

國中生具體操作期推理能力測驗成績 與認知學習的層次關係之分析及其應用

江 新 合

國立高雄師範學院物理系

國中生具體操作期推理能力測驗，為本系全體同仁、前省立教育學院科教系物理組王建造、孫家麟、郭重吉、鍾秀景等教授、及客座教授羅傑士(Dr. D. L. Rogers)，於民國67年依據Robert B. Sund所著“Piaget for Educators”一書⁽²⁾中之具體操作期推理能力測驗筆試試題編著而成，並於同年做為對全國國中生具體操作期推理能力發展的研究工具。

研究結果(由劉謹輔教授做分析與撰稿)顯示，該成績並不能反應出與學生的認知學習層次具有任何定量之相關，亦即該成績不能顯示出得分在幾分範圍內的學生，能做什麼程度的理解性(comprehension)，應用性(application)，分析性(analysis)，綜合性(synthesis)，或評量性(evaluation)的認知學習。

研究目的

分析國中生具體操作期推理能力測驗成績與認知學習的層次關係及其應用

研究工具

1. 國中生具體操作期推理能力測驗

本測驗試題組共含30種(滿分得30分)，分為十大類，每類含3個子題，每題含4個選答。茲將十大類的名稱詳列於下：

重量守恒、體積守恒、轉換概念、幾何空間概念、類內蘊概念、長度守恒、面積守恒、空間關係概念、一對一對應概念、速度概念。

2. 國中生物理科成就測驗

由洪木利教授指導65級高雄師院物理系教學實習學生就高市六個接受實習國中第二學期第一段考之物理科試題(含第二冊第六、七兩章)及成績，從事難易度及信度分析。再依試題的認知層次，選出20題。由這20題組成的物理科成就測驗試題之信度為0.75，其餘資料如下：

(* 對認知學習的鑑別效度分析於表 3 & 1)

試題層次	題號	難易度 / 區別度	試題層次	題號	難易度 / 區別度
記憶性	#2	0.67 / 0.62	理解性	#1	0.50 / 0.60
	#7	0.62 / 0.64		#8	0.60 / 0.64
	#13	0.62 / 0.72		#10	0.50 / 0.64
	#14	0.73 / 0.54		#11	0.68 / 0.68
	#16	0.78 / 0.40		#15	0.52 / 0.48
	#18	0.54 / 0.60			
	#19	0.63 / 0.58			
應用性	#3	0.51 / 0.66	分析性	#4	0.56 / 0.44
	#12	0.53 / 0.78		#5	0.51 / 0.58
	#17	0.52 / 0.68		#6	0.55 / 0.77
	#20	0.62 / 0.52		#9	0.54 / 0.88

取樣與測試

高雄師院附中國中二年級八班A組為數理英三科成績較佳者，B組為三科成績較差者，但其中孝、和兩班A組成績最佳，禮、智兩班B組的成績最差，其他則無甚差異，經考慮統計的均質性 (homogeneity) 後，隨機指定 (assign sampling) 選取最好班的A組，最壞班的B組，中等程度的A、B組，共計男95人，女70人。於70年3～4月間實施測試 (參閱表2 兩次樣本的重複樣本)。

理論基礎與研究方法

認知學習隸屬於認知發展，並非認知發展隸屬於認知學習。故從推理能力發展的程度，可推測從事認知學習的能力及層次性。

學習可分為技能學習 (如實驗操作等) 和認知學習 (如學習物理概念或解題)。在傳統心理學上，一般均採用刺激反應公式 (Stimulus-response schema) 做為解釋學習行為的基礎，皮亞傑並不否定這種 S - R 學習公式，但他認為 S - R 學習公式不足以解釋認知學習。從人類之資訊一處置系統模式，認知資料從輸入腦部到輸出的過程中，須經過腦部的控制系統和記憶系統的交互作用 (interaction) 後才能完成。皮氏對認知學習也持相似的看法。他認為一個刺激之所以有意義 (meaningful)，是因為接受刺激的個體具有可以同化 (assimilation) 的認知結構，經過個體對它進行同化、或做必要的調節 (accommodation) 與平衡 (equilibrium or self-regulation) 後，才能生出有意義的反應。同時皮氏強調，一個經過同化，或經過調節與平衡後的知識才是真知，才具有持久性、可逆的運作性 (operational reversivity)、和類化性 (generalization)。

譬如學習牛頓運動概念，假定所學的概念和學生內在的認知結構一致或相匹配 (match) 時，則概念能為學生所同化，並且能將所學的知識歸化入認知機體內 (schemata)，使成為一個完整的機體。若所學的概念和學生的認知結構不一致時，則學生就無法同化它、瞭解它。此時學生的認知結構便失去其平衡狀態，於是學生必須重新調節或創造其認知結構，以調節牛頓運動概念，才能恢復平衡，才能同化與瞭解牛頓運動概念，使其歸入認知的機體內。

因此，皮氏認為認知學習是隸屬於認知發展，而不是認知發展隸屬於認知學習 (Learning is subordinated to development and not vice versa)，基於此，從學生推理能力發展，應可評估其學習能力之層次。

認知發展資料的收集與分析，一般可分為二類：

第一類：係利用多項面測評量工具具有能測出各認知階段發展的特性，將多項推理能力面測成績的總分加以區分，定出達到前具體操作期 (early concrete-operational stage)，完全具體操作期 (fully concrete-operational stage)，過渡期 (transitional stage)，及形式操作期 (formal-operational stage) 等各階段的得分範圍。這類分析能充分掌握學生運思的過程，故能評估學生進行理解性、應用性、分析性、及綜合性等各認知學習層次之能力。惟面測費時，導致取樣人次受到相當的限制，且面測主持人的測試技巧對正確資料之取得，影響極大，故須經過相當的訓練後才能勝任。若由多位面測主持人共同進行面測，雖可解決取樣人次受限的困難，但面測主持人間的面測技巧之協調，將受到嚴格的考驗，否則易失去統一性。

第二類：為最近多數教育及科學教育家嘗試建立者。係以筆測方式來評判學生的認知發展。分析各年級學生有多少百分率具有重量守恒、體積守恒、……等類之推理能力。但這種以筆測方式所獲得的單獨資料，並不能提供有關學生解題時的詳細運思過程。實不足以做為推測或評估筆測成績與理解性、應用性、分析性、或綜合性等認知學習的關係。但如配合適當的學習成就測驗成績為單因子自變數，以具體操作期推理能力測驗的成績為依變數，以試誤法 (try & error) 做多次不同水準的 F 考驗，或許可以找到具體操作期推理能力測驗成績與理解性、應用性…等認知學習之相關關係。

資料統計與分析

物理科成就測驗試題組中，含記憶性 7 題，理解性 5 題，應用性 4 題，分析性 4 題。依認知學習隸屬於認知發展的理論知，在該評量試題組中能對理解性、應用性、或分析性題目作答正確者 (應扣除猜中得分)，則可視該生具有能力進行某種認知層次的學習，亦應視該生具有某種程度的具體操作期推理能力。依此理論，可利用物理科成就測驗中之理解性、應用性、分析性等成績做多種不同組合後，做為 F 考驗的自變數水準，以對應的具體操作期推理能力測驗成績為依變數，以試誤法，找出在 α 水準下具有顯著性差異的自變數水準。則這些水準代表能區別出學生推理能力的水準，若找不到這些水準，則代表物理科成就測驗未具推理能力的鑑別效度。

經過多種水準組合的 F 考驗後，只發現：可以「應用性+分析性」的成績為自變數，將成績區分為 (3 & 4) 分，(5 & 6) 分，(7 & 8) 分等三個具有推理能力鑑別效度之水準。繼之，利用統計公式：

$$\bar{X} - t_{\frac{\alpha}{2}(N-1)} \frac{S}{\sqrt{N}} < \mu < \bar{X} + t_{(1-\frac{\alpha}{2})(N-1)} \frac{S}{\sqrt{N}}, \alpha = 0.05$$

$$S_{\bar{x}} = \frac{S}{\sqrt{N}}, \quad S = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{N-1}}$$

可求得能代表具體操作期推理能力中三個不同層次發展之成績之母群平均值 μ 的信賴區，如表 1。

表 1：樣本之具體操作期推理能力測驗成績對自變數物理科成就測驗中（應用性+分析性）成績之 F 考驗

變 因	水準及代號 (變異來源)	對應之具體操作期推理能力 測驗成績				母群平均值 μ 的信賴區， $\alpha=0.05$	F 考驗 * $P < 0.05$
		人次(n)	$\sum x$	$\sum x^2$	$\bar{x}$		
成就測驗中	A=(3&4)分	47	868	17094	18.47	$17.06 < \mu < 19.88$	10.27*
(應用性+分析性)	B=(5&6)分	40	867	19567	21.68	$20.24 < \mu < 23.12$	7.98*
成績	C=(7&8)分	26	636	15750	24.46	$23.34 < \mu < 25.58$	

F 考驗資料：($_{AB}F$ 代表 A B 兩水準間的 F 考驗)

$$_{AB}F = 10.27^* \quad _{BC}F = 7.98^* \quad _{AC}F = 33.99^*$$

結 論

(1) 將物理科成就測驗(可代表物理教材)中的(應用性+分析性)教材，依表 1 的水準 A、B、C，依序命名為“易”、“中”、“難”三級，則根據標準化後(參閱表 1)之國中生具體操作期推理能力測驗成績可研判，得 17—20 分者，代表有能力對“易”級程度之(應用性+分析性)教材做學習。得 21—23 分者，代表有能力對“中”級程度之(應用性+分析性)教材做學習。得 24 分以上者，代表有能力對“難”級程度之(應用性+分析性)教材做學習。

(2) 標準化後之國中生具體操作期推理能力測驗，可做為評量學生學習能力之準星參照標準。若與標準化後的成就測驗評量工具配合使用時，則可評估該科學習情況之優劣。亦可提供誰具有能力進行某種層次的(應用性+分析性)學習而未做有效學習的學生資料，藉以做為個別診治教學之依據。同時也可以提供只能進行低層次具體操作期學習的學生資料。

譬如筆者曾對師院附中國二做以下的取樣與測試(兩項測試之重複樣本，即為本文前述之樣本)，如表 2。

分析時，首先認定在具體操作期推理能力測驗中得 17 分以上者，應有能力進行記憶性及理解性的學習。是故，若學生的學習方法、態度……均正常且努力用功，則對本次物理科成就測驗中記憶性題組之 7 題 7 分中，至少可得 5 分(參考題組之難易度研判)；對理解性題組之 5 題中，至少可得 4 分。再加上(應用性+分析性)之得分，則可建立以下得分之準星參照標準(criterion referenced)如表 3。

根據表 3 之準星參照標準，可評估師院附中國二(表 2)應有多少%的學生能從事(應用性+分析性)的認知學習。將此%和參加物理科成就測驗實際得 12 分以上者的%相比較，則可據以初步評估樣本之學習情況，如表 4。

表2：樣本來源

參加具體操作期推理能力測驗之取樣	參加物理科成就測驗之取樣
仁忠信義四班之B組 男53人女44人	仁信兩班之B組 男22人女18人
禮智二班之B組 男28人女20人	禮智兩班之B組 男28人女20人
禮智二班之A組 男20人女32人	禮智兩班之A組 男18人女29人
孝和二班之A組 男27人女3人	孝和兩班之A組 男27人女3人
總計 男128人女99人	孝和兩班之B組 男23人女21人
	仁義兩班之A組 男9人女17人
	信班之A組 男8人女17人
	總計 男125人女125人

表3：得分之準星參照標準

當獲得具體操作期推理能力測驗成績範圍	應有能力取得物理科成就測驗之成績
17-20分	12分以上
21-23分	14分以上
24分以上	16分以上

(*)詳細分析於“適應國中生推理能力發展與學習環境差異的(物理)教與學評量模式”。

表4：依據具體操作期推理能力測驗之準星參照標準，評估樣本之學習情況

依準星參照標準推理能力17分以上應有能力 在物理科成就測驗中得12分以上(含)之%	實際在物理科成就測驗中 得12分(含)以上之%	差
全體樣本* $63.4\%(\frac{144}{227})^{**}$	$58.0\%(\frac{145}{250})$	5%
國二孝和A組 $100\%(\frac{30}{30})$	$96.7\%(\frac{29}{30})$	3%
國二仁義B組 $51.6\%(\frac{24}{47})$	$45\%(\frac{18}{40})$	6%
國二禮智A組 $88.5\%(\frac{46}{52})$	$61.7\%(\frac{29}{47})$	27%
國二禮智B組 $51.6\%(\frac{24}{47})$	$12.8\%(\frac{5}{39})$	37%

** 更詳細的分析，將載於“適應國中生推理能力發展和學習環境差異的(物理)教與學評量模式”。

* 全體樣本係指表2之樣本，兩項測驗之樣本不盡重複。

** 括弧中之數目，如 $(\frac{144}{227})$ ，係表全體樣本227人中，有144人次達到所設定之準星參照標準、餘類推。

(3) 國中生具體操作期推理能力測驗的準星參照標準，可做為分析試題對推理能力之鑑別效度。

本文所用物理科成就測驗評量工具，只有(應用性+分析性)試題對推理能力具“易”“中”“難”三級程度的鑑別度(參閱結論1)。

