

我國學生水平面及空間概念 成長之研究

黃湘武 邱韻如

國立台灣師範大學 物理研究所

莊福泰

國立台灣師範大學 地科研究所

(投稿日期：84年3月21日，接受日期：84年4月11日)

摘要：本研究包括三個主要部份：一是探討紙筆式群測法和皮亞傑式個別面診法對學童水平面概念發展的診斷效果的差異性；二是利用紙筆式群測法對我國中小學校之學童進行縱向性的大樣本測試，以瞭解我國學童的水平面概念或空間概念的成長情形；三是探討我國學生水平面概念或空間概念發展的性別差異情形及其發生的起始年齡。

本研究証實採用水平面概念的紙筆式群測法雖然可以觀察到皮亞傑所宣稱的各種概念模式，但是紙筆式群測法對概念階層的鑑別能力則不如個別面診方法的好。在原來皮亞傑理論的七個發展階層中紙筆式群測法只能判別四個階層。困難的原因有二：一是因為群測法無法對個別的受測者在適當的時機提供觀察操作或對話的機會；二是對低層次孩童表現的困難，我們無法判別是因為技巧的問題或是概念的問題。紙筆式群測法所診斷出的高層次水平面正確概念階層的表現有非常高的穩定性，但低層次概念階層的穩定性表現則較差。

本研究針對六千餘位中小學生水平面概念的測試結果顯示，我國孩童的空間概念的成長可以概略的區分為四個階段：約六歲以前學前幼兒時期的拓模空間概念至幾何空間概念發展期；女生約六歲至十歲，男生約六歲至八歲的區域性幾何空間概念或區域性參考座標系概念的發展期；然後是女生約從十歲至十五歲，男生約從八歲至十五歲的整體性幾何空間概念或整體性參考座標概念的發展期；最後是約在十五至十六歲以後的成長停滯期。

我們發現男女性別差異在七至八歲時即已顯示在較低概念階層的發展上，而在九至十歲以後開始顯示在較高概念階層的發展上，然後隨年齡之增長而逐漸擴大。當女生在十四至十五歲時，她們的發展程度只相當於男生在十二至十三歲時的发展程度。

水平面概念的發展的最高階層只相當於認知成長的具體操作期，又水平面概念的發展程度代表空間概念的發展程度，因此本研究之結果對中小學教材教法的改革應具有重要之參考價值。

關鍵詞：水平面、空間、成長、概念、皮亞傑

壹、緒論

任何孩童都有機會觀察到如奶瓶中的奶水，玻璃杯中的白開水，洗澡盆中的洗澡水等的水面的水平現象。但是根據皮亞傑的研究發現，一個兒童並不是天生就能觀察到容器中水面的水平現象。一般的兒童會認為容器中水面的方向係與容器的方向有關，更小的孩童甚至不具備「水面」的概念。根據他的研究結果（Piaget & Inhelder, 1956），每一位兒童對於水平面現象的瞭解，係按照一定的順序發展而來的，這種順序可以區分為七個階層：

- 概念階層I(約四至五歲)

完全沒有水平面概念，甚至於沒有水面的概念。當要求以圖畫表示一透明容器或瓶子中水的形狀時，這些幼童通常係以無明顯界限的團狀圖形表示之。

- 概念階層IIA(約五至六歲)

當要求以圖畫表示一透明容器或瓶子中水的形狀時，開始表現明顯的水的存在界限。但是當瓶子改變方向時，這些孩童看不到水面與瓶壁的相對運動，而會以為瓶子中的水以直立時的形狀隨著瓶子一起轉動，有時候會認為當瓶子傾斜時是因為瓶中水面會向瓶口升高，而使水由瓶口流出。

- 概念階層IIA/IIB

在實際觀察時，知道並能說出當瓶子改變方向時瓶中的水會作某種流動，但在當要求以圖畫表示時，則仍然是表現如階段IIA的能力。

- 概念階層IIB(約六至七歲)

在作圖時會表現瓶子傾斜時水會向瓶口作某種流動的現象，且不再認為當瓶子傾斜時水量可以隨意增減及水面會永遠保持與瓶底平行。但是當瓶子不是正放時，這些孩童無法判斷或觀察到水面應有的方向或只是以為水面會因流動而呈彎曲的形狀。

- 概念階層IIB/IIIA

當柱形或長方形瓶子是橫放或倒放時，能觀察到水面應該是水平的現象，但是在一般的傾斜角度時，會以為水面是傾斜的，或是以為水面會因流動而呈彎曲的形狀。

- 概念階層IIIA(約七至八歲)

在各種放置方向的情形下，可以經由嘗試錯誤或實驗觀察認識到水面

是水平的現象。

- 概念階層IIIB(約八至十一歲)

不需要實際的觀察，或是僅需要少數的實驗觀察就能判定及推論在各種情況下水面都應該是水平的。

皮亞傑認為孩童對水平面現象的反應，是孩童空間概念發展或空間建構能力的一種表現。他認為孩童的起始空間概念是一種拓樸的空間概念(topological)，然後才是幾何的空間概念(euclidean)。概念階段I的孩童所表現的是拓樸空間概念的能力，他只能區分接近(proximity)、分隔(separation)、順序(order or succession)、包圍(enclosure)、連續(continuity)等空間特性，因此他無法在思想上建構直線、平面或各種幾何圖形等的幾何空間概念。而概念階層IIA則是代表最起始的幾何空間概念的能力，但是這些孩童的空間概念能力只局限於想像某一特定形狀或圖形，他們無法建構此特定形狀與其它外界物體的各種方向的關係，因此當瓶子改變方向時他們根本看不到或無法想像水面方向與桌面或是瓶壁間的變化情形。概念階層IIA/IIB至IIB的學童的表現，則是顯示這些孩童可以注意到水會朝向瓶口流動的物理現象，但是因為他們的空間建構能力或是參考座標系概念的能力仍然無法超越瓶子的範圍，所以也就仍然無法判定水面應有的方向。概念階層IIB/IIIA的表現則是證明這些孩童開始有能力去比較瓶中水面方向與外界物體的關係，但是只能在某些特殊情況時可以正確判定水面的方向。到達IIIA階層的學生表示已具備建構水面方向與外界物體關係的能力，因此當提供適當的實驗觀察機會時，他們可以觀察及學習到水面是水平的現象。又到達IIIB階段的學生，因為更進一步具備了具體操作期的推理能力，因此他們可以根據少數情況的觀察心得而推論至所有情況的成立。

皮亞傑的這些發現和理論，顯然對科學教育工作者有重要的啟示和意義。水平面現象的瞭解不只是一個單純的知識問題，而是牽涉到一個學生的基本能力或整體成長的問題。許多的相關研究報告也已出現在各種文獻中，其中有幾點特別引起我們的注意：(1) 學生對水平面問題有困難的情形具有相當的普遍性，甚至有部份的大學生也顯示同樣的困難(見Willemssen & Reynolds, 1973; Liben & Golbeck, 1984, 1986; Kalichman, 1987; Liben, 1991; Vasta, Lightfoot & Cox, 1993)；(2) 有明顯的男生優於女生的性別差異(Maxwell, Croake & Biddle, 1975; Signorella & Jamison, 1978; Thomas & Jamison, 1975; Li-

ben & Golbeck, 1980; Vasta, Lightfoot & Cox, 1993); (3) 這些研究者大多採用紙筆式的測試，但是對學童概念階層的判別標準卻沒有一致的標準，我們發現至少有兩種方式是相當有問題的。其一是具有相當多的研究者將瓶子不同放置方向的問題都視為相等層次的問題而以相等的分數作為評量的基準(如McGillicuddy, De Lisi & Youniss, 1978; Liben, 1978)，其二是以學生所畫水面方向的偏差角度的大小(與正確水面方向相比)來評量學生水平概念的偏差程度(見Thomas & Jamison, 1975; Abravanel & Gingold, 1977; Vasta, Lightfoot & Cox, 1993)。這兩種方式顯然都是與皮亞傑的階層理論相矛盾的；(4) 多數的這些研究通常只針對某一特別年齡階段學生的橫向測試，而不是縱向式的成長測試，因此缺乏對學童整體成長趨勢的瞭解；(5) 又多數的這些研究係採用群體的測試方法，但是群測法與皮亞傑的個別面診法的差異處並未見到有研究者作適當的探討。紙筆式群測法和皮亞傑的個別面診法到底是不一樣的診斷方法。個別面診時，受測者有自由操作觀察的機會，主試者有隨機對受測者提出問題的機會；但是群測時，受測者不但沒有這些機會，而且還需依循較一致的活動過程。因此我們可以說皮亞傑式的個別面診較傾向於對受測者能力的診斷，而紙筆式群測法則較接近於對受測者學習成就的測驗。水平面概念的紙筆式群測，似乎是在測試受測者在日常生活中所學習到的水平面概念的程度，這樣的測試是否仍會表現各種階層的特性顯然並不是顯而易見的。

本論文即係就以上各點提出我們的研究報告，主要包括四部份：一是紙筆式測驗對水平面概念發展階層判別的可行性；二是對水平面概念發展的群測法與皮亞傑個別面診法的差別程度；三是有關我國中小學生的水平面概念隨年齡的成長情形；四是有關我國中小學生水平面概念發展的性別差異情形及其起始的年齡。我們相信這些結果對於相關教材教法的改進或是更進一步的相關研究應該會有相當的參考價值。

貳、方法

測試樣本

測試對象共約六千餘人(見表一)，其中包括八所國小的學童4049人，八所國中的學生2931人。小學部份皆係以全校班級為單位抽樣，國中則是有些學校為

班級抽樣有些學校為全校各班座號抽樣，所有的班級抽樣學校皆經查証沒有能力分班的情形。由於實際行政配合的困難，測試學校的選擇並未能真正按照我們所希望的方式實施，但就測試學校分佈的廣度及學生數量來說，我們的測試結果仍應該是具有高度的代表性及參考意義的。

表一、測試學校及人數

學 校	全校人數	取 樣 人 數		
		女生	男生	總計
**台北縣景新國小(CSIN)	3,050	118	140	258
台南縣歸南國小(KNAN)	3,182	276	305	581
宜蘭縣公正國小(KONZ)	2,450	254	290	544
花蓮縣明禮國小(MLEE)	675	341	334	675
台北縣興化國小(SNHA)	656	211	247	458
台北市松山國小(SSUN)	1,404	227	241	468
南投縣草屯國小(TTONE)	1,034	261	272	533
南投縣雲林國小(ULIN)	1,600	261	271	532
台北縣海山國中(HSUN)	9,039	186	224	410
*台南縣歸仁國中(KZEN)	3,710	157	235	392
*台北縣三重國中(SANT)	4,168	178	162	340
宜蘭縣東光國中(TKWN)	2,179	184	200	384
*台中市崇倫國中(TLUN)	3,706	118	198	316
苗栗縣通霄國中(TSHA)	1,742	207	232	439
*南投縣草屯國中(TTON)	2,719	112	167	279
花蓮縣花崗國中(WKAN)	2,692	198	173	371
總 計 (人)	44,006	3,289	3,691	6,980

**只測試一年級六個班；*座號抽樣的學校

試題的設計

試卷的主要內容為八種不同放置方向的空瓶子（平底直邊）圖形，它們包括：正放，倒放，左橫放，右橫放，正左斜放，正右斜放，倒左斜放，及倒右斜放（見圖一至圖五）。我們預期它們代表四種不同層次的問題（正放、倒放、橫放、斜放）。為增加測試的效度，四種傾斜的角度有少許不同。每一個圖形的下方都畫有一水平粗黑線以代表水平的桌面，試卷上也留下一些空間給受測學生作

答或說明之用。

測試方法與過程

我們採用的是示範實驗式的群測法。示範實驗的目的在幫助受測學生對口頭或答卷上文字說明之瞭解。所有的測試皆係由本研究計劃主持人率同研究人員及若干研究生親自實施完成。這些主持測試人員皆對皮亞傑的理論有若干瞭解，對於皮亞傑式的面談及測試亦有若干經驗。每一班級或群組之測試皆係以兩位測試主持人為原則。

測試進行前提供每位學生試卷一份，透明塑膠小尺一支（必要時也提供學生原子筆），並在教室講桌上（桌面必須水平）展示一個與試卷上形狀相同之透明塑膠瓶子。瓶子盛水約三分之二滿，通常我們使水稍帶紅色以方便學生觀察。測試開始時依照以下步驟進行：

- (1) 主試者以講桌上盛水的瓶子在講桌上示範瓶子的各種可能的放置情形，並要求學生仔細注意瓶中水的變化情形。
- (2) 主試者解釋試卷上圖形的意思，並告訴學生他們的工作是在每種放置情形時把水應該有的樣子畫進空的瓶子中。
- (3) 主試者以伸長的兩臂及桌面說明水平的意思，同時提醒學生試卷上圖形下的黑線係代表水平的桌面。
- (4) 主試者把盛水的瓶子放回桌面上（正放），要求學生觀察實際的情形把水的樣子畫進試卷上的第一個圖中。
- (5) 主試者在正放的盛水瓶子上，以小尺作示範測量瓶子兩側水面到桌面的高度的方法，要求學生用同樣的方法在自己所作的圖上測量瓶子兩側水面到桌面的高度，要求學生在試卷上回答水面是不是和桌面一樣平平的（水平）並說明理由（對小學一、二、三年級學生不要求作文字說明）。
- (6) 在不提供觀察機會的情形下，要求學生以同樣方法完成其它的作圖與回答。

參、結果

學生答卷的概念分類

本文將僅就學生答卷的作圖部份之概念分析結果作報告，關於學生在水平高

度測量所表現的意義將另外專文報告。我們的分析過程分二部份，第一步是嘗試將學生答卷的每一題作圖依照如表二之方法先進行答題分類，第二步是再根據整份答卷的表現情形依表三的條件作概念階層的分類。

表二、學生答卷各題作圖分類方法

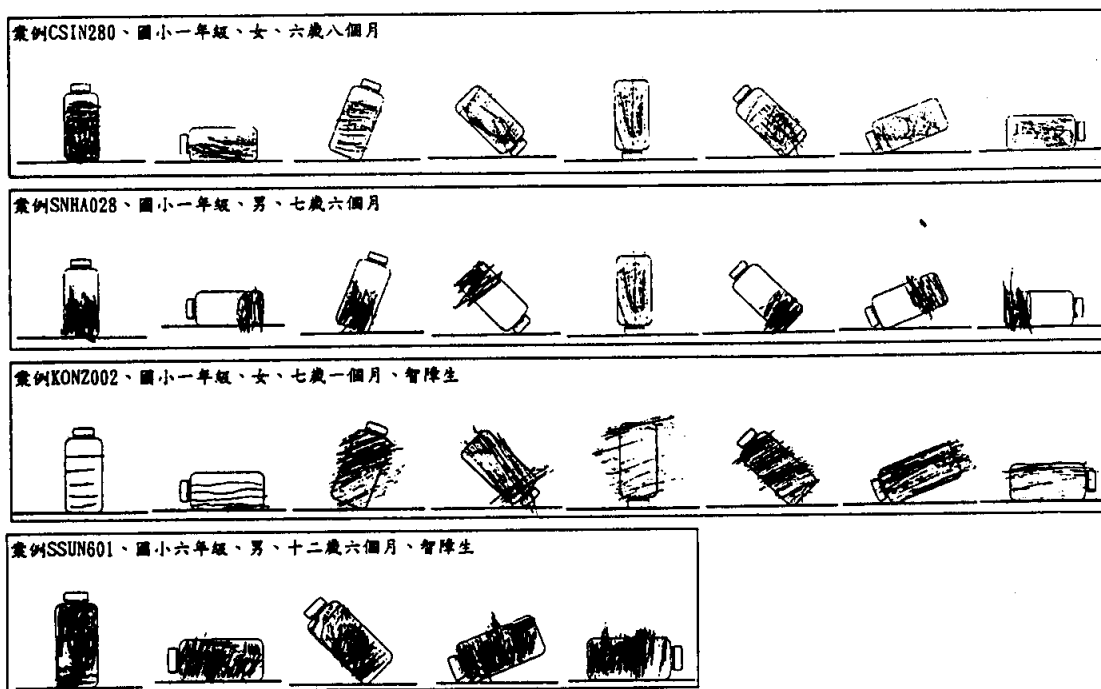
類 別	特 性
無明確水面類 (代號T)	以雲狀或霧狀表示水的樣子，沒有表示明確的水的界面，忽略容器的界限，常將水畫成超出容器的範圍。
固定形狀類 (代號B)	有明確的水的界面，但瓶中的水維持與瓶子直立時的樣子一起轉動。
滿水類 (代號F)	忽視實際上瓶中的水量，但非常注意容器的界限，以完全滿水的圖形表示瓶中水的樣子。
流動類 (代號N)	有明確的水的界面，當瓶子傾斜時水面不與桌面平行，或水面成某種形式的曲面，或將水畫成分開的兩部份。
正確水平面類 (代號Y)	表現與桌面平行的正確水平面。

表三、學生答卷的概念階層分類條件

概念階層A	以雲狀或霧狀表示水的樣子，沒有表示明確的水的界面，忽略容器的界限，常將水畫成超出容器的範圍。(參考圖一案例)
概念階層B	包括三種情形：a. 有明確的水的界面，當瓶子正立時表現正確的水面作圖，當瓶子轉動時瓶中的水維持直立時的樣子轉動；b. 忽視實際上瓶中的水量，但非常注意容器的界限，在所有的情況下皆以完全滿水的圖形表示瓶中水的樣子；c. 以上兩種情形的混合。(參考圖二案例)
概念階層C	有明確的水的界面，有表現水的流動或變動現象，當瓶子傾斜時水面不與桌面平行，或水面成某種形式的曲面，或將水畫成分開的兩部份。(參考圖三案例)
概念階層D	有明確的水的界面，開始尋找外界參考座標系，當瓶子倒放及橫放時可以正確判定水面的方向，但瓶子斜放時無法確定水面的方向。(參考圖四案例)
概念階層E	在所有情況下都以正確的水平水面表示瓶中水的樣子。(參考圖五案例)

以上的答題分類顯然並沒有考慮所有皮亞傑原始理論所提到的特性，例如在瓶子轉動時確實有相當多的學生會以為水量會減少或增多，或是當瓶子斜放時會以瓶角的連線方向作為水面傾斜的方向。但是這些概念的作圖表現常常不夠明確，因此並不適合作為系統分析的依據。

表三中的概念階層A的學生沒有表現「面」的幾何空間能力，因此應該是相當於皮亞傑理論的階層I的層次，他們只具備拓樸的空間概念層次。概念階層B的學生表現水「面」的幾何空間概念，但是只局限於想像某一特定的形狀或圖形，而無法在腦中建構水面方向與其它物體間的變化情形，因此應該是相當於皮亞傑理論的IIA或是介於IIA與IIB間的階層。概念階層C學生有表現想像水面與瓶壁間的某種相對運動的能力，所以應該是相當於皮亞傑理論的IIB階層。概念階層D的學生在特殊情況下可以判定水面的正確方向，因此有表現初期的外界參考座標系能力，因此應該是相當於皮亞傑理論的IIB/IIIA或IIIA的階層。概念階層E學生沒有經過嘗試錯誤或實驗觀察就認識到水面是水平的現象，因此相當於皮亞傑理論的階層IIIB的能力。在以上的階層分類中，我們無法個別的區分出相當於皮亞

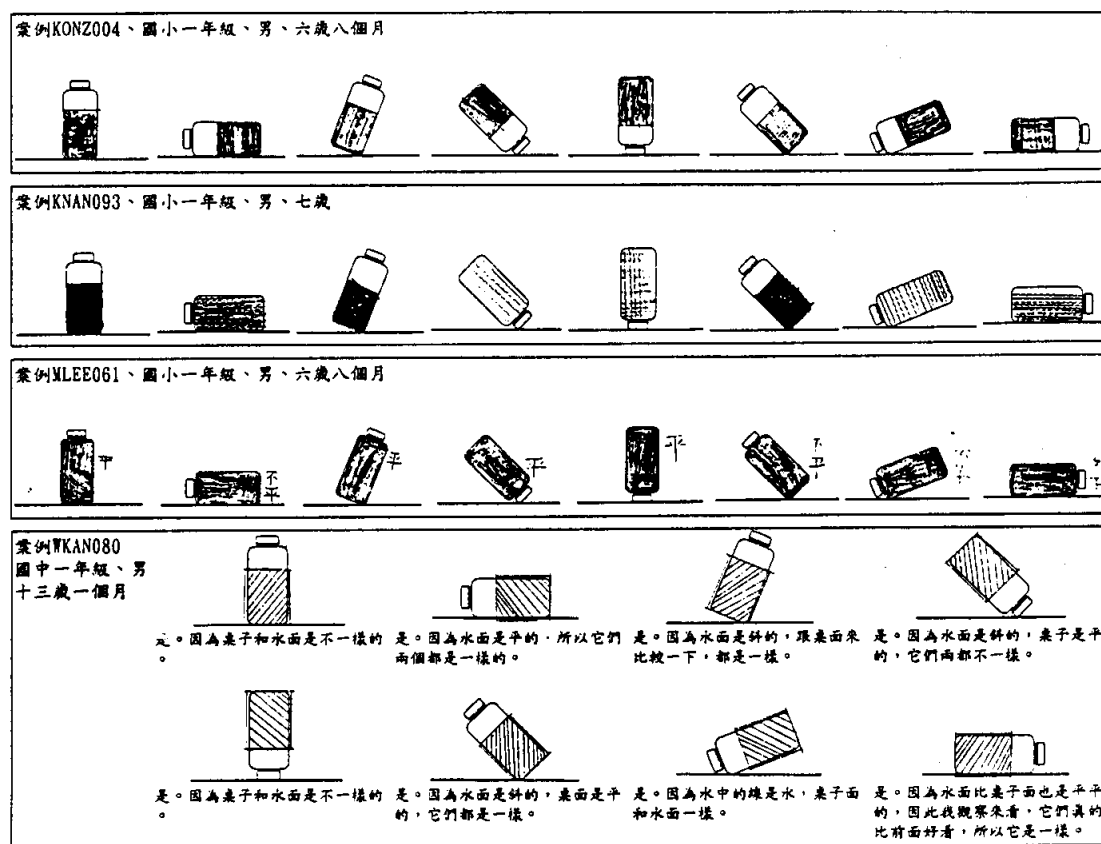


圖一、疑似概念階層A，或拓樸空間概念，無水「面」的幾何空間概念。

傑的IIA/IIB、IIIA階層的類別，原因似乎相當簡單，那就是這些階層的判定都是需要讓受測者有觀察及操作實物的機會，而在我們的群測法並沒有提供這種機會。

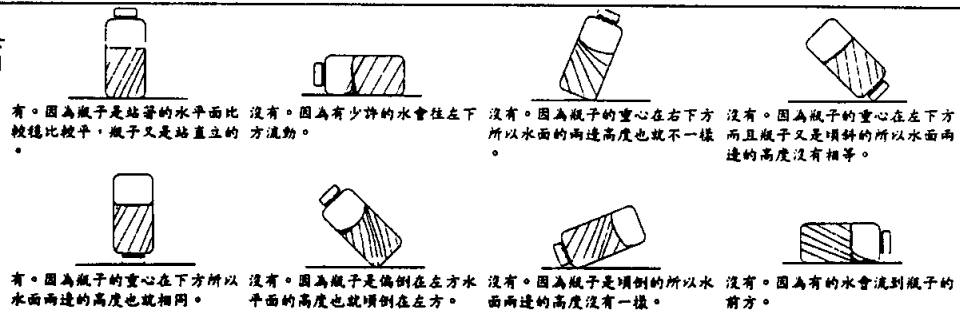
在全部的6980份答卷中，我們發現有35份是因為作答不完整而無法評閱，有24份答卷顯示有近似概念階層A的表現（見圖一範例），有四份則是無法依照表三的條件作概念階層的分類。其餘的6917份皆可依照概念階層B、C、D、E的條件作概念階層的分類。

在近似概念階層A的24份答卷中有四位是學校認定的智障生，其餘是國小一年級學生十八位，國小三年級學生兩位。這些學生很難肯定是否是真正的拓樸空間概念的學生，因為一方面是我們無法判定這些學生的表現是作圖技巧的問題還

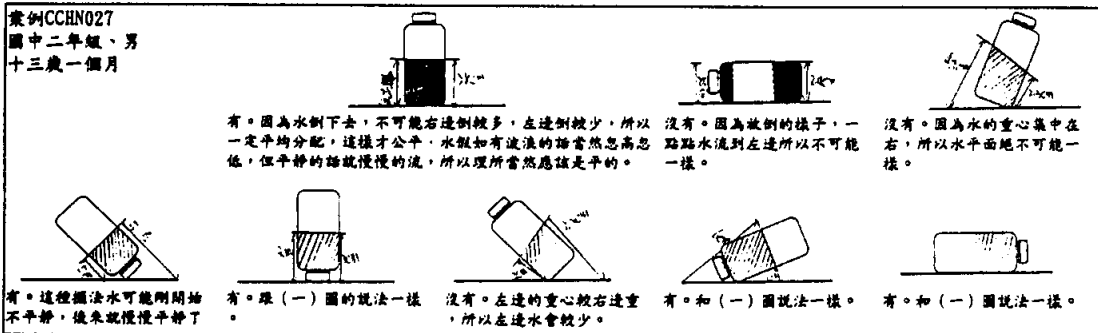


圖二、概念發展階層B，有表現水「面」的概念，但水呈固定的形狀隨瓶子轉動，相當於皮亞傑理論的階層IIA及IIA/IIB。

案例HSUN042
國中一年級、女
十二歲十一個月



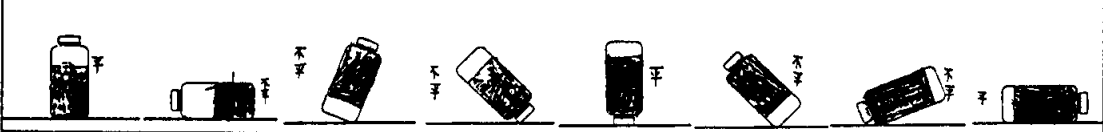
案例CCHN027
國中二年級、男
十三歲一個月



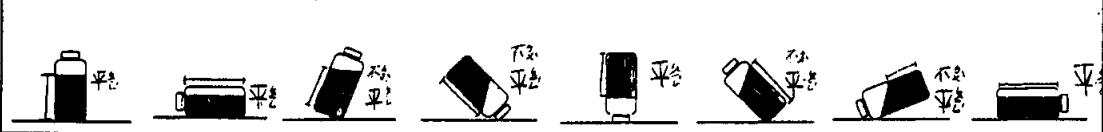
案例CSIN230、國小一年級、女、七歲



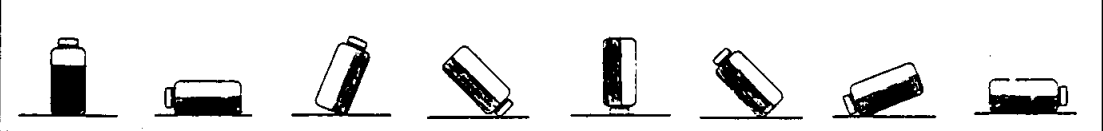
案例SNHA012、國小一年級、男、六歲十個月



案例KONZ135、國小二年級、女、七歲十一個月











案例SSUN130、國小一年級、女、七歲一個月



圖三、概念發展階段C，有表現水的流動或變動現象，但是沒有水面的水平概念，相當於皮亞傑理論的階層IIB。

是概念發展的問題。另一方面是這些學生並非是每一題都表現非幾何的作圖，或是在其非幾何的圖形中同時也約略的表現幾何空間概念的答題類別。但是無論如何，這些學生只佔低年級學生中的極小部份。


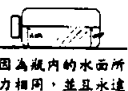



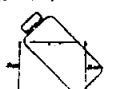

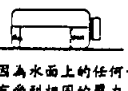

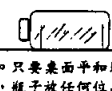





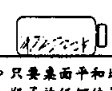

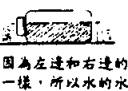
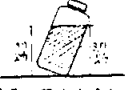

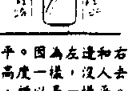

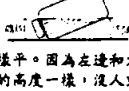
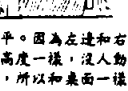







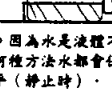
6917份有效答卷的答題表現相當明顯的階層性。由表四我們可以清楚看到題三、題六、題四、題七所組成的題組（瓶子斜放的情形）與題二、題五、題八所組成的題組（瓶子倒放及橫放的情形）表現明顯的難度差別，前一題組的通過率（正確水平面類）都在30%以內，而後一題組的通過率則高達90%以上。同時，

<p>案例SSUN405、國小四年級、女、十歲四個月</p>  <p>一樣。因為他的兩邊都平平的。 一樣。因為他的兩邊都有平平的。 不一樣。因為他一邊高一邊低。 不一樣。他一邊高一邊低。 一樣。它平平的。 不一樣。因為他一邊高一邊低。 一樣。</p>	
<p>案例KONZ001、國小一年級、男、七歲四個月</p> 	
<p>案例WKAN140 國中二年級、女 十三歲五個月</p>  <p>有。因為瓶子中左右邊的水一樣多，所以兩邊平衡。 有。因為桌子不動，而瓶子也不擺動，所以水是平平的。</p>  <p>沒有。因為瓶子是斜的，而且斜向右邊，所以右邊的水的高度比較高。 沒有。因為瓶子是斜的，瓶子裡的水也會斜。 有。因為瓶子是倒過的，並沒有偏向任何一邊。</p>  <p>沒有。因為瓶子斜向左邊，而這瓶子的水沒有全滿，所以瓶子偏斜那一邊，那一邊的水會比較多。 沒有。因為瓶子倒斜著放，既然是斜著放，必然瓶子裡的水也會搖來搖去。 有。因為瓶子靠著桌一邊，而且都不動。</p>	<p>案例KZEN093 國中一年級、男 十二歲十個月</p>  <p>一樣平。因為桌面平的，所以瓶子中的水面一樣平。 一樣平。因為它左右邊的高度一樣，瓶子中的水一樣平。</p>  <p>沒有。因為那個瓶子沒有正，因為沒有平。 沒有平。因為瓶子中的水沒有平，左右邊的高度也沒有平。 有。因為瓶子倒立，瓶子中的水一樣平。</p>  <p>一樣平。因為瓶子歪一邊，瓶子中的水沒有平。 沒有平。因為瓶子沒有正，瓶子中的水就沒有平。 一樣平。因為瓶子歪一邊是正，瓶子中的水是正。</p>

圖四、概念發展階層D，開始尋找外界參考系，在特殊情況下可以判定水面的正確方向，相當於皮亞傑理論的階層IIB/IIIA及IIIA。

1695位在題組三、六、四、七中全部表現正確水平面概念的學生中，全部也都在題組二、五、八中完全表現正確水平面概念，在803位在題組二、五、八中完全沒有表現正確水平面概念的學生中也沒有一位能在題組三、六、四、七中表現完全正確水平面概念。

我們也注意到，題組三、六、四、七與題組二、五、八所代表的概念階層有不同的穩定性。在6917份答卷中四題皆表現正確水平面類的有24.5%，四題皆表

<p>案例TKWN177 國中二年級、女 十四歲七個月</p>  <p>有。因為水面是呈現水平線，與桌面之水平線相互平行，因此水面和桌面一樣是平平的。</p>  <p>有。因為瓶內的水面所受的壓力相同，並且永遠呈現水平狀態，因此水面和桌面一樣是平平的。</p>  <p>有。因為瓶內的水所受的壓力相同，因在密封的容器內，並且永遠呈現水平狀態，所以水面和桌面平行。</p>  <p>有。因為水面上的任何一點所受的壓力均相同，故水面和桌面一樣是平平的。</p>  <p>有。因為水面的任何一點所受的壓力相同，均呈現水平狀態，故和桌面一樣是平平的。</p>  <p>有。因為水面上的任何一點所受的壓力均相同，故水面和桌面一樣是平平的。</p>  <p>有。因為水面的任何一點所受的壓力相同，均呈現水平狀態，故和桌面一樣是平平的。</p>  <p>有。因為水面上的任何一點均有受到相同的壓力，因此水面永遠和桌面呈水平狀態。</p>	<p>案例TKWN179 國中二年級、男 十四歲四個月</p>  <p>有。因為剛才量出水面的高度一樣又平行，所以水面等於桌面。</p>  <p>有。只要桌面和地板平，瓶子放任何位置都會跟桌面平行。</p>  <p>有。只要桌面和地板平，瓶子放任何位置都會跟桌面平行。</p>  <p>有。只要桌面和地板平，瓶子放任何位置都會跟桌面平行。</p>  <p>有。只要桌面和地板平，瓶子放任何位置都會跟桌面平行。</p>  <p>有。只要桌面和地板平，瓶子放任何位置都會跟桌面平行。</p>  <p>有。只要桌面和地板平，瓶子放任何位置都會跟桌面平行。</p>  <p>有。只要桌面和地板平，瓶子放任何位置都會跟桌面平行。</p>
<p>案例CCHN053 國中二年級、男 十三歲十個月</p>  <p>一樣平。因為水面如果沒有搖動過應該是平的，跟桌面一樣平。</p>  <p>有。因為左邊和右邊的高度一樣，所以水的水面和桌面一樣平，而且</p>  <p>一樣平。因為左邊和右邊的高度一樣，也沒人動它，所以是一樣平。</p>  <p>一樣平。因為左邊和右邊的高度一樣，沒人動搖它，所以是一樣平。</p>  <p>一樣平。因為左邊和右邊的高度一樣，沒人動搖它，所以是一樣平。</p>  <p>一樣平。因為左邊和右邊的高度一樣，沒人動搖它，所以和桌面一樣</p>  <p>一樣平。因為左邊和右邊的高度一樣，沒人動搖它，所以和桌面一樣</p>  <p>一樣平。因為左邊和右邊的高度一樣，沒人動搖它，所以和桌面一樣</p>	<p>案例MLEE574 國小六年級、女 十二歲一個月</p>  <p>有。因為水是液體無論用何種方法水都會保持水平形狀（靜止時）。</p>  <p>有。因為水是液體無論用何種方法水都會保持水平形狀（靜止時）。</p>  <p>有。因為水是液體無論用何種方法水都會保持水平形狀（靜止時）。</p>  <p>有。因為水是液體無論用何種方法水都會保持水平形狀（靜止時）。</p>  <p>有。因為水是液體無論用何種方法水都會保持水平形狀（靜止時）。</p>  <p>有。因為水是液體無論用何種方法水都會保持水平形狀（靜止時）。</p>  <p>有。因為水是液體無論用何種方法水都會保持水平形狀（靜止時）。</p>  <p>有。因為水是液體無論用何種方法水都會保持水平形狀（靜止時）。</p>

圖五、概念發展階層E，認為水面永遠是水平的，相當於皮亞傑理論的階層IIIB。

現非正確水平面類的有65.8%，而四題中不完全答對或答錯的只佔9.7%。相對的，題組二、五、八三題皆表現正確水平面類的為88.1%，三題皆表現非正確水平面類的為3.7%，但是一題或兩題表現正確的佔8.2%。

表四、學生答卷各題作圖類別人數百分比統計（每題答卷數皆為6941份）

題別	作圖類別				
	T	B	F	N	Y
第一題（正放）	0.2		0.2		99.6
第二題（左橫放）	0.2	5.1	0.6	1.8	92.3
第三題（正右斜放）	0.2	9.9	0.5	62.1	27.3
第四題（倒左斜放）	0.2	4.9	0.6	65.2	29.0
第五題（倒放）	0.2	4.7	0.6	0.6	94.0
第六題（正左斜放）	0.2	9.6	0.6	59.8	29.7
第七題（倒右斜放）	0.2	5.2	0.8	66.3	27.4
第八題（右橫放）	0.2	5.7	0.8	2.5	90.7

學生概念成長的分析

表五、表六、圖六、及圖七分別為女性及男性學生之概念成長情形，表七為各年齡階段概念成長之性別差異檢驗。

表五、女性學生各年齡階段之概念發展情形（有效人數=3260）

代號	年齡階段（平均年齡）人數	各概念階層人數百分比			
		階層B	階層C	階層D	階層E
A6	6~7歲（6.7）251	12.0	29.9	58.2	0.0
A7	7~8歲（7.5）260	4.6	23.1	71.9	0.4
A8	8~9歲（8.5）335	3.3	19.1	75.2	2.4
A9	9~10歲（9.5）286	4.9	11.2	82.5	1.4
A10	10~11歲（10.5）319	2.8	8.2	82.4	6.6
A11	11~12歲（11.5）338	1.2	5.3	74.9	18.6
A12	12~13歲（12.5）339	0.6	5.9	73.7	19.8
A13	13~14歲（13.5）445	0.9	6.7	64.3	28.1
A14	14~15歲（14.5）453	0.2	5.7	54.3	39.7
A15	15~16歲（15.3）234	0.0	2.6	56.4	41.0

表六、男性學生各年齡階段之概念發展情形（有效人數=3657）

代號	年齡階段（平均年齡）	人數	各概念階層人數百分比			
			階層B	階層C	階層D	階層E
A6	6~7歲（6.6）	284	14.1	26.8	58.5	0.7
A7	7~8歲（7.5）	306	6.9	12.7	78.4	2.0
A8	8~9歲（8.5）	293	4.4	12.3	79.5	3.8
A9	9~10歲（9.5）	329	1.5	10.0	78.4	10.0
A10	10~11歲（10.5）	343	2.0	5.8	75.5	16.6
A11	11~12歲（11.5）	361	0.0	4.7	69.3	26.0
A12	12~13歲（12.5）	389	1.0	1.8	58.1	39.1
A13	13~14歲（13.5）	547	0.7	3.7	48.6	47.0
A14	14~15歲（14.5）	542	0.6	2.0	32.8	64.6
A15	15~16歲（15.5）	263	0.0	1.1	35.0	63.9

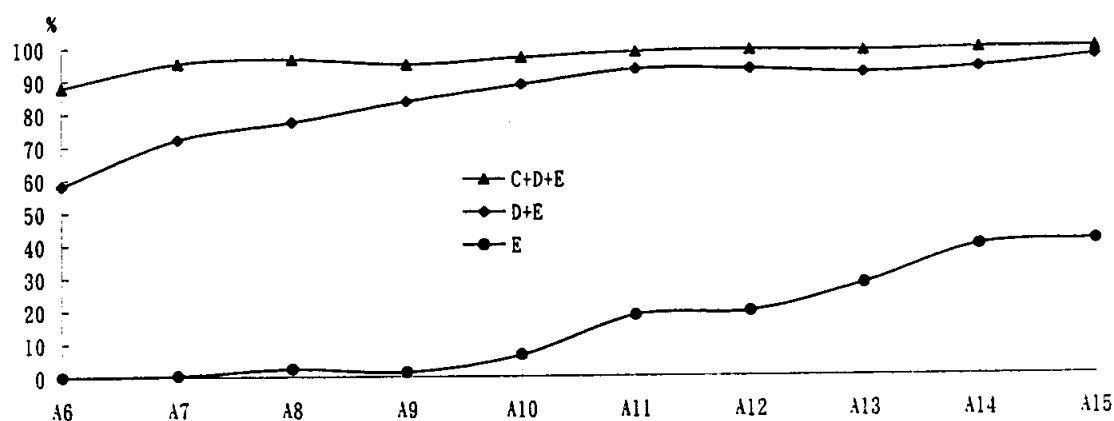
表七、各年齡階段達到概念階層E人數比例之性別差異檢驗

卡方檢驗	年齡階段									
	A6 6~7	A7 7~8	A8 8~9	A9 9~10	A10 10~11	A11 11~12	A12 12~13	A13 13~14	A14 14~15	A15 15~16
	2.69	13.41	6.44	25.10	16.83	9.42	37.87	38.25	65.07	26.18
	0.442	0.004	0.092	0.000	0.000	0.024	0.000	0.000	0.000	0.000

*本分析只區分達到概念階層E與沒有達到概念階層E兩種層次，因此 $df = (2+2) - 1 = 3$

以上資料所顯示的情形顯然是相當讓人覺得意外的，皮亞傑宣稱八至十一歲為學童達到IIIB階層（階層E）的年齡，但是我們的學生在十至十一歲時，女生只有約6.6%，男生只有約16.6%的人達到此一階層。整體而言，除了十四至十六歲（見圖六及圖七中曲線A14至A15部份）外，其它的年齡階段都呈現某種程度的成長。

男女生在十四至十六歲所表現的遲緩現象則相當的確實，因為這種遲緩現象也造成不少國中學校的國二和國三的能力的倒置的情形。在所有測試的八所國中，國一學生的的概念表現（階層E）都是三個年級中最低的，但是女性學生有五所是二年級的表現比三年級的高，男性學生有二所是二年級的表現比三年級的高。此種遲緩的現象也表示一位孩童在十五至十六歲前如果錯過其發展的機會，那以後再發展的機會就很小了，因此41%及64%也可能就是社會上一般成年女性與

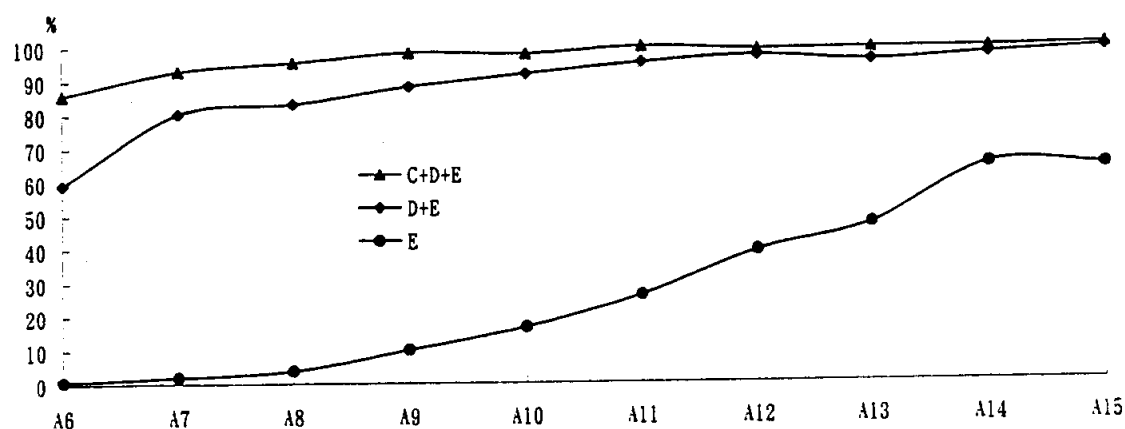


圖六、女性學生水平面概念各階層之成長情形

男性的通過率。

資料上女性學生雖然在十一至十三歲也有表現遲緩現象（見圖六曲線A11至A12部份），這顯然是國小與國中分開取樣所造成的結果，因為在同樣為十二至十三歲的國小國中學生群中，我們發現女性國小與國中學生達到概念階層E的人數分別是21.2%和18.8%，但是男性國小與國中學生達到概念階層E的人數則相當接近，分別是39.7%和38.4%。

從A6至A14所表現的成長又可區分為兩種階段（見圖六及圖七），前一階段為階層D的成長但是甚少概念E的成長（曲線D+E及E的表現），後一階段為階層E



圖七、男性學生水平面概念各階層之成長情形

（曲線E的表現）。區分點依男女性別而有所不同，女生大約在A10（十至十一歲）的時段，男生大約在A8（八至九歲）的時段。也就是說，大部份的女生在六歲多到十歲多，男生在六歲多到八歲多的期間內，主要的發展是由只知道當瓶子轉動時水面會流動的概念能力（女生58.2%；男生59.2%）到知道當瓶子倒放及橫放時水面是水平的概念能力（女生89.0%；男生83.3%），而在這些時間以後他們才開始能夠慢慢去體會水面是否會永遠保持水平的情形。

從以上資料我們也可以看到六至七歲的男女孩童達到階層B（或概念IIB）以上（圖六及圖七的曲線C+D+E）都在90%左右，此一事實說明學前時期是概念階層A至概念階層B的重要發展時期。

男女性別的差異相當明顯（見表五及表六），這種差異在七至八歲時即已顯示在概念階層C的發展上（見表七中A7部份： $\chi^2(3) = 13.41$ ； $p < 0.05$ ），而在九至十歲時開始在概念階層E的發展上顯示出來（見表七中A9部份： $\chi^2(3) = 25.10$ ； $p < 0.05$ ）。兩性在階層E發展的差別程度相當於二至三年的發展時間，女性學生在十四至十五歲的表現相當於男性學生十二至十三歲時的表現（分別為39.7%和39.1%）。

肆、結論

我們發現水平面概念的紙筆式群測法可以觀察到皮亞傑所宣稱的各種概念模式，而且高層次正確概念階層的表現具有非常高的穩定性。但是紙筆式群測法對概念階層的鑑別能力要比個別面診法的差，在原來皮亞傑理論的七個發展階層中我們只能判別四個階層。困難的原因有二：一是因為群測法無法對個別的受測者在適當的時機提供觀察操作或對話的機會；二是對低層次孩童的困難，我們無法判別是因為技巧的問題或是概念的問題。

本研究的測試結果也顯示，學前幼兒時期是拓樸空間概念（階層A）至幾何空間概念（階層B）發展期，然後是由約六歲起至女性學生的十歲及男性學生八歲時期的區域性幾何空間概念或區域性參考座標系概念的發展期（階層B、階層C、階層D）、女性學生約在十歲開始和男性學生約在八歲開始直到約十五歲期間的整體性幾何空間概念或整體性參考座標系念的發展期（階層D、階層E），最後是約在十五至十六歲後（女性及男性）的成長停滯期。男女性別差異在七至八歲

時即已顯示在較低概念階層的發展上，而在九至十歲以後開始顯示在較高概念階層的發展上，然後隨年齡之增長而逐漸擴大。當女生在十五至十六歲時，她們的發展程度只相當於男生在十二至十三歲時的发展程度。

學生具備或不具備水平面的概念，並不能只看作是此學生具備或不具備此一物理的知識，它所代表的是此一學生的整體空間概念或基本能力的發展情形。在日常生活的無數經驗中，如果一位學生居然觀察不到水面是水平的現象，這就表示他的整個空間建構能力有所限制，也就是說諸如垂直高度的測量，體積的意義，直角參考座標系概念，甚至是整個二度及三度空間運動學的學習都會產生困難，因此其重要性是不容忽視的。

水平面的概念的發展也是學童認知成長的指標。皮亞傑的理論告訴我們，學習與成長並不一定是相同的東西（Piaget, 1964）。知識的學習並不一定等於成長，但成長決定學習的能力，因此正常的認知成長應該是一個孩童受教育中的最重要目的。現行中小學的教材教法似乎都是在強調知識或技能的學習，是否因而妨礙了或忽略了學童整體成長的機會？我們也許應該把學童的成長列為是幼稚、小學、或甚至國中階段的教育主旨，或是至少在考慮學制的變更（三三制或四二制）或課程的改革時，我們應該要把學童認知成長的因素考慮進去。

誌謝

本研究承蒙國科會專題計劃經費的補助（NSC83-0111-S-003-039），各取樣測試學校的行政配合與協助，研究助理王欣芝小姐及汪惠玲、陳政瑜、齊祿祥、李美宜、廖德富、盧瑞興、陳英嫻、林妙雯、翁雪琴等研究所同學的部份測試工作的參與，僅在此致最高的謝意。

參考文獻

1. Abravanel, E., & Gingold, H. (1977). Perceiving and representing orientation: effects of the spatial framework. *Merrill Palmer Quarterly*, 23(4), 265-78.
2. Abravanel, E., & Gingold, H. (1982). Evidence for perceptual influences in understanding liquid level invariance. *Journal of Genetic Psychology*, 140, 237-247.

3. Asch, S. E., & Witkin, H. A. (1948). Studies in space orientation: Perception of the upright with displaced visual fields. *Experimental Psychology*, 38, 325-337.
4. Beilin, H., Kagan, J., & Rabinowitz, R. (1966). Effects of verbal and perceptual training on water level representation. *Child Development*, 37, 317-329.
5. Foorman, B. R. (1981). A neopiagetian analysis of four-year-olds' performance on water-level task. *Perceptual and Motor Skill*, 52, 631-639.
6. Ford, L. H. (1970). Predictive versus perceptual responses to Piaget's water-line task and their relation to distance conservation. *Child Development*, 41, 193-204.
7. Kalichman, S. C. (1987). Water running-up-hill: a closer look at sex difference in perceiving the invariant horizontality of liquids. paper presented at the 33rd meeting on the Southeastern Psychological Association.
8. Laurendeau, M., & Pinard, A. (1970). The development of the concept of space in the child. New York: International university press.
9. Liben, L. S. (1974). Operative understanding of horizontality and its relation to long-term memory. *Child Development*, 45, 416-424.
10. Liben, L. S. (1978). Performance on piagetian spatial task as a function of sex, field dependence, and training. *Merrill-Palmer Quarterly*, 24(2), 97-110.
11. Liben, L. S. (1991). Adults' performance on horizontality tasks: Conflicting frames of reference. *Developmental Psychology*, 27(2), 285-294.
12. Liben, L. S., & Golbeck, S. L. (1980). Sex differences in performance on piagetian spatial tasks: Differences in competence or performance ?. *Child Development*, 51(2), 594-597.
13. Liben, L. S., & Golbeck, S. L. (1984). Performance on piagetian horizontality and verticality tasks: Sex related differences in knowledge of relevant physical phenomena. *Developmental Psychology*, 20(4), 595-606.
14. Liben, L. S., & Golbeck, S. L. (1986). Adults' demonstration of underlying euclidean concepts in relation to task context. *Developmental Psychology*, 22(4), 487-490.
15. Maxwell, J. W., Croake, J. W., & Biddle, A. P. (1975). Sex differences in the com-

- prehension of spatial Orientation. *Journal of Psychology*, 91, 127-131.
16. McGillicuddy-De Lisi, A. V., De Lisi, R., & Youniss, J. (1978). Representation of the horizontal coordinate with and without liquid. *Merrill-Palmer Quarterly*, 24(3), 199-208.
17. Perner, J., Kohlmann, R., & Wimmer, H. (1984). Young children's recognition and use of the vertical and horizontal in drawings. *Child Development*, 55(4), 1637-1645.
18. Piaget, J. . (1964). Cognitive development in children:Development and learning. *Journal of Research in Science Teaching*, 2, 176-186.
19. Piaget, J., & Inhelder, B. (1956). The child's conception of space. Routledge & Kegan Paul, London.
20. Piaget, J., Inhelder, B., & Szeminska, A. (1960). The child's conception of geometry. W. W. Norton & Company, New York & London.
21. Piaget, J. (1960). The Psychology of Intelligence. Paterson, N. J.: Littlefield, Adams, 1960. Randall, T. M. (1980). Training the horizontality concept in a group of nontransitional children. *Journal of Genetic Psychology*, 136, 213-220.
22. Signorella, M. L., & Jamison, W. (1978). Sex differences in the correlations among field dependence, spatial ability, sex role orientation, and performance on Piaget's water-level task. *Developmental Psychology*, 14(6), 689-690.
23. Smedslund, J. (1963). The effect of observation on children's representation of the spatial orientation of a water surface. *Journal of Genetic Psychology*, 102, 195-201.
24. Thomas, H., & Jamison, W. (1975). On the acquisition of understanding that still water is horizontal. *Merrill-Palmer Quarterly*, 21(1), 31-44.
25. Thomas, H., & Turner, G. F. W. (1991). Individual differences and development in water-level task performance. *Journal of Experimental Child Psychology*, 51, 171-194.
26. Thompson, E. G., Mann, I., & Harris, L. J. (1981). Relationships among cognitive complexity, sex, and spatial task performance in college students. *British Journal of*

Psychology, 72, 249-256.

27. Vasta, R., Lightfoot, C. & Cox, B. D. (1993). Understanding gender differences on the water-level problem: The role of spatial perception. *Merrill-Palmer Quarterly*, 19(1), 391-414.
28. Willemsen, E., & Reynolds, B. (1973). Sex differences in adults' judgments of the horizontal. *Developmental Psychology*, 8(2), 309.

A Longitudinal Study of the Development of Water-level and Spatial Concept of the Chinese Students

Hsiang-wu Huang and Yun-ju Chiu

Department of Physics, National Taiwan Normal University, Taipei, R.O.C.

Fu-tai Chuang

Department of Earth Sciences, National Taiwan Normal University, Taipei,
R.O.C.

ABSTRACT

This study includes three main parts: (a) to investigate the difference between the paper and pencil group test and the clinical interview method for the diagnosis of water-level concept; (b) to understand the developmental trend of the water-level concept or spatial concept of the Chinese students; (c) to understand the sex difference of the development of the water-level concept or spatial concept of the Chinese students and their beginning ages.

Our study has shown that the paper and pencil group test can elicit most of the conceptual models of the water level problem as claimed by the Piaget's theory, however the paper and pencil group test can only differentiate four of the seven developmental stages of the water level problem as originally claimed by Piaget. The reasons for this difficulty are two: the first is that the paper and pencil group test can not provide the subjects with appropriate hand on manipulations and observations of the set-ups, and/or the test lacks the instantaneous conversations between the tester and testee; secondly, it is difficult to judge the difficulties of performances of the very young students as due to their lack of skill or due to their weakness of conceptual development. We also noted that the high level performance of the water-level concept in the paper and pencil group demonstrated a very stable characteristics, while that of the low level performance is relatively low.

Based on the results of the tests to about six thousand elementary and secondarily students, we can see four main periods of developments : before the age of six, or the pre-school or kindergarten period, is the period for the development of topological to geometrical spatial concept; from about the age of six to ten for the female students, and from about the age of six to eight for male students are the periods for the development of local spatial concept or local reference system concept; then from about the age of ten to fifteen for female students and eight to fifteen for the male students are the period for the development of global spatial concept or global reference system concept; and finally from about the age of fifteen or sixteen on for both sexes there show a slow down development for the spatial ability.

The sex difference for the development of spatial concept shows up as early as the age of seven or eight for the low level spatial concept, and at about the age of nine or ten for the high level spatial concept, and the difference increases gradually thereafter. The development of the female students at the age of fourteen or fifteen is only equivalent to the development of the male students at about the age of twelve or thirteen.

Key words: Water-level; Space; Development; Piaget.