

建構論與建造論應用於人工形態組合學習之研究

The Study of Man Made Form to Learn by Constructivism and Constructionism

*林振成 **李大偉

Jenn-Cheng Lin Da-Wei Li

*國立台灣師範大學工業科技教育學系 博士候選人

**文化大學勞動與人力資源學系 教授

摘要

本研究旨在探討建構論(Constructivism)與建造論(Constructionism)應用於人工形態組合學習，透過建構論與建造論理論文獻與驗證分析，驗測造形學習建置型態之可行性。應用樂高 LEGO Mindstroms RIS2.0 軟體、3DS MAX8 電腦軟體及 Solid works 2006 電腦軟體，經 3D 與 2D 作為單元組合成人工形態造形之學習，並導入科技技術學習，得到人工形態立體組合造形之型態設計，結果明顯的刺激與影響學習者之操作軟體能力，演算合理的單元造形元素，組成人工造形，得到設計學習效益。

關鍵詞：建構論、建造論、人工形態組合

Abstract

The aim of the present study is to probe into constructivism and constructionism's application to artificial model assembly learning and to test the feasibility of developing form-designing leaning models through theoretical and empirical analysis of constructivism and constructionism. To employ software like LEGO Mindstroms RIS2.0, 3DS MAX8, and Solid works 2006 to assembling the artificial models through 3D and 2D as assembling units. In addition, the technological skill learning is also integrated to access the model designing of the artificial 3-dimensional assembly. The results showed that the learners' ability of manipulating software was stimulated and promoted. They can design rational assembly elements to assemble the artificial 3-dimensional assembly form and develop considerable learning benefits.

Keywords: Constructivism, Constructionism, Artificial Model Assembly

一、前言

我國國民中小學從 90 學年度起，自國小一年級開始實施九年一貫課程，以迄 93 學年度全面實施。

此一「創新教學九年一貫課程」的基本精神就在於以學生為主體，以生活經驗為中心，培養學生具備現代國民所需的基本能力，亦即：1.瞭解自我與發展潛能；2.欣賞、表現與創新；3.生涯規劃與終身學習；4.表達、溝通與分享；5.尊重、關懷與團隊合作；6.文化學習與國際瞭解；7.規劃、組織與實踐；8.運用科技與資訊；9.主動探索與研究；10.獨立思考與解決問題等十大基本能力(教育部，2003a)。這其中第 7 至 10 項的基本能力是與知識的「創新系統」有關，這些基本能力的養成，可讓我國透過學校教育來厚實優異科技與設計人力資源的基礎，以提升科技、設計、製造的能力。人工形態組合設計應用，是可以用來培養學童的創意思考能力，符應九年一貫課程的創新教學精神，亦可培養成為未來學習藝術與設計教育做基礎。本文即針對人工形態組合的理論基礎為研究重心。

人工形態組合設計學習，藉樂高機器人組合 (LEGO Mindstorms RIS 2.0) 軟體及 3DS MAX 8 與 solid works 2006 之軟體是可建構與設計出一系列九年一貫課程中「自然與生活科技」學習領域的創意學習活動之教學媒體，國小學童可以應用此一軟體來組合與創造人工形態，以解決教師們所指定的預設問題。讓學童們利用科技為工具，進行各項探索、實驗並解決實際的問題，進行知識創新的對話及反省思考等活動的學習，以建構出屬於自己的知識創新系統及創造力。人工形態之設計係應用樂高機器人組合之理論基礎為 Piaget 的建構 (Constructivism) 與 Papert 的建造 (Constructionism) 得以完成。(Resnick & Ocko, 1991)

二、人工形態建構

1. 建構論 (Constructivism)

建構論 (Constructivism) 的主要代表人物是皮亞傑 (Jean Piaget 1896-1980) 與其追隨者卡蜜 (Kamii, 1985) 等人。他們主張任何學習都必須和發展階段相互配合。在皮氏的理論裡，提供了一種瞭解兒童在不同的發展階段的作事與思考的方式，它為我們開啓了一道窺透兒童在不同年齡的興趣所在及其能力範圍。對皮亞傑而言，兒童不僅只是擁有自己與大人們不同的世界觀，而且這些世界觀乃是具有整體性的。在學習的過程中，兒童們也相當堅持自己的觀點，大人們絕不可認為此階段的兒童是發展不完全的成人。兒童們作事及思考的方式具有其統整性，有其獨特的邏輯，這種獨特性都是與兒童的需要和發展潛力相輔相成的。實際上，兒童的觀點與兒童本身都是會根據自我組織的複雜法則而產生根本性的變化：一種由內而外的擴展與變化，此亦為格式塔心理學所述之從下而上的學習。對於兒童或是成人而言，只有當他們有了更充分地接觸並理解一套更好的理論，他們才會揚棄先前的作事及思考系統。至於兒童們的概念性改變，就如同科學家們對於理論的推翻與重建那樣，都是源自於在實際世界的行動或是實際經驗，再經由抽象思路與具體存在的重新整合而來。其觀點與認知心理學派的理論相似。(魏美惠，2005)

基於上述，皮亞傑認為兒童在學習過程中，必須創造自己的理解，而這種理解是由發現中所得到的。兒童們要獲得真正的知識是要與環境產生互動，而非從書本或教師教學中獲得，因為後者所獲得的知識是零散、表象的。兒童們要從與環境的互動中去發現知識，並建構自己的知識。皮亞傑認為，兒童並不是被動的學習者，他們在學習的過程中會建構自己的認知系統，兒童是主動的學習者，他們會創造自己的理解，意義化自己的學習，也只有這樣的學習才是有意義的學習方式，也才能持久。(魏美惠，2005)

由於皮亞傑認為兒童知識的獲得是個體與環境互動所建構而來的，因此建構論者特別強調兒童在學習過程中，必須從實物操作中去建構概念，所以他們重視教具的實物操作以及豐富的學習環境。學校教師所要關心的是兒童的學習過程，學校的主要任務在提供豐富的學習環境讓兒童去發現去學習，而非在

傳授知識。

建構論的提出對教育有三重意義：(1) 教學總是間接的。學生們不會立即接受所聽到的，他們會用自己的知識及經驗來加以詮釋，他們也會轉化所接受的訊息。(2) 人類溝通的轉化模式不是單向的。對皮亞傑而言，知識不單只是從傳送的那一端傳送出去，並由另一端加以編碼、記憶、回溯並加以應用；知識應該是藉由與他人、世界與事物的互動而產生的經驗。(3) 任何學習理論都應正視學習阻力。皮亞傑的理論就是在綜覽整體脈絡，應用及媒體媒介，以及強調個人學習風格與偏好在人類學習和發展中的角色與其重要性。(Ackermann, 2002)

2. 社會建構 (Social-constructivism)

社會建構論是由美國心理學家布魯納 (Bruner, J. S.) 與一些後皮亞傑學派 (Post-Piagetian) 學者，根據蘇俄心理學家維高斯基 (Vygotsky) 的「近側發展」鷹架理論提出的。(魏美惠, 2005)

如前所述，建構論認為知識是個體與環境互動建構而來的，強調的是個體與環境之間的互動經驗。他們認為兒童可以獨立求知，卻忽略了文化社會層面對知識與兒童發展所扮演的角色。(魏美惠, 2005)

社會建構論者認為兒童知識的獲得與其能力的培養，需要成人及教師們幫忙建構一個學習的鷹架，同時在兒童學習的過程中，也需要考慮到社會文化因素對他們學習所產生的影響。兒童們在與他人作社會性互動時，更能促進他們的知識建構和智能發展。(魏美惠, 2005)

社會建構論者引用鷹架理論，他們認為兒童就如同正在建築中的建築物，需要鷹架的支持，才能繼續建造新能力與創造更多的發展空間，所以教師的角色是積極的，教師必須運用各種策略為兒童搭建學習的鷹架，以引導兒童理解概念。總之，社會建構論者認為兒童必須與環境互動才能建構知識；但這種知識的建構是要透過成人與兒童一起學習的。他們將重點擺在成人和兒童的共同工作。

從建構論到社會建構論，將兒童的學習與知識的獲得作一完整的論述，人類是群性的動物，在學習過程中，絕不可忽略了社會性的互動、成人的引導、楷模的學習等等社會學習的功能。

三、人工形態操作建造論

1. Seymour Papert 的建造論 (Seymour Papert's Constructionism)

根據皮亞傑的建構主義而發展了另一套的學習理論。在 Papert 理論中的辭彙隨著詞性不同而有不同的意涵：「建造論」(Constructionism) 中，名詞 (N) 的「建造」與動詞 (V) 的「建造」意義相左；但其二者的共同點在於它們的概念都意涵了建構主義中「學習就是透過將行動持續的內化而建立的知識結構」。Papert 的有關學習概念中新一層的意義，是這種過程學習者本身也很能清楚地意識到自己在構築一種不論是沙灘的沙堡或是宇宙的理論的知識，而在這種的情境下學習才會更有效能。(Papert&Harel, 1991)

由於 Papert 理論的焦點在「做中學」而非「從整體的認知潛能」產生。Papert 的方法幫助我們瞭解到當概念產生與傳送的媒介不同時有何變化：在特定的脈絡中將想法付諸行動時，想法又如何形成與傳達；或者是由不同的人思考下，想法會如何產生與傳送。Papert 的理論重點，便從一種普遍性建構主義轉到了學習者個人與他們最熱衷的事物或引起有意義之聯想上的互動。在建造論的概念下，例如：樂高機器人的組合遊戲，便掌握了這種與個體的最佳互動之特性。(Papert & Harel, 1991)

對 Papert 而言，「將我們內在的思想與感覺投射出來便是學習的關鍵」。將內在想法表達出來也意味著，這些想法是可以用來作交流與探討的，甚至可以將某些想法框架化、具體化的，這都有助於我們藉

著表達與他人交流。這種自我導向的學習循環，就是一種學習者自己創造發明一些能夠用來探索他們最熱衷的事物之最佳工具與媒介。就如同 Nelson Goodman 的觀點：「學習者不分老幼都是文字創造者。」

(Learners, young and old, are “word-makers.”) (Papert & Harel, 1991)

對 Papert 而言，就算是成年的專家其知識架構也是基於脈絡而形成，並透過應用來修正，且不停地運用外在的環境來驗證。Papert 認為人類在任何成長階段，都會透過與外界的互動來激發思考的可能發展。(Papert&Harel, 1991)

2. Piaget 與 Papert 之理論歸納

- (1) 皮亞傑與 Papert 都是建構主義者 (Constructivists)。二者都認為兒童是自我認知工具以及其外在實體的建造者，知識都是透過個人經驗的建構與再建構。
- (2) 皮亞傑與 Papert 都是發展主義者，他們都堅信知識是建構的。在其實證研究中發現，學習者會在一段時間內與某事物或環境的互動中來保持或改變對此事物的概念。
- (3) 表面上，皮亞傑與 Papert 都將知識定義為調適 (adaptation)，但皮亞傑強調的是內在穩定性的確立，而 Papert 所熱衷的是改變的動力機制 (dynamics of change)。
 - a. 皮亞傑的理論主要是關於兒童的認知世界如何逐步從具體的事物轉化為抽象世界。
 - b. Papert 的觀點就與之完全相左。他的貢獻主要就是告訴我們：知識的定義是隨情境而變的，知識的產生與環境的變化連結與定位息息相關。Papert 經常強調，在建構下知識的不穩定性、脈絡性及彈性。
- (4) 皮亞傑認為兒童經常就是那種在某階段就該有某種想法的。而 Papert 所指的兒童則與脈絡環境較有關係，而且與他人也有關係的。

四、建構與建造理論之學習應用

1. 人工形態的組合在於教學現場上的應用

依樂高機器人的建造與實作的探索中，有系統地建構有意義的知識概念，使抽象的科學或是數學觀念，內化成爲一種真正屬於自己的邏輯。(LEGO/Lego: Learning through and about Design Mitchel Resnick and Stephen Ocko MIT Media Laboratory)

許多的問題解決的課堂活動，都將焦點放在分析性思考：將問題拆成一些子問題，學生們很少有機會來設計或是發明東西。樂高/Lego 程式語言，由電腦導向的人工形態系統環境，如何提供多元的設計活動？我們可以檢視學生如何運用樂高/Lego 程式語言，並透過設計活動來學習重要的數理概念，同時也學習到設計過程的內涵。

問題解決 (Problem solving) 可以區分爲兩個項目：分析以及設計，分析包含了將問題拆成更單純的子問題，特別是藉著形式化的規則，呈現的多元。在設計方面，問題的目標經常是模糊的；定義問題也是設計者的工作之一。此外，對於解決某一設計任務的意義也不是很明確，設計者通常只會尋找令人滿意的解決方法，而一定是最佳方法 (Simon,1969)，卻可以在既有條件與限制下找出大致可行的方法。

設計工作對於幾乎所有領域的人類活動而言，都是十分重要的。就設計的狹隘定義而言：設計師在準備藍圖時，當然會運用到設計的技巧，但是就設計的廣義定義而言：不論是作家在撰稿時，或是管理者在重組某個組織時，其實都可以說是在進行設計的工作；假如設計是居於人類活動的核心工作，那我

們或可期望設計在學校的課程內發揮積極、重要的功能。但是事與願違，因為許多的教育學者認為設計活動本身中欠缺組織性，這使得設計活動難以成為正式的課堂活動，教育學者認為設計活動既難以管理也難以評估，而不足以採行，因此造成了學生們鮮有機會從事設計、建造、創造或發明等活動。

利用樂高/Lego 程式語言在設計克中學習，可藉著設計活動來學習重要的數理概念並同時學習設計過程。

2. 樂高/Lego 程式語言

樂高/Lego 程式語言將樂高積木與 Lego 程式語言連結起來，孩童可藉由樂高/Lego 程式語言，以利用樂高的積木零件來建造人工形態，所使用的不僅是傳統的樂高積木，更使用了其他的機器零組件。例如：馬達、舵、感應器等等。然後他們將機器連結到電腦並且撰寫程式（使用改良版的程式語言 LEGO）來操控這些機器。例如，一個兒童如果做了一個樂高旋轉木馬，然後就可以為它撰寫電腦程式，這樣以後只要按一個感應器，它就會自動轉三圈。

樂高公司花了數十年時間來研究電腦與兒童發展的相關性。在 1960 年代晚期 Seymour Papert 及其麻省理工學院的同事們將 Lego 程式語言發展成可以讓兒童使用的程式語言，這樣的話他們就可以用一種長的火箭操縱纜(umbilical cord)將機器連至電腦。Lego 包含了一些「前進、後退、向左、向右」的特殊指令來控制地板小海龜（樂高的一種產品）。(Resnick & Ocko, 1991)

隨著個人電腦的來臨，Lego 程式語言小組的焦點轉移到「螢幕小海龜」(screen turtle,類似電腦的游標)上，配合個人電腦的使用，學生仍然可以使用「前進或是向右」的指令，但是這些指令都只是控制電腦螢幕上的圖形而非實際的機器人。「螢幕小海龜」比起實體的地板小海龜靈活得多，也因此可以讓小孩創造更複雜的平面圖形效果。

兒童們運用樂高/Lego 程式來建立形形色色的創意機器。例如，像是可以設定程式指令的自動烤麵包機，或是一種可以自動根據長度來整理積木的裝置，諸如此類。

樂高/Lego 程式系統不僅納進了新的樂高零件便於製作新人工形態機器，也設計了新型的造形磚塊來配合程式撰寫。就樂高的元件上就有新的類型諸如：舵、滑輪組、輪子、馬達、燈具、及感應器等。

撰寫程式的語言，樂高/Lego 程式採用了 Lego 程式的擴充版，學生可以使用任何種類的樂高指令或是控制架構（如：向前、向右、如果、重複）再加上 20 種新為樂高系統環境增設的指令。新的指令字元包含了像是開啓、關閉等指令來控制樂高馬達、燈具的，並有關於感應器的指令字元來接收感應器的訊息。如此可以激發學生學習的興趣與創造力。

3. 藉由設計學習(Learning Through Design)

樂高/Lego 程式的活動組織方式是很多元的；老師可以根據特定的建造準則來指導每個同學建造一部樂高汽車，然後老師還可以繼續指導同學進行這輛樂高汽車的一些範例實驗，提供一些竅門，學生們也可以從中學習到不少東西。

在經驗中，當學生被給予了對他們有意義的設計空間的時候，才會有最佳的教育成果，在這種情形下，學生們極其罕見地運用一種在乎以及感興趣的態度來從事這些工作。因此，學生更會去從事探索並且將這些動手做的活動與其背後的數學、科學觀念結合在一起，這其實就是 Papert 的建造主義理論的核心 (Papert, 1986)。

樂高/Lego 工作也支持了這項觀點，樂高/Lego 計畫基本上就融入了許多的數學或是科學的概念一像是分數、摩擦力以及機械概念等。

值得一提的是在傳統數理學習活動中，表現不好的同學，有相當多的學生在樂高/Lego 活動當中可能表現突出，這些學生都具有了相當優秀的設計技巧。但是他們都受挫於「分析導向的傳統數理課程」，早被他們的老師歧視。

4. 藉由設計學習數學 (Mathematics through Design)

George 是一位一般學生，學習組合人工形態簡單的樂高汽車，他將汽車的馬達連至電池盒並且觀察車子的移動。接下來，它將馬達連接到電腦上，並且用一些 Lego 程式語言作為指令來試驗車子的反應。最後，他把幾項指令加在一起，當他執行了這些指令，電腦開啓馬達 2 秒鐘 (Onfor 20)，轉換馬達的轉向 (rd)，然後重複這些動作三次。簡單的指令，讓汽車產生了動作，也讓操作者學習到新的可能性。

5. 經由設計學習科學 (Science through design)

我們也可建議學生從建造無馬達的「肥皂盒賽車」開始他們的樂高/Lego 程式汽車。我們在班級建造一個滑軌，好讓學生們比賽誰的車子跑的遠。他們從中可以思考如何讓他們製作的車子跑得更快。他們測量車子從滑軌下來之後還能移動多遠，並且重新設計來使之跑得更遠。

在學生互相討論一些車子為何跑得比較遠之時，我們可以趁機鼓勵學生們探究其原因—摩擦力，不久後摩擦力不但成為老師與學生們的共同話題，也成為學生們互相討論的話題。在一個班級中，一位學生一邊拆除一些汽車的組件，一邊解釋假如組件裝得愈多愈重其摩擦力愈大，其他的學生也提出類似的解釋；更重要的現象是，這是一種長久而內化的學習：就算是他們不再製作汽車而開始進行樂高/Lego 程式新的任務之後，他們仍然可用手邊運轉的機器解釋，並且分析其摩擦力狀況。

又如奇數與偶數的觀念一樣，摩擦力對於學生而言並非是新觀念，但是樂高/Lego 的設計活動卻提供了一種更有意義的學習脈絡來給學生思考與討論。學生們希望讓他們所製作出來的汽車跑得更遠，因此開始應用摩擦力這個觀念，但是他們的解釋卻經常是偏離正題的，但是當他們開始進行樂高/Lego 的設計活動之後，他們逐漸地建構可以解釋摩擦力如何影響他們設計的機器的動力理論模型。

Di Sessa (1986)將科學的學習，形容為一種重複再重複體驗的過程 (re-experiencing process)，當老師只是將新觀念的定義教導給學生們時，他們幾乎沒有學到任何東西，他們必須在多元的實際脈絡中體驗並且重複體驗這些觀念才有意義，藉著這些體驗，學生逐漸地將他們的直覺一次又一次地修正為一種整體的理論模型。在這個案例中，可以發現學生藉著探索樂高/Lego 程式機器的移動中，似乎更全面且更內化地建構了關於摩擦力的觀念。

6. 3DS MAX 8 軟體應用

單純的人工形態組合的建構，可運用 3DS MAX8 軟體來建構執行，在進行學習時，可應用條線狀圓形管（塑膠吸管或軟線材）設計成正三角錐體或正立方體建構組合，成一人工形態，這種人工形態的造形可看意象的造形，任何仿生型態都可因學習者每個人不同的造形概念或構想來完成，型態被建置完成後，亦可經由科技機構的裝置組合，而成一人工形態，經由這些學習，包括色彩、造形、組合、單體造形計量及科技機構裝置而達成建構及建造之理論學習（附圖）。

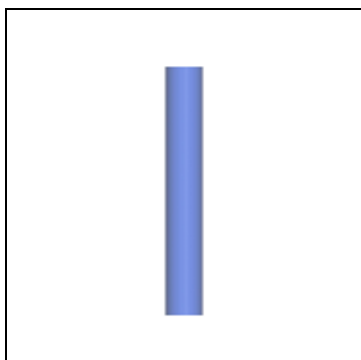


圖 1 單位

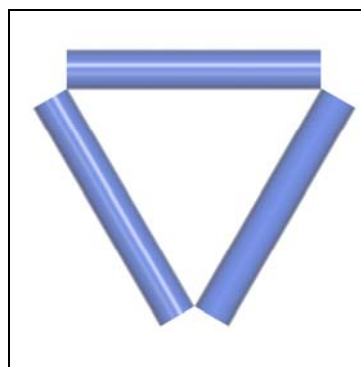


圖 2 單元組合



圖 3 單元組合（型態元件）

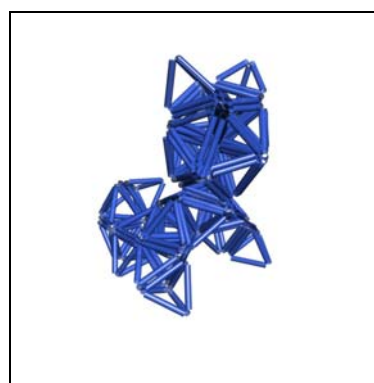


圖 4 組合成型（I）

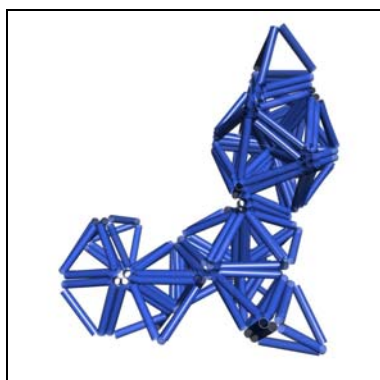


圖 5 組合成型（II）

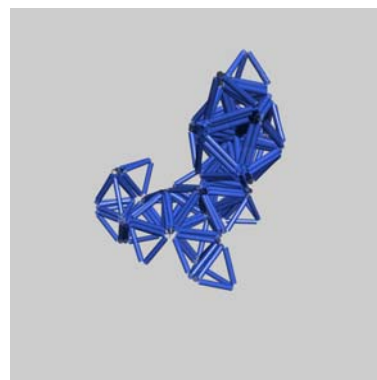


圖 6 組合成型（III）

7. Solid works 2006 軟體應用

Solid works 2006 軟體應用在人工形態造形建構，是一種合適造形設計應用軟體，設計者或設計學習者，可以以基本單元人工造形為設計組合元素，進行造形設計如附圖（同上）。其同亦其 3DS MAX8 軟體進行人工造形建構與建造可使造形學習與科技技術結合，為科技教育之一環。

五、學習如何設計

在學生們開始進行人工形態組合之建構建造，他們不僅可以學到數學與科學的觀念，也可以學到設計的過程，特別是他們可以學到設計工作中所需要的啓發與邏輯(heuristics)或是經驗法則(rules-or-thumb)，這種啓發與邏輯對於人工形態組合造形 這樣複雜的設計活動是十分重要的，因為在這樣的活動中，設計者們需要同時將數種不同，且彼此關係錯綜複雜的設計學習列入考量的。

例如，波士頓公立小學四年級生 Nicky 氏所發展出來的「擺動步行者」(vibrating walker) 機器人。他也是從樂高組件著手建造汽車開始的，他從他所製作的汽車參加過幾次的滑軌比賽後，歸納結果並且進行改進，他將一個與電腦連結的馬達裝置到汽車上，當他啓動馬達後，汽車雖然向前移動了一會，但是馬達卻掉出車體之外，並且在實驗的桌子上震動個不停，這是個失敗的實驗。

於是他採取逆向思考，乾脆利用原本妨礙機器運動的馬達震動，而不是直接地放棄因為震動導致實驗失敗的實驗機體，或者是採取傳統的有漏就補的土法煉鋼方式。其實，他也開始思考是否可以利用震動的動能，將動力提供在他的實驗機體，所以這種逆向思考，竟讓他將震動這個毛病轉變成了創意的特色。

Nicky 將馬達裝置在其機器人的四個『腿』(其實就是樂高的傳動軸組件)之上，經過一些實驗之後，他理解到了他還需要一些方法來擴大馬達的震動，爲了達到此項目的，他運用了一些玩滑板的經驗。一邊用滑板前進一邊用雙手擺動這樣就會得到一種意外的推力，所以依此類推，加上搖擺的裝置來比照也可以讓馬達的震動變快，而應用方法是將兩個樂高軸聯裝在一起來充當那個搖擺的「手」，他將一個齒輪裝在馬達上，又把這個提供搖擺的「手」稍微偏離其中心地裝起來，結果就如他所想的一樣：只要齒輪轉動了，這個「手」就擺動起來了。

成果是：他學得了一種設計過程的知識，在建造這個機器人中，他使用了設計啓發(design heuristics)中的思考排列。從 Nicky 的經驗有設計啓發(heuristics)的概念：

1. 從處理意外中獲取成長：當馬達掉出車體，設計者 Nicky 並不將之視爲一種失敗的訊號，他把這個意外視爲一種機會，以藉此了解一些突發狀況，並且在這些意外發生時總結出一些心得。
2. 要充分利用個人經驗引導設計過程：當 Nicky 需要擴大馬達的震動，他便需要以他的經驗與物體運動的知識來理解此事。
3. 要以新的方法來活用材料：一般的樂高磚塊設計者是不可能想像用樂高的車軸組件當作機器人的「手」或是「腿」來用，這些設計者也不能想像到樂高車輪竟然可以轉 90 度並且可以拿來當機器人的「腳」使用，但是 Nicky 卻並不覺得他的設計得受限於一些所謂的標準組裝方法。
4. 協同合作是重要的：當機器人因為震動過大而翻倒時，Nicky 並不確定如何來解決這個問題，所以他與一位精於機器設計的同學商討解決之策，這個合作很成功，而這種合作對於像是這種樂高/Lego 的跨領域活動則是格外的重要。

其必要條件如下：

- (1) 要充分落實管理：

許多教室實作的活動中，學生們得在他人實驗的基礎上再度創新，而只有在學生們產出他們自己的設計以及實驗，並且投入於自己有興趣的計畫裡，這些樂高/Lego 的課程才會是最有成效的。

- (2) 提供多元的學習途徑：

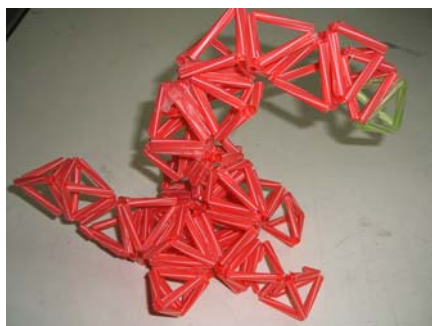
不是每一位同學都希望從組建汽車開始著手，一方面得讓學生從不同的方向與觀點來從事設計方案，有了樂高/Lego 之後，學生可以有各種的選項：有的可以從機器設計著手，其他人則是可以從設計程式著手，而有些則是可以從構造美感著手；有些人建造活動的汽車，有些人則是建造活動的塑像。另一方面則得避免讓學生侷限於自己有限的框架之中。事實上，我們已經發現許多學生也從他們開始著手的領域作為基礎來探究其它方面的知識。

(3) 倡導並培養社群感：

在樂高/Lego 的工作坊裡面，我們鼓勵小組們分享想法、設計以及建造實物，並且評論彼此的設計，如此，學生們可以將自己動手做的活動（hands-on activities）與 Seymour Papert 所定義的做中思考活動（hands-in activities）結合在一起，更甚者，學生們也需要如同真正的設計者一樣，成為一個可以融於設計團隊的創意個體。

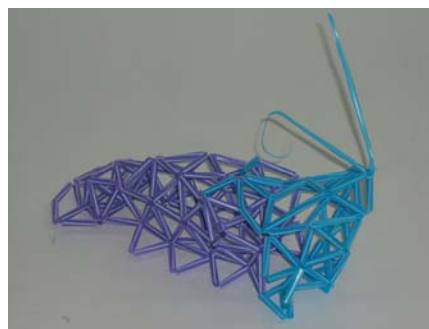
其實，要落實這些策略絕非易事，也有許多尚待解決的問題，像是學生如何突破他們感到安全且自信的框架，去嘗試新的方法就是一種難題，而且將這些開放式的設計活動整合起來對於任何老師而言都是一種挑戰。的確，組織一種「發明家工作坊」都比去進行一項關於機器的演說或是發展一種逐步的實作課程要來得艱難，誠如杜威氏（1938）在半個多世紀前所註解的：「新的教育之路並非是沿著前人的足跡之容易路徑，而是更曲折且艱辛的道路」，但這又是一條值得探索的路。

六、創作實例



型態 1 恐龍造形

計量：單元 46

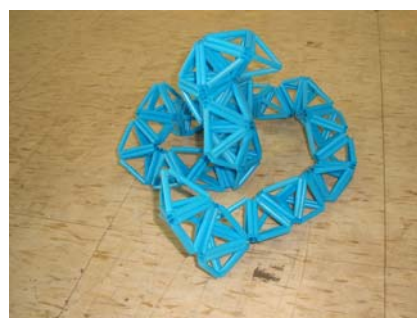


型態 2 蚱蜢造形

計量：單元 56

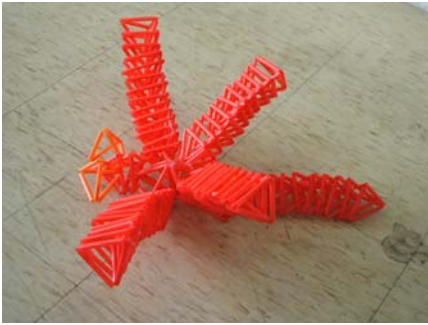


型態 3 蠍子造形



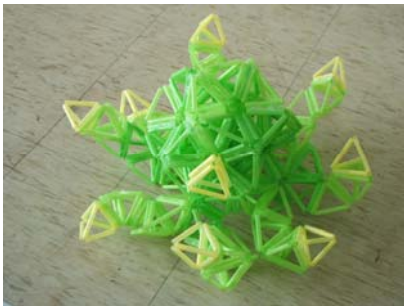
型態 4 眼鏡蛇造形

計量：單元 92



型態 5 蜻蜓造形

計量：單元 120



型態 7 章魚造形

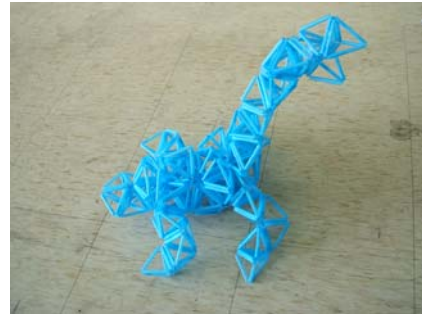
計量：單元 182



型態 9 蜻蜓造形

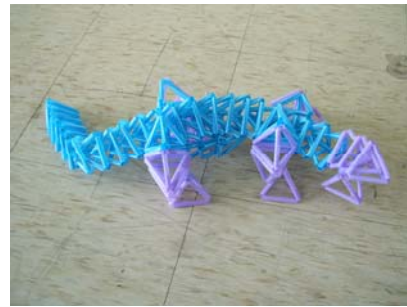
計量：單元 90

計量：單元 60



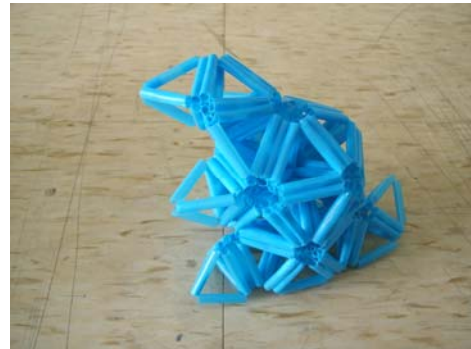
型態 6 恐龍造形

計量：單元 66



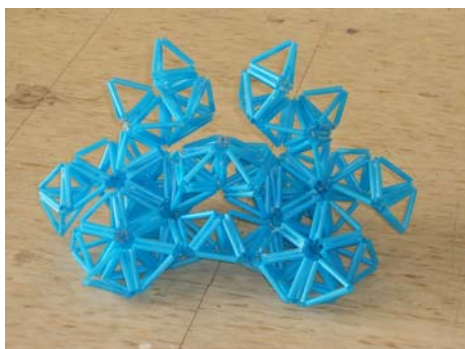
型態 8 蜥蜴造形

計量：單元 46



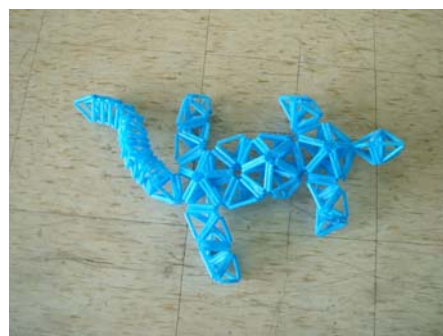
型態 10 青蛙造形

計量：單元 79



型態 11 螃蟹造形

計量：單元 86



型態 12 蜥蜴造形

計量：單元 50

七、結論

在科技教育與創意設計領域中應用建構論與建造論的理論基礎，建構人工造形組合設計，除在造形組合設計上有多元及多方向的創意造形型態外，尙可在設計建構人工造形中藉以「計量」學習：人工造形形態單元組合的「量」的組合擴充，可依學習者個人的心象創意思維，完成不同的型態造形組合。

透過電腦媒體科技技術使用樂高 (LEGO Mindstorms RIS 2.0) 及 3DS MAX8 和 Solid works 2006 的 3D 電腦軟體以完成圖面造形構想造形設計，並可計量學習，使在教學過程中，令學習者以「計數」方法藉由人工形態造形的形狀物象求得「單位構成數量」得到「數」的造形教學概念。

本研究中建構論及建造論之理論依據與研究探討應用在人工造形設計教學上，展現良好的效益，學習者從中學到應用電腦硬、軟體知識與技術，並追求合理及美感的人工造形型態的設計是一種值得推廣的的教學技術與方法。

參考文獻

中文部份

1. 教育部 (2003a)。國民中小學九年一貫課程綱要。台北市：作者。
2. 魏美惠 (2005)。近代幼兒教育思潮第二版。台北市：心理出版社。
3. 張春興、林清山 (1983)。教育心理學。台北市：台灣東華書局。
4. 施能木 (2005)。利用機械人教導國小學童創意的發展與表現。生活科技教育月刊，38 (5)，32-45。
5. 施能木 (2007)。應用機械人於國小學童「自然與生活科技」領域創意學習之課程設計與實施。生活科技教育月刊，40 (2)，18-31。

西文部份

1. Ackermann, E. (2002). Piaget's construction, Papert's constructionism: What's the differences ?
from:http://learning.media.mit.edu/content/publications/EA.Piaget%20_%20Papert.pdf
2. Papert, S. & Harel, I. (1991). Constructionism Norwood, New Jersey : Ablex Publishing.
3. Resnick, M. & Ocko, S. (1991). LEGO/Lego: Learning through and about design. In *Constructionism*. Harel, I. & Papert, S. (eds). Norwood, Jew Jersey, Ablex Publishing.
4. Stager, G. S. (2001). Computationally-rich constructionism and at-risk learners. Seventh world conference on computers in education. A paper presented at the 2001 World Conference on Computers in Education. July 31, 2001. Copenhagen, Demark.
5. Verner, I. M. & Hershko, E. (2003). School graduation project in robot design: A case study of team learning experiences and outcomes. *Journal of Technology Education*, 14(2), 40-55.