

高一學生多變因因果推理與論證能力 之相關研究

林志能、陳玲君、洪振方*

本研究旨在瞭解高一學生對多變因之因果推理與論證能力的表現，以及兩者之關係。研究方法採用問卷調查方式，研究對象為公立學校高中一年級學生共 165 人，學生的基測入學錄取 PR 值介於 87-99 之間。研究使用「因果推理與論證能力問卷」作為研究工具，此工具經科教專家審查，內容包含藥物成效、動物趨性、噴撒殺蟲劑和地震預測等科學情境，讓學生以寫作方式呈現自己的因果推理與論證的思考，問卷經由三位評分者分別進行評分，整體問卷的 Hoyt 信度值為 .992。研究結果顯示，學生在多變因之因果推理方面，「因素尋找」能力比「理由陳述」能力的表現好。在論證方面，學生在「證據與理由」、「反駁」能力比「提出宣稱」能力的表現差。因果推理能力與論證能力兩者間具有高度相關 ($r = .782, p < .05$)，且因果推理能力表現較佳的學生在論證能力上的表現也較好 ($p < .05$)。

關鍵詞：多變因、因果推理能力、論證能力

* 林志能：國立高雄師範大學科學教育研究所博士候選人
gyver.lin@msa.hinet.net
陳玲君：國立高雄師範大學科學教育研究所碩士
洪振方：國立高雄師範大學科學教育研究所副教授

The Study of the Relationship Between Multivariable Causal Reasoning Ability and Argumentation Ability of the 10th Graders

Chih-Neng Lin, Ling-Jiun Chen, & Jeng-Fung Hung*

This study aimed to understand the relationship between multivariable causal reasoning ability and argumentation ability of the 10th grade students. The research method of this study was questionnaire survey. "The ability of causal reasoning and argumentation questionnaire" was used to detect students' multivariable causal reasoning ability and argumentation ability. There were 165 subjects who participated in this survey. Data analysis showed that: (1)In the aspect of multivariable causal reasoning, students' performance in factor-search was better than reason-state. (2)In the aspect of argumentation, students' performance in rebuttal was weaker than other factors. (3)Multivariable causal reasoning performance and argumentation performance demonstrate a high correlation ($r=.782$, $p<.05$).

Keywords: *multiple variables, causal reasoning ability, argumentation ability*

* Chih-Neng Lin: Ph.D. Candidate, Graduate Institute of Science Education, National Kaohsiung Normal University

Ling-Jiun Chen: Master, Graduate Institute of Science Education, National Kaohsiung Normal University

Jeng-Fung Hung: Associate Professor, Graduate Institute of Science Education, National Kaohsiung Normal University

高一學生多變因因果推理與論證能力之相關研究

林志能、陳玲君、洪振方

壹、研究背景與目的

增進學生的高階思考技能，以培養學生問題解決的能力，一直以來是教育政策和眾多科教學者努力的重要方針（American Association for the Advancement of Science【AAAS】，1993；National Research Council【NRC】，2000；Duschl & Osborne, 2002；Lawson, 2003；Organization for Economic Co-operation and Development【OECD】，2004；Zohar, 2004；Kuhn, 2005；Kuhn & Udell, 2007；教育部，2003，2010）。透過高階思考技能的增進與培養，學生不只能瞭解靜態的科學知識，同時也能瞭解及建構「我們是如何知道的」以及「為何我們相信」的科學方法與素養，進而有效監控並促進自己的科學學習，以面對並解決未知的謎題（puzzle），因此得以認識並理解這個世界。

Zohar (2004, p.215) 明白指出學生的高階思考技能可分為兩大部分，一部分是學生所欠缺的因果推理能力（如：控制變因以找尋可能的因果關係），另一部分是學生已經擁有但卻不常被使用的論證能力（如：使用論證技巧來解決有爭議的論點）。Zohar 所提的兩大高階思考技能在科學研究中扮演了極重要的地位，舉凡科學的研究、科學教學或科學的學習中，都需要使用因果推理的能力來進行理論的建構，而不同理論之間所產生的衝突論點則需藉由論證來協調解決，以產生科學社群接受的知識。

推理是在面對問題情境發現解題策略前，對於待解決的問題情境所發展的思考歷程（Newell & Simon, 1972），在發展歷程中透過對不同事件因果關係的探討，讓不同事件得以結合在一起，然後可以據此推理作預測、描繪含意、形成推論等。但真實的問題情境其因果關係複雜，常常包含多個變項的累加或交互作用，因此 Kuhn (2007) 更進一步提出，需培養學生變項控制等推理操作能力，以使其在科學的情境中，能進行多變因因果關係的推理（multivariable causal reasoning），如此學生就能使用推理來

建構知識 (Hogan & Fisherkeller, 2000)。因此，科學推理被視為科學探究的思想過程，且是學習者發展複雜概念所必須具備的重要能力，在科學探究過程中扮演極為重要的角色 (Jonassen & Ionas, 2008)，故教師在進行科學教學時，必須發展學生的科學推理技能，以促進並提升學生完整的科學學習 (Zimmerman, 2000)。

論證則是個體面對不同理論與證據時所進行的一種協調活動，或是面對不同觀點時所進行的一種以證據為基礎的討論、挑戰、質疑和辯論過程 (Kuhn, 2005; Kuhn & Udell, 2007)，這種說服自己或社群成員的過程是讓理由和結論之間產生合理連結，以合理性的方式來解決問題或爭論，因此論證可以是語言的、社會的、智力的活動，藉由對特定的宣稱或立場產生辯護或反駁，以說服他人接受對該立場的合理批判 (van Eemeren, Grootendorst, & Henkemans, 2002)，產生合理可接受的知識，達到透過論證進行科學學習 (argue to learn) 的目的。

由上可知，推理能力與論證能力兩者都是透過某些思考的過程產生事件的連結，而 Nussbaum、Sinatra 與 Poliquin (2008) 在探討科學情境中學生論證能力的表現時，更將描述因果機制的推理直接包含在科學論證的成分中，以作為評量學生論證表現的一個重要依據。但目前相關的實徵研究卻缺乏這方面的實徵數據，來說明上述因果推理與論證能力兩者之間的關係，也缺少從多變因設計角度來瞭解學生的因果推理與論證能力表現。因此，本研究的目的旨在瞭解高一學生於多變因設計中的因果推理能力與論證能力表現現況，以及兩者之間的關係。其研究問題如下：

1. 高一學生的多變因因果推理能力與論證能力之表現及相關為何？

- (1) 高一學生在「因果推理與論證能力問卷」的整體表現為何？
- (2) 高一學生在「因果推理與論證能力問卷」中的多變因因果推理表現為何？
- (3) 高一學生在「因果推理與論證能力問卷」中的論證能力表現為何？
- (4) 高一學生在「因果推理與論證能力問卷」中因果推理能力與論證能力之分布及關係為何？

2. 高、中、低多變因因果推理能力的學生，其論證能力的表現是否有差異？

- (1) 高、中、低多變因因果推理能力的學生其論證能力整體表現為何？
- (2) 高、中、低多變因因果推理能力的學生其宣稱、證據與理由、反駁之表現為何？

貳、文獻探討

基於上述研究目的與研究問題，與本研究相關的文獻包括多變因因果推理能力、論證能力、因果推理能力與論證能力之關係等三個部分，分述如下：

一、多變因因果推理能力

因果推理是人類最重要的認知過程之一，也是發展概念理解和問題解決不可或缺的一個重要思考歷程（Jonassen & Ionas, 2008）。因果性的推理使我們能對所遇到或所觀察到的事件或現象，能進行預測、推斷和解釋（Hung & Jonassen, 2006）。Sternberg（2003/2005）認為因果推理為人們如何判斷某件事造成另一件事的發生，通常會使用四種訊息來做因果推理；而使用這些訊息，人們通常能夠合理地使用證據來作出因果推斷（如表 1 因果推理的基礎）。亦即，人們會傾向根據可能的原因事件和結果是否一起出現，來確定某件事是否為原因；或根據可能的原因事件有出現而結果沒出現或可能原因事件沒出現而結果有出現，來否定某件事不是真正的原因。

表 1 因果推理的基礎

因果推理	推論的基礎	解釋
確認	可能的原因事件和結果一起出現	假如事件和結果傾向一起發生，人們較可能相信事件造成結果。
確認	可能的原因事件和結果都沒有出現	假如可能的原因事件不存在而結果也沒有發生，則人們較可能相信事件造成結果。
否定	可能的原因事件有出現但結果沒有出現	假如可能的原因事件有出現但結果沒有發生，則事件導致結果的可能性較小。
否定	可能的原因事件沒有出現但結果卻有出現	假如可能的原因事件沒有出現但結果有發生，那麼事件導致結果的可能性較小。

資料來源：認知心理學（李玉琇、蔣文祁譯，頁 547），R. J. Sternberg，2005，台北市：湯姆生。（原著出版於 2003）

部分學者認為（Koslowski, 1996; Schauble, 1996）科學因果推理為「解釋一個因素如何引起結果的過程」，透過探討單一因素和結果的關係，可以得知兩者之間如何

產生作用。但真實科學情境中的推理在本質上是更複雜的，真實科學情境通常是包含多個變項交互影響的關係 (Lawson, 1982; Schunn & Anderson, 1999)。但一般成人大多不會爲了要得到一個預測的結果，而去額外考慮其他可能因素的影響；亦即多數成人都不太考慮潛在影響結果的多個因素，他們經常滿意於將一個現象歸因於唯一的一個因素（線性因果推理），可是真實的自然現象背後卻是隱藏著多個可能變因的複雜結構 (Kuhn, 2005)；因此若僅進行單一因素與結果的「單變因因果推理模式」，可能無法呈現各因素間可能發生的交互作用，也無法適切的表徵複雜的科學情境。故 Kuhn 進一步闡釋因果推理能力是學生要具備「能探索一系列包含多個因素現象，而這些因素會單獨或共同地造成不同類型的結果」的能力，也就是要能使用變項控制等方式來探索一系列多個因素的現象，然後形成合理可接受的關連性。亦即透過這種「多變因因果推理模式」，人類可以對事件形成隱含的假設，進行系統的推論，進而解釋複雜的現象，甚至還可據此對未知的現象做一有根據的預測 (Kuhn, 2007)。

目前對於科學因果推理過程的研究比較偏向於變因控制的發展策略，如：「在研究中維持其他不變的變因，並排除這些變因對結果的影響」(Klahr, 2000; Kuhn, 2002; Kuhn & Franklin, 2006; Kuhn, 2007)，而透過科學實驗的操控，更能清楚地瞭解變項之間的可能影響。但在科學情境中，即使學生可以依據引導性理論來明確表達出一個具體解釋，但他們經常不正確地詮釋數據 (Erduran, 2008)，亦即當學生形成宣稱時，經常沒有也不會從多個來源的數據來進行比較，但這樣的比較卻是需要的，當學生進行多變因因果推理時，需能「尋找並考量其他可能的因素」以進行比較。再者，科學推理必須描繪、解釋因和果之間的可能關係，因此也需能具體陳述所持有的理由，提出一個合理可接受的關連性來說服自己或他人，因此「理由陳述」則爲多變因因果推理的另一個考量。透過這樣的思考技能，尋找並觀察現象間的因素，提出可能的因果關係，並透過實驗設計檢驗所提的假設，決定所有可能的選擇和結果，同時考慮發生的可能性給予合理可預期的結果，最後評估證據以支持特殊結論的正當性，因此得以協助學生進行概念改變或科學理解 (Zimmerman, 2005)。

根據上述，要瞭解學生在科學情境中多變因因果推理方面的表現，可以透過瞭解學生如何分析科學實驗的操弄來進行研究，因爲科學實驗能明確瞭解變因操弄與結果之間的關係，沒有任何其他方法能像科學實驗這樣吻合因果關係的特徵。因此，本研究爲瞭解學生在面對科學情境的問題與數據時，如何進行多個因素與結果之間因果關係的推理，在研究工具的設計上，採用科學實驗的情境以及一系列包含多個因素共同或

單獨作用的多變因設計。學生宣稱的有效性的檢核採雙重標準，除了要能形成有效的推論外，還要能排除無效的另一面，據此來研究學生在多變因與實驗結果之影響關係設計中，是如何推斷因素存在關係與結果的作用情形；故透過本研究工具「因果推理」的題型設計，得以偵測學生「找尋可能因素」和「陳述理由」的推理表現。本文中「多變因因果推理能力」係採研究者自行發展「因果推理與論證能力問卷」中的「因果推理」題目。學生在「因果推理與論證能力問卷」中的「因果推理」題目中得分越高者表示其因果推理能力越好；得分越低者，表示因果推理能力越差。「因果推理與論證能力問卷」得分標準則依據研究者設計的「評分方式摘要表」進行評分。

二、論證能力

論證活動的進行是目前科學社群互動的主要型態，科學家透過建立論點、斟酌證據、修建理由等來支持其研究假設，選擇立場與觀點，建構理論，形成科學知識、評價科學知識，並使科學知識獲得進步（Kuhn, 1993；Lawson, 2003；Osborne, Erduran, & Simon, 2004；Kuhn, 2005）。而學生在學習新知識、投入科學學習時，論證活動的進行可以幫助檢視自己所學習到的新知識是否合理？是否具有邏輯性？是否與先前的經驗吻合？當遭遇反對時，也可就自身的立場與觀點提出合理的論點來說服他人（Kelly & Bazerman, 2003；Bell, 2004；Osborne et al., 2004；Duschl, Schweingruber, & Shouse, 2007；Duschl & Grandy, 2008）。科學的學習主要是鼓勵人們學會以科學家的方式來思考和解釋自然世界，因此瞭解並學習科學家的思考方式相對重要，為了培養學生能像科學家一樣的進行思考，以養成未來能獨立思考解決問題的社會公民，論證的教學與學習已成為重要的議題，論證能力更需要在科學教室裡面被關注與提升（Aleixandre & Erduran, 2008）。

目前大部分論證的研究均採用 Toulmin(1958)的論證組型(Toulmin Argumentation Pattern; TAP)來進行論證教學或作為論證評量的主要參考依據(Toulmin, 1958；Kelly & Takao, 2002；Nussbaum, 2002；Zohar & Nemet, 2002；Erduran, Simon, & Osborne, 2004；Osborne et al., 2004；Simon, Erduran, & Osborne, 2006)。其六個論證元素分別為：宣稱(claim)、資料或證據(data)、支持(backing)、理由(warrant)、限制(qualifier)與反駁(rebuttal)，由於個別元素定義明確，利於研究資料的分析與量化處理，且元素之間相對應的邏輯關係明確，適合用來分析論證過程中的個人論點，其論證組型如圖 1 Toulmin 論證示例。

在本研究中為瞭解學生在面對科學情境的問題與數據時，是如何形成個人宣稱與反駁他人論點，因此研究工具的問卷設計採用 Toulmin 論證組型的一般形式「IF D，THEN C」，並修改為「IF...根據證據與理由的陳述，THEN...提出宣稱」。另外，學者也提出「反駁」是更高層次論證能力的展現，一個反駁論點的提出可以刺激思考反向的可能性，進而重新評估自己原有的宣稱（Verheij, 2005；Erduran, 2008）。據此，本研究工具的問卷論證題型，主要分成學生的「提出宣稱」、「證據與理由的陳述」與「反駁他人宣稱」三向度的表現，進行設計來瞭解並偵測學生的論證能力。本文中「論證能力」係採用研究者發展的「因果推理與論證能力問卷」中的「論證」題目，學生在「因果推理與論證能力問卷」中的「論證」題目中得分越高者表示其論證能力越好；得分越低者，表示論證能力越差。而「因果推理與論證能力問卷」得分標準則依據研究者設計的「評分方式摘要表」進行評分。

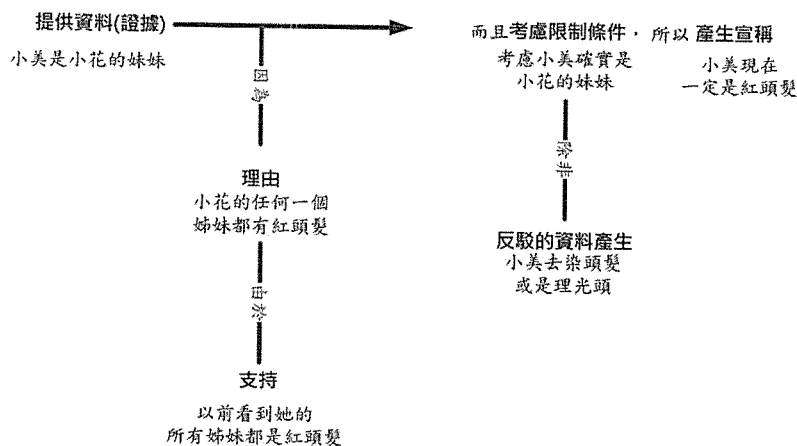


圖 1 Toulmin 論證示例

Note. From “The Use of Argument” (p.126), by Toulmin, 1958, Cambridge, UK: Cambridge University Press.

三、因果推理能力與論證能力之關係

論證包含個體本身的反思與社群間的互動兩個向度；從個體角度而言，個人使用內在一連串的推理過程來使資料或理論可以形成某些判斷或宣稱；而從社會觀點來

看，則可視為個人與個人之間存在一些不同意見，並採用口語或寫作等不同方式，來針對不同立場觀點的他人進行說服的一種理性過程（Aleixandre & Erduran, 2008；Garcia-Mila & Andersen, 2008；林志能、洪振方，2008）。但不管是個體或社群間的論證，都包含了宣稱、用以支持宣稱的證據，以及讓證據和宣稱之間產生連結合法性的推理歷程。因此，透過因果關係推理的展現能夠使理論與證據之間的協調更一致，也使自己的觀點與他人觀點能和外界訊息三者能協調一致（Kuhn, 2005）。

美國《國家科學教育標準》強調應訓練學生使用「批判且邏輯性的思考來找出證據與解釋間的關係」，更進一步闡述「具體來說，學生必須能從一個簡單實驗中檢閱數據、總結數據以及形成關於因果關係的合理論證」（NRC, 2000）。從上述文字可以看出二個重點：一是學生要能對實驗結果形成因果推理；二則為學生必須從因果推理所形成的主張，提出合理的論證來進行支持。Duschl（2008）也指出科學學習不只要瞭解事實和原則，還要關注學生學了什麼，學生怎麼學，以及為什麼要選擇去相信特定的宣稱等等，這些 how 和 why 所關注的還包括整個對話討論的推理過程，透過這些推理過程可以發展學生特定的概念與知識論。亦即，在科學教育中，推理的發展包含了數據是如何被選擇，進而發展成科學解釋，也包含了對證據和解釋的評價與驗證。

由上可知，因果推理能力與論證能力兩者之間關係密切，許多關於論證能力的評量甚至直接把因果推理能力納入判準當中。如：Nussbaum 等人（2008）認為評價學生的論證品質應包含相關的兩變項、描述因果機制、利用「事實」來支持宣稱、評估所有事實與尋找反例或考慮另有理論等。Sampson 與 Clark（2008）將科學論證概念化為三個相互關聯的成分：解釋（相當於 Toulmin 的主張）、證據（相當於 Toulmin 的數據）以及推理（相當於 Toulmin 的理由與支持）；在解釋部分要求必須能為問題提供解答，明確表達一個描述性關係，或者提供一個因果機制。推理部分更要求明確指出「為什麼這個證據能支持這個解釋呢？」以及「為什麼此證據能做為證據的合理性？」。Wilson、Taylor、Kowalski 與 Carlson（2010）則根據學生的宣稱（回答問題的聲明或結論）、證據（支持主張的科學證據）及推理（推理過程需連結多樣證據到宣稱，而且包含了適當且充分的科學原理）。本研究則根據上述文獻探討，將多變因因果推理能力區分成「因素尋找」和「理由陳述」兩個分向度，而論證能力則區分成「提出宣稱」、「證據與理由的陳述」與「反駁他人宣稱」三個分向度。

惟上述因果推理能力與論證能力兩者之間關係，目前多僅限於文獻上的討論，未

有實徵資料證實兩者之間確實存在相對應關係；故本研究嘗試以問卷調查的方式，提供相關實徵資料，以驗證支持文獻所提兩者間之關係。

參、研究方法

本文主要係分析高一學生對於「因果推理與論證能力問卷」(如附錄：「因果推理與論證能力問卷」題例)的回答情形，以便瞭解學生所表現出來的多變因因果推理與論證能力，同時進一步分析學生的多變因因果推理能力與論證能力兩者之關係。在「因果推理與論證能力問卷」的半開放式問卷中，採用「因果推理」與「論證」兩個向度的認知歷程來設計相關題目，來測驗學生面對未知問題，如何分析情境、並使用因果推理及論證來尋找出影響實驗的真正因素，藉此瞭解學生的因果推理與論證能力的表現及相關為何。

一、研究對象與研究設計

本研究對象的選取採立意取樣，主要受試者選取程度中上（基測入學錄取 PR 值分別介於 98-99, 98-99,90-96 和 87-95 之間）以上的四所公立學校學生高中一年級學生，有效問卷 165 份，有效回收率達 86.4%。在研究設計上，本研究主要利用問卷調查的方式，以「因果推理與論證能力問卷」為研究工具來探測高一學生的推理和論證思考。首先，將學生在「因果推理與論證能力問卷」中的半結構式問卷的寫作內容進行分析，進行質性編碼，接著依據研究者自行設計的「評分方式摘要表」進行評分，透過這種質、量互換的方式（Wu & Tsai, 2007），將質性資料轉化為量化數據，並進行統計分析，可以做為瞭解學生推理和論證能力及兩者關係的主要參考依據。

二、研究工具

本研究的資料蒐集，主要使用自編的「因果推理與論證能力問卷」做為測量工具，問卷中提供不同情境的題組，請學生面對題組中所提供的線索，陳述自己的答案與理由並舉出證據支持，研究者針對學生的回答寫作情形進行分析。以下針對「因果推理與論證能力問卷」的設計理念、情境及信效度等分別說明。

（一）問卷設計理念

由於不同學生先備的學科知識或概念不同，可能會影響其推理和科學論證的品質，因此為排除特定學科知識對推理和論證的影響，本研究採用三種方式將學生的科學背景知識影響降至最低。首先，在問卷題幹中提供充足的背景知識，讓學生具有相同的背景知識起點；其次，在題目中提供不同實驗變項的操弄、控制以及圖、表等實驗結果，讓學生能從問題情境與所提供的圖、表訊息中，瞭解各變項的操弄、控制與實驗結果，然後進行推理、比較與判斷可能影響結果的因素。最後，本問卷所涉及的學科包含了生物、化學及地球科學等科學領域，呈現方式圖表均有，以降低單一學科或特定呈現方式的選擇偏誤。

（二）問卷設計因素與情境

本問卷參考 Kuhn (2005, pp. 70-71) 在《教導思考》“Education for Thinking”一書中的例題來進行設計並安排多變因因果架構之情境。Kuhn (2005) 的例題中提供三個可能因素與閱讀表現平均值的影響關係，然後透過可能因素之間的不同搭配，讓學生從題目圖表訊息中進行推理，找出真正影響閱讀表現的因素；在本問卷中所有的問題情境都涉及三個以上的可能因素與實驗結果之影響關係，其設計原則和特性整理如表 2 問卷各大題設計原則特性比較表。

表 2 問卷各大題設計原則特性比較表

	第一大題 藥物成效	第二大題 動物趨性	第三大題 噴灑殺蟲劑	第四大題 地震預測
涉及的 相關學科	生物	生物	化學	地球科學
變項個數	3 個	3 個	3 個	4 個
變項呈現 方式	符號	數字	數字	文字
數據提供 的形式	表格	圖片	表格	表格
他人宣稱	1 個	1 個	1 個	2 個
題目設計 參考文獻	Kuhn, Katz, & Dean (2004) 研究的例題	Lawson (1978) 科學推理測驗	PISA2006「科學 部分」樣本試題 (OECD, 2006)	Kuhn (2007) 研究的例題

問卷中問題情境可能影響因素的搭配情形，則參考 Kuhn 等人（2004）和 Kuhn（2005）中藥效問題與閱讀表現問題的因素安排架構，來進行「論證與因果推理能力問卷」中各題組的因素安排。茲以閱讀表現問題來說明（如圖 2 閱讀表現問題因素安排架構所示），座標軸上的 X 軸與 Y 軸分別代表加入的影響因素個數與閱讀表現的平均值，中間則代表實驗處理中各組因素的組合情形，擺放高低位置用來對應在縱軸上各組實驗處理後在閱讀表現上的結果是否有進步，橫軸的各組相對關係則代表加入因素的個數。最後透過實線與虛線來表示兩組間的關係是否有因果關係的存在，實線代表是具有因果推論的關係，而虛線則代表沒有因果推論的關係，學生可利用兩組的比較來找出真正影響實驗結果的因素。

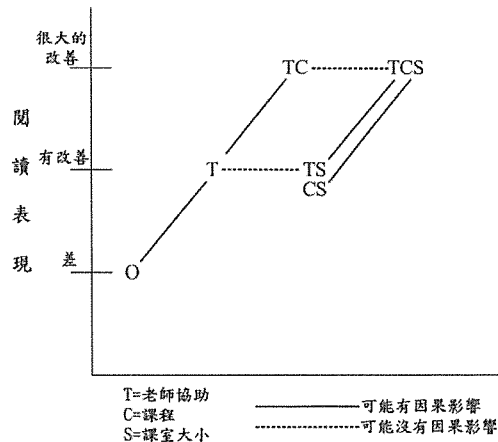


圖 2 閱讀表現問題因素安排架構

Note. From “Education for thinking” (p. 71), by D. Kuhn, 2005, London: Harvard University Press.

本問卷各大題的因素安排架構，如圖 3 第一題藥物成效和第二題動物趨性的因素安排架構和表 3 第三題噴灑殺蟲劑和第四題地震預測的因素安排架構所示。

在第一題問題情境中共安排三個因素，分別為 ALON 藥物（A）、BENA 藥物（B）及 CREL 藥物（C）的加入，實驗結果則分為病患被傳染其他疾病的頻率有低度、中度和高度。在此題中共提供六種因素組合的實驗操弄，有的組別只有加入一個因素，或者是兩個因素的組合到三個因素的組合。以病患被傳染其他疾病的頻率為中度的三組來說明，只有加入 B 因素與完全沒有加入因素組別比較，可以看出 B 因素能降低被

傳染疾病頻率至中度，表示 BENA 藥物有作用。但再加入 A 因素，卻無法降低被傳染疾病頻率，因此可以推論 ALON 藥物對疾病是無作用的。

在第二題問題情境中共安排三個因素，分別為環境照射紅光 (R)、照射藍光 (B) 以及重力的影響 (以試管的擺放方式直立 (U) 或橫放 (F) 表示)，實驗結果則呈現在實驗處理後蒼蠅的趨性程度是高度或低度。在此題共提供六種因素組合的實驗操弄，有的組別只有加入一個因素或者是兩個因素的組合。以試管橫放的三組來說明，可以看出試管橫放蒼蠅呈現低度的趨性，再加入藍光照射的因素，蒼蠅趨性馬上升至高，但在照射紅光部分則無差異。可以看出藍光此因素會影響蒼蠅的分布情形，而紅光不能影響蒼蠅的趨性。

在第三題問題情境中共安排三個因素，分別為殺蟲劑存放時間 (t)、牛舍溫度 (T) 及蒼蠅品種 (X 或 Y) 的不同，實驗結果則有三種不同的蒼蠅死亡量。在此題共提供六種因素組合的實驗操弄，每一組別皆加入三個因素的組合，但因素的情況搭配則有所不同。

在第四題問題情境中共安排四個因素，分別為水質 (W)、S 波的速度 (V)、蛇的活動 (A) 及土壤種類 (R)，實驗結果則呈現地震發生的可能性有低度、中度到高度，在此題共提供七種因素組合的實驗操弄，每一組別皆加入四個因素的組合，但因素的情況搭配結果則有所不同。

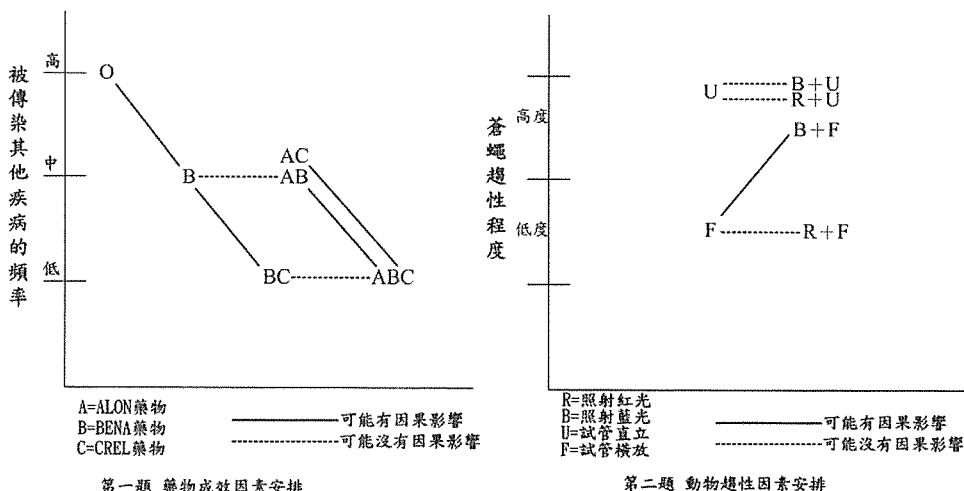


圖 3 第一題藥物成效和第二題動物趨性的因素安排架構

表 3 第三題噴灑殺蟲劑和第四題地震預測的因素安排架構

第三題 噴灑殺蟲劑 因素	影響	結果
殺蟲劑存放時間（15 天與 30 天）	有影響	殺蟲劑的存放時間越長則越無效
牛舍溫度（23℃與 32℃）	沒有影響	兩種情形皆產生相同結果
蒼蠅品種（X 與 Y）	有影響	Y 品種較容易死亡
結果的層級：100%、70%與 50%的蒼蠅死亡量		
第四題 地震預測 因素	影響	結果
土壤種類（沉積岩與火成岩）	沒有影響	兩種情形皆產生相同結果
S 波的速度（快速與慢速）	沒有影響	兩種情形皆產生相同結果
水質（良好與粗劣）	有影響	水質良好會有較高的風險
蛇的活動（稀少與頻繁）	有影響	活動頻繁會有較高的風險
結果的層級：高度、中度或低度的地震發生風險		

（三）問卷內容

本問卷共分為三部分，第一部分為基本資料；第二部份為題目內容，呈現問題的情境、實驗組別數據等；第三部分為作答題目。問卷共四大題，分別為「藥物成效」、「動物趨性」、「噴灑殺蟲劑」以及「地震預測」。

本問卷中多變因因果推理和論證能力兩者所使用的問題情境皆相同，其問題結構則採用三階段半開放的方式讓學生分別進行推理思考和論證思考。第一階段：先瞭解學生的多變因因果推理能力。學生可透過比較題目中所提供的數據，找出可能相關的變項，找出操縱變因、控制變因等等，然後進行變因的控制比較，最後推理出變項間可能的因果關係。第二階段：則是瞭解學生分別在論證架構中「數據」、「宣稱」及「理由」三部份的表現；第三階段則要學生對於他人宣稱進行評價，並提出支持或反駁的證據和理由。

學生在第一階段進行因果推理思考，在第二階段和第三階段則進行論證思考。在推理過程中，著重於找出變項間可能的因果關係，而在第二和第三階段論證思考的過程中，學生不僅要以第一階段所推理的因果關係為基礎，還要能使用論證的語言和論證的結構，找出支持的證據，提出合理可接受的理由，來進行說服自己和說服他人的論證過程。

本問卷中三個階段四小題的設計方式則可以分別反映出學生的因果推理思考和論證思考。茲以第一大題「藥物成效」為例說明：

第一小題（因果推理思考）：進行多變因因果推理

學生要能從問題情境中所提供的實驗操弄數據，推論出真正影響實驗結果的因素，並且說明推理的過程。

舉例：依據上表的結果，你認為哪些藥物可能改善愛滋病患者的抵抗力？為什麼？

第二小題（論證思考）：針對多變因情境，提出宣稱

根據 Toulmin (1958) 論證組型中的「宣稱」所設計，也就是能夠從問題情境中所提供的「證據」(data) 歸納出「宣稱」。

舉例：依據上表的結果，你能得到什麼結論？

第三小題（論證思考）：針對多變因情境，舉出證據與說明理由

根據 Toulmin (1958) 論證組型中的「證據」與「理由」所設計，也就是能夠提出有效的證據並說明如何推論出宣稱來進行支持。

舉例：你的結論從上表哪些數據得知？請說明你如何從這些數據得到上述結論？

第四小題（論證思考）：針對多變因情境，提出反駁並說明理由

根據 Toulmin (1958) 論證組型中的反駁 (rebuttal) 為依據，學生能夠對他人宣稱提出反對的證據與理由。

舉例：小新認為「ALON」此藥物能改善愛滋病患者的抵抗力，你贊同或是反對小新的想法？你所依據的數據是什麼？請說明這些數據為什麼可以贊同或是反對小新的想法？

（四）研究工具之信、效度

本問卷設計完畢，先請二位精通推理與論證的科教專家進行審查與修改建議，以確保良好的專家效度與內容效度，再請五位程度相當於研究對象的高一學生進行預試，確保問卷的表面效度。三位評分者間信度使用 Hoyt 信度進行分析，問卷的因果推理能力向度、論證能力向度和整體問卷的 Hoyt 信度值分別為 .988、.993 和 .992，顯示本測驗具有良好的評分者間信度。

三、資料蒐集與分析

本研究的資料主要蒐集「因果推理與論證能力問卷」中學生的填答資料，然後將

寫作內容進行分析及質性編碼，接著依據研究者自行設計的「評分方式摘要表」分兩部份進行評分，「因果推理」的評分標準依據學者所提（Yaremko, Harari, Harrison, & Lynn, 1986; Kuhn, 2005, Hung & Jonassen, 2006），因果推理能力是學生要能探索一系列包含多個因素的現象，而這些因素會單獨或共同地造成不同類型結果；故因果推理的第一步驟需先探索可能的因素，並透過各種不同方式來降低其它因素對結果的影響，並檢視可能因素的變化是否和「果」的變化產生相關，亦即控制變因找尋可能的因果關係。第一個判準為尋找可能因素的個數多少，而第二個判準則為是否透過比較組別的方法，來找出可能因素和果的關係。而「論證能力」的評分標準則根據上述文獻討論，分別就「宣稱」、「證據與理由」以及「反駁」三部份的表現予以評分。透過上述這種質、量互換的方式，將質性資料轉化為量化數據，並進行統計分析。

以下茲以第二大題動物趨性來舉例說明評分摘要（如表 4 因果推理與論證能力問卷評分方式摘要表題例所示）。另外，本研究中「因果推理與論證能力問卷」的第一、二、三大題滿分 14 分，第四大題滿分 15 分，問卷總分為 57 分，學生實際得分介於 7 到 50 分之間，平均得分為 33.56 分。而各大題的問題情境及正確推理如下。

（1）第一題 藥物成效

在此問題情境中共安排三個因素，分別為 ALON 藥物、BENA 藥物與 CREL 藥物有無服用，對愛滋病患者在被傳染到其他疾病的頻率上影響。透過問卷情境中組別的比較，可以瞭解在此題真正影響實驗結果的因素是 BENA 藥物與 CREL 藥物。

（2）第二題 動物趨性

在此問題情境中共安排三個因素，分別為環境照射紅光、照射藍光以及重力的影響（以試管的擺放方式直立或橫放表示），對蒼蠅在試管中分布情況的影響。透過問卷情境中組別的比較，可以瞭解在此題真正影響實驗結果的因素是照射藍光與試管直立擺放（或重力）。

（3）第三題 噴灑殺蟲劑

在此問題情境中共安排三個因素，分別為殺蟲劑存放時間、牛舍溫度及蒼蠅品種的不同，對蒼蠅在噴灑完殺蟲劑的死亡率影響。透過問卷情境中組別的比較，可以瞭解在此題真正影響實驗結果的因素是蒼蠅為 Y 品種較容易死亡與殺蟲劑的存放時間越長則越無效用。

（4）第四題 地震預測

在此問題情境中共安排四個因素，分別為水質、S 波的速度、蛇的活動及土壤種

類，在預測地震發生可能性上的影響。透過問卷情境中組別的比較，可以瞭解在此題真正影響實驗結果的因素是蛇活動較稀少與水質為粗劣能預測地震發生的可能性。

表 4 因果推理與論證能力問卷評分方式摘要表題例

小題	給分	評分標準	給分範例	學生答題示例
第一小題，多變因因果推理	0	兩種因素皆未答出	* 蒼蠅有分布不均的現象	stu1123— 重力、藍光。(2分)
	1	只有答出一種正確因素或一個正確+一個無關的影響因素	* 藍光會影響蒼蠅的分布	
	2	能答出兩種因素	* 藍光與高度會影響蒼蠅在試管中的分布情形	
	0	未說明理由	* 不知道	stu123— 因為無論有無紅或藍光，直立之試管上方都較多隻。因為平放之試管(且有遮一半的)紅光左右差較少，但藍光之露出部分多出很多(1分)
	1	單純敘述宣稱或只列出比較組別	* 蒼蠅喜歡往高處飛 或是 由A、C、E、G組比較；B、F組比較	
	2	從生活經驗或背景知識進行論述	* 因為蒼蠅有負趨地性和正趨光性。	
	3	直接由果推至因	* 由C、G組證明不論何種光都集中於高處	
	4	對應提出的結論，列出比較組別並加以說明(部分因素)	* 因為B和F試管皆被黑紙遮住，但照射的光不同，使兩試管蒼蠅數量不同，所以可以得知藍光會影響蒼蠅分布	
	5	對應提出的結論，列出比較組別並加以說明(全部因素-3個)	* 因為以B和F組比較，可以發現都是橫擺但分布不均，B組是用紅光照射而F組用藍光，所以蒼蠅應喜藍光。以A、C、E、G組比對，可發現都是直擺但上面較多，所以蒼蠅應較喜歡上空	
第二小題，動物趨性	0	未作答或相反無效影響因素或未寫出因素與結果關係之字句	* 光的顏色不是影響蒼蠅分佈的主因	stu2827— 紅光對蒼蠅分布不均影響不大，藍光可影響分布。(1分)
	1	只有答出一種正確因素或一個正確+一個無關的影響因素	* 蒼蠅較喜歡往高處飛，並喜歡有光的地方 或是 蒼蠅喜歡往上飛 或是 蒼蠅比較怕紅光	
	2	寫出兩個正確影響因素	* 蒼蠅偏好往上飛、偏好藍光	
第三小題，證據與理由	0	未作答或僅列出所有組別	* 比較全部的組別	stu1113— 由八支試管內蒼蠅的分布狀況，因為A、C、E、G皆為直立，雖然所照射的光線顏色不同，但皆分布不均，故試管方向會影響分布情況，而B、D試管皆照射紅光，B試管雖然一邊被黑紙遮住，但平均情況還是很平均，而F、H試管皆照射藍光，F試管一邊被黑紙遮住，而H試管平佈平均，但F試管卻平佈不均，所以蒼蠅對藍光有趨性，所以光線的顏色也會影響分布情況。(3分)
	1	能列出比較組別，但未說明理由或單純敘述理由，未列出比較組別或未控制因素(操縱變因與控制變因)比較，但有說明理由	* 在平放時且有黑紙遮蓋時，藍光處比紅光處多	
	2	對應提出的結論，列出比較組別並加以說明(一個影響因素)	* 由實驗B、F中發現相同的情形下，紅光照射下，除於黑色部分的蒼蠅比較多 或是 A、E、C、G試管中蒼蠅皆聚集在上方	
	3	對應提出的結論，列出比較組別並加以說明(二個影響因素)	* 由A、E、C、G試管知蒼蠅較愛往高處飛；由B、F試管知蒼蠅較喜歡藍光，比有紅光照射的試管多	
第四小題，反駁	0	未作答或贊同或反對，但與(5)(6)回答沒有關聯或理由證據不正確	* 反對，數據太少，應該是頻率和藍光接近的光都可行 或是 反對，紅光照射時亦有分佈不均的現象	stu2140— 反對，依據ACEG，因為不論紅光或藍光照射，在上面的數量較多，所以高度也有影響。(2分)
	1	反對，列出比較組別但未說明理由或單純敘述理由，未列出比較組別或未控制因素比較，但有說明理由	* 反對，不只有藍光，在高處的蒼蠅也比較多 或是 反對，A、B (或A、C) 試管也有分佈不均的情況 或是 反對，C、G管為未遮蓋的管，分佈不均，和紅藍光似乎沒關係	
	2	反對，舉出組別並說明理由	* 反對，由A、C、E、G組的比較顯示高低也會影響	

肆、結果與討論

一、因果推理與論證能力之表現及相關情形

(一) 高一學生在「因果推理與論證能力問卷」的整體表現

研究者首先分析學生在「因果推理與論證能力問卷」中各大題的整體表現，如表 5 學生在「因果推理與論證能力問卷」中的整體表現所示，結果發現學生在第一大題的平均數為最高 ($M=9.48$)，第二大題的平均數為最低 ($M=6.66$) 且呈現正偏，顯示學生在第二大題的回答表現較差，有必要進一步討論。

表 5 學生在「因果推理與論證能力問卷」中的整體表現

各大題	有效樣本數	平均數	標準差	偏態	峰度
藥物成效	165	9.48	3.13	-.188	-.903
動物趨性	165	6.66	3.88	.122	-1.035
噴灑殺蟲劑	165	9.10	3.49	-.467	-.739
地震預測	165	8.30	4.24	-.047	-.981

為瞭解學生在「動物趨性」此大題中表現不佳的可能原因，研究者從學生第二大題問卷回答的質性資料中，進行分析、萃取及歸納，最後分析出以下學生表現不佳的可能原因。

首先，在「動物趨性」的題目設計中（詳見附錄），學生認為影響蒼蠅分布不均的原因有：「趨光性，因為有照光的地方蒼蠅都較多 (stu1137)」、「趨光性。A 試管，有光的部分蒼蠅分布較多；E 試管，有光的部分蒼蠅分布較多 (stu2108)」、「有黑紙的紙遮著：因為很明顯的光不管是什麼顏色，試管是直放或橫放，蒼蠅都會集中在沒有黑紙遮住的地方 (stu2285)」、「向光的那一端及未被黑紙遮住的那一端明顯聚集較多蒼蠅，從 ACEFG 試管可得知 (stu2122)」、「由 C, G 試管可得知，蒼蠅的數量集中於上半部，也就是較高的地方。而由 B, F 和 D, H 試管比較，有被黑紙包覆的顯然較少蒼蠅，如果全部都無被黑紙包覆則數量卻很平均，表示蒼蠅是受到亮度影響的 (stu1901)」。在上述例子中，學生明顯忽略左邊 ABCD 四支試管和右邊 EFGH 四支

試管，兩邊所照射的色光顏色不同。另外學生 stu2832 認為原因是：「蒼蠅趨向由上方照射下的光線，如果沒有上下差別影響不大」，stu2832 忽略了圖片中所提供的情境為上下皆照光，而做出了蒼蠅會趨向於由上往下照射的光線的錯誤推理。綜合上述資料發現，學生在推理過程中，容易忽略圖片或題目中所提供的條件及線索，然後做出不適當的推理。

其次，在「小華認為藍光是影響蒼蠅分布不均的一個因素，請問你贊成或反對小華的說法？」的問題中，學生回答：「反對，藍光和紅光的結果大致相同（B&F 不同而已）」，表示並不會有太大差異（stu2823）」、「反對，紅、藍光兩組數據皆十分接近，無特別差異之處。拿 A&E、B&F、C&G、D&H 作比較，可證明差距不大，不受光色所影響（stu2835）」、「反對，紅光藍光沒差多少（stu1113）」、「反對，也許「其他」光也會對此造成影響（stu2106）」、「反對，因為此實驗只做了藍光和紅光的實驗，對其他色光仍無法確定（stu2115)」。上述學生 stu2823、stu2835、stu1113 都反對「藍光」是影響蒼蠅分布不均的因素，但是對於試管 B（蒼蠅數量 11）和試管 F（蒼蠅數量 18）蒼蠅數量存在明顯的差異，卻選擇忽略這個證據。另外學生 stu2106 持反對意見，但卻未舉出證據來支持「其他」色光也會造成影響，而學生 stu2115 也沒有提供任何其他光的證據，來支持自己所提的宣稱。綜合上述，學生對於特殊數據有較多比例選擇忽視，或是未使用證據來支持自己的宣稱及反駁他人宣稱。

最後，學生在尋找影響蒼蠅分布的因素中，學生回答：「反對，但相較於紅光，蒼蠅似乎較偏好藍光，BF 數量將近差 2 倍（stu2112）」、「照射的光，因為 B 和 F 試管皆也有被黑紙遮住，但照射的光不同，使兩試管蒼蠅數量不同（stu2841）」、「蒼蠅有趨光性，且紅光的影響小於藍光（stu2132）」、「昆蟲具趨光性，但蒼蠅趨光性不明顯，所以無被遮住的試管蒼蠅分布也不均（stu1118）」、「趨光性&光不同。由 ABEF 可知，照到光的比沒照光的蒼蠅多是動物的趨光性。由圖 AE 作比較，或圖 BF 作比較可知照藍光者>照紅光者（stu1139）」、「用 B 和 F 比較，試管條件相同，但差的是光線，照藍光的 F 管沒被遮住的地方，蒼蠅數較多（stu1925)」。從上述學生回答中發現，學生所發現的因素都圍繞在「光線」與「數量」變項的差異上面進行比較，而對於本大題中另外安排「直立」的試管和「橫躺」的試管兩者的差異（在本題中使用「直立」和「橫躺」兩種方式來分別表徵「地心引力」這個隱藏的變項所引起的差異），大部分的學生均無法找出這個未明確指出的因素：「地心引力」，顯示學生對尋找隱藏的因素有困難。

綜合上述質性分析，本研究發現學生在「動物趨性」大題中表現不佳的原因有以下：「忽略線索」、「忽視證據」以及「對隱藏因素尋找的困難」。

（二）高一學生在「因果推理與論證能力問卷」中的多變因因果推理表現

研究者根據學生在「因果推理與論證能力問卷」中因果推理部分題目的表現進行描述統計（本問卷的因果推理能力總分為 28 分），整理如表 6 學生在因果推理能力之表現，從表 6 可以得知，學生在因果推理能力方面的表現總分平均數為 16.72，標準差達 5.88。接著，將因果推理能力分為因素尋找與理由陳述兩層面來看，在因素尋找部分呈現負偏（-.874），可見學生大部分皆具備尋找影響實驗結果因素的能力。

接著，分析學生在因果推理能力部分的回答情形，如表 7 學生在多變因因果推理能力之回答類型所示，發現學生在多變因因果推理能力中理由陳述部分的回答分為以下幾種類型：「答非所問」、「未敘述理由」、「單純敘述宣稱」、「只有比較組別」、「利用生活經驗」、「未固定變因」、「部分因素的推論」、「全部因素的推論」，接著分別統計表 7 各類型出現次數，並將其彙整如圖 4 學生在多變因因果推理能力中的回答類型統計圖。在本研究總樣本數為 165 人，問卷中共安排四大題且每大題的第一小題的因果推理能力安排形式皆相同，將四大題加總起來為學生在因果推理部分題目的全部回答情況進行統計，共計 660 人次。從圖 4 可以發現學生最常展現的因果推理類型為「部分因素的推論」、「只有提出宣稱」或「只提出比較的組別」，不同樣式的呈現代表不同大題間學生所使用的推理類型也有所不同，而在第一題中則沒有學生展現利用生活經驗此類型來回答問題。

表 6 學生在多變因因果推理能力之表現

多變因因果推理能力	有效樣本數	平均數	標準差	偏態	峰度
因果推理總分	165	16.72	5.88	-.214	-.788
因素尋找	165	6.45	1.41	-.874	.040
理由陳述	165	10.27	5.13	-.202	-.847

表 7 學生在多變因因果推理能力之回答類型

類型名稱	定 義	百分比	分數	舉 例
答非所問	學生並不是針對問卷中的問題來進行理由的陳述。	2.12%	0	stu2119- 因為眼睛是萬能的
未敘述理由	學生並沒有對問題進行理由的陳述，所以在答案處留下空白。	8.33%	0	(學生在答案處空白)
單純敘述宣稱	學生只有敘述自己的宣稱，並未明確指出所使用比較之組別數據及理由。	17.27%	1	stu2819- 在其他因素不變之情況下，蒼蠅品種或存放時間改變，才影響了蒼蠅的死亡量。
只有比較組別	學生只有舉出所使用比較之組別數據，並未明確說明理由。	14.09%	1	stu2113-(1)存放時間：比較 1,4。 (2)品種：比較 1,2。 (3)溫度：比較 1,5。
利用生活經驗	學生利用自己生活上的經驗或所學習過的概念回答問題，並不是透過問題情境所提供的數據來陳述理由。	2.12%	2	stu1120- 可能有些蒼蠅被噴灑後，沒有死，因而對此殺蟲劑產生抗體或者突變。繁衍大量個體後，後代都具有抵抗此殺蟲劑的基因。
未固定變因	學生未使用控制變因與操縱變因的概念，比較一個改變的變因，其他變因則要保持不變。	11.67%	3	stu2812- 1,6 組天數、品種不同，蒼蠅死亡率就差了 50%
部分因素的推論	學生只有推論出問題情境中的部分因素，學生沒說明其中未影響實驗結果之因素。	31.06%	4	stu1115- 第一個結論由 1&2,4&6 對照得來，我們可見兩組間皆只有品種 X 或 Y 的差異，而 X 品種死亡率皆小於 Y。結論二由 1&4,2&6 對照而來，兩者間皆只有存放時間差異，30 天的死亡量皆低於 15 天者。
全部因素的推論	學生將問題情境中所有的可能影響因素皆有說明理由並列出比較之組別。	13.33%	5	stu1129-當存放時間皆是 15 天，溫度皆是 23℃，殺蟲劑可殺死 100%的 Y 品種，但只能殺死 70%的 X 品種，故可知 X 品種的抗藥性較好。當溫度皆是 23℃ 且品種皆是 Y 品種時，存放時間是 15 天時可殺死 100%的蒼蠅，存放時間是 30 天可殺死 70%的蒼蠅，故可知放越久效果越差。當存放時間為 15 天，品種是 X 品種時，溫度是 23℃時可殺死 70%，而溫度是 32℃可殺死 70%，故可知溫度並無關連。

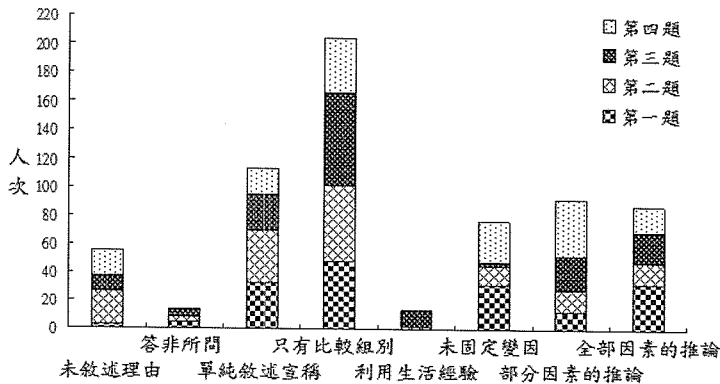


圖 4 學生在多變因果推理能力中的回答類型統計圖

(三) 高一學生在「因果推理與論證能力問卷」中的論證能力表現

根據學生在「因果推理與論證能力問卷」中論證部分题目的表現（本問卷的論證能力總分為 29 分），進行描述統計，如表 8 學生在「因果推理與論證能力問卷」中論證能力表現所示。從表 8 發現學生在論證能力方面的表現總分平均數為 16.83，標準差達 6.14。將論證能力分為提出宣稱、證據與理由以及反駁三部分來看，可以發現學生在提出宣稱部分呈現負偏且高狹峰，表示大部分學生皆具備提出宣稱能力。

表 8 學生在「因果推理與論證能力問卷」中論證能力表現

論證能力	有效樣本數	平均數	標準差	偏態	峰度
論證總分	165	16.83	6.14	-.458	-.361
宣稱	165	5.81	2.00	-.906	.456
證據與理由	165	5.99	2.60	-.088	-.611
反駁	165	5.02	2.51	-.152	-.772

(四) 高一學生在「因果推理與論證能力問卷」中因果推理能力與論證能力之分布與關係

1. 多變因果推理能力與論證能力之分布

首先，將問卷中學生多變因果推理能力與論證能力各元素的表現分佈以長條圖表示，其結果如圖 5 學生多變因果推理能力與論證能力各元素的表現分佈。另外

將得零分的學生與得滿分的學生各個元素的人次分佈，彙整如圖 6 學生多變因因果推理能力與論證能力得零分者與得滿分者各元素的人次分佈所示。從圖 5 與圖 6 可以更清楚看出，學生在多變因因果推理能力中的「因素尋找」與論證能力中的「宣稱」表現較佳，大部分學生皆能達到滿分。但在「理由陳述」的滿分人次則明顯較其他元素少，透過分析學生的回答情形，可以得知學生大多是沒能考慮全部因素的數據來進行比較。另外，發現學生在論證能力中的「反駁」部分獲得零分的人次較多於其他元素，表示學生較難有力地提出證據或理由來反駁他人宣稱。

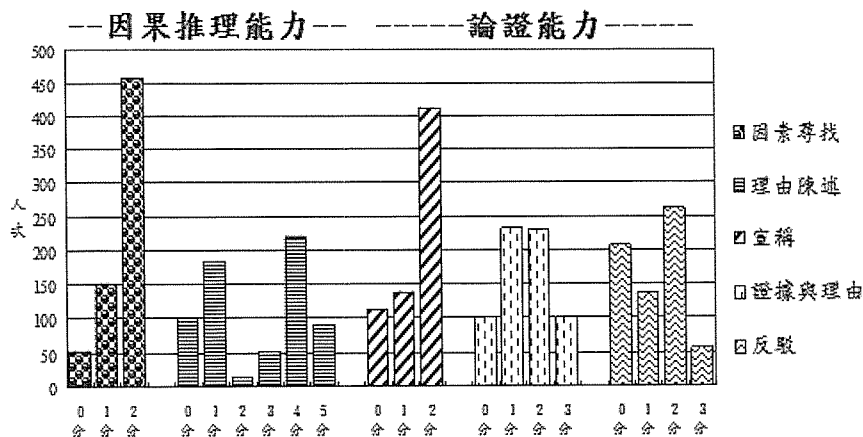


圖 5 學生多變因因果推理能力與論證能力各元素的表現分佈

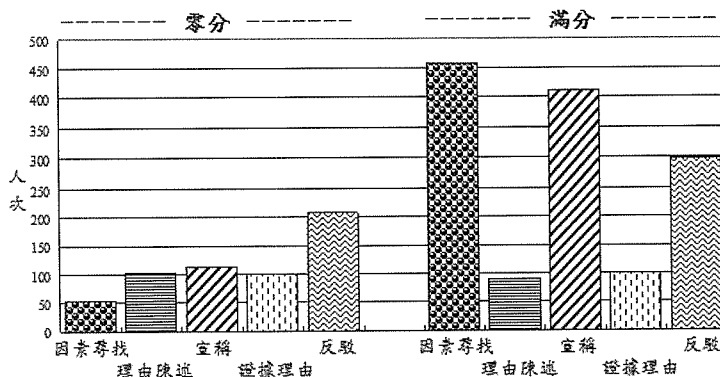


圖 6 學生多變因因果推理能力與論證能力得零分者與得滿分者各元素的人次分佈

2. 多變因因果推理能力與論證能力之關係

為瞭解多變因因果推理與論證能力間的關係，研究者先使用積差相關說明多變因因果推理能力總分及其元素與論證能力總分及其元素之間的關係為何，結果如表 9 多變因因果推理能力元素與論證能力元素之相關摘要表所示。從表 9 可以發現，多變因因果推理總分及各元素皆與論證能力總分及各元素呈顯著的正相關，其相關係數介於 .426 至 .976，相關程度也皆達到中度至高度相關。在多變因因果推理能力總分與論證能力總分相關係數達 .782，顯示兩者具高度相關，可見學生的因果推理能力愈高，其論證能力愈好。在各元素部分，相對於「證據與理由」及「反駁」元素，論證能力中的「宣稱」與多變因因果推理能力中「因素尋找」具較高相關，而在多變因因果推理能力的「理由陳述」部分則與論證能力的「證據與理由」具較高相關。

表 9 多變因因果推理能力元素與論證能力元素之相關摘要表

	多變因因果推理能力			論證能力			
	總分	因素尋找	理由陳述	總分	宣稱	證據與理由	反駁
因果推理總分	1	.612*	.976*	.782*	.579*	.833*	.586*
因素尋找		1	.426*	.629*	.686*	.489*	.484*
理由陳述			1	.722*	.474*	.819*	.538*
論證總分				1	.820*	.896*	.862*
宣稱					1	.635*	.548*
證據與理由						1	.647*
反駁							1

*p < .05

(五) 小結與討論

1. 小結

從上述結果發現，高一學生在「因果推理與論證能力問卷」的整體表現，以「動物趨性」這大題的表現較差，從質性分析發現學生在「動物趨性」大題中，表現不佳的可能原因為「忽略線索」、「忽略證據」及「無法尋找隱藏因素」。在因果推理的表現上，學生大致具備尋找「影響實驗結果因素」的能力，另外也發現在因果推理的理由陳述上，學生以「部分因素的推論」回答比例最高約佔31%左右，表示學生若能考慮並說明問題情境中所有因素的可能影響，其推理表現會更佳。在論證能力的表現上，發現大部分學生都具備提出「宣稱」的能力。而在多變因因果推理能力與論證能

力之分布發現，學生在因果的「因素尋找」和論證的「宣稱」表現較佳，在論證的「反駁」部分，學生較難有力提出證據或理由來反駁他人宣稱。最後，本研究還發現多變因因果推理能力與論證能力兩者成顯著正相關，學生多變因因果推理能力越好，其論證能力越好。多變因因果推理的「因素尋找」和論證的「宣稱」有高相關以及多變因因果推理的「理由陳述」和論證的「證據與理由」也呈現高相關。

2. 討論

從上得知，大多數學生具備提出「宣稱」與「因素尋找」的能力，但在「證據與理由」與「理由陳述」兩方面的表現，達到滿分的人次較少，表示只有較少數學生能全面審視資料與證據，並說明全部因素的影響可能性，本研究中發現，學生也常常採用「部分因素的推論」來為自己的主張進行辯護，甚至只呈現部分對自己宣稱有利的因素。

上述結果符合 Hogan 和 Maglienti (2001) 所提：「學生時常依賴個人的觀點而不會使用手邊的數據」，也和 McNeill 與 Krajcik (2007) 以及 Sandoval 與 Millwood (2005) 所提：「在某些情況下，學生或許會使用從調查來的數據來形成結論，但卻不是適當的數據」的說法一致。亦即，當學生試圖為自己提出辯護時，常常傾向於「依靠未經證實的宣稱來辯護自己的觀點或使用有缺陷的個人推論來取代證據」(Brem & Rips, 2000)、「只憑藉個人信念來辯解」(Kuhn et al., 2004)、「不太考慮潛在可能影響結果的多個因素作用」(Kuhn, 2005)、「形成宣稱時並沒有從多個來源數據來進行比較」(Erduran, 2008) 等，因此，未來尚可經由實徵研究的設計來瞭解其真正的影響因素。

另外，從實驗結果中發現多變因因果推理能力與論證能力之間有高相關存在，其結果大致符合文獻所提，Aleixandre 與 Erduran (2008) 認為論證可以是內在一連串的推理；以及 Garcia-Mila 與 Andersen (2008) 研究中所提個人的科學推理可以被當作是內在化心理歷程的一種論證；另外 van Eemeren 等人 (2002) 的研究也指出論證是一種言語和社會性的推理活動，其目的乃是藉由提出一套宣稱並對其論點進行反駁或辯護，讓聽者增加或減少對論點的接受程度；由上可見推理與論證能力間關係相當緊密。

二、高、中、低多變因因果推理能力的學生其論證能力之表現情形

(一) 高、中、低多變因因果推理能力的學生其論證能力整體表現

為瞭解不同多變因因果推理能力分群學生在論證能力表現的差異，先將學生的多變因因果推理能力，以得分前後 33% 分為高、中、低三群，以瞭解三群學生的論證能

力表現，其平均數分別為 22.07、16.80 和 11.53，其標準差分別為 3.56、4.01 和 5.12。研究者接著以論證能力為依變項，針對不同分群學生進行單因子變異數分析，其結果如表 10 不同多變因因果推理能力分群學生在論證能力表現之單因子變異數分析。從上述結果可發現，不同多變因因果推理能力分群學生在論證能力整體表現上有顯著差異存在， $F_{(2,162)}=86.913, p=.000<.05$ ，其效果量為 .512，實驗效果量為大。進一步事後比較發現，多變因因果推理能力之高分群學生其論證能力表現顯著優於中分群及低分群學生，而中分群學生的論證能力表現也顯著優於低分群學生。

表 10 不同多變因因果推理能力分群學生在論證能力表現之單因子變異數分析

變異來源	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Sig.</i>	η^2	事後比較 (Scheffe 法)
組間(不同分群)	3195.31	2	1597.68	86.91	.000*	.512	高分群>中分 群>低分群
組內(誤差)	2977.94	162	18.38				
校正後的全體	6173.25	164					

* $p<.05$

(二) 高、中、低多變因因果推理能力的學生其宣稱、證據與理由、反駁之表現

為進一步瞭解不同因果推理分群的學生在論證能力各元素中的差異情形，先針對宣稱、證據與理由、反駁進行描述統計，並彙整如圖 7 不同推理能力分群學生在「宣稱」、「證據與理由」和「反駁」之得分表現。接著透過單因子多變量變異數分析進行考驗，其結果如表 11 不同因果推理能力分群學生在「宣稱」、「證據與理由」、「反駁」之表現所示。

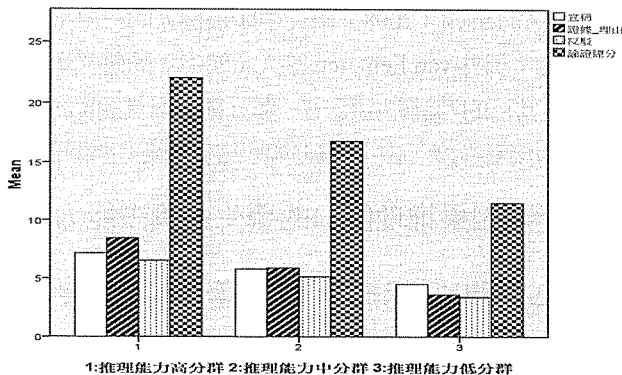


圖 7 不同推理能力分群學生在「宣稱」、「證據與理由」和「反駁」之得分表現

表 11 不同因果推理能力分群學生在「宣稱」、「證據與理由」和「反駁」之變異數分析

變異來源	論證能力	SS	df	MS	F	Sig.	η^2	事後比較 (Scheffe 法)
組間 (因果推理能力分群)	宣稱	196.195	2	98.097	34.474	.000*	.290	高>中>低
	證據與理由	667.981	2	333.991	122.687	.000*	.597	高>中>低
	反駁	279.681	2	139.840	30.036	.000*	.262	高>中>低
組內(誤差)	宣稱	460.981	162	2.846				
	證據與理由	441.013	162	2.722				
	反駁	754.222	162	4.656				

* $p < .05$ ；低：因果推理能力低分群學生；中：因果推理能力中分群學生；高：因果推理能力高分群學生

不同因果推理能力分群學生在形成「宣稱」、提出「證據與理由」、提出「反駁」三個依變項整體考驗之 Wilk's λ 值為 .391，轉換成 F 值為 31.945, $p = .000 < .05$ ，達到顯著水準，表示不同因果推理能力分群學生在「宣稱」、「證據與理由」、「反駁」三個變項上至少有一個依變項有顯著差異存在。再經由上述表 11 的單變量變異數分析結果發現，此種差異「宣稱」、「證據與理由」、「反駁」三個變項皆有影響，根據不同因果推理能力分群學生在「宣稱」、「證據與理由」、「反駁」三個依變項之單變量變異數分析考驗結果分別為 $F_{(2,162)} = 34.474$, $p = .000 < .05$ 、 $F_{(2,162)} = 122.687$, $p = .000 < .05$ ； $F_{(2,162)} = 30.036$, $p = .000 < .05$ ，且皆達顯著水準，表示不同因果推理能力分群學生在這三個層面變項皆有顯著的不同。因果推理能力分群對「宣稱」、「證據與理由」、「反駁」三個依變項之效果量分別為 .290、.597、.262，依據 Cohen (1988) 建議以 $\eta^2 = .01$ ， $\eta^2 = .06$ ， $\eta^2 = .14$ 分別作為小、中和大的效果量之代表值，表示不同因果推理能力分群的學生間差異皆達到大的效果量。進一步從事後比較發現：不管在「宣稱」、「證據與理由」或「反駁」的表現方面，都呈現因果推理能力之高分群學生顯著優於中分群及低分群學生，而中分群學生也顯著優於低分群學生。

(三) 小結與討論

上述結果顯示，多變因因果推理能力高之學生其形成「宣稱」、提出「證據與理由」、提出「反駁」的能力顯著優於多變因因果推理能力中和低的學生，且多變因因果推理能力中等的學生其三向度的論證能力個別表現也顯著優於多變因因果推理能

力較低的學生。同時，多變因因果推理能力高之學生其整體論證能力表現顯著優於多變因因果推理能力中和低的學生，且多變因因果推理能力中等的學生整體論證能力表現也顯著優於多變因因果推理能力較低的學生。此研究結果和 Nussbaum 等人（2008）、Sampson 與 Clark（2008）和 Wilson 等人（2010）的看法一致。這些學者從文獻批判的角度來看，均認為因果推理能力的展現與論證能力的展現應該存在相對應的關係，所以都將「能夠瞭解並描述兩事件間的因果機制」當作評量「論證能力」的一個基本判準。而這是由於高推理能力的學生面對科學現象時，會根據外在世界所提供的訊息（資料或證據），將不同的事件連結建立合理可接受的關係，以說明宣稱與現象之間的關聯，並使用以證據為基礎的論述來說服自己或他人，而這種能力的展現即為論證能力。因此高推理能力和高論證能力兩者之間呈現高度正相關，本研究的結果也支持上述說法。但若學生的因果推理能力不佳，則其所建立的連接關係則比較無法接受驗證，故所展現的論證結構可能亦較脆弱而經不起考驗，因此其論證表現也較差。

伍、結論與建議

因果推理能力和論證能力兩者都屬於高階的思考技能，本研究以高一學生為研究對象，使用「因果推理與論證能力問卷」為研究工具，探討這兩種高階思考技能的表現和關係，得到以下結論與建議。

一、結論

首先，在因果推理的表現上，學生對於問卷所提供的情境，雖然能正確找出真正影響實驗結果的因素，但進一步分析卻發現學生會忽略線索、忽視證據等，或是學生無法利用控制變因與操縱變因等概念來進行理由的陳述，導致學生在「理由陳述」能力的表現比「因素尋找」的表現不佳。

其次，在論證能力的表現上，大部分學生皆具備提出「宣稱」的能力；但在「證據與理由」的部分，學生較無法完整考慮所有變項，所列出的資料與理由常不足以支持其所提的宣稱；也沒有辦法找出證據與理論間不一致的地方來「反駁」他人宣稱；因此，學生在「證據與理由」和「反駁」兩個向度的表現都比提出「宣稱」的表現差。

最後，關於推理與論證兩者之間的關係，研究結果顯示多變因因果推理能力和論證能力具有高度的相關 ($r=.782$)，且因果推理能力表現較佳的學生在論證能力上的表現也較好，研究者推測，可能是由於論證是一種植基於推理思考上，所進行的理論與證據之間的協調過程，學生必須先對變項間的因果關係有所瞭解，接下來尋找證據來支持宣稱的論證才可能會有較好的表現，因此兩者之間存在高度的相關。

二、建議

(一) 對教學的建議

由於本研究問卷的特色，乃是在題目中設計多變因的問題情境，讓學生進行多變因推理，並找出變項間可能的因果關係；接著尋找證據、理由、提出宣稱，以進行論證的思考。學生在問卷中先進行推理思考，接著在進行論證思考，經歷兩種完整不同的思考歷程。因此建議教師可仿效本問卷的設計特色，設計成多變因形式的問題情境學習單，以提供學生進行因果推理思考的練習。當學生完成推理思考練習後，則可由老師提供論證語言和論證結構的教學，以讓學生具備使用論證語言與結構的能力來進行論證學習，最後，則可以分組練習的方式提供學生針對他人宣稱進行反駁。同時，在學生的個別教學協助部分，可先針對推理或論證表現較差的同學，具體地從「因素尋找」與「宣稱」兩部分切入，提高其學習自信。而對於表現較好的學生，則可加強其「理由陳述」與「證據與理由」開始，並在課室中提供其練習「反駁」他人宣稱的機會。

(二) 對未來研究的建議

本研究採用的研究方法是問卷調查的方式來蒐集資料，輔以學生回答情形的質性分析，進而得出因果推理能力與論證能力有高度的相關的宣稱。建議未來研究可以採用實驗研究方式，利用教學提升學生在推理能力的表現，以確認因果推理能力是否對論證能力有所影響，並可增加放聲思考與晤談，深入瞭解學生的想法。

誌 謝

本研究承蒙國科會的經費支助（計畫編號：NSC 95-2511-S-017-005-MY3）及審查委員精闢的評論與建議，特此致謝。

參考文獻

- 林志能、洪振方（2008）。論證模式分析及其評量要素。科學教育月刊，312，2-18。
- 教育部（2003）。國民中小學九年一貫課程綱要－自然與生活科技學習領域。台北：教育部。
- 教育部（2010）。國民中小學九年一貫課程綱要。台北市：教育部。
- Aleixandre, M. P., & Erduran, S. (2008). Argumentation in science education: An overview. In S. Erduran & M. P. Aleixandre (Eds.), *Argumentation in science education: Perspectives from classroom-based research* (pp. 3-27). New York: Springer.
- American Association for the Advancement of Science (1993). *Benchmarks for science literacy: Project 2061*. New York: Oxford University Press.
- Bell, P. (2004). Promoting students' argument construction and collaborative debate in the science classroom. In M. Linn, E. A. Davis, & P. Bell (Eds.), *Internet environments for science education* (pp. 115-143). Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Brem, S. K., & Rips, L. J. (2000). Explanation and evidence in informal argument. *Cognitive Science*, 24(4), 573 - 604.
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2nd ed.). New Jersey, NJ: Lawrence Earlbaum Associates.
- Duschl, R. A. (2008). Quality argumentation and epistemic criteria. In S. Erduran & M. P. Aleixandre (Eds.), *Argumentation in science education: Perspectives from classroom-based research* (pp.159-175). New York: Springer.
- Duschl, R. A., & Grandy, R. E. (2008). Reconsidering the character and role of inquiry in school science: Framing the debates. In R. A. Duschl & R. E. Grandy (Eds.), *Teaching scientific inquiry: Recommendations for research and implementation* (pp. 1-37). The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Duschl, R. A., & Osborne, J. (2002). Supporting and promoting argumentation discourse in science education. *Studies in Science Education*, 38, 39-72.
- Duschl, R. A., Schweingruber, H., & Shouse, A. (2007). *Taking science to school: Learning and teaching science in grades K-8*. Washington, DC: National Academy Press.
- Erduran, S. (2008). Methodological foundations in the study of argumentation in science classrooms. In S. Erduran & M. P. Aleixandre (Eds.), *Argumentation in science*

- education: Perspectives from classroom-based research* (pp. 47-69). New York: Springer.
- Erduran, S., Simon, S., & Osborne, J. (2004). Tapping into argumentation: Development in the application of Toulmin's argument pattern for studying science discourse. *Science Education*, 88, 915-933.
- Garcia-Mila, M., & Andersen, C. (2008). Cognitive foundations of learning argumentation. In S. Erduran & M. P. Aleixandre (Eds.), *Argumentation in science education: Perspectives from classroom-based research* (pp. 29-46). New York: Springer.
- Hogan, K., & Fisherkeller, J. E. (2000). Dialogue as data: Assessing students' scientific reasoning with interactive protocols. In J. Mintz, J. H. Wandersee, & J. D. Novak (Eds.), *Assessing science understanding* (pp. 96-124). London: Elsevier Academic Press.
- Hogan, K., & Maglienti, M. (2001). Comparing the epistemological underpinnings of students' and scientists' reasoning about conclusions. *Journal of Research in Science Teaching*, 38, 663-687.
- Hung, W., & Jonassen, D. H. (2006). Conceptual understanding of causal reasoning in physics. *International Journal of Science Education*, 28(5), 1-21.
- Jonassen, D. H., & Ionas, I. G. (2008). Designing effective supports for causal reasoning. *Educational Technology Research & Development*, 56, 287-308.
- Kelly, G. J., & Bazerman, C. (2003). How students argue scientific claims: A rhetorical-semantic analysis. *Applied Linguistics*, 24(1), 28-55.
- Kelly, G. J., & Takao, A. (2002). Epistemic levels in argument: An analysis of university oceanography students' use of evidence in writing. *Science Education*, 86(3), 314-342.
- Klahr, D. (2000). *Exploring science: The cognition and development of discovery processes*. Cambridge, MA: The MIT Press.
- Koslowski, B. (1996). *Theory and evidence: The development of scientific reasoning*. Cambridge, MA: The MIT Press.
- Kuhn, D. (1993). Science as argument: Implications for teaching and learning scientific thinking. *Science Education*, 77(3), 319-337.
- Kuhn, D. (2002). What is scientific reasoning and how does it develop. In U. Goswami (Ed.), *Handbook of childhood cognitive development* (pp. 371-393). Oxford, UK: Blackwell.

- Kuhn, D. (2005). *Education for thinking*. London: Harvard University Press.
- Kuhn, D. (2007). Reasoning about multiple variables: Control of variables is not the only challenge. *Science Education*, 91(5), 710-726.
- Kuhn, D., & Franklin, S. (2006). The second decade: What develops (and how)? In W. Damon & R. Lerner (Series Eds.) & D. Kuhn & R. Siegler (Vol. Eds.), *Handbook of child psychology: Vol. II. Cognition, perception, and language* (6th ed., pp. 953-993). Hoboken, NJ: Wiley.
- Kuhn, D., Katz, J. B., & Dean, D. (2004). Developing reason. *Thinking and Reasoning*, 10, 197-219.
- Kuhn, D., & Udell, W. (2007). Coordinating own and other perspectives in argument. *Thinking and Reasoning*, 13, 90-104.
- Lawson, A. E. (1978). The development and validation of a classroom test of formal reasoning. *Journal of research in Science Teaching*, 15(1), 11-24.
- Lawson, A. E. (1982). The nature of advanced reasoning and science instruction. *Journal of Research in Science Teaching*, 19, 743-760.
- Lawson, A. E. (2003). The nature and development of hypothetico-predictive argumentation with implications for science teaching. *International Journal of Science Education*, 25(11), 1387-1408.
- McNeill, K. L., & Krajcik, J. (2007). Middle school students' use of appropriate and inappropriate evidence in writing scientific explanations. In M. Lovett & P. Shah (Eds.), *Thinking with data: The proceedings of 33rd Carnegie symposium on cognition* (pp. 233-265). New York, NJ: Erlbaum.
- National Research Council (2000). *Inquiry and the national science education standards*. Washington, DC: National Academy Press.
- Newell, A., & Simon, H. A. (1972). *Human problem solving*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- Nussbaum, E. M. (2002). Scaffolding argumentation in the social studies classroom. *Social Studies*, 93(3), 79-84.
- Nussbaum, E. M., Sinatra, G. M., & Poliquin, A. (2008). Role of epistemic beliefs and scientific argumentation in science learning. *International Journal of Science Education*, 30(15), 1977-1999.
- Organization for Economic Co-operation and Development (2004). *Learning for*

- tomorrow's world: First results from PISA 2003*. Paris: OECD.
- Organization for Economic Co-operation and Development (2006). *PISA 2006: PISA released items-science*. Paris: OECD.
- Osborne, J., Erduran, S., & Simon, S. (2004). Enhancing the quality of argumentation in science classrooms. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(10), 994-1020.
- Sandoval, W. A., & Millwood, K. (2005). The quality of students' use of evidence in written scientific explanations. *Cognition and Instruction*, 23(1), 23-55.
- Sampson, V., & Clark, D. B. (2008). Assessment of the ways students generate arguments in science education: Current perspectives and recommendations for future directions. *Science Education*, 92(3), 447-472.
- Schauble, L. (1996). The development of scientific reasoning in knowledge-rich contexts. *Developmental Psychology*, 32(1), 102-119.
- Schunn, C. D., & Anderson, J. R. (1999). The generality/specificity of expertise in scientific reasoning. *Cognitive Science*, 23, 337-370.
- Simon, S., Erduran, S., & Osborne, J. (2006). Learning to teach argumentation: Research and development in the science classroom. *International Journal of Science Education*, 28 (2 &3), 235-260.
- Sternberg, R. J. (2005)。認知心理學（李玉琇、蔣文祁譯）。台北市：湯姆生。（原著出版於2003）
- Toulmin, S. (1958). *The use of argument*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- van Eemeren, F. H., Grootendorst, R., & Henkemaans, A. F. (2002). *Argumentation: Analysis, evaluation, presentation*. Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Verheij, B. (2005). Evaluating arguments based on Toulmin's scheme. *Argumentation*, 19, 347-371.
- Wilson, C. D., Taylor, J. A., Kowalski, S. M., & Carlson, J. (2010). The relative effects and equity of inquiry-based and commonplace science teaching on students' knowledge, reasoning, and argumentation. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(3), 276-301.
- Wu, Y. T., & Tsai, C. C. (2007). High school students' informal reasoning on a socio-scientific issue: Qualitative and quantitative analyses. *International Journal of Science Education*, 29, 1163-1187.

- Yaremko, R. M., Harari, H., Harrison, R. C., & Lynn, E. (1986). *Handbook of research and quantitative methods in psychology for students and professionals*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Zimmerman, C. (2000). The development of scientific reasoning skills. *Developmental Review*, 20, 99-149.
- Zimmerman, C. (2005). The development of scientific reasoning skills: What psychologists contribute to an understanding of elementary science learning. Retrieved October 15, 2010, from The National Academies, Board on Science Education Web site: http://www7.nationalacademies.org/bose/Corinne_Zimmerman_Final_Paper.pdf
- Zohar, A. (2004). *Higher order thinking in science classrooms: Students' learning and teachers' professional development*. The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Zohar, A., & Nemet, F. (2002). Fostering students' knowledge and argumentation skills through dilemmas in human genetics. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(1), 35-62.

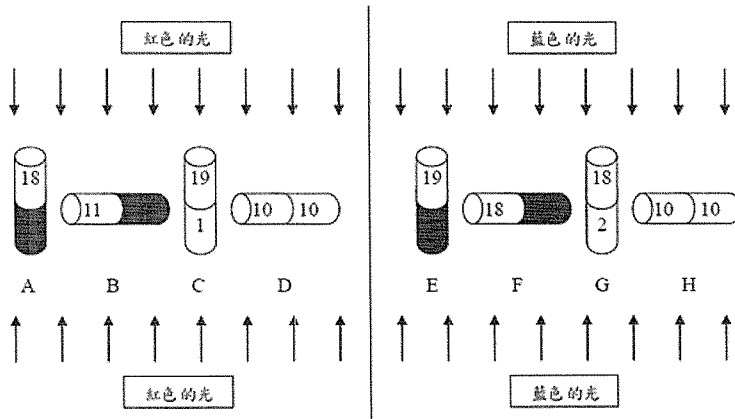
投稿收件日：2010 年 8 月 24 日

接受日：2010 年 12 月 1 日

附錄：「因果推理與論證能力問卷」題例

第二大題：動物趨性

在下圖中有八支玻璃試管，每個試管都裝了二十隻蒼蠅，且這些試管是密封的。試管 A、試管 B 及試管 E、試管 F 有部份被黑紙遮住，試管 C、試管 D 及試管 G、試管 H 沒有被遮住。用線將試管懸掛在半空中，像圖中所畫的那樣。試管 A 到試管 D 以紅光照射五分鐘，而試管 E 到試管 H 則以藍光照射五分鐘。在圖中所顯示的是每個試管沒有被遮住部份的蒼蠅數量。



1. 根據上述的實驗結果，你認為會影響蒼蠅分布不均的可能因素是什麼？為什麼？
2. 依據上表的結果，你能得到什麼結論？
3. 你的結論是從上表的哪些數據得知？請說明你是如何從這些數據得到上述的結論？
4. 小華認為只有「藍光」是影響蒼蠅分布不均的因素，你贊同或是反對小華的想法？你所依據的數據是什麼？請說明這些數據為什麼可以贊同或是反對小華的想法？

