

不同情境中學前幼兒加法計算策略之分析：微發生學設計

張麗芬

國立臺南大學幼兒教育學系副教授

摘要

本研究目的在分析不同情境下（遊戲及課業情境），幼兒解決簡單加法計算題的能力與策略，並以微發生學設計探討這些策略在不同測試階段會有何種變化，最後並分析幼兒加法計算題的錯誤類型。本研究選取 47 位大班幼兒，在遊戲及課業情境下，於一個月內接受四次簡單加法計算問題測試，之後分析幼兒使用的加法計算策略及其變化。研究結果發現，首先，在遊戲與課業兩種情境下，幼兒的加法計算能力並無顯著差異，但是幼兒解決加法計算題使用的策略則有顯著差異，手指策略在遊戲情境中較多，畫圖策略在課業情境中較多。其次，在課業情境下，幼兒的計算策略在不同測試中使用的次數有顯著差異，但在遊戲情境下幼兒的策略使用則無這種差異。整體而言，隨著測試次數的增加，幼兒逐漸放棄比較具體的計算策略，而改用比較抽象與不明顯的計算策略。最後，幼兒在課業情境出現的錯誤比較多，這些錯誤題目大多集中在「和數為 10 以上」的題目。

關鍵詞：微發生學方法，計算策略，情境

壹、緒論

一、研究背景與動機

學前階段是許多重要數學知識發展的時期 (National Council of Teachers of Mathematics [NCTM], 2000)，而且也是幼兒從非正式數學 (informal mathematics) 進入正式數學的轉換時期 (Baroody, Lai, & Mix, 2006)，學前數學經驗會是幼兒將來到小學學習正式數學的基礎 (Jordan, Kaplan, Ramineni, & Locuniak, 2009)，進入幼稚園時的解決簡單應用問題能力最能預測小學一年級將結束時的數學成就 (Jordan, Kaplan, Locuniak, & Ramineni, 2007)，而且無法熟練地作數字運算也是數學學習困難的顯著特徵 (Gersten, Jordan, & Flojo, 2005)。可見學前幼兒運算能力是作複雜計算與解決應用問題的基礎 (Fuchs, Geary, Compton, Fuchs, Hamlett, & Bryant, 2010)，對後來的數學學習特別重要。因此本研究即以幼兒日常生活中經常見到的簡單加法問題 (simple addition problems) 為研究焦點。

研究發現，學前幼兒已具有許多非正式數學能力 (Clements & Sarama, 2007)，也能解決簡單的計算問題 (Jordan, Huttenlocher, & Levine, 1992)，甚至幼兒還能使用許多不同策略解決計算問題 (陳彥廷, 2008)。以往研究發現，幼兒最常使用的簡單加法計算策略有六種：數具體實物 (using manipulatives)、數手指 (finger counting)、畫圖 (drawing)、口頭計數 (verbal counting)、衍出策略 (derived-fact strategy)、及提取策略 (number fact retrieval；王國亨、簡清華, 2008；李淑娟, 2008；陳怡如, 2011；陳俞君等人, 2003；張麗芬、林毓芬, 2012；Carpenter & Moser, 1984；Geary, 1994；Siegler & Jenkins, 1989；Worthington & Carruthers, 2003)。但是因為幼兒尚未接受過正式的數學教學，因此常常可以在幼兒身上發現，某位幼兒可能在某時間點，會擁有多種不同的策略可供使用 (Siegler, 1996, 2006；Siegler & Jenkins, 1989)。本研究的目的之一即在分析幼兒會使用那些策略進行簡單加法計算。

本研究的重點在分析幼兒使用的加法計算策略，根據以往研究指出，兒童學會基本計算技巧是經過三個階段，先從依靠計數 (counting strategies) 進行計算，再進到根據已知數字組合的推理策略 (reasoning strategies)，到最後能快速提取答案的精熟策略 (mastery strategies；Fuchs et al., 2010；Kilpatrick, Swafford, & Findell, 2001)。雖然國內有研究探討學前幼兒在加法策略的使用，但是大部分研究者探討的是數學能力，運算能力與策略只佔其中一小部分 (王國亨、簡清華, 2008；袁媛, 2001；許惠欣, 1997；陳俞君等人, 2003)；有些研究是針對幼兒如何解決分解與結合問題 (陳彥廷, 2008)，只有少數是針對幼兒的加法策略進行深入研究 (李淑娟, 2008；陳怡如, 2011)。然而這些研究也很少探討這些策略如何隨著幼兒經驗的增加而產生變化。依 Siegler 等人 (Siegler, 2000；Siegler & Jenkins, 1989) 的看法，策略發展除了包含建構新策略，也包括選擇更有效策略、依問題及情境選擇最具適應性的策略、有效執行現有策略及放棄舊策略等的變化。因此學前幼兒進行加法計算時不同策略之間消長的變化也是本研究想探討的另一個主題。

然而要在日常生活中了解兒童策略的使用與變化並不容易，使用縱貫法（longitudinal method）或跨序列研究（cross-sectional method）時，往往觀察時間的間隔太長，以致於很難看出發展的改變是如何發生，也無法提供學習過程的詳細訊息（Chen & Siegler, 2000）。而最近出現的微發生學方法（microgenetic method）可以在短暫時間內，透過重複呈現同一刺激或情境，觀察這種經驗對發展的影響（Siegler, 2006; Siegler & Crowley, 1991）。國內近來也有研究使用微發生學方法探討兒童的科學概念（江淑卿、陳昱蓁、潘于君, 2008），而本研究擬用微發生學方法，透過四次測量，以了解幼兒在解決簡單加法問題時不同策略的變化。

最後，根據情境認知理論（situated cognition perspective），認知蘊含於情境中（Solomon, 2007），知識需透過真實活動而發展，兒童才能有真正的理解。研究發現，兒童在真實情境中的數學表現優於類似學校情境下的表現，而且在兩種情境中使用的策略也不相同（Carragher, Carragher, & Schielmann, 1985）。情境會在許多層次上影響兒童使用策略，例如不同的學校與文化重視不同策略，並且會在教室教學中強調這些策略（Carr & Hettinger, 2003）。國內幼兒園普遍強調正式、課業導向的學習方式，幼兒的數學學習偏重使用練習本，內容偏重基數與運算的情形很嚴重（馬祖琳, 2001），這種方式是否會與使用遊戲方式讓幼兒的加法計算策略有不同？因此本研究也想探討在不同情境下，幼兒使用的加法計算策略是否有不同。本研究推測，如果在幼兒生活中自然產生的需要使用計算的情境（例如遊戲），與強調課業的情境，幼兒在不同情境中解決加法計算題的策略會有差異。

綜合以上所述，本研究將分析不同情境下（遊戲及課業情境），幼兒解決簡單加法計算題的能力與策略，並使用微發生學設計，探討這些策略在不同測試階段會有何種變化，最後並分析幼兒的加法計算錯誤有那些類型。本研究發現的結果在理論上可以增加未來研究者對於幼兒使用計算策略的了解；在實務上也可以讓老師及家長了解幼兒如何進行加法計算，以及計算策略的進程，除了可以評估幼兒的能力，也能設計適合教學活動。

二、研究目的

綜合以上所言，本研究的研究目的有三：

- （一）分析不同情境下，幼兒解決簡單加法問題的計算能力與策略。
- （二）探討不同情境下，使用多次測試時，幼兒簡單加法計算策略的變化。
- （三）分析幼兒解決簡單加法計算題的錯誤類型。

根據以上的研究目的，本研究的研究問題如下：

- （一）幼兒在不同情境下的簡單加法計算能力與策略有何差異？
- （二）不同情境下，使用多次測試時，幼兒的簡單加法計算策略有何變化？
- （三）幼兒解決簡單加法計算題時，出現那些錯誤題目與答案類型？

三、重要名詞釋義

本研究使用的重要名詞說明如下：

(一) 簡單加法計算策略

簡單加法問題是指加數與被加數都是個位數的計算問題（本研究不使用應用問題）。策略是指目標導向的運作，用來協助工作表現（Bjorklund, 2005）。簡單加法計算策略是指幼兒在解決簡單加法計算題時所使用的方法，本研究參考以往文獻，根據幼兒解決簡單加法問題時的外顯行為及幼兒的說明，將幼兒的簡單加法計算策略分類為：具體實物、手指、畫圖、抽象及提取策略五種。

(二) 情境

指幼兒在進行簡單加法計算題時的情境，在本研究中所使用的情境有兩種：遊戲情境及課業情境，遊戲情境是以兩個盤面遊戲—尋寶遊戲、送桃樂絲回家—方式呈現簡單加法計算題，讓幼兒在遊戲過程中練習加法計算；而課業情境則是以類似寫功課方式，只以口頭方式呈現簡單加法計算題，例如「2 加 3 是多少？」。

貳、文獻探討

文獻探討部分將分為幼兒的簡單加法計算能力與策略、情境對加法計算策略的影響、及微發生學方法三部分加以說明。

一、幼兒的簡單加法計算能力與策略

以下分為幼兒簡單加法計算的能力、策略種類、策略發展、及錯誤類型加以說明。

(一) 幼兒簡單加法計算能力

早期 Piaget (1952；引自 Verschaffel, Greer, & De Corte, 2007) 認為，幼兒至少須至七歲以後，才能有意義的學習數字概念，以及處理加減法的運算。但是近期研究發現，3 歲幼兒即開始具有解決小數量（3 以下）加減問題的能力（Starkey, 1992），如果問題又是以具體實物操作的方式呈現，4 歲幼兒回答的正確率都會相對提高（Levine, Jordan, & Huttenlocher, 1992），甚至大約 3 至 4 歲的幼兒都有能力以心算方式計算小數目的加法問題，而多數 4 歲幼兒都已能計算和數為 5 以內的加法問題（Baroody, 2006），5 歲半以後的幼兒在面對和數較大（範圍 5 至 8）的問題時，已能不借助具體物就進行加法運算（Jordan et al., 1992）。

國內相關研究也發現，大部份 4 歲以上的幼兒已有能力計算總和 10 以內的加法計算問題（許惠欣，1997；陳俞君等人，2003），大部分大班以上的幼兒已有能力計算總和 10 以內的加法計算問題，半數中班幼兒能計算總和 5 以內的加法計算問題（陳俞君等人，2003），剛進入國小一年級的幼兒幾乎可以全部答對 10 以內的具體加法應用題或計算加法問題（使用銅板），但是對 10 以內的加法運算表（例如 2 加 3 是多少？）則通過率很低（王國亨、簡清華，2008）。最近研究則發現，大部分大班幼兒能解決和數為 15 以內的加法計算題與應用題（陳怡如，2011），甚至和數為 20 以內的加法題（李淑娟，2008）。幼兒也了解一些加減法原理，例如「減法否定」（例如 $3 - 3 = 0$ ）及「減法同一」

($3-0=3$) 原則 (賴孟龍、陳芸鍾, 2010)。不過幼兒的表現會受和數大小的影響 (陳怡如, 2011), 也有個別差異存在, 例如新住民 4 歲幼兒的表現低於一般幼兒 (魏培容、郭李宗文、高志誠、高傳正, 2011), 弱勢大班幼兒的表現也低於非弱勢幼兒 (杜雪淇、阮淑宜、林珮仔, 2011)。不過國內外研究大致發現, 學前幼兒也有能力解決簡加法計算題。

(二) 幼兒簡單加法計算策略的種類

策略是用來協助工作表現的目標導向的運作 (Bjorklund, 2005), 計算策略反映了兒童的理解與認知成熟 (Cheng-Zijuan & Chan, 2005), 不同文化下的兒童都曾被發現經常使用一些解題策略 (王國亨、簡清華, 2008; 李淑娟, 2008; 陳怡如, 2011; 陳俞君等人, 2003; 張麗芬、林毓芬, 2012; Carpenter & Moser, 1984; Geary, 1994; Siegler & Jenkins, 1989; Worthington & Carruthers, 2003)。以下是幼兒常見的幾種加法計算策略：

1. 具體實物策略

具體實物策略是指兒童使用具體實物 (例如積木、花片等) 協助計算 (Fuson, 1982)。具體實物至少有兩個作用, 首先它代表了要計算的物體的總數; 第二個作用是, 它可以幫助幼兒記錄 (keep track) 計數的過程, 以免遺忘 (Fuson, 1982)。

2. 手指策略

手指策略指兒童以手指代表加數與被加數, 然後再數兩集合的總數。這個策略對使用十進位數字系統的兒童較為有利 (Geary, 1994)。由於亞洲的數字系統大多為十進位, 所以用數手指來解決加法問題的情形很普遍, 與美國兒童相較之下, 亞洲兒童使用的數手指策略就比較成熟 (Fuson & Kwon, 1992)。但是 Chen-Zijuan 與 Chan (2005) 的研究卻發現, 雖然同是使用十進位數名系統, 香港幼兒使用的計算策略與西方國家幼兒並無不同。

3. 畫圖策略

畫圖也是一種有效的解題策略 (van Essen & Hamaker, 1990), 畫圖策略是指幼兒用畫圖方式, 在紙上以符號 (symbols) 表徵被加數與加數, 然後計算所畫符號以解決加法問題。例如幼兒畫出 OO OOO 代表被加數與加數, 然後計算所有圓圈, 以回答 $2+3$ 的問題。許多研究發現, 學前幼兒也能使用畫圖方式進行加減運算 (張麗芬、林毓芬, 2012; Worthington & Carruthers, 2003)。

4. 口頭計數策略

口頭計數策略指在計算時, 兒童只用口頭計數, 不使用任何手指或動作協助, 這表示兒童已能在心理上記得已被數過的數字及未被數過的數字 (Fuson, 1982)。一般而言, 由於中文數字發音比英文短 (一、二、三 vs. one、two、three), 所以中國的幼兒園兒童比美國兒童更早轉換為使用口頭計數 (Geary, 1994)。

5. 衍出策略

衍出策略或稱為分解 (decomposition), 指以記憶加法事實為基礎, 來解決更難的問題 (Canobi, Reeve, & Pattison, 1998; Geary, Hoard, Byrd-Craven, & Desoto, 2004), 包括使用加倍策略 (doubles 或 ties problems, 例如計算 $2+3$ 時, 用已知道的 $2+2=4$, $4+1=5$, Ashcraft, 1992) 及合十策略 (up-over-tens, 例如計算 $5+6$ 時, 用已知的 $5+5=10$, $10+1=11$,

Fuson & Kwon, 1992)。亞洲兒童常使用衍出策略（特別是合十策略），這可能是源自亞洲兒童常使用數手指策略，所以較早了解阿拉伯數字系統中十的架構（Fuson & Kwon, 1992）。

6.提取策略

提取策略指兒童能很快自長期記憶提取答案，而沒有出現明顯的計數行為。一般而言，加倍問題是兒童最先記住的組合，然後是加數是小數字的問題（例如 $2+1$ ， $3+2$ ），加數較大的問題是最後才記住的（Geary, 1994）。研究發現（Geary, Bow-Thomas, Liu, & Siegler, 1996），相對於美國兒童，中國的幼兒園到小學三年級兒童隨著年級的增加，會逐漸使用提取策略。

由以上文獻可以發現，兒童是有許多策略可以解決簡單加法計算題，但是兒童的這些策略是如何改變？這些將在下一段說明。

（三）幼兒簡單加法計算策略的發展

1.幼兒簡單加法計算策略發展的階段

研究指出，兒童學會基本數字組合技巧是經過計數、推理及精熟三個階段（Fuchs et al., 2010; Kilpatrick et al., 2001）。幼兒大約自 4、5 歲開始就學習使用計數方法解決簡單計算問題，使用計數方法時幼兒必須克服工作記憶的限制，記住要計數多少次，這對幼兒是個困難，因此幼兒必須使用一些方法協助記錄計數的次數，例如學前與低年級兒童常藉助具體實物、手指、口頭計數（Baroody, Tiilikainen, & Tai, 2006）、或圖畫方式（張麗芬、林毓芬，2012）。大部份的研究指出在解決加法問題時，幼兒較常運用手指計數的方式做為解題策略，特別是亞洲的學童（Fuson & Kwon, 1992; Geary et al., 1996）。幼兒園兒童（Jordan, Kaplan, Ramineni, & Locuniak, 2008）、小學一年級兒童（Jordan, Huttenlocher, & Levine, 1992）使用手指策略最能預測他們計算的正確性。但是由具體策略過渡到口頭計數策略對有數學學習困難的兒童是一大挑戰（Baroody, Eiland, & Tompson, 2009），因為兒童必須記住數過與未數過的物件。

然而只要是使用計數策略，兒童一般會使用三種與計數有關的方法（Carpenter & Moser, 1984; Fuson, 1982）：（1）全部計數（counting all from first number, CAF）：從 1 開始數到被加數，然後繼續往上數到加數結束。（2）從被加數往上數（counting-on-from-first number, COF）：從被加數開始往上數加數的次數。（3）從大數往上數（counting-on-from-larger number, COL）：從被加數或加數中較大的數往上數。研究發現大多數幼兒園及小學一年級兒童最常用計數策略，但幼兒園兒童常用「全部計數」策略，而小一兒童則較常用「從大數往上數」策略（Bjorklund & Roseublem, 2001; Carpenter, Fennema, Frake, Levis, & Empson, 1999; Siegler & Jenkins, 1989）。

之後，當幼兒有了許多計算經驗，而且已記住一些加法組合，兒童會使用已知的事實與關係推衍出複雜問題的答案（即推理或衍出策略，Ng & Rao, 2010），這個方法對工作記憶的負擔較小，工作記憶會限制幼兒解決加減法問題（Klein & Bisanz, 2000）。推理策略包括使用加倍策略（Ashcraft, 1992）及合十策略（Fuson & Kwon, 1992）。

最後，兒童有效地從記憶網路中提取答案（即精熟策略），其特徵是快速且自動化的處理。通常重複練習計算問題可以讓基本數字組合得以儲存在長期記憶中，需要時也

能自動提取。由以上可知，大致上幼兒的加法計算策略發展是以明顯的（overt）計數策略逐漸發展至事實提取等隱藏（covert）策略的趨勢來解決加法運算問題（Fennema, Carpenter, Jacobs, Franke, & Levi, 1998）。

國內幼兒使用的加法計算策略種類大致上與國外研究發現相似，然而也有一些不同發現。相同處是國內幼兒大致仍以具體實物或手指的計數策略最多，例如許惠欣（1997）、陳怡如（2011）、李淑娟（2008）、陳彥廷（2008）發現，大多數中班或大班幼兒使用具體實物或手指計數，特別是其中的「全部計數」策略，而剛入國小一年級幼兒大都使用「往上計數」（王國亨、簡清華，2008）。相異處在於國內幼兒似乎較少被發現使用口頭計數，而使用較多直接提取策略，例如陳怡如（2011）、李淑娟（2008）就發現，大班幼兒除了具體實物策略之外，其次就是提取策略。

2. 幼兒簡單加法計算策略發展變化的原因

策略發展的改變是如何發生的？從認知心理學觀點來探討策略發展著重在策略的變異、策略思考對新情境的適應性、策略改變的過程、策略改變方式的個別差異、以及兒童將策略類化到不同作業的能力（Siegler, 1996）。Siegler 等人（Siegler, 1996, 2000; Siegler & Jenkins, 1989）提出策略選擇模式（strategy choice model）來說明與兒童計算發展有關的認知變化，以及這些變化與兒童外在行為（例如解題策略）有何相關。策略選擇模式的基本假設是：兒童在解決大多數問題時，會同時使用多種不同的策略，這些策略間會彼此互相競爭，而比較進步、有效的策略就能增加自己的競爭優勢。例如兒童使用計數策略會讓他們學到這個策略及基本的數字組合，最後兒童就能很快且正確地提取計算問題的答案，因而逐漸不用計數策略。Siegler 等人認為策略的發展不像階段，從不成熟進展到成熟，而比較像一系列重疊的波浪，所以他用重疊波浪模式（overlapping waves approach）來說明這種情形（Siegler, 1996）。因此策略發展即包含了建構新策略、選擇更有效策略、依問題及情境選擇最具適應性的策略、有效執行現有策略及放棄舊策略（Siegler, 2000; Siegler & Jenkins, 1989）。

例如 Sieglar 與 Jenkins（1989）研究 4、5 歲幼兒如何獲得「從大數往上數」策略。結果發現，一開始時幼兒會使用許多策略解決簡單加法計算題，但是還不會用「從大數往上數」策略。接著他們給這些幼兒每週三次，持續 11 週的練習。隨著練習的增加，大部份幼兒的表現愈來愈正確，且速度愈來愈快。在策略的進展方面，大致是從猜測進步到「全部計數」策略，然後是「便捷的全部計數」策略（shortcut sum），之後是「從大數往上數」策略，最後是提取策略。

（四）簡單加法計算策略的錯誤類型

解決簡單加法問題時，國內大班與小學一年級幼兒仍以計數策略為主，研究也發現，幼兒若使用以計數為基礎的策略（例如手指或口頭計數），都有可能會出現計數錯誤（counting errors），而這種錯誤常是因為錯誤的概念或程序造成（Ginsburg, 1989），大部分的錯誤答案類型都是數不夠 1（undercounting）、或數超過 1（overcounting），特別是前者（Fuson, 1982；Siegler & Shrager, 1984），而出錯的原因經常是因為幼兒無法記錄數到哪裡、或是從錯誤數字開始數造成。

二、情境對加法計算策略的影響

依 Vygotsky (1978) 的社會文化論，知識的建構是社會中介的 (socially mediated)，社會情境不只影響態度與信念，也會影響思考的內容與思考方法，社會情境塑造了認知過程。情境認知理論也認為，「認知總是蘊含於情境中」(Solmon, 2007: 413)，知識是學習者與環境互動下的產物，本質上會受到活動與文化脈絡的影響 (Brown, Collins, & Dugid, 1989)。所以知識的學習是無法獨立於其學得的情境之外，而必須與此情境中的人事物進行互動，才能達到真正的理解 (Guberman, 1999)。Ellis (1997) 指出，社會文化情境透過幾種方式影響兒童數學策略的發展與使用，例如社會文化影響兒童可以使用的策略目錄，不同文化的價值觀影響兒童對策略的選擇與使用，社會目標影響策略的選擇，與他人的社會互動也會影響兒童對策略的選擇。

若依社會文化論與情境認知的觀點，兒童在不同情境下的表現應該會有差異，例如 Carraher 等人 (1985) 把相同的數學問題設計成三種不同情境：街頭情境 (買東西、算錢及找錢)、應用題情境 (用假設情境的應用問題) 及數字情境 (如學校的計算題)，請巴西街頭的小販解決這些問題，結果發現，這些兒童在街頭情境的表現 (答對率 98%) 優於應用題情境 (答對率 74%) 及數字情境 (答對率 37%)，而且同一位兒童用來解題的方法也不同。在工作及類似工作的情境中，兒童大多使用口頭策略，而且大多正確；書寫方式的計算方法常用來回答學校作業，但結果常是錯誤的 (Carraher, Carraher, & Schielmann, 1987)。這表示情境會影響兒童的數學表現與策略的使用。

雖然全美幼教協會 (National Association for the Education of Young Children, NAEYC) 與美國數學教師協會 (National Council of Teachers of Mathematics, NCTM) 在 2002 年共同提出對幼兒數學學習的聯合聲明，主張幼兒數學教學應透過遊戲方式進行，但是國內幼兒園普遍強調以正式、課業導向的方式學習數學 (馬祖琳, 2001)，學者指出，幼兒的數學學習若透過日常生活或遊戲情境，其效果會與透過學校或預先規劃的紙頭作業的方式有不同效果 (Kamii & Housman, 2000)，因為前者能引發幼兒的學習動機，而後者不只對幼兒的意義不大，而且幼兒也很難理解 (Tucker, 2005)。實際的研究結果也是如此，例如如果提供幼兒遊戲材料讓幼兒可以控制遊戲時的真實情境，則幼兒的數學能力可以提升 (Young-Loveridge, 2004)。在經過半年接受計算問題的遊戲與應用問題後，原本表現不佳的低社經地位小學一年級幼兒也能提高計算與邏輯推理能力 (Kamii, Rummelsburg, & Kari, 2005)。少數研究比較幼兒在不同情境下的數學表現，也發現情境的不同會影響幼兒的表現，例如在遊戲情境中，幼兒的計算錯誤較少，而且回答速度較快；但在課業情境中，幼兒的錯誤隨年齡而增加，而且回答較慢 (Bjorklund & Roseublem, 2001, 2002)。

情境除了影響數學能力表現之外，幼兒的計算策略也會受情境影響，只是這方面的研究比較少。少數直接探討情境影響的研究發現，遊戲情境中，6、7 歲幼兒大多使用「全部計數」策略；在課業情境中，幼兒大多使用提取及「從大數往上數」策略 (Bjorklund & Roseublem, 2002)。Bjorklund 與 Roseublem 認為，這是因為在遊戲情境中因為要贏，所以正確性的重要凌駕速度；而且在遊戲情境中幼兒可以透過點數骰子具體看見加法問

題，比較不會造成工作記憶的負擔。而在課業情境下（例如 2 加 3 是多少？），幼兒很難使用「全部計數」策略，所以當兩加數為加倍問題或其中有一數為 1 時，幼兒使用提取策略；而其他類型問題（通常兩數都較大時），則改用「從大數往上數」策略。

三、微發生學方法

（一）意義

用傳統的縱貫法或跨序列研究發展的改變時，往往只能看到發展的結果（products），很難看出發展的過程（processes）或改變是如何發生，特別是要研究兒童的思考時更是困難（Chen & Siegler, 2000; Lavelli, Pantoja, Hsu, Messinger, & Fogel, 2005）。這時微發生學方法就可以克服這個困難，而且嘗試了解這個改變的過程。Siegler（2006）提到，微發生學分析主要建立在三個命題上：學習是兒童發展的核心、微發生學分析能夠提供有關學習的獨特訊息、微發生學分析所提供的訊息能協助對兒童的學習產生一個新的看法。

微發生學方法是指在短暫時間內，重複呈現同一刺激或情境，觀察這種經驗對發展的影響（Siegler & Crowley, 1991），它是研究改變過程的好方法（Lavelli et al., 2005）。微發生學方法主要在回答「學習如何（how）發生？」的問題，它有三個主要特徵（Chen & Siegler, 2000; Siegler, 1996, 2000, 2006）：（1）在快速發生能力改變的期間內作觀察；（2）在觀察期間，相對於快速的改變的，觀察的密度也很高；（3）密集分析觀察資料在量及質的變化，以便推論造成能力改變的表徵與過程。

其中第二個特徵特別重要，由於發展經常不是直線進行（Siegler, 2000），所以無法在兩種改變狀態間指出其間最短的路線，所以要發現兒童如何學習就要在兒童學習時仔細研究他們。在能力快速改變的期間密集抽樣變化中的能力就可以提供了解學習過程所需的時間訊息（Siegler, 2006）。

（二）實驗設計

微發生學研究經常需要在不同階段（sessions）中進行試驗（trials），並在測試中編碼策略的使用或其他的行為單位；至於每個階段內研究者會設計幾次測試，則有很大差異，從一個階段只有一次測試到多次測試都有。也由於它研究的焦點是發展的變化如何發生，而不是探討介入的影響，因此微發生學設計大多未使用控制組作對照（Siegler, 2006）。少數微發生學研究採用單一受試設計（single subject designs），例如，Robinson 與 Mervis（1998）分析 Mervis 的兒子如何在 13 個月期間大約 400 次練習中獲得文法與詞彙意義。

另一種普遍的微發生學設計是在不使用任何介入的情形下，研究少數受試者在某長期或短期期間內的學習。例如 Spencer 等人（Spencer, Vereijken, Diedrich, & Thelen, 2000）觀察四位嬰兒在自由遊戲期間的抓取（reaching），他們在嬰兒 3 至 30 週時每星期觀察二次，在嬰兒 32 至 52 週時，隔週觀察二次。

第三種經常使用的設計是使用密集的頻率給予兒童某些經驗，目的在加速典型的發展過程，以便能更詳細分析改變的過程，以模擬真實發展的變化。例如前述 Siegler 與 Jenkins（1989）的研究，就是透過每週三次、持續 11 週的練習，觀察 4、5 歲幼兒如何

獲得「從大數往上數」策略。

本研究目的在了解幼兒簡單加法計算策略的變化，因此適合採用第三種設計，透過在短期間內提供密集的加法計算經驗，觀察幼兒簡單加法計算策略的變化。

參、研究方法

一、研究設計

本研究目的在分析不同情境下，幼兒簡單加法計算能力與策略，以及這些計算策略的變化，因此安排連續四個階段，每階段持續一週，並且每週進行一次測試，讓幼兒重複在遊戲與課業兩種情境下進行加法計算的練習。

二、研究對象

本研究採方便取樣，先詢問熟識幼兒園的參與意願，再請幼兒園協助發放家長同意書，最後的研究對象為來自原臺南市行政區三個國小附幼混齡班的 56 位大班幼兒。選擇大班幼兒的原因在於以往國內研究發現，多數大班幼兒可以解決和數為 10 以內的加法問題（陳俞君等人，2003），而且研究過程中會需要幼兒說明自己的策略，因此選擇語言能力較佳的大班幼兒。在施測過程中，刪除無法進入研究情境的幼兒（4 位）、不了解加法意義的幼兒（2 位）、生病未能全程參與的幼兒（1 位）、及因錄影誤差致使資料不齊的幼兒（2 位）後，實際資料完整的幼兒有 47 位。這些幼兒的年齡從 5 歲 8 個月到 6 歲 7 個月，平均年齡為 6 歲 2 個月；其中男生 22 位，女生 25 位；來自上、中、下家庭社經地位的幼兒人數大致各佔 1/3。研究對象在 2009 年 3 月底到 4 月底的一月期間內，接受四次測試。

三、研究材料

本研究設計兩種情境以觀察幼兒自發出現的加法計算策略，這兩種情境說明如下。

（一）遊戲情境—盤面遊戲

本研究參考 Bjorklund 與 Roseublem（2001）的研究及 Kamii 與 Housman（2000）書中提供的遊戲，設計以盤面遊戲方式測量幼兒的加法計算能力。遊戲類似大富翁，主要目的在透過玩遊戲方式，提供簡單加法計算的經驗。為維持幼兒玩遊戲的興趣，共設計有兩種盤面遊戲—「尋寶遊戲」及「送桃樂絲回家」（見附錄），每種盤面遊戲中都是一個畫有起點、終點及各種關卡的紙板，上面會安排有不同關卡，遊戲目的就是比賽看誰可以先找到寶藏及送桃樂絲回家。由於 Bjorklund 與 Roseublem 研究使用點數骰子，結果幼兒大多使用「全部計數」策略點數骰子上的點數即可；本研究希望能引發幼兒使用多種不同計算策略，因此提供上面有 2~7 數字的二顆骰子。由於許多研究發現學前幼兒仍需藉助手指、實物或畫圖方式作計算（袁媛，2001），因此旁邊提供 14 個雪花片及紙筆，供幼兒計算時自行使用。

在玩之前先與幼兒建立關係，並先確定幼兒能計數 14 個物件，以及了解「加」的意義，如果幼兒無法計數或不了解加的意義，則將其資料刪除。玩的時候是由研究助理

與幼兒輪流玩，玩的人先選定代表自己的玩偶，然後同時擲二個骰子，計算二個骰子上數字的和就是可以走的步數。由於有二顆骰子，計算題目的決定是以幼兒自己念出的數字組合來確定，例如幼兒擲出 2, 5 兩個數字，若他自己將數字念出「2, 5」或「2+5」，則以此組合為題目；如果幼兒未念出題目，則將骰子並置於幼兒前方，以骰子的位置，由左到右的順序作為題目。考慮到時間太長幼兒可能會不耐煩，因此請幼兒計算自己及協助計算研究助理擲出的數字組合，一般而言，由於幼兒都急於玩遊戲，看誰能贏，所以不論是誰擲出的，幼兒都有興趣計算。

在遊戲情境的四次測試中，每組幼兒與研究助理合計擲骰子的次數從 12 次到 25 次，每次測試中每組幼兒與研究助理所擲骰子的次數總和的平均次數為 16.81 次、16.57 次、16.32 次及 16.23 次就有人先到達終點。所以原則上，走 12 次應該至少有一個人會走到終點。

在與幼兒玩時，研究助理會一面記下幼兒及自己擲出的數字組合，並記下幼兒的答案，同時在幼兒計算時，也會記下幼兒的外顯計算行為（例如用花片、數手指、口頭計數或畫圖等），因為是遊戲，所以盡量不問幼兒是如何計算的，除非有疑問（例如幼兒並無明顯動作）。若有疑問，則問幼兒是如何計算的，如果幼兒回答用算的，則問「你先從那個數字開始算？」，以便了解幼兒所使用的計算策略。

（二）課業情境—簡單加法計算題

簡單加法計算題題目是來自幼兒在盤面遊戲中所擲出的數字組合，選擇其中未重複出現的數字組合 12 題，選題原則依順序是刪除：重複且接續出現的題目（例如 2+3，2+3 二題接續出現，則刪去第二次出現的 2+3 題目。）、相同數字組合的題目（例如 2+3 已出現，則刪去後來的 3+2 題目）、相同數字但不接續出現的問題、以及較後面出現的題目。因此在每次測試中的遊戲及課業情境中的 12 題題目是完全一樣的，出現的順序也相同。

簡單加法計算題在每次結束盤面遊戲後實施，原因是這種安排順序比較不會讓幼兒覺得是在做測驗。在結束盤面遊戲後，研究助理告訴幼兒很想知道小朋友是怎麼算數學問題的，所以她想請幼兒幫忙計算一些加法問題，現場也提供雪花片及紙筆，供幼兒自行使用，盤面遊戲的遊戲板及骰子仍放在一旁，但沒有告訴幼兒他們可以使用。

確定幼兒了解後，研究助理一一唸出刪除後留下的 12 個計算題目，例如「5 加 4 是多少？」，並應幼兒要求，會一直重述題目直到幼兒了解。在幼兒計算時，也記下幼兒的外顯計算行為，並問幼兒是如何計算的，如果幼兒回答用計算的，則問「你先從那個數字開始算？」，以便了解幼兒所使用的計算策略。結合外顯行為及幼兒事後的立即說明這兩種資料判斷幼兒使用的策略，這是以往研究者（Siegler & Shrager, 1984）經常使用的方法，並且發現可以有效評量兒童的加法計算策略。

每次整個測試都先進行盤面遊戲，接著再進行加法計算題，全部過程約 15~30 分，全程並錄影與錄音。為了解幼兒在不同情境中加法計算策略的變化，本研究採用微發生學設計，經由在一個月內提供四次加法計算練習（每週一次），來觀察幼兒計算策略的改變，每兩次測試之間的時間從 1 天到 14 天（只有二位幼兒因請假以致間隔時間較長），多數的間隔天數都在 6 天以內，平均為間隔 5.65 天。

四、資料蒐集與分析

本研究蒐集幼兒在四次測試中在遊戲及課業情境下幼兒答對的加法計算題題數及策略，幼兒每答對一題得 1 分，在每種情境中最高分都是 12 分。計算策略部分則不論答對與否，都依據幼兒的計算行為及答題後所作的說明，將幼兒的計算策略分為以下五類：

(一) 具體實物策略

指幼兒拿取與被加數和加數相等數量的雪花片，並用手指一個一個點算(point counting)，且隨口從 1 開始數算。

(二) 手指策略

指幼兒使用手指協助計算的策略，依幼兒對手指的不同使用方式，又可以分為：

- 1.全部計數 (CAL)：幼兒以手指代表被加數和/或加數的數量，並從 1 開始計數，算出兩數總和。
- 2.從被加數往上數 (COF)：幼兒用一手代表加數，然後從被加數開始往上計數。
- 3.從加數往上數：幼兒用一手代表被加數，然後從加數開始往上計數。
- 4.從大數往上數 (COL)：幼兒用手指比出二數中較小的數字，從較大數字往上計數。
- 5.手指辨識：幼兒用兩手比出二數後，就說出答案，並沒有作計數的動作。
- 6.無法分辨：只知道幼兒使用手指計算，但由於手指放在桌子下或背後，而無法分辨所使用的策略。

(三) 畫圖策略

指幼兒使用畫圖方式協助計算，幼兒可能會畫///或 OOO，或直接寫出完整或不完整的算式的方式。

(四) 抽象策略

指不使用外在實物或手指協助計算的方式，包括口頭計數與衍出策略兩種。

1.口頭計數：未配合手指，只以明顯的口頭計數或不明顯的默數（由嘴唇動作判斷）作計算，又可分為：

(1)全部計數 (CAL)：幼兒從 1 開始直接以口頭連續計數被加數和加數。

(2)從被加數往上數 (COF)：幼兒從被加數的數字開始，然後再以口頭計數與加數數字相同的次數。

(3)從加數往上數：幼兒從加數的數字開始，然後再以口頭計數與被加數數字相同的次數。

(4)從大數往上數 (COL)：幼兒從大數的數值開始，然後再以口頭往上計數與小的數數值相同的次數。

(5)心算：只知道幼兒使用計數，時間上超過 2 秒，但由於未數出聲音或嘴形也無法辨別，以致無法分辨是從那一個數字開始計數。

2.衍出策略：使用已知的數字組合，再作計算，可以分為合十和加倍兩類。合十為幼兒將被加數分解為兩個小數字，而且所分解出來的數字當中，有一個數與加數的和是 10，之後再將 10 與另一個小數加起來。加倍為將原式子分解為被加數與加數相等，且

等於兩數中較小的數，求其總和後再加上餘數。

(五) 提取策略

指直接提取計算題答案的方式，幼兒不經計數，快速提取兩數的總和，而且於 2 秒內說出答案，如果被問到，幼兒會說：「我用想的。」、「我本來就知道！」，如果幼兒有明顯的計數行為則不算是使用事實提取的策略。但它與抽象策略很難自外表作區分，因此會特別向幼兒強調這種策略是沒有使用計算且很快就能回答的特性，而且會參考幼兒在前後幾題的策略再作判斷。

為建立計算策略分類的信度，於是請另一位在大學任教、專長為數學教育的教師，獨立依據計算策略定義對 10 位幼兒（佔 21.3%）在四測試中的全部計算策略作分類，得到分類的評分者信度為.86，表示有良好的分類一致性。若遇有分類不同的情形，則再討論後確定幼兒的策略。

五、資料分析

(一) 研究問題 (一)

1.以情境為自變項，四次測試的答對分數為依變項，進行單因子重複量數變異數分析，比較幼兒在兩種情境下加法計算題的得分。

2.統計幼兒於四次測試中，各種不同計算策略在兩種情境下使用的總次數，以情境與計算策略進行二因子獨立性卡方考驗 (χ^2 test)，以了解幼兒的各種計算策略的使用是否因情境而有差異。

(二) 研究問題 (二)

分別統計遊戲及課業情境下，幼兒各種不同計算策略在四次測試中使用的次數，以測試與計算策略進行二因子獨立性卡方考驗 (χ^2 test)，以了解幼兒的各種計算策略的使用是否因測試而有差異。

(三) 研究問題 (三)

統計並分類所有幼兒回答錯誤的題目類型與錯誤答案類型，之後進行情境與錯誤題目類型進行二因子獨立性卡方考驗 (χ^2 test)，以了解不同情境中的錯誤題目類型是否有差異。

肆、研究結果與討論

一、幼兒加法計算能力與策略的情境差異

(一) 幼兒加法計算能力與情境的關係

表 1 列出所有幼兒在兩種情境的四次測試中，答對加法計算題分數的平均數與標準差，經對幼兒在兩種情境下答對分數的單因子重複量數變異數分析結果發現，四次測試中，幼兒在不同情境得分的差異皆未達到顯著水準（第一次： $F=.015$ ， $p=.905$ ；第二次： $F=1.065$ ， $p=.307$ ；第三次： $F=.308$ ， $p=.582$ ；第四次： $F=.014$ ， $p=.907$ ），表示幼兒在遊戲及課業情境下加法計算題的正確性並沒有顯著差異，但從平均數（表 1）可以看出，不論是遊戲情境或課業情境，幼兒的平均得分都在 10 分以上，而且到第四次測試時，

幼兒的分數已經接近上限，這應該是造成兩種情境中幼兒的表現沒有差異的原因。

表 1

幼兒在兩種情境下四次測試的答對平均分數與標準差 (N=47)

	最高分	遊戲情境	課業情境
第一次測試	12	10.40 ^a (2.46) ^b	10.36 (2.87)
第二次測試	12	11.15 (1.59)	10.94 (1.82)
第三次測試	12	10.87 (1.84)	10.72 (2.05)
第四次測試	12	11.02 (1.78)	11.00 (1.78)

^a 平均數 ^b 標準差

(二) 幼兒加法計算策略與情境的關係

在兩種情境下，幼兒於四次測試中使用各種策略的總次數與比率如表 2。為了解幼兒在情境與計算策略是否有關係，也就是幼兒的各種策略使用是否因情境而有差異，因此以情境與計算策略進行二因子獨立性卡方考驗。結果發現，情境與計算策略的獨立性考驗達到顯著水準 ($\chi^2=63.978$, $p=.000$)，表示幼兒的計算策略在不同情境下使用的次數有顯著差異。從表 2 可以進一步看出，幼兒使用具體實物、抽象、提取策略的次數在兩種情境中差異不大，但是幼兒在遊戲情境中比在課業情境中使用較多手指策略 (53.7%>46.3%)，而在課業情境比在遊戲情境中使用較多畫圖策略 (71.9%>28.1%)。

從表 2 也可以看出，整體而言，幼兒以使用手指策略最多 (1,562 次，佔全體的 34.6%)，其次是提取策略 (976 次，佔全體的 21.6%)，再次是抽象策略 (970 次，佔全體的 20.6%，包括口頭計數策略 880 次及衍出策略 90 次)，這三種策略就佔了全體的 76.87%。由於手指策略的使用比率很高，因此將手指策略再細分為六種策略，並統計幼兒使用各種手指策略的次數與比率於表 3，為了解幼兒的各種手指策略使用是否因情境而有差異，因此以情境與手指策略進行二因子獨立性卡方考驗。結果發現，情境與手指策略的獨立性考驗沒有達到顯著水準 ($\chi^2=8.068$, $p=.153$)，表示幼兒各種手指策略在不同情境下使用的次數沒有顯著差異。不過從各種策略的次數可以看出，幼兒主要使用「從大數往上數」及「全部計數」兩種策略。在遊戲情境下，幼兒使用「從大數往上數」、「從加數往上數」、「全部計數」及「從被加數往上數」的比率都多於課業情境。但是在「手指辨識」與「無法分辨」則兩種情境下相差不大。

綜合以上分析，幼兒解決加法計算題的能力都很好，而且在兩種情境下的表現並無差異。在加法計算策略部分，幼兒的計算策略在不同情境下使用的次數有顯著差異，手指策略在遊戲情境中較多，畫圖策略在課業情境中較多。整體而言，幼兒主要使用手指策略，特別是手指策略中的「從大數往上數」及「全部計數」兩種策略。

表 2

幼兒在兩種情境下各種加法計算策略的次數與百分比

加法計算策略	遊戲情境	課業情境	總計
具體實物策略	376 ^a (51.5) ^b	354 (48.5)	730 (100.0)
手指策略	839 (53.7)	723 (46.3)	1562 (100.0)
畫圖策略	77 (28.1)	197 (71.9)	274 (100.0)
抽象策略	465 (47.9)	505 (52.1)	970 (100.0)
提取策略	499 (51.1)	477 (48.9)	976 (100.0)
總計	2256 (50.0)	2256 (50.0)	4512 (100.0)

^a 次數 ^b %

表 3

幼兒在兩種情境下手指策略的次數與百分比

手指策略	遊戲情境	課業情境	總計
全部計數	222 ^a (54.9) ^b	183 (45.1)	406 (100.0)
從被加數往上數	83 (54.6)	69 (45.4)	152 (100.0)
從加數往上數	23 (69.7)	10 (30.3)	33 (100.0)
從大數往上數	320 (55.1)	261 (44.9)	581 (100.0)
手指模式	95 (48.2)	102 (51.8)	197 (100.0)
無法分辨	95 (49.2)	98 (50.8)	193 (100.0)
總計	839 (53.7)	723 (46.3)	1562 (100.0)

^a 次數 ^b %

二、幼兒簡單加法計算策略的變化

(一) 幼兒加法計算策略的種類

統計個別幼兒所使用的計算策略的種類，發現個別幼兒在每次測試中使用的策略種類從一種到五種皆有，在同一次測試中，有些幼兒只使用一種策略，也有幼兒使用多達五種不同策略，不過幼兒大致每次測試會使用二至三種不同策略的情形最常見，表示幼兒同時具有許多不同策略解決加法計算問題。

(二) 加法計算策略在不同測試中的變化

本研究想了解在每種情境下幼兒的各種計算策略在四次測試中的變化，因此分別統計幼兒在遊戲與課業情境下，四次測試中，不同計算策略使用的次數與比率，結果如下。

1. 遊戲情境中

統計幼兒在遊戲情境下的四次測試中，不同策略使用的次數與比率如表 4。為了解幼兒在測試與計算策略是否有關係，也就是幼兒的各種策略使用是否因測試而有差異，因此以測試與計算策略進行二因子獨立性卡方考驗。結果發現，測試與計算策略的獨立性考驗接近、但是並沒有達到顯著水準 ($\chi^2=21.027$, $p=.050$)，表示幼兒的計算策略在不同測試中使用的次數沒有差異。但是從表 4 中可以看出，具體實物策略逐漸減少，在第四次測試有明顯減少。手指策略也逐漸減少；畫圖策略在第四次測有較多增加。而抽象策略在四次測試中的變化不大，提取策略也逐漸增加。綜合來看，隨著練習經驗的增加，幼兒在遊戲情境下使用的具體策略（具體實物、手指策略）是逐漸減少，畫圖策略有增有減，提取策略則是逐漸增加。

表 4

遊戲情境下幼兒在四次測試中加法計算策略的次數與百分比

策略	第一次測試	第二次測試	第三次測試	第四次測試	總計
具體實物	98 ^a (26.1) ^b	106 (28.2)	100 (26.6)	72 (19.1)	376
手指	233 (27.8)	196 (23.4)	199 (23.7)	211 (25.1)	839
畫圖	14 (18.2)	21 (27.3)	15 (19.5)	27 (35.1)	77
抽象	112 (24.1)	110 (23.7)	122 (26.2)	121 (26.0)	465
提取	108 (21.6)	131 (26.3)	127 (25.5)	133 (26.7)	499
總計	565	564	563	564	2256

^a次數 ^b%

2. 課業情境中

統計幼兒在課業情境下的四次測試中，不同策略使用的次數與比率如表 5。為了解幼兒在測試與計算策略是否有關係，也就是幼兒的各種策略使用是否因測試而有差異，因此以測試與計算策略進行二因子獨立性卡方考驗。結果發現，測試與計算策略的獨立性考驗達到顯著水準 ($\chi^2=75.927$, $p=.000$)，表示幼兒的計算策略在不同測試中使用的次數有顯著差異。從表 5 中可以看出，具體實物策略逐漸減少，特別是在第三次測試有明顯減少。手指策略也逐漸減少，但幅度不大。畫圖策略逐漸增加，在第三次測試增加較多。而抽象策略逐漸增加，提取策略也逐漸增加。綜合來看，隨著經驗的增加，幼兒在課業情境下使用的具體實物與手指策略是逐漸減少，畫圖策略、抽象與提取策略則逐漸增加。

綜合以上分析，在遊戲情境下，幼兒的計算策略在不同測試中使用的次數沒有顯著差異。而在課業情境下，幼兒的計算策略在不同測試中使用的次數有顯著差異，幼兒的具體實物、手指策略漸減，畫圖、抽象與提取策略漸增。

表 5

課業情境下幼兒在四次測試中加法計算策略的次數與百分比

加法計算策略	第一次測試	第二次測試	第三次測試	第四次測試	總計
具體實物策略	109 ^a (30.8) ^b	116 (32.8)	46 (13.0)	83 (23.4)	354 (100.0)
手指策略	203 (28.1)	175 (24.2)	181 (25.0)	164 (22.7)	723 (100.0)
畫圖策略	30 (15.2)	34 (17.3)	78 (39.6)	55 (27.9)	197 (100.0)
抽象策略	119 (23.6)	112 (22.2)	142 (28.1)	132 (26.1)	505 (100.0)
提取策略	103 (21.6)	127 (26.6)	117 (24.5)	130 (27.3)	477 (100.0)
總計	564 (25.0)	564(25.0)	564(25.0)	564 (25.0)	2256(100.0)

^a次數 ^b%

三、幼兒加法計算問題的錯誤類型

由於幼兒在遊戲及課業情境下加法計算題的正確性都很高，錯誤也不多，因此將全部幼兒在四次測試中，分別在兩種情境下的錯誤題目合併分析，結果列於表 6。以情境與題目類型進行二因子獨立性卡方考驗，結果發現，情境與題目類型的獨立性考驗沒有達到顯著水準 ($\chi^2=.279$, $p=.870$)，表示幼兒的錯誤題目類型在不同情境下的次數沒有顯著差異。由表中可以發現，全部幼兒在 373 個題目出現錯誤答案，幼兒在「和數在 5

以內」的題目很少出現錯誤，而在「和數大於 10」的題目有最多錯誤，似乎幼兒對加法的計算會受和數大小的影響，和數愈大，錯誤愈多。這些錯誤題目出現在遊戲情境有 179 個 (47.99%)，課業情境有 194 個 (52.01%)，課業情境中出現的錯誤稍多於遊戲情境。

表 6

幼兒在兩種情境下的錯誤題目類型

題目類型	遊戲情境	課業情境	總計
和數在 5 以內	3 ^a (50.0) ^b	3 (50.0)	6 (100.0)
和數在 6~1	84 (49.4)	86 (50.6)	170 (100.0)
和數大於 10	92 (46.7)	105 (53.3)	197 (100.0)
總計	179 (48.0)	194 (52.01)	373 (100.0)

^a 次數 ^b %

進一步將幼兒在這些錯誤題目的答案分類後發現，有以下三種錯誤答案類型(表 7)。

1. 數超過 1

幼兒計算出的答案比正確答案多 1，這些幼兒使用的策略以手指及口頭計數策略比較多，例如 S1108 在計算 $2+5$ 時，會伸出 5 隻手指，然後從 2 往上數，一邊數一邊彎下手指「2...3, 4, 5, 6, 7, 8...8!」，但是多數了一次，可能是忘記數到那裡。

2. 數不夠 1

幼兒計算出的答案比正確答案少 1，這些幼兒使用的策略也以手指及口頭計數策略比較多，但是大多出現在「從大數往上數」的情形下，原因可能是幼兒比錯手指數目，例如 S1216 在計算 $6+3$ 時，比錯為 2 指，以致答案為 8。另外，也可能是幼兒誤把第一個數字當作計數起點，例如 S1208 在計算 $7+4$ 時，一邊念出數字「7, 8, 9, 10...10!」，一邊跟著伸出一隻隻手指，但是弄錯計數起點，因此而算錯。

3. 其他

指幼兒計算出的答案與正確答案似乎沒有任何關係，這種錯誤雖然出現次數最多 (50.4%)，但是除了少數幼兒似乎隨意給個答案，大多是集中出現在 9 位幼兒身上。若仔細分析他們的策略可以發現，這些錯誤答案是基於某些錯誤想法或計算程序，例如 S2101 的手指策略乍看沒什麼規律，他通常是用二手各比出相加的二數，所以只要數字不超出 5，就不會算錯。但是數字若超出 5，他就會採用簡式比法，例如把 6 比成大拇指與小指，然後再計數左右二手的所有手指，因此就發生錯誤。

S1112 的情形不同，他也是使用手指策略，使用「計數全部」策略，例如計算 $6+5$ 時，他會從左手一邊伸出一隻隻手指，一邊從 1 開始計數，總和若超過 11，他會用右手表示 (左手 5 指保持不動)，等數到正確答案 (11) 時，他就再次計數所有伸出來的的手指，而得到答案 6，所以他得到的答案都固定會少 5，他應該是誤解了「數手指」策略的意思。

S1209 則是合併有 S2101 與 S1112 的錯誤類型，例如計算 $2+3$ 時，他會用二手各比出 2 指與 3 指，接著從 2 開始計數並一邊彎下手指「2, 3, 4, 5, 6...6。」如果算 $6+7$ ，則二手各比出簡式比法，把 6 比成大拇指與小指，把 7 比成拇指與食指，接著開

始數伸出的手指「6, 7, 8, 9...9。」他用簡式比法，而且也弄錯計數起點，因此而算錯。

綜合以上分析，幼兒的錯誤題目大多集中在「和數為 10 以上」的題目，幼兒在課業情境出現的錯誤比較多，這些錯誤答案有「數超過 1」、「數不夠 1」及「其他」三類，這些錯誤答案通常是基於某些錯誤概念或計算程序，並不是練習不夠所造成。

表 7

幼兒簡單加法計算錯誤答案類型的次數與比率

錯誤答案類型	次數	%
數超過 1	66	17.69
數不夠 1	119	31.90
其他	188	50.40
總計	373	100

四、綜合討論

本研究目的在分析不同情境下（遊戲及課業情境），幼兒解決簡單加法計算題的能力與策略，並以微發生學設計探討這些策略在不同測試階段會有何種變化，最後並分析幼兒加法計算題的錯誤類型。經過在一個月內對幼兒進行四次測試後，有三點發現，首先，幼兒在兩種情境下的解題能力並無差異，而計算策略在不同情境下使用的次數有顯著差異，手指策略在遊戲情境中較多，畫圖策略在課業情境中較多。其次，課業情境下，幼兒的計算策略在不同測試中使用的次數有顯著差異，但在遊戲情境下則無這種差異。最後，幼兒的錯誤題目大多集中在「和數為 10 以上」的題目，而且幼兒在課業情境出現的錯誤比較多。針對這些結果，以下分三部分討論。

（一）不同情境下幼兒加法計算能力的分析

本研究發現，大部分大班幼兒在加法計算的能力已經很好，可以解決和數為 15 以下的加法問題，這個結果與國內研究結果相同（陳怡如，2011；陳俞君等人，2003）。然而本研究發現，幼兒在遊戲與課業情境下的加法計算能力並無差異，這個結果與 Bjorklund 與 Roseublem（2002）的發現並不相同，也與 Carraher 等人（1985, 1987）以小學兒童的研究結果不同，他們都發現情境會影響兒童計算題的表現與策略的使用，但是本研究中的幼兒在兩種情境中的解題表現並沒有顯著差異。推測造成本研究結果不同的可能原因有二：幼兒已經精熟加法計算與兩種情境的相似。首先，從第一次測試開始，幼兒在計算題的表現就已經很好，隨著測試次數增加，到第四次測試平均分數幾乎達到上限，可能因此無法顯示出情境的差異。其次，本研究使用數字骰子，而非如 Bjorklund 與 Roseublem 使用點數骰子，使得遊戲情境呈現的加法計算題與課業情境相似度高，而且過程中幼兒經常在玩遊戲擲完骰子後就自行唸出類似「3 加 2」的計算題型式，所以造成兩種情境的差異不大。

本研究也發現，大班幼兒在「和數小於 5」的題目很少計算錯，表示他們已經能正確計算小數字的加法問題，這與以往研究發現相同（許惠欣，1997；陳俞君等人，2003）。幼兒最常算錯的題目是「和數大於 10」的題目，表示和數大小會影響幼兒加法計算的正確性，這也支持以往發現（陳怡如，2011），和數愈大（特別是超過 10），錯誤愈多，可

能是因爲本研究中大班幼兒大多使用手指策略，和數若大於 10，幼兒就不知該如何正確表示。此外，幼兒在課業情境出現的錯誤問題稍多於遊戲情境，這與 Bjorklund 與 Roseublem (2001, 2002) 的發現相同。進一步分析幼兒在進行計算時的錯誤答案類型大致有「數超過 1」、「數不夠 1」、及其他三種類型，這也與以往研究相同 (Fuson, 1982; Ginsburg, 1989; Siegler & Shrager, 1984)。其中「數超過 1」、「數不夠 1」這兩類最常出現在幼兒使用計數策略時，往往是因爲弄錯計數起點或忘了要計數幾次；而其他類型常集中在少數幼兒，也是因爲錯誤觀念或計算程序。

(二) 不同情境下幼兒加法計算策略的分析

本研究發現，幼兒確實使用許多不同策略解決加法計算問題，除少數幼兒，許多幼兒在每次測試中都使用二至三種不同策略解決問題，這支持 Siegler 的重疊波浪模式 (Siegler, 1996, 2000; Siegler & Jenkins, 1989)，幼兒是同時擁有許多不同策略，並同時使用多種策略解決不同問題。

本研究也發現，整體大班幼兒最常使用手指策略解決加法計算題，特別是其中的「從大數往上數」及「全部計數」兩種策略，這與以往國內研究結果相同 (李淑娟, 2008; 陳怡如, 2011; 陳彥廷, 2008)，也與國外的結果相同 (Carpenter et al., 1999; Siegler & Jenkins, 1989)，而且也支持亞洲兒童喜歡用數手指策略解決加法問題，而且常常使用較成熟的策略 (Fuson & Kwon, 1992; Geary, 1994; Geary et al., 1996)，例如從大數往上數。此外，使用抽象與提取策略的幼兒也都各佔大約 1/5，這也與李淑娟 (2008)、陳怡如 (2011) 的發現相同，這兩個研究也是以大班幼兒爲對象，同樣也發現大班幼兒除使用手指策略，其次就是使用提取策略。因此綜合來看，國內大班幼兒大多使用手指策略(「從大數往上數」與「全部計數」的方法) 解決加法問題，除此之外，就是使用提取與抽象策略 (包括口頭計數與衍出策略)。

幼兒加法計算策略使用的結果也部分支持原先的假設，幼兒的加法計算策略在遊戲與課業情境下有顯著差異，這結果也支持 Carraher 等人 (1985, 1987) 的發現，情境會影響兒童使用的策略；本研究的發現也與 Bjorklund 與 Roseublem (2002) 的研究結果相同，他們發現情境會影響幼兒使用的計算策略，幼兒在遊戲中使用「全部計數」，在課業中使用提取與「從大數往上數」。但是與他們不同的是本研究發現，在遊戲情境中，幼兒使用較多手指策略 (主要是「從大數往上數」，其次才是「全部計數」)，而 Bjorklund 與 Roseublem 研究中使用點數骰子，因此幼兒容易使用「全部計數」；而本研究使用數字骰子，幼兒容易在看到數字並分辨數字大小後，使用「從大數往上數」。

而在課業情境下幼兒使用較多畫圖策略，由於 Bjorklund 與 Roseublem (2002) 並未使用畫圖策略，因此無法與他們的結果作比較，但是這個發現也支持其他有關幼兒使用畫圖解決計算問題的研究 (張麗芬、林毓芬, 2012; Worthington & Carruthers, 2003)，他們發現幼兒可以使用畫圖解決應用問題，而本研究雖然使用計算題，幼兒也能藉助畫出符號(例如○)協助使用計數方式解決問題。爲何幼兒在課業情境使用較多畫圖策略？推測是由於課業情境中，幼兒只聽到題目，不像遊戲情境中可以看到骰子上的數字，這可能讓幼兒的記憶負荷較大，若使用畫圖，則可以減少記憶負荷。此外課業情境也比較像是寫功課，容易讓幼兒聯想到使用紙筆方式解決問題；或者也有可能國內家長或老師

會教導幼兒使用畫圈圈的方法協助計算。

雖然並不是在所有計算策略都發現不同情境下的使用次數有差異，但是研究過程中可以發現一些有趣現象，例如當要求幼兒回答課業情境的問題，有些幼兒就改為正襟危坐，兩手放背後，像在接受考試一樣。還有幼兒在回答完課業情境的問題後，如釋重負的說：「我考完了！」。少數使用畫圖策略的幼兒，還會在圖畫中寫上正式的直式或橫式加法計算題，推測幼兒對於這兩種情境仍有不同的感受。

(三) 不同情境下幼兒加法計算策略的變化

本研究也發現，幼兒使用的各種策略在四次測試中，雖然有產生變化，但是大多數的變化符幅度都不大，而且在不同情境的情形不太相同。例如在遊戲情境下，幼兒的計算策略在不同測試中使用的次數沒有顯著差異，比較大的變化在第四次測試時，幼兒減少使用具體實物策略，卻增加使用畫圖策略。而在課業情境下，幼兒的計算策略在不同測試中使用的次數則有顯著差異，在第三次測試時，幼兒明顯減少使用具體實物策略，卻增加使用畫圖策略與抽象策略。雖然如此，從每次測試中並沒有很明顯的改變趨勢，不過大致而言，幼兒漸漸減少使用具體實物及手指策略，而增加使用畫圖、抽象與提取策略。這種發展趨勢與以往研究結果相似 (Fuchs et al., 2010; Kilpatrick et al., 2001)，隨著幼兒練習的增加，幼兒的加法計算策略會由明顯的計數策略逐漸發展至不明顯的抽象、事實提取等策略 (Fennema et al., 1998)。

至於計算策略的較明顯變化發生於何時則不一定，不過大多是在較後面的測試 (第三、第四次測試)，這也表示，先前使用手指計數策略的練習讓幼兒逐漸可以在心理記住計數的次數 (因此能使用口頭計數, Fuson, 1982)，或是已記住一些加法計算題的答案組合 (因此能使用衍出策略)，之後幼兒才能依據這些記憶，採用提取策略。

本研究使用微發生學方法嘗試了解幼兒在經過密集練習之後，加法計算策略的變化，結果發現計算策略改變趨勢並沒有很明顯，推測原因可能有三個，首先，因為本研究的題目是由擲骰子決定，因此每次測試的題目都不相同，而幼兒又可能自發對不同題目使用不同策略，因此無法了解幼兒為何使用某策略解決某類問題，是因為熟悉某策略而使用，或是因為成人教導而使用？則不甚清楚，這些都有可能是影響幼兒選擇策略的原因 (Ellis, 1997)。

其次，本研究發現，雖然密集的提供經驗使某些策略產生變化，但是重複類似的練習還是會讓有些幼兒產生厭倦，也可能因此幼兒未能認真進行計算，未來若採用微發生學方法應思考如何避免這種情形。

最後，本研究進行時間為大班下學期，幼兒對簡單加法計算已相當熟練，這除了造成難以辨識幼兒的計算策略 (因為策略可能已經不明顯)，也使得難以發現策略的變化，微發生學方法應該比較適合研究那些尚未出現的能力或策略，才能看出能力或策略的改變。

伍、結論與建議

一、結論

(一) 幼兒解決加法計算題的能力都很好，而且在兩種情境下的表現並無差異。在加法計算策略部分，幼兒的計算策略在不同情境下使用的次數有顯著差異，手指策略在遊戲情境中較多，畫圖策略在課業情境中較多。整體而言，幼兒主要使用手指策略，特別是手指策略中的「從大數往上數」及「全部計數」兩種策略。

(二) 在遊戲情境下，幼兒的計算策略在不同測試中使用的次數沒有顯著差異。課業情境下，幼兒的計算策略在不同測試中使用的次數有顯著差異，幼兒的具體實物、手指策略漸減，畫圖、抽象與提取策略漸增。

(三) 幼兒的錯誤題目大多集中在「和數為 10 以上」的題目，幼兒在課業情境出現的錯誤比較多，這些錯誤答案有「數超過 1」、「數不夠 1」及「其他」三類，這些錯誤答案通常是基於某些錯誤概念或計算程序。

二、建議

(一) 對教學上的建議

1. 本研究發現幼兒在遊戲與課業情境下的表現沒有差異，甚至錯誤更少，因此建議父母與老師在教學時可以使用遊戲的方式讓幼兒作練習，其效果與課業方式的效果一樣好，甚至更好。

2. 本研究發現學前幼兒主要的計算策略仍是數手指，但隨著練習經驗的增加，幼兒的策略會逐漸變得比較抽象，因此對還無法使用提取答案的幼兒，成人最好不要禁止幼兒使用手指協助計算，因為這種方法能讓幼兒的記憶負荷減少，而專注於計算過程的瞭解，等到他們計算經驗增加，他們會改用較進步的策略。

3. 本研究發現，少數幼兒持續出現一些因為錯誤觀念或計算程序導致的錯誤，因此當成人發現幼兒的錯誤，必須仔細觀察、了解幼兒計算錯誤的原因，才能針對錯誤進行補救教學。例如像 S2101 使用手指策略，但是卻採用簡式比法，所以數字若超出 5，他就會算錯。因此可以教他用實物或畫圖表示加數，再進行計數，才不會算錯。

(二) 對未來研究的建議

1. 本研究使用數字骰子，結果使得遊戲與課業兩種情境的相似性提高，而無法顯示出情境的差異，未來研究可以使用點數骰子，或加大情境間的差異，以比較情境的效果。

2. 本研究為達到遊戲的效果，題目是由擲骰子決定，雖然每次計算的題目都不相同，但是幼兒都是在進行運算歷程，只是不易了解幼兒選擇某種策略解決某類題目的原因，未來研究若能使用相同題目測試，也就能進一步了解每種類型題目計算策略的變化，或是限定幼兒可以使用的策略，才能作策略變化的比較。

3. 由於本研究使用了大班幼兒已經精熟的能力，因此難以顯示出策略的變化，未來研究若採用微發生學方法，最好選擇幼兒尚未出現的能力或策略，或者事先篩選能力未達精熟的幼兒為研究對象，並避免多次測量對幼兒可能造成的厭倦。

4.本研究是研究幼兒個別解決問題的能力與策略，由於幼兒的策略也可能受他人所影響，因此未來研究也可以探討教師對策略的教導、幼兒與同儕合作解題、或不同教學型態（例如蒙特梭利教學、主題教學等），這些變項會對幼兒的計算策略有何影響。

5.由於本研究使用的幼兒人數較多，基於人力時間有限，無法作更為密集的觀察，未來研究者可以針對少數幼兒，或者針對不同文化背景的少數幼兒，作更密集觀察（例如二天一次觀察、測試），應該可以得到更有價值的資料。

致謝

本文為國科委託研究計畫（NSC 97-2410-H-024-009-）成果的一部分，本文的完成要感謝國科會的經費補助。

參考書目

- 王國亨、簡清華（2008）。屏東縣國小一年級新生的數與計算能力。**教育實踐與研究**，**21**(2)，1-32。
- 江淑卿、陳昱蓁、潘于君（2008）。幼稚園與二年級兒童速度概念之微觀發展研究。**臺北市立教育大學學報**，**39**(1)，61-96。
- 李淑娟（2008）。父親和幼兒的互動與幼兒簡單加法運算能力之關係。國立臺南大學幼兒教育學系碩士論文，未出版，臺南市。
- 杜雪淇、阮淑宜、林珮仔（2011）。弱勢家庭與非弱勢家庭大班幼兒數學能力之研究。**幼兒教育年刊**，**22**，22-42。
- 袁媛（2001）。新竹地區學齡前幼兒數概念研究。**明新學報**，**27**，207-216。
- 馬祖琳（2001）。幼兒數學教室之分析。**生活應用科技學刊**，**3**(3)，361-381。
- 許惠欣（1997）。我國幼稚園幼兒數算策略之研究。**國立台南師範學院學報**，**30**，339-372。
- 陳怡如（2011）。不同社經地位與性別幼兒的加法運算能力與策略之研究。國立臺南大學幼兒教育學系碩士論文，未出版，臺南市。
- 陳俞君、李錦雯，陳英娥，陳品華，曹純瓊、吳柳嬌、楊筱明（2003）。**幼兒數概念學習之探索性研究（I）**。行政院國家科學委員會專是研究計畫成果報告（NSC91-2521-S-242-001）。高雄縣：輔英科技大學幼兒保育系。
- 陳彥廷（2008）。數概念教學活動實踐中幼兒的表現分析：以「十以內合成與分解」為例。**科學教育研究與發展季刊**，**51**，60-90。
- 張麗芬、林毓芬（2012）。幼兒數學圖畫表徵之研究。**屏東教育大學學報—教育類**，**39**，1-34。
- 賴孟龍、陳芸鍾（2010）。三至五歲幼兒基本加減法的發展：「性別」&「社經地位」的差異開始了嗎？**台灣數學教師電子期刊**，**21**，20-51。
- 魏培容、郭李宗文、高志誠、高傳正（2011）。新住民與非新住民家庭之幼兒數學能力與語言能力的比較研究。**幼兒教育年刊**，**22**，154-172。
- Ashcraft, M. H. (1992). Cognitive arithmetic: A review of data and theory. *Cognition*, **44**, 75-106.

- Baroody, A. J. (2006). Why children have difficulties mastering the basic number combinations and how to help them? *Teaching Children Mathematics*, 13(1), 22-31.
- Baroody, A. J., Eiland, M., & Thopmson, B. (2009). Fostering at-risk preschoolers' number sense. *Early Education and Development*, 20, 80-128.
- Baroody, A. J., Lai, M., & Mix, K. S. (2006). The development of young children's early number and operation sense and its implications for early childhood education. In B. Spodek & O. Saracho (Eds.), *Handbook of research on the education of young children* (Vol. 2, pp.187-221). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Baroody, A. J., Tiilikaninen, S. H., & Tai, Y.-C. (2006). The application and development of an addition goal sketch. *Cognition and Instruction*, 24, 123-170.
- Bjorklund, D.F. (2005). *Children's thinking: Cognitive development and individual differences*. 4th ed. Australia, Belmont, Calif.: Thomson/Wadsworth.
- Bjorklund, D.F., & Rosenblum, K.E. (2001). Children's use of multiple and variable addition strategies in a game context. *Developmental Science*, 4(2), 184-194.
- Bjorklund, D.F., & Rosenblum, K.E. (2002). Context effects in children's selection and use of simple arithmetic strategies. *Journal of Cognition and Development*, 3(2), 225-242.
- Brown, J. S., Collins, A., & Duguid, P. (1989). Situated cognition and the culture of learning, *Educational Researcher*, 18(1), 32-42.
- Canobi, K. H., Reeve, R. A., & Pattison, P. E. (1998). The role of conceptual understanding in children's addition problem solving. *Developmental Psychology*, 34, 882-891.
- Carpenter, T. P., Fennema, E., Franke, M. L., Levi, L., & Empson, S. B. (1999). *Children's mathematics: Cognitively Guided Instruction*. Portsmouth, NH: Heinemann.
- Carpenter, T. P., & Moser, J. M. (1984). The acquisition of addition and subtraction concepts in grade one to three. *Journal for Research in Mathematics Education*, 13, 179-202.
- Carr, M., & Hettinger, H. (2003). Perspectives on mathematics strategy development. In J. M. Royer (Ed.), *Mathematical cognition* (pp. 33-68). Greenwich, Connecticut: Information Age Publishing.
- Carraher, T. N., Carraher, D. W., & Schliemann, A. D. (1985). Mathematics in the streets and in schools. *British Journal of Developmental Psychology*, 3, 21-29.
- Carraher, T. N., Carraher, D. W., & Schliemann, A. D. (1987). Written and oral mathematics. *Journal for Research in Mathematics Education*, 18, 83-97.
- Chen, Z. & Siegler, R. S. (2000). Across the great divide: Bridging the gap between understanding of toddlers' and older children's thinking. *Monographs of the Society for Research in Child Development*, 65(2), 1-96.
- Cheng-Zijuan, & Chan, L. K. S. (2005). Chinese number-naming advantages? Analyses of Chinese preschoolers' computational strategies and errors. *International Journal of Early Years Education*, 13(2), 179-192.
- Clements, D. H., & Sarama, J. (2007). Early childhood mathematics learning. In F. K. Lester

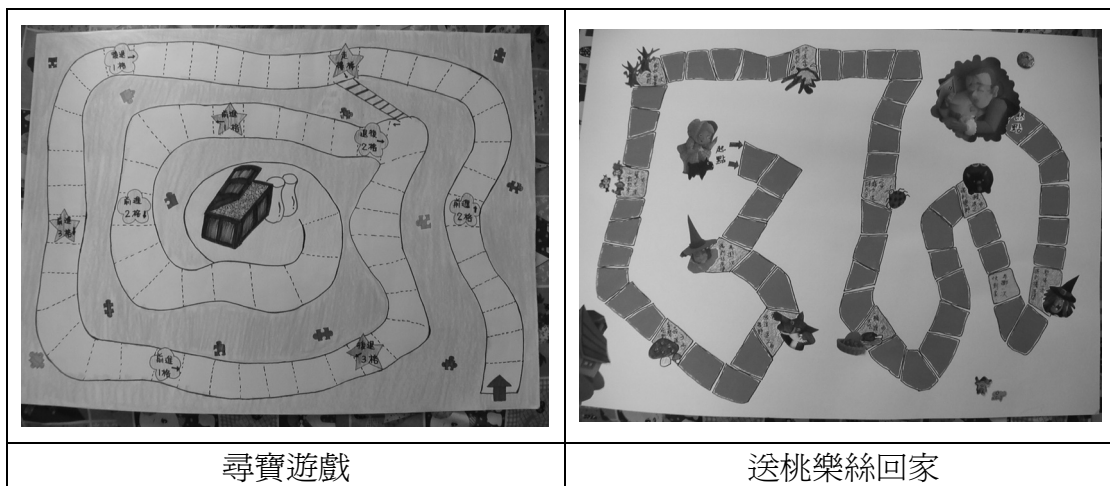
- (Ed.), *Second handbook of research on mathematics teaching and learning* (pp. 461-555). New York: Information Age Publishing.
- Fennema, E., Carpenter, T. P., Jacobs, V. R., Franke, M. L., & Levi, L. W. (1998). A longitudinal study of gender differences in young children's mathematical thinking. *Educational Researcher*, 27(5), 6–11.
- Fuchs, L. S., Geary, D. C., Compton, D. L., Fuchs, D., Hamlett, C. L., & Bryant, J. D. (2010). The contributions of numerosity and domain-general abilities to school readiness. *Child Development*, 81, 1520–1533.
- Fuson, K. (1982). An analysis of the counting-on solution procedure in addition. In T. P. Carpenter, T. M. Moser, & T. A. Romberg (Eds.), *Addition and subtraction: A cognitive perspective* (pp. 67-81). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Fuson, K., & Kwon, Y. (1992). Korea children's single-digit addition and subtraction: Numbers structured by ten. *Journal for Research in Mathematics Education*, 23, 148-165.
- Geary, D. C. (1994). *Children's mathematical development: Research and practical applications*. Washington, DC: American Psychological Association.
- Geary, D. C., Bow-Thomas, C. C., Liu, F., & Siegler, R. S. (1996). Development of arithmetical competencies in Chinese and American children: Influence of age, language, and schooling. *Child Development*, 67, 2022-2044.
- Geary, D.C., Hoard, M.K., Byrd-Craven, J., & Desoto, M. (2004). Strategy choices in simple and complex addition: Contributions of working memory and counting knowledge for children with mathematical disability. *Journal of Experimental Child Psychology*, 88, 121-151.
- Gersten, R., Jordan, N. C., & Flojo, J. R. (2005). Early identification and interventions for students with mathematics difficulties. *Journal of Learning Disabilities*, 38, 293–304.
- Ginsburg, H. P. (1989). *Children's arithmetic*. 2nd ed. PRO-Ed, Inc.
- Guberman, S. R. (1999). Supportive environments for cognitive development: Illustrations from children's mathematical activities outside of school. In A. Goncu (Ed.), *Children's engagement in the world* (pp. 202-227). Cambridge University Press.
- Jordan, N. C., Huttenlocher, J., & Levine, S. C. (1992). Differential calculation abilities in young children from middle- and low-income families. *Developmental Psychology*, 28(4), 644–653.
- Jordan, N. C., Kaplan, D., Locuniak, M. N., & Ramineni, C. (2007). Predicting first-grade math achievement from developmental number sense trajectories. *Learning Disabilities Research & Practice*, 22(1), 36–46.
- Jordan, N. C., Kaplan, D., Ramineni, C. & Locuniak, M. N. (2008). Development of number combination skill in the early school years: When do fingers help? *Developmental Science*, 11(5), 662-668.
- Jordan, N. C., Kaplan, D., Ramineni, C., & Locuniak, M. (2009). Early math matters:

- Kindergarten number competence and later mathematics outcomes. *Developmental Psychology*, 45(3), 850–867.
- Kamii, C. & Housman, L. B. (2000). *Young children reinvent arithmetic: Implication of Piaget's theory*. 2nd ed. N.Y.: Teachers College Press.
- Kamii, C., Rummelsburg, J., & Kari, A. (2005). Teaching arithmetic to low-performing, low-SES first graders. *Journal of Mathematical Behavior*, 24(1), 39-50.
- Kilpatrick, J., Swafford, J., & Findell, B. (2001). *Adding it up: Helping children learn mathematics*. Washington, DC: National Academy Press.
- Klein, J. S., & Bisanz, J. (2000). Preschoolers doing arithmetic: The concepts are willing but the working memory is weak. *Canadian Journal of Experimental Psychology*, 54, 105-116.
- Lavelli, M., Pantoja, A. P., Hsu, H., Messinger, D., & Fogel, A. (2005). Using microgenetic designs to study change processes. In D. Teti (Ed.), *Handbook of research methods in developmental science* (pp. 40-65). Malden, MA: Blackwell Publishing.
- Levine, S. C., Jordan, N. C., & Huttenlocher, J. (1992). Development of calculation abilities in young children. *Journal of Experimental Child Psychology*, 53(1), 72-103.
- National Association for the Education of Young Children & National Council of Teachers of Mathematics. (2002). *Early childhood mathematics: Promoting good beginnings*. Joint position statement. Retrieved January, 16, 2003, from http://www.naeyc.org/resources/position_statements/psmath.htm.
- National Council of Teachers of Mathematics. (2000). *Principles and standards for school mathematics*. Reston, VA: National Council of Teachers of Mathematics.
- Ng, S. S. N., & Rao, N. (2010). Chinese number words, culture, and mathematics learning. *Review of Educational Research*, 80(2), 180-206.
- Robinson, B. F., & Mervis, C. B. (1998). Disentangling early language development: Modeling lexical and grammatical acquisition using and extension of case-study methodology. *Developmental Psychology*, 34, 363-375.
- Siegler, R. S. (1996). *Emerging minds: The process of change in children's thinking*. New York: Oxford University Press.
- Siegler, R. S. (2000). The rebirth of children's learning. *Child Development*, 71(1), 26-35.
- Siegler, R. S. (2006). Microgenetic analyses of learning. In D. Kuhn & R. S. Siegler (Eds.), *Handbook of child psychology: Vol. 2: Cognition, perception, and language* (pp. 464-510). John Wiley & Sons, Inc.
- Siegler, R. S., & Crowley, K. (1991). The microgenetic method: A direct means for studying cognitive development. *American Psychologist*, 46, 606-620.
- Siegler, R. S., & Jenkins, E. (1989). *How children discover new strategies*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Siegler, R. S., & Shrager, J. (1984). Strategy choices in addition and subtraction: How do

- children know what to do? In C. Sophian (Ed.), *Origins of cognitive skills* (pp. 229-293). Hilldale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Solmon, M. (2007). Situated cognition. In P. Tagard (Ed.), *Philosophy of psychology and cognitive science* (pp. 413-428). Netherlands: Elsevier B. V.
- Spencer, J. P., Vereijken, B., Diedrich, F. J., & Thelen, E. (2000). Posture and the emergence of manual skills. *Developmental Science*, 3, 216-233.
- Starkey, P. (1992). The early development of numerical reasoning. *Cognition*, 43, 93-126.
- Tucker, K. (2005). *Mathematics through play in the early years: Activities and ideas*. London: Paul Chapman Publishing.
- van Essen, G., & Hamaker, C. (1990). Using self-generated drawings to solve arithmetic word problems. *Journal of Educational Research*, 83(6), 301-312.
- Verschaffel, L., Greer, B., & De Corte, E. (2007). Whole number concepts and operations. In F. K. Lester, Jr. (Ed.), *Second handbook of research on mathematics teaching and learning* (pp. 557-628). Charlotte, NC: Information Age Publishing.
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological thought processes*. M. Cole, V. John-Steiner, S. Scriber, & E. Souberman (Eds.). Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Worthington, M. & Carruthers, E. (2003). *Children's mathematics: Making marks, making meaning*. London: Sage Publications.
- Young-Loveridge, J. M. (2004). Effects on early numeracy of a program using number books and games. *Early Childhood Research Quarterly*, 19, 82-98.

附錄

研究材料



投稿日期：2012年10月30日

修正日期：2013年03月28日

接受日期：2013年09月25日

Young Children's Addition Strategies in Different Contexts: A Microgenetic Design

Li-fen Chang

Associate Professor Department of Early Childhood Education, National University of Tainan

Abstract

This study analyzed young children's simple addition abilities and strategies in game and academic contexts. Using microgenetic design, young children's addition strategies across four sessions were explored, and the computation errors were analyzed. Forty-seven young children solved simple addition problems in game and academic contexts across four sessions in one month. These children's addition abilities and strategies were analyzed. The results showed that there were no significant differences in the scores across the game and academic contexts, but the frequency of different strategies use were. There were more finger counting strategies in the game context and more drawing strategies in the academic context. There were also significant differences in the frequency of addition strategies use across the four trials in the academic context, but not in the game context. The overt strategies decreased and the covert strategies increased across four sessions. Lastly, there were more computation errors in the academic context than in the game context.

Key words : microgenetic method, arithmetic strategy, context

