

# 機械人組合教學輔具在國小學童創意學習 與問題解決歷程教學上之應用

謝建全

國立嘉義大學特殊教育學系

施能木

國立台東大學美勞教育學系

鄭承昌

國立台東大學初等教育學系

## 中文摘要

本研究旨在探討機械人組合教學輔具在國小學童創意學習與問題解決歷程教學上之應用。本研究以台東縣東海國小五、六年級二十七名學童為研究對象，以三人為一組而分成九個組，利用「樂高天才小發明家 2.0 (Mindstorms RIS 2.0) 機械人積木組合」為教學媒體與教材，自行設計「創意與問題解決」課程以進行教學活動，教學實施的時間為 20 週且每週三小時。本研究利用教學活動檢核表、田野筆記、情境地圖、攝影及照像以進行觀察及分析。

研究結果發現：1.使用「概念圖 (concept map)」於創意教學，可以促進學童們在問題解決時彼此間的創意對話，有助於他們問題解決能力的提昇；2.使用樂高積木與 RCX 程式設計來創造不同功能的機械人時，可增進學童的後設認知能力，以及他們可更具體表達出創意發展、問題解決的歷程；3.在相同的問題情境下，學童們通常會創造出不同功能的機械人設計，以顯現他們出多樣化的創造力。

**關鍵字：**創意學習、問題解決、情境學習、教學設計、概念圖、後設認知

## 壹、緒論

從建構理論的學習觀點而言，有意義的學習是包括操作具體的物品，同時藉由個人的理解而產生新的概念 (Piaget, 1964/1972; Papert, 1990/1993a)。同樣的，有意義的學習是藉由先前知識體、新概念間認知結構的互動而形成的 (All, Huycke, & Fisher, 2003)。在學習活動中操作具體的物品，其目的在於可表現出學習者在問題的創意，以及建構他們對真實社會的洞察力。因此，學習者能夠讓問題更加具體化，以及建構出他們自身對於問題的理解。一個良好的學習環境將提供有趣的、具挑戰性的學習活動，以鼓勵學習者進行創意的探索、改善解決問題的技能，以及引導他們發展不同的問題解決方案及歷程。

引發學童學習的動機是重要的，玩具對學童是良好的學習媒介，因為當他們在玩玩具時，皆可維持較長的時間，而且會賦予玩具新的意義。「LEGO」此字詞源自於丹麥文「Leg godt」，其代表的含義是「很好玩」的意思，因此自 1932 年起 LEGO 對許多兒童而言即是建構性玩具的代表。諸多研究利用 LEGO 建構組件來進行數學、科學的學習活動，研究結果皆顯示 LEGO 建構組件可提供學童玩中學 (learning by playing) 的環境 (Resnick & Ocko, 1991; Weir, 1992; Hall & Hopper, 1993)。再者，美國羅德島州的中小教育署於 1995 年建議：在 K-12 的數學課程綱要中，加入使用 LEGO 建構組件以幫助學童解決數學的相關問題。

雖然，教學者可選取一套良好的學習輔具，並且嚐試去協助學習者實現做中學的各種練習活動，但是教學者必須完成的最重要工作即是：教學者如何將學習理論的建構觀點與他所選的學習工具，實際對應到教學活動設計的內容。在前述的討論內容中，可知在學習活動中操作具體物品，可反應出學習者對問題的創意以及他對真實社會的洞察力，也就是學習者將可組織出對問題的知識，並且在問題解決的過程中提出新的概念。再者，根據 Ayersman (1995) 的說法：在記憶中的結構化陳述性知識可促進個人重新思考、組織、及找出在創意、創造性思考兩者間關係的表示式，這便稱為「後設認知 (Metacognition)」。同時，Ayersman 認為學習者個人對於不同概念、創意間關係的認知理解，通常是促使在問題解決學習歷程中持續精進的重要因素。利用圖形的表示方式來呈現概念間的知識結構與關係，即是所謂的「概念圖 (concept map)」(Jonassen, 1993)。換言之，概念圖是教學者、學習者用來檢視特定問題的圖像式工具，及組織出自己對問題相關的先備知識與概念。因此，概念圖的使用有助於教學者、學習者兩方以有意義的方式將資訊放在一起，並且獲得學習、指導過程中重要的洞察力 (All, Huycke, & Fisher, 2003)。

基於以上內容的討論，本研究將選用 LEGO 建構組件中的 Mindstorms RIS 2.0 (天才小發明家 2.0) 套件為教學媒體與教材，因為它是套具有可動手做及做中學特性的學習輔具，用以幫助學習者具體地實踐他們的創意來並解決相關問題。LEGO Mindstorms RIS 2.0 是套具備動力、可程式的機械人組件，它總共有 718 片的零組件，其中包括兩個馬達、多個感測器及連接線、積木及齒輪，以及一個類似小型電腦的控制器稱作 RCX (Robotic Command Explorer)。再者，利

用「機械人的創造」來進行創意學習是一項相當新的課程，因此在此新課程中如何指導學童們進行學習便是項挑戰工作。在「作中學」課程中利用概念圖作為教學工具，同時再利用 LEGO Mindstorms 具有程式控制的組合套件為教學輔具，如此可提高學生學習動機與成效，這雖然已經被加以理論化。但是，卻缺乏有關概念圖結合機械人創造學習活動的相關研究或教學內容設計。因此，在本研究之中，我們試圖提出一個教學活動設計，它是奠基於利用概念圖來幫助學習者擴展他們在問題解決過程中溝通彼此知識的能力，同時也讓他們建構出新的概念。所以，本研究的目的是：探討國小學童在創意、問題解決的學習歷程，同時試圖探究下列待答問題：1.應用概念圖能否促進學童提昇問題解決的能力？；2.教師以機械人組件為教學輔具，能否讓學童將創意具體落實並解決其所面對的問題？在相同的問題情境下，學童們能否創造出不同功能的機械人設計，以顯現出他們多樣化的創造力？3.在相同的問題情境下，學童們能否創造出不同功能的機械人設計，以顯現他們出多樣化的創造力。

## 貳、文獻探討

### 一、建造論（Constructionism）

LEGO Mindstorms 是經歷十五年的研發時間，而在 1998 年開始量產發售，它是著名的丹麥樂高集團（玩具製造商）與美國麻省理工學院媒體實驗室（以學習及認識論著稱的研究機構）合作的計畫成果。同時，Seymour Papert 是整個認識論與學習研究群的領導者，有關 LEGO Mindstorms 的學習理論基礎主要根源於他所提出的建造論（Constructionism）。我們將進一步說明建構論的理論基礎與實施：

#### （一）建造論的意涵

建造論（Constructionism）是由 Papert 所提出的學習理論，它是 Papert 延續修正皮亞傑的建構主義（constructivism）而提出的，此理論特別強調學習者必須有意識的從事某項公開事務的建造。因此，建造論特別強調：1.學習是主動的歷程，知識不是自然獲得的而是製造出來的，也就是學習者從經驗中主動建構知識；2.當學習者熱衷於對個人具有意義的事物時，他對新知識的建構是特別具有效率。其中，第一項觀點是建立於皮亞傑的建構理論之上，而 Papert 加以擴充而成為建造論（Resnick, 1996）。

建造論的基本理念是「從做中學」，強調學習者要從事創作外在的或可與他人共享的作品。學習者所從事的活動並非都可算是學習的活動，最重要的是此項活動必須具備豐富的學習內容（learning-richness）的本質。學習者在從事建構活動之時，可以隨時參照其成果的進展而獲得靈感與引導，並可以更具體地去操作此項實物。透過這項逐漸成形的作品，創作者可以指著某實質的一部份回溯其過去的思考，並規劃出未來的活動。此外，在設計的過程中，學習者除了規劃之外，更可藉實際動手做去測試其設計過程中的創意。在學習者的作品發展過程中，他會不斷的修改，甚至推翻原有的想法，

而非只是執行公式化的程序（Roth，1998）。

再者，由於電腦科技高度的發展，Papert（1988）所提的建造論除強調「從做中學」的觀念外，並且認為「形式運思」的思考風格不一定優於「具體運思」的思考風格，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成效（吳志緯，民 91）。因此，Papert 所提出的建造論是建立於兩個不同的建構（construction）觀念：一是學習是主動的建構新知識，而不是被動的接受；二是透過對事物的操弄，並且進一步的呈現、發展，或與人分享而達到個人有意義化的建構學習（Papert & Harel，1991）。McGrath（2000）認為：Constructionism（Papert）= Constructivism（Piaget）+ Construction（Lego/Logo），也就是 Papert 的建造論是涵蓋皮亞傑的建構理論，再加上能夠讓學習者主動操作的實物（如 Logo 程式，或 LEGO 積木）。

Papert 和 Harel（1991）指出建構論與建造論的差異在於：建構論認為知識是由學習者建構，而非教師所提供；建造論認為精進的創意通常會發生在學生者投入某些事物的建造、或與他人分享經驗時。建造論也支持建構論的觀點：學習者是一個主動的知識建構者，然而也強調在外在作品的建造，因可讓學習者彼此分享創意。雖然沒有外在作品的創作，學習者仍然可以建構且表達知識，但有更多的證據顯示藉由外在作品的創作，學習者可以有更互動，以及分享他們所瞭解的事物及想法。

## （二）建造論的落實

建造論（Constructionism）在教育上兼具有學習理論與學習策略的特性，它建立於皮亞傑的建構論（Constructivist）。建造論認為知識不是簡單地由教師傳達給學生們，而是學習者主動的心智建構，學習者不僅是獲取創意（ideas）而且是開創出自己的創意（Papert，1993b）。因此，建造論主張：應該讓學習者主動地參與一些外在作品的創作，同時讓他們有機會表達自己的看法，及與他人分享想法，如此新的創意極有可能會被創造出來。

因此，在以建造論為基礎的學習環境中，教師所扮演的角色是協助者的身分，來指引學習者依其學習途徑進行學習活動；而學習者必須完成指定的作業以達教學目標，如此他們可以探究、產生、解決問題。所以，基於建造論所建置的學習環境必須包含下列要素（Han & Bhattacharya，2001）：

1. 陳述具有發展可能的題目（rubrics）。
2. 解說作業的對談過程。
3. 探究在完成作業過程中所用到的多樣化策略。
4. 學習者彼此間的詢問、學習討論。
5. 完成作品的展現。
6. 讓創意得以修正與發展的專案（project）。
7. 學習者間的合作（collaboration）。
8. 學習者能與外面世界的技術專家一起做事。
9. 學習者能從事真實世界的工作。

換言之，以建造論為主的學習環境，一開始就設定課程／單元目標與期望是重要的，如此學習者會清楚瞭解他們試著要獲得的內容及表現的程度。而多樣的策略就是允許學習者利用不同的方法，以解決他們所遭遇的問題；藉由展現作品及學習的討論結果，學習者可獲得回饋而來修正他們的計畫或作品；與真實世界有關的應用，可讓學習者真學到在有意義情境 ( meaningful context ) 中所發生事物的處理程序。

在教室的教學情境中，建造論能被落實在兩種教學模式 ( Han & Bhattacharya, 2001 )：一、設計式學習模式 ( Learning by Design, 簡稱 LBD )；二、專案式學習模式 ( Project-Based Learning, 簡稱 PBL )。因為同樣受到建造論的理論與策略的導引，因此它們有著許多共同的特性，即兩種教學模式皆是以學生為中心的學習環境，學習者被賦予更多的學習責任，同時學習者有更多機會參與對他們有意義的真實世界中的工作。然而，此兩者不同之處在於參與者被期望完成作業的類型。在 LBD 中，參與者被期待完成一個事先有選定觀眾的作業，而這觀眾可能是同儕、老師、或家長，所以作品可能是一個人可完成的創作，或者是必須小組共同合作的作品；而在 PBL 中，作業是一個需要長期完成的專案，或者必須與其他人共同合作的作品，但它是不需要設計出一個有預設觀眾的學習環境。

## 二、問題解決歷程

在認知心理學裡所談論的問題解決著重於「問題空間 ( problem space )」，因此無論一個問題的「問題空間」之特性為何，其問題解決的歷程卻是相同的。在初始階段中，問題解決者會對該問題形成一個表徵 ( form a representation )，其表徵的組成可能包含在工作記憶中活化的訊息，以及其他外在的表徵。一般而言，這樣的表徵會含有對該問題的「已知」部分 ( givens )，比方說，當面對一道以文字形式呈現的代數問題時，人們總是先讀這道問題，並在工作記憶中呈現其意義，包括指定變項的數值。或者，他們也可能會在紙上寫下一些方程式，表示出他們認為該問題的已知部分。這些表徵接著便會活化存於長期記憶中關於文字問題的知識，好比辨識出該文字題的類型，並且從而形成可用以找出該問題解決方法的線索。這個活化解決方法的歷程會被應用在當前的情境中。至於知識的活化歷程與應用，調合在一即是所謂的問題解決歷程中的「搜尋問題空間」。最後，人們還會對所使用的解決辦法是否成功進行評估 ( evaluation )。

上述的這些歷程序列，在解決一個問題時可能會發生好幾次。也就是說，在形成一個問題之初始表徵，及活化該表徵的相關知識後，問題解決者可能會發現所活化的知識其實並不適用 (如：在評估解決辦法後，結果發現該問題並沒有被解決)。接著，該問題解決者可能會形成另一個新的表徵，並活化不同的知識，以形成線索來找出不同的解決歷程，而這個過程的結果會再被評估。如此，重複的動作或循環的歷程會一直被持續，直到一個問題真正被解決。

由此我們可以看出，問題表徵本身對問題解決的成功與否可說是最重要的

關鍵，因為表徵可以決定長期記憶中的哪一項知識會被活化。人們有各種不同的方式可以用來形成一個好的問題表徵。有時，一個問題可能是個熟悉的問題，而問題解決者也會辨識出它是個熟悉的問題。這類情形對於問題解決者而言，要形成一個好的問題表徵便是件輕而易舉的事了——他並不需要在長期記憶中仔細搜尋該問題的表徵方式，且一旦形成了某個表徵，長期記憶中自然會有解決辦法、或是與解決辦法有關的概念。換句話說，解決辦法可能是以生產法則的形式被儲存的。反過來看，有些問題對問題解決者而言可能是較不清楚的，或是較不熟悉的，那麼這時候他們便要用到推理歷程，幫助自己對本身所有的、或是可得到的訊息，勾畫出較好的結論。

由上述可知，無論要解決的問題為何，都可以應用相同的問題解決歷程，即：形成表徵、搜尋問題空間、以及評估解決方法（岳修平譯，民 87）。其詳細說明如后：

1. 形成表徵：在問題出現後，解題者必須以其具備的知識先對問題加以表徵，找出解決問題的線索；
2. 搜尋問題空間：在問題表徵形成後，解決者必須依問題狀況的變化，隨時修正其對問題狀態的表徵；選擇適合的解題策略以克服障礙，完成目標；
3. 評估解決方法：在獲得解決方法後，解題者必須對所得的答案作檢核以確定答案能成功解決問題。

### 三、合作型問題解決模式

事實上，合作學習是一個知識一再建構與重整的過程（an interactive process of knowledge construction and transformation），學習者在合作的過程中透過交談對話，進一步的自我檢修知識的內容，調整、深化及發展知以解決問題（鄭晉昌，民 91）。因此，此知識建構的過程可分成三階段（鄭晉昌、施郁芬，民 83），這三個階段的說明摘述如后：

1. 溝通（communication）：在知識溝通的階段裡，參與者只是儘可能的試著去攫取學習活動中的資訊，彼此間僅交換和傳遞有關學習活動的訊息，及試圖對問題的情境尋求理解。在這個階段中，雙方對社會的互動需求較少，而且對於彼此之間的概念需要修正的情況也較少。當學習者獲得更多有關問題的資訊，而且彼此間的瞭解加深的時候，將開始進一步深化彼此間的合作的內容。
2. 協商（negotiation）：在這個階段中，參與者開始發展問題解決的策略，以及開始將他的想法分享給同伴，他試著去說服同伴同意他的看法，而且在對方有不同意見的時候，努力地辯護自己的想法。同問題解決的方案也就從一些不一致的看法中，經由協商逐漸的發展出來。知識的協商需要參與在之間相當程度的協調、互動，繼續不斷的對彼此之間共同概念加以修正。
3. 統合（consolidation）：在知識統合的階段中，參與者已形成相當的共識，一起合作來建構及維護對問題的共同概念，一起檢驗及確定問題的解決方案。此階段需要參與者之間最程度的互動與協調。

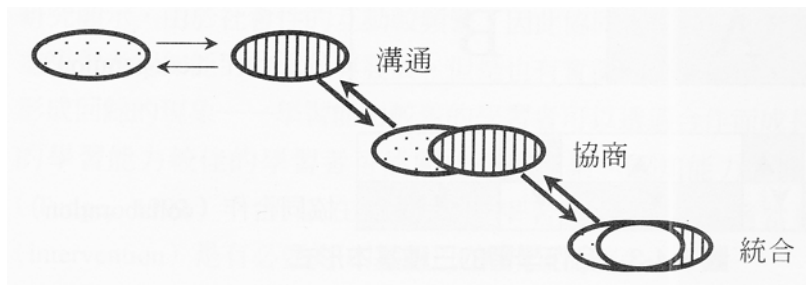


圖 1：合作型問題解決模式知識建構與重整的三階段

圖 1 說明這三個階段之間的互動演進。在統合階段，學習伙伴之間如果發現共同提出的問題解決的方案無法成功的解決問題，則合學習將會回到協商階段，繼續合作共謀商議下一個解題計畫。如果彼此雙方不能達成問題解決的方案，則合作的雙方會進一步回到溝通階段，重新釐清對問題目標與問題情境理解上的差異。個體的知識就是在此三個階段，周而復始的慢慢建構出來。而成功的合作學習，也必在最後統合的階段中完成。

#### 四、概念圖及其教學上的應用

概念圖法 (concept mapping) 被認為是應用學生認知的空間思考能力以促進學習的教學策略。當概念圖被視為一種教學策略時，它是動詞而非名詞，意指教師引導學生應用空間性組織 (spatial organization) 以聯結不同概念間的關係，換言之，知識結構中一些相屬概念及彼此間的關係被以圖繪的方式呈現出來，促進學生對新教材學習的記憶和理解 (李咏吟，民 89)。

Jones、Palincsar、Ogle 和 Carr (1987) 指出概念圖法的三種主要型式：蜘蛛網構圖 (spider maps)、鎖鍊構圖 (chain maps) 與階層構圖 (Hierarchy maps) (如圖 2 所示)。每一種型式各代表知識的特殊結構，概念和概念之間的關係也因而不同。

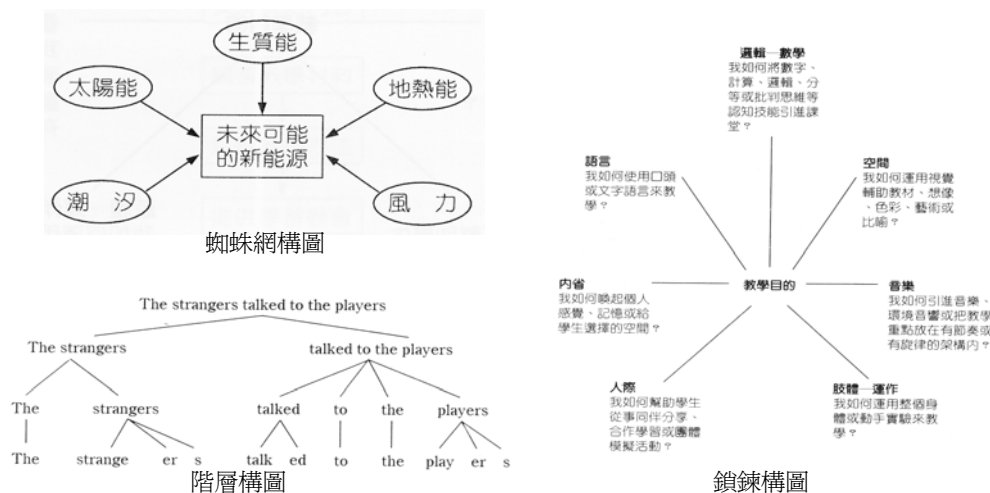


圖 2：不同類型結構的概念圖

有關概念圖的建構有五個步驟 (Leung, 1996)，其內容說明敘述如后：

1. 選擇 (select)：聚焦在一個較小的主題，然後確認出相關的關鍵字或語詞。

2. 排序 (Rank)：將許有概念 (關鍵字) 由最抽象且廣泛一直排序到最具體且明確，而將概念加以分類排列。
3. 分群 (cluster)：將概念依據彼此的相似程度及關聯情形加以分群。
4. 安排 (arrange)：利用圖表的方式將概念安排於其中。
5. 連結與加說明 (link and add proposition)：利用連結線標明概念間的連結，同時加說明在每一連結線上。

概念圖在教學上的應用與實施，大致可分為四個步驟 (Leung, 1996)，其內容敘述如后：

1. 教導一個主題 (teaching a topic)：在建構概念圖時，不同的概念是可以澄清且被安排在一個有系統的序列中。在教學上使用概念圖，可以促進教師更清楚地知道關鍵概念及其彼此間的關係。同時，它也有助於教師傳達諸多主題及其彼此關係的清楚圖像給學生們，讓他們能夠瞭解主題所包含的概念。此種方法不會有遺漏、錯解任何重要概念的現象產生。
2. 增強理解 (reinforce understanding)：使用概念可增強學生們的理解與學習，它可促使學生們將關鍵概念圖像化及概述它們彼此間的關係。
3. 檢視學習與確認誤解 (check learning and identify misconception)：使用概念圖可協助教師們評量教學的歷程，也就是藉由確認學生們所誤解、遺漏的概念來評量他們的學習成效。
4. 評量 (evaluation)：學生們的學習成效可藉由概念圖來檢驗或考核。

## 參、研究方法與步驟

### 一、研究方法

本研究以台東縣東海國小五、六年級二十七名學童為研究對象，以三人為一組而分成九個組，利用「樂高天才小發明家 2.0 (Mindstorms RIS 2.0) 機械人積木組合」為教學媒體與教材，自行設計「創意與問題解決」課程以進行教學活動，教學時間為期 20 週且每次授課時間為三小時。本研究利用教學活動檢核表、田野筆記、情境地圖、攝影及照像以進行觀察及分析。

### 二、研究步驟

本研究計有 27 位國小五、六年級的學生參與機械人創造專題的教學活動，他們是以三人為一組且採抽籤隨機指派方式決定組別，因此共分為九小組進行教學活動，每組發給一套 LEGO Mindstorms RIS 2.0 機械人組件，各小組利用此教學輔具創造出符合指定、自定的專題內容的機械人，然後透過競賽、或目標達成與否與進行評量。

### 三、教學活動設計

本研究整個教學活動進行 20 週，每週以三小時的社團時間方式進行創意與問題解決的教學活動，如表一所示。在教學課程中，師生可藉由實際動手進行機器人製作，及使用邏輯思考能力來撰寫可讓機器人運作的程式，並且以所創造之機器人來解決教師所指定的問題。同時，在問題解決過程中，學童們不斷地修正

機器人的機械結構與其運作之程式內容，直至找到可真正解決問題的方案為止。每個教學單元活動進行時，皆採取全程錄影及照相方式記錄資料，然後教學日誌記錄教學活動過程中師生互動、合作學習、學生創造與問題解決模式之歷程等資料。

表一、單元活動及施行時程表

單元名稱	單元目的
1. 伊甸園	1. 了解機器人積木之基本構造，及各元件之基本功能。 2. 能以現有之積木創造自行構想之機器人模型。
2. 連接我的智慧 -- 創造另一個我	1. 依據前一單元所學之基本元件組合一簡單機器人，並使之運動。 2. 學習速度及距離概念，學習視覺化、直覺式之基礎機器人程式設計。教師給定某固定長度之直線距離，學生能製作可進行簡單之定長直線運動之機器人以解決教師所提出之問題。
3. 機器人競速	1. 教師給定一固定距離之直線，學生能依前一單元所學之基本概念，修正其機器人設計，考量重量、機械運動、速度、運動穩定性等因素，進行機器人改良。 2. 舉辦機器人競速比賽，學生以文字及圖片介紹其小組所設計之機器人，並從各組所設計之機器人裡了解其他團隊所設計之優缺點。
4. 我的寶貝會轉彎	1. 學習各動力機械積木之運動模式及其控制命令。 2. 學習角度及平面幾何之數學概念，以程式控制動力機械模組，控制機器人進行非直線運動，使機器人能依教師所提出之不定方向軌跡問題運動。
5. 真實世界大不同	1. 學習訊息處理架構與學習感知積木之運作模式及其控制與訊息接收命令。 2. 教師給予不特定之三項障礙物阻擋機器人運動，學生設計之機器人能判別障礙物並繞過或避開阻擋物繼續運動。
6. 登陸月球	1. 教師安排障礙物，學生所設計之機器人除能判別障礙物且繞過或避開阻擋物繼續運動外，並能以最短之時間到達所指定之地點。在此單元活動中，教師每週提出一障礙物安排模式，依次加深環境之複雜程度，以訓練學生解決複雜問題。 2. 學生必須應用之前所學習之概念、技術、以及相關之數學，空間與障礙物之相關位置，設計機器人，判別障礙物，以解決教師所提出之問題。
7. 推骨牌機械人	1. 教師安排紅、黃、綠、藍等種四種顏色的骨牌，學生所設計之機械人要能正確地辨識骨牌的顏色，並且在行進之間必須能夠順利地推倒紅色、黃色的骨牌。 2. 學生必須應用之前所學習之概念、技術，及測光感測器的使用及程式的控制，以及設計出機械人推骨牌的機械裝置，以解決上述的問題。
8. 健美選拔	成果展覽，強化學生之後設認知能力。學生必須學習以文字、圖片、影音等方式，將其最滿意的機器人設計表達出來，並公開展覽與實地解說其設計。

教學活動進行的初期，因學生們不具備有將概念圖對應到解決問題的先備知識的能力。因此，為幫助學生獲取能將創意順利對應到先備知識、問題或專題的能力，我們在課程的前三週時間內提供一些簡單問題或專題的範例，引導學生如何利用概念圖去對應出已具備的知識、及在解決問題時應具備的概念，如此學生們便可學會利用概念圖來瞭解問題的關鍵知識與技能，以及解決問題的分析方法。圖 3 所呈現的是「雙馬達驅動的車子」範例專題的概念圖；圖 4 是其中一組

學童們所創造出的雙馬達驅動的車子的圖片，它是符合概念圖反應出來的專題範例。

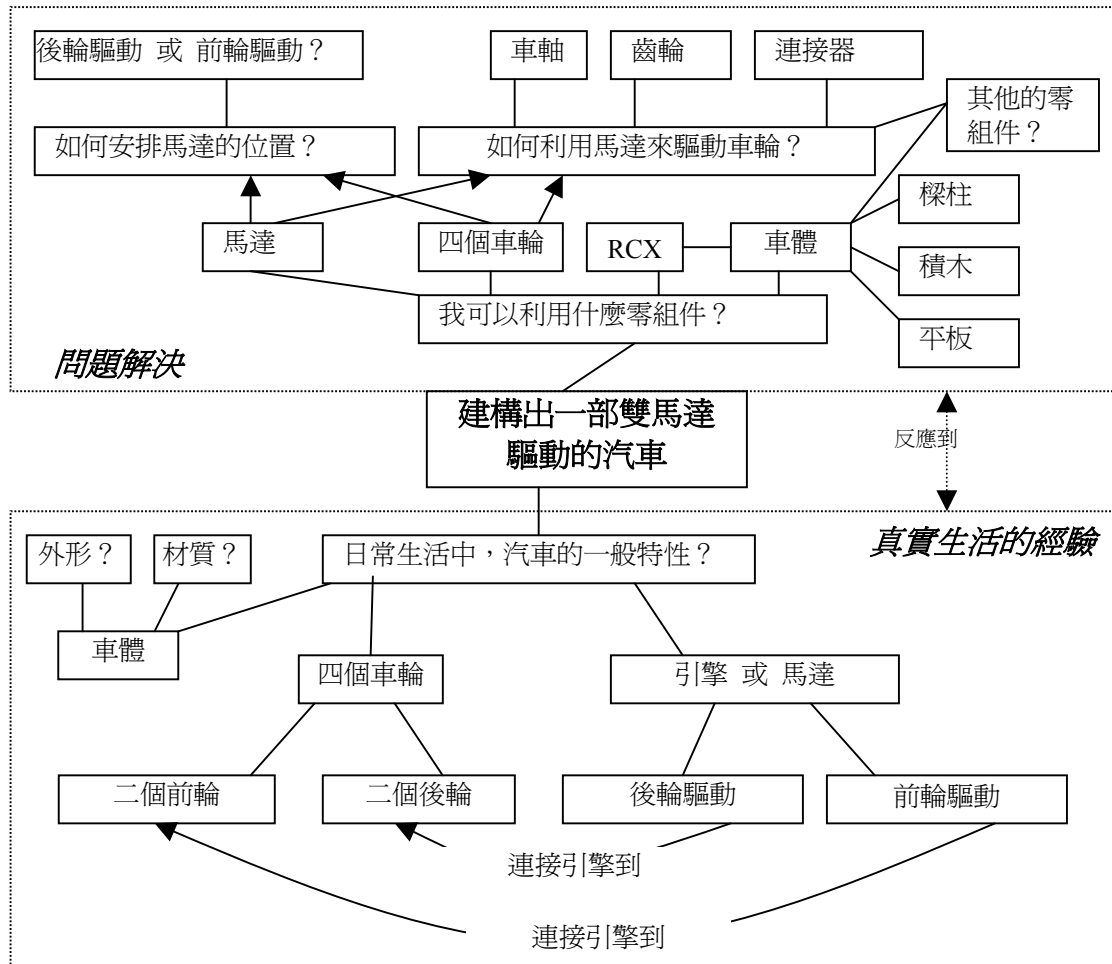


圖 3：一個建構雙馬達驅動汽車範例專題的概念圖

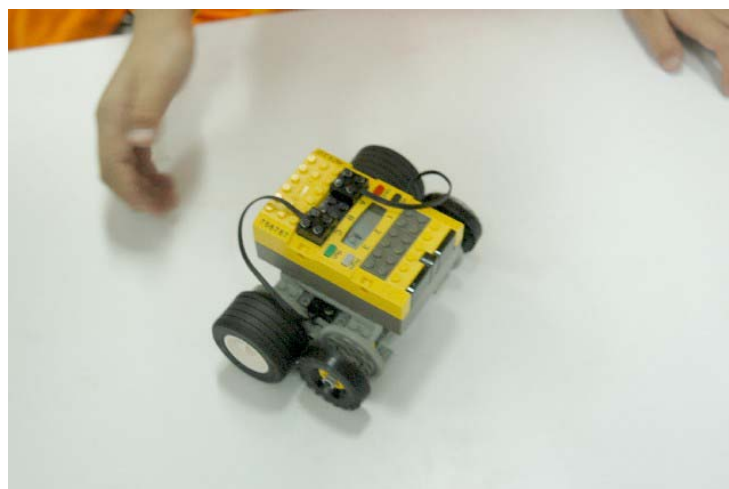


圖 4：一小組依據圖一的概念圖所建構的車子

就圖 3 所示，在教學活動中引導學童們說出他們真實生活中的相關經驗，然後再將真實生活的經驗反應到問題解決的歷程，逐步地分析出概念圖中的各個細項及彼此間的關係，如此建構出學童們自身可理解的概念圖，進而創造出如圖 4 的雙馬達驅動的車子。事實上，圖 3 所示的概念圖並不是非常完整的，它只是研究者用於引發學童們去作深度思考的動機。在教學活動之中，學童們是被鼓勵去利用、組合基本的組件以創造出小組的機械人；同時，教師們也利用概念圖來幫助學童們建構出未來教學活動中所需的知識架構與基模。因此，建構學童們有關機械人創造的必備概念，以及描繪出概念圖的教學內容則持續了三週。在這三週的教學活動中，學童們會被鼓勵去修改所描繪出的概念圖，教師們也會適時適切地給學童們修改的意見。所以，概念圖不僅是專題的製作藍圖，對學生們而言也是認知工具，用於精進他們先前的概念及發展出的新概念。總之，在這三週的教學活動之中，學童們學習到 1.會描繪概念圖的基本結構；2.學會使用具有動力的 LEGO 積木組件；3.學會如何與他人合作；4.可創造出具有動力車子的構造；5.學會如何利用動手做活動來落實創意。

在創造動力機械人時一些必備的基本概念，都會在這三週的教學活動中建構出來，而這些概念即是學童們在未來教學活動中具備的基模。然後，更多可反應出真實世界的具挑戰性專題，則是由教師們設計出來並且引導學童們實際動手做來進行。換言之，在這三週之後的教學活動則是邁入一個全新的階段，即是教師們會先敘述一個問題或專題，然後學童們針對問題、專題在教師們的引導之下進行系統化的問題解決分析歷程，其進行步驟如后：

- 1.列出問題中所有可能的狀況；
- 2.與他人進行腦力激盪，找出可用於解決問題的構成要素；
- 3.將所列的狀況及其相關構成要素加以分類；
- 4.衍生有助於解決問題的新概念、次問題；
- 5.再依步驟 3 的方式將新概念、次問題加以分類。

上述的五個步驟是概念圖建構的準備工作，然後學童們會被要求發展出他們自己的概念圖。同時，為建構出創造機械人時所需的概念圖，學童們被要求要確認出「關鍵概念」，它們通常是問題所描述的狀況或已知概念，也是學童在理解教師們所提出問題的意義時需要必備的概念。關鍵概念然後被標示出來，並且由廣泛到特定的方式加以排序。然後，學童們被要求要將相關概念、或含有相同意義的概念加以群組，並且以圖形說明概念間的關係。最後，在概念圖中末端的概念（即無法再延伸出任何其他概念），它們是可利用 LEGO 組件來完成概念的具體化過程。

為完成一個能解決教師所指定問題的可行性機械人，學童們仍需要利用線條來連接各個概念，同時在線條上標記出「敘述性動詞」用以定義出概念間的關係。因此，敘述性動詞標記的連線可提供學童在程式設計的基本概念，而程式即在於賦與機械人可作出一些適切的動作，以解決教師指定的問題。事實

上，LEGO Mindstorms 的程式設計同時也是基於概念圖方式來建構的，它是利用區塊的方式來讓使用者設計程式，圖 5 即是 LEGO Mindstorms 的程式設計的範例，它是由學童們設計出來的程式，用於賦與機械人避開障礙物的動作。同時，從圖 5 可看出 LEGO Mindstorms 所提供的視覺化、色彩化的程式設計介面正可反映出概念圖的特性。換言之，學童們在此般視覺化的程式設計環境中，他們可以將他們的創意、問題解決的歷程可以描述得更具體及轉化成視覺的圖像。



圖 5：LEGO Mindstorms 圖像式的程式設計介面

同樣的，概念圖可作為學童們創造機械人時的工作藍圖，及如何與他人分工合作的輔助工具，還有可讓他們清楚知道如何利用 LEGO 組件，來創造出可解決教師指定問題的機械人。學童們在機械人的創造過程中，概念圖的結構可透過增添、刪除次概念而加以精進而完善，同時藉由選用更多的「描述性動詞」來定義出可讓機械人活化的方法，如此概念圖就會更趨於完備。因此，本研究中所使用的概念圖呈現出動態的狀態，即它可以在機械人完成過程中不斷地被修改及更新。在這種動態方式之下，它將有助於學童們獲得問題解決中有意義的洞察力，同時建構、組織出他們的知識體。再者，當學童們創造出可解決老師指定問題的機械人時，教師們會藉由學童們所描述的概念圖、及學童們是如何利用組件等方式，來檢視他們的觀念是否有效？是否被理解？是否被誤解？，然後再給學童們合適且整體性的建議。

基於上述內容的討論，本研究所採取的教學設計實施程序，其內容說明敘述如后：

- 1.說明欲解決的問題，或者專題的目標；
- 2.針對問題或專題目標加以分析；
- 3.將次問題及新概念加以分類；
- 4.描繪出該問題或專題的概念圖；

5. 建造機械人及設計程式；
6. 實地測試，觀察是否真正解決問題；
7. 與小組成員們討論原先概念圖、機械人的設計及程式的不足之處；
8. 精進原先的概念圖、機械人的設計及程式，然後再度回到步驟 6 做測試（一直到指定問題真正被解決）；
9. 與全體學童分享創意、設計。

圖 6 的內容可說明機械人創造的教學設計實施程序的細節，由圖可看出學童們探究新的概念，及由教師們導引以分析出專題或問題中的次問題、概念。在教學活動進行之中，教師們與學童們一起工作，以進一步檢視專題中會使用的相關知識、在討論中所產生的新概念，及知識與概念間的關係，還有解決問題所建造的機械人其功能上、操作上的必備條件。然後，再由學童們自行確定概念圖繪製、機械人建造、程式設計等關鍵內容。本研究的教學範例的應用實無法一一詳加說明，因此在下節的內容中，我們將提供本研究中一個實際範例，以說明教學設計程序如何被落實。

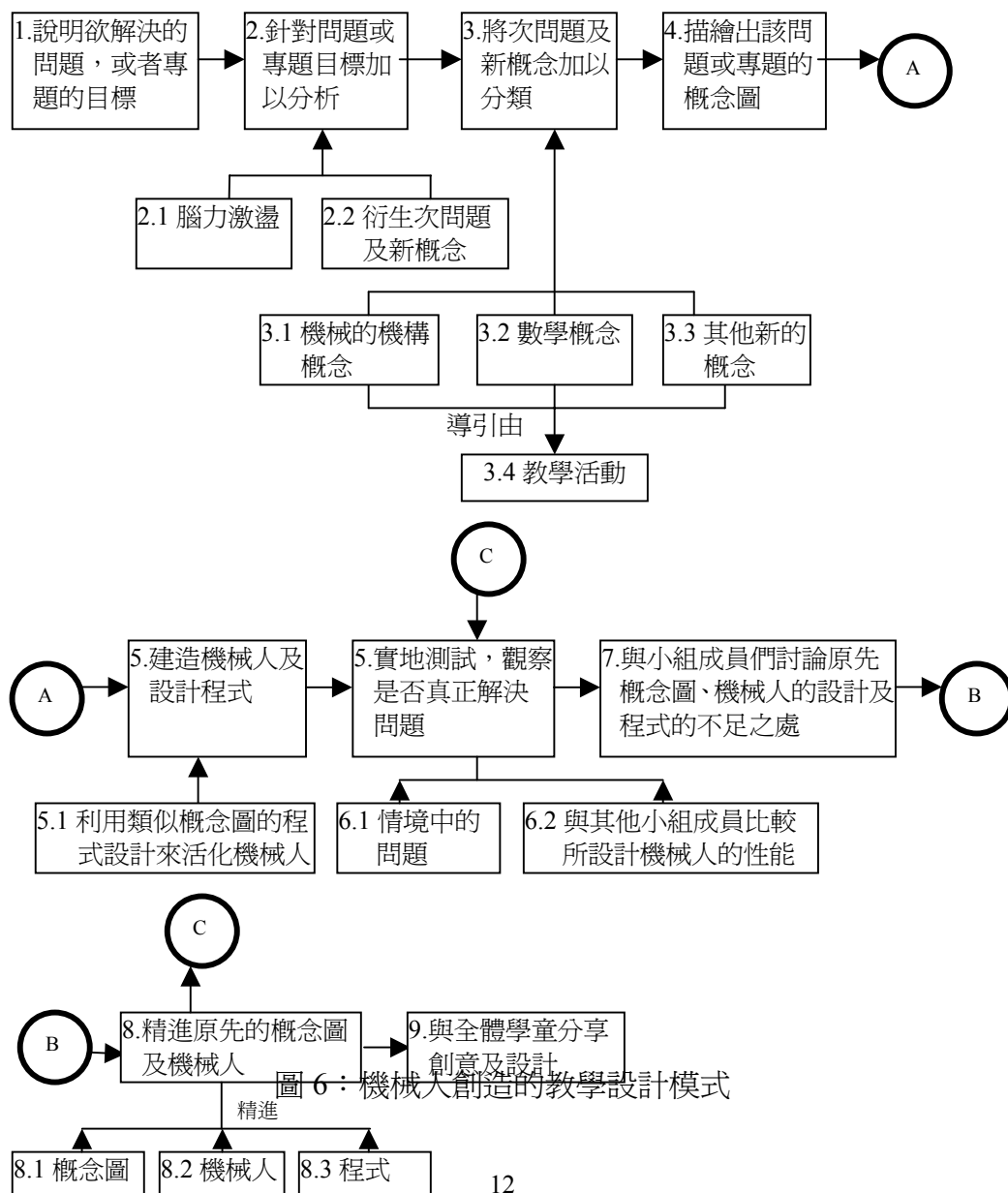


圖 6：機械人創造的教學設計模式

## 肆、教學實例及研究結果

### 一、教學實例：推骨牌的機械人

教師們展示四種不同顏色的骨牌：藍、綠、黃、紅。這個專題的目標在於：讓學童們設計一個機械人，它可在行進之中正確地推倒紅色、黃色等兩種骨牌(如圖 7 所示)

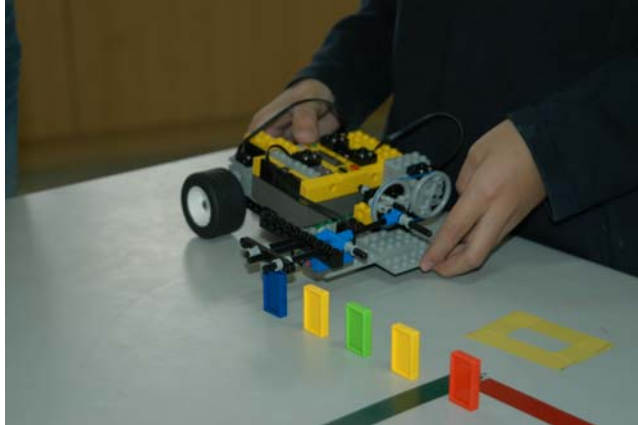


圖 7：推骨牌機械人專題的真實情境

在教學活動的開始，教師們說明這個專題的目標，然後帶領學童們針對「推骨牌的機械人可做出那些動作呢」的問題進行有目的性的深入思考，教師們將學童們所提出的想法直接寫在黑板上，並且以概念圖的形式組織所列的想法，以幫助學童們能有效地轉化他們先前知識、經驗成可解決當前問題的相關知識與技能。此時，教師所扮演是協助者、引導者的角色，所以教師們僅是針對學童們的問題提供新的問題或新的概念，而不給與他們解決的答案或方案。

之後，教師根據學童們討論的結果，繪製出推骨牌機械人的概念圖，如圖 8 所示，同時引導他們針對概念圖中所呈現的問題及概念加以深究，然後設計出小組的推骨牌機械人及相關的程式內容。例如概念圖中「辨識骨牌的顏色」是一個衍生出來的新概念，即要學童們如何選用合適的感測器。此時，教師們會引導學生們去探究測光感測器的用途及使用方式，讓學童們建構出新的知識與概念，以便解決本專題的次問題。然後，學童們會被鼓勵去修改這個先前的概念圖，藉由增添、刪除概念的方式改善整個概念圖，最後根據他們的概念圖發展出可讓機械人做出正確動作（活化）的程式，如圖 9 所示。至於「什麼是推骨牌機械人應具備的基本結構呢？」的問題留給學童們繼續完成所需的衍生問題及概念。

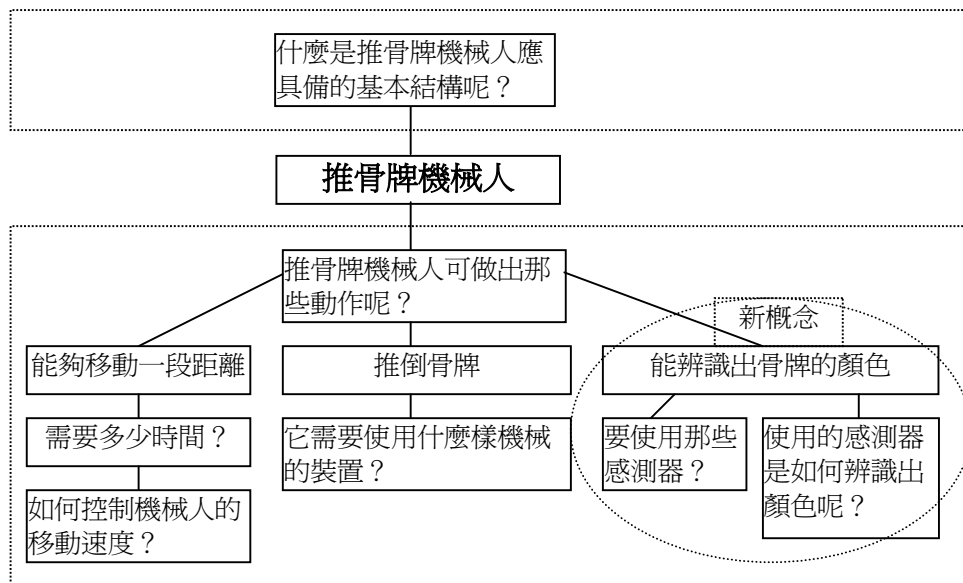


圖 8：利用概念圖引導學童思考推骨牌機械人專題的問題



圖 9：推骨牌機械人之類似概念圖的程式設計介面

## 二、研究結果

經過每週以三小時的社團時間，20 週來的觀察，本研究提供一些學童在創意與問題解決的教學活動的實際情形。詳如研究觀察及錄影資料(請參見現場說明)，包含一些成功與失敗的案例。

## 伍、結論

本研究展現如何應用概念圖來幫助學童具備有效的轉化知識的技能，以及引導他們利用概念圖來進行創造性、目的性的思考。同時，學童們所處的真實環境

可促使他們學習到現實生活中的機械機置及數學的技能。就我們的經驗而言，在課程的教學活動進行期間，對學童們最佳的獎勵就是他們的作品可以真正解決所遭遇的問題，還有改良先前的作品以製作出更佳的作品。因為在本研究中所提供的每個活動中沒有最佳答案或設計方案，因此學童們能自行解決問題就創造性思考而言是非常重要的。同時，我們也學到加強學童們創造性思考的最佳方法就是鼓勵他們自我挑戰，以克服所遭遇的問題。再者，每件由學童們建造出來的機械人皆是呈現出他們在問題思考、問題解決歷程的後設認知的表現。

歸納言之，本研究獲得三項結論，其內容敘述如后：

- 一、使用「概念圖 (concept map)」於創意教學，可以促進學童們在問題解決時彼此間的創意對話，有助於他們問題解決能力的提昇。
- 二、使用樂高積木與 RCX 程式設計來創造不同功能的機械人時，可增進學童的後設認知能力，以及他們可更具體表達出創意發展、問題解決的歷程。
- 三、在相同的問題情境下，學童們通常會創造出不同功能的機械人設計，以顯現出他們多樣化的創造力。

#### 陸、參考書目

- 吳志緯 (民 91)：《國小學生以電腦樂高進行科學學習之個案研究》。台北市：台北市立師範學院科學教育研究所碩士論文。
- 李咏吟 (民 89)：《認知教學－理論與策略》。台北市：心理。
- 鄭晉昌 (民 91)：《建構主義與電腦支援合作學習環境的設計與發展》。載於詹志禹編：《建構論－理論基礎與教育應用》，168-184。台北市：正中。
- 鄭晉昌、施郁芬 (民 83)：《交談模式在社會學習環境下之研究(I) (報告編號：NSC82-0111-S-032-005)》。台北市：行政院國家科學發展委員會。
- 岳修平譯(民 87)：《教學心理學－學習的認知基礎》。台北市：遠流。
- All, A. C., Huycke, L. I., and Fisher, M. J. (2003). Instructional tools for nursing education: concept maps. *Nursing Education perspectives*, 24(6).
- Ayersman, D. J. (1995). Effects of knowledge representation format and hypermedia instruction on metacognition accuracy. *Computers in Human Behaviors*, 11(3), 533-556.
- Hall, I. & Hooper, P. (1993). Creating a Successfule Learning Environment with Second and Third Graders, Their Parents, and LEGO/Logo. In D. Lynn Watt & M. Lynn Watt (Eds.) *New Paradigms in Classroom Research on Logo Learning. International Society for Technology in Education.*
- Han, S. & Bhattacharya, K. (2001). Constructionism, Learning by design, and project based learning. In M. Orey (Ed.), *Emerging perspectives on learning, teaching, and technology*. Available Website:  
<http://itstudio.coe.uga.edu/ebook/LearningbyDesign.htm>
- Jonassen, D. H. (1993, April). *Effects of semantic network versus production rule*

- representation on structural knowledge*. Paper presented at the annual conference of the American Educational Research Association, Atlanta, GA.
- Jones, B. F., Palincsar, A. S., Ogle, D. S., & Carr, E. G. (1987). *Strategic teaching and learning : cognitive instruction in the content areas*. Elmhurst, IL : North Central Regional Laboratory and the Association for supervision and curriculum development.
- Leung, J. (1996). The use of concept maps in the teaching-learning process.  
<http://www.schoolnet.edu.mo/general/biology/temp/cmap/cmapguid.html>
- McGrath, D.(2000). Prosem B-III Theory.  
<Http://www2.educ,ksu.edu/faculty/McGrathD/Spring00/Mindstorms.html>
- 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. (1990). Introduction: Constructionist Learning. Cambridge, MA: MIT Media Laboratory.
- Papert, S. (1993). *The Children's Machine*. New York: Basic Books.
- Papert, S.(1993b). *The Children's machine :rethinking school in the age of the computer*. New York : Basic Books.
- Papert, S. & Harel, I. (1991). *Constructionism*. NY : Ablex.
- Piaget, J. (1964/1972). Development and learning. In R. E. R. & V. N. Rockcastle (ED.), *Piaget rediscovered: A report of the conference on cognitive studies and curriculum development*, Ithaca, 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.
- Resnick, M. & Ocko, S. (1991). LEGO/Logo: *Learning through and about design*. In I. Harel & Papert (Eds.) *Constructionism*. Norwood, N. J. Ablex Publishing Corp.
- Rhode Island Department of Elementary and Secondary Education (1995). *The Thode Island mathematics framework, K-12 mathematics standard*.
- Roth, W. (1998). *Designing communities*. Boston : Kluwer.
- Weir, S., 1992. LEGO-Logo: A Vehicle for Learning. In C. Hoyles & R. Noss (Eds.), *Learning Mathematics and Logo*. Cambridge, MA: The MIT Press.