

# 行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

## 科學法則發現的過程中回饋的效應

計畫類別：個別型計畫

計畫編號：NSC93-2511-S-009-005-

執行期間：93年08月01日至94年07月31日

執行單位：國立交通大學工業工程與管理學系(所)

計畫主持人：洪瑞雲

報告類型：精簡報告

處理方式：本計畫可公開查詢

中 華 民 國 94 年 10 月 28 日

# 行政院國家科學委員會補助專題研究計畫成果報告

## 科學法則發現歷程中回饋的效應

計畫類別 :  個別型計畫

計畫編號 : NSC 93 - 2511 - S - 009 - 005

執行期間 : 93 年 8 月 1 日至 94 年 7 月 31 日

計畫主持人 : 洪瑞雲

執行單位 : 交通大學工業工程與管理系

中華民國 94 年 10 月 31

# 行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

## 科學法則發現歷程中回饋的效應

計畫編號：NSC 93-2511-S-009-005

執行期限：93 年 8 月 1 日至 94 年 7 月 31 日

主持人：洪瑞雲<sup>1</sup>

計畫參與人員：黃富源<sup>1</sup> 林孜蓉<sup>1</sup> 侯世環<sup>2</sup> 葉純如<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 國立交通大學工業工程與管理學

<sup>2</sup> 國立交通大學管理科學學系

### 一、摘要

一個科學家在假設形成之後，由自己的實驗或經驗當中就可以有機會觀察到支持或推翻自己假設的案例，進而修訂自己的假設。在此同時，他也有機會得到同行科學家的回饋，若此回饋被當成正確答案時，對科學的進步並不有利。在研究中，以探討立即或延遲的整批的回饋對法則發現技能的影響。59 個大學生被隨機分派至三個回饋的學習情境從事 6 個 Wason 的 246 法則發現作業，接著從事兩個法則發現的測試項目。由法則發現的正確率發現，在學習階段逐題提供立即的正確法則的回饋可大幅增加法則發現的正確率，且對證偽的思考策略的養成有助益。在學習後才提供整批的正確法則證偽的思考策略的養成對則毫無幫助。但當法則之發現需要超越已知領域之外時，正確法則的回饋也可能產生限制作用而無助於法則發現。

關鍵詞：回饋、法則發現、科學思考

### Abstract

Fifty-nine college students were randomly assigned to 3 feedback

conditions (immediate, item-level feedback, delayed, batch feedback, no feedback) to work on six numerical 246 tasks. We predicted that with the knowledge of the testing instances, participants will learn to form a domain of possible features that enhance the chances of rule discovery. The immediate feedback of the correct rule would enhance the acquisition of falsification testing strategy on one hand and set a constrain on search behaviors on the other hand. Results of the experiment show that acquisition of scientific reasoning skills improve rather slowly through experiences. The immediate feedback of the rule indeed enhanced discovery of rules that require falsification. But rule-level feedback has no effect on discovery of rules that go beyond the current feature domain.

Key Words: Feedback, rule discovery, scientific reasoning.

### 二、緣由與目的

#### 1、科學思考的技能

人類對科學現象的探討是以科學

家有限的、已知的知識來探究、解釋未知，是否真能對真相有所掌握，其實是相當的不確定。科學家在科學知識的發現過程中逐步趨近真相有賴假設的提出與證據的蒐集兩項行為，它們也構成了科學推理的主要內涵。然一個證據是否可以支持或推翻自己的假設雖然是科學家自己就可以判斷的，但即使有再充分證據、且無反證的情形下，一個假設是否即為真相，其實仍是不可知。在這種情形下，來自科學界的其他專家的意見便成了主要參考的依據。本研究的目的是在探討回饋對科學法則發現歷程的影響。

科學家的主要工作在找出可合理的解釋我們觀察到的經驗現象背後的共通法則。這份工作所依賴的是歸納推理與演繹推理 ( Dewey, 1933 )。歸納推理是一種根據“經驗”去推論某些現象背後共同的法則。演繹推理則是根據一些普遍的原則去推知某些特定的案例的值或屬性。科學家的首要的任務是要仔細觀察事物所呈現的各種面向，並進一步找出並描述它們的共同面向。然而，經歸納推理而得到的結論只能稱之為假設，其普遍性、正確性必須以演繹邏輯的方式加以測試。在邏輯上，經歸納而得的法則，即使得到再多新案例的支持，亦無法證明其真實性。相反的，萬一有任何與此法則衝突的案例出現時，則此法則的正確性便被存疑。因此由歸納而得的假設必須以「證偽」( falsification ) 邏輯的方式測試 ( Popper, 1959 )。

科學家發現法則的歷程相當於一連串問題解決的活動。Klahr & Simon ( 1999 ) 指出，在這過程中有三個因素會影響一個人是否能提出良好的假

設並設計適當的實驗以驗證假設：1. 相關的領域知識、2. 一些簡單的思考的策略 ( heuristics )、3. 型態辨識 ( recognition ) 的能力。所謂型態辨識 ( pattern recognition )，即由經驗、資料中辨認出有意義的規則性以作為法則導出的依據 ( Harverdy, Koedinger, Klahr, & Alibali, 2000 )。一個型態是由一組屬性 ( feature ) 以特殊固定的關係 ( configuration ) 重複呈現。型態辨識因此包含由所觀察到的事物中去分析、抽取出相關屬性、組合屬性間關係等兩項認知作業。一個科學家和常人不同之處之一是在於他們經由專業的訓練，長期記憶中含有大量的領域知識，允許他們在此知識庫中搜尋、找到可以解釋觀察到的現象的有意義型態。在長期記憶中搜尋可用的知識型態即稱推理或思考策略，可分成強策略 ( strong method ) 與弱策略 ( weak method )。強策略指的是某一專門領域中發展出來的特定解題與推論方法，如數學、統計方法或邏輯分析。弱策略指的是一般人普遍會使用的經驗式的解題技巧如嘗試錯誤 ( generate and test )、手段與目的分析 ( means-ends analysis ) 類比等。弱策略的共同特徵是當使用強策略仍找不到可以解題的方法時，人的認知系統自然會由重複嘗試的經驗中發展出一些可趨近目標的方式。弱策略並不保證可以找到最佳解或正確解答，但卻是人在陷入困境時解困的一些方式，具有高度的普遍性與一般性。

Klahr & Simon 強調，由於科學發現時所面對的都是前人不曾解過的問題，因此強策略在此並無太大的助益；相反的，由於科學發現有賴科學

家以超平原領域的角度來思考問題，弱策略反而會是主要的思考策略。他們綜合各種不同的研究所得的結果指出，科學發現的基本原則包括：1. 驚訝，只有對觀察到的現象感到驚訝、好奇時，才會有進一步對該現象加以探索，2. 類比與辨識的能力，類比常是科學發現過程中形成起始假設的方法（如當初把聲音的性質設想成水波），其性質是借用先前已知的知識架構來詮釋新的問題，並借用此已知知識架構中的的解題方法來解新的問題。成功的類比的關鍵在於找到新、舊問題間正確的結構對應，因此類比相當於是一種辨識複雜型式的能力，3. 在多重的空間中搜尋的歷程。

科學家是一群擁有大量專業知識的人，缺乏專業知識將使科學發現成為不可能。然現有的知識只是尚未被證據推翻的假設，擁有這些知識可能形成認知上的盲點與限制，傾向以已知來解釋未知。所謂證真偏好是指大多數人從事假設檢定工作時，傾向蒐集符合自己假設的正例而忽略了與假設不符的負例。在證真策略下，我們雖可得到許多肯定我們假設為真的證據，但卻無法發現假設當中可能有的缺陷 (Wason, 1960, 1968; Wason & Johnson-Laird, 1972; Evans, 1989; Oaksford & Chater, 1994)。即使是受過良好訓練的科學家，他們的研究往往亦是在證真某個理論 (Carnap, 1966)。然在科學的研究中我們永遠無法知道真正的法則是什麼，因此，證偽對科學思考而言是十分重要的一種技能。

## 2、回饋對科學發現及科學推理技能獲得的影響

我們在生活中，環境的設計、與人的互動、以及自己行為所帶來的後果等經驗因素往往是塑造、修正我們的認知技能的原動力 ( Alterman, Zito-Wolf, & Carpenter, 1998 )。例如，當車子開到一條死巷時，不論原先我們的信心有多高，我們都得承認走錯路了這個事實。行為必然帶來某種後果，這些後果與我們當初的期望間的差距是我們反省思考的主要內容。反省的結果則直接可指出接下來修正自己的想法與行為的方式 ( Stanovich & West, 1999 )。因此，透過生活經驗的重複觀察、自省及回饋我們可能可發展出一套自己的推論策略。此研究即由科學推理技能可由經驗塑造的前提下，探討在此經驗學習歷程中回饋影響科學推理技能獲得的可能性。

就科學活動而言，每個科學家都有屬於自己的學術社群。與同儕之間的交流是科學的合作活動之一。學者專家對別人的研究提供回饋的方式可分成兩大類，一為意見的提供，一為學術作品的審查。前者純粹是對同一議題提供不同想法（假設），具有補足對方知識的功用，但此意見僅供對方參考並無規範力量。後者則是具有規範力，對不符合專業要求的作品具有否決的效力，對符合專業要求的作品則有獎勵的作用。就前者的功效而言，有少數研究顯示，合作的情境有助於產生較佳的假設 ( Laughlin & Hollingshead, 1995 )，但合作對提高證偽的次數的效果則不明顯 (e.g., Gorman, Gorman, Latta, & Cunningham, 1984; Groman & Gorman, 1984)。

吳庭瑜、吳明樺及洪瑞雲 ( 1998 )

以 161 個台灣大學生為對象探討合作與解釋對歸納推理技能的學習。他們讓受試者以兩人一組或個別解題的方式進行 6 題 246 問題的解題活動，受試者的工作是去發現 3 個給定的數字案例（如 2, 4, 6）背後的數學法則。結果發現，在此合作情境下，發現正確法則的次數高於個別的情境。但在事後單獨解決同類問題且沒有正確法則的回饋時，有合作經驗的受試者發現的正確法則數雖仍顯著高於個別組，但數量下降，個別組發現的法則數數則幾乎沒有變化，吳庭瑜等人將合作的效用歸因於合作組在合作過程中因知識的分享而掌握了較多與問題相關的知識，因此而發現了較多正確法則；但合作對歸納推理技能的獲得則無影響。

洪瑞雲及吳庭瑜（2002）對吳庭瑜、吳明樺及洪瑞雲的受試者解題時的書面反應進行內容分析，結果顯示在學習階段，兩人合作比個別解題時可找出較多的正確屬性、提出了較多的正確假設，在假設測試行為上也使用了較多的刪除屬性的方式來修改假設。但到測試時個別解題時，合作組與個別組唯一的差異僅剩一項：合作組在起使假設中提出正確法則的次數較個別組多。洪瑞雲及吳庭瑜因此推論合作的功效主要是在掌握了問題情境中的知識結構，但合作對推理技能的獲得幫助十分不明顯。他們的資料也顯示，若以測試時正確的起使假設數來估計受試者在學習階段中由重複解 6 個 246 問題中而掌握到的問題中的知識結構時，控制組的正確起使假設數由學習階段的 0.08 個進步到測試階段的 0.43 個( $d = 0.35$ )；合作組則是

由 0.32 個進步到 0.81 個( $d = 0.49$ )，差距不大，顯示在解題過程中即使只是提供案例及真實法則的回饋也有助於個別組對問題結構的萃取。

然科學發現往往需要領域之外的知識，由同行專家所提供的領域知識可能會成為突破的限制而非助力。洪瑞雲（2003）及 Horng et al. (2003) 以另外 91 個台灣大學生為對象探討合作與解釋的效用是否可以遷移至不同領域的法則發現作業時發現，由數字的 246 作業的解題經驗及真實法則的回饋中，受試者在 6 題的練習後約掌握、測試了 73% 真實法則中的屬性；事後在測試階段（無真實法則的回饋）時，其假設中的屬性約 80% 是被包含在學習階段的屬性範圍之內，顯示實驗者所提供的真實法則的知識一方面是促進受試者辨識問題中屬性的重要因素，一方面卻也度限制了受試者搜尋問題中屬性的範圍。更甚者，當測試題目由數字的 246 問題換成文字的 246 問題時，受試者掌握題目中的屬性的能力即下降至 15.4%，顯示出專家所提供的結果回饋的限制。在本研究中我們即預測，當回饋是以「正確法則」的方式給予時，它的效果是兩面的，一方面它可能會加速對某一領域的知識結構的萃取，而提高法則發現數；但另一方面則是限制了屬性、假設的搜尋範圍，阻礙了新的法則的發現。

回饋是個複雜的概念。回饋可以來自自己，也可以來自他人。回饋的內容可以是知識性的，也可以只是對錯的評價訊息。回饋的內容可多可少，可以是立即的，也可以是延遲的。Maddox, Ashby, & Bohil (2003) 的研

究則預測在複雜的法則的學習中，立即的回饋扮演著決定性的角色，若法則中含有兩個或兩個以上的屬性時，回饋的延遲將會使法則的發現成為不可能。他們的研究中的確發現，在複雜的分類作業中，回饋即使只有 2.5 秒的延遲，大學生可以由重複的經驗中導出分類依據的比率就顯著低於立即回饋組。他們由受試者在前後四階段的分類作業表現推論，延遲回饋組在複雜的分類作業上幾乎毫無學習。由此推論，由於科學發現的高度複雜性，立即回饋的重要性是不可忽視的。

### 3、研究問題與假設

由上述文獻我們推論，科學推理這種複雜的認知技能的學習而有賴實際經驗及由經驗中獲得直接而立即的回饋。在本研究中，我們將探討大學生由重複從事 6 題類似的法則發現作業的經驗中歸納出假設產生與假設測試技能的時間歷程，我們也將探討提供受試者真實法則的立即或延遲回饋對法則發現的影響。我們預測真實法則的立即回饋對證偽的思考策略有助長效用，但對推理的範疇則可能會有限制的作用，當法則發現需要引進跨領域的知識時，真實法則的回饋可能反而會受到限制。至於延遲的整批次的回饋對領域內法則發現或有助益，但對塑造證偽的思考策略則無幫助。

## 二、方法

### 受試者

59 個大學生，隨機分派至每題之後立即有正確法則回饋、回饋延遲以整批的方式呈現、或沒有回饋的三個學習情境中。

### 實驗設計

本研究有兩個自變項，一為學習過程中有無接受正確法則的回饋 (3)，此為受試者間變項，一為練習次數 (1, 2, 3, 4, 5, 6)，此為受試者內變項，為一  $2 \times 6$  的實驗設計。

### 科學推理作業

依 Wason 的 2-4-6 作業 (Wason & Johnson-Laird, 1972) 設計的 8 個數字的法則發現問題；真實法則的設計含有 1、2 或 3 個屬性。學習階段 6 題，主要目的是提供受試者重複解決 6 個類似的問題以歸納出假設形成與假設測試的策略，同時也進行回饋類別的操弄。測試階段則為另外兩個數字題，其中一個的法則為「任意數」，受試者必須有證偽的行為才能發現真正的法則，一個的法則為「含零」，除了證偽之外，受試者必須要能跨越數學知識領域才能發現真正的法則。

### 回饋的操弄與實驗程序

實驗者對受試者說明實驗作業進行的方式後，即以一數字字串 (2, 4, 6) 的練習題給予指導語及示範練習，但所有的受試者均不會被告知正確的法則。之後，受試者在各自的實驗情境中解 6 個題目，實驗者會為其假設的測試案例是否為法則的正例提供立即的回饋；有逐題法則回饋組的受試者宣告其最後決定的法則後，會被告知正確的法則做為回饋。在整批的法則回饋組的受試者宣告其最後決定的法則後，不會被告知該題的正確的法則，但會在 6 題皆完成後，一次提供 6 個正確法則做為回饋。在無回饋組的受試者宣告其最後決定的法則後，並不告訴他們正確的法則為何。在學習階段後，所有的受試者都得完成另外兩個法則發現作業。在過程中實驗者

亦對每一測試案例提供回饋，但在受試者最後宣告其發現的法則時並不提供真實法則。實驗時間估計約一個半小時至二小時。

#### 應變項之測量

法則發現的正確率。指受試者最後宣告的法則為正確法則的次數。科學推理技能的學習。在學習階段歸納出的科學推理技能以兩個測試題衡量。其中一個的真實法則「任意數」落在原有知識領域中，但範圍極大，需要用到證偽的假設檢定方式才能發現真實的法則，另一個問題的真實法則「含零」則與數學的領域知識無關，發現此法則不只需要用到證偽的假設檢定方式，且需要跨越學習階段的真實法則所界定的領域知識之外才能發現真實的法則。

### 三、結果與討論

不同回饋處理的三組在學習階段與測試階段發現正確法則的數量皆十分低（表 1），學習階段 6 題的答對比率在 14% 至 35% 之間，測試階段的兩題答對比率在 10.5% 至 29% 之間，其中，測試題「含零」那題因超越數的概念之外，59 位學生中只有整批回饋組一位學生可發現正確法則，另一位逐題回饋組的學生則雖掌握了正確法則，但受限於數的概念而不能描述法則 2 (階段) X 3(回饋)重複量數變異數分析結果，回饋的主效果顯著， $F(2, 56) = 6.68$ ， $MSE = 1.03$ ， $p < .003$ 。階段的主效果顯著， $F(1, 56) = 40.14$ ， $MSE = 25.49$ ， $p < .001$ ；階段與回饋的交互作用也顯著， $F(2, 56) = 4.50$ ， $MSE = 25.49$ ， $p < .02$ 。交互作用的分析顯示，在學習

階段，逐題回饋組的表現顯著高於整批的回饋與控制組兩組 ( $p's < .003$ ) 整批的回饋與控制組間則無差異。在測試階段，若僅以「任意數」那題來比較，逐題回饋組的表現與控制組有極接近顯著程度的差 ( $p < .058$ )，其他組間的差異則接不顯著。若以測試題兩題的和來比較，結果亦如此，只是逐題回饋組的表現與控制組的差異顯著程度縮小 ( $p < .095$ ) 綜合此結果可知，在複雜的科學法則發現過程中，僅有立即的、明確指向某一測試結果的回饋才有助於法則發現，此回饋可以協助當事人形成證偽的思考策略，因此在需要證偽才能發現的「任意數」測試題中即使沒有立即的回饋也可有接近 58% 的受試者可以發現正確的法則，比學習階段的 35.17% 還高 ( $d = 22.7\%$ )，但立即且明確的回饋也可能縮小當事人思考的範疇，而在需要跨越領域的「含零」測試題中則無人可以發現正確法則。此外，資料也顯示，整批的回饋雖然協助受試者瞭解問題領域中的屬性，但卻並不足以讓他們掌握證偽思考的策略，因此在「任意數」測試題中發現法則的人僅 33.3%，比學習階段平均的 14.33% 略高 ( $d = 19\%$ )，但相差不遠。無回饋的控制組平均發現正確法則的人在學習與測試「任意題」中分別為 21.1% 與 10.5% ( $d = 10.6\%$ )。

練習效果。分析三組大學生在 6 題法則發現作業中隨練習與回饋而進步的情形（圖 1），結果第一題至第六題與「任意數」測試題法則發現的平均次數，控制組為 0.11, 0.05, 0.16, 0.21, 0.32, 0.16, 0.21；整批回饋組為 0.10, 0.14, 0.10, 0.14, 0.14, 0.29, 0.33；

逐題回饋組為  $0.26, 0.26, 0.37, 0.32, 0.37, 0.53, 0.58$ 。三組都呈現法則發現的次數隨練習而上升的情形，無回饋在學習階段的兩組受試者合併後的學習效果為： $0.105, 0.095, 0.13$ ，

$0.175, 0.23, 0.225$ ，隨練習進步了  $12\%$ ；相對的逐題回饋組的學習則達  $32\%$ ，顯示出即時的回饋對科學推理的重要性。

表 1：各實驗情境中發現正確法則之平均數(標準差)

		回饋			總分
		無回饋	整批回饋	逐題回饋	
學習階段					
題序	1	0.11 ( 0.32 )	0.10 ( 0.30 )	0.26 ( 0.45 )	0.15 ( 0.36 )
	2	0.05 ( 0.23 )	0.14 ( 0.36 )	0.26 ( 0.45 )	0.15 ( 0.36 )
	3	0.16 ( 0.37 )	0.10 ( 0.30 )	0.37 ( 0.50 )	0.20 ( 0.41 )
	4	0.21 ( 0.42 )	0.14 ( 0.36 )	0.32 ( 0.48 )	0.22 ( 0.42 )
	5	0.32 ( 0.48 )	0.14 ( 0.36 )	0.37 ( 0.50 )	0.27 ( 0.45 )
	6	0.16 ( 0.37 )	0.29 ( 0.46 )	0.53 ( 0.51 )	0.32 ( 0.47 )
學習總分		1.00 ( 0.82 )	0.86 ( 0.96 )	2.11 ( 1.63 )	1.32 ( 1.29 )
測試階段					
任意數		0.21 ( 0.42 )	0.33 ( 0.48 )	0.58 ( 0.51 )	0.37 ( 0.49 )
含零		0	0	0	0
測試總分		0.21 ( 0.42 )	0.38 ( 0.59 )	0.58 ( 0.51 )	0.39 ( 0.53 )

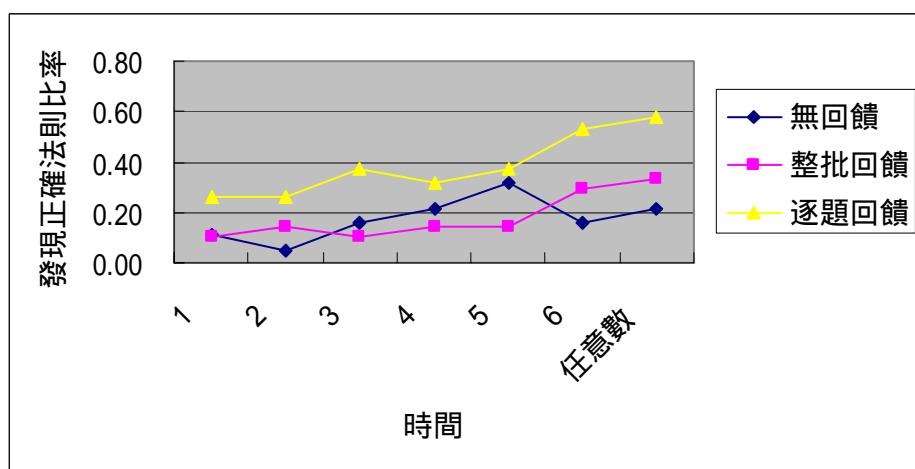


圖 1 法則發現隨練習而變化的情形

#### 四、結論與自評

本研究的發現與預期相近，顯示出科學推理的技能有賴由實際親身的測試活動以產生可以支持或推翻自己假設的案例，同時，來自同儕的專家回饋所提供的法則層次的回饋一方面可以加速領域內法則發現的機會，一方面也可有效培養證偽的推理策略。然而專家的法則回饋也可能限制了思考搜尋的知識範疇而限制了領域外知識的法則發現。就科學教育而言，此研究結果指出，科學家實際蒐集實證資料以驗證自己的想法不只是法則發現的重要條件，也是維繫自己的科學思考技能的重要途徑。此外，同行專家間的相互切磋固然有助於領域中法則的發現，但也會造成盲點，無法正確的發現新知；因此，跨領域的合作對科學發現而言也是不可或缺的要素。本研究所蒐集到的語文資料目前尚未完全分析完，有待繼續。更詳細的分析將可對回饋在科學法則發現中的作用提出補充性的證據。

#### 五、參考資料

吳庭瑜、吳明樺、洪瑞雲（1998）。合作學習、解釋及發問架構提示對歸納推理表現的影響。中華心理學刊，40，117-136。

洪瑞雲、吳廷瑜(2002). 法則發現的背後：合作與解釋對科學推理技能獲得的影響。應用心理研究，15，129-161。

洪瑞雲 (2003). 合作與解釋影響科學推理技能獲得的機制：語文資料分析，國科會研究計畫成果報告，未發表。

Alterman, R., Zito-Wolf, R., & Carpenter, T. (1998). Pragmatic action. *Cognitive Science*, 22, 53-105.

Carnap, R. (1966). *Philosophical foundations of physics*. Basic Book.

Dewey, J. (1933/1991). *How we think*. Amherst: Prometheus.

Evans, J. St. B. T. (1989). *Biases in human reasoning: Causes and consequences*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.

Evans, J. St. B. T. (2002). Logic and human reasoning: An assessment of deductive paradigm. *Psychological Bulletin*, 128, 978-996.

Giere, R. N. (1997). *Understanding scientific reasoning* (4<sup>th</sup> ed.). Fort Worth, TX: Harcourt Brace College Publishers.

Gorman, M. E. & Gorman, M. E. (1984). A comparison of disconfirmatory, confirmatory and control strategies on Wason's 2-4-6 task. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 36, 629-648.

Gorman, M. E., Gorman, M. E., Latta, R. M., & Cunningham, G. (1984). How disconfirmatory, confirmatory and combined strategies affect group problem solving. *British Journal of Psychology*, 75, 65-97.

Goldstone, R. L., & Sakamoto, Y. (2003). The transfer of abstract principles governing complex adaptive system. *Cognitive Psychology*, 46, 414-466.

Horng, R.-Y., & Huang, L.-F. (1996). The representational change as

a function of practice and feedback during problem solving. *Proceedings of the XXVI International Congress of Psychology*, Montreal, Canada.

Horng, R.-Y., Huang, Y.-C., & Huang, W. (2003). Transfer effect of collaborative learning and explanation on inductive reasoning. Paper presented at the 8<sup>th</sup> European Congress of Psychology, Vienna, Austria, July.

Klahr, D., & Simon, H. A. (1999). Studies of scientific discovery: Complementary approaches and convergent findings. *Psychological Bulletin*, 125, 524-543.

Laughlin, P. R., & Hollingshead, A. B. (1995). A theory of induction. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 51, 447-470.

Maddox, W. T., Ashby, F. G., & Bohil, C. J. (2003). Delayed feedback effects on rule-based and information-integration category learning. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 29, 650-662.

Oaksford, M., & Chater, N. (1994). A rational analysis of the selection task as optimal data selection. *Psychological Review*, 101, 608-631.

Popper, K. R. (1959). *The logic of scientific discovery*. London: Hutchinson.

Stanovich, K. E., & West, R. F. (1999). Discrepancies between normative and descriptive models of decision making and the understanding/acceptance principle. *Cognitive Psychology*, 38, 349-385.

Wason, P. C. (1960). On the failure to eliminate hypotheses in a conceptual task. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 12, 129-140.

Wason, P. C. (1968). Reasoning about a rule. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 20, 273-281.

Wason, P. C., & Johnson-Laird, P. N. (1972). *Psychology of reasoning: Structure and content*. London: Batsford.