357-377。
- 張靜馨（1995）：何謂建構主義？。中部地區科學教育簡訊，第三期。
- 潘怡吟（2001）：遊戲型態教學對國小學生自然與生活科技學習之研究。台北市立師範學院科學教育研究所碩士論文。
- 饒世妙（2002）：資訊科技融入國小自然科教學對學習成就與態度影響之研究。臺中師範學院自然科學教育學系碩士論文。
- Angier, M (1981) .Fun and Learning with Science Toys . *Discover* v2,n12, p46-51, Dec-1981.
- Comune di Reggio Emilia(CRE).(2002) . *Construction kits made of Atoms & Bits Project*. Retrieved April 1, 2002, from the CAB Project Web site: <http://cab.itd.ge.cnr.it/home.htm>
- Lars, P. A (1999) .*Toys as Knowledge-Teaching with toys in a School Context*.2nd International Toy Research Conference. Halmstad University, Sweden, June 14-19.
- Martin, F. & Resnick, M. (1990) .*LEGO/Logo and Electronic Bricks: Creating a Scienceland for Children*. Accessible on the web at <http://fredm.www.media.mit.edu/people/fredm/papers/nato/nato.html>. (August 1,1990).
- Mcgrath, D. (2000) . *Prosem B-III Theory*. Retrieved April 5, 2002, from <http://www2.educ.ksu.edu/Faculty/McGrathD/Spring00/Mindstorms.html>
- Ostwald, J. (1996). *Knowledge Construction in Software Development: The Evolving Artifact Approach* (Doctoral dissertation University of Colorado at Boulder, 1996) .
- Papert, S.(1980). *MindStorms*. New York: Basic Books
- Papert, S. (1988). *The conservation of Piaget: The computer as grist to the constructivist mill*. In G. Forman & P. B. Pufall (Eds.), *Constructivism in the computer age* (pp. 3-13). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Papert, S. & Harel, I., (1991). *Constructionism*. New York: Ablex Publishing Corporation.
- Papert, S. (1993). *The children's machine: Rethinking school in the age of the computer*. BasicBooks, New York, NY
- Resnick, M. (1996). *Distributed Constructionism*. Proceedings of the International

Conference on the Learning Sciences Association for the Advancement of Computing in Education. Northwestern University.

Sargent, R., Resnick, M., Martin, F. & Silverman, B. (1996) .*Building and Learning with Programmable Brick*. Constructionism in Practice (pp.161-173) .Mahwah NJ : Lawrence Erlbaum Associates.

Stein, M. & Miller D. (1997) . Teaching with Toys . *Science Teacher* v64,n4,p22-25.

A Study of the Design and Practice of Elementary Science Teaching Activity with Lego Datac Robotics System

Chih-Wei Wu¹ Wanchu Huang²

¹ Lilin Elementary School, Taipei County

²Graduate Institute of Science Education, Taipei Municipal Teachers College

Abstract

Based upon the pedagogy program of Lego Datac Robotics System and exploring activities for the sixth grader, the purposes of this study were as follows: (1) to investigate how students used Scientific Process Skills, (2) to investigate the process of Problem Solving, (3) to investigate how students reached the objectives of cooperative learning by communication, discussion, and helping each other, (4) to investigate the impacts of teaching activity and exploring the impact on learning science attitude of elementary students.

Based on constructionism and teaching strategy of inquiry, two groups with three boys and girls were teamed up for three days per week. In which three hours of Lego Datac Robotics club activities were implemented. Through observation on the subjects, process of the Lego Datac Robotics operation could be detected an analysis of the quality record.

The findings of this study were summarized as follows: (1) Lego Datac Robotics System provided a plentiful high interactive scientific learning environment for students who had the tremendous opportunities on utilization, training, and cultivation of multiple scientific processing skills. (2) Lego Datac Robotics System also provided an exploring activities environment for cultivating students problem solving ability. There were five processes: to ascertain the problem, to team work, to design and assembling for the brick, to program and execute, and to modify. (3) During the exploring activities, students took positive communication, discussion, and helping each other. (4) During the program and

exploring activities, students developed a positive attitude to learn science.

According to the findings in this study, some suggestions for science education and oncoming correlative researches were suggested at the end of the thesis.

Key words : Constructionism, Cooperative Learning, Lego Datac Robotics System, Problem-Solving Processing, Science Process Skills

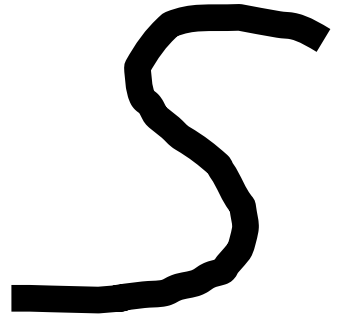
附錄一

1-2 挑戰單-光源感應器的運用

1. 先將光源感應器裝在 RCX 2 號輸入端，將馬達裝在 RXC 1、3 號輸出端，執行程式 3 時你發現什麼？

2 如果將光源感應器移到較亮的地方時，你發現什麼？

3 如果將光源感應器移到較暗的地方時如右圖
你發現什麼？

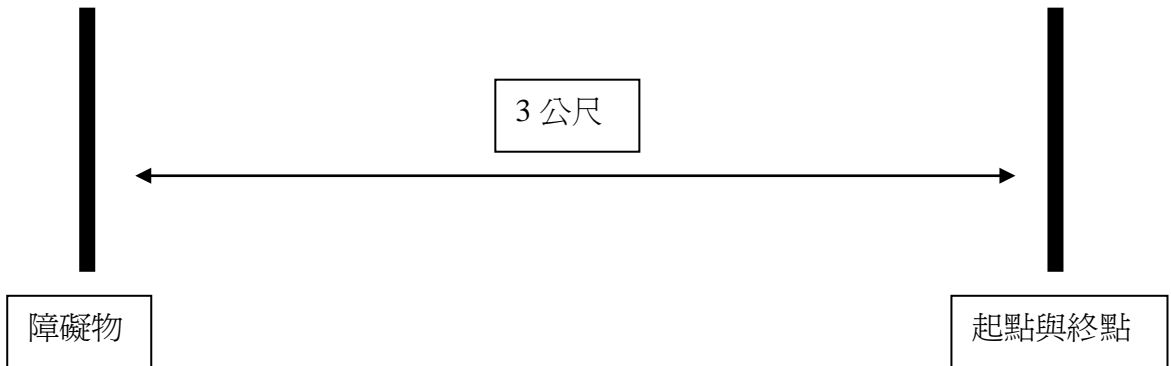


4 如何讓馬達再轉動？

附錄二

4-1 挑戰單-翻轉機器賽車

利用兩個馬達、光源感應器與四個輪子，請學生設計一個遇到障礙物後而翻轉的車子，能離開障礙物繼續前進而回到終點。



1. 你遇到了怎樣的問題，請把問題內容清楚的寫下來？
2. 你的解決方法是什麼？
3. 你撰寫的程式步驟是什麼？
4. 在這次的挑戰中，你在小組中提出了什麼想法，幫忙了哪些事情？
5. 在這次的挑戰中，你的組員幫忙了哪些事情，對你在問題解決上

是否有幫助？

附錄三

5-1 挑戰單-機器人軌跡競速賽



1. 在設計車子的過程中，遇到了什麼問題？你如何解決？
2. 寫下程式設計的步驟。
3. 在這次的挑戰中，你在小組中提出了什麼想法，幫忙了哪些事情？
4. 在這次的挑戰中，你的組員幫忙了哪些事情，對你在問題解決上是否有幫助？

附錄四

6-1 挑戰單-樂高自動門

1. 自動門有哪些功能？請分析自動門如何動作。
2. 自動門的功能可以用到哪休電腦樂高積木來代替？
3. 請寫下控制自動門的程式步驟。
4. 在這次的挑戰中，你在小組中提出了什麼想法，幫忙了哪些事情？
5. 在這次的挑戰中，你的組員幫忙了哪些事情，對你在問題解決上是否有幫助？

附錄五

8-1 挑戰單-保全系統~警報器

現在在博物館正在展出珍貴的寶物，請你設計一個可以防盜的系統以防寶物被偷走。

1. 請你說明你的防盜系統有何功能？
2. 可以用到哪些電腦樂高積木來提供所需的機能？
3. 請寫出你設計的程式步驟。
4. 你在執行測試程式的過程中，遇到什麼困難？如何解決？
5. 在這次的挑戰中，你在小組中提出了什麼想法，幫忙了哪些事情？
6. 在這次的挑戰中，你的組員幫忙了哪些事情，對你在問題解決上是否有幫助？

附錄六

9-1 挑戰單-機器人投籃賽

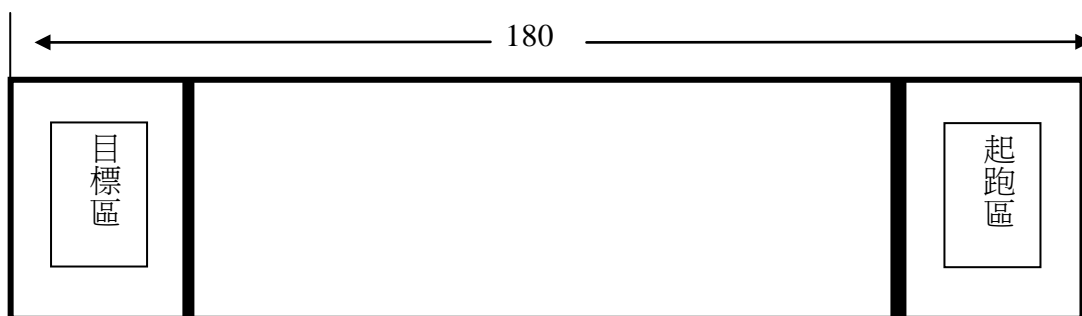
(改編自機器人學苑網站：<http://www.erobot.com.tw/school/>)

1.比賽方式：

以限時投籃計分，每個機器人以3分鐘為投籃時間，比賽三回合，以投入球數最多的回合作為成績依據。

2. 比賽場地：

- ✦ 機器人投籃賽的比賽場地為50公分 x 180公分，底色為白色，起跑區為40公分，起跑線及投籃底線為黑色3公分，投籃區為起跑線至投籃底線之間。
- ✦ 籃框為一個長50公分、寬40公分、高20公分的盒子。



3.機器人：

- ✦ 使用的馬達及光源感應器皆不得超過兩個，不得使用觸控感應器。

4.規則：

- ✦ 機器人必須離開起跑區進入投籃區始能投籃，但不能越過投籃底線投籃，投籃後機器人必須自動回到起跑區再投籃。
- ✦ 每隊只允許一名指定隊員放置乒乓球及操控機器人。
- ✦ 投入一球得一分。
- ✦ 若機器人未在投籃區域內投籃，或離開比賽場地，則該回合比賽停止，以已投入之球數計算分數。

5.請分析投籃機器所需要的功能與結構。

6.依據分析的結果，可以用哪些電腦樂高積木來組裝？