科學教育學刊
1998, 第六卷第三期， 271-284

EJ51-1998-271

認知風格、認知策略、遺傳學知識與遺傳學解題之研究

楊坤原[1]　鄭湧涇[2]

[1] 私立中原大學 教育學程組

[2] 國立台灣師範大學 生物學系

（投稿日期：87年8月11日，接受日期：87年9月12日）

摘要：本研究依台北地區395名高一學生在「認知策略調查表」、「藏圖測驗」與「遺傳學學習成就測驗」的評測結果，從中選出10位具不同認知風格、認知策略與遺傳學成就的學生，採放聲思考並配合晤談的方式進行「遺傳學解題測驗」，以探討上述三變項與遺傳學解題之間的關係。

研究結果顯示，解題者的遺傳學解題成就和所使用的解題策略會因認知風格、認知策略和遺傳學成就（遺傳學知識）的不同而異。由於解題者的遺傳學解題成就和所使用的解題策略均與其所具備之遺傳學知識有直接的關係，故在三個變項中，以遺傳學知識對遺傳學解題表現與解題策略的影響最爲明顯。而「認知風格」及「認知策略」則因尚須透過遺傳學知識的作用，是以其等對遺傳學解題成就和解題策略的影響程度，均不如「遺傳學知識」所產生者。

關鍵詞：高級中學，認知風格，認知策略，遺傳學知識，遺傳學解題。

緒　論

一、研究背景與重要性

根據以訊息處理理論 (information processing theory) 爲基礎之認知心理學與建構論 (constructivism) 的學習觀，學習者才是眞正掌控自己的學習過程並決定學習成就的主宰 (Driver & Bell, 1986)。由於每個學習者各有其訊息處理的偏好方式，而且人類訊息處理系統中的短期記憶 (short-term memory) 之容量有限，是故，學習者所具備之認知風格 (cognitive style) 類型與如何運用認知策略 (cognitive strategies) 的情形，均係影響訊息處理之結果的重要變項 (Witkin, Moore, Goodenough & Cox, 1977; Messick, 1984; Niaz, 1989; Weinstein & Meyer, 1991; Gagne, Yekovich & Yekovich, 1993)。

在各種評量科學學習成就的方法中，問題解決 (problem solving，簡稱解題) 是一個

頗值採行的方法 (Shavelson, Carey & Webb, 1990)。解題在 Gagne (1985) 所列舉之學習階層中屬最高階層，是一個涉及知識與策略之使用的綜合表現。從晚近許多科學解題的研究顯示，特定學科的專家與生手解題表現的差異，係因二者在知識結構、解題策略與後設認知 (metacognition) 等方面的不同所致 (Chi, Feltovich & Glaser, 1981; Smith & Good, 1984; Smith, 1991)，由此可見，訊息處理的歷程與結果，實爲決定解題成敗的關鍵。鑑於高層思考 (high order thinking) 技能與包括科學概念、科學方法等之科學素養的培育，正爲現今中外科學教育學者所一致強調的目標 (Uno & Bybee, 1994；行政院國家科學委員會，1993)。因此，若能以解題作爲教學、學習與評量的主要方式，不但能反映出學習的內在歷程，更能迎合當前與未來科學教育發展的趨勢。

遺傳學的教學雖普獲國內外中學教師的重視，但卻也是學生學習最感困難的單元之一 (Finley, Stewart & Yarroch, 1982; Smith, 1991; 黃台珠，1990)。由於遺傳學不僅爲學習其他生物學的基礎，亦可幫助學生瞭解未來因生物技術的進步所可能衍生之社會倫理方面的問題，故遺傳學的學習實有其必要性 (Stewart & Kirk, 1990; Mertens & Hendrix, 1990)。

以往有關認知風格、認知策略與知識如何影響學生解題之研究爲數不多。有鑑於此，本研究遂在以訊息處理理論與建構論構築而成的理論基礎上，探討此一問題，嘗試爲揭開學生的認知風格、認知策略與遺傳學知識對遺傳學解題歷程與結果的影響之謎，作一較爲深入的詮釋。

二、研究目的

在先前研究（楊坤原和鄭湧涇，1997）之基礎上，本研究旨在比較具備不同認知風格、認知策略與遺傳學學習成就（遺傳學知識）的高一學生之遺傳學解題成就與解題策略，並由此探討風格、認知策略與遺傳學知識對遺傳學解題的影響。

文獻探討

一、認知風格、認知策略與科學學習

探討造成學生學習結果之個別差異的原因，是認知心理學者深感重要的研究主題之一 (Entwistle, 1985)。鑑於學生在訊息處理方式上的偏好及其使用認知策略的情況，與其科學學習成就具有密切的關係 (Weinstein & Mayer, 1986; 邱上眞，1991；楊坤原和鄭湧涇，1996)，因此，在諸多影響學習的因素中，「認知風格」與「認知策略」便成爲值得加以探討的變項。

「認知風格」是一個人處理訊息之偏好或習慣，代表其在知覺、思考、記憶和解決問題時，所使用之獨特的訊息處理型式 (Entwistle, 1985; Messick, 1994)。在諸多關於認知風格的研究中，以由 Witkin 所提之「場地依賴 / 場地獨立」(Field-dependence, FD/Field-independence, FI) 最獲青睞，於教育上的應用也最爲廣泛 (Witkin *et al.*, 1977; Guildford, 1980; Tiedemann, 1989)。Witkin 指出，FD/FI 代表個人對某一種型式的知覺之不同強度的表現或傾向。由於場地獨立者慣於分析，而場地依賴者則通常採較爲籠統的方式來處理訊息，故場地獨立者在相關訊息的選擇與注意、編碼方式上均優於場地依賴者 (Witkin *et al.*, 1977; Davis & Cochran, 1982; Messick, 1994)。於是，在科學學習成就與解題策略等方面，場地獨立者皆較場地依賴者爲佳 (Satterly, 1980; Horak, 1990)。

「認知策略」意指完成認知作業目標的計畫或執行方法，其內容涉及各種思考與後設認知的技能。故此，「認知策略」應可含括認知

與後設認知兩大類的策略 (Gagne, Briggs & Wager, 1988; Prawat, 1989)。綜合各學者之觀點，與認知過程相關的認知策略包括：注意策略、記憶策略、組織策略與理解策略等；後設認知策略則可大別爲自我監控與自我檢測兩類 (Weinstein & Mayer, 1986; Rohwer & Thomas, 1989)。由於認知策略的使用關係到訊息處理的效率，因而成爲導致學習者的學習成就出現個別差異之要因 (Weinstein, 1988)。

二、知識與解題的關係

解題是一種涉及以現有知識之組合爲基礎的創造性活動 (Gagne, 1985)。由於可提供學生重組知識與檢驗學習結果的機會，故許多學者均將解題列爲重要的教學目標之一 (Smith & Good, 1984; Helgeson, 1994)。

在解題的研究中，「問題」(problem) 通常是指目標和現況間出現不能立即獲得解答的狀態 (Hayes, 1989; Gagne *et al.*, 1993)，其「問題空間」(problem space) 一般是由初始狀態 (initial state)、目標狀態 (goal state)、操作子 (operators) 與一些限制條件 (constraints) 所組成。解題是學生在給定的限制條件下，運用解題策略，從初始狀態過渡到目標狀態的過程。許多學者指出，解題涉及問題表徵 (representation)、知識轉變與解法評估等認知過程，而其順序依次可分爲：發現問題、問題表徵、計畫解題方法、實行解題計畫和評鑑答案等階段。從以往的研究發現，在解題的過程中，解題者必須是問題狀態的變化，隨時修正其對問題狀態的表徵，選擇合適的領域一般性 (domain-general) 和領域專門性 (domain-specific) 的解題策略以克服障礙，達成目標 (Hayes, 1989; Gagne *et al.*, 1993)。

在諸多比較專家 (expert) 與生手 (novice) 科學解題表現差異的研究中，研究者皆一致發現，解題者所具備的知識（尤其是「領域專門性知識」，domain-specific knowledge）對其在表徵問題的正確性、搜尋問題空間之有效性與使用解題策略的適切性等方面，均有正向的影響。可見，結構化的知識應是決定解題成敗的重要關鍵 (Chi *et al.*, 1981; Chi & Glaser, 1985; Chi & Ceci, 1987; Hayes, 1989; Ornstein, 1990)。專家由於具備良好品質的知識，故能據以表徵問題，構思較適當的解題計畫，採用「知識發展」的解題策略，並表現出具備自我監控的後設認知技能 (Chi *et al.*, 1981; Smith & Good, 1984; Resnick, 1992; Gagne *et al.*, 1993)。

三、遺傳學解題之研究

晚近有關遺傳學解題的研究，是以減數分裂、基因型與表現型的推算和族譜 (pedigree) 疾病遺傳等三類問題爲主。根據許多學者的研究指出，學生必須具備染色體 (chromosome) 及其相關知識，才能完整且正確地解決減數分裂的問題。而基因型遺傳與族譜疾病遺傳的問題之推算，也都必須運用減數分裂與機率的知識才能解決 (Smith, 1988; Hackling, 1994; Kindfield, 1994)。此外，Smith (1988) 的研究亦發現，族譜問題的解決除需具備遺傳學知識外，尚包括從題目中獲得與詮釋線索、產生假說與評鑑等能力。

近十年來關於遺傳學的解題研究指出，遺傳學知識是影響解題的主要原因。專家與生手（成功／不成功者）除了遺傳學知識外，在一般性與領域專門性的解題策略、推理與後設認知等方面均有所差異。整體而言，成功的解題者能根據遺傳學知識正確地表徵問題、構思解題計畫、選擇使用正確又有效的捷思法 (heuristics) 並以分析與推理取向的「向前作」(working-forward) 之策略完成解題，此外，並能於解題完成後評估答案的正誤。相形之下，不成功者在這些方面的表現則較差，甚或闕如 (Stewart, 1983; Smith & Good, 1984; Smith, 1991; Kindfield, 1994; Hackling, 1994)。

表 1:「遺傳學解題測驗」受試學生之類型 *

類 型	學生代號	性 別	認知風格（得分，組別）	認知策略（得分，組別）	遺傳學學習成就（得分，組別）
1	S01A	男	21.00，FI	280，高	40，高
1	S01B	女	21.00，FI	265，高	38，高
2	S02	男	21.75，FI	191，低	34，高
3	S03A	男	23.00，FI	197，低	19，低
3	S03B	男	24.50，FI	193，低	12，低
4	S04	女	4.50，FD	264，高	39，高
5	S05	男	2.75，FD	189，低	35，高
6	S06A	女	4.75，FD	266，高	20，低
6	S06B	男	1.25，FD	276，高	16，低
7	S07	女	0.00，FD	169，低	15，低

*高、低分組係以全體學生得分的總平均加減一個標準差(M±1 SD)爲界。

研究方法

一、研究樣本

本研究是以台北地區（台北市、縣）之公立高級中學的一年級上過基礎生物之遺傳學部份的學生爲母群體，兼採「分層隨機抽樣」(stratified random sampling) 與「集群抽樣」(cluster sampling) 的方式，依八十二學年度公佈之台北區高中聯招之錄取分數，將各校分成高、中、低三個階層，再於各階層中依班級數比例，抽取 9 個班的學生爲樣本，於剔除無效者後，共有 395 位學生參與研究。上述學生在施以自編之「認知策略調查表」、「遺傳學學習成就測驗」與「藏圖測驗」後，依其認知風格類型（場地獨立 / 依賴）、認知策略得分（高 / 低）與遺傳學學習成就測驗得分（高 / 低）的不同表現組合 (2 × 2 × 2) 中，共選出 10 名自願且分屬不同類型之學生爲樣本（表 1），以放聲思考 (thinking-aloud) 配合晤談法 (interview)，進行「遺傳學解題測驗」。

二、研究工具

㈠「認知策略調查表」(Inventory of Cognitive Strategies, ICS)

本調查表係由研究者自編之 5 點式量表（楊坤原和鄭湧涇，1996），旨在評測高一學生使用認知策略的情形。經專家審閱與效化後得知，本量表之「內部均質性信度」(internal-consistency reliability)（以 Cronbach α 表示）值爲 0.95，所含之五個分量表的信度也分別達 0.78 ~ 0.85 之間；分量表之間的相關值亦達 0.89 ~ 0.92 之間。再由因素分析 (factor analysis) 所抽出的三個因素之 Eigen 值的大小（分別是 16.78、3.45 與 1.81），可知本量表具有良好之構念效度。

㈡「遺傳學學習成就測驗」(Achievement Test of Genetics, ATG)

本測驗亦由研究者自編（楊坤原和鄭湧涇，1996），旨在評測高一學生的遺傳學學習成就（遺傳學知識）。經雙向細目表與專家審閱，並經效化後得知，本測驗之「內部均質性信度」（以 Cronbach α 表示）值爲 0.80。可見本測驗具有良好之信度與效度。

㈢「遺傳學解題測驗」(Problem Solving Test of Genetics, PSTG)

本測驗爲自編測驗，共有 4 大題（含 9 小題），所涵蓋之內容範圍與內容效度的考驗過程均與「遺傳學學習成就測驗」相同，旨在評測學生的遺傳學解題表現。作答時間約 2 小時，採放聲思考的方式進行。由於遺傳學理論的發展涉及驗證假設 (hypothesis-testing) 的過程 (Smith, 1988)，故本測驗除第 1 、 2 題爲基本概念的解題外，還設計了「由果到因」（第 3 題）與「驗證假設」（第 4 題）的問題，以評測此類解題能力。

㈣「藏圖測驗」(Hidden Figure Test, cf-1)

本測驗原由 Messick 所編製，經吳靜吉 (1974) 修訂而成，旨在評測認知風格類型－場地獨立或場地依賴。得分越高者表示越傾向於場地獨立。本研究依例以全體樣本得分之前、後 27% 作爲區分高、低分組的準據。

三、研究程序

所選出之 10 位自願參加「遺傳學解題測驗」的學生，經以放聲思考並配合晤談的方式進行測驗後，所得的原案 (protocol) 經登錄後，參照 Smith (1983) 所使用以分析解題行爲的項目進行編碼 (coding)。

在根據解題者所用的解題步驟之適當性、完整性、邏輯性與答案的正誤及理由的解釋等項爲準據，分析各解題者的解題成就與解題策略後，綜合比較之，並由此探討認知風格、認知策略與遺傳學知識對遺傳學解題成就與解題策略的使用之影響。

結果與討論

一、各類學生遺傳學解題成就與解題策略之分析

承續先前研究（楊坤原和鄭湧涇， 1997 ）的分析結果， 10 位解題者的遺傳學解題成就和所使用之領域一般性、領域專門性解題策略，綜合整理如表 2 所示。

從表 2 中可得知， S05 共答對 8.5 題， S06A 僅答對 1 題，分別是解題成就最優與最差者。而所有學生所使用的領域一般性解題策略則有下列 12 種：

1. 發問：解題者對於問題敘述的關鍵處能透過發問以澄清、確認其對題意的瞭解。如： S01A 、 S05 。
2. 轉移：當某一想法或解題策略遭遇挫折時，解題者能轉而以其他想法或策略持續完成解題。如： S01A 、 S01B 、 S04 與 S05 。
3. 驗證假設：解題者能從題目所給的條件與所具備之遺傳學知識中，找出證據來驗證自己的想法是否正確。如： S01A 、 S01B 、 S02 、 S04 與 S05 。
4. 先考慮簡單情形：先從較涉及較少概念的情形著手，當發現不符題意時，再進一步考慮較複雜之情形。如： S01A 、 S01B 、 S02 、 S04 與 S05 。
5. 一次考慮一變項：在多個變項都必須加以考慮時，解題者採逐步的方式，一次只考慮一個變項，以避免造成混淆。如： S01A 與 S05 。
6. 讀題過程表示意見： S01A 能主動對問題的難度，提出看法。
7. 檢查既定條件：所有解題者在解題過程都會回顧題目，以對照所得的結果是否有違題意。
8. 檢查中間步驟： S01A 與 S05 於解題過程中均能主對檢查解題步驟與先前假設的一致性。
9. 回溯檢查： S01A 在完成解題後，會根據題意，將整個解題過程與所得答案，再作一次驗證，以確定前後的一致性與完整性。
10. 嘗試錯誤： S03B 與 S07 在考慮各種可能的答案時，無法先剔除不符題意

表 2 ：學生遺傳解題成就與解題策略分析表 *

學生代號（解題成就） / 解題策略	S01A (8.0)	S01B (6.5)	S02 (6.0)	S03A (3.5)	S03B (2.0)	S04 (8.0)	S05 (8.5)	S06A (1.0)	S06B (2.0)	S07 (2.0)
領域一般性										
1.發問	√						√			
2.轉移	√	√				√	√			
3.驗證假說	√	√	√			√	√			
4.先考慮簡單情形	√	√	√			√	√			
5.一次考慮一變項	√						√			
6.讀題過程表示意見	√									
7.檢查既定條件	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
8.檢查中間步驟	√						√			
9.回溯檢查	√									
10.嘗試錯誤					√					√
11.臆測				√	√			√	√	√
12.邊看邊解				√				√		√
領域專門性										
1.自動化	√	√	√			√	√			
2.正確設定基因符號	√		√				√	√	√	
3.找出遺傳學常見的比例關係	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
4.使用片斷知識					√				√	√
5.不知道或無法應用必要的遺傳學知識				√	√			√		√
6.使用錯誤或不適當的遺傳學詞彙										√

*1.遺傳學解題成就係以「遺傳學解題測驗」之得分（答對題數）表之。
2.「√」表示具此解題策略者

者，而仍逐一推算，嘗試從中找出正確者。

11.臆測：有些解題者並未根據任何條件、證據或未經任何思考，就隨意猜測答案。如： S03A 、 S03B 、 S06A 、 S06B 與 S07 。

12.邊看邊解：有些解題者在解題的過程的思考方向，完全受題意所左右，邊看題目邊寫，幾乎沒有採用推理或驗證的步驟。如： S03A 、 S06A 與 S07 。

學生所使用的領域專門性策略共可分爲下列 6 種：

1.自動化：在推算各種基因型或表現型的組合或出現機率時，解題者能由已具備的遺傳學知識和題目中所提供的條件，直接推得正確的答案。如： S01A 、

S01B 、 S02 、 S04 與 S05 。

2. 正確設定基因符號：解題者能以性狀述詞的英文字母來作爲基因型的代號。如： S01A 、 S02 、 S05 、 S06A 與 S06B 。

3. 找出遺傳學上常見的比例關係：所有解題者均能從某些題目中，找出遺傳學上常用之「 3 ： 1 」、「 1 ： 2 ： 1 」等關係。

4. 使用片斷的遺傳學知識：解題者所使用的策略或解釋，完全仿自教科書中的例子，而未能將之正確用於解決新的問題。如： S03B 、 S06B 與 S07 。

5. 不知道或無法應用必要的遺傳學知識： S03A 、 S03B 、 S06A 與 S07 等因不知道何謂「中間型遺傳」、「性聯遺傳」，故無法應用此一知識來解題。

6. 使用錯誤或不標準的遺傳學詞彙： S07 在解題時慣以「性向」來指稱「性狀」，以「男生、女生」來代表果蠅的雄性與雌性。

二、各類學生遺傳學解題成就之比較

茲將具備不同認知風格、認知策略、遺傳學成就的學生之解題成就比較如下（表 3 ），藉以探討這些變項對遺傳學解題成就之影響情形。

㈠不同遺傳學成就學生的遺傳學解題成就之比較

1. 若將具相同認知風格 (FI) 與同屬認知策略低分組之 S02 、 S03A 與 S03B 作一比較，可發現遺傳學成就屬高分組的 S02 其答對題數較屬低分組之 S03A 與 S03B 多 2.5 ～ 4 小題，可見遺傳學知識對遺傳學解題成就具有影響力。

2. 若將同屬 FD 型、認知策略同爲高分組之 S04 、 S06A 和 S06B 作一比較，可以看出遺傳學成就屬高分組的 S04 較屬低分組之其他二位解題者多答對 6 ～ 7 小題，由此可再次確認遺傳學知識對遺傳學解題成就的作用。

3. 在同爲 FD 型、認知策略低分組的二位學生中，遺傳學成就高分組的 S05 與低分組的 S07 之答對題數相差 6.5 小題，此一比較仍顯示出遺傳學知識對遺傳學解題成就之優劣有所影響。

㈡不同認知風格學生的遺傳學解題成就之比較

1. S01A 、 S01B 與 S04 在遺傳學成就與認知策略得分均屬高分組，惟前二者

表 3 ：不同認知風格、認知策略與遺傳學知識的學生遺傳學解題成就之比較

比 較 學 生	比 較 變 項	比較結果（答對題數）
S02、S03A、S03B	遺傳學知識	S02(6.0)>S03A(3.5)>S03B(2.0)
S04、S06A、S06B	遺傳學知識	S04(8.0)>S06B(2.0)>S06A(1.0)
S05與S07	遺傳學知識	S05(8.5)>S07(2.0)
S01A、S01B、S04	認知風格	S01A(8.0)=S04(8.0)>S01B(6.5)
S02與S05	認知風格	S05(8.5)>S02(6.0)
S03A、S03B、S07	認知風格	S03A(3.5)>S03B(2.0)=S07(2.0)
S01A、S01B、S02	認知策略	S01A(8.0)>S01B(6.5)>S02(6.0)
S04與S05	認知策略	S05(8.5)>S04(8.0)
S06A、S06B、S07	認知策略	S06B(2.0)>S07(2.0)>S06A(1.0)

爲 FI 型，後者爲 FD 型。從三者遺傳學解題成就的比較中發現， S01A 與 S04 的答對題數相同， S04 則比 S01B 多答對 1.5 小題。由此觀之，認知風格對遺傳學解題成就的影響並不明顯。

2. S05 與 S02 的差別在於前者屬 FD 型，後者屬 FI 型。二者的認知策略均屬低分組而遺傳學成就則爲高分組。由於 S05 較 S02 多答對 2.5 小題，故 FI 型的遺傳學解題成就並未優於 FD 型者。

3. S03A 、 S03B 和 S07 之認知策略與遺傳學成就均爲低分組，而前二者爲 FI 型， S07 爲 FD 型。就答對題數而言， S03A 較 S03B 和 S07 多答對 1.5 小題，故在此情況下，認知風格的差異會影響遺傳學解題成就。

㈢不同認知策略學生的遺傳學解題成就之比較

1. S01A 、 S01B 與 S02 之認知風格同爲 FI 型，遺傳學成就也都爲高分組，但前二者的認知策略爲高分組， S02 則爲低分組。相較之下， S01A 與 S01B 的遺傳學解題成就分別較 S02 多答對 2 小題與 0.5 小題，由此推測，認知策略的好壞對遺傳學解題表現應有影響。

2. S04 與 S05 二者均爲 FD 型、遺傳學成就同屬高分組。雖然 S04 屬認知策略高分組，而 S05 屬低分組，但 S05 較 S04 多答對 0.5 小題。因此，在此情形下無法看出認知策略對遺傳學解題成就的影響。

3. S06A 與 S06B 屬認知策略高分組， S07 爲低分組，然三者均屬 FD 型，遺傳學成就亦同爲低分組。由遺傳學解題成就之比較得知， S06B 與 S07 均答對 2 小題， S06A 則答對 1 小題。因 S06B 與 S07 的答對題數相同，故認知策略的優劣對遺傳學解題成就的作用並不明顯。

綜合上述各個層面的比較結果，在遺傳學成就、認知風格與認知策略三個變項中，若以遺傳學解題成就作爲判準，則在答對題數的差異程度上而言，以遺傳學成就（遺傳學知識）對遺傳學解題成就的影響最爲明顯。此一發現不僅符合學者 (Chi & Glaser, 1985; Smith, 1991) 所強調領域專門性知識是決定解題表現的主因的主張，也與 Smith (1983) 研究所得的結果一致，同時也可印證前述研究（楊坤原和鄭湧涇， 1997 ）結果的正確性。其次，認知風格對遺傳學解題成就的影響，必須在認知策略與遺傳學成就均屬低分組的情形下較能看出。究竟爲何認知風格對解題成就的影響不若遺傳學成就的因由，可能係如 Biggs (1978) 所言，因認知風格可能是以間接的方式對學習產生影響，故無法像遺傳學知識一樣，與遺傳學解題成就有較爲直接的關係。再者，認知策略只在同爲 FI 型、遺傳學成就均屬高分組的情形下，方能看出其對遺傳學解題成就的作用。探其原因，乃因學習（認知）策略與領域專門性知識二者關係密切 (Miller, 1991) ，而知識又是解題最重要的憑藉 (Chi & Glaser, 1985) ，故認知策略可能是透過對知識的作用，始能對解題表現產生影響。因學生所用的認知策略與其遺傳學成就之間有顯著相關（楊坤原和鄭湧涇， 1996 ），故在遺傳學成就較好的情況下，認知策略對遺傳學解題成就之影響便隨之較爲明顯。

三、各類學生遺傳學解題策略之比較

不同認知風格、認知策略、遺傳學成就的學生之解題策略的比較如表 4 所示。依照上述遺傳學解題成就的比較方式，各型學生所使用的解題策略之差異，亦可分述如下。

㈠不同遺傳學知識學生的遺傳學解題策略之比較

1. S02 所使用的解題策略較 S03A 、

表 4 ：不同認知風格、認知策略與遺傳學知識的學生遺傳學解題策略之比較

比較學生	比較變項	比較結果
S02、S03A、S03B	遺傳學知識	S02優於S03A、S03B
S04、S06A、S06B	遺傳學知識	S04優於S06B、S06A
S05與S07	遺傳學知識	S05優於S07
S01A、S01B、S04	認知風格	S01A優於S04、S01B
S02與S05	認知風格	S05優於S02
S03A、S03B、S07	認知風格	無明顯差異
S01A、S01B、S02	認知策略	S01A、S01B優於S02
S04與S05	認知策略	無明顯差異
S06A、S06B、S07	認知策略	S06A、S06B優於S07

S03B 多出「驗證假設」、「先考慮簡單情形」、「自動化」與「正確設定基因符號」等項（表 2 ）。因這些策略對完成解題有所助益，故可謂 S02 所用的解題策略優於 S03A 與 S03B 。由此推測，遺傳學成就較佳者，解題策略也較好。

2. S04 所使用的「轉移」、「驗證假設」、「先考慮簡單情形」與「自動化」等解題策略均爲 S06A 和 S06B 所無。而 S06A 和 S06B 則使用了「臆測」、「邊看邊解」、「使用片斷知識」和「無法應用必要的遺傳學知識」等解題策略（表 2 ）。由於 S04 所用的解題策略均有助於完成解題，且優於 S06A 和 S06B 所用者，故可得知遺傳學成就有可能影響解題策略的使用。

3. 由表 2 的分析可清楚看到， S05 所使用的解題策略不但優於 S07 ，且均是完成正確解題所必須者。而 S07 所使用的「嘗試錯誤」、「臆測」、「邊看邊解」、「使用片斷知識」、「無法應用必要的遺傳學知識」和「使用錯誤或不適當的遺傳學詞彙」等策略，大都屬較無效率或不利於完成解題者。由此得知，遺傳學成就較好的 S05 所使用的解題策略較遺傳學成就較差的 S07 所用者爲佳。

㈡不同認知風格學生的遺傳學解題策略之比較

1. 在 S01A 、 S01B 和 S04 的解題策略之比較中（表 2 ）， S01B 和 S04 所使用的解題策略之種類幾乎相同，且均爲有助於完成解題者。 S01 較另二人多使用「發問」、「一次考慮一變項」、「讀題過程表示意見」、「檢查中間步驟」、「回溯檢查」與「正確設定基因符號」等策略。由 S01 與 S04 二者使用策略的差異觀之，認知風格的差異對解題策略的使用可能有所影響。

2. 從表 2 得知， S05 與 S02 所用的解題策略均有助於完成解題，而 S05 則較 S02 多用了「發問」、「一次考慮一變項」、「檢查中間步驟」與「正確設定基因符號」等策略。由此觀之，在此比較情況下，無法顯示出 FI 型者 (S02) 的解題策略優於 FD 型者 (S05) 。

3. S03A 、 S03B 與 S07 所使用的解題策略相似，且都屬較無助於正確解題者。雖然 S03A 相較其他二人，並無

出現「使用片斷知識」或「使用錯誤或不適當的遺傳學詞彙」等策略，但整體而言，三者並無太大差異。故在此情形下仍無法看出認知風格對解題策略的影響。

㈢不同認知策略學生的遺傳學解題策略之比較

1. S01A 和 S01B 的認知策略較 S02 好，三者所使用的解題策略也都不錯，然 S01A 、 S01B 在解題策略上較 S02 多了「轉移」、「一次考慮一變項」、「讀題過程表示意見」、「檢查中間步驟」和「回溯檢查」等項（表 2 ）。由此可知，具不同認知策略的解題者，其在解題策略的使用上有所差異。
2. 在 S04 和 S05 的比較中，雖 S04 的認知策略優於 S05 且都使用不錯的解題策略，但 S05 所使用的解題策略－「發問」、「一次考慮一變項」、「檢查中間步驟」與「正確設定基因符號」等項，則未見於 S04 的解題過程（表 2 ）。故在遺傳學成就與認知風格均相同的情況下，認知策略對解題策略的使用並未看出其影響。
3. 雖然 S06A 和 S06B 比 S07 有較好的認知策略，但這三位解題者所使用的解題策略很相似，也都屬較無助於正確解題者，但 S07 所出現的「嘗試錯誤」和「使用錯誤或不適當的遺傳學詞彙」等策略則未出現於 S06A 和 S06B 的解題過程（表 2 ）。就程度而言，S06A 和 S06B 的解題策略稍優於 S07 所使用者。

經由各項比較結果顯示，不同遺傳學知識、認知風格與認知策略的解題者，在解題策略的表現上，的確可看出若干的差異，其中尤以在具備不同遺傳學成就的條件下，解題者間所使用的解題策略之差異最爲明顯。整體而言，具有較好遺傳學成就者所使用的解題策略較有效率，傾向於「推理導向」，而遺傳學成就較差者所用的解題策略，則屬「目標導向」。此一結果可支持許多學者所言 (Chi & Glaser, 1985; Chi & Ceci, 1987; Schragen, 1993) ，知識品質的優劣會影響解題策略的選擇與使用、進而決定解題表現差異的說法。此外，以往的研究多未述及領域一般性的解題策略與領域專門性知識的關係，但由本研究的結果推測，在問題情境的限制下，領域一般性解題策略的使用，多少還是與解題者所具領域專門性知識的品質有關。例如在「轉移」、「驗證假設」等策略的運用，若無背後的遺傳學知識爲基礎，恐怕就無法找出正確方向或假設，繼續解題。 Chi *et al.* (1981) 和 Smith (1983) 的研究均發現，專家即使在無計可施，而使用嘗試錯誤法進行解題時，也會先將一些不可能的情形略去，這可能即意味著領域一般性策略的使用與領域專門性知識之間應有某種程度的互動關係。

相較於遺傳學成就，因認知風格與認知策略的差異而造成之解題策略不同的情形，就程度而言，則較不明確。根據 Witkin 等人 (Witkin *et al.*, 1977; Davis & Cochran, 1982) 指出， FI 型學習者傾向於以分析方式來處理訊息，具有較強的內在動機，是一位主動的參與者。這些特性在屬 FI 型的幾位解題者 (S01A 、 S01B 、 S04 和 S05) 所使用之「驗證假設」、「轉移」等解題策略反映之。這個結果與 Ronning 等 (Ronning, Mccurdy & Ballinger, 1984) 的研究相似。至於何以認知風格對解題策略的影響不若遺傳學知識明顯的原因，由上述㈡之 1 、 3 二組分析結果發現，只有在解題者具備質量俱優的認知策略與遺傳學知識時，認知風格才可能係透過遺傳學知識或認知策略之作用，影響解題者的解題策略。然因認知風格與認知策略二者間並無顯著相關（楊坤原和鄭湧涇， 1996 ），所以，認知風格應是透過遺傳學知識而對解題策略的使用產生間接影響。由於認知風格會影響科學

（遺傳學）知識的學習 (Horak, 1990；楊坤原和鄭湧涇，1996)，而知識又是決定解題的要素 (Chi & Glaser, 1985)，故認知風格雖對解題策略的使用有所影響，仍未及遺傳學知識來得有效。

關於「認知策略」對解題策略使用的影響方面，從上述㈢之 1、3 二組的比較中，亦可依循上述㈡之推測過程來加以解釋。惟因此類研究尚不多見，仍須有進一步研究方能確知。

四、綜合討論

從各類學生所使用的領域一般性和專門性的解題策略之分析可以看出，相較之下，遺傳學學習成就較好的學生（如：S01A、S01B、S02、S04 與 S05），其所使用的解題策略比較差者（如：S03A、S03B、S06A、S06B 與 S07）爲優，且較接近專家的表現。此一發現與 Smith 和 Good (1984)、Smith (1988, 1990) 等的遺傳學解題研究結果均十分相似。由此可見，遺傳學知識與遺傳學解題策略的使用二者之間關係密切。

倘若綜合各類學生之遺傳學解題成就與解題策略的各項比較結果，並參照訊息處理理論和各學者的論點與研究發現 (Entwistle, 1985; Weinstein & Mayer, 1986; Smith, 1991; Gagne *et al.*, 1993)，則可推知，認知風格、認知策略與（遺傳學）知識均會影響（遺傳學）解題成就的優劣與解題策略的使用，其中又以（遺傳學）知識的影響較爲直接，而認知風格與認知策略可能都必須透過與（遺傳學）知識的交互作用後，才能對解題成就和解題策略有所作用。

結　語

解題是一個學習的過程，涉及複雜的思考歷程。知識（尤其是領域專門性知識）既是解題活動的基礎，也是決定解題表現優劣之關鍵。根據訊息處理論與建構論的觀點，儲存於長期記憶中的知識結構，是學習者透過訊息處理的步驟所主動建構的產物。知識對學習成就的影響固然不容忽視，但個人在知識建構過程所使用的認知策略與其在訊息處理上的偏好（認知風格），也同時是影響知識品質良窳的變項。故在探討學習者的認知特性與解題的關係時，實應同時慮及訊息處理歷程及其相關因素，如此，不但能兼從「歷程」與「結果」兩層面來研究學習，更能彌補訊息處理論僅重歷程而輕忽人格特質、無法充分凸顯學習者的主動性之不足。

本研究除印證以往相關的解題研究之結果外，亦初步揭示了學習者的認知風格與認知策略與其解題表現與解題策略的關係。有鑑於此，當嘗試以解題作爲教學活動的主要方式時，除了強調知識與解題策略所扮演的角色外，對於學習者的情意（認知風格）與技能（認知策略）方面之因素，亦應一併加以考量，如此方能有效提昇學習的成就。

參考文獻

1. 行政院國家科學委員會生物教育學門資源整合規劃小組（1993）：**學門資源整合規劃資料－生物教育**。台北市：行政院國家科學委員會。
2. 邱上眞（1991）：學習策略教學的理論與實際。**特殊教育與復健學報，1**, 1-50。
3. 吳靜吉（1974）：**藏圖測驗**。臺北市：國立政治大學教育系。
4. 黃台珠（1990）：中學生遺傳相關概念錯誤類型的探討。**科學教育月刊，133**, 34-53。
5. 楊坤原和鄭湧涇（1996）：高一學生認知風格、認知策略與遺傳學學習成就的關係。**科學教育學刊，4**(2), 135-159。
6. 楊坤原和鄭湧涇（1997）：高一學生遺傳學解題表現與解題策略之研究。**科學教育學刊，5**(4), 529-555。
7. Biggs, J. B. (1978). Individual and

group differences in study. *British Journal of Educational Psychology, 48*, 266-279.
8. Chi, M.T.H., & Ceci, S. J. (1987). Content knowledge: Its role, representation, and restructuring in memory development. *Advances in Child Development and Behavior, 20*, 91-141.
9. Chi, M.T.H., Feltovich, P. L., & Glaser, R. (1981). Categorization and representation of physics problems by expert and novices. Cognitive Science, *5*, 121-152.
10. Chi, M.T.H., & Glaser, R. (1985). Problem-solving ability. In R. J. Sternberg(Ed.), *Human abilities. An information-processing approach.* New York: W. H. Freeman and Company.
11. Davis, J. K. & Cochran, K. F. (1982). *Toward an information processing analysis of FI.* (ERIC Document Reproduction Service No. ED 221 551)
12. Driver, R., & Bell, B. (1986). Students' thinking and the learning of science: A constructivist view. *School Science and Mathematics, 86*(3), 443-456.
13. Entwistle, N. J. (1985). Cognitive style and learning. In T. Husen & T. N. Postlethwaite (Eds.), *The international encyclopedia of education* (Vol. 2). New York: Pergamon Press.
14. Finley, F. N., Stewart, J. H., & Yarroch, W. L. (1982). Teachers' perceptions of important and difficult science content. *Science Education, 66*, 531-538.
15. Gagne, R. M. (1985). *The conditions of learning* (4th ed.). New York: Holt, Rinehart and Winston.
16. Gagne, R. M., Briggs, L. J., & Wager, W. W. (1988). *Principles of instructional design* (3rd ed.). Orlando: Holt, Rinehart and Winston, Inc.
17. Gagne, E. D., Yekovich, C. W., & Yekovich, F. R. (1993). *The cognitive psychology of school learning.* Harper Collins College Publishers.
18. Guildford, J. P. (1980). Cognitive styles: What are they? *Educational and Psychological Measurement, 40*, 715-735.
19. Hackling, M. W. (1994). *Application of genetics knowledge to the solution of pedigree problems.* Paper presented at the 25th Annual Conference of the Australian Science Education Conference, July, 1994, Holsait Tasmonia.
20. Hayes, J. R. (1989). *The complete problem solver* (2nd ed.). Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, Publisher.
21. Helgeson, S. L. (1994). Research on problem solving: Middle school. In D. L. Gabel (Ed.), *Handbook of research on science teaching and learning.* New York: Macmillan Publishing Company.
22. Horak, V. M. (1990). *Students' cognitive styles and their use of problem-solving heuristics and metacognitive processes.* (ERIC Document Reproduction Service No.347 069)
23. Kindfield, A. C. H. (1994). Understanding a basic biological process: Expert and novice model of meiosis. *Science Education, 78*(3), 255-283.
24. Mertens, T. R., & Hendrix, J. R. (1990). The popular press, scientific literacy in human genetics, and bioethical decision-making. *School Science and Mathematics, 90*(4), 317-322.
25. Messick, S. (1984). The nature of cognitive styles: Problems and promise in educational practices. *Educational Psychologist, 19*(2), 59-74.
26. Messick, S. (1994). The matter of style: Manifestation of personality in cognition, learning, and teaching. *Educational Psychologist, 29*(3), 121-136.

27. Miller, A. (1991). Personality types, learning styles and educational goals. *Educational Psychology*, 11(3-4), 217-238.
28. Niaz, M. (1989). The role of cognitive style and its influence on proportional reasoning. *Journal of Research in Science Teaching, 26*(3), 221-235.
29. Ornstein, P. A. (1990). Knowledge and strategies: A discussion. In W. Schneider & F. E. Weinert (Eds.), *Interactions among aptitudes, strategies, and knowledge in cognitive performance*. New York: Springer- Verlag New York Berlin Heidelberg.
30. Prawat, R. S. (1989). Promoting access to knowledge, strategy, and disposition in students: A research synthesis. *Review of Educational Research, 59*(1), 1-41.
31. Resnick, L. B. (1992). Education and learning to think. In M. K. Pearsall (Ed.), *Scope, sequence, and coordination of secondary school science* (Vol. 2). Washington, D. C.: The National Science Teachers Association.
32. Rohwer, W. D., & Thomas, J. W. (1989). Domain-specific knowledge, meta-cognition, and the promise of instructional reform. In C. B. McCormick, G. Miller & M. Pressley (Eds.), *Cognitive strategy research: From basic research to educational applications*. New York: Springer-Verlag Inc.
32. Ronning, R. R., Mccurdy, D., & Ballinger, R. (1984). Individual differences: A third component in problem-solving instruction. *Journal of Research in Science Teaching, 21*(1), 71-82.
33. Satterly, D. J. (1980). Cognitive styles, spatial ability, and school achievement. *Journal of Educational Psychology, 68*(1), 36-42.
34. Schragen, J. M. (1993). How experts solve a novel problem in experimental design. *Cognitive Science, 17*, 285-309.
35. Shavelson, R. J., Carey, N. B., & Webb, N. M. (1990). Indicators of science achievement: Options for a powerful policy instrument. *Phi Delta Kappan 71*(9), 692-697.
36. Smith, M. (1983). *A comparative analysis of the performance of experts and novices while solving selected classical genetics problems*. Unpublished doctoral dissertation, The Florida State University.
37. Smith, M. U. (1988). Successful and unsuccessful problem solving in classical genetic pedigrees. *Journal of Research in Science Teaching, 25*(6), 411-433.
38. Smith, M. U. (1991). *Toward a unified theory of problem solving*. Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, Publishers.
39. Smith, M. U., & Good, R. (1984). Problem solving and classical genetics: Successful versus unsuccessful performance. *Journal of Research in Science Teaching, 21*(9), 895-912.
40. Stewart, J., & Kirk, J. V. (1990). Understanding and problem-solving in classical genetics. *International Journal of Science Education, 12*(5), 575-588.
41. Tiedemann, J. (1989). Measures of cognitive styles: A critical review. *Educational Psychologist, 24*(3), 261-275.
42. Uno, G. E., & Bybee, R. W., (1994). Understanding the dimensions of biology literacy. *BioScience, 44*(8), 553-557.
43. Weinstein, C. E. (1988). Assessment and training of student learning strategies. In R. Schmeck (Ed.), *Learning strategies and learning styles*. New

York: Plenum Press.
44. Weinstein, C. E., & Mayer, R. E. (1986). The teaching of learning strategies. In M. C. Wittrock (Ed.), *Handbook of research on teaching* (3rd ed.). New York: Macmillan Publishing Company.
45. Weinstein, C. E., & Meyer, D. K. (1991). Implications of cognitive psychology for testing: Contributions from work in learning strategies. In M. C. Wittrock & E. L. Baker (Eds.), *Testing and cognition*. New Jersey: Prentice Hall.
46. Witkin, H. A., Moore, C. A., Goodenough, D. R., & Cox, P. W. (1977). Field-dependent and field-independent cognitive styles and their educational implications. *Review of Educational Research, 47*(1), 1-46.

Study on the Cognitive Style, Cognitive Strategies, Knowledge of Genetics and Genetics Problem Solving

Kun-Yuan Yang[1] and Yeong-Jing Cheng[2]

[1]Teacher Education Center, Chung Yuan Christian University, Chung Li, Taiwan

[2]Department of Biology, National Taiwan Normal University, Taipei, Taiwan

Abstract

Utilizing the results of three tests--Inventory of Cognitive Strategies, Hidden Figure Test, and Test of Learning Achievement of Genetics, ten students with different cognitive style, cognitive strategies, and achievement in Genetics were selected from 395 Grade 10 students in the Taipei area. All ten students voluntarily took part in the Problem Solving Test of Genetics using a thinking-aloud and interview protocol. The protocol analysis of the ten students documented their achievement and problem solving strategies in Genetics and explored the relationships among congnitive style, cognitive strategies, knowledge of Genetics, and problem solving in Genetics. The results indicated that the problem-solvers with different cognitive style, cognitive strategies, and achievement in Genetics demonstrated different problem solving achievement and strategies. Achievement in genetics (prior knowledge) was the strongest predictor of problem-solving performance and strategy use.

Key words: Senior High Students, Cognitive Style, Cognitive Strategies, Knowledge of Genetics, Genetics Problem Solving.