

# 因材網互動式學習模式融入數學學習扶助教學之研究

陳昱宏<sup>1</sup>, 鄭宇哲<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup> 臺北市立大學學習與媒材設計學系

<sup>2\*</sup> 桃園市大園區圳頭國小, ricky60604@gmail.com (通訊作者)

## 摘要

本研究旨在探討於國小六年級「分數」之數學學習扶助課程，融入因材網互動式學習模式教學，對學生的學習感受與學生學習成效之影響。由於國小高年級是建立抽象概念與複雜邏輯思考能力的階段，因此本研究之研究對象為桃園市某國小之 5 位數學學習扶助學生，教學內容包含國小五年級的分數乘除與六年級的分數兩步驟解題共 19 堂課。學生透過教師教學配合上機操作因材網的互動式學習模式，搭配數學學習態度問卷與分數單元前、後測，以探究學生使用因材網學習前後的差異，並搭配學生訪談，以深入瞭解互動式學習模式對學生的學習成效與學習感受之影響。本研究的發現如下：一、因材網互動式學習模式對學習扶助生的數學學習成效無顯著影響；但學習提示中以圖片及影音教學對學生的幫助最大；二、搭配因材網互動式學習模式，有助於改變學習扶助生在學習分數概念的學習習性。

**關鍵詞：**因材網、互動式學習、學習感受、學習成效

## A Study on Integrating Interactive Learning Mode of Adaptive Learning into Math Remedial Instruction

Yu-Horng Chen<sup>1</sup>, Yu-Che Cheng<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup> Department of Learning and Materials Design, University of Taipei.

<sup>2\*</sup> Zun-Tou Elementary School, Taoyuan City, ricky60604@gmail.com (corresponding author)

### ABSTRACT

The purpose of this study is to investigate the effect of the application of the interactive learning based on the Adaptive Learning on the mathematics remedial teaching of 'fractions' in grade six to support their learning perception and learning outcome. The participants of this study are five pupils from one of the elementary schools in Taoyuan City. The teaching activities of this research include nineteen lessons about the fifth-grade fraction multiplication and division and the sixth-grade fraction two-step problem solving. The Mathematics Learning Attitude Questionnaire, pre-test, learning process and screen recording, post-test and interview are collected and record in order to investigate the pupils' learning process. The findings of this study are as follows: (1) The video and picture learning tips in the interactive learning mode of Adaptive Learning could help the pupils to improve their learning outcome. (2) The interaction and learning tips provided in interactive learning mode of Adaptive Learning affect student learning habits and increase their learning outcome slightly.

**Keywords:** Adaptive Learning, interactive learning, learning perception, learning outcome

### 1 研究背景

科技的進步改變生活型態，生活型態的改變亦調和出新興人類的社會文化與觀念。當代的學生自有記憶以來，就與高科技產品有深度的連結，耳濡目染下智慧型產品成了生活「理

所當然」的一環，顯著的喜好與生活型態差異。由於 COVID-19 的爆發，科技化教學在短時間裡普及，並朝向高頻率使用的高峰，讓教室的生態出現前所未有的改變。這種變化讓教師們見到了學生不同的一面，也許是好奇心使然，抑或是媒材生活化的貼近，原本本學習動

機低落、課堂參與度低落的孩子，開始嶄露頭角、發出閃耀的光芒。

研究者過去的教學經驗裡，印象最深的是學習成就低落的孩子參加的學習扶助計畫，計畫為定期追蹤學校班級中國語、數學及英文學習成就未達標準的學生，進行追蹤測驗並於課後進行學習扶助教學。希冀能協助學習扶助學生提升其學習成就，針對未建立完整理解或未能在課堂中學會的知識及概念，提供另外的機會，讓學生能為層層堆疊、環環相扣的知識，打下良好的基礎，進而能跟上學習進度，而非教室裡的客人。針對低成就的孩子，學校透過「國民小學及國民中學學習扶助方案科技化評量 (PRIORI-tbt)」測驗結果，了解學生目前遇到的問題，讓教師能快速掌握學生目前欠缺的、沒學會的知識，希望能在有限的時間內改善學生學習問題。

考量資訊媒材的使用能提升學生學習動機，以及能及時解決學生遭遇的問題，研究者嘗試使用教育部正大力推動的因材網學習平臺。其中的互動式學習模式建置有數學題組，包含 AI 教師、AI 同儕能與學習者互動，藉由一來一往的對答，針對學生回答的癥結點作切入引導，給予提示後再讓學生回答。互動式學習模式中會有一位能與學生互動的 AI 教師提供相關建議，在學生回答錯誤時，結合資源整合、及時偵錯、給予提示 (如圖 1)。這樣的學習模式，有利於授課教師無法抽身立即處理學生遭遇困難的情形，延續學生持續學習與成長的機會。綜合以上，本研究希冀應用因材網互動式學習模式，實施高年級數學科學習扶助學生教學，以探究因材網的學習模式對學生學習時之學習感受與學習成效之影響。

老師想用彩帶佈置教室，一條彩帶長  $1\frac{2}{3}$  公尺，  
如果老師買了 5 條，請問共有多少公尺？  
(先列出你的算式)



圖 1. AI 教師引導解題步驟

## 1.1 研究目的

本研究藉由每學期國民小學及國民中學學習扶助方案科技化評量 (PRIORI-tbt) 篩選測驗，選出需進行學習扶助之六年級學生，以因材網互動式學習模式融入數學科學習扶助教學。同時，由於因材網互動式學習模式提供學生個別化學習路徑與互動回應的特點，給予

個別化的提示來引導學生。本研究欲探討上述特色是否可以減輕學習壓力與認知負荷？是否能讓學生有自己的思考時間完成數學學習？因此，本研究之研究目的如下：1. 探究因材網互動式學習模式對高年級數學學習扶助生學習成效之影響；2. 探究學生對因材網互動式學習模式之學習感受。

## 2 文獻探討

### 2.1 科技化媒材融入學習扶助

「教育優先區-學習輔導」與「攜手計畫-課後扶助」自 2013 年整合，並於 2019 年更名為「教育部國民及學前教育署補助辦理國民小學及國民中學學生學習扶助作業要點」(教育部, 2017)。學習扶助之精神為透過標準化評量系統進行學生篩選、追蹤與成長測驗，藉此篩選出國語文、數學、英語文三大領域之低學習成就學生，並及時提供其教育學習之相關資源與機會，以減少學力落差，藉此提升學生學習效能，並落實教育機會均等之社會公平正義。

進行數學學習扶助時，常會遇到學生素質差異大、有限時間內能改善的問題較少 (朱家儀、黃秀霜、陳惠萍, 2013)、數學關鍵能力認知發展本位之精熟模式尚未能充分檢驗 (洪碧霞、林素微, 2017)、缺乏高階認知學習的應用及缺乏互動參與 (陳麒、高台茜, 2019) 等問題。進行學習扶助之意義在落實教育機會均等 (equality educational opportunity)，運用不同的教學方式，輔導與協助學習進度落後、缺乏自信、學習動機低落之學生；但多數教師在規劃教學時，則會因教學時間有限、教育理念、依據學生差異設計教案等原因有所取捨。若教師於教學時僅使用單一或過於單一的教材，而教材和教學內容也未能吸引學生注意力或引起學習動機，將可能導致學生喪失興趣、無法建立穩固的知識基礎，進而影響日後學習與應用高階認知能力。

本研究使用因材網互動式學習模式作為融入學習扶助教學的工具，因其不同於傳統的紙本書寫練習，可依照知識深淺設計相關情境題，提供不同能力學習者脈絡化的學習內容。Mayer 等人 (2007) 也指出在設計學習內容時，若能加強其中重要的訊息，並減少顯示學習者不需要的訊息，將有效降低認知負荷、提高學習效果。學習扶助生的起點行為與能力不一，主導學習扶助教學的現場教師常難以弭平學生個別落差，同時實施有效教學。當低成就

學生遇到對低成就科目，學生原本就難以秉持好的專注力與耐心來應對問題，故教學現場時常要當下判斷實施「同時教學」或「個別指導」。

因材施教的互動式學習模式則能在學生遇到困難的當下，以 AI 教師與 AI 同儕的輔助引導，讓學生能進行自主學習，透過學生提出的答案，當下由因材施教給予回饋並引導學習，運用不同的學習提示，讓學生在來回修改答案的過程中學會數學概念。因材施教的互動式學習模式可以針對不同程度的學生，給予個別需要的時間，讓學生確實聚焦在自己的回答上，有效減少學生起點行為不一的情況，因此適合作為搭配高年級數學學習扶助教學之科技化媒材，以改善學生學習之態度與興趣。

## 2.2 數學學習困境

20 世紀心理學家皮亞傑的認知發展理論 (Cognitive-developmental theory)，認為兒童隨年齡增長，會以不同的方式來認識世界，建構所需的知識，解決問題與適應環境 (Lefa, 2014)。張春興 (1991) 指出兒童認知發展過程的四大核心：認知結構 (cognitive structure)、基模 (schema)、組織 (organization) 及適應 (adaptation)，透過接觸環境的過程不斷平衡與失衡，進而改變原有基模直到適應環境為止。根據皮亞傑的認知發展理論，可見對學童在 11 歲以上 (小學高年級階段)，才逐漸學會抽象思維及複雜的邏輯思考能力，並用於解決問題 (Inhelder & Piaget, 1958)。小學高年級學生剛好處於這個年齡，對抽象概念與邏輯思考仍在學習與成長中，因此當遇到分數、未知數等抽象的數學概念，單純依靠反覆練習與嘗試，而沒有具體的操作或輔助，增進其對抽象概念的理解，將可能降低學生的學習意願。

Gardner (1999) 與十二年國教之願景之一：適性揚材的基本主張為：1. 每人都具備八種智能，但強弱因人而異；2. 智能可以教導與發展；3. 智能可以相互流通，但幾乎從未獨立運作；4. 每項智能有多種表現方式；5. 智能不能只透過一種智能媒介充分發展或精確評估 (張新仁, 2003)。學生個別具備不同的優勢智能與弱勢智能，且無法以單一的測驗或媒介來評估學生的智能發展，而傳統的紙筆測驗與紙筆練習方式，僅能測得或訓練學生的部分智能。因此本研究嘗試以因材施教互動式教學模式，藉由互動式學習的方式，依照學生不同學習程度給予提示，逐步深化學生的學習理解。

劉玉玲、薛岳 (2013) 指出自我概念較之數學學習策略對學業成就的影響更高，並提出在引導孩童學習數學時，應先提高他們對數學的自信，再教導數學學習策略。落後於其他學生的孩童，可能因為自我期許較低，進而延伸出無力感，也成為日後數學低成就、低動機的原因。因此學生在學習態度的差異，則影響日後學習時不同的學習動機與學習持續性。20 世紀後期，情境認知 (Brown et al., 1989) 開始被重視，認為學習知識應有社會脈絡，當教學場域提供的環境有限，可以藉由轉換場地或科技工具的配合，營造適合學習者的學習情境，透過改善學生參與感與環境互動的結合，提升學習者建構知識的可能。游自達 (2019) 指出透過深度的學習，有助於學習者覺察問題，進一步探究問題，並針對問題選擇適合的策略及進行相應之調整，而素養導向教學也應適時提供適合的學習鷹架策略，引導學生能自主思考、探究、理解知識後，再提出更深入的問題。結合知識結構與學習的情境與歷程，逐步引導學生、提升學習任務的難度與複雜度，以深化學生之學習。

John Sweller 認為較沉重的認知負荷 (Cognitive Load) 會對學習複雜教材、解決困難問題造成負面影響，每個人的負荷程度不同，但對學童及老年人則容易產生較高的認知負荷；因此若未能顧及學生的認知負荷狀況，當教學提供的訊息量高於學生之工作記憶負荷量，會導致其學習效能下降 (Sweller, 1988 & 2010)。涂金堂 (2012) 亦指出若能瞭解大腦處理訊息之認知架構 (cognitive architecture)，教學者方能設計出符合學習者認知負荷的教材與學習活動。綜上所述，教育現場運用的學習教材，其難度對低學習能力者與學習進度落後者顯得較難，若教師沒有因學生學習需求調整其教學步調或調整教材，可能造成教學效果降低，也讓學生感到挫折 (Dahloff, 1971; Lawrence-Brown, 2004; Oakes, 1985; Tomlinson et al., 2003)。

由於學習扶助學生對題目中的資訊整合與汲取有較大的困難，且容易放棄、挫折，若要求學生自行學習，則成效容易不彰。學習扶助生在數學學習上，不同的單元有不一樣的困難點需要學生克服，但其共通性為對於單一、重複性質的事物容易感到厭倦、乏力，故需要在學習時有人能陪伴或在其受挫時給予鼓勵與提示，讓其有足夠動力能繼續學習。運用多元的手法與媒材便有機會能達到此效果。

## 2.3 分數之學習

De Lange (2006) 繪製出數學素養結構樹狀圖(如圖 2)，從中可得知建構學生數學素養的基礎關鍵能力之一即為數與量的概念。教育部在九年一貫課綱數學領域的第三階段(五、六年級)的 25 個能力指標中，有 8 個和分數有關(教育部，2008)，可見數與量(N)的數學概念在小學學習階段中佔比很高。延伸至十二年國民基本教育的推行，從學習內容及分年雙向細目表中，也能清楚看到小學每個年級，都明確規劃了數與量的課題，而數與量的主題也超過另外三個種類：空間與形狀(S)、關係(R)、資料與不確定性(D)(教育部，2018)。由此可見數與量概念是部定國小學階段的重要課題，也是學習數學的重要基礎。

過去九年一貫課程綱要(教育部，2008)就指出，學生於國小畢業前要能精熟分數及四則運算，而在十二年國教新課綱(教育部，2018)實施後，學習分數基本概念的階段，也從小學三年級上學期，提早到小學二年級下學期(見表 1)，可見分數的抽象概念，需要學生提早學習，用更多時間建構。在所有的學習科目中，數學領域的學習概念有其獨有的前後連貫、相互影響的性質，若能在學習之初打下良好基礎，對日後的學習必有助益。

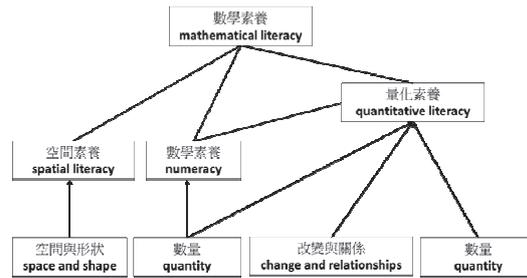


圖 2. De Lange 的數學素養結構圖

資料來源: De Lange, J. (2006). Mathematical literacy for living from OECD-PISA perspective. *Tsukuba Journal of Educational Study in Mathematics*, 25, 15.

相關研究(呂玉琴，1991；楊瑞智，2000；Behr, Wachsmuth, Post & Lesh, 1984)指出，學生在解題時經常逃避使用分數，主因是學習分數概念時，對整數的想法干擾分數的學習。另外，分數的多重意義讓學生在學習過程更容易產生混淆；如同 Dickson, Brown 與 Gibson (1984) 的研究指出，分數具有五種不同的意義：1. 用分數表示一個單位區域的子區域占有的量；2. 用分數表示離散物件組成的一集合中的子集合；3. 用分數表示數線上的點；4. 用分數做為除法運算的結果；5. 用分數表示兩集合或兩測量值之間大小比較的一種方法。

表 1. 十二年國教數學課綱小學各階段分數學習表現與學習內容

編碼	學習階段	學習表現	學習內容
n-I-6	一	認識單位分數	從等分配的活動(如摺紙)認識單部分為全部的「幾分之一」。知道日常語言「的一半」、「的二分之一」、「的四分之一」的溝通意義。在已等分割之格圖中，能說明一格為全部的「幾分之一」。
n-II-6	二	理解同分母分數的加、減、整數倍的意義、計算與應用。認識等值分數的意義，並應用於認識簡單異分母分數之比較與加減的意義	結合操作活動與整數經驗。簡單同分母分數比較、加、減的意義。牽涉之分數與運算結果皆不超過 2。以單位分數之點數為基礎，連結整數之比較、加、減。知道「和等於 1」的意義。
n-II-8	二	能在數線標示整數分數小數做比較與加減，理解整數、分數、小數都是數	認識數線，含報讀與標示。連結數序、長度、尺的經驗，理解在數線上做比較、加、減的意義。
n-III-4	三	理解約分、擴分、通分的意義，並應用於異分母分數的加減	用約分、擴分處理等值分數並做比較。用通分做異分母分數的加減。
n-III-5	三	理解整數相除的分數表示的意義	從分裝(測量)和平分的觀點，分別說明整數相除為分數之意義與合理性。
n-III-6	三	理解分數乘法和除法的意義、計算與應用	分數除以整數的意義。最後將問題轉化為乘以單位分數。

資料來源：教育部(2018)

同時也有研究(李國家、劉曼麗，2012；方文邦、劉曼麗，2013；劉祥通、周立勳，2001；李源順，2015；Taber，2007)指出，學生學習分數時常出現的迷思概念為：1. 受分子或分母影響作答與理解；2. 錯認單位量；3. 分

數的數值影響計算過程與結果。詹婉華、呂玉琴(2004)亦指出，學習等值分數時，學生若缺乏單位形成能力(unitize ability)、組合能力(assembly ability)、彈性思考能力(flexible thinking ability)、運作思考能力(operative thinking ability)之一，學童就會在學習等值

分數上遇到無法正確轉換、建立基礎概念的困難。

綜合上述，分數具備不同意義與多變的特性，教師在教學上若無法適切運用各種教材、教學法或學習輔助，讓學生持續保持學習興趣，並習得完整的概念，學生在未來面對分數問題多樣的呈現方式，將可能產生學習障礙或困擾。而張再明與陳政見（1998）指出應用多媒體的輔助，能透過生動的影像與聲音刺激人類多重感官，藉此引起學生的注意力、提高學習興趣，同時可以配合學生的程度進行適性學習。故本研究希望藉由因材網的互動式學習模式融入學習扶助教學，提供學生高年級分數一題一概念的學習方式，減少學生在理解分數概念上的混淆情況，進一步對低成就學生提供不同的學習提示作為學習刺激，以 AI 教師、AI 同儕的即時互動問答與適當提示，協助學生學習並聚焦學習重點。

### 3 研究設計與方法

#### 3.1 研究設計

本研究的研究對象為學習扶助學生，學生人數有限，因此採個案研究。在實施因材網互動式學習模式教學前，先透過數學分數前測試卷及數學態度問卷，測試五位研究對象之分數概念程度，以及對分數的學習態度。隨後進行因材網互動式學習模式融入高年級數學學習扶助教學（如圖 3），藉由 AI 教師及 AI 同儕針對分數乘除及分數兩步驟解題，進行學生的個別化引導（如圖 4、5）。再透過數學分數後測試卷及數學學習態度問卷，比較學生學習動機與態度之前後差異。學生操作因材網期間，同時側錄及觀察五位個案學生的操作過程、紀錄學習行為。教學實驗期程為 19 次的因材網互動式學習模式上機學習，配合教師適時提供協助與在旁觀察，每次時間為課後 40 分鐘（共 760 分鐘），為期 2 個月，教學地點為該國小之電腦教室。

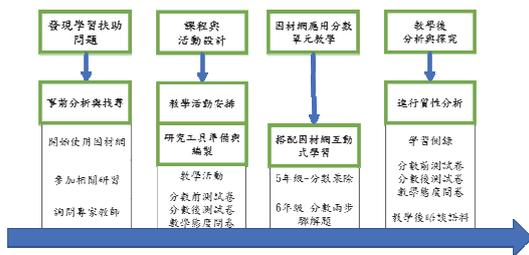


圖 3. 教學流程

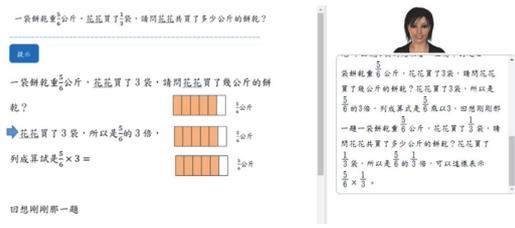


圖 4. AI 教師口頭與文字引導並圖示解題步驟

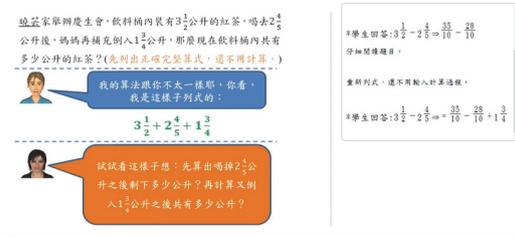


圖 5. AI 同儕提出想法與提供建議

### 3.2 研究對象

本研究之桃園市某公立國民小學，為一所小型學校，全校七班，總學生數不滿百人，需學習扶助之學生為五、六年級併班教學。本研究依據校內高年級數學學習扶助教學之規範，從高年級（五、六年級）中，篩選出需要學習扶助教學之六年級生為研究對象。研究對象與其數學分數的學習狀況，如表 2 所示。

研究對象在學習分數概念時，缺乏的主要觀念為異分母的比較與加減乘除，在計算後解決生活中問題的統整情境題之理解與計算皆尚未熟練，仍有進步空間。同時，透過學校於 2021 年 5 月施測的科技化評量篩選測驗（主要測驗五年級分數概念），可以發現雖然研究對象已經升上六年級，但對分數概念仍一知半解。而學校於 2021 年 12 月施測的成長測驗（針對六年級上學期所學的數學學習概念施測），則能夠發現超過半數的研究對象之分數概念，在深化學習與概念應用上，呈現退步現象。透過上述兩項測驗結果，評估研究對象需要進行學習扶助教學，重塑並強化分數概念。

### 3.3 研究工具

本研究使用之研究工具，第一部分為研究者由國民小學及國民中學學習扶助方案科技化評量（PRIORI-tbt）歷屆試題，考量本研究的研究對象為高年級的學習扶助生，因此擷取出與高年級分數相關之試題，並加入中年級分數基底概念相關試題，再邀集三位數學領域專家及資深數學教師進行兩次的題意、內容描述及選項設計的分析討論和編修，以確認研究者

篩選出之試題，是否涵蓋欲測驗之分數概念，同時考量學生的認知負荷，因此刪除內容敘述冗長的試題，且將題數訂在 20 題，最終產生本研究使用之前測及後測試卷，以檢核學生分數學習之學習成效。

第二部分為參考洪健益 (2013) 設計之數

學學習態度量表，修改為本研究之數學學習態度量表，採用李克特氏四點量表，共有 20 題 (見表 3)，分成「自我概念」、「學習慾望」、「學習習性」三大項度，各項度之 Cronbach's  $\alpha$  係數分別為 .757、.714 及 .809，具有良好穩定性與一致性，以探究學生之學習態度與學習感受。

表 2. 研究對象分數學習狀況

編號	性別	篩選測驗 答錯題數	成長測驗 答錯題數	分數 需補強概念
S1	男	2/4	2/4	1. 能用通分作簡單異分母分數的比較與加減 2. 能將分數標記在數線上。
S2	女	2/4	3/4	1. 能用通分作簡單異分母分數的比較與加減 2. 理解分數乘法的意義，熟練計算，解決生活問題。 3. 能理解除數為整數的分數除法意義，解決生活問題。
S3	女	3/4	2/4	1. 能用通分作簡單異分母分數的比較與加減 2. 理解分數乘法的意義，熟練計算，解決生活問題。 3. 能理解除數為整數的分數除法意義，解決生活問題。
S4	女	3/4	1/4	1. 能用通分作簡單異分母分數的比較與加減 2. 理解分數乘法的意義，熟練計算，解決生活問題。 3. 能將分數標記在數線上。
S5	女	3/4	2/4	1. 能用通分作簡單異分母分數的比較與加減 2. 理解分數乘法的意義，熟練計算，解決生活問題。 3. 能理解除數為整數的分數除法意義，解決生活問題。

資料來源：研究者整理

表 3. 數學學習態度問卷題目設計層面及內容

層面	題目內容
自我 概念 (7)	只要我努力，就可以得到不錯的數學成績。
	我比他人更快把數學觀念搞清楚。
	我覺得我很適合念數學這一科。
	我對自己的數學成績感到滿意。
	我覺得自己很認真在念數學。
學習 慾望 (6)	我覺得數學是一門實用的科目，對以後的生活很有幫助。
	我對數學感到很有興趣。
	我會把老師講解的數學觀念和題目抄下來。
	我平常會自動自發地研讀數學，不需要別人督促我。
	我會複習學校當天數學課教的課程內容。
學習 習性 (7)	遇到解不出來的數學題目，我會請教老師或其他人。
	念數學時遇到不懂的地方，我會反覆多思考幾遍。
	我會去訂正數學科的作業和考卷上的錯誤。
	不論我喜不喜歡數學科，我都會盡力爭取好成績。
	放學後，我會安排固定的時間念數學。
每次考數學我都會設定想要考到的分數。	
已經安排好該念數學的時間裡，我就一定會念數學。	
每次考完數學，我都會檢討我的學習成效。	
算數學時，我會專心一致，心無旁騖。	
我每天都會念數學。	

資料來源：研究者整理

第三部分為半結構訪談，訪談五位學生學習後之感受，藉此了解學生的學習狀況與學習感受變化，深入了解因材網互動式學習模式對學生學習的影響或幫助為何，並交叉驗證其他

研究工具獲得的結果。第四部份為上機操作的紀錄資料，因為無法取得因材網的後台數據供研究分析，因此以 ipad 紀錄學生的操作與學習行為，同時以螢幕錄影軟體 ActivePresenter

v7.5.5 紀錄，藉此觀察、檢視學生學習狀況，並對照訪談資料進行分析。本研究之研究工具與使用時機，整理如表 4。

表 4. 研究工具使用時機

研究工具	使用時機
數學學習態度問卷	操作因材網互動式學習前後
分數前測試卷	操作因材網互動式學習前
分數後測試卷	操作因材網互動式學習後
半結構訪談	操作因材網互動式學習後
ipad	操作因材網互動式學習模式過程
ActivePresenter v7.5.5	操作因材網互動式學習模式過程

資料來源：研究者整理

## 4 研究結果與討論

### 4.1 學習前表現

以學生在分數前測試卷之表現狀況(答對試題得 1 分，答錯得 0 分)，可以發現平均答對得分為 2.7 分，標準差為 1.3803 (見表 5)，顯示學生過半數都具備四、五年級的基本分數概念；但從學生答對總題數來看，可以看到學生個別的先備知識差異極大。

表 5. 分數前、後測試卷答題狀況比較表

學生 題號	S1		S2		S3		S4		S5		答對數	
	前	後	前	後	前	後	前	後	前	後	前	後
1	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	5	5
2	×	○	○	○	○	○	×	○	×	○	2	5
3	×	○	○	×	○	○	×	○	×	○	2	4
4	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	5	5
5	○	○	○	○	○	×	○	×	○	○	5	5
6	×	○	○	○	○	○	○	○	×	○	3	5
7	○	○	○	○	○	○	×	×	×	○	3	4
8	×	○	○	○	○	○	×	×	×	○	2	4
9	○	○	○	○	○	○	○	○	×	○	4	5
10	○	○	○	○	○	○	×	×	×	○	3	4
11	○	○	○	○	○	×	×	×	×	×	3	2
12	×	○	○	○	○	×	×	○	×	○	2	4
13	×	○	×	○	×	○	○	×	○	○	2	5
14	○	○	○	○	○	×	○	○	×	○	4	4
15	○	○	×	○	×	○	○	×	×	○	2	4
16	○	×	×	×	×	×	×	×	○	×	2	5
17	×	○	×	×	○	×	×	×	×	×	1	1
18	×	○	×	×	○	×	×	○	×	○	1	3
19	×	○	×	×	×	○	×	○	×	○	0	4
20	○	×	○	×	×	○	×	×	○	×	3	1
答對總題數	11→18		14→14		15→13		8→10		6→14			
進步題數	7		0		-2		2		8			
前測平均數	2.7											
前測標準差	1.380											
後測平均數	3.95											
後測標準差	1.276											

備註：○ 代表答對 × 代表答錯

資料來源：研究者整理

試卷內容之第 1、4、8、9 為四年級之分數概念，學生過半數具備等值分數的轉換、分數數線等四、五年級的基本概念(1、4、5、8、9)。而從第 6、7、10、11、20 (為五、六年級的分數乘除題型) 可以發現 S1、S2 及 S3 三位答對試題較多、分數概念相對較完備。第 2、3、8、12、13、15、16、17、18、19 (為

概念較困難且搭配文字說明之分數兩步驟計算，包含有餘數之分數除法、異分母分數大小比較及異分母分數乘除)題普遍出現答對率未過半，這些題目為高年級綜合過去習得之分數概念與題意理解的問題解決題型。其中包含題目不是非常困難的計算，僅就列式與過程上的判別與偵錯(如第 15 至 20 題)，同樣發生學

生難以分辨差異，而感到困惑並出現答題錯誤的情況。

以數學學習態度問卷前測之表現狀況(見表 6)，可以發現學生在學習態度平均得分趨近中間值為 2.56 分 (2.56 > 2.5)，也是學習扶助學生常見的現象；但即便如此，最高分學生與最低分學生的平均分數仍有 0.6 分的差距。而在學習態度三大面向之自我概念、學習慾望與學習習性上的平均得分為 2.6、2.53 及 2.54。

### 4.2 學習過程表現

因材網互動式學習模式會因不同學習者、不同的回答，產生相異的學習與操作過

程。本研究歸納所蒐集之紀錄，發現在互動過程中，因材網互動式學習模式提供三種主要的提示方式與影片教學。

1. 語音提示的輔助與問題：起初每位學生因為新奇的教學方式，顯得格外專心，但對自己正在閱讀文字提示時，同時出現的 AI 同儕說話的聲音，有學生認為是一種學習干擾，反而無法專心 (S1：老師她說的我有時候聽都沒聽懂就過去了。S4：就題目看不懂啊！小嘉好吵，我又不會他還一直吵。)；亦有學生表示 AI 教師與 AI 同儕呈現的風格與當天上課情緒的交叉影響，聽語音說話讓個案覺得很累 (S4：好累喔今天！想到等等又要聽他們講話更累了！...很難懂啊！但我其實也沒有太認真聽，因為我很累！)。

表 6. 數學學習態度量表前、後測比較表

學生	S1		S2		S3		S4		S5		前測 平均 得分	後測 平均 得分	前、後測 各題平均 得分差異	向度前 後平均 差異	
	前	後	前	後	前	後	前	後	前	後					
自我概念	1	3	3	2	2	3	3	3	3	3	3	2.8	2.8	0	-0.15
	2	2	2	2	2	3	2	3	3	3	3	2.6	2.4	-0.2	
	3	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	2.2	2.2	0	
	4	3	2	2	2	2	2	3	3	1	1	2.2	2	-0.2	
	5	3	2	1	2	3	2	3	3	3	3	2.6	2.4	-0.2	
	6	3	2	2	2	3	3	3	3	3	3	2.8	2.6	-0.2	
	7	3	3	3	2	3	3	3	3	3	3	3.0	2.8	0.2	
學習慾望	8	2	2	2	2	2	1	3	2	2	3	2.2	2	-0.2	0
	9	3	3	3	2	3	3	2	3	2	3	2.6	2.8	0.2	
	10	2	2	2	2	3	2	3	3	3	3	2.6	2.4	-0.2	
	11	2	2	2	2	3	3	2	3	3	2	2.4	2.4	0	
	12	3	3	3	2	3	3	3	3	3	3	3.0	2.8	-0.2	
	13	3	3	2	2	3	3	2	3	2	3	2.4	2.8	0.4	
學習習性	14	3	2	3	3	3	2	3	3	3	3	2.8	2.8	0	0.06
	15	2	2	2	2	2	3	3	2	1	3	2.0	2.4	0.4	
	16	3	3	2	2	3	2	3	3	3	3	2.8	2.6	-0.2	
	17	2	2	2	2	3	3	3	3	2	2	2.4	2.4	0	
	18	2	2	3	2	3	3	3	3	3	3	2.8	2.6	-0.2	
	19	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	2.6	2.6	0	
	20	3	3	2	2	3	3	3	3	1	3	2.4	2.8	0.4	
前測平均得分	2.55		2.2		2.8		2.75		2.5		2.56				
後測平均得分	2.35		2.05		2.6		2.85		2.8		2.53				
前、後測差異	-0.2		-0.15		-0.2		0.1		0.3		-0.03				

備註：數學學習態度作答 4：非常同意 3：同意 2：不同意 1：非常不同意  
資料來源：研究者整理

2. 文字提示的輔助與問題：系統給予文字提示的算式與關鍵引導語句，往往能讓學生再次提筆計算或嘗試再思考，但每個人留下印象或能協助其理解題意的學習提示不盡相同 (S2：比較喜歡文字的引導。因為比較習慣看紙本的考卷跟課本...有些算式不懂，但回答後還是會給正確的，我就能看懂。)；或是對於

文字每個學生的理解亦不相同，雖然文字能給予直接的引導，但學生能否看懂引導仍要從它對題目及分數的熟練來切入 (S1：老師這題我的算式明明對，但它還是叫我再試試看...用去 1 又 2 分之一公升的白油漆是用減還是加...喔！它是叫我檢查算式的意思喔！)。

3. 圖片提示的輔助與問題：像分數這種較為抽象的概念，在學生初遇學習困難時，獲得具體化的引導或操作，能有效協助理解相關概念，而在因材網互動式教學高年級分數單元中，不會一開始就給予學生具體的圖片提示；但在系統從學生回答錯誤率變高時，就會給予圖片提示來提升學生對算式與文字提示的理解。過半數學生在理解分數遇到瓶頸時，圖片提示提供最多協助，讓學生能理解題意及算式，且當學生無法將文字轉化成符號，或無法理解異分母分數的乘除意義時，圖片提示可達到較好的效果（S2：圖片比較喜歡，感覺比較清楚。文字敘述文字很難理解，所以有時候就直接跳過了。S4：老師或小嘉有時候會給我圖片的提示跟算式，我就能看懂為什麼要這樣算，但前面我會很想趕快跳過。S5：圖片提示，我覺得最能讓我馬上知道要怎麼回答，雖然有時還是會看不懂，但後面的教學影片我都有看完喔！雖然我每次看完都很久，但我覺得會因為看完可以知道這一題在講什麼！）。

4. 影片教學的輔助與問題：影片教學出現的目的是將題目從理解到計算都詳細呈現一次，讓前面經過文字、具體圖片，仍對分數概念掌握不全，導致答題仍有問題時，進行完整的影片推播。因為影片放在最後，學生在前面在思考題目、思考問題時，已經產生些許的學習困難，最後要再看影片學一次時，有時會因時間太長（3-5 分鐘），或因看不太懂而不想再看（S3：因為影片太長，不想看完它，有時候我會直接跳過。S4：我試著看過，通常沒有那麼懂，所以我就跳過了。）；亦有學生會努力看完，看完後對影片教學產生較高的評價，認為能增進對題目與概念的理解（S1：有，因為呈現出就是這次題目的解法，我都會看完，只是有的時間很長，我沒有特別專心看前面的介紹，因為題目我懂。S5：我很喜歡這次的學習，雖然我看很慢，且網路又常常當掉，但我還是有盡量跟小嘉互動跟看完影片，感覺考試有變簡單... 圖片提示，我覺得最能讓我馬上知道要怎麼回答，雖然有時還是會看不懂，但後面的教學影片我都有看完喔！雖然我每次看完都很久，但我覺得會因為看完可以知道這一題在講什麼！）。

綜上實驗觀察發現個案學生在進行因材網操作的過程，會因為基礎與先備知識差異，遭遇不同挫折。答錯時，系統給予提示的方式，不一定能符合個別學習者的需求，若提示方式與學生的偏好符合，學生則會有意願繼續學習。從螢幕錄影與側錄紀錄中，也可見高年級數學學習扶助生遇到學習較困難的單元

時，學生會選擇各自偏好的學習提示進行學習。而在前述的訪談紀錄中，也能發現因材網互動式學習模式給予的提示內容，若符合學生的學習需求，學生會投入更長時間、有耐心持續學習，也能在最後影片教學中，學會原本不會的分數概念。此結果符合 Dahllorf (1971)、Lawrence-Brown (2004)、Oakes (1985)、Tomlinson et al. (2003) 之研究：因應學生個別學習需求，調整教學步調、提供適當因應方式，能提升教學效果，減少學生的挫折感。並且也如同朱家儀、黃秀霜、陳惠萍 (2013) 之研究結論，由於學習扶助生素質的差異大，因此透過解題提點、多元的師生互動方式，能讓學生願意持續投入學習。

### 4.3 學習後表現

學生學習前、後使用因材網互動式學習模式學習高年級分數概念之學習成效，雖然同為學習扶助學生，但普遍來說學生於分數學習之成效上從答題數來看出現進步居多。為求分析精確，再以無母數 Wilcoxon 符號等級檢定進行考驗，其學習扶助前後之結果如表 7 所示， $Z = -1.289$ ,  $p = .197 > .05$ ，仍未達顯著水準，結果顯示因材網互動式學習模式對高年級數學學習扶助生改善學習之成效未達顯著進步。

表 7. 前、後測成績無母數 Wilcoxon 符號等級檢定

Z	自由度	顯著性 (雙尾)
-1.289	4	.197

資料來源：研究者整理

雖結果顯示學習成效未達顯著提升，但從學生的分數前、後測比較（見表 5），從答錯題號分析可以得知 S1、S4、S5 因為對分數概念不穩固，而 S2、S3 則是因為學習新知識尚未融會貫通，進而造成下一階段之學習問題。從分數前測答題狀況，可見原本分數概念基礎相對穩固有兩位學生（S2 與 S3），而剩下三位學生尚有缺漏或不足之概念，且從 15-20 題（六年級分數兩步驟與理解題意找出適合的答案），可發現學習扶助學生常見的問題：即便教過，但對學習過知識的理解不見得能達到熟稔。而在本研究融入因材網互動式學習模式的教學後，則能看到研究對象在原有的分數概念基礎上，強化基礎知識，多答對幾題。

從數學態度量表的前、後測比較（見表 6），從整體平均來看，研究對象在進行因材網互動式學習模式學習後，對數學感受的影響並沒有太大改變；但分為三大向度的前後平均分數比較，可發現學生整體在「自我概念」部分呈現降低的趨勢，而「學習慾望」呈現沒有

改變，而「學習習性」則呈現稍微上升。進一步檢視學習習性的問項細節，則可以看見學生自陳，未來將安排與規劃固定時間學習數學。顯示學生雖然對自己的分數概念沒有太多信心，但經過因材網互動式學習模式的教學，部分學生逐漸願意多花時間在思考與自主學習分數概念。在學生的個別訪談資料中，也能看到因材網互動式學習模式對研究對象的影響，由於學生個別的差異而有所不同。

綜上所述，因材網互動式學習模式的不同學習提示，對輔助學生學習的效果不盡相同；但其中確實有研究對象表示遇到分數概念或解題問題時，認為圖片提示能助其了解相關概念。因材網互動式學習模式的影片教學，位於教學的最後做為總結，因此經常被學生跳過；但教學過程中有看完影片的學生認為，影片教學能教會學生尚未釐清之分數問題。在分數單元的學習上，實施分數前測時，研究對象過半數無法理解的等值分數、真分數加減乘除、異分母的加減，以及部分的分數兩步驟理解與計算概念；而進行因材網互動式學習模式學習後，學生在前述的分數概念上有所改善。

學生的學習感受雖然因為因材網互動式學習模式操作的繁雜過程，也因為題意理解的個別差異問題，造成部分學生動機降低；但多數學生仍願意為了學好分數概念，願意花時間投入。多元媒材設計之狀況亦符合 Mayer 等人 (2007) 之研究結果，藉由提供符合學生個別需求之多媒體教材與提示，能降低外在認知負荷，提高學習效果。當學生專注於學習，配合多媒體的多元提示共同交互作用下，能幫助學習者逐步建構分數的概念。

## 5 結論與建議

### 5.1 結論

因材網互動式學習模式在學習扶助教學過程，可以針對不同學生的列式與作答，提供個別化、差異性的提示與引導，在相對易受挫折且學習專心度不佳的學習扶助生教學，讓學生能收到立即的回饋，且能依據提示與步驟，踏實地重複練習與思考教學概念。本研究之結論歸納如下：

1. 因材網互動式學習模式對高年級數學學習扶助生整體的學習成效無顯著影響；但在提供的學習提示中，以圖片提示及影音教學對學習扶助生的幫助最大

在本研究的教學輔導情境下，研究結果顯示因材網互動式學習模式無法顯著提升學生的學習成效；但也由訪談資料發現，對研究對象來說，圖像與影音媒材的提示相較於其他提示來得有效。學習扶助學生學習分數這樣抽象的概念時，有效的學習提示方式為提供具體化的視覺提示，輔助學生理解算式與題目內涵，同時讓學生有動量能持續做下去；但經過長時間學習後，才提供影音教學作為學習的結尾教學，反而會影響學習者的學習感受、降低學習成效。

2. 妥善規劃教學設計配合因材網互動式學習模式功能之運用，有助於改變學習扶助生在學習分數概念的學習習性

因材網的互動式學習模式能由 AI 教師、AI 同儕提供學生即時的教學回饋，讓學生能於學習時間內針對教學概念反覆思考與練習的機會。即便學生在學習過程中，仍存在個別的學習問題而影響其學習狀態；但由於互動式學習模式的 AI 教師、AI 同儕能提供確切的引導方向與即時和學生互動對話，因此在本研究的教學輔導情境中，能有助於改善學生的學習習性。根據學生個別的需求，透過 AI 教師、AI 同儕提供的提示，讓學生對學習數學的態度，轉變為安排與規劃時間學習數學。

由於學習扶助學生起點行為各有不同，就本研究之研究結果顯示，吸引學生注意力的媒材既非 AI 教師、AI 同儕的輔助，也非針對不同學生提供固定的提示方式，反而是能盡快協助學生解決當前遭遇問題的學習媒材或提示。總體而言，適合的學習提示對提升學習扶助學生分數概念之學習成就有正向的影響，除了強化其學習效能，也讓學生保持學習興趣、自主學習，故教師若能妥善運用因材網互動式學習模式，針對不同需求與偏好的學生，主動協助選擇並提供適合的學習提示，將有助於學生的學習發展。

### 5.2 建議

因材網互動式學習模式之學習成效的判斷，需要記錄相關數據資料供教學者檢核，但在教學時間、人手有限之現場情況，難以在多人、全班一致之狀況下實施，也違背互動式教學之個別化原則，故課程之融入有其操作上的限制。因此建議在多人、混齡之教學情境，應避免使用因材網互動式學習模式學習，避免造成學習反效果。

因材網互動式學習模式學習的操作過程中若閒置過久，畫面可能會無法跳轉，接著顯示後臺的程式碼，故在網頁與介面操作、執行穩定度上，仍有可進步空間。最後，考量教師在教學設計上的專業與規劃自由度，互動式學習模式未來能考慮納入教師在後臺編輯教學內容、教材的客製化功能，更能發揮教師專業，同時提供適合個別學生學習的教學內容。

## 參考文獻

方文邦、劉曼麗 (2013)。對國小四年級數學低成就學童在分數學習的迷思概念／錯誤類型與其成因之探討。**科學教育月刊**，**358**，20-35。【Fang, W. P., & Liu, M. L. (2013). Investigating Fourth Grade Low-performing Students' Misconceptions of Fractions: The Cause of Error Patterns. *Science Education Monthly*, 358, 20-35. (in Chinese)】 DOI: 10.6216/SEM.201305\_(358).0002

朱家儀、黃秀霜、陳惠萍 (2013)。「攜手計畫課後扶助方案」補救教學方法之探究。**課程與教學季刊**，**16**(1)，93-114。【Chu, C. Y., Huang, H. S. & Chen, H. P. (2013). A Case Study of the Observation of Teaching Methods from 'After School Alternative Program'. *Curriculum & Instruction Quarterly*, 16(1), 93-114. (in Chinese)】 DOI: 10.6384/CIQ.201301\_16(1).0004

呂玉琴 (1991)。分數概念：文獻探討。**臺北師範學報**，**4**，573-606。【Leu, Y. C. (1991). Fraction Concepts: Literature Review. *Journal of Taiwan Provincial Taipei Teachers College*, 4, 573-606.】

李國家、劉曼麗 (2012)。探討國小五年級數學低成就學生在分數部分的迷思概念—以異分母分數的比較與加減為例。**科學教育月刊**，**354**，30-43。【Lee, K. C., & Liu, M. L. (2012). Investigating Fifth Grade Low-Performance Students' Misconceptions of Fractions: The Case of Comparison and Addition of Fractions with Unlike Denominators. *Science Education Monthly*, 354, 30-43. (in Chinese)】 DOI: 10.6216/SEM.201211\_(354).0003

李源順 (2015)。國小學生了解分數、小數乘除問題的多元途徑。**國教新知**，**62**(3)，3-11。【Lee, Y. S. (2015). The Multi-Approach Learning of Fraction and Decimal Integer Multiplication and Division for Primary Students. *The Elementary Education Journal*, 62(3), 3-11. (in Chinese)】 DOI:

10.6701/TEEJ.201509\_62(3).0001

涂金堂 (2012)。應用認知負荷理論的數學解題教學實驗。**屏東教育大學學報-教育類**，**38**，227-256。【Tu, C. T. (2012). The Application of Cognitive Load Theory to Mathematical Problem-Solving Instruction. *Journal of National Pingtung University Education*, 38, 227-256. (in Chinese)】 Retrieved from <https://tpl.ncl.edu.tw/NclService/JournalContentDetail?SysId=A12023939>

洪健益 (2013)。**國小中高年級生數學科學習態度與學習成就之相關研究**(未出版之碩士論文)。國立臺中教育大學，臺中市。【Hung, C. Y. (2013). *The Relationship between Learning Attitudes and Learning Achievement of Fourth, Fifth and Sixth Graders in Mathematics* (Unpublished Master's Thesis). National Taichung University of Education, Taichung. (in Chinese)】 Retrieved from <https://hdl.handle.net/11296/sg4926>

洪碧霞、林素微 (2017)。認知本位電腦化學習評量系統的應用效益與拓展方向：以攜手計畫課後扶助方案科技化評量系統為例。**測驗學刊**，**64**(4)，313-339。【Hung, P. H., & Lin, S. W. (2017). A Computerized Cognitively Based Learning Assessment System for the Students of After School Alternative Program of Taiwan. *Psychological Testing*, 64(4), 313-339. (in Chinese)】 Retrieved from <https://tpl.ncl.edu.tw/NclService/JournalContentDetail?SysId=A18002741>

張再明、陳政見 (1998)。特殊教育實施電腦輔助教學之相關問題探討。**嘉義師院學報**，**12**，73-93。【Chang, T. M., & Chen, C. C. (1998). Some Issues in Implementing Computer Assisted Instruction in Special Education. *Jiayi Shiyuan Xuebao*, 12, 73-93. (in Chinese)】 Retrieved from <https://tpl.ncl.edu.tw/NclService/JournalContentDetail?SysId=A98026308>

張春興 (1991)。**現代心理學**。臺北市：臺灣東華。【Chang, C. H. (1991). *Modern Psychology*. Taipei: Tunghua (in Chinese)】 ISBN/9576363799

張新仁 (2003)。**學習與教學新趨勢**。臺北市：心理。【Chang, S. J. (2003). *Learning and Instruction Xinqushi*. Taipei: Psychological Publishing (in Chinese)】 ISBN/9577025730

教育部 (2008)。九年一貫數學學習領域課程綱要。臺北市：教育部。【Ministry of Education (2008). *Grade 1-9 Curriculum Guidelines: The Domain of Mathematics*. Taipei: Ministry of Education. (in Chinese)】 Retrieved from <https://cirn.moe.edu.tw/WebContent/index.aspx?sid=9&mid=248>

教育部 (2017)。教育部國民及學前教育署補助辦理國民小學及國民中學學生學習扶助作業注意事項。臺北市：教育部。【Ministry of Education (2017). *K-12 Education Administration, Ministry of Education Project for Implementation of Remedial Instruction Zuoye Zhuyi Shixiang*. Taipei: Ministry of Education. (in Chinese)】 Retrieved from <https://edu.law.moe.gov.tw/LawContent.aspx?id=GL001664>

教育部 (2018)。十二年國民基本教育數學領域課程綱要。臺北市：教育部。【Ministry of Education (2018). *Curriculum Guidelines for the 12-Year Basic Education: The Domain of Mathematics*. Taipei: Ministry of Education. (in Chinese)】 Retrieved from <https://cirn.moe.edu.tw/WebContent/index.aspx?sid=11&mid=6349>

陳麒、高台茜 (2019)。翻轉教學應用於偏鄉網路課輔國小高年級數學之成效。《當代教育研究季刊》，27(2)，1-37。【Chen, Q., & Kao, T. C. (2019). Applying the Flipped Classroom Instructional Model to Rural Online Tutoring Program in Upper Elementary Mathematics. *Contemporary Educational Research Quarterly*, 27(2), 1-37. (in Chinese)】 DOI: 10.6151/CERQ.201906\_27(2).0001

游自達 (2019)。素養導向教學的實踐：深化學習的開展。《臺灣教育評論月刊》，8(10)，6-12。【Yiu, T. T. (2019). The Practice of Competency-Based Instruction: Development of Shen Hua Learning. *Taiwan Educational Review Monthly*, 8(10), 6-12. (in Chinese)】 Retrieved from <http://www.ater.org.tw/journal/article/8-10/topic/02.pdf>

楊瑞智 (2000)。探究師院生之分數基本概念及分數概念的課室教學。《臺北市立師範學院學報》，31，357-382。【Yang, R. T. (2000). Study of Student Teachers' Elementary Fraction Concept and Classroom Teaching of Fraction Concept. *Journal of Taipei Municipal Teachers College*, 31, 357-382. (in Chinese)】 Retrieved from

<https://tpl.ncl.edu.tw/NclService/JournalContentDetail?SysId=A00008100>

詹婉華、呂玉琴 (2004)。國小高年級學童分數概念量表之設計研究。《科學教育學刊》，12(2)，241-263。【Chan, W. H., & Leu, Y. C. (2004). The Design of 'The Rating Scale of Fraction for 5th and 6th Graders'. *Chinese Journal of Science Education*, 12(2), 241-263. (in Chinese)】 DOI: 10.6173/CJSE.2004.1202.05

劉玉玲、薛岳 (2013)。國中生數學學業自我概念及數學學習策略與數學學業成就之研究－自我提升模式觀點。《課程與教學季刊》，16(1)，179-208。【Liu, Y. L., & Hsueh, Y. (2013). The Effects of Mathematics Self-concept and Learning Strategies on Academic Achievement: A Self-Enhancement Model. *Curriculum & Instruction Quarterly*, 16(1), 179-208. (in Chinese)】 DOI: 10.6384/CIQ.201301\_16(1).0008

劉祥通、周立勳 (2001)。發展國小教師數學教學之佈題能力－以分數乘除法教學為例。《科學教育學刊》，9(1)，15-34。【Liu, S. T., & Chou, L. S. (2001). Developing Elementary School Teachers' Problem-Posing Abilities: Examples of Teaching Multiplication and Division of Fractional Numbers. *Chinese Journal of Science Education*, 9(1), 15-34. (in Chinese)】 DOI: 10.6173/CJSE.2001.0901.02

Behr, M., Wachsmuth, I., Post, T., & Lesh, R. (1984). Order and Equivalence of Rational Number: A Clinical Teaching Experiment. *Journal for Research in Mathematics Education*, 15(5), 323-341. DOI: 10.2307/748423

Brown, J. S., Collins, A. & Duguid, P. (1989). Situated Cognition and the Culture of Learning. *Educational Researcher*, 18(1), 32-42. DOI: 10.3102/0013189X018001032

Dahllof, U. (1971). *Ability Grouping, Content Validity, and Curriculum Process Analysis*. New York: Teachers College Press. DOI: 10.1016/0022-4405(71)90048-3

De Lange, J. (2006). Mathematical Literacy for Living from OECD-PISA Perspective. *Tsukuba Journal of Educational Study in Mathematics*, 25, 13-35. Retrieved from [https://www.criced.tsukuba.ac.jp/math/sympo\\_2006/lange.pdf](https://www.criced.tsukuba.ac.jp/math/sympo_2006/lange.pdf)

Dickson, L., Brown, M., & Gibson, O. (1984).

*Children Learning Mathematics: A Teacher's Guide to Recent Research*. Oxford: Alden Press. ISBN 978-0039104061

Gardner, H. (1999). *Intelligence Reframed : Multiple Intelligence for the 21st Century*. New York: Basic Books. ISBN 978-0465026111

Lawrence-Brown, D. (2004). Differentiated Instruction: Inclusive Strategies for Standards-based Learning that Benefit the Whole Class. *American Secondary Education*, 32(3), 34-62. Retrieved from <https://www.semanticscholar.org/paper/Differentiated-Instruction%3A-Inclusive-Strategies-Lawrence-Brown/4461039f277d9bfe3e0c489aabf6f55c6a687cf8>

Lefa B. (2014). The Piaget Theory of Cognitive Development: An Educational Implications. *Educational Psychology*, 1(9), 1-7. Retrieved from: [https://www.researchgate.net/publication/265916960\\_THE\\_PIAGET\\_THEORY\\_OF\\_COGNITIVE\\_DEVELOPMENT\\_AN\\_EDUCATIONAL\\_IMPLICATIONS](https://www.researchgate.net/publication/265916960_THE_PIAGET_THEORY_OF_COGNITIVE_DEVELOPMENT_AN_EDUCATIONAL_IMPLICATIONS)

Mayer, R. E., DeLeeuw, K. E., & Ayres, P. (2007). Creating Retroactive and Proactive Interference in Multimedia Learning. *Applied Cognitive Psychology*, 21(6), 795-809. DOI: 10.1002/acp.1350

Oakes, J. (1985). *Keeping Track: How Schools Structure Inequality*. New Haven: Yale University Press. ISBN 978-0300108309

Inhelder, B., & Piaget, J. (1958). *The Growth of Logical Thinking from Childhood to Adolescence*. New York: Basic Books. DOI: 10.1037/10034-000

Sweller, J. (1988). Cognitive Load during Problem Solving: Effects on Learning. *Cognitive Science*, 12, 257-285. DOI: 10.1016/0364-0213(88)90023-7

Sweller, J. (2010). Element Interactivity and Intrinsic, Extraneous, and Germane Cognitive Load. *Educational Psychology Review*, 22(2), 123-138. DOI: 10.1007/s10648-010-9128-5

Taber, S. B. (2007). Using Alice in Wonderland to Teach Multiplication of Fractions. *Mathematics Teaching in the Middle School*, 12(5), 244-250. DOI: 10.5951/MTMS.12.5.0244

Tomlinson, C. A., Brighton, C., Hertberg, H., Callahan, C. M., Moon, T. R., Brimijoin, K.,

Conover, L. A., & Reynolds, T. (2003). Differentiating Instruction in Response to Student Readiness, Interest, and Learning Profile in Academically Diverse Classrooms: A Review of Literature. *Journal for the Education of the Gifted*, 27(2-3), 119-145. DOI: 10.1177/016235320302700203

