

科學學習相關的認知能力與認知風格 之性別差異探討

吳心楷
國立臺灣師範大學 化學研究所

摘要：近年來，關於性別差異問題所衍生的性別議題，在各學科領域中，都引起了相當的注目。兩性人數所占比例之差異性最大的當屬科學界；對於扮演科學知識普及化及發展學生潛能角色的科學教育而言，研究性別差異問題之必要性，在於了解兩性學生學習現況以幫助學生學習科學。本文的探討重點為：(1)了解處於兩性之間的認知能力的性別差異。(2)了解處於兩性之間的認知風格的性別差異。(3)由認知風格的不同，以部分解釋認知能力的性別差異。(4)由性別差異的研究，獲得建造女性科學學習環境的啓示，並進一步提供國內兩性平等教育的參考。

關鍵詞：性別差異、科學學習、認知能力、認知風格

壹、前言

近年來，關於性別差異問題所衍生的性別議題，無論在文學(廖炳惠，1986)、哲學(蔡美麗，1986)、社會學(Abbott & Wallace, 1990)及藝術(Nochlin, 1989)等領域中皆引起相當注目。對於一直被視為男性的、白人的科學領域，已有相當多學者正視女性在其中所扮演的地位，並以認知能力、社會化過程、生物觀點、環境因素等不同角度，試圖解釋為何僅有相對於總人數極少的女性活躍於科學領域。凸顯性別差異問題，其主要目的包括：在社會上，正視並消弭目前社會中多處男女機會不均或差異對待的現象(包括職業、社會刻板印象等)；在教育上，給予兩性同時有全力發展自我潛能的機會，並進一步有效應用人力資源；在學術上，由於女性特質及觀點所帶來的刺激，有助於新領域的發展及舊領域的創新(鈕則誠，1995；李慧權，1991)。

科學教育具有使科學知識的普及化以及發展學生潛能的功能，研究性別差異問題之必要性，在於了解兩性學生學習現況以進一步幫助學生學習科學。由於目前研究顯示，整體上來說，科學能力較差的為女性，本研究期待在現象調查之外，亦能積極地提出建造一個「親近女性的科學學習環境」之建議，以改善目前大多數女性被隔於科學大門之外的現象。

貳、動機與目的

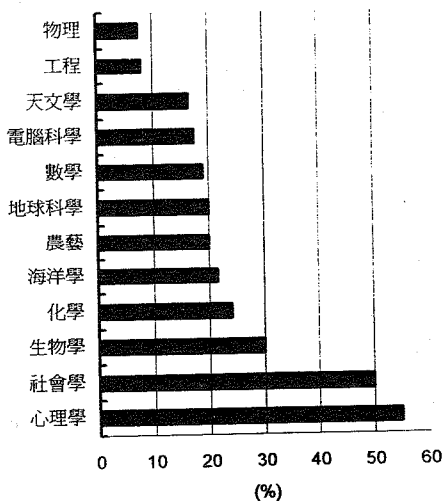
我們時常聽到一些關於性別刻板印象的說法：「國小女生比男生強，可是到了國中，女生就比不上男生了」「女生的心智年齡較高」「男生數學比女生好」「女生比較會背書」，這些認知能力或是學習態度的性別差異真的存在嗎？如果性別差異確實存在，成因可能為何？

兩性在科學領域中，其學業表現及就業情況，女性所占比例可見圖一、二 (Holloway, 1993)。以獲得博士學位的女性為例，在傳統觀念中較適於女性就讀的領域，如：心理學及社會學，其女性比例超過百分之五十；生物為所有科學領域中，女性所占比例最高的，約為 40%，但在其他科學領域中，女性不到 20%，物理及工程界的女性甚至不到 10%。就業方面，在圖二中可知學術界接納了較高比例的女科學博士，其餘在工業及政府機關，女性科學博士相當少見；但無論如何，從 1973 至 1989 年女性在各界的比例皆略增，尤其在工業界最為明顯，可能是因產業結構的變動，例如：強調重工業發展的國家，女性工程師的需求量較少於資訊業發達的國家。

圖一、各領域獲得博士學位的女性比率

(1989 年度，美國)

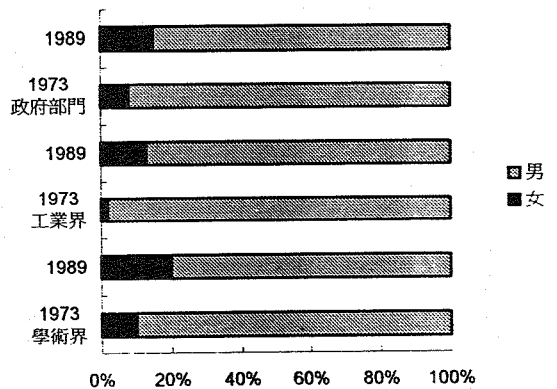
(引自 Holloway, 1993)



圖二、兩性科學博士就業狀況比較

(1973 及 1989 年度，美國)

(引自 Holloway, 1993)



本文，以了解上述問題及現象為出發點。由於目前性別差異在教育方面的相關文獻範圍廣泛，筆者排除了探討社會化過程、兩性生理因素及性別刻板印象方面的論文，將焦點置於科學學習相關的認知能力(cognitive ability)及認知風格(cognitive style)之性別差異現象。

認知能力的性別差異，是以測驗結果經統計分析後，達到顯著水準的現象稱之。在認知風格方面所謂的性別差異(sex-differences)，亦可視為性別相關(sex-related)：許多分類屬性不代表只存在於某特定性別，只是此性別所占比例較高，分類後的屬性代表的是「傾向」，而非「固定天性」。若以結構主義觀點來看，男性與女性的「天性」並不存在，重要的是性別表徵(representation of sex)而非性別本身(Hare-Mustin & Marecek, 1988)。兩性可視為生物分類，也可視為社會性或歷史性的分類；因為若相比於人類與其他動物之間，男女之間的生理差別實在微不足道。

目前與科學教育相關之性別差異的研究方向，大致可分為兩條主線(Hare-Mustin & Marecek, 1988)：有些研究者的目標，是消除性別的差異性，如同法國文學家西蒙·波娃在著名的女性主義經典「第二性」中所提出的：女性是形成的，而非天生的。她/他們認為性別差異多是由社會及文化上的刻板印象等因素所造成，可由平等的對待及教養過程消弭此差異，如：Hyde (1981)及 Eccles (1989)等人。另一些學者認為兩性間的差異，是基本地、普遍地確實存在，應在公平的對待下，正視女性特質，重要的是善用女性觀點來看待問題，可觸發的新啓示，如：Gilligan (1982) 和 Keller (1985)(引自 Hare-Mustin & Marecek, 1988)的研究所持的態度。

本文的研究目的是：

1. 了解處於兩性之間的認知能力的性別差異。
2. 了解處於兩性之間的認知風格的性別差異。
3. 由認知風格的不同，以部分解釋認知能力的性別差異。
4. 由性別差異的研究，獲得建造女性科學學習環境的啓示。

參、名詞釋義

1. 性別差異(sex differences)：指因生物性別而出現的差異，包括次數分配及屬性上的差別。
2. 認知能力(cognitive ability)：認知是指個體經由意識活動對事物認識與理解的心理歷程，與此歷程相關的能力皆稱為認知能力，例如：語言、記憶、數學或視覺空間等能力。

3. 認知風格(cognitive style)：指個體在認知活動中所表現在性格上的差異。因在認知活動係以其能力為基礎，而在活動時所表現在行為上的特徵，與其性格及習慣有關，故某個體之所以具有某種認知風格，乃是在其性格與能力兩因素影響，經與環境交互作用的學習歷程而形成的，因此認知風格，又稱認知類型或學習風格(learning style)。

肆、文獻探討

在本節中，將對近年來有關科學學習相關的認知能力與認知風格之性別差異研究，做一回顧。認知能力中，討論重點在於數學及空間能力，是由於此兩種能力對科學學習的重要性，已為許多學者所證實(例：邱美虹和陳英嫻，1995)。在認知風格中，欲揭櫫兩性學生性格及其學習策略之偏好，而這樣學習風格的不同，可能會影響學習動機及成就(例：Bueck，1985)。

認知能力 (Cognitive Ability)

在認知能力的部分，將焦點放在兩性差異性較大的數學能力與空間能力。由於數學能力為學習科學的關鍵(例：Fennema，1984)，而空間能力相關於數學及科學的成就表現(例：Sherman，1980)，所以對此兩種能力的性別差異探討，有助於了解女性科學學習可能遇及的障礙。

數學能力 (Mathematics Ability)

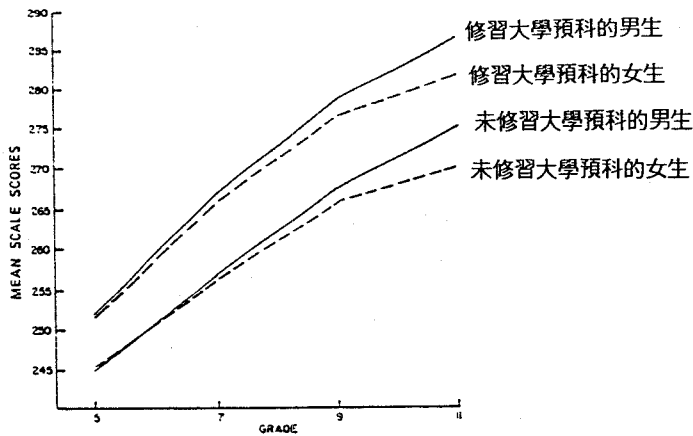
數學能力的強弱，是學生得以進入科學領域的重要關鍵；正如 Lucy Sells 說的「數學是決定性的過濾器」(“Mathematics is a critical filter.” 引自 Fennema, 1984)。以臺灣的環境而言，由於數學成就不佳，可能造成未來進入理工科系的障礙，甚而因聯考的低分而被拒於大學門外；數學過濾了進入高等教育及日後生涯規畫中可能的機會。

如同一般人的印象，Maccoby 和 Jacklin (1974；引自 Stackard & Johnson, 1980) 的研究顯示，女生字彙能力較佳，男生擅長數學。女生的字彙天份在於拼音、標點、閱讀理解、字彙的邏輯關連與字彙創造力。女生的字彙能力的優勢明顯地出現於 10-11 歲之間，而其能力持續到高中和大學。在幼年學童間，兩性的數學能力相當；在青少年期之後，男生對數學的興趣增加，成就也漸高於女生。相似的結果亦見於 Hilton 和 Berlund (1974) 的實證研究，在五年級時男女數學成就並無差異，但七年級之後，男生數學能力顯著高於女生，到了十一年級，男女的差異就更大了，其結果可見於圖三。這樣男女各有所長的現象

一直持續到後來影響大學選系、學術表現及職業選擇。

Benbow 和 Stanley (1980)以男女資優國中生為對象，SAT-M (Mathematics test of the Scholastic Aptitude Test)為研究工具，測試其數學能力，結果顯示數學能力的性別差異確實存在。由於十三歲(七年級)的兩性國中生，在選課內容上沒有不同，她們反駁了 Fennema 和 Sherman (1977)的說法—兩性學生的數學能力差異是由於選課內容造成；相反的，她們認為是數學能力造成日後女男學生的選課性向。Benbow 和 Stanley 傾向支持男性數學方面的優勢是來自空間能力。

圖三、兩性學生 STEP(Sequential Test of Educational Progress)測驗數學的平均成績
(引自 Hilton 和 Berlund, 1974)



在這些資優學生中，相較於男性，有稍多的女性預備在進入大學後，選擇數學為主修科目，而且她們在學校中的數學成績比資優男生來得高。Benbow 和 Stanley (1982)認為可能是因為女生在校的行為表現較佳，例如上課秩序、繳交報告等行為。但此研究對象有其限制性，不一定合於普遍化至一般學生的現象，所以 Benbow 和 Stanley (1983)進行更大量的樣本人數(約四萬名七年級學生)的測試，以了解數學能力的性別差異。表一為 1983 年所發表的結果，高於 420 分的男女生比例為 1.5 : 1，高於 600 分時比例已升到 4.1 : 1，也就是五個得分高於 600 的國中生中，只有一個是女生；高於 700 分的學生中，女生僅占 1/14。再一次證明男女數學能力差異確實存在，且兩性智力分佈曲線越前緣的男女，差異越明顯。

表一、SAT-M 分數與男女所占人數之比例表(引自 Benbow 和 Stanley, 1983)

SAT-M 分數	高於420分	高於500分	高於600分	高於700分
男女比例 (男:女)	1.5 : 1	2.1 : 1	4.1 : 1	13 : 1

- ◆ SAT-M的滿分為800分。全部女生平均分數為386，標準差74；全部男生平均分數416，標準差87。

不同於 Benbow 和 Stanley (1983)的研究結果，Fleming 與 Malone (1983) 以後設分析(meta-analysis)的方式，發現從幼稚園到十二年級(相當我國高三)學生，在一般能力、語言能力、數學能力方面，男生成績略高於女生，但未達到顯著差異。

由於數學能力的關鍵性，若能改善女生的數學能力，就給予她們更多進一步的學習機會。但上述研究顯示，無論是否達到統計上的意義，女性的數學能力較弱是一致的結果。許多學者試圖解釋數學成就的性別差異問題，並希望在歸因的過程，獲得教學的啓示，以改善女生的數學學習能力。在目前的研究中，對於數學能力的性別差異，所歸納的因素包括生物觀點(Stockard & Johnson, 1980)、選修課程不同(Fennema & Sherman, 1977)、興趣與動機(Dweck, 1986)、社會中的性別刻板印象(Reyes, 1985; Otto, 1991)及空間想像能力的差異(Benbow & Stanley, 1980)等。限於篇幅，對於社會化過程的部分，本文將不深入探討；空間能力的差異，對於科學學習及數學能力所造成的影響，是下一個討論重點。

空間能力 (Spatial Ability)

空間能力的操作常見於數學幾何、物理、立體化學及天文學的解題(Fennema, 1984)。由於空間能力在各科學學科的應用廣泛，所以若是空間能力確實存在性別差異，影響所及將不只於數學而包括整個科學領域的學習；許多研究都支持空間能力對科學學習的重要(邱美虹和陳英嫻，1995)。

生理因素可能造成空間能力的不同；Stockard 和 Johnson (1980)由一些研究發現，空間能力有性聯遺傳(sex-linked)的現象，而字彙能力並無性別關連；字彙能力是來自一般遺傳。Maccoby 和 Jacklin (1974；引自 Stockard & Johnson, 1980)的研究亦提出相似看法：數學能力的性別差異一部分可解釋為遺傳能力的相關特徵。但若是一旦將某些行為表現的性別差異歸於生物因素，似乎暗示了其中的不可改變性。另一些學者嘗試尋找其他因素所產生的影響(例：Fennema & Sherman, 1977)，以減低生物因素的獨斷性，甚至顯示空間能力並不存在性別差異(Sherman, 1980)。

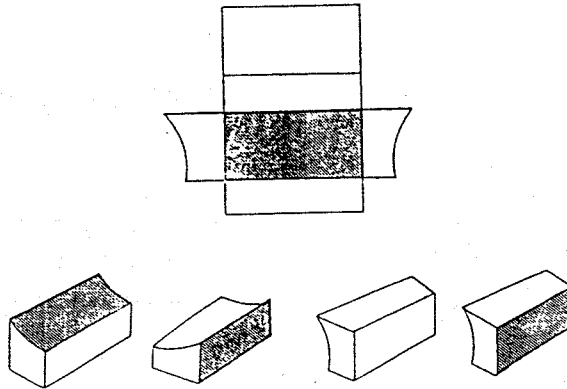
Linn 和 Pulos (1983)對一般認為具性別差異的測驗做相關分析，包括：預測取代體積(Predicting Displaced Volume, PDV)、空間能力、場地依賴-獨立測驗(Field Dependent-Independent, FDI)及皮亞傑形式推理概念測驗。在 PDV 中，男生用正確策略的次數比女生多，在某些特定問題的解決上，有性別差異現象。但 PDV 的性別差異結果，不是因於修課經驗不同導致，也不全然反映空間能力、FDI 及形式推理測驗的性別差異；空間能力差的人，PDV 某些問題便無法解決，因此相關性並不是全然來自性別。Linn 和 Pulos 認為這樣的結果顯示，空間能力、形式推理及科學推理表現有交互關連，不是單一的性別差異因素可解釋。

相似於 Maccoby 等人的研究結果，Sherman (1980)指出兩性學童的數學表現在八年級時沒有差異，但十一年級後已出現顯著差異。但在空間能力方面，男生雖略高於女生，然而，並未達統計上的差異。值得注意的是女生對數學的態度(包括信心、數學的有用性、學習動機及對教師的教學)隨年齡有下降的現象。空間能力是數學表現的重要指標，若男女相比，這種指標的預測功能，較適於女生；換言之，空間技巧對女生可能比較是個問題，而男生的問題可能在其他方面，例如字彙理解能力。

當其他學者普遍使用空間能力較弱來解釋女生的數學表現較差時，Fennema (1984) 質疑空間能力與數學成就的相關性；她並不認為空間能力與數學學習間的相關性，有如其他學者強調的那麼高。因為空間能力測驗的試題，如圖四所示，雖然解此類問題所需的操作活動，可視為數學學習的一部分，但以整個數學領域來說，個人可學習到相當多的數學概念，而不需利用到這些空間心像的技巧，更何況數學與空間能力仍需透過字詞的轉譯，方能達到心像的形成，字彙能力對數學學習的影響，可由 Aiken (1971)的研究中，獲得相當的證實。因此，Fennema 認為女性的空間能力傾向低於男性，但不代表女性沒有想像(visualize)數學的能力，尤其在將數學概念或文字問題轉化為圖象的過程。

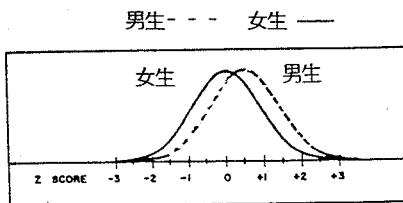
Fennema (1984) 在 1983 年所做的研究發現，擁有相同空間想像技巧的男女生，在解題的過程中所使用的方法不同，所能解決的題數也有差異。女生對低階的空間想像技巧弱化的似乎較快；她認為可能是由於在小學時，男生使用具體表徵(concrete representation)的機會多於女生，反覆練習的結果，使得他們在學習數學時，能培養出較高階的空間想像技巧，心理成熟速度較快的女生，反而因較早使用形式思考，造成基本空間能力的流失。

圖四、空間能力測驗例題(引自 Fennema, 1984)

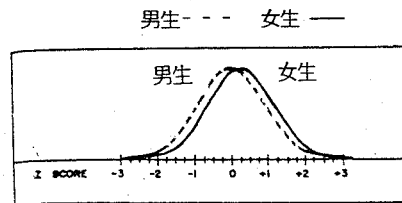


Hyde (1981)利用後設分析的方法，顯示兩性學生空間能力及字彙能力的差異情形(圖五、六)。在此研究中，Hyde 所統計的文獻中，樣本範圍由 11 歲至 21 歲。她並進一步以圖五推論：男女在科學及工程相關職業分佈上的懸殊比例，不只是因於空間能力的不同。男女差異性較大的，是出現於分佈曲線前緣的部分；此結果相似於 Benbow 和 Stanley (1983)的數學能力結果。假設工程師的空間能力需占總人口的前 5%，那麼 7.35%男性與 3.22%的女性可達此標準，也就是以空間能力來看，約三分之一工程師應為女性；但事實上，女性工程師僅占目前全部工程師中不到 10%的低比率(見圖一，Holloway, 1993)。

圖五、兩性空間能力的分佈曲線
(每刻線為 0.5 SD)



圖六、兩性字彙能力的分佈曲線
(每刻線為 0.25 SD)



女性的空間能力較男生為差，是上述大部分研究所顯示的。但 Fennema 提供另一些想法來解釋空間能力差異的可能因素，包括測驗問題本身及形式思考過早運用的問題，她並預言了部分將在下一節看到的現象：女性「想像」數學的方式。女性的數學及空間能力較弱，是顯示她們「不適合」科學知識的學習，或是「不適應」現行科學科目的教學？

(待續)