以類比橋實驗促進學生鉛直上拋運動概念改變之研究

葉康祥　陳勁志　劉嘉茹
國立高雄師範大學科學教育研究所
phy.chem@msa.hinet.net

摘　要

本研究依據類比橋的理念設計了一套實驗活動流程，探討學生對於物體上拋運動過程中受力情形的概念改變的學習成效。研究流程分為二階段：在預試階段，以國中三年級學生 70 人為研究對象，藉由問卷施測方式，分析學生在物體垂直上拋的上升運動過程中容易產生的錯誤概念，藉以設計類比橋的五個小實驗；在正式施測的階段，研究者採實物晤談法的晤談方式，選取 20 名國中三年級的學生進行晤談，並藉由學生概念狀態作為判斷學生概念改變的標準來判斷學生概念改變的狀況，研究結果發現有 45％的學生在類比橋的晤談過程中產生概念改變，並形成正確的概念。

關鍵字：概念改變、類比橋

一、　研究背景

Heywood（2002）指出由於類比能使用更多具體的實例，因此在教學過程中使用類比能幫助學生對一個抽象的現象進行更深層的瞭解。類比的表面相似提供學生更容易進入類比與建立概念與概念之間的關係。然而，沒有一個類比能包含所有需要考慮的目標，於是複合式的類比則較被建議使用，因為他們能互相涵蓋與補充，指出更多目標概念的方面，因為這個理由，對於一個複雜且抽象的概念，複合式的類比則較單一類比較被建議使用（Gentner, 1983）。”橋接類比”一詞就是用來描述：藉由一連串居中相關的類比將學習者從較無關的概念逐漸地帶到可以理解目標概念。每一個居中相關的類比都試圖提供學習者一些逐漸增加相關性的實例讓學習者對於基本概念到目標概念能流暢的轉換（Bryce ＆ MacMillan, 2005）。

Park和Han（2002）的研究指出由於力的方向無法直接地被測量，因此要改變學生關於受力方向的先前概念在概念改變講授的議題上是件困難的事，所以本研究就是藉由物體上升過程中受力的情形來探討橋接類比與力與運動方向概念改變的關係，並以學生的概念狀態當作評定學生概念改變的依據。一個完整的概念狀態應該是可以理解的、合理的和豐富的，Treagust (2003）也曾建議利用概念狀態來評定學生在學習過程中概念改變是一種的有效方法。

二、　研究方法

(一) 研究對象

本研究在預試階段選用高雄市某國中三年級學生兩班共 70 人進行問卷施測，受試班級皆為常態編班學生，學生在受試前皆未學習過物體鉛直上拋運動相關概念。在正式施測階段，則採用與工具發展階段同所國中三年級某班級學生自然科高、低學習成就各 10 人，共 20 人參與晤談。高低分組人數採全班排名之前 27％與後 27％為標準，學生在接受晤談前亦皆未逾課堂上正式學習過物體鉛直上拋運動相關概念。研究對象的組成與編碼如表 3-1-1 所示。

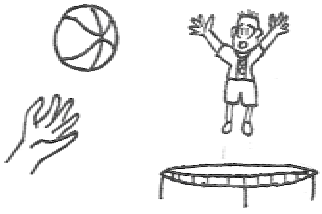
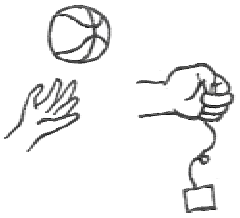
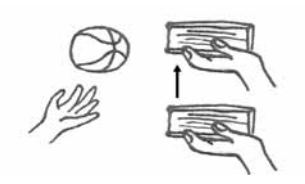
表 3-1-1 晤談對象分組人數與編碼

分組	男生	女生	合計	編碼
高分組	5	5	10	男生 HB1~5、女生 HG1~5
低分組	5	5	10	男生 LB1~5、女生 LG1~5

(二) 研究工具與流程

研究者分析學生對於研究問題的可能迷思概念，並針對這些概念設計 5 個相關的類比實驗（E_1-E_5），藉由相關的類比實驗方式，形成橋接類比的概念改變的策略。實驗的設計與研究問題之間類比關係如下表 3-2-1 所示。配合實驗的設計，正式施測時晤談的流程如圖 3-2-1 所示。配合晤談讓學生選擇的答案如下表 3-2-2

表 3-2-1：實驗設計與研究問題之間的類比關係

圖示	類比（相似的情形）	目標（科學的概念）
 E_1：用橡皮筋射出紙片	設計實驗中的紙片用來類比上拋過程中的籃球，而橡皮筋所代表的意義就等於是將籃球拋出的手。	學生能從了解當紙片藉由橡皮筋的彈力射出後，就不再受到橡皮筋彈力的作用，進而將相同的概念類比到當籃球離開手後，就不再受到手的作用力的作用。
 E_2：彈簧墊上跳躍	實驗設計中在彈簧墊上跳躍的人是用來類比於被手拋出的籃球，而彈簧墊所代表的意義就等於是將籃球拋出的手。讓學生親身體驗力的感覺是本實驗設計的特色	學生能親身體驗在彈簧墊上跳躍的過程中，當向上跳躍腳離開彈簧墊後，就不再感受到彈簧墊的力量，進而將相同的概念類比到當籃球離開手後，就不再受到手的作用力的作用。
 E_3：用繩子使重物向上運動	實驗設計的將一個重物綁在繩子上，藉由繩子使重物向上運動，而向上運動的重物類比於籃球，繩子則代表施力與籃球的手，而藉由觀察繩子的狀態（有拉力伸直，沒有拉力彎曲），讓學生藉由繩子觀察到力的作用是本實驗設計的特色	學生能體驗到當重物受力上升時，過程中只需要施一次的作用力，並且藉由觀察繩子的狀態（彎曲）了解重物上升的過程沒有受繩子拉力的作用，進而將相同的概念類比到手只需施一次力量，過程中不必再施力，籃球仍然可以上升。
 E_4：分時分次施力的彈簧秤	彈簧墊施力將 100gw 的砝碼拉起，而彈簧秤類比於手，而向上運動的砝碼則代表向上運動的籃球。	學生藉由操作了解一次施 100gw 的作用力則砝碼能被拉起，但若分成三次（30、30、40）雖然總和一樣為 100gw，但卻無法使砝碼被拉起，表示力在彈簧秤離開砝碼便無法儲存，進而將此觀念應用到本實驗研究問題。
 E_5：用手施力讓書本上升	學生用手支撐住書本，使書本向上運動，向上運動的書就類比於向上運動的籃球。	利用學生手的感覺，了解向上運動的書，手仍然必須施力支撐，讓學生能將相同的觀念類比於向上運動的籃球也會受到重力的作用。

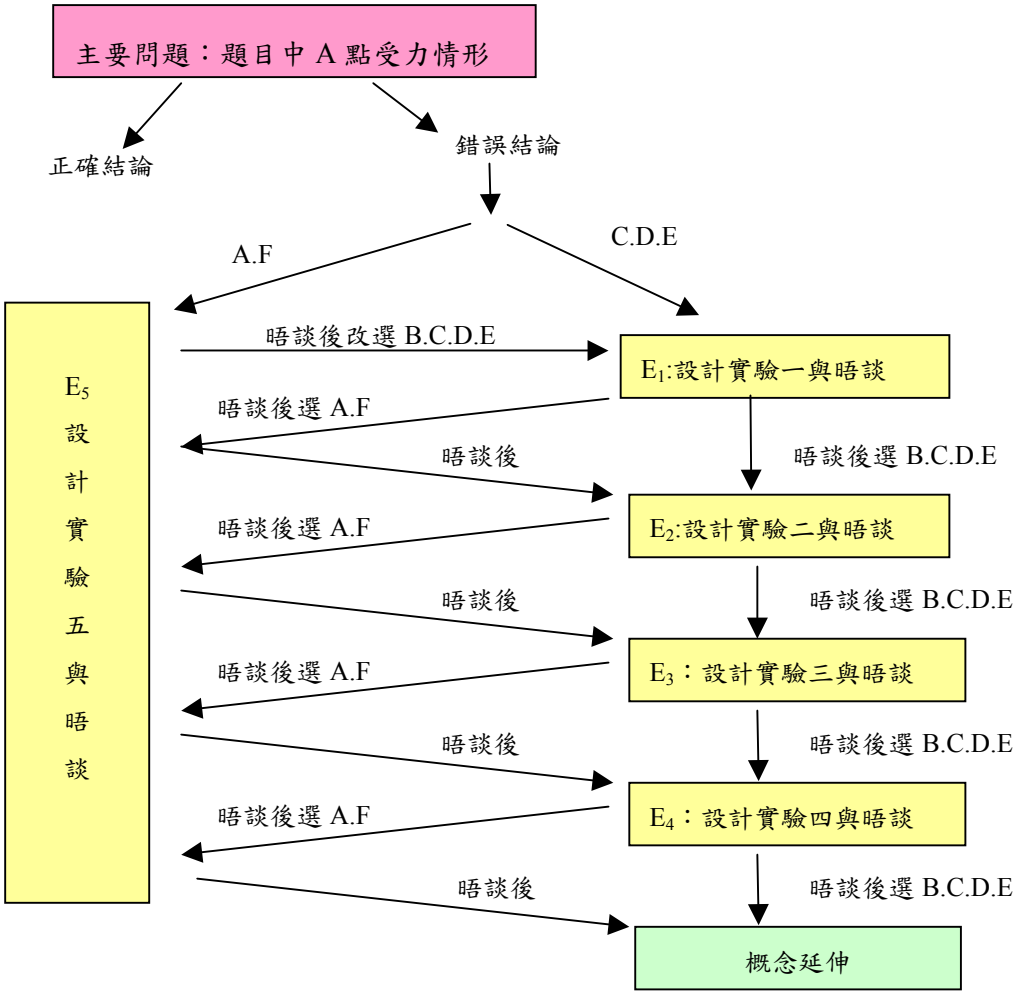


圖 3-2-1 研究流程圖

表 3-2-2 學生在物體垂直上拋的上升過程中受力狀況的可能概念

A	B	C
只受手向上的作用力	只受地心引力	受手向上的作用力 地心引力 手的作用力＞地心引力
D	**E**	**F**
受手向上的作用力 地心引力 手的作用力=地心引力	受手向上的作用力 地心引力 手的作用力＜地心引力	不受力的作用

三、　研究結果與討論

根據晤談的結果，所有晤談學生的路徑與答案如下表 4-2-1 所示，其中路徑 1 到路徑 5 是學生經由類比實驗後由錯誤的概念改變為正確的概念，總共有 9 個受訪談的學生，占全體受訪談學生的 45%，另外的 11 位同學則是在晤談過程中並沒有改變成正確的答案，占全體受訪談學生的 55%，本研究先探討學生數最多的 3 個路徑，Path1 、Path2 以及 Path6。

表 4-2-1 學生的晤談路徑與答案

路徑	晤談流程與學生答案	學生數
Path1	Pre(C) → E_1(C) → E_2(B) → E_3(B) → E_4(B)	3
Path2	Pre(C) → E_1(C) → E_2(C) → E_3(B) → E_4(B)	3
Path3	Pre(C) → E_1(C) → E_2(E) → E_3(E) → E_4(B)	1
Path4	Pre(D) → E_1(B) → E_2(D) → E_3(B) → E_4(B)	1
Path5	Pre(E) → E_1(C) → E_2(C) → E_3(B) → E_4(B)	1
Path6	Pre(C) → E_1(C) → E_2(C) → E_3(C) → E_4(C)	7
Path7	Pre(C) → E_1(C) → E_2(D) → E_3(C) → E_4(D)	1
Path8	Pre(E) → E_1(E) → E_2(E) → E_3(C) → E_4(C)	1
Path9	Pre(C) → E_1(C) → E_2(C) → E_3(A) → E_5(C) → E_4(○)	1
Path10	Pre(D) → E_1(C) → E_2(A) → E_5(A) → E_3(A) → E_4(A)	1

說明 1.Pre（A）表示依照學生的先前概念所選擇的答案為 A。

說明 2.E_1（C）表示學生進行類比實驗 1（E_1）後所選擇的答案為 C。

說明 3.（○）　表示學生認為所提供的答案沒有符合他的想法。

（一）Path1：

Path1 是經由 E_2 的實驗後而產生概念改變，相同路徑的晤談學生共有 3 人，分別是 HG3、HB1、HB2，這 3 位學生都是屬於高分組的學生，2 位男生 1 位女生。而在 Pre 與 E_1 的階段，他們都是認為籃球還會繼續上升，所以手的作用力＞地心引力，一直到進行 E_2 實驗他們才發現當自己藉由彈簧墊向上跳躍時，過程中自己持續上升，但已感覺沒有彈簧墊的作用力作用在自己的腳上，進而改變他們對於研究問題的想法，而從 HG3、HB1 兩位學生的晤談資料，如下圖 4-2-1 與圖 4-2-2 所示，也可以看出他們的想法都是在離開彈簧墊跳起後分別感受到「沒感覺」、「沒有壓力」，於是就認為腳只受到地心引力的作用，進而將這樣的概念應用到研究問題上，所以答案都改選為 B，可見這樣的一個實際體驗的實驗，對於他們在研究問題上的概念有著很大的影響。



圖 4-2-1 HG3 學生晤談資料

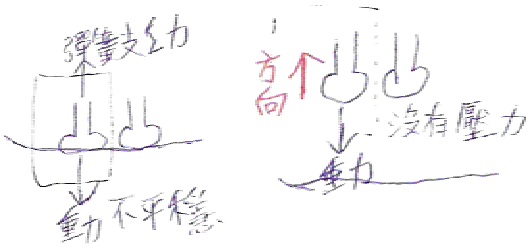


圖 4-2-2 HB1 學生晤談資料

（二）Path2：

Path2 是經由 E_3 的實驗後而產生概念改變，相同路徑的晤談學生共有 3 人，分別是 HG1、HG4、LG3，這 3 位學生都是女生，其中 2 位是高分組 1 位是低分組。而在 Pre 的階段，他們都是認為球還會繼續上升，所以手的作用力＞地心引力，如果以 LG3 學生在晤談中所畫的圖如下所附的圖 4-2-3、圖 4-2-4 和圖 4-2-5 來看，再經過 E_2 後仍然認為彈簧墊在人跳起來離開彈簧墊後，對人仍有作用力的存在。但是在進行到 E_3 的時候，學生藉由繩子發現手並沒有施力，物體只受到重力的作用，但物體卻仍在上升。於是在此時回答研究問題時已經將答案改為正確的觀念，並且在晤談中表示，從這個活動使他了解，物體向上運動過程中並不一定要持續受向上的力，可見藉由繩子實際對力親身的感受，確實讓這 3 位學生產生概念上的改變。

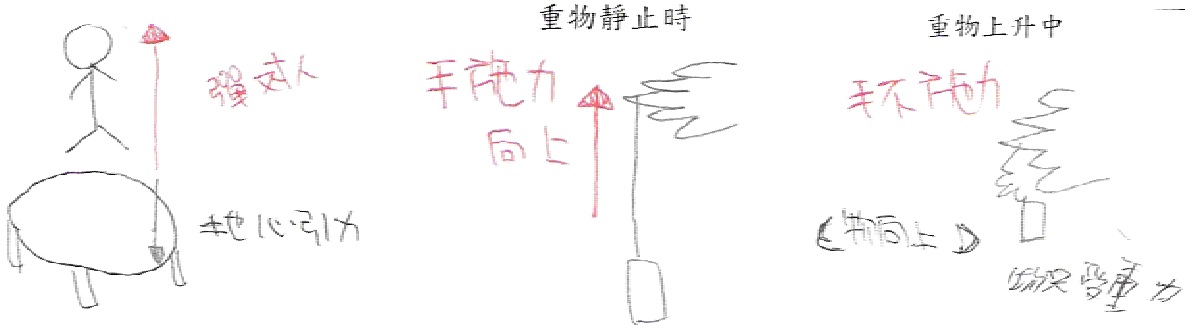


圖 4-2-3 LG3 學生晤談資料　圖 4-2-4 LG3 學生晤談資料　圖 4-2-5 LG3 學生晤談資料

（三）Path6：

Path6 的路徑總共有 7 位學生，分別是 HG2、HG5、HB4、LG4、LG5、LB1 與 LB3，其中高分組的學生有 3 位，低分組的學生有 4 位，若有學生性別來分組男生組有 3 位，女生組則有 4 位，並沒有明顯成績及性別的差距。而 Path6 的路徑是在晤談的整個過程中都維持相同的答案 C（手的作用力＞地心引力），可見所設計的類比橋實驗對這幾位學生的成效是令人失望的，因為並沒有促使這些學生產生概念上的直接改變，但若我們從學生對自己答案的信心指數來看，過程中隨著類比實驗的操作，學生的信心指數也不斷改變，並非固定，可見雖然答案沒有改變，但心理對於自己的想法，也產生某種程度的影響。

而在這個路徑的學生裡較特別的是 LB3 這位學生在晤談過程中所發展出來的解釋模式，與科學發展上的衝力理論（impetus theory）相似，如下圖 4-2-6 所示。這與 Liu & MacIsaac（2005）的研究中提及當學生面對熟悉而要求解釋時，在統計上就明顯會採用衝力理論，但若只是面對不熟悉或預測性質的問題時，在統計上則明顯會依賴非理論或片段的知識來預測這樣的研究結果相符合。所以當學生在晤談中要對垂直上拋運動做解釋與說明時就會出現這樣的解釋模式。

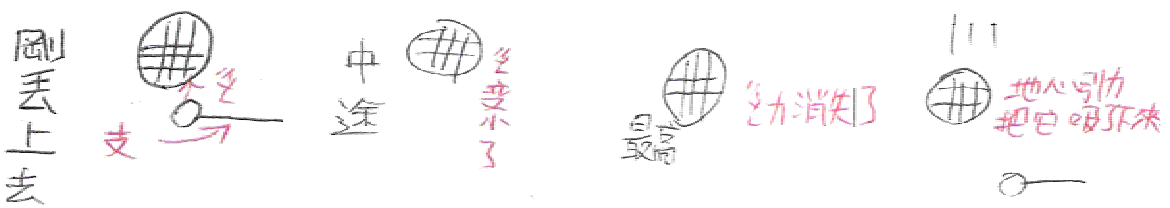


圖 4-2-6LB3 學生所發展的解釋模式

四、 結論與建議

以本研究的研究問題為例，當我們把籃球從手中投出，若從能量的角度來看，上升過程中，籃球從手獲得動能向上運動，而轉換為位能，當到達最高點時動能變為 0，此時籃球開始落下，於是將位能轉換成落下的動能，且過程中若沒有能量的損失，則任何時候動能與位能的總和必會相等，遵守能量守恆定律。若是以牛頓的運動定律來看，籃球從手中投出時的速度最大，而籃球受到地心引力的作用產生向下的加速度，由於加速度與速度方向不同，所以速率會越來越小，當到達最高點時速度為 0，隨即籃球落下，落下過程中，加速度與速度方向相同，所以速率會越來越大。就針對此一現象，物理學家引用了「動能」、「位能」、「重力加速度」、「速度」、「速率」等概念，然而這些概念卻都無法被觀察到，物理學家則將這些概念連接起來，建立一套力學體系的概念，並以此來解釋這個自然現象。但是當學生同樣觀察到此一現象時，根據研究發現，有些學生也會引用不完整的或片段的知識來解釋所觀察到的現象，有些學生會產生自己解釋的方法，雖然與物理學家的概念並不相同，但也會有自己的一套系統。甚至有些學生的想法也跟早期科學家的想法是一樣的，但卻不符合現今科學家的知識體系。

本研究試著以學生能親身體驗到的一連串類比實驗，來產生認知上的不滿意，進而促成學生對於研究問題的觀念改變，雖然過程中大部分的學生都會產生對原先自己的想法有不滿意的地方，這點可以由每次實驗操作完問到學生對於自己答案的信心指數觀察出，信心指數總會增加、減少等有些變動，但實際願意改變自己的想法而達成概念上改變的只有 45%。我們若是以讓學生產生概念上的不滿足，我想這個研究是成功的，但若是要幫學生建立符合現今科學體系的概念，則在學生產生概念上的不滿足後，則更應該提供一套可理解而合理的概念體系，讓學生得以建立完整而正確的想法。

五、 參考文獻

邱美虹 (2000)：概念改變研究的省思與啟示。**科學教育學刊，8(1)**，1-34。

Bryce, T., & MacMillan, K.（2005）Encouraging conceptual change:the use of bridging analogies in the teaching of action–reaction forces and the ‘at rest’ condition in physics. International Journal of Science Education,27（6）737-763.

Duit, R., & Treagust, D. F.（2003）Conceptual change: a powerful framework for improving science teaching and learning. International Journal of Science Education,25（6）671-688

Harrison, A. G., & De Jong, O.（2005）Exploring the Use of Multiple Analogical Models When Teaching and Learning Chemical Equilibrium. Journal of Research In Science Teaching,42（10）1135-1159

Lin, X., & MacIsaac, D.（2005）An Investigation of Factors Affecting the Degree of Na¨ıve Impetus Theory Application. Journal of Science Education and Technology,14（1）101-116

Park, J., & Han, S.（2002）Using deductive reasoning to promote the change of students’ conceptions about force and motion. International Journal of Science Education,24（6）593-609