Journal of Systems Thinking and Management
Vol. 4, No. 2, Feb. 2021, 35-63

以系統思考手法分析國中生數學學習動機與行為

曾清枝[1] 張添順[2]

中文摘要

本研究試圖導入系統思考法以全面分析台灣國中之高低分群學生在數學學習過程中數學學習行為與動機變化。在建構因果回饋關係的環路模式過程中，透過由具豐富教學經驗老師組成焦點團體會議以識別出影響學生數學學習之各種變數和因果關係，再以系統思考法工具中系統基模探索學生數學學習行為並建構具因果回饋關係的環路模式。研究結果數學表現低分群學生數學學習動機行為的大圖像係由基本學習增強環路與認知負載調節環路組合成引起學習動機的因果回饋圖，並加上動機下降調節環路和維持動機調節環路所組成。而高分群學生數學學習動機行為的大圖像則由個人學習增強環路與團體學習增強環路組合成引起學習動機的因果回饋圖，以及動機下降調節環路和維持動機增強環路所組成。在學生學習行為方面，以「捨本逐末」基模呈現學生數學學習追求速解行為的副作用。

關鍵字：學習動機，焦點團體，系統思考，因果回饋，系統基模

[1] 大葉大學企業管理系 教授 地址: 515 彰化縣大村鄉學府路 168 號
電話: 04-8511888 分機 3000 Email: cctseng@mail.dyu.edu.tw

[1] 臺北市立石牌國民中學 數學教師 地址: 112 台北市北投區石牌路一段 139 號
電話: 02-2822-4682 Email: sp284@spjh.tp.edu.tw

1. 前言

根據 2018 年 PISA (Programme for International Student Assessment) 學生能力國際評量計劃，在 72 個參與國家與地區中，台灣數學成績平均高達 531 分排名第 5，科學素養平均 516 分排名第 10，顯著高於 OECD 國家的平均 489、489 分。然而，我國數學教育有一個令人憂心的情勢，根據國際教育成就評鑑協會主持的「國際數學與科學成就趨 勢調查」，我國學生數學成就表現雖然良好，但在情意層面上，對學習表現持「不 喜歡」、「沒自信」和「認為不重要」的態度，普遍有「高成就、低興趣、低信心」的現象（李宜矯 & 林俊彥, 2019）。Kiemer, Gröschner, Pehmer, and Seidel (2015)指出在整個中學教育間，學生對 STEM 學科的興趣和動力已經大幅下降，而師生互動被稱為主要原因。

動機被認為是一個複雜的概念，與「學習意願」緊密相關，包括自尊、自我效能、努力、自我調節、控制源和目標取向(Harlen & Deakin Crick, 2003)。(Mastropieri & Scruggs, 2001) (Demoss, 2002)認為學生學習的過程，受到學校與上課的氛圍所影響。因此學生數學學習動機低落的原因常聚焦在教師的教學策略使用不當、過於傳統，缺乏創新。近年來，有許多文獻聚焦於老師在國中數學教學方式以提高學生學習動機和學習態度，如 GeoGebra 融入八年級三角形的全等單元（林怡瑄 & 黃建中, 2016），桌遊導入數學教學（李宜矯 & 林俊彥, 2019）等，上述文獻皆是希望學生從課堂上的客人變為主人，從被動學習轉為主動探索，建構起自我學習的能力，能從內心發展出自己求知慾，提升學習動機，翻轉目前台灣數學學習的問題。(McCown, Driscoll, & Roop, 1996)指出學生的學習動機是由非常複雜的心理因素構成的。他們認為學生的學習可能受到個人目標、信念、自我概念、環境、他人期望、社會價值等多種因素所影響。(Zimmerman & Risemberg, 1997)指出學生即使擁有相同學習環境，但學業成就卻可能因動機的不同而有所差異。

學習動機是一個複雜的總體概念，受學習者內部以及學習者的社會和自然環境中存在的一系列社會心理因素的影響 (Harlen & Deakin Crick, 2003)。數學學習動機是一個非線性結構型態，國中生在學習數學動機過程中會受到數個因素相互影響。國中學生數學之學習動機會因不同的特定情境和脈絡敏感性而發生變化。例如學生會因學習中教室氛圍、師生的互動、課程的設計、評量的結果等，促成學生情緒反應的產生，並影響學生對學習目標的設定。即在學習過程中，面對學習情境的不斷改變，其認知、情緒和學習目標之間會有動態的變化現象產生。在數學的教學活動中之動機變化，如何引發學生學習動機且讓動機可以持續而不下降？引起動機的方法在不同數學單元有各式各樣的教學方法，但問題是如何持續學生的學習動機，過去文獻似乎缺乏完整探討在數學學習活動中動機如何變化，以及如何維持學習動機與解決動機下降之研究。

系統思考是一種以宏觀角度分析影響因素之間的因果關係，而非傳統方法侷限在問題局部片段的分析方式(Senge & Sterman, 1992)。由於影響學生的學習動機的因素之間並非是簡單結構，透過系統思考似乎可解決這些問題。就知識所知，過去似乎沒有以系統思考分析學生學習動機之研究。學習動機是一種心智的複雜動態呈現，受內外因素影響。學習動機是需要自我努力與情境支持而維持調節，因此，透過系統思考可清楚看見複雜變化的學習動機背後微妙的結構。運用系統思考可對一個複雜動態系統有清晰的瞭解，有助於研究複雜的問題，如提高和維持學習動機。因此，本研究應用系統思考法研究國中生數學學習活動歷程中動機變化，應用系統思考工具系統基模建立因果回饋圖，完整探討國中生數學學習動機變化之背後複雜的因果關係。本研究首先藉由文獻回顧以了解在教學現場引起學生數學學習動機的因素，透過優良和資深的數學教師組成焦點團體以探索出動機持續的可能性與動機下降的關鍵。本研究將分別探討高低分群學生學習動機變化，低分群學生係由基本學習增強環路與認知負載調節環路組合成引起學習動機的因果回饋圖，加上動機下降調節環路和維持動機調節環路嵌合成低分群學生數學學習動機行為的大圖像；高分群學生係由個人學習增強環路與團體學習增強環路組合成引起學習動機的因果回饋圖，以及動機下降調節環路和維持動機增強環路嵌合成高分群學生數學學習動機行為的大圖像。在學生學習行為方面，以「捨本逐末」基模呈現學生數學學習追求速解行為的副作用。

本研究定義高分群學生為班上段考數學成績前三分之一的學生，低分群學生為班上段考數學成績後三分之一的學生。本研究成果之因果回饋圖將有助於國中數學教師重新調整認知，洞察學生學習行為背後結構問題，不再急於追求症狀解，而能真正尋求教育問題的根本槓桿解。本研究結果可分享給數學教學現場老師，運用在教學策略上；再者可強化老師的作用，以觸發學生學習動機，且使學生動機能持續而不下降，學習與同儕合作成為主動學習者。

2. 數學學習與動機

2.1 學習動機

自 1930 年代初以來，動機一直是教育心理學家感興趣的話題。過去研究以許多不同的方式定義了動機，但通常都認為動機的核心描述是為什麼一個人以極大的能量或頻率來選擇一個行動而不是另一個行動 (Touré-Tillery & Fishbach, 2014)。 例如，一個有動機的學生經常堅持面對挑戰性問題，全神貫注於身上的任務，並經常關注如何使事情變得更好而又不被其他活動分散注意力。由上述動機定義中，可以看到完整行為

過程以及需求的滿足和維持外在行為活動的持續性。

建構主義理論認為(Mintzes, Wandersee, & Novak, 1998)，學生在建構新知識中扮演著積極的角色。當學生認知到有價值的有意義的學習任務時，他們會以積極的學習策略積極地參與學習任務，以將其現有知識與新體驗相結合。當學生不了解學習任務的價值時，他們會使用表面學習策略（例如記憶）來學習(Pintrich & Schunk, 2002)。(Pintrich & Schunk, 2002)指出動機是鼓舞和維持目標導向活動的過程。(Pintrich, Marx, & Boyle, 1993)強調，學生的學習目標，科學學習的價值和自我效能在影響學生建構和重構其科學觀念方面扮演著重要角色。換句話說，當學生認為自己有能力，並且認為概念轉變任務值得參加，並且學習目標是可獲得能力時，那麼學生將願意持續不斷地努力並從事使概念轉變的工作。(Pintrich et al., 1993)在先前對科學學習的建構主義觀點中，將學生的自我效能感和他們對學習任務的意願添加進去。

關於動機理論和學生學習的研究(Pintrich & Schunk, 2002)顯示，自我效能感、個人對任務的目標、任務價值、和學習環境等主導著學生的學習動機。結合建構主義學習與動機理論，我們發現學生的自我效能、科學學習價值（或任務價值）、學生的學習策略、個人的學習目標、和學習環境是構成學生科學學習動機的重要動機因素。以下我們將更詳細地討論每個動機因素。

自我效能感是指個人對自己完成學習任務的能力的認知(Bandura, 1982)。當學生具有較高的自我效能時，他們相信自己有能力完成學習任務，無論任務是困難還是容易。數學學習價值是指學生是否可以感知自己從事的數學學習的價值。在數學課堂中，有許多獨特的特徵突顯了數學學習的價值，例如解決問題、科學探究、思考以及數學知識在學生日常生活中的相關性。個人對任務的目標是指學生為學習目標或成就目標而參加的學習任務(Brophy, 2013)。當學生有成就目標時，他們會內心會受到激勵，他們打算完成某些事情來滿足他們提高自身能力的先天需求(Deci & Ryan, 1991)，他們相信這種參與將有助於他們實現有價值的目標(Atkinson & Birch, 1978)。如果學生的任務目標是為了表現，他們會比其他同學更關心表現更好，並給老師留下深刻的印象(Pintrich & Schunk, 2002)。學習環境包括教師的教學策略，課堂活動以及可能影響個人學習動機的師生互動 (Pintrich & Schunk, 2002)。(Huang & Waxman, 1995)發現具有不同動機的學生對學習環境會有不同的看法。(Hanrahan, 1998)還指出，教師的教學和師生關係會影響學生的學習動機。

台灣國中學生數學學習活動中，激發學習動機與維持動機強度的探討相呼應，重視學習行為的完整歷程，全面性思索探究學生動機的動態變化，以對學生數學學習問

題整體運作的微妙特性，有完全的了解。在學習活動中，動機透過學生自我的信念、期望，自我實現需求而產生，老師的鼓勵、獎勵與回饋而強化，同學之間的互動支持學習而維持。所以動機在學習行為歷程中所扮演的角色是多面呈現，且其內涵亦是多元性的。

2.2 數學學習動機文獻

(Lee & Brophy, 1996)使用定性方法對科學學習中學生的動機模式進行分類，範圍從內在動機的學生到具有破壞性行為的學生。Erb（1996）發現高中生缺乏學習科學的動力是由於學生缺乏責任感、學生的自尊心低下、以及學生的家庭功能障礙。其他研究(Hynd, 2000; Lee & Brophy, 1996)確定了影響學生學習科學動機的因素，包括：學生對學科興趣以及他在班上的名次、學生對任務性質的理解、學生在科學理解的進度上之增進與否；以及學生在科學課中的總體目標和情感取向以及對科學理解的成就。除了學生自己的原因外，其他影響學生動機的因素還包括教師對學生學習的期望、教師回饋類型以及課程和社會目標(Çakmak, 2017; Nolen & Haladyna, 1989; Pintrich & Blumenfeld, 1985)。根據這些發現，學生的學習目標、自我效能、學習策略和對科學學習的知覺價值被確定為學生科學學習動機的重要領域。

由此可知精熟目標導向的學生重視學科的價值，明白學習的意義，用心學習教材，遭受挫折，仍會堅持到底，達到真正的學習目標；表現目標導向的學生重視別人的認同，注重得高分且不能接受錯誤和失敗，故避重就輕，無法達到真正的學習目標。但一般學生學習同時具有內外目標導向特質(程炳林，2002)，所以老師可以透過外在表現目標導向來誇獎學生，增強學生自信心，使其相信自己可以達到學習目標，提升學習的動機，延伸動機強度，願意持續努力，因而達到內在精熟目標導向，明瞭學習的真正意涵。

從學生觀點來看數學教學，更能貼近學生的需求，了解學生在數學課所面臨的學習問題。在這過程中，從而提供本研究探究如何激發學生數學學習動機？如何維持學生動機的強度而不下降？(江長民, 2015)針對各種數學學習活動安排不同的教師教學活動對應以提高國中學生學習數學興趣，經調查學生看法將數學學習活動分為下列十一大類：做數學作業、在數學課問問題、進行訂正(包含考試、作業、課堂練習…等)、跟同學討論數學、準備數學考試、上課聽講、閱讀數學內容、解題、思考、發言表達想法、寫數學時將步驟表達清楚。配合上述數學學習活動，在教師的教學安排上有「營造安全的學習環境」、「學習的可控性」、「滿足學生知的需求」、「善用評量的影

響力」、「教師的關懷與鼓勵」和「教師正向情緒的展現」等六個策略是有效提升國中學生數學學習動機。其中，提供具有難度挑戰性的任務、考試得高分的方法、被尊重與認同的環境、滿足知的需求等高認知負荷相關的教學安排，較能提升高分群學生數學學習動機；提供認知支持、教師關懷、安全的學習環境、老師給予鼓勵、獎勵等教學安排的概念，有助於提升低分群學生數學學習動機。

3. 系統思考

系統思考提供了一種新思考方式來理解和管理複雜的問題，無論這些問題是在本地環境中還是在全球範圍內都有經驗(Cabrera, Colosi, & Lobdell, 2008)。系統思考分析已經被成功應用在自然資源管理(Ison, Maiteny, & Carr, 1997)，環境衝突管理(Elias, 2008)，社區發展（Midgley 和 Ochoa）等各個領域。 與教育相關文獻有(Bierema, 2003) (Boersma, Waarlo, & Klaassen, 2011) (Dunnion & O'Donovan, 2014) (Furst-Bowe, 2011) (Hung, 2008)（Hung，2008）(Mahaffy, Krief, Hopf, Mehta, & Matlin, 2018) (Minarik, Thornton, & Perreault, 2003) (Park & Lee, 2014) (Saxton et al., 2014) (Thornton, Peltier, & Perreault, 2004) (Vo, Chae, & Olson, 2006)。

系統思考有兩項語言工具技術協助分析問題：

1. 因果回饋圖(causal loop diagrams)，以因果互動關係鏈的型式來描述系統。三個基本元件：(1)不斷增強的正回饋環路(reinforcing feedback)，其影響力可能正面良性循環的也可能是負面惡性循環的，例如：肯定學生，其學習動機愈強；輕忽學生，其學習動機愈弱。(2)反覆調節的負回饋環路(balancing feedback)，一個調節的系統會自我修正，以維持某些目標。故不斷自我調節現狀，使之朝向變動目標發展。例如：學生讀書太累，效率不佳，就會休息，才能繼續學習。(3)時間滯延(time delay) ，在所有回饋過程中，行動與結果之間有時間差距，但此種滯延效果卻因不易被察覺，而造成企圖改善的行動矯枉過正，導致超過原訂目標(Senge, 2006)。例如：淋浴時，調整水溫的過程，受時間滯延影響，產生的反覆行為。
2. 系統基模(systems archetypes)是系統動力研究者針對各類系統研究，歸納出系統出現週而復始之行為現象，及其背後隱藏共通的結構型態，雖非全然涵蓋動態性複雜課題，但已具備相當的包容性。「系統基模揭示在管理複雜現象背後的規律結構型態，當我們學會辨識更多的基模，在面對問題挑戰時，就可以洞察更多隱藏結構中的解決之道，並能更清楚地解釋系統法則，使系統基模成為思考的一部份，重新調整我們的認知，系統思考才能發揮功效，使我們更能看透結構的運作，和看到結構中的平衡槓桿點」(Senge, 2006)。(Wolstenholme, 2003)認為系統基模提供我們洞悉系統的

根本，它是由少數簡單的結構用來揭示社會中一再發生的相關現象，能提供我們整體全面性思考的洞察力。所有系統基模都是由增強環路、調節環路與時間滯延等三種系統思考的基本元件所組成。因此，幾個系統基模可組成因果回饋圖。

在過去學習動機領域的文獻缺乏整合性去觀察分析完整學習活動歷程中動機變化，多以量化統計結果，論述方式描述各變數之間的相關和因果關係，缺乏全面性探討。本研究試圖從整體性的觀點來探究國中生在數學學習活動中數學學習動機的問題，了解系統中影響學習動機因素之間的因果關係，找到問題的切入點。教學活動歷程是一個整體樣貌為動態行為，因此本研究試圖導入系統思考以探討國中學生數學學習活動中動機變化之因果關係與學習行為的問題。

結構化研究問卷，短時間可取得大量研究資料，但受制於受測者主觀認知與情境的影響，無法獲得深入的資訊。因此，本研究首先由在教學現場執教數學多年有經驗的數學老師組成焦點團體，藉由情境模擬和學習動機理論、激發動機的教學策略與評量方式。透過(江長民, 2015)量化問卷研究高分群、低分群學生的不同需求為基礎，以對話討論，深入探究學生學習動機問題，進而運用全面性認清研究問題癥結所在的系統思考法語言工具來表達因果關係的模式，建立回饋關係的系統結構，呈現學習與動機複雜動態行為。

4. 焦點團體

本研究的主要聚焦在探討數學教學活動中，如何激起國中學生數學學習的動機因素？並且如何維持動機的強度而不下降？本研究將以(江長民, 2015)的研究結果為基礎，據以瞭解影響國中學生數學學習動機的因素，完整解析各個影響數學學習動機之變數與因果邏輯，更深入理解個變數之間的因果關係。本研究並參酌(許家銘和胡國強, 2005)所建立數學學習動機因果回饋圖與學生數學學習行為系統基模。

在建立數學學習動機因果回饋圖與學生數學學習行為系統基模，本研究透過焦點團體法。焦點團體成員皆具有多年國中數學教學經驗，並有豐富的歷練，長期觀察國中學生學習數學的狀況，對於學生數學學習行為與學生學習動機的變化，多所了解。焦點團體成員和討論方式如表一所示。

《表一》 焦點團體成員和討論方式

組織成員	辜老師：數學碩士、台北市數學教學輔導團教師 劉老師：網路學習碩士、台北市數學教學輔導教師 洪老師：師大數學教學準碩士、十多年教學經驗 張老師：數學學士、二十多年教學經驗、研究者

	四人皆學習過教育心理學、數學學習心理學
討論時間 期間	星期一 第二節至第四節 2017 年 11 月至 12 月及 2018 年 3 月
討論地點	○○國中學習資源中心
探討主題	教學活動中，激發學生數學學習動機、維持動機及動機下降的因素。學生數學學習行為的問題。

本研究焦點團體係依學習單元分別探討，目的是此方式比較能具體研究學生動機狀況，進而綜合陳述教學活動中，激發學生數學學習動機、維持動機及動機下降因素。焦點團體成員參考(江長民，2015)將教學的過程細分成十一大項的歷程的研究、學習動機理論及激發學習動機的相關研究為基本討論材料，依據上課實際情形，發表不同學業表現學生引起動機增長的變數、造成動機下降的因素及維持動機的要素等三種因果環路的相關看法，使得討論更能聚焦，更有實際的貢獻，表二僅顯示部分學習單元。討論結果便於作為變數的資料整理比較分析，更能看清變數之間的因果關係，作為建立學習動機因果回饋圖的根據。

另外，針對學生數學學習行為上的一些問題，希望透過系統思考的基模，洞察學生數學學習行為的問題，找出更多隱藏的槓桿解。在探討中，學習試著去熟悉不同系統基模(表三)，對學生的數學學習行為，有更多深入結構層次的理解，然後討論出目前教學上，急需解謎的學生數學學習行為問題，如：學生喜歡追求速解，不愛推理。將問題以系統基模呈現，基模可以幫助我們認清問題的結構型態，熟悉系統基模是系統思考方式的基礎，所有系統基模都是由因果循環回饋圖中的增強環路、調節環路與時間滯延所組成，提供說明的語言，使我們能更清楚的解釋及說明學生數學學習行為複雜現象，如何產生一連串變化的結果及其解決的辦法(Senge,2006)。

《表二》 部分單元之動機討論

單元	主題	引起動機	動機下降因素	維持動機方法
整數的運算	1-1 負數與整數			
	1-2 整數的加減乘除與四則運算			
	1-3 指數律與科學記號			
…	…		…	

《表三》 部分單元之系統基模建立討論

單元	主題	一、反應遲鈍的調節環路	二、成長上進	三、捨本逐末	四、目標侵蝕	五、惡性競爭
整數運算	1-1 負數與整數					
	1-2 整數的加減乘除與四則運算					

不同學業表現學生有不同學習上的需求與影響學習動機的關鍵變數。本研究中不同學業表現學生指的是學生數學段考成績在班級內程度較佳的前三分之一的「高分群學生」；學生數學段考成績在班級內程度較差的後三分之一的「低分群學生」(江長民, 2015)。依此學習上不同的需求，關注高低分群的影響數學學習動機行為焦點，分別發展其不同數學學習動機行為的大圖像，呈現高低分群學生學習動機的相異之處。

另外，針對學生數學學習行為上的一些問題，希望透過系統思考的基模，洞察學生數學學習行為的問題，找出更多隱藏的槓桿解。在探討中，學習試著去熟悉不同系統基模，對學生的數學學習行為，有更多深入結構層次的理解，然後討論出目前教學上，急需解謎的學生數學學習行為問題，如：學生喜歡追求速解，不愛推理。將問題以系統基模呈現，基模可以幫助我們認清問題的結構型態，熟悉系統基模是系統思考方式的基礎，所有系統基模都是由因果循環回饋圖中的增強環路、調節環路與時間滯延所組成，提供說明的語言，使我們能更清楚的解釋及說明學生數學學習行為複雜現象，如何產生一連串變化的結果及其解決的辦法。

5. 分析結果

5.1 系統思考法

5.1.1 問題層次

系統思考將分析複雜性問題分為三層次：事件(event)、行為變化型態(pattern)、結構(structure) (Senge & Sterman, 1992)。事件層次的問題導因於行為變化層次，而行為變化層次則導因於結構層次。

A. 事件(event)：著重於單一局部、片段、線性之因果關係－發生什麼事？採用反應式回應去處理，無法究竟，因此問題將不斷重複。這是目前常見各領域解決事情問題的方式，所以問題無法根治。

B. 行為變化型態(pattern)：加入時間因素分析事件發生的始末－何事發生？有何趨勢？發生了何種改變？將所有單一事件，加上時間的因素，觀察到行為模式長期動態變動的趨勢。此為觀察思索問題的解法。

C. 結構(structure)：在行為變化型態的底層，更深層透徹的見解為整體性的解釋－什麼影響這個變化型態？個別系統組成分子的關係為何？在這一層我們可以清楚了解與世界的互動關係。而結構的形態的創造，建立在我們形成的心智模式，影響我們的認知，改變我們的行動。

我們已經知道學生數學學習動機低落，但這表面問題，並非現今立即產生，應是是多年趨勢逐漸變化而成，在數學學習動機背後的行為究竟發生了什麼改變？什麼因素影響動機的變化型態？因素的相關系統如何牽引？以至於形成學生對於數學這個科目的認知，進而影響學生學習數學的意願、動機。期待本研究能更深層的洞悉其動態結構系統的微妙法則，提出國中數學學習活動中學生心智模式的詮釋。

5.1.2 學習動機環路

本研究在建構學習動機環路的過程，以(江長民, 2015)的研究和文獻探討中激發國中數學學習動機之相關研究及學習動機理論為資料來源，透過焦點團體討論研究，找出引起動機、維持動機及動機下降的相關變數，依此把所有相關變數之間的關係作統整，藉由焦點團體的集思廣益，找出所有影響的因素，以線段連接，透過系統思考的觀點，應用回饋概念的研究切入，當作基礎，不斷重畫，畫出最能表達實際行為型態變化的背後動機系統的樣貌結構。

A. 引起動機，動機增長的因果環路：以(江長民, 2015) 從學生觀點探討透過教師教學安排之研究、激發國中數學學習動機之教學策略方法的相關研究，發掘出這些提升國中學生數學學習動機的教學策略的共同因素，呼應學習動機理論，瞭解學生學習行為型態的變化過程與原因，藉由本研究焦點團體的共同討論，歸結出影響學生學習行為背後結構性的理由，建立引起動機因果環路。

B. 維持動機強度的因果環路：從文獻探討中，激發國中數學學習動機的相關研究與從學生觀點提升數學學習動機的教學方式策略之研究(江長民, 2015)，配合學習動機理論，透過本研究焦點團體的對話，從而理解營造安全、安心的學習環境與適性的作業、教材等互為因果關係的教學安排，洞見讓學生可以維持學習動機的要素，進而畫出維持動機因果環路。

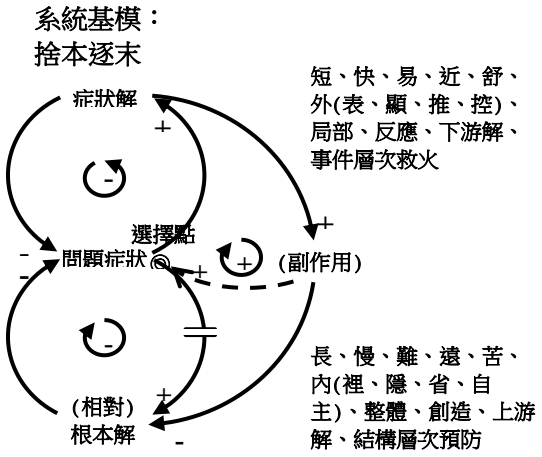
C. 動機下降的因果環路：(江長民, 2015)依學生看法將數學學習活動過程詳細分為十一大類，透過問卷統計，深入分析資料得知不同學業表現學生有不同的需求，教學

安排必須適性，作業也必須適性適量等，否則造成學生學習上過度的挫折，容易造成動機的下降。依據動機理論，本研究焦點團體聚焦影響動機下降的變數，建構出動機下降的因果環路。

高低分群的學生，根據眾多的研究，其學習動機的表現有所不同，例如：高分群學生自我效能高，需要具有挑戰性、難度的任務，滿足知的需求等……高認知負載；低分群學生自我效能低，需要安全提問的討論學習的環境，老師的關懷等……情感與認知的支持。認知負載為認知負荷度，為學生學習所能負荷、所能理解、所能執行的。高認知負載安排，較適合高分群學生；低分群學生，需要降低認知負載。因為不同程度的學生，以系統思考的觀點去推論造成實際行為的背後系統整體樣貌，大不相同，所以針對高低分群學生，我們分別討論不同的變數關係，建立高低分群學生各自的動機行為模式結構的因果回饋環路，組合出高低分群學生數學學習動機行為的兩個大圖像。

5.1.3 學習問題系統基模

長期教學觀察國中學生學習數學問題，多年來學生愈來愈追求速解，不願深入理解數學性質原理；不願自我推導數學性質公式，喜歡直接套用公式，以至於數學性質毫無概念，無法達到數學教學目標。九個系統基模，已涵蓋人類大部分動態性複雜問題，有些複雜的動態問題可用不同的基模分別觀察，有助於更加了解問題的根本原因(Senge & Sterman, 1992)。所以我們採用捨本逐末系統基模來研究國中學生「追求速解」數學學習的問題，來理解學生學習問題的成因、複雜現象及其解決的方法。如圖一所示。



《圖一》 捨本逐末系統基模

本研究以在教育現場教學多年，經驗豐富的教師組成焦點團體，擴大時空背景，深入思考，進行討論，收集資料，從中釐清研究目標問題、影響因子，提出與問題相關之

分析變數，經由群體建立系統基模，將複雜的動態性系統以變數之間的互相影響予以呈現。剛開始從最初的問題和目的切入，進而瞭解系統動態行為的互動關聯特性。在建立基模的過程，不斷地探討，當對問題的內涵與理解產生新的認知與靈感，就進行檢討與修改。經過反覆思考驗證，一步步建構出系統基模，來展現國中學生學習數學問題的現況。

6. 建構因果回饋圖與系統基模

本節將就引起動機、動機下降與維持動機等三者的系統因果回饋圖逐一說明。

6.1 低分群學生數學學習行為

6.1.1 引起動機

由(江長民, 2015)的研究中整理出低分群學生數學學習動機提昇的十八項訴求。本研究焦點團體成員，將其使用在教學現場，經由多次聚會討論辯證，縝密與系統性的分析，根據文獻探討其中有六項符合(Maslow, 1943)需求層次理論的基本匱乏性需求，包括「安全提問環境」、「老師舉止和藹」和「教室情境愉悅」等三項屬於安全需求層次；「老師關心－鼓勵、獎勵」、「同儕支持」等二項為愛與隸屬需求層次之情感性支持；「互相尊重學習環境」為尊重需求層次。焦點團體成員一致感受在教室中要先與低分群學生搏感情，為引導其學習的第一步。

另外，在數學學習中，低分群學生信心不足。對低分群學生而言，異質性「分組學習討論」能夠幫助其跟著班級學習，讓低分群學生在老師關心與同組同學關懷支持下，擁有班級數學學習的隸屬感，鼓勵其在分組中「學習分享」，進而得到「老師回饋與支持」，此項需求包含低分群學生需要的情感性的支持與認知上的支持，更能有效提升其跟同學討論數學、學習分享成長的意願，焦點團體歸納成員發言，聚焦以上這九項為低分群同學願意進入開始學習的根本，將其分類為低分群學生的基本學習訴求。

當低分群學生獲得基本匱乏性需求、情感性的支持與認知上的支持的滿足，由每位焦點成員教學經驗中，集中反應低分群學生在進入數學學習上，跟不上一般學生的思考速度。亦即其認知上的容量較小，所以接下來要關照其「認知負載」。其餘九項訴求皆與「認知負載」有關，「認知負載」即為認知負荷度，數學學習內容是學生所能理解的，所能執行的，所能負荷的，學習意願較高。給予「足夠時間」加上「他人協助」比較願意進行「演練習題」，日積月累，長久下來，可以增長「成就感」。在教材內容教學上，予以「教材生活化」、「使用教具」、教材安排「循序漸進」，「老師講述」詳實清楚，皆可降

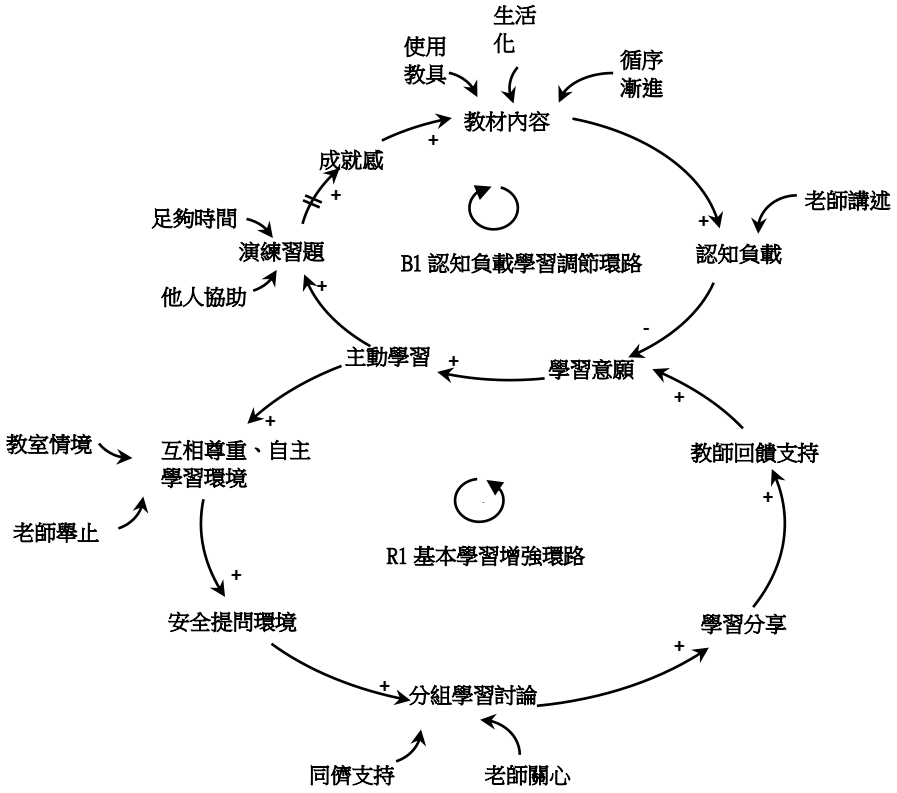
低「認知負載」，所以焦點團體成員將第二類提升低分群學生學習數學動機的學習訴求定為認知負載訴求，如表四所示。

《表四》 低分群學生學習動機基本要素學習訴求分類表

學習訴求分類	學習動機基本要素
基本學習訴求	「安全提問環境」、「老師舉止和藹」和「教室情境愉悅」、「老師關心－鼓勵、獎勵」、「同儕支持」、「互相尊重學習環境」、「分組學習討論」、「學習分享」、「老師回饋與支持」。
認知負載訴求	「認知負載」、「足夠時間」、「他人協助」、「演練習題」、「成就感」、「教材生活化」、「使用教具」、「循序漸進」、「老師講述」。

在(江長民，2015)的量化研究中低分群學生數學學習動機提昇的十八項基本要素，焦點團體逐項思索探討推演學生數學學習活動之歷程，再根據教師個人教學安排之策略，綜觀團體中之發表意見，整理統合分類出低分群學生學習動機之基本學習訴求與認知負載訴求這兩大類。

由以上整理之敘述，流於片段式思考，無法對低分群學生之數學學習動機之觸發有整體系統性因果關係之瞭解。故本研究以焦點團體會議方式採用系統思考的觀點(Senge, 2006)，不斷重劃修正回饋圖，並檢驗邏輯的正確性及其因果關係，最終討論得到如圖 4-1 之低分群學生引起動機的因果回饋圖。



《圖二》 低分群學生引起動機的因果回饋圖

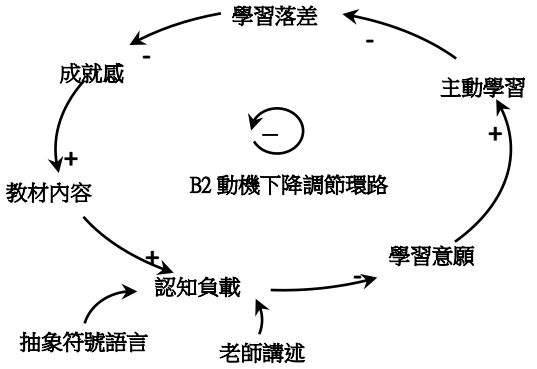
在圖二中，上半為認知負載學習環路(B1)；下半為基本學習需求環路(R1)。首先，由下半部基本學習環路(R1)可知，對於低分群學生必須基本匱乏性需求獲得滿足(或部分滿足)之後，才會追求成長需求中知的需求，知的需求就是所謂的求知慾，這也可能是低分群學生較沒有學習動機的原因之一。所以低分群學生引起數學學習動機環路的下半部是為低分群學生奠定學習動機的基礎，讓他們在班級教室學習情境上感受到安全感，被同學接納、老師愛護，受到同儕的重視尊重，在班上得以生存。學生在熟悉或適合自己的安全、安心學習情境中，自我效能較高(Schunk, Meece, & Pintrich, 2012)。因而在心無旁騖的學習環境之下，可以讓低分群學生產生學習意願，而有主動學習的學習動機，此為基本學習需求增強環路(R1)。

將教材生活化，難易安排循序漸進，使用教具操作教學，減少了內容的難度，便降低學生學習的認知負載。太高的認知負荷度會抹煞掉低分群的學習意願，所以老師講解清楚易懂，適度調降教材難度，低分群學生的學習意願愈高，造就愈願意主動學習。在給低分群學生足夠時間情況下，加上他人協助，此為認知的支持，使其極有意願自動演練習題，長期學習下來，進而獲得成就感。這是因果回饋圖中時間滯延的效果；只要給低分群更長學習時間，他們就可以表現的不一樣。成就感上升，就可以逐步增長其認知負荷度，此為認知負載學習調節環路(B1)。與成就動機理論中，避免學生承受過多失敗經驗而失去成就動機，降低學習意願的想法不謀而合。

6.1.2 動機下降

根據本研究焦點團體成員共同的經驗，現行的國中數學課本教材內容對低分群同學是具有一定的難度。數學的抽象符號語言看不懂，老師講解數學時，使用過多數學專用語言與說明速度太快，皆加重低分群學生的認知負載，學習上無法跟上進度，致使其數學學習動機下滑。知覺教材較難的低分群學生易導致學習低自我效能(Schunk et al., 2012)，喪失學習的意願。低分群學生以往的數學學習經驗，會影響其主動學習的態度，預期失敗，進一步選擇逃避，造成動機的低落，不願花時間演練練習。在一個班級中，低分群學生明顯學習有落差，隨堂演練常算錯，使得其在數學學習上挫折連連，得不到成就感。

從以上的討論中，我們歸結出「教材內容」、「抽象符號語言」、「老師講述」、「認知負載」、「學習的意願」、「主動學習」、「學習落差」、「成就感」等八個變數，使用因果回饋的概念模式，尋求其中之關聯性，構思出低分群學生動機下降的因果回饋圖，如圖三。使我們對低分群學生數學學習動機下降的整個樣貌，有更全面性的認識，不再侷限於單一因素個別與學習動機下降的對應關係。



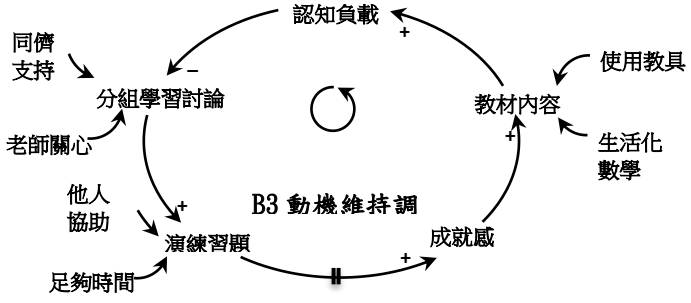
《圖三》 低分群學生學習動機下降的因果回饋圖

以圖三觀察，數學教材內容的深淺會影響認知負載，抽象符號語言、老師講述太快加重低分群學生的認知負載，超過其負荷度，感受不到數學學習的樂趣，便降低學習意願，就不可產生主動學習的態度，愈不主動學習演練習題，低分群學生自覺與班級數學學習落差大，學習數學，一點成就感都沒有，因而放棄數學學習。形成一個低分群動機下降調節環路(B2)，關鍵在於認知負載，造成低分群學生的學習落差。

6.1.3 維持動機

針對低分群同學如何維持數學學習的動機，在本研究焦點團體的會議討論中，從數學教材內容方面，提供生活化的教案，引入生活應用的數學遊戲，並且使用教具，也可以讓學生上台操作，使用學生能聽得懂的生活化數學語言降低學生學習的難度，適度降低數學學習的負載，執行所能理解的，實施異質性討論分組學習，指派小老師協助低分群同學。老師多走動巡視各組，予以關心指導。增加低難度練習題數，在他人協助與足夠時間下，提升低分群同學的成就感，維持住其數學學習的信心與動機。

由以上的陳述中，本研究焦點團體會議歸納得到「教材內容」、「生活化數學」、「使用教具」、「認知負載」、「分組學習討論」、「老師關心」、「演練習題」、「成就感」、「同儕支持」、「他人協助」與「足夠時間」等十一項變數，以環狀思考其互為的因果脈絡關係，組成低分群學生維持動機的因果回饋圖，呈現如圖四。讓我們對維持低分群學生數學學習動機的整體變數組合而成的動態結構，有更深層的理解。

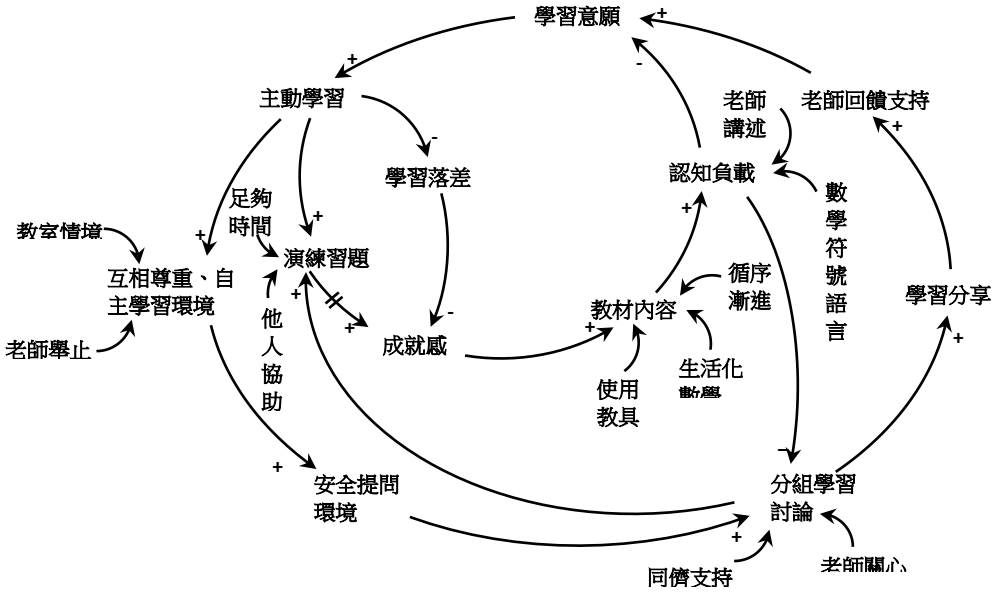


《圖四》 低分群學生維持學習動機的因果回饋

由圖四中可知，生活化數學與使用教具這兩項變數增加數學教材內容的趣味性和可操作性，減少低分群同學認知負載的負荷(江長民, 2015)。有助於低分群學生順利進行討論，使其有較高的意願投入分組學習討論。這個低分群維持動機的因果回饋圖是一個動機維持調節環路(B3)，其中最主要就是降低認知負荷，讓低分群同學，能夠參與分組學習討論，藉由跟上教室教學活動之進行，加上老師的關心、同學的互動情感性支持，讓低分群學生可以因他人的協助給予認知上的支持，而維持住其學習動機。

6.1.4 低分群學生數學學習動機行為大圖像

這個低分群學生數學學習動機行為大圖像(圖五)由引起動機的因果回饋圖，包含基本學習需求增強環路(R1)和認知負載學習調節環路(B1)、動機下降調節環路(B2)與維持動機調節環路(B3)所嵌合而成。低分群學生數學學習動機行為大圖像完全顯示出在數學學習活動中低分群學生學習動機行為背後整體結構，使得更能看清動機行為的波動起伏狀況，找到關鍵變數，尋求根本解決的方法。



《圖五》 低分群學生數學學習動機行為大圖像

由以上的分析討論，可知低分群學生的數學學習動機行為有三大要點：

A. 低分群學生在熟悉或適合自己的安心、安全的學習情境中有較高的自我效能；老師適時對其學習表現給予回饋、肯定，可提升其自我效能(Schunk et al., 2012)，學生的自我效能是學習動機的來源之一，數學學習動機因此而提升，所以這是低分群學生的數學學習行為的最基本要件。

B. 對於低分群學生最大的數學學習困擾是認知負載過重，因此影響了心裡提起數學學

習動機的力道，僅存的一點動機，也很快被過重的認知負載壓垮，與其他同學學習產生差距，難以維持動機，導致數學學習動機下降。所以，從低分群學生的角度去設想，應該發展適合其學習的數學教材，才能解決全國國中會考百分之三十幾得 C 的問題，達到補救教學真正的效果。

C. 觀察（圖五 ）低分群學生數學學習動機行為大圖像，引起動機與維持動機的環路中都有演練習題這個變數，而動機下降的環路中沒有這個變數。數學這個科目的特性是必須透過習題的練習，學習所學的定義與性質的邏輯推理，進而熟悉，將之應用推理解決問題，解出問題因而獲得學習上的成就感，數學學習動機才能存在。在一般教學現場中，低分群學生學習演練習題的動機就很薄弱，更遑論教學之後的演練習題，數學學習動機必然下降，所以必須利用分組共同學習中同儕的力量與老師的關注等他人協助其演練習題，因而引起動機，也能維持動機。所以低分群學生需要情感上的支持，也需要認知上的支持，這是在探究低分群學生數學學習動機行為，值得關注的課題。

6.2 高分群學生數學學習行為

6.2.1 引起動機

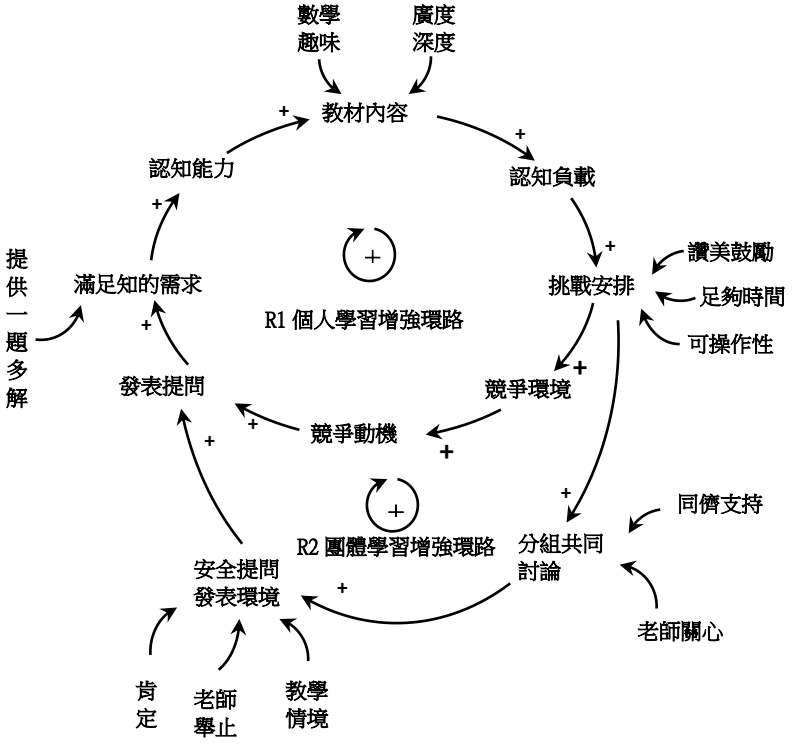
（江長民， 2015)的研究中整理分析出高分群學生數學學習動機提升十四項基本要素的訴求。焦點團體在聚會討論中，搭配文獻謹慎探究，分析出「安全提問環境－肯定」、「分組共同討論－發表提問－同儕支持」、「教學情境愉悅、教師舉止和藹」、「讚美鼓勵」、「提升發表提問的意願」、「老師關心」合乎(Maslow, 1943)需求層次理論前四層次的基本匱乏性需求；「教材內容多樣性、趣味性」、「高認知負載－難度挑戰」、「足夠時間、可操作性」、「提供一題多解－滿足知的需求」、「增長認知能力」、「高競爭動機」、「競爭的環境」、「提供表現的機會」屬於(Maslow, 1943)需求層次理論後三層次的成長存在性需求。當低層次的基本匱乏性需求獲得滿足之後，而進一步產生高層次的成長存在性需求，故將高分群學生學習動機基本要素匯整出需求層次表，如表五所示。

《表五》 高分群學生學習動機基本要素需求層次表

需求層次	學習動機基本要素
基本匱乏性需求	「安全提問環境－肯定」、「分組共同討論－發表提問－同儕支持」、「教學情境愉悅、教師舉止和藹」、「讚美鼓勵」、「提升發表提問的意願」、「老師關心」
成長存在性需求	「教材內容多樣性、趣味性」、「高認知負載－難度挑戰」、「足夠時間、可操作性」、「提供一題多解－滿足知的需求」、「增長認知能力」、「高競爭動機」、「競爭的環境」、「提供表現的機會」

相對於低分群學生數學學習皆屬於低層次的基本匱乏性需求，高分群有八項屬於高層次的成長存在性需求，可見高分群學生有更高求知的欲望，追求表現，這是與低分群學生最大的不同。另外，高分群的學生經過分組討論過後，可提升其提問發表的意願。因為高分群的學生重視面子問題，透過分組討論學習再提問發表，可滿足其安全的需求。分組共同討論提供高分群風險分擔的安全學習環境。高分群的學生有高認知能力，因而比較能夠體會數學的趣味，此為與低分群學生認知能力不同所致(江長民, 2015)。

將以上高分群學生數學學習動機提升的基本要素，予以修改為中性化名詞，才能當作因果環路中的變數，不斷系統化思考各變數之間的因果關係後，建構出如圖 4-5 的高分群學生引起動機的因果回饋圖。



《圖 6》 高分群學生引起動機的因果回饋圖

由圖六中，可以觀察到有兩個環路，首先來探討個人學習動機環路，高認知能力的高分群學生能夠吸收有更高廣度與深度的數學教材內容，更能感受數學教材的趣味性。具有加深與加廣的教材，提高其認知負載。知覺教材較難的高分群學生願意接受難度挑戰(Schunk et al., 2012)，故高認知負載的高分群學生對於老師的挑戰安排，躍躍欲試。在足夠的時間下，可操作性的難題安排讓高分群學生更專注集中思考，因而獲得老師讚美鼓勵，這樣的氛圍產生競爭環境。他人的認同的環境，讓高分群學生有較高的競爭動機，

因為互相競爭的動機提升了發表提問的意願，大家提出問題、發表看法熱絡，因此老師不厭其煩引導思考推理，提供一題多解，滿足高分群學生知的需求，追求新知的心獲得滿足，進而提升其認知能力，更能感受數學的趣味性與數學的美。這樣的環路形成一個增強環路，命為個人學習增強環路(R1)。

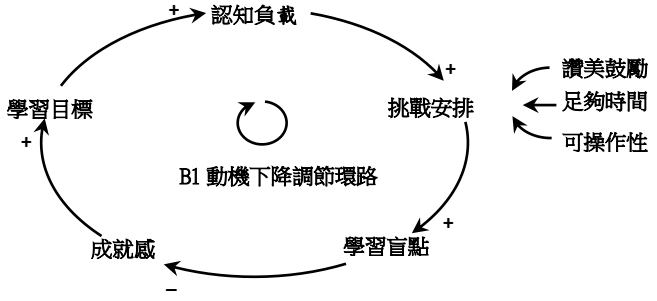
在挑戰安排下，高分群學生更需要分組共同討論思考難題，分組共同討論提供高分群風險分擔的安全學習環境。老師巡視各組給予鼓勵與獎勵，因此建立安全提問發表環境，教學情境愉悅、教師舉止和藹對於高分群學生的提問發表，皆予以肯定。分組學習營造讓學生安心提問發表的空間，因此提供其表現的機會。老師的引導、解惑滿足了知的需求，提供一題多解，後續發展增長認知的能力，體會數學的妙。此為學習動機增強環路，稱之為團體學習增強環路(R2)。

由個人學習動機增強環路(R1)與團體學習動機增強環路(R2)結合而成高分群學生引起動機的因果回饋圖(圖六)，可以觀察到高分群學生除個人競爭動機，渴望從求學提升自我價值而觸發數學動機，也可運用團體的學習行為激起其學習動機。

6.2.2 動機下降

根據學習動機理論中目標導向理論，外在表現目標導向的學生注重外在成績，喜愛報酬及獲得別人的讚美，在乎別人對自己的正面評價，重視別人的認同，不能接受錯誤和失敗，故避重就輕，無法達到真正的學習目標。從本研究焦點團體的討論中，我們清楚認知高分群學生並非資優，而是班上段考成績前三分之一的中上程度績優生，也有外在表現目標導向的學習目標。挑戰能力所及，可以掌握的題目，能得到成就感；超過其認知的能力太多，在解題上受挫失敗，就會出現思考學習盲點。又得不到老師關愛、回饋和他人認同，成就感無法滿足，喪失學習的目標，受學習心理影響，認知負荷度降低。其實高分群學生與低分群相同，需要老師情感性的支持與關心。

依據前面討論整理出「認知負載」、「挑戰安排」、「學習盲點」、「成就感」、「學習目標」等五個變數，「挑戰安排」在「足夠時間」、「可操作性」及老師「讚美鼓勵」的相同條件下實施。使用系統思考的概念，尋求其中之因果關聯性，繪製出高分群學生動機下降的因果回饋圖，如圖七。



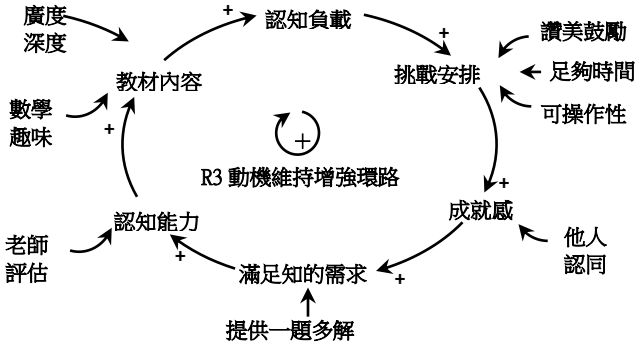
《圖七》 高分群學生學習動機下降的因果回饋圖

以圖七來觀察，高分群學生存有高認知負載，願意接受挑戰安排，挑戰安排的難題使其思考推理遇到阻礙，因而產生思考推理的學習盲點，得不到他人認同，無法獲致成就感，就喪失學習的目標，在這過程中，若得不到老師的協助與關心，學習的目標的變數量下降，就影響了認知負載的量，失去求知的心，數學學習動機隨之下降。這個環路是一個調節環路，命之為高分群學生動機下降調節環路(B1)。

6.2.3 維持動機

高分群學生在學習進行中如何維持數學學習動機？本研究焦點團體談到很重要的一點，老師應適時評估高分群學生的認知能力。教師在教學中，透過走動觀察學生的上課反應，適時適當調整教材的內容，安排符合學生當時所需，比其認知能力高一點點，使其學習的動機得以保持。另有足夠時間、可操作性的挑戰安排，在老師鼓勵下，使學生在學習上有所表現的機會，適時引起他人的認同，因而獲致成就感，穩定了高分群的數學學習動機。高分群學生求知慾強，老師提供一題多解，滿足這些學生知的需求，有助於維持學習的動力。具有廣度、深度，趣味性的教材內容，吸引住高分群的學習目光，不覺得枯燥乏味，使其學習動機得以持續。

由以上的討論，本研究就因果環路的變數予以分析統整，共得到十四個變數：「教材內容」、「廣度、深度」、「數學趣味」、「認知負載」、「挑戰安排」、「足夠時間」、「可操作性」、「提供一題多解」、「滿足知的需求」、「讚美鼓勵」、「認知能力」、「成就感」、「老師評估」、「他人認同」等。以因果回饋的環狀觀點，本研究經焦點團體成員不斷推理揣摩試畫，繪製出高分群學生動機維持的因果回饋圖，如下圖 4-7。充分展現出如何維持住高分群學生數學學習動機的關鍵要素彼此之間的因果關係。



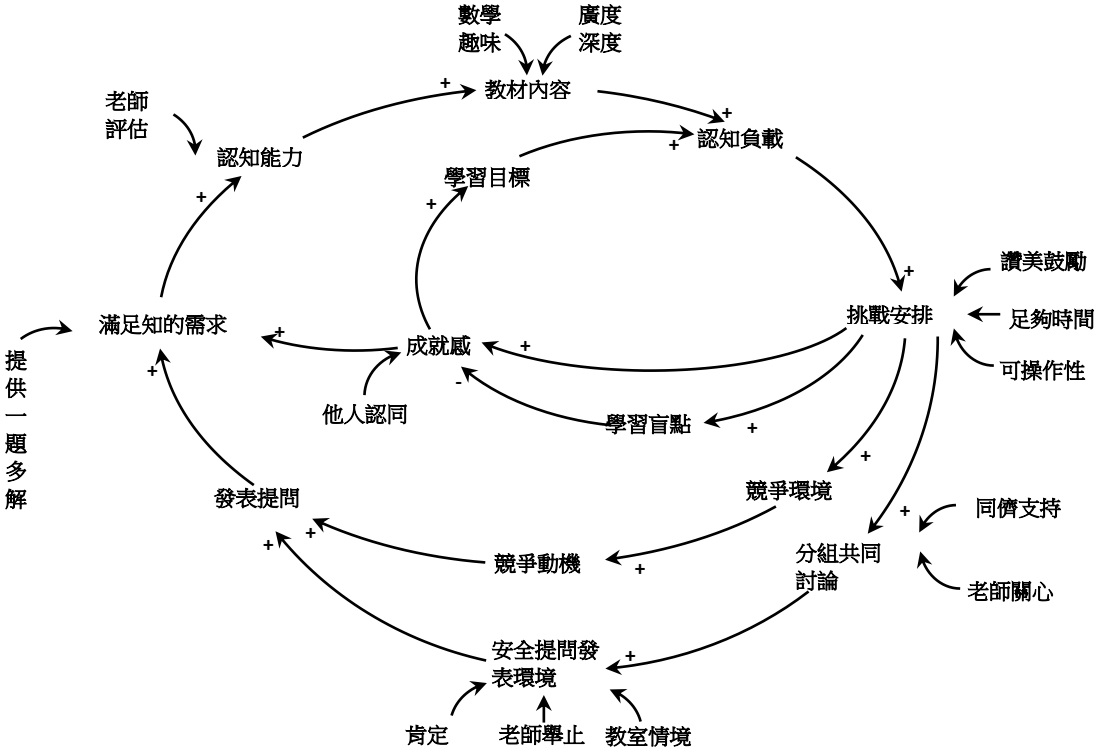
《圖八》 高分群學生維持動機的因果回饋圖

由圖八可得知，以高分群學生動機維持的因果回饋圖來做推理，在教學中，教師根據自己的教學專業，來施行老師評估，安排與認知能力成正比例的教材內容。換句話說，

即為兩者成同方向變化，一起增加或減少。教材內容仍具廣度、深度與數學趣味，來擴充認知負載這個變數的量，高認知負載讓高分群學生充滿信心，喜歡挑戰安排的學習任務。而適度挑戰安排，在老師讚美鼓勵、足夠時間與可操作性之下完成，加上他人認同，而獲致成就感。成就感這個變數的量愈高，知的需求量愈大，愈需要滿足知的需求，老師提供一題多解，滿足知的需求，因而提升其認知能力。這是一個增強的環路，命名為高分群學生動機維持的增強環路(R3)。

6.2.4 高分群學生數學學習行為大圖像

綜觀高分群學生數學學習動機行為大圖像(圖九)由引起動機的因果回饋圖，包含個人學習增強環路(R1)、團體學習增強環路(R2)、動機下降調節環路(B1)、與動機維持增強環路(R3)所結合而成。從調節環路中可以發現問題的根本原因，因而找到問題的解決方向。故高分群學生數學學習動機行為大圖像提供觀察高分群學生學習動機的變動，使得更能深切理解高分群學生學習行為。



《圖九》 高分群學生數學學習動機行為大圖像

綜合以上的分析討論得知，高分群學生的數學學習動機行為有三大重點：

A. 高分群學生在班級中屬於高能力的一群，充滿信心與自我價值感，喜歡富有挑戰性的學習任務。故在高分群學生數學學習行為大圖像(圖九)中，影響四種環路的關鍵

變數為挑戰安排，對於這個變數必須評估謹慎善用。以避免造成學習上的盲點，戕害高分群學生的數學學習動機。

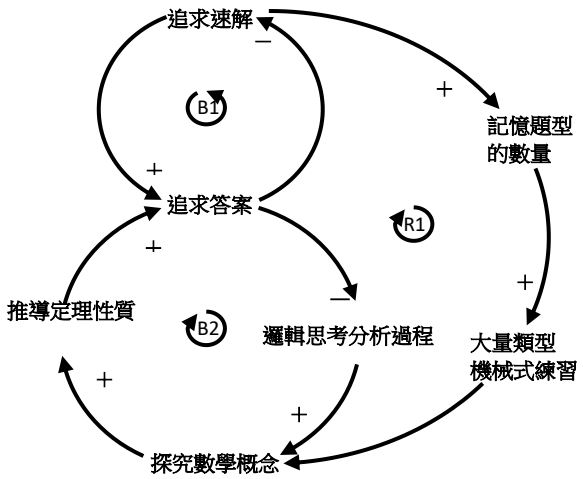
B. 在動機維持的階段，學生不同的成敗歸因方向，將影響其未來的動機。不當的成敗歸因將造成動機的低落，故協助學生建立適當的成敗歸因，才能建立學生提升學習動機。以此看來，透過(Weiner, 1974)的歸因理論，教師若能先行瞭解學生學習動機的歸因方式，從而輔導學生建立正向的歸因方式而有利於有效增進學習成功的信心。在數學學習上，有學習的信心，更能促進不管高低成就學生願意繼續學習下去的動力。尤其高分群是有能力的學生，應輔導其了解學習策略價值及有效應用這些策略，可增進學習的控制感，可控制性能提高學生自我效能(Schunk et al., 2012)。相信經過努力，能夠克服學習盲點，達到學習應有之目標。

C. 精熟目標導向的學生重視學科的價值，明白學習的意義，專心和用心學習教材，就算遭受挫折，仍會堅持到底，達到目標。表現目標導向的學生重視別人的認同、讚美，注重得高分且不能接受錯誤和失敗，故避重就輕，無法達到真正的學習目標。高分群學生的可塑性強，學習同時具有內外目標導向特質，所以數學老師可以善加運用，透過外在表現目標導向來讚美高分群學生，增強其自信心，提升學習的動機，延伸動機強度，達到內在精熟目標導向，明瞭學習的真正意涵，這才是高分群學生學習數學的目標。

6.3 國中生數學學習問題之系統基模

國中數學重視基本概念的養成，教材內容為高中學習的基礎，有些學生靠著大量的練習和記憶背誦拿到不錯的成績，卻忽略真正理解數學原理，數學概念的學習。追求甚解的深入解析，重邏輯推理的數學應該重視定義的形成過程，及隨之而來的性質、定理證明。每個性質和定理的形成過程往往就是數學知識，或是應用上的重大突破。重視這些定理的證明，與使用時機是培養數學能力邏輯推理能力的關鍵。許多數學學習高分群的學生，樂於歸納推理，邏輯思考不同定理。但一般程度學生，貪功躁進，為求快速解題，往往過度追求怪異的速解，或背誦解題步驟，記憶更多題型，造成學習成效不彰的結果。

這個國中生數學學習問題，經本研究焦點團體成員不斷分析探討，運用系統基模來研究，經過反覆思考驗證，發現追求速解答案的情形，可歸類為「捨本逐末」的學習行為，故一步步建構出系統基模(圖十)，以呈現國中學生學習數學問題的現況。



《圖十》 追求速解答案之「捨本逐末」學生數學學習問題系統基模

依(圖十)「捨本逐末」學生數學學習問題之動態結構分析，學生為追求答案，追求分數，貿然採用速解法，此為調節環路(B1)。注重追求答案，因而不重視數數學邏輯思考分析的過程，故忘失一步步推理探究數學概念的基本功，進而無法深入解析，按步就班推導定理性質，此為另一個調節環路(B2)。追求速解會讓學生數學學習行為產生不良的副作用。為求速解，得記憶更多題型歸納的數量，施行大量類型機械式練習，無法對數學概念融會貫通，真是得不償失，此為副作用的增強環路(R1)。

因此，如果學生對於追求速解的數學學習方式不能及早警覺，只是暫時解決學習的壓力，並無法真正對數學學習問題對症下藥。學生一直習慣於「捨本逐末」學習，數學學習的潛在問題一再出現，惡性循環，無法根除此一惡習。這是值得數學教育工作者關心的課題，不可不慎!

6.4 系統思考與國中生數學學習問題

經由研究分析，使我們對國中學生在學習活動中數學學習動機的波動起伏過程，更清晰透徹瞭解。並據以建構出高低分群學生的數學學習動機的大圖像，包含引起動機、動機維持、動機下降等三個因果回饋圖，本研究對高低分群學生的數學學習動機提供了不同引起動機方向，避免動機下降的對策，維持動機強度的方法。這有別於過去數學動機研究中，落入片段式的理解。運用系統思考因果回饋的關係，構築出因果環路，全面性通盤考量，才能找出問題癥結的根本解。

本研究使用系統基模來探討一般國中生數學學習問題，以基模的簡單的結構，提供對學生數學學習問題有整體性的洞察力。學生追求速解的「捨本逐末」的學習方式，愈來愈依賴速解，不從根本來努力思考推理，不重視過程概念的充分理解。對數學學習的

問題，沒有從基本原理性質加強，因而數學成績時好時壞，問題症狀並沒有獲得解決。就像殺蟲劑無法消滅病媒蚊，破壞環境，原本問題沒解決，還讓事件變得更複雜。

系統思考的因果回饋圖與系統基模等兩種語言工具可協助分析學生數學學習上系統行為的基礎，了解學生數學學習的來龍去脈，使得學生數學學習上的問題可以獲得幫助與改善，長時間的過程中，一步步獲得根本解決。

在尚未繪製因果回饋圖前，對於學生數學學習動機只有多對一的函數關係的概念，也就是有很多因素決定了數學學習動機的強度。在畫出因果環路，嵌合成學生數學學習動機的大圖像，讓我們有全新的視野富含全面性完整的動機觀感，對於變數之間互為因果關係，有更深的體會，真可謂牽一髮而動全身。「捨本逐末」的基模讓我們了解學生追求速解，落入只解除症狀的陷阱，但推理證明定理性質的能力已萎縮，數學根本能力無法推升，這是在沒有以系統基模分析學生數學學習行為前，無法體會的。系統思考提供探究學生學習問題與教育問題，一種可行的新研究方式。

7. 研究結論與建議

本研究分別就高和低兩分群學生在數學學習活動中的數學學習動機，發展引起動機、動機下降與維持動機建構因果回饋環路，並以「捨本逐末」系統基模探究學生「追求速解」的數學學習行為。藉由系統思考來看待問題，讓我們發現過去傳統專注於事件的線性思考所難以觀察到的研究發現。故以系統思考的兩項工具研究，藉由因果回饋環路，清楚呈現高低分群學生在數學教學活動中學習動機振盪起伏，達到協助教學活動中的領導者，第一線教師發展其教學策略方法，使得高低分群學生皆獲得不同學習安排，滿足他們各自不同的學習需求，成為數學學習的主動者。透過系統基模、系統回饋因果圖，辨識一般學生數學學習問題，幫助所有相關的教育工作者在制定相關政策，更能看清問題背後結構，通盤考量，尋求平衡的解答。別再只看到事件本身，頭痛醫頭，腳傷醫腳。

在建構本研究的高低分群的系統回饋環路中，覺察高低分群學生對數學教材認知負載的承受能力是不同的，所以他們需要不同難易程度的教材內容、演練習題。但在目前的學校教育中，所有學生一視同仁，用同一套課本教材。對高分群同學來說，沒有挑戰性，引不起其學習興致；從低分群同學角度，難度太高，超出其理解力，打擊其學習信心。低分群學生需要較多的關懷，每組人數不宜過多；高分群學生自學能力較強，老師只需適度的指導，不宜干涉太多，使其思考活化。人有無限的可能性，沒有表現不佳的學生，只要給低分群學生更長的學習時間，他們的數學學習就可以表現得很不一樣，所以不該再用假平等的思維，將高低分群學生侷限在一起學習，對他們學習成效都造成

傷害。

本研究使用因果回饋環路、系統基模來分析複雜動態的決策，以系統思考的觀點來看待教育問題，才能整體性的觀察相互影響的因果關係。將同一教育系統內拆開成局部，分別討論解決，侷限在一部份，未能窺見教育問題全貌，難以解決問題。例如：廣設大學，就是教育部未曾整體性去檢視台灣教育的問題，只是將升大學問題視為單獨部分思考，而非將教育相關從小到社會的結構整體看待，對於出生人口等未來趨勢，也未詳加研究，貿然實施政策，衍生更多的國家社會問題。看到單一問題而提出顯而易見的對策，這樣的立即解往往無效，甚至對策本身比問題更糟糕，為現今台灣的教改亂象，立下絕佳的註解。系統基模由因果環路所構成，可以涵蓋大部分的管理問題，有助於解決過度分科化和知識片段化的問題。因此針對教育的議題，必須使系統基模成為教育管理者思考模式的一部分，放慢腳步，完整釐清教育的現況與問題，以系統思考的工具－因果環路與基模，分析形成問題背後的相關因素。有些複雜動態問題可用不同的基模分別覺察，更有助於多方了解問題的根本原因，尋求平衡的槓桿解，再逐步推動新的改善教育政策。對於教育問題，不只是做事件層次的滅火，應達到結構層次的預防。這過程或許艱辛、緩慢，但一步步穩健前進，教育問題終能獲得改善。

最後，本研究只針對在數學教學活動中，學生學習動機的變化探討，故有其侷限性。在討論中或有變數遺落未探究，變數關係不夠詳盡，例如：公平性對待、目標設定、學生學習速度等，待未來研究者更深入了解學生學習的過程，建構其系統結構，有助於我們找到改善學生學習動機的良好建議。後續可以系統動力學為研究工具，搜集更多的完備資料，建立數學式的量化模型，產生新的洞見與見解。針對追求速解的學生數學學習問題，以捨本逐末的系統基模，予以分析探討。尚有其他不同的數學學習問題，值得研究者使用各種系統基模予以研究，尋求解決學生數學學習各種問題的槓桿解。

參考文獻

Atkinson, J. W., & Birch, D. (1978). An introduction to motivation (Rev. ed.). *New York: Van*.

Bandura, A. (1982). Self-efficacy mechanism in human agency. *American psychologist, 37*(2), 122.

Bierema, L. L. (2003). Systems thinking: A new lens for old problems. *Journal of Continuing Education in the Health Professions, 23*(S1), S27-S33.

Boersma, K., Waarlo, A. J., & Klaassen, K. (2011). The feasibility of systems thinking in biology education. *Journal of Biological Education, 45*(4), 190-197.

Brophy, J. E. (2013). *Motivating students to learn*: Routledge.

Cabrera, D., Colosi, L., & Lobdell, C. (2008). Systems thinking. *Evaluation and program planning, 31*(3), 299-310.

Çakmak, M. (2017). Student Teachers' Views Regarding the Impact of Effective Teaching

Strategies on Student Motivation. *Journal of Teacher Education and Educators, 6*(2), 191-204.

Deci, E. L., & Ryan, R. M. (1991). A motivational approach to self: Integration in personality.

Demoss, K. (2002). Leadership styles and high-stakes testing: Principals make a difference. *Education and Urban Society, 35*(1), 111-132.

Dunnion, J., & O'Donovan, B. (2014). Systems thinking and higher education: The vanguard method. *Systemic practice and action research, 27*(1), 23-37.

Elias, A. A. (2008). Towards a shared systems model of stakeholders in environmental conflict. *International Transactions in Operational Research, 15*(2), 239-253.

Furst-Bowe, J. (2011). Systems thinking: Critical to quality improvement in higher education. *Quality Approaches in Higher Education, 2*(2), 2-5.

Hanrahan, M. (1998). The effect of learning environment factors on students' motivation and learning. *International Journal of Science Education, 20*(6), 737-753.

Harlen, W., & Deakin Crick, R. (2003). Testing and motivation for learning. *Assessment in Education: principles, policy & practice, 10*(2), 169-207.

Huang, S.-y. L., & Waxman, H. C. (1995). Motivation and learning-environment differences between Asian-American and White middle school students in mathematics. *Journal of Research & Development in Education*.

Hung, W. (2008). Enhancing systems-thinking skills with modelling. *British Journal of Educational Technology, 39*(6), 1099-1120.

Hynd, J. H., Sherrie Nist, Cynthia. (2000). Learning complex scientific information: Motivation theory and its relation to student perceptions. *Reading & Writing Quarterly, 16*(1), 23-57.

Ison, R., Maiteny, P., & Carr, S. (1997). Systems methodologies for sustainable natural resources research and development. *Agricultural systems, 55*(2), 257-272.

Kiemer, K., Gröschner, A., Pehmer, A.-K., & Seidel, T. (2015). Effects of a classroom discourse intervention on teachers' practice and students' motivation to learn mathematics and science. *Learning and instruction, 35*, 94-103.

Lee, O., & Brophy, J. (1996). Motivational patterns observed in sixth-grade science classrooms. *Journal of Research in Science Teaching: The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching, 33*(3), 303-318.

Mahaffy, P. G., Krief, A., Hopf, H., Mehta, G., & Matlin, S. A. (2018). Reorienting chemistry education through systems thinking. *Nature Reviews Chemistry, 2*(4), 1-3.

Maslow, A. H. (1943). A theory of human motivation. *Psychological review, 50*(4), 370.

Mastropieri, M. A., & Scruggs, T. E. (2001). Promoting inclusion in secondary classrooms. *Learning Disability Quarterly, 24*(4), 265-274.

McCown, R., Driscoll, M., & Roop, P. (1996). Facilitating student motivation. *Educational Psychology*, 278-309.

Minarik, M. M., Thornton, B., & Perreault, G. (2003). Systems thinking can improve teacher retention. *The Clearing House, 76*(5), 230-234.

Mintzes, J., Wandersee, J. H., & Novak, J. D. (1998). Teaching for understanding—A human constructivist view. *San Diego, CA: Academic*.

Nolen, S. B., & Haladyna, T. M. (1989). Psyching Out the Science Teacher: Student Motivation, Perceived Teacher Goals and Study Strategies.

Park, B.-Y., & Lee, H. (2014). Development and application of systems thinking-based STEAM Education Program to improve secondary science gifted and talented students' systems thinking skill. *Journal of Gifted/Talented Education, 24*(3), 421-444.

Pintrich, P. R., & Blumenfeld, P. C. (1985). Classroom experience and children's self-perceptions of ability, effort, and conduct. *Journal of educational psychology, 77*(6), 646.

Pintrich, P. R., Marx, R. W., & Boyle, R. A. (1993). Beyond cold conceptual change: The role of motivational beliefs and classroom contextual factors in the process of conceptual change. *Review of educational Research, 63*(2), 167-199.

Pintrich, P. R., & Schunk, D. H. (2002). *Motivation in education: Theory, research, and applications*: Prentice Hall.

Saxton, E., Burns, R., Holveck, S., Kelley, S., Prince, D., Rigelman, N., & Skinner, E. A. (2014). A common measurement system for K-12 STEM education: Adopting an educational evaluation methodology that elevates theoretical foundations and systems thinking. *Studies in Educational Evaluation, 40*, 18-35.

Schunk, D. H., Meece, J. R., & Pintrich, P. R. (2012). *Motivation in education: Theory, research, and applications*: Pearson Higher Ed.

Senge, P. M. (2006). *The fifth discipline: The art and practice of the learning organization*: Broadway Business.

Senge, P. M., & Sterman, J. D. (1992). Systems thinking and organizational learning: Acting locally and thinking globally in the organization of the future. *European journal of operational research, 59*(1), 137-150.

Thornton, B., Peltier, G., & Perreault, G. (2004). Systems thinking: A skill to improve student achievement. *The Clearing House: A Journal of Educational Strategies, Issues and Ideas, 77*(5), 222-230.

Touré-Tillery, M., & Fishbach, A. (2014). How to measure motivation: A guide for the experimental social psychologist. *Social and Personality Psychology Compass, 8*(7), 328-341.

Vo, H. V., Chae, B., & Olson, D. L. (2006). Integrating systems thinking into IS education. *Systems Research and Behavioral Science: The Official Journal of the International Federation for Systems Research, 23*(1), 107-121.

Weiner, B. (1974). *Achievement motivation and attribution theory*: General Learning Press.

Wolstenholme, E. F. (2003). Towards the definition and use of a core set of archetypal structures in system dynamics. *System Dynamics Review, 19*(1), 7-26.

Zimmerman, B. J., & Risemberg, R. (1997). Self-regulatory dimensions of academic learning and motivation. In *Handbook of academic learning* (pp. 105-125): Elsevier.

江長民. (2015). 從學生觀點探討能提升國中學生數學學習動機之教師教學安排.【Chang, C.C.(2015). *On Teacher Arrangements to Enhance Mathematics Learning Motivation of Junior High School Student: Perspectives from Students*, Unpublished master thesis, Department of Mathematics, National Normal University.】

李宜矯，& 林俊彥. (2019). 桌遊融入數學教學之行動研究. *臺灣教育評論月刊, 8*(6), 98-104.

【Lee, I.C. & Lin, C.Y. (2019). A action research on board games integrated into mathematics teaching, *Taiwan Educational Review*, 8(6), 98-104.】

林怡瑄，& 黃建中. (2016). GeoGebra 融入八年級三角形的全等單元學生學習成就之研究. *International Journal of Science and Engineering, 6*(2), 37-46.

【Lin, I.H. & Huang, C.C. (2016). Research on the Influence of applying GeoGebra to the instruction in congruence of triangles on the eighth graders, *International Journal of Science and Engineering,* 6(2), 37-46.】

許家銘和胡國強. (2005). 從動機面探討晉級考試下學生的努力行為–採質化與系統動力學模擬之研究. *教育與心理研究期刊, 28*(1), 127-160.

【Hsu, C.M. & Hu, G.C. (2005). Motivation responses of student performance with high-stake testing: using qualitative and simulating approach, *Journal of Education and Psychology*, 28(1), 127-160.】

陳淑美. (1998). 數學焦慮症新解藥. In: 臺灣光華雜誌.

【Chen, S.M. (1998). New antidote to math anxiety, *Taiwan Panorama*, July.】

楊碩英. (2013). 系統思考與組織學習研究室會議紀錄.

【Young, S.W. (2013). New antidote to math anxiety, *Taiwan Panorama*, July.】

Analysis of motivation and behavior to learn Mathematics in secondary school

Tseng, Ching-Chih and Chang, Tian-shun

ABSTRACT

This study attempts to introduce a systems thinking approach to comprehensively analyze mathematics learning behaviors and motivation change to learn mathematics of high- and low- score group students in mathematics performance in Taiwan secondary school. In constructing causal feedback maps, a focus group meeting composed of teachers with rich teaching experience is used to identify various variables that affect students 'mathematics learning and their causal relationships, to explore the students' mathematics learning behavior using system model, and then to construct causal feedback maps. The study found that the big map of mathematics learning behavior of low-score group of students are composed of a basic learning enhancement loop and a cognitive load adjustment loop to form a causal feedback graph and embeds a motivation decline adjustment loop and a maintenance motivation adjustment loop. The big map of mathematics learning behavior of high-score group of students is combined from the individual learning enhancement loop and the group learning enhancement loop into a causal feedback graph that causes learning motivation, and the motivation decline adjustment loop and the maintenance motivation enhancement loop. In learning mathematics behavior, the side effects of students' pursuit of quick solution in mathematics learning are presented with the basic model of "get one's priorities wrong".

Keywords: motivation to learn, focus group, systems thinking, casual feedback, system basic model