

## 壹、緒論

自 Posner、Strike、Hewson 和 Gertzog (1982) 提出概念改變 (conceptual change) 的模型解釋兒童的科學學習以來，科學教育研究關注學生教學前的概念已近 30 年。以 Pfundt 和 Duit (2009) 所整理之學生概念文獻資料庫 (students' and teachers' conceptions and science education) 為例，相關論文已超過 8,300 篇，其間，陸續有學者指出概念改變是漸進的歷程。例如 Thagard (1992) 主張概念改變是概念階層連續性的轉變；Vosniadou (1994) 的架構理論亦強調概念發展的漸進性；Duit 與 Treagust (2003) 更指出概念改變中，「改變」一詞容易讓人誤以為科學學習是科學概念與學生先備概念的交換，而傾向於認為概念改變應是教學前概念轉變為科學概念的學習路徑。上述這些觀點雖然皆以「概念改變」一詞為名，然而實際上已隱含「概念演化」的理念，故部分學者呼籲，應實施跨年級研究以從中瞭解學生概念獲得的演化歷程（例如：林靜雯、邱美虹，2009a；黃達三，2004；Driver, Leach, Scott, & Wood-Robinson, 1994），如此一來，我們方能奠基於此，達成科學課程縱向發展的連續性以設計良好的科學課程。但在這擁有豐富學生概念研究的資料庫中，若搜尋以「跨年級」(a/cross age)、「跨年級」(a/cross grade)、「概念發展」(conceptual development) 或「學習路徑」(learning pathway) 為論文標題的研究僅得 34 篇，顯見與學生科學概念趨勢發展有關的研究極為缺乏，且有其重要性及迫切性。這些有關概念發展或演化之研究大多透過大尺度的跨年級研究或少數學生的學習路徑調查等方式獲得學生概念發展過程。然而，上述兩者研究取向，不僅耗時費力，且難以效化與綜觀全面，因此林靜雯及其同儕（林靜雯，2006；Lin & Chiu, 2006, 2013）基於 Campbell (1974) 與 Toulmin (1972) 的認識演化論，以及生物領域裡支序分類分析 (Wiley, Siegel-Causey, Brooks, & Funk, 1993) 的類比，首先提出「支序分類之概念演化取向」，企圖以較具科學化與系統化的角度詮釋兒童概念演化的歷程。而其所建立的串聯電路心智模式演化路徑的最適假說，與三、五、七、九年級共千人以上學生之跨年級調查比較，顯示可解釋八成以上跨年級調查的實徵資料（林靜雯，2006；林靜雯、邱美虹，2009a；Lin, 2013; Lin & Chiu, 2007），亦陸續有其他科學教育研究者，將其應用至探索學生於演化論（辛怡瑩、邱美虹，2010）、理想氣體運動（邱美虹、吳文龍、鍾曉蘭、李雪碧，2013）等其他科學主題上的概念演化，是一具潛力、值得其他科學主題進一步驗證或採用的研究方法。

「支序分類之概念演化取向」需奠基於完整的心智模式研究（林靜雯，2006），而在眾多科學主題中，由於「地球形狀」是許多其他重要天文概念（如：日夜循環、月相盈虧、四季變化等）建立的基礎，因此，兒童地球形狀的心智模式成為少數在不同時間、不同國家皆獲得一再驗證的主題之一。Nussbaum 等人（Nussbaum, 1979; Nussbaum & Novak, 1976）首先有系統地對「地球形狀」主題進行研究調查。其後以 Vosniadou 的研究團隊（Skopeliti &

Vosniadou, 2007; Vosniadou & Brewer, 1992; Vosniadou, Skopeliti, & Ikospentaki, 2004) 對此一主題的探討最為詳盡。其研究多以跨年級學生為對象，採一對一晤談方式(或伴隨模型操作)，以歸類不同年齡兒童所具有的心智模式(或稱為概念架構)種類及比例。然而，這些研究主要著重於探討形成地球形狀心智模式所涵蓋的相關概念內容，較少關注於心智模式中各概念之間的連結與發展順序，殊為可惜。若能奠基於這些研究結果，進一步釐清各心智模式裡相關概念之間的連結與轉變，課程設計者便可據此設計相應的概念教學順序，使地球形狀概念的教學更達效果。據此，吳育倫(2012)綜合 Vosniadou 團隊及其相關之一系列地球心智模式研究後，同樣以支序分類之概念演化取向，獲得地球形狀概念演化樹最適假說(演化樹 2)，藉以詮釋兒童地球形狀概念演化的趨勢及概念間相互連結情形。然而，一個良好的假說，必須經由嚴謹的實徵研究加以驗證，因此，本研究之目的乃希冀進行跨年級調查，從實徵資料中，一方面瞭解跨年級學生地球形狀認知特徵分布之情形，另一方面藉此檢驗地球形狀概念演化樹最適假說之合理性，希望從不同科學主題，再次檢視「支序分類之概念演化取向」之可行性。

## 貳、文獻探討

### 一、兒童概念發展／演化的研究取向

有關兒童概念發展／演化的研究取向，目前多採橫斷式的跨年級(齡)研究，或縱貫式的學習路徑調查，在大尺度下或長時間內觀察兒童對特定主題概念變化的情形，進而瞭解該主題概念發展的歷程(Chiu & Lin, 2008)。然而，跨年級(齡)的研究雖能透過廣泛蒐集不同兒童於各學習階段的表現情形，以推論概念發展的過程，但對於整體概念的縱向發展卻容易流於片段(林靜雯、邱美虹, 2009a)，無法深入瞭解各概念隨著時間推移的變化情形；而學習路徑調查雖能藉由長時間追蹤單一或少數兒童，以深入瞭解同一樣本跨時間之概念轉變情形，分析其學習路徑，但可能產生樣本不具代表性、樣本減耗等問題(Chiu & Lin, 2008)。因此，林靜雯等人(林靜雯, 2006; Lin & Chiu, 2006, 2007)基於 Campbell(1974)、Hull(1988)與 Toulmin(1972)所提出的認識演化論觀點，以及生物領域的支序分類學(Wiley et al., 1993)的類比與其可表徵歷史並再現的特性，提出「支序分類之概念演化取向」。其中，認識演化論主張從「變異」與「選擇」的演化概念，類比科學知識及科學概念的成長與發展，而支序分類學則著重藉由物種分類，以親緣關係追溯生物演化的觀點，因此「支序分類之概念演化取向」兼具兩者理念，主張利用概念間連結關係，重建兒童心智模式發展的路徑(詳細理論基礎，請見林靜雯, 2006; Lin & Chiu, 2013)。在林靜雯等人的研究中，藉由電腦軟體的幫助，快速獲得學生於電學主題之心智模式演化路徑的假說—電學概念演化最適樹，並據此設計相關實徵研究而獲得支持。研究過程除了較為省時省力外，透過固定流程及特定研究