科學教育學刊
2013, 第二十一卷第三期, 291-315
DOI: 10.6173/CJSE.2013.2103.03

Chinese Journal of Science Education
2013, 21(3), 291-315

三～六歲幼兒的天真古生物學——恐龍的結構與行為

莊麗娟* 侯天麗
國立屏東教育大學 幼兒教育學系

摘要

基於晚近心理本質論的新發現，認爲人類生命早期可能存有一種抽象的推理架構，協助幼兒進行生物因果推理。本研究進一步從較具挑戰性的角度，以幼兒不具經驗的古生物著手，模擬考古歷程，設計問題情境，深入的追蹤80名三～六歲幼兒對恐龍的結構與行爲的原發性推理。研究結果發現：(1)在結構方面，三歲已能從一系列化石結構的圖片，推測生物的類別，並能初步組合化石片斷，重構外形，推測恐龍的類別，此能力在六歲時接近成熟；(2)在行爲方面，三歲已能依據各部位的骨骼造型，推測恐龍的外在行爲，並能初步推測較適合生存的內在機制，此能力在六歲時尚在發展中。整體而言，在鉅觀的遠古物種系統中，幼兒的推理呈現本質論的思考傾向，並隨年齡增長而變異。

關鍵詞：天真生物學、心理本質論、因果推理、行爲、結構

壹、緒論

一、研究背景

(一)天真生物學的挑戰——幼兒已具因果推理能力

在人類生命的早期，經驗與知識都受到限制的幼兒，他們是如何了解生命世界的？

Piaget認爲幼兒是前因果的思考者(precausal thinking)，他們無法解釋生命現象，常以泛靈論(childhood animism)來說明非生命物體，認爲它是活著的(alive)，並且有意圖(intentionality)，混用了心理、物理與生物因果(Piaget, 1969)。之後，Carey (1985)挑戰Piaget的觀點，他指出：雖然幼兒並不具有成熟的生物因果推理，但他們以人類當作生物世界推論的標準與參考點，以心理意圖來解釋所有的生命現象，仍具有正向的推理功能，可以協助幼兒以類比方式來理解生命世界。

超越Piaget (1969)與Carey (1985)，Inagaki與Hatano (2002)進一步認爲，幼兒並非如Piaget所說的沒有邏輯，也並非如Carey強調只擁有心理知識，他們的研究發現，五歲幼兒對生命世界具有一種準理論的系統知識，而這些知識的隱然成形來自於特殊的推理方式，例如：人格化的類

*通訊作者：莊麗娟
(投稿日期：民國101年9月5日，修訂日期：民國101年11月21日，接受日期：民國101年12月26日)

比(personification，主動以最熟悉的人類經驗當作推理的來源)與維生導向的因果推理(vitalistic causal reasoning；認定維持生命是生物現象的重要原因)。換言之，幼兒對生物領域的因果推理已經具有基礎。而晚近兒童認知心理學的研究也相繼指出，幼兒對生命世界並非一無所知，他們對生命功能如消化、呼吸、生長、疾病、死亡乃至遺傳與演化，擁有萌發的概念，並能進行因果推理(Evans, 2001; Greif, Nelson, Keil, & Gutierrez, 2006; Inagaki & Hatano, 2006; Siegal & Peterson, 1999; Simon & Keil, 1995; Slaughter, 2005; Solomon & Johnson, 2000; Springer, 1996; Wellman & Gelman, 1992)。天真生物學(naïve biology)於焉誕生：幼兒像素人科學家一樣，對生物世界擁有連貫的準理論架構，並自成一格的成爲領域知識，可與其他心理及物理現象的推理明顯區隔。而在認知發展的過程中，先天驅力(innate constrains)與後天約束(sociocultural constrains)扮演著重要的角色，可促進或約束幼兒的學習。先天驅力驅動幼兒的注意力於特定領域的目標與現象，引導並約束幼兒在該領域的軌道內學習；後天約束則包括社會文化脈絡對幼兒學習的助力與約束，如該社會文化的工具器物或成人的教導(Astuti, Solomon, & Carey, 2004; Gottfried & Gelman, 2005; Inagaki & Hatano, 2002; Keil, 1994, 2007; Medin & Atran, 2004; Ross, Medin, Coley, & Atran, 2003; Wellman & Gelman, 1998)。

雖然天真生物學的觀點仍有待開發與修正之處，但它確實帶來新的挑戰：(1)Piaget (1969)看到幼兒認知發展的限制，天真生物學卻肯定幼兒的潛能，認爲他們可以主動篩選訊息，進行解釋與預測；(2)天真生物學主張幼兒的概念結構自成理論，是「理論的理論」(theory theory)。相較於成人的知識模組與專家學習，天真生物學嘗試描述幼兒知識與推理的連貫性(coherence)；(3)天真生物學強調領域性(domain)，先天驅力與後天約束，協助幼兒在不同的領域(如心理、物理、生物)，持守不同的思考軌道，進行因果學習，並在文化脈絡中延展。此一先天能力，引導幼兒有效區辨領域差異，進行有效的因果推理(莊麗娟，2009，2010a，2010b；Gelman, 2004; Gelman & Legare, 2011; Gopnik & Wellman, 1994; Gottfried & Gelman, 2005; Gutheil, Vera, & Keil, 1998; Inagaki & Hatano, 2002; Legare, Wellman, & Gelman, 2009; Strevens, 2000; Waxman, Medin, & Ross, 2007; Wellman & Gelman, 1998)。

(二)心理本質論的興起——幼兒可能具有抽象思考架構

天真生物學的觀點，同步帶動了認知發展的新思維，究竟幼兒是如何進行因果學習的？

從Piaget以來，認知發展理論的傳統，主張兒童的認知是遵循「從具體到抽象」的發展軌跡，認爲兒童的認知必須先透過具體的經驗或實例，才能轉化成抽象的原則(Piaget, 1969)，所以，抽象的能力是較晚期才發展的。但是，是否有可能兒童的認知發展是先有抽象架構才有具體經驗？相關學者指出，兒童的具體經驗仍是依據人類抽象的思考架構來詮釋與產生意義，如果人類沒有先天的思考架構，這些具體的經驗又如何被組織(Gottfried & Gelman, 2005; Simon & Keil, 1995; Wellman & Gelman, 1992)？晚近，心理本質論(psychological essentialism)的興起，讓我們重新思考人類生命的早期，是否隱然存在一種抽象的思考架構，引導著人類認知與詮釋外在世界？

Gelman (2004)提出心理本質論，描述幼兒時期對生物的獨特認知偏向。相對於Piaget (1969)認為幼兒是以感官與經驗來判斷，Gelman認為幼兒是依據內隱的原則來推論，她指出，幼兒在還不知道生物內在是如何運作時，已先確定生物內在確實隱含引導生命現象的原因(本質，essence)，此一抽象結構的期待，引導他們對生命世界的因果解釋(Gottfried & Gelman, 2005)。

到底何謂本質？英國哲學家Locke定義：“[Essence is] the very being of anything, whereby it is what it is.” (Locke, 1894, as cited in Gelman, 2000, p. 55)。本質就是一個物體所以成為它自己的原因。狗所以為狗，無論顏色、體型、品種，它都有一個內在不變的特質，而且非狗莫屬。幼兒在沒有生物經驗與知識時，他們是如何分類與推論的？心理本質論認為，幼兒對生物擁有一種核心信念，也就是：「同一類別的生物成員具有共同的本質，此本質決定並授與其身份(identity)，使之維持穩定性」。這種本質思維，無形中提供了孩子一個認知世界的思考策略，雖然幼兒可能並不知道生物的真正本質是什麼，但他們以本質為因，生物外在的特色為果。易言之，幼兒擁有生物因果的抽象期望(abstract expectation)，此一抽象期望協助他們推測生物的結構與行為。因此，三、四歲幼兒能超越外觀的相似性，有效的依據實驗者所給予的類別名稱，推測出不熟悉物體的內部(莊麗娟，2009；Graham, Kibreath, & Welder, 2004; Jaswal & Markman, 2007)；有效的依據內在的相似性(internal similarity)，推測不知名物體的類別(Diesendruck, 2001)；有效的依據實驗者所給予的標示，推測不知名生物的行為(Jaswal, 2004)；有效的依據生物的親代起源(origin)，推測不知名生物的特質及未來的外觀(Opfer & Bulloch, 2007)。這些本質論的研究一再顯示幼兒可以不依賴感官與經驗，進行生物因果的推理。Keil (2007)認為，在概念形成的初期，這種本質論的思考傾向，不失為一種助力與必要的機制，可化繁為簡，幫助人類早期的學習。

本質論的思考並非來自於感官經驗與後天學習，更不限於西方工業化社會的兒童(Atran et al., 2001; Bloom, 2000; Gil-White, 2001)。跨文化的研究發現，無論馬達加斯加、墨西哥的馬雅族、美國的原住民族群、甚至巴西不同的社經地位族群都發現幼兒對生物因果解釋有本質論的傾向(Astuti et al., 2004; Atran et al.; Gelman, 2004; Sousa, Atran, & Medin, 2002; Waxman et al., 2007)。換言之，這種思考傾向是跨文化，是人類普遍共有的。

研究者好奇的是：若本質論的思考傾向是一種人類先天普遍共存的機制，那麼它可協助幼兒進行生物因果推理的程度究竟如何？在更鉅觀的物種系統中(例如追溯至極早期的古生物，或是擴及物種與生態之間的關聯與演化)，幼兒是否仍能依據這種抽象的期望架構，有效的推理？或是會產生哪些變異？

(三)兒童恐龍研究的追溯——天真古生物學的開發

古生物學是一種藝術、科學與想像，它挑戰了兒童對物種過去、現在與未來的想法。在古生物學中，恐龍主題可說是歷久彌新，特別受到許多研究者的青睞，一方面，它的新奇性與神祕性具有想像的空間，容易吸引孩子；一方面它提供豐富的知識與推理層面，可以挑戰並鑑知孩子的思考。

早期涉及兒童認知或學習的恐龍研

究，主要在探討專家與新手的分類能力(Chi, Hutchinson, & Robin, 1989; Chi & Koeske, 1983; Gobbo & Chi, 1986)。而晚近的恐龍研究，除了恐龍的分類(Johnson & Eilers, 1998; Johnson, Scott, & Mervis, 2004)，也涉及兒童的興趣(Johnson, Alexander, Spencer, Leibham, & Neitzel, 2004; Leibham, Alexander, Johnson, Neitzel, & Reis-Henrie, 2005)、媒體或博物館對兒童恐龍學習的影響(吳毓儒、熊召弟，2003；靳知勤，1998；Chin, 1997; Farlow & Brett-Surman, 1997; Lucas, 2007)與專家島嶼(侯天麗，2012；Palmquist & Crowley, 2007)等，整體而言，研究方向已逐漸多元，然而此類研究在內容上，仍有侷限與疏漏之處：首先，它偏重對恐龍的指認、分類與行為的觀察，較忽略結構與功能的因果關係。其次，它偏重對恐龍知識的精熟，較忽略從生態系統來探討物種與生態的互動關係。

晚近相關學者以「結構－行為－功能」模式(Structure-Behavior-Function, SBF)，協助學生進行深度的生物因果學習(Goldstone & Sakamoto, 2003; Hmelo-Silver, Marathe, & Liu, 2007; Hmelo-Silver & Pfeffer, 2004; Penner, 2001)。其中，「結構」是指生物複雜系統中的組成與連結，屬於what的範疇；「行為」是指生物複雜系統中的運作，與個體的結構互為因果，屬於how的範疇；而「功能」則是指生物複雜系統中運作的目的，屬於why的範疇。由於此模式重視生物個體結構與行為之間的因果關係，並能兼顧生物與生態系統的理解，頗具完整性與深入性，若參考此理念，來探測幼兒的高層次推理，應有助於深入的鑑知幼兒的推理機制。

基於古生物學(1)呈現了過去世界的生物多樣性，勾畫了地球生物的歷史；(2)提供演化與生態因果關係的動態詮釋；(3)提供現代生物對未來生態發展的借鏡(Johnson & Stucky, 2006; Stucky, 1996)。因此，在進一步探測幼兒的生物推理上，本研究將以古生物學(恐龍)為主題，參考「結構－行為－功能」的因果關係，將功能融入結構與行為二向度中，並擴展此二向度的內涵，設計較周密的施測情境，深入探測幼兒隱含的抽象期望架構，以延伸目前本質論的研究範圍，追溯生命早期更原發、宏觀的推理機制。此外，並於另一研究(莊麗娟、侯天麗，2013)擴及生態系統的因果聯結，作相關探討，以呈現系統性的模式架構。

二、研究目的

具體而言，本研究目的有二：

(一)探討幼兒對恐龍「結構層面」(含類別辨識、外形重構)的推理。

(二)探討幼兒對恐龍「行為層面」(含外在行為、內在機制)的推理。

貳、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。此四校在幼兒年齡、認知能力及社經背景上，均涵蓋較廣的分佈範圍，有利於取得較多樣性的樣本；其師生互動的品質亦較優，有助於在必要時透過教師訪談，確認幼兒在檢視情境中的反應。研究者在三～六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，分別為三歲組(三歲～三歲五個月，平均三歲三個月)、四歲組(四歲～四歲四個月，平均四歲二個月)、五歲組(五歲～五歲四個月，平均五歲二個月)、六歲組(六歲～六歲四個月，平均六歲二個月)，此80名幼兒在家庭及學校中均未

接受過恐龍主題的直接教學或相關討論，其家庭與學校中亦無相關書籍、圖鑑或影片。全體樣本的家庭背景，多數為經商或民營機構基層員工(占48%)，文教或高科技人才者占18%；家長學歷主要介於專科至大學之間(占75%)，碩士以上學歷者占5%。

二、研究工具

本研究工具聚焦於推理，而非恐龍分類學知識的記憶。為了較有效追蹤孩子的原發性思考，研究者將古生物學知識回歸到原點，模擬古生物學者最早期的推理歷程，利用化石模型(或圖片)的重組、生物場景的聯想還原，來呈現問題情境，並配合幼兒的認知能力，提供前導活動進行鷹架，協助幼兒理解題意，以有效探測幼兒的推理，建構出孩子的天真古生物學意象圖。

(一)設計原則

為了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「結構層面」、「行為層面」二大向度。此二者推理的抽象度依序遞增，並互有關聯。不同的結構具有不同的功能，因而產生不同的行為。

1.結構層面

主要聚焦於從化石結構，推測物種類別。為了模擬最早期古生物學家從化石結構推論物種，是經由模糊的認定(動物類？植物類？機器類？)，而後才進入新物種的指認(恐龍)，因此，本向度試題依此歷程，分成「類別辨識」與「外形重構」二種層次。

「類別辨識」主要在檢視幼兒是否能辨識化石，初步推測物種的類別？此部分僅是動物、植物、機器(人造物)三類別的粗略認定，並非精確物種的鑑定。為了較細部檢視幼兒的推理能力，辨識的抽象度層次性的遞增，由「全幅骨架」(由完整外形的化石，推測物種類別，共4題)，逐步進入「局部骨骼」(由片斷部件的化石，推測物種類別，共5題)。基於孩子語言能力與經驗的侷限，詢問孩子物種類別時，會以三類圖片選項讓孩子指認(見圖1)。

「外形重構」則在進一步檢視幼兒是否能組合化石、重構外形，較精確鑑別恐龍的類別？此部分進入新物種的指認，幼兒需超越固有的生物觀點，從骨骼化石的結構特徵(如極巨大、背板等)，推測出異於平日所見的新生物。為了較細部檢視幼兒的重構能力，組合重構的精密度層次性的遞增，由「局部骨骼」(下肢骨，1題)，進入「全幅骨架」(共2題)，再進入「外層皮膚」(1題)。待幼兒組合完成後，會以多種生物或恐龍圖片讓孩子指認，鑑定恐龍的類別(見圖2)。

本向度的呈現型態以圖片、照片為主，模型為輔。實例舉隅見圖1、圖2。本研究工具所有圖片、照片或影片均為彩色，因學刊格式要求，以黑白呈現。

2.行為層面

主要聚焦於從骨骼的結構，推測恐龍的行為。此類推理係結合「結構－功能」的觀點來建構，讓孩子推測不同的結構型態將構成怎樣的行為？本向度試題分成「外在行為」與「內在機制」二種層次。

「外在行為」主要在檢視幼兒是否能依

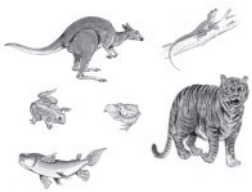
A：全幅骨架 [試題]【附註1】	B：局部骨骼 [試題]	[選項] 動物類	植物類	機器類
				

圖1：「類別辨識」試題舉隅

註：每一試題，幼兒僅需從三類圖片選項中，指認所呈現的化石比較像哪一類(或哪一類身上的東西)？不需精確指認出個別物種。

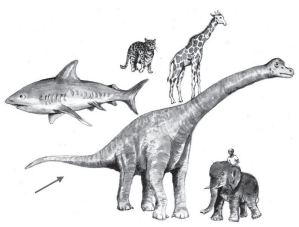
A：局部骨骼(腕龍下肢骨)		B：全幅骨架(劍龍)	
[試題]	[選項]	[試題]	[選項]【附註2】
			

圖2：「外形重構」試題舉隅

註：箭頭處爲正確選答

據恐龍各部位的骨骼造型，推測其「攝食行爲」(肉食或草食，共3題)、「移動行爲」(二足或四足行走，1題)、「防禦行爲」(使用什麼方式來保護自己，共6題)，此三類行爲互有關聯。爲了較細部檢視幼兒的推理能力，骨骼部位的特殊性層次性的遞增，從較簡易可見的齒形(尖或平)、腳印(尖或圓)、四肢長度(相近或差異大)，逐漸進入較複雜的特殊結構(尾部人字骨)，幼兒需依結構的造型，推測其功能與相應行爲。

「內在機制」，則在進一步檢視幼兒是否能考量恐龍體型的巨大，推測其較適合生存的內在機制，含「呼吸機制」(呼吸量－多或少、呼吸系統－氣囊型態，共2題)、「消化機制」(進食方式－快或慢、消化方式－立即或延緩，共2題)、「繁殖機制」(繁殖型態－胎生或卵生、哺育方式－精緻或粗略，共4題)。此部分已進入較隱微不可見的層次，並已涉及呼吸、消化、繁殖三種較高階的概念。爲了協助幼兒理解題意，對此高階現象進行原發性的推理，研究者在前導活動中，設計電腦程式，以動畫及影片簡要展示呼吸、消化的動態現象，告知幼兒：人與恐龍都會進行這兩種作用。此外，對於繁殖現

象，亦舉例說明動物繁殖型態的兩種型態(例如：狗媽媽會直接生小baby、鷄媽媽會先生蛋才有小baby)，據此建立基礎認知，以引導後續推理。

本向度的呈現型態以電腦程式、影片爲主，圖片、模型爲輔，實例舉隅見圖3、圖4。

本工具在初步編製後，共預試二次(每次4名幼兒，三～六歲各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。

三、實施程序、實施要點與資料分析

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」則爲本研究的主體，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訊息。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。

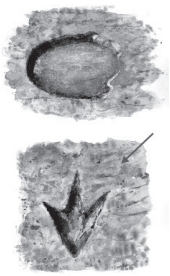
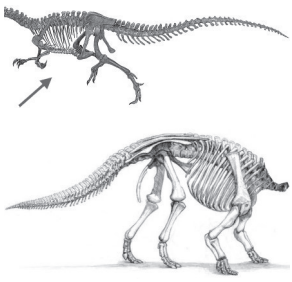
A：攝食行爲 (腳印)	B：移動行爲 (軀幹、四肢)	C：防禦行爲【附註3】 (尾__人字骨)
		

圖3：「外在行為」試題舉隅

註：箭頭處爲肉食性恐龍的正確選答。

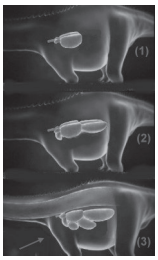
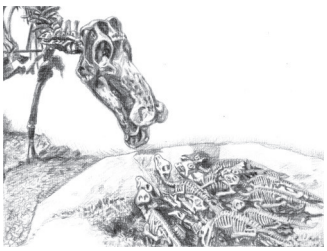
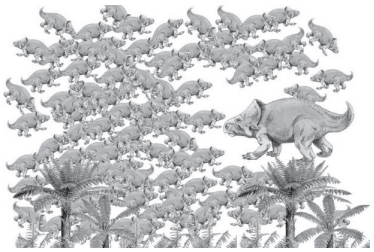
A：呼吸機制 (呼吸系統)	B：繁殖機制【附註4】 (繁殖型態)	C：繁殖機制【附註5】 (哺育或攻擊)	D：繁殖機制 (多baby哺育)
			

圖4：「內在機制」試題舉隅

註：箭頭處爲恐龍呼吸系統的正確選答。

表1：三～六歲幼兒對「恐龍結構與行為的推理」檢視工具之架構與內涵(續)

向度	試題內容	施測方式
一、結構層面		
(一)類別辨識	分析重點： 是否能辨識化石，初步推測生物的類別？ 試題內容： 辨識的抽象度層次性遞增，分成二部分： 1.全幅骨架(或完整葉脈) 含植物、動物(魚類、甲殼類、鳥類)，4題。 2.局部骨骼 含頭顱、下肢、腳掌、尾骨、牙齒，5題。 此類題，提供三類圖片選項：(1)動物、(2)植物、(3)機器或人造物，讓幼兒指認其類別。 呈現型態： 圖片、照片爲主，模型爲輔。	前導活動： 由遠而近(地球→洲際地圖→採石場→礦坑內部)呈現場域圖片，引導幼兒進入化石挖掘的情境脈絡，並授予「小偵探」的任務，作後續的觀察與推測。 正式施測： 1.呈現完整外形的化石圖片，詢問幼兒：「它像什麼？」 2.呈現片斷部件的化石圖片，詢問幼兒：「它比較像那一類(動物、植物、機器或人造物)身體裡面的東西？」
(二)外形重構	分析重點： 是否能重組化石，較精確鑑別恐龍的類別？ 試題內容： 組合與重構的精密度層次性遞增，分成三部分： 1.局部骨骼，1題。 2.全幅骨架，2題。 3.外層皮膚，1題。 上述三類試題，待幼兒組合完成，均提供多種恐龍外形的圖片選項，讓幼兒指認。 呈現型態： 圖片、照片爲主，模型爲輔。	前導活動： 以分解成三部分的桁燈圖片，示範拼圖，建立幼兒進行組合的基礎經驗。 正式施測： 呈現骨骼拼圖的部件，請幼兒組合，組合後，出示恐龍圖片選項，詢問幼兒：「它比較像哪一隻？」
二、行爲層面		
(一)外在行爲	分析重點： 是否能依據恐龍各部位的骨骼造型，推測外在行爲(攝食、移動、防禦)？ 試題內容： 分成三部分： 1.攝食行爲(齒形、軀幹、腳印)，3題。 2.移動行爲(四肢)，1題。 3.防禦行爲(頭顱、頸骨、尾骨)，6題。 呈現型態： 圖片、影片爲主，模型爲輔。	前導活動： 1.以圖片簡介二種攝食類型，並配合紅色及綠色卡片，代表肉食與草食。 2.以影片展示二種移動方式，引導幼兒理解二足與四足行走的意義。 正式施測： 1.呈現各部位的骨骼圖片，請幼兒推測：「它可能是肉食？或草食？」、「它是用二隻腳？或四隻腳走路？」 2.指出各部位的骨骼特色，如極長的頸部或突出的尾槌等，詢問幼兒：「骨頭長成這個樣子有什麼好處？可以作什麼用？」

表1：三～六歲幼兒對「恐龍結構與行為的推理」檢視工具之架構與內涵(續))

向度	試題內容	施測方式
(二)內在機制	分析重點： 是否能考量恐龍體型的巨大，推測其較適合生存的內在機制(呼吸、消化、繁殖)？ 試題內容： 分成三部分： 1.呼吸機制(呼吸量與呼吸系統)，2題。 2.消化機制(進食方式與消化方式)，2題。 3.繁殖機制(繁殖型態與哺育方式)，4題。 呈現型態： 電腦程式、影片爲主，圖片爲輔。	前導活動： 1.以電腦程式呈現動態畫面，對照人與恐龍，說明其體型的巨大。 2.以電腦程式呈現呼吸與消化的動態現象，說明人與恐龍都會進行此二類作用。 3.以圖片展示「狗與牛」、「鷄與鱷魚」的繁殖型態，說明有些動物是直接生baby，有些動物要先生蛋，才會有baby。 正式施測： 1.詢問幼兒：「大恐龍需不需要呼吸很多空氣？」，並提供三類動態氣囊的選項，請幼兒推測「恐龍用來呼吸的東西可能長成什麼樣子？」 2.呈現腕龍抬腳進食的影片，說明此姿勢易遭受攻擊。請幼兒推測「它要怎樣吃才比較安全？又要怎樣消化？」 3.呈現恐龍巢的化石圖片，讓幼兒依據化石線索，推測「恐龍會不會生蛋？」，多baby及少baby恐龍的哺育行爲。

表2：實施程序、實施要點與資料分析

實施程序	實施要點	資料分析
(一)樣本擇取	三～六歲每年齡層擇取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5 ~ 6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。此概念檢視之要點爲： 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 .90 ~ .97。

參、結果與討論

一、結構層面

(一)類別辨識

幼兒是否能辨識化石，初步推測生物的類別？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，幼兒對於一系列化石圖片，已能初步推測生物的類別。首先，對於「全幅骨架」，即使是三歲幼兒已能從整體的化石外觀，有效的說出生物名稱(如魚)，各年齡答對率介於 .83 ~ .95之間，此能力在五歲時，有較明顯的成長並趨近成熟。其次，對於「局部骨骼」，三歲幼兒亦能從片斷的化石殘骸，大致推測出它的生物類別(是植物？

表3：三～六歲幼兒在「結構層面：類別辨識」各類題之答對率與差異性考驗

推理類別	三歲	四歲	五歲	六歲	年齡間差異	
					F (3, 152)	事後比較
1.全幅骨架	.83 (0.15)	.84 (0.14)	.95 (0.09)	.95 (0.06)	5.48***	三歲 < 五、六歲
2.局部骨骼	.80 (0.13)	.88 (0.16)	.88 (0.16)	.96 (0.08)	5.24**	三歲 < 六歲
類別間差異	F (1, 76) = 0.30					

註：( )內數值爲標準差；**p < .010 ***p < .001

動物？機器？)，各年齡答對率介於 .80 ~ .96 之間，及至六歲時，此能力趨近成熟。

爲了進一步分析幼兒的思考，研究者將各試題答對率，整理如圖5所示。

從圖5可知，在「全幅骨架」中，以魚的答對率最高，蝦子最低；而在「局部骨骼」中，以頭顱的答對率最高，牙齒最低。幼兒在魚與頭顱的高答對率(1.00)，主要是因爲此二者之化石輪廓與真實物較爲相近。一旦化石外形有較多的扭曲(蝦)或線索隱微不明(牙齒)時，孩子則需較深度的思考。整體而言，幼兒的推理呈現下列跡象：

1.生物的感知

對於所呈現的一系列化石圖片，幼兒的答對率雖有差別，但其基本反應，主要仍是以生物來認定。不論所呈現的化石部件大小如何？是否完整？在所有720次的選答(9題*80人)，將化石視爲非生物(人造物或機器)的一部分，僅3次。絕大多數的孩子，最原初的直覺會認爲它是生物或是生物的一部分，而這種生物的強烈感知，三歲幼兒即已明顯呈現，雖然他們可能在生物類別的鑑定上，會有些許的誤差(例如：誤認蝦子爲螃蟹或蚊子)，但對類別的歸屬(是生物或生非物？是動物或植物)卻能有效掌握。

相較於「全幅骨架」，孩子們在「局部骨骼」的化石鑑定上，並沒有呈現明顯的障礙，此二者的答對率並無顯著差異，F (1, 76) = 0.30，p > .050。研究者發現，即使化石部件極小極微，在三大選項：(1)動物、(2)植物、(3)機器或人造物，孩子仍偏向於在動物類別中尋找證據，植物與機器類並不是他們最原發的推理。

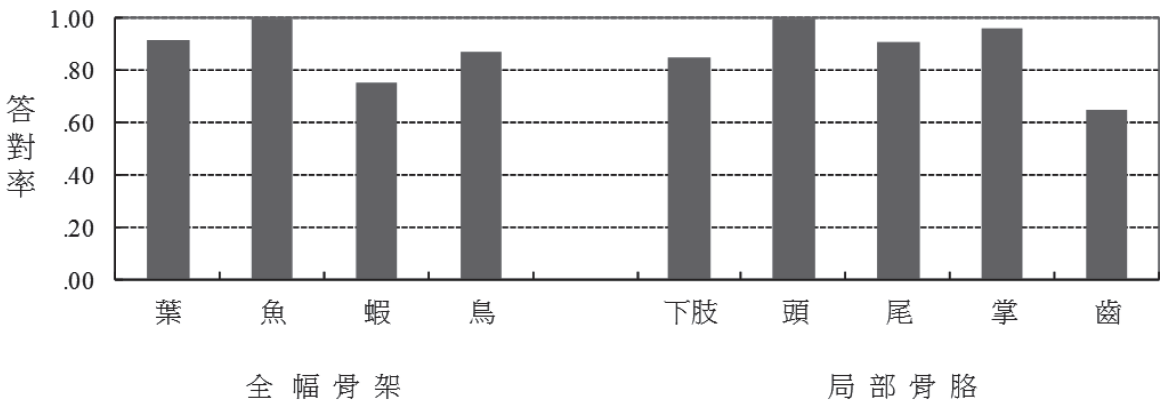


圖5：三～六歲幼兒在「類別辨識」各試題之答對率

2.特徵的概判

對於不熟悉的化石圖片，孩子在答題上有一定的解題策略。他們會很快的判定該物件的特徵(長長的？尖尖的？蜷曲的？小粒小粒的？)，再作後續的推理。這種推理策略的使用，會有一定的功效，當然也可能出現偏差，尤其是孩子對特徵有偏執的認定時。例如：過度強調紋路而將葉化石視爲蛇，過度強調細長與瓣狀，而將鳥視爲花或樹。

對於絕大多數的孩子而言，他們對特徵的認定，是整體概判多於細部分析的，是完形的而非分析的(100%孩子均曾使用這種策略，其中88%穩定的使用)。也就是說，在面對化石時，他們會先建立一個整體外觀的感受，再依據這個感受，來搜尋選項中較匹配的物種，例如，看到尾骨，孩子的整體感受是「它很長」，他們並不在意尾骨中一節一節的椎狀與狀刺等明顯細節，單純的以長度來找較匹配的物種，於是蜥蜴、袋鼠、蛇等具有長尾特質的動物常是他們的選答。即使孩子誤選植物，也會以具有長葉的植物來匹配。

3.顏色的參考

由於已是年代久遠的化石，基本上，顏色不是孩子最優先的考量，他們似乎已能接受顏色的變異，即使化石的顏色是白或黃色，他們所選擇的物種可以是綠色或深咖啡，在思考上已具彈性。然而，當化石的特徵較隱微不明時，顏色的參考就變得重要。在所有試題中，牙齒試題的答對率最低，僅.65。針對這個試題，孩子能掌握的線索，就是「小小的、一粒一粒的」，既然它是物種內部的一部分，那麼它的可能性就很多，到底它是什麼？面對這樣一個難題，顏色就變得重要，78%的孩子，會以顏色較接近的物種來匹配，由於牙齒試題的顏色是乳白與淡黃，於是小鷄、玉米成爲最常見的選答。而面對這些一顆顆孤立的牙齒(未附著於頭顱嘴部)，雖然有65%的孩子，認爲它來自於動物，卻沒有一個孩子能明確認出它是牙齒，取而代之的是，認爲它是一種蛋、種子或指甲。

(二)外形重構

幼兒是否能重組化石，較精確鑑別恐龍的類別？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4所示。

從表4可知，幼兒對於一系列化石圖片，已能初步組合重構外形，推測恐龍的類別。首先，對於「局部骨骼」，幼兒已能組合腿部骨骼，依骨骼尺寸，概判生物的類別，知悉它是一種極巨大的生物，而非只是大象或長頸鹿，各年齡答對率介於 .73 ~ 1.00之間。其次，對於「全幅骨架」，幼兒能從複雜的骨骼片斷，辨別部位(如頭、身體、四肢、尾

表4：三～六歲幼兒在「結構層面：外形重構」各類題之答對率與差異性考驗

推理類別	三歲	四歲	五歲	六歲	年齡間差異	
					F (3, 228)	事後比較
1.局部骨骼	.73 (0.24)	.88 (0.32)	.88 (0.22)	1.00 (0.00)	7.83***	三歲＜六歲
2.全幅骨架	.65 (0.17)	.69 (0.17)	.78 (0.14)	.95 (0.09)	10.91***	三、四、五歲＜六歲
3.外層皮膚	.90 (0.31)	1.00 (0.00)	1.00 (0.00)	1.00 (0.00)	1.55	n.s
類別間差異	F (2, 152) = 32.73***		全幅骨架＜局部骨骼＜外層皮膚			

註：( )內數值爲標準差；***p < .001

等)，進行組合，並能依據重要特徵(如背板骨)，指出正確的恐龍外觀，各年齡答對率介於 .65 ~ .95之間。最後，對於「外層皮膚」，幼兒亦能依據化石紋路，判定恐龍的皮膚，有效找到相匹配的恐龍類型，各年齡答對率介於 .90 ~ 1.00之間。整體而言，幼兒在三種推理類別的表現有顯著差異，F (2, 152) = 32.73，p < .001。「外層皮膚」表現最佳，三歲已有 .90的答對率，「全幅骨架」表現較差。及至六歲，此三類推理能力均已趨近成熟。

爲了進一步分析幼兒的思考，研究者將各試題答對率，整理如圖6所示。

從圖6可知，外形重構的所有試題中，以三角龍(稜格紋皮膚)的答對率最高(.98)，由於在推理上它僅是化石印痕與真實皮膚之間的形狀配對，不需高階的推理，因此孩子的表現較好。而前三題，則需進行化石重組，所需考量的結構因素較多，年幼的孩子因而面臨若干的挑戰。而在重組化石的歷程中，他們的推理呈現下列跡象：

1.線形的排列

對於單純的腿部骨骼(見圖2A試題)，90%的孩子會自發性的順應骨骼的線條，作直線的接合。對這方面的組合，他們幾乎是直覺而快速的。雖然他們對於各節骨頭接合的位置會有些許的偏移，但整體看來，恐龍的腿骨被有效的縱向組合，形成一個極大形體。也因此開展了孩子的新視野「好大的腳！」，於是在動物的選擇上，他們有效的依據尺寸的比例，找到一個相匹配的新動物－恐龍(見圖2A選項)。

而對於10%的答錯者，他們在組合所出現的問題，在於將單一節腿骨視爲一整隻腳，於是他們將三節骨頭，分別置於前腳、後腳、軀幹三個位置，去構成一個骨架。雖然這種思維並不正確，明顯的缺乏關節概念，但孩子在建構骨架的歷程中，同步考量「軀幹」，似乎是一種原發性的直覺。

2.頭與尾的分配

對於複雜的骨架組合(含頭尾、前後腳、背板三個關鍵組合，見圖2B試題)，孩子們最優勢能力，在於有效的分辨頭與尾。即使恐龍的頭部極細小，看似尾部，89%的孩子仍能有效辨識，並將它排到正確的位置。而無法分辨頭與尾，主要出現在三、四歲，這些孩子對頭部的樣式擁有固定的想法(頭粗大，尾細長)，因此，堅持將頭視爲尾巴的一部

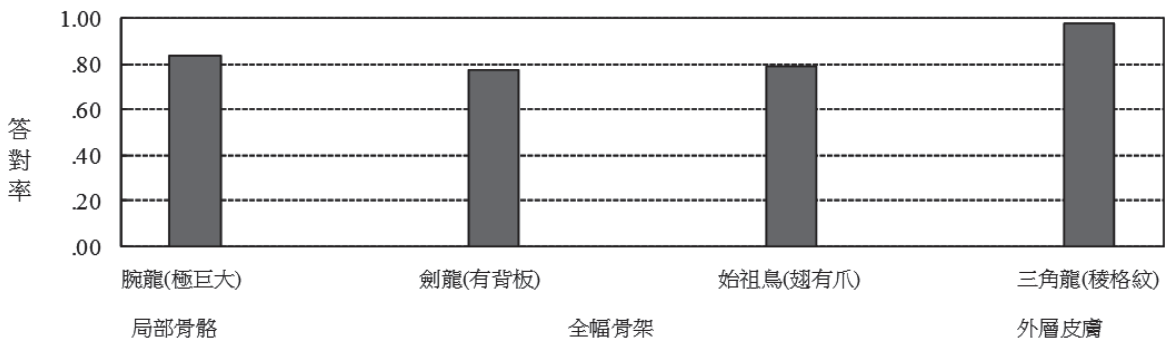


圖6：三～六歲幼兒在「外形重構」各試題之答對率

註：各試題依據推理的複雜度，細分成1～4個解題關鍵，均予配分再求平均答對率。

分，並將些二者連成一線。而對於非常陌生的背板，15%的孩子出現將它視爲尾巴的傾向，於是所組合的恐龍有一條非常離奇的長尾(頭＋尾＋背板)。這些孩子，對於一個沒有頭卻有一條超乎正常比例長尾的生物，似乎不覺得奇怪。

3.腳與爪的關注

複雜的骨架組合，另有一項孩子關注的重點，那就是四肢。對於已能配合身體的線條，正確組合恐龍的四肢(較短的腳在前，較長的腳在後)的46名幼兒，在指認真實恐龍時，有30%的孩子會忽略明顯的背板，僅以前後腳的長度來指認恐龍(見圖2B選項)。

孩子對腳的關注，亦同步延伸至爪，因此對於始祖鳥化石，雖然它的特徵並不十分明顯，但在仔細觀察後，有95%的孩子會注意到它的翅膀有突出的爪子，因此，在真實生物的指認上，他們不會去選擇現代鳥(海鷗)，而會去選擇翅膀上有爪子的飛行生物。只是孩子關注，並未非常有效的延伸至對羽毛紋路的觀察，面對化石中隱約呈現的羽毛印痕，有11%的孩子會忽略，而誤選無羽毛的蝙蝠。

二、行為層面

(一)外在行為

幼兒是否能依據恐龍各部位的骨骼造型，推測外在行爲？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5所示。

從表5可知，幼兒已能依據各部位的骨骼造型，推測恐龍的外在行爲。即使是三歲幼兒亦能從齒形、軀幹、腳印，推測恐龍的食性(肉食？或草食？)；從四肢的結構，判斷恐龍的移動方式(二足？或四足行走)；從頭顱、頸、尾骨的特殊造型，初步推測它在防禦上的功能(如機動性、攻擊性等)，各年齡答對率介於 .48 ~ 1.00之間。整體而言，幼兒在三種推理類別的表現有顯著差異F (2, 152) = 90.16，p < .001。其中，「移動行爲」表現最佳，三歲已成熟，「防禦行爲」表現較差，五歲時才有較佳的表現。而六歲時，此三類推理能力已趨近成熟。

爲了進一步分析幼兒的思考，研究者將各試題答對率，整理如圖7所示。

從圖7可知，在「攝食行爲」中，以齒形的答對率最高(.96)，軀幹最低(.78)；而在「防禦行爲」中，以長頸的答對率最高

表5：三～六歲幼兒在「行為層面：外在行為」各類題之答對率與差異性考驗

推理類別	三歲	四歲	五歲	六歲	年齡間差異	
					F (3, 228)	事後比較
1.攝食行爲	.81 (0.19)	.83 (0.17)	.93 (0.14)	.97 (0.09)	6.81***	三歲＜五、六歲 四歲＜六歲
2.移動行爲	1.00 (0.00)	1.00 (0.00)	1.00 (0.00)	1.00 (0.00)	0.00	n.s
3.防禦行爲	.48 (0.15)	.70 (0.16)	.83 (0.18)	.92 (0.19)	41.45***	三歲＜四、五、六歲 四歲＜五、六歲
類別間差異	F (2, 152) = 90.16***		防禦＜攝食＜移動			

註：( )內數值爲標準差；***p < .001

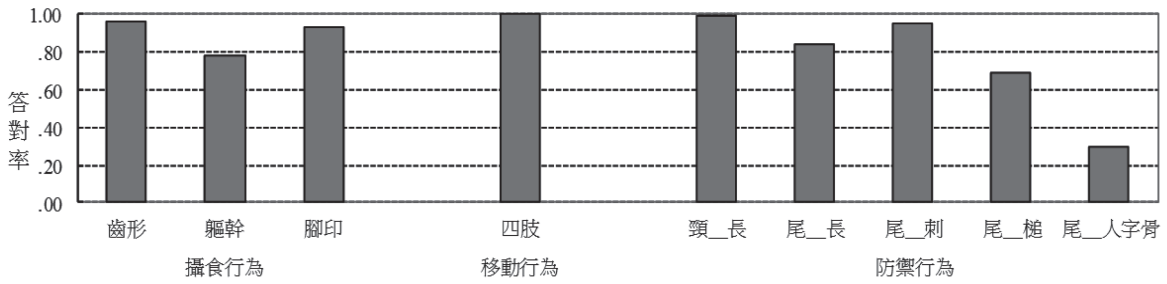


圖7：三～六歲幼兒在「外在行爲」各試題之答對率

(.99)，尾__人字骨最低(.30)。孩子們答對率的高低，可大致看出他們的思考傾向：

1.尖與攻擊的聯結

在推理歷程中，孩子們對於形狀的尖銳，呈現強烈的覺知，並將它與殺傷力緊密的聯結。當聚焦性的呈現二種齒形(平vs.尖)，或以腳印的方式暗示二種爪形(圓vs.尖)時，93%以上的孩子，很快的推測牙齒尖與爪子尖，才是吃肉的恐龍。這種推理傾向，在防禦行爲中也出現，當分別呈現三種尾部型態(長、刺、槌)，孩子對於有刺的尾巴，最能聯想它的功能：攻擊。他們強調刺到會流血、會受傷、會死。65%的孩子，甚至會認爲它是所有尾部，最具攻擊力的一種，即使小小的，它仍有這般威力。

2.體型大小的敏覺

相較聚焦性的呈現局部，孩子們對全幅軀幹的感知與分析(見圖3B)，顯得較多元。此時，爪子尖雖可能成爲觀察的焦點，但也可能被忽略，而將注意力分散到另一個層面：體型的大小，22%認爲大才是吃肉的恐龍，因爲它力氣大、跑的速度快，這種推理雖不完全正確，但在自然界中也是一種常見的規律。

孩子們對尺寸的關懷，在某些孩子身上顯得十分執著，於是在腳印題(見圖3A)，他們無視於腳印的尖與否，細心的比較大小，認爲大才是吃肉恐龍的腳印(占8%)，而在防禦試題，也以尾部特殊結構的大小，判斷攻擊的威力(占35%)。

本質上，孩子們肯定尺寸大的好處，也就因爲如此，他們直覺性的認爲恐龍的長頸與長尾，有一定的功能：可以吃到很高的樹葉、可以看得很遠、如果小baby恐龍走遠了，可以很快的把它叼回來。

3.支撐與平衡的萌發

對於尾巴底部人字骨的功能(見圖3C)，是孩子們最感困難的題目，70%的孩子無法有效的推測它的功能，一直環繞在它可以把肉打碎、可以趕走細菌、可以當橋給別人走、可以做工等用途。

然而即使如此，仍有30%的孩子看出這種骨骼結構的特殊性，推測出它可以支撐尾部、幫助平衡，也可以幫助它在攝食時(吃很高的樹葉)比較方便。這種推理已涉及物理原理，因此，萌發的年齡較晚，需至五歲時，孩子才開始出現相關概念，及至六歲孩子，此推理才較成熟。

(二)內在機制

幼兒是否能考量恐龍體型的巨大，推測其較適合生存的內在機制？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6所示。

從表6可知，幼兒已能考量恐龍的體型條件，初步推測較適合生存的內在機制。即使是三歲幼兒已能推測巨大恐龍的「呼吸機制」，知悉巨大恐龍所需的空氣量會很多，並能揣測呼吸系統的可能樣式(多氣囊系統)；已能大致判斷較安全的「消化機制」，瞭解爲了減少肉食恐龍的攻擊，草食性恐龍應有快速進食與進食後隔時再慢慢消化(類同反芻)的機制；已能從化石遺跡初步分析恐龍的「繁殖機制」，推測恐龍可能是卵生，並對哺育方式稍微萌發概念，各年齡答對率介於.50 ~ 1.00之間。整體而言，幼兒在三種推理類別的表現有顯著差異，F (2, 152) = 69.08，p < .001。其中，「呼吸機制」表現最佳，四歲已成熟，「繁殖機制」表現較差，即使六歲，答對率仍僅 .81。此二類推理能力發展的陡升期，依序爲四歲及六歲(見年齡間差異的事後比較)。

爲了進一步分析幼兒的思考，研究者將各試題答對率，整理如圖8所示。

從圖8可知，三種內在機制中，幼兒主要的推理侷限，依序出現在呼吸系統、進食方式、多baby哺育等三題，答對率分別是 .91、.54、 .34。孩子們答對率的高低，可大致看出他們的思考傾向：

1.呼吸機制的直覺

即使缺乏生物領域的特定知識，幼兒對於呼吸機制，仍存有一個簡易的推理雛型。當展示呼吸的動作，說明呼吸會吸空氣，告訴幼兒：「老師會呼吸、你會呼吸、恐龍也

表6：三～六歲幼兒在「行為層面：內在機制」各類題之答對率與差異性考驗

推理類別	三歲	四歲	五歲	六歲	年齡間差異	
					F (3, 228)	事後比較
1. 呼吸機制	.85 (0.24)	1.00 (0.00)	1.00 (0.00)	.98 (0.11)	3.45**	三歲＜四、五、六歲
2. 消化機制	.70 (0.15)	.70 (0.15)	.79 (0.09)	.79 (0.09)	1.71	n.s
3. 繁殖機制	.50 (0.32)	.62 (0.26)	.65 (0.13)	.81 (0.19)	11.03***	三、四、五歲＜六歲
類別間差異	F (2, 152) = 69.08***		繁殖＜消化＜呼吸			

註：( )內數值爲標準差；**p < .010 ***p < .001

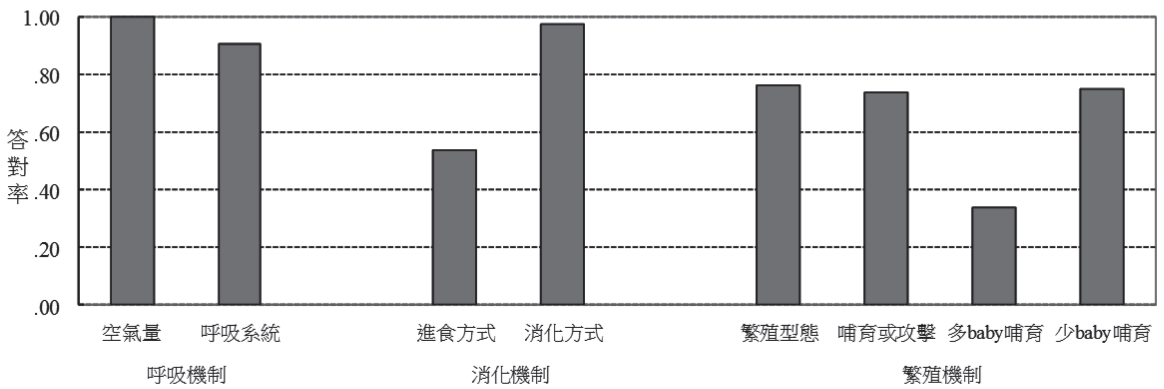


圖8：三～六歲幼兒在「內在機制」各試題之答對率

會呼吸喔」，他們立刻接收了這個訊息，並毫不費力的推測巨大的恐龍「需要很多的空氣」。基本上，這種推理是原發而直覺的。

而當以關鍵詞：「肺」，簡要的代表呼吸系統，告訴孩子：「身體裡面的肺可以幫助我們呼吸」，91%的孩子能從三個圖片選項中(見圖4A)，正確的推測恐龍的肺可能長成什麼樣子。而這種看似困難的推理，在孩子的心智中，卻是一個簡單易處理的問題，它甚至不需要太多經驗。他們以多配多，輕易的找到氣囊最多的呼吸系統(3號選項)來搭配恐龍。

而這種直覺性的推理，在部分六歲孩子身上，隱微出現轉變。這些孩子，對於肺的型態，似乎有既定的容受尺度，對於多氣囊的呼吸系統，他們認爲過度誇張，不切實際，於是選擇了數量適中的氣囊(2號選項)。這種思考，可能來自於經驗與知識，並部分取代孩子的原發性直覺。

2.進食速度的忽略

在消化機制中，孩子的推理困難，主要出現在進食方式。當研究者展示巨型腕龍進食的影片(抬起前腳，用後腳站立吃樹葉)，告訴幼兒腕龍進食時很容易被肉食恐龍攻擊，並詢問幼兒：「它會怎麼吃，才比較安全？」時，他們會絞盡腦汁提供各種方法，如進食姿勢(腳不要抬起來、脖子不要伸長、尾巴要一直動)、進食地點(吃矮的樹、爬到樹上、站在水裡、站高的石頭上)、進食器具(用剪刀剪樹葉吃)，甚至建議要囤積樹葉，躲起來吃。95%的孩子無法自發性的想到進食速度這個條件，需聚焦追問：「要吃快一點？還是慢一點？」，才能警覺這個因素，作正確的推理。

幼兒的推理反應，說明了兩個現象。一是，他們對生物習性與生態環境的穩定性，不太有概念，因此才會努力的想改變腕龍進食的姿勢與進食的地點；二是，他們對吃快一點所產生的效果，雖然肯定，但覺得效果有限，因此才沒特意去提。受限於經驗，幼兒對於生物界快速進食的樣式，以及所產生的防衛效果，並沒有真正的接觸，因此較難想像。然而即使如此，當聚焦於進食速度時，他們仍能預測在快速進食下，恐龍需有的消化方式(隔時再慢慢消化的機制)。

3.哺育行為的期待

在繁殖機制中，幼兒對恐龍是否是卵生？有不錯的推理。當呈現化石圖片(見圖4B)，即使三歲，有75%已能超越對蛋的固定印象(白白的、圓圓的)，從隱微的線索中找到蛋化石的遺跡，進而推測「恐龍會生蛋」(是卵生)。

若從生物求生的本能來檢視，幼兒對恐龍的求生，也產生二種自然的理解，他們非常明白「恐龍可能被攻擊，也可能被照顧(哺育)」。然而，當一隻大恐龍接近一群小恐龍時(見圖4C)，年幼孩子還是偏向於認定牠是來照顧，而不是來攻擊，選答比率是74% (照顧)：26% (攻擊)。這種看法尤其在三歲最明顯(占該年齡95%)。有別於年長孩子的反應，能仔細分析線索(如大、小恐龍頭的樣子很像)，三歲孩子的反應其實相當原始，直接就認定牠是媽媽，很愛牠們。孩子們的被哺育經驗，似乎讓他們對生物界的關係，有了信心，也覺得良善。

而對於一隻恐龍媽媽應該怎樣照顧牠的baby？孩子也明顯呈現對恐龍媽媽的期待。對應於單一baby，研究者誇大的展示多baby圖片(見圖4D)，66%的孩子，認爲baby再多，也要好好的照顧，每一隻都要照顧很久。孩

子無視於時間的分配，一味的認定只有這樣，baby才能長大。全體幼兒能因應子代數量，作合理的推測(多子→粗略哺育；少子→精緻哺育)，僅占33%。

也許來自於原發直覺，也許來自於後天經驗，幼兒對生物界哺育關係，存有一種愛與安全的想像，並以此作推理的雛型。

肆、綜合討論——代結論

一、本質思維的傾向

本研究發現，在鉅觀的物種系統中，追溯至極早期的古生物：恐龍，幼兒在缺乏經驗與知識的情況下，似乎隱然存有抽象的思考架構，他們似根據不可見的屬性或原則，對恐龍內在結構與外在行為做因果的連結，有如本質論所謂幼兒可超越感官經驗，以本質為因、生物體外在特色為果進行有效推論(Gelman, 2003, 2009; Gelman & Rhodes, 2012; Gottfried & Gelman, 2005; Hirschfeld & Gelman, 1997)。

關於結構推理，幼兒呈現本質思維的跡象：(1)能從斷裂的骨骼化石，強烈的感知牠是生物，即使三歲幼兒亦能有效的在動物類別中搜證；(2)推理過程中，呈現「完形」的傾向。易言之，他們的思考是整體概判多於細部分析的。在面對化石時，他們心中似乎擁有一個完整的外觀，再依據此原則進行推論。而這種完形的概判，亦有趣的出現在組合恐龍腿骨化石的歷程中，部分較年幼的孩子可能因缺乏關節的概念，竟將三節腿骨，拼成前腳、後腳與軀幹，即在一隻大腿上就表徵了恐龍身體的完整結構。綜言之，儘管幼兒沒有恐龍的經驗，但是他們心中似有藍圖，此一藍圖規約他們的注意與檢索訊息的能力。如天真生物學所謂內在的驅力與約束(innate constrains)，它會引導與限制幼兒的關注聚焦在現象的目標物，不至於離開固有的思考軌道(Inagaki & Hatano, 2002)。

關於行為推理，幼兒亦呈現本質思維的跡象：(1)能有效援用結構與行為的因果雛型，從結構(what)預測行為(how)，例如：能從骨骼化石結構中，敏覺恐龍腳印與齒形的尖銳，以「尖－攻擊」的因果雛型，推測恐龍的食性(肉食)。或從行為(how)倒推結構(what)，例如：能從巨大恐龍的呼吸行為(需要呼吸很多空氣)，以「多配多」的因果雛型，推測其呼吸系統的型態(多氣囊系統)；(2)能掌握生物的基本原型，作彈性的搜尋與推論，例如：能超越對蛋的固定印象(白白的、圓圓的)，從隱微的線索中找到蛋化石的遺跡，進而推測恐龍的繁殖行為(卵生)。透過SBF，我們的確看到幼兒思考的連貫性(Gelman & Legare, 2011; Gopnik & Wellman, 1994; Gottfried & Gelman, 2005; Inagaki & Hatano, 2002; Wellman & Gelman, 1998)。

幼兒對於遠古生物的有效推理，使我們相信他們對生命世界存有一套推論的邏輯，並有連貫性與一致性。而這一套推論邏輯可能無法完全用「來自於後天的經驗與知識」來解釋，因為他們的經驗與知識極少也極片斷。而在解決問題的紛雜線索中，要如何篩選出重要線索、該援用哪一種因果法則，都需要一種更後設性的機制來引導，也因此，我們相信在人類生命的早期應該存有一種抽象的推理架構，在生物因果推理上，孩子們延展了「本質」的信念，感知化石的生物類屬，並賦予它結構與行為的因果屬性。抽象的推理架構，並不是一個飽足的架構，它只是一個思考的引導與協助，相關研究指出，本質論提供的是一個essence placeholder (Gottfried & Gelman, 2005; Medin & Ortony,

1989; Strevens, 2000; Waxman et al., 2007)，Waxman等稱爲主要原則(a skeletal principle)。從概念發展的角度看來，本質儼然概念的「碇舶所」，具有引導與協助性，在幼兒對此一領域知識與經驗缺乏的情況下，它是重要的推理機制，可以協助幼兒推論一系列生物的外觀、行爲與生態偏向。

晚近兒童認知發展的新發現如核心知識論(core knowledges)，亦呼應心理本質思維的觀點。核心知識論主張人類擁有先天的基本認知機制(核心知識系統)，這些核心知識可引導幼兒後續新的、彈性的學習(Hyde & Spelke, 2011; Kinzler & Spelke, 2011; Spelke & Kinzler, 2007)。而使用Bayesian models來計算因果推理的參數值，亦提供證據解釋人類生命早期的學習彷彿在進行統計的假設考驗，幼兒的學習所以能快速而有彈性，主要因爲他們可能擁有先天存在的心智模式(Spelke & Kinzler, 2009; Tenenbaum, Griffiths, & Kemp, 2006)，這些研究的新觀點都平行的支持本質論，即在人類生命的早期，幼兒雖沒有足夠的經驗與知識，但先天內隱的抽象架構，可提供認知世界的策略，幫助幼兒從大千世界中快速學習與找尋意義(Gelman, 2009; Gottfried & Gelman, 2005; Keil, 2007; Medin & Ortony, 1989; Waxman et al., 2007)。

二、本質思維的變異

幼兒的本質思維是否具有恆定性？究竟會不會受情境變異程度的影響？本研究發現，隨著發展的成熟，本質論的推理出現變異，年幼與年長的幼兒的本質思維傾向不一，愈年幼會愈明顯。例如：在呼吸機制中，三歲幼兒可以不假思索以「多配多」的因果雛型，選擇氣囊最多的呼吸系統來搭配巨大的恐龍；而六歲幼兒，則可能融入後天所學的肺知識，選擇中數量的氣囊。又如在繁殖機制中，當一隻大恐龍接近小恐龍時，三歲幼兒可以不假思索以「母與子」的因果雛型作聯想，認爲它是來「照顧」，而五、六歲幼兒則可能考量其他線索(如身體的姿勢、腳爪的樣子、甚至眼神)，認爲它是來「攻擊」。不論答對與否，我們明顯的發現，這種原發性的思考雛型在三～六歲各年齡層中逐漸的蛻變，並逐漸融入經驗與知識的成分。

本質思維出現變異，或許它提供的只是一個essence placeholder，它對人類早期的學習雖具有引導性，但也具有過渡性，本質思維並非絕對，具有不同的等級程度，會受變異脈絡的影響(莊麗娟，2009)。天真生物學者所謂認知發展的後天約束，如該社會文化的工具器物或成人的教導，或許影響幼兒本質思維的變異(Astuti et al., 2004; Gottfried & Gelman, 2005; Inagaki & Hatano, 2002; Keil, 2007; Legare et al., 2009; Wellman & Gelman, 1998)。而支持此觀點的平行證據也逐漸出現，如兒童發展的研究指出，幼兒在性別類別與動物物種的推理，年幼比年長的幼兒表現穩定的本質思維(Taylor, Rhodes, & Gelman, 2009)。跨文化的比較研究亦指出，日本沒有飼養金魚經驗的幼兒比有經驗的幼兒傾向以人類本位的生物推論(Inagaki & Hatano)；巴西與美國Menominee印第安幼兒因爲受文化傳統的影響，比較傾向生物本位的思考(Ross et al., 2003; Sousa et al., 2002; Waxman et al., 2007)，因此，幼兒本質思維會因發展的成熟、生活經驗與文化傳統而產生變異。本質思維在幼兒的推理過程中具有階段性的消長，最初雖具有協助性，但是隨著年齡增長，隨著真實世界的知識增加，幼兒概念亦逐漸系統化與階層化，本質的信念亦逐漸式微。

本質思維的研究似乎還有很多可開發的空間，而研究者近年來的研究(莊麗娟，2004，2007，2008a，2008b，2010a，2010b)尚發現幼兒在物理領域的推理潛能；基此，除了生命世界外，幼兒的本質思維在物理領域的發展又如何？若孩子在生命世界中，已隱然存有「結構－行為」的因果雛型，並能掌握生物的基本原型，作彈性的搜尋與推論，那麼它在物理領域中，又會存有哪些因果雛型以協助他們快速的理解物理世界？本質思維若具有過渡性，當如何判斷其概念改變的關鍵？一旦擁有知識，本質的推理究竟發生何種變化，認知結構又是如何擴展的？展望未來，人類生命早期的研究似乎還有很多未開發的桃花源，而科學教育的未來走向，似可在此啓示下，開展另一種強調幼兒因果推理潛能與抽象推理架構的學習取向，以促成更優質的科學學習。

誌謝

本研究感謝國科會的經費支助(NSC 100-2511-S-153-005)；國立高雄師範大學科學教育研究所、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。

附註

研究工具中，化石照片或部分圖片參考來源如下，並由吳俊雨、曾秀卿改畫。

1.圖1A (http://www.flickr.com/photos/khonsus/4191631794/)

2.圖2B [選項] (Matthews, 2002／劉玉山、李強譯，2003)

3.圖3C (Norman & Milner, 1989／溫淑真譯，1994)

4.圖4B (http://www.msnbc.msn.com/id/19853580/ns/technology_and_science-science/t/dinosaurs-had-premature-sex/)

5.圖4C (http://en.wikipedia.org/wiki/File:Maiasaurusnest.jpg)

參考文獻

1. 吳毓儒、熊召弟(2003)。「恐龍」科學與科幻影片對國小兒童認知影響之研究。**國立臺北師範學院學報**，**16**(2)，257-288。
2. 侯天麗(2012)。專家島嶼之萌發：探究父母的教學策略。**科學教育學刊**，**20**(2)，119-144。
3. 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。
4. 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。
5. 莊麗娟(2008a)。三～六歲幼兒對「物、洞、影」實存性辨識之試探性研究。**科學教育學刊**，**16**(1)，1-23。
6. 莊麗娟(2008b)。三～六歲幼兒對運動起因與軌跡的認知：自由落體、單擺與斜面運動。**科學教育學刊**，**16**(5)，515-541。

7. 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)，1-19。
8. 莊麗娟(2010a)。三至六歲幼兒的因果思考：法則推理。**中華心理學刊**，**52**(1)，75-93。
9. 莊麗娟(2010b)。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。**科學教育學刊**，**18**(1)，1-23。
10. 莊麗娟、侯天麗(2013)。三～六歲幼兒的天真古生物學──恐龍生態。稿件審查中。
11. 靳知勤(1998)。親子觀眾在科學博物館恐龍廳中之參觀偏好、口語互動與行為特性之研究。**科學教育學刊**，**6**(1)，1-29。
12. Norman, D., & Milner, A. (1994)。**恐龍**(*Eyewitness guides: Dinosaurs*；溫淑真譯)。臺北市：英文漢聲。(原作出版於1989年)
13. Matthews, R. (2003)。**侏儸紀恐龍**(*The Jurassic dinosaurs*；劉玉山、李強譯)。臺北市：閣林國際。(原作出版於2002年)
14. Astuti, R., Solomon, G. E. A., & Carey, S. (2004). Constraints on conceptual development: A case study of the acquisition of folkbiological and folksociological knowledge in Madagascar. *Monographs of the Society for Research in Child Development*, *69*(3), 1-135.
15. Atran, S., Medin, D. L., Lynch, E., Vapnarsky, V., Ucan Ek', E., & Sousa, P. (2001). Folkbiology doesn't come from folkpsychology: Evidence from Yukatec Maya in cross-cultural perspective. *Journal of Cognition and Culture*, *1*(1), 3-42.
16. Bloom, P. (2000). *How children learn the meanings of words*. Cambridge, MA: MIT Press.
17. Carey, S. (1985). *Conceptual change in childhood*. Cambridge, MA: MIT Press.
18. Chi, M. T. H., Hutchinson, J., & Robin, A. F. (1989). How inferences about novel domain-related concepts can be constrained by structural knowledge. *Merrill-Palmer Quarterly*, *35*(1), 27-62.
19. Chi, M. T. H., & Koeske, R. D. (1983). Network representation of a child's dinosaur knowledge. *Developmental Psychology*, *19*(1), 29-39.
20. Chin, C. C. (1997). Taiwanese elementary students' perceptions of dinosaurs. *Proceedings of the National Science Council*, *7*(1), 24-37.
21. Diesendruck, G. (2001). Essentialism in Brazilian children's extensions of animal names. *Developmental Psychology*, *37*(1), 49-60.
22. Evans, E. M. (2001). Cognitive and contextual factors in the emergence of diverse belief systems: Creation versus evolution. *Cognitive Psychology*, *42*(3), 217-266.
23. Farlow, J. O., & Brett-Surman, M. K. (1997). *The complete dinosaur*. Bloomington, IN: Indiana University Press.
24. Gelman, S. A. (2000). The role of essentialism in children's concepts. In H. W. Reese (Ed.), *Advances in child development and behavior* (Vol. 27, pp. 55-98). San Diego, CA: Academic

Press.

25. Gelman, S. A. (2003). *The essential child: Origins of essentialism in everyday thought*. New York: Oxford University Press.
26. Gelman, S. A. (2004). Psychological essentialism in children. *Trends in Cognitive Sciences*, *8*(9), 404-409.
27. Gelman, S. A. (2009). Essentialist reasoning about the biological world. In A. Berthoz & Y. Christen (Eds.), *Neurobiology of "Umwelt": How living beings perceive the world* (pp. 7-16). Berlin, Germany: Springer-Verlag.
28. Gelman, S. A., & Legare, C. H. (2011). Concepts and folk theories. *Annual Review of Anthropology*, *40*, 379-398.
29. Gelman, S. A., & Rhodes, M. (2012). "Two-thousand years of stasis": How psychological essentialism impedes evolutionary understanding. In K. S. Rosengren, S. K. Brem, E. M. Evans, & G. M. Sinatra (Eds.), *Evolution challenges: Integrating research and practice in teaching and learning about evolution* (pp. 3-21). New York: Oxford University Press.
30. Gil-White, F. J. (2001). Are ethnic groups biological "species" to the human brain? Essentialism in our cognition of some social categories. *Current Anthropology*, *42*(4), 515-554.
31. Gobbo, C., & Chi, M. (1986). How knowledge is structured and used by expert and novice children. *Cognitive Development*, *1*(3), 221-237.
32. Goldstone, R. L., & Sakamoto, Y. (2003). The transfer of abstract principles governing complex adaptive systems. *Cognitive Psychology*, *46*(4), 414-466.
33. Gopnik, A., & Wellman, H. M. (1994). The theory theory. In L. A. Hirschfeld & S. A. Gelman (Eds.), *Mapping the mind: Domain specificity in cognition and culture* (pp. 257-293). New York: Cambridge University Press.
34. Gottfried, G. M., & Gelman, S. A. (2005). Developing domain-specific causal-explanatory frameworks: The role of insides and immanence. *Cognitive Development*, *20*(1), 137-158.
35. Graham, S. A., Kibreath, C. S., & Welder, A. N. (2004). Thirteen-month-olds rely on shared labels and shape similarity for inductive inferences. *Child Development*, *75*(2), 409-427.
36. Greif, M. L., Nelson, D. G. K., Keil, F. C., & Gutierrez, F. (2006). What do children want to know about animals and artifacts? Domain-specific requests for information. *Psychological Science*, *17*(6), 455-459.
37. Gutheil, G., Vera, A., & Keil, F. C. (1998). Do houseflies think? Patterns of induction and biological beliefs in development. *Cognition*, *66*(1), 33-49.
38. Hirschfeld, L. A., & Gelman, S. A. (1997). What young children think about the relation between language variation and social difference. *Cognitive Development*, *12*(2), 213-238.
39. Hmelo-Silver, C. E., & Pfeffer, M. G. (2004). Comparing expert and novice understanding

of a complex system from the perspective of structures, behaviors, and functions. *Cognitive Science*, *28*(1), 127-138.

40. Hmelo-Silver, C. E., Marathe, S., & Liu, L. (2007). Fish swim, rocks sit, and lungs breathe: Expert-novice understanding of complex systems. *Journal of the Learning Sciences*, *16*(3), 307-331.
41. Hyde, D. C., & Spelke, E. S. (2011). Neural signatures of number processing in human infants: Evidence for two core systems underlying numerical cognition. *Developmental Science*, *14*(2), 360-371.
42. Inagaki, K., & Hatano, G. (2002). *Young children's naive thinking about the biological world*. New York: Psychology Press.
43. Inagaki, K., & Hatano, G. (2006). Young children's conceptions of the biological world. *Current Directions in Psychological Science*, *15*(4), 177-181.
44. Jaswal, V. K. (2004). Don't believe everything you hear: Preschoolers' sensitivity to speaker intent in category induction. *Child Development*, *75*(6), 1871-1885.
45. Jaswal, V. K., & Markman, E. M. (2007). Looks aren't everything: 24-month-olds' willingness to accept unexpected labels. *Journal of Cognition and Development*, *8*(1), 93-111.
46. Johnson, K. E., Alexander, J. M., Spencer, S., Leibham, M. E., & Neitzel, C. (2004). Factors associated with the early emergence of intense interests within conceptual domains. *Cognitive Development*, *19*(3), 325-343.
47. Johnson, K. E., & Eilers, A. T. (1998). Effects of knowledge and development on subordinate level categorization. *Cognitive Development*, *13*(4), 515-545.
48. Johnson, K. E., Scott, P., & Mervis, C. B. (2004). What are theories for? Concept use throughout the continuum of dinosaur expertise. *Journal of Experimental Child Psychology*, *87*(3), 171-200.
49. Johnson, K. R., & Stucky, R. K. (2006). *Prehistoric Journey: A history of life on earth*. Golden, CO: Fulcrum.
50. Keil, F. C. (1994). The birth and nurturance of concepts by domains: The origins of concepts of living things. In L. A. Hirschfeld & S. A. Gelman (Eds.), *Mapping the mind: Domain specificity in cognition and culture* (pp. 234-254). New York: Cambridge University Press.
51. Keil, F. C. (2007). Biology and beyond: Domain specificity in a broader developmental context. *Human Development*, *50*(1), 31-38.
52. Kinzler, K. D., & Spelke, E. S. (2011). Do infants show social preferences for people differing in race? *Cognition*, *119*(1), 1-9.
53. Legare, C. H., Wellman, H. M., & Gelman, S. A. (2009). Evidence for an explanation advantage in naive biological reasoning. *Cognitive Psychology*, *58*(2), 177-194.

54. Leibham, M. E., Alexander, J. M., Johnson, K. E., Neitzel, C. L., & Reis-Henrie, F. P. (2005). Parenting behaviors associated with the maintenance of preschoolers' interests: A prospective longitudinal study. *Journal of Applied Developmental Psychology*, *26*(4), 397-414.
55. Lucas, S. G. (2007). *Dinosaurs: The Textbook* (5th ed.). Boston, MA: McGraw-Hill.
56. Medin, D. L., & Atran, S. (2004). The native mind: Biological categorization and reasoning in development and across cultures. *Psychological Review*, *111*(4), 960-983.
57. Medin, D. L., & Ortony, A. (1989). Psychological essentialism. In S. Vosniadou & A. Ortony (Eds.), *Similarity and analogical reasoning* (pp. 179-195). New York: Cambridge University Press.
58. Opfer, J. E., & Bulloch, M. J. (2007). Causal relations drive young children's induction, naming, and categorization. *Cognition*, *105*(1), 206-217.
59. Palmquist, S., & Crowley, K. (2007). From teachers to testers: How parents talk to novice and expert children in a natural history museum. *Science Education*, *91*(5), 783-804.
60. Penner, D. E. (2001). Complexity, emergence, and synthetic models in science education. In K. Crowley, C. D. Schunn, & T. Okada (Eds.), *Designing for science: Implications from everyday, classroom, and professional settings* (pp. 177-208). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
61. Piaget, J. (1969). *The child's conception of the world*. Totowa, NJ: Littlefield.
62. Ross, N., Medin, D., Coley, J. D., & Atran, S. (2003). Cultural and experiential differences in the development of folkbiological induction. *Cognitive Development*, *18*(1), 25-47.
63. Siegal, M., & Peterson, C. C. (1999). *Children's understanding of biology and health*. New York: Cambridge University Press.
64. Simon, D. J., & Keil, F. C. (1995). An abstract to concrete shift in the development of biological thought: The insides story. *Cognition*, *56*(2), 129-163.
65. Slaughter, V. (2005). Young children's understanding of death. *Australian Psychologist*, *40*(3), 179-186.
66. Solomon, G. E. A., & Johnson, S. C. (2000). Conceptual change in the classroom: Teaching young children to understand biological inheritance. *British Journal of Developmental Psychology*, *18*(1), 81-96.
67. Sousa, P., Atran, S., & Medin, D. (2002). Essentialism and folkbiology: Evidence from Brazil. *Journal of Cognition and Culture*, *2*(3), 195-223.
68. Spelke, E. S., & Kinzler, K. D. (2007). Core knowledge. *Developmental Science*, *10*(1), 89-96.
69. Spelke, E. S., & Kinzler, K. D. (2009). Innateness, learning, and rationality. *Child Development Perspective, 3*(2), 96-98.
70. Springer, K. (1996). Young children's understanding of a biological basis for parent-offspring

relations. *Child Development*, *67*(6), 2841-2856.

71. Strevens, M. (2000). The essentialist aspect of naive theories. *Cognition*, *74*(2), 149-175.
72. Stucky, R. (1996). Paleontology: Window to science education. In J. Scotchmoor & F. K. McKinney (Eds.), *Learning from the Fossil Record* (pp. 11-14). Pittsburgh, PA: Paleontological Society.
73. Taylor, M. G., Rhodes, M., & Gelman, S. A. (2009). Boys will be boys, cows will be cows: Children's essentialist reasoning about human gender and animal development. *Child Development*, *80*(2), 461-481.
74. Tenenbaum, J. B., Griffiths, T. L., & Kemp, C. (2006). Theory-based Bayesian models of inductive learning and reasoning. *Trends in Cognitive Sciences*, *10*(7), 309-318.
75. Waxman, S., Medin, D., & Ross, N. (2007). Folkbiological reasoning from a cross-cultural developmental perspective: Early essentialist notions are shaped by cultural beliefs. *Developmental Psychology*, *43*(2), 294-308.
76. Wellman, H. M., & Gelman, S. A. (1992). Cognitive development: Foundational theories of core domains. *Annual Review of Psychology*, *43*(1), 337-375.
77. Wellman, H. M., & Gelman, S. A. (1998). Knowledge acquisition in foundational domains. In D. Kuhn & R. S. Siegler (Eds.), *Handbook of child psychology* (Vol. 2, pp. 523-574). New York: Wiley.

科學教育學刊
2013, 第二十一卷第三期, 291-315
DOI: 10.6173/CJSE.2013.2103.03

Chinese Journal of Science Education
2013, 21(3), 291-315

Naïve Paleontology: Young Children's Reasoning about the Structures and Behaviors of Dinosaur

Li-Chuan Chuang* **and Tien-Li Hou**

Department of Early Childhood Education, National Pingtung University of Education

Abstract

The newly emerging psychological essentialism suggested there might be an innate abstract framework in early human life to assist children in making biological reasoning. Based on this notion, this study posed a challenge to previous research and aimed to explore young children's rudimentary reasoning about the structures and behaviors of dinosaurs, with special considerations of children's lacking of knowledge of prehistoric life. Eighty 3-to 6- year-old children without knowledge and experience of dinosaur were tested with task questions in simulated situations of the paleontologists' fossils reconstruction and children's biological reasoning was traced. The result revealed: (1) Pertaining to structures, 3-year-olds were able to identify some kind of the living things from the serial of pictures of bones fossils. And 3-year-olds were able to piece together the fossils pictures and then make rough differentiation for dinosaur kinds preliminarily. Until 6 years of age, this ability was getting mature. (2) Pertaining to behaviors, 3-year-olds appeared to make inference about the behaviors of dinosaur based on the parts of bone fossils. Furthermore, they were able to predict the inside mechanism for sustaining life preliminarily. Around age 6, this ability was still under development. Conclusively, our findings suggested young children showed a tendency for essential thinking when they made biological reasoning within the macro-system of prehistoric species. However, childhood essentialism might have variations over the development of children, when children's knowledge and experience increase.

Key words: Naïve Biology, Psychological Essentialism, Causal Reasoning, Behaviors, Structures

* Corresponding author: Li-Chuan Chuang