

## 數學素養能力的測驗命題設計與評量

### The Measurement Questions design and Evaluation on the mathematic capabilities

蔣治平<sup>1</sup> 廖敏治<sup>2</sup> 蘇懿<sup>3</sup>

#### 摘要

本研究延續“拉式(pull)的本位設計應用於技職管理學院學生數學能力要因萃取、評估與驗證之實證研究”前兩年的研究結果，將16項數學素養能力依認知、理解、應用三個層次進行命題，建立評估技專院校學生數理能力的評量表並進行實際評量，以了解評量表的可行性及學生的數學能力。測驗結果顯示16項數學素養能力在不同性別、年級並無明顯差異，但不同系別學生則有顯著差異。其次再以數學素養能力的平均數進行集群分析，可將不同學系區分為數學能力低度表現群，中度表現群與高度表現群等三群，其結果可做為後續教學指引或分級教學的參考。

**關鍵詞：**評量、數學、技職教育、統計

#### ABSTRACT

This research inherited the late two-year results of theme: A pull system for amending technological and vocational education's mathematic curricula in the college of management. An evaluation test, which designed from three gradually advanced levels of perception, understanding, and application, is used to assess the mathematical capabilities of college's student. The statistical results find that 16 items of core competency of mathematics have no significant difference in gender and grades, but have significant difference in different departments. Furthermore, the cluster analyses divide those departments into 3 groups named as low, moderate, and high performance group and depict the discrepancy of departments in the capabilities of mathematics, which could be used as a guidance of teaching instructions.

**Key words:** Assessment, Mathematics, Vocational Education, Statistics

<sup>1</sup> 作者為正修科技大學企業管理系教授，E-mail: chiangcp@csu.edu.tw

<sup>2</sup> 作者為正修科技大學財務金融系副教授，E-mail: liawdr@csu.edu.tw

<sup>3</sup> 作者為正修科技大學國際企業系副教授，E-mail: suyih@csu.edu.tw



## 1.前言

本研究延續“拉式(pull)的本位設計應用於技職管理學院學生數學能力要因萃取、評估與驗證之實證研究”之前二年的研究結果，欲設計一評量表來評量技專院校學生的數理能力。我們在第一年的計畫中利用品質機能展開(QFD)，將顧主的需求對應到 24 項數理能力建立品質屋矩陣；第二年利用模糊分類法將這 24 項數理能力區分為數學技巧能力與數學素養能力兩大類，其中數學技巧能力有 8 項，數學素養能力有 16 項，並利用 QFD 建立品質屋矩陣。本研究針對學生所需具備的 16 項數學素養能力，利用數學命題對每一能力從認知、理解、應用三個方向來建立評量表，以評量學生的數學能力。瞭解管理學院的同學在經過大學前二、三年的相關數理課程的學習之後，其數理能力到底如何？而在不同的系別中其數理能力是否有顯著的差異？不同的性別其數理能力是否有顯著的差別？不同的年級其數理能力是否有顯著的不同？而在目的設計時，我們是以認知、理解、以及應用這三方面來行問題的設計，而不同的科系有這三個方面上是否有顯著的差異？不同的性別在這三方面是否有顯著的差異？不同的年級在這三方面是否有顯著的差異？這是我們想要進行評量的目標，以便了解學生的學習能力，並進行課程設計及教學的補救與改進方針。

根據簡茂發(1999)所論述的內容和李坤崇(2006)所著的教學評量可知，評量包括三大部分，有教師的教學效率之評量 (evaluation of teacher's teaching effectiveness)、學生的學習成就之評量 (evaluation of students' learning achievement)、課程的設計與實施之評量 (evaluation of curriculum program)；而從評量的時機和過程而言，教學評量可分為安置評量 (placement assessment)、形成評量 (formative assessment)、診斷評量 (diagnostic assessment)、總結評量 (Summative assessment) 四大類；再從評量資料的解釋方式而言，教學評量又可分為「常模參照評量」 (norm-referenced evaluation) 和「標準參照評量」 (criterion-referenced evaluation)。根據這些評量論述，我們所設計出來的教學評量，主要是針對學生所學習的數理課程的內容依據認知、理解及應用三大方面來進行試題的設計，並就學生的學習成就來進行評量且考量相關課程的設計。

## 2.教學評量的相關文獻探討

Airasian(1996)認為所謂「教學評量」是指教

師在課堂上將所蒐集到學生各種量或質的訊息資料加以選擇、組織並解釋，以助於學生做決定或價值判斷的歷程。余東霖(2003)認為「數學教學評量」是指教師依據數學科目的教學目標，廣泛蒐集學生在數學學習時完整質化或量化的相關資料，並據以對學生在數學領域的概念知識、解題技能、學習態度、學習狀況、以及學習成就等等，加以進行分析、評估與鑑衡的一種價值判斷歷程。

教育部(1999)在九年一貫數學課程綱要提出了六個重要的數學課程目標，希望學生可以掌握數、形、量基本概念之認知；培養日常所需的數學素養，並能應用於日常生活中；發展形成問題、解決問題、以數學表達溝通工具以及數學批判能力；並且能夠欣賞數學。為了達成這些目標，數學的發展應以生活為中心。洪碧霞(1999)指出反應課程和教學目標的評量內容，就需要放在學生運用數學知識解決問題的思考歷程，溝通和辨證解題想法的能力，還有評量學生樂於用數學邏輯道理、尊重別人想法，和主動學習的態度；就目前數學教育的目標陳述來看，在學生進行數學解題小組討論中，觀察記錄他們所使用數學語言、概念、知識和方法的表現，理當成為數學教學評量的重要課題。林素微(2000)評量的回饋是經驗成長的重要因素，評量提供教師掌握學生學習效果的訊息，藉著評量的回饋，教學能了解教學目標達到的情形，並可根據評量的資料修正目標。而關於大學學科的教學評量，李坤崇(2006)指出有八大缺失：(一)期中考、期末考試卷題數較少，評量結果難以反映學生真正學習結果；(二)試卷集中測量某一主題，分布不均勻；(三)論文題的題意不甚清楚，學生不知如何回答；(四)論文評分之前，未擬訂具體的評分標準；(五)不同教師給分的寬嚴差距甚大；(六)重視紙測驗，忽略實作評量、檔案評量或觀察評量與檢核；(七)未顧及學生個別差異；(八)未與教學目標相呼應。為改善這些缺失，李坤崇(2006)提出下列四個措施，(一)評量宜顧及教學目標、學生的學習狀況，以及學生的個別差異；(二)評量前宜研擬評量藍圖，並兼顧各個學習主題，避免過於偏重某一主題；(三)評量宜多元化，且評量過程包括安置、形成、診斷及總結等評量；(四)評量應有評量標準，避免流於主觀。

綜合上述，我們可以知道關於數學評量的內容主要包括：數學概念的認知、運算與組織的能力，推理、理解、和溝通的能力，並能應用於日常生活中等。因此，現在我們想要對正修科技大學管理學院學生的數理能力來進行評量，我們認為在題目的設計上需要由認知、理解、以及應用



等三方面來著手，且命題需要滿足生活化並能與真實世界情境相關，因此在題目的設定時，我們根據之前的研究結果指出，管理學院的學生應具備有“具向量空間的理解能力”等 16 項數學素養能力，以認知、理解、和應用這三大類設計命題，並以生活化及學生學習過的相關的數學課程內容來加以命題，並以相關的課程單元來設計選項，並且每一主題平均分配大都各有三個題目，而所評量的年及是以二、三年級為主，亦即他們已經上過大學兩~三年了，符合安置評量的要件已具備基本知識，且已漸漸對掌握的數學知識；且我們是在二、三年級的階段實施，是在學生學習一個段落之後來評量，也滿足形成評量的要件，在大學四年的學習過程中，了解學生學習成效如何，是否需要改變或調整下一年的教學目標；並且我們要評量的是，學生應具備的數理素養能力，亦即要了解學生是否已具備的必要技能與知識？這也達了的診斷評量的要件；最後我們是在將要學期結束之前進行評量，學生都已學完了前二年的數理課程(主要是微積分與統計學)，剛好可以做一總結評量，因此整個評量過程我們都滿足了。最終，我們期能達到上述我們想要評量到的學生數理能力。

根據簡茂發在多元化評量之理念與方法所述，檢視過去和最近的相關文獻，學習評量的發展演進可由其所用的名詞與涵義，分為三個階段。美國在「八年研究」(The Eight-year Study) 時代之前，強調的是 "Measurement" 以量化的方法取得正確可靠的數據；到後來則認為應該從教育的目標、人格的發展各方面來進行評量，亦即除了客觀的數字之外，尚須有一些價值標準來加以衡鑑，而將 "Measurement" 提昇至 "Evaluation"；晚近，學者們又將 "Evaluation" 提昇至 "Assessment"，強調評量時應考量各種相關的整體情境，從各種可行的途徑，蒐集全面性、多元化的資料，再從各個角度和不同觀點加以比較分析與綜合研判，進行整合性的詮釋，獲致充分的了解。

關於評量方法的分類是由 Airasian and Madaus (1972) 所奠定。在 Linn and Miller 所著的 *Measurement and Assessment in Teaching* (9ed) (2005) 中將其分為 (一) 安置評量 (placement assessment)；(二) 形成評量 (formative assessment)；(三) 診斷評量 (diagnostic assessment)；(四) 總結評量 (Summative assessment) 四大類。而簡茂發在多元化評量之理念與方法中，則將其歸納為 (一) 診斷性評量；(二) 形成性評量；(三) 總結性評量三類。而其概念我們將其整

理分述如下：

#### (一) 安置評量

所謂安置評量關心的是學生的初始表現，它通常強調下列問題：(1) 學生是否擁有教學之初所需具備的知識和技能？例如，學生是否已充分掌握了基本的數學概念了，足以學習進一步的課程了。(2) 對於教學目標，學生的知識和技能究竟發展到何種水準？學生的理解和精熟程度若達到某種高水準，表示學生可能具備進入更高階的數學課程了。(3) 藉由了解學生的興趣、工作習慣及人格特質，此種評量指出某一種形式的教學比另一種好嗎？

#### (二) 形成評量

形成評量旨在監控教學過程中學生的學習進度。它的目標是持續提供學習成或失敗的回饋給學生和教師，給學生的回饋包括增強學生的成功學習，以及指出學習錯誤和需要改正的迷思概念；給教師的回饋是提供修正教學，以及小組或個人作業的訊息。形成評量主要是為每個教學段落所特別準備的測驗，最常用的工具通常是教師自編測驗。

#### (三) 診斷評量

所謂診斷性評量就是要了解學生是否已具備了必要技能與知識？對於即將要學習的課程內容是否已經先有了初步的了解？所以對於診斷性評量的題目必須範圍適當，而且命題均衡。才能測出學生到底會哪些東西，並且具備了什麼樣的基本知識。

#### (四) 總結評量

總結評量通常發生在課程教學結束的時候，主要用來確定教學目標達成的程度，同時也用來了解學生是否已經達到預定的單一課程標準或一組課程標準？這是一種比較正式的形式，是在測量學生達成課程標準程度，實施總結性評量最重要一點就是要測量學生的學習成果，也就是學生在學習後是否有能力將學過的東西轉換出來加以應用。

如果就評量的解釋方式來分類則可分為常模參照評量以及標準參照評量。其中常模參照評量 (norm-referenced evaluation) 解釋是以個體在某已知團體中的相對位置來描述學生的表現；而標準參照評量 (criterion-referenced evaluation) 解釋在描述已經呈現具體表現。

王振世等(2009)指出，建構良好的評量題目是一種藝術。而它所需要的技巧就和有效教學一樣，需要完整地掌握教材內容、對預期的學習結



果有清楚概念、對學生有心理學方面的理解、明智的判斷、堅持的毅力，以及深刻的創造力。此外建構良好評量題目還有一項要求，即技巧性地應用簡單卻重要的規則與建議。在此原則之下，我們考量同學在二、三年級所學習過的課程中將相關的數理課程(如經濟學、微積分、統計學等)的單元都納進我們的題項或選項之中，並且針對相關的數學能力來設計每一問題的內容及問項，以期能了解同學在學習完成相關的數理知識之後，到底對數理能力有多少的認知、理解、以及是否會加以應用。而在每一種評量問題在建構上，都各有其獨特的特性、運用、優勢、限制及規則。而我們所設計的問題是以選擇題為主，而填充問答題為輔。

#### (一) 選擇題

關於選擇題的特性是由一個問題和一組解答所組成。問題被稱為題幹(stem)，它可能是一個直接的問句，也可能是一個未完成的敘述句；而一組解答則被稱為選項。選擇題是所有評量中功能最多樣化的一種形式，它可以測從簡單到複雜的各種學習結果，也適用於各種學科教材內容。選擇題是應用最廣的一種測驗題目，其可有效測量各種不同的知識型態與複雜的學習結果。除了這種靈活性之外，選擇題還少了一些其他題目形式常見的缺點。因為它的選項能使題目的情節建構得更好，所以避免簡答題中經常出現的模稜兩可與含糊不清。雖然選擇擁有廣泛的應用性，但仍有些學習結果無法用選擇題進行測試。因此在我們的問題設計上雖然有大多採用選擇題，但為避免學生只是用猜的方式來答，以致蒐集不到正確的資料，所以我們仍需要考慮其它的題型如填充問答題，這是我們在設計問題時，有加以考量的情況。

#### (二) 填充問答題

關於填充題和問答題的評量題目，可用文字、片語、數字或符號來回答。基本上它們是相同的，只有在呈現問題的方式上有所差異。問答題使用直接的問題，而填充題則是由不完全的陳述所組成。填充題和問答題是最容易建構的題目

之一。部分是因為填充題和問答題所測量的通常是較簡單的學習結果，但它仍受制於各方面的缺點。以下是其缺點及在題目設計時，需要避免的。

- (1) 題目的用字要能表達出簡短而具體的答案。
- (2) 不要直接使用教科書的陳述作為題目的主要部分。
- (3) 直接的問題通常比不完整的陳述好。
- (4) 如果答案是要以數值單位來表示，則應指出所要的答案形式。
- (5) 答案的空格應該有相同的長度置於問題的右邊欄位。
- (6) 當使用填充題時，不要包含太多的空格。

我們在問題的設計時，都掌握上述的設計原則，來對評量的問題進行設計，以期能夠達到我們所想要的評量結果。

### 3. 數學評量命題設計

本研究之 16 項數學素養測驗命題設計過程，主要以目前教授數學相關課程的專任教師為主，依照相關文獻與數學課程內容進行測驗命題的討論與設計，最後形成共識決定各數學素養測驗命題共 44 題。由前述我們知道關於數學評量的內容主要包括：數學概念的認知、運算與組織的能力，推理、理解、和溝通的能力，並能應用於日常生活中等。因此題目設計包含認知、理解以及應用等三方面，並且命題滿足生活化並能與真實世界情境相關。

為達到各項數學素養能力測驗的效果，本研究各項數學素養能力命題大致包含認知、理解以及應用等三種類型題目，其中認知與理解命題為選擇題，每一題均為包含三個答案的單選題；至於應用題目為更能貼近生活與測出學生應用的能力，因此以填充題的形式進行設計。因此針對 16 項數學素養能力的測驗命題共設計 44 個題目，其中 30 題選擇題，14 題填充題，相關命題題目詳如表 1。

表 1：教學評量問題設計

	理解	認知	應用
1. 具向量空間的理解能力	某人散步時先向南行走 100 米，之後他再向北走 300 米，散步的人總共相對於他家的位移則可以用大小為 200 米，你認為上述描述與	A, B 兩種商品售價分別為 200 及 300，若甲企業分別購買 3 個(A)與 2 個(B)，總價可以表示如左式	請對於下列聯立方程組 $\begin{cases} 4x + 3y = 180 \\ x - y = 10 \end{cases}$ ，求 x 與 y 值



	何種課程單元有關? (1)導函數 (2)時間數列 (3)空間與向量	$[200 \ 300] \begin{bmatrix} A \\ B \end{bmatrix}$ 。請問上述較接近的意義為? (1)總價為 1100 (2)甲企業共買 500 個產品 (3)可以利用矩陣形式計算總價	
2. 具排列組合的推理能力	A 公司有一批貨要運送至 3 家下游廠商，每家廠商各有鐵路與公路兩種運送方式；因此 A 公司共有 6 種方式運送此一批貨，請問何種課程單元與上述有關? (1)抽樣調查 (2)積分 (3)排列組合	A 公司有 4 批貨要出貨，共有 6 種方式運送，經理需要排定各批貨出貨順序以安排車輛，經理發現共有 24 種運送順序。請問上述較接近的意義為? (1)出貨變動頻率很大 (2)公司經常運送 (3)運送方式的排列組合	A 公司要購買一批零件，共有 6 家供應商符合條件，A 公司打算選擇其中 3 家購買，請問 A 公司共有幾種選法?
3. 具時間數列的運用能力	分析師觀察 A 公司每月的營收，發現自去年 8 月以來，A 公司每月營收均較上個月增加，關於 A 公司月營收資料，請問與何種課程單元有關?(1) 積分(2)景氣循環 (3)時間數列	經濟學家觀察台灣失業率發現，每年 6、7 月以及 12、1 月，失業率有增高的現象，請問上述較接近的意義為? (1)失業很嚴重 (2)失業具有季節性 (3)工作很難找	股市分析師常用移動平均的觀念判斷股價的漲跌，A 公司 1 至 4 月獲利分別為 100, 105, 98, 100(單位:萬元)，請計算 4 月獲利的 3 期移動平均為多少。
4. 具極限值推理能力	$\lim_{x \rightarrow 2} 2x^2 - 3x + 5 = 12$ ，請問何種課程單元與上述有關? (1)檢定 (2)積分 (3)極限	一個銀行給你年利率 100% 的優存，存款為 100 萬元，若採連續複利，則關於一年後銀行所付本利和，請問上述較接近的意義為? (1)銀行將會付出太多利息，而使銀行倒閉(2)利息會趨近於 1~2 倍之間(3)利息超過 5 倍。	A 公司發現刊登一則廣告(金額 100 萬)對銷售的效果隨時間(t, 單位為星期)呈現減少的現象，其關係為 $f(t) = \frac{100}{t^2}$ ，請問是否會計算接近廣告後 5 星期 ( $\lim_{t \rightarrow 5} \frac{100}{t^2}$ )，銷售的效果為何?
5. ...	...	...	...

#### 4. 研究設計與調查規劃

本研究主要目的想了解學生經過大學數學相關課程訓練之後，在各項數學素養能力的表現。因此本研究分析模式各要點說明如下：

##### 4.1. 調查規劃

本研究主要針對正修科技大學管理學院學生，探討經過數學相關課程的修習後，學生的數學素養能力，因此進行能力測驗的對象以管理學院學生為主。測驗的實施包含企業管理系(企管系)、國際企業系(國企系)、財務金融系(財金系)、資訊管理系(資管系)以及與管理相關的工業工程

與管理系(工管系)等 5 個系，日間部四技 2、3 年級學生為主要施測對象。施測方式則以班級為單位，測驗時間為 100 年 5 月 30 日至 6 月 3 日止，於測驗期間在各班進行 1 小時測驗，測驗時由上課老師監試，5 個學系於施測期間總計測驗 487 位學生。

##### 4.2. 調查結果統計方法

本研究對於回收問卷調查表使用統計軟體 .SPSS (Statistical Package for the Social Science) 作為資料分析的工具。在考量研究需要，選擇適合之統計方法對調查結果的基本資料以及重要度進行分析，使用的統計方法包括：信度分析、敘



述統計、變異數分析(analysis of variance; ANOVA)以及集群分析(cluster analysis)等統計方法。並且本研究針對 16 項數學素養能力與認知、理解以及應用等三種題型，分別進行測驗整體、數學素養能力以及能力與認知、理解以及應用分別統計分析。

### 4.3. 研究假設

根據本研究所想要探討的問題，僅提出以下假設：

假設 1: 不同學生特性會影響學生的數學素養能力測驗總分。

假設 1-1: 不同性別的學生，對數學素養能力測驗總分沒有顯著差異。

假設 1-2: 不同學系的學生，對數學素養能力測驗總分沒有顯著差異。

假設 1-3: 不同年級的學生，對數學素養能力測驗總分沒有顯著差異。

假設 2: 不同學生特性會影響學生的數學素養能力。

假設 2-1: 不同性別的學生，對數學素養能力沒有顯著差異。

假設 2-2: 不同學系的學生，對數學素養能力沒有顯著差異。

假設 2-3: 不同年級的學生，對數學素養能力沒有顯著差異。

假設 3: 不同學生特性會影響學生的數學素養能力理解、認知與應用。

假設 3-1: 不同性別的學生，對數學素養能力理解、認知與應用沒有顯著差異。

假設 3-2: 不同學系的學生，對數學素養能力理解、認知與應用沒有顯著差異。

假設 3-3: 不同年級的學生，對數學素養能力理解、認知與應用沒有顯著差異。

## 5.敘述統計分析

本研究以正修科技大學企業管理、國際企業、財務金融、資訊管理與工業工程與管理等五

系 2~3 年級學生為測驗對象。測驗時間為 100 年 5 月 30 日至 6 月 3 日止，總計測驗 487 位學生。

針對測驗結果正確與否的 Cronbach's  $\alpha$  為 0.805，接受測驗學生的系別與特性如表 2。就測驗學生屬性而言，各學系學生以財務金融及國際企業兩系學生各占 31.51% 以及 25.21% 最多，其他三系各約 15% 左右；性別方面男生有 41.39%，女生則占 58.4%；而測驗主要是以 3 年級為主占 82.35%，2 年級學生則有 17.65%。

為實際了解各項數學能力的測量結果，每一數學素養能力分別有三種類型，分別為「認知」、「理解」與「應用」，認知與理解為選擇題，應用則為填充題。其中「具詮釋關聯性數值表徵的能力」、「具逆向思考能力」由於較不易與目前數學相關課程連結，因此僅有認知與理解題目；「具歸納演繹推理能力」則僅有認知題目。就 44 個數學素養能力題目而言(表 3)，以題目 6(具時間數列的運用能力)與題目 3、4(具排列組合的推理能力)最多學生答對。其中題目 6 有 90.3%、題目 3 有 89.7% 的學生答對，題目 4 則有 89.5% 的學生答對。而答對率最低的為題目 41(具假設檢定推理能力)僅 0.6% 答對，題目 38(具推估工作內容發生機率的能力)，僅有 0.8% 學生答對；至於題目 42(具估計參數信賴區間的能力)則僅有 2.1% 的學生答對，顯示對於學生在統計方面的能力應特別留意加強。

若將每位學生 44 題測驗命題答對的題數，換算成總分 100 分以比對一般對成績的習慣，則全體學生平均為 52.95 分，標準差為 0.66，最高為 93.18，最低為 6.82。圖 1 顯示學生成績的次數分配，其中以 50~60 分有 148 人(31.09%) 最多，40~50 分有 104 人(21.85%) 居次。再依照受測學生特性來看，其中男性平均 52.09 分，女性平均 53.58 分，性別差異並不顯著；而 2 年級學生平均 53.79 分，3 年級學生平均 52.95 分，也沒有顯著差異。但若依系別區分，則企業管理系平均 61.06 分最高，其次為工業工程與管理系之 57.05 分居次；而最低的是資訊管理系 45.67 分。並且若進行變異數分析，系之間平均數比較的 F 檢定值為 18.367(p 值為 0.00)，顯示各系總分平均數間確實有顯著不同(表 4)。

表 2：個人資料統計結果

屬性變數	項目	人數	百分比
學系	企業管理系	74	15.55



	國際企業系	120	25.21
	財務金融系	150	31.51
	資訊管理系	52	10.92
	工業工程與管理系	79	16.60
性別	男	197	41.39
	女	278	58.40
年級	2年級	84	17.65
	3年級	392	82.35

表 3：數學素養能力 44 個題目答對百分比依性別、系別與年級區分

	性別		系別					年級		全部學生
	男	女	企管系	國企系	財金系	資管系	工管系	2年級	3年級	
題目 1	87.8	83.1	82.4	78.3	88.0	76.9	97.5	86.9	84.7	85.1
題目 2	83.8	88.8	91.9	82.5	88.7	73.1	93.7	92.9	85.5	86.8
題目 3	88.8	90.3	93.2	89.2	90.0	80.8	92.4	94.0	88.8	89.7
題目 4	87.3	91.4	93.2	87.5	92.0	75.0	94.9	92.9	88.8	89.5
題目 5	36.0	28.8	23.0	18.3	35.3	42.3	46.8	27.4	32.9	31.9
題目 6	90.4	90.3	90.5	89.2	92.7	82.7	92.4	97.6	88.8	90.3
題目 7	67.5	74.5	50.0	60.8	86.7	73.1	78.5	75.0	70.9	71.6
題目 8	46.7	64.4	58.1	57.5	62.7	51.9	48.1	66.7	54.8	56.9
題目 9	64.0	64.7	63.5	64.2	74.0	36.5	65.8	66.7	64.0	64.5
題目 10	47.2	29.1	33.8	27.5	40.7	38.5	44.3	32.1	37.8	36.8
題目 11	33.0	37.1	44.6	33.3	36.0	40.4	25.3	27.4	37.0	35.3
題目 12	30.5	25.9	37.8	28.3	23.3	34.6	21.5	21.4	29.3	27.9
題目 13	39.6	38.8	50.0	35.0	40.0	36.5	35.4	38.1	39.3	39.1
題目 14	77.7	80.6	81.1	72.5	84.7	61.5	89.9	84.5	78.3	79.4
題目 15	37.1	30.9	39.2	24.2	35.3	30.8	40.5	28.6	34.7	33.6
題目 16	44.7	50.0	66.2	41.7	50.7	36.5	41.8	41.7	49.0	47.7
題目 17	78.7	83.1	79.7	75.8	85.3	75.0	87.3	88.1	79.6	81.1
題目 18	66.5	69.1	67.6	66.7	73.3	55.8	68.4	75.0	66.3	67.9
題目 19	57.4	56.1	56.8	53.3	57.3	38.5	72.2	61.9	55.4	56.5
題目 20	70.6	71.2	81.1	62.5	73.3	50.0	83.5	65.5	72.2	71.0
題目 21	67.0	67.6	74.3	68.3	66.7	50.0	72.2	76.2	65.3	67.2
題目 22	81.2	90.3	89.2	89.2	82.7	73.1	96.2	92.9	85.2	86.6
題目 23	67.0	75.2	74.3	63.3	75.3	59.6	83.5	76.2	70.9	71.8
題目 24	74.1	74.1	77.0	70.0	70.0	65.4	91.1	81.0	72.4	73.9
題目 25	40.1	38.5	50.0	31.7	39.3	44.2	36.7	42.9	38.5	39.3
題目 26	62.4	59.7	52.7	57.5	62.7	38.5	84.8	82.1	56.1	60.7
題目 27	42.1	45.0	39.2	40.0	51.3	34.6	45.6	54.8	41.3	43.7
題目 28	40.6	51.4	54.1	41.7	46.7	50.0	46.8	44.0	47.7	47.1
題目 29	79.2	86.3	77.0	85.0	83.3	73.1	93.7	89.3	81.9	83.2
題目 30	79.2	79.1	81.1	75.8	85.3	61.5	82.3	88.1	77.3	79.2
題目 31	79.7	80.9	95.9	65.0	82.0	76.9	88.6	78.6	80.9	80.5



題目 32	22.3	20.1	51.4	4.2	18.0	21.2	24.1	13.1	22.7	21.0
題目 33	11.2	9.0	2.7	4.2	14.0	3.8	21.5	9.5	9.9	9.9
題目 34	23.9	29.1	44.6	21.7	25.3	15.4	29.1	28.6	26.5	26.9
題目 35	18.3	17.3	55.4	9.2	14.0	9.6	7.6	14.3	18.4	17.6
題目 36	9.6	16.9	45.9	1.7	8.0	11.5	15.2	2.4	16.3	13.9
題目 37	11.2	12.6	48.6	4.2	4.7	3.8	8.9	6.0	13.3	12.0
題目 38	1.5	0.4	0.0	0.8	0.7	0.0	2.5	0.0	1.0	0.8
題目 39	15.7	22.3	31.1	14.2	17.3	23.1	19.0	14.3	20.7	19.5
題目 40	8.1	12.6	47.3	7.5	1.3	3.8	3.8	4.8	12.0	10.7
題目 41	1.0	0.4	0.0	0.0	0.7	0.0	2.5	1.2	0.5	0.6
題目 42	2.5	1.8	2.7	1.7	2.7	0.0	2.5	2.4	2.0	2.1
題目 43	27.4	28.8	59.5	16.7	24.0	23.1	27.8	20.2	29.8	28.2
題目 44	33.0	29.1	56.8	24.2	28.0	23.1	26.6	22.6	32.4	30.7

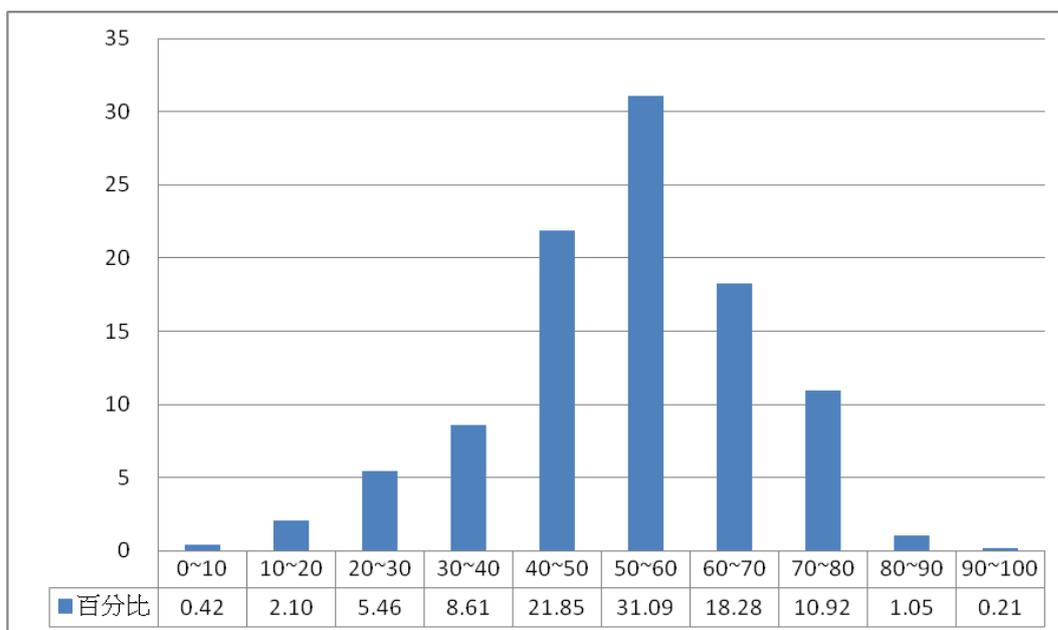


圖 1：數學素養能力總分的次數分配表

表 4：數學素養能力平均分數比依性別、系別與年級區分

		平均數	標準差	F 檢定	顯著性
性別	男	52.09	14.41	1.23	0.27
	女	53.58	14.34		
學系	企管系	61.06	13.66	18.37	0.00*
	國企系	47.09	13.55		
	財金系	54.05	13.39		
	資管系	45.67	16.42		



	工管系	57.05	10.60		
年級	2 年級	53.79	9.64	0.35	0.56
	3 年級	52.77	15.19		
總和		52.95	14.36		

\*p-值<0.05

### 6.數學素養能力調查結果

由於本研究的 44 題測驗題目主要是依據 16 項數學素養能力，依照認知、理解以及應用等三個層次進行出題。因此若討論 16 項數學素養能力的測驗結果而言，就全體受測學生觀察，其中以「具向量空間的理解能力」的平均答對題數最高，為 2.52，其次為「具排列組合的推理能力」，這兩項能力一般對應大專數學課程的基礎。另外「具推估總量的能力」較不理想僅有 0.77，其次則為「具估計參數信賴區間的能力」，這兩項能力分別對應數學課程的積分及統計學的估計，因此對於教學上應多注意加強學生在這方面的能力。由於「具詮釋關聯性數值表徵的能力」與「具逆向思考能力」題目為 2 題，「具歸納演繹推理能力」則僅有 1 題，因此平均答對題數較低(表 5)。

若將 16 項數學素養能力針對性別、年級與系別進行變異數分析，其結果如表 6。性別與年級對於各項數學素養能力並無明顯差異，其中「具極限值推理能力」、「具感性分析能力」與「具解讀抽樣過程的能力」對男女生性別有差異；而 2 與 3 年級的受測者僅在「具推估總量的能力」、與「具歸納演繹推理能力」兩項數學能力有差異。至於就受測學生的系別區分，16 項數學素養能力的變異數分析均有顯著性差異。

若進一步觀察各系受測學生在各項數學素養

能力平均數的差異，表 7 與表 8 顯示數學素養能力各系平均數差異及事後檢定結果。由於各系的數學素養能力平均數在變異數分析均有顯著差異，因此各系間平均數事後檢定大部分都有顯著的差異。為進一步了解各系間的差異，圖 2 顯示各系在各項數學素養能力的平均數，其中企業管理系除「具時間數列的運用能力」、「具推估工作內容發生機率的能力」與「具估計參數信賴區間的能力」平均數較低外，其他數學能力平均答對數相較其他系，均有相當好的表現。而工管系除「具推估總量的能力」與「具詮釋關聯性數值表徵的能力」之外，各項數學能力平均數較於國際企業、財務金融與資訊管理系等 3 系高。

為更進一步了解各系間的差異，首先本研究計算各系在 16 項數學素養能力的平均數，並依結果進行集群分析，本研究採用層次集群法(hierarchical cluster)，區間距離採用平均連結法(average linkage)，相關方法可見林震岩(2006)。集群分析結果如圖 3，其中國際企業系與資訊管理系可視為第一群(命名為數學能力低度表現群)，而財務金融系與工業工程與管理系則為第二群(數學能力中度表現群)，企業管理系為第三群(數學能力高度表現群)。顯示國際企業系與資訊管理系在未來教學上應更加注重數學能力之培養，至於有高度表現之企業管理系因為學生數學能力較好，因此更應進一步維持。

表 5：數學能力平均答對題數依特性分

	全部	男	女	企管	國企	財金	資管	工管	2 年級	3 年級	最高題數
具向量空間的理解能力	2.52	2.51	2.53	2.70	2.25	2.59	2.27	2.80	2.58	2.51	3
具排列組合的推理能力	2.00	1.98	2.02	2.38	1.81	2.00	1.77	2.11	2.00	2.00	3
具時間數列的運用能力	1.32	1.38	1.28	1.16	1.12	1.42	1.29	1.61	1.35	1.32	3
具極限值推理能力	1.56	1.38	1.68	1.53	1.40	1.75	1.40	1.56	1.70	1.52	3
具感性分析能力	1.19	1.29	1.11	1.53	1.01	1.29	0.85	1.18	1.13	1.20	3
具推估總量的能力	0.77	0.73	0.80	1.28	0.63	0.67	0.87	0.62	0.51	0.83	3
具詮釋數列變動能力	1.52	1.54	1.50	1.70	1.32	1.60	1.29	1.66	1.51	1.52	3



具最佳化的認知能力	1.41	1.35	1.46	1.95	1.22	1.41	1.15	1.38	1.36	1.42	3
具推估工作內容發生機率的能力	1.25	1.25	1.26	1.24	1.21	1.31	0.94	1.43	1.37	1.23	3
具詮釋期望值與變異數的能力	1.58	1.53	1.61	1.86	1.45	1.57	1.23	1.75	1.56	1.58	3
具解讀抽樣過程的能力	1.69	1.56	1.78	2.11	1.60	1.59	1.37	1.84	1.74	1.68	3
具假設檢定推理能力	1.14	1.15	1.13	1.27	1.02	1.10	1.10	1.30	1.25	1.11	3
具估計參數信賴區間的能力	1.07	1.07	1.06	0.95	0.99	1.17	0.73	1.33	1.39	0.99	3
具詮釋關聯性數值表徵的能力	0.75	0.68	0.80	1.14	0.58	0.71	0.73	0.75	0.64	0.78	2
具逆向思考能力	1.14	1.12	1.15	1.34	1.09	1.11	0.96	1.20	1.12	1.14	2
具歸納演繹推理能力	0.79	0.79	0.79	0.81	0.76	0.85	0.62	0.82	0.88	0.77	1

表 6：數學素養能力的變異數分析

ANOVA	學系		性別		年級	
	F 檢定值	P 值	F 檢定值	P 值	F 檢定值	P 值
具向量空間的理解能力	10.4	0.00*	0.0	0.83	0.7	0.39
具排列組合的推理能力	10.9	0.00*	0.3	0.60	0.0	0.98
具時間數列的運用能力	8.5	0.00*	2.2	0.14	0.1	0.73
具極限值推理能力	3.2	0.01*	13.7	0.00*	2.9	0.09
具敏感性分析能力	7.9	0.00*	5.8	0.02*	0.5	0.47
具推估總量的能力	10.2	0.00*	0.8	0.38	10.4	0.00*
具詮釋數列變動能力	4.7	0.00*	0.3	0.61	0.0	0.91
具最佳化的認知能力	13.5	0.00*	2.4	0.12	0.4	0.51
具推估工作內容發生機率的能力	4.1	0.00*	0.0	0.98	2.7	0.10
具詮釋期望值與變異數的能力	5.9	0.00*	1.0	0.32	0.0	0.83
具解讀抽樣過程的能力	10.7	0.00*	9.7	0.00*	0.4	0.53
具假設檢定推理能力	3.2	0.01*	0.1	0.71	2.9	0.09
具估計參數信賴區間的能力	7.4	0.00*	0.0	0.93	22.0	0.00*
具詮釋關聯性數值表徵的能力	8.2	0.00*	3.6	0.06	2.6	0.11
具逆向思考能力	3.7	0.01*	0.3	0.56	0.1	0.74
具歸納演繹推理能力	3.7	0.01*	0.0	0.99	4.9	0.03*

\*p值<0.05



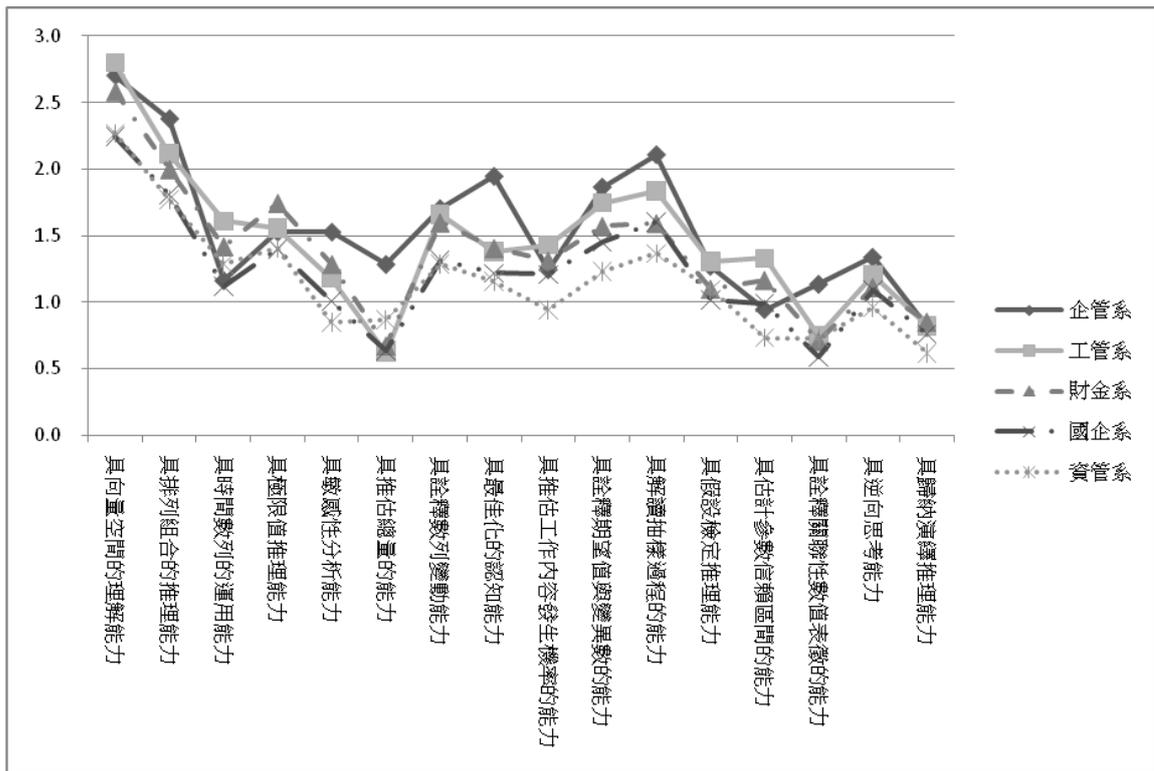


圖 2：各系數學素養能力平均數圖

表 7：數學素養能力各系平均數差異(I-J)及事後檢定結果

數學素養能力	J				
	I	國企系	財金系	資管系	工管系
具向量空間的理解能力	企管系	0.46*	0.12	0.43*	-0.09
	國企系		-0.34*	-0.02	-0.55*
	財金系			0.32*	-0.21*
	資管系				-0.53*
具排列組合的推理能力	企管系	0.57*	0.38*	0.61*	0.26*
	國企系		-0.19*	0.04	-0.31*
	財金系			0.23*	-0.11
	資管系				-0.34*
具時間數列的運用能力	企管系	0.05	-0.26*	-0.13	-0.45*
	國企系		-0.30*	-0.17	-0.49*
	財金系			0.13	-0.19*
	資管系				-0.32*
具極限值推理能力	企管系	0.13	-0.22	0.12	-0.03
	國企系		-0.35*	0.00	-0.16
	財金系			0.34*	0.19



	資管系				-0.15
具敏感性分析能力	企管系	0.52*	0.24*	0.68*	0.35*
	國企系		-0.28*	0.16	-0.17
	財金系			0.44*	0.11
	資管系				-0.33*
具推估總量的能力	企管系	0.65*	0.61*	0.42*	0.66*
	國企系		-0.04	-0.23	0.01
	財金系			-0.19	0.05
	資管系				0.25
具詮釋數列變動能力	企管系	0.39*	0.10	0.41*	0.04
	國企系		-0.28*	0.03	-0.34*
	財金系			0.31*	-0.06
	資管系				-0.37*
具最佳化的認知能力	企管系	0.73*	0.54*	0.79*	0.57*
	國企系		-0.19*	0.06	-0.16
	財金系			0.25*	0.03
	資管系				-0.23

\*p值<0.05

表 8：數學素養能力各系平均數差異(I-J)及事後檢定結果(續)

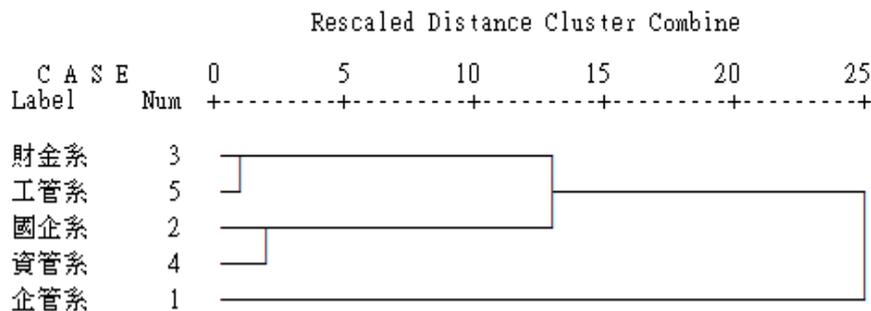
數學素養能力	I \ J	國企系	財金系	資管系	工管系
具推估工作內容發生機率的能力	企管系	0.03	-0.07	0.30*	-0.19
	國企系		-0.11	0.27*	-0.22*
	財金系			0.37*	-0.12
	資管系				-0.49*
具詮釋期望值與變異數的能力	企管系	0.41*	0.29*	0.63*	0.12
	國企系		-0.12	0.22	-0.30*
	財金系			0.34*	-0.17
	資管系				-0.52*
具解讀抽樣過程的能力	企管系	0.51*	0.51*	0.74*	0.27*
	國企系		0.01	0.23	-0.24*
	財金系			0.23	-0.24*
	資管系				-0.47*
具假設檢定推理能力	企管系	0.25*	0.17	0.17	-0.03
	國企系		-0.08	-0.08	-0.29*
	財金系			0.00	-0.2*



	資管系				-0.21
具估計參數信賴區間的能力	企管系	-0.05	-0.22*	0.22	-0.38*
	國企系		-0.18*	0.26*	-0.34*
	財金系			0.44*	-0.16
	資管系				-0.6*
具詮釋關聯性數值表徵的能力	企管系	0.55*	0.43*	0.40*	0.39*
	國企系		-0.12	-0.15	-0.16
	財金系			-0.02	-0.04
	資管系				-0.02
具逆向思考能力	企管系	0.25*	0.22*	0.38*	0.14
	國企系		-0.02	0.13	-0.11
	財金系			0.15	-0.09
	資管系				-0.24*
具歸納演繹推理能力	企管系	0.05	-0.04	0.2*	-0.01
	國企系		-0.10	0.14*	-0.06
	財金系			0.24*	0.03
	資管系				-0.21

\*\*\*\*\* HIERARCHICAL CLUSTER ANALYSIS \*\*\*\*\*

Dendrogram using Average Linkage (Between Groups)



\*p值<0.05

圖 3：各系依 16 項數學素養能力階層集群分析樹狀圖

## 7. 數學能力理解、認知與應用調查結果

由於本研究的 44 題測驗題目主要是依據 16 項數學素養能力，依照認知、理解以及應用等三個層次進行出題。就認知、理解以及應用觀察，由表 9 觀察可發現，女性受測學生三種類型題目的平均分數均較男生高；而 2 年級學生在認知與

理解類型的平均較 3 年級學生高，但應用類型則為 3 年級學生的平均數較高。至於以系別觀察，認知與理解兩個類型題目以工管系平均最高，而應用類型題目則以企管系的平均數最高。

若將數學素養能力的三種類型針對性別、年級與同系進行變異數分析，其結果如表 10。性別



的三種類型並無差異，而不同年級在理解與應用有顯著差異。至於不同系別的變異數分析顯示三種類型有顯著差異，就事後檢定觀察由於認知與理解兩個類型題目以工管系平均最高，因此與國企系與資管系有明顯差異，至於應用類型題目以企管系最高，並且與其他各系有顯著差異。就表 11 而言，雖然工管系在認知與理解兩種類型的平均最高，但與企管系及財金系並無顯著差異；但在應用題型中，企管系與其他各系均有顯著差異，因此總體而言相較其他各系，企管系的數學

素養能力表現最好。如前述集群分析結果，國際企業與資管系為數學能力低度表現群，因此三項類型題目並無顯著差異；而工管系與財金系則為數學能力中度表現群，在三項類型題目同樣並無顯著差異。而數學能力高度表現群之企管系則主要是因為應用類型題目相較於其他系有極為明顯的差異，因此其他各系在數學相關課程應多加強應用類型题目的練習與教授，以增進學生數學素養能力。

表 9：數學素養能力三種類型平均數依特性分

	認知	理解	應用
男	9.36	9.32	2.65
女	9.69	9.46	2.81
企管系	9.72	9.81	5.42
國企系	8.93	8.77	1.75
財金系	9.93	9.81	2.41
資管系	8.29	8.12	2.15
工管系	10.48	10.05	2.80
2 年級	9.87	10.05	2.18
3 年級	9.48	9.26	2.86
全部受測學生	9.56	9.40	2.75

表 10：數學素養能力三種類型的變異數分析

ANOVA	性別		年級		學系	
	F 檢定	顯著性	F 檢定	顯著性	F 檢定	顯著性
認知	2.05	0.15	1.63	0.20	9.38	0.00*
理解	0.34	0.56	6.39	0.01*	7.97	0.00*
應用	0.43	0.51	4.87	0.03*	31.89	0.00*

表 11：各系數學素養能力三種類型平均數差異及事後檢定結果

類型	系別	國企系	財金系	資管系	工管系
認知	企管系	0.78*	-0.21	1.43*	-0.76
	國企系		-0.99*	0.64	-1.55*
	財金系			1.64*	-0.55
	資管系				-2.19*
理解	企管系	1.04*	0.00	1.70*	-0.24
	國企系		-1.03*	0.66	-1.28*
	財金系			1.69*	-0.24



	資管系				-1.94*
應用	企管系	3.67*	3.01*	3.27*	2.62*
	國企系		-0.66*	-0.40	-1.05*
	財金系			0.25	-0.39
	資管系				-0.64

\*p 值<0.05

### 8. 結論與建議

本研究以正修科技大學企業、國企、財金、資管與工管等五系 2~3 年級學生為測驗對象。為實際了解各項數學能力的測量結果，每一數學能力分別有三種類型，分別為「認知」、「理解」與「應用」，其中認知與理解為選擇題，應用則為填充題。若將每為學生在 44 題答對的題數換算成總分 100 分，全體學生平均為 52.95 分，其中以 50~60 分有 148 人(31.09%)最多。依照受測學生特性來看，男性與女性差異並不顯著；而 2 年級學生與 3 年級學生平均也沒有顯著差異，也就是假設 1-1、1-3 並不顯著。但若依系別區分，則企業管理系平均分數最高，並且各系總分平均數有顯著不同，假設 1-2 有顯著差異。

本研究將 16 項數學素養能力，依照認知、理解以及應用等三個層次進行出題。因此若討論 16 項數學素養能力的測驗結果而言，就全體受測學生觀察，其中以「具向量空間的理解能力」的平均最高，其次為「具排列組合的推理能力」，這兩項能力一般對應大專數學課程的基礎。另外「具推估總量的能力」與「具估計參數信賴區間的能力」答對率最低，因此對於教學上應多注意加強學生在這方面的能力。

若將 16 項數學素養能力針對性別、年級與同系進行變異數分析，性別與年級對於各項數學素養能力並無明顯差異，因此假設 2-1 與 2-3 有顯著差異並不多。至於就受測學生的系別區分，16 項數學素養能力的變異數分析均有顯著性差異，也就是假設 2-2 均有顯著差異。本研究也利用 16 項數學素養能力的平均數進行集群分析，其中國際企業系與資訊管理系可視為第一群(命名為數學能力低度表現群)，而財務金融系與工業工程與管理系則為第二群(數學能力中度表現群)，企業管理系為第三群(數學能力高度表現群)。

至於就認知、理解以及應用觀察，不同性別的三種類型並無差異(假設 3-1 並不顯著)，而不同年級在理解與應用有顯著差異(假設 3-3 有兩項有差異)。至於不同系別的變異數分析顯示三種類型

有顯著差異(假設 3-2 均有顯著差異)。

### 參考文獻

1. 教育測驗與評量，(2009)，王振世、何秀珠、曾文志、彭文松譯。雙葉書廊。(Robert L. Linn and M. David Miller (2005)原著)
2. 李坤崇，(2006)，教學評量。臺北：心理出版社。
3. 余東霖，(2003)，數學科多元教學評量，教育資料與研究，第五十期。
4. 林素微，(2000)，數學科評量的新願景：談多元評量，研習資訊，17:3，頁 31-42。
5. 簡茂發，(1999)，多元化評量之理念與方法，教師天地，頁 11-17。
6. 洪碧霞，(1999)，國小數學科教學評量的改革與創新。迎向千禧年新世紀中小學課程改革與創新學術研討會書面資料。高雄市：國立高雄師範大學。
7. 林震岩，(2006)，多變量分析—SPSS 的操作與應用，臺北：智勝文化。
8. Airasian, P. W. and Madaus, G. J. (1972). Functional types of student evaluation. *Measurement and Evaluation in Guidance*, 4, 221-233.
9. Airasian, P. W. (1996). *Assessment in the classroom*. New York: McGraw-Hill.

