

國立臺灣師範大學特殊教育學系、特殊教育中心
特殊教育研究學刊，民90，21期，109-133頁

「多媒體動態評量」低獲益受試者 之認知缺陷與協助策略分析

莊麗娟

國立屏東師範學院

本研究屬「多媒體動態評量模式」兩階段研究中的第二階段。第一階段主要在檢視研究者所發展的「多媒體動態評量模式」的具體效益，該研究結果支持此評量模式可同步獲致區辨個別差異（區辨力）、提昇解題能力與學習情意（助益力），以及預測未來表現（預測力）等三項效益。而本研究（第二階段研究）則擴展以往國內外有關動態評量的研究型態，進一步的追縱第一階段研究中的解題能力未明顯提昇的受試者（低獲益受試者）4人，採用個別晤談診斷的方式，進行重測，藉之分析此低獲益受試者的認知缺陷與解題障礙，並試探有效的協助方式，以作為進階評量診斷與教學設計的參考。研究結果顯示：1.在認知缺陷方面，低獲益受試者主要的迷思概念在於缺乏「質量保留」觀念，且其解題歷程顯現「直覺思考」、「片面思考」、「矛盾思考」、「非系統性思考」等缺乏思考結構的現象；從高抽象、多訊息試題的高錯誤率中可知，該類受試者之「工作記憶」較為不足、無法有效的進行「心像推理」與「連鎖比較」，並呈現注意力方面的缺陷；此外，對於已習得的解題策略，缺乏「自發性的遷移能力」。2.在協助策略方面，從實際試探中發現，舉例類推、圖示、對照比較、提供運算結構、分解再結合、保留思考時間、單純練習等方法，可有效調整概念並提昇解題能力。

關鍵字：多媒體動態評量、浮力概念、認知缺陷、協助策略、科學教育。

緒論

一、研究動機

動態評量是近二十年來新興的評量方式，它有別傳統心理計量「施測者保持中立，不提供額外協助」的評量立場，強調在評量過程

中，配合受試者在解題上的實際需求，不斷的給予必要且充分的協助，以引導受試者成功的解題。這種評量的精神，主要不在鑑定受試者的能力等級（常模參照），也不在評估他們在某個領域的精熟程度（標準參照），而是希望透過問題解決歷程中試探性的協助，較深入的

診斷受試者的認知缺陷與解題障礙，從中評估有效的協助方式，並檢視在協助之下，受試者可能的學習潛能與最佳表現（peak performance）。目前國內外有關動態評量的實徵研究，從一般性的認知能力（補充圖形、視覺—動作組織、空間推理等）至學科領域（閱讀、數學、自然），已有不少的論述。在這些研究中，分別在診斷受試者的解題缺陷（區辨效益）、提昇受試者解題表現（協助效益）及預測未來學業表現等三方面，各有不同程度的著力，也部分支持動態評量在這三方面的效益。

然而，研究者從1974至今五十餘篇的實徵性研究中發現：目前在「作業特定」的學科領域上，動態評量對受試者認知缺陷的診斷，其實仍相當粗略。在這些研究中，在診斷受試者方面，大部分研究主要在探測受試者的「學習潛能」（能力成長的速率或幅度，如吳國銘、洪碧霞和邱上真，民84；Thorpe, 1999），而非檢視受試者的認知缺陷，雖然有少部分研究針對受試者的表現，將他們分成幾種能力組型，如精熟組、理解弱、識字弱或未精熟（江秋坪，民84），但對於受試者的錯誤類型或認知缺陷究竟在哪？他們有哪些妨礙解題的思考類型？並未進一步的檢視。而未能精緻的診斷認知缺陷，將妨礙未來協助受試者進階學習的可能性。雖然，目前大部分動態評量模式，都支持在評量過程中採用逐步提示的方式，能提昇受試者的問題解決能力（就整體平均值而言），然而，若仔細分析，其中仍有部分受試者，它們的解題能力並沒有明顯的進步，如Budoff（1974）所謂的無獲益者（non-gainers），或低獲益者（low-gainers），而這些低獲益者的比例有時甚至達到28.4%左右（歐瑞賢，民86）。可惜的是，現有的實徵研究在證實動態評量的整體平均效益後，都未能針對低獲益者，探討為什麼他們無法在提示流程中獲益？他們有哪些一般性或作業特定的認知缺

陷？該如何針對這些缺陷，設計有效的協助方式？研究者認為這類型分析，對動態評量理論與實效的擴展，會更具意義，同時對於未來教材、教學與評量的設計，也會有不容忽視的價值。

目前科學教育領域中，迷思概念（science misconceptions）是一項亟待突破的議題。一般而言，迷思概念具有過程性（由日常生活經驗中逐步形成、是一種推理過程）及結構性（自成體系、有主宰性的判斷依準），因此，它不容易經由教學來加以修正（頑強性）。而在諸多研究中，「浮力」迷思概念可能是其中最普遍存在於各年級、最不易隨年齡成長逐步修正的概念（黃湘武和黃寶鈿，民75；江新合、許榮富和林寶山，民80），由於日常生活經驗較少涉及浮力問題，使得大多數人不易隨著年齡的增長及生活經驗的累積，來逐步修正既有的迷思。基於此，研究者即以此概念作為「多媒體動態評量模式」兩階段研究的主題。第一階段的研究結果，已發表於「2000年教育與心理測驗學術研討會」，該階段研究主要在檢視研究者所發展的「多媒體動態評量模式」在區辨力（區辨個別差異）、助益力（提昇解題能力與學習情意），以及預測力（預測未來表現）的效益，經實證分析，此模式可同步獲致上述三項效益，其中在提昇解題能力方面，高、中、低程度三組受試者，平均效率值可達2.64至8.69之間（莊麗娟、邱上真、江新合、謝季宏、羅寶田，民89）。由於「浮力概念」在難度上偏高，與之相應的解題歷程，比較容易呈現受試者的認知缺陷及解題障礙，因此，研究者進一步設計第二階段研究，從第一階段45名受試者中，擇取4名最低獲益者，進行個別晤談重測，依試題結構脈絡進行較深入的臨床診斷，並作協助策略的試探性分析，據此，希望擴展動態評量的研究取向，並作為未來協助「學習能力較弱者」之教學設計的參考。

二、研究目的

具體而言，本研究主要目的有二：

(一)分析低獲益受試者在「浮力概念」解題之認知缺陷。

(二)探討有助於低獲益受試者浮力解題之協助策略。

三、名詞釋義

(一)低獲益受試者

本研究之「低獲益受試者」，意指經過多階段多媒體動態評量後，解題能力成長幅度較小的受試者。基於受試者在「日常生活實用題」及「抽象推理題」的表現水準並不一致，研究者各就此二類試題，擇取獲益量最少的受試者各2人（共計4人），此4人平均獲益效率值在日常實用題部分為0.81（多媒體動態評量組全體平均為7.19），而在抽象推理題部分為1.27（多媒體動態評量組全體平均為2.41），屬於學習能力較弱者。

(二)認知缺陷

本研究之「認知缺陷」，意指在「浮力問題」解題歷程中，受試者所呈現不當的思考型態，此型態主要涉及注意力（持久、選擇、分離等）、記憶（尤其是工作記憶）、推理、或後設認知等心理運作。研究者依據低獲益者有缺陷的思考路徑，分別從「結構性思考」、「工作記憶」及「類化遷移」三方面，進行分類詮釋，前二者與注意力、記憶、推理較有關，而後者可能更涉及後設認知等心理歷程。

文獻探討

一、動態評量的理論模式與實徵效益

(一)理論模式

動態評量的理念精神，主要是從俄國心理學家Vygotsky（1978）的社會中介（social mediation）與近側發展區（zone of proximal development）的概念加以發展。這種評量模式特

別強調在評量過程中，隨時因應受試者解題的需求，提供試探性的協助。它的目的是希望透過多階段、多型態的協助，較深入的診斷受試者的認知缺陷與解題障礙，從中評估有效的協助方式，並檢視在協助之下，受試者的學習潛能與最佳表現，以作為進階教學設計的參考。

近二十年來，有關動態評量的研究，陸續在世界各地展開，各派學者分別設計不同的評量模式，來評估不同類群受試者的認知能力，並考驗動態評量的效益。在六大評量模式中，都是採用「前測－訓練－後測」的程序實施，但在「訓練」階段分別採用不同的教學介入型態，也分別援用不同的計分方式，來檢視受試者的學習潛能（見表一）。

一般而言，教學介入型態以Feuerstein模式最為精緻，根據「輸入－精緻化－輸出」三階段認知歷程來診斷受試者的認知缺陷，相當深入，可惜這類型認知功能的診斷，對作業特定的學科學習，助益不大。反之，Campione和Brown的漸進提示評量模式，則最適用於學科領域，原因就在於它的教學介入（提示系統），強調配合解題歷程作較結構化的設計，而這種結構化的提示流程，有助於引導受試者從中學會解題技巧；此外，它配合一系列標準化提示，來累計受試者所需的提示量，此量數在區辨受試者能力的高低及預測未來表現上，會顯得比較精準（Ferrara, 1987；莊麗娟、邱上真、江新合，民86），因此，目前國內外研究，在作業特定的學科學習上，絕大多數都是採用這種模式來進行規畫。

(二)實徵效益

據1974至今的實徵研究中，可歸納動態評量比傳統靜態評量更能鑑定學習潛能，區辨辨個別差異（區辨效益）、預測未來表現（預測效益）；更重要的是這種評量超越傳統評量，別具提昇表現、激發學習的功能（協助效益）。茲配合研究目的，僅就區辨及協助效益

表一 六種動態評量研究模式之主要特色表

	Budoff 學習潛能評量	Feuerstein 學習潛能評量設計	Carlson & Wiedl 上限評量
1.研究設計	前測－訓練－後測	前測－中介－後測 (或教學－後測)	測驗中訓練
2.評量重點	評量受試者從訓練中的獲益能力	評量中介教學後的認知改變	評估不同施測指導的最佳表現
3.教學介入	標準化教學 (幫助受試者瞭解作業的要求、給予讚美與鼓勵、引導其檢查解題策略等)	非標準化臨床介入 (以中介學習經驗MLE的11項原則為標準)	標準化介入 (改變測驗情境分成：標準化、指導語說明、簡單回饋、精緻回饋等六種)
4.計分	前、後測間的殘差獲益分數	1.改善兒童認知功能缺陷所需的教學介入類型與數量 2.後測分數	後測分數
	Campione & Brown 漸進提示評量	Embretson 心理計量動態評量模式	Burns et. al. 連續評量模式
1.研究設計	前測－學習－遷移－後測	前測－訓練－後測	前測－訓練－再測－訓練－後測
2.評量重點	學習與遷移歷程的評量	訓練後學習能力的最大估計	訓練後(中介或漸進提示),在保留及遷移作業上的表現
3.教學介入	標準化的漸進教學支持 (特定作業取向的介入,按照一系列事先建立的提示系統來協助受試者,可採分枝的提示方式)	標準化介入 (透過具體操作,增進空間處理技巧)	標準化與臨床介入二者合用 (1.熟悉材料,強化基本認知功能。2.教導特定技巧。3.回饋)
4.計分	達到標準所需要的教學支持量(含學習量數及遷移量數)	後測分數及前後測改變分數	訓練後之獨立表現分數

(資料來源：摘錄自江文慈，民82；Jitendra和Kameenui, 1993)

兩方面，簡略說明如下：

首先，就區辨效益而言，多篇研究顯示：

即使受試者的智商或起始能力相同，透過各類型試探性的協助，動態評量可進一步區辨受試

者在「獲益能力」、「成長速率」或「能力組型」上的差異（Budoff 和 Corman, 1974；Knodel, 1997; Thorpe, 1999；吳國銘等，民84；江秋坪，民84）。此外，由於配合解題歷程不斷的給予動態性協助，使它對於受試者的「學習能力」及「遷移能力」有較精確的評估，同時可依據這兩種能力向度將受試者分成五種能力組型（Ferrara、Brown 和 Campione, 1986；莊麗娟、邱上真和江新合，民86；莊麗娟等，民89）。

其次，就協助效益而言，動態評量的中介訓練，是屬於切合認知缺陷或作業需求的協助，因此在簡短的訓練後，往往能提昇受試者的解題能力，並增進學習情意（如降低焦慮感、有較高的學習興趣及較積極性的能力感），即使是學習能力較弱者仍能從中獲益（Burns, Vye & Bransford, 1987; Feuerstein, 1979; Kragler, 1986; Supanckek, 1989；江秋坪，民84；吳國銘等，民84；陳進福，民86；徐芳立，民87；簡月梅，民87；莊麗娟等，民89）。

然而，研究者發現：目前「作業特定」學科領域的動態評量，對於受試者能力的區辨，主要仍鎖定在「學習潛能」的評估，而非認知缺陷的診斷。由於學科學習涉及較多特定的概念，它的解題歷程比起一般認知能力測驗（補充圖形、視覺—動作組織、空間推理等），顯得複雜得多，許多研究爲了顧及評量提示的結構性，以及計分的標準化與簡便性，常常將教學介入的提示系統簡化成二至四階，在這種情況下，自然不易深入的檢視受試者特殊的解題障礙或認知缺陷。目前，在學科領域的動態評量中，對受試能力的區辨，大多僅能呈現受試者在各階段評量中需要多少提示量，或是從各階段訓練後得分的成長情形，來評估學習潛能。少部分研究針對受試者的表現，將他們分成幾種能力組型，如精熟組、理解弱、識字弱或未精熟（江秋坪，民84），但對於受試者的

錯誤類型或認知缺陷究竟在哪？他們有哪些妨礙解題的思考類型？並未細部的檢視。而未深入檢視認知缺陷、提示序階過度簡化，無形中將妨害受試者獲益的可能性，因此，幾乎所有的研究中，都有一部分受試者在各階段教學介入後，解題能力並沒有明顯的進步，而這些低獲益者的比例甚至高達28.4%（如歐瑞賢，民86）。研究者認爲，爲擴展動態評量理論與實效，「低獲益者」是相當值得關注的焦點，探討爲什麼他們無法在提示流程中獲益？他們有哪些一般性或作業特定的認知缺陷？該如何針對這些缺陷，設計有效的協助方式？對於未來教材、教學與評量的設計，將會有不容忽視的價值。

二、問題解決歷程之認知缺陷

（一）一般性認知功能

針對一般認知功能的缺陷診斷，目前以採用「訊息處理」取向的分析較爲完整。Lidz（1991）的學前學習評量設計（preschool learning assessment device），即針對訊息處理歷程，系統性的發展檢核表，分別從：1. 警覺／注意（arousal/attention），含(1)警覺速率、(2)注意力之定向、選擇、區分、維持、容量等；2. 編碼／分析（coding/analysis），含(1)知覺（刺激之偵測、特性之區分、辨識、比較等）、(2)記憶（儲存及提取）；3. 計畫（planning），含問題之認知、定義、策略的選擇、應用、自我規範／衝動控制、評鑑／分析、調整修正等；4. 輸出（output），含型式（口語或動作）、內容、品質（組織的結構及精確性）等四方面來檢視認知缺陷，相當深入周全。

而就學科領域而言，在上述認知缺陷中，「注意」及「記憶」（尤其是工作記憶，working memory）兩方面，可能是許多學習能力較弱者，較基本也較常發生的障礙。Bender（1995）綜合相關研究指出：學習障礙者無論在作業的專注時間、注意的焦點或選擇性注意

上，均比一般學生差。此外，Swanson（1994）發現：就學障者而言，「工作記憶」比「短期記憶」更能預測閱讀及數學的表現，Ashbaker和Swanson（1996）亦指出，閱讀理解與識字能力，受「工作記憶」的影響甚於受「短期記憶」的影響（引自Hallahan、Kauffman和Lloyd, 1999）。一般而言，「工作記憶」係用於轉化視覺訊息為聲碼（acoustic code）、將訊息聯結組合、維持注意力以幫助記憶，提取長期記憶中相關的知識，並將訊息精緻化（Galotti, 1999），它與個體的問題解決能力可說是息息相關。

（二）自然科學解題歷程之認知成分

目前在學科領域中，對認知成分的分析，以語文科最為精緻完整，而以自然科學最為缺漏。原因極可能在於自然科學所涵蓋的概念主題極廣、問題解決的途徑與策略，極為多元複雜，不易歸納出共同的認知成分，而僅能就專家與生手，比較他們在事實知識（知識的單位）、語意知識（概念理解）、基模知識（題型的辨識）與策略知識（順向或逆向解題）上的差異。Bruning、Schraw和Ronning（1995）指出：專家較能將知識組織成概念性基模、較能從問題的深層來辨識問題的組型與證據、擁有較多的程序性知識，以及較常進行順向式解題。

目前對自然科學問題解決的分析，仍停留在較高階、大架構的層次，如Leonard、Gerace、Dufresne和Mestre（1994），提出物理解題包含六個步驟，即表徵問題、撰擇原理及其他相關的觀念、將這些原理及觀念轉換成公式或程序、根據已知的訊息規畫解決問題的步驟、執行計畫求得答案、檢查答案。林頌恩（民84），將電功率問題的解題歷程分成：瞭解問題（讀題、分析）、計畫（定目標、選擇解題法、順序等）、執行（局部與整體）及驗證等四部分，這些分析固然指出解決問題應有

的步驟，然而，科學解題常隨著概念主題的不同（如光合作用、槓桿、浮力、地球科學等），而有特定細部的認知成分及解題策略，對學習能力較弱者而言，更細步、具體、結構化的分析，以瞭解他們在解題時產生了哪些阻礙解題的缺陷思考型態，是相當必要的。

Karplus, Formisano和Paulsen（1979）在一系列科學推理的研究中發現，受試者的思考能力分成幾個層次，分別是直覺、過渡、控制。前者未充分利用可使用的資料，以不合邏輯的方式來推理；次者則片面的使用資料，未提出完整的基本理由；而後者最為成熟，能有效使用關鍵因素來解題。至於浮力解題上，學生是否也產生類似的思考型態？是個有趣的議題。

（三）浮力問題之迷思概念

Hewson（1986）以40名14~22歲南非地區的中學生為對象，研究學生對浮力問題的相關概念，他指出：學生無法正確解題的原因，出現在他們缺乏「密度」的正確概念，尤其是對「體積」作了錯誤的推論。王龍錫（民80），以七百多名五、六年級學生為對象，探討兒童對浮力概念的迷思，發現不少受試者認為：物體在水中的浮沈與物體的輕重有關，重的會沈，輕的會浮；能浮在水面上的物體沒有重量。莊麗娟（民85）針對36名五年級學童進行浮力問題的晤談，結果發現有53%的學生純粹以重量因素來判斷浮沈，其次有28%的學生先看重量，若重量相等再看體積，他們認為體積大的比較容易沈。爾後，莊麗娟（民89）進一步發現，浮力問題的迷思，除了來自受試者不具密度概念外，更基本的，是他們對於質量及體積缺乏保留概念，與皮亞傑所謂直覺期的孩子有相同的思考特徵，他們認為把軟球壓縮，重量會變輕；改變物體的形狀會使體積改變（Gega & Peters, 1998）。

綜言之，從上述文獻分析中可發現，在學科領域的問題解決歷程中，對學習能力較弱者

而言，最相關的一般性認知缺陷，主要涉及「注意力」及「工作記憶」兩方面。這些學生因為基本能力及概念基模的不完整，使他們的「思考不能定向缺乏結構」，輾轉耗損了更多的工作記憶空間及注意廣度，進而妨礙解題。而在浮力解題上，學生最普遍產生的認知缺陷，就是以重量作為判斷浮沈的主導因素，甚而，產生類似直覺期的思考特徵，缺乏「質量及體積保留概念」。基於此，本研究將參考這些焦點，進行探討

三、問題解決歷程之協助策略

一般而言，根據問題解決的流程（瞭解問題－計畫－執行－驗證）來設計協助策略，固然是完整周全的方法，然而，對學習能力較弱的學生而言，可能更需要某種特定細步的策略來協助他們有效的「規範注意力」、「減輕工作記憶的負荷」及「引導結構化思考」，以成功的解題，甚至類化遷移：

Hallahan, Kauffman & Lloyd (1999) 總結相關研究，指出「降低不相關的刺激、增強相關的刺激」，以及「高度結構化」，是減少注意力問題的有效方法。Bender (1995) 建議採用色彩標記、大量提示（將重點依順序標出號碼）等特定策略來降低學生分心的程度。此外，Goltti (1999) 指出，若某項成分作業經由「練習」至熟練或自動化後，即不需太多的注意力，可減輕工作記憶的負荷，有助於整體的解題。

除此之外，在特定作業的問題解決上，許多研究均列出相關原則來設計教學介入系統。例如：Ferrar、Brown和Campione (1986) 在字母系列完成作業中，強調「結構化依順序數數」的方式，來找出字母系列排列的原則；江秋坪 (民84) 在識字理解中，則引導受試者採用「替換語詞」的策略，來理解詞意；徐芳立 (民89) 更進一步提供「全文文意概念圖」、「因果卡」、「序列卡」、「概念描述卡」、

「比較與對照卡」多種提示卡，來協助受試者閱讀理解；Gerber、Semmel和Semmel (1994) 則運用「聲音警示」引起注意，以「簡化題」作電腦動態解題示範，來協助運算多位數乘法。歐瑞賢 (民86) 在比例推理中，另採「特徵明顯化」、「擴大特徵差別」、「運用色彩具體操作」等三種策略。此外，簡月梅 (民87) 對於數學文字題提出五項協助策略，其中包含「簡化試題」、「提示解法」、「利用圖形將試題具體化」、「提供解題公式及知識」及「舉例」等。這些方法，經過實證，對於問題解決均有某種程度的協助性，值得參考。

綜言之，在問題解決歷程中，其協助策略大致可歸類如下：

(一) 刺激的刪減與強化－以聲音、色彩、擴大特徵、圖示等方式進行。

(二) 解題結構的提供－提供概念描述、因果、序列、對照比較、或解題流程等提示卡，以協助結構化思考；或將解題步驟分解，減輕工作記憶的負荷。

(三) 類比推理的援用－採用同一特性之具象物或簡化物，協助抽象理解與推理。

(四) 適度練習的安排－使基本技能自動化，利於多訊息作業的處理。

此四者有助於規範能力較弱者的「注意力」、減輕「工作記憶」的負荷、引導「結構化思考」，因此，本研究亦將參考這些原則，在診斷歷程中試探性建構切合低獲益者需求的協助策略，以助於有效學習及有效遷移。

研究方法

一、研究對象

本研究屬「多媒體動態評量模式」(Multimedia Dynamic Assessment, 以下簡稱MDA) 兩階段研究中的第二階段。研究者從第一階段研究45名曾接受MDA的五年級學生中，對照其

前、後測成績，分別就「日常實用題」及「抽象推理題」兩部分擇取解題能力進步量最少的受試者（低獲益者）各2人，共計4人。此4人學習能力弱，平均獲益效率值在日常實用題部分為0.81（多媒體動態評量組全體平均為7.19），而在抽象推理題部分為1.27（多媒體動態評量組全體平均為2.41）。此外，其瑞文氏智力測驗之百分等級平均為18，各科學業成就成績均低於全體五年級學生1個標準差以上，在語文科方面，此4人的識字及文意理解並無太大困難，但在數理科方面，則明顯出現運算、分析、推理的障礙，尤其在訊息複雜時，常無法有效的辨識關鍵性線索，進行研判思考。

二、研究工具

(一)實驗器材

天平、水槽、酒精燈、各式液體及不同體積、材質的物體若干個（如塑膠、銅、鐵、膠泥、土司、蛋等）、實物照片及動態影像檔（如吹泡泡、煮水餃等）。

(二)評量工具－「浮力概念解題能力測驗」

本測驗強調知識體系、迷思脈絡及生活經驗的整體分析，試題內共分成「日常實用」6

題及「抽象推理解題」21題，滿分為38分，各試題題型各異，題序的安排是依據學習的關聯性來規畫，因此若採用協助式的評量方式，可具有追縱能力蛻變的功能。「日常實用題」之內部一致性為.47，平均難度為.12，重測信度為.90；「抽象推理題」之內部一致性為.76，平均難度為.38，重測信度為.89。本測驗分別用於「多媒體動態評量模式」的第一及第二階段研究中。在第一階段研究中，全體受試者經過「浮力概念」的MDA後，即採用團的方式接受本測驗，施測時間為60分鐘；而在第二階段研究中，則針對4名低獲益者採用個別晤談診斷的方式，重測本測驗，施測時間不限。

（註：本測驗難度偏高、日常實用題內部一致性偏低，係研究者特意的安排，難度高主要是用來精確檢核多媒體動態評量的協助效益，並降低極限效應；而日常實用題係為本研究獨特設計的一環，研究者為提昇評量的多元性及意義度，廣泛蒐集各式浮力相關的生活實例，由於類型多元，所涉及的解題能力多重，故內部一致性較低）。試題架構見表二。

表二 浮力概念解題能力測驗試題架構

類 別	題 型	題 號	備 註
第一部分：日常實用	(一)近遷移	質量改變題	1 怎樣選蛋
		體積改變題	2 找一個比較能浮起來的地方
	(二)遠遷移		3 玉米粒和爆米花
			4 撈個熟湯圓來吃
			5 火災逃生
			6 保存物品
第二部分：抽象推理	(一)基本題	1-3	A、A、H
	(二)近遷移	4-7	C、K、K、B
	(三)遠遷移	8-14	E、E、E、G、F、F、J
		15-21	B、L、D、L、L、E、D

表二 浮力概念解題能力測驗試題架構（續）

類 別	題 型	題 號	備 註		
由密度判定浮沈	直接密度比較	簡單比較……………A			
		多重判斷……………B			
	非直接密度比較	改變液體	數字……………C		
			圖形……………D		
		改變物體	體積變化	數字……………E	
				圖形……………F	
	質量變化	數字……………G			
		圖形……………H			
由浮沈判定密度	單純比較……………K				
	複雜判斷……………L				

三、實施程序、方式及資料分析

本研究的實施程序、方式及資料分析法見表三。

表三 實施程序、方式與資料分析法

實施程序	方 式	資料分析
(一) 樣本的擇取	針對曾接受MDA之45名高、中、低成就五年級學生。根據「浮力概念解題能力測驗」的成績，選出獲益效率值最低者4人。	採雙因子變異數分析。
(二) 樣本（低獲益者） 先前評量資料的檢視	1.針對低獲益者在MDA中的提示量及提示類型，檢視其在解題歷程中最常發生的錯誤類型。 2.針對低獲益者在「浮力概念解題能力測驗」的填答情形，初步分析受試者可能的認知缺陷。並據此初步設計協助策略。	由研究者與資深教師共同分析，並由科教所物理組教授鑑定。 針對迷思概念類群及解題成分類群，對照分析。
(三) 個別晤談診斷	採用個別臨床式介入。重測「浮力概念解題能力測驗」，依照題號逐題施測一次，並對照分析後測及重測的選答情形。透過： 1.詢問 選答原因、困難所在、對提示說明的理解程度。 2.觀察推理 受試者之解題障礙及認知缺陷為何？ 3.試探性協助 以圖片、實驗、影像作為輔助器材。並採用多種解題協助策略。 4.以錄音及筆記作詳實紀錄	並據此找出阻礙受試者解題的缺陷思考型態。分別從下列三方面進行檢視： 1.結構性思考 2.工作記憶及注意力 3.類化遷移 並配合此三類型缺陷參考下列原則，試探性建構協助策略 1.刺激的刪減與強化 2.解題結構的提供 3.類比推理的援用 4.適度練習的安排
	此個別化重測與介入，由於較為耗時，研究者配合受試者能力，分成3~5段進行。	

結果與討論

本研究主要採質化方法，進行試探性分析。由於「浮力概念解題能力測驗」是依據學習的關聯性來排序試題，每一題均承繼前一題的概念加以發展，而此安排有助於檢視受試者概念蛻變及能力成長的軌跡，作較有效的分析判斷。本研究對低獲益者認知缺陷及協助策略有效性的分析，主要來自於二部分資料：(一)低獲益者在「MDA第一階段研究」中所需的提示類型及反應時間，以及在「浮力概念解題能力測驗」紙筆施測的填答情形；(二)低獲益者在「MDA的第二階段研究(本研究)」中晤談重測「浮力概念解題能力測驗」的歷程文稿及

錄音；此二類資料較為龐大(每一人約15頁)，無法在本文中列出。為精減篇幅並利於讀者瞭解，研究者從較紛雜認知缺陷情形中，作研判並試作歸類，同時配合實例來說明。此分析係由研究者(曾任教高年級自然科教學18年)與另一名任教中、高年級自然科教學11年的專任教師共同討論，並請科學教育研究所(物理組)教授1人鑑定。茲分別就「認知缺陷」及「協助策略」兩方面簡要說明。

一、低獲益受試者在浮力解題中的認知缺陷

從MDA第一階段研究的電腦提示紀錄中，可知低獲益者的主要提示類型(錯誤類型)如表四所示。

表四 低獲益者在MDA第一階段研究中之主要提示類型

提示類型	錯誤類型實例	4名低獲益者之錯誤率			
		甲	乙	丙	丁
(一)迷思類群	1.浮沈的判斷依據	只根據重量或體積來判斷			
	2.質量保留概念	認為(1)形狀改變、(2)揉擠、(3)熱脹冷縮；質量會改變			
	3.體積保留概念	認為形狀改變，體積會改變			
(二)基本概念及技能	1.計算	4 ÷ 8 = 2 或 20 ÷ 10 = 20			
	2.比大小	1.2 > 2			
	3.密度與浮沈	銅的密度大於水，認為銅會浮			
	4.液體浮力	鹽水的密度大於水，認為蛋在鹽水中比較會沈			
	5.系列比較	A > B、C > A，認為A > B > C			

註：甲、乙、丙、丁為4名低獲益者之代號

H表示錯誤率高於全體平均0.5個標準差；L表示低於0.5個標準差；M表示錯誤率居中。

而後，在第一次「浮力概念解題能力測驗」的答題情形中發現：經過MDA後，低獲益者在「單純以重量或體積判斷浮沈」、「計算」、「比大小」上，已有明顯的修正，而其他方面的進步情形則不明顯。由答案卷中多處的留白中，可推估低獲益者在概念認知及解題策略上仍有不少障礙。由晤談重測的解題歷程

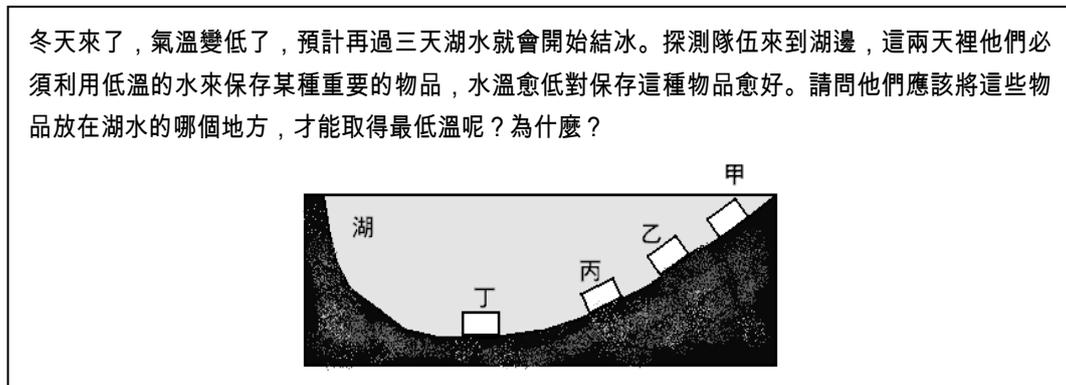
資料中，本研究歸納出低獲益者主要有下列三方面的認知缺陷。

(一)缺乏結構性思考

低獲益者明顯有缺乏結構性思考的現象，其解題的正確性會受到訊息量的干擾，一旦試題的訊息量多(多重線索)或意涵隱晦(題意複雜、圖形暗示不明)，受試者即產生不當的

「直覺思考」、「片面思考」、「矛盾思考」及「非系統性思考」等缺乏思考結構的現象。舉例如下：

1.直覺思考：未考量關鍵線索，只憑直覺來解題。例如：見圖一。



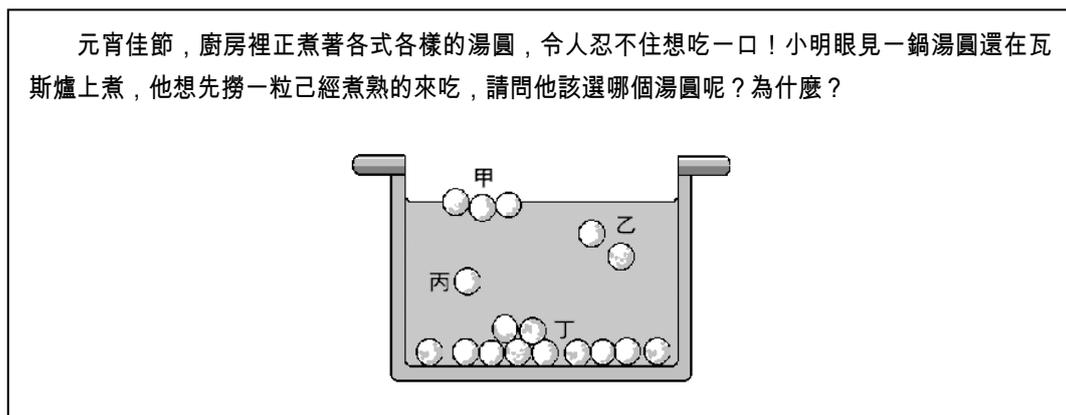
圖一 日常實用第 6 題

註：這個題目主要是應用「水快結冰時，質量不變、體積變大、密度變小」的特性，一旦水快結冰時，這些冰冷的水會逐漸上浮，因此湖面的水溫度會最低，答案是甲。

受試甲在這個題目中選丁，然而，當研究者詢問原因時，他卻遲疑了很久，最後僅說：「因為我覺得丁比較冷！」。從受試者的反應中可知，他並不知道解題的重要關鍵何在？亦無法說明其選答理由，完全憑非科學性的直覺

來進行解題。

2.矛盾思考：已能考量部分解題的線索，然而所採用的推理機制互有矛盾，未加以整合。例如：見圖二。



圖二 日常實用第 4 題

註：這個題目主要是應用熱脹冷縮的原理，湯圓煮熟時體積變大、質量不變、密度變小，因此會浮起來，答案是甲。

受試乙在這個題目中選丁，事實上她稍微知道要應用密度概念來判斷浮沈，然而在密度的判斷上卻產生差錯。首先她知道熟湯圓體積會脹大，但卻缺乏「質量保留」的概念，在臨床介入時，研究者發現，受試者隨機式的運用了兩種互有矛盾的推理機制，卻未進一步的加以整合，她說：「我想湯圓比較大，就會比較重，但是熟會比較輕，所以它會比較輕」。依

研究者多年的教學經驗所見，這類型「矛盾思考」確實常出現在低成就者身上，在平日教學中，由於教師未能適時適性的引導，造成他們的學習常常是一知半解，日復一日，就養成「科學概念」與「迷思概念」並存的思考型態，無法作經常性的思考調適與整合。

3. 片面思考：已能考量部分解題線索，但未能掌握所有訊息作整體性的分析。見圖三。

在速食炸雞店的廚房裡有許多玉米粒及已經做好的些爆米花，這個廚房不太大（大約是半間教室大）四周都有窗戶，常有微風，為了怕風把這些東西吹散，王師傅拿了一些袋子準備包裝，但是袋子缺很多，請問他應該先包裝什麼東西，才能減少風把東西吹得滿地的災害呢？為什麼？
 (1) 上等貨色、乾淨的玉米粒 (2) 已經爆好的爆米花 (3) 靠近窗戶的玉米粒 (4) 體積小的玉米粒

圖三 日常實用第 3 題

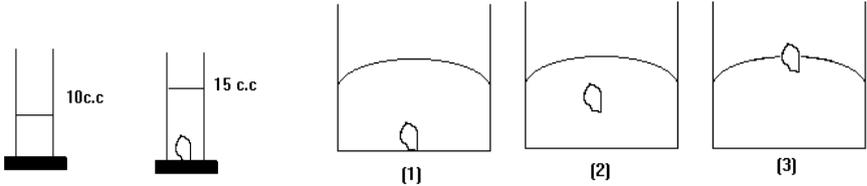
註：這個題目主要是應用「爆米花密度比玉米粒小」的特性，基於空氣浮力，當風吹過，爆米花比較會被吹散，因此答案是(2)。

受試甲在這個題目中選(3)，他認為靠近窗戶風比較大，所以應該先包裝窗邊的玉米粒。顯然受試者在這個題目中應用了他的生活經驗，但是卻忽略了題目中另外的線索，即：廚房不太大，四周都有窗戶。換言之，如果窗戶多，那麼靠窗的玉米粒也會多，在袋子缺很多的情況下，這不是個最好的答案。更重要的是，受試者應該考慮玉米粒與爆米花的密度問

題，配合微風的空氣浮力來思考。事實上在MDA後，受試者已熟知密度與浮沈的關係，然而一旦進入實際的生活事例中，他就無法加以應用，僅靠零碎、片面的線索來解題。

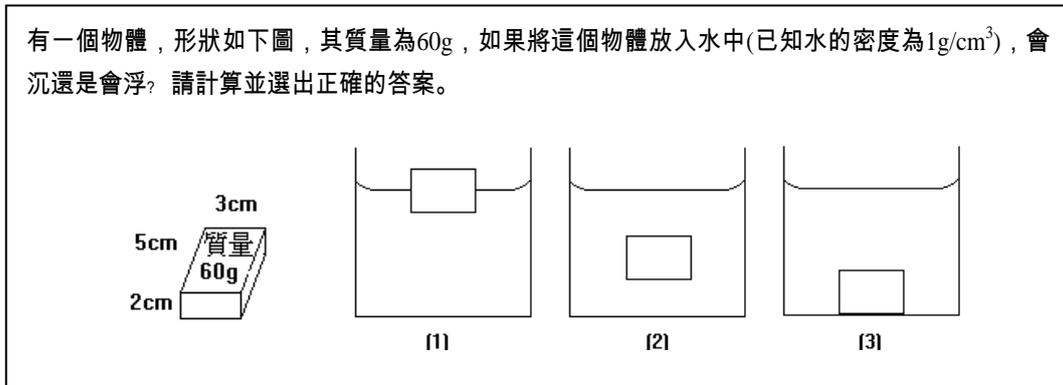
4. 非系統性思考：由於解題步驟多，線索多元，受試者混淆了原先已知的概念，產生殘缺、不規律的解題步驟，其解題散亂、缺乏思考方向。見圖四、圖五。

有一物體，質量為30g，形狀呈不規則形，今將它放入水中，量杯內的水由10c.c處，升到15c.c處，如果將這個物體放入某液體中(此液體密度為 $13.6\text{g}/\text{cm}^3$)，會沉還是會浮？請計算並選出正確的答案。



圖四 抽象推理第 8 題

註：受試丙的解法： $15 \div 10 = 5$ 答：5



圖五 抽象推理第 9 題

註：受試丙的解法： $5 \times 3 \times 2 = 30$ $60 \div 30 = 2$ 答：2

受試丁的解法： $5 \times 3 \times 2 = 30$ $30 > 1$ 答：3

從上述資料可看出：受試丙在「公式運算及原理判斷」上呈現混亂的情形。由於密度公式是質量除以體積，受試者雖然熟記該項公式，但在運算上卻顯得較無章法，一看到數字，就任意拿兩個來相除，並不仔細推敲它的意義（見第8題）。此外，一旦算出密度之後（其實並不是真正的密度值），原本應該作進一步的密度比較，然後判斷物體的浮沈狀況，然而他卻以密度值作為最後的答案，完全忽略了後面的解題步驟。研究者發現，其實受試丙並不是對浮力概念一無所知，只是當線索複雜時，他就在解題的過程中迷失了，不知道所學的原則什麼時候必須用，於是所填寫的答案往往較為離譜。而受試丁發生的情況是：一旦物質的質量或體積必須經過運算才能求得時，他常在該數值求出之後，忘記進一步套入密度公式來計算密度值，而直接拿該數值與其他物質的密度作比較，誤判物體的浮沈狀況。從受試者的解題結構來看，其所缺漏的部分其實已經不多，基本上他知道要求密度，並根據密度來推測浮沈狀況，只不過在求密度的過程，他會

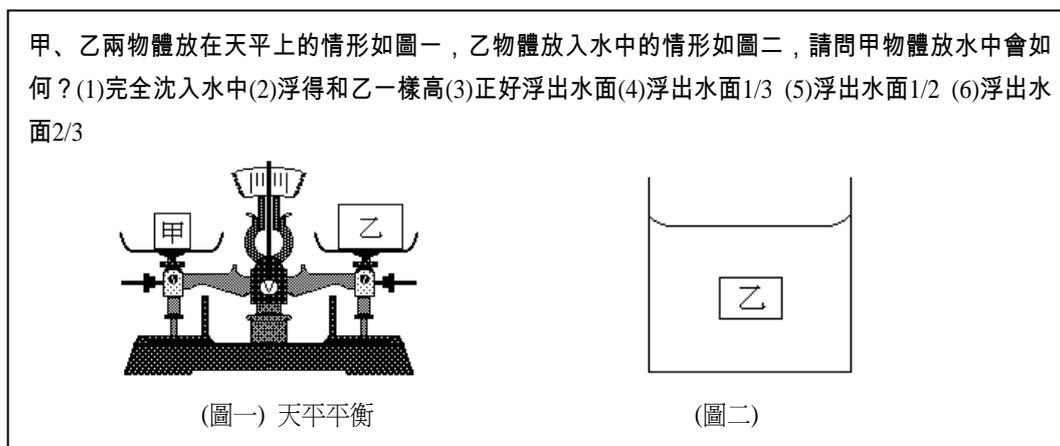
因為多重算式的干擾而遺漏了重要的步驟。

綜言之，低獲益者在浮力解題時出現「直覺思考」、「矛盾思考」、「片面思考」及「非系統思考」等缺乏思考結構的現象，此現象可與Karplus, Formisano 和Paulsen (1979) 所謂的直覺與過渡的思考層次呼應，唯本研究在過渡思考中，依差異性另細分成矛盾、片面及非系統三種型態。從本研究中可知，受試者雖然熟知浮力原理（即物體的密度比液體大，會沈；反之會浮）、也知道密度是質量除以體積，但是在解題時確會出現各式各樣的解題偏差，追究其因乃在於他們缺乏「結構性思考」的訓練，於是在複雜解題中，常會迷失解題的方向。

(二)工作記憶不足

低獲益者在解題上的另一個障礙，可能在於工作記憶不足，這種缺陷使他們無法有效的進行心像推理、連鎖排序、並且較粗心，呈現注意力方面的缺陷。舉例說明如下：

1.心像推理缺陷：在缺乏具體數值的情況下，無法運用心像進行推理。例如：見圖六。

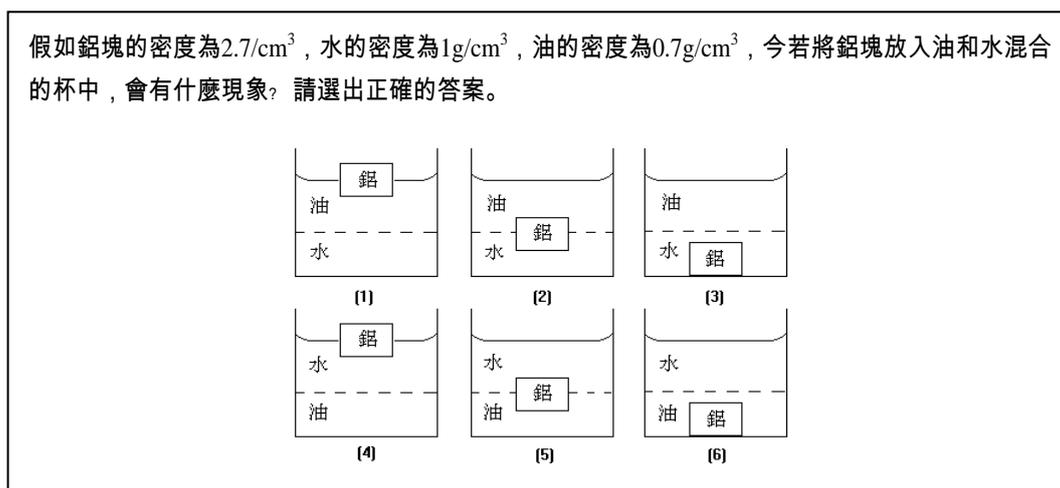


圖六 象推理第 12 題

受試丁在這個題目中選(6)，因為她認為甲的密度比乙小。研究者透過細步的詢問後發現，該生知道「甲和乙一樣重，甲的體積比乙小」，而問題就出在她無法有效的運用質量和體積來推測密度的大小（註：該生已熟知密度是質量除以體積）。由於原題中並沒有交代質量和體積的具體數值，必須運用心像來協助解題，而此多重的圖像假設與推理，會占用較多

的工作記憶，而影響解題的正確性。她表示：「甲比較小，密度可能比較小」，顯示該生無法有效的運用心像來推論出「質量相等時，體積小的密度會較大」。

2. 連鎖比較缺陷：對於多步驟的連鎖比較，無法有效記憶各步驟的比較結果，進行聯結性排序及推論。例如：見圖七。



圖七 抽象推理第 15 題

受試丙在這個題目裡，即顯現出無法有效進行連鎖比較的現象。當研究者要求她把鋁

塊、水和油的密度由大而小排列時，發現她停頓了很久，一直無法說出答案。事實上該生對

於「小數大小的比較」及「浮沈判斷的原則」已經瞭解，但原因就出在若不透過紙筆一步一步的來對照比較，協助記憶，她就會感到相當吃力而無法解題。

3. 注意力缺陷

工作記憶不足所表現出來的另項一缺陷就是容易粗心犯錯，一旦題意複雜、解題步驟多，受試者就無法細心的解題，這時即使是極明顯的文字或數值，他們也常常弄錯。例如全體低獲益者的解題中就常發現下列的狀況：把玉米粒看成爆米花、把液體看成物體、把液體的密度填成物體的密度、把 $15 \div 10$ 算成5等。

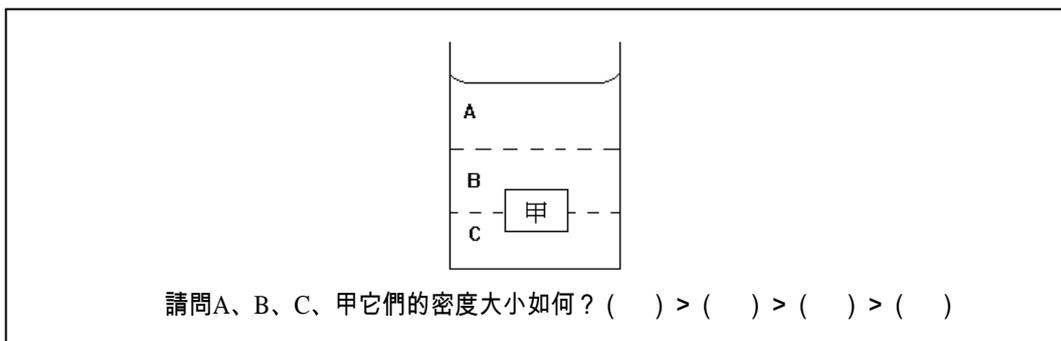
綜言之，低獲益者在解題時呈現較多工作

記憶與注意力方面的缺陷，此結果可呼應 Bender (1995) 及 Swanson (1994, 引自 Hallahan、Kauffman & Lloyd, 1999) 的論點。而此類缺陷輾轉妨礙較高階的思考推理（心像及連鎖比較等），進而影響解題的正確性。

(三) 遷移力缺陷

低獲益者基於概念認知的不完整或後設認知的不足，使他們在類化遷移上呈現下列兩種現象。

1. 自發性遷移不足：無法將已學會的解題策略自發性的遷移至「題型不同，但解法相似」的題目中。例如：見圖八。



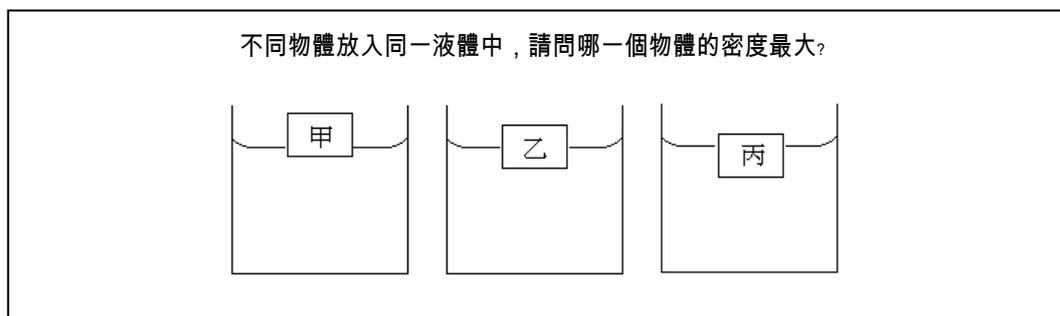
圖八 抽象推理第 18 題

研究者發現，受試者丁在完全學會第15題（見前頁）的狀況下，她在這個题目的填答卻是 $A > 甲 > B > C$ 。顯然受試者丁無法自發性的辨識出第18題是第15題的反向題，因此其填答顯得相當離譜。一旦研究者指出：「這個题目和第15題有點像」時，該生才頓然領悟，正確的解題，可見對低程度學生而言，引導自發性的遷移是亟待加強的一環。

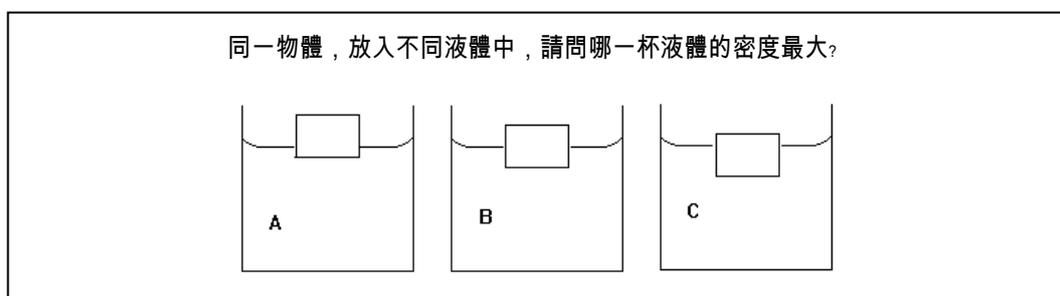
2. 不當遷移：誤將已學會的解題策略遷移至「題型相似，但解法不同」的題目中。例如：見圖九、十。

對低程度受試者而言，在答對第5題後，往往會把第6題的答案寫成C，原因是他們誤用

「物體的密度愈大，愈容易沈下去」的解題概念，認為「物體沈得愈低，液體的密度也愈大」，出現這種現象的主要原因可能在於受試者的辨識力不足，在概念理解上，他們往往只記得粗略的規則「大沈」，而不去仔細推敲其餘的條件，此現象正可呼應 Bruning、Schraw 和 Ronning (1995) 在自然科學中有關生手以表層特徵（而非深層原理）來辨識組型的觀點。Byrnes (1996) 指出，無法有效遷移的原因，可能在於學習脈絡的單一化、非原則化學習、缺思考策略的概念性理解等。基於此，欲引發有效的學習，應該從這些方面來設計協助策略，以促進類化遷移。



圖九 抽象推理第 5 題



圖十 抽象推理第 6 題

三、對低獲益受試者在浮力解題中的協助策略

針對低獲益的認知缺陷，經過試探性的診斷協助後，可歸納出「舉例類推」、「圖示」、「對照比較」、「提供運算結構」、「分解再結合」、「保留思考時間」、「單純練習」等協助策略，此七者可引導結構性思考、降低工作記憶的負荷、規範注意力，並提昇類化遷移的能力。說明如下。

(一)舉例類推法

在本研究中舉例類推法主要用於促進「質量保留」概念的建立，而與「質量保留」概念相關的試題，主要是日常實用第 4 至 6 題，分別是「撈個熟湯圓」、「火災逃生」及「保存物品」，此三者分別涉及固體（湯圓）、氣體（濃煙）及液體（湖水）三類物質的質量保留概念。有關採用舉例類推法對受試甲和乙「質量保留概念」的協助成效，可參考表五。

從表五的紀錄資料中可知，採用舉例類推法可促進「質量保留」概念的建立。不論是受試甲或乙在經過協助後，其概念認知均有成長，並能類推至其他情境中。以受試乙而言，這種方法使她逐題修正錯誤概念。第一次她需要完整的實驗說明，第二次她只需要提示去回憶做過的實驗，而第三次她就能在完全不需提示的狀況下，自行將原理正確的類推至其他情境中。

研究者認為，對於抽象物體「質量保留」概念的建立，較佳的協助策略就是先舉出具體可證驗的相似物質，作實際操作及測量，俟獲致結果後，再將結論類推至抽象的事例中。例如：如果要說明「湯圓在煮的過程中，質量並不會改變」，就是屬於較抽象的概念，我們並不容易直接進行實驗證明（因為湯圓會吸水）。在這種情況下，我們就可以拿不會吸水的銅球，放入沸水中來作替代性的實驗，並類

推到湯圓的情況中。一般而言，證明的事例如果能多一點，對概念的確立會產生較好的效果，一來它們容易幫助學生進行原理的歸納；

二來它們提供學生回憶原理的多重線索；而三來它可活化遷移能力，讓學生彈性的應用在各式的日常生活情境中。

表五 晤談重測時「舉例類推法」對建立「質量保留概念」的協助紀錄

	第3題 撈個熟湯圓（固體）	第4題 火災逃生（氣體）	第5題 存物品（液體）
《受試甲》			
1. 概念認知		指出熟煙會變燒愈多，就會愈重，隨即又說：「空氣好像沒有重量」	已建立質量保留概念。知道水結冰時，質量不會改變。 (註：本題在未進行舉例類推的協助之前，受試甲答錯)
2. 協助		以密閉空瓶加熱空氣，進行實驗，並作原理類推。	
《受試乙》			
1. 概念認知	認為湯圓加熱後，體積變大，所以質量會變重。不久，又認為「熱會比較輕，所以它會比較輕」。	認為熟煙質量會變輕	已建立質量保留概念。知道水結冰時，質量不會改變。 (註：本題在未進行舉例類推的協助之前，受試乙答錯)
2. 協助	以銅球來代替湯圓，進行實驗，並作原理類推。	提醒該生回憶銅球加熱的情形後即能正確解題。	

(二)圖示法

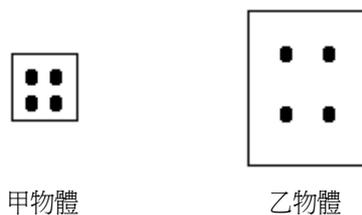
在本研究中圖示法主要是用來協助受試者在「缺乏質量及體積具體數值」的狀況下，進行密度變化的推論。在4名低獲益受試者中，以受試甲和受試丁，在推論密度的變化上，顯得特別困難。但經實證顯示，只需一次的加強說明並協助練習後，在往後的相關試題中（即日常實用第6題及抽象推理第13、14、21題），受試者即可有效運用這種方式來進行推理。

圖示法的運用是要受試者在方框內畫入圓點，以方框的大小代表體積，圓點的數量代表質量，而方框內圓點的擁擠程度代表密度（受試者只需要知道多或少，不需要知道精確的數

值），例如甲和乙一樣重，而甲的體積比乙小，就可以用圖十來看出密度的大小（甲和乙一樣重，圓點就畫一樣多，甲體積小，方框就畫小一點，從示意圖中就可看出甲的點比較擠，它的密度比較大）。用這方法會比採用「密度除法公式」（即除數變小，商變大的說明方式）來得直接、具體、容易懂。（見圖十一）。

(三)對照比較法

對照比較法主要是用來區辨情境與原理的差異性。在本研究中受試者對於「物體的浮沈」與「液體的浮力」，產生不當的遷移，其中以受試丙的情況最為嚴重。事實上在MDA中，對於類似試題，每當受試者答錯時，電腦就會出現



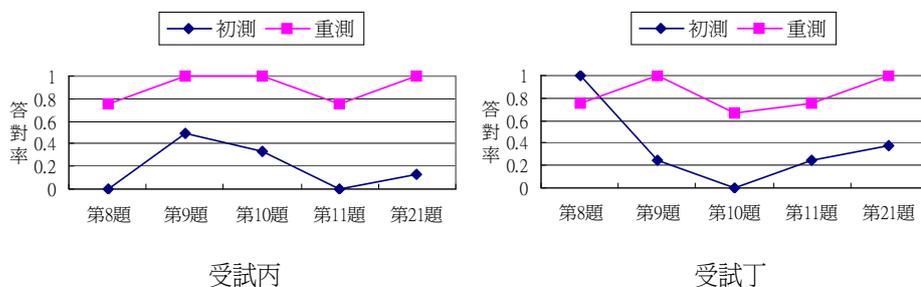
圖十一 「同重不同體積」密度示意圖

一些實景畫面，來進行說明，然而在後測時，每當遇到有關「液體浮力」的問題時，受試丙幾乎全部答錯。她表示：「這裡最難！一下子密度大會沈得比較低，一下子又會浮得比較高，亂亂的…」，研究者猜測在MDA的提示中，可能有三種缺失：首先，它是以影片方式呈現，以該名受試的認知發展狀態來看，她可能需要操作；其次，MDA中對於物體浮沈與液體浮力的實驗說明，從未同時呈現，不是只出現「物體密度變化與浮沈情況」的畫面，就是只出現「液體密度變化與浮力關係」的畫面。最後，畫面呈現的時間太短，一說明完，畫面

就立即消失。基於此，研究者以3分鐘的時間，讓受試丙同時對物體和液體進行對照式的實驗，並仔細區辨差異，進而歸納原則，爾後再停留十多秒讓她思考。結果產生令人滿意的成效。當研究者重新反問相關的後測試題（即抽象推理第5、6、12題）時，她能完全答對，甚至遷移至難度頗高的第21題中（難度為.30）。

(四)提供運算結構法

提供運算結構是強化思考方向、避免思考散亂並減輕工作記憶負荷的協助策略，在本研究中，研究者教導該策略的成效可見圖十二。



圖十二 提供運算結構協助策略之後，低獲益者解題能力的增長情形

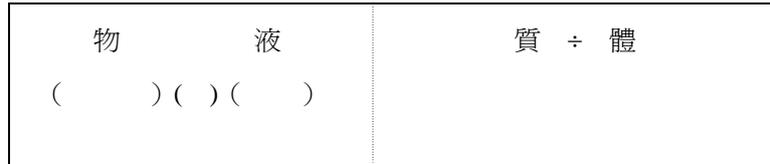
註：有關數值運算的試題僅五題，故僅列該五題答對率

從圖中可知，除受試丁初期（第8題）因遺忘造成解題能力下降外，其餘均顯現出協助策略對提昇解題能力的顯著效果，尤其在高難度（難度.15）的第20題中，兩位受試者均可達到100%的正確率。可見該策略對避免散亂思考、規範思考方向，確有成效。

提供運算結構法是教導受試者每當作數值判斷時，必須在紙上書寫五個字（即：物、液、質÷體，見圖十三），以作為運算時的思考依據。在解題時，受試者首先需在試題中找出物體的密度，填入括號中，如果不知道，就作左半部質量除以體積的運算，運算完的數值

再填回括號內，接著再作液體的部分，當物體和液體的密度都填入後，在小括號中再比較密度的大小，如果物體的密度比液體大，物體就會沈，反之，就會浮。研究者告知受試者，每

一道運算題必須把左半填完才選答。這種運算結構教學，約花 1 分鐘時間可完成，是一種相當經濟而成效顯著的協助策略。

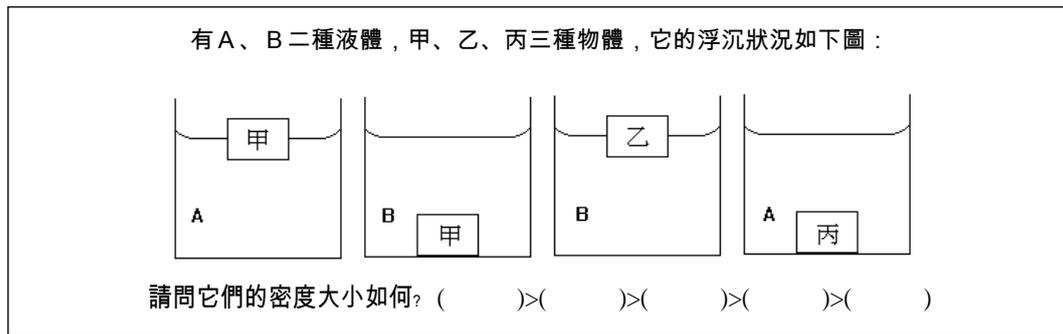


圖十三 浮力解題運算結構

(五)分解再結合法

分解再結合法，是提供思考方向、簡化試題、降低工作記負荷的協助策略。這個策略在

MDA中曾經使用一次。為便於讀者瞭解該策略的協助成效。研究者先引用原題來說明，再敘述其成效。見圖十四。



圖十四 抽象推理第 17 題

上題難度為 .15，可說是相當困難的題目，然而在MDA的「分解再結合」策略提示後，在後測階段，全體45名受試者答對率由 .15提昇至 .80，而在 4 名低獲益者中，亦有 2 人完全答對。在重測階段，研究者針對未答對者，再進行一次策略教學，則受試者就可完全答對該試題，並將解題法有效應用在後續的

相似題中（即抽象推理第18、19題），可見該策略的有效性。

分解再結合法，是要受試者將連鎖比較分解而後再逐步串聯。研究者要求受試者先一杯一杯的寫出密度的大小，然後再一杯一杯的結合。它的解題步驟如下：

- | | | | |
|-----------|--------------|------------------|----------------------|
| (1) | (2) | (3) | (4) |
| 第一杯：A > 甲 | A > 甲 甲 > B | A > 甲 > B B > 乙 | A > 甲 > B > 乙 丙 > A |
| 第二杯：甲 > B | 所以 A > 甲 > B | 所以 A > 甲 > B > 乙 | 所以 丙 > A > 甲 > B > 乙 |
| 第三杯：B > 乙 | | | |
| 第四杯：丙 > A | | | |

(六)保留思考時間及單純練習

有關保留思考時間與單純練習法，是一項最不特殊，但是卻是相當重要的協助策略。這兩者對於概念理解與及策略遷移，具有不容忽視的效果，尤其對於學習能力較弱者更是必須。任何有意義的學習都需要學生主動積極的思考，也需要某種程度的練習，在本研究中，其功效可從受試者在初測及重測的解題表現中加以說明。在MDA中，由於提示系統設計得不錯，因此許多受試者均能從中獲益（效益值平均達 4.8），然而，由於該光碟中幾乎沒有重複

的題型，同時各主題流程的轉換極為迅速，因此，對於能力極差的受試者而言，所產生的學習負荷量相當大，造成獲益量低。但在重測階段中，研究者重新施測原題，給予第二次的練習機會，同時以較緩慢的步調，在每個重要步驟之後，都停頓一會讓受試者重新思考。結果發現，該類群學生不但具有較佳的理解，同時也較能遷移至相關試題中，可見此二協助策略對低獲益者而言，具有相當的價值性。

茲將本研究結果彙整如下，見表六。

表六 4名「MDA 低獲益者」在浮力解題中之認知缺陷、所接受之協助策略及答題情形一覽表

		低獲益受試者				備 註	
		甲	乙	丙	丁		
一、認知缺陷							
(一)缺乏結構性思考	1.直覺思考	✓				從系列診斷中發現，受試甲在解題線索明確的情形下，仍可作多步驟的公式運算及連鎖比較，但在「日常實用題」中，由於線索的曖昧，不易分辨關鍵性訊息，因此產生多種非結構性思考。此情形在提供多種情境的思考練習後，即可改善。	
	2.矛盾思考		✓				
	3.片面思考	✓	✓	✓	✓		
	4.非系統性思考	✓	✓	✓	✓		
(二)工作記憶不足	1.心像推理缺陷	✓		✓	✓		
	2.連鎖比較缺陷		✓	✓	✓		
	3.注意力缺陷		✓	✓	✓		
(三)遷移力缺陷	1.自發性遷移不足	✓	✓	✓	✓		受試丙無法進行連鎖比較的原因，主要在於其工作記憶量較小，此情形在提供紙筆供其隨時紀錄的情形下，得到不錯的改善。
	2.不當遷移	✓	✓	✓	✓		
		二、協助策略					與協助策略相關試題之答題情形
(一)舉例類推法	以銅球代替水餃，進行實驗，協助作抽象原理的類推。	✓	✓			介入前：受試甲及乙之答對率平均為 .17。 介入後：提示一次答對率提昇為 .50，而答錯的題目僅需提醒受試者回憶先前說明，即能正確的解題。	

表六 4名「MDA 低獲益者」在浮力解題中之認知缺陷、所接受之協助策略及答題情形一覽表（續）

		低獲益受試者				備註
		甲	乙	丙	丁	
(二)圖示法	以點數代表質量，方框大小代表體積，來進行密度推理。	✓		✓	✓	介入前：受試甲、丙、丁之答對率平均為.25。 介入後：提示一次即能答對後續所有的相關試題。
(三)對照比較法	進行並排之實物實驗，詳細對照說明。	✓	✓	✓	✓	介入前：受試甲、乙、丙、丁之答對率平均為.17。 介入後：提示一次答對率提昇為.76。
(四)提供運算結構法	提供運算提示卡			✓	✓	介入前：受試丙及丁之答對率平均為.28。 介入後：提示一次答對率提昇為.87。
(五)分解再結合法	以紙筆協助，分解解題步驟，再作聯結		✓		✓	介入前：受試乙及丁均答錯。 介入後：提示一次即能完全答對相關類題。
(六)保留思考時間及單純練習	每一協助策略教導後，均讓受試者思考數十秒。	✓	✓	✓	✓	介入後：此協助法具有輔助上述協助策略的功效。在晤談診斷中發現，若能多給一次練習機會，並以較緩慢步調教導解題策略，低獲益者的理解程度及解題能力會有明顯的提昇。

結論與建議

一、結論

(一)低獲益受試者在浮力解題中的認知缺陷

從重測之臨床介入的診斷資料中可看出，低獲益者的主要迷思概念在於缺乏質量保留概念，並在浮力解題中呈現三類型的認知缺陷，首先是「缺乏結構性思考」，一旦試題的訊息量多或意涵隱晦時，受試者即產生不當的「直覺思考」、「片面思考」、「矛盾思考」及「非系統性思考」等缺乏思考結構的現象。其次是「工作記憶不足」，這種缺陷使他們無法

有效的進行心像推理、連鎖比較，並且常常粗心，呈現注意力方面的缺陷。最後是「遷移力缺陷」，由於受試者的學習型態較為僵化，不能精確分辨概念間的差異性及適用性，因此常不易自發性的遷移解題策略，或產生過度類化「不當遷移」的現象。

(二)對低獲益受試者在浮力解題中的協助策略

針對低獲益者的認知缺陷，經過試探性的診斷協助後發現：「舉例類推法」可促進「質量保留概念」的建立；「圖示法」有助於減輕工作記憶的負荷，進行心像推理；「對照比較法」可協助受試者區辨情境與原理的差異性，

減少過度類化的不當遷移；「提供運算結構法」可提引思考方向，促進結構性思考；「分解再結合法」有利於進行連鎖性比較，降低粗心犯錯的機率；而「保留思考時間」及「單純練習」雖非特殊的協助策略，但對於概念理解、策略遷移及解題能力的提昇均具有不容忽視的效果。

二、建議

(一)對評量與教學的建議

1. 教學評量的設計基礎可融入「協助性」理念並結合資訊科技，此有助於受試者學習情意，使之產生擴展性學習，並提昇其概念認知及解題能力。

2. 診斷性評量的內涵，除應考量知識體系及迷思脈絡外，亦應依據低程度者認知缺陷的類型，進行規畫與建構，從其思考的結構性、工作記憶的負荷程度及遷移能力的有效性來進行協助策略的試探。

3. 教學進程中，為顧及學生的認知水準，並激發有意義的學習，可酌用舉例類推、圖示、對照比較、提供運算結構、分解再結合、保留思考時間及單純練習等協助策略，教學中應儘量提供思考機會，追蹤學生的認知歷程，協助其精熟核心概念並加以應用。

(二)對未來研究的建議

1. 本研究在性質上屬試探性研究，主要採質化分析法，在診斷介入的過程中，雖試探出低獲益者的認知缺陷類型及協助策略，然日後仍需以更系統的方式進行量化評估，以進一步瞭解各缺陷類型的交互影響性，以及各協助策略精確的適用取向、有效程度及最佳的實施步驟。尤其在後設認知方面，亦需進行更深度的探討。

2. 低獲益受試者的認知歷程仍具有高度的研究空間，基於學科概念間的關聯性與體系性，若能針對整合性的概念體系，進行認知缺陷的剖析，將有助於更清晰的理解該類學生的

認知缺陷脈絡，找出更系統性的教學策略。

3. 本研究在認知缺陷及協助策略的分析上，係以數理思考邏輯之診斷介入為主，然而，對於學習能力較弱者而言，其數理能力的不足，可能另涉及閱讀理解、語句整合分析、文字符號轉換能力等，日後若能針對這方面，擇取適當受試者，進行整體性規畫與研究，對科學教育應有不容忽視的價值。

參考書目

一、中文部分

王龍錫（民80）：**我國學生自然科概念發展與診斷教學之研究(一)：小學生浮力概念發展之結構圖研究**。國科會專題研究報告：NSC 79-0111-S-153-007-D。

江文慈（民82）：**槓桿認知能力發展的評量與學遷移歷程的分析—動態評量的應用**。國立臺灣師範大學教育心理與輔導研究所碩士論文。未出版。

江秋坪（民84）：**動態評量對國語資源班學童鑑別與協助效益之探討**。國立臺南師範學院初等教育研究所碩士論文。未出版。

林頌恩（民84）：**國中物理解題之後設認知研究**。國立高雄師範大學科學教育研究所碩士論文。未出版。

吳國銘、洪碧霞、邱上真（民84）：**國小學童在動態評量中數學解題學習歷程與遷移效益之探討**。中國測驗學會測驗刊，42，61-84。

徐芳立（民87）：**提示系統對增進國中一年級學生自問自答策略與閱讀理解能力之成效分析**。國立高雄師範大學特殊教育學系碩士論文。未出版。

陳進福（民86）：**國小輕度智障學童數學解題動態評量之研究**。國立嘉義師範學院國民教育研究所碩士論文。未出版。

- 莊麗娟 (民85)：國小六年級浮力概念動態評量的效益分析。國立高雄師範大學教育學系碩士論文。未出版。
- 莊麗娟 (民89)：系統化多元評量模式之發展研究。國立高雄師範大學教育學系博士論文。未出版。
- 莊麗娟、邱上真、江新合 (民86)：國小六年級浮力概念動態評量的效益分析。中國測驗學會測驗刊，44(1)，71-94。
- 莊麗娟、邱上真、江新合、謝季宏、羅寶田 (民89)：多媒體動態評量之效益分析—以浮力問題為例。發表於中國測驗學會「2000年教育與心理測驗學術研討會」。
- 黃湘武、黃寶鈿(民75)：學生推理能力與概念發展之研究。認知與學習研討會專集。臺北市：行政院國家科學委員會。
- 歐瑞賢 (民86)：國小學生比例推理能力動態評量之效益分析。國立臺南師範學院國民教育研究所碩士論文。未出版。
- 簡月梅 (民87)：互動式提示多點計分電腦化適性測驗。國立臺灣師範資訊教育研究所碩士論文。未出版。
- ## 二、英文部分
- Bender, W. N. (1995). *Learning disabilities characteristics, identification, and teaching strategies* (2nd ed). Massachusetts: Allyn & Bacon.
- Bruning, R. H., Schraw, G. J., & Ronning, R. R. (1995). *Cognitive psychology and instruction* (2nd ed). New Jersey: Prentice-Hall, Inc.
- Budoff, M., & Corman, L. (1974). Demographic and psychometric factors related to improved performance on the Kohs learning potential procedure. *American Journal of Mental Deficiency, 78*, 578-585.
- Burns, M. S., Vye, N. J., & Bransford, J. D. (1987). Static and dynamic measures of learning in young handicapped children. *Diagnostique, 12*(2), 59-73.
- Byrne, J. P. (1996). *Cognitive development and learning in instructional contexts*. Massachusetts: Allyn & Bacon.
- Ferrara, R. A. (1987). *Learning mathematics in the zone of proximal development: The importance of flexible use of knowledge* [CD-ROM]. Abstract from: ProQuest File: Dissertation Abstracts Item: 8803037
- Ferrara, R. A., Brown, A. L., & Campione, J. C. (1986). Children's learning and transfer of inductive reasoning rules: Studies of proximal development. *Child Development, 57*, 1087-1099.
- Feuerstein, R. (1979). *The dynamic assessment of retarded performers: The learning potential assessment device, theory, instrument, and techniques*. Baltimore, MD: University Park Press.
- Galotti K. M. (1999). *Cognitive psychology in and out of the laboratory*. (2nd ed). Belmont: Wadsworth Publishing Company.
- Gega, P. C., & Peters, J. m. (1998). *How to teaching elementary school science* (3rd ed). New Jersey: Prentice-Hall, Inc.
- Gerber, M. M., Semmel, D. S., & Semmel, M. I. (1994). Computer-based dynamic assessment of multidigit multiplication. *Exceptional Children, 61*(2), 114-125.
- Hallahan, D. P., Kauffman, J. M., & Lloyd, J. W. (1999). *Introduction to learning disabilities* (2nd ed). Massachusetts: Allyn & Bacon.

- Hewson, M. G. A'B. (1986). The acquisition of scientific knowledge: Analysis and representation of student conceptions concerning density. *Science Education*, 70(2), 159-170.
- Jitendra, A. K., & Kameenui, E. J. (1993a). Dynamic assessment as a compensatory assessment approach: A description and analysis. *Remedial and Special Education (RASE)*, 14(5), 6-18.
- Karplus, R., Formisano, M., & Paulsen, A. (1979). Proportional reasoning and control of variables in seven countries. In J. Loch-head & j. Clement (Eds.), *Cognitive process instruction: Research on teaching thinking skills*. Philadelphia: Franklin Institute Press.
- Knodel, Monika C. (1997). *Dynamic assessment of written language (learning disabilities)*. [CD-ROM]. Abstract from: ProQuest File: Dissertation Abstracts Item: MQ20833.
- Kragler, S. (1986). *Dynamic versus static testing: Impact on reading placement of reading underachievers* [CD-ROM]. Abstract from: ProQuest File: Dissertation Abstracts Item: 8618648
- Lidz, C. S. (1991). *Practitioner's guide to dynamic assessment*. New York: Guilford Press.
- Leonard, W. J., Gerace, W. J., Dufresne, R. J & Mestre, J. P.(1994). *Concept-based problem solving in physics*. {online}. Available.<http://www.perg.phast.umass.edu/papers/CBPSP/CBPSP.html>.
- Supancheck, S. P. (1989). Effects of dynamic assessment approach with developmentally delayed children. *Doctor of Philosophy in Special Education*, CSULA-UCLA University of California (microform). Ann Arbor, Mich.: UMI.
- Thorpe, Pamela K.(1999). *A hierarchical linear modeling approach towards the dynamic assessment of mathematical conceptual learning*. [CD-ROM]. Abstract from: ProQuest File: Dissertation Abstracts Item: 9835543.
- Vygotsky, L. S.(1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Cambridge, MA : Harvard University Press.

Bulletin of Special Education 2001, 21, 109—133
National Taiwan Normal University, Taipei, Taiwan, R.O.C.

AN ANALYSIS OF CONGNITIVE DEFICITS AND ASSISTED STRATEGIES FOR LOW-GAINERS UNDER MULTIMEDIA DYNAMIC ASSESSMENT

Li-Chuan Chuang

National Pingtung Teachers College

ABSTRACT

The purpose of this study was to describe the phenomena of cognitive deficits among the low-gainers , and to explore the effectiveness of assisting strategies to facilitate their learning.

The subjects were selected from forty-five fifth graders who received the multimedia dynamic assessment (MDA) on the buoyant concepts. Based on posttest, four lowest gainers were picked out (two low-gainers selected from the domain of daily life problems solving and the other two from the domain of abstract reasoning). The subjects were retested by means of diagnostic interview. Comparing the record of posttest and retest , the researcher reached the following findings : 1. The low-gainers tended to have following cognitive deficits : (1) lacking the structuralized thinking. (2) the limited capacity of working memory. (3) failing to develop insightful learning for transferring. 2. As far as the assisted strategies concerned, giving examples and analogies, illustrating, contrasting and comparing, suggesting calculation structure, using whole-part-integration problem solving processes, giving more thinking time and simple practice could be effective strategies to change misconceptions and promote problem-solving abilities.

Key words: Multimedia Dynamic Assessment, Buoyant Concepts, Cognitive Deficits, Assisted Strategies, Science Education.