

一位成長團隊教師的三位數加減 簡報製作與教學之專業成長研究

吳金聰

屏東縣復興國民小學

梁淑坤

國立中山大學教育研究所

本研究透過教師專業成長團隊協助一位教師進行三位數加減計算及文字題簡報 (PowerPoint, PPT) 的製作與教學，探討該教師在製作簡報及其教學時的成長問題。其中由一位資深教師參與行動研究，五位專家教師參與對話並提供簡報與教學修改建議，兩位教授協助審查簡報及提供簡報修改建議。本研究歷經教材理解、教學轉化、教學試驗等三階段，並依此三階段蒐集與分析資料。資料以簡報、教案、審查簡報意見、教學、晤談、文件、反省單、聚會記錄等質化資料為主，以習作答對率及喜歡百分率等量化資料為輔。研究發現，該教師經團隊及專家學者協助，在「位值概念與加減算則的複習」、「加減計算的搭鷹架與撤鷹架」、「簡報中呈現以線段圖引導學生思考題意與解題」、「簡報中出現『先算』、『再算』等重要語句，引導學生思考解題」等主題上，問題獲得改善或解決進而成長。

關鍵詞：加減法；專業成長；資訊融入；數學教學簡報

研究動機及目的

整數計算是一切數學學習的基礎 (教育部，2008；National Council of Teachers of Mathematics, 2000)，而其加減計算的學習，涉及加減與位值概念。研究 (王雪瑜，2006；秦麗花，1995；許長壽、劉曼麗，2005) 指出，學生學習加減計算時，常犯下進／退位、缺位值概念的錯誤。這些整數計算的教學問題亦發生在教師團隊成員玉老師的教學上。一般來說，在學習加減計算技能時，由於不涉及文字的語意理解，內在認知負荷 (cognitive load) 較低，學生較容易學會；相反，在學習如何解加減文字題時，

學生不但要懂得計算技能，還得理解文字題所表達的語意及它與加減概念間的關係，內在認知負荷較高，學生不容易學會。由於語意結構敘述不同，理解的難易亦不同，相對會影響學生解題（陳玉仙、吳金聰、劉曼麗，2008；Blanton & Kaput, 2003），更何況是兩步驟的問題。所以，文字題的學習比加減計算技能更困難。玉老師深有同感，而她的學生更有「加減計算時的位值概念」與「解文字題時的題意理解和表徵」的學習問題。因此，如何協助學生學習加減計算技能和加減文字題解題，是玉老師——亦是數學教育工作者——要正視的問題。

要如何協助學生學習三位數加減算則與文字題呢？有研究（游自達，1995；Lesh, Post, & Behr, 1987）認為，在學童的學習過程中提供圖像（或圖示）表徵（iconic representation）有益於數學學習；亦有研究指出，圖像表徵可協助問題的轉譯和解題（羅秋霞，2007），可促進學生的學習動機（林秀燕，2005；楊淑芬，2001）。因此，以圖像表徵協助學生學習三位數加減算則與文字題是一可行方法。一般國小教師常常藉由掛圖或黑板繪圖進行教學，就是利用圖像表徵進行教學的行為；但掛圖或黑板繪圖既費時費力，又不易保存、分享與修改。這些缺點正可藉由資訊科技設計教材並融入教學來解決（吳金聰、戴翠華、譚寧君、劉曼麗，2011）。在各種資訊軟體中，教學者對 Geometer's SketchPad、GeoGebra、Excel、PowerPoint (PPT) 或 Flash 大都給予肯定（吳金聰、劉曼麗，2013；Herceg & Herceg, 2010）；但其中以 PPT 最為普及且易獲教師接受。PPT 有易於分享及修改的優點，正可彌補黑板或掛圖等媒材的缺點。再者，以 PPT 的功能將數學概念加以動態圖像化所製成的教學簡報，可協助學生了解題意，進而促進學習動機（吳金聰，2013），有益學生學習（譚寧君，2007；Tseng, Wang, Lin, & Hung, 2002），教學時間甚至比傳統教學少（吳金聰等，2011）。

基於上述 PPT 融入教學的優點與益處，加上玉老師亦會 PPT 的基礎功能技巧，因此把 PPT 資訊融入加進教學成長團隊項目中。亦由於上述玉老師面對的教學問題，以及現今台灣以 PPT 製作「三位數加減計算及文字題」簡報並進行教學者仍不多見，因此玉老師選擇「三位數加減計算及文字題」為成長主題，進行 PPT 簡報製作與教學的專業知能成長，以改善學生的學習問題。

玉老師在進入團隊前雖然懂得操作 PPT 的功能，但她對以下兩方面不太熟悉：（1）利用 PPT 功能將數學情境、概念轉化成簡報；（2）把簡報融入數學教學。因此，如何幫助她改善這些問題，進而讓學生獲益是團隊的重要任務。

基於上述理由，本研究旨在協助一位國小教師進行「三位數加減計算及文字題」的簡報製作與教學，進而探討：（1）教師製作數學教學簡報時的問題與成長；（2）教師以教學簡報進行教學時的問題與成長。

文獻探討

三位數加減的學習問題

計算方面的學習問題

有關加減學習的部分研究指出(王雪瑜, 2006; 秦麗花, 1995; 許長壽、劉曼麗, 2005), 學生學習加減計算時, 常有進/退位、缺位值概念的問題; 對於三位數加減, 學生仍以基本加減法不熟和進退位錯誤居多(許長壽、劉曼麗, 2005)。這些問題亦是玉老師任教的屏東縣教師們常提的問題(屏東縣教育局, 2005)。由此可見, 進退位錯誤與欠缺位值概念的問題是低年級加減計算學習的重要課題。

三位數比起二位數的計算難度有明顯差異: 二位數加減計算的教學, 數量小, 學生操作學習只涉及十位(橘色積木)、個位(白色積木)等兩個不同位值, 認知負荷小, 適合透過操作實物學習; 但學習三位數加減, 數量變大了, 涉及百(藍色百格板)、十、個等三個不同位值, 若再以具體操作進行加減計算的教學, 除了操作不易且費時外, 學生的認知負荷亦高。因此, 如何改善這問題, 本研究須加以思考。

文字題解題的學習問題

學生解文字題會出現困難或錯誤的原因主要有: 缺乏閱讀能力、不了解題意、習慣用關鍵字(徐偉民、林潔慧, 2010)、問題轉譯有困難(Mayer, 1987)。而該如何指導學生「……比……多多少?」、「……比……少多少?」、「從文字題列出算式」, 亦是屏東縣教師們常提的教學問題(屏東縣教育局, 2005)。由此可見, 理解加減文字題意及如何表徵, 是學生重要的學習問題。

若將加減文字題的語意結構以算式填充題的型式表徵, 又可分為被加/被減數未知、加/減數未知、和/差未知等六種, 其中加數、減數、被加數、被減數等未知的問題對學生較困難(陳玉仙等, 2008; 蔣治邦、鍾思嘉, 1991)。亦有學者(蔣治邦、鍾思嘉, 1991; Hiebert & Behr, 1988)將問題的語意結構分成改變(change)、併加、比較和等化(equalize)等四類型; 蔣治邦(2001)更依情境及未知數的位置, 將加減法文字題分為改變型起始量、改變型改變量、改變型結果量、合併型全體量、合併型部分量、比較型參考量、比較型比較量、比較型差異量、等化型參考量、等化型比較量、等化型差異量等 11 類未知的問題。在這些類型中以比較型參考量(呂玉琴, 1997)、比較型比較量、合併型部分量等未知的問題最難(蔣治邦、鍾思嘉, 1991)。由此可見, 語意結構會影響學生的解題, 尤其由上述題型所組成的兩步驟問題更加難(Quintero, 1984)。

就本研究的玉老師而言，其學生在二年級上學期時，計算方面已學過二位數加減，語意結構方面學過加／減數未知、被加數／被減數未知的問題，但都發現「加減計算的進退位與欠缺位值概念」、「理解加減文字題題意及如何表徵」的問題。接下來要學習三位數加減與兩步驟語意問題，這些問題如何改善？本研究認為對於這些較難的題型（或對於組成兩步驟），宜待學生概念較為穩固再出現，亦即把它們放在單元的後半部或以之作挑戰題。另外，對這些計算、難題與兩步驟文字題，可設計動態圖像表徵，協助學生理解計算的進退位與位值概念，以及文字題題意與表徵的問題。至於如何協助？留待下節陳述。

設計數學教學簡報的相關理論與研究

以 Ppt 設計簡報進行數學教學，有促進了解題意、引起動機（吳金聰，2013）、增進學習（譚寧君，2007；Tseng et al., 2002）等優點，但亦有教學信息破碎、照簡報念、欠互動（陳明璋，2006）、空間推理減弱（Tuft, 2003）等問題。既然有兩種不同結果，本研究探討這是否與 Ppt 設計有關及如何設計數學 Ppt。

進行數學教學時，可用的表徵有實物情境、操作模型、圖像、口語符號、文字符號等五種，學生能使用的表徵愈多元，概念愈清楚（Lesh et al., 1987）。這五種表徵對於學生的學習都不可缺。但 Bruner（1966）認為，人類藉由動作（enactive）、圖像、符號（symbolic）等表徵的認知歷程獲得知識，而圖像表徵是動作表徵進入符號表徵的橋樑。再者，陳啟明（2000）發現，圖像表徵有助學生解題和閱讀。近年，資訊科技進步，靜態（動態）圖像是否有益學習，端視教學是否能適切引導（汪曼穎、王林宇，2006）。

何謂認知負荷？那就是將特定工作加在學習者的認知系統時所產生的負荷（吳金聰、梁淑坤，2008；Sweller, 1994）。就鷹架（scaffolding）的觀點，如果教材內容過難，超過學生的可能發展區（zone of proximal development），將令學生（尤其是低成就者）學習時認知負荷過重。因此，在組織安排簡報內容時，宜考量學生的認知負荷，將教材由易而難、由簡而繁來安排。然而，在簡報的版面設計上該如何安排才不會造成學生的負荷呢？Mayer（2005）提出了多媒體設計的原則：（1）文字和圖像並用優於僅有文字的學習；（2）相關文字與圖像在畫面的位置接近優於遠離；（3）相關文字與圖像同時呈現優於接續呈現；（4）刪除與主題無關的資訊較優；（5）圖像與口述的呈現優於圖像與文字的呈現；（6）有強調教材內容組織結構與重點提示較好；（7）「具動畫與口述」的教材優於「具有動畫、口述與字幕」；（8）教材口語化用語優於形式化用語；（9）學習者可控制教材呈現的速度時學習效果較好；（10）設計效果對先備知識較少、心像能力較佳的學習者影響較大。上述前 6 項原則可作 Ppt 簡報設計的指導原則，後 4 項可作簡報教學的原則。

數學教師的專業成長

台灣的九年一貫數學課程，內容不減反而時數更少，教學方法必須更有效率。而教師想獲得更有效的教學方法則可參與專業成長（Taylor, 1986）。那麼，專業成長要學些甚麼？柳賢（2003）與 Shulman（1986, 1987）認為應包含學科知識（content knowledge, CK）、學科教學知識（pedagogical content knowledge, PCK）、一般教學知識（pedagogical knowledge, PK）。玉老師想要成長的主要專業知識是：利用 Ppt 的功能將數學知識轉化、表徵成動畫，以利學生學習。這類依教學需求，結合學科知識、教學方法和科技支援的知識，Mishra & Koehler（2006）稱之為「學科的教學科技應用知識」（technological pedagogical content knowledge, TPACK）。

但是如何協助玉老師在製作簡報與教學上的專業成長？Carr & Kemmis（1983）認為，藉由「計畫、執行、觀察、省思」的行動研究循環歷程可協助教師成長。但 Shulman（1987）認為，教學是理解和推理、轉化和反省，教師所獲得的專業知識，須經理解、轉化、教學、評鑑、反省、新理解等歷程，才能讓學生獲得這些知識。因為在「理解、轉化、教學」歷程中，教師可能會產生一些教學問題，宜再透過「評鑑、反省、新理解」來改善。故此，專業成長若只有對話，只能停留於理解與轉化，最好將知識付諸教學，才能確認教師是否消化吸收知識而擁有駕馭知識的能力。因此本研究認為，教學行動研究宜融入「理解、轉化、教學、評鑑、反省、新理解」的歷程。本研究擷取兩者的重要概念並加以結合，設計出這個專業成長方案。

研究方法

研究設計

本研究參考 Kemmis & McTaggart（1988）、McNiff（2013）等人的行動研究歷程——「計畫、執行、觀察、省思」，以及 Shulman（1987）的「理解、轉化、教學、評鑑、反省、新理解」歷程，設計適合本研究的三階段流程：教材理解、教學轉化、教學試驗。這三階段的歷程內涵如下。

教材理解

針對教材內容，蒐集能力指標、教學指引、教學文獻等資料進行分析，理解「三位數加減計算與文字題語意結構」教材的來龍去脈，及學生常見的迷思概念。最後藉教材分析及文獻探討的收穫反省教學或教材，以「理解」教材內容，並就圖像表徵、認知負荷或鷹架的觀點提出教材安排與設計構思。這階段屬於行動研究的計畫。

教學轉化

根據構思將認知負荷、鷹架、多媒體學習認知理論應用在教案與簡報設計上，把設計完的教案與簡報請專家提建議，請學者審查提建議。設計者再根據建議省思，以進行第一次修改，藉此「轉化」教學內容。這階段亦屬於行動研究的計畫。

教學試驗

依據第一次修改後的簡報，設計者於自己班級進行教學。教學時，請專家教師依據觀察提供教學與簡報設計建議（評鑑），設計者再依據建議反省，並據此進行第二次簡報修改（產生新理解）。這階段包含「教學」、「評鑑」、「反省」、「新理解」的歷程，涵蓋行動研究的執行、觀察、省思。

為了讓整個研究得以順利進行，本研究亦成立成長團隊進行聚會討論，透過提問、反省與修改等策略，蒐集改善教學簡報與教案、實際教學的資料。另外，亦應玉老師需要，以電話、電郵或現場討論指導玉老師如何製作簡報。

研究團隊及伙伴的背景、簡報的內容與設計、教學方法

研究團隊及伙伴的背景

「某某家」是專門進行「Ppt 數學教學簡報製作與教學」的團隊，在本研究進行前已成立三年。團隊¹成員 T2 在 2008 年向縣教育局申請精進教學計畫，以提升團隊成員資訊融入教學的 TPCK 知能；2009 年向教育部申請科教專案，發展資訊融入教材；2011 年提出「Ppt 數學教學簡報製作與教學」的專案研究，獲當地相關教育單位經費補助，由團隊四位成員各依需要選一單元進行簡報製作與教學試驗，玉老師是其中一位。玉老師 2011 年加入團隊並參與專案計畫，她選擇「三位數加減計算及文字題」一單元。

參與玉老師簡報設計與教學的研究者中，除了玉老師外，尚有五位專家教師和兩位學者（含作者，作者是研究者，亦是協助玉老師成長者之一）。玉老師進行簡報設計、教學試驗與簡報修改；五位專家教師參與聚會討論，提供簡報修改建議。

玉老師有 30 年教學經驗，大部分擔任低年級級任，善於自製數學教具進行教學，雖有分組但用於競賽，未進行小組討論，有時會引導學生進行全班討論，偶爾會讓學生做簡短的發表。而受教學生為二年級下學期學生，其中有一位過動兒，一位低成就（喜歡畫圖，學習低落，成績不佳），其餘中上；學生在上本單元前，已學過 1,000 以內的數及二位數加減，不過是透過圖卡或黑板學習，鮮有 Ppt 學習數學的經驗。這次研究，玉老師第一次參與團隊的數學教學簡報設計與教學。

五位專家教師都有 20 年以上教學經驗，且有簡報設計經驗，其中 T2 在學校帶領數學成長團體近 10 年，且在教育大學至少兼六個學期的國小數學科教材教法課程，是數學教材教法的專家；而其設計的資訊融入數學教學教案有兩次獲得全縣特優。T3 則有四年設計簡報並以簡報進行教學的經驗，經常獲邀到各國小甚至輔導團講演或擔任簡報製作的講師，是簡報製作的專家。兩位學者參與審稿並提供簡報修改建議，他們都是教育大學數學教育相關科系退休教授，都有過九年一貫國小數學教材編輯的經驗。

簡報的教學內容與設計

從文獻探討可知，圖像表徵、認知負荷理論、多媒體認知理論與設計原則的應用，可協助「加減計算欠缺位值概念」、「理解三位數加減文字題題意及如何表徵」的問題。因此，在設計 Ppt 數學教學簡報時，會提醒玉老師設計出來的簡報要有下列功能：布題時，用動態圖像或線段圖協助學生了解題意；解題或全班討論時，以線段圖協助學生思考或理解。這些都是 TPCK，亦是玉老師亟需學習的知能。

研究時，團隊協助玉老師分析能力指標、教學指引與教學文獻，使她了解三位數加減的教材地圖，再進行 Ppt 教學簡報的藍圖設計，其設計內容有：回憶往事、三位數加法、三位數減法、兩步驟「連加、連減」、兩步驟加減混合等五項活動（後經 T2 建議改成四項活動），前四項活動各設計 1 節課，最後一項活動設計 2 節課，每節 40 分鐘。接着擬定題目——依認知負荷與搭／撤鷹架的觀點安排題型（不進／退位、一次進／退位、二次進／退位）、數字、語意結構（如表一，基礎題安排較簡單的語意題型，挑戰題安排較難的題型）。玉老師擬定後再與 T2 討論，待題目定案後才設計簡報。

表一：三位數加減語意結構分配表

	活動一： 回憶往事	活動二： 單步驟 三位數加法	活動三： 單步驟 三位數減法	活動四： 兩步驟 連加、連減	活動五： 兩步驟 加減混合
基礎題	併加、添加、拿走、比較、加數未知	併加、添加	拿走、比較、加數未知	二次併加、二次拿走、二次添加	併加與拿走、拿走與併加、併加與比較型比較量未知、拿走與添加
挑戰題		有無關線索、比較型比較量未知、被減數未知	比較型參考量未知、等化型差異量未知、減數未知	被加數未知與比較型比較量未知、加數未知與比較型參考量未知、加數未知與比較型比較量未知	添加與比較型比較量未知、併加與併加、拿走與併加、比較型參考量未知與併加

由於學生在進行加減計算時有進退位與位值概念的問題，解文字題有理解題意與表徵的問題，因此將圖像表徵、認知負荷理論、多媒體認知理論與設計原則應用在設計上，亦即考量上述數學教學簡報功能進行簡報設計。例如：（1）活動一安排「回憶往事」進行舊經驗的複習與檢驗，藉由積木與錢幣圖像安排三位數的化聚動畫活動，並藉由文字題與定位板進行單步驟二位與一位、單步驟二位與二位的加／減「動畫」計算複習。（2）舊經驗的複習與檢驗後，接着安排主要概念、知識或技能的學習，由於重概念性的理解，因而特別強調位值概念的學習。在活動二、三、四的加、減學習上，先安排具體操作活動、動態圖像表徵，再安排定位板協助學習位值概念，希望學生在活動二、三之中熟悉三位數加、減算則。（3）活動四、五則撤除鷹架（具體操作與定位板），但引入更難的加、減兩步驟問題；此時，引入另一鷹架（線段圖）協助學生解題。（4）每一活動之後都安排動動腦活動或類題供學生練習；亦提供數題挑戰題，供教學者視教學時間與學生狀況進行非例行性的問題教學。

在製作過程中，玉老師因未完全掌握 Ppt 的部分功能，有時會遇到設計瓶頸，無法將概念加以動態圖像表徵，會立即向 T3 求援；而數學教材與教學方面的問題則與 T2 討論。在團隊聚會時，玉老師會把設計好的簡報播放給所有團隊教師觀看，以尋求改善意見。

教學方法

依圖像表徵、認知負荷理論、多媒體認知理論與設計原則所研發的 Ppt 數學教學簡報，團隊把它融入討論教學法中，經三年的實務經驗，發展出如下的教學模式（吳金聰，2013）：教學時，教師藉單槍投射簡報透過螢幕上課，並視教學活動的需要搭配小組討論、全班討論、教師講述、教具操作、學生練習等方法進行教學。第一，教學時，題目如果屬於複習／檢驗先備知識的問題，一般採用個別解題以了解學生的基礎。第二，題目如果屬於主要概念、知識或技能的問題，這類題目稍有難度，一般採用個別或小組合作解題（低年級不一定要小組合作解題），以進行一連串主要概念、知識、技能的教學。第三，題目如果屬於難度高或複雜的問題解決題目，較適合小組合作解題。但不管個別或小組解題後都須進行全班討論，以了解學生所建構的知識／概念是否正確，必要時甚至進行發表、質疑辯證，以澄清概念。每一教學活動或每一單元教學結束前，教師再歸納、統整和總結學生所學的知識／概念，以協助學生建構這些概念／知識。

玉老師長年教低年級，沒有小組討論的教學經驗，但在 T2 鼓勵下，嘗試使用團隊發展出來的教學模式，而這模式有時需要進行小組討論。因此，如何進行小組討論是玉老師要成長與解決的問題。

資料蒐集與分析

本研究蒐集的資料以質化為主，量化為輔。

本研究的資料蒐集約歷經半年：針對教材理解、教學轉化、教學試驗等階段的團隊聚會討論，各固定安排一次約 2 小時的正式成長討論，期間蒐集團隊聚會（錄音）、反省單、聚會記錄的資料；在教學轉化階段，團隊與玉老師進行 3 次以上的非正式討論，請學者審閱玉老師設計好的簡報與教學活動設計（教案），期間蒐集簡報、教案、審查意見、晤談、聚會記錄等資料；教學試驗階段進行 6 節課（每節約 40 分鐘）的教學攝影，及 6 次教學省思、6 次以上的非正式討論，期間蒐集教學、教學省思、晤談的資料；教學試驗後，學生當天書寫習作，單元教學後亦以「你喜歡老師利用教學簡報上數學『三位數加減』這個單元嗎？」、「你覺得這個單元的數學教學，你能聽得更清楚（理解）嗎？」為題詢問學生，最後再進行 1 次簡報修改審稿，及簡報與教案修正，期間蒐集習作、喜歡與理解的意見、審稿意見、簡報、教案等資料。對於上述資料不全，或想進一步了解、澄清者，則以晤談蒐集資料。

質化資料的蒐集與分析不預設立場，且會持續不斷、週而復始地比較查證、分析和探討。分析資料時，凡是成長中遇到的任何問題，只要與 PPT 製作、教學有關者，都是要解決的問題，例如，TPCK、PCK、PK 不會的、不佳的、構思要加以實踐、好還要更好……等都可視為要解決或改善的問題；至於是否解決或改善，只要比原來的進步、變好、部分解決、更好則視為「改善」，若問題不再發生則視為「解決」。若有收穫或解決問題後，並運用於下次教案與簡報設計或運用於教學上，可視作教師成長與解決問題的佐證（多元資料）。為了使研究更真實，亦使用三角校正方法蒐集與分析資料。量化資料則統計習作的整體答對率，亦會統計學生的喜歡、理解情況（求百分率）。這些學生的量化資料會視作教師是否有成長、問題是否得到解決的間接資料。

引用資料的代號順序為：日期、蒐集資料的來源與對象。例如：「20101208 簡師」表示「2010 年 12 月 8 日」在「簡報」蒐集「教師」的資料（資料代號詳見表二）。

表二：資料代號

資料	代號	資料	代號
審稿意見	審	習作	習
反省單	省	喜好問題	問
團隊聚會	團	教學活動設計（教案）	案
聚會記錄	記	教師	師
簡報	簡	學者	學
教學	教	學生	生
晤談	晤		

研究結果與討論

本章分「玉老師在三位數加減計算的行動歷程」、「玉老師在三位數加減文字題的行動歷程」兩部分陳述報告玉老師在行動研究的歷程、同儕討論及自我反省後的成長與討論。整個研究歷經教材理解、教學轉化、教學試驗等三階段，因此，兩部分的研究結果與討論亦依此三階段呈現。

玉老師在三位數加減計算的行動歷程

「玉老師在三位數加減計算的行動歷程」的主要結果與討論有「位值概念的重要性與設計」、「加減計算的搭鷹架與撤鷹架」兩主題。

位值概念的重要性與設計

一、教材理解階段：從文獻中得知位值的重要，提出以簡報設計定位板學位值

在此階段，團隊提供相關文獻供玉老師閱讀。玉老師從文獻中得知位值概念的重要性，因此在聚會討論時表示其學生常有位值沒有對齊的問題，並提出以簡報設計定位板的構思（20110121 團師、20110204 晤師）。

事後玉老師不但反省表示：「知道定位板對位值概念的學習很重要〔PCK〕」（20110204 省師、晤師），更將位值概念實踐在教案（20110302 案師）與簡報（20110222 簡師）設計。

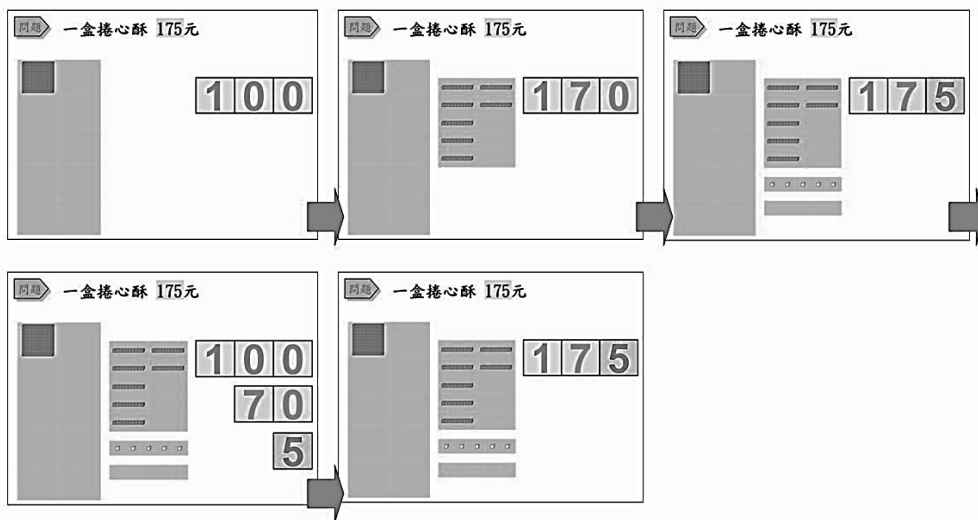
二、教學轉化階段：位值概念動畫設計不佳，團隊建議注重情境及學生基礎

玉老師在此階段將構思付諸實踐，設計教案與簡報。在實踐過程中，玉老師有「如何將位值概念轉化成有利學生理解」的設計問題（20110209 省師）：欠情境、表徵不當（如圖一）。

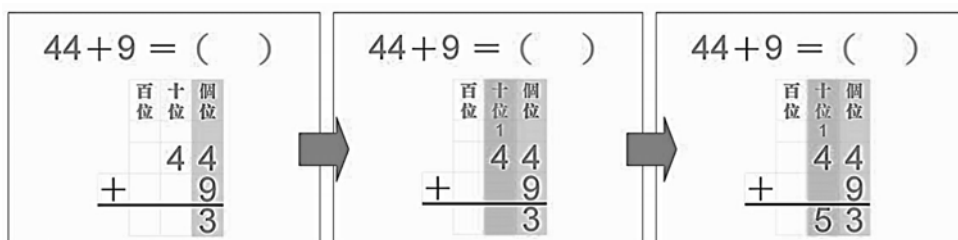
對於圖一的設計，T2 建議：複習舊經驗，最好加入情境（20110209 團師）。P1 則認為：古式積木的顏色若能與數字「5」的顏色一致，將更能提醒學生表徵的意義；「175 元」改以錢幣的半具體符號表徵（20110307 審學）。最後，玉老師接納 T2 與 P1 的建議。

另外，直式算則中的進位，一般教學是先寫個位數字 3，再寫進位的 1，但亦有先寫進位的十位 1，再寫個位的 3（如圖二）。對此，成員與學者的意見如下：

圖一：位值概念動態圖



圖二：加法直式算則動態圖



T2：算則的記錄方式〔如圖二〕，例如：加起來 13，先寫 3 再進 1；或直接寫 13，哪一個較好可試驗一下……

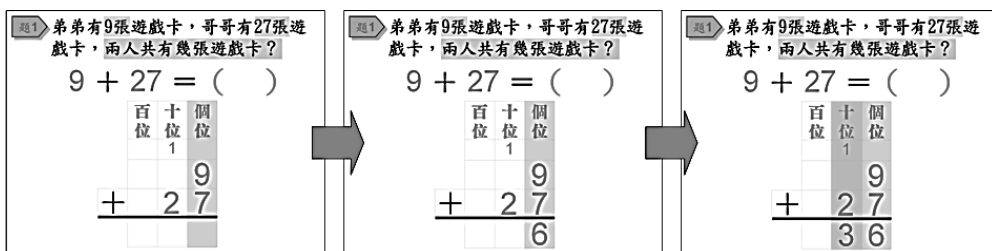
T3：同意以課本教法，滿多少進多少方式。

T4：課本教法也是滿多少進多少……（20110209 團師）

P1：先寫進位十位的 1，再寫個位的數字 3，比較合乎學生的先備知識……
（20110307 審學）

對於圖二的設計，玉老師最後接納 P1 的建議，並加上情境，修改簡報（如圖三），藉此試驗此策略是否能幫助學生。

圖三：修改後的加法直式算則動態圖



玉老師回憶表示：「進位建議〔先寫進十位的 1，再寫個位數字〕合乎學生的認知〔PCK〕，改變我的教學習慣」（20110323 晤師）；玉老師亦把這知識運用在簡報設計上（20110308 簡師）。

三、教學試驗階段：簡報播放後搭配積木操弄費時，以致教學時間不足

玉老師除了播放具有定位板設計（強調位值）的簡報教學外，亦讓學生操弄積木解題，但因教具操弄過於費時而產生教學時間不足的問題（20110311 教師、20110323 省師）。對此問題，玉老師反省：「學生早有經驗〔前一單元 1,000 以內的數已有操弄經驗〕，其實可考慮撤掉實物操作，只留下簡報圖像呈現」（20110323 團師）；可是 T2 提醒：「至於少數需透過教具操作者，再給予個別指導」（20110323 團師）。而玉老師亦據以修改教案設計（20110511 簡師、20110723 案師）。

總之，玉老師在「位值概念的重要性與設計」上，經過三個階段，解決了文獻閱讀、位值概念設計不佳的問題；雖然沒有直接解決教學時間不足的問題，玉老師仍據之修改教案設計。在「欠缺位值概念」的教學問題上，教學之初，從學生的練習中尚可發現 1% 的位值問題，單元教學後已沒有位值問題（20110322 習生、團師）。

加減計算的搭鷹架與撤鷹架

一、教材理解階段：思考欠周延，團隊建議在設計中亦要撤鷹架和提供多元思考

在教材理解階段，玉老師提出以簡報設計定位板的構思（20110121 團師、20110204 晤師），但思考不夠周延，因此 T2 就認知負荷與搭／撤鷹架的觀點，提出「待概念建立後再逐步撤除定位板」的建議。另外，為了適應個別差異，T2 亦提出「設計中要提供學生多元思考」的建議（20110121 記師）。

事後玉老師反省：「現在我在教材設計時會注意多元表徵和多元想法的問題，尤其要採用具體物操作、圖像，……我知道要以定位板幫學生建立位值概念，卻忽略撤定位板亦很重要〔PCK〕」（20110121 省師），而這些多元表徵、多元想法，在玉老師的後續教案設計（20110302 案師）、教學（以具體物積木、簡報動畫的圖像、語文、符號進行教學、還有沒有其它解法）等（20110311 教學）都可發現。

二、教學轉化階段：欠製作「蓋住」的 Ppt 功能知能，團隊協助學會此知能

玉老師對 Ppt 的功能操作仍屬初學者，且年過 50，因此要如何利用 Ppt 的功能及多媒體學習設計原則，將算則的構思（滿十個 1 進一個 10）清楚地以圖像表徵，協助學生理解（搭鷹架），是玉老師的最大困難。尤其如何設計出「積木滿十個 1 後，製作出將積木蓋住進一個 10」的效果，玉老師遇到瓶頸，因此向 T3 求救而獲得解決。

聚會時，玉老師對自己的加減計算設計說明如下：

1. 用深藍色背景表示被加數，淡藍色是加數，讓學生更清楚二者的差別……
2. 先安排積木〔如圖四〕再安排錢幣〔如圖五〕的題目，兩種類型各出兩題。
3. 每一題分三張簡報呈現，第一張的左邊是呈現積木（或錢幣），右邊是與左邊對應的定位板；教學時，先左邊的積木（或錢幣）加法與合十的動畫；右邊的定位板上，則是隨着積木（或錢幣）動畫而與之搭配的數字加法與進位動畫〔如圖四的左圖與圖五的左圖〕。第一張簡報教學後，要求學生以積木／錢幣圖卡實作後，再呈現第二張動畫，進行檢討與訂正〔如圖四的中圖與圖五的中圖〕；第三張動畫則只呈現定位板，在沒有積木／錢幣的鷹架下，再進行一次加法算則的運算複習〔如圖四的右圖與圖五的右圖〕。
4. 活動二、三剛開始接觸加減直式計算，所以兩活動的直式計算都呈現定位板，經活動二、三的練習，進入活動四、五時，則撤除這些鷹架。（20110209 記師）

圖四：積木滿 10 進位動態圖

圖五：錢幣滿 10 進位動態圖

針對玉老師的設計，成員讚嘆表示「不簡單」，但亦有如下的建議：

T2：當動畫閃示時，教師還是要以指示棒指一下，以免學生不注意。……
(20110209 團師)

T2 依其經驗認為，教學時不能只依賴簡報，亦得利用肢體協助教學，因此提出「教師還是要以指示棒指一下」。最後玉老師接納 T2 的建議。

事後玉老師表示：「T3 協助製作 Ppt 的蓋住（積木與錢幣）效果〔如圖四、圖五的中圖〕，解決我的困難並〔令我〕學會此技巧，讓我的能力〔TPCK〕提升很多」（20110209 晤師）。從玉老師的簡報設計（20110308 簡師）來看（如圖四、圖五），其設計獲得改善。

三、教學試驗階段：電腦前操作滑鼠影響師生互動，團隊建議改用簡報筆

在教學轉化階段，T2 曾建議使用指示棒指示要強調的部分，然而在第一節教學時，玉老師並未加以採用，且站在電腦前面操作滑鼠，少與學生互動，因此團隊再給予建議。

從活動二開始，已發現玉老師拿者簡報筆與指示棒進行教學，教學時間的掌控亦比較好。她事後反省表示：「老師上課右手拿指示棒，左手拿簡報筆操控自如，讓學生更專心……，老師能隨時走入行間巡視，真是方便」（20110323 省師），顯然獲得改善。

總之，玉老師在「加減計算的搭鷹架與撤鷹架」上，經過三個階段，解決了設計不夠周延、Ppt 知能不足、電腦前操作滑鼠影響師生互動的問題。

在「加減計算的進退位」的教學問題上，教學之初，從學生的練習中尚可發現 1% 的進位、5% 的退位加減等問題，單元教學後只發現 0.2% 的進位、1.6% 的退位加減等問題，學生學習後的習作加減計算平均答對率是 94.9%（20110322 習生）。團隊教師認為，教完馬上寫習作，能有此成績非常不錯（20110323 團師）。

玉老師在三位數加減文字題的行動歷程

「玉老師在三位數加減文字題的行動歷程」的主要結果與討論有「簡報中呈現線段圖引導學生思考題意與解題」、「簡報中要出現『先算』、『再算』等重要語句，引導學生思考解題」兩主題。

簡報中呈現線段圖引導學生思考題意與解題

一、教材理解階段：構思線段圖解題意，團隊建議要搭鷹架亦要撤鷹架

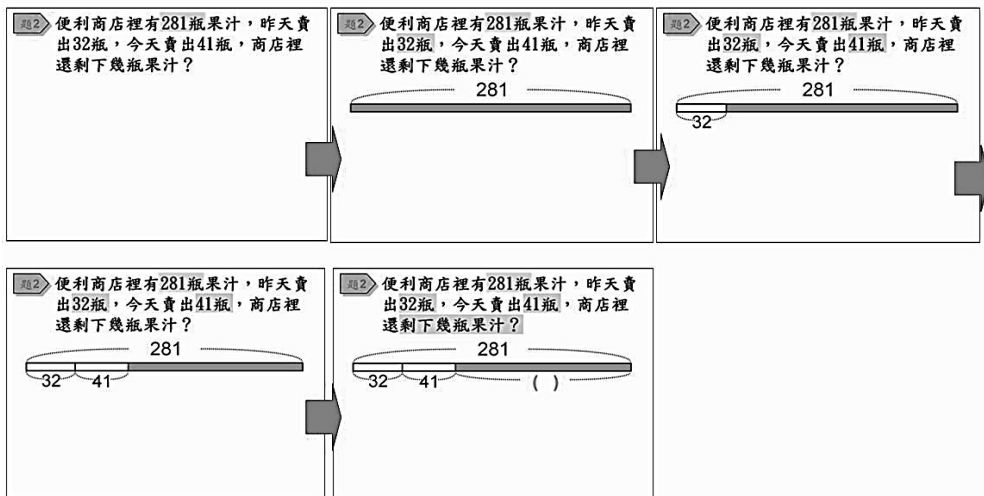
文字題的題意理解和表徵是一般學生的學習問題，亦是玉老師的教學問題，尤其在三位數加減單元還涉及兩步驟文字題便更難。但玉老師從教材分析與文獻探討中發現，線段圖有益於學生的數學學習（林秀燕，2005；羅秋霞，2007）。因此，玉老師提出簡報中呈現以線段圖引導學生思考題意與解題的構思。但此構思與定位板的構思相同，都有「缺撤除鷹架」的問題，T2 亦給予撤鷹架的建議（20110121 團師）。

事後玉老師反省：「加入線段圖與撤鷹架〔PCK〕……，讓我覺得設計更明確，更周延」（20110121 省師）。

二、教學轉化階段：線段圖圖層複雜難設計，團隊給予協助並提多元解法建議

玉老師根據自己的構思將兩步驟的文字題語意加以圖像表徵，轉化成 PPT 簡報，但在設計「兩步驟連加與連減、兩步驟加減混合」二活動的文字題時，都遇到技術上的問題：當題目呈現後，首先透過色塊逐步引導學生觀看線段圖的變化（呈現），進而引導學生了解題目的意義；但線段圖的動畫圖層複雜，讓玉老師不知所措，經 T3 協助後得以解決（如圖六）（20110209 團師；20110316 簡師）。

圖六：以簡報將兩步驟語意轉化成線段圖



對於玉老師設計的簡報，成員與學者都給予肯定，但亦有如下建議：

T1：281-41 會比較快，……所以要問學生還有哪些作法？（20110209 團師）

P2：……是否也考慮先加後減的解法，它的運算較容易。（20110307 審學）

對於連減的問題，亦可先把兩個被減的數先相加，再被減。尤其 T1 所提的「281-41 會比較快」的解法，此解法一般學生較難察覺，但聰明的學生會靈活使用。但玉老師反省表示：若提出「還有其他方法嗎？」就做出多元解法的簡報設計，老師負擔頗重，教學時間亦不足（20110323 省師），因此改成讓學生口述其他解法（20110316 簡師）。

事後玉老師反省：「線段圖的層次很多，設計上有一些困擾，感謝 T3 的技術支援，協助我 Ppt 技能的成長〔TPCK〕」、「教師提供更多元的解題方式〔PCK〕，……確實可提升學生解題的判斷力與靈活度」（20110209 省師）。從圖六、玉老師的反省、簡報設計來看，玉老師以 Ppt 設計線段圖的問題已獲得解決（20110316 簡師）；至於多元解法的問題，玉老師以「還有其他做法嗎？」（20110723 案師、20110316 簡師）的變通方式，亦算解決了問題。

三、教學試驗階段：首次小組討論，教學問題待解決；同儕建議採納一半

前兩個活動主要鎖定在三位數加減算則的學習，難度較低；但從活動三開始，進入兩步驟文字題，題意較為複雜且題目較困難，所以玉老師嘗試使用小組討論的教學方法：個別解題與全班討論時，玉老師拿着指示棒與簡報筆，時而在螢幕前以指示棒指着線段圖的變化，時而穿梭在各小組間；小組討論時，玉老師大部分時間站在講台前面看着學生解題（20110316 教師）。

從玉老師的教學來看，她已踏出採用小組討論的第一步。但是，對於玉老師的教學情形，團隊建議她要到各組巡視（20110316 晤師）。此外，成員們在聚會或他們的成長省思中亦提出如下看法：

T2：使用移動策略理解線段圖是一值得學習的簡報策略，可幫助學生理解。

T4：教授建議挑戰題不要再出現具體的鷹架，我有此感……

T3：線段圖的呈現可以讓學生更理解題意，……並進一步養成學生自己畫線段圖來理解題意，進而解題。（20110323 省師）

成員們贊同玉老師的線段圖設計，但亦再度提出撤除線段圖鷹架的觀點。對此，玉老師雖然認同撤除鷹架的觀點，但其簡報設計中還是呈現線段圖。玉老師事後表示：「線段圖是學生算完題後才播放」（20110323 團師）。本研究同意其做法：當學生解題後，若仍有低成就者無法理解，則可透過這設計得以理解。

事後玉老師反省：「以線段圖分析題意，學生看着簡報的層層動畫，驚歎不已！所以線段圖輔助學生理解題意又快又好，學生很快就悟出解題的方法，而且也清楚發現有多元的解法〔PCK〕」（20110323 省師）。

總之，玉老師在「簡報中呈現以線段圖引導學生思考題意與解題」上，經過三個階段，解決了「線段圖實踐於簡報的構思」、「線段圖圖層複雜難設計」等問題，但小組討論教學似乎出現問題，有待解決。

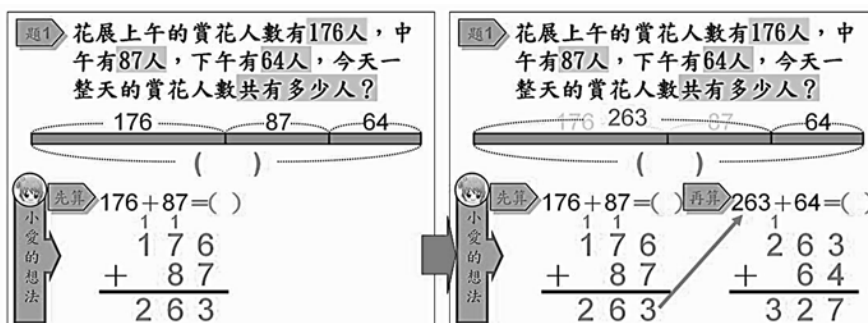
簡報中要出現「先算」、「再算」等重要語句，引導學生思考解題

一、教材理解階段：兩步驟語句難懂，但經團隊激盪而提出解決方法

玉老師從文獻、教材中發現，兩步驟文字題的學習困難在於語意的理解；因它的語句結構比「單步驟」的難，學生得經二次的語句思考轉折，內在認知負荷高。她的學生亦有此困難，但如何解決？在大家的激盪下，玉老師提出：簡報中除了呈現線段圖亦搭配「先算」、「再算」的重要引導語句（如圖七），以引導學生思考。此構思獲得成員贊同（20110121 團師、省師），更解決玉老師自己的問題。

事後玉老師反省：「採用兩步驟的引導用語〔PCK〕，並運用在設計上，有助學生學習」（20110121 省師）。

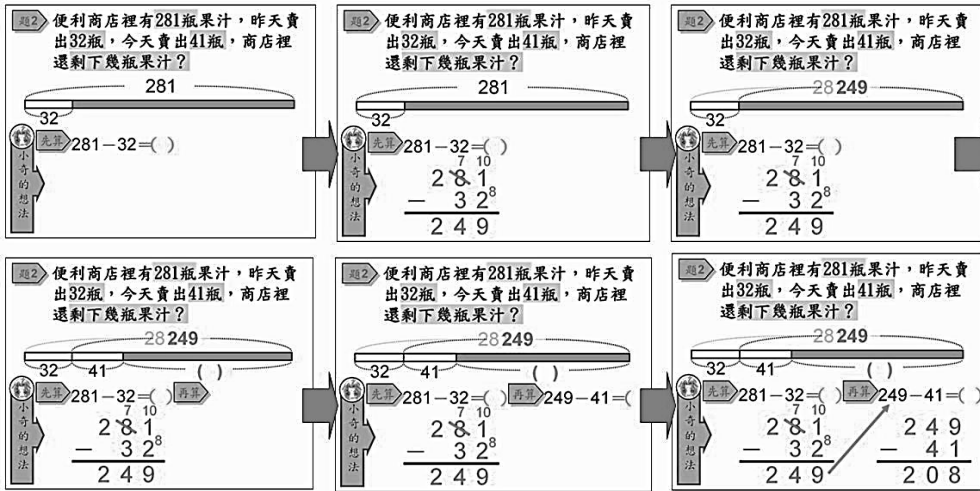
圖七：簡報中呈現線段圖並搭配「先算」、「再算」的重要引導語句



二、教學轉化階段：結合兩步驟語句、線段圖、引導問話的簡報設計更難，團隊的示範解決其問題

設計簡報時，要將兩步驟語意、線段圖、「先算」與「再算」的引導語句，設計在一個題目目（如圖八），其圖層比圖六更複雜，更要考慮認知負荷與多媒體認知理論等的設計原則，這對玉老師而言極為困難。但玉老師在 T3 協助下，解決了問題，將構思轉化成簡報（如圖七、圖八）。

圖八：結合兩步驟語意、線段圖、引導語句的簡報設計



玉老師反省：「邏輯非常複雜〔指圖七、圖八〕，但 T3 輕易解決，她的示範對我很有幫助」（20110209 省師）。從玉老師的反省、圖八及事後的簡報（20110521 簡師）修改來看，她已解決簡報設計的問題。

三、教學試驗階段：小組討論的方式不錯，但進步有限，仍須持續成長

玉老師以設計的簡報進行教學後，反省表示：「上起課來非常流暢，很有成就感」（20110323 省師）。但從玉老師的活動四教學來看，玉老師雖然持續之前的教學，將 Ppt 簡報融入小組討論之中，但相較於活動三，玉老師除了偶爾到各組巡視及提問問題外，其餘的行為並不多見（20110318 教學）。因此，T2 先提玉老師的教學優點（20110323 團師），再提出建議：

T2：（1）低年級學生要進行小組討論不容易，但玉老師嘗試進行，且初次進行就做的不錯，……但玉老師小組討論的教學經驗較不足，所以提供下列的經驗供參考：……要求全班的小朋友面對說話者〔黑板、教師〕，不要側坐；……全班討論時可試著叫不同的解法〔主要〕的學生上台發表；教師巡視時，除了維持秩序與指導學生趕快解題外，可看學生的解法，對於錯誤的解法給予引導，使其朝向正確解法思考，對於正確且完成書寫者，可提問思考的問題。（2）……學生討論時，圍起來小聲進行討論……先討論再寫解法，……寫的人可輪流或由老師指定。（3）……可使用計時器，讓學生趕快專心進行解題，時間較緊湊。（20110323 團師）

事後，玉老師在 PK 上很有收穫地表示：

小組討論雖沒有討論之實，卻有分工合作的表現，也讓老師很感動，尤其同學發揮愛心會指導較弱勢的同學，這應是學習中最珍貴的畫面。（20110323 省師）

由玉老師的教學、反省，以及同儕 T2 的建議來看，玉老師對自己的教學感到有成就。她反省學生的學習，發現小組討論教學雖有進步（同學會指導較弱勢的同學），但仍有成長的空間。

總之，玉老師在「簡報中要出現『先算』、『再算』的重要語句，引導學生思考解題」上，經過三個階段，解決了兩步驟語句難懂及簡報設計的問題，但小組討論的成長有限，仍須持續改進。

從「理解加減文字題題意及如何表徵」的學習成效來說，玉老師發現學生在教學後的加減文字題、兩步驟文字題的平均答對率是 88.3%（20110322 習生）。從學生的學習過程（起碼在形成性評量），發現只有 38.5% 的學生能完全了解語意或問題轉譯（表徵）的問題，但至少在單元教學後已進步到 73.1%。其中，涉及比較型的兩步驟問題是學生最感困難的問題，這與呂玉琴（1997）和蔣治邦、鍾思嘉（1991）等的研究類似。團隊教師認為，能有此成效已屬不錯（20110323 團師）。

整個單元教學後，有 96.2% 的學生「喜歡」這樣的教學，其理由有：很有趣、很像看電影、很好玩、很像在變魔術、很立體、字比較大全班都看得到、很快又生動、節省時間、不會累、（版面）不會很亂且可以放大縮小（20110322 問生）。

有 92.3% 的學生「聽得更清楚〔理解〕」這樣的教學，其理由有：可以看得清楚、加減進退位很清楚、進 1 的數字看得比較清楚、線段圖可以隨時換位置且螢幕大、字很大、老師說得很大聲、老師講的速度剛好、講得很清楚、不會時老師會走下來教我們（20110322 問生）。

小 結

本研究團隊運用圖像表徵、鷹架、認知負荷理論及相關研究，協助玉老師在三位數加減計算的行動歷程中，經教材理解、教學轉化、教學觀察等三個階段，分別解決「設計不夠周延」、「位值概念動畫設計不佳、Ppt 知能不足」、「電腦前操作滑鼠影響師生互動」等問題，雖然沒有直接解決玉老師當下教學時間不足的問題，但後續的時間掌控已有改善。協助玉老師在三位數加減文字題的行動歷程中，經過三個階段，分別解決了「線段圖實踐於簡報的構思、兩步驟語句難懂」、「線段圖圖層複雜難設計、『兩步驟語句、線段圖、引導問話的簡報設計』」等問題，而小組討論的教學問題改善有限，仍須持續努力。另外，在學習成效方面，學生的計算與文字題的答對率亦有不錯表現，大部分學生都喜歡和理解這樣的上課方式。這表示，玉老師的成長

亦反映在學生身上。所以，本研究與譚寧君（2007）和 Tseng et al.（2002）的觀點類似——以 Ppt 簡報進行數學教學有益於學生學習。

結論與建議

結 論

教師盡責培育出具競爭力的下一代，而師資除了有賴職前師資培育外，教師仍需持續的專業成長。本研究在獲得當地相關教育單位經費補助支援下，舉辦跨校的專業知能成長。本研究結論如下：首先，團隊可協助玉老師的專業知能成長方面在 Ppt 數學教學簡報的製作與教學。玉老師在團隊協助下，從能力指標、教學指引、文獻探討中了解「三位數加減計算及文字題」的來龍去脈，以及計算與文字題上的學習問題，進而運用圖像表徵與認知負荷理論於簡報的製作與教學。在團隊協助下，玉老師因解決問題而獲得成長，就如玉老師所言：「能設計出教學簡報，自己感覺很有成就感，尤其是在多人建議和教授指導下，讓自己製作簡報的能力突飛猛進，也更能領會數學教學的意義與要領」（20110323 省師）。

另外，是在三階段的成長以解決或改善玉老師的簡報設計與教學問題。在整個研究過程中，玉老師主要在「位值概念與加減算則的複習」、「加減計算的搭鷹架與撤鷹架」、「簡報中呈現以線段圖引導學生思考題意與解題」、「簡報中要出現『先算』、『再算』的重要語句，引導學生思考解題」等方面出現過製作或教學上的問題，她歷經教材理解、教學轉化、教學試驗等三階段的成長，雖然在小組討論教學上仍須持續改進，但大部分問題都已解決或改善，更研發出教學簡報。

建 議

研究者就以上成果和結論，提出如下建議：

1. 協助教師專業成長宜經歷教材理解、教學轉化、教學試驗等階段——教師設計 Ppt 簡報前宜先了解教材的來龍去脈，以及學生常犯錯的問題或迷思概念，再利用圖像表徵與認知負荷等理論來設計 Ppt，最後進行教學試驗，教師才能藉由「評鑑、反省、新理解」來改善 Ppt 設計及其教學。
2. 以認知負荷和圖像表徵為設計簡報時的搭／撤鷹架考量——在設計簡報時，除了把每一單元的教材，依教學目標由易而難、由簡而繁加以安排外，亦宜以認知負荷理論與圖像表徵，考量教材的搭鷹架與撤鷹架。這些設計經驗，可供玉老師自己和教育工作者參考。

3. 掌握加減位值概念與進退位技能，採用線段圖與重要問話協助教學——三位數加減計算涉及位值概念與進退位，教師設計 PPt 與教學時，宜掌握這些概念與技能；至於兩步驟文字題，學生理解與解題有困難，而線段圖與「先算、再算」的重要引導問話，正是協助學生理解題意與解題的重要方法。
4. 以 PPt 進行教學仍須搭配其他方法——PPt 簡報只是一種教學工具，教師仍須依教材與學生的需要，配合其他教學方法（如講述、討論等）、表徵進行教學，而非只是使用 PPt 進行教學。玉老師以往採取講述教學，但在專業成長過程中嘗試小組討論教學，雖然仍有許多問題，但她發現小組討論教學的好處，若能持續，將有更好表現。
5. 可採用（準）實驗研究法進行研究或進行不同數學主題的研究——本研究以行動研究協助一位教師進行「三位數加減簡報製作與教學」之專業成長，所開發的簡報可再進行（準）實驗研究，以證實此簡報教學的成效。另外，玉老師或其他有意數學 PPt 簡報製作與教學專業成長的教師，亦可進行不同的數學單元（如乘／除、四則等）的專業成長。

註釋

1. 團隊中專家教師以 T 表示，T1、T2、T3、T4 為其中四位專家教師；P 則代表教授，共兩位，分別為 P1 和 P2。

參考文獻

- 王雪瑜（2006）。〈國小數學學障兒童數學解題錯誤類型分析之探討〉。載莊素貞（主編），《特殊教育現在與未來》（頁 15-30）。台中，台灣：國立台中教育大學特教中心。
- 吳金聰（2013）。〈PPt 融入數學教學之研究——以國小五年級「面積公式」單元教學為例〉。《屏東教大科學教育》，第 37 期，頁 34-65。
- 吳金聰、梁淑坤（2008）。〈遠哲西子灣數學教師成長工作坊成果分享：認知負荷理論在數學教學上的應用〉。《數學教育》，第 26 期，頁 11-27。
- 吳金聰、劉曼麗（2013）。〈國小教師的數學教學專業知能成長研究——以 PPt 在因數與倍數教學上的應用為例〉。《科學教育學刊》，第 21 卷第 4 期，頁 371-400。
- 吳金聰、戴翠華、譚寧君、劉曼麗（2011，4 月）。〈資訊融入數學教學之教材研發——以表面積教學簡報為例〉。文章發表於「第三屆科技與數學教育學術研討會」，台中，台灣。
- 呂玉琴（1997）。〈國小低年級學生對加減法文字題的了解〉。載國立台灣師範大學科學教育研究所（編），《中華民國第十三屆科學教育學術研討會會議手冊及短篇論文集編》（頁 355-361）。台北，台灣：國立台灣師範大學科學教育研究所。

- 汪曼穎、王林宇（2006）。〈注意力分配對圖像登錄之影響及其在教學上的應用方向〉。《教育心理學報》，第 38 卷第 1 期，頁 67-83。
- 林秀燕（2005）。《以圖示策略融入低年級教學對改變類及比較類加減法文字題學習成效之研究》（未出版碩士論文）。屏東師範學院，屏東，台灣。
- 屏東縣教育局（2005）。《國小數學教學問題 Q&A》。屏東，台灣：屏東縣教育局。
- 柳賢（2003）。《運用教學評鑑系統促進中學數學與自然科學教師專業發展之研究(1/3)》。行政院國家科學委員會專案研究計畫（計畫編號：NSC91-2511-S-017-021）。
- 徐偉民、林潔慧（2010）。〈利用教學模組進行國小四年級四則運算兩步驟文字題補救教學之行動研究〉。《屏東教育大學學報：教育類》，第 34 期，頁 211-242。
- 秦麗花（1995）。〈數學學習障礙兒童解題錯誤類型分析〉。《特殊教育季刊》，第 55 期，頁 33-38。
- 教育部（2008）。〈97 年國民中小學九年一貫課程綱要數學學習領域〉。擷取自 http://teach.eje.edu.tw/data/files/class_rules/math.pdf
- 許長壽、劉曼麗（2005）。〈練習式電腦輔助教學網站的設計與實踐——以三位數加減法為例〉。《科學教育研究與發展季刊》，第 40 期，頁 62-93。
- 陳玉仙、吳金聰、劉曼麗（2008）。〈「思」中有畫，畫中有「思」：《運用圖示表徵觀點於二位數加減文字題教學》〉。載劉曼麗（編），《數學學習領域典範教學示例彙編（二）》（頁 1-26）。屏東，台灣：國立屏東教育大學。
- 陳明璋（2006，6 月）。〈數學簡報系統——一個克服數位落差之教師專業發展環境〉。文章發表於「第十屆全球華人計算機教育應用學術會議」，北京，中國。
- 陳啟明（2000）。《不同題目表徵形式及相關因素對國小五年級學生解題表現之影響》（未出版碩士論文）。國立嘉義大學，嘉義，台灣。
- 游自達（1995）。〈數學學習與理解知內涵——從心理學觀點分析〉。《國立台中師範學院初等教育研究所初等教育研究集刊》，第 3 期，頁 31-45。
- 楊淑芬（2001）。《國小資源班學生使用圖示策略解決比較類加減應用題之成效研究》（未出版碩士論文）。國立台北師範學院，台北，台灣。
- 蔣治邦（2001）。〈中年級學童「部份-全體」運思的發展：文字題選圖與解題作業表現的差異〉。《中華心理學刊》，第 43 卷第 2 期，頁 239-254。
- 蔣治邦、鍾思嘉（1991）。〈低年級學童加減概念的發展〉。《教育與心理研究》，第 14 期，頁 35-68。
- 羅秋霞（2007）。《圖示表徵策略對提昇國小三年級數學低成就學童加減文字題補救教學成效之研究》（未出版碩士論文）。國立台北教育大學，台北，台灣。
- 譚寧君（2007）。《利用「數學簡報系統（MathPS）」發展國小數學輔助教材之研究成果報告（精簡版）》。行政院國家科學委員會專題研究計畫（計畫編號：NSC95-2521-S-152-008）。
- Blanton, M. L., & Kaput, J. J. (2003). Developing elementary teachers' "algebra eyes and ears." *Teaching Children Mathematics*, 10(2), 70-77.
- Bruner, J. S. (1966). *Toward a theory of instruction*. New York, NY: W. W. Norton.

- Carr, W., & Kemmis, S. (1983). *Becoming critical: Knowing through action research*. Geelong, VIC, Australia: Deakin University Press.
- Herceg, D., & Herceg, D. (2010). Numerical integration with GeoGebra in high school. *International Journal for Technology in Mathematics Education*, 17(4), 205–210.
- Hiebert, J., & Behr, M. (Eds.). (1988). *Number concepts and operations in the middle grades*. Reston, VA: National Council of Teachers of Mathematics.
- Kemmis, S., & McTaggart, R. (1988). *The action research planner* (3rd ed.). Geelong, VIC, Australia: Deakin University Press.
- Lesh, R., Post, T., & Behr, M. (1987). Representations and translations among representation in mathematics learning and problem solving. In C. Janvier (Ed.), *Problems of representation in the teaching and learning of mathematics* (pp. 33–40). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Mayer, R. E. (1987). *Educational psychology: A cognitive approach*. Boston, MA: Little, Brown.
- Mayer, R. E. (2005). Cognitive theory of multimedia learning. In R. E. Mayer (Ed.), *The Cambridge handbook of multimedia learning* (pp. 31–48). New York, NY: Cambridge University Press.
- McNiff, J. (2013). *Action research: Principles and practice* (3rd ed.). Abingdon, England: Routledge.
- Mishra, P., & Koehler, M. J. (2006). Technological pedagogical content knowledge: A framework for teacher knowledge. *Teachers College Record*, 108(6), 1017–1054.
- National Council of Teachers of Mathematics. (2000). *Principles and standards for school mathematics*. Reston, VA: Author.
- Quintero, A. H. (1984). *Children's difficulties with two-step word problems*. Retrieved from ERIC database. (ED242535).
- Shulman, L. S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4–14. doi: 10.3102/0013189X015002004
- Shulman, L. S. (1987). Knowledge and teaching: Foundations of the new reform. *Harvard Educational Review*, 57(1), 1–22.
- Sweller, J. (1994). Cognitive load theory, learning difficulty, and instructional design. *Learning and Instruction*, 4(4), 295–312. doi: 10.1016/0959-4752(94)90003-5
- Taylor, R. (Ed.). (1986). *Professional development for teachers of mathematics: A handbook*. Reston, VA: National Council of Teachers of Mathematics.
- Tseng, C., Wang, W., Lin, Y., & Hung, P. (2002). Effects of computerized advance organizers on elementary school mathematics learning. In IEEE Computer Society (Ed.), *Proceedings of the International Conference on Computers in Education, ICCE 2002* (pp. 838–839). Retrieved from <http://www.computer.org/csdl/proceedings/icce/2002/1509/00/15090838.pdf>
- Tufte, E. R. (2003). *The cognitive style of PowerPoint*. Cheshire, CT: Graphics Press.

An Elementary School Teacher's Action Research on Developing PowerPoint (PPt) for Three-digit Addition/Subtraction Instruction

Chin-tsung WU & Shuk-kwan S. LEUNG

Abstract

This study reports the growth of Ms. Yu (a veteran elementary school teacher) with team support, through action research of the development and evaluation of PowerPoint (PPt) for three-digit addition/subtraction instruction. The participating team consisted of 5 other veteran teachers and 2 professors. The action researcher walked through cycles of three stages: (a) comprehension of curricular materials, (b) transformation into teaching, and (c) experimental teaching. Data collected included qualitative data (PPt, lesson plans, review comments of PPt, teaching and interview documents, reflections, minutes of meeting) and quantitative data (percentages of worksheet accuracy and students who liked the PPt instruction). Through team support and several action research cycles, Ms. Yu exhibited growth in the areas of “place value and algorithm revisions,” “addition/subtraction and scaffolding,” “providing line graphs in PPt,” and “inclusion of reminders for steps I and II in PPt.” The investigators also reported evidence of her growth in mathematics knowledge for teaching.

Keywords: addition/subtraction; professional development; technology integration; PowerPoint (PPt)