科學教育學刊
2010, 第十八卷第一期, 1-23

Chinese Journal of Science Education
2010, 18(1), 1-23

三～六歲幼兒的科學性推理：法則的歸納、證據的推衍、問題的驗證

莊麗娟
國立屏東教育大學　幼兒教育學系

（投稿日期：民國 98 年 3 月 2 日，修訂日期：98 年 12 月 15 日，接受日期：98 年 12 月 31 日）

摘要：為了澄清晚近發展心理學的研究疑點，深入瞭解幼兒的科學性推理，本研究擴展國外研究設計，以較完整、明確、深入的方式，檢視 80 名 3～6 歲幼兒在「法則的歸納」、「證據的推衍」、「問題的驗證」上的科學性推理。經一對一的深入晤談，兼用量化與質性分析，研究結果發現：(1)3 歲已能從系列證據中，歸納出因果法則，其思維已超越具體比對的層次，另涉及抽象的策略；(2)3 歲已能依據因果法則，推衍出一系列的證據，唯在「非因果性」情境中，較無法處理衝突性線索，呈現較多的偏誤；(3)若輔以系列性提問，3 歲幼兒亦能在此思考的引導下，形成驗證性設計，顯示幼兒的推理侷限，可能不在於無法作抽象思考，而在於無法同時處理大量訊息。整體而言，在科學性推理上，幼兒已超越直覺層次，隱含邏輯性的思維潛能。

關鍵詞：因果推理、科學性推理、證據、驗證

壹、緒　論

一、研究動機

科學性推理是一種涉及多重證據的檢核與推理，屬於種較高階的因果推理能力（Goswami, 1998）。多年來發展心理學家以各種方式來探測年幼孩子在這方面的能力，並形成兩派對立的觀點。一派認為年幼孩子無法有效的作因果推理，其推理機制是直覺性的（Kuhn, 1989）；另一派則認為孩子已具可喜的推理潛能，能考量機率條件，進行邏輯性的分析（Sobel, Tenenbaum, & Gopnik, 2004）。然而，此保守與積進的兩派觀點中（不能 vs. 能；直覺性 vs.邏輯性），均存有值得深思的疑點。其中，研究設計的有效性與詮釋分析的周密性，尤值得考量。

多年來，伴隨著研究向度的不足，對於幼兒科學性推理的研究，一直存有一系列待澄清之處，幼兒科學性推理的全貌究竟如何？單從以往的研究：主要檢視幼兒是否能從證據中形成假設（或稱歸納法則，是一種順向推理，Ruffman, Perner, Olson, & Doherty, 1993），我們並不能完整的瞭解，幼兒在涉及證據與法則之間的多重推理關係，其中，尤為重要的是：孩子是否能由法則推衍一系

列的支持性證據（是一種逆向推理）？是否能考量多種可能性，依據待解決的問題來形成驗證性設計（是一種後設性推理）？亦因此，欲瞭解幼兒科學性推理的真實內涵，我們尤有需要在「探測向度」上，作層次性的開發。

二、研究目的

基於上述，本研究調整國外研究設計，以更完整、明確、深入的方式，檢視幼兒的科學性推理，以澄清晚近發展心理學研究的疑點。研究者特意將年齡層往下延伸至3歲，並作逐年的檢視，以分析生命早期科學性推理的萌發與轉變。此外，在檢視向度上亦作層次性的擴展，同時包含「法則的歸納」、「證據的推衍」、「問題的驗證」等三者，期透過多向度的對照，較真實瞭解幼兒科學性推理的潛能與侷限。具體而言，本研究目的有三：

(一)探討幼兒在「法則的歸納」上的科學性推理能力。

(二)探討幼兒在「證據的推衍」上的科學性推理能力。

(三)探討幼兒在「問題的驗證」上的科學性推理能力。

三、待答問題

(一)幼兒「法則的歸納」能力如何？是否能從一系列的展示事例中，歸納出因果法則？

(二)幼兒「證據的推衍」能力如何？是否能依據因果法則，有效推衍出一系列的支持性證據？

(三)幼兒「問題的驗證」能力如何？是否能依據待解決問題，形成具有驗證性的設計？

貳、文獻探討

一、幼兒科學性推理的潛能－能或不能？

孩子的因果推理能力究竟如何？過去，發展心理學者假設年幼的孩子擁有極少的因果知識，例如：Piaget（1929, 1930）即指稱嬰幼兒仍處於前因果（precausal）時期，無法有效的作因果推理。在此脈絡下，學者們亦針對科學探究（scientific inquiry），探測孩子的科學性推理（如：證據的瞭解、假設的建立、驗證的形成等）。發現在11、12歲以前，孩子並不明確知道證據是如何支持假設或抵觸假設（Kuhn, 1989）；無法掌握共變資訊，常犯「包含上的錯誤」（inclusive error，以單一或片面例證即來推論因果關係）（Kuhn, Amsel, & O'Loughlin, 1988），甚至會扭曲證據來支持其先前信念（Kuhn, Garcia-Mila, Zohar, & Adersen, 1995）；對於假設的驗證，亦明顯缺乏系統性檢證因果變項的能力（Dunbar & Klahr, 1989; Schauble, 1990; Tschirgi, 1980）。換言之，對於科學性推理所應具備的要件，孩子們所知甚少。

然而，有別於上述觀點，另一研究脈絡，則以較創新、簡化的方式（如：減少變項數、降低先前信念的干擾、安排控制性或提示性問題），大膽探測幼兒的推理能力，結果發現：超越 Piaget 的評估，在4歲前，幼兒已完整建立因果推理的基本原則，甚至具有內在的天生結構，能作較抽象的推理（Baillargeon, 2004; DeLoache, Miller, & Pierroutsakos, 1998; Gelman, 2003; Inagaki & Hatano, 2002; Mandler, 2004; Spelke & Kinzler, 2007）。在此脈絡下，針對科學性推理，亦發現：超越 Kuhn 等人的評估，6歲孩子已能從共變與非共變證據中形成假設（Ruffman et al., 1993）、區辨理論與證據（Tytler & Peterson, 2004），

而7、8歲孩子則能決定有效的測試方式，進一步的驗證假設（Sodian, Zaitchik, & Carey, 1991）。換言之，孩子已具備科學性推理的潛能。

對照此保守與激進的觀點，值得深思：幼兒在相對簡化的檢視情境中，所呈現的推理潛能，是否真如學者們的樂觀評估？在對立觀點的爭議中，孩子的能與不能，真正的分際究竟如何？此疑點仍有待進一步澄清。

二、幼兒科學性推理的本質－直覺性或邏輯性？

因果推理含有多種層次，孩子可能能推理但不自知；可能能推理但不知所以（Kuhn, 1989），因此，單純以推理的正確與否，來判定推理的本質，並不可靠。

Sobel, Tenenbaum 與 Gopnik（2004）指出因果學習的機制分成四種層次，分別為：1.學習聯結（learning association），如同動物在古典制約中之制約刺激與非制約刺激的聯結學習，此層次除了聯結外，並不理解真正的因果關係；2.從聯結中推論因果關係（inferring causal relations from association），結合其他訊息，計算聯結強度，並轉換成因果強度；此層次提供了因果推理與介入的基礎；3.原理參數估計模式（rational parameter estimation models），基於共同發生事件的次數，估計因果參數，從一組資料評估因果關係的最大可能性，此層次已涉及機率的估算；4.學習因果圖（learning causal graphs），基於條件機率，透過數學模式，抽象表徵各變項的因果結構，形成因果圖。據此觀之，推理的本質，可能是直覺性，也可能是邏輯性。前者主要是透過聯結模式，作因與果的配對；而後者則需考量多層面的條件訊息，形成機率的概念，進而分析可能的因果。

在涉及證據與假設的科學性推理中，雖然 Gopnik, Sobel, Schulz 與 Glymour（2001）, Sobel 等（2004）, Schulz, Gopnik 與 Glymour（2004）曾透過新奇的設計（如：會發出音樂的盒子、轉動的齒輪組），讓孩子從間接證據中，推測讓盒子發聲的關鍵積木（稱之為 blicket）；或從齒輪組的轉動型態，推測造成轉動的關鍵齒輪（稱之具有 crank）。該類研究指稱3～5歲幼兒的推理，已超越直覺性的聯結模式，能估算機率或推估因果結構，呈現出「層次四」的學習機制。然而，此論點仍受強烈質疑。Asgari-Targhi（2006）即指出孩子並不易學會機率概念；McClelland 與 Thompson（2007）亦指出，此類因果推理，實際上仍然只是聯結模式的擴展，係依賴事件的共變性（co-occurrence），來進行判斷。

對照此激進與保守的觀點，值得深思：幼兒在一些持守樂觀看法的研究中，所呈現的推理本質，是否真如學者們的詮釋一般？當孩子看到「盒子上同時放上 A、B 二積木時，會發出音樂；只放 A 積木時則否」，進而推測「B 積木是讓盒子發聲的關鍵積木（blicket）」，是否真的是運用了 screening off 的思維策略？[1]也許他們只是單純的運用排除法（如果 A 不是 blicket，那麼 B 就是 blicket），並未完整考量到條件機率。若是如此，幼兒的科學性推理，仍只停留在「直覺性」層次。對於孩子能否作更精緻的「邏輯性」思考，我們需要更多的研究證據。

三、幼兒科學性推理的內涵－法則的歸納、證據的推衍與問題的驗證？

科學性推理是否能用較關鍵的向度來探測？目前，國外學者們對學前幼兒的科學性推理，仍較偏向於從證據與假設之間的關聯性來著手，亦即檢視他們是否能從證據中形

成假設（或稱歸納法則）。為了探測此能力的表現層次，目前證據型態已延展出多種類型，例如：從單純至複雜（變項增加至多個，如 Ruffman et al., 1993）、由直接至間接（證據無法直接對應，需作轉換分析，如 Gopnik et al., 2001; Schulz et al., 2004; Sobel et al., 2004）、由外顯至內隱（線索隱藏在物件之中，無法看見，如 Yoachim & Meltzoff, 2003）。然而，即使證據型態多元，此類研究在設計內涵與結果詮釋上，仍有待斟酌之處：1.證據的複雜度雖提昇，但此證據所呈現的因果法則，是否是幼兒先前信念的延續？如果是，那麼孩子的推理，很可能只是舊經驗的類推，而非邏輯的分析。例如：在 Ruffman 等（1993）的「球拍與打擊力」研究中，雖然展示變項有多種，含球拍大小、球拍形狀、線的數目、球的材質等，但由於因果法則為「球拍大，打擊力強」。孩子推測出此因果關係，未必需要在多變項間作邏輯分析，事實上孩子的經驗也可能引導他作這種推理。2.證據呈現的方式雖間接而隱微，但選答的模式是否已具有暗示性？如果是，那麼孩子的推理，很可能只是順應語意的回答，而非邏輯的分析。例如：在 Sobel 等（2004）的「blicket 的偵測」研究中，呈現二種事例：「A＋B→有音樂」、「A→無音樂」，展示中已明確顯示 A 並非 blicket，當孩子回答「A 不是 blicket」時，接著詢問：「那麼 B 是不是 blicket？」，孩子能正確選答，未必需分析系列事件間的機率關係，事實上施測者的詢問型態可能已暗示孩子要作有別於 A 的選答。語意暗示性所產生的干擾，是認知診斷需考量的要素（Rose & Blank, 1974）。基此，對於孩子能否作「法則的歸納」，在證據型態與提問方式上，仍需更縝密的設計。

尤有進者，為了層次性的探測幼兒的科學性推理能力，我們亦應超越先前研究，在向度上作系統的擴展。1.證據與法則之間，並非只是順向關聯，從法則反向推衍證據，應更能觸及深層的推理。事實上，依據因果法則推衍出支持此法則的系列證據，更需後設認知（Klein, 1998），因為孩子必須不斷的監控所推衍的多種證據之間是否矛盾？是否一致性的支持特定法則？雖然，目前已有研究提及孩子對現象的解釋，比對現象的理解慢，亦即即使能正確推理，未必能有效提出理由（Flavell, 1985），但多數研究對於「證據的推衍」，均未明確的涉及。僅 Klein（1998）曾透過圖卡道具，要求國小一、三、五年級兒童自行排列出能符合特定因果法則的系列證據，在「證據推衍能力」的探測上，有了較進一步的開發，只是該研究中，孩子必須同時處理8個圖卡來呈現特定的因果證據。由於圖卡數過多，將產生多種組合型態，試題的開放度過高，若用之於幼兒仍需調整。2.「問題的驗證」，應是一種更具系統性的後設能力，Yeany（1986）即指出設計驗證性實驗的能力，是科學探究中最為關鍵的整合性技能。雖然嚴密的系統性檢證能力，即使成人亦不成熟（Kuhn, 1989），但若能作層次性的區分，仍可能探測出幼兒在驗證能力上的潛能區間。其中 Sodian 等（1991）曾以「單一測試即可產生結論」的簡化方式，針對國小一、二年級兒童進行探測，發現孩子已初具驗證能力，此研究在「問題驗證能力」的探測上，有明確的開發，只是施測的語文性引導過多，試題的層次性較少，若用之於幼兒仍需調整。

整體而言，對於學前幼兒的科學性推理，目前國內外均無較完整的探析。尤其是國內，更是闕如。有關科學性推理的研究，大多與領域知識相結合（生物學、物理學、化學、地球科學），探測學生的概念推理（全中平，2002；林顯輝，2006；邱美虹，2004；

莊嘉坤，2001），極少涉及無關領域知識「證據－假設」的因果思考。而少數涉及此主題的研究，亦以小學高年級（陳亦媛，2003；謝州恩，2004）或大學生（林緯綸、連韻文，2001）為對象，探討影響學生歸納推理能力的可能因素，以及有效的協助策略，或分析學生在探究情境中，科學解釋能力的成長情形，並未涉及學前幼兒科學性推理的相關機制。易言之，在較精緻的幼兒科學性推理上，國內外仍有待開發與待擴展的空間。

基於上述，本研究調整國外研究設計，以更完整、明確、深入的方式，檢視幼兒的科學性推理，以澄清晚近發展心理學研究的疑點。研究者特意將年齡層往下延伸至3歲，並作逐年的檢視，以分析生命早期科學性推理的萌發與轉變。此外，在檢視向度上亦作層次性的擴展，同時包含「法則的歸納」、「證據的推衍」、「問題的驗證」等三者，期透過多向度的對照，較真實瞭解幼兒科學性推理的潛能與侷限。

參、研究方法

一、研究樣本

本研究樣本來自高雄市公、私立各二所幼稚園。該四校在幼兒年齡、認知能力及社經背景上，均涵蓋較廣的分佈範圍，利於取得較多樣性的樣本；此外，相較於一般的幼稚園所，此四校有較低的師生比例（均在1：16以下）、較高的個別操作之教學時數（占總教學時數2/5以上），以及較完整的學習紀錄（每週均完成3種以上的學習紀錄），教師對幼兒的經驗背景及語彙能力有較清楚的瞭解，有助於必要時透過教師訪談，確認幼兒在檢視情境中的反應。研究者在3～6歲每個年齡層中取樣20人，男女各半，合計80人。各年齡層的分齡分佈與平均值，分別為3歲組（3歲～3歲4個月，平均3歲2個月）、4歲組（4歲～4歲4個月，平均4歲2個月）、5歲組（5歲～5歲4個月，平均5歲2個月）、6歲組（6歲～6歲3個月，平均6歲1個月）。全體樣本的家庭背景，多數為經商或民營機構基層員工（占44%），文教或高科技人才者占18%；家長學歷主要介於高職至專科之間（占47%），碩士以上學歷者占8%。

二、研究工具

(一)設計原則

為配合幼兒的認知特質，本工具之設計著重：1.採用幼兒慣用語彙，以減緩語文理解的侷限；2.層次性的遞進檢測問題的複雜度，以利於聚焦性思考；3.提供多型式媒材（實物模型、圖片、動畫影片），以誘發興趣與推理。

(二)工具內涵

本工具分成「法則的歸納」、「證據的推衍」、「問題的驗證」三大向度。為了較真實的鑑知幼兒的科學性推理能力，各向度的因果法則，均非幼兒先前信念的延續，以避免其僅運用舊經驗進行類推。

「法則的歸納」主要在檢視幼兒是否能從一系列的展示事例中，歸納出因果法則？此為歸納性推理。本向度主要參考 Ruffman 等（1993）, Gopnik 等（2001）, Schulz 等（2004）, Sobel 等（2004）的研究，並將其證據類型加以整合，明確畫分為「直接證據」與」「間接證據」二類別，並層次性的提昇變項數（由單變項擴增至雙變項），以細部檢視幼兒的推理能力。「直接證據」為較初階推理，主要在瞭解幼兒是否能辨明展示事例中的共變性（某一變項與某一效果之間，有一致性的關聯）與非共變性（某一變項與某一效果之間，僅隨機性的關聯），找到因果法則？此類題展示物件係逐一呈現，幼兒

可直接作線索的比對，推理上較為單純直接，共4題，每題1分。「間接證據」則為較進階推理，主要在瞭解幼兒是否能從不完整的展示事例中，找到因果法則？此類題展示物件係配對呈現，幼兒無法直接作線索的比對，推理上較為複雜轉折。在其中，安排「唯一可能」與「非唯一可能」二種型式，以探測幼兒的推理策略，共2題，每題1分。基於幼兒語文能力的侷限，法則歸納能力的測試，不用語文表達的方式來實施（亦即幼兒無需說出法則為何？），改以較直接的方式進行（讓幼兒直接預測測試事例的效果），此方式可免除幼兒因表達能力不佳所造成的干擾，有利於較準確評估其能力。本向度展示事例以程式動畫呈現，實例舉隅見圖1。

「證據的推衍」係前一向度的反向設計，主要在檢視幼兒是否能依據因果法則，有效推衍出一系列的支持性證據？此為演繹性推理。本向度主要參考 Klein（1998）的研究設計，研究者簡化施測用語、減少圖卡數（由8張減為4張），並將圖卡的排列範圍作較明確的限定（需排列在背景圖卡的範圍內），以符合幼兒的認知與語彙能力。此外，亦層次性的提昇變項數（由單變項擴增至雙變項），以細部檢視幼兒的推理能力。本向度探測，係以放風箏為主題，關鍵變項為風箏尾巴的長度，效果為風箏飛的高度。為了對照幼兒的因果推理，分成「因果性」與「非因果性」二類法則。「因果性法則」係強調關鍵變項與效果之間的必然關係，即：「長尾巴的風箏一定飛的高」，共2題，每題1分；「非因果性法則」則強調其間的非必然關係，即：「長尾巴的風箏不一定飛的高」，共2題，每題1分。此二類題，在告知幼兒法則後，請他們依照法則，將4個風箏（2個長尾巴，2個短尾巴）排放在背景圖的合宜高度

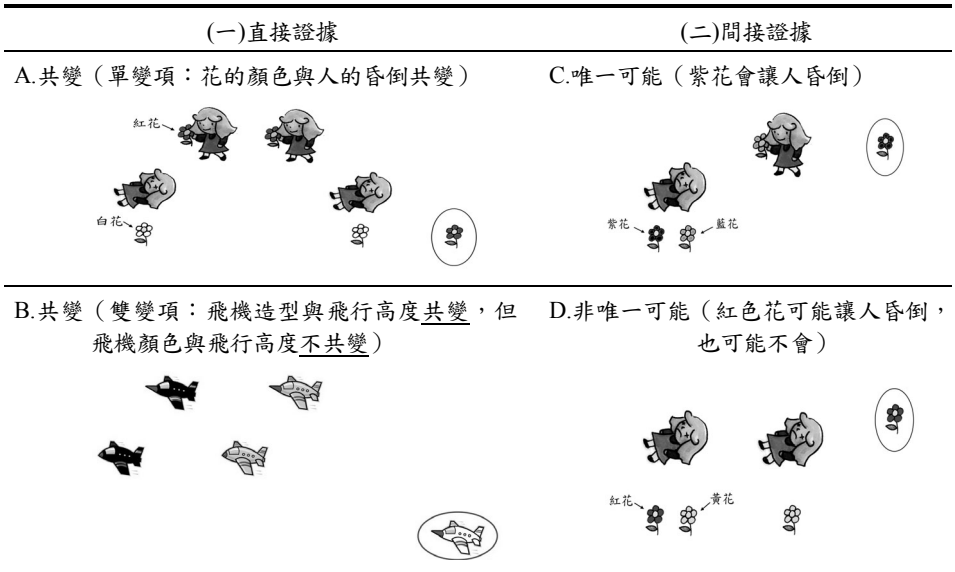


圖 1：「法則的歸納」試題舉隅

註：1.各試題均以動畫呈現效果（如：女孩聞花後昏倒、飛機起飛並飛行至不同的高度），上述 4 幅圖中，每幅圖的左側為展示事例，右側畫圈處為測試題，讓幼兒預測它的效果。

2.在間接證據的「唯一可能」試題中，如果造成昏倒是兩種顏色的花交互作用造成的，那麼單獨呈現紫花，就不會昏倒。為了限制這種情況，在前導活動中，研究者即明確的告訴幼兒：「只要一種花就可以讓人昏倒，只是不知道是什麼顏色的花，會讓人昏倒」。因此，該試題呈現唯一可能性。

上。據此探測幼兒是否能有效研判法則與證據間的符合性？本向度施測以大幅圖卡並配合實際操作進行，相關圖卡見圖2。

「問題的驗證」主要在檢視幼兒是否能依據待解決問題，形成具有驗證性的設計？[2] 此類推理涉及後設能力。本向度主要參考 Sodian 等（1991）的研究，研究者重新設計問題情境，使之更具層次性與挑戰性，其中，融入不同暗示程度的線索（明確或隱微），以細部檢視幼兒的推理能力。本向度分成「包容性」與「排除性」二類推理問題來進行規畫，前者僅作為參照之用，後者才是本向度的核心設計。「包容性」在於要求孩子找到某關鍵因素來「包含所有的可能性」，此類題為較初階推理，係作為後續「排除性」推理的對照之用，將以「餵食作業」（feed task）實施，共2題，每題1分。例如：森林中每晚都有鳥會來吃小蟲，但不知是長嘴鳥或短嘴鳥，如果想餵牠們，要將小蟲物放在淺洞或深洞裡，他們才吃得到？「排除性」則在於找到某關鍵因素來「過濾出唯一的可能性」，此類題為較進階推理，為本向度最關鍵設計，將以「查明作業」（find out task）實施。例如：森林中每晚都有鳥會來吃小蟲，但不知是長嘴鳥或短嘴鳥，如果想知道晚上是誰來過，要將小蟲放在深洞或淺洞，才能知道真正的答案？本類題，含兩個故事主題，分別為「長嘴鳥與短嘴鳥」、「高狗與矮狗」，此二者具有不同程度的線索暗示度，可探測幼兒思考的轉變。此外，為了細部追蹤幼兒推理的侷限，並安排系列性提問，來評估幼兒對關鍵性線索的敏銳度，共8題，每題1分。本向度展示事例以程式動畫呈現，實例舉隅見圖3。

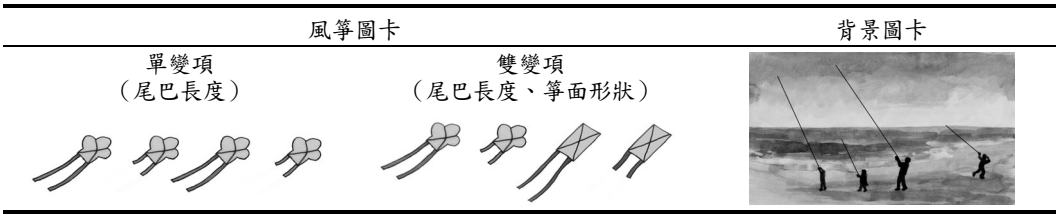


圖 2：「證據的推衍」施測圖卡

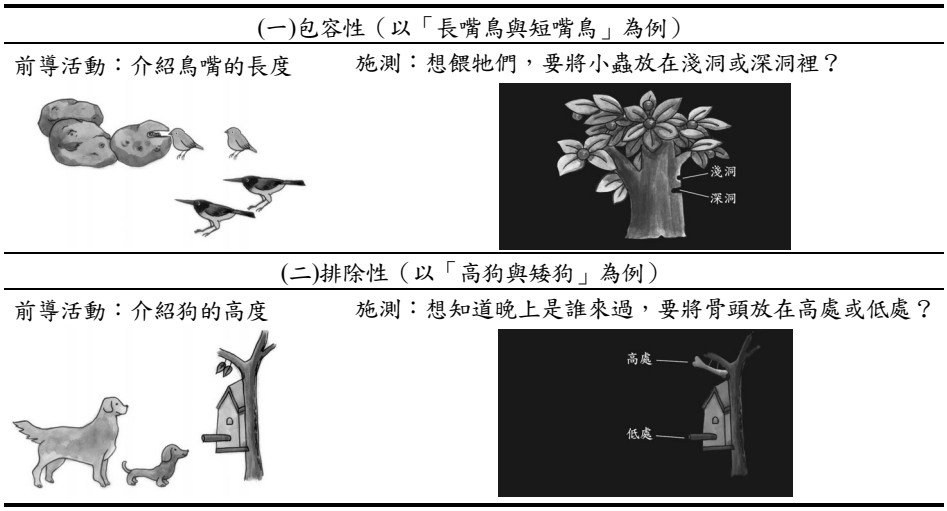


圖 3：「問題的驗證」試題舉隅

本工具在初步編製後，共預試二次（每次4名幼兒，3～6歲各1人），並於呈現類別、順序、提示語、分析型態上，請益科學教育學者2人、認知心理學與評量學者1人、幼兒發展學者1人，及資深幼教師2人，多次修訂以至定稿。其架構與內涵，請參閱表1。

表 1：「三～六歲幼兒科學性推理評量表」之檢視架構與內涵

向度	具體內容	實施方式
一、法則的歸納		
(一)直接證據	**分析重點：** 是否能從完整可直接比對的展示事例中，找到因果法則？ **試題內容：** 1.共變（含單變項及雙變項），共 2 題，分別為花與昏倒、飛機與飛行高度。 2.非共變（含單變項及雙變項），共 2 題，分別為食物與胖、狗與奔跑速度。 **呈現型態：** 程式動畫為主，圖片為輔。	1.前導活動，請幼兒當偵探。 2.動畫呈現 4 個展示事例。 3.呈現測試題，提供 3 個選項，讓幼兒推測可能結果。 (1)會…？ (2)不會…？ (3)都有可能？
(二)間接證據	**分析重點：** 是否能從不完整、需經轉換的展示事例中，找到因果法則？ **試題內容：** 主題為「花與昏倒」 1.唯一可能，1 題。 2.非唯一可能，1 題。 **呈現型態：** 程式動畫為主，圖片為輔。	1.前導活動，請幼兒當偵探。 2.動畫呈現 2 個展示事例（第一個展示含 2 種花色）。 3.呈現測試題，提供 3 個選項，讓幼兒推測可能結果。 (1)會昏倒？ (2)不會昏倒？ (3)都有可能？
二、證據的推衍		
(一)因果性法則	**分析重點：** 是否能對因果法則，有效推衍出一系列的支持性證據，形成關鍵變項與效果之間的共變關係？ **試題內容：** 主題為「放風箏」 1.單變項（箏尾長度），1 題。 2.雙變項（箏尾長度、箏面形狀），1 題。 **呈現型態：** 圖卡並配合實際操作。	1.前導活動，說明活動方式。 2.告知法則「長尾巴的風箏一定飛的高」。 3.呈現 4 個風箏，出現順序隨機。 4.請幼兒排列至背景圖合宜高度。
(二)非因果性法則	**分析重點：** 是否能對非因果法則，有效推衍出一系列的支持性證據，形成關鍵變項與效果間的非共變關係？ **試題內容：** （同上） **呈現型態：** （同上）	1.前導活動，說明活動方式。 2.告知法則。 (1)簡約用語「長尾巴的風箏不一定飛的高」。 (2)明確用語「….有時飛的高，有時飛的低」。 3.呈現 4 個風箏，出現順序隨機。 4.請幼兒排列至背景圖合宜高度。

表 1（續）

三、問題的驗證		
(一)包容性	**分析重點：** 是否能找到某關鍵因素來「包含所有的可能性」。 **試題內容：** 餵食作業 1.明顯線索（長嘴鳥與短嘴鳥），1 題。 2.隱微線索（高狗與矮狗），1 題。 **呈現型態：** 程式動畫為主，圖片為輔。	1.前導活動，動畫介紹鳥嘴長度與狗高度，並確認幼兒已熟悉。 2.動畫呈現測試事例，讓幼兒決定食物應放在淺洞或深度（低處或高處）？才能讓動物都吃得到。
(二)排除性	**分析重點：** 是否能形成具有驗證性的設計？找到某關鍵因素來「過濾出唯一的可能性」。 **試題內容：** 查明作業 1.明顯線索（長嘴鳥與短嘴鳥），4 題。 2.隱微線索（高狗與矮狗），4 題。 **呈現型態：** 程式動畫為主，圖片為輔。	1.前導活動，動畫介紹鳥嘴長度與狗高度，並確認幼兒已熟悉。 2.動畫呈現測試事例。 (1)讓幼兒決定食物應放在淺洞或深洞（低處或高處）？才能知道晚上是哪種動物來過。 (2)作系列性提問 A 非決定性證據： （食物在淺洞或低處，食物不見了） 讓幼兒推測是哪種動物來過？ B 決定性證據： （食物在深洞或高處，食物不見了） （食物在深洞或高處，食物還在） 讓幼兒推測是哪種動物來過？

三、實施程序、方法與資料分析

本研究實施程序含「樣本擇取」與「概念檢視」兩部分。「樣本擇取」主要考量幼兒的年齡分佈與家庭社經背景，使之有較明顯的年齡間距與代表性；而「概念檢視」則為本研究的主體，含有多項實施要點，其中，尤重語意的溝通與不同時點的訊息確認，以取得幼兒較真實的推理息。本研究資料分析含量化統計（年齡＊概念類別二因子變異數分析）及描述分析，其詮釋分析並商請科學教育與認知發展二名學者鑑定。茲將本研究實施程序、方法與資料分析，整理如表2所示。

肆、結果與討論

一、法則的歸納

幼兒對於一系列證據，是否能有效歸納因果法則？茲將幼兒在本向度各類題中的答對率與差異性考驗，整理如表3所示。

從表3可知，幼兒對於系列證據已能初步歸納因果法則。首先，在「直接證據」上，無論是共變或非共變情境，幼兒已能辨明某一特定因素是否具有關鍵性的影響力？答對率已達 .85以上，及至6歲時，此能力大致成熟。其次，在「間接證據」上，幼兒的表現則較為歧異，在「唯一可能」的情境中，孩

表 2：實施程序、方式與資料分析法

實施程序	方式	資料分析
(一)樣本擇取	3～6 歲每年齡層擇取 20 人，男女各半，共 80 人；並調查家庭背景資料（家長職業與教育程度）。	1.年齡統計，計算平均數。 2.家庭背景資料百分比統計
(二)概念檢視	三向度試題，分 3～4 次完成。每次約 15～20 分鐘。必要時，由幼兒教師陪同，協助溝通語意。此概念檢視之要點為： 1.施測中隨時檢視幼兒在試題間的推理法則是否一致？一旦出現矛盾點，即進行不同時點的確認，以取得較真實的訊息。 2.必要時，配合幼兒反應，置換試題，以取得額外的訊息，探測其可能的推理機制。 3.以數位錄影及筆記作詳實紀錄。	1.統計分析： 「年齡＊概念類別」二因子變異數分析。 2.描述分析： 由研究者及二名資深教師進行資料的詮釋分析，並商請科學教育與幼兒認知發展學者鑑定，含(1)認知發展的侷限(2)概念萌發的跡象(3)思考機制的歸納等三者。評分者一致性 .92～.96。

表 3：3～6 歲幼兒在「法則的歸納」各類題之答對率與差異性考驗

推理類別	3 歲	4 歲	5 歲	6 歲	年齡間差異	
					$F(3, 152)$	事後比較
1.直接證據						
(1)共變	1.00（.00）	1.00（.00）	1.00（.00）	1.00（.00）	0	n.s
(2)非共變	.85（.33）	.93（.18）	.98（.11）	1.00（.00）	4.55**	3 歲<5、6 歲
類別間差異	$F(1, 76) = 8.12$**		共變＞非共變			
2.間接證據						
(1)唯一可能	.80（.41）	.90（.31）	.90（.31）	1.00（.00）	.94	n.s
(2)非唯一可能	.10（.31）	.25（.44）	.30（.47）	.45（.51）	2.95*	3 歲<6 歲
類別間差異	$F(1, 76) = 300.0$***		唯一可能＞非唯一可能			

註：（）內數值為標準差；* $p < .05$　** $p < .01$　*** $p < .001$

子的表現尚佳，各年齡答對率介於 .80～1.00 之間，頗能有效推測造成某特定結果的關鍵因素；然而在「非唯一可能」的情境下，孩子們則呈現「證據不足即作武斷推論」的傾向，答對率明顯銳減，答對率僅介於 .10～.45 之間，即使6歲幼兒，仍有超過半數的孩子，未能周密思考各種可能性，偏執的認定某因素的影響力。

為了更細部分析幼兒的思考，研究者將各試題答對率（共六題，No. 1～6），整理如圖4所示，並分析如下。

(一)具象比對的超越

從幼兒在共變情境（第1、3題）的答對率（1.00），可看出幼兒的因果推理已初具基礎，即使是3歲幼兒，已能從系列證據中找到關鍵變項，並作效果的預測。例如：在第1題中，能推測出花色與昏倒的關係，知道是白色的花讓人昏倒（見圖1之 A）；而在第3題中，幼兒甚至能超越顏色變項的干擾，推測出造型與飛行高度的關係，知道是尖型飛機才能飛得高（見圖1之 B）。而這種因果推理能力，並不全然來自於「測試事例與展示事例之間的單純比對」（亦即在展示系列中找到與測試事例相同的例子，而後陳述其效果），因為在第3題中，孩子並無法在展示系列中找到與測試事例完全相同的飛機，需

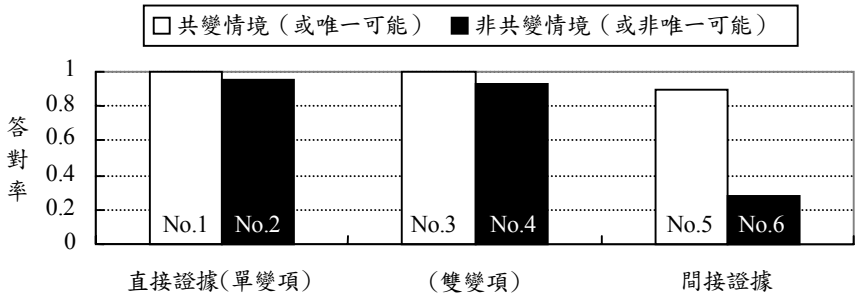


圖 4：3～6 歲幼兒在「法則的歸納」各試題之答對率

抽離出造型變項，才能有效預測，其中已隱含抽象化的思考。

(二)排除法的應用

孩子的思考策略，在第5、6題中有更明確的呈現。在第5題中，展示系列出現「紫花和藍花（昏倒）→藍花（不昏到）→紫花？」，90% 幼兒快速的推測：「紫花會讓人昏倒」（見圖1之 C）。反之，在第6題中，展示系列出現「紅花和黃花（昏倒）→黃花（昏到）→紅花？」，約70% 幼兒直覺的認定：「紅花不會讓人昏倒」（見圖1之 D）。易言之，孩子的因果推理的確不限於單純的比對，另有其他型式。在此類題中，他們似乎使用「排除法」進行推理。在第5題中，他們排除了「否（藍花**不會**讓人昏倒）」，剩下「是」，於是認為紫花**會**讓人昏倒；而在第6題中，排除了「是（黃花**會**讓人昏倒）」，剩下「否」，因此認為紅花**不會**讓人昏倒。排除法的思考策略，雖然協助幼兒快速推理，卻也使他們忽略變項的多重可能性，在第6題中，多數幼兒忽略紅花其實存有二種可能效果（昏倒或不昏倒都有可能），偏執的認定它只有一種可能性，答對率銳減至 .28。

(三)聚焦思考的效果

孩子們侷限於單一可能性，在非共變情境中（第2、4題），亦隱約可見。相較於共變情境，此類題的答對率較低，已達顯著差異水準，$F(1, 76) = 8.12$，$p < .01$。在此類題中，雖然變項的效果呈現多種可能性，部分幼兒仍會作單一的認定，忽略非共變性，強作共變的因果推測。而此現象主要出現在3歲階段，此年齡層約有20% 呈現這種跡象，至6歲時可完全改善。而此類偏誤應與幼兒思維的集中性（centration，只固著於單一向度或單一事物）息息相關。

鑑於第6題的低答對率，研究者作進一步的測試。當孩子推測：「紅花不會讓人昏倒」時，研究者追問：「有沒有可能會讓人昏倒？」，經此聚焦性提問，大多數孩子會思考片刻，而後修正答案：「有可能」。為了瞭解孩子的答案是否是語意暗示下的結果，研究者再次確認：「那麼，紅花是會讓人昏倒？還是不會讓人昏倒？」，孩子隨即明確的表示：「昏倒和不昏倒都有可能！」。答對率從 .28提昇至 .81。易言之，排除法的思考策略雖引導幼兒快速思考，並相對產生思考的疏漏，但在聚焦引導下，幼兒的思考仍有大幅修正的空間。

二、證據的推衍

幼兒對於因果法則，是否能有效推衍出一系列的支持證據？茲將幼兒在各試題的反應，逐步呈現以作細部分析。

(一)「因果性 vs.非因果性」的初步反應

單變項時，幼兒對「因果性」與「非因果性」法則的反應情形，如表4、圖5所示。

表 4：3～6 歲幼兒在單變項情境，「證據的推衍」之答對率與差異性考驗

推理類別	3 歲	4 歲	5 歲	6 歲	年齡間差異	
					$F(3, 152)$	事後比較
第 1 題：因果性法則（長尾巴風箏一定飛的高）	1.00（.00）	1.00（.00）	1.00（.00）	1.00（.00）	0	n.s
第 2 題：非因果性法則（長尾巴風箏不一定飛的高）	.10（.31）	.10（.31）	.30（.47）	.35（.49）	4.26*	3、4 歲<6 歲
類別間差異	$F(1, 76) = 305.31$***		因果性＞非因果性			

註：（）內數值為標準差；* $p < .05$　*** $p < .001$

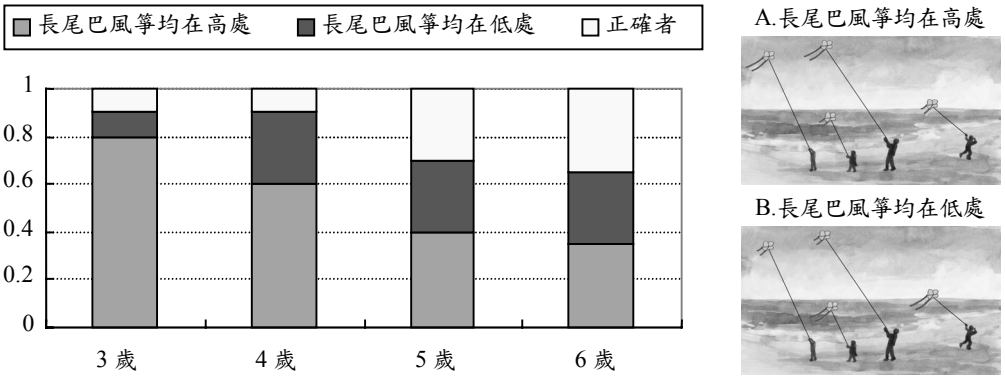


圖 5：3～6 歲幼兒在單變項「非因果性法則：不一定飛的高」的反應類型

從表4可知，相較於前一向度之「法則的歸納」（另見表3之直接證據欄），幼兒在本向度的答對率明顯較低。易言之，此二向度的因果推理，雖然都著力於分析證據與法則之間的關聯性，但對幼兒而言，由一而多（一法則而至多證據）似乎比由多而一（多證據而至一法則），更具挑戰性。

表4顯示，幼兒在「因果性」與「非因果性」的答對率明顯有別，$F(1, 76) = 305.31$，$p < .001$。前者答對率為1.00，而後者則介於 .10～.35之間。在「因果性法則」中，所有孩子均能有效的將2個長尾巴風箏排在高處，2個短尾巴風箏排在低處，建構「變項與效果」之間一致的共變關係（見圖5之 A）。然而，在「非因果性法則」中，仍有半數以上的孩子維持這種排法，無視於「不一定」這個詞彙。從圖5可看出，此類固著現象愈年幼愈易發生（3歲組有80% 出現這種傾向），及至6歲仍未完全改善。再者，在「非因果性法則」中的另一種明顯的錯誤類型，是以反向方式來呈現證據，這些幼兒當聽到「不一定飛的高」時，隨即將所有的長尾巴風箏箏都移到低處（見圖5之 B）。從施測現場看來，孩子對於非一致性的情況，顯得極為侷促，在運思歷程中，與晚近心智理論（theory of mind）的研究發現相似，發現孩子出現執行功能（executive function）的問題，亦即：「較無法有效抑制其先前信念或注意力的慣性焦點，處理衝突性的線索」的現象（Carlson & Moses, 2001; Hala & Russell, 2001; Hughes & Ensor, 2007; Simpson, Riggs, & Simon, 2004）。

(二)「簡約 vs.明確」用語的引導效果

鑑於幼兒對非因果法則的推理侷限，研

究者改以較明確的用語來探測，將法則用語由「不一定」改為「有時…有時」，此用語較明確指出兩種可能狀況（飛的高與飛的低）。幼兒的反應如表5所示。

從表5可知，不同用語對幼兒的答題反應的確有不同的影響，在「明確用語」中，幼兒的答對率大幅提昇，即使3歲幼兒亦有60% 能推衍出非因果法則的系列證據，讓「尾巴長度」與「飛的高度」呈現非共變關係。從年齡間的事後比較可看出，此用語對4歲幼兒尤有助益，其答對率與6歲組已無顯著差異（簡約用語時，4歲答對率顯著低於6歲組）。

幼兒在「明確用語」的較佳表現，可能來自於兩個原因：其一，也許有些孩子並不完全瞭解「不一定」是什麼意思，尤其是3歲幼兒，於是當施測者進一步告知：「不一定飛的高的意思就是有時飛的高、有時飛的低」，語意的澄清使他們減緩因誤解題意所造成的偏差推理；其二，對於已懂「不一定」意涵的孩子，明確指出「飛高」、與「飛低」二種狀況，有助於線索的突顯，甚至協助他們依照此詞彙作配對式的思考，於是能有效的將2個長尾巴的風箏分別放在高處與低處。雖然，配對式思考能協助答題，但幼兒在本類題中能有效答題，並非僅依賴這種能力，因為對於短尾巴風箏，他們仍需作抽象推理，推測出它也會「有時飛的高，有時飛的低」，於是當4個風箏（2個長尾巴、2個短尾巴），隨機出現時，幼兒才能依序將風箏排在適當的高度。易言之，即使以明確用語來呈現非因果性法則，幼兒在非因果法則的證據推衍上，仍需抽象推理。

(三)「單變項 vs.雙變項」的進階類化

為了更進一步瞭解幼兒的抽象化能力，本研究亦設計「雙變項」情境進行對照，幼兒的反應如表6所示。

從表6可知，在「雙變項」情境中，幼兒仍有不錯的答對率。尤其在「因果性法則」中，即使有干擾變項（箏面形狀），他們仍可明確掌握關鍵變項（尾巴長度）與效果（飛的高度）之間的共變關係，使長尾巴的風箏都飛的高，答對率1.00。此答對率與「單變項」完全相同，$F(1, 76) = 0$，$p = 1.00$。而在非因果法則中，幼兒在「雙變項」的答對率略低於「單變項」，$F(1, 76) = 6.84$，$p < .05$，但整體答對率差異不大（.73 vs. .80），其間的差異主要發生在3歲階段。換言之，對4歲以上幼兒而言，他們對雙變項的掌握仍具有不錯的水準，即使變項較多，仍能依據法則推衍出一系列證據。此類思考大致涉及兩層面的超越：一是「變項的超越」，亦即超越干擾變項，萃取關鍵變項，找到「不同形狀的長尾巴風箏」（見圖6之 A、B 風箏）；二是

表 5：非因果性法則中，幼兒對不同用語的反應答對率與差異性考驗

用語型態	3 歲	4 歲	5 歲	6 歲	年齡間差異	
					$F(3, 152)$	事後比較
簡約用語 （長尾巴風箏不一定飛的高）	.10（.31）	.10（.31）	.30（.47）	.35（.49）	4.26*	3、4 歲<6 歲
明確用語 （長尾巴風箏有時飛的高、有時飛的低）	.60（.50）	.70（.47）	.90（.31）	1.00（.00）	4.38**	3 歲<6 歲
類別間差異	$F(1, 76) = 109.59$***		明確語＞簡約語			

註：（）內數值為標準差；* $p < .05$　** $p < .01$　*** $p < .001$

表 6：3～6 歲幼兒在「證據的推衍」單變項 vs.雙變項試題之答對率與差異性考驗

推理類別	3 歲	4 歲	5 歲	6 歲	年齡間差異	
					$F(3, 152)$	事後比較
因果性法則（單變項）	1.00（.00）	1.00（.00）	1.00（.00）	1.00（.00）	.00	n.s
（雙變項）	1.00（.00）	1.00（.00）	1.00（.00）	1.00（.00）	.00	n.s
類別間差異	$F(1, 76) = 0$			n.s		
非因果性法則（單變項）	.60（.50）	.70（.47）	.90（.31）	1.00（.00）	4.41**	3 歲<6 歲
（雙變項）	.40（.50）	.70（.47）	.80（.41）	1.00（.00）	8.26***	3 歲<5、6 歲
類別間差異	$F(1, 76) = 6.84$*		單變項＞雙變項			

註：（）內數值為標準差；** $p < .01$　*** $p < .001$

長尾巴的風箏不一定飛的高

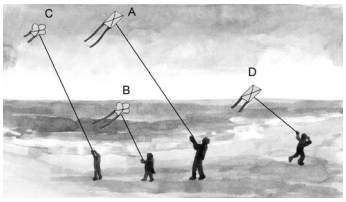


圖 6：「證據的推衍」雙變項非因果性法則正確反應舉隅。

「法則用語的超越」，亦即超越既有的描述語，推測其餘狀況，揣想短尾巴風箏的飛行況狀（見圖6之 C、D 風箏）。孩子的抽象思考能力，在此可略見端倪。

三、問題的驗證

幼兒是否能依據待解決問題形成具有驗證性的設計？茲將幼兒在各試題的反應，逐步呈現以作細部分析。

(一)「包容性 vs.排除性」情境的初步反應

幼兒對「包容性」與「排除性」試題的反應情形，如表7。

表7顯示，幼兒在「包容性」與「排除性」的答對率明顯有別（F 值 = 64.42，$p < .001$），前者答對率為幾近1.00，而後者則介於 .50～.90之間。在「包容性」中，除了極少數3歲幼兒外，所有孩子均能有效的推測，若想要餵食，應該將食物放在淺洞裡（長嘴鳥與短嘴鳥題），放在低處（高狗與矮狗題），才能讓動物們都吃得到。然而，在「排除性」中，約有1/3以上的3～5歲幼兒維持這種推理，認為若想查出到底晚上是哪一種動物來過，還是應該將食物放在淺洞與低處，未能主動覺查此安排，一旦食物被吃掉了，仍無法查出真相。此類固著現象愈年幼者愈易發生（3歲組50% 有此傾向），及至6歲時才明顯改善。易言之，在5歲以前，孩子們

表 7：3～6 歲幼兒在「包容性 vs.排除性」情境之答對率與差異性考驗

推理類別	3 歲	4 歲	5 歲	6 歲	年齡間差異	
					$F(3, 152)$	事後比較
包容性（feed：讓牠們都吃得到）	.95（.15）	1.00（.00）	1.00（.00）	1.00（.00）	.18	n.s
排除性（find out：查出究竟是誰？）	.50（.40）	.55（.43）	.65（.40）	.90（.21）	8.96***	3～5 歲<6 歲
類別間差異	$F(1, 76) = 64.42$***		包容性＞排除性			

註：（）內數值為標準差；*** $p < .001$

較無法主動思考多重可能性，敏銳的找到關鍵點來設計測試性的情境。此結果擴展 Sodian 等（1991）的研究，更明確探測出此類推理的萌發年齡。

(二)「非決定性 vs.決定性」證據的判斷推理

鑑於幼兒對「排除性」情境的思考侷限，研究者以較明確的細步提問，進一步分析幼兒的推理。其中包含「非決定性」、「決定性」二類證據，讓幼兒推測「是誰來過？」，以檢視幼兒思考的周密性。幼兒的反應如表8所示。

從表8可知，幼兒對於不同的證據類型，其反應情形的確不同，$F(2, 152) = 51.23$，$p < .001$。然而主要差異並不在於「非決定性證據 vs.決定性證據(1)」之間。表8顯示，此二者的答對率相同，均介於 .93～1.00之間。在其中幼兒有相當準確的推理，知道若食物放在淺洞或低處，一旦食物不見了，那麼晚上來過的動物會有二種可能性（長嘴鳥或短嘴鳥都可能；高狗或矮狗都可能）；反之，若放在深洞或高處，一旦食物不見了，那麼來的動物是誰？必可確定。

孩子們對於證據類型的推理侷限，主要出現在決定性證據(2)，答對率僅介於 .35～.90之間，尤以3歲幼兒為然，近2/3的3歲幼兒，雖然明顯聽到動畫中夜晚有狗（或鳥）的叫聲，然而，一旦他們看到清晨的畫面（食物還在），常直覺的認定：「所有的動物都沒有來！」。孩子的推理是否僅是一種偏差的推理？或仍具若干合理性？頗值得推敲。從真實生活中看來，「食物還在」其實有三種可能性，一是「都有來，但都沒吃（沒意願吃）」，二是「矮狗（短嘴鳥）來，但吃不到（沒能力吃）」、三是「都沒來」，在三種可能性當中，愈年幼的孩子顯然更偏愛第三種答案。而當研究者追問：「可是晚上有狗（或鳥）的叫聲吔！」，孩子或有躊躇，但仍有人堅定的說明：「那是在很遠的地方叫的！」。

為了更進一步澄清問題情境，研究者補充第二問句：「是誰來過但吃不到？」，使本題界定得更周嚴，結果孩子的答對率大幅提昇（見圖7），已近1.00。即使是3歲答對率亦達 .95。換言之，若界定明確，幼兒的表現仍佳。而從此系列試題的相關測試中，可概略發現幼兒的思考傾向。首先，相較於抽象的構思（見表7之排除性 find out 試題），幼兒對於明確呈現證據，已能極有效的研判其結果，此現象說明：孩子對於排除性（find out）試題的錯誤反應，主要應不在於他們無法研判證據，而是在於他們無法自行聯想到多種證據，以致影響其設計實驗的能力。其次，孩子的思考存有一個基本的鏈結，以減輕其思考的負荷，從答錯的反應中，可發現

表 8：3～6 歲幼兒在「非決定性 vs.決定性」證據之答對率與差異性考驗

推理類別	3 歲	4 歲	5 歲	6 歲	年齡間差異	
					$F(3, 228)$	事後比較
非決定性證據（淺洞或矮處，食物不見）	.93（.24）	1.00（.00）	1.00（.00）	1.00（.00）	.71	n.s
決定性證據(1)（深洞或高處，食物不見）	.93（.18）	1.00（.00）	1.00（.00）	1.00（.00）	.71	n.s
決定性證據(2)（深洞或高處，食物還在）	.35（.33）	.75（.34）	.85（.34）	.90（.21）	29.31***	3 歲<4～6 歲
類別間差異	$F(2, 152) = 51.23$***		非決定性證據、決定性證據(1)＞決定性證據(2)			

註：（）內數值為標準差；*** $p < .001$

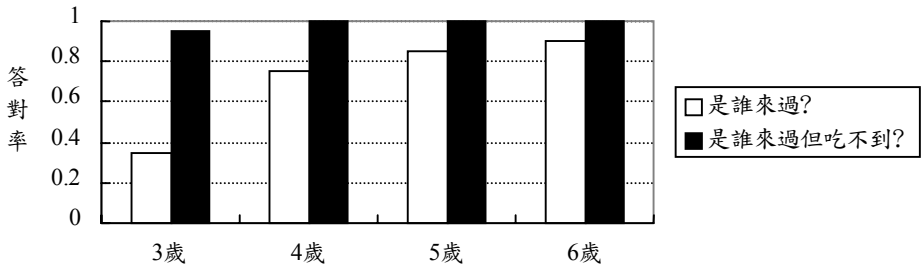


圖 7：3～6 歲幼兒對「非決定性證據(2)」不同提問下的反應情形

「食物不見→有動物來過；食物還在→沒動物來過」是他們推理的主軸，此推理式態同步呈現幼兒思考的結構性與集中性，雖有助於幼兒快速推理，但亦顯現其對衝突性線索（食物還在→有動物來過）未能周密考量的缺失。

(三)「明確 vs.隱微」線索的差異反應

為了進一步分析幼兒在不同明顯度線索（明確 vs.隱微）的反應差異，研究者將幼兒在「長嘴鳥與短嘴鳥」、「高狗與矮狗」二試題的答對率分別呈現，以作較細部的對照。前者線索較明確，洞的深度與鳥嘴的長度可明顯對應；而後者線索較隱微，食物放置的高度與狗的高度並未直接對應（仍需進一步考量狗跳躍後的高度），由於排除性（find out）試題是系列試題中最關鍵性試題，因此以該類題作為分析焦點。幼兒反應如表9所示。

從表9可知，在幼兒對「明顯線索」的答對率高於「隱微線索」，$F(1, 76) = 11.92$，$p < .001$，尤其是4歲幼兒，對此線索的差異顯為更為敏感。由於排除性（find out）試題，在推理歷程中，所需的運思量已多（需考量多種可能性），因此線索若亦需再轉換，幼兒在推理中自然顯得更侷促，此二線索的整體答對率相差20%。

然而，經由系列提問（含非決定性與決定性證據的推理），而後讓幼兒重新思考排除性（find out）問題，孩子的答對率明顯提昇（初步推理為 .40～1.00；再次推理為 .80～1.00），在此之際，明顯線索與隱微線索不再具有關鍵性的影響力，幼兒在此二線索中的答對率相當，$F(1, 76) = 2.11$，$p = .15$。此現象似乎說明，幼兒在本研究「問題的驗證」的推理中，其思考的侷限主要並不在於

表 9：3～6 歲幼兒在「明顯 vs.隱微」線索之答對率與差異性考驗

線索型式	3 歲	4 歲	5 歲	6 歲	年齡間差異	
					$F(3, 152)$	事後比較
初步推理						
明確（長嘴與與短嘴鳥）	.60（.50）	.70（.47）	.70（.47）	1.00（.00）	2.96*	3 歲<6 歲
隱微（高狗與矮狗）	.40（.50）	.40（.50）	.60（.50）	.80（.41）	3.62*	3、4 歲<6 歲
類別間差異	$F(1, 76) = 11.92$**			明確＞隱微		
系列提問後再次推理						
明確（長嘴與與短嘴鳥）	.90（.31）	.90（.31）	1.00（.00）	1.00（.00）	1.18	n.s
隱微（高狗與矮狗）	.80（.41）	.90（.31）	1.00（.00）	1.00（.00）	3.24*	3 歲<5、6 歲
類別間差異	$F(1, 76) = 2.11$			n.s		

註：（）內數值為標準差；**$p < .01$　***$p < .001$

他們無法推理，而在於他們無力於同時作多量的思考。其中可能存有二個問題，一是他們「缺乏系統性的思考策略」，在面對多重問題時，無法有策略的規畫思考步驟，此為後設認知的問題；二是他們的「工作記憶空間不足」，無法同時處理大量訊息。當循序提問時，無形中提供孩子思考的步驟，同時亦降低運思的訊息量，使其工作記憶的負荷大幅減輕，因此即使僅是單純提問（未給予提示或回饋），孩子對現象的辨明與多重可能性的覺察，立即顯得精準。反之，若整合提問，則使幼兒顧此失彼，無法兼顧各種線索，致生偏誤。

伍、綜合討論

一、超越侷限之外（侷限中仍有推理潛能）

孩子能作抽象推理嗎？本研究呼應晚近發展心理學者的積極性觀點 （Baillargeon, 2004; DeLoache et al., 1998; Gelman, 2003; Inagaki & Hatano, 2002; Mandler, 2004; Ruffman et al., 1993; Sodian et al., 1991; Spelke & Kinzler, 2007），進一步肯定幼兒在科學性推理上的潛能。

有別於先前研究設計，研究者以非語文的測試方式（讓孩子直接預測效果，而非語文解說）、層次性的探測結構（漸進提昇試題複雜度，輔以聚焦性的系列提問），更細部的瞭解幼兒在推理上的萌發與轉變。相較於 Kuhn 等（1988）, Kuhn 等（1995）所強調「孩子的不能」，本研究發現：即使3歲幼兒已能從系列證據中找到因果法則，並已初步進入複雜變項的處理層次（雙變項，或間接性線索）。相較於 Tschirgi（1980）, Schauble（1990）所強調「孩子的不能」，本研究亦發現：幼兒已能針對待解決的問題，形成驗證性設計，在「單一測試即可驗證」的問題情境中，6歲孩子已能極有效的判定關鍵性的驗證方式。尤有進者，若輔以聚焦性的系列提問，3歲幼兒亦可在此思考的引導中，形成有效的驗證性設計。幼兒的能，實則顯示：他們已初步萌發抽象性思考能力。研究者近年來對幼兒概念發展的研究上，亦再再呼應此發現，顯示出幼兒的推理潛能（莊麗娟，2004，2006，2007，2008a，2008b，2008c，2009）。

此外，在層次性的探測結構中，我們也發現幼兒推理的侷限。例如：在可能性不只一種時（如「法則的歸納」之「非唯一可能」試題）、在需要調解衝突性線索時（如「證據的推衍」之非因果性法則）、在需要自行預知多種可能結果時（如「問題的驗證」之排除性試題）。面對衝突性或多元性的情境，幼兒則顯得較為侷促。然而此類侷促，可能不在於他們無法作抽象思考，而在於他們較缺乏系統性策略，無法同時處理大量訊息。因為若透過明確性聚焦或系列性提問，此類思維的偏誤，即可自行改善。換言之，年幼孩子在科學性推理上存有如晚近學者（林緯綸、連韻文，2001; Carlson & Moses, 2001; Frye, Zelazo, Brooks, & Samuels, 1996; Hala & Russell, 2001; Kyllonen & Christal, 1990; Simpson et al., 2004）所言「執行功能」（executive function）及工作記憶（working memory）上的缺失。

二、超越直覺之外（直覺外仍有邏輯性思維）

孩子已進入推估因果結構的思考層次嗎？本研究提出反證。有別於 Gopnik 等（2001）, Sobel 等（2004）的樂觀評估，研究者發現幼兒對於機率的因果結構，並不具有明確的概念。在一些具有機率推估的試題

中，孩子的反應，其實相當原始。本研究中，此類題以間接證據的型態來呈現，安排兩種型式相仿但推理性質不同的試題，即「唯一可能」與「非唯一可能」（見圖1之 C、D）。理論上，幼兒若能推估機率的因果結構，就應該同時答對這兩題。但事實上，幼兒的高答對率只出現在第一題。有70% 的孩子，在這兩題中，一致性的採用單純的排除法來解題（若 A 為否，則 B 為是；反之，若 A 為是，則 B 為否），於是在第二題中，明顯忽略紅花有「是」與「否」兩種可能。排除法的運用，雖然已超越聯結（association）模式，但孩子對於機率的覺察，並不如學者們的想像。

然而，即使幼兒無法精確的估算機率，他們思考亦非只是一種粗略的直覺。經由多層次的認知探測，我們仍發現其中的邏輯性。

首先，我們發現幼兒可以自行分析變項，刪除無關變項，萃取關鍵變項。「飛機與飛行高度」即是明顯的例證。在展示期間，分別出現4架不同的飛機（灰色尖頭、灰色圓頭、黑色尖頭、黑色圓頭），此4架飛機造型不同，可飛至不同的高度。測試題出現一架白色尖頭飛機，要求孩子預測它可以飛的高度。在僅以圖示未作口語提示的施測過程中，3歲以上幼兒已能極有效的排除無關變項，找到關鍵變項，作合理的預測。

其次，幼兒可以因應狀況所需，反向類推法則。「風箏」試題即是明顯的例證。此類題先告知法則，而後要求孩子依法則將4個不同的風箏（方形長尾、方形短尾、圓形長尾、圓形短尾），排放在合宜的高度。法則中僅告知長尾的情況，如「長尾巴的風箏一定飛得高」或「長尾巴的風箏不一定飛得高」。由於4個風箏隨機出現，並需依出現順序排列，在此過程中，一旦出現短尾風箏，幼兒即需立刻反推法則，以排放到合理的位置。在配合動作操作的施測歷程中，4歲以上幼兒已能有效答題。一般而言，反向推理難度較高（Frye, Zelazo, & Palfai, 1995; Li, Zheng, X. Gao, S. Gao, & Lin, 2005），已非直覺所能勝任。

此外，幼兒可以自行評估多種可能性，找到關鍵點，來過濾出唯一的可能性。「排除性（查明作業）」即是明顯的例證。此類題，要求孩子查明晚上是大狗或小狗來過？因此，需研判應該把骨頭放在高處或低處，以進行查證。該類題難度頗高。一者，骨頭放的高度，亦需考量狗跳躍後的高度；二者，不同的放置高度，會形成不同的可能性，幼兒需作後設性的評估。在配合動畫呈現臨場效果的施測過程中，6歲孩子已能有效解題。換言之，幼兒的科學性推理已非 Kuhn（1989）, Gopnik 等（2001）論及的「非意識性」層次，其中已隱含邏輯性的分析，並略具後設性的理解。

陸、結論與建議

為了澄清晚近發展心理學者的研究疑點，較深入瞭解學前幼兒的科學性推理，本研究擴展國外研究設計（Gopnik et al., 2001; Klein, 1998; Ruffman et al., 1993; Schulz et al., 2004; Sobel et al., 2004; Sodian et al., 1991），以較完整、明確、深入的方式，檢視80名3～6歲幼兒在「法則的歸納」、「證據的推衍」、「問題的驗證」上的科學性推理，相較於早期研究成果，本研究更明確探測出生命早期各類推理的萌發與侷限：(1)3歲幼兒已能從系列證據中，歸納出因果法則，其思維已超越具體比對的層次，另涉及抽象的策略；唯對於「間接證據」，較無法周密的思考各種可能性，產生偏執的推論；(2)3歲幼兒已能依據特定法則，推衍出一系列的支持性證

據，唯在「非因果性」情境中，較無法處理衝突性線索，呈現執行功能的缺失；(3)在「單一測試即可驗證」的問題情境中，6歲孩子已能極有效的判定關鍵性的驗證方式。若輔以聚焦性的系列提問，3歲幼兒亦可在此思考的引導下，形成驗證性設計。整體而言，在科學性推理上，幼兒已超越直覺層次，隱含邏輯性的思維潛能。

唯上述研究結果，仍有待修正與開發的空間：(1)由於樣本廣度的不足，我們仍無法確認科學性推理是否有跨文化的普遍性？(2)由於探測結構的疏漏，對於較高難度的推理類別（如「非唯一可能性」），我們仍無法鑑知孩子真正的障礙點是什麼？以及思維轉變的關鍵點是什麼？(3)由於研究向度的不全，對於「問題的驗證」，我們仍未超越構念層面（僅簡易的構想如何驗證問題），涉及行動層面（進行具體操弄與系統性驗證），因此仍無法窺探孩子問題驗證能力的全貌，探知「構想」與「行動」之間，究竟存有哪些不同的成分能力？

有關因果思考的探討，方興未艾，近年來另有學者從「生物因果」領域中，追蹤嬰幼兒的推理（Gelman, Heyman, & Legare, 2007; Graham et al., 2004; Opfer & Bulloch, 2007），發現生命早期似具有抽象的期望架構（abstract expectation framework）。年幼的孩子似乎擁有各領域的先天核心知識（core knowledge）。這種核心知識，是一種抽象的架構，可引導孩子後續的學習（Spelke & Kinzler, 2007）。對照此類研究結果，不禁令人好奇，在涉及證據、假設、驗證的科學性推理上，是否亦具有先天的期望架構？此架構是領域特定？抑或具有跨領域性？各領域的互動歷程為何？轉化機制為何？凡此種種，應是未來可繼續追蹤的有趣議題。

最後，基於年幼孩子所呈現的推理潛能，未來幼兒科學教育的發展方向，似可朝三方面努力：(1)學習的主題，可適量的引入較抽象的概念。孩子的思維既然不限於直覺性，對於成因不明顯可見或抽象的科學現象（如浮沈、落體、物質微粒等），仍可嘗試讓孩子推測因果，以挑戰其思維；(2)學習的流程，可適度融入科學性的驗證歷程。孩子的推理既然已具有法則歸納、證據推衍、問題驗證的基礎能力，在科學探索的歷程中，可層次性的安排各式線索，提供思考架構，以精緻化幼兒思維；(3)學習的評量，可酌情在深度上作多樣性的設計。孩子既然已能在非語文、層次性的探測結構（難度漸進、聚焦提問）中，呈現推理潛能。評量內容可作多層次的開發，以呈現循序漸進的難度序階，透過具體實作、線索暗示、對照比對、聚焦性反思的鷹架型式，引導幼兒充分展現所學。

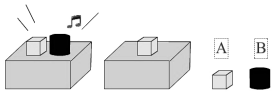
誌　謝

本研究感謝國科會的經費支助（NSC95-2511-S-153-012-MY2）；國立高雄師範大學科學教育研究所、特殊教育學系、國立屏東教育大學數理教育研究所、幼兒教育學系教授的指導。

註　釋

1.

Sobel 等（2004）之研究試題



screening off 的思維策略

- 若 c1、c2和 E 共變
- 若 c1和 E 共變（在缺 c2時）
- 但 c2和 E 不共變（在缺 c1時）
- 則 c1 screens-off c2，是 E 的真正原因

2.「問題的驗證」即一般所謂「假設的驗

證」，在科學教育研究中偏向採用後者的說法。然而，研究者考量到個體在設計驗證方式以澄清問題時，心中未必已建立明確的假設，特別是在毫無證據或線索可建立假設的情形下，此現象尤然。本研究即屬此類型，由於情境中並無可參考的線索，孩子們對於問題並無特定的猜測（假設），因此，才採用較保守的說法，以「問題的驗證」取代「假設的驗證」。

參考文獻

1. 全中平（2002）。**國民小學學童在力學概念學習之研究－運動與力、力矩及能量(II)**。行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告（NSC 90-2511-S-152-016）。台北市：國立台北教育大學自然科學教育系。
2. 林緯綸、連韻文（2001）。如何能發現隱藏的規則？從科學資優生表現的特色，探索提升規則發現能力的方法。**科學教育學刊，9**（3），299-322。
3. 林顯輝（2006）。**國小學童物理科學迷思概念研究－大氣壓力部份**。行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告（NSC 94-2511-S276-002）。屏東市：國立屏東教育大學自然科學教育系。
4. 邱美虹（2004）。**台灣地區中學生「粒子與化學平衡」概念之心智模式與成因之研究**。行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告（NSC 92-2522-S003-010）。台北市：國立台灣師範大學科學教育研究所。
5. 莊麗娟（2004）。三～六歲幼兒對重量概念的認知：本質認知與保留推理。**科學教育學刊，12**（2），159-182。
6. 莊麗娟（2006）。幼兒「重量概念」多元智能取向科學學習系統之建構。**教育研究集刊，52**（1），59-91。
7. 莊麗娟（2007）。三～六歲幼兒對重量概念的認知：基礎認知與現象推理。**科學教育學刊，15**（1），73-97。
8. 莊麗娟（2008a）。三～六歲幼兒對「物、洞、影」實存性辨識。**科學教育學刊，16**（1），1-23。
9. 莊麗娟（2008b）。幼兒「重量概念」多元智能取向科學學習系統之成效分析。**教育與心理研究，31**（1），97-131。
10. 莊麗娟（2008c）。三～六歲幼兒對運動起因與軌跡的認知。**科學教育學刊，16**（5），515-541。
11. 莊麗娟（2009）。三～六歲幼兒對生物本質的認知：內在結構、固有潛質、身分穩定性。**中華心理學刊，51**（1），1-20。
12. 莊嘉坤（2001）。**小學學生植物相關概念研究（子計畫三：植物光合作用概念研究）**。行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告（NSC 89-2511-S-153-019）。屏東市：國立屏東教育大學數理教育研究所。
13. 陳亦媛（2003）。**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**。國立臺灣大學心理學研究所碩士，未出版，台北市。
14. 謝州恩（2004）。**探究情境中國小學童科學解釋能力成長之研究**。國立臺灣師範大學科學教育研究所碩士論文，未出版，台北市。
15. Asgari-Targhi, M. (2006). *Babies do not play dice, either: An enquiry concerning cognitive development of causal reasoning in infants and young children*. Retrieved April 16, 2008, from http://www.informatics.sussex.ac.uk/research/groups/paics/e-int/archives/2006-06-29.html.
16. Baillargeon, R. (2004). How do infants learn about the physical world? Current Directions. *Psychological Science, 3*, 133-140.

17. Carlson, S. M., & Moses, L. J. (2001). Individual differences in inhibitory control and children's theory of mind. *Child Development, 72*, 1032-1053.
18. DeLoache, J. S., Miller, K. F., & Pierroutsakos, S. L. (1998). Reasoning and problem-solving. In D. Kuhn & R. S. Siegler (Eds.), *Handbook of child psychology* (Vol. 2, pp. 801-850). New York: Wiley.
19. Dunbar, K., & Klahr, D. (1989). Developmental differences in scientific discovery processes. In D. Klahr & K. Kotovsky (Eds.), *Complex information processing: The impact of Herbert A. Simon* (pp. 109-143). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
20. Flavell, J. H. (1985). *Cognitive development*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
21. Frye, D., Zelazo, P. D., Brooks, P., & Samuels, M. C. (1996). Inference and action in early causal reasoning. *Developmental Psychology, 32*(1), 120-131.
22. Frye, D., Zelazo, P. D., & Palfai, T. (1995). Theory of mind and rule-based reasoning. *Cognitive Development, 10*, 483-527.
23. Gelman, S. A. (2003). *The essential child: Origins of essentialism in everyday thought*. Oxford, England: Oxford University Press.
24. Gelman, S. A., Heyman, G. D., & Legare, C. H. (2007). Developmental changes in the coherence of essentialist beliefs about psychological characteristics. *Child Development, 78*(3), 757-774.
25. Gopnik, A., Sobel, D. M., Schulz, L. E., & Glymour, C. (2001). Causal learning mechanisms in very young children: Two-, three-, and four-year-olds infer causal relations from patterns of variation and covariation. *Developmental Psychology, 37*(5), 620-629.
26. Goswami, U. (1998). *Cognition in children*. UK: Psychology Press.
27. Graham, S. A., Kilbreath, C. S., & Welder, A. N. (2004). Thirteen-month-olds rely on shared labels and shape similarity for inductive inferences. *Child Development, 75*, 409-427.
28. Hala, S., & Russell, J. (2001). Executive control within strategic deception: A window on early cognitive development? *Journal of Experimental Child Psychology, 80*, 112-141.
29. Hughes, C., & Ensor, R. (2007). Executive function and theory of mind: Predictive relations from ages 2 to 4. *Developmental Psychology, 43*(6), 1447-1459.
30. Inagaki, K., & Hatano, G. (2002). *Young children's naive thinking about the biological world*. New York: Psychology Press.
31. Klein, P. D. (1998). The role of children's theory of mind in science experimentation. *Journal of Experimental Education, 66*(2), 101-124.
32. Kuhn, D. (1989). Children and adults as intuitive scientists. *Psychological Review, 96*, 674-689.
33. Kuhn, D., Amsel, E., & O'Loughlin, M. (1988). *The development of scientific thinking skills*. New York: Academic Press Inc.
34. Kuhn, D., Garcia-Mila, M., Zohar, A., & Andersen, C. (1995). Strategies of knowledge acquisition. *Monographs of the Society for Research in Child Development, 60*(4), 1-127.
35. Kyllonen, P. C., & Christal, R. E. (1990). Reasoning ability is (little more than) working-memory capacity?! *Intelligence, 14*(4), 389-433.
36. Li, H., Zheng, C., Gao, X., Gao, S., & Lin, C. (2005). The influence of complexity and reasoning direction on children's causal reasoning.

Cognitive Development, 20, 87-101.

37. Mandler, J. M. (2004). *The foundations of mind: Origins of conceptual thought*. Oxford, England: Oxford University Press.
38. McClelland, J. L., & Thompson, R. M. (2007). Using domain-general principles to explain children's causal reasoning abilities. *Developmental Science, 10*(3), 333-356.
39. Opfer, J. E., & Bulloch, M. J. (2007). Causal relations drive young children's induction, naming, and categorization. *Cognition, 105*(1), 206-217.
40. Piaget, J. (1929). *The child's conception of the world*. London: Routledge & Kegan Paul.
41. Piaget, J. (1930). *The child's conception of physical causality*. London: Routledge & Kegan Paul.
42. Rose, S. A., & Blank, M. (1974). The potency of context in children's cognition: An illustration through conservation. *Child Development, 45*, 499-502.
43. Ruffman, T., Perner, J., Olson, D. R., & Doherty, M. (1993). Reflecting on scientific thinking: Children's understanding of the hypothesis-evidence relation. *Child Development, 64*(6), 1617-1636.
44. Schauble, L. (1990). Belief revision in children: The role of prior knowledge and strategies for generating evidence. *Journal of Experimental Child Psychology, 49*(1), 31-57.
45. Schulz, L. E., Gopnik, A., & Glymour, C. (2004). *Preschool children learn causal structure from conditional interventions.* Retrieved July 20, 2007, from http://www.hss.cmu.edu/philosophy/glymour/schultzgopnikglymour2004.pdf.
46. Simpson, A., Riggs, K. J., & Simon, M. (2004). What makes the windows task difficult for young children: Rule inference of rule use? *Journal of Experimental Child Psychology, 87*, 155-170.
47. Sobel, D. M., Tenenbaum, J. B., & Gopnik, A. (2004). Children's causal inferences from indirect evidence: Backwards blocking and Bayesian reasoning in preschoolers. *Cognitive Science, 28*(3), 303-333.
48. Sodian, B., Zaitchik, D., & Carey, S. (1991). Young children's differentiation of hypothetical beliefs from evidence. *Child Development, 62*(4), 753-766.
49. Spelke, E. S., & Kinzler, K. D. (2007). Core knowledge. *Developmental Science, 10*(1), 89-96.
50. Tschirgi, J. E. (1980). Sensible reasoning: A hypothesis about hypotheses. *Child Development, 51*, 1-10.
51. Tytler, R., & Peterson, S. (2004). From "try it and see" to strategic exploration: Characterizing young children's scientific reasoning. *Journal of Research in Science Teaching, 41*(1), 94-118.
52. Yeany, R. H. (1986). Analyzing hierarchical relationships among modes of cognitive reasoning and integrated science process skills. *Journal of Research in Science Teaching, 23*(4), 277-291.
53. Yoachim, C. M., & Meltzoff, A. N. (2003, October). *Cause and effect in the mind of the preschool child.* Poster presented at the biennial meeting of the Cognitive Development Society, Park City, UT.

Scientific Reasoning of 3- to 6-Year-olds: Generalizing Rule, Generating Evidence and Testing

Li-Chuan Chuang

Department of Early Childhood Education, National Pingtung University of Education

Abstract

Aiming at understanding young children's scientific reasoning in order to clarify current issues in developmental psychology, this study traced 80 young children's causal thinking. The researcher extended current research designs and further explored children's generalizing rule, generating evidence and testing. Qualitative and quantitative analyses were employed after one-to-one interviews and the results revealed that: (1) 3-year-olds could already draw causal conclusion from evidence and employ abstract strategies without depending on concrete comparisons, (2) Based on given causality, 3-year-olds could generate serial evidence for supporting the given rules. However, in non-causal situations, they failed to employ the contradictory cues and therefore made more errors, (3) Supported with a serial of focused questions, 3-year-olds could formulate their testing design effectively. What they failed to show was the ability to process the massive information simultaneously, rather than to think abstractly. Inclusively, young children showed their potential for thinking logically without depending only on their intuition.

Key words: Causal Thinking, Evidence, Scientific Reasoning, Testing