

皮亞傑的認知發展研究 及其在科學教育上的意義

——卓播禮博士在師大科教中心講題之二——

林清山譯 國立臺灣師範大學

由於瑞士日內瓦皮亞傑（J. Piaget）的研究的影響，過去十五年來，在教育上已引起了現代化的改革。雖然皮亞傑是心理學家，他五十年來的研究却開始影響到各級學校的教育。

皮亞傑被認為是我們這個時代裏，對知識的探討有重大貢獻的人物之一。他所提出的認知發展理論，正在影響著學校課程、教材、臨床心理學、精神醫學、學習理論、和教學方法。即使如此，仍然有許多教育學者未能注意到他的研究工作。這一方面是由於不容易得到介紹皮亞傑理論的入門性資料，另一方面是因為他的出版物都是用法文寫成，所以必須用英語或世界各國學校所用的語言來翻譯才可。

在還沒談到皮亞傑的認知發展理論及其在教育上的含義之前，讓我來說一些有關皮亞傑生平的歷史。

公元一八九六年，皮亞傑誕生在瑞士諾夏多爾（Neuchâtel）。他的父親是一位研究中古史的學者。皮亞傑早年就對自然感到興趣，曾在諾夏多爾博物館研究四年的軟體動物學。皮亞傑時常和他的教父，瑞士的學者柯納（S. Cornut）有所接觸；從他那兒學到哲學、認識論，和研究人的知識是怎樣來的？知識是什麼？怎樣得到它？隨著人的發展，人的知識如何改變？心靈如何發生作用？

二十二歲時，皮亞傑就得到博士學位。然後他到蘇黎士大學（University of Zurich）去研究心理學。在那裏，他發展出一種臨床方法，

來決定兒童心理成熟和發展的順序。由於這些初步的經驗，和此後五十多年漫長的研究，使皮亞傑得到啓示，產生今天我們要討論的這些理論。

雖然皮亞傑已是八十多歲的人了，他仍在研究人的知識是怎樣來的，仍在領導研究和從事寫作。他已經得到國際的賞識，而且將因為對心智發展之研究有卓著的貢獻，而在歷史上留下他的大名。

五十年來不斷的研究兒童的思考行為的結果，皮亞傑已經提出認知發展的理論了。認知作用係包括記憶、回憶、知覺、想像、和抽象化等的心智活動。

就如同弗洛伊德（S. Freud）指出兒童的人格發展經過幾個時期一樣，皮亞傑也發現兒童的認知發展也經過幾個愈來愈複雜的時期。在認知活動方面，兩歲兒童所能做的不同於四歲兒童；四歲兒童所能做的，也不同於七歲兒童。

皮亞傑將認知發展分為四個時期。有些時期還分為幾個階段。這些時期並不是靜止不動的。應該把兒童的心智發展視為連續進行的歷程。每一天，兒童在與環境交互作用時，其認知能力便不斷生長。充分的成熟和適當的經驗，使他的認知結構發展得更足以有效處理環境中的各種刺激。皮亞傑相信：隨著兒童的成熟，兒童的認知結構慢慢的發展出某種策略。就因為這種累進演化的認知結構上的差異，纔使四個發展時期的每一個時期各顯出其特色來。這些時期的次序如下所示：

感覺動作期：出生到兩歲。

前操作期：2至7歲。

具體操作期：7至11歲。

形式操作期：11至14歲（註1）。

這些年齡的分段和由一時期進入另一時期的時間，係根據研究法裔瑞士兒童而得到的。近年來已經有許多證據顯示：這些年齡的分段與其他文化環境中的兒童的分段並不完全一樣。然而，皮亞傑說過：那一時期接著是那一時期，其次序却是一定的，因為前一個時期是建造下一個時期所必須的。隨著社會環境的不同、國家的不同、甚至同一國家的地區之不同，兒童由一個時期進入另一個時期的平均年齡都有所差異。

對教育者、父母、和專家而言，這些時期的分段只是爲了看出兒童認知發展的階段特徵較爲方便而已。知道各階段的特徵，可以幫助我們預測兒童什麼時候可以做什麼認知活動。但是，指出這些階段和利用它們來預測，絕不可妨害我們對兒童認知發展的連續性之了解。兒童常常處於由一個時期進入另一時期的過渡時期。因此，兒童並不一定正好在兩歲時，由感覺動作期進入前操作期，雖然大部分兒童都可能屬於這個時期。

皮亞傑相信有一些因素可以影響認知發展。其中最重要的因素是成熟和經驗、社會經驗、和平衡化（註2）。成熟和經驗是指生理變化、身體變化、和心理變化。皮亞傑相信兒童的身體動作使他們在以後能夠發展出心理動作。換句話說，兒童纔能夠將身體動作轉換爲思考活動。因此，皮亞傑說「沒有經驗便沒有學習」，而身體動作便是經驗的基本成份。皮亞傑將經驗分爲兩部分——身體—物理經驗、和邏輯—數學經驗。當兒童以其身體對環境中的物體施以動作，便是身體—物理經驗。在做這些動作的過程中，兒童終於認識到除了身體活動外，還有更多事情包含在裏面。例如，兒童終於了解物體可以由短而長加以排列。換句話說，兒童終於由身體—物理經驗轉入邏輯—數學經驗。這些活動對形成將來需用的認知結構有所幫助。

社會經驗對智力發展有貢獻，這是因爲兒童在與別人交互作用的過程中，被迫去考慮別人對環境的看法，和發展出語言能力來。社會經驗也是兒童變得較不自我中心的基礎，也是發展出諸如謙遜、誠實、和其他道德觀念之類沒有物理特質的心理概念之基礎。

平衡化是指人類在身體裏把各種歷程組織爲統整的系統之過程。皮亞傑認爲心理方面也有相當於身體方面適應環境的平衡化歷程。他相信人類有一種趨於平衡狀態的天性。但是個體在與環境交互作用時，會產生不平衡。由不平衡恢復平衡，皮亞傑稱爲平衡化。經由這種內在的、自我調整的心理歷程，個體纔不斷的改變和不斷的發展。

皮亞傑將平衡化作用分爲兩種——吸收和調適。吸收是指將外界的訊息納入現有的認知結構之中。調適是指調整現有的認知結構以順應外界。人類在與環境交互作用時，也許要同時進行吸收和調適。平衡化歷程所產生的結果，亦即認知結構（基模），乃是留在心中的那些可以重複和概括化的心理動作。隨著兒童發展，這些基模被組織爲較高層次的心理結構，叫做「操作」（運思），例如加減、分類、和質量保留等。正如同身體結構在與環境交互作用時必須適應和改變一樣（例如，肌肉訓練一段時間後會變大），心理結構也須適應和改變。由於這種適應活動，個體表現出更理智的交互作用來。所以皮亞傑認爲隨著生命繼續下去，智力便隨之進化和發展下去。成熟、身體和社會經驗、和平衡化作用，在個體的認知發展過程中均各扮演重要角色。然而這些因素對每一個人影響的程度有很大不同，因之個人與個人之間便有很大差異存在。

發展的時期

其所以叫做「感覺動作期」是因為這時期裏的嬰兒主要的係透過感官和肌肉來和環境交互作用，和容易爲外來的刺激所引導之故。最初他的動作是沒有規律的。在這期間裏，他發展出知覺

、觸摸、和移動的能力。這時期的早期裏，嬰兒還沒有「物體恒在」的概念。那是說嬰兒並不知道物體即使看不見，仍然是存在的。不能直接看到的物體，便以為不存在了。

感覺動作期的兒童主要的是在組織和協調身體動作。皮亞傑相信：這些身體活動乃是此時期以後心理動作的發展的基礎。

前操作期大約在二至七歲之間，大部分幼稚園和小學一、二年級的兒童屬於這時期。雖然這時期的兒童能夠形成心理表徵和能用語言表達，却還沒有能力進行所謂「操作」（運思）的轉換歷程。操作（運思）係包括能夠同時考慮一個問題的各方面，能將一系列的事件加以排定次序，能夠了解即使物體的外表改變，其質量、重量、容量仍然保持不變等的各種能力。例如，前操作期的兒童會被下列保留實驗的工作所困惑：在他面前放兩個茶杯，其中之一是高窄的茶杯，裏面裝滿着色的水。另外一個是低寬的茶杯，裏面沒有水。先把高窄茶杯裏著色的水倒進低寬的茶杯。問兒童說：「這小茶杯的水和剛纔這大茶杯的水，是一樣多，或較多，或較少呢？」前操作期的兒童通常的回答是：高窄茶杯裏面的水較多。兒童的反應顯然不合邏輯，這是因為他不了解改變物體的外表並不影響物質的總量之故。

在這時期裏，兒童也顯示十分自我中心。他不容易了解自己以外別人的觀點。對他所看到的自然事件，常做神人同形論的（anthropomorphic）解釋。

在七至十一歲這段期間裏，兒童開始有進行心理操作的能力。他的心理歷程，能遵循一些邏輯原則，並納入彼此協調的系統裏。這些心理操作之所以叫做「具體操作」，是因為它們要透過具體的物體來進行思考之故。到了這時期的後期，兒童就能了解質量、重量和容量保留的概念，而且能夠滿意的說出其理由。

在十二至十五歲的形式操作期裏，兒童開始能夠像成人那樣進行心智活動，這時期開始，兒童能夠不必依賴當前物體的直接知覺。與具體操

作期的兒童不同的是：這時期的兒童能夠用符號代表思想，知道想像與真實不一樣，能根據假設形成推論（命題思考）、能夠形成複雜和抽象的理論，和能夠回頭思考其思考歷程（反省思考）。形式操作期的青少年，能夠在內心裏進行實驗，就好像實際去進行實驗那樣，所以已經能夠了解概率。簡單的說，他們能夠進行成人所進行的認知活動乃是普遍的現象，而不是罕有的現象了。

下面是皮亞傑認知發展時期的摘要：

(一)、出生到兩歲的感覺動作期有下列的特徵：

1. 反應由外界刺激所引導。
2. 除了說名字外，還不會說話。
3. 經由動作進行思考歷程。
4. 能知覺和辨認物體。
5. 這時期的後期，能分辨父母，能分辨不同的動物。

6. 後期，能初步知道方向和目的。
7. 時間知覺只限於現在。
8. 空間知覺只限於目前的空間部分。

(二)、二至七歲的前操作期的特徵為：

1. 會說話，但還不會進行內在的操作（運思）
2. 不能抽象思考。
3. 十分自我中心。
4. 不會可逆性思考。
5. 行動易受知覺的影響。
6. 只能靜態思考，尚不能做系列的操作。
7. 有短時距的現在、未來、和過去的時間觀念。
8. 有諸如房屋、庭院、鄰居等空間觀念。

(三)、七至十一歲的具體操作期的特徵：

能進行結合、分離、排次序、排系列、乘或重複、除、替代、可逆性思考、一對一相對應、分析、分類、和測量等的運思或操作。

(四)、形式操作期（12至14歲）的特徵包括：

1. 能進行假設—演繹思考。
2. 能進行命題思考。
3. 能進行反省思考。
4. 能綜合大量訊息，而加以創新。

5. 能想像（例如理想中的社會）。
6. 能進行抽象而非具體的概念思考。
7. 能了解概率。
8. 能對道德和價值提出疑問。
9. 能形成理論。
10. 時間概念更擴大，可包括無窮的時間。
11. 空間觀念可包括宇宙和分子空間。

上面我們所討論的青少年的年齡，包括國中的學生在內。因為這些青少年很可能在具體操作期，或在具體操作期與形式操作期之間。所以值得花一些時來詳細討論這兩個時期。

具體操作期的兒童傾向於操作當前的具體事物。這些具體操作的出發點是實在性的，而不是可能性的。為當前刺激所約束的具體操作期的兒童，在解決問題時，必須把物體的各種物理性質一一除去。他沒有足夠的心理結構可以讓他進行抽象思考。他的心理結構未能連結在一起，以形成統整的系統。所以兒童在解決問題時，不容易由一個次結構進入另一個次結構。

形式操作與具體操作不一樣。形式操作是由假設、演繹思考、組合邏輯和命題思考所組成的。這些形式操作所牽涉的真實的個體，只是可能性的一個次集合。青少年考慮問題時，開始能注意到所有可能的關係；這些可能的關係對現有數據而言，必須是真實的。他曾嘗試某些形式的思考，以發現這些可能的關係之中，那一個對現有數據而言是正確的。

蘇利文（E. V. Sullivan）認為形式思考乃是「兒童免除依賴直接的知覺和動作之完成。」（註3）

近年來，有大量的研究結果，使許多研究者得到有關學校兒童之心智生長和成熟之問題的暫時性結論。小學新科學課程 SCIS 的主持人卡普拉斯（R. Karplus）相信：大部分幼稚園以上學校的教學，都強調形式操作的行為。所以，許多學生根本就不了解教學內容，以致到了青少年時，對學校感到不滿意。卡普拉斯進一步認為有許多人一直到成人，在其所經歷的許多方面，根

本沒有獲得形式思考的能力。根據卡普拉斯的說法，皮亞傑發現不須特別的教導，在某些方面形式思考的能力也可以發展出來。這種自發性的認知發展似乎並不包括瞭解科學所需之思考在內。所以，如果教師不知道這一點，學生在科學方面的學業成功可能被破壞（註4）。

奧斯貝等人也表示同樣的觀點。他們相信：在青年早期所發生的認知功能的發展，最有意義的一點就是：在處理複雜的命題方面，認知功能由明顯的具體形態轉變而為明顯的抽象型態。他們說：發生在學科學的青少年的這種改變，對中學的課程之實際，具有重要的意義（註5）。

加州大學的卡爾遜（J. S. Carlson）也說過：如果皮亞傑和他的同事不錯的話，認知發展的各種時期，反映出深層的認知結構，教學對這些結構也許根本很少有影響。認知發展階段可以被視為界定兒童學習任何指定學業的可能性的界限。他相信教師必須就包含在學業的運思方式，來分析教材的內容。他進一步要求教師，必須決定某種年齡和認知發展階段的兒童，是否能夠用學業所要求的認知發展水準，去發揮他的功能。所以，包括在教師所要教的教材裏面的那些認知和邏輯操作，應該形成重組兒童認知結構的基礎（註6）。

斯坎普（Skemp）在研究兒童數學概念的成就中，明顯的指出：我們有需要去研究認知發展和學業成功的關係：如果兒童數學成績很差，可能是因為他還沒有形成所必須的概念和操作，或者因為他不會反省思考。那麼，如果反省思考的能力是學數學所必須的，則教數學的年齡應與反省思考能力發展的階段密切配合才可（註7）。

根據皮亞傑運思能力依賴認知發展階段之說法，操作思考分為兩個階段。殷赫德和皮亞傑（Inhelder & Piaget）指出大約在十一歲時，具體操作便不再適用於兒童所面臨的工作。這時候認知便失去平衡，而形式操作便開始發生作用。這種不平衡一直持續到十四到十六歲。當兒童獲得統整的操作系統或達到平衡化地步，形式操

作時期便完成。

形式操作的第一個特徵是由真實性轉換到可能性。具體操作期的兒童在面對多變因的情境時，只能用毫無系統的考驗這些變因的組合之方法來解決或對付這種情境。形式操作期的兒童則能夠使用組合的原理來分析，亦即能夠有系統的考慮到這些變因的所有可能的組合。

殷赫德和皮亞傑設計十五種實驗來考驗她們的認知發展理論。在這些實驗裏，兒童需要操弄測驗器材，以解決其中的每一樣工作。在兒童解決問題的過程中，要求每一個兒童說明解答的理由。根據分析兒童解答問題的過程，以及回答實驗者所提問題的答案內容，這些研究者便可以將兒童的思考歷程分為具體操作或形式操作（註8）。

在重複殷赫德和皮亞傑的研究的一個實驗裏，羅夫爾（Lovell）以200名英國學童為受試者。其結論也支持皮亞傑運思能力係依賴認知發展階段之說法（註9）。

在俄克拉荷馬市立大學進行的一項研究裏，麥金農（McKinnon）想要決定「探究」（inquiry）中心的大一科學課程對學生形式思考的影響。在對143名實驗組和控制組學生進行前測之後，他發現前測的結果有51%的學生停留在具體操作期。其他還有27%的這些學生係在由具體操作期至形式操作期二者之間。麥金農的研究顯示其結果與皮亞傑對具體操作和形式操作時期之年齡分段不甚符合（註10）。

雷納等人（Renner, Stafford & Ragan）也想決定俄克拉荷馬城中等學校學生的認知水準。測驗588名學生的結果，發現只有10%的學生充分達到形式操作期的水準。在12至18歲的年齡範圍內，形式操作期水準的學生之百分比這麼低，又顯然與皮亞傑的發現有所衝突。

最近，皮亞傑（1970）曾就實際年齡與認知發展階段之關係，做過下列說明：

如果階段連接的次序本身是恒定的——因為每一階段為建造下一階段所必需——則兒童通過

每一階段的年齡，隨著社會環境之不同，可能有很大的不同。在缺乏刺激和活動的情形下，不用說，四個階段中的前三個階段之發展將會緩慢下來。到了形式操作期時，要建造形式操作將十分緩慢。

皮亞傑又說：在刺激十分貧乏的環境的個體，也許永遠不能發展出形式思考的能力。但是如果認知發展有可能的話，在刺激貧乏環境下的個體也許可以改變他們的環境，因而可以達到形式操作的水準（註11）。

1972年，在我服務的北科羅拉多大學進行的一項研究裏，保爾和賽亞（Ball & Sayre）探討學生認知發展水準與科學成就之間的關係。參加本項研究的學生有419名。研究者利用PTI（Piagetian Task Instrument）來測量學生的形式思考能力。所謂「形式操作學生」的界說是：指做對測驗工具五項工作中之四項以上的學生。

結果發現：第八、九、十和十一年級學生的學業成就與他們在PTI上的成績之間，相關達到顯著水準。形式操作學生比非形式操作學生所得的科學成績為高。屬於身心歷程的皮亞傑式認知發展，顯然是決定學科學的學生的學業成績之主要因素。他們也發現智商與PTI的成績有顯著的相關存在。二者的相關，初中生為 $r = .28$ ；高中生為 $r = .51$ 。

這些研究結果顯示：公立學校的科學學生，在某些年級和學科方面，其形式操作的學生比非形式操作的學生，學業成績為高。或許在科學這門課裏，教學應該適應不同認知發展階段的學生。非形式操作學生之所以得到較低學業成績，一部分或許是因其無法控制的認知發展之故（註12）。

此一研究之重要意義也與師資訓練機構有關。準備要當初中或高中科學教師的人，應了解皮亞傑的理論，以幫助他們能夠為學科學的學生提供較好的教學。如果學生的認知發展階段可決定學生科學成績的高低，則科學教師應知道評估學

生認知發展的方法才可。具有適當評估學生認知發展水準之能力，乃是有效的安排科學教學順序所必需的條件。

1977 年春天，在北科羅拉多大學進行的第二個研究裏，有 560 名大一和大二學生接受邏輯推理測驗。這個邏輯推理測驗是數學系博士班學生柏奈 (G. Burney) 所編製的。測驗時間大約是 30 分鐘。參與測驗的學生必須做這個測驗的 21 個問題。有 45% 接受此項邏輯推理測驗的學生，不能以形式操作水準的思考方式正確作答。這些大學生之所以選讀科學課程是因為他們必須修習這些課程。大部分並不是主修科學。這些結果與俄克拉荷馬大學雷納和麥金農的發現大致相同。這樣說來，在大學裏正在修習科學課程的學生之中，有很高百分比的人並未充分準備好可以修習這些需要抽象推理和形式思考的課程。

本研究的一個重複實驗，這一個學期正由本人在台灣省立彰化教育學院中進行著。我結束在貴國訪問之前，希望能把利用貴國學生進行研究之結果報告出來。

在結束這次演講之前，我要建議中學老師一些活動，來使用從皮亞傑和其他研究所得的新資料。

1. 教學時，應考慮到皮亞傑認知的要點。
但是，請記住：學生的認知發展有相當大的個別差異存在。
2. 設計各種活動，使學生之間有彼此交互作用的機會。
3. 利用有關學生的認知水準的資料，幫助你決定學生某項工作的學習預備度。
4. 要避免產生既不能吸收又不能調適學習材料的假學習。沒有真正了解的機械記憶並無太大價值。
5. 有關發展形式操作思考能力的建議有下面幾點：

- (1) 提出問題讓學生形成假設，以培養假設—演繹思考之能力。
- (2) 提出包含幾個因素的問題（要解這一問題

需用到全部或部分因素，甚或不需用這些因素），以培養命題思考之能力。

- (3) 評量時，呈現一個問題並提供幾個可以進行解決的方式。問一些可以使學生使用價值系統來評鑑的問題。
- (4) 為了使學生自己想出問題，可選擇一個全班熟悉的題目，並問學生有關的問題。讓學生利用他們的經驗以形成問題。
- (5) 讓學生討論問題，使其有機會重新思考以前所作的結論，以培養學生的反省思考能力。

如能注意到上述之方式之活動和發問，將可提供學生發展形式操作之思考歷程的經驗。

最後，我要深深感謝我在北科羅拉多大學的同事桑德博士 (Dr. Robert Sund)。我的講稿大部分根據他有關皮亞傑的專著中的材料而來的。他在 1976 年由 Charles Merrill 公司出版的 "Piaget for Educators" 這本書，是有關皮亞傑之著作和理論的極具價值的來源。

我也要感謝保爾和賽亞二位博士，他們在北科羅拉多大學探討認知發展與科學學業成績之關係的博士論文，也為我這一次的演講提供有價值的材料。

附註

註 1：「操作」一詞或譯「運思」。

註 2：譯者按，皮亞傑在 Development and Learning 一文中，指出影響認知發展之因素有四。它們是成熟 (maturation)、經驗 (experience)、社會傳遞 (social transmission)、和平衡化 (equilibration)。請參看 The Journal of Research in Science Teaching, 1964, 2 (3), 176-186。

註 3：Edmund V. Sullivan (1967) Piaget and the School Curriculum - A Critical Appraisal Toronto: The Ontario Institute for Studies in

Education.

- 註4 : Robert Karplus, "The Science Curriculum Improvement Study—Report to the Piaget Conference." Journal of Research in Science Teaching, II, PP. 236-240.
- 註5 : David Ausubel and Pearl Ausubel. (1966). "Cognitive Development in Adolescence." Review of Educational Research XXXVI (October), PP. 403-413.
- 註6 : Jerry S. Carlson (1967). "Developmental Psychology and Its Implications for Science Education." Science Education LT (April), PP. 246-250.
- 註7 : Richard R. Skemp. (1961). "Reflective Intelligence and Mathematics." British Journal of Educational Psychology XXXI (February), PP. 45-55.
- 註8 : Barbel Inhelder and Jean Piaget. (1958). The Growth of Logical Thinking from Childhood to Adolescence, Basic Books, Im.
- 註9 : K Lovell. (1961). "Follow-up Study of Inhelder and Piagets' "The Growth of Logical Thinking" British Journal of Psychology LVII, PP. 143-153.
- 註10 : Joe W. McKinnon, (1970). "The Influence of a College Inquiry-Centered Course in Science on Student Entry into the Formal Operational Stage". Unpublished Rh D. dissertation, The University of Oklahoma.
- 註11 : Jean Piaget, (1970). "Intellectual Evolution from Adolescence to Adulthood". Third International Convention of the Institution for Studies and Research in Human Formation, Milan, Italy, PP. 157-164.
- 註12 : Danial W. Ball and Steve A. Sayre (1972). "Relationships Between Student Piagetian Cognitive Development and Achievement in Science." Unpublished Dissertation. The University of Northern Colorado.

参考文献

1. Almy, Millie, et. al., Young Children's Thinking: Studies of Some Aspects of Piaget's Theory, New York: Teacher's College Press, 1966.
2. Brearley, Molly Hitchfield, Elizabeth, A Guide to Reading Piaget, New York: Schocken Books, 1966.
3. Bruner, Jerome S., Process of Education, New York: Vintage Books, 1960.
4. Duckworth, Eleanor, "Piaget Rediscovered," Journal of Research in Science Teaching, 1964, Vol. 2, PP. 172-175.
5. Flavell, John H., The Developmental Psychology of Jean Piaget, Princeton: D. Van Nostrand Inc., 1963.
6. Langer, Jonas, "Implications of Piaget's Talks for Curriculum," Journal of Research in Science Teaching, 1964, Vol. 2, PP. 208-213.
7. Maier, Henry W., Three Theories of Child Development, New York: Harpor & Row, Publishers, 1965.
8. Phillips, J. L. Jr., The Origins of Intellect: Piaget's Theory, San Fran-

(下接 18 頁)