

運用認知負荷理論設計數學教學方案 對自閉症幼兒數與量概念教學之研究

黃梓祐

國立東華大學
教育與潛能開發學系
特殊教育組博士班
研究生

曾恕璇*

國立東華大學
教育與潛能開發學系
特殊教育組博士班
研究生

楊熾康

國立東華大學
特殊教育學系
副教授

摘 要

本研究運用認知負荷理論設計數學教學方案後，對一名大班自閉症幼兒數與量配對能力進行教學。本研究為混合研究，先採行動研究法，運用認知負荷理論設計數學教學方案，再採單一個案研究法 ABA' 撤除設計，於基線期、介入期及維持期計算其作答正確率，再進行三種不同情境點數活動，了解介入後類化表現。研究對象為一名能認讀數字但無數與量配對概念之大班自閉症男童。研究者依據認知負荷理論，針對教學流程與教具設計進行三次修正完成方案。方案介入完成後透過視覺分析與 C 統計，了解各階段內趨勢與穩定表現，及階段間差異是否達顯著。研究得到以下結果：一、了解運用認知負荷理論設計之數學教學方案，教學流程與教具設計重點；二、教學方案介入後有良好立即成效；三、教學方案有良好維持成效；四、於三種不同點數情境中均有良好類化效果。

關鍵字：自閉症幼兒、認知負荷、數學教學、數學先備技巧

* 通訊作者：曾恕璇 shusyuanz@gmail.com

壹、緒論

自閉症幼兒研究多針對其適應與溝通能力進行介入與探討，部分自閉症幼兒因符號記憶與符號認讀為個體內優勢，能認讀和指認數字 1 到 10，但因對接受性語言和抽象概念理解困難，難以理解數與量的配對關係與逐一點數概念。此能力為數學學習能力發展過程中的先備知識，如能幫助自閉症幼兒有效理解數與量配對關係與逐一點數概念，將能協助自閉症幼兒建立數學學習基礎，且可提升學習成就感。

一、研究背景與動機

本文第二研究者對自閉症幼兒進行數與量教學時，發現該自閉症幼兒，因教學環境結構化，逐漸建立基礎口語溝通能力，甚至能與教師透過簡單詞語或圖卡進行需求表達，並能唱數 1 至 10。但受限抽象概念理解困難，進行數與量配對點數教學時，難以理解逐一點數概念，透過大量操作活動進行練習後仍無成效，操作過程中的學習錯誤經驗，反而造成情緒的負擔。點數能力為數學學習重要基礎，若於學前階段即能幫助自閉症幼兒有效習得點數概念，除有助提高未來數學學習表現外，亦有助於降低數學學習焦慮，提高學習成就感，故開始思考依照自閉症孩童學習特質與數學教學策略設計之教學方案。

認知負荷理論提出透過適當安排教學

元素數量與調整元素間互動複雜程度，可提高學習者學習成效（Sweller, 2006），研究者認為此理論能幫助自閉症幼兒學習數與量配對抽象概念。故透過認知負荷理論歸納教學活動分析流程重點後，參考數學先備能力之學習順序與常用的數學教學策略，結合自閉症幼兒學習特質，設計出數與量配對教學草案。並依認知負荷理論將此草案以行動研究進行教學驗證修正後，完成數學教學方案。最後再以此方案對自閉症幼兒進行介入，了解此方案對 10 以內數與量概念教學立即、維持及類化成效。解決研究者實務現場問題，幫助該自閉症幼兒學會 10 以內數與量配對概念。

二、研究目的

- (一) 運用認知負荷理論，設計針對 10 以內數與量概念之數學教學方案。
- (二) 探討運用認知負荷理論設計數學教學方案後，對自閉症幼兒 10 以內數與量概念教學立即、維持及類化成效。

貳、文獻探討

本節依研究需要，依序探討認知負荷理論、自閉症學習與數學先備知識。並統整前述文獻後，做為運用認知負荷理論設計自閉症幼兒數學教學方案時之依據。

一、認知負荷理論架構與對學習的幫助

認知負荷理論由 John Sweller 在 20 世紀 90 年代提出，指人腦在學習或其他認知任務時所承受的負擔或壓力，描述了人們在學習、思考及解決問題時所需的心智資源和注意力負荷。Pass (1992) 認為認知負荷包含心智負荷與心智努力，也是兩者交互作用的結果。前者指學習內容難度，難度成分越複雜認知負荷量越高，後者指學習者需花費多少心智單元才能達成目標。因此認知負荷是一種動態的認知運作關係，對學習者整個學習歷程都會產生影響，並隨著過程中細微改變產生變化。

Sweller 於 2006 年進一步提出認知的結構與功能，工作記憶是記住和操作信息的能力但容量有限，只能記住 7 項新訊息，並處理其中大約 3 至 4 項 (Sweller, 2022)，而學習者要考量各項訊息和項目間的關係，例如：在數值運算期間記住中間結果和形成計算步驟，故工作記憶的消耗對數學學習至關重要 (Cragg & Gilmore, 2014)。

學者認為學習過程中常僅能做到少量與短暫的處理訊息，過量或未被處理的訊息很快就會從工作記憶中消失 (Sweller & Chandler, 1994)。被處理過的訊息會以基模形式儲存至長期記憶，除自身處理訊息形成基模外，透過教學、閱讀、對教學者的模仿、觀察，可以快速建立自己的知識基模。而外在環境刺激可以與長期記憶中

的基模訊息相結合時可提取基模，減少工作記憶負擔。

Sweller (1988, 2006) 認為工作記憶中的認知負荷包含內在、外在與適切三種。內在認知負荷係指學習訊息內容概念與結構的難易程度，學習內容結構、學習元素間的相互影響、訊息內容元素多寡均會影響，且受到學習者的先備知識豐富度影響，如先備知識充足，學習者可利用長期記憶中的知識降低認知負荷量；外在認知負荷係指學習內容呈現方式對學習者產生的影響，適當呈現、組織教材，或是教材設計得當，均可降低認知負荷負擔，內外在認知負荷均會降低學習效果；適切認知負荷指學習者面對適當設計的教材，或善用長期記憶中的基模，適當策略，即可專注於學習內容的認知處理及基模建構，提升學習效能。

為了降低學生的認知負荷，幫助學習者能在適切認知負荷下進行學習，可自教學內容與教學方法兩層次進行調整。前者可避免同一時間將過多資訊放入工作記憶造成過度認知負荷 (卓曉園等人, 2014)，後者可使用各種方法和策略，例如：簡化學習材料、提供反饋、設計交互式學習活動等，這樣可以使學習者更輕鬆、有效地進行學習，並且能夠更好地記住所學內容，而提高教學時的互動性也對教學效能有明顯提升 (Ashman et al., 2020; Rosenshine, 2009; Wu et al., 2023)。

針對教學內容方面，Mayer 和 Moreno (2003) 認為多媒體學習透過文字與圖片

兩種途徑進行：文字以印刷和聲音念讀呈現，圖片包含靜態圖片與動態圖像。此兩種途徑中，任一途徑在工作單位時間內，如果承受過多的認知負荷，即會造成認知負荷過載，並提出以下五種超出認知負荷的類型：

（一）學習內容在文字或圖片途徑中過載造成認知過度負荷

教學內容同時呈現影片與說明文字但兩者相隔一定距離，學生需不斷在影片與閱讀說明文字中來回切換造成視覺負荷。

（二）學習內容在文字與圖片途徑中同時過載造成認知過度負荷

教學內容以較快的步調，同時利用文字、圖片及旁白形式呈現時，學生無法擁有足夠的時間將文字轉化為語音內容，並缺少足夠時間進行組織與統整。

（三）學習內容與附帶的認知處理所引起的認知過度負荷

教學內容呈現與內容不相關或非直接相關的刺激，例如：學生有限的認知資源運用在背景音樂與動畫，留下較少認知資源處理學習內容。

（四）學習內容與附帶的認知處理以令人疑惑的方式呈現引起認知過度負荷

學習內容將參照或相關文字與圖片分別放置於不同位置形成分散以不同管道呈

現相同訊息，導致學生無法整合成有效學習，如同時呈現文字、動畫、旁白形成重複呈現，造成學生將工作記憶耗費在多重資訊來源，降低了處理訊息內容本身的認知資源。

（五）工作記憶必須保留的訊息量所引起的認知過度負荷

此五種負載類型均與教材呈現的流程、形式及畫面安排不當有關，使學習者必須耗費認知資源進行與學習無關的認知處理，而無法專注於有效處理學習內容，導致認知負荷增加，以致於降低學習成效。學習材料的呈現方式最佳化是降低外在認知負荷的重要途徑（沈碩彬，2008；卓曉園等人，2014），例如：呈現學習內容時應盡量排除內容中不必要的訊息、提供明確的視覺線索、縮短教材呈現時的時間與空間距離等（Mayer, 2009）。

針對教學方法方面，Sweller（2010）提出認知負荷理論的教學效應共有六種，以幫助教學者與學習者：

（一）開放目標效應

學習者多方表達自己的思考，在不受限制的狀況下，使學習效果和基模之間產生關聯，減少外在的認知負荷。

（二）示例效應

教學者在教學過程中提供適當範例，呈現完整步驟，使學習者對問題的狀態能全面了解並建構解決問題基模。

(三) 完成問題效應

教學者提供一半示例，餘下一半成為問題，由學習者完成，使學習者能進行精緻化的研讀與判斷，降低外在認知負荷。

(四) 分散注意力效應

學習內容呈現時，掌握同時間與同空間的整合原則，避免學習者因多元的資訊來源，將注意力分散，分別參照再加以整合，降低學習者的外在認知負荷。

(五) 冗餘效應

學習內容訊息單一呈現即可完整明確傳達意義時，獨立呈現省去相互參照資訊，將訊息管道單純化，避免學習者整合多重來源資訊。

(六) 管道效應

工作記憶可同時處理形碼與聲碼兩種不同知覺型態，教學過程中同時運用相同或不同的知覺型態，取代單一形態呈現的訊息，可有效增加工作記憶區容量。

綜上所述，如學生學習成效未達預期，可由造成外在認知負荷之成因，依照教學媒材呈現、資訊輸入途徑選擇與決定教學策略使用三階段進行檢視並進行修正；教學過程需斟酌考量是否加入文字或圖片、以何種方式於何時呈現文字圖片；教材安排呈現時宜直接呈現重點與基礎概念；操作教具時與視覺提示線索盡量靠近，均有助於認知能力低的學習者降低學習認知

負荷。

二、自閉症兒童學習特質與教學策略

自閉症者因具有不同的症狀、智力表現、語言能力與其他合併症狀而具有高度異質性 (Zeidan et al., 2020)，常表現出以下特點：社會適應力不佳，進而延伸出學生在學校裡學習動機差、自信心低落等各種情緒行為問題 (張正芬、顏瑞隆，2012)；缺乏抽象思考的能力，對於組織和處理事情有困難；對於概念的掌握能力不佳，對於規則的理解也可能與大人不同。因為訊息連結障礙，不易從經驗中得到完整的活動概念，看不到活動的意義，也因大腦前額葉損傷導致大腦執行功能缺陷，以致出現專注力的不足 (楊蕢芬，2004；羅鈞令，2013)，即使有注意到外界事務，卻難以持續 (Pierce & Courchesne, 2001)。自閉症者容易注意與情境無關的事物，無法因情境要求展現合適的行為與回應，對於自己有興趣的事物非常專注，但往往是瑣碎無關緊要，卻忽略情境中的人物或重要活動元素 (宋維村，2000)。在聲音過於吵雜的環境，或是光線、顏色、形狀過於紛亂的環境下，容易造成大腦處理的過載而出現摀住耳朵、尖叫；在缺乏外在刺激的無聊環境中，自閉症類群障礙的兒童會有自我刺激，甚至是自我傷害的行為發生 (Al-Qabandi et al., 2011)，故常在社會互動困難，抽象思考能力、注

意力與感官上呈現獨特性，並造成學習時在理解接收性語言、提供表達性語言、注意力與記憶力上出現困難，在感官、學習、特定物品的強烈興趣與環境呈現固著性行為（李佳芬，2015；楊宗仁、李惠蘭，2010；Carnahan et al., 2009；Mesibov et al., 2005）。自閉症者在某些軼事中提及有較好的數學能力（Baron-Cohen et al., 2007），事實上，只有少數患有自閉症譜系障礙的人表現出色的數學能力（Baroody & Dowker, 2003），在自閉症的學生中，數學學習出現困難出現機率其實較一般學生更高（Mayes & Calhoun, 2006）。部分自閉症學生雖沒有智力障礙，但如果教育環境中沒有提供足夠的支持，則難以充分發揮潛力（Dowker, 2020）。羅鈞令（2013）認為教導自閉症兒童時需留意五大要項：（一）環境整齊有序，避免分心或干擾；（二）規則適合、可行；（三）規則一致；（四）提供難度最適當的挑戰；（五）讓兒童得到愉快或正向的經驗。故對自閉症兒童教學時，需結構化調整教學環境與教學方法，針對空間、時間、個別化工作系統進行調整，以視覺提示呈現教學內容，清晰呈現工作的要素、組織性安排工作環境中的材料，以及使用視覺化進行指導（楊宗仁、李惠蘭，2010），並於工作制度化時將活動內容進行工作分析（陳淑貞，2013）。國外亦有運用工作分析法，設計教學方案協助自閉症學生針對社交課程、性教育與活動參與度獲得成效（Klett & Turan, 2012；Parker & Kamps, 2011；Tan et

al., 2016）。

三、數學先備技巧與教學策略

趙文崇（2017）將數學能力隨年齡逐步擴張的進程，自出生至 16 歲止共分為：出生到 3 至 4 歲的點數能力階段、3 到 4 歲至 7 到 9 歲的計算能力階段，以及 7 到 16 歲的數學能力階段。點數能力階段與計算能力階段前期即為幼兒數學概念，為國小數學課程學習先備能力，包含量概念的萌發、視覺符號一數一的學習、數和量的結合。盧美貴（2003）建構五歲幼兒基本能力指標，其中數學領域主軸概念有：（一）數與量，包括數和量的概念、數字的分解與合、測量方式的運用、時間的概念、錢幣的概念；（二）圖形與空間，包括圖型及其組合、空間方位；（三）邏輯推理，包括分類與配對、序列與規則，事物關係。Jacobi-Vessels 等人（2016）指出早期數學技能是後續數學學習的基礎，他們將早期數學概念分為數字、計算及算術三大核心，具體細項包含數字、數量、數數、點數、數出數量、拿指定數量、加減、數量分解等。前者幼兒數概念除數量加減外，尚包括幾何與邏輯推理概念，後者則針對數量細分為加減與數量分解。

關於幼兒對數概念的學習進程，Starkey 和 Cooper（1980）發現五個月大的嬰兒就有能力分辨視野中不同數量的物品，Wolery 和 Bailey（1984）提出數概念的教學先決條件為：兒童必先認識一些基

本概念、諸如多或少、大或小、長或短、很多或很少、高或低、一些或沒有、最先或最後；Clements 和 Sarama (2009) 確認學前的數學學習依不同年紀共有五個階段，與趙文崇 (2017) 數學能力隨年齡逐步擴張的進程相比較，四歲階段幼兒需能發展出逐一點數能力，且於六歲進入國小學齡階段前，需能比較兩堆 10 以內實物中點數數量並比較多寡，建立前一數與後一數概念。將此進程與階段統整後，繪製成學習流程圖，如圖 1。

點數是數學的首要基礎，形塑基礎與之後的數學成就，也對基礎數學學習表現有直接關係 (Jacobi-Vessels et al., 2016)。孩童在幼兒園階段未具備基礎數學能力，將難以在後續的數學知識學習上，與具備基礎數學能力的幼童同樣速度的建立數學知識，並會在進入國小後逐漸擴大差距 (Bodovski & Farkas, 2007)。故計數與產出階段需具備下列計數原則，才能正確計數一堆物件總數量 (Gelman & Gallistel, 1978)。

圖 1
數學先備技巧學習流程圖

計數前階段 (precounter) 年齡：一歲	一歲時要能辨認物品，但仍無法將數字或序列與數量配對。
背誦階段 (reciter)： 年齡：兩歲	能說出但尚不能以正確順序說出數字，仍無法逐一點數。
配對階段 (corresponder) 年齡：三歲	1. 從 1-10 依序數數 2. 配對實物數目 3. 教師決定實物數目後，兒童數實物的數目 4. 有秩序的數實物後回答有多少 5. 無秩序的數實物後回答有多少
計數階段 (counter) 年齡：四歲	6. 配對數量與數目字 7. 兒童正確選出教師念出的數目字 8. 讀出數目字
產出階段 (producer) 年齡：四歲	9. 把數目字依序排列 10. 從兩張數目卡中說出兩數目卡的多或少 11. 配對數目和實物
數與量結合 年齡：五至六歲	1. 給兒童兩堆實物，要兒童數出其數目，並說出兩堆實物的數量是一樣還是不一樣。 2. 給兒童兩堆實物，要兒童數出其數目，並說出哪一堆實物的數量較多或較少。 3. 教師唸出數目字，由兒童說出前一個或後一個數目字。

- (一) 固定順序原則：計數的數詞必須遵守一定順序。
- (二) 一對一原則：被計數的每一個物件，必須逐一對應一個數詞，此為正確數出物件總量的基礎。
- (三) 基數原則：一堆物件數到最後一個物件所唱出的最後一個數，即為該堆物件的個數。計數是用基數在唱歌；手指在序數位置。
- (四) 抽象原則：任何可計數物件，都可以被計數，都能從其數量中抽象化為一個數。
- (五) 順序無關原則：計數物件時，任何物件都可以被當作第一個物件開始點數，無論從哪一個物件開始點數，總數都會相同。

學生對抽象數學思考能力較弱時，常需要實物或圖示的表徵方式來協助學生理解數學符號。學生數學抽象化的能力始於能有效的使用具體物、模型、圖形、符號、文字、口語等形式來表達對數學的理解；藉由具體或半具體的表徵物操作，協助學生學習基本概念的核心，以增加學生的數感，作為學生未來學習抽象數學的重要基礎。依循「具體—半具體—抽象」的三階段方式，逐漸引導學生由具體物的操作學習，再到抽象的數學概念學習，藉以形成內在的心像，再進行抽象的數學操弄（詹士宜，2017）。

經由精準與仔細計畫和建構的教學活動，協助學生精熟數學技巧的教學法，符合精熟學習和有效教學的教育哲學，是改

善學習障礙學生數學成就的有效教學法。教師要以順序性的步驟教導學生達到學習目標，提供學生充分的練習機會及複習機會，以多樣化策略教導數學概念、技巧及問題解決（楊坤堂，2007）。

綜上所述，自閉症幼童可能對於數學概念的理解有困難、注意力不足，或因為社交障礙而難以和教師或同學進行有效溝通和互動。教師可以依據數學學習先備技巧發展順序，規劃教學順序後，利用結構化教學法，以視覺化的教學方式，例如使用圖片、圖表等，讓幼童更容易理解和學習（Xin & Jitendra, 1999）。教學過程中，針對教材呈現的方式、順序、指導語內容進行簡化輔以圖像化表達等，並於實物操作時縮短視覺提示距離以減少學生認知負荷，將有助於幫助自閉症幼兒學習，提升其數學先備技巧。透過多元表徵與多元感官的教學可以增進自閉症學生對數學概念的理解，反覆練習與應用自我教導與自我提示等後設認知策略增進自閉症數學能力（王淑惠，2015）。並在教學方案設計時利用六種教學效應，避免因教學流程與教具設計造成五種形成認知負荷過載。

參、研究方法

本節分就研究設計、研究變項、研究對象、研究工具、教學設計、資料蒐集與分析，以及信度與效度做說明。

一、研究設計

本研究於第一階段對教學方案進行探究後，再於第二階段進行方案介入蒐集量化資料，佐證教學方案之成效，故本研究採混合研究法（郭生玉，2012），先進行質性研究再進行量化研究。

研究設計之第一階段為研究目的一，彙整認知負荷理論、數學補救教學策略及自閉症幼兒學習特徵等文獻，形成數學教學草案，經由歷次對其他智能障礙與自閉症兒童介入，逐次修正完成 10 以內數與量概念數學教學方案，包含「教學流程」與「自製教具設計」兩部分。研究設計之第二階段為研究目的二，探討自閉症幼兒於方案介入之立即與維持表現，以及於方案介入完成後，於積木、圖片及動作次數三種不同情境點數之類化表現。各階段研究設計內容說明如下：

（一）第一階段：形成數學教學方案

採行動研究法，旨在完成適合自閉症

孩童之 10 以內數與量概念數學教學方案，共分為準備、執行與完成三個時期。準備期透過閱讀文獻，與研究夥伴討論完成 10 以內數與量概念之教學草案後進入執行期；執行期透過實際教學與觀察教學草案介入成效後，進行行動研究的計畫、行動、觀察、反省四個循環步驟，每次草案修正後均進行教學驗證，並依觀察結果決定進行下一循環階段或完成方案，最終完成數學教學方案。第一階段研究流程圖，如圖 2。

第一階段之執行期均進行行動研究的四個循環步驟，如下說明，並將執行期之行動研究架構如圖 3 所示。

1. 計畫：設計教學草案，完成本階段教學流程與教具製作。
2. 行動：教學草案進行八次教學驗證，每次 40 分鐘，並記錄歷次教學成效。
3. 觀察：於教學活動分析流程圖中，針對教學呈現、資訊輸入途徑選擇、決定教學策略等三種調整原則進行觀察。如所有研究夥伴觀察後，均同意草案已修正完

圖 2

第一階段研究流程圖

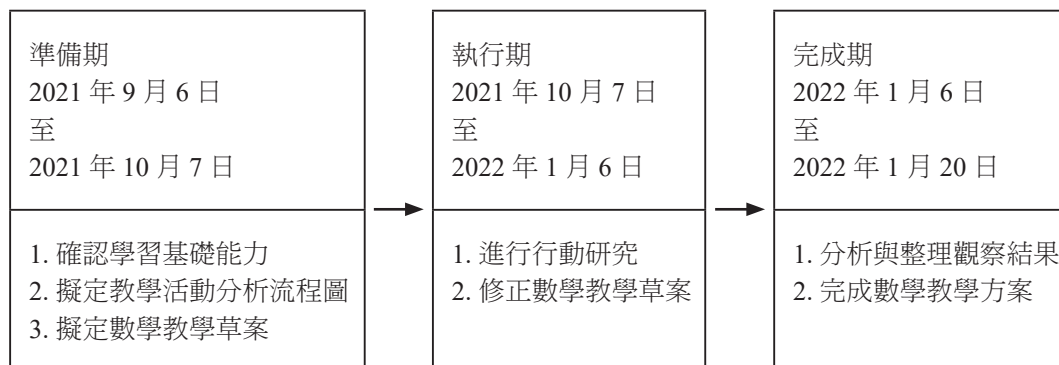
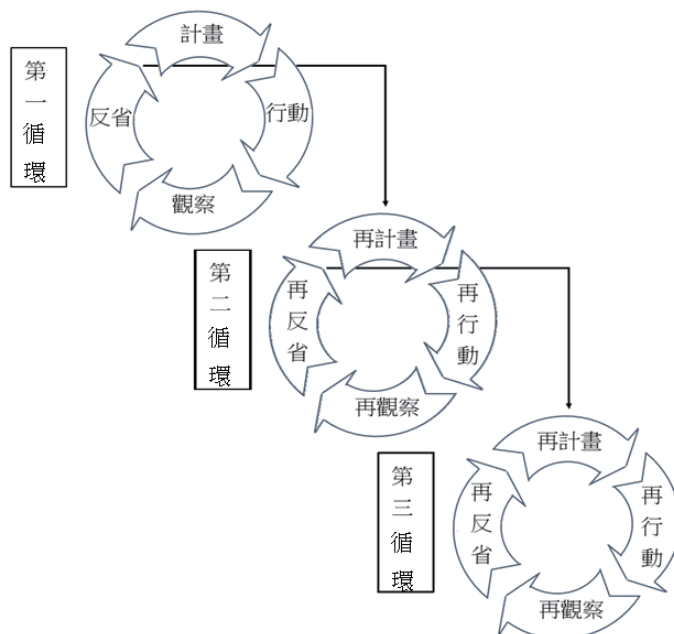


圖 3
第一階段之執行時期的行動研究循環圖



成，則完成數學教學方案，否則進入反省步驟討論教學草案修正內容。

4. 反省：針對觀察內容進行反省，並依反省結果修正教學草案，持續此循環直到數學教學方案完成。

(二) 第二階段：數學教學方案之立即、維持以及類化表現

採用單一個案研究法中的撤除實驗設計 (A-B-A')，旨在探討「運用認知負荷理論設計數學教學方案」對個案數與量概念教學立即、維持成效，研究架構圖，如圖 4。

數學教學方案介入分為基線期、介入期、維持期及類化期，詳細說明如下：

1. 基線期 (A)

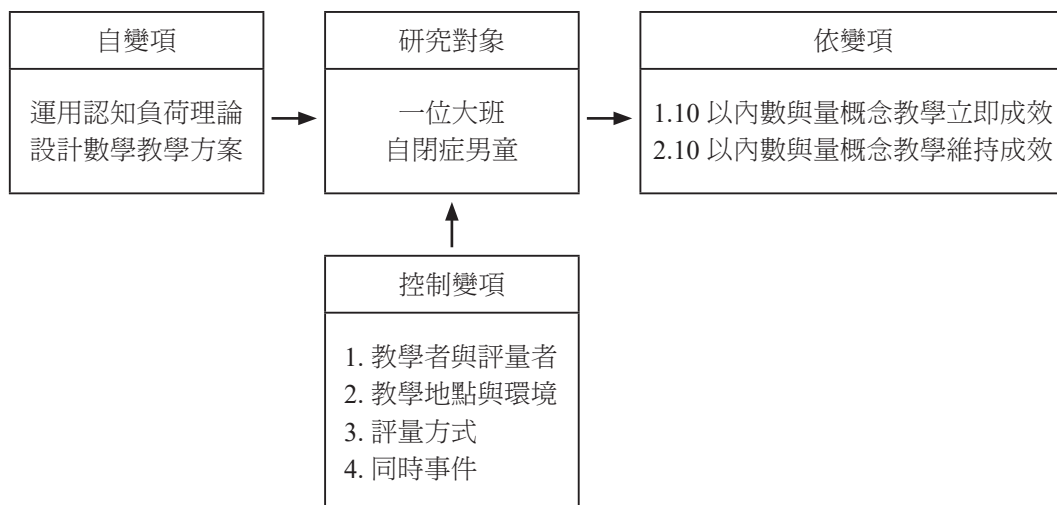
此階段為介入前準備階段，不進行任何教學介入。個案經篩選確認能正確指認數字及認讀數字 0 至 10 後，研究者利用「正確點數積木數量記錄紙」與古氏積木針對行為目標「數與量配對概念」進行評量，了解個案尚未進行教學介入前數與量配對概念正確率表現。基線期進行至少 3 次評量，待評量結果呈現穩定趨勢，才進入介入期。

2. 介入期 (B)

此階段進行介入處理。期間對個案進行每週三次，每次 30 分鐘的介入，並在教學結束後利用「正確點數積木數量記錄紙」與古氏積木進行測驗，了解「數與量配對

圖 4

第二階段研究架構圖



概念」教學立即成效。連續三次介入正確率達 90% 以上呈現穩定時，進入維持期。

3. 維持期 (A')

介入期結束後間隔兩週時間，期間不進行任何教學介入，之後進入維持期。利用「正確點數積木數量記錄紙」與古氏積木對個案進行 3 次以上「數與量配對概念」正確率測驗，以了解學習保留成效。

4. 類化期

數學方案介入與保留成效資料收集完畢後，針對「點數圖片中物件數量」、「取出正確數量積木」、「蓋印正確數量圖案」三項點數情境，以對抗平衡設計安排測驗順序共進行 6 次測驗了解點數正確表現，並避免施測順序固定造成熟練影響測驗正確性，以了解個案逐一點數能力建立後於其他點數情境的類化成效。

二、研究變項

以下說明行動研究逐步修正數學教學草案，與實施數學教學方案過程中之自變項、依變項與控制變項。

(一) 自變項

本研究自變項為運用認知負荷理論設計 10 以內數與量概念數學方案，考量自閉症幼兒學習特徵與數學教學策略，依認知負荷理論調整，進行行動研究，此為本研究目的一之結果。

(二) 依變項

本研究之依變項為數學教學方案介入後立即和維持成效，評量方式採研究者自編檢核表，評量方式詳見「資料蒐集與分析」。

（三）控制變項

1. 教學者與評量者

本研究有兩位研究成員，包含一位國小資源班教師（T1）和一位學前特師（T2）。T1 教師為碩士，教學年資二十年，為行動研究之教學者，亦為此次研究教具設計製作主導者，擅長利用雷射切割與 3D 列印等創客技術製作教具。T2 教師為碩士，年資十二年，為行動研究之協同研究者，亦為本研究參與者之導師。兩位研究者均有豐富教學經驗，在教材教具設計製作有足夠能力。

2. 協同研究者

行動方案修正過程中，邀請一位具合格教師證照之資源班教師進行協同研究，該名教師目前進修碩士中，且有 10 年教學資歷，可協助研究者完成數學教學方案。

3. 研究地點與環境

第一階段之研究場域為研究者 T1 任教之國小資源班，教學環境燈光充足，且位於學校行政大樓三樓，教學不受外界干擾。第二階段之研究場域位於學前特教班，教學地點均為個案熟悉之教室，於其教室座位進行，利用調整座位環境減少視覺與聲光干擾。介入過程中，均使用同一自製教具進行教學、操作練習與評量；利用白色 1 立方公分古氏積木作為操作積木，避免因教具替換影響教學與評量結果。行動研究教學驗證時間安排於每週二、四早自修時間，共計八次。教學方案介入因個案原訂安排往返外縣市接受早療課程，故教學時

間為三週，於每週一、二、三早上晨光活動，每次教學時間均為 30 分鐘，前 20 分鐘為教學實驗介入，後 10 分鐘進行評量。

4. 評量方式

第一階段之教學與評量由 T1 擔任，且教學與評量過程同步錄影後由 T2 觀看影片再次進行正確率計算。第二階段之教學方案介入評量均由 T2 擔任評量者並記錄，且評量過程同步錄影後由 T1 觀看影片再次進行正確率計算。

5. 同時事件

第一階段之研究對象原班教學進度與教學草案內容的數與量 0 至 10 配對無關；第二階段在數學教學方案完成前與介入過程中，將原班數與量相關教學活動課程安排於個案前往外縣市接受早療課程時進行，除維持班級其他同儕學習進度外，亦可避免個案接受額外學習影響介入結果。

三、研究對象

（一）第一階段：形成數學教學方案階段

本階段個案共三位國小學生，其一為經鑑輔會鑑定安置於不分類巡迴輔導班之五年級中度智能障礙學生，另兩位為安置於普通班接受資源班特教服務之二年級輕度智能障礙學生，以及二年級自閉症學生。三位學生均能念讀數字 0-10，但無數與量配對概念。

(二) 第二階段：數學教學方案介入階段

研究對象篩選條件為經鑑輔會鑑定安置於集中式學前特教班之自閉症幼兒，能持續專注與參與操作性活動達 3 分鐘，能正確指認數字和認讀數字 0 至 10，但無數與量配對概念，無法依數字拿取正確積木數量。

為篩選研究對象，研究者自編「數字指認題本」以了解數字指認能力，製作數字 0-10 數字字卡了解認讀數字能力，並檢視「正確點數積木數量記錄紙」判斷數與量配對概念，所有評量均須施測三次。經上述條件篩選後，僅一位幼兒符合篩選條件：三次指認數字及認讀數字 0 至 10 正確率均為 100%，但積木逐一點數及與同步唱數與點數正確率 0%。經家長簽署同意書後成為本研究之研究對象。

(三) 個案基本資料

個案為一名五歲十個月的大班自閉症男性幼兒，孕期及產期正常，3 歲時確診為自閉症類群，領有身心障礙證明，醫療診斷為自閉症、動作功能發展疾患、混合型語言接受—表達疾患，欠缺社交能力，對話時需以口語提醒才能維持眼神接觸約 5 秒。其各項認知評估現況如下：

1. 記憶力

個案記憶能力廣度不足，記憶翻牌遊戲僅能記得兩組牌卡的位置，但若增加其他感官的同時介入，則記憶廣度可以稍微

提升。對有興趣的事物能有較佳的記憶力，例如：可以記得三至五種昆蟲的名稱。

2. 注意力

個案注意力持續度尚可，小組活動時約可維持 5 分鐘，團體活動時在口語提醒之下，可以維持 10 分鐘左右；注意力常受到外界聲音與他人走動等因素干擾分心，需口語提醒才能回到活動當中並保持專注。

3. 語言理解

放慢語速並重複字句後能理解部分日常生活對話及單一指令，但是對理解抽象詞彙或不熟悉事物則有明顯困難。

4. 粗大動作

扁平足，穿有矯正鞋墊，粗大動作能力尚佳，可獨立走、跑、跳，但平衡感較弱。

5. 精細動作

手部肌力弱，無法拔扣積木，仍以抓握方式握筆，穿脫鞋子時，撕開黏扣帶有困難，需部份肢體協助。

6. 語言表達

能以簡單句表達，但無法持續對答，回答問題的內容侷限於自己有興趣的主題，例如：火車、普悠瑪、電風扇。

7. 數學概念

能指出兩物品長短、重量、大小差異；能分辨早上、下午晚上時間概念，並能確認讀與指認數字字卡 0-10。但無法理解逐一點數概念，無法比較 10 以內兩數字大小，也無法取出 10 以內正確數量。

四、研究工具

本研究工具共計有九項，於行動研究階段完成，並運用於教學方案介入。第一項用於控制教學環境，第二項至第五項用於篩選研究個案和了解介入與維持成效，第四至第九項用於評量類化表現成效。基線期、介入期與維持期以第四項紀錄積木點數結果，類化期以第六至第八項紀錄類化表現結果。

（一）操作區域圖板

以 B4 白紙印製，研究全程擺放於個案桌面，以控制教學環境與測驗評量環境歷次均為一致。研究者與個案面對面相坐後置於桌面上，以方框分隔為兩區塊，個案前方為作答區，寬 32 公分高 20 公分，個案於此區域中作答。研究者前方為預備區，寬 32 公分高 10 公分，於此區域中擺放預備之數字字卡、教具與積木等教學教材。

（二）數字指認題本與記錄紙

為研究者自編工具，以 A4 白紙印製共 11 頁，施測目的為了解個案能否正確指認數字 0-10，每頁分為四個欄位同時呈現四個數字，每欄位數字出現不重複，每頁數字均不相同，且各欄位答案出現率接近，測驗時研究者逐題記錄個案作答結果於記錄紙。

（三）0-10 數字字卡與記錄紙

研究者自製數字卡，每張長 8 公分，

寬 5 公分，數字字體為 *calibri* 80 級字體，由 0 至 10 共 11 張，用於篩選研究個案能否正確認讀數字，並於研究介入階段運用於正確點數積木數量教學、正確點數積木數量、取出正確數量積木與蓋出正確數量等測驗時，以隨機抽取排序方式產生題目序列，測驗時逐題記錄個案作答結果於記錄紙。

（四）正確點數積木數量記錄紙

個案於點數積木及觀看數字卡得知拿取積木數量時，供研究者記錄點數結果，並針對「是否點數正確」、「是否逐一點數」、「點數與唱數是否同步」三項行為進行記錄。

（五）古氏積木

古氏積木（Cuisenaire Rods）是比利時小學老師 George Cuisenaire 所研發，每個積木依其代表數量有相應刻度數量，可以讓學生計數一個積木上的單位數量，每刻度均為 1 公分，可用來計數、進行長度、面積、體積測量（李源順，2020）。本研究利用白色一立方公分古氏積木進行數與量概念教學及取出正確數量積木測驗之積木。

（六）正確點數圖片物件數量記錄紙

以 A4 圖卡印製共 11 張，每張圖卡上呈現水平等距橫排彩色蘋果圖片。每張圖片數量由 0 至 10 個不等，供個案於不同點數情境時，點數每張圖卡彩色蘋果圖片數

量。測驗時研究者逐題記錄參與者作答結果於記錄紙。

(七) 取出正確數量積木記錄紙

研究者記錄個案於類化期觀看數字字卡得知拿取積木數量後，自行拿取正確積木數量之結果。

(八) 蓋印出正確數量記錄紙

記錄個案依數字字卡得知蓋印圖片數量後，於記錄紙上蓋印出正確數量圖案。

(九) 連續印章

挑選桃紅色圖形單純之連續印章，印章手取部分直徑達 1.5 公分以便於個案抓握操作。於類化期記錄個案是否依數字字卡數量，蓋印出正確圖案數量。

五、教學設計

本教學方案包含教學流程與教具設計，為研究目的一之成果，並運用於研究目的二了解介入後立即及維持表現，詳見研究結果一。

六、資料蒐集與分析

第一階段為形成數學教學方案階段，過程中，研究者與協同研究者於觀察階段觀察個案之教學表現，記錄個案觀念理解困難與回答錯誤表現後，於反省階段以認知負荷理論分析困難成因，再以認知負荷理論調整教學草案中的教學活動流程、教

學說明用語及教具設計，並作為教學草案修正依據，設計新修正後之教學草案。

第二階段進行數學教學方案介入，將基線、介入與維持期歷次介入正確率為資料繪製成曲線圖後，以單一個案研究法視覺分析進行階段內與階段間資料變化分析，並於基線期與介入期，介入期與維持期間進行 C 統計分析，若階段間 Z 值達 $p < 0.1$ 的顯著水準，即代表該部分時間系列有顯著變化。

歷次評量均以隨機抽籤數字卡或圖卡決定各次評量題目順序，介入與維持成效時，教學者利用 0 到 10 數字字卡隨機抽籤完成測驗命題，依題目擺放積木數量後，由個案點數積木數量進行評量。類化期「取出正確數量積木」與「蓋印正確數量圖案」命題方式亦同，但前者點數時個案需觀看題目數字字卡後，自預備區 20 顆古氏積木中點數正確積木數量置於作答區中，評量結果記錄於「取出正確數量積木記錄紙」；在「蓋印正確數量圖案」情境中，研究者將數字字卡與連續印章置於預備區，測驗記錄紙置於作答區後，個案依數字字卡得知蓋印圖片數量後，於記錄紙上蓋印出正確數量圖案，評量結果記錄於「蓋印出正確數量記錄紙」；「點數圖片中物件數量」時，研究者隨機排序圖片置於作答區後，由個案逐題點數圖片上的蘋果數量，評量結果記錄於「正確點數圖片物件數量記錄紙」。

成效正確率計算方式為：答對題數 / 總題數 X 100% 以計算正確率百分比。如

11 題中，正確點數 4 題，正確率為 $4/11=36.36\%$ 。

師的肯定，並對數學科學習表現出現較高動機。

七、信度與效度

(一) 內容效度

本教學方案對個案有教學效果，並在三種不同情境的點數情境中均有良好類化表現。研究者 T1 於教學方案完成後對第一階段的三名學生進行教學，數與量配對正確率分別自介入平均正確率 31.8%、63.6%、81.8% 改善至 90% 以上。

(二) 教學流程一致性

本教學介入流程均由研究者 T2 擔任，避免因教學者更換造成教學流程變化影響教學流程一致性。

(三) 評分者間信度

評分者於實驗各階段評量過程中均使用攝影機錄製評量過程，並於實際測驗開始委請一名同班學生於完成測驗並錄影，再由兩位研究者同時觀看影片，各自針對「是否點數正確」進行計分後，依評分者間一致性計算公式計算評分者一致性百分比，並針對不同計分判斷部分討論後，再次計算一致性百分比，直至一致性百分比達 100% 止。

(四) 社會效度

四名個案於介入完成後，於數學點數正確率均有進步，一致獲得家長與原班教

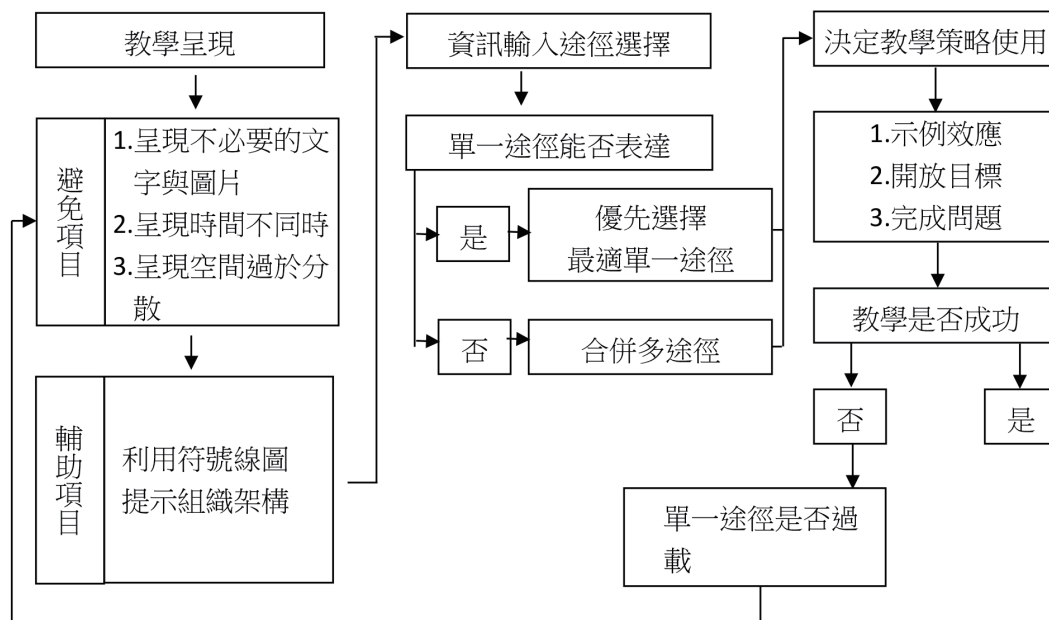
肆、結果與討論

本節歸納認知負荷理論後形成教學活動分析流程圖，依流程圖對歷次行動研究階段進行教學方案反省修正後，結合自閉症學習特徵完成數學方案。接著利用視覺分析與 C 統計探討介入過程中，各階段內與階段間趨勢變化與穩定性表現。研究介入基線期 3 次，介入期 8 次，維持期 3 次，類化期 6 次共計 20 次。因教學流程與教具設計得當，個案雖於基線期平均正確率為 30%，但自介入期開始後正確率開始逐次穩定增加，平均正確率增加至 78%，與基線期相較正確率有明顯提升，介入達穩定中斷兩週時間後進入維持期；維持期平均正確率達 100% 證明教學成效維持效果良好；類化期進行三種點數情境，點數物品分別為積木、圖片數量與動作次數，所有平均點數正確率均有良好表現。詳述如下：

一、依據認知負荷理論完成教學活動分析流程圖

如同前述認知負荷所述，學習最終目的為：習得所學內容後，自工作記憶存入長期記憶中建立基模。研究者將文獻所提造成外部認知負荷過載原因進行統整歸納後，彙整出教學活動安排順序應符合：

圖 5
教學活動分析流程圖



註：研究者自編

(一) 明確分開處理操作與理解指令；(二) 透過教具等媒材減輕工作記憶負擔；(三) 學習內容概念建立形成基模儲存於長期記憶後，再透過提取基模策略幫助學習者練習提取基模，以減少工作記憶負擔。單一教學活動進行時，依「教學內容呈現」、「資訊輸入途徑選擇」以及「教學策略使用」等三項教學流程，進行個體優弱勢調整後，決定教學活動進行方式，形成教學活動分析流程如圖 5。如教學成效未達期待，教學者可透過現場與觀察回饋，依流程圖重新修正教學活動。

二、運用行動研究完成數學教學方案

本方案最初教學流程以視覺化呈現幫助理解抽象概念，透過具遊戲性之教具提高學習動機，以工作分析法安排教學活動流程為：(一) 呈現數字卡與教具；(二) 念出數字卡並將積木逐一放入教具中；(三) 推動拉桿後逐一點數積木，並念出積木上方數字。初版教具亦能進行基本加法練習，如圖 6。

圖 6
初版教具設計



使用初版教具進行數學教學草案時，個案 8 次介入後均能操作教具，並在推動推桿後說出數量答案，但需介入 6 次後才能理解逐一點數的意義。經研究者與協同研究者觀察討論後，並以認知理論分析成因，發現教學流程中的五項干擾因素，分別為：

- (一) 教學呈現：教具操作不熟悉、推動拉桿後點數過程對個案而言過於冗長、教具呈現過多數字與功能。
- (二) 輸入途徑：方向辨認混淆造成對指令理解困難。
- (三) 教學策略：難以理解口語說明拉桿功能。

故於行動研究的反思中，修正教學流程為：

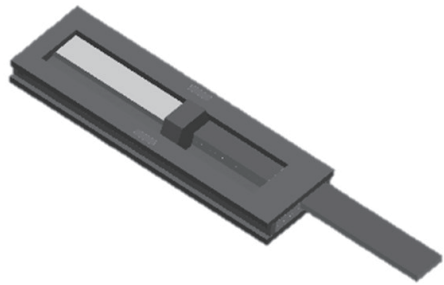
- (一) 先進行教具操作教學，再進行逐一點數教學；減少教具數字降低視覺干擾，拉桿增加擋片、加大開口使積木更容易放入，並取消加法功能。
- (二) 簡化口語指令。點數結束後僅需說出「有（積木上方最右側的數字）

個」。

- (三) 示範後再陪伴個案完成，並慢慢去除協助。

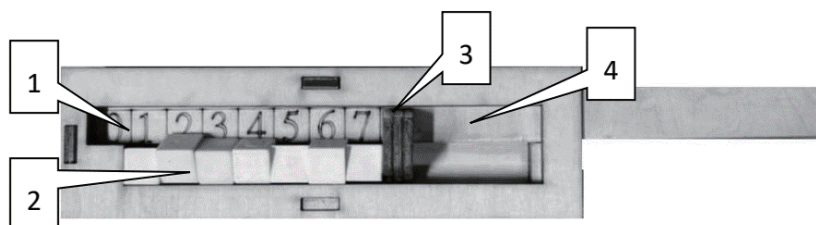
依前述內容調整，並加上自我檢核步驟，形成二版教學草案為：（一）教具操作教學；（二）逐一點數積木；（三）依數字卡取出積木數量；（四）自我檢核。並取消初版教具的加法功能，加大積木置入空間，二版教具設計如圖 7。

圖 7
二版教具設計圖



二版教學草案中，個案 8 次介入後均能操作教具並在推動推桿後說出數量答案，且均於 2 次介入即能理解逐一點數的意義。經觀察討論後發現：（一）先進行教具操作教學有助於個案直接說出正確答案形成增強；（二）點數與教具教學分為兩個流程並簡化教學口語指令，對理解逐一點數概念有明確幫助；（三）教具拉桿增加擋片與加大開口並遮蓋多餘數字有助於提高學習專注力。但仍觀察到自我檢核點數過程中，輸入途徑因判斷積木數量指令「太多」、「太少」容易混淆，且個案詢問教具為何沒有「0」。

圖 8
最終版之教具設計圖



註：引自黃梓祐（2022）。專利編號 M631554。經濟部智慧財產局。1. 縮短數字與點數物的空間距離，提供與積木鄰近的視覺線索。2. 利用教具外框明確點數方向，同時提供視覺線索標註代表目前點數數量。3. 操作動作或機構能便於個案操作。4. 操作時遮蓋不必要的視覺線索減少干擾。

故於反思階段保留前述有效修正內容，將指令改為更生活化的「不要」、「還要」，教具設計增加數字 0。經研究者與協同研究者同意，修正後之草案為正式數學教學方案，最終版教具設計如圖 8。

綜上述修正過程依據自閉症幼童對理解、溝通方式及教學策略；判斷形成認知負荷之原因與類型後，參考認知負荷理論分析流程圖進行三點調整：

- (一) 同時學習教具操作與點數造成文字與圖片兩途徑過載形成認知負荷。教學方案流程先進行教具操作，再進行逐一點數教學；教具設計上，取消加法功能減少數字降低視覺干擾。拉桿增加擋片並加大開口使積木更容易放入便利操作。
- (二) 理解指令同時須辨別方向造成文字途徑過載形成認知負荷。應簡化口語指令。點數結束後僅需說出「有

（積木上方最右側的數字）個」。並將指令改為更生活化的「不要」、「還要」。

- (三) 完成教具操作並點數積木，造成工作記憶必須保留的訊息量大引起認知負荷過載。增加「教具操作」、「逐一點數積木」兩活動。降低原方案難度，並於示範後退除協助陪伴個案完成。

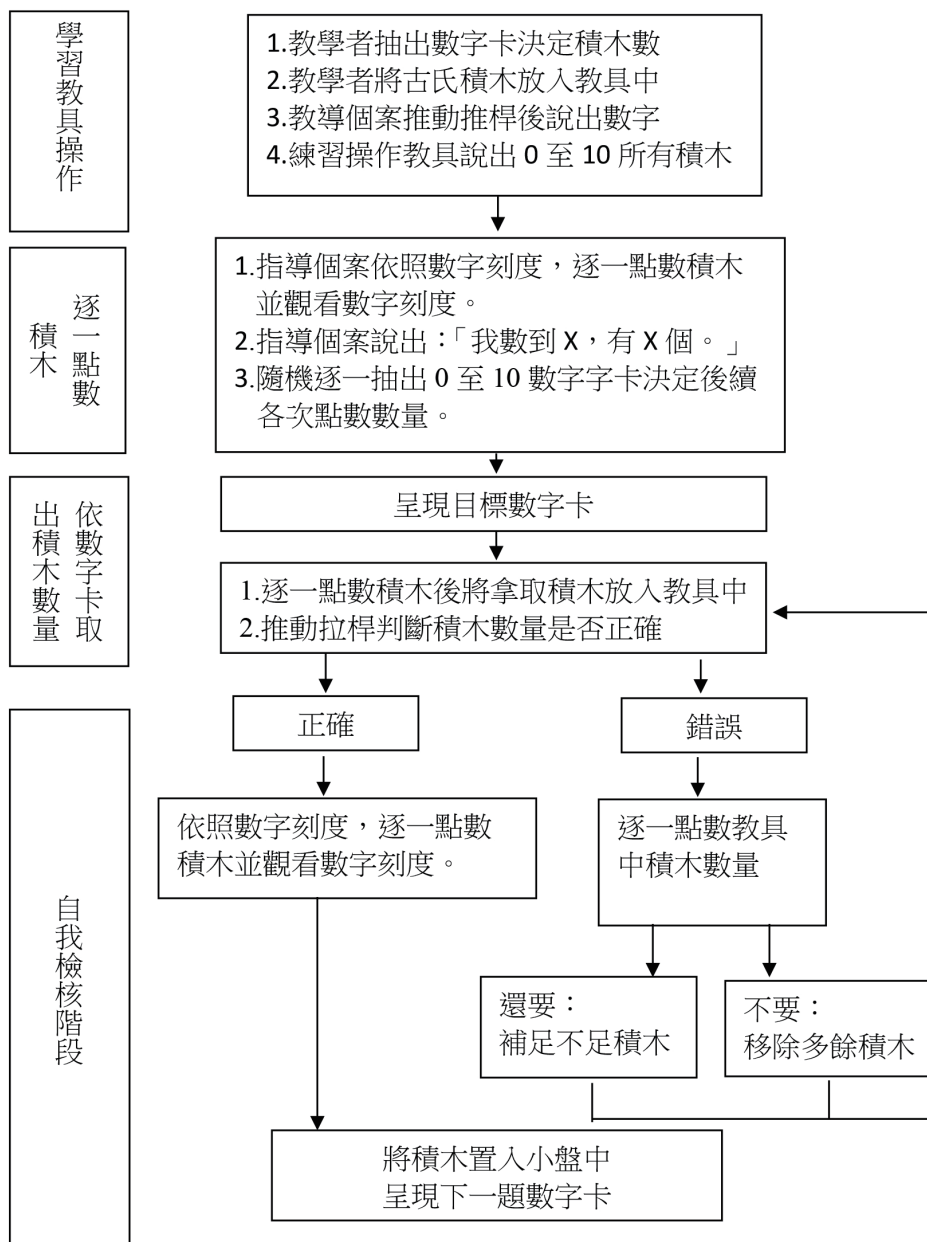
數學教學方案流程圖，為圖 9。

三、運用認知負荷理論設計數學教學方案後，對自閉症幼兒 10 以內數與量概念教學立即成效之結果說明

- (一) 教學方案介入有明顯立即及維持教學成效

研究參與者數與量點數能力於基線期

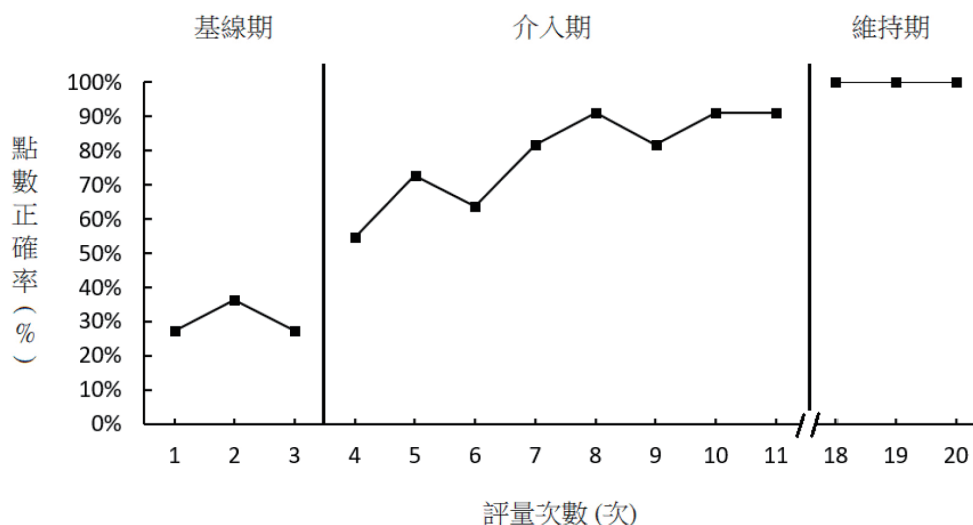
圖 9
數學教學方案流程圖



正確率低，教學方案介入後，立即成效呈正向變化，於教學褪除兩週後進行維持期保留成效。發現教學方案對研究參與者數

與量點數能力有立即與維持成效。其曲線如圖 10。

圖 10
數與量點數正確率折線圖



(二) 教學方案階段內介入結果

基線期總共進行 3 次介入蒐集數與量點數表現。積木數量 0 顆、1 顆、2 顆均能答對，平均點數正確率為 33%，最高正確率為 36%，最低為 27%。趨勢內資料路徑方向為穩定水平，水準穩定性為 100%。因趨勢穩定性達 100%，故進入介入期。介入期總共進行 8 次介入，蒐集每次介入後數與量點數立即表現。本階段第一次介入起正確率由 55% 開始起伏朝正向改變，最末連續兩次正確率達 91%，故其趨勢內資料路徑方向為上揚，但水準穩定性僅 37.5%。平均點數正確率為 78%，最高正確率為 91%，最低為 55%。趨勢穩定性達 87.5%。因第 5 次起有除第 6 次介入正確率為 81.8% 外，第 5 次與最末 2 次正確率均達 90.9% 呈現穩定，故進入維持期。維持

期總共進行 3 次介入，歷次介入正確率均為 100%。故平均點數正確率為 100%，其趨勢內資料路徑方向為穩定水平，水準穩定性為 100%。其趨勢穩定性亦達 100%。各階段內分析資料如表 1。

基線期答對分別為 27.3%、36.4% 及 27.3%。但均未出現逐一點數及點數與唱數行為。基線期中歷次作答過程，「逐一點數」與「點數與唱數同步」均未出現，可知個案基線期僅能將 0 與 1 進行數與量的配對，基線期不了解數與量配對與逐一點數。

介入期共介入 8 次，每次測驗 11 題，總計回答 88 次。其中答錯 22 次。「低於題目數量一顆」最常見，總計 19 次，積木數量 3 顆以內均能答對積木數量，積木數量 6 答錯最多，4 直至介入期結束前末兩次

表 1
數與量點數階段內分析摘要表

階段順序	基線期	介入期	維持期
依序	1	2	3
階段長度	3	8	3
趨勢預估	— (=)	／ (+)	— (=)
趨勢穩定性	穩定 100%	穩定 87.5%	穩定 100%
平均值	30	78	100
趨勢內資料路徑	— (=)	／ (+)	— (=)
水準穩定性	穩定 100%	不穩定 37.5%	穩定 100%
水準範圍	36-27	91-55	100-100
水準變化	27-27/ 0	91-55/ +36	100-100/ 0

仍答錯，此階段能逐一點數積木。但歷次「唱數與點數同步」，直至第 5 次介入後正確率開始穩定上升。

維持期三次答對率均為 100%，每次均出現逐一點數行為，點數與唱數亦能同步，並觀察到個案利用推動推桿自我檢核積木數量正確性。

(三) 教學方案階段間介入結果

基線期與介入期兩階段之間，趨勢自穩定轉為向上，呈現正向改善。趨勢自基線期至介入期均呈現穩定，正確率水準變化自 27% 提升至 55%，增加 28%。代表正確率有改善，與趨勢所描述內容一致。自介入後第一次即答對 6 次，之後正確率逐

次起伏上升。重疊百分比為 0%。C 統計 Z 值為 3.1126，達顯著差異。介入期歷次立即成效均高於基線期，趨勢穩定朝正向發展，介入成效明顯有效。

介入期與維持期兩階段之間，趨勢自向上轉為穩定，呈現正向改善。趨勢自介入期至維持期均呈現穩定，正確率水準變化自 91% 提升至 100%，增加 9%，代表正確率有改善，與趨勢所描述內容一致。維持期第一次即全部答對，之後正確率穩定維持 100%，重疊百分比為 0%，C 統計 Z 值為 2.8092，達顯著差異。故維持期歷次立即成效均高於介入期，介入期趨勢呈現穩定且成效表現優於介入期。維持成效明顯有效，如表 2。

表 2
數與量點數階段間分析摘要表

階段比較	基線期／介入期	介入期／維持期
改變的變項數目	1	1
趨勢方向與效果變化	- / (正向)	/ - (正向)
趨勢穩定性變化	穩定到不穩定	不穩定到穩定
重疊百分比	0%	0%
C 值	0.8524	0.7693
Z 值	3.1126*	2.8092*

* $p < 0.1$

表 3
其他點數情境歷次正確率表

次數	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	第六次	總正確率 平均
首先評量 內容	圖片 90.9%	蓋印 100%	取積木 100%	圖片 100%	蓋印 100%	取積木 100%	圖片 98.4%
次項評量 內容	取積木 100%	圖片 100%	蓋印 100%	取積木 100%	圖片 100%	蓋印 100%	取積木 100%
最後評量 內容	蓋印 100%	取積木 100%	圖片 100%	蓋印 100%	取積木 100%	圖片 100%	蓋印 100%

四、自閉症幼兒接受 10 以內數與量 概念教學後，於其他點數情境 類化表現良好

研究者以對抗平衡設計對正確點數圖片物件數量、取出正確數量積木、蓋印出正確數量三種類化情境進行點數正確率測驗共六次，透過點數對象由具體物、圖片進而類化至蓋印動作次數三種不同情境評量類化能力，歷次測驗順序與正確率，如

表 3。

個案於三種情境中正確率均相當高，僅蓋印正確數量圖案於第一次評量時，需蓋印 9 個圖案時僅蓋出 8 個，其餘各次評量均正確答對。平均 6 次正確率後，蓋印正確數量圖案總平均正確率為 98.4%。點數圖片中物件數量與取出正確數量積木之總平均正確率均為 100%。過程中均逐一點數同步唱數，點數圖片平均正確率達

98.4%，蓋印平均正確率達 100%。類化成效良好。

五、本次研究結果對應文獻探討

（一）教學呈現視覺線索有利降低記憶負擔

縮短數學字卡、積木與數字刻度的空間距離，可有效呈現視覺線索，有助降低視覺搜尋時間與工作記憶暫存負擔。操作過程中，答案顯示於教具上，可減輕學習過程中的工作記憶負擔，證明視覺線索對教學的重要性，此結果與沈碩彬（2008）及 Mayer（2009）觀點一致。積木上方緊鄰點數數字，能幫助個案專注於教學情境中並完成逐一點數動作，可避免因注意力不足影響學習（羅鈞令，2013）。

（二）調整輸入途徑能有效避免認知負荷途徑過載

口語理解是自閉症孩童的主要困難之一，也可能無法將口語說明和示範或手勢連結起來（羅鈞令，2013）。本教學方案以最少口語指令教導正確操作教具，再開始口語解釋，能幫助個案先專注學會教具操作，再理解口語解釋。此過程與教學者過去習慣的教學策略有不同，但可避免單一途徑或雙途徑過載（Sweller, 2010；Wolery & Bailey, 1984），且因操作時間簡短即能答對獲得肯定，能使操作教具變成個案有興趣的活動，亦符合文獻提及：教具操作與教學遊戲性對自閉症學習有正面

幫助（王淑惠，2015；楊宗仁、李惠蘭，2010），及詹士宜（2017）提出教學須依據具體、半具體至抽象階段安排。

（三）教學活動幫助個案練習提取基模

本研究運用卓曉園等人（2014）和 Sweller（2010）提出，於教學活動中形成基模儲存於長期記憶後，再透過提取基模的策略，能幫助個案練習提取基模，並結合後項連結策略，協助個案逐步學習方案內容。本研究將點數能力依序安排單一教學重點於各流程中，先習得操作教具說出積木數量，再專注建立逐一點數能力，接著讓個案依數字卡拿取積木數量。即注重於形成基模後再進行提取。透過同一流程中，重複的多次教學提高自閉症幼兒對規則的理解，與王淑惠（2015）所提，反覆練習等認知策略能增進自閉症數學能力相符。

（四）多元方式設計教學方案有效提升個案數概念

以工作分析法設計教學方案後，配合認知負荷理論，針對「教學呈現」、「資訊輸入途徑選擇」與「決定教學策略」降低認知負荷過載機會，有助於教學者針對教學方案流程與教具設計上針對個別化需求進行細部調整，對教學流程進行更細膩的安排，設計出更貼合個案需求的教學方案，亦印證以多樣化策略教導數學概念之必要性（楊坤堂，2007）。

伍、結論與建議

本研究依自閉症學習特質與數學教學策略擬定教學方案後，透過認知負荷理論調整後，針對 10 以內數與量配對設計介入方案並對大班自閉症幼兒進行介入，透過蒐集歷次介入結果了解介入與維持成效，並設計三種不同情境評量點數能力類化效果。結論與建議如下：

一、結論

- (一) 教學方案教學流程為：1. 教具操作教學；2. 逐一點數積木；3. 依數字卡取出積木數量；4. 自我檢核階段。教具設計需遮蓋視覺干擾、拉桿增加擋片、並加大開口、數字刻度為 0 至 10，且積木與數字距離接近。
- (二) 本數學方案對自閉症幼兒 0 至 10 數與量概念有立即成效，基線期平均正確率僅 33%，介入期平均正確率提高至 78%。
- (三) 本數學方案對自閉症幼兒 0 至 10 數與量概念有維持成效，三次維持期正確率均達 100%。
- (四) 本數學方案對自閉症幼兒 0 至 10 數與量概念有類化成效，三種不同情境之平均正確率均達 98.4% 以上。

二、建議

- (一) 教學者以工作分析法降低教學方案內部認知負荷負載後，可利用認知

負荷理論歸納出的教學活動分析流程圖進行教學活動分析，將有助降低外部認知負荷過載機會。

- (二) 針對抽象概念進行教學時，教學以教具操作為主簡短口語指令為輔，先幫助學習者學會，再透過逐步增加口語說明提升學習者聽理解能力，將有助於避免學習者因認知負荷管道過載而中斷學習。
- (三) 不同學習者先備知識豐富度會影響認知負荷，並可能對教學活動的效果產生影響。未來運用此方案時應考量個案於障別、年齡等條件，了解其認知負荷條件進行調整。

參考文獻

一、中文部分

- 王淑惠 (2015)。淺談自閉症學生的數學教學策略。東華特教，53，15-21。
- 李佳芬 (2015)。應用「全方位課程」在國小智能障礙與自閉症學生錢幣使用學習之成效 (未出版之碩士論文)。國立臺南大學。
- 李源順 (2020)。整數與代數教材的教與學。載於林碧珍 (編)，國小數學教材教法 (231-267 頁)。教育部。
- 宋維村 (2000)。自閉症學生輔導手冊。教育部特殊教育小組。
- 沈碩彬 (2008)。從認知負荷理論談英語

- 教學之實施。研習資訊，**25**（2），51-57。
- 卓曉園、詹士宜、楊智全（2014）。認知負荷理論之外在認知負荷影響學習障礙學生有效學習之初探。中華民國特殊教育學會年刊，45524，341-352。
- 郭生玉（2012）。心理與教育研究法。精華。
- 陳淑貞（2013）。結構化教學之探討與自閉症學生案例分享。國小特殊教育，**55**，72-86。
- 張正芬、顏瑞隆（2012）。從生態系統理論談自閉症學生的學校適應。特殊教育季刊，**124**，11-19。
- 黃梓祐（2022）。專利編號 **M631554**。經濟部智慧財產局。
- 楊坤堂（2007）。數學學習障礙。五南。
- 楊蕒芬（2004）。自閉症學生之教育。心理。
- 楊宗仁、李惠蘭（2010）。自閉症學生的融合教育課程：運用結構化教學協助融合。心理。
- 詹士宜（2017）。數學學習困難學生的補救教學：以替換式數學教學為例。載於詹士宜、楊淑蘭（編），突破數學學習困難理論與實務（195-225頁）。心理。
- 趙文崇（2017）。兒童數量概念的發展與異常：從神經生理基礎談起。載於詹士宜、楊淑蘭（編），突破數學學習困難理論與實務（3-17頁）。心理。
- 盧美貴（2003）。我國五歲幼兒基本能力與學力指標建構研究。教育部國民教育司。
- 羅鈞令（2013）。自閉兒的潛能開發：結合理論與實務。心理。

二、英文部分

- Al-Qabandi, M., Gorter, J. W., & Rosenbaum, P. (2011). Early autism detection: are we ready for routine screening? *Pediatrics*, *128*, 211-217.
- Ashman, G., Kalyuga, S. & Sweller, J. (2020). Problem-solving or explicit instruction: which should go first when element interactivity is high? *Educational Psychology Review* *32*, 229-247. <https://doi.org/10.1007/s10648-019-09500-5>
- Baron-Cohen, S., Wheelwright, S., Burtenshaw, A., & Hobson, E. (2007), Mathematical talent is linked to autism. *Human Nature*, *18*(2), 125-131. <https://doi.org/10.1007/s12110-007-9014-0>
- Baroody, A. J., & Dowker, A. (Eds.) (2003). *The development of arithmetic concepts and skills: Constructing adaptive expertise*. Erlbaum.
- Bodovski, K., & Farkas, G. (2007). Mathematics growth in early elementary school: The role of beginning knowledge, student engagement, and instruction. *The Elementary School Journal*, *108*, 115-130.

- Carnahan, C. R., Hume, K., Clarke, L., & Borders, C. (2009). Using structured work systems to promote independence and engagement for students with autism spectrum disorders. *Teaching Exceptional Children, 41*(4), 6-14.
- Clements, D., & Sarama, J. (2009). *Learning and teaching early math: The trajectories approach*. Routledge.
- Cragg, L., & Gilmore, C. (2014). Skills underlying mathematics: The role of executive function in the development of mathematics proficiency. *Trends in Neuroscience and Education, 3*(2), 63-68.
- Dowker, A., (2020). Arithmetic in developmental cognitive disabilities. *Research in Developmental Disabilities, 107*, 1-7. <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2020.103778>
- Gelman, R. & Gallistel, C. R. (1978). *The child understanding of the numbers*. Harvard University Press.
- Jacobi- Vessels, J. L., Brown, E. T., Molfese, V. J., & Do, A. (2016). Teaching preschoolers to count: Effective strategies for achieving early mathematics milestones. *Early Childhood Education Journal, 44*(1), 1-9.
- Klett, L.S., & Turan, Y. (2012). Generalized Effects of Social Stories with Task Analysis for Teaching Menstrual Care to Three Young Girls with Autism. *Sex Disabil 30*, 319-336. <https://doi.org/10.1007/s11195-011-9244-2>
- Mayer, R. E. & Moreno, R. (2003). Nine ways to reduce cognitive load in multimedia learning. *Education Psychologist, 38*(1), 43-52.
- Mayer, R. E. (2009). *Multimedia learning* (2nd ed.). Cambridge University Press.
- Mayes, S.D., & Calhoun, S.L. (2006). Frequency of reading, math, and writing disabilities in children with clinical disorders. *Learning and Individual Differences, 16*(2), 145-157. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2005.07.004>
- Mesibov, G. B., Shea, V., & Schopler, E. (2005). *The TEACCH approach to autism spectrum disorders*. Springer Science & Business Media.
- Parker, D., & Kamps, D. (2011). Effects of Task Analysis and Self-Monitoring for Children With Autism in Multiple Social Settings. *Focus on Autism and Other Developmental Disabilities, 26*(3), 131-142. <https://doi.org/10.1177/1088357610376945>
- Pass, F. (1992). Training strategies for attaining transfer of problem solving skill in statistics: A cognitive load approach. *Journal of Educational Psychology, 84*(4), 429-434.
- Pierce, K., & Courchesne, E. (2001). Evidence for a cerebellar role in reduced

- exploration and stereotyped behavior in Autism. *Biological Psychiatry*, 49, 655-664.
- Rosenshine, B. (2009). The empirical support for direct instruction. In S. Tobias and T. Duffy (Eds.) *Constructivist instruction: success or failure?* 201-220. New York: Routledge. <https://doi.org/10.1037/0003-066X.59.1.14>
- Starkey, P., & Cooper, R. (1980). Perception of numbers by human infants. *Science*, 210(4473), 1033-1035. <https://doi.org/10.1126/science.7434014>
- Sweller, J. (1988). Cognitive load during problem solving: Effects on learning. *Cognitive Science*, 12, 257-285.
- Sweller, J. (2006). The work example effect and human cognition. *Learning and Instruction*, 16(2), 165-169.
- Sweller, J. (2010). Element interactivity and intrinsic, extraneous, and germane cognitive load. *Educational Psychology Review*, 22(2), 123-138.
- Sweller, J. (2022). The role of evolutionary psychology in our understanding of human cognition: consequences for cognitive load theory and instructional procedures. *Educational Psychology Review*, 34, 2229-2241. <https://doi.org/10.1007/s10648-021-09647-0>
- Sweller, J., & Chandler, P. (1994). Why some material is difficult to learn. *Cognition and Instruction*, 12(3), 185-233.
- Tan, H. C., Hughes, M. R., & Toogood, S. (2016). Using task analysis to promote engagement in special educational settings. *European Journal of Behavior Analysis*, 17(2), 116-130. <https://doi.org/10.1080/15021149.2016.1247575>
- Wolery, M., & Bailey, D. B. (1984). Alternatives to impact evaluations: Suggestions for program evaluation in early intervention. *Journal of the Division for Early Childhood*, 9(1), 27-37.
- Wu, X., Chen, X., Zhao, J., & Xie, Y., (2023, August 19). *Influences of design and knowledge type of interactive virtual museums on learning outcomes: An eye-tracking evidence-based study*. Retrieve from. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10639-023-12061-4#citeas>
- Xin, Y. P., & Jitendra, A. K. (1999). The effects of instruction in solving mathematical word problems for students with learning problems: A meta-analysis. *The Journal of Special Education*, 32, 207-225.
- Zeidan, J., Fombonne, E., Scora, J., Ibrahim, A., Durkin, M. S., Saxena, S., Elsabbagh, M., & Dowker, A. (2020). Arithmetic in developmental cognitive disabilities. *Research in Developmental Disabilities*, 107, 1-20. <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2020.103778>

Investigating the Effectiveness of a Cognitive Load Theory-Based Program on Math Readiness for a Child with Autism Spectrum Disorder

Tzu-You Huang

Ph.D. Student,
Department of Education
and Human Potentials
Development,
National Dong Hwa
University

Shu-Syuan Zeng

Ph.D. Student,
Department of Education
and Human Potentials
Development,
National Dong Hwa
University

Chih-Kang Yang

Associate Professor,
Department of Special
Education,
National Dong Hwa
University

Abstract

This study aimed to develop a cognitive load theory-based math instruction program to enhance the mathematical readiness of a preschooler with autism spectrum disorder (ASD). Using a mixed-methods approach, the research began with action research to create the specialized program, followed by a single-case study that employed an ABA' withdrawal design to evaluate performance during baseline, intervention, and maintenance phases. Initially, the participant could recognize numbers but struggled with numerical and quantitative matching. Both visual and statistical analyses (C-statistics) were conducted to identify trends, stable performance, and significant differences across these phases.

Study findings indicate the following:

1. Effective design elements, including methods and tools, were identified for a cognitive load theory-based math teaching program.
2. The program yielded immediate positive effects post-intervention.
3. Sustained performance gains were observed during the maintenance phase.
4. Successful learning generalization occurred across three distinct scenarios.

The researchers offer several suggestions for future studies in this area in light of these results.

Keywords: child with autism spectrum disorder, cognitive load theory, mathematics teaching, mathematics readiness