

幼稚園與二年級兒童速度概念之 微觀發展研究

江淑卿*、陳昱蓁**、潘于君***

摘 要

本研究採微觀發展法，探討 POE 速度概念教學對幼稚園與二年級兒童速度概念之改變及遷移效果，並分析教學歷程中幼小兒童速度概念之改變情形。選取幼稚園大班及國小二年級各 24 名，共 48 名兒童為對象。實驗組接受四個 POE 速度概念教學活動，各活動包含五個連續的子活動，前後測及遷移測實施「速度概念與科學推理晤談工具」，控制組前後測及遷移測與實驗組相同，但不接受教學活動。採三因子混合設計變異數分析驗證效果，以百分比分析瞭解速度概念之改變情形。研究發現：1. POE 速度概念教學能改變幼小兒童「速度概念-變因」，且效果因年齡而有差異。在教學歷程中，二年級較大班能理解影響快慢的結構變項，且不易受表面變項的混淆，經引導幼小兒童漸能區辨結構和表面變項的影響，大班在結構變項概念與二年級趨近，惟大班仍易受表面變項影響。2. POE 速度概念教學對幼小兒童「速度概念-現象與一維分析」有改變效果。在教學歷程中，二年級較大班能直接和間接比較物體運動快慢，大班經引導在直接比較概念有進步，但在間接比較概念未有進步，二年級經引導在部份較差的直接比較和間接比較概念略有進步，漸能依物體相距遠近判斷快慢。3. POE 速度概念教學對幼小兒童的教學效果，未能遷移至「速度概念-二維分析」。

關鍵詞：速度概念、預測-觀察-解釋策略、微觀發展法

* 本文第一作者為國立屏東科技大學幼兒保育系副教授

** 本文第二作者為國立屏東科技大學幼兒保育系碩士

*** 本文第三作者為國立屏東科技大學幼兒保育系碩士

幼稚園與二年級兒童速度概念之 微觀發展研究

江淑卿、陳昱蓁、潘于君

壹、緒論

廿一世紀的科學教育乃是以提昇科學素養為目標的全民科學教育(American Association for the Advance of Science, AAAS, 1989)，培養兒童習得正確的科學概念，是目前國內外科學教育的重要目標。小學教育乃現代教育體系中，學生接觸、了解及喜愛自然環境與重要知識之啟蒙階段(教育部，民 90)。幼兒科學教育乃是全民科學教育的基礎，對於學齡前幼兒來說科學是幼兒生活經驗的一部分(周淑惠，民 87；陳淑芳、江麗莉、詹文娟、鄭秋平、簡淑真，民 91)，科學教育向來都提倡將科學觀念紮根於基層，因此幼小兒童科學概念的發展與學習值得關注。

瞭解兒童學習本質是落實科學教育的重要條件，在教學前要先瞭解先前知識或另有概念，針對特有的概念設計教學活動，讓兒童的既存知識與教學作適當的聯結，藉著在實際操作與解決問題的過程中，自發性地修正概念，才能適切改變科學概念，促成有意義的學習(陳玉玲，民 89；熊召弟等人，民 84)。建構主義論者也主張知識乃是學習者主動建構的過程，認為知識是由個體主動建構而來，絕非被動的接受或灌輸(熊召弟等人，民 84)，在兒童學習正式科學概念前，應先瞭解兒童的自發性概念，為其搭建學習的鷹架，以助於提昇兒童的認知發展層次(周淑惠，民 92)。由此可知科學概念的「發展」與「學習」有密切的關係，國內科學概念研究，主要以小學中高年級以上學生為對象，近來逐漸重視國小低年級與幼兒科學概念「發展」研究(王美芬，民 86；周淑惠，民 92；莊麗娟，民 93；陳麗如，民 94)，但是國內對幼小兒童科學概念的「學習」仍較缺乏瞭解，誠如後皮亞傑學派所論，由經驗累積所形成的特定領域知識

，可催化知識建構的過程，如果在兒童早期提供豐富的自然科學探索經驗，對於未來學習自然科學的成效將有很大的幫助(張翠娥，民 87)，因此除了瞭解幼小兒童科學概念的「發展」，更需進一步探測其科學概念的「學習」情形。

速度(velocity)是描述物體運動快慢和方向的物理量，包含時間、距離和方向三個要素，而速率(speed)是物體位移的距離與所耗費時間之比，不論其移動方向(物理大辭典，民 63)。幼小兒童尚無法清楚區分速率與速度，本研究僅對物體移動快慢加以探討，而不論移動方向的影響，又「速度」是生兒童活或日常用語，因此本研究以「速度」稱之。「速度」是物理學中重要的基本概念，雖不是實物上存有的量，卻實際存在於兒童生活當中，雖然運動很容易觀察，但卻很難用言語描述，更難以掌握速度的量感，兒童從經驗、觀察、日常用語等，得到速度概念想法，不一定和專家想法的相吻合，有時也會導致學習困難，並影響兒童判斷思考，然而，速度概念是一種重要且基礎的科學素養，速度概念的學習會影響牛頓運動定律等概念的學習，而牛頓運動定律等概念在小學、國中及高中，甚至到大學皆有相關課程教學(王幸雯，民 90；王春奎，民 91；吳連鴻，民 92)，因此及早瞭解兒童速度概念「發展」和「學習」在科學教育相當重要。以下分述本研究探測幼小兒童速度概念「發展」和「學習」之研究範圍、研究方法、教學策略：

一、幼小兒童速度概念研究範圍涵蓋「瞭解如何判斷快慢」「瞭解影響快慢變項」

兒童速度概念發展的研究，主要以Piaget(1970)速率概念發展論為基礎，Piaget認為移動、速率、時間等三者相互依賴，兒童會依空間位置，判斷物體運動的快慢，且運動時只要具有超越現象就可以比較出快慢。係將空間的超越現象，轉化為時間與空間的關係之概念發展。認為兒童速率概念是隨學童認知發展而獲得，速率概念發展分成三階段：(1)階層 I 4~6歲以眼睛所見來感覺物體運動的快慢，判斷速度的快慢，如物體停止終點的位置。(2)階層 II 6~8歲以物體位置的超越及距離，判斷速度的快慢，如可考慮終點和起點，比較距離、時間長短，但仍認為走得遠一點的車速度較快。(3)階層 III 9~11歲兒童真正具有速率概念，注意到時間和距離，逐漸了解二者為速率之相互關係。

國內速度概念研究多以中年級以上學生為對象（吳連鴻，民 92；陳美月，民 91），近來逐漸重視國小低年級與幼兒速度概念之發展研究。例如：王春奎和鍾靜（民 93）以 42 位幼稚園至國小六年級兒童進行半結構訪談，研究發現兒童生活經驗和背景知識影響其速率概念，不同年齡層兒童對速率語詞的認識和對快慢的判斷，存有很大的差異性；低年級（含幼稚園）以具像化的超越來判斷快慢，不注意距離以及時間的交互影響，而是以輪子轉動、超越現象、到達終點的先後；中年級判斷快慢的依據，除超越現象以及到達終點的先後外，已經注意到移動距離的遠近、時間花費的長短，均會影響到運動的快慢；高年級則已明瞭速率、距離、時間三者之間的相互關係，所以判斷快慢時逐漸超脫直接比較的方式，而以量化的方式進行。

又如：王幸雯（民 90）以大班、二年級、四年級兒童為對象，採「兒童速度概念晤談與操作評量」為工具，設計遊戲情境，晤談內容包括觀察、預測、問題解決等三個部份，研究發現大班主要以知覺進行判斷（如輪子轉動、超越、感覺快慢），部分以位置或距離判斷，僅能粗略估計距離與時間，估計策略以感覺為主，初具速度概念但不穩定；二年級判斷的理由個別差異大，分散在知覺、位置、距離、時間等因素，已具速度概念但不成熟；四年級主要考慮距離或時間因素，速度概念發展接近成熟；四年級及以下兒童在應用距離/時間的比率關係時，無法同時考慮距離和時間，僅能先固定其中一項因素（如相同距離或時間）再比較。

由上述文獻可知：兒童速度概念發展研究大致獲得類似的結論，即兒童速度概念的發展隨著年齡的增長，由結構性低的知覺特徵，逐漸轉移至結構性高的概念定義，對速度有關的現象有不同層次的理解。此外，兒童最早是對距離概念的理解，時間與速度概念是透過邏輯思考逐漸形成，即學童對距離與速度的關係較容易理解，對時間與速度的關係則較不易理解。

國內外有關速度概念研究，主要參考 Piaget 論點，其研究範圍以「瞭解如何判斷快慢」為重點，探討兒童對速率、距離、時間三者的相互關係之理解程度，又「瞭解如何判斷快慢」包括可直接比較的「現象分析」，利用數字記錄間接比較的「一維分析」，二者不需數字運算可判斷快慢，以及需利用數字運

算的「二維分析」。此外，Kuhn、Schauble 和 Garcia-Mila(1992)從科學推理觀點，以「瞭解影響快慢變項」作為速度概念的研究範圍，本研究為更完整探測幼小兒童的速度概念之發展與學習，如表 2，除了延續國內外速度概念的主要研究範圍「瞭解兒童如何判斷快慢」，此範圍又包含「速度概念-現象及一維分析」「速度概念-二維分析」，並且增列「瞭解影響快慢的變項」即「速度概念-變因」之研究範圍。

二、運用微觀發展法探測幼小兒童速度概念「發展」與「學習」

目前國內多運用橫斷研究設計(cross-sectional design)，比較與解釋幼小兒童速度概念「發展」現象(王春奎和鍾靜，民 93；王幸雯，民 90)，有助於吾人了解速度概念何時發展(when)與發展什麼(what)，但國內較缺乏幼小兒童速度概念「學習」的研究，故對速度概念如何(how)學習的歷程了解較有限。Siegler (2000)認為研究兒童認知發展需重視「發展」與「學習」之探測，除了分析與解釋不同年齡兒童的發展現象，更需探討兒童如何學習的歷程，有助於釐清認知與改變機制，對認知發展領域更有實際的助益，微觀發展法(microgenetic method)是近年來研究兒童認知「發展」與「學習」的重要方法，本研究嘗試運用微觀發展法，探測幼小兒童的速度概念之「發展」與「學習」情形。

微觀發展法目的在微觀(microcosm)中瞭解如何改變，設計多個相似且研究對象感興趣的問題，引導兒童主動探索解決問題，透過觀察兒童連續多次(trial by trial)的學習經驗，探知浮現或萌發策略的改變情形，以及兒童自開始至穩定期間迅速變化的思惟模式，可獲得高度精密的訊息，瞭解兒童認知或概念改變的歷程，透過微觀發展法能實際檢驗 Vygotsky 近側發展區的認知改變歷程，可以避免測量方法和情境不當，導致未評估到兒童的實際發展能力，而低估兒童認知能力(Berk, 2000; Siegler, 1998; Sophian, 1997)。

微觀發展法的研究設計，主要以兩種方式來探測兒童的認知改變：一為提供密集刺激但未給予教學提示，不提供教學可研究轉換階段的策略萌發；二為提供密集刺激並給予教學提示或鷹架，採「前測-學習-後測」研究設計，除瞭解前後測的改變外，更要密集分析學習的改變或萌發歷程。微觀發展法視研究

目的，採提供或不提供教學的方式(Berk, 2000; Siegler, 2000; Siegler & Crowley, 1991)。

國外運用微觀發展法進行速度概念研究並不多，Kuhn 等人(1992)運用「前測-學習-後測」研究設計，探測小學四年級兒童「瞭解影響快慢的變項」，設計帆船、汽車的實驗活動，每個實驗包含「目的-預測-解釋」步驟，操弄影響快慢的結構變項包含重量、水的深度，以及干擾判斷的表面變項包含顏色、造型，研究發現經由教學有助於兒童對結構變項的掌握，也減少表面變項的干擾，且透過縝密的任務設計可釐清概念改變之影響因素。

由於 Kuhn 等人(1992)以「瞭解影響快慢的變項」即「速度概念-變因」為研究範圍，運用微觀發展法進行探測；至於前述參考 Piaget 論點之研究範圍：「瞭解兒童如何判斷快慢」之「速度概念-現象及一維分析」「速度概念-二維分析」，則少有微觀發展法進行探測，因此本研究嘗試運用微觀發展法的「前測-學習-後測」研究設計，探測幼小兒童「速度概念-變因」「速度概念-現象及一維分析」「速度概念-二維分析」的發展與學習。

三、在微觀發展法中結合 POE 策略作為提昇幼小兒童速度概念之教學策略

國外研究延續 Piaget 論點，提出速度概念發展進程，發現觀察、操作、體驗等教學策略能提昇兒童速度概念，例如：Cross 和 Pitkethly(1988)以 Piaget 論點為架構，提出兒童速度概念發展階段：(1)移動：位置改變。(2)快和慢的移動：快的移動可以走更遠。(3)快的贏：快的車會先到。(4)距離因素：相同時間快的車走較遠。(5)時間因素：相同距離快的車費時較少。(6)速度：速率依行進距離與所耗時間決定，據此階段設計4至8歲速度概念教學，透過觀察、音樂律動，可以鼓勵兒童發展其概念。Cross和Mehegan(1988)發現4~9歲兒童透過觀察、操作、比較與親身體驗活動，發現可以修正兒童質樸概念。又如：Matsuda(1994)探討4至10歲兒童如何判斷與解釋速率、時間及距離關係，六種關係包括距離—時間、時間—距離，距離—速率、速率—距離、時間—速率、速率—時間。研究發現兒童依直覺判斷，以距離、時間、速率兩兩間的關係判斷，而非以「距離—時間—速率」系統關係來判斷，進一步發現透過具體操作

，五歲以上能了解時間和距離、距離和速率關係，八歲以上可以了解時間和速率關係。

目前國內研究主要透過晤談，分析幼小兒童速度概念的發展(王春奎和鍾靜，民93；王幸雯，民90)，較少有速度概念的教學研究，承上所述，本研究採微觀發展法的「前測-學習-後測」研究設計，提供密集刺激並給予教學提示，究竟在「學習階段」要結合何種教學策略？才能有效探測幼小兒童速度概念之學習情形，此為本研究關注的主題。

Champagne, Klopfer和Anderson(1980)所發展的預測-觀察-解釋(prediction-observation-explanation)策略，簡稱POE策略，主要步驟是要求學生對一科學現象進行預測並提出理由，然後進行觀察實驗，再對所觀察的實驗結果提出解釋，教師試圖去調解學生在預測與觀察之間的衝突，設法使兩者達到一致。POE廣泛運用在中小學科學教育上，用來評測學生先存概念及應用知識的能力，協助教師瞭解學生的先前概念以促進科學學習，讓學生有更多空間去建構自己的想法與理解，也較能探測出在真實情境中，學生的認知結構及應用知識之能力，POE除了可作為評測方法，也是一種很有效的教學策略(Gunstone, 1990；White & Gunstone, 1992)。國內多運用POE作為晤談工具或教學策略，研究對象多為國中以上學生，目前漸下探至國小中年級兒童(王盈琪，民95；陳志偉，民93)。

微觀發展法結合 POE 策略，以探測兒童科學概念或策略發展，其可行性為何？如 Siegler 和 Chen (1998) 運用「前測-學習-後測」研究設計，連續密集解決槓桿問題，每個問題包含「預測-實驗-解釋」步驟，此步驟類似於 POE 策略。又如：上述 Kuhn 等人(1992)研究在學習階段運用「目的-預測-解釋」步驟，此步驟類似於 POE 策略。有鑑於此，本研究嘗試在微觀發展研究設計中，在學習階段運用 POE 策略作為教學策略，根據速度概念之架構，如表 2，針對「速度概念-變因」「速度概念-現象及一維分析」設計「POE 速度概念教學活動」如表 4 至 5，由於「速度概念-二維分析」需數字運算判斷，王春奎和鍾靜(民 93)建議幼小兒童不能要求計算速度值，因此本研究不安排教學活動，僅設計晤談工具，以探測幼小兒童速度概念的最佳發展水準。再者，每個活動設計五

個連續的子活動(session)，每個子活動皆運用 POE 策略，以探測幼小兒童速度概念及科學推理策略的發展與學習(註：本文聚焦於速度概念，科學推理策略部份另文發表)。

五、研究目的

綜上所述，本研究嘗試運用微觀發展法，探測幼小兒童的速度概念之「發展」與「學習」，並結合 POE 教學策略，以「速度概念-變因」「速度概念-現象及一維分析」「速度概念-二維分析」為研究範圍，探討 POE 速度概念教學對幼稚園與二年級兒童速度概念之改變及遷移效果，並分析教學歷程中幼小兒童速度概念之發展情形。具體研究目的如下：

1. 「速度概念-變因」：探討 POE 速度概念教學對幼稚園與二年級兒童「速度概念-變因」之改變效果；以及探討在 POE 速度概念教學歷程中，幼稚園與二年級兒童「速度概念-變因」之改變情形。
2. 「速度概念-現象與一維分析」：探討 POE 速度概念教學對幼稚園與二年級兒童「速度概念-現象與一維分析」之效果；以及探討在 POE 速度概念教學歷程中，幼稚園與二年級兒童「速度概念-現象與一維分析」之改變情形。
3. 「速度概念-二維分析」：探討 POE 速度概念教學對幼稚園與二年級兒童「速度概念-二維分析」之遷移效果。

貳、方法

根據前述研究動機、目的及相關文獻探討進行研究設計與實施，茲將研究對象、設計、架構、工具、教學活動、資料處理與分析說明如下。

一、研究對象

幼稚園大班、國小二年級正處於 Piaget(1970)速率概念發展的階層 II，其中大班正處於階層 I、II，也是前運思期和具體運思期的轉換階段，二年級準備進入階層 III，本研究採微觀發展法探測其認知發展與轉換，採立意取樣選取 A 幼稚園大班 24 人，B 國小二年級 24 名，共 48 人，兩校皆位於屏東縣內埔鄉的

城鎮區域，該區域以客家人為主，居民多務農或工，文化背景、社經地位相似，國小依課程綱要進行教學，幼稚園以主題教學為主，兩個年齡組隨機分派為實驗組和控制組各 12 人。

二、研究設計

本研究採微觀發展法的「前測-學習-後測」研究設計，除瞭解前後測的改變外，更透過提供密集學習經驗和教學，分析速度概念的改變歷程。實驗組在前測施測「兒童速度概念與科學推理晤談工具」(Y1)，包括「速度概念-變因」、「速度概念-現象及一維分析」、「速度概念-二維分析」分測驗。前測結束一週後，採個別方式進行四個「POE 速度概念教學活動」包括「速度概念-變因」(活動一、二)，「速度概念-現象及一維分析」(活動三、四)，每個活動約進行 30 分包含五個 session，每個 session 皆以預測(引導預測)、觀察(探索實驗)、解釋(詢問評析)等程序教學，學習階段歷經一個月，結束後一週進行後測，實施「兒童速度概念與科學推理晤談工具」，包括「速度概念-變因」「速度概念-現象及一維分析」(Y2)。在後測結束後一週，實施「兒童速度概念與科學推理晤談工具」的「速度概念-二維分析」(Y3)。控制組未接受教學，僅實施前後測、遷移測，其施測與晤談的方式與時間，與實驗組皆相同，如表 1。

表 1 研究設計

年齡組別	實驗組別	前測	學習	後測	遷移測
大班	實驗組	Y1	POE	Y2	Y3
	控制組	Y1	X	Y2	Y3
二年級	實驗組	Y1	POE	Y2	Y3
	控制組	Y1	X	Y2	Y3

三、速度概念之研究架構

本研究速度概念之研究架構，如表 2，包括「變因」「現象及一維分析」「二維分析」等研究範圍，依此架構設計「速度概念與科學推理晤談工具」，並針對「速度概念-變因」「速度概念-現象及一維分析」設計「POE 速度概念教學活動」。

1. 「速度概念-變因」係瞭解影響快慢的變項，參考 Kuhn 等人(1992) 研究設計，本研究影響快慢的結構變項為重量、地面材質，不會影響快慢的表面變項為顏色、造型。
2. 「速度概念-現象與一維分析」係瞭解兒童如何判斷快慢，不需數字運算，可以直接觀察或利用數字記錄判斷快慢。(1)「現象分析」在能直觀比較物體運動快慢的情形下，兩物體在同時、同起點開始移動，就其終點行為觀察，可直接比較，以眼球掃瞄物體運動的感覺來作快慢的比較，不需要透過數字記錄判斷。(2)「一維分析」在不能直觀比較物體運動快慢的情形下，若距離或時間其中之一是相同的情形下，係間接比較需利用數字記錄判斷。
3. 「速度概念-二維分析」係瞭解兒童如何判斷快慢，需利用數字運算。在不能直觀比較物體運動快慢的情形下，在距離、時間皆不相同的情形下，計算距離和時間的平均值，即平均速度。

表 2 「兒童速度概念與科學推理晤談工具」 「POE 速度概念教學活動」之架構

速度概念	概念敘述	晤談題號	POE 速度概念教學
變因	結構變項	<ul style="list-style-type: none"> • 物體的重量會影響速度，且不受表面變項影響 1. 2/ 9.10 • 地面的材質會影響物體速率，且不受表面變項影響 3. 4./11.12 • 物體重量/地面材質會影響速率，且不受表面變項影響 13. 14 	活動一 車子
	表面變項	<ul style="list-style-type: none"> • 物體的顏色不會影響速度 5. 6. • 物體造型不同不會影響速度 7. 8. 	活動二 扭蛋球
現象及一維分析	直接比較	<ul style="list-style-type: none"> • 同時/同起點移動，若行進相同時間，物體移動距離較長，速度較快 15. • 同時/同起點移動，若移動相同距離，物體行進時間較短，速度較快 16 • 不同時移動，若行進相同時間和距離，物體速度相同 17 18 	活動三、 發條車子 活動四 發條玩偶
	間接比較	在不能直觀比較物體運動快慢下，距離或時間是相同情形下，需數字記錄判斷。 <ul style="list-style-type: none"> • 不同時/同起點移動 19. 21 • 同時/不同起點移動 20. 22 	
二維分析	在不能直觀比較物體運動快慢下，距離和時間不相同情形下，需數字運算判斷，計算距離和時間的平均值。 <ul style="list-style-type: none"> • 同時/不同起點移動/不同終點 23. 24. • 不同時/不同起點移動 25. 26. • 同時/同起點移動 27. 28 		未設計教學活動

四、速度概念與科學推理晤談工具

目的在評量幼小兒童在速度概念與科學推理能力，本研究根據速度概念之研究架構，如表2，參考相關文獻，配合兒童生活經驗與理解程度，設計生活化測驗情境、內容、圖卡，試題內數字的設計能切合幼小兒童不同數學程度，以第26題為例，配合圖卡敘述題目，小黃熊從0公分跑到10公分處，小綠熊則從10公分處跑到30公分處，數字都是整十，且兩者距離的比率是整數倍。接著，請評量專家、物理專家，國小及幼稚園老師等3人審題，針對試題適切性提出修正建議，並以4位兒童(大班、二年級各2名)試測與晤談進而修改。正式試題共28題，如表3，包含三個部份的速度概念試題，每題包括聚斂型問題如哪一顆會滾動的速度比較快，以及開放型問題如為什麼：(1)「速度概念-變因」共14題，第1至8題為重量、地面材質、顏色、造型等次概念，第9至14題為概念延伸，均包含二(含)以上的概念。(2)「速度概念-現象及一維分析」共8題，第15至18題為直接比較，第19至22題為間接比較。(3)「速度概念-二維分析」共6題。

採個別晤談進行施測，答題未限時，每題的評量程序相同，主試先口語敘述題目，配合圖卡呈現，如圖1，兒童回答後，再詢問為什麼這樣想，可視兒童理解程度調整口語，但未有實驗操作，也不告知正確答案。針對兒童在每題的回答，進行速度概念評分和科學推理策略歸類，將速度概念分為正確概念、已歸類的另有概念、無法/尚未歸類的另有概念等三部分，正確概念得一分。科學推理策略則區分為猜測、自我中心、直覺推理、未完整推理、完整推理、精緻化推理、反證。兩位碩士班研究生在速度概念和科學推理策略之評分者間信度係數分別為.93、.80。

表3 兒童速度概念與科學推理晤談工具

速度概念	題號	晤談試題示例
變因	重量 1.2./9.10	4 妮妮 A 車、小玉 B 車、丸子 C 車，都沒有載任何東西。把妮妮的車放在平滑車道上、小玉的車放在粗糙車道上、小丸子的車則放在更粗糙的車道上(圖卡)，用相同的力同時推動玩具車。哪一輛車前進的速度比較快？為什麼？
	地面 3.4./11.12	
	重量/地面 13.14	
表面變項	顏色 5.6.	5 學校旁邊的馬路在施工，兩名工人用相同力氣推動黑色和白色兩個重量相同的滾輪(圖卡)。哪一個滾輪行進的速度會較快？為什麼？
	造型 7.8.	

速度概念	題號	晤談試題示例
現象及一維分析	直接比較	距離 15 時間 16 距離/時間 17. 18
	間接比較	不同時/同起點 19. 21. 同時/不同起點 20. 22
	二維分析	同時/不同起點 23. 24 平均速度 25. 26. 同時/同起點 27. 28

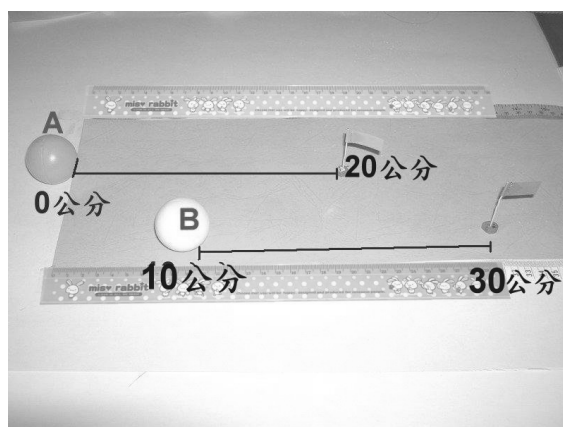


圖1 晤談工具第20題圖卡示例

五、POE 速度概念教學活動

本研究參考微觀發展的「前測-學習-後測」研究設計(Kuhn et al., 1992; Siegler& Chen, 1998), 在學習階段中提供密集連續的任務, 並運用 POE 教學策略, 教學程序依序為「預測-觀察-解釋」: (1)預測: 先佈題, 如表 4 至 5, 呈現問題情境和實物模型, 引導預測但不操作或示範, 鼓勵兒童以自己原有的科學知識預測, 根據兒童回答, 計算正確概念得分。(2)觀察: 提供操作物鼓勵兒童進行多次的探索實驗, 並以及觀察實驗過程與結果, 以驗證本身已具有

的概念或發現新概念。(3)解釋：由兒童針對觀察的結果提出解釋，藉由詢問評析引導兒童調解在預測與觀察的衝突，設法使兩者達到一致。

本研究為提供密集連續的任務，根據速度概念之架構，如表 2，設計四個「POE 速度概念教學活動」，包括「速度概念-變因」(活動一車子、活動二扭蛋球)，「速度概念-現象及一維分析」(活動三發條車子、活動四發條玩偶)，每個活動設計五個連續 session，每個 session 皆採個別方式進行 POE 教學，引導兒童探索和自發地解決類似任務，透過觀察兒童連續多次的學習經驗，藉由兩活動 5 個 session 相對應異形同構的問題設計，獲得精密的訊息，以探測速度概念萌發或改變。以下分述四個活動之任務設計，以及 POE 教學示例：

(一)「速度概念-變因」活動

活動一、二針對相同概念設計，如表 4，活動二設計為活動一延伸，由兩個物體增(AB)為三個(ABC)。兩個活動 5 個 session 之概念相對應，例如：session1 針對「物體重量會影響速度」概念設計活動任務，活動二三顆顏色和造型相同，不同重量(空的、裝半滿鹽、裝全滿鹽)扭蛋球，在平滑地面滾動。

POE 教學示例：活動一車子 session1 兩輛顏色和造型相同的小貨車(模型車)，一輛有載鐵塊，一輛沒有載，平滑地面並標識起點。(1)預測：如果用相同的力量在相同起點推車，哪輛車速度比較快？你覺得影響車子速度快慢的原因？(2)觀察：請你用相同的力量在相同起點推車，哪輛車速度會較快？請小朋友重複操作三次，觀察結果是否一致，你覺得影響車子速度快慢的原因？你覺得影響車子速度快慢的原因？(3)解釋：請小朋友解釋自己的想法，詢問預測經過實驗後有沒有改變或發現？

表 4 「速度概念-變因」活動之任務設計

	速度概念	活動一 車子	活動二 扭蛋球
session 1	結構	物體重量會影響速度	A 沒載鐵塊/白色/小貨車/平滑地面 B 載鐵塊/與A相同
Session 2	變項	地面材質會影響物體速度	A 空的/藍色/半透明球/平滑地面 B 半滿的/與A相同 C 全滿的/與A相同
Session 3	表面	物體的顏色不會影響速度	A 平滑地面/白色/休旅車 B 粗糙地面/與A相同 C 最粗糙地面/與A相同
Session 4	變項	物體造型不同不會影響速度	A 紅色/半透明/空的球/平滑地面 B 黃色/與A相同 C 綠色/與A相同
Session 5	綜合變項	物體重量、地面材質會影響速率，不受表面變項影響	A 小貨車/同重量/白色/平滑地面 B 小轎車/與A相同
			A 平滑地面/沒載鐵塊/藍色/小貨車 B 平滑地面/空的/藍色/半透明球 C 平滑地面/全滿的/綠色/透明球 D 最粗糙地面/全滿的/橘色/花紋球

(二) 「速度概念-現象及一維分析」活動

活動三、四針對相同概念設計，如表 5，活動四為活動三的延伸，兩個活動 5 個 session 之概念相對應，例如：例如：seeion1 針對「同時、同起點出發，行進相同時間時，比較物體移動距離」概念，設計活動任務。活動三兩輛小汽車在同時、同起點開始前進，10 秒後，藍色小汽車前進 10 公分，綠色小汽車前進 30 公分。活動四藍色外星人和哈姆太郎，同時、同起點開始走動，5 秒後，哈姆太郎走到 20 公分處，藍色外星人走到 30 公分處。

表 5 「速度概念-現象及一維分析」活動之任務設計

速度概念	活動三 發條車子	活動四 發條玩偶
Session 1	同時/同起點出發，行進相同時間，比較物體移動距離。	兩個玩偶同時/同起點0公分處出發，5秒後，哈姆太郎到20公分處，藍色外星人到30公分處。
Session 2	直接比較 同時/同起點出發，移動相同距離，比較物體行進時間。	兩個玩偶同時/同起點出發，都從0公分走到20公分處，橘色外星人行進10秒，哈姆太郎行進5秒。
Session 3	不同時出發，行進相同時間/距離，比較物體速度。	哈姆太郎從家裡0公分處出發，走10秒，到40公分處公園，運動完再從40公分處公園，走同一條路回家，也走10秒。
Session 4	間接比較 不同時/同起點出發，需用數字記錄判斷。	橘色外星人先從0公分處出發，15秒內走到30公分處，藍色外星人再從0公分處出發，5秒內，也走到30公分處
Session 5	間接比較 同時/不同起點出發，需用數字記錄判斷。	兩個玩偶同時出發，紅色外星人從0公分出發，5秒後停在10公分處。橘色外星人從10公分處出發，5秒後停在20公分。

六、資料處理與分析

(一) 驗證教學效果

「速度概念與科學推理晤談工具」評分方式，由兩位評分者(碩士班研究生)針對兒童在每個問題的回答，配合記錄與影音資料評分，正確概念得一分，若有不一致則討論以力求評估一致性，並進一步與指導教授討論。採 2(年齡組別) × 2(實驗組別) × 2(測量階段) 三因子混合設計變異數分析，考驗兩個年齡組的實驗組和控制組，在前後測/遷移測速度概念得分之改變效果。

(二)分析教學歷程

「POE 速度概念教學活動」評分方式與人員，與上述「速度概念與科學推理晤談工具」相同，針對實驗組大班與二年級兒童，在四個活動中每個 session(預測-觀察-解釋)的預測階段的回答，計算 5 個 session 的正確概念得分與答對率，以瞭解速度概念的改變歷程。

參、結果與討論

根據上述研究方法，獲得速度概念「變因」「現象及一維分析」「二維分析」三個部份資料，進行教學效果與教學歷程分析，茲將結果與討論分述如下：

一、幼小兒童「速度概念-變因」教學效果與歷程

(一)前後測「速度概念-變因」得分之結果分析

表 6 是大班和二年級實驗組及控制組，在「速度概念-變因」前後測得分之平均數與標準差，將各組前後測得分平均數整理為圖 2。表 7 為三因子混合變異數分析摘要表，顯示實驗組別、年齡組別和測量階段的交互作用達顯著水準， $F(1, 44)=4.68$ ， $p<.05$ 。

接著進行實驗組別、年齡組別及測量階段的單單純主要效果分析，結果如表 8 所示：(1)大班實驗組和控制組在前測得分沒有顯著差異， $F(1, 88)=.56$ ， $p>.05$ ；二年級實驗組和控制組在前得分沒有顯著差異， $F(1, 88)=1.53$ ， $p>.05$ ；大班實驗組和控制組在後測得分有顯著差異， $F(1, 88)=15.71$ ， $p<.05$ ，且實驗組($M=12.25$)高於控制組($M=8.25$)；二年級實驗組和控制組在後測得分有顯著差異， $F(1, 88)=9.85$ ， $p<.05$ ，且實驗組($M=13.08$)高於控制組($M=9.92$)。(2)大班、二年級實驗組在前測得分有顯著差異， $F(1, 88)=13.19$ ， $p<.05$ ，且二年級($M=9.83$)高於大班($M=6.17$)；控制組的年齡組別在前測得分沒有顯著差異， $F(1, 88)=2.73$ ， $p>.05$ ，大班、二年級實驗組在後測得分沒有顯著差異， $F(1, 88)=.68$ ， $p>.05$ ；大班、二年級控制組在後測得分沒有顯著差異， $F(1, 88)=2.73$ ， $p>.05$ 。(3)大班實驗組在前後測得分有顯著差異， $F(1, 44)=86.27$ ， $p<.05$ ，且後測($M=12.25$)高於前測($M=6.17$)；二年級實驗組在前後測得分有

顯著差異， $F(1, 44)=24.62$ ， $p<.05$ ，且後測($M=13.08$)高於前測($M=9.83$)；大班控制組在前後測得分有顯著差異， $F(1, 44)=4.14$ ， $p<.05$ ，且後測($M=8.25$)高於前測($M=6.92$)；二年級控制組在前後測得分有顯著差異， $F(1, 44)=4.14$ ， $p<.05$ ，且後測($M=9.92$)高於前測($M=8.58$)。

在「速度概念-變因」得分的統計考驗結果顯示：大班、二年級的實驗組和控制組，在前測得分沒有顯著差異，由前測到後測得分皆有顯著的改變，但在後測得分上控制組顯著落後於實驗組。同時，大班實驗組在前測得分落後於二年級實驗組，大班、二年級由前測到後測得分皆有顯著的改變，但在後測得分上大班、二年級沒有顯著差異。

表 6 不同組別在「速度概念-變因」前後測之平均數與標準差

實驗組別	年齡組別	前測		後測	
		<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
實驗組	大班	6.17	2.95	12.25	1.42
	二年級	9.83	1.34	13.08	1.00
控制組	大班	6.92	2.81	8.25	4.20
	二年級	8.58	2.35	9.92	2.07

表 7 不同組別及測量階段「速度概念-變因」之三因子混合變異數分析摘要表

變異來源	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>
受試者間	∴	∴	∴	∴
實驗組別(A)	88.17	1	88.17	9.14*
年齡組別(B)	92.04	1	92.04	9.55*
實驗×年齡(A×B)	2.04	1	2.04	.21
群內受試(S/AB)	424.25	44	9.64	
受試者內				
測量階段(C)	216.00	1	216.00	83.92**
實驗×測量(A×C)	66.67	1	66.67	25.90**
年齡×測量(B×C)	12.04	1	12.04	4.68*
實驗×年齡×測量(A×B×C)	12.04	1	12.04	4.68*
測量×群內受試(C×S/AB)	113.25	44	2.57	

* $p<.05$ ** $p<.01$

表 8 不同實驗組別、年齡組別及測量階段「速度概念-變因」之單單純主要效果分析摘要表

變異來源	SS	df	MS	F
實驗組別(A)				
在大班前測 (b1c1)	3.37	1	3.37	.56
在二年級前測(b2c1)	9.37	1	9.37	1.53
在大班後測 (b1c2)	96.00	1	96.00	15.71**
在二年級後測(b2c2)	60.17	1	60.17	9.85*
誤差 (S/AB+CxS/AB)	537.50	88	6.11	
年齡組別(B)				
在實驗組前測(a1c1)	80.67	1	80.67	13.19*
在控制組前測(a2c2)	16.67	1	16.67	2.73
在實驗組後測(a1c2)	4.17	1	4.17	.68
在控制組後測(a2c2)	16.67	1	16.67	2.73
誤差 (S/AB+CxS/AB)	537.50	88	6.11	
測量階段(C)				
在實驗組大班 (a1b1)	222.04	1	222.04	86.27**
在實驗組二年級(a1b2)	63.38	1	63.38	24.62**
在控制組大班 (a2b1)	10.67	1	10.67	4.14*
在控制組二年級(a2b2)	10.67	1	10.67	4.14*
誤差 (CxS/AB)	113.25	44	2.57	

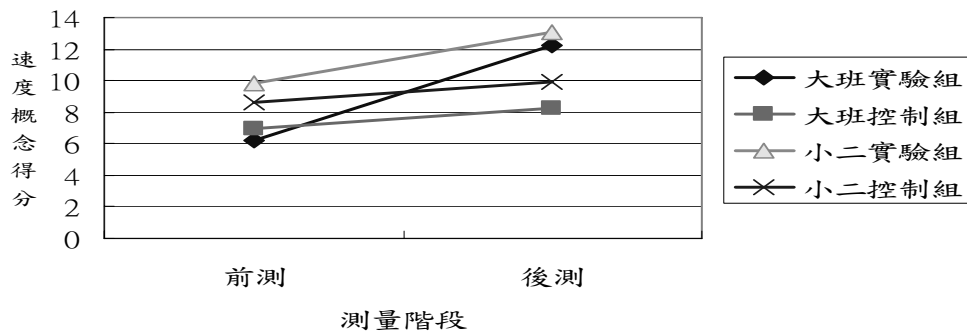
* $p < .05$ ** $p < .01$ 

圖 2 不同年齡組別、實驗組別與測量階段之「速度概念-變因」

(二)教學活動「速度概念-變因」得分之結果分析

表 9 是實驗組大班、二年級兒童在活動一車子、活動二扭蛋球「速度概念-變因」得分與答對率，將答對率整理為圖 3、圖 4。

圖 3 為大班在兩個活動 5 個 session 答對率，在結構變項方面，活動一 session1、session2 答對率分別為 83.3%、75%，活動二答對率提高至 100%、91.7%，表示大班兒童對重量、地面材質會影響快慢已有相當的理解，經引導發展趨近二年級，特別重量概念最佳。在表面變項方面，活動一 session3、session4 答對率分別為 8.3%、25%，活動二答對率分別為 16.7%、25%，表示大班兒童判斷快慢易受顏色、造型的表面變項影響，經引導仍難以理解。在綜合變項上，活動一 session5 答對率 8.3%，活動二答對率提高至 58.3%，表示大班兒童漸能區辨複雜結構變項和表面變項的影響。

圖 4 為二年級在兩個活動 5 個 session 答對率，在結構變項方面，活動一 session1、session2 答對率分別為 91.7%、100%，活動二答對率分別為 100%、83.3%，表示二年級兒童對重量、地面材質會影響快慢理解頗佳，進步空間有限。在表面變項方面，活動一 session3、session4 答對率分別為 75%、41.7%，活動二答對率提高至 83.3%、66.7%，表示二年級兒童受造型表面變項的影響，較顏色表面變項大，經引導漸能不受干擾。在綜合變項上，活動一 session5 答對率 33.3%，活動二答對率提高至 75%，表示二年級兒童漸能區辨複雜結構變項和表面變項的影響。

表 9 實驗組在活動一/活動二「速度概念-變因」得分與答對率

		session1		session2		session3		session4		session5	
		結構變項		結構變項		表面變項		表面變項		綜合變項	
		得分	%	得分	%	得分	%	得分	%	得分	%
大班	活動一	10	83.3	9	75.0	1	8.3	3	25.0	1	8.3
	活動二	12	100	11	91.7	2	16.7	3	25.0	7	58.3
二年級	活動一	11	91.7	11	91.7	9	75.0	5	41.7	4	33.3
	活動二	12	100	10	83.3	10	83.3	8	66.7	9	75.0

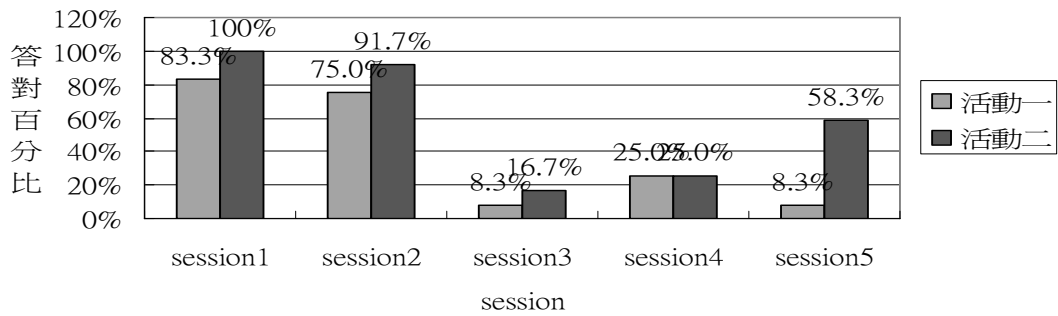


圖 3 實驗組大班兒童在活動一/活動二「速度概念-變因」答對率

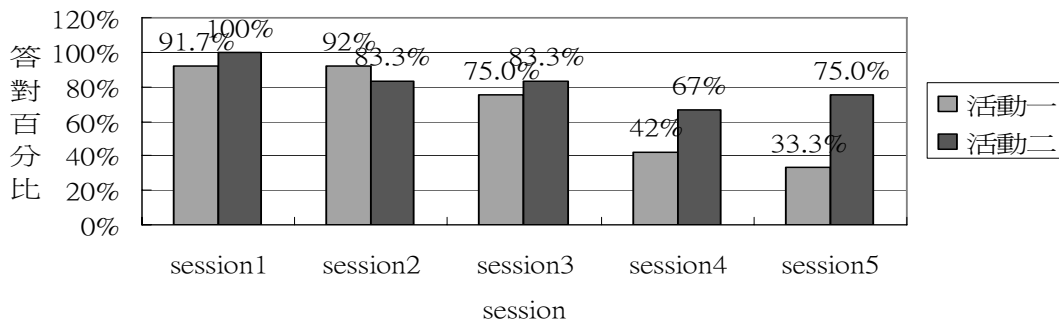


圖 4 實驗組二年級兒童在活動一/活動二「速度概念-變因」答對率

(三) 討論

根據上述前後測得分之教學效果分析，以及教學活動得分之教學歷程分析，茲從「速度概念-變因」之發展與學習等兩各部分進行討論：

1. 「速度概念-變因」發展

在 POE 速度概念教學歷程中，二年級兒童(91.7%、100%)較大班幼兒(83.3%、75%)能理解影響快慢的結構變項，且二年級兒童(75%、41.7%)較大班幼兒(8.3%、25%)不易受表面變項的混淆，此結果與 Piaget 論點一致，Piaget(1970)認為兒童速率概念是隨學童認知發展而獲得，運思預備期多依表面特徵推論，直到後期約五、六歲時，漸能推論低層關係；具體運思期漸能推論高層關係但表現仍不穩定；需到形式運思期約十一歲才能推論高層關係(Moshman, 1997；Siegler, 1998)，因此兒童速率概念的發展隨著年齡的增長，由結構性低的知

覺特徵，逐漸轉移至結構性高的概念。

2. 「速度概念-變因」學習

由統計考驗結果顯示：(1)大班、二年級的實驗組和控制組，在「速度概念-變因」前測得分沒有顯著差異，大班、二年級兒童無論實驗組或控制組，在後測得分皆有顯著的進步，但大班、二年級控制組在後測得分仍顯著落後於實驗組 $F(1, 88)=15.71$ ， $F(1, 88)=9.85$ ， $p<.05$ ，驗證了 POE 速度概念教學，能有效改變幼小兒童「速度概念-變因」。(2)大班實驗組在前測落後於二年級實驗組，大班、二年級接受教學後都有顯著的進步 $F(1, 44)=86.27$ ， $F(1, 44)=24.62$ ， $p<.05$ ，由於二年級在前測得分頗佳，到後測也幾乎滿分，可進步空間則有限，大班進步幅度大與二年級趨近，因此大班、二年級在後測得分沒有差異。據此本研究發現 POE 速度概念教學能改變幼小兒童「速度概念-變因」，且效果因年齡而有所差異。

進一步對照教學歷程分析發現：幼小兒童經引導漸能區辨結構變項和表面變項的影響。(1)二年級開始即能理解結構變項，也較不受顏色表面變項干擾，故進步空間有限(如 91.7%→100%)，縱使如此，POE 教學仍有助於二年級理解結構變項對運動快慢之影響，也能減少造型的表面變項干擾(如 41.7%→66.7%)，此結果類似於 Kuhn 等人(1992)採微觀發展法，運用 POE 教學有助於四年級兒童對結構變項的掌握，也減少表面變項的干擾。(2)大班在結構變項概念進步幅度大並趨近二年級，特別是在重量結構變項最佳(如 83.3%→100%)，惟大班仍易受顏色、造型表面變項影響，在表面變項的進步效果則有限(8.3%→16.7%)。由此可知 POE 教學對大班幼兒減少表面變項干擾的效果有限，本研究基於訊息處理論的觀點，認知容量是兒童認知發展之關鍵，幼兒多以表面特徵推理，隨年齡增長其認知容量擴大，漸能處理二元至多元的關係，依序能推論關係結構，最後能推論高層關係(Moshman, 1997; Siegler, 1998)，故推測大班幼兒可能受認知容量限制，經引導漸能瞭解結構變項的影響，但仍易受表面變項的干擾，二年級兒童受認知容量限制較小，更能理解結構變項，也較不受表面變項干擾。

二、幼小兒童「速度概念-現象及一維分析」教學效果與歷程

(一)前後測「速度概念-現象及一維分析」得分之結果分析

表 10 是大班和二年級的實驗組及控制組受試，在「速度概念-現象及一維分析」得分之平均數與標準差，將各組前後測得分平均數整理為圖 5。表 11 是三因子混合變異數分析的結果摘要，顯示實驗組別、年齡組別和測量階段的交互作用未達顯著水準， $F(1, 44)=2.84, p>.05$ ；顯示實驗組別和年齡組別的交互作用未達顯著水準， $F(1, 44)=.60, p>.05$ ；顯示年齡組別和測量階段的交互作用未達顯著水準， $F(1, 44)=1.86, p>.05$ ；顯示實驗組別和測量階段的交互作用達顯著水準， $F(1, 44)=16.72, p<.05$ 。

接著進行實驗組別與測量階段的單純主要效果分析，結果如表 12 所示：實驗組和控制組在前測得分沒有顯著差異 $F(1, 88)=.23, p>.05$ ；實驗組和控制組在後測得分有顯著差異， $F(1, 88)=12.77, p<.05$ ，且實驗組 ($M=5.29$) 高於控制組 ($M=3.42$)。另外，實驗在前後測得分有顯著差異， $F(1, 44)=36.12, p<.05$ ，且後測 ($M=5.29$) 高於前測 ($M=3.08$)；控制組在前後測得分沒有顯著差異 $F(1, 44)=.05, p>.05$ 。

由「速度概念-現象及一維分析」得分的統計考驗結果顯示：實驗組與控制組在前測得分沒有顯著差異，實驗組由前測到後測得分有顯著的改變，控制組則無顯著的改變，實驗組在後測得分顯著高於控制組。

表 10 不同組別在「速度概念-現象及一維分析」前後測之平均數與標準差

實驗組別	年齡組別	前測		後測	
		<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
實驗組	大班	3.08	1.38	4.50	1.93
	二年級	3.08	1.68	6.08	2.23
控制組	大班	3.25	1.55	3.42	2.02
	二年級	3.42	1.83	3.42	1.78

表 11 不同組別及測量階段「速度概念-現象及一維分析」之
三因子混合變異數分析摘要表

變異來源	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>
受試者間				
實驗組別(A)	15.84	1	15.84	3.18
年齡組別(B)	4.59	1	4.59	.92
實驗×年齡(A×B)	3.01	1	3.01	.60
群內受試(S/AB)	219.46	44	4.99	
受試者內				
測量階段(C)	31.51	1	31.51	19.45**
實驗×測量(A×C)	27.09	1	27.09	16.72**
年齡×測量(B×C)	3.01	1	3.01	1.86
實驗×年齡×測量(A×B×C)	4.59	1	4.59	2.84
測量×群內受試(C×S/AB)	71.29	44	1.62	

p*<.05 *p*<.01

表 12 不同實驗組別及測量階段「速度概念-現象及一維分析」之
單純主要效果分析摘要表

變異來源	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>
實驗組別(A)				
在 c1(前測)	.75	1	.75	.23
在 c2(後測)	42.19	1	42.19	12.77**
細格內誤差	290.75	88	3.30	
測量階段				
在 a1(實驗組)	58.52	1	58.52	36.12**
在 a2(控制組)	.08	1	.08	.05
測量×群內受試	71.29	44	1.62	

p*<.05 *p*<.01

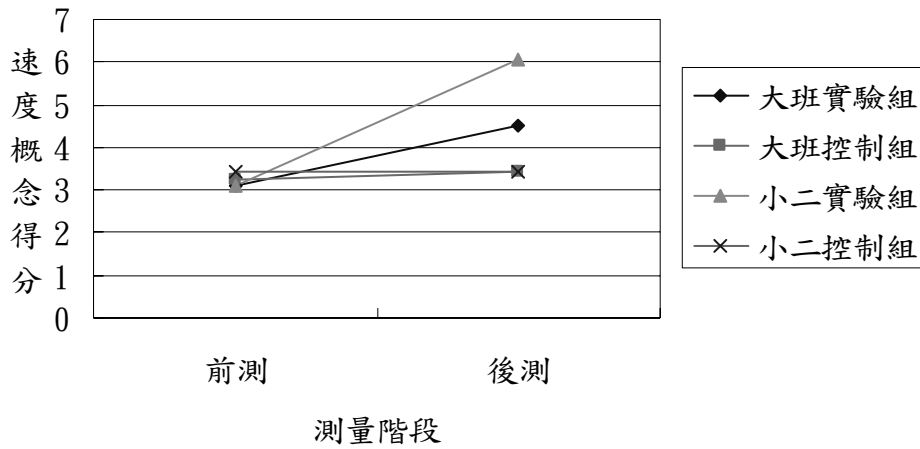


圖 5 不同年齡組別、實驗組別與測量階段之「速度概念-現象及一維分析」

(二)教學活動「速度概念-現象及一維分析」得分之結果分析

表 13 是實驗組大班、二年級兒童，在活動三發條車子、活動四發條玩偶的「速度概念-現象及一維分析」得分與答對率，將答對率整理為圖 6、圖 7。

圖 6 為大班在兩個活動 5 個 session 答對率，在「直接比較」方面，活動三 session1、session2 答對率分別為 33.3%、58.3%，活動四答對率提高至 58.3%、66.7%，兩個活動 session3 答對率皆為 75%，表示大班經引導在「同時/同起點出發，相同時間比較距離」「同時/同起點出發，相同距離比較時間」有進步，其中「同時/同起點出發，相同時間比較距離」開始欠佳但進步較大，「不同時出發，行進相同時間/距離」開始表現佳而進步有限。在「間接比較」方面，活動三 session4、session5 答對率分別為 75%、16.7%，活動四答對率分別為 58.3%、16.7%，表示大班經引導在間接比較「不同時/同起點移動」「同時/不同起點移動」未有進步，其中「同時/不同起點移動」最為困難。

圖 7 為二年級在兩個活動 5 個 session 答對率，在「直接比較」方面，活動三 session1、session2、session3 答對率分別為 83.3%、66.7%、100%，活動四答對率分別為 66.7%、83.3%、91.7%，表示二年級經引導在「同時/同起點出發，相同距離比較時間」開始較差但略有進步，在「同時/同起點出發，相同時間比較距離」「不同時出發，行進相同時間/距離」開始表現佳但未進步。在「間接比較」方面，兩個活動 session4 答對率皆為 83.3%，活動三 session5 答對

率為 41.7%，活動四答對率提高為 50%，表示二年級經引導在「同時/不同起點移動」略有進步仍不穩定，「不同時/同起點移動」開始表現佳但未進步。

表 13 實驗組在活動三/活動四「速度概念-現象及一維分析」得分與答對率

		session1		session2		session3		session4		session5	
		直接比較		直接比較		直接比較		間接比較		間接比較	
		得分	%	得分	%	得分	%	得分	%	得分	%
大班	活動三	4	33.3	7	58.3	9	75.0	9	75.0	2	16.7
	活動四	7	58.3	8	66.7	9	75.0	7	58.3	2	16.7
二年級	活動三	10	83.3	8	66.7	12	100.0	10	83.3	5	41.7
	活動四	8	66.7	10	83.3	11	91.7	10	83.3	6	50.0

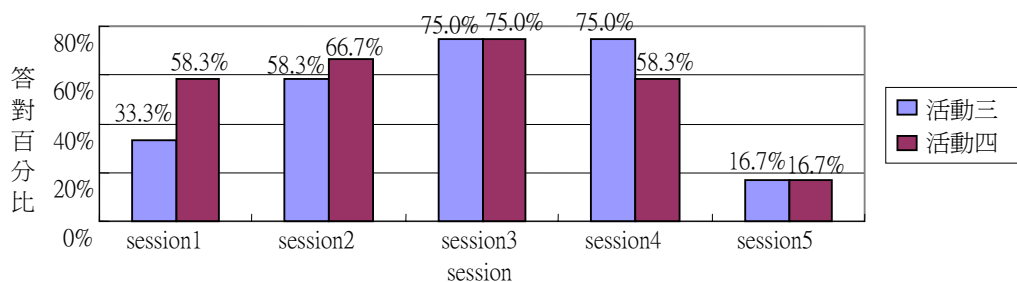


圖 6 實驗組大班兒童在活動三/活動四「速度概念-現象及一維分析」答對率

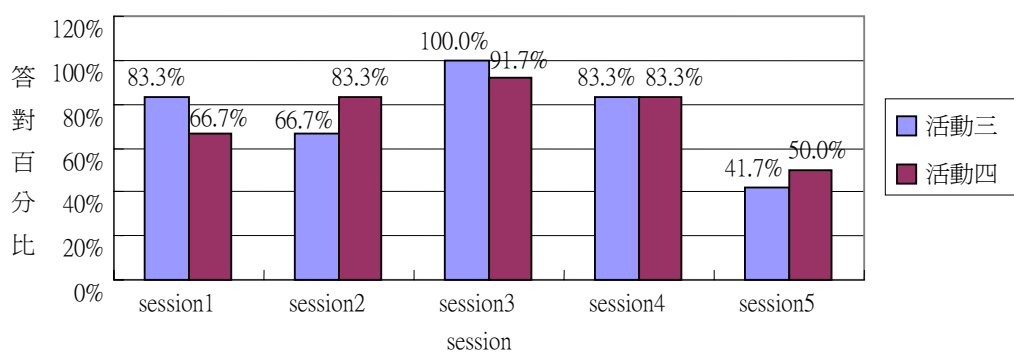


圖 7 實驗組二年級兒童在活動三/活動四「速度概念-現象及一維分析」答對率

(三) 討論

根據上述前後測得分之教學效果分析，以及教學活動得分之教學歷程分析，茲從「速度概念-現象與一維分析」之發展與學習等兩各部分進行討論：

1. 「速度概念-現象與一維分析」發展

在 POE 速度概念教學歷程中，二年級較大班能直接比較和間接比較物體運動快慢，對大班、二年級兒童而言，直接比較「不同時出發，行進相同時間/距離」概念最簡單(75%、100%)，又間接比較的「同時/不同起點移動」概念最困難，特別是大班答對率極低(16%、41.7%)。推測大班兒童主要以直觀、知覺判斷快慢，雖能注意距離或時間因素，較難跳脫具像化思考，二年級除了以直觀判斷快慢，漸能以距離、時間、速率兩兩間的關係判斷但仍不穩定，雖然大班、二年級速度概念發展有些差異，但大致上與 Piaget(1970)階層 II 的發展特色符合，也與王幸雯(民 90)以大班、二年級為對象的研究結果相似，又本研究大班發展程度也與王春奎和鍾靜(民 93)結果相似，該研究未區隔低年級和幼稚園，較難釐清低年級和幼稚園的差異，因此可能低估二年級能力。此外，本研究發現大班對時間與速度關係理解，比距離與速度關係為佳，大班在「若行進相同時間，比較物體移動距離」(33.3%)，其答對率低於「若移動相同距離，比較物體行進時間較短」(58.3%)，此一結果與皮亞傑所論「兒童最早是對距離概念的理解，時間與速度概念是透過邏輯思考逐漸形成」不同，也與 Cross 和 Pitkethly (1988) 所論「兒童速度概念的發展先距離因素，再時間因素」也不一致。

2. 「速度概念-現象與一維分析」學習

由統計考驗結果顯示：幼小兒童的實驗組與控制組在「速度概念-現象及一維分析」前測得分沒有顯著差異 $F(1, 88)=.23$ ， $p>.05$ ，實驗組在前後測得分有顯著的進步 $F(1, 44)=36.12$ ， $p<.05$ ，控制組在前後測得分則無顯著差異 $F(1, 44)=.05$ ， $p>.05$ ，且實驗組在後測得分優於控制組 $F(1, 88)=12.77$ ， $p<.05$ ，據此本研究發現：POE 速度概念教學對幼小兒童「速度概念-現象與一維分析」有改變效果。

雖統計考驗結果發現改變效果不因年齡而有所差異，但進一步對照教學歷程發現大班、二年級在「直接比較」「間接比較」的改變仍有差異。其中大班的改變效果主要為「直接比較」(如 33.3%→58.3%)，但在「間接比較」未有進步；二年級的改變效果則分佈在「直接比較」與「間接比較」，支持教學有助於幼小兒童理解時間、距離、速率兩兩之關係，惟不同年齡概念的提昇層次仍不同，此一發現與 Matsuda(1994)研究結果一致，該研究也發現五歲以上兒童，透過具體操作能了解時間和距離、距離和速率關係，八歲以上了解時間和速率關係。進一步探討難度較高的「間接比較」之改變情形，發現對大班、二年級而言，間接比較的「同時/不同起點移動」概念最為困難，此任務大班經引導未有進步(如 16.7%→16.7%)，半數的二年級經引導可跳脫直觀方式(如 41.7%→50%)，能考慮兩個物體的相對位置，漸能依物體相距遠近判斷快慢，此發展程度接近於王春奎和鍾靜(民 93)中年級的發展程度，惟萌發的間接比概念並不穩定。

三、幼小兒童「速度概念-二維分析」之遷移效果

表 14 是大班和二年級的實驗組及控制組受試，在「速度概念-二維分析」前後測得分之平均數與標準差，將各組前後測得分平均數整理為圖 8。表 15 三因子混合變異數分析的結果摘要，顯示實驗組別、年齡組別和測量階段的交互作用未達顯著水準， $F(1, 44)=3.04, p>.05$ ；顯示實驗組別和年齡組別的交互作用未達顯著水準， $F(1, 44)=.70, p>.05$ ；顯示年齡組別和測量階段的交互作用未達顯著水準， $F(1, 44)=1.61, p>.05$ ；顯示實驗組別和測量階段的交互作用未達顯著水準， $F(1, 44)=2.04, p>.05$ 。

由「速度概念-二維分析」得分的統計考驗結果顯示：實驗組別、年齡組別和測驗階段的交互作用、實驗組別和測量階段的交互作用皆未達顯著水準 $F(1, 44)=2.04, p>.05$ ，幼小兒童在接受 POE 速度概念教學後，「速度概念-二維分析」未有顯著的進步，其中二年級實驗組雖呈現進步的趨勢，但未達顯著水準。據此本研究發現：POE 速度概念教學對幼小兒童的教學效果，未能遷移至「速度概念-二維分析」。本研究「速度概念-二維分析」的問題設計，需綜合時間與距離的關連性，誠如相關文獻分析所述「速度概念-二維分析」對幼小兒童難度高，例如：Piaget(1970)認為 9 至 11 歲兒童逐漸綜合出時間與距離為速率

的相互關係。Matsuda (1994)發現 4 至 10 歲兒童非以「距離－時間－速率」系統關係判斷。王春奎和鍾靜(民 93)發現低年級(含幼稚園)不能綜合時間與距離的關連性作正確判斷。王幸雯(民 90)四年級及以下兒童在應用距離/時間的比率關係時，無法同時考慮距離和時間，僅能先固定距離或時間再比較。陳美月(民 91)發現中年級兒童仍有半數以上無法同時以距離和時間兩個因素判斷快慢。本研究不僅分析速度概念「發展」，更探測幼小兒童速度概念「學習」的可能發展水準，因此嘗試在評量納入「速度概念-二維分析」然而，研究發現大班、二年級在「速度概念-變因」「速度概念-現象與一維分析」雖有提昇，但對「速度概念-二維分析」之理解，仍超出認知發展範圍，再加上遷移測延後一週評量可能有其他經驗干擾，因而故無法有遷移效果。

表 14 不同組別在「速度概念-二維分析」前後測之平均數與標準差

實驗組別	年齡組別	前測		後測	
		<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
實驗組	大班	3.17	1.64	3.25	1.55
	二年級	3.33	2.06	5.00	1.13
控制組	大班	2.42	1.24	2.67	1.50
	二年級	2.92	1.08	2.92	1.68

表 15 不同組別及測量階段「速度概念-二維分析」之三因子混合變異數分析摘要表

變異來源	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>
受試者間				
實驗組別(A)	22.04	1	22.04	7.51*
年齡組別(B)	10.67	1	10.67	3.64
實驗×年齡(A×B)	2.04	1	2.04	.70
群內受試(S/AB)	129.08	44	2.93	
受試者內				
測量階段(C)	6.00	1	6.00	3.62
實驗×測量(A×C)	3.38	1	3.38	2.04
年齡×測量(B×C)	2.67	1	2.67	1.61
實驗×年齡×測量(A×B×C)	5.04	1	5.04	3.04
測量×群內受試(C×S/AB)	72.92	44	1.66	

* $p < .05$

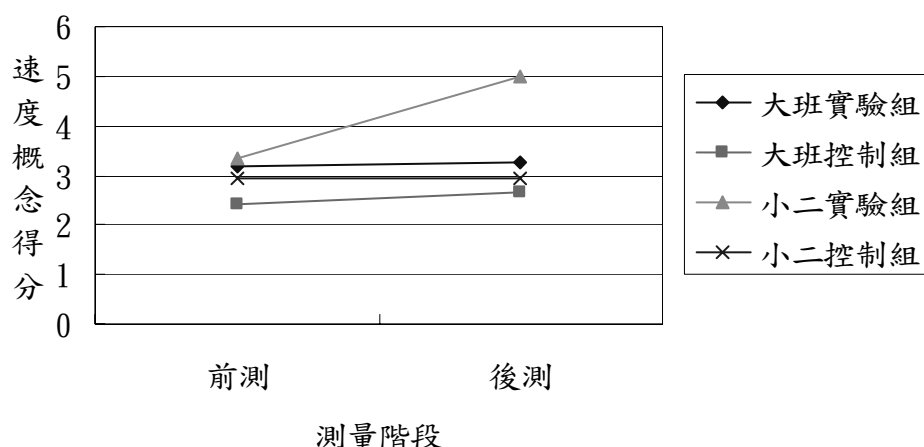


圖 8 不同年齡組別、實驗組別與測量階段「速度概念-二維分析」

肆、結論與建議

本研究採微觀發展法，探討 POE 速度概念教學，對幼小兒童「速度概念-變因」「速度概念-現象及一維分析」之改變效果，分析教學歷程中幼小兒童「速度概念-變因」「速度概念-現象及一維分析」之發展情形，以及「速度概念-二維分析」之遷移效果，茲將研究結論分述如下：

1. 幼小兒童「速度概念-變因」之教學效果與歷程：(1)POE 速度概念教學能改變幼小兒童「速度概念-變因」，且效果因年齡而有所差異。(2)在 POE 速度概念教學歷程中，二年級較大班能理解影響快慢的結構變項，且不易受表面變項的混淆，經引導幼小兒童漸能區辨結構和表面變項的影響，其中二年級開始在結構變項概念即佳，故進步空間有限，不受顏色表面變項的干擾，較易受造型表面變項影響，經引導進步較大，相對地，大班在結構變項概念進步多並趨近二年級，特別是在重量結構變項最佳，惟大班仍易受顏色、造型表面變項影響。
2. 「速度概念-現象及一維分析」之改變效果與歷程：(1)POE 速度概念教學對幼小兒童「速度概念-現象與一維分析」有改變效果，但其效果不因年齡而有所差異。(2)在 POE 速度概念教學歷程中，二年級較大班能直接比較和間接比較物體運動快慢，對幼小兒童兒而言，直接比較的「不同時出發，行進相同

時間/距離」概念最簡單，又間接比較的「同時/不同起點移動」概念最困難，大班經引導在直接比較概念有進步，但在間接比較概念未有進步，二年級經引導在直接比較和間接比較上，部份較差的概念略有進步，漸能依物體相距遠近判斷快慢。

3. 「速度概念-二維分析」之遷移效果：POE 速度概念教學對幼小兒童的教學效果，未能遷移至「速度概念-二維分析」，其中二年級實驗組前後測得分雖呈現成長的趨勢，但統計驗證未達顯著水準。承上所述，幼小兒童經引導漸能理解時間、距離、速率兩兩之關係，半數二年級兒童經引導漸跳脫直觀方式，能兩個物體的相距遠近判斷，但未能理解距離、時間、速率之系統關係，

綜上所述：在速度概念「發展」方面，發現大班、二年級兒童在「速度概念-變因」「速度概念-現象與一維分析」「速度概念-二維分析」之發展情形，大致與 Piaget(1970)皮亞傑論點符合。在速度概念「學習」方面，有關「速度概念-變因」「速度概念-現象與一維分析」之學習探測，發現大班主要以直觀、知覺方式判斷快慢，也能注意距離或時間因素，但仍難跳脫具像化思考，易受表面變項影響，僅「速度概念-變因」的結構變項概念、「速度概念-現象分析」的直接比較概念有較佳延展；二年級兒童以直觀方式、距離或時間等多樣方式判斷快慢，由結構性低的知覺特徵，逐漸轉移至結構性高判斷，逐漸跳脫具像化思考，在「速度概念-變因」發展趨於成熟，「速度概念-現象與一維分析」漸萌發，漸能以兩個物體相距遠近判斷，仍有進步空間。但是在「速度概念-二維分析」之遷移探測，發現大班、二年級仍未能明瞭速率、距離、時間三者之間的相互關係，也未能以量化比率判斷快慢，故「速度概念-二維分析」仍困難。

針對本研究結論提出下列建議，以供未來科學教育研究與教學之參考。

1. 採用微觀發展法探測科學概念發展：目前國內少有研究採微觀發展法探測兒童認知發展改變，本研究採微觀發展法「前測-學習-後測」設計，主要參考 Kuhn 等人(1992)在「速度概念-變因」之微觀發展設計，並納入「現象分析」「一維分析」「二維分析」速度概念，以探測幼小兒童的速度概念之發展與

學習，結果發現不僅由前後測的晤談瞭解大班、二年級兒童速度概念發展情形，更可藉由提供密集學習經驗，探測大班、二年級速度概念的學習潛能與限制，建議未來可嘗試採用微觀發展法，探測兒童在其它科學概念的發展與學習。

2. **運用 POE 策略進行幼小兒童科學概念教學：**POE 策略多運用在中高年級以上學生，本研究嘗試將年齡層降低至幼小階段，設計 POE 速度概念教學活動，藉由預測-觀察-解釋程序，探測幼小兒童本身既有的速度概念，對實際現象與概念之間關係的認知，以及面對認知衝突的調適與改變，結果發現能有效改變「速度概念-變因」「速度概念-現象與一維分析」，建議未來可將 POE 策略聚焦於其它特定的科學概念，以探測幼小兒童科學概念學習。
3. **提供學習經驗激發幼小兒童速度概念之可能發展水準：**本研究透過四個「POE 速度概念教學活動」，提供「速度概念-變因」「速度概念-現象與一維分析」之學習經驗，藉以探測幼小兒童速度概念之可能發展水準。研究發現大班兒童「速度概念-變因」的結構變項概念，能與二年級兒童趨近，仍易受表面變項影響，「速度概念-現象分析」的直接比較概念有較佳延展，「速度概念-一維分析」的間接比較概念則未有進步，建議未來大班速度概念的學習活動以「變因」「現象分析」為主。同時，研究發現二年級兒童「速度概念-變因」趨於穩定成熟，「速度概念-現象分析」「速度概念-一維分析」漸萌發仍有延展空間，但難以明瞭「速度概念-二維分析」，目前九年一貫課程數學領域 1~3 年級能力指標主要為「透過感官活動感覺一個物體運動的快慢」(教育部，民 90)，相當於「速度概念-變因」「速度概念-現象分析」，建議未來二年級速度概念的學習活動可納入「速度概念-一維分析」，如「能用時間的長短，描述一物體在固定距離內的運動速率」「能用距離，描述一物體在固定時間內的運動速率」，提供更具挑戰的學習經驗，以激發速度概念之可能發展水準。

參考文獻

- 王幸雯 (2001)。兒童速度概念發展之研究。國立臺灣師範大學家政教育研究所碩士論文。未出版，臺北市。
- 王美芬 (1997)。幼兒對於呼吸和消化作用的認知研究。科學教育研究與發展，6，4-18。
- 王春奎 (2002)。兒童速率概念之初探研究。國立臺北師範學院數理教育研究所碩士論文，未出版，臺北市。
- 王春奎和鍾靜 (2004)。兒童速率概念之初探研究。師大學報：科學教育類，49，1，41-64。
- 王盈琪 (2006)。利用POE教學模式探討國小三年級學童光迷思概念及其概念改變之成效。臺北市立教育大學科學教育研究所碩士論文，未出版，臺北市。
- 吳連鴻 (2003)。國小學童速度概念的試題編製與分析之研究。臺中師範學院數學教育學系在職進修教學碩士學位班碩士論文，未出版，臺中市。
- 人文出版社編輯委員會 (1974)。物理大辭典。臺中：人文。
- 周淑惠 (2003)。幼兒自然科學概念與思維。臺北：心理。
- 周淑惠 (1998)。幼兒自然科學經驗-教材教法。臺北：心理。
- 教育部 (2001)。國民中小學九年一貫課程暫行綱要。臺北：教育部。
- 張翠娥 (1998)。幼兒教材教法。臺北：心理出版社。
- 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，14 (2)，159-182。
- 陳玉玲 (2000)。概念改變教學策略對地球運動概念之教學效果—以國小六年級徐生為例。國立政治大學教育學系博士論文，未出版，臺北市。

- 陳美月 (2002)。臺北市國民小學中年級兒童對物體運動快慢與力之間的另有概念分析研究。國立臺北師範學院數理教育研究所碩士論文，未出版，臺北市。
- 陳志偉 (2004)。以POE策略探究國小四年級學生浮力概念學習歷程之研究。臺中師範學院自然科學教育學系碩士論文，未出版，臺中市。
- 陳淑芳、江麗莉、詹文娟、鄭秋平、簡淑真 (2002)。幼兒科學基本能力指標初探研究。國科會專題研究計畫精簡成果報告(報告編號：NSC-90-2511-S-143-005-X3)，未出版。
- 陳麗如 (2005)。國小低年級學童科學概念認知層次分佈之研究—以風的主題單元為例。臺北市立師範學院科學教育研究所碩士論文，未出版，臺北市。
- 熊召弟、王美芬、段曉林、熊同鑫譯 (1995)。科學學習心理學(原作者S. M. Glynn, R. H. Yeany, & B. K. Britton)。臺北：心理(原著出版年：1991)。
- American Association for the Advancement of Science(1989). *Project 2601: Science for all Americans*. Washington, DC: Author.
- Berk, L. (2000). *Child development*. (5nd ed.). Allyn & Bacon.
- Champagne, A. B., Klofer, L. E., & Anderson J. H. (1980). Factors influencing the learning of classical mechanics. *American Journal of Physics*, 48 (12), 1074-1079.
- Cross, R.T., & Mehegan, J. (1988). Young children's conception of speed: possible implication for pedestrian safety. *International Journal of Science Education*, 10 (3), 253-265.
- Cross, R.T., & Pitekethly, A. (1988). Speed, education and children as pedestrians: A cognitive change approach to a potentially dangerous naive concept. *International Journal of Science Education*, 10 (5), 531-540.

- Gunstone, R. F. (1990). "Children's science": A decade of developments in constructivist views of science teaching and learning. *The Australian Science Teachers Journal*, 36 (4), 9-19.
- Kuhn, D., Schauble, L., & Garcia-Mila, M. (1992). Cross-domain development of Scientific Reasoning. *Cognition and Instruction*, 9 (4), 285-327.
- Moshman, D. (1997). Cognitive development beyond childhood. In W. Damon (Ed.), *Handbook of Child Psychology* (5th ed.). Wiley.
- Matsuda, F. (1994). Concepts about Interrelations among Duration, Distance, and Speed in Young Children. *International Journal of Behavioral Development*, 17(3), 553-576.
- Piaget (1970). *The child's conception of movement and speed* (G. E. T Holloway, trans.). London: Routledge & Kegan Paul.
- Siegler, R. S. (2000). The rebirth of children's learning. *Child Development*, 71(1), 26- 35.
- Sigler, R. S. (1998). *Children's thinking* (3rd ed.). Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- Siegler, R. S., & Chen, Z. (1998). Development differences in rule learning: microgenetic analysis. *Cognitive Psychology*, 36, 273- 310.
- Siegler, R. S., & Crowley, K. (1991). The microgenetic method: A direct means for studying cognitive development. *American Psychologist*, 46, 606- 620.
- Sophian, C. (1997). Beyond competence: The significance of performance for conceptual development. *Cognitive Development*, 12, 281-303.
- White, R., & Gunstone, R. F. (1992). Prediction-observation-explanation. In R. White & R. Gunstone (Eds.), *Probing understanding* (pp.44-64). London: The Falmer Press.

The Microgenetic Research of Young Children's Speed Concept

Shwu-Ching Jiang^{*}, Chen-Yu Chen^{**}, Yu-Chun Pan^{***}

Abstract

The purpose of this study was based on microgenetic method to explore the effect of POE instruction on young children's speed concept. It also tried to explore young children's development of speed concept during the process of POE instruction. The 48 subjects were kindergarten and second grade children. The experimental groups received four activities of POE instruction. Each activity was consisted of five continuous sessions. The control group received no instruction. The interview tool of science concepts and scientific reasoning was conducted as pretest, posttest and transfer test. Three-way mixed design analysis of Variance was used to verify the effects. The percentage analyses were used to explore changes of speed concept. The results indicated: (1) The POE instruction effectively promoted "variable" concept of young children and the effects would be different according to different ages. The young children's "variable" concept could be gradually promoted, but kindergarten had limited of surface variable concept during the process of instruction. (2) The POE instruction effectively promoted "phenomenon and one dimensional analyses" concept of young children. During the process of instruction, kindergarten's direct compare concept had obvious progression and second grade children's direct and indirect compare concept had some progression. And (3) the effect of POE instruction could not transfer to young children's "two dimensional analyses" concept.

Key words : microgenetic method, prediction- observation- explanation strategy, speed concept.

* Associate Professor, Department of Child Care, National Pingtung University of Science and Technology

** Master of Department of Child Care, National Pingtung University of Science and Technology

*** Master of Department of Child Care, National Pingtung University of Science and Technology

