

電腦化適性評量與電腦輔助教學應用於國小特殊需求學生數學學習表現之研究

侯禎塘/詹蔭禎/李俊賢
國立臺中教育大學特殊教育系

摘要

本研究旨在探討針對數學學習不利的特殊需求學生，透過「BNAT 適性診斷測驗暨學習系統」(Bayesian networks based adaptive testing, 簡稱 BNAT) 實施診斷評量與電腦輔助教學的數學學習成效。研究受試者為三位具有特殊教育需求的國小高年級輕度智能障礙學生。研究方法採用單一受試研究法的跨受試多探試實驗設計，自變項為「線對稱圖形」單元的電腦輔助教學，依變項為受試者的數學學習表現，並以「BNAT 適性診斷測驗暨學習系統」為學習診斷及評量工具，實驗教學於一個學期內完成。最後並以視覺分析法及 C 統計進行分析，輔以開放式問卷訪談作為成效了解。

研究結果顯示，三位受試者在接受 BNAT 的介入前，基線期的正確率皆呈偏低狀態。BNAT 進行教學介入後，三位受試者的學習評量正確率明顯升高，顯示實驗教學介入對三位受試者的數學學習表現具有良好效果；且經由基線期、介入期與保留期的合併相鄰階段的 C 統計考驗結果，亦顯示 BNAT 的實驗教學能提升受試者的數學學習表現成效，並能具保留效果。訪談資料也顯示本研究具有良好效果。

關鍵字：電腦化適性評量、電腦輔助教學、特殊需求學生、輕度智能障礙、數學學習表現

壹、緒論

一、研究背景、動機與目的

數學之重要性是眾所週知，在日常生活與工作中人們不斷的運用數與量的思考、記錄與溝通，數學早已是社會生活中的基本技能，世界各國的中小學課程，莫不把數學列為重要的學習領域(楊坤堂, 2003; Lerner, 2003)。數

學也是科學之母，當一個國家的科學與科技對人民日常生活的影響日益深遠之際，數學學習的重要性就與日俱增（Lofland, 1993; Rech, Hartzell & Stephens, 1993）。數學的學習，讓我們在各種學科，甚至在待人處世上，都能有較清晰的思考脈絡及判斷力。因此，數學的本質是一門經世之學，也該是一門有趣的學科（侯禎塘、李香慧、張乃悅，2004）。

但在實務中發現不少學習不利的特殊需求兒童（child with special need），常在普通教育環境的學習適應上出現問題，其中又以數學學習之情形為甚。而特殊需求兒童的的數學學習問題，常導因於認知、溝通、感官、情緒行為或身心等方面的特質或限制。教師若未能體察這些問題，且未能依學生個別能力特質給予個別化教學的適性教育或實施數學補救教學，則不僅這些兒童的數學學業成就表現低落，更嚴重地喪失了學習的興趣與自信心（侯禎塘，2004；Lerner, 2003；Kirk, Gallagher, Anastasion, 1997）。

隨著資訊科技的進步，教育興起採用科技融入個別化教學的策略，尤其是對個別差異較大的學習困難學生，電腦是一項能引起學習動機和不斷重覆個別化練習的有效率輔助工具（朱經明，1995；Jonassen, 2000）。尤其是經由系統化建構的電腦輔助教學（Computer Assisted Instruction）或電腦多媒體教學（Multimedia Computer Instruction），頗能針對不同學生施與不同學習速度的教學與回饋，帶動活潑生動學習情境，被視為是能有效執行個別化教學的策略（侯禎塘、王春滿、吳柱龍、李俊賢，2009；張再明、陳政見，1998）。

近年來更由於網路傳輸之發達，以網路為基礎的電腦化數學評量與輔助教學系統，逐漸被重視與開發，具有相當的潛力。郭伯臣、楊裕賢、胡豐榮（2008）以診斷性評量與補救教學的理念，研發一套以貝式網路為基礎的適性測驗系統（Bayesian Network based Adaptive Test，簡稱BNAT），是以學生知識結構為基礎編制的電腦化適性診斷測驗，能診斷出學生數學學習概念需要加強之處，更具有診斷學生錯誤類型與迷思概念的功能，使得評量、診斷與補救教學皆能個別化與適性化，達到「因材施教」與「因材施教」。

為此，如何因應特殊需求學生的身心發展與個別差異極大的問題，採取快速評量與診斷學生的問題與學習現況，分析其錯誤類型，並據以調整教學內容，進行補救教學，以達到適性教育的目的，是本研究關心探討的課題。García, Schiaffino, Amandi (2008)指出學生根據自己的學習的模式用不同的方式獲取和處理訊息，只要學習的互聯網路線有效，即使學生使用不同的學習的模式，仍然能保證所有學生都能學會。貝氏網路具強而有力的機率推理模式，可結合受試者的資料與專家的知識判斷，有效預測學生概念的有無，並且推論變數間的關係，在進行認知診斷評量具有優勢（施叔娟，2005）。因此

若應用貝氏網路精神進行教育診斷測驗與學習評量，將有助於老師精確推斷學生的錯誤類型、子技能和能力指標的學習情形，以利進行測驗後的回饋與補救教學，進而提高學生學習成效。

基於上述背景動機，本研究將使用「BNAT 適性診斷測驗暨學習系統」，以國小高年級數學課程的「線對稱圖形」為例，藉由貝氏網路的診斷分析，找出學生在「線對稱圖形」學習上的錯誤類型，再根據診斷結果進行電腦輔助教學與補救，以增進學生學習成效，並將結果提供教師教學上的參考。詳言之，本研究目的在於探討：

- (一) 「BNAT 適性診斷測驗暨學習系統」對國小輕度智能障礙學生在「線對稱圖形」的立即學習成效
- (二) 「BNAT 適性診斷測驗暨學習系統」對國小輕度智能障礙學生在「線對稱圖形」的學習保留成效。
- (三) 了解受試學生對以貝氏網路為基礎之電腦化適性診斷測驗與電腦輔助教學的看法。

依據目的，本研究提出的待答問題如下：

- (一) 「BNAT 適性診斷測驗暨學習系統」對國小輕度智能障礙學生在「線對稱圖形」的立即學習成效為何？
- (二) 「BNAT 適性診斷測驗暨學習系統」對國小輕度智能障礙學生在「線對稱圖形」的學習保留成效為何？
- (三) 了解受試學生對以貝氏網路為基礎之電腦化適性診斷測驗與電腦輔助教學的看法為何？

貳、文獻探討

一、電腦化適性診斷評量與補救教學

教師在評量學生的能力，了解學習情況與困難所在，並進行補救教學時，常遇到「診斷測驗的編製」、「施測後測驗的記分及記錄」、及「如何根據適當結果進行適當補救教學」等三方面的課題，而電腦化適性測驗與教學輔助系統，則可提供處理此三方面課題的途徑。電腦適性測驗主要特色為能針對使用者的學習狀況，給予適當的試題，如此不僅可以有效的節省測驗題數，亦可縮短測驗時間，更能符合「因材施教」的原則。一般而言，電腦化適性測驗可分為二大類：一類是以試題反應理論(item response theory, IRT)為基礎；另一類則以知識結構為基礎。以試題反應理論為基礎的電腦化適性測驗，施測後，受試者成績為「能力值」(ability)或「量尺分數」(scale score)，較適

合用於教育資源分配情境，例如：基本學力測驗、大學入學測驗等。若使用該分數來診斷學生錯誤概念，並不十分恰當，因為兩個具有相同分數的人，其錯誤概念未必相同，故以IRT為基礎的電腦適性測驗來進行學習診斷，所提供的訊息並不適用於錯誤類型診斷（郭伯臣，2003；郭伯臣、謝友振、張峻豪、蔡坤穎，2005；劉育隆、曾筱倩、郭伯臣，2006）。另一類以知識或試題結構為基礎的電腦化適性測驗，首先需建立知識結構，並依據此知識結構作為適性測驗的選題策略，期望能提供學生一個適性測驗立即的成績回饋，給學生個別化、量身訂作的補救教學，讓學生知識的建構能有最好的效果。黃珮璇、王暄博、郭伯臣、劉湘川（2006）的研究顯示：以知識結構為主的國小數學科電腦化適性診斷測驗具強韌性（robustness），即電腦化適性診斷測驗系統之成效在廣泛應用於各單元或其它相關主題時，依然存有良好的表現。

國立台中教育大學測驗統計研究所研發的「BNAT 適性診斷測驗暨學習系統」，是一套以學生知識結構及貝氏網路為基礎的電腦化適性診斷測驗系統，結合適性化與個別化，以及貝氏網路可以精確診斷受試者的錯誤類型與迷失概念的優點所開發出來的（郭伯臣、楊裕賢、胡豐榮，2008），此系統具有診斷性評量與補就教學的功能。BNAT 不只能使評量、診斷與補救教學皆適性化和個別化，更能精確地診斷出受試者是由於犯了哪些錯誤類型，導致學習的迷思概念。且經楊智為、劉育隆、楊晉民、曾彥鈞（2006）的研究證實前述二項系統的結合，可以節省一半的試題，同時保有一定的精準度。此外，有研究者（王蔚讚，2007；洪敏甄，2007；黃雅鳳，2006）將貝氏網路的診斷結果，結合電腦動畫進行補就教學，其效果亦十分地顯著。目前此系統持續擴大其應用範圍，相關研究發現也顯示具有良好成效，能有效提升一般學生的學習動機與數學學業成就（林建福，2008；黃雅鳳，2006；廖久緯，2008），但卻較少被運用於特殊教育需求學生或弱勢學生的學習與研究探討，此乃本計畫所關注及欲加以進行教學研究的課題。

二、貝氏網路為基礎之電腦化適性測驗及教育上的應用

以貝氏網路為基礎之電腦化適性測驗（BNAT 模式）系統採用郭伯臣的研發團隊所開發之BNAT平台（Bayesian Networks based Adaptive Testing），是以學生知識結構為基礎，先了解學生的學習情況，然後作為測驗進行時選擇題項的依據，兼使用OT結構之適性測驗選題策略，具有訓練樣本較少且可節省較多施測題數等優點，與國民教育階段特殊教育課程綱要（2009）強調針對學生評量的結果，教師應分析與診斷其原因，並適時實施補救教學的精

神不謀而合。BNAT 應用於教育上可以讓學生了解錯誤類型及迷思概念所在，並讓老師了解學生常犯錯誤類型及要加強之概念，進而適性補救教學(郭伯臣，2003；郭伯臣、謝友振、張峻豪、蔡坤穎，2005；曾彥鈞，劉育隆，郭伯臣，2006；尤淑菁、黃文信、施淑娟、郭伯臣，2010)，是一具適性化與個別化電腦測驗與教學系統，符合特殊教育「因材施教」的精神。

何秀芳、顏秀聿、郭伯臣、吳任婕(2008)利用貝氏網路電腦適性診斷測驗及教材「線對稱圖形」單元，以國小五年級普通班學生為對象進行實驗教學，結果顯示：1.診斷測驗，信度、難度、及鑑別度適中，試題品質均佳；2.使用 BNAT 模式教學教材比現有的教科書學習成效佳；3.採用 BNAT 模式補救教材比使用現有教材更有助學生釐清概念與再學習；4.診斷測驗能有效節省 47%之題目，並可達到平均 93%以上的預測精準度；5.在判別錯誤類型和子技能的有無上，在適性測驗與完整作答兩種情況下，平均辨識率可達 94%以上。

貝氏網路近年來廣泛地應用於教育、醫學、資料探勘等領域的各種研究上，近年更因其具有允許使用者對因果關係進行學習、輕易結合領域知識與歷史資料等優勢，因而大量應用於結構性強的數學科課程中：其中以「數與量」主題最多，包括小數(施淑娟，2005；林建福，2008)、分數(吳仁奇，2005；張宏文，2007，高建智，2007；蘇文君、汪端正、郭伯臣，2006；)、倍數(陳建政，2008)、因數與倍數(陳建政，2008)、整數洪旭亮(2006)。「幾何」方面主題包括面積(許雅菱，2005；王雪芳，2008；林垣圻，2006；李俊儀，2005)、長方體與正方體(詹幃婷 2008)、圓周長(戴榮輝，2008)、柱體與錐體(林顯嘉，2007)、立方公尺與體積(莊惠萍、林立敏、郭伯臣、陳世銘，2005)、縮圖、放大圖與比例尺(林美秀，2009)、線對稱圖形(何秀芳等人，2008)。「代數」主題如國中數學二元一次聯立方程式(洪敏甄，2007)。

上述研究多應用於一般教育，藉貝氏網路極具因果關係及機率推理模式的優勢特性應用於數學科領域而達到精密診斷、補救教學的良好成效，但卻極少應用於特殊教育需求的學生上，因此本研究將利用「BNAT 適性診斷測驗暨學習系統」診斷出學生的錯誤類型，並進行電腦輔助教學，以探討 BNAT 與電腦輔助教學對輕度智能障礙學生在「線對稱圖形」的學習成效。

三、「線對稱圖形」的學習探討

雖然日常生活中常見許多線對稱圖形，例如臉譜、文字、標誌等，但「線對稱圖形」的概念學習對學生而言，卻是具有挑戰性。一般國小學童線對稱圖形學習常犯之錯誤類型甚多(朱莉文，2005；余婷筠，2005；何秀芳、顏

秀聿、郭伯臣、吳任婕，2008；洪珮芬，2009；陳天宏，2003)，說明如下：1. 混淆線對稱概念與點對稱的概念；2. 混淆線對稱概念與平行性質；3. 不知道對稱軸、對應邊、對應角的意義；4. 不易掌握旋轉 180 度後的情形是如何；5. 對稱軸的判定困難；6. 忽略大小的差距，或是只注意大小卻忽略圖案並不完全一樣；7. 應用線對稱圖形的性質解決幾何問題；8. 不會依據提示畫出線對稱圖形等。因應融合教育與普通教育接軌之需求，並以普通教育課程為特殊需求學生設計課程之考量，目前雖尚無針對輕度智能障礙學生學習「線對稱圖形」的相關研究，但設計符合其所需之補救課程，以落實課程之實施有其必要性；再者學習「線對稱圖形」除了可以聯結學生之生活經驗、訓練學生培養觀察、分類周圍環境「線對稱圖形」的能力，還可以順勢讓學生認識相關「線對稱圖形」的事物所代表的意義，以提高學習成效。

九年一貫課程綱要數學領域皆出現「線對稱圖形」相關內容，例如：教育部（2003）S-2-06 能理解平面圖形的線對稱關係、5-S-04 能認識線對稱，並理解簡單平面圖形的線對稱性質；教育部（2008）S-4-08 能理解線對稱圖形的幾何性質，並應用於解題和推理、S-3-03 能理解平面圖形的線對稱關係。本研究所採用的 BNAT「線對稱圖形」單元係根據九年一貫課程綱要能力指標 5-S-04：能認識線對稱，並理解簡單平面圖形的線對稱性質，訂定 16 個子技能，及測驗後得到 23 個錯誤類型，作為編製測驗題選項的依據。線對稱圖形單元的教學方面，電腦輔助教學的動態視覺學習情境，能讓學生在處理線對稱圖形問題時，更能理解問題的意義，可產生具體可操作的心靈影像，幫助學生提昇學習與補救教學的成效(吳和順，2006；邱俊宏，2004；何秀芳等，2009)。

參、研究方法

一、研究對象

本研究的對象為輕智能障礙學生，是指經台中市鑑輔會鑑定，目前就讀於台中市某國小五年級之資源班學生，其智力界於 55 至 69 之間；皆可自行操作電腦。研究對象之基本資料如下：

(一) 甲生：

甲生為男生，魏氏兒童智力量表全量表智商 60，說話有點不清晰，但會仿說。會仿寫筆畫簡單的生字和二位數的數字。數學學習方面表現較不理想，需經老師反覆教學與協助，才可以做到。

(二) 乙生：

乙生為女生，魏氏兒童智力量表全量表智商 56，說話清晰，仿說能力佳；學習反應緩慢、短期記憶不好，要唸很多次才會瞭解與記得。

(三) 丙生：

丙生為男生，魏氏兒童智力量表全量表智商 65，仿寫能力很好、數學表現不佳，需要經由反覆教學與練習。

二、研究設計

本研究採用單一受試實驗設計 (single-subject experimental design) 模式中的「跨受試多探試設計」(multiple-probe design across subjects)，目的在探討以「貝式網路為基礎之適性測驗」系統精確診斷受試者的錯誤類型，並依據診斷結果，提供電腦教材補救教學，以了解輕度智能障礙學生在「線對稱圖形」單元的學習成效。本研究共有三名受試者皆需接受相同的實驗處理，即都須經過基線期 (A)、介入期 (B)、及保留期 (M)，說明如下。

(一) 基線期

為了解受試者在教學介入前「線對稱圖形」的表現，本階段不實施介入教學，只實施基線階段的測驗，利用「BNAT 適性診斷測驗暨學習系統」內的測驗部份，受試者皆須進行至少三次實驗處理前的基線期的探試，以了解受試者的基線期資料。受試甲先進行連續性的資料蒐集，當資料呈現穩定水準時，即實施教學介入；在此時，受試乙與受試丙則實施每週一次の間斷式資料蒐集，而當受試甲在處理期的學習表現六次中有三次的解題正確率能達 80% 以上，受試乙即開始進入基線階段，並進行至少三次連續性的測驗，待資料呈現穩定水準時，即實施教學介入，受試丙則依此方式類推之。

(二) 介入期

當 3 位受試者基線呈現穩定水準時，分別使用「BNAT 適性診斷測驗暨學習系統」內建之「線對稱圖形」電腦化動畫與多媒體教材進行教學實驗處理。每一節課為四十五分鐘，每週安排三節，並於每次教學結束後進行「BNAT 適性診斷測驗暨學習系統」測驗評量，當受試者在八次教學介入中有三次的解題正確率能達 80% 以上，就進入下一階段，反之，則繼續進行教學，直到達到標準為止。

(三) 保留期

此階段旨在評估「BNAT 適性診斷測驗暨學習系統」之教學實驗所得到的保留效果。在教學介入結束後間歇性對每位受試者實施約五次的「線對稱圖形」測驗的學習評量，以了解受試者學習後保留成效。

三、實驗教學教材與評量工具

(一) 以貝氏網路為基礎之電腦化適性測驗暨學習系統 (Bayesian Network Based Adaptive Test, BNAT)

本系統為郭伯臣等(2007)所開發的BNAT適性診斷測驗暨學習系統。本研究之「線對稱圖形」單元，其內容以九年一貫數學能力指標「5-s-04 能認識線對稱，並理解簡單平面圖形的線對稱性質」為範圍，由教授及學科專家共同分析出16個子技能與23個錯誤類型，並據此建立教學動畫、補救教材，幫助學生學習。BNAT適性診斷測驗暨學習系統的內容架構，主要有：系統登入畫面、系統登入成功主畫面、試題填答畫面、學習診斷報告、學習診斷報告-學生測驗成績及百分等級、學習診斷報告-錯誤類型暨診斷通過與否畫面、錯誤類型解說、學習診斷報告-子技能通過率畫面、錯誤題目解說畫面、技能與概念電腦輔助教學動畫等。

四、研究步驟及資料分析

(一) 準備階段

本研究就台中市國小資源班的學生，依據學生能力現況、選出三位現況能力相似、符合本研究所定義的輕度智能障礙學生為研究對象。

(二) 實驗階段

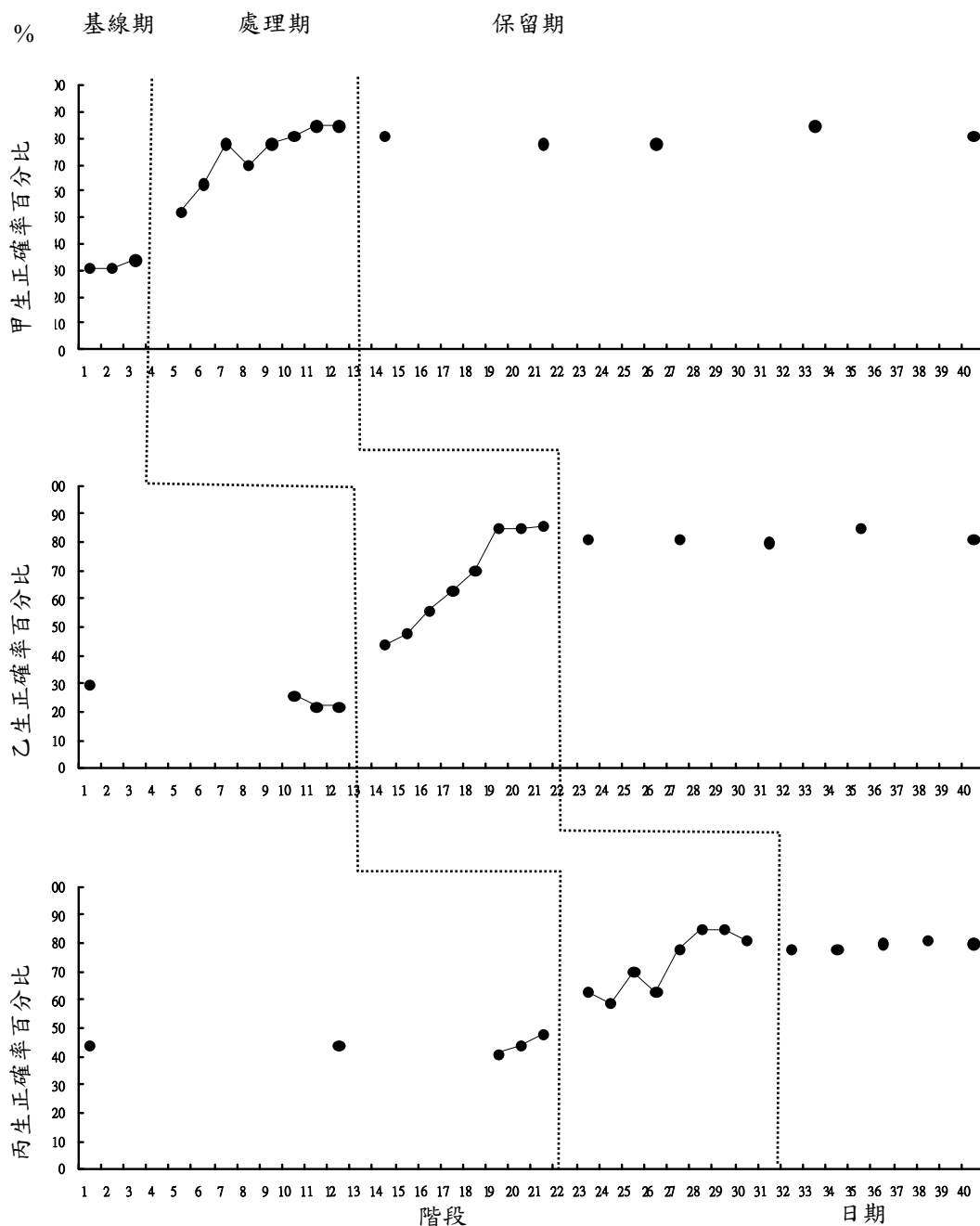
1. 基線期：進行三至五次受試者的基線期資料的蒐集，當受試學生在教學目標的基準線資料趨於穩定後，始進入實驗介入期。
2. 介入期：以BNAT「線對稱圖形」單元進行教學與評量。
3. 保留期：在實驗介入期結束後，間歇性對受試者實施學習評量，以了解保留成效。

五、資料處理分析階段

1. 視覺分析及C統計：本研究蒐集三名受試者在基線期、介入期、保留期三個階段的資料，採用視覺分析法，將資料點繪成曲線圖，再整理成分析摘要表，並以C統計加以考驗各階段趨向的顯著性，了解BNAT對學習「線對稱圖形」單元的影響。
2. 信效度：本研究在基線期、介入期與保留期中的評分透過電腦直接判讀，測驗後自動顯示，並經二位教師加以檢核，均呈現一致性結果。正式實驗完成後，輔以開放式問卷訪談，作為輔助瞭解學習評量結果成效的情況。

肆、結果與討論

三名受試者在三個單元之基線期、介入期、保留期的「線對稱圖形」學習表現，如圖一及表一所示：



圖一：三位受試者學習評量平均正確率曲線圖

表一 三位受試者「線對稱圖形」學習評量 C 統計摘要表

受試者	受試甲		受試乙		受試丙	
階段比較	B1/A1	C1/B1	B2/A2	C2/B2	B3/A3	C3/B3
C 值	.90	.74	.94	.86	.94	.897
Z 值	3.31**	2.73**	3.58**	3.25**	3.44**	3.39**

**p < .01

綜合圖一及表一的研究結果分析如下：

1. 三位受試者在「線對稱圖形」單元之數學評量表現正確率，基線期平均值分別為：32%、25%、44.2%；處理期平均值分別為：74%、67%、73%。實驗介入後之數學評量平均表現，分別增加 42%、42%、28.8%，且合併基線期及處理期（A+B）之趨向估計，經 C 統計考驗所得 Z 值分別為 3.31、3.58、3.44，皆達顯著水準（ $p < .01$ ）。顯示 BNAT 對三位受試者在「線對稱圖形」學習具有立即成效。
2. 三位受試者在 BNAT 教學介入撤除後之保留效果方面，三名受試者分別上升為 80.6%、81.6%、79.4%，與處理期平均值比較，分別增加 6.6%、14.6%、6.4%，合併兩階段處理期與保留期（B+C）的 C 統計考驗結果，Z 值分別為 2.82、3.53、2.70，達 .01 顯著水準。顯示在教學介入撤除後的保留期整體評量表現仍優於處理期，具有良好的學習保留效果。
3. 訪談受試者顯示本研究具有良好學習效度。

訪問三位受試者表示，BNAT 教學可幫助其對「線對稱圖形」內容有高度的興趣，提高學習動機與自信心等，顯示本研究在情意方面具有良好學習效果。

綜合上述結果，討論說明如下：

1. BNAT 可提升輕度智能障礙學生學習「線對稱圖形」之成效

依據三位受試者在 BNAT 介入前後的學習評量正確率曲線圖、階段與階段間的實驗紀錄表及 C 統計分析等資料可証實，BNAT 的介入有助於教師了解學生的錯誤類型、子技能和能力指標的學習情形，以利進行測驗後的回饋與補救教學，進而提高學生學習與維持成效。另外在介入過程中受試者在增進平面圖形的構成要素、形體性質的辨識能力也有所進步。

2. 受試者經過 BNAT 的教學介入後，均能達到預定的標準。探求其可能的原因如下：

- (1) BNAT 提供電腦教學及相關補救教材，而非僅憑文字或口語的傳統教學，可生動地展示平面、圖形、對稱等動畫，使受試者可稍減輕對學習數學的排斥，產生較高的學習興趣與動機。
- (2) BNAT 能讓受試者對於尚未教會的教學內容在測驗診斷後主動就給予其合適的補救教學，故有助其瞭解學習的內容。克服了傳統課堂教學，受試者若是上課未能跟上班上進度，又不敢發問，可能導致學習困難，長期下來，就會落後班上許多的問題。
- (3) 受試者對於「線對稱圖形」單元的接受度較其他數學單元高且學後不易遺忘。

「線對稱圖形」單元的內容大部分受試者可直接用視覺來作答，題目也以圖形居多；相對於其他數學單元，其不需要仰賴繁雜的數字運算或像應用題目有許多文字，受試者不會一看到題目就想放棄，只要其建構出正確的概念，並配合實地操作剪、折紙，受試者將內容轉變為長期記憶，就不易遺忘所學，故較能保留學習效果。

綜合上述結果與討論，可知 BNAT 對受試者的「線對稱圖形」學習具有明顯之成效與學習保留效果。

伍、結論與建議

一、結論

本研究旨在探討針對數學學習不利的特殊需求學生，透過「BNAT 適性診斷測驗暨學習系統」(Bayesian networks based adaptive testing, 簡稱 BNAT) 實施診斷評量與電腦輔助教學的數學學習成效。研究受試者為三位具有特殊教育需求的國小高年級之輕度智能障礙學生。研究結果顯示：三位受試者在 BNAT 實驗教學介入後，「線對稱圖形」單元之數學評量平均表現，分別增加 42%、42%、28.8%，C 統計考驗皆達顯著水準，顯示三位受試者在「線對稱圖形」學習具有立即成效。此外，三位受試者在 BNAT 教學介入撤除後之保留效果亦十分良好。訪談資料也顯示，BNAT 教學可增進學生的興趣，提高學習動機與自信心等。

二、建議

綜合研究結果與討論，提出本研究之建議如下：

1. 特殊教育教師可應用課程與教學調整的理念，適度採用 BNAT 系統作為有

- 特殊教育需求學生，作為學習與補救教材。
2. 特殊教育教師可使用 BNAT 系統作為了解學生的錯誤類型、子技能和能力指標的學習情形，以利進行測驗後的回饋與補救教學，進而提高學生學習與維持成效。
 3. BNAT 提供電腦輔助教學及相關補救教材，可生動地展示教材，減少學生對學習數學的排斥，提高學習興趣與動機。
 4. 類似「線對稱圖形」之 BNAT 教學單元，實務上仍可在 BNAT 動畫教學後，搭配摺紙、剪紙活動或鏡面檢驗方式，讓學生實際操作來認識線對稱圖形、對稱軸、對應點、對稱邊；發現對稱軸與連接對應點的線段互相垂直，及對稱軸平分連接對應點的線段等特質，將能使學生更了解線對稱圖形的特性。
 5. 未來的後續研究方面，尚可針對不同單元，或以不同年級、不同障礙類別的學生為對象，探討比較使用 BNAT 的單元教學，對各種學生的學習成效。

參考文獻

一、中文部分

- 王尉讚 (2007) 以順序理論提昇貝氏網路診斷測驗之成效—以國小五年級數學領域「數列與圖形序列」為例。亞洲大學資訊工程學系碩士論文。台中縣，未出版。
- 尤淑菁、黃文信、施淑娟、郭伯臣 (2010)。資訊融入『一元一次不等式』之教材研發和學習成效分析。第五屆於數位教學暨資訊實務研討會，南台科技大學。
- 朱莉文 (2005)。國小五年級學童平面圖形學習表現之研究。臺中師範學院數學教育學系碩士學位班碩士論文，台中，未出版。
- 朱經明 (1995)。閱讀障礙與電腦輔助教學。特殊教育與復健學報，4，153-161。
- 何秀芳、顏秀聿、郭伯臣、吳任婕 (2008)。國小五年級「線對稱圖形」單元電腦適性診斷測驗系統與教材之編製。電腦與網路科技在教育上的應用研討會，國立新竹教育大學。
- 余婷筠 (2005)。線對稱圖形課程設計。台北：淡江大學教育學程。
- 吳和順 (2006)。操作動態視覺學習情境之線對稱圖形單元補救教學個案研究。國立臺南大學數學教育學系碩士論文，台南，未出版。

- 邱俊宏 (2004)。多媒體電腦輔助教學對國小學童學習線對稱圖形成效之研究。國立屏東師範學院數理教育研究所碩士論文。屏東，未出版。
- 林建福 (2008)。以知識結構及貝氏網路為基礎進行國小五年級小數乘法單元課程設計與評量建構之研究—以彰化縣某國小為例。國立台中教育大學數學教育系碩士論文。台中，未出版。
- 柯淑慧 (2004)。外籍母親與本籍母親之子女學業成就之比較研究—以基隆市國小一年級學生為例。國立台北師範學院幼兒教育學系碩士班碩士論文，未出版。
- 洪敏甄 (2007)。應用貝式網路進行國中數學學習診斷評量編製及適性補救教學設計—以「以二元一次聯立方程式」單元為例。亞洲大學資訊工程學系碩士論文。台中，未出版。
- 洪珮芬 (2009)。線對稱概念的 van Hiele 層次及其 S-P 表分析結果之研究—以國小五年級學童的實作評量為例。國立臺中教育大學教育測驗統計研究所碩士論文，台中，未出版。
- 施叔娟 (2005)。應用貝氏網路認知診斷模式進行國小五年級小數單元學習診斷之研究。國立台灣師範大學博士論文，台北，未出版。
- 侯禎塘 (2004)。特殊教育需求兒童數學學習困難之特質、教學策略與創意遊戲數學之應用。載於台中師範學院特教中心印行：特殊教育論文集 (47-66 頁)。
- 侯禎塘、李香慧、張乃悅 (2004)。透過數學遊戲教學提升國小一年級數學學習困難兒童的學習興趣與學習成效。屏東師範學院特殊教育文集，6，1-22 頁。
- 侯禎塘、王春滿、吳柱龍、李俊賢 (2009)。透過 MCAI 教導國小輕度自閉症學生使用錢幣購物之效果。特殊教育與輔助科技，4，43-48。
- 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。
- 黃雅鳳 (2006)。以貝氏網路為基礎之能力指標測驗編製及補救教學動畫製作—以六年級數學領域「分數小數」相關指標為例。亞洲大學資訊工程學系碩士論文。台中縣，未出版。
- 黃珮璇、王暄博、郭伯臣、劉湘川 (2006)。國小數學科電腦化適性診斷測驗強韌性探究。2006 年電腦與網路科技在教育上的應用研討會，2006 年 3 月 23-24 日，國立新竹教育大學。

- 教育部 (2003)。國民中小學九年一貫課程綱要。台北：教育部。
- 教育部 (2008)。國民中小學九年一貫課程綱要。台北：教育部。
- 教育部 (2010)。國民教育階段特殊教育課程綱要總綱。台北：教育部。
- 陳天宏 (2003)。國中生線對稱概念學習研究。國立臺灣師範大學數學研究所碩士論文，台北，未出版。
- 郭伯臣 (2003)。國小數學科電腦化適性診斷測驗(I)。國科會研究專案報告 SC-91-2520-S-142-001
- 郭伯臣(2004)。國小數學科電腦化適性診斷測驗(II)。國科會研究專案報告 NSC-92-2521-S-142-003
- 郭伯臣 (2005)。電腦化適性診斷測驗之研究 (III)。國科會研究專案報告 NSC-93-2521-S-142-004
- 郭伯臣、謝友振、張峻豪、蔡坤穎 (2005)。以結構理論為基礎之適性測驗與適性補救教學線上系統。台灣數位學習發展研討會，2005年5月6-7日，國立台灣師範大學。
- 郭伯臣、楊裕賢、胡豐榮(2008)：團班教學和個別指導之教材與評量以其相關行政管理系統的建置研究（子計畫二）：適性診斷評量系統之研發。行政院國家科學委員會專題研究結案報告，未出版。
- 郭伯臣、謝友振、張峻豪、蔡坤穎 (2005)。以結構理論為基礎之適性測驗與適性補救教學線上系統。台灣數位學習發展研討會，2005年5月6-7日，國立台灣師範大學。
- 曾彥鈞、劉育隆、郭伯臣 (2006)。以知識結構為基礎之適性化診斷測驗系統建置。2006 台灣區網際網路研討會，國立花蓮教育大學。
- 楊坤堂 (1999)。學習障礙教材教法。台北：五南。
- 楊智為、劉育隆、楊晉民、曾彥鈞 (2006)。結合試題順序理論與貝氏網路之電腦適性測驗演算法之探究。載於第十一屆人工智慧與應用研討會手冊。高雄：高雄應用大學。
- 劉育隆、曾筱倩、郭伯臣 (2006)。以知識結構為基礎之適性測驗系統建置。測驗統計年刊，14，17-35。
- 廖久緯 (2008)。以貝氏網路為基礎之電腦適性測驗編制—以國中七年級之「整數的加減」為例。輔仁大學應用統計研究所在職專班碩士論文。台北縣，未出版。

二、英文部分

- García, P., Schiaffino, S. & Amandi, A. (2008). An enhanced Bayesian model to detect students' learning styles in Web-based courses. *Journal of Computer Assisted Learning*, 24(4), 305-315
- Kirk, S. A., Gallagher, J. J. Anastasion, N. J. (2003). *Educating exceptional children* (10th ed.). Boston, MA: Houghton Mifflin.
- Lambie, R. A., Hutchens, P. W. (1986). Adapting Elementary school mathematics instruction. *Teaching Exceptional children*, 1, 185-189.
- Lerner, J. (2003). *Learning Disabilities-Theories, Diagnosis, and Teaching Strategies*. New York: Houghton Mifflin.
- Lofland, V. T. (1993). Mathematics and gender : An analysis of student attitudes toward mathematics at the university of Hawaii , Manoa Campus. *Dissertation Abstracts International* , 53(5) , 1346a.
- Rech, J., Hartzell, J., & Stephens, L. (1993). Comparisons of mathematical competencies and attitudes of elementary education majors with established norms of a general college population. *School Science and Mathematics*, 93(3), 141-144.

