

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

鷹架理論在數位學習環境的應用與調整：探討中小學生歸納推理與幾何的學習--子計畫三：在數位與非數位學習環境中學童歸納推理能力的探討(2/2)
研究成果報告(完整版)

計畫類別：整合型
計畫編號：NSC 95-2524-S-002-001-
執行期間：95年08月01日至96年07月31日
執行單位：國立臺灣大學心理學系暨研究所

計畫主持人：連韻文

計畫參與人員：碩士班研究生-兼任助理：劉蓓蓓

處理方式：本計畫可公開查詢

中華民國 96 年 10 月 29 日

數位學習國家型計畫研究成果報告

主持人：連韻文

執行單位：國立台灣大學心理學系

計畫中文名稱：在數位與非數位學習環境中學童歸納推理能力的探討

計畫英文名稱：children's performance on rule discovery task with and without computer assisted

計劃編號：NSC 95-2524-S-002-001

執行日期：2006/08/01 ~ 2007/07/31

學校教育強調知識的學習，但如何教導學生發現未知卻相對地被忽略。Bruner(1961)指出這種發現過程的核心就是藉由資料的重整洞察出新的規律，因此如何培養學生具有主動探索問題、收集資料或證據，並從中看出或歸納出規律或結論的能力，在教育上的重要性不言可喻。但是讓學生自行發現規律或知識在效率、教具、施行與評估上仍困難重重，使其無法成為普遍的教學法。此外，過去研究也顯示大部分學童在自我主導的實驗情境下(自己設計實驗或觀察來收集資料以找出影響某一效果的因素)的表現多有限制，使得學童主動探索更為不易。若將探索過程分為收集資料與評估證據兩個主要階段，那麼兒童不但在收集資料上無法使用有組織的策略(e.g., Schauble, 1996; Chen & Klahr, 1999)，也不容易據此作出有效地推理(e.g. Kuhn, Schauble & Garcia-Mila, 1992)。這些限制可能與兒童無法負荷探索過程的認知需求有關，而這也

InduLab 是本團隊利用現今數位環境的特色(電腦與網路的即時性、運算力、圖像化與互動性)設計協助學童主動收集資料(作實驗)與歸納規律的電腦輔助工具(黃永廣、連韻文、吳昭容、蘇順隆、殷聖楷、楊晰勛、與陳亦媛, 2004)，使學童可以主動地探索與歸納，又不會因能力不足而迷失其中。

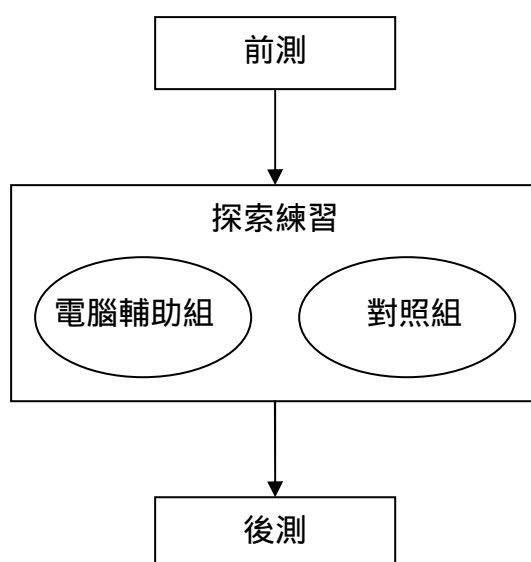
我們過去的研究顯示(陳亦媛, 民 92)，以 InduLab 的介面給予五年級學童探索的機會，並給予紀錄與整理表格協助(並無任何策略示範協助)，以降低其記憶負擔，接受電腦輔助的兒童較可能依據實驗證據(而非既有信念)推論，然而在策略的使用上輔助的效果並不明顯。本計畫則進一步增加兒童練習機會，並在練習前後，沒有任何輔助的狀況分別測量其各項推理作業之表現，以進一步評估 InduLab 電腦輔助介面對於兒童推理表現的遷移效果(transfer effect)。

此外，是否每個兒童都能受惠於這樣的電腦輔助系統也是本研究另一個關切重點。過去研究少見討論學習者的個別差異，我們則認為使用有組織的策略是需要計畫的，工作記憶廣度較大者，比較可能從發現式學習的經驗中發展出有組織的思考方式。因此本計劃也將評估此電腦輔助系統對於不同工作記憶廣度之兒童的影響是否有差異。

研究方法

研究分為三個階段，在五週內完成（參見圖一）。（1）前測階段：以一對一的方式分別測量受試者工作記憶廣度、規則發現作業與三段論式推理作業上的表現。（2）探索練習階段：受試者進行三次規則發現作業練習，每週練習一次，以小團體形式進行。電腦輔助組可以使用協助記錄與資料整理的電腦輔助工具（又稱低負荷組），對照組則不提供電腦輔助，但發給紙筆供其運用（高負荷組）。（3）後測階段：與前測相同，再次測試形式相同但內容與答案不同的規則發現作業與三段論式推理作業。在前後測中，兩組皆沒有提供電腦輔助工具。

受試者為來自台北縣市三所公立國小的 32 名五年級學生。由於規則發現作業需要一定程度的認知能力，因此由班級導師依照瑞文氏測驗的成績，從班上挑選高程度（百分等級 66-100）與中程度（百分等級 65-30）學生參與研究。兩組的瑞文式測驗表現與工作記憶廣度皆控制為無差異。



圖一：研究設計與程序。

材料與作業內容

以下分別說明測量推理能力與工作記憶廣度（操作廣度）之作業。

操作廣度作業

我們根據 Turner 與 Engle（1989）的操作廣度作業（Operational Span Task）修改成適合測量兒童中央執行系統容量的作業。在該作業中，受試者必須在處理數學算式（干擾作業，例如 $7 - 2 = 3$ ）的同時記憶語文詞彙（主要作業，例如恐龍）。其中數學運算所涉及的數字皆為個位數，並只包含一個運算符號。所需記憶的中文詞則選自教育部國小常用詞庫中的高頻詞。

依照每次嘗試所需記憶的詞彙數，嘗試的等級從二漸增至六。我們將受試者完全正確回憶的嘗試中等級最高的三次加以平均，做為其工作記憶廣度指標。

規則發現作業

我們使用的規則發現作業屬於自我主導式實驗作業。受試者被告知某虛擬王國的國王派手下從火星上買回不同的煙火的發射器或摩天輪，這些機器有四個可操弄的變項。受試者必須自行設計實驗加以測試，從可能的變項中找出影響煙火施放或摩天輪轉動的原因。以煙火題為例，每次測試，受試者必須先選定每個變項的量值，按下確定鍵之後，圖示區的發射器會顯示煙火的施放結果。作業在進行 18 次測試之後結束。

在前後測中，受試者在作業過程中接受一對一訪問以便分析其推理策略。他們必須在每次設計完實驗後說明其實驗目的，從第二次實驗起，每完成四次實驗後需針對各個變項是否影響效果進行推論並解釋其推論理由。

練習階段中，電腦輔助組提供資料整理的輔助鷹架，即具有記錄與排序功能的電腦表格（參見圖二），不但自動記錄每次測試的量值和結果，並可任意將所累積的實驗結果依照任一變項排序。對照組則不提供輔助表格。此階段兩組都不進行訪問，由學童自主進行練習。

此作業之內容分為摩天輪與煙火兩種，受試者前後測進行不同內容，練習階段的故事內容則與其前測相同，但正確答案不同。



圖二：電腦輔具示意圖。

三段論式推理作業

為了探討探索練習對於兒童其他推理能力的影響，也進行三段論式推理作業。該作業根據 Handley 等人（2004）在兒童推理研究中所使用的作業修改。受試者每次必須根據兩個前提判斷結論的陳述是否正確或無法確定。題目根據結論陳述與一般經驗或信念相符與否，可分為可信、不可信與中性題目。每種題目中，結論陳述又根據與前提的邏輯關係分為可確定為對、可確定為錯以及無法確定對錯三種。該作業共有 24 題，其中十二題與事物間在某向度（速度、大小等）的比較有關（關係式推理），另十二題與概念的包含關係有關（條件式推理），每一種題型都包含四題中性題、八題與信念有關的題目，其中四題和信念相符，四題不符。這樣的設計除了可分析兒童三段論證推理的邏輯性外，還可測量受到既有信念影響而造成偏誤的程度。所有題目的結論事先由一組獨立的五年級兒童針對結論進行可信度評分。例題如下：

魚都有鱗片，
有鱗片的動物都會游泳，
想像上面兩個句子是真的，那麼：
魚會游泳嗎？

施測時，每一題題目單獨印在一張 14.8cm × 21.1cm 的白色西卡紙上，前兩行為前提，最後一行為結論，先以藍色便條紙遮蓋，閱讀完前提才由受試者自行掀開，以避免受試者忽略前提而直接閱讀結論。受試者要在想像前提為真的情況下判斷該問題（例如飛機比腳踏車快嗎？）的對錯，並在答案紙上「是」、「否」、「訊息不足無法判斷」三個選項中選擇答案。實驗者會特別提醒他們根據前面兩句話來回答後面的問題，而不是根據自己覺得怎樣來回答。

結果

工作記憶廣度

兩組受試者的平均廣度皆為 3.29，獨立樣本 T 檢定結果顯示兩組的廣度沒有顯著差異， $t(30) = -0.002$ ， $p = .999$ 。變異數同質性檢定也顯示兩組的工作記憶廣度變異程度沒有顯著差異（ $F(1, 30) = 0.264$ ， $p = .611$ ）。因此任何組別間的差異不能歸因於受試者工作記憶廣度不同。

電腦輔助組資料排序功能的使用

電腦輔助組使用輔具的情形，第一次練習平均使用排序按鍵的次數為 11.4 次，第二次練習為 7.8 次，第三次練習為 3.3 次。單一樣本 T 檢定顯示，三次練習的按鍵次數都顯著大於 0（分別為 $t(15) = 2.778$ ， $p = .007$ ， $t(15) = 2.755$ ， $p = .008$ 和 $t(7) = 1.963$ ， $p = .045$ ）。顯示電腦輔助組確實有使用所提供的輔具。

正確率

兩組在規則發現作業之正確率如表一。分析結果發現，兩組受試者在各階段進行規則發現作業時的正確率均無顯著差異。

表一、兩組規則發現作業之正確率。

	前測	練習一	練習二	練習三	後測
電腦輔助組	0.19 (3)	0.19 (3)	0.44 (7)	0.25 (4)	0.19 (3)
對照組	0.25 (4)	0.25 (4)	0.44 (7)	0.50 (8)	0.38 (6)

CVS 變項控制策略使用率的改變

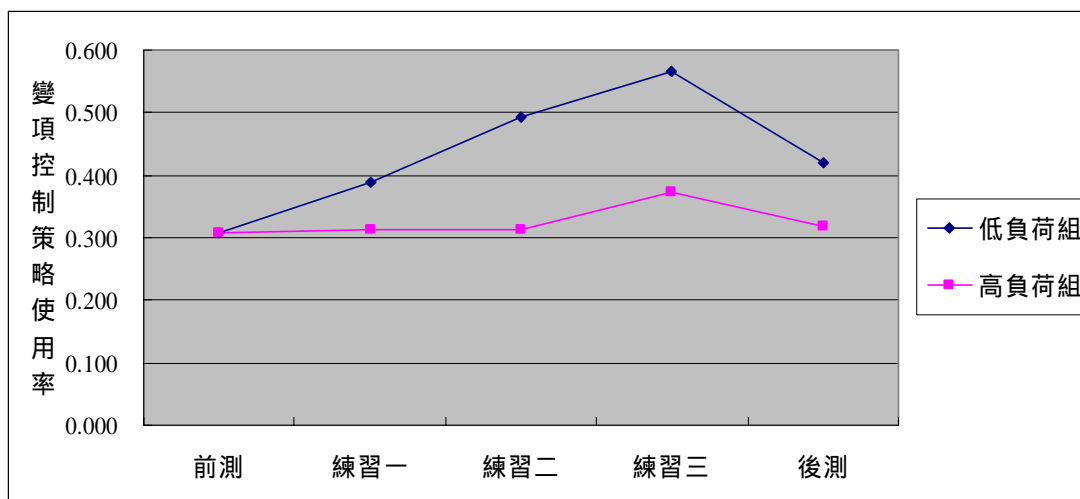
我們分析受試者在規則發現作業中，每次進行測試是否使用變項控制策略 (CVS)。我們先依據學童每次測試時說明的實驗目的，判斷是否有同時改變兩個變項以上之意圖，若是，則視為未使用 CVS，例如，「將長度與手臂配合」、「都用最大值」。若目的說明中沒有清楚提及同時改變兩個以上變項，則與前兩次測試或主動提及之參照點比較，只改變一個量值者視為使用 CVS。

表二為兩組的CVS使用率。分析結果顯示，電腦輔助組後測的控制策略使用率較前測顯著增加， $t(15) = -2.16, p = .047$ 。對照組的後測與前測無顯差異， $t(15) = -0.294, p = .773$ 。

從練習階段的表現來看，電腦輔助組在三次練習中的控制策略使用率分別為 0.39、0.49、和 0.57，重複樣本單因子變異數分析結果，電腦輔助組三次練習的使用率有顯著差異 ($F(1.58) = 5.371, p = .029$)。事後比較顯示，練習二與練習三的控制策略使用率都高於練習一 ($p = .078, .028$)。對照組則分別為 0.31、0.31、和 0.37，統計分析顯示三次練習的使用率沒有差異 ($F(1, 30) = .489, p = .619$)。以上結果顯示透過電腦輔助來降低認知負荷量使得兒童的 CVS 使用率增加，且最慢自第二次練習起已有明顯提升，而對照組的控制策略則始終未出現明顯變化。

表二、兩組前、後測之CVS使用率。

組別	前測	後測	後測 - 前測
電腦輔助組	30.8 (24.0)	42.1 (33.5)	11.2 (20.9)
對照組	30.9 (29.0)	32.9 (29.4)	1.4 (13.9)



此外，若將全部受試者依照工作記憶廣度的平均數分為高、低廣度兩種，我們發現電腦輔助組（低負荷組）的高廣度者，其後測 CVS 使用率顯著高於前測 ($t(10) = -3.322, p = .008$)，低廣度者的前、後測沒有差異 ($t(10) = .494, p = .647$)，而對照組（高負荷組）中，無論高、低廣度者，後測與前測比較均無顯著差異 ($p = .672, .425$)。顯示在電腦輔助下練習對工作記憶廣度大者的幫助較為明顯。

實驗目的分析

分析受試者每次實驗所提的實驗目的，結果發現無論是否確實使用 CVS，電腦輔助組後測以「檢驗單一變項」為目的之實驗比例 (28.6%) 則較前測 (14.4%) 顯著增加， $t(15) = -2.800, p = .013$ 。對照組的前、後測則無差異。顯示經過電腦輔助後，輔助組學童變得較常以變項單一檢驗為實驗目的。

進一步分析顯示，電腦輔助組的高廣度者以「檢驗單一變項」為目的之實驗比例後測高於前測， $t(10) = -3.063, p = .012$ 。然而同組的低廣度者則沒有前後測差異 ($p = .134 \sim .667$)。顯示降低練習時的認知負荷使得高廣度者趨向系統性地檢驗可能影響的變項，而相同練習情境的低廣度者則沒有改變。

推論與證據一致性

根據學童在前後測中，每次對於各個變項的因果推論，與當時所累積的實驗證據之間是否一致，將推論區分為與證據一致、與證據不一致、以及無法確定一致性（測試時未使用 CVS 以致於沒有明確可判斷的實驗證據）三種。

結果發現，電腦輔助組後測的一致百分比顯著高於前測， $t(15) = -2.114, p = .052$ 。不確定百分比也顯著降低， $t(15) = 2.990, p = .009$ ，不一致比例則沒有改變 ($p = .947$)。對照組後測的一致百分比雖然和電腦輔助組一樣高，但並未顯著高於前測的比例 ($p = .221$)，而一致假設與不確定假設的比率在前後測間也無顯著差異 ($p = .555, .411$)。該結果顯示在低認知負荷情境下的練習，有助於事後提升受試者協調推論與證據一致性的能力，但主要來自不確定假設的減少，這

顯示可能和做實驗的能力有關，並非直接敏感到推論與證據的不一致性。

分析電腦輔助組的進步程度發現，電腦組的高廣度者前後測的一致性推論百分比沒有顯著差異， $t(10) = -1.124$ ， $p = .287$ ，而低廣度者後測的一致百分比顯著高於前測， $t(4) = -2.863$ ， $p = .046$ 。

此處進步程度與工作記憶廣度的關係，呈現與其他指標不同的形態。進一步分析發現，高、低廣度者前測的一致性推論比例分別為 0.45 和 0.17，差異達顯著($t(12.8) = 2.918$ ， $p = .012$)，後測時分別為 0.55 和 0.38，無顯著差異($t(14) = 1.046$ ， $p = .313$)。顯示低廣度者在低負荷量情境中練習後，推論與證據一致性明顯提升，同時拉近與高廣度者間的差距，而高廣度者練習後並未再有進步。

三段論式推理

我們比較兩組受試者前後測的三段論式推理表現，結果發現電腦輔助組受信念影響而出現推理錯誤的次數(信念偏誤指標)下降 0.83 次， $t(15) = 2.085$ ， $p = 0.055$ 。對照組的前後測皆無顯著差異($p = .894$)。顯示兒童在低負荷情境下進行規則發現練習後，其演繹推理能力有所提升，亦即受信念影響而出現推理失誤的次數顯著減少，表示他們變得較能抑制既有信念的影響，而遵從邏輯法則進行推理。

進一步分析發現，電腦輔助組的高廣度者後測的信念偏誤指標(5.44)較前測(6.25)降低， $t(10) = 2.057$ ， $p = .067$ ，而同組的低廣度者則沒有改變($p = .587$)。

結論

我們以工作記憶廣度相同的兩組學童為研究對象，使之分別在有/無電腦輔助工具的情境下進行了三次規則發現練習，結果發現在電腦輔助下練習的學童在設計實驗的過程中，比原來更懂得使用 CVS，而且更可能以檢驗單一變項為實驗目的，也比原來更能夠做出與實驗證據一致的假設。這樣的結果顯示我們所設計的電腦輔助工具 InduLab 有助於協助學童在探索過程中發展出更佳策略。

如前述，歸納推理或科學推理的技巧很難以直接教導的方式學習，但要讓學童直接練習又因作業本身複雜，必須教師協助，因此有人力與時間上的困難。我們所設計的數位探索環境，可望增加學童探索歸納時的自由度，提供學童更多探索機會，而不需依賴教師的輔助。

然而研究結果也顯示，電腦輔助的功效存在個別差異，並非所有學童都能從這樣的練習中發展出較理想的策略，而工作記憶廣度乃是一個重要的限制。就實驗策略來看，工作記憶廣度較小的學童進步程度較不顯著，要達到與高廣度者相同幅度的進步，可能需要更多的練習。若要使他們藉由相同的探索練習而提升推理策略，則可能必須提供更進一步的輔助工具。

參考文獻

- 陳亦媛 (民 92), 「兒童歸納推理能力探究 - 影響兒童證據與假設協調能力的可能原因與解決之道」(未發表之碩士論文)。台北：國立台灣大學心理學研究所。
- 黃永廣、連韻文、吳昭容、蘇順隆、殷聖楷、楊晰勛、及陳亦媛 (2004)。訓練歸納與學習幾何概念的數位環境之鷹架輔助。全球華人計算機教育應用學報, 2, 31-43。
- Bruner, Jerome S. The act of discovery. (1961). *Harvard Educational Review*, **31**, 21-32.
- Chen, Z., & Klahr, D. (1999). All other things being equal: Children's acquisition of the control variable strategy. *Child development*, **70**, 1098-1120.
- Handley, S. J., Capon, A., Beveridge, M., Dennis, I., & Evans, J. (2004). Working memory, inhibitory control and the development of children's reasoning. *Thinking and Reasoning*, **10**, 175-195.
- Kuhn, D., Schauble, L., & Garcia-Mila, M. (1992). Cross-domain development of scientific reasoning. *Cognition and Instruction*, **9**, 285-327.
- Shauble, L.(1996). The development of scientific reasoning in knowledge-rich contexts. *Developmental psychology*, **32**, 102-119.
- Stanovich, Keith E; West, Richard F. Reasoning independently of prior belief and individual differences in actively open-minded thinking. (1997). *Journal of Educational Psychology*. **89**, 342-357.
- Turner, M. L., & Engle, R. W. (1989). Is working memory capacity task dependent? *Journal of Memory and Language*, **28**, 127-154.