

## 結構性 LOGO 環境對國小學童在角/旋轉認知及 解決問題策略之影響

趙貞怡、劉傳璽

### 摘 要

本研究比較兩種不同的 Logo 環境對學童在角/旋轉概念認知，及解決問題策略上的影響。80 位新竹實驗小學五年級學童隨機被分配到兩組；組一是在正常的 Logo 環境下，並搭配結構性的教學設計來學習；組二是在限制立即回饋 (limited feedback) 的 Logo 環境下，任由學童進行探索式的學習。研究結果顯示，組一學童的學習評量結果明顯優於組二學童。另外發現，組一結構性的 Logo 教學設計，亦幫助學童發展更高層次的思考能力以及解決問題 (problem-solving) 的技巧，並降低學童僅使用嘗試錯誤 (trial-and-error) 的學習策略。

關鍵詞：Logo、幾何、國小學生

## **A Study of Students' Recognition of Angle/Rotation and Problem-Solving Strategies in a Structured Logo Environment**

By

**Chao, Jenyi & Liu, Chuan Hsi**

### **Abstract**

Two different approaches towards conducting Logo-based curriculum were compared in this study to investigate students' learning of angle and rotation.

Eighty fifth grade students were randomly assigned to two groups referred to as treatment group one and treatment group two. Treatment group one was taught with a structured teaching method and a normal Logo environment, while treatment group two was taught with an unstructured teaching method and limited feedback Logo environment.

The results show that students taught with the structured teaching method and normal Logo environment outperformed students taught with unstructured teaching methods in the limited feedback environment with regard to the improvement in conceptual knowledge of angle and rotation. It was also found that the immediate visual feedback of a normal Logo helped students to develop higher-level problem-solving skills with the structured teaching method. Moreover, the structured teaching method reduced the use of trial-and-error strategies and was advantageous to the development and promotion of students' thinking and problem-solving skills.

Keywords: Logo, Geometry, Elementary Students

---

Chao, Jenyi, Assistant Professor, Graduate School of Educational Communication and Technology, National Taipei Teachers College

Liu, Chuan-His, Assistant Professor, Department of Electronic Engineering, Ming Chuan University

Received: October 28, 2003; Accepted: March 20, 2004

---

## 壹、前言

Logo 在美國是一套十分受歡迎的電腦輔助教學軟體，老師們經常使用它來教學童學習幾何。學童可以透過簡單的指令來操作螢幕上的小烏龜，並創造出許多幾何圖形或是圖畫。藉此，傳統的幾何概念可透過 Logo 教學來傳達。Logo 發明者 Papert (1980, 1993) 認為 Logo 提供了一個互動式的學習環境，使學生能自由探索並可產生許多想法及解決問題的方案。因此，Papert (1980: 122) 主張在 Logo 的環境之下，學童可以建構自己所需要的知識，也就是學童可以透過觀察、思考、作決策以及從 Logo 所提供的立即回饋 (immediate feedback) 中學習。很多研究者 (Clements & Battista, 1989; Clements, Battista, Sarama, Swaminathan, & McMillen, 1997; Nastasi, Battista, & Clements, 1990; Noss, 1987) 亦發現以 Logo 為基礎的幾何課程不僅能夠增加學童的學習動機，也可幫助他們發展解決問題 (problem-solving) 的能力。這些研究指出，Logo 以小烏龜的圖形為游標，十分容易學習；Logo 提供了一個充滿問題的環境，如此學童可以有大量的機會練習解決問題；以及 Logo 語言的結構，幫助學童將問題細分成次問題，以利系統化地找出錯誤所在。

然而，亦有不少研究發現 Logo 環境無法幫助學童達到上述的好處。例如，有研究發現學童在 Logo 的環境中繪製幾何圖形，對於外角及內角的概念其實是非常模糊不清的 (Cope, Smith, & Simmons, 1992; Simmons & Cope, 1990)。另外，Logo 環境所提供的立即回饋 (immediate feedback) 亦被認為會阻礙了學童在學習幾何時，分析思考與解決問題的策略發展 (Cope & Simmons, 1991; Cope & Simmons, 1994; Olive, 1991; Simmons & Cope, 1993)。研究者指出 Logo 所提供的立即回饋 (immediate feedback) 會鼓勵學童在解決問題時，使用嘗試錯誤 (trial-and-error) 的學習策略，而非分析思考的策略，反而阻止了學童發展思考及解決問題的技巧。

為何會有如此不同的研究結果呢？事實上，這些矛盾點是可以理解的。最主要的原因是在於這些研究設計中，所使用的教學及訓練方式是十分多元化的。而且大部分的研究是在一個非結構性的 Logo 教學方式中進行的。因此，會有不同的結果產生。很多研究 (Au & Leung, 1991; Cope, Smith, & Simmons, 1992; Giles, 1993; Hughes & Greenhough, 1995; Keller, 1990) 亦建議一個結構性

的 Logo 教學設計才能促進學童的學習及解決問題的技能。學童可能無法在一個非結構性的 Logo 教學方式中獲得前述的各項益處。

## 一、研究動機

Simmons 與 Cope (1993, 1994, 1997) 研究觀察兩種不同的 Logo 學習環境。兩組均是在非結構性的 Logo 教學方式中，任由學童進行探索式的學習，但其中一組是將 Logo 軟體中的小烏龜游標改設計成一個圓形的小球游標，如此學童無法得到全部的立即回饋，例如：當學童下達左轉 60 度時，並無法從圓形小球游標中立刻辨認到底是何方向。另一組則是維持小烏龜游標的正常造型，如此學童可得到全部的立即回饋，藉由小烏龜頭部所指的方向，學童可清楚地知道左邊 60 度的方向為何。Simmons 與 Cope 的研究結果顯示如下：(一) 正常 Logo 環境下，立即回饋將阻礙學童使用解決問題的策略，造成學童發展更高層次分析思考的障礙。(二) 立即回饋會鼓勵學童在解決問題時，使用嘗試錯誤 (trial-and-error) 的學習策略，而非分析思考的策略。(三) 限制立即回饋降低學童使用嘗試錯誤 (trial-and-error) 的學習策略，反而幫助學童發展更高層次分析思考及解決問題的技能。因此，Simmons 與 Cope 建議在非結構性的 Logo 教學方式中，任由學童進行探索式的學習時，需限制立即回饋的使用。

然而，Logo 藉由螢幕小烏龜游標所提供的立即回饋，可說是在電腦輔助教學之中促進有效學習的最大貢獻之一 (Papert, 1980, 1993, 1997)。因此，研究者興起研究動機要觀察研究，學童在正常 Logo 環境下搭配結構性的教學設計，對學童學習幾何概念及發展解決問題技巧時的影響為何。

## 二、研究目的

本研究主要目的在瞭解是否學童於正常 Logo 環境下搭配結構性的教學設計，能夠加強學童解決問題的策略應用以及對角及旋轉的瞭解。

本研究比較兩種 Logo 環境：組一是在正常 Logo 小烏龜游標環境中，並搭配結構性的教學設計來學習；組二是在限制立即回饋 (limited feedback) 的 Logo 圓形小球游標環境下，任由學童進行探索式的學習。組一正常 Logo 小烏龜游標環境是指當學童下達右轉 (Right Turn, RT) 或左轉 (Left Turn, LT) 指令時，可藉由小烏龜的頭得到立即回饋 (immediate feedback)，進而知道旋轉方向；組二限制立即回饋則是指，當學童下達右轉 90 度 (Right Turn 90, RT 90) 時，

學童並無法從圓形小球游標中立刻辨認到底右轉 90 度是何方向,直到學童再輸入前進 (Forward 60, FD 60) 的指令後,才能知道確切移動的方向為何(見圖 1)。

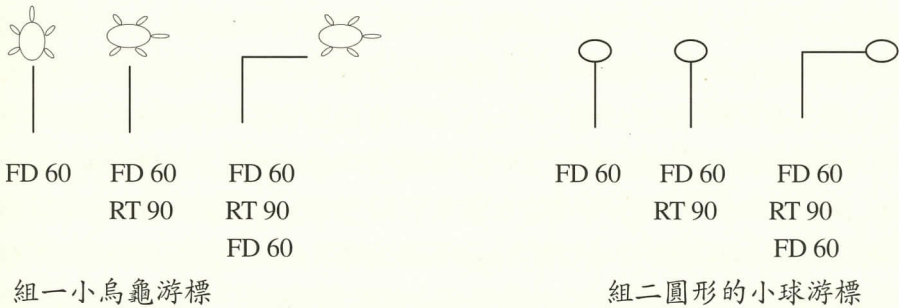


圖 1 游標造型圖

### 三、研究假設

本研究有三個假設：

- (一) 假設一：組一與組二的學童在角及旋轉的概念認知上並無差異。
- (二) 假設二：組一與組二的學童在解決問題的技能層次上並無差異。
- (三) 假設三：組一與組二的學童在面談時，所使用的策略並無差異。

## 貳、文獻探討

### 一、Logo 中角與旋轉的迷思

有研究指出，學童在使用 Logo 時，對於旋轉指令有可能會造成困惑與不解。Simmons 與 Cope (1990) 曾經測試了 59 位學童，他們的年齡介於 9 至 12 歲之間，並且學習 Logo 已至少三個月的時間。此次測試的重點在於學童們對於小烏龜旋轉時的角度，及轉後所形成的角度之間的關聯性瞭解。研究中指出，利用 Logo 繪製幾何圖形時，學童對於內角及小烏龜旋轉時的角度（外角）可能產生困惑。在使用 Logo 畫圖時，學童必須確實知道外角的概念，也就是小烏龜旋轉時的角度。然而在此次的實驗中，Simmons 與 Cope 發現大部分的學童 (44/59)，將內角與外角的概念弄錯了。例如：54 個學童可以順利地使用 Logo 指令，畫出正方形的圖形；但只有 14 個學童可以畫出三角形。這是因為在正方

形中，內角與外角的角度均是 90 度，也就是說，學童可能以為小烏龜旋轉時的角度就是內角。但在三角形中，這樣不清的概念便會造成問題，學童無法順利地使用 Logo 指令，畫出三角形的圖形，除非他清楚的知道內角及外角在 Logo 中是如何形成的。因此，Simmons 與 Cope 作了以下兩點結論：(一) 學童對於角及旋轉的概念是不完整的；(二) 非結構性的使用 Logo (老師過少的介入)，並任由學生進行探索式的學習，不一定會對學童在學習角的知識中獲得益處。

Cope、Smith 與 Simmons 於 1992 年的研究中繼續發現了這樣的問題(Cope, Smith, & Simmons, 1992)。他們這次研究了 12 位學童，年齡介於 10 至 11 歲之間，給予學童十個星期 12 小時的 Logo 訓練課程。雖然老師這次特別提醒學童小烏龜旋轉時的角度是外角而非內角。但在最後的測驗中，大部分的學童(72%)還是將小烏龜旋轉時的角度當成是內角。因此，他們認為學童使用 Logo 繪製幾何圖形時，對於角的概念可能產生困惑。另外，他們亦認為學童之所以能夠利用 Logo 繪出三角形，只是因為不斷地使用了小烏龜游標所提供的立即回饋，才能找出正確的旋轉角度。

## 二、解決問題策略發展的潛在阻礙

Logo 的好處之一便是使用者能夠在下達指令之後，從螢幕上得到立即的回饋(immediate feedback)。Logo 藉由螢幕小烏龜游標所提供的立即回饋，可說是在電腦輔助教學之中促進有效學習的最大貢獻之一(Papert, 1993)。然而，此立即回饋卻被質疑為可能會變成學童在解決問題技巧(problem-solving skills)發展上的潛在阻礙。Cope 與 Simmons (1991) 在 1991 年的研究中，觀察 52 位學童(男女各半，年齡介於 9 至 11 歲之間)學習角及旋轉的幾何概念，以及如何發展他們解決問題的技巧。學童們被隨機分配成對，每對的性別相同，進行七個星期的實驗。主要資料來源為測驗成績、指令檔案(spoiled output files，指學童在使用 Logo 時，所輸入的指令，都將存入此檔案中)、錄影帶以及課堂觀察。研究者使用 two-way ANOVA 來分析資料，結果發現學童答對率與題目的順序沒有顯著的關係，證明學童並沒有進步。因此，他們下了一個結論：學童解決問題的技巧來自於螢幕上小烏龜的立即回饋，而非從答題中累計的經驗而來(如果學童解決問題的技巧，是從答題中累計經驗而來的，那麼他們應該會有進步)。尤其，在角度評估的測驗中，從錄影帶中也可發現一個趨勢，即學童在繪製一個目標角度(target angle)時，雖然參考角度已經提供給他們，但

他們並沒有判斷此目標角度是否比參考角度大或小，而是利用一點一點加大或減少角度的方式去完成。也就是說，大部分的學童所採用的策略是，先輸入一個小的旋轉角度，從螢幕上的立即回饋去判斷小烏龜頭的方向為何，再決定是否要增加或減少角度，以便完成目標角度。所以，研究者進一步認為立即回饋可能阻礙學童發展解決問題的技巧，並成為學童獲取更高層次之幾何概念的障礙。

在之後的研究中，Simmons 與 Cope (1993) 同時使用質化及量化的研究方式，亦得到相同的結論。在 1993 年的研究中，64 位學童（年齡介於 9 至 11 歲之間，之前並無任何的 Logo 經驗）被隨機分配到兩組，進行八個星期的實驗。兩組學童都給予相同的幾何概念與 Logo 教學，不同的是，在進行測驗時，一組學童施予紙筆測驗，一組則是進行上機測驗，因此，唯一的差別即在於其中一組學童考試時，可得到螢幕上立即的回饋。資料來源為測驗成績、指令檔案、訪談、錄影帶以及課堂筆記。資料並進行 t-test 和 chi-square test 分析。所得結論為：小烏龜游標所提供的立即回饋阻礙學童發展一個高層次的思考模式。

相似地，Olive (1991) 分析了 14 歲學生在設計四個 Logo 程式工作的情形。他發現小烏龜游標所提供的立即回饋分叉了學生的思考，使他們無法進入問題的核心，而僅停留在「視覺」思考上。因此，很顯然地，學生在 Logo 環境中解決問題時，喜歡使用回饋導向、嘗試錯誤 (trial-and-error) 的策略，而非分析思考的策略。

Cope 與 Simmons (1994) 繼續研究在 Logo 環境中限制立即回饋的影響。他們假設不同的回饋機制（例如：立即回饋/immediate feedback 和限制立即回饋/limited feedback）會造成學童在解決問題時產生不同的策略（例如：嘗試錯誤/trial-and-error 和分析思考/analytical thinking）。在研究中，48 位學童（年齡介於 9 至 11 歲之間）被隨機分配到控制組及實驗組，進行六週的實驗。控制組學童在正常的 Logo 環境之中學習，實驗組學童則在限制立即回饋的 Logo 環境之中學習。資料來源為指令檔案及課堂討論的錄影帶，資料並進行 chi-square test 分析。所得結論為：在 Logo 環境中解決問題時，限制立即回饋鼓勵學童使用分析思考的策略，並降低了嘗試錯誤的策略使用。

### 三、結構性的 Logo 教學設計環境

#### (一) Papert 的學習哲學

Logo 主要的發明者 Papert (1980: 7, 31)，曾描述 Logo 為「learning without being taught」或「learning without curriculum」。他的哲理為 Logo 是一個專為兒童使用的高層次電腦語言，他提供了一個互動式的學習環境，讓學習者能夠自由地探索並實驗自己的想法及可能或假設的解決方案。因此，Papert 認為“the learners can become the active and constructing architects of their own learning” (Papert, 1980: 122)。很多研究者 (Cope, Smith, & Simmons, 1992; Delclos, Littlefield, & Bransford, 1985; Hughes & Greenhough, 1995; Littlefield, Delclos, Bransford, Clayton, & Franks, 1989) 因此解釋 (也可能誤解) Papert 的 learning through discovery 哲理為一種非結構性的教學方式。所以，很多研究 (Clements, 1986; Clements, Battista, Sarama, & Swaminathan, 1996; Cope & Simmons, 1991, 1994; Lehrer, Randle, & Sancilio, 1989; Mevarech & Kapa, 1996; Miller, Kelly, & Kelly, 1988; Simmons & Cope, 1990, 1993, 1997) 是在一種非結構性的 Logo 環境之下進行的。一般來說，一個非結構性的 Logo 單元是指，先教學生 Logo 的使用方式及指令，之後便由學生自由操作螢幕小烏龜 (Cope & Simmons, 1994; Hughes & Greenhough, 1995)；除非學生有問題發問，否則 Logo 的老師便不再介入指導 (Keller, 1990; Simmons & Cope, 1997)。

但也有許多研究者 (Au, Horton, & Ryba, 1987; Au & Leung, 1991; Giles, 1993; Keller, 1990) 並不認同上述的說法。主要是因為在 Papert (1980) 的書中亦提到以下幾點：1. “But teaching without curriculum does not mean spontaneous, free-form classrooms or simply leaving the child alone” (p. 31) 2. “The educator must be an anthropologist and support children as they build their own intellectual structures” (p. 32) 3. “The Logo teacher will answer questions, provide help if asked, and sometimes sit down next to a student and say: Let me show you something” (p. 179)。因此，他們認為 Papert 的 learning through discovery 哲理並不是一種非結構性的教學方式，老師的參與及結構性的 Logo 教學設計



環境是必須的。

## (二) 結構性的 Logo 教學設計方式

由於學者的看法不同，因此在 Logo 的文獻之中，會發現不同程度結構性的教學設計方式，也因此產生了正面 (Clements, 1986; Clements et al., 1996; Lehrer, Randle, & Sancilio, 1989; Mevarech & Kapa, 1996; Miller et al., 1988) 及負面 (Hillel, Kieran, & Gurtner, 1989; Pea, 1983; Simmons & Cope, 1997) 的研究結果。更有研究指出 (Au & Leung, 1991; Cope, Smith, & Simmons, 1992; Giles, 1993; Hughes & Greenhough, 1995; Keller, 1990; Littlefield, Delclos, Bransford, Clayton, & Franks, 1989) 一個結構性的 Logo 教學設計方式，比起非結構性的 Logo 教學方式，較能有效地促進學童發展解決問題的技巧及幾何概念。但什麼是一個結構性的 Logo 教學設計環境呢？研究 (Au, Horton, & Ryba, 1987; Keller, 1990; Littlefield et al., 1989) 指出這其中的差別在於有效的教師參與及介入 (effective teacher intervention)。Au 等人 (1987: 12) 曾經描述如下：「教師參與及介入不只在於說學生知道什麼是 Logo 或 Logo 能提供那些形式的活動，它還牽涉到教師與學生對話方式、教師發問的問題形式，及學生與教師各種各樣的討論形式」

Leron (1985) 研究結構性的 Logo 教學設計環境時，加入兩種老師參與介入的形式：教師指引手冊及小組討論，指引手冊幫助學生在進行學習時能知道重點所在，並引導學童思考所得結果；另外，每次活動結束之前一定進行小組的討論，從討論中分享學習經驗並確定一些重要的幾何概念。

相似地，Giles (1993) 使用 Logo 觀察研究 16 個低成就學童的學習表現。Giles 於每次的 Logo 課程開始時，均會舉行一個非正式的小考，此小考內容通常是上次的課程內容複習。之後，老師的角色包括了 Logo 指令教學及工作活動的示範，並不時地參與學生的討論及練習。

另外，Delclos、Littlefield 與 Bransford (1985) 以及 Littlefield 等人 (1989) 將學童分成兩組，一組在非結構性的 Logo 教學方式中學習，另一組則在結構性的 Logo 教學設計環境中，兩組均給予相同的教材，並由老師教授當天所要學習的指令及範例，不同的是，非結構

性的組別讓學童任意地學習/練習他所喜歡的程式設計；結構性的組別則由老師指定練習題目，並要求學童以當天所學之指令來完成，老師於學童練習時，與學童維持頻繁的互動。

以上所列舉的研究，均顯示出學童在結構性的 Logo 教學設計環境中，促進學童在幾何概念、問題解決及分析思考上有較好的表現及發展。本研究綜合以上所使用的結構性 Logo 教學設計法，作為本研究其中一組的學習環境。

#### 四、小結

在使用 Logo 輔助教學時，許多研究學者提出兩個值得大家思考的問題：其一為學習者容易對小烏龜旋轉時的角（外角）及其所形成的角（內角）產生困惑；其二為 Logo 環境所提供的立即回饋，是主要造成學習者分析思考及解決問題發展障礙的原因。另一方面，許多研究又顯示，一個結構性的教學設計會促進學童在問題解決及分析思考上的發展。非結構性的使用 Logo（老師過少的介入），並任由學生進行探索式的學習，並不一定會獲得益處。因此本研究將探討，到底是立即回饋或非結構性的使用 Logo，阻礙了學習者分析思考及解決問題的發展。

### 參、研究方法

#### 一、研究對象

本研究之對象為 80 位自願參與的新竹實驗小學五年級學童。新竹實驗小學位在新竹科學園區之內，是一所雙語的公立小學。在本研究進行之前，學童們並沒有任何使用 Logo 的學習經驗，根據前測（用來評量每一位學童的基本幾何概念）的成績，學童們被隨機分配到兩組。兩組各進行五個 Logo 單元活動，共歷經了五週。本研究前後共進行大約七個星期。

#### 二、研究設備

本研究使用新竹實驗小學的電腦教室，其中有四十台多媒體個人電腦及一套廣播教學系統。每台電腦包含了一個軟碟機、一個光碟機、兩個喇叭及一台

彩色螢幕。本研究並使用 Micro Worlds 2.03 Logo Software，此套軟體可讓程式設計者設定不同造型的游標。本研究中，組一維持小烏龜游標的正常造型，組二則是將小烏龜游標改設計成一個圓形的小球游標，如此學童無法得到全部的立即回饋。

### 三、研究流程

#### (一) 研究設計

本研究設計如圖 2，80 位學童均接受相同的前實驗 (pre-treatment) 及前測，並根據前測成績配對成雙，之後將每一對隨機分配到組一和組二。經過五週的 Logo 活動單元，80 位學童參加相同的後測。另外，於後測結束後，每組各隨機抽取五名學童進行深入訪談。為降低教學者之間的差異性，研究者本身擔任實驗的執行者。

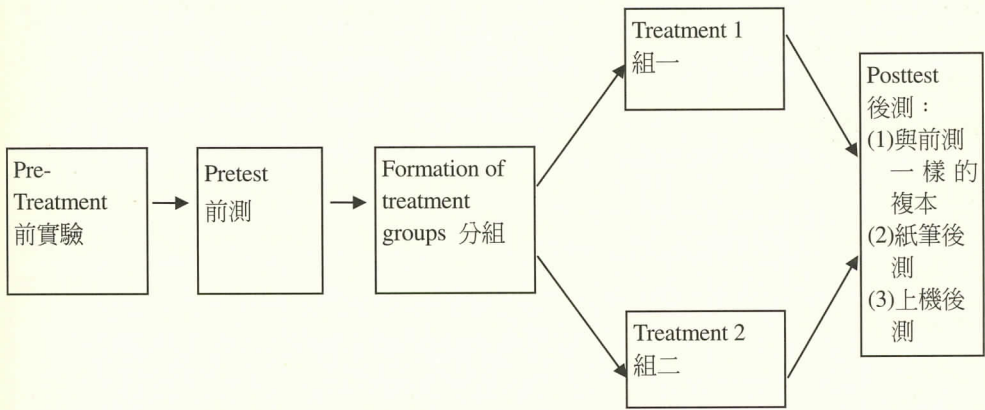


圖 2 研究設計流程圖

#### 1. 前實驗 (pre-treatment)

前實驗包含了兩個部分：一是兩小時的角及旋轉幾何課程，另一為一小時的 Logo 活動 (如表 1)。在 Logo 活動中，安排學童熟悉 Logo 軟體中的指令，例如：要求學童將自己假想成 Logo 中的小烏龜，練習前進 10 步 (FORWARD 10 units, FD 10)，或是左轉 90 度 (LEFT TURN 90 degrees, LT 90)、右轉 60 度 (RIGHT TURN 60 degrees, RT 90) 等。

**表 1 前實驗戶外活動**

請按照每題的指令前進，右轉，或左轉。想一想每一個會走出什麼形狀的圖形??

(一)	(二)	(三)
前進三步	前進三步	前進三步
右轉 90 度	左轉 90 度	右轉 120 度
前進三步	前進五步	前進三步
右轉 90 度	左轉 90 度	右轉 120 度
前進三步	前進三步	前進三步
右轉 90 度	左轉 90 度	右轉 120 度
前進三步	前進五步	
右轉 90 度	左轉 90 度	

2.前測

前實驗進行完畢之後，80 位學童接受相同的紙筆測驗。這份測驗題是來自於 Cope 和 Simmons 在 1994 年的研究中，所出之前測測驗題( Cope & Simmons, 1994 )，包含了十題和角及旋轉相關的問題 ( 如表 2 )，總共十分。

**表 2 前測題型範例**

1~4 題：請在你認為正確的答案中打勾 ( √ )： ( 共 4 分 )

例如：

A 比 B 大

A 比 B 小

一樣大

不知道

5~10 題：有 A, B 兩個箭頭，A 箭頭固定不動，B 箭頭會不斷的以順時針方向旋轉，並和 A 箭頭形成一個角度，以下各題中，你能推算出 B 箭頭旋轉了多少度嗎？ ( 共 6 分 )

例如：旋轉前

旋轉後

答：B 箭頭旋轉了 45 度。

### 3.分組

基於前測成績的高低排列，將學童配對成雙，每對學童的成績以不超過一分為原則，之後將每一對隨機分配到組一和組二。使得組一和組二學童的基本幾何程度能夠相當，如此將能控制此項外在變因。Cope 與 Simmons 於之前的研究中，亦是使用此法來控制兩組的基本幾何程度 (Cope & Simmons, 1994; Simmons & Cope, 1997)。

### 4.實驗

每組必須經過五週的 Logo 課程，包含了五個單元 (見圖 3~6)，每個單元歷時一週五小時 (兩個二小時時段及一個一小時時段)，兩組均進行相同的單元活動。此活動的設計亦是模仿 Simmons 與 Cope 於 1997 年的研究 (Simmons & Cope, 1997)、Logo Discoveries (Moore, 1984b) 以及 Geometry Problems for Logo Discoveries (Moore, 1984a)。

在第一週單元一的活動中，先由老師介紹基本的 Logo 指令以及角和旋轉的概念，並讓學童練習使用 Logo 繪製出正方形及正三角形 (見圖 3)。第二單元傳授學童內角、外角及旋轉的觀念。在此單元中，要求學童繪製出 15 個角度 (範圍從 10 度至 170 度)；每個題目均會給學童一個參考角度及目標角度，根據完成參考角度的指令，學童需思考該下達何種指令，才能讓小烏龜旋轉至正確的方向以便完成目標角度 (見圖 4)。在第三週第三單元中，教授學童如何使用「repeat」指令以及程序 (procedures) 的概念，並要求學童利用新指令完成圖 5 的幾何圖形，這些圖形包括了正方形、長方形、正三角形、等腰正三角形及一個 L 形狀。第四單元則加入主程式 (superprocedures) 及副程式 (subprocedures) 的概念，並利用此繪製出一個房子及火箭的圖形 (見圖 6)。最後一週第五單元，則是加入變數 (variables) 的使用，要求學童使用變數的方式，重新繪製第三及第四單元的圖形。

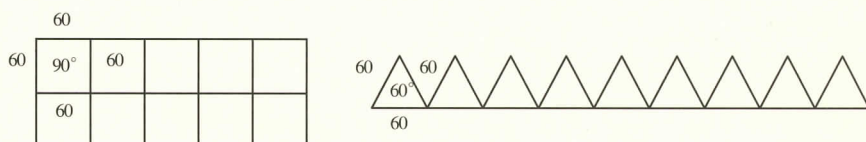
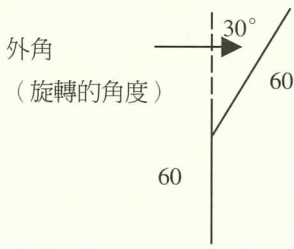
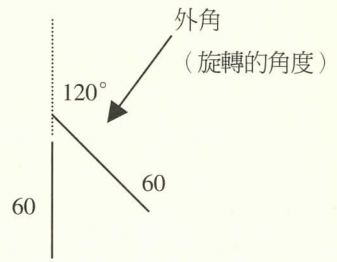


圖 3 Logo 活動單元一



```
FD 60
RT 30
FD 60
```



```
FD 60
RT 120
FD 60
```

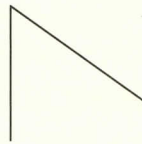
參考角度



以下為完成此參考角度  
所需之 Logo 指令

```
FD 60
RT 40
FD 60
```

目標角度



請輸入 Logo 指令以便  
完成左邊之目標角度



```
FD 60
```

圖 4 Logo 活動單元二

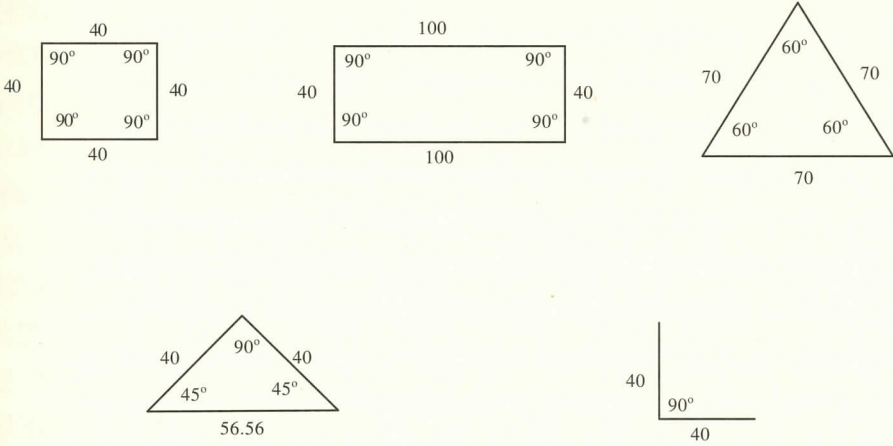


圖 5 Logo 活動單元三

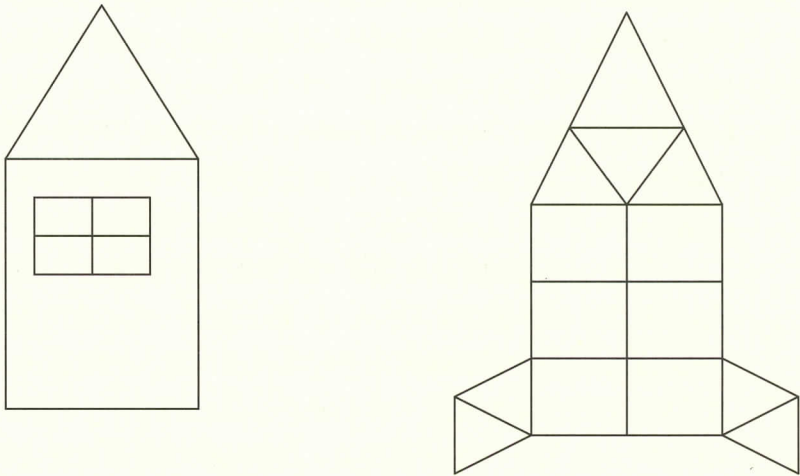


圖 6 Logo 活動單元四

兩組的差別在於學習環境的不同，而學童所使用的教材則是完全相同的。組一是在正常 Logo 環境中，並搭配結構性的教學設計來學習幾何概念；組二則是在限制立即回饋的 Logo 環境下，任由學童進行探索式的學習。組二在限制立即回饋下，其螢幕的游標是由一個小圓球所組成的，因此當學童下達旋轉某個角度時，並無法從螢幕中看出是何方向。除此之外，老師在組二先教學童當天所應學的幾何概念以及 Logo 指令，接著示範一兩個例子並說明與前面課程的關聯性，剩下的時間就讓學童自由地探索。在自由探索的時間中，會先要求學童完成當天所設計的練習單元，如果還有時間，學童可自由使用 Logo。老師則在旁觀察學童並回答問題，在回答問題時，老師不會企圖將所教之觀念，與接下來可能會遇到的問題或是超出的範圍相連結，另外，老師也不會討論解題策略（例如：先行計畫，將問題細分等）。如果老師發現有學童變得比較沮喪或不知該做些什麼，老師會建議該學童練習當天所學的指令或觀念，整個過程中除非學童有特別的要求或是問題，老師不主動介入学童的練習。

另一方面，組一則是在每次的單元開始時，會舉行一個非正式的小考，或是針對前面的單元做一簡短的複習，接著會教授與組二相同的內容，並要求學童按難易度，將當天所設計的練習單元完成，而老師於學童練習時，會不斷地主動參與討論與示範。根據先前的研究（Au, Horton, & Ryba, 1987; Clements, 1990; Clements & Gullo, 1984; Littlefield, Delclos, Bransford, Clayton, & Franks, 1989; Yusuf, 1995），老師在組一的參與至少有以下三種形式：（1）課程規劃表，包括了何時進行討論、討論內容及方式；（2）詢問技巧，以便鼓勵並啟發學童的思考及創意；（3）營造一個互動的社會環境，使學童可隨時進行小組或全班的討論。換言之，老師根據當天的內容，事先規劃一些活動，由簡單到難，這些活動則是幫助學童練習思考以及表達出個人的想法。一旦學童熟悉了當天課程的重要觀念，他們便進行自己的工作。時間的分配大致上是 20 分鐘上機，15 分鐘討論，討論時則輔導學童進行解決問題的過程，包括了計畫、預測、分析及評估他們的工作。例如，當學童繪製火箭之前，老師會請學童思考如何去建置一個火箭（分析、計畫），鼓勵學童將火箭細分成幾個部分，並請學童預測，如果按照既定的計



畫一步步的執行，是否能夠成功（分析、預測），最後老師要求學童將計畫付諸行動（執行、監控）。如果失敗，則老師會詢問學童哪裡出錯（分析、評估），並要求改正，學童們便循此程序，直到計畫完成為止。在每一單元結束之前，老師提供機會讓學童們討論和分享在這單元所遇到的問題及想法，老師也鼓勵學童去討論為何會得到如此的結果。同時，老師也提出關於挑戰程式設計的有趣問題。最後，老師將提問本單元的重要概念並要求學童解釋他們的答案。這些將幫助學童加強當天所學的知識及解決問題的技巧。

### 5.後測

後測包含了三個部分：(1) 與前測卷一樣的複本；(2) 紙筆後測；(3) 上機後測。第一部分與前測卷一模一樣，主要是評量學童於五週實驗結束後，對於幾何的概念，是否有進一步的瞭解。至於紙筆後測的部分則包含了三個部分：(1) 角的評估（6分）；(2) 角/旋轉（6分）；(3) 程式設計（8分），共 20 分。上機後測與紙筆後測的後兩部分題目完全相同，共 14 分；學童於上機作答時所輸入的每一個指令，均會自動存入一個指令檔案中，以作為資料分析之用。紙筆後測及上機後測主要是評量學童解決問題的技巧與能力。此兩份題目亦是來自於 Cope 與 Simmons 先前的研究（Cope & Simmons, 1991, 1994; Simmons & Cope, 1990,1997），詳見表 3。

表 3 後測筆試及上機考題型範例

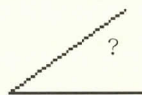
1~3 題：請在你認為正確的答案中打勾 (✓) (共三分)： 4~6 題：請估計以下各角的度數 (共三分)：

例如：



- C 比 D 大
- C 比 D 小
- 一樣大
- 不知道

例如：



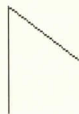
答：30 度角

7~12.請參考每題左方所給的例子，在每題右方空白處，寫下可畫出中間圖形的 LOGO 指令 (共六分)。

例如：



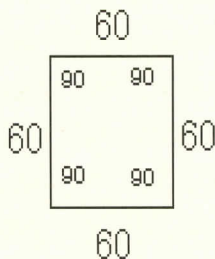
FD 60  
RT 30  
FD 60



答：FD 60  
RT 120  
FD 60

13~19.請在每題右方空白處，寫下可畫出左方圖形的 Logo 指令 (共八分)。

例如：



答：(1)  
FD 60    FD 60  
RT 90    RT 90  
FD 60    FD 60  
RT 90    RT 90  
或者 (2)  
REPEAT 4 [ FD 60 RT 90 ]  
或者 (3)  
TO SQUARE  
REPEAT 4 [ FD 60 RT 90 ]  
END  
SQUARE

## 6. 深入訪談

後測結束後，每組各隨機抽取五名學童進行 30 分鐘的深入訪談。訪談中詢問學童兩個問題，以便確認學童確實學會了角及旋轉的知識。這兩個問題取自 Clements 及他的同事於 1996 年的研究 (Clements, Battista, Sarama, & Swaminathan, 1996)，見表 4。

表 4 訪談題目

1. 有一個機器人每次向右轉 90 度，它必須轉幾次之後，才能回到它最原始出發時，所面對的方向？  
例如：如果機器人出發時面對前方的屋子，它需要轉幾次之後才能再次面對前方的房屋（請告訴我你是如何得到這個答案的）？
2. 另有一個機器人每次向右轉 30 度，它必須轉幾次之後，才能回到它最原始出發時，所面對的方向？

### （二）資料收集

本研究之資料收集來自於前測成績、後測成績、指令檔案以及深入訪談之記錄。

### （三）資料分析

本研究從三方面來分析資料。第一、藉由 t 檢定 (t-test) 分析前測與後測中的第一部分（與前測卷一樣的複本）兩項成績，可得知兩組在角及旋轉的概念認知上是否有差異。第二、為瞭解學童們是否使用嘗試錯誤 (trial-and-error) 的學習策略，將以 t 檢定分析、比較兩組上機後測時，指令檔案中的指令數目是否有差異，如果沒有顯著差異，則無法證明立即回饋，會鼓勵學童使用嘗試錯誤的策略學習，並藉由 SOLO (Structure of Observed Learning Outcomes) 分類法 (Biggs & Collis, 1982)，分析學童於後測中，紙筆及上機作答時所使用解決問題的策略方式，再以卡方檢定 (chi-square test) 分析兩組在不同的 SOLO level 之間是否存在著差異。最後，利用個別的深入訪談，根據訪談記錄，將學童的答案分為七類（無反應、猜測、旋轉身體、利用想像及口語陳述、繪圖、90 度角概念、數學運算），從中，我們可以分析是否 Logo 的經驗能幫助學童回答問題，亦能瞭解學童使用策略解決問題的想法與過程。

SOLO 分類法共分為五個層級，主要用來評估學童解決問題的能力及方式：

1. Prestructural (P)：學習者對所要解決的問題，絲毫沒有頭緒，僅以猜測來答題，因此在回答中沒有任何的一致性。本研究中，如果學童在答題時尚不能正確的使用 Logo 指令，例如：在 FD (Forward)、RT (Right Turn) 和 LT (Left Turn) 之後，沒有加上一個數字，即被分類到此層次。
2. Unistructural (U)：學習者對所要解決的問題，僅能回答其中非常小的一個部分。本研究中，如果學童在答題時僅會使用一個指令，並要等待立即回饋後才能繼續作答，例如：學童要畫一個正三角形時，先輸入前進 60 (FD 60)，便不知該如何進行下一步，直到螢幕出現立即回饋後才能進行下一步驟，即被分類到此層次。
3. Multistructural (M)：學童能回答部分問題，但沒有將他們串聯在一起。例如：學童能在同一行一次下達多個指令，但這些指令無法正確的回答問題，好比學童要繪製一個正三角形的角 (60 度)，雖然學童能一次輸入多個指令 (FD 60, RT/LT 60, FD 60)，但卻無法正確畫出一個 60 度的角 (正確指令：FD 60, RT/LT 120, FD 60)。
4. Relational (R)：學童能將正確指令串聯在一起，並成功地回答問題。例如：學童能正確地輸入 FD 60, RT/LT 120, FD 60 三次 (或是利用 repeat/procedure 指令：REPEAT 3 [FD 60 RT 120]; TO TRIANGLE REPEAT 3 [FD 60 RT 120] END)，完成繪製一個正三角形。
5. Extended Abstract (E)：學童能將正確指令串聯在一起，並建立一個通則以便有效率的解決問題。例如：學童能使用下方的指令，完成一個正三角形或其他的多邊形。

```
TO TRIANGLE :TIMES :SIDE :ANGLE  
  REPEAT :TIMES [FD :SIDE RT :ANGLE]  
END
```

```
TRIANGLE 3 70 120 (command center)
```

## 肆、研究發現

### 一、學童在角及旋轉的概念認知

#### (一) 前測及後測第一部分

前測與後測中的第一部分是兩份一模一樣的考卷，共十題，總分十分。表 5 是兩組學童在前測及後測第一部分的成績結果。

表 5 前測及後測第一部分成績摘要表

組別 <sup>a</sup>	<u>M</u> ( <u>SD</u> ) 前測	<u>M</u> ( <u>SD</u> ) 後測第一部分	<u>t</u> (39)
組一	6.13 (1.22)	8.43 (1.30)	-5.91***
組二	6.13 (1.34)	7.30 (1.62)	-2.55*

註：<sup>a</sup> $n = 40$  / 組

\* $p < .05$  \*\*\* $p < .001$

實驗前，爲了控制兩組學童的基本幾何概念差異不要過大，因此本研究以前測成績作爲分組的依據，所以從表五中可發現，兩組的前測成績幾乎是相同的 ( $t(39) = 0$ ,  $p = 1.0$ )。另外，從表五中可知，兩組在實驗結束後，後測第一部分的成績均進步了，顯示學童在學習 Logo 之後，角和旋轉的概念與認知均增加，並且從  $t$  檢定中得知組一在後測第一部分的成績，明顯地高於組二。

#### (二) 紙筆後測

紙筆後測的部分則包含了三個部分：(1) 角的評估 (6 分)，(2) 角/旋轉 (6 分)，(3) 程式設計 (8 分)，共 20 分。表 6 是兩組學童在紙筆後測的成績結果，從  $t$  檢定中得知組一的成績，再次顯著地高於組二。

表 6 紙筆後測成績摘要表

紙筆後測	組一 <sup>a</sup>	組二 <sup>a</sup>	<u>t</u> (39)
<u>M</u> ( <u>SD</u> )	15.5 (3.3)	13.5 (3.1)	5.3***

註：<sup>a</sup> $n = 40$  / 組

\*\*\* $p < .001$

## 二、學童解決問題的策略

### (一) 上機後測成績結果

上機後測與紙筆後測的後兩部分：角/旋轉（6分）以及程式設計（8分）題目完全相同，共14分。從表7中可知，學童於角/旋轉部分的成績並無顯著的差異，然而在程式設計的部分，組一的成績明顯優於組二。

表7 上機後測成績摘要表

上機後測成績	組一 <sup>a</sup>	組二 <sup>a</sup>	t (39)
角/旋轉部分 M (SD)	4.78 (1.19)	4.68 (1.46)	0.34
程式設計部分 M (SD)	7.40 (1.45)	6.60 (1.61)	2.23*

註：<sup>a</sup>n = 40 / 組

\*p < .05

### (二) 上機後測指令總數

上機作答時所輸入的每一個指令，均會自動存入一個指令檔案中，爲了進一步了解學童在解決問題時的思考策略，除了計算所使用的指令總數之外，也比較兩組在 repeat、procedure 和 variable 三種指令的使用情形。表8及9中顯示，組一、組二的學童在角/旋轉部分作答時，所使用的指令總數並無顯著的差異，然而在程式設計的部分，組一明顯少於組二。同時，在 repeat 和 procedure 的使用上，兩組亦無明顯的差異，但在 variable 的運用次數上，組一明顯多於組二。

表8 上機後測指令次數摘要表

上機後指令總數	組一 <sup>a</sup>	組二 <sup>a</sup>	t (39)
角/旋轉部分 M (SD)	31.1 (8.6)	35.7 (13.8)	-1.87
程式設計部分 M (SD)	75.3 (40.6)	6.60 (1.61)	-2.2*

註：<sup>a</sup>n = 40 / 組

\*p < .05

表 9 上機後測程式設計部分 repeat、procedure 和 variable 指令使用次數摘要表

上機後程式設計部分	組一 <sup>a</sup>	組二 <sup>a</sup>	t (39)
repeat <u>M</u> (SD)	1.2 (1.3)	1.4 (1.9)	-0.78
procedure <u>M</u> (SD)	1.2 (1.4)	1.5 (1.9)	-0.72
variable <u>M</u> (SD)	0.6 (0.5)	0.2 (0.4)	3.98***

註：<sup>a</sup>n = 40 / 組

\*p < .05

### (三) SOLO 分類法及實驗效應

根據指令檔案中，學童上機後測程式設計部分的作答，並按照 SOLO 分類法的準則，將學童解決問題的策略及思考技巧進行分類。答題中發現兩組學童解決問題的策略運用均高於 Unistructural 的層次。表 10 將其分類結果作一統計，詳列出兩組學童在各層次的人數及比例，並進行卡方檢定 (chi-square test)，發現學童解決問題的策略運用及思考技巧，的確受到組別實驗效應的影響。也就是說，學童的思考層次確實受到不同結構性的 Logo 教學設計的影響。

表 10 SOLO 分類法人數及比例摘要表

SOLO 分類法	組一 <sup>a</sup>	組二 <sup>a</sup>	總數 <sup>b</sup>
Multistructural	10 (25%)	22 (55%)	32 (40%)
Relational	5 (12.5%)	10 (25%)	15 (18.75%)
Extended Abstract	25 (62.5%)	8 (20%)	33 (41.25%)

註：<sup>a</sup>n = 40. <sup>b</sup>The total number of students is 80 (40 for each group). The total percent is 100%.

$$\chi^2 (2, N = 80) = 14.92, p < .01$$

### 三、學童的面談

每組各隨機抽取五名學童進行 30 分鐘的深入訪談。訪談中詢問學童兩個問題，表 11 列出學童的答案，表 12 則根據其答案，將學童所運用的策略分為七類；針對第一題，組一有五人答對、組二有三人答對，而第二題，組一有三人答對、組二僅二人答對。

表 11 兩組面談答案

學童	組一		組二	
	問題 1	問題 2	問題 1	問題 2
A	<p>A : 4 (他使用中指在手掌上畫圖, 然後回答 4)。 為什麼?</p> <p>A : 應該是一個正方形。 正方形?</p> <p>A : 對! 如果你要面對同一個方向, 你必須轉 90 度 4 次, 那就是一個正方形。</p>	<p>A : 3 (他想了一會, 然後回答 3)。 為什麼?</p> <p>A : 應該是一個三角形。 三角形?</p> <p>A : 因為它會形成一個 30 度的內角, 所以轉三次後, 會形成一個三角形。 你認為機器人轉三次後, 會面對同一個方向嗎?</p> <p>A : 喔! 不會 (他想了一會)!</p> <p>A : 應該是 4 次。 為什麼?</p> <p>A : 我相信是 4 次 (他無法解釋任何原因)。</p>	<p>A : 4 (他重覆 4 次前進幾步, 並向右旋轉身體 90 度, 然後回答 4)。 為什麼?</p> <p>A : 是一個正方形, 一個正方形有相同的邊及 4 個直角。 正方形?</p> <p>A : 如果你要面對同一個方向, 你必須轉 4 個直角。</p>	<p>A : 3 (他想了一下, 沒有任何的動作便回答 3)。 為什麼?</p> <p>A : 不對, 應該是 4。 為什麼?</p> <p>A : 就像一個平行四邊形。 為什麼?</p> <p>A : .....。</p>
B	<p>B : 4 (他很快地原地向右旋轉他的身體 90 度 4 次)。 為什麼?</p> <p>B : 就好像小烏龜, 如果它面對北方那它向右轉 90 度 4 次後, 還會再次面對北方。</p>	<p>B : 12 (他想了一下, 沒有任何的動作, 便回答 12)。 為什麼?</p> <p>B : 4 乘 90 度等於 360 度, 因此 360 度除以 30 度等於 12。</p>	<p>B : 4 (他想了一下, 沒有任何的動作, 便回答 4)。 為什麼?</p> <p>B : 是一個長方形。 長方形?</p> <p>B : 如果一個機器人沿著一個長方形走, 它將會向右轉 90 度 4 次, 然後它將面對相同的方向。</p>	<p>B : 3 (他想了一下)。 為什麼?</p> <p>B : 我猜想應該是 3。 為什麼你不猜想是 6 或 12?</p> <p>B : 或許是 6。 為什麼?</p> <p>B : 我不知道。</p>



表 11 兩組面談答案 (續)

學童	組一		組二	
	問題 1	問題 2	問題 1	問題 2
C	<p>C: 4 (她重覆 4 次前進幾步, 並向右旋轉身體 90 度, 然後回答 4)。 為什麼?</p> <p>C: 這可能會是一個正方形或是長方形, 如果你在其中的一個角落上, 轉了 4 次, 會再回到同一個角落。</p>	<p>C: 6 (她前進幾步, 向右旋轉身體 6 次, 然後回答 6) 為什麼?</p> <p>C: 因為我轉了 6 次, 便回到原位。妳確定你每次轉的角度, 剛好是 30 度嗎?</p> <p>C: 我不確定 (她又做了一次, 這次她嘗試轉得更精確些)。</p> <p>C: 應該是 8 次 (她這次非常有信心)。</p>	<p>C: 4 (他想了一下, 沒有任何的動作便回答 4)。 為什麼?</p> <p>C: 第一次轉 90 度, 第二次再轉就 180 度, 第三次再轉就 270 度, 第四轉就會 360 度。如果機器人要面對相同的方向, 就必須轉 360 度, 因此答案是 4 次。</p>	<p>C: 12 (他想了一會)。 為什麼?</p> <p>C: 一個 90 度角等於 3 個 30 度角, 因此 <math>4 * 3 = 12</math>。</p>
D	<p>D: 4 (她前進幾步, 並向右轉了 4 個 90 度, 然後回答 4)。 為什麼?</p> <p>D: 就像 Logo 一樣, 有四個 90 度角。</p>	<p>D: 12 (她想了一會)。 為什麼?</p> <p>D: 一個 90 度角等於 3 個 30 度角, 因此 <math>4 * 3 = 12</math>。</p>	<p>D: 4 (她前進幾步, 並向右轉了 4 個 90 度, 然後回答 4)。 為什麼?</p> <p>D: 就像是一個正方形, 如果一個機器人向右或左轉了 90 度 4 次, 就會面對相同的方向。</p>	<p>D: 12 (她想了一會)。 為什麼?</p> <p>D: <math>90 * 4 = 360</math>。所以, <math>360 / 30 = 12</math>。</p>
E	<p>E: 4 (她想了一會, 但身體並沒有任何的轉動)。 為什麼?</p> <p>E: 因為機器人要再面對相同的方向, 必須轉 360 度, 因此 <math>360 / 4 = 12</math>。</p>	<p>E: 12 (她想了一會)。 為什麼?</p> <p>E: <math>90 / 30 = 3</math>。因此, <math>4 * 3 = 12</math>。</p>	<p>E: 5 (她想了一下, 沒有任何的動作, 便回答 5)。 為什麼?</p> <p>E: ..... 我不知道。如果機器人換成是 Logo 的小烏龜呢?</p> <p>E: 4。 為什麼?</p> <p>E: 因為如果我輸入 RT 90 和 FD 60 四次, 小烏龜的頭會再面向上方。很好, 那如果是機器人呢?</p> <p>E: ...4.....。</p>	<p>E: 9 (她想了一會, 沒有任何的動作, 便回答 9)。 為什麼?</p> <p>E: ..... 我不知道。同樣地, 如果機器人換成是 Logo 的小烏龜呢?</p> <p>E: ..... 我不知道。</p>

表 12 兩組面談之策略運用摘要表

解決問題的策略 ( problem-solving strategy )	問題 1		問題 2	
	組一	組二	組一	組二
1.無反應/不知道	0	1	0	1
2.猜測	0	0	1	2
3.旋轉身體	3	2	1	0
4.利用想像及口語陳述	1	3	4	2
5.繪圖	2	2	0	0
6.90 度角概念	2	2	0	0
7.數學運算 ( ex. $90+90+90+90=360$ ; $360/90=4$ ; $4*90=360$ ; $360/30=12$ ; $90/3=3$ ; $3*4=12$ )	1	1	3	2
答對人數	5	4	3	2

## 伍、討論與結論

### 一、研究假設一

很多研究一致地建議 ( Au, Horton, & Ryba, 1987; Clements & Gullo, 1984; Missiuna, Hunter, Kemp, & Hyslop, 1987; Swan, 1989; Swan & Black, 1988 ) 一個結構性的 Logo 教學設計是必要的。其中應該包含明確的教學活動、詢問技巧、分組討論、學習單、工作表及 ( 或 ) 評量等，本研究亦證明了此點。研究結果顯示學童在正常 ( immediate feedback ) Logo 環境下，並搭配結構性的教學設計來學習，其對於角及旋轉概念的瞭解與進步，優於學童在限制立即回饋 ( limited feedback ) 的 Logo 環境下，任由學童進行探索式的學習。

本研究與 Simmons 與 Cope ( 1997 ) 的研究均是兩組的實驗比較，一組是正常 ( 小烏龜游標 ) 的 Logo 環境，另一組則是限制立即回饋 ( 圓形小球游標 ) 的 Logo 環境，最大的不同處即在於本研究有一組搭配結構性的 Logo 教學設計，而 Simmons 與 Cope ( 1997 ) 則是兩組均在非結構式的 Logo 教學方式下，任由學童進行探索式的學習。根據他們的實驗結果，認為立即回饋會鼓勵學童在解決問題時，使用嘗試錯誤 ( trial-and-error ) 的學習策略，而非分析思考的策略；限制立即回饋，反而促使學童發展他們的幾何概念及解決問題的能力。

因此，他們的結論為：限制立即回饋幫助學童發展角及旋轉的概念。但必須注意的是，教學方式/教師參與並未被考慮在他們的研究之中。

在本研究中，根據前測及後測第一部分的成績可知（表 5），兩組學童於實驗結束後，在角和旋轉的概念與認知上的成績均進步了，雖然限制立即回饋幫助學童發展角及旋轉的概念，但下一個問題則是：是否這樣的 Logo 學習環境對學童而言是最好的？本研究發現當結構性的教學設計/正確的教師參與融入 Logo 環境，學童的表現更好。

除了比較兩組前測及後測第一部分的成績外，本研究亦比較兩組紙筆後測的成績（表 6），值得一提的是，因為是紙筆測驗，所以沒有任何視覺的回饋。從表 6 的統計數據得知，組一（立即回饋/結構性的教學設計）的成績仍然明顯地高於組二。因此，本研究認為一些學者所提出的問題，也就是 Logo 學習環境所提供的立即回饋，可能會阻礙學童發展角及旋轉的概念，其實並不是真正的問題。相反的，Logo 教學方式/教師參與，才是在 Logo 課程中，能否有效地幫助學童發展幾何概念及解決問題能力的關鍵因素。

## 二、研究假設二

一些研究者（Cope & Simmons, 1991, 1994; Hillel, Kieran, & Gurtner, 1989; Olive, 1991; Simmons & Cope, 1993, 1997）指出，學童在正常的 Logo 學習環境中，喜歡使用回饋導向（feedback-driven）、嘗試錯誤（trial-and-error）的學習策略，而非較高層次的分析思考策略。本研究從兩組上機後測的指令檔案中，亦發現了相似的結果，組一的學童的確喜歡使用嘗試錯誤（trial-and-error）的策略解決問題，但是組二（限制立即回饋/非結構性的教學方式）的學童同樣也使用此種策略，只不過是兩種不同型態的嘗試錯誤（trial-and-error）策略。

組一學童下達 Right / Left Turn 指令時，可清楚看到小烏龜的頭在螢幕上所指的方向，因此他們所使用的嘗試錯誤（trial-and-error）型態為「漸進式」（increment and look）。例如，螢幕上一個目標角度是要學童輸入 RT(Right Turn) 190，才能繪出此角，組一學童典型的指令輸入為下（此例學童共用了 19 個指令）：

pd (pen down)	lt 350	rt 5	cg (clear graphic)	rt 150
fd 60	rt 120	rt 10	fd 60	rt 40
rt 10	rt 20	rt 1	rt 200	fd 60
rt 350	rt 5	fd 60	lt 200	

另一方面，組二學童只能看到小球的位置，卻無法從螢幕上辨別目前所指的方向，因此他們所使用的嘗試錯誤 (trial-and-error) 型態為「重頭式」(repeat from the start)。針對上述的問題，學童輸入的指令如下：

**例一 共用了 12 個指令：**

pd (pen down)	rt 160	rt 180
fd 60	seth 0	seth 0
rt 150	rt 170	rt 190
seth 0 (set heading to north)	seth 0	fd 60

**例二 共用了 20 個指令**

pd (pen down)	cg	cg	cg	cg
fd 60	fd 60	fd 60	fd 60	fd 60
rt 210	rt 20	rt 350	rt 180	rt 190
fd 60	fd 60	fd 60	fd 60	fd 60

從上面的資料顯示，組二的學童不是使用「seth 0」(set heading to north) 就是「cg」(clear graphic) 兩個指令，重新定位或清除畫面，以便再次嘗試繪出此角。因此，本研究並不同意 Simmons 與 Cope (1997) 的結論，認為學童因為無法立即從螢幕游標得到回饋，辨別目前方向，就不會使用嘗試錯誤 (trial-and-error) 的策略解決問題。限制立即回饋可以幫助學童思考，但無法阻止學童使用嘗試錯誤的策略。雖然兩組學童均使用嘗試錯誤的策略，卻也從此經驗中，增加了他們對於角及旋轉的概念。

Cope 與 Simmons (1994) 曾指出，因為學童太常運用嘗試錯誤的策略，因此，解題時所使用的指令數目，並沒有漸漸地減少。然而本研究卻發現，學童在正常的 Logo 環境中，所使用的指令數目，並沒有比在限制立即回饋的 Logo 環境中要多。

本研究比較兩組在上機後測所使用的指令數目，表 8 顯示，組一、組二的

學童在角/旋轉部分作答時所使用的指令總數並無顯著的差異，然而在程式設計的部分，組一明顯少於組二。這樣的結果與 Cope 與 Simmons (1994) 的研究結果，背道而馳。在他們的研究中，學童在限制立即回饋的 Logo 環境中，所使用的指令數目明顯比在正常的 Logo 環境中要少。但要再次強調的是，教學方式/教師參與並未被考慮在他們的研究之中。另外，上機後測成績(表 7)中，雖然兩組學童於角/旋轉部分的成績並無顯著的差異，然而在程式設計的部分，組一的成績卻明顯優於組二。換句話說，結構性的教學設計/正確的教師參與成功地幫助學童在正常的 Logo 環境中，轉換嘗試錯誤的策略。尤其，學童於上機後測程式設計中的作答方式，亦用 SOLO 分類法加以分析比較(表 10)，發現組一學童有 62.5% 可達到其中的最高層次 (Extended Abstract)，但組二卻只有 20% 可達到最高層次。事實上，組二大部分的學童 (55%) 僅在第三層次 (Multistructural)。因此，在結構性的教學設計/正確的教師參與下，學童透過立即回饋及嘗試錯誤 (trial-and-error) 的經驗，能夠幫助學童提昇分析思考及解決問題的技巧能力。

### 三、面談

一般來說，兩組學童在回答問題一時，較不需要太多的思考，並且會運用在 Logo 的經驗來回答問題。最常用的策略便是將他/她自己想成是一個機器人，並像 Logo 中的小烏龜一樣旋轉。他們很容易地重覆四次前進幾步，並向右旋轉身體 90 度，藉由身體旋轉的經驗來回答問題。然而，當問到原因時，大部分的學童提到了正方形及長方形，只有兩位學童提到 360 度旋轉 (whole turn) 的概念及數學運算 (e.g.:  $360/90$ ,  $90+90+90+90=360$ )。可能是因為學童們很簡單地將 Logo 程式的經驗，與他們身體的旋轉動作作一連結，因此很有信心的運用了正方形及長方形的概念。

兩組學童較有困難回答第二個問題，只有一位學童仍然使用「旋轉身體」的策略。這個學童很努力的做出右轉 30 度，但始終不夠精準而無法正確回答。大部分學童瞭解很難十分精確地利用身體旋轉 30 度，因此均放棄使用此法，並選擇使用其他方式。他們此時想到，如果要再次面向同一個方向，不管前進幾步，必須旋轉 360 度。所以有一半的學童運用了 360 度旋轉 (whole turn) 的概念及數學運算法 (e.g.:  $90*4=360$ ,  $360/30=12$ ;  $90/3=3$ ,  $3*4=12$ )。由於問題二本身的困難度較問題一高，只有一半的學童答對 (表 11、12)。由此可知，學童較

熟悉 90 度角，對於旋轉的觀念較難完全理解。從面談中亦可發現學童是如何發展角/旋轉的概念：首先將身體的動作與電腦程式經驗相連結，然後再運用簡單的數學運算法解決問題。因此，角/旋轉的概念可透過 Logo 課程傳達給學童，因為他們可透過控制螢幕的小烏龜游標，來模擬身體旋轉的經驗。

#### 四、小結

本研究比較兩種不同的 Logo 學習環境，得到以下三個顯著的結果：（一）學童在正常/結構性的 Logo 教學設計組別中，經過五週的課程，在角及旋轉的概念認知及進步上，優於在限制立即回饋/非結構性教學的組二學童。（二）正常的 Logo 環境並搭配結構性的教學設計下，立即回饋將幫助學童發展更高層次解決問題的技能。（三）結構性的 Logo 教學設計，減少學童使用嘗試錯誤的策略，反而幫助學童發展及提昇解決問題的能力及技巧。因此，正常/結構性的 Logo 教學設計，在進行 Logo 相關的課程時，是本研究所建議使用的方式。

### 參考文獻

- Au, W., Horton, J., & Ryba, K. (1987). Logo, teacher intervention, and the development of thinking skills. *The Computing Teacher*, 14(3), 12-16.
- Au, W. K., & Leung J. P. (1991). Problem solving, instructional methods and LOGO programming. *Journal Educational Computing Research*, 7(4), 455-467.
- Clements, D. H. (1986). Effects of Logo and CAL environments on cognition and creativity. *Journal of Educational Psychology*, 78(4), 309-318.
- Clements, D. H. (1990). Metacomponential development in a Logo programming environment. *Journal of Educational Psychology*, 82(1), 141-149.
- Clements, D. H., & Battista, M. T. (1989). Learning of geometric concepts in a Logo environment. *Journal for Research in Mathematics Education*, 20, 450-467.
- Clements, D. H., Battista, M. T., Sarama, J., & Swaminathan, S. (1996). Development of turn and turn measurement concepts in a computer-based instructional unit. *Educational Studies in Mathematics*, 30, 313-337.
- Clements, D. H., Battista, M. T., Sarama, J., Swaminathan, S., & McMillen, S. (1997). Students' development of length concept in a Logo-based unit on

- geometric paths. *Journal for Research in Mathematics Education*, 28, 70-95.
- Clements, D. H., & Gullo, D. (1984). Effects of computer programming on young children's cognition. *Journal of Educational Psychology*, 76(6), 1051-1058.
- Cope, P., & Simmons, M. (1991). Children's exploration of rotation and angle in limited Logo microworlds. *Computers and Education*, 16, 133-141.
- Cope, P., & Simmons, M. (1994). Some effects of limited feedback on performance and problem-solving strategy in a Logo microworld. *Journal of Educational Psychology*, 86, 368-379.
- Cope, P., Smith, H., & Simmons, M. (1992). Misconceptions concerning rotation and angle in Logo. *Journal of Computer-Assisted Learning*, 8, 16-24.
- Delclos, V., Littlefield, J., & Bransford, J. (1985). Teaching thinking through Logo: The importance of method. *Roeper Review*, 7(3), 153-156.
- Giles, D. (1993). Logo with low achievers. *Journal of Research on Computing in Education*, 26(1), 28-39.
- Hillel, J., Kieran, C., & Gurtner, J. (1989). Solving structured geometric tasks on the computer: The role of feedback in generating strategies. *Educational Studies in Mathematics*, 20, 1-39.
- Hughes, M., & Greenhough, P. (1995). Feedback, adult intervention, and peer collaboration in initial Logo learning. *Cognition and Instruction*, 13(4), 525-539.
- Keller, J. K. (1990). Characteristics of Logo instruction promoting transfer of learning: A research review. *Journal of Research on Computing in Education*, 23(1), 55-71.
- Leron, U. (1985). Logo today: vision and reality. *The Computing Teacher*, 12(5), 26-32.
- Lehrer, R., Randle, L., & Sancilio, L. (1989). Learning preproof geometry with LOGO. *Cognition and Instruction*, 6(2), 159-184.
- Littlefield, J., Delclos, V. R., Bransford, J. D., Clayton, K. N., & Franks, J. J. (1989). Some prerequisites for teaching thinking: Methodological issues in the study of LOGO programming. *Cognition and Instruction*, 6(4), 331-366.
- Mevarech Z. R., & Kapa E. (1996). The effects of a problem-solving based Logo

- environment on children's information processing components. *British Journal of Educational Psychology*, 66, 181-195.
- Miller, R. B., Kelly, G. N., & Kelly J. T. (1988). Effects of Logo computer programming experience on problem solving and spatial relations ability. *Contemporary Educational Psychology*, 13, 348-357.
- Missiuna, C., Hunter, J., Kemp, T., & Hyslop, I. (1987). *Development and evaluation of the "Thinking with Logo" curriculum*. Calgary, Alberta: Calgary Board of Education. (ERIC Document Reproduction Service No. ED 287453)
- Moore M. L. (1984a). *Geometry Problems for Logo Discoveries*. Sunnyvale, CA: Creative Publications.
- Moore M. L. (1984b). *Logo discoveries*. Sunnyvale, CA: Creative Publications.
- Nastasi, B. K., Battista, M. T., & Clements, D. H. (1990). Social-cognitive interactions, motivation, and cognitive growth in logo programming and CAI problem-solving environments. *Journal of Educational Psychology*, 82, 150-158.
- Noss, R. (1987). Children's learning of geometrical concepts through Logo. *Journal for Research in Mathematics Education*, 18, 343-362.
- Olive, J. (1991). Logo programming and geometric understanding: an in-depth study. *Journal for Research in Mathematics Education*, 22, 90-111.
- Papert, S. (1980). *Mindstorms: Children, computers, and powerful ideas*. New York: BasicBooks.
- Papert, S. (1993). *The children's machine: Rethinking school in the age of the computer*. New York: BasicBooks.
- Papert, S. (1997). Educational computing: How are we doing? *T.H.E., Journal*, 78-80.
- Pea, R. D. (1983). *LOGO programming and problem solving* (Tech. Rep. No. 12) . New York: Bank Street College of Education, Center for Children and Technology.
- Simmons, M., & Cope, P. (1990). Fragile knowledge of angle in turtle geometry. *Educational Studies in Mathematics*, 21, 375-382.
- Simmons, M., & Cope, P. (1993). Angle and rotation: Effects of different types of feedback on the quality of response. *Educational Studies in Mathematics*, 24,
-



163-176.

- Simmons, M., & Cope, P. (1997). Working with a round turtle: The development of angle/rotation concepts under restricted feedback conditions. *Computers and Education*, 28(1), 22-33.
- Swan, K. (1989, March). *Programming objects to think with: Logo and the teaching and learning of problem solving*. Paper presented at the annual meeting of the American Educational Research Association, San Francisco, CA. (ERIC Document Reproduction Service No. ED 309762)
- Swan, K., & Black, J. (1988, April). *The cross-contextual transfer of problem solving strategies from Logo to non-computer domains*. Paper presented at the annual meeting of the American Educational Research Association, New Orleans, LA. (ERIC Document Reproduction Service No. ED 299953)
- Yusuf, M. M. (1995). The effects of Logo-based instruction. *Journal Educational Computing Research*, 12(4), 335-362.