

國中學生運用溯因推理於自然科學學習之研究 —以密度為例

林福榮¹、周進洋²

¹ 正修科技大學通識教育中心兼任講師

² 國立高雄師範大學科學教育研究所教授

摘要

本研究主旨在探討個案學生運用溯因推理建構密度概念的情形。研究對象採便利取樣，以科學推理測驗從高雄市某國中一年級學生篩選 9 位推理能力不同的個案學生參與本研究。根據溯因推理步驟設計一系列實驗活動學習單，用以引導學生觀察浮沉現象並建構密度概念。實驗活動分三大類：體積一定、質量改變；質量一定、體積改變；質量與體積均改變。研究者藉由學生填寫的溯因推理實驗活動學習單，以及半結構式晤談來瞭解學生溯因推理過程及建構密度概念的情形，並以質性分析法來研究所蒐集的資料。

研究結果顯示：一、個案學生依循溯因推理過程進行浮沉現象實驗活動，在活動一建立質量影響浮沉的概念，在活動二建立體積影響浮沉的概念。二、有八名個案學生在活動三能由 6 塊積木的浮沉現象與 1 塊積木相同，溯因推理約分後質量與體積比值不變，因而建構密度概念。三、個案學生對密度概念的理解，除一名學生外，均能應用所建構的密度概念，對之前的實驗活動浮沉現象重新做出正確的解釋；並且絕大多數學生亦能正確應用密度概念於實際生活問題上。

關鍵字：溯因推理、溯因推理過程、密度概念

壹、前言

近年來，全球紛傳蜜蜂集體神祕消失，以及大批鳥群和魚群死亡的消息，引起全球科學家高度重視，紛紛展開研究，希望能提出合理的解釋。

人類爲了觀察自然現象變化及解決自然界的疑惑問題，於是產生科學推理的方法。科學推理常被視爲是科學探究中的思考過程。自 80 年代以來，各國教育改革均強調培養學生科學推理的能力；我國九年一貫課程「自然與生活科技能力指標」中的「過程技能」及「思考智能」部分，也特別提及增進學生科學探究過程之心智運作能力，和對事物做推論與批判、解決問題等整合性的科學思維能力。

過去科學推理中有二種主要方法，一爲演繹法，另一爲歸納法，由於這二種方法各有其侷限性，爲了解釋變化萬千的自然界現象，於是溯因推理應運而生。美國邏輯學家皮爾斯在研究推理的分類時，注意到這三種推理的特點及效用，認爲只有將這三種推理結合起來運用，才能更好地進行科學探究，以獲得真理（官慧，2002）。

一、研究背景與動機

皮爾斯（Peirce, 1903）提出溯因推理（Abductive reasoning, AR）理論，這是一種以演繹法與歸納法的精髓爲基礎，對造成事實現象的原因加以追溯，形成假設，並做出最佳解釋的推理方法。回顧科學史中，科學家幾乎都是以溯因的方式在科學研究上獲得創新，成爲當今我們效法的典範，如刻卜勒的行星三大運動定律、拉瓦錫的氧化說理論、達爾文的天擇學說、法拉第的電流磁效應及電解定律...等。

密度概念在國中「自然與生活科技」的教材中是屬於一個相當困難的單元，事實上，國小六年級在「體積與重量」這一單元中，已教授過比值的概念，但到了國中二年級，學生依然存在迷思概念，並妨礙日後浮力概念單元的學習。由於密度還涉及兩個量之間的比率關係概念，對年齡上雖已進入形式操作期，但實質上大多數仍然停留在具體操作期（Karplus, Karplus, Formasino, & Paulsen, 1977）的國中生而言，常感到不易瞭解。

因此，研究者興起引入溯因推理方法於自然科學學習的動機，希望學生在觀察到現象結果後，能運用溯因推理來瞭解現象發生的原因，培養其推理能力，獲致科學學習的成果。

二、研究目的

基於以上的研究背景與動機，因而提出本研究目的：

- （一）瞭解個案學生在溯因推理浮沉現象實驗活動中，運用溯因推理的情形。
- （二）瞭解個案學生在溯因推理浮沉現象實驗活動中，運用溯因推理建構密度概念的情形。
- （三）瞭解個案學生對密度概念的理解情形及應用於實際生活問題的情形。

貳、文獻探討

古希臘邏輯學之父亞里斯多德（334, BC）首創演繹推理體系，他在《前分析篇》中提出還有另外一種叫做 $\alpha'\pi\alpha\gamma\omega\gamma\eta'$ 的推理方法。皮爾斯（1903）將這種推理方法介紹引入科學邏輯推理中，命名為溯因推理（Abduction）。直到 20 世紀 50 年代末，漢森（Hanson, 1958）在《發現的模式》中，以刻卜勒發現行星橢圓形運動軌道的推理過程為案例，全面展示了皮爾斯所說的溯因推理過程，溯因推理在新觀念的產生和科學發現中的價值，才開始被越來越多的學者所認識（徐慈華、李恒威，2009）。

一、溯因推理的意義與重要性

溯因推理是從結果來追溯原因的過程，是一種逆向性邏輯推理方式。漢森觀察到「飛蛾撲火」的現象，然後再去推測導致這一現象的原因，他認為這種情形，就是所謂的「溯因推理」。皮爾斯認為溯因推理是「從所觀察的現象，去尋求如何構思、假設，以創新的思維來解釋問題與觀察的現象，因而獲得概念學習、增進科學新知的歷程」（Peirce, 1903; Hanson, 1958）。由上所述，可以得知溯因推理是從有待解釋的觀察事實出發，利用背景知識和試探性構想，溯本求源，由結果去推測原因，以尋

求和選擇最有可能成立的假說的一種推理方法。

皮爾斯認為：所有的科學觀念都是通過溯因推理方式產生的，溯因推理在於研究事實並創造一種理論來解釋這些事實。在皮爾斯看來，演繹和歸納都不是新知識所由以形成的推理形式，新知識產生的任務只能通過溯因推理來完成。他說道：溯因推理是形成解釋性假說的程序。它是導向任何新觀念的唯一邏輯運作，因為歸納只是確定某種量值，而演繹則只是從一個純粹假說推論出其必然的結論…，至於溯因則是：從它所建議的演繹能夠推出某個能夠被歸納來檢驗的斷言。並且如果我們曾經學到過什麼或對現象有過理解，則這必然是通過溯因推理得來的。

溯因推理是一種重要的推理形式，它從觀察到的客觀現象出發，提出新的命題和假說，對概括出的結論進行解釋，是增加理論知識存量的有效方法，在假說的形成和驗證中具有重要作用。如果沒有溯因推理，幾乎無法產生新的科學知識；只有在溯因推理得到結果之後，用嚴謹的檢驗去偽存真，才能推動科學的進步。

事實上，溯因推理已被用在許多人類活動中，如日常生活思維、科學思考、言語理解、醫療診斷、辦案推理等等；而在科學原理的發現過程中，科學哲學家也確認溯因推理的重要性。目前趨勢，溯因推理已逐漸成為認知科學中關鍵的研究主題（Magnani, 2001）。

二、溯因推理的過程

漢森把皮爾斯的溯因推理順序作如下的表述：

- （一）意外的事實 P 被觀察到，
- （二）如果 H 為真，P 就是當然的事情，
- （三）因此，有理由猜測 H 是真的。

由上述模式，可以知道溯因推理的觸發條件是事實與預期不符，如新事實、異常事實的出現。溯因推理的目的就是要形成假設以解釋這些事實。（徐慈華、李恒威，2009）根據皮爾斯的理論，每個科學發現（或知識獲得）由對「令人驚訝的事實」觀察開始，歷經以下三個階段而得出新理

論：

第一階段，通過溯因推理提出一個可能假設，以解釋事實為什麼發生；

第二階段，從假設（大前提）演繹出新結論；

第三階段，用歸納和實驗對新結論進行檢驗（Fann, 1970）。

綜上所述，研究者整理出溯因推理的過程至少應有下列四個步驟：

（一）觀察；（二）假設；（三）解釋；（四）檢驗。

三、溯因推理與科學概念

科學原理是揭示隱藏於客觀事物現象背後的因果機制的理論，它具有不可直接觀察的特性；就因如此，科學原理也帶有猜測性與嘗試性特徵。所以在發現的過程中，溯因推理就產生十分突出的作用。科學原理常產生於這種情形：人們觀察到某一驚異的現象，並且渴求作出解釋，於是便把觀察資料置於可理解的概念模型中，一旦做到了這一步，他就會知道所觀察現象究竟有哪些性質。這就是溯因或逆推行爲。刻卜勒的行星運動原理、泡利的中微子概念、漢森的飛蛾撲火原理等都是通過溯因而產生的（張大松，1993）。

皮爾斯認定溯因推理是導向任何新觀念的唯一邏輯運作，他認為新知識的產生只能通過溯因推理來完成。Lawson（1995）在他的演繹思考基本模式中也提出溯因是建構概念的第一步的說法，他認為人們在遭遇到一個新現象時，會從長期記憶中提取相關的訊息（經驗或先備知識）進行溯因，來描述或解釋這一現象，在科學思考中占有關鍵的地位。可見在建構科學概念上，溯因推理扮演著不容忽視且唯一的角色。

參、研究方法與設計

一、研究設計理念

本研究根據皮爾斯等人所提出的溯因推理理論，依循溯因推理四步驟，發展出三種類型的溯因推理浮沉現象實驗活動，經由專家學者的效化，設計成密度概念實驗活動學習單。

本研究架構是以溯因推理為核心，學生由觀察現象結果開始，歷經觀察、假設、解釋、檢驗等溯因推理步驟，對現象結果進行溯因推理，由一變項概念轉變為二變項概念，建構更高階的密度科學概念。

二、研究工具

（一）科學推理測驗

本研究採用 Lawson 在 1995 年所修訂的科學推理測驗（Classroom Test of Scientific Reasoning），目的是為了選取推理能力不同的九名學生參與本研究。科學推理測驗 α 值 0.95，中文版由謝甫佩（2008）翻譯， α 值 0.83。該測驗共有 12 題，每題答對得一分，總分為 12 分。

（二）溯因推理浮沉現象實驗活動學習單

為瞭解學生在實驗活動中運用溯因推理建構密度概念的過程，研究者以循序漸進轉變概念的方式，依循溯因推理過程的四個步驟，設計三種類型的實驗活動，編製成溯因推理浮沉現象實驗活動學習單，其類型簡介如下：

- 1.活動一：體積一定、質量改變的類型。
- 2.活動二：質量一定、體積改變的類型。
- 3.活動三：質量、體積皆改變的類型。

（三）半結構式晤談大綱

半結構式晤談大綱的設計分成二部分：

- 1.實驗活動部分：對個案學生在實驗活動學習單上的三類實驗活動的推理情形進行再次確認；
- 2.實際生活應用部分：設計若干日常生活中可能應用到的密度概念問題，以瞭解個案學生是否已真正建構密度概念。

三、研究對象

在溯因推理浮沉現象實驗活動學習單發展階段，研究者先後赴五所國中，對包括一、二年級的五個班，總計 157 人做預試。為避免受到國中二年級有關密度單元學習內容的影響，決定選取尚未接觸密度概念的國中一

年級學生作為研究對象。並為顧及採樣的普遍性，先以科學推理測驗對某國中一年級全班 26 名學生施測，依分數高低分成高（8 分以上）、中（5-7 分）、低（4 分以下）三群，再選取有意願、有興趣的學生各三位，計九位學生參與本研究之實驗活動及半結構式晤談。

四、資料處理與分析

本研究除對科學推理測驗採量化統計外，其餘研究資料皆採質性分析。首先蒐集學生於溯因推理實驗活動中所填寫之學習單進行分析，以瞭解學生溯因推理及建構密度概念的過程；其次，再將晤談錄音資料轉錄成逐字稿，以瞭解學生對密度概念的理解情形及實際問題上的應用。

肆、研究結果與討論

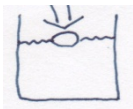
本研究是由學生自行操作實驗的自主學習活動。在實驗活動進行中，除了於每一實驗活動之初，由教師展示每一實驗活動的三種不同現象，以引起學生好奇心外，過程中並未有任何指導語；但於活動 3-2 結束時，必須告訴學生質量／密度的比值即為密度，水的密度為 1，以利學生進行 3-3 活動。實驗活動結束後，另行安排時間與每一個案學生進行半結構式晤談。以下分三部分說明研究結果：

一、個案學生在浮沉現象實驗活動中溯因推理的過程

從個案學生填寫之溯因推理浮沉現象實驗活動學習單中，可以看出學生如何建構密度概念以及其具有的迷思概念。茲舉中分組 S6 學生為例，以下是 S6 學生在活動一至活動三的溯因推理實驗活動學習單所填寫的內容（見表 1 至表 3）：

活動一：把外表顏色、體積、形狀、及大小相同的三個（A、B、C）塑膠玩具蛋放入水中；試觀察其浮沉現象，並依下列四步驟加以說明。

表 1 S6 學生於活動一溯因推理過程（體積一定、質量改變）

步驟	活動 1-1	活動 1-2	活動 1-3
觀察	浮在水上，沒有沉下去 	還是浮在水上，但是比 A 還要再沉下去一點 	沉在水中，但還是沉，有碰到底（沉到水底） 
假設	裡面沒有東西，是空心的，拿起來很輕。	裡面可能有放東西，加重它的重量，質量比 A 重。	質量比 A、B 都重，裡面的東西可能更多或更重。
解釋	會浮在水面上是因為它很輕，而且還有浮力的幫助，三者體積相同，質量不同。	雖然比 A 還要沉下去，但是重量還是沒有重到足以讓它下沉。	不會靜止在水中，因為地心引力使它下沉，加上本身的重力，因此一直往下沉於水中。
檢驗	拿相同玩具蛋來檢驗	拿相同玩具蛋來檢驗	拿相同玩具蛋來檢驗

活動二：2-1 把寶特瓶 B1 裝入一半的水，蓋緊瓶蓋放入水中；

2-2 打開寶特瓶 B1 瓶蓋，用手將瓶內部分空氣擠出（B2）放入水中；

2-3 再將全部的空氣擠出後，蓋緊瓶蓋放入水中。

試觀察其浮沉現象，並依下列四步驟加以說明。

表 2 S6 學生於活動二溯因推理過程（質量一定、體積改變）

步驟	活動 2-1	活動 2-2	活動 2-3
觀察	浮在水中，沒有碰到底。因為裡面有空氣，體積大。	浮，部分空氣擠出，空氣變少，體積變小，快要碰到底，在水中呈現靜止狀態。	沉，碰到底。沉下去，是動的，因為一直往下沉。
假設	因為只裝一半水，代表裡面還有空氣，那裡面有空氣，使它上浮。	把部分空氣擠出，所以體積變小，如果體積越大，就會浮，體積越小，就會沉。但是由於裡面還是有空氣，所以還是浮。	空氣被全部擠出了，體積變的更小，但質量變大，水有重量，也會加重，所以沉。
解釋	除了有空氣以外，還有浮力，空氣+浮力的力量讓它上浮。	浮力使它上升，地心引力使它下降，只留下少數的空氣。	因為體積變小沒有空氣，加上地心引力的作用，讓它沉至底部。
檢驗	以同樣實驗檢驗	以同樣實驗檢驗	以同樣實驗檢驗

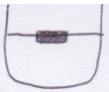
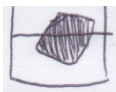
活動三：3-1 把一個積木（W1）放入水中；

3-2 把六個相同積木綁在一起（W2）放入水中；

3-3 把另一個體積稍大但材質不同的積木（W3）放入水中。

試觀察其浮沉現象，並依下列四步驟加以說明。

表 3 S6 學生於活動三溯因推理過程（質量、體積皆改變）

步驟	活動 3-1	活動 3-2	活動 3-3
觀察	浮起來，浮在水面上。 	浮，沒有碰到底。 	沉下去，碰到底。排開體積差不多 40。 
假設	因為很輕，浮力使它上升。	雖然變成 6 塊，但是質量×6／體積×6，分子分母消去之後變成質量／體積，所以還是沒變。	比較重，密度大。密度 > 1

解釋	排開體積小，比較輕，質量較輕，所以浮。	質量、體積是原本一個積木的 6 倍，分子分母互相抵消，就等同一個積木。（不管是幾倍，互相抵消）	排開體積大，較重，密度較大，材質不同。
檢驗	以同樣實驗檢驗	以同樣實驗檢驗	以同樣實驗檢驗

說明：

在活動一，S6 學生驚異發現 A、B、C 三個外表大小完全相同的玩具蛋呈現不同的浮沉現象（見所繪之圖），S6 學生溯因推理解釋造成體積相同的玩具蛋呈現不同浮沉現象的原因，是因為質量不同，知道質量的輕重是影響浮沉的因素。

在活動二，S6 學生驚異發現 B1、B2、B3 三個質量相同但體積不同的寶特瓶呈現不同的浮沉現象。溯因推理認為 B1 寶特瓶體積在三者中最大，內有空氣，因而浮在水中；B2 寶特瓶部分空氣被擠出，空氣變少，體積變小，雖也是浮，但已快要碰到燒杯底部；B3 寶特瓶空氣完全被擠出，體積變得更小，相對而言重量就顯得重，所以沉。S6 學生理解到當質量一定時，體積大小會影響寶特瓶浮沉。但 S6 學生認為是空氣的作用使寶特瓶浮，這是一種迷思概念。

S6 學生在活動三，驚異發現三種不同的積木 W1、W2、W3 放入水中，浮沉現象有異有同（見所繪之圖）。溯因推理認為 W1 積木上浮是因為重量輕；W2 積木質量和體積雖是 W1 積木的 6 倍，但分子和分母互相抵消，就等同於一個積木；W3 積木沉，是因為 W3 積木的材質與 W1、W2 積木不同，排開體積大，重量較重，密度較大的緣故。S6 學生是由重量大小（排開體積多寡）及倍數約分來建構密度概念，但未提及 W3 積木體積比 W1 稍大，是一疏忽。

二、個案學生建構密度概念的情形

九名個案學生中，除 S8 學生不知分子分母可互相約分，因而尚未建構出密度概念外，其餘八名學生均能經由活動一、二、三的過程，推理出質量／體積的密度概念。下表是九名個案學生建構密度概念的情形：

表 4 個案學生建構密度概念情形一覽表

學生	活動一溯因推理特徵	活動二溯因推理特徵	活動三溯因推理特徵	密度概念
S1	由排開體積不同，推理質量大小決定浮沉。	由體積縮小下沉，推理體積大小影響浮沉。	由質量與體積各增 6 倍，浮沉不變，推理約分後比值相同。	已建構
S2	同 S1	同 S1	同 S1	已建構
S3	同 S1	同 S1	同 S1	已建構
S4	同 S1	同 S1	同 S1	已建構
S5	同 S1	同 S1	同 S1	已建構
S6	質量大小決定浮沉。	同 S1	同 S1	已建構
S7	同 S6	同 S1	同 S1	已建構
S8	同 S6	同 S1	質量與體積各增加 6 倍，比值也增加 6 倍。	未建構
S9	同 S6	同 S1	同 S1	已建構

三、個案學生在半結構式晤談中對密度概念的理解及應用

半結構式晤談分二部分，一為回顧實驗活動一至活動三，要求學生說明當體積與質量任一方或雙方發生變化時，其與密度之關係；另一部分係設計四個實際生活中與密度概念相關的問題，請學生說明浮沉的理由。

（一）實驗活動部分

個案學生在半結構式晤談對實驗活動以密度再行解釋的內容，經摘錄要點歸納整理後見表 5，可看出除 S8 學生外，其餘個案學生均能正確解釋。但 S8 學生也並非全然錯誤，在活動一的錯誤可能是一時誤判而答密度小，在活動三則仍然呈現質量體積皆增 6 倍、密度也增加 6 倍的迷思概念，恐一時難以導正，留待日後繼續追蹤。

表 5 半結構式晤談中個案學生對密度概念的理解

活動性質	活動一 體積一定質量越大			活動二 質量一定體積越大			活動三 質量體積皆增大		
項目 學生	浮沉情形	密度大小	密度與質量關係	浮沉情形	密度大小	密度與體積關係	M×6 V×6 D變化	M×2 V×6 D變化	M×6 V×2 D變化
S1	越沉	越大	正比	越浮	越小	反比	不變	變小	變大
S2	越沉	越大	正比	越浮	越小	反比	不變	變小	變大
S3	下沉	增大	正比	浮	更小	反比	不變	變小	變大
S4	沉	大	正比	浮	小	反比	不變	小	大
S5	沉	大	正比	浮	小	反比	不變	變小	變大
S6	下沉	大	正比	浮	小	反比	不變	小	大
S7	下沉	大	正比	浮	小	反比	不變	小	大
S8	下沉	小	正比	浮	小	反比	增加	小	大
S9	下沉	大	正比	浮	小	反比	不變	小	大

（二）實際生活應用部分

共設計四題，請學生解釋造成以下現象的原因：

- 1.同 1 仟克質量的棉花一包和鐵塊放入水中，結果棉花上浮、鐵塊下沉。
- 2.一粒米或一粒沙都非常輕，卻沉入水底；一艘軍艦非常重，卻浮在水上。
- 3.水餃從冰箱拿出來放入裝水的鍋子會沉入水底，經加熱煮沸後卻浮在水面。
- 4.潛水艇要怎樣才能浮在水面上？怎樣才能潛入水面下？

九名個案學生對上述四題的解釋，經整理後，用英文代號（V 為體積，M 為質量，D 為密度）將要點列出，見表 6。第 1 題同質量的棉花和鐵塊的浮沉現象，絕大部分學生都能做出正確解釋——棉花體積大密度小於水，鐵塊體積小密度大於水；S5、S9 學生回答雖簡略，但觀念基本上是正確的；S7 學生密度概念無誤，但棉花體積小、鐵塊體積大的說法也許是一時疏忽；而 S8 學生可能因不清楚題意，故無法正確回答。第 2 題對米（沙）沉軍艦浮的解釋，大部分學生都能從質量與體積的比值，或密度

大小的角度來解釋，但 S8 學生只考慮體積，答對一半。第 3 題全部個案學生都能回答水餃熱脹冷縮、體積改變導致密度產生變化的原理，答對率百分之百。第 4 題所有學生都能考慮到潛水艇的體積是固定的，只有從增減質量來改變密度；但除了高分組 S1、S2 學生清楚潛水艇的構造，知道用進水排水來控制密度，其餘個案學生的想法天馬行空，有認為用裝卸石頭的方式（不合理），有說可抽取空氣（迷思概念）...，課外知識的補充顯然需要加強。

表 6 半結構式晤談中個案學生對密度概念的應用

現象	同質量不同體積		質量體積均不同		同質量不同體積		同體積不同質量	
	棉花浮	鐵塊沉	米沙沉	軍艦浮	生餃沉	熟餃浮	潛艇浮	潛艇沉
S1	V大D小	V小D大	M小D大	M大D小	V小D大	V大D小	M小D小	M大D大
S2	V大D小	V小D大	M小D大	M大D小	V小D大	V大D小	M小D小	M大D大
S3	V大D小	V小D大	M小D大	M大D小	V小	V大	M小D小	M大D大
S4	V大D小	V小D大	M小V小	M大V大	V小D大	V大D小	M小D小	M大D大
S5	V大	V小	M小V小	M大V大	V小	V大	M小D小	M大D大
S6	V大D小	V小D大	D大	D小	V小	V大	M小D小	M大D大
S7	V小D小	V大D大	M小D大	M大D小	V小	V大	M小D小	M大D大
S8	M小	M大	V小	V大	V小	V大	M小	M大
S9	V大	V小	M小D大	M大D小	V小	V大	M小D小	M大D大

註：V 為體積，M 為質量，D 為密度

伍、結論與建議

依據上述學生運用溯因推理於自密度概念學習之研究結果，歸納出以下三點結論，並對教學提出二點建議：

一、結論

- （一）個案學生依循溯因推理四步驟，由觀察現象開始，然後提出假設、做出解釋，並以實驗來檢驗，在活動一建立質量影響浮沉的概念，在活動二建立體積影響浮沉的概念，在活動三，除一名學生外，其

餘個案學生皆能建構密度的概念。

- (二) 有八名個案學生能由 6 塊積木的浮沉現象與 1 塊積木相同，溯因推理出 6 塊積木的質量與體積雖各增加 6 倍，但分子分母約分後比值不變，因而建構質量／體積的密度概念。
- (三) 個案學生對密度概念的理解情形，除一名學生對活動三積木增加 6 倍的密度無法正確解釋外，其餘個案學生均能應用所建構的密度概念，對之前的實驗活動所呈現的浮沉現象做出正確的解釋。至於應用密度概念於實際生活問題方面，除於問題 1 及問題 2，有一、二名學生出現錯誤或不完整的回答，其餘皆能學以致用。

二、建議

- (一) 溯因推理是近年來才逐漸被注意的一種推理方法，目前國內有關研究並不多，在教育上，除了數學證明和母語學習外，似乎很少被應用於自然科學或其他學科。本研究雖係個案學生之研究，不具有全面代表性，但可看出溯因推理在建構密度概念上確有成效，期盼本研究能為自然科學教育領域提供另一種教材教法上之參考。
- (二) 溯因推理特色之一為「驚異現象」的呈現，由看到驚異現象而進行溯因，是人類的一種本能。教師可適時利用這種溯因的本能，於教學情境中設計佈置一種驚異現象，配合「由做中學」的實驗活動，讓學生進行自主的學習，往往能引起學生強烈的好奇心以及亟欲一探究竟的學習動機，在教學上，或能收事半功倍之效。

參考文獻

- 官慧（2002）。論皮爾士的假設邏輯。湖北行政學院學報，2，77-80。
- 徐慈華、李恒威（2009）。溯因推理與科學隱喻。哲學研究，7，94-99。
- 張大松（1993）。論科學思維的溯因推理。華中師範大學學報（人文社會科學版），3，24-29。
- 謝甫佩（2008）。科學思考中情意反應、思考習性、創造思考和推理之關係：多元模式的評價與個案分析。國立高雄師範大學科學教育研究所博士論文，未出版。
- Fann, K. T. (1970). *Peirce's Theory of Abduction*. The Hague : Martinus Nijhoff .
- Hanson, N. R. (1958). *Patterns of Discovery. An Inquiry into the Conceptual Foundations of Science*. London: Cambridge University Press.
- Karplus, R., Karplus, E., Formasino, & Paulsen, C. M. (1977). A survey of proportional reasoning and control of variables in seven countries. *Journal of Research in Science Teaching*, 1977, 14(5), 411-417.
- Lawson, A. E. (1995). *Science teaching and the development of thinking*. California: Wadsworth Publishing Company.
- Magnani, L. (2001). *Abduction, Reason, and Science: Processes of Discovery and Explanation*. Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York, Boston, Dordrecht, London, Moscow. Springer, Berlin.
- Peirce, C. S. (1903). Abduction and Induction. In J. Buchler (Ed.), *Philosophical Writings of Peirce*. (pp. 302-305). New York: Dover (1955).