

---

# 論證模式分析及其評量要素

林志能\* 洪振方

國立高雄師範大學 科學教育研究所

## 摘 要

本文旨依據科學論證的流派，進行分析探討；首先針對論證理論進行回顧分析，發現論證探討主要從論證結構、科學概念以及認識論探討三個分析角度切入。其次針對論證的評量判準進行討論，發現觀察現象和理論選擇的融貫性的重要。最後則呼應真實科學的學習應特別強調論證和論證過程的動態呈現。

**關鍵詞：**論證、評量

## 壹、緒言

近來研究指出科學學習不只應重視探究能力的培養（AAAS, 1993），也應特別重視論證能力的培養（Osborne, 2000; Sandoval & Millwood, 2005），更甚至認為論證能力外顯於個體、體現於環境中，即為對自然環境的探究能力。Osborne（2000）認為現今科學事業本質的觀點，把論證和論證的實踐視為是科學家的核心活動(p.287)。Passmore 和 Stewart（2002）則明確指出探究與論證兩者之間的關係，科學家為了瞭解世界，必須以科學探究的方式，將這世界簡化到一定的基礎，藉由觀察並區別所獲得資料的規律性，然後進行測試解釋，而這種過程即為科學家個人建構一個論證的過程。

從上述觀點觀之，個人對於未知的自然世界無法直接知道，所以需要經由論證推理的方式來了解世界。Lawson(2003)指

出科學家以科學的探究方式來理解世界，並且在一個謎題的觀察中決定哪些所提的另有解釋（宣稱）是正確的，以及哪些另有解釋是不正確的（p.1389），而這個過程需要產生一個論證，且不只包含可能是正確的暫時性解釋，也包含這個解釋在特定預測的形成中如何被測試，以及證據的使用分析。Zohar 和 Nemet（2002）則視論證為一種對於自己的推理、結論或聲明的一種支持。基於此，本文認為若能掌握論證思考的理論流派，並從中進行分析、比較、評鑑，則能對學童科學論證能力的提升有所助益。

## 貳、目的與重要性

科學家根據所收集的證據和已經建構的理論，對世界形成科學的解釋，而論證即是資料和所建構的理論之間的一種連結（Osborne, 2000）。所以科學解釋即是一種邏輯論述，藉由建立解釋的過程可以

---

\* 為本文通訊作者

將科學的事件推導出來。而科學課程的目的之一，即是希望學生能學會科學家思考的方式，並學習使用科學家的行為語言。而培養學生具備像科學家般收集資料、分析資料、形成想法並與社群進行溝通互動的模式，讓學生為他所抱持的想法去尋找證據及理由，並且能認真把他們當成是信念和行動的指引，則為科學教育的最終目標。為了達到上述科學教育目標，讓學生實際解決並判斷科學問題，因此必須將科學家所實際從事的行為外顯出來，論證思考可以看見學習者科學的想法和推理的過程，並在面對問題，解決問題時，養成建構解釋、形成看法的能力。而 Driver, Newton 和 Osborne (2000) 也指出『如果科學教育是要幫助年輕人處理正在形成中的科學 (science-in-the-making) 所產生的宣稱，科學教育就必須透過適當的教室活動和伴隨的推論練習，使學生有接近這種形式的論證的機會』。(p.288)。Kuhn(1991) 探討個人基本推理論證能力，認為許多兒童和成人缺乏將證據和理論做連結建構的能力，而這恰好是論證中的必要因素。因此，基於過去認為科學知識奠基於觀察，結論來自於由觀察而產生的演繹；演變到觀察是理論蘊含的，不可能僅由觀察得到真理宣稱 (引自 Lawson, 2003) 的觀點轉換，科學學習不應只是在強調靜態知識的記憶與傳遞等知識累積觀點，更應能對自己所選擇的理論或觀點提出詮釋性的想法，並為自己的論證進行辯護，同時批判他人的論證。

## 參、論證模式的歷史回顧

研究者首先針對各家提出論證架構者進行分析，然後從各家論證模式中抽取重要元素，以進行論證的評量。希望了解相關論證模式，並就其主要假設、論證進行方式，及其使用流程、使用限制等進行說明，最後則說明其適用時機，期待在這樣的思考過程中，能對不同規範下論證思考有更深入的理解支持。

### 一、蘇格拉底的論證架構

Paul (1995) 指出蘇格拉底的反詰法 (Socratic questioning) 乃是藉由學生與他人所詰問的衝突觀點呈現，深究這種衝突觀點的起因與來源，找出支持的理由和證據，最後形成自己的看法。這種歷程強調對話互動的兩個人，如果善用發問技巧，可以幫助學習者思考更深入的問題。Voss 和 Van Dyke (2001) 也指出蘇格拉底的論證架構主要使用流程為：A 提出一個『誠實為上策』的聲明 (assertion)，B 會提出問題問 A，直到 A 遇到和原先所提聲明矛盾的地方，此時 A 需找出理由與證據來支持其想法，最後判斷形成自己的看法；A、B 兩個人藉由這種對話論證的過程，從衝突觀點到新想法，對自然世界的理解是共同對話建構出來的。主要使用方法為利用反詰法來進行思考的萃煉，其最主要假設則是認為『真理可以藉由反覆深入的對話而得到』。茲舉例說明以下：

A：『珍惜生命是重要的事，所以我堅決反對墮胎。』【提出聲明】

B：『珍惜生命當然是最重要的事情，但是當你懷孕後發現你有嚴重的先天基因病變的話，你還會反對墮胎麼？』【詰問】

A：『如果我執意生下小孩，除了生下的孩子可能面臨嚴重的病變傷殘，也可能會造成自己生命的失去，在這種情況下，如果生產致死，那麼我就是不珍惜自己的生命。』

#### 【產生矛盾困境】

B：『沒錯，在這種情況下墮胎是珍惜自己生命的一種作法』

A：『所以，我現在支持有條件的墮胎 ...』

#### 【形成新的想法】

B：『那麼是哪些條件下才可以墮胎呢？』【下一階段的論證】

當 A 原先認為珍惜生命乃是最重要的事，因此堅決反對墮胎（正方立場），B 則提出支持墮胎的想法（反方立場），接著 B 的一個詰問：『如果一個罹患先天嚴重基因病變的孕婦，當她執意生下小孩時，可能會造成自己生命的失去，以及生下的孩子也可能面臨嚴重的病變傷殘，在這種情況下，這個孕婦應該要墮胎以免造成更嚴重的生命損失』，此困境會讓 A 重新思考自己原先的想法，並產生一個新的觀點，即在有嚴重基因病變的條件下墮胎，也是一種珍惜自己生命的觀點，因此墮胎是可以接受的，此即為立場結合的過程。而利用上述這種正方立場、反方立場、考慮不同立場的方式會產生另一個更深入的問題，是不是有這些基因病變可能的孕

婦都不能生下孩子呢？此時下一階段的正方立場、反方立場、考慮不同立場的對話過程又會產生，這種形式基本上乃是現行對話論證的濫觴。

## 二、亞里斯多德的論證架構

Voss 和 Van Dyke (2001)指出亞里斯多德論證的基礎結構本質上是一種演繹的過程，這種論證形式包含由推理所支持的一種宣稱，或是被一前提所支持的結論。他們認為基本上可以把亞里斯多德的論證結構視為三段論（大前提、小前提、結論）結構，由已知的多個命題，來推論出未知的一個命題。而之所以稱為三段論，乃是指前兩個命題為前提，後一個命題為結論，而結論乃是兩個前提經由邏輯的結合而產生的必然結果。金屬可以導電是一個已知命題，鐵是金屬也是一個已知命題，根據上述兩個已知命題可以產生『鐵可以導電』這個新的未知命題，又如：『凡是人皆死，某甲為人，所以某甲必死』。大前提為『凡是人皆死』，小前提為『某甲為人』，因此結論為『某甲必死』。這種由一般到個別、由共通原則推求全部的認識，是具有邏輯必然性的一種認識方法。

亞里斯多德論證架構最主要的假設則是認為『在某些論證架構下，若前提為真，則應用前提所產生的結論一定為真』，這種基於大前提（尋找證據），小前提（找尋支持理由），而得到結論（產生知識宣稱）的使用方式，更成為現代形式邏輯的重要參考。

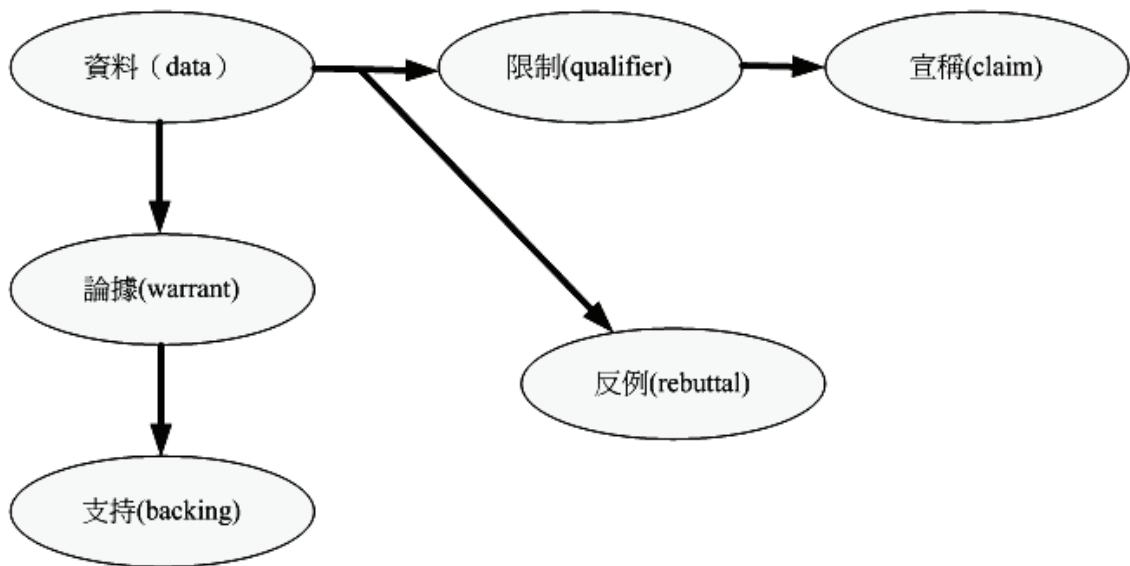
### 三、Toulmin 的論證架構

Toulmin (1958) 從結構 (Toulmin Argumentation Pattern, TAP) 的模式完整性出發來描述論證。其一般形式為『IF D, THEN C』，使得資料和宣稱的關係產生合法連結，認為描述科學論證的建構過程，主要為使用證據、論據和支持的過程來說服其它人一個特定宣稱的效度。其主要架構為使用宣稱，資料，支持，論據，限制與反例六個結構元素來形成論證，其結構如下圖一所示。可藉由判斷這些不同結構元件是否呈現，來說明一個論證的強弱。其主要假設則為『真理可以藉由論證

架構的完整呈現與否來得到，論證架構越完整，則越接近真理』。

以下茲以 Toulmin 所提的例子進行說明：

亨利出生於百慕達群島【資料】，  
因為在百慕達群島出生的人，就是英國人  
【推論依據】  
根據英國的殖民地法規定，只要是英國或英國殖民地出生者，就是英國人【背後的支持】  
亨利符合這些限制【限制條件】  
但是，除非亨利的雙親都是外國人【反例】  
所以亨利是英國人【宣稱】



圖一、Toulmin 論證模式 (Toulmin, 1958)

Toulmin 的主要限制為僅重視論證的形式是否完整，但並未對科學內容作檢查；亦即有時只考慮邏輯結構，而未考慮使用者的科學知識內容是否正確，例如：當學生根據夜空中的月亮不見了【資料】，做出月亮被天狗吃掉的主張【宣稱】，並且說因為有一隻天狗的關係，所以我們可以敲鑼打鼓，把那一隻狗嚇跑【論據】，因為狗真的很怕那些鑼鼓的聲音【背後的支持】，所以敲鑼打鼓後果然隔天月亮就再度慢慢出現了。上述例子中的論證結構完整，但是其中的科學知識內容卻不是當代科學社群所認同的，因為星球運行的關係導致月蝕現象的產生。此外同樣一個陳述，在不同脈絡情境下可能意義不同，例如：『核分裂會在瞬間產生強大的力量』這樣的一句話，可以是產生破壞性的威力（核彈），也可以是產生強大可利用的能源（核能電廠），因此需特別考量不同使用者對論證主題是否有個別詮釋，若只是考慮論證結構完整性，恐將無法正確表徵其真實情境。最後由於科學架構中，資料是在科學家實際進行科學探究後才產生的，是理論蘊含的，沒有理論的眼鏡是看不到資料的意義，或是看到資料後但卻不知其意義如何解讀，當老師只是呈現給學生親代和子代外部生物性徵的差異資料（如耳垂分離或是捲舌等外部性徵），而沒有相關親代與子代的遺傳學理論基礎的話（如孟德爾的理論等），那麼呈現這些外部性徵對學生的遺傳學概念發展幫助有限。若論證教學僅呈現資料就開始產生宣

稱，此時學童接觸的僅僅是科學家致知的後半段論證階段。

#### 四、Giere 的論證架構

Giere(1991)所提的科學推理模型乃是在科學中建立知識主張的一種論證方式，其主要元素包括真實世界、模型、資料、預測、肯定證據及否定證據，其主要進行檢核的流程為由模型所得的預測或資料是否能符合真實世界，亦即利用肯定證據或否定證據來對模型作選擇（如圖二所示）。在 Giere 所提的科學推理模型中，科學家需檢查從真實世界抽象出的模型及根據模型（理論性假說）所得的資料和預測符合真實世界嗎（肯定證據的呈現）？以及縱使所選用的模型（理論性假說）不適合真實世界，伴隨資料而得的預測有得到同意嗎（否定證據的呈現）？以下茲以十九世紀產婦熱的例子說明（引自 Mauldin & Lonney, 1999），西元 1848 年時，維也納的醫生們在赤手解剖完產婦熱死者的屍體後，未經洗手就檢查待產婦的陰道並進行接生，結果導致大量產婦死亡，Semmelweis 醫生最後發現洗手可以防止傳染。其論證如下：

【真實世界】在西元 1844 年時，維也納醫院的許多產婦在經過醫生的診治後，死於產婦熱的病例卻大量增加，是甚麼原因導致的呢？

【模型】這種病是由於年輕實習醫生在徒手解剖產婦熱死者到下一個接生者之間，接觸傳染所引起的。

【預測】Semmelweis 醫生經過推理後認

為：如果他的想法是對的，那麼要求醫生在接觸病患前洗手，則會降低死亡率。

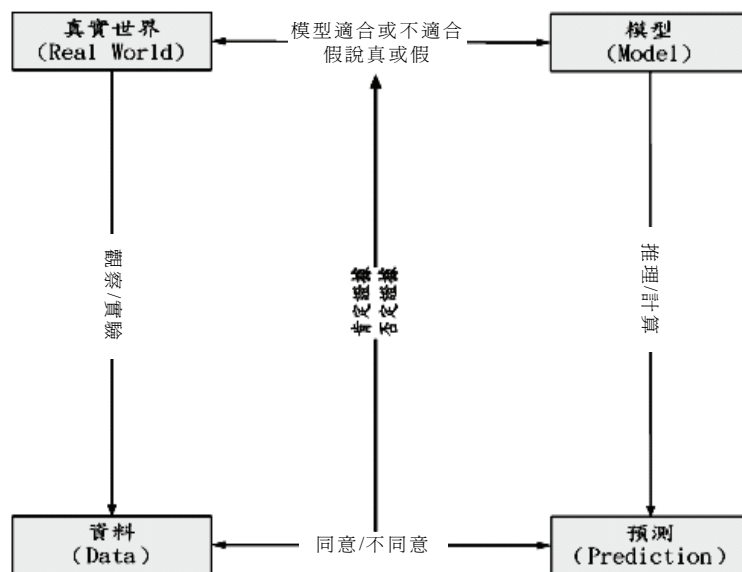
【資料】在 1844-1846 年間，發現如果是醫師接生，產婦的死亡率平均是 10%，而當醫生洗完手後再接生，死亡率降至 2%。如果是助產士接生，死亡率也是 2%。

【否定證據】上述資料和預測是不是不相符呢？

【肯定證據】文章中沒有提及其它的模型，因此由資料所提供的證據顯示，Semmelweis 醫生的模型是適合這個真實世界的。

深究其想法，Giere 認為證據對不同的理論，會產生不同的判讀與選擇，即所選用的模型（理論性假說）會產生對證據不同的詮釋，此亦即 Thomas Kuhn 所言之戴著有色的眼鏡看待世界。但就論證角度而言，Van Eemeren 和 Grootendorst(1999)則認為

在真實世界的論證過程中，模型並未包含正、反兩方的考量，模型通常僅包括提議（proponent），而並沒有反對意見(opponent)在內。當科學家選用了一種模型之後，科學家主要所進行的即是對此模型的提議（proponent）進行推理的動作。而從 Popper（引自張巨青、吳寅華，1994, p.p. 63-78）否證的觀點來看，當上述科學模型對真實世界做了一個精確的預測，增加了真實世界可解釋的經驗範圍時，則此模型潛在可否證的程度相對提高，但若模型精確預測力低，解釋經驗範圍少時，此時反例可能會出現，甚或造成科學的危機。亦即科學家戴上自己所選的這副有色眼鏡，但是並無法使用這種典範來解決反例問題，這種典範對真實世界的解釋較不被其它科學家所接受，此時若出現新的典範產生且能有更好的解釋，科學革命即產生，此亦即 Thomas Kuhn 註所謂的典範的轉移。



圖二、科學推理模型， Giere(1991)

## 五、Lawson 的架構：檢驗論證的假設—演繹的有效性

Lawson(2003) 認為科學家的思考模式，乃是從提出假設開始，而假設需要經過實驗驗證，這樣的過程即為一種論證。他認為論證過程起始於一個像謎題般的觀察 (puzzling observation)，學生並根據觀察現象，形成一個或更多暫時性的解釋，然後提出一個可能的假設-預測論證，然後產生測試，並使用『if/and/then』等來連結、解釋心中所想像或計畫進行的檢驗，利用這種『if/and/then』的推理形式來產生檢驗時，就能得到一個觀察結果，並形成證據。最後，比較證據和預測，即可作為對假設支持與否的程度，亦即採用假設-預測的方式來進行論證。

茲以學生在觀察單擺運動時的論證方式說明如下：(引自 Lawson, 2003)

如果.....擺動速度不同，起因於單擺重量

【假設】

而且.....當控制其它變因時，使兩個擺錘的重量不同

那麼.....單擺的速度應該會不同 【預測】

但是.....最後的結果，擺速並沒有不同

所以.....不同的擺速可能不是由不同重量所引起的，重量的假設可能是錯誤的【結論】

學生會根據單擺擺動現象提出暫時

性的假設，擺錘的重量會影響單擺擺動的週期，並且使用『如果(if)擺錘重量會影響的話，而且(and)在其它因素都控制的情況下去更改擺錘的重量，那麼(then)單擺的頻率會跟著改變』，最後產生頻率不會改變的觀察結果，並當成擺錘不影響單擺週期的一個證據，也就是對這個假設不支持，即擺錘重量會影響擺動週期的假設並不獲得支持。Lawson 的主要假設，認為真理可由不斷假設預測的測試檢驗而逼近，證據和預測的符合程度可以用來解釋一個具有有效度的結論。此種論證模式最大的限制乃是：『許多經由論證產生的結果及觀察，並無法直接由因果假設測試得到。』

## 六、小結

根據上述，兩千多年前，蘇格拉底和亞里斯多德即分別以 Kuhn(1991)所謂的對話 (dialogical) 和文辭說服 (rhetorical) 的方式，引領著人們對世界進行探索，其中蘇格拉底所採用從衝突的觀點出發 (Zohar & Nemet, 2002; Osborne, Erduran & Simon, 2004) 和亞里斯多德的三段論邏輯觀點 (Blair & Johnson, 1987; Giere, 1991; Lawson, 2003) 則被近代科教學者改進並採用。而 Toulmin 的 TAP 則是大多數科教論證學者所採用的基本架構 (Osborne, Erduran & Simon, 2004; Zohar & Nemet, 2002; Kelly & Takao, 2002)。其分析比較如下表一所示。

表一、不同論證模式之使用方式

模式提出者	論證使用方式	論證元素	如何評量論證	其它重要觀點
蘇格拉底	反詰法	衝突觀點	衝突觀點中能否呈現支持理由和證據	對話觀點
亞里斯多德	三段論模式	大前提：證據 小前提：理由 結論：宣稱	大前提小前提與結論是否符合邏輯必然性	說服＋對話論證
Toulmin (1958)	Toulmin 論證結構 (TAP)	資料、宣稱、證據、限制、支持、反例	論證結構是否完整	
Giere (1991)	使用科學模型，驗證真實世界	模型、資料、預測、肯定證據、否定證據	檢查由科學模型所產生的預測與真實世界的符合程度	
Lawson (2003)	提出假設並使用 if/and/then 進行假設預測	if/and/then	假設預測技能的使用	從科學家實際解決問題的觀點切入

#### 肆、相關論證研究的歷史回顧

Voss 和 Van Dyke (2001) 指出論證也就是在特定意義或不確定條件下的求真，亦即根據某些社會規範所進行的一種辯護 (justification) 過程 (p.91)。基於 Voss 和 Van Dyke (2001) 的看法，相關論證研究者都在特定條件下進行其論證研究，因此其論證都有特定意義，而要在不確定條件下求真，則需先對環境背景有所了解，因此以下針對相關研究進行回顧。

##### 一、Zohar 和 Nemet 的架構

Zohar 和 Nemet (2002) 在『透過人類遺傳學困境來促進學生知識和論證技能』一文中，認為理解是學習者在某個情境中進行思考或探究，並進而對他們產生

意義。基於此觀念，他設計與現代技術相關的道德困境遺傳學議題，例如：『可能患有某種嚴重遺傳疾病的懷孕婦女，是否應該流產呢？』，提供學生在這個真實的情境中進行論證學習，學生經由這種認知的運作來了解生物概念，使得他們不只是記憶概念也會建立心智表徵、新的關係和個人的理解。其論證使用主要結合 Toulmin 的論證結構以及論證內容品質，認為一個強論證應包括許多辯護來支持一個結論，且此結論需整合相關、特定、精確的科學概念或事實。而此研究並沒有檢驗這個宣稱的概念內容是否精確，比較適合社會性科學議題 (Social Scientific Issue, SSI) 的論證討論。其最主要的假設則認為『真理可以藉由論證架構的完整性和科學



認識論的交替循環而接近』。

## 二、Kelly 和 Takao 的架構：檢驗命題的認識論狀態

Kelly 和 Takao (2002) 在『論證的認識論層次』一文中嘗試依據認識論層次來區辨個體論證的發展歷程。其論證使用主要結合 Toulmin 的論證結構，並將學生的宣稱對應至認識論層次上，並對其宣稱進行評價。他們從大學生的海洋地質學課程報告中，將學生的科學論證寫作根據認識論分成六個層次（如下表二所示），並將學生所呈現的論證對應到這六個層次上，並將其論述進行的順序關係用圖形呈現出來。其主要流程為：分析學生所形成的論證，然後將這些為了支持特定的解釋所產生的立場，依認識論層次予以排序，並以圖形化的表徵方式來呈現學生如何整合這些立場，而深究其六個認識論層次，我們可以發現主要是以學生概念的抽象程度來作區分，層次六乃是最低階層，學生所呈現的知識是零散不相關的，而層次一的學生則能利用科學表徵工具（圖、表等）來進行較為抽象完整的思考運作。而其主要限制則為缺乏不同認知層次所提的提議之間連結合理性的評價。其主要研究假設則認為真理可由命題的認識論層次來呈現，認識論層次越接近科學社群的所使用的表徵方式，其架構越完整。

## 三、Osborne 等人的架構：

Osborne, Erduran 和 Simon (2004) 使用 Toulmin 的基本架構，然後呈現兩個或

更多競爭理論，並要求學生說明支持的證據，他們認為合理的論證主要是由資料、論據、支持、宣稱和反例（如圖一所示）所組成，在論證過程中即使這些元素並不需外顯出來，但一個論證若不具備這些元素，將被視為是不完整的論證，且大部分使用 Toulmin 架構的研究者，忽略了反例的重要性，認為『反例』的出現更能提升該論證的品質。他們將論證品質分成 5 個層次進行分析（如下表三）而其中各層次最大的不同主要是看反例的使用，論證中包含越多高品質反例，則整體論證品質越高，從下例中可以發現論證乙包含較多高品質的反例，因此論證乙的整體論證層次高於論證甲，其實例說明如下（引自 Osborne 等, 2004, p.1003）。

### 論證甲

必須藉助光線才能看得到東西 [資料]，不然我們就可以在黑暗中看到東西 [論據]，並據此做了一個：『因為光線進入眼睛，所以我們必定能看到東西』 [宣稱]。

### 論證乙

我們能看到東西是因為光線進入眼睛 [宣稱]，當一點光線也沒有的時候是無法看見東西的 [資料]。但是如果是從我們眼睛發出某種東西而看到的話，那麼即使是非常微弱的光線，我們仍然能夠看得見 [反例]。而戴上太陽眼鏡能夠阻止某些東西進入，而不是使某些東西跑出去 [資料]。因此你必須朝某些東西看是因為你需要捕捉從那個方向發出的光線 [反例]，我

們的眼睛就像對光線敏感的照相機一樣，捕捉某些光線進來，而不是使某些東西跑出去[論據]。

此外他們更進一步提出小組論證討論時提出反例的 5 個步驟 OERCQ (如下表四所示)，如興建動物園是否合適的這樣一個議題，可先產生(其它)的反對宣稱，興建動物園對整體管理而言是不合適的，並說明將動物集中需考慮到所有動物的個別生活需求(精緻化)，並舉例說明

由於園內生態與猩猩原來棲息生態的差異過大，導致園內猩猩會一直繞著獸籠繞圈圈等的焦慮狀況(強化)的產生，並藉此提出若要興建動物園，則需先能克服動物產生焦慮的情況(在限制條件下)，並且有能力提供類似棲息的評估下興建動物園(進一步的宣稱)。其主要假設則為『真理可以藉由論證架構的完整呈現與反例使用情況而得到，架構越完整，反例使用越恰當，則越接近真理』。

表二、六個認識論層次 (Kelly and Takao, 2002)

類別	定義	表徵內容
認識論層次六	宣稱中所呈現的知識和研究可能不是必須或是相關的(非相關)	雜亂 不相關
認識論層次五	以地質學理論或模型的形式來呈現宣稱	
認識論層次四	以研究資料來支持所闡述的地質學理論或模型	
認識論層次三	有描述地質學及其結構相互之間的關係	
認識論層次二	區辨並描述地質學結構的地形特徵	抽象 完整
認識論層次一	有詳盡資料圖表、特徵等當作理論參考	

表三、五個評量層次 (Osborne, Erduran and Simon, 2004)

類別	定義
Level 1	論證由辯論組成，是簡單的宣稱
Level 2	論證由辯論組成，包括資料、理由及支持，但不包含任何反例
Level 3	論證有一系列有資料、理由的宣稱，偶而會使用較弱的反例
Level 4	論證使用宣稱和一些可清楚識別的反例
Level 5	不止一次使用反例來論證、展示、延長

表四、小組對話論證產生反對『宣稱』的五個步驟 (Osborne, Erduran and Simon, 2004)

步驟	說明
<u>O</u> ther	(其它) 產生其它反對的宣稱
<u>E</u> laboration	(精緻) 藉由其它資料或理由來精緻化新宣稱
<u>R</u> einforcement	(強化) 提出其它資料或理由來強化新宣稱
<u>A</u> dvancing <u>C</u> laims	(進一步的宣稱) 提出更進一步的宣稱
<u>A</u> dding <u>Q</u> ualifications	(限制) 增加限制條件

#### 四、Sandoval 和 Millwood 的架構：

##### 檢驗概念和論證的知識本質

Sandoval 和 Millwood (2005) 從達爾文的天擇理論概念，建構一個協助學童解釋的資訊軟體工具，並以該工具來輔助兒童學習天擇理論概念。然後要求學生須對特定問題的相關科學理論與應用的概念了解，並以充分完整的證據來銜接宣稱的因果關係，希望學生能為給定的現象提供一個前後一致的因果解釋。其論證主要架構為提供一個宣稱，以及此宣稱的一些辯護 (justification)，其論證品質的評判則評定學生在探究的認識過程中，對天擇事件理論的因果辯護數量多寡以及這些辯護概念之間是否具有相關性。他們認為天擇概念的品質也就是瞭解在天擇環境中，如何進行下述各項元素的解釋。(一) 個體在環境中所承受天擇的壓力因素改變(二) 個體承受環境壓力的效應(三) 在生物體面臨大量死亡的環境中殘存個體的特徵(四) 選擇優勢的特徵。而其認識論品質則採用 Kelly 和 Takao (2002) 的六個認識論層次(如上表二所示)，並認為不同的層次其認識論品質也不同。他們主要分析兩個問題：學生所使用引註的那些資料，是否在科學解釋中有支持因果宣稱，以及這些資料如何參照到所解釋的說明文字中 (p.29)。而此論證架構的主要假設認為『真理可由天擇概念的品質和認識論的層次而得，若天擇概念品質與認識論層次越高，則學生所產生的論證品質越高。』而此研究最主要的發現為：『學生並未能從

眾多來源中分析比較資料』。

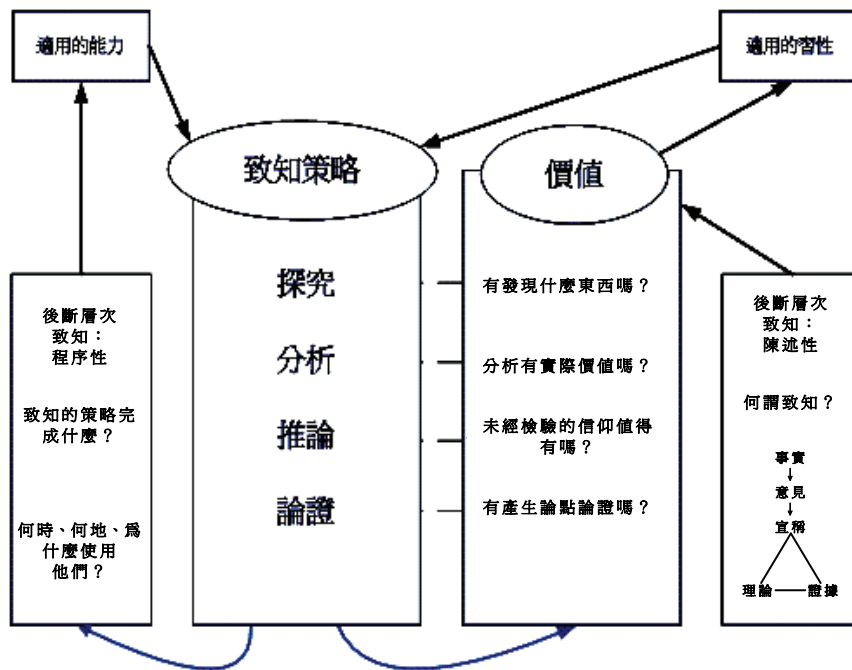
#### 五、Kuhn 的觀點

Kuhn(2001)在『人類如何致知?』一文中指出『大部分因果的知識宣稱判準都集中於理論性解釋和證據兩者的相關強度上，人們在評量個別的論證元素以及做理論性解釋時整個論證的邏輯時需能夠保持融貫 (cohere)』 (p.1)。亦即『融貫性』是評量一個論證品質的重要依據。Kuhn 同時指出人們藉由探究、分析、推論、論證等策略來獲得知識，她將個人所依據的事實、所形成的意見宣稱以及所根據的理論證據等歸類為陳述性的後設層次致知 (Meta-level Knowing: Declarative)，而這些陳述性知識受到價值判斷，情意影響，進而對認知的策略產生影響。同時一個人後設的程序性知識 (Meta-level Knowing: Procedural) (有什麼策略，何時使用這些策略，如何使用等...)，也會影響個人致知的使用。其說明如下圖三所示。

Kuhn(1991)設計一個論證實驗，實驗過程呈現一系列圖片，並詢問 4-6 歲小朋友：『在競賽中的兩個人誰跑得比較快?』，並給參與小朋友提示(包含有正確理論性解釋，其中一個人為什麼會贏的提示，例如：穿著一雙非常好的跑鞋)，最後則提供一張拿獎盃，比 Ya 手勢的人的圖片。結果顯示，4 歲小朋友無法區別支持他們宣稱的證據和理論解釋之間的差別，他們回應拿了戰利品的人獲勝。並進

一步詢問如何得知，發現孩童以解釋為基礎的方法來回答（因為穿著好的跑鞋而獲勝），而不是以證據為基礎來思考（因為拿獎盃，比 Ya 手勢）。而 6 歲的小朋友較能結合解釋與證據來說明：『因為穿好鞋，跑得快（以理論性解釋為基礎），又拿獎盃（以證據為基礎）』。她藉由描述並呈現理論及另有理論，使用反駁論點及反例當作選擇理論的一個判準。主要流程則為教師給一組宣稱，以及相互對立的辯護，然後要求判斷何者為一個對此宣稱較好的辯護（以解釋為基礎或是以證據為基礎）。結果發現不同認識論發展階段者，對理論選擇的論證是不同的。孩童的認識論發展階段如下：（一）絕對論者 (absolutist)，認為知識包含了很多的事實，此時知識是從外在來源而來，而且是

可靠的，因此在這個階段的批判思考乃是比較主張和真實的一種媒介，可以幫助區辨真實或虛假（如：他真的是穿著好的跑鞋）（二）相對論者 (multiplist or relativist) 視知識為一種見解，知識是人們心智所形成的，而且是不確定的只能被擁有者所理解；（三）評估者 (evaluativist) 認為必須有宣稱和支持，並且根據論據和證據來進行評估和比較（如：他手拿獎盃），因此批判思考被評價為提升完善主張和增進理解的一種媒介。而其論證架構主要假設：藉由理論選擇的論點呈現過程，可以顯露個人如何得知？而此架構之主要限制：（一）孩童參考的架構是以解釋為基礎的理論選擇過程，並不一定是以證據為基礎。（二）不同認識論發展階段的參考架構不明確。



圖三：後設能力和習性因素對智力表現的貢獻，Kuhn(2001)

## 六、其它教學研究

Duschl 和 Osborne(2002)認為論證的課室教育應該以學生學習活動並能顯露出學生的思考為主，以提供教師學生或同儕能做批判性的評估，因此建議以小組論證言談 (argumentation discourse) 的方式來評估學生的理解。Walton(2000)更具體的以一個實際例子 (如下表五) 來說明論證的對話結構，對話論證可視為兩個人嘗試進行合作推理的一種言語移動序列。因此在進行論證教學的實際過程中，Driver, Newton, 和 Osborne (2000) 認為應特別重視提供學生機會練習下列過程：(1) 對所支持的特定宣稱表達理由(2) 嘗試去說服同儕(3) 表示懷疑(4) 問問題(5) 使另有觀點相關連(6) 指出尚未知的觀點 (p.291)。

此外 Blair 和 Johnson (1987) 也提到論證前提必須滿足的三個判準：(1) 前提和結論是否是相關的(relevance) (2) 前提對結論所提供的證據是否充分(sufficiency)(3) 前提是否是可接受(acceptability)。而 Clark(2006)也提出科學中重要的認識論邏輯判準，例如：(1)需要提供以證據為支持或合理的知識宣稱，以及支持宣稱的測試(2)理論架構和觀察現象需一致(3)建立有效的證據(4)簡約性(parsimony) (5)充分推理、合乎邏輯的論證。

而學童若要能夠以科學家日常實際進行研究的方式來進行學習的話，則不論是採用邏輯實證主義完全證實的觀點或是

Thomas Kuhn 所強調依科學社群的標準而採不同判準，對科學理論進行選擇和評價都是必須的，也就是瞭解科學家日常如何實際針對所獲得的資料進行理由和結論兩者之間的關連，所以科學教學更需學會科學家背後進行判斷選擇的過程，學會建立理由和結論之間的連結，此亦即學童論證能力的培養。

研究者認為論證可從以下兩個面向進行考慮：個體本身的反思與社群間的互動。個體從自己的心智狀態出發，根據資料、證據與替代理論進行選擇 (Giere, 1991)，而資料與證據的選擇則受個人情意觀點 (例如：未經檢驗的信仰值得擁有嗎?)、後設策略的影響 (Kuhn, 2001)，最後個體在這個自己對話的過程中，建立一個私有、個人的科學概念，而上述這些私有、個人的科學概念，必須在個人的背景知識中，前後融貫一致，與真實世界相關符合邏輯等判準。當個體與自己進行對話後，這些科學概念尚須經由社群的檢驗，個體從與社群對話論證的過程中，在對話過程中，個體用清楚的理由支持自己的概念理解，並捍衛自己的觀點，同儕也提出疑問和其它觀點，如此一個更清楚的概念理解將逐漸呈現。在這種情景下，知識是由群體共同建構的，而這樣由群體互動所浮現出的理解，也將比每個個體所貢獻的總和來的多 (Newton, Driver, & Osborne, 1999)。

上述這種透過個體與自己對話以及與社群對話的過程，使個人的觀點更能精

鍊，論證的品質更能提升。因此論證主要功能為呈現不同觀點，比較觀點差異，並根據先備經驗及證據，選擇合適觀點以說服他人。即論證是需要以概念理解為基礎，可以促進概念發展，教學可能需先有部分的概念理解，然後才有可能有效的使用論證。

## 七、小結

綜合上述觀點，不同研究者所使用論證架構大致相同（TAP 架構），大都僅採 TAP 架構中的某些元素（有些強調宣稱與辯護之間的有效連結，有些則特別強調某一元素的使用，例如：反例的使用），然後結合另一個向度（科學概念或認識論）來評量其論證品質。而研究者則採整合的觀點來評量論證品質，即除了完善的論證架構外（如：TAP 中反例及限制的使用最常被忽略），論證元素間需包含相關科學概念，論證元素相互之間必須符合相關性、充分性及可靠性等，都是評量的向度。亦即科學論證的評量需同時採用認識論取向(Kuhn,1999; Kelly & Takao, 2002)，科學概念取向 (Sandoval and Millwood, 2005 ;Zohar & Nemet,2002; Kelly & Takao, 2002) 和結構取向(Toulmin, 1958; Kuhn, 2001 ; Osborne, Erduran & Simon, 2004; Lawson, 2003) 來作為論證的評判向度。以下茲將相關論證研究的評量元素整理如下表六所示。

## 伍、結語

目前科學教育的現況，以論證的方式來進行科學知識的社會建構機會並不多，絕大部分都是老師主導，較少在相關科學議題上做能促進反思的討論（Newton, Driver, & Osbrone; 1999）。他山之石可以攻錯，藉由國外科教文獻之分析，可以提供國內科教一面鏡子，因此能促進反思的論證模式在科教領域相對重要。在此本文的主要假設為：提供多種替代性理論，並根據理論的選擇提供宣稱及支持的理由。而這種過程並非靜態、是一種論證過程的動態呈現，科學社群藉由這種論證的過程，來對自然世界做探索，本文試圖呈現這種論證反思的過程，並能說明其主要的判準來為所宣稱的結果提供一個合理、可接受、成功的論證。

註：Thomas Kuhn(1962)於『科學革命的結構』一書中認為典範的主體乃是科學共同體（科學社群），典範是一種世界觀，是一種看待問題的方式，因此當使用不同的典範來解決科學問題時，意味著不同的科學社群選擇不同看待世界的方式，例如：日心說和地心說就是兩種不同的典範，而所謂的科學革命即是一個典範到另一個典範的轉移過程。（張巨青、吳寅華，1994,p.p.88-114）

表五、合作推理示例 (Walton, 2000)

提議者	回應者
1. 爲什麼我應該接受 A?	因爲 B，而且如果 B 那麼就會 A.
2. 爲什麼我應該接受 B?	因爲你之前接受它
3. 好吧，我接受 B	你是否接受『如果 B 那麼就會 A』呢?
4. 是的	那你接受 A 嗎?
5. 不	你前後不一致!

表六、相關論證研究比較

相關研究	論證使用方式	論證元素	如何評量元素
Blair and Johnson (1987)	前提+結論	前提、結論	1.相關性(relevance)、 2.充分性(sufficiency)、 3.可靠性(acceptability)
Kuhn(1991)	宣稱+辯護 +認識論	宣稱、辯護	1.未提及如何評量 2.強調融貫性 3.只區分證據與解釋 4.理論選擇
Zohar and Nemet (2002)	TAP+科學 內容品質	宣稱、辯護	1.內容需包含特定科學概念 2.使用多少辯護來支持宣稱
Kelly and Takao (2002)	TAP+認識 論層次	宣稱、資料	學生概念的抽象程度
Osborne 等 (2004)	TAP 架構	資料、宣稱、論 證、限制、支持、 反例	反例的使用情形
Sandoval and Millwood (2005)	宣稱+辯護 +科學概念	宣稱、辯護、 科學概念	1.檢驗宣稱和辯護之間概念的 品質 2.辯護之間需具相關性
Clark(2006)	宣稱+證據 +認識論角 度	宣稱、證據	1.以證據爲支持的宣稱 2.理論架構和觀察現象一致 3.建立有效的證據 4.簡約性 5.推理合乎邏輯

## 參考文獻

張巨青、吳寅華著 (1994)：邏輯與歷史：現代科學方法論的嬗變。台北市：淑馨出版社。

American Association for the Advancement

of Science. (1993). *Benchmarks for science literacy: Project 2061*. New York: Oxford University Press.

Andriessen, J. (2006). Arguing to learn. *Cambridge handbook of the learning sciences* (pp. 443 - 460).

- New York: Cambridge University Press.
- C. Passmore, & J. Stewart, (2002). A modeling approach to teaching evolutionary biology in high schools. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(3), 185-204.
- Driver, R., Newton, P., & Osborne, J. (2000). Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms. *Science Education*, 84(3), 287-313.
- 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.
- James F. Voss., & Julie A. Van Dyke. (2001). Argumentation in Psychology: Background Comments. *Discourse Processes*, 32(2&3), 89-111.
- 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.
- Kuhn, D. (1991). *The skills of argument*. New York: Cambridge University Press.
- Kuhn, D. (2001). How Do People Know? . *Psychological Science*, 12(1), 1-8.
- Lawson, A. (2003). The nature and development of hypothetico-predictive argumentation with implications for science teaching. *International Journal of Science Education*, 25(11), 1387-1408.
- Mauldin, R. F., & Lonney, L. W. (1999). Scientific reasoning for nonscience majors: Ronald N. Giere's approach. *Journal of College Science Teaching*, 416-421
- Newton, P., Driver, R., & Osborne, J. (1999). The place of argumentation in the pedagogy of school science. *International Journal of Science Education*, 21(5), 553-576.
- 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.
- Paul, R. W. (1995). *Socratic question and roleplaying*. Dillon Beach, CA: Foundation for Critical Thinking.
- Sandoval, W. A., & Millwood, K. (2005). The quality of students' use of evidence in written scientific explanations. *Cognition and Instruction*, 23(1), 23-55.
- 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.

投稿日期：96年10月04日

接受日期：97年08月25日



# **A Critical Review of Argumentation in Science Education**

**Chih-Neng Lin Jeng-Fung Hung**

Graduate Institute of Science Education, National Kaohsiung Normal University

## **Abstract**

This article reviews the papers of argumentation in science education. At first, the result shows three dimensions must be pay attention while learning argumentation in science education. (a)argumentation framework, (b)scientific concept, and (c)epistemology. Second, from the respect of the quality of argumentation, the corherence and consistence between the facts and the theory are most important factors. Finally, the processes of argumentation are emplasized while learning science in making.

**Keyword: argumentation, assessment**