科學教育學刊
2000, 第八卷第二期, 8(2), 157-177

Chinese Journal of Science Education
2000, 8(2), 157-177

水平面概念與水平面高度測量概念發展的相關性研究

黃湘武
國立台灣師範大學 物理系

（投稿日期：民國 88 年 5 月 21 日，修正日期：88 年 9 月 27 日，接受日期：89 年 3 月 16 日）

摘要：本報告係關於學生水平面概念與水面高度測量能力發展的相關性研究。我們發現，學童的水面高度測量概念相當於學童建構一外在二維參考座標系的能力，它是水平面概念發展的必要條件。在954位表現正確水平面概念的學童中，有約97%的人同時也表現正確的水面高度測量概念，或二維參考座標系的能力。我們也發現，水面高度測量概念或參考座標系能力並非水平面概念的充份條件。在 1681 位表現正確水面高度測量概念或二維參考座標系能力的學童中，只有約 55%的人同時也表現正確的水平面概念。此種非充份性，解釋了水平面概念在教學效果上的有限性。先達到正確水面高度測量的學生人數，約為先達到正確水平面概念的人數的 30 倍($p<0.001$)。我們也發現，多數學童在不同題目所表現的水面高度測量的錯誤模式並不固定，而係呈現一種跳躍式的變化。此種現象，顯示這些學童在不同的題目考慮水面高度測量的方式時，是在對不同部份的空間進行關係的建構。因此二維參考座標系能力，或水面高度測量概念，僅係代表學童的一種部份的空間建構能力。本研究採用的是示範式的群測法，測試樣本包括國小，國中，及高工等共約 2400 名學生。本研究結果增進了我們對於學童空間概念發展的進一步瞭解，為未來有關的教學診斷或設計提供有價值的參考。

關鍵詞：水平面、空間、參考座標系、成長、概念、皮亞傑。

一、緒論

根據皮亞傑的理論，學童水平面概念的表現代表的是學童對空間關係的建構能力，是一種隨年齡成長而發展之認知能力。而且每一位學童的水平面概念皆可以區分為以下I,IIA,IIA/IIB,IIB,IIB/IIIA,IIIA,IIIB 等七個發展的階層順序（Piaget & Inhelder,1956；黃湘武、邱韻如和莊福泰，1995）。

概念階段 I 的孩童所表現的是拓樸空間概念的能力(topological)，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。這些學童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。概念階層 IIA 的學童已能建構固定的幾何形狀或圖形，這表示他們已進入幾何空間概念的層次。但是，此種建構的能力卻具有局部性和缺乏活動性，他們無法建構特定範圍的幾何圖形與其周遭變動物體間的各種空間關係。因此當瓶子改變方向時，他們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 學童，則是開始擴張他們空間建構能力的範圍和活動性，他們開始感受到當容器方向改變時，水平面與容器間會有某種相對運動的變化。表現概念階層 IIB/IIIA 特徵的學童，表示他們只能在水面與容器壁，水面與桌面構成相同的空間關係時可以正確看出水面水平的現象。而到達 IIIA 階層的學生，則是在有實際的現象觀察時，可以經由嘗試錯誤的方法，正確建構在任何情形下水面與容器壁，水面與桌面的空間關係。到達最後概念階層 IIIB 的學生，則表現了能夠根據少數特殊情況的觀察，而正確推論出所有情況時水面應有的方向。

皮亞傑所描述的有關學童的水平面概念特徵，已經有相當多的學者加以重複証實，而且發現學生表現此種水面不水平的概念的情形比皮亞傑原先所認為的要普遍許多 (Abravanel & Gingold, 1977; Kalichman, 1987; Liben & Golbeck, 1980, 1984, 1986; Liben, 1987, 1991; Maxwell, Croake & Biddle, 1975; McGillicuddy, De Lisi & Youniss, 1978; Signorella & Jamison, 1978; Thomas & Jamison, 1975; Vasta, Lightfoot & Cox, 1993; Willemsen & Reynolds, 1973)。根據我們對台灣地區中小學生所做的研究(黃湘武、邱韻如和莊福泰，1995)，發現國中二年級的學生仍然約有半數的人，會認為當容器傾斜時水面也會呈傾斜狀態。少數的成年人中，甚至也會表現類似的情形 (Liben, 1991)。利用示範式群測法所收集到的大樣本學生資料，我們也對皮亞傑所宣稱的水平面概念的階層性發展理論，作了統計上的分析與驗証。在我們的進一步的實驗與研究中 (黃湘武和邱韻如，1997)，我們更証明了水平面概念的學習的有限性和階層性。我們的教學方式包括了傳統的群體式實驗學習活動，和個別式的自我學習活動。主要發現有：(1)學生水平面概念階層的改變，都受學習開始時所表現的概念層次的制約；(2)參與群體式實驗學習活動的學生並沒有比參與個別式的自我學習活動的學生表現較好的學習效果；(3)實際的水平面觀察活動對建立正確的水平面概念的效果甚低，甚至有相當數量的學生會因為觀察活動而造成負面的學習效果；(5)學生在面對水平面問題時可以有兩種不同的思考方式，一種是想像容器原來就是靜止放置在桌面上的，另一種是想像現在容器放置方向是由其它放置方向改變而成的。對低層次的學生而言，前一種靜態的思考方式要比較容易，後一種動態的思考方式則比較難。

本文係關於學童水平面概念發展的空間建構特性的持續性研究報告。我們經由對學童水平面高度測量概念與水平面概念的發展的相關性分析，更進一步証明學童正確的水平面概念，並非經由直接水面高度的觀察而建立的知識。我們的結果顯示正確水平面的概念是參考座標系能力的一種表現，與皮亞傑對於水平面概念發展的空間建構理論相吻合。國內外的文獻中，我們並沒有看到採用類似研究方法的報告。

二、方法

(一)測試方法與過程

試卷的主要內容為八種不同放置方向的空瓶子圖形（平底直邊），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。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作為說明之用（黃湘武、邱韻如和莊福泰，1995）。我們採用的是示範實驗式的群測法。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。

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面的變化情形。
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。

以上的測試過程中，受測者並沒有機會在盛水的瓶子上進行實質的水面高度測量，事實上他只能在自己已畫好的水平面作圖上進行測量的工作。也就是說，我們的測驗過程是在檢驗受測者對於所謂高度測量的理解情形，而不是在檢驗經由實際的水面高度測量經驗對建立正確水平面概念的效果。

(二)測試樣本

測試學校包括三所國小，三所國中，和兩所高工（見表 1）。小學部份皆係以全校班級

表 1：測試學校及有效樣本人數

學　校	年　級	取樣人數		總　計
		女生	男生	
台南縣鹿耳國小	三、四、五、六	144	167	311
宜蘭縣公正國小	三、四、五、六	128	163	291
花蓮縣明禮國小	三、四、五、六	222	209	431
台南縣鹿仁國中	三、四、五、六	150	227	377
宜蘭縣東光國中	七、八、九	180	193	373
花蓮縣花崗國中	七、八、九	194	165	359
埔里高工	十、十一、十二	12	112	124
崇實高工	十、十一、十二	78	45	123
總　計		1108	1281	2389

表 2：水平面概念階層的分類及特徵

群測式診斷法時之概念階層	原皮亞傑概念階層	概念特徵
A	I	●拓樸式空間概念，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。
B	IIA~IIA/IIB	●當瓶子轉動時，瓶中的水隨瓶子一起轉動，水面與瓶壁間無相對運動。 ●忽視瓶中水量的守恆，但非常注意容器的界限，會以完全滿水的圖形表示瓶中水的樣子。 ●以上二種情形的混合。
C	IIB	●有明確的水的界面。 ●當瓶子倒放及橫放時，不能正確推斷水面的方向，當瓶子斜放時，水面會傾斜或是會作某種方式的形狀變化。 ●當瓶子倒放或橫放時，能夠即時或嘗試錯誤後正確推斷水面的方向，但是當瓶子斜放時，瓶中的水隨瓶子倒放或橫放時的狀態一起轉動，水面與瓶壁間無轉動性的相對運動。
D	IIB/IIIA~IIIA	●當瓶子倒放及橫放時，能夠即時或嘗試錯誤後正確推斷水面的方向。 ●當瓶子倒放或橫放時，會因為桌面不是完全平面，或是瓶口與瓶底的不對稱情形而認為水面有少許不水平。 ●當瓶子斜放時，有部份的情況會正確推斷水面的方向，或是認為水面會傾斜，或是會作某種方式的形狀變化。 ●當瓶子斜放時，會因為本身測量的少許誤差，而認為水面並非水平。
E	IIIB	●在所有情況下都能即時或嘗試錯誤後 ●正確推斷水面的方向。

為單位抽樣，國中則是部份學校為班級抽樣部份學校為全校性的各班座號抽樣。測試的學生約為 2500 人，但去除表現拓樸空間概念和作答不完整的無效樣本後，實際可供分析的有效樣本為 2389 人(95.6%)。

(三) 分析方法

根據紙筆測驗的概念階層分類標準，學生所表現的水平面概念發展可以區分為 A、B、C、D、E 等五個階層（見表 2；黃湘武、邱韻如和莊福泰，1995）。此種區分法並不完全等同於皮亞傑所定義的階層，因為群體式的診斷法缺少個別式對話的機會，所以無法區別概念階層 IIA 和 IIA/IIB，概念階層 IIB/IIIA 和 IIIA。

本研究的分析將不包括對題五分析，主要是因為學生在題五所能表現的模式變化並不多。忽視題五的表現，對於學生整體的水平面概念發展階層有少許的誤差，但是對於分析水平面概念與水平面高度測量能力的關係，可以提供比較直接和方便的証據。因此除第五題外，我們將其餘的題目依性質區分為題組甲，和題組乙兩部份。題組甲包含題二與題八，題組乙包含題三、題四、題六、與題七。題組甲主要是作為判定學生是否達到水平面概念階層 D 的指標，而題組乙則可以作為判斷學生是否達到水平面概念階層 E 的依據。我們預期題組甲與題組乙對於學生水面測量能力的判別也具有類似的區分效果。我們根據學生對題組甲與題組乙的水平面概念表現，和水面高度測量能力的表現，可以對他們的水平面概念階層和水面高度測量能力階層作一整體的判定。最後我

表 3：題組甲與題組乙各水平面概念模式人數分佈相關聯立表

題組甲		題組乙 III	題組乙 II	題組乙 I	總計
III	人數	954	1315	2	2271
	橫向%	42.0	57.9	1	100.0
	縱向%	100.0	94.3	5.0	95.1
II	人數		63	5	68
	橫向%		92.6	7.4	100.0
	縱向%		4.5	12.5	2.8
I	中數		17	33	50
	橫向%		34.0	66.0	100.0
	縱向%		1.2	82.5	2.1
總計	人數	954	1395	40	2389
	橫向%	39.9	58.4	7	100.0
	縱向%	100.0	100.0	100.0	100.0

*Pearson Chi-Square=1351, df=4, p<0.001 (2-tailed)

們再根據水平面概念階層和水面高度測量能力階層的相關人數分佈情形，可以對兩者的相互關係作適當的瞭解。

三、結果與分析

(一)水平面概念發展之分析

學生在題組甲與題組乙的水平面概念表現皆可以I、II、III 三種簡單模式區分之：

- I 概念模式：當瓶子轉動時，不知道水面與瓶壁間有某種相對運動，認為瓶中的水會隨瓶子一起轉動時。
- II 概念模式：當瓶子轉動時水面會傾斜或是會作某種方式的形狀變化，或是只有在部份的題目中認為水面是水平的。
- III 概念模式：在所有題目中（題組甲的兩題；題組乙的四題）皆認為水面是水平的。

根據以上概念模式的認定標準，我們可以將受測學生在題組甲與題組乙之表現皆以 I、II、III 三種類別來區分之。

表 3 為受測學生在題組甲與題組乙中，所表現的各類概念模式的人數的相關分佈情形。表中所顯示的分佈情形，符合原來對三種測量模式層次的基本假設。由題組乙的三類學生的表現來看，III 類學生的能力最高，他們達到題組甲的 III 類能力的人數為 100.0%；II 類學生的能力其次，達到題組甲的 III 類能力的人數是 94.3%；I 類學生的能力最低，達到題組甲的 III 類能力的人只有 5.0%。若由題組甲的三類學生的表現來看，也有類似的能力表現差異情形。題組甲 III 類學生達到題組乙的 III 類或 II 類能力的人達 99.9%；II 類學生沒有任何一人達到題組乙的 III 類，但有 92.6%的人達到題組乙的 II 類；I 類學生也是沒有任何一位達到題組乙的 III 類，也只有 34.0%的人達到題組乙的 II 類能力。

根據表 2 所列之水平面概念階層的分類與特徵，我們可以將學生的水平面概念發展區分為四個階層（見表 4）。我們將在題組乙中表現是 III 的學生，鑑定為具有最高的水平面概念階層 E；將在題組甲中屬於 III 類的學生，則鑑定為具有次高的水平面概念階層 D；而在題組甲和題組乙中皆只表現部份正確測量方法或不同測量模式的學生，鑑定為更低的概念階

表4：水平面概念發展階層人數分佈情形

水平面概念		水平面概念發展階層	人 數
題組甲	題組乙		
Ⅲ	Ⅲ	E	954
Ⅲ	Ⅱ	D	1317
Ⅲ	I	D	
Ⅱ	Ⅱ	C	85
Ⅱ	I	C	
I	Ⅱ	C	
I	I	B	33
總人數			2389

層C；又若在題組甲和題組乙中皆屬於I類的學生，我們就認定他們只具有最低的水平面概念階層B。

(二) 水面高度的測量模式

學生所表現的測量方式種類煩多，但主要的有以下數種：

●測量模式Y（見附件A圖1、附件B圖8）
正確的測量模式，其中包括正確的垂直測量方向和由水面到桌面的正確起始點與終止點。

●測量模式PB（見附件A圖2、附件B圖9）
測量方向隨容器而轉動，沿容器壁的方向測量，以水面相對於容器底部的距離作為水面的高度。錯誤的測量方向和錯誤的起始點或終止點，測量的方向完全受容器轉動的影響。

●測量模式VB（見附件A圖3、附件B圖10）
表現垂直的測量概念，但是係以水面相對於容器的底部或容器的某一部位的垂直距離為水面的高度。正確的垂直測量方向，錯誤的起始點或終止點，測量的方向仍然不能完全獨立於容器轉動的影響。

●測量模式V/N（見附件A圖4、附件B圖11）
表現垂直的測量概念，但是係以水面的一邊相對於桌面的垂直距離作為水面的高度。誤解了水面高度的意義。正確的垂直測量方向，錯誤的起始點或終止點。測量的方向仍然不能完全與水面方向的變化相協調。

●測量模式BB（見附件A圖5、附件B圖12）
沿容器壁的方向測量，以容器的長度或水面的寬度作為水面的高度。測量的方向完全受水面方向變化的影響，誤解了水面高度的意義，但有觀察到水面的變化。

●測量模式PBL（見附件A圖6、附件B圖13）
沿容器壁的方向測量，以容器外一段距離處作為測量的起始點。有意識到容器轉動時，水面與外在環境間關係的變化。

●測量模式BBP（附件B圖14）
沿容器壁的方向測量，以容器頂到桌面的距離作為水面的高度。測量的動作仍然不能完全獨立於容器轉動的影響，有意識到容器轉動時，水面與外在環境間關係的變化。

●測量模式LB（附件B圖15）

表5：題組甲與題組乙各類高度測量模式之人數分佈相關聯立表

題組甲		題組乙 Y	題組乙 TR	題組乙 PB	總計
Y	人數	1670	400	139	2209
	橫向%	75.6	18.1	6.3	100.0
	縱向%	99.3	81.8	63.5	92.5
TR	人數	11	74	45	130
	橫向%	8.5	56.9	34.6	100.0
	縱向%	0.7	15.1	20.5	5.4
PB	人數		15	35	50
	橫向%		30.0	70.0	100.0
	縱向%		3.1	16.0	2.1
總計	人數	1681	489	219	2389
	橫向%	70.4	20.5	9.2	100.0
	縱向%	100.0	100.0	100.0	100.0

*Pearson Chi-Square = 521, df = 4, p< 0.001 (2-tailed)

沿水平方向測量，以水面相對於容器的底部或容器的某一部位的水平距離作為水面的高度。開始意識到容器轉動時，水面與外在環境間關係的變化。

●測量模式P（附件B圖16）

沿容器壁的方向測量，但是以水面相對於的桌面的距離作為水面的高度。正確的起始點或終止點。測量的方向不能完全與水面方向的變化相協調。

●測量模式MIX（見附件A圖7、附件B圖17）

水面兩邊採用不同的測量方式，或是同一題組中各題採用不同的測量模式。表現自我協調或嘗試錯誤的建構過程。

以上所有測量模式，除了模式Y外，其他的都是錯誤的水面高度測量方式。從這些錯誤模式的特徵，我們可以看到學童在嘗試進行水面高度的測量時，所進行的空間關係的建構歷程。首先我們注意到同一學童所表現的錯誤測量模式並沒有逐漸趨向於正確的現象，而是一種跳躍式的變化。其次我們注意到如果一位學童的能力還沒有達到正確測量的能力，那麼他的測量方式常常不是固定的。此種不固定性可以表現在一個題目中，也可以表現在同一題組的不同的題目中。這種嘗試錯誤，或是自我協調的特性，是建構過程的重要特徵。再其次是學童在嘗試進行水面高度的測量時，他需要同時判別或注意到測量的方向和水面方向關係，測量的方向和容器方向的關係，測量的方向和桌面方向的關係，另外再包括水面與桌面間距離的可能變化等。在過渡期的學童通常只能正確注意其中的一項或部份的變化關係，這也就是他無法正確進行高度測量的原因。在題組甲時，因為容器的方向和桌面的方向都是平行與重疊的，因此測量的方向也只有平行與垂直兩種選擇，所以它的難度就會比題組乙的時候低很多了。

(三)水面高度測量概念層次之分析

根據以上所分析之測量模式特性，我們可以將受測學生的高度測量概念區分為三個等級或類別：

●Y類學生

最高測量概念層次的學生。在同一題組中各題皆表現正確測量模式Y的學生。

表 6：水面高度測量概念階層人數分佈情形

高度測量模式		水面高度測量概念階層	人數
題組甲	題組乙		
Y	Y	HE	1670
TR	Y	HE	11
Y	TR	HD	400
Y	PB	HD	139
TR	TR	HC	74
TR	PB	HC	45
PB	TR	HC	15
PB	PB	HB	35
總人數			2389

●TR 類學生

過渡期測量概念層次的學生。在同一題組中表現其它錯誤測量模式或是各題表現不同測量模式的學生。

●PB 類學生

最低級測量概念層次的學生。在同一題組中各題皆表現錯誤測量模式 PB 的學生。

表 5 代表本研究測試樣本在題組甲與題組乙中所表現的各類高度測量模式人數的相關分佈情形。表中所顯示的人數分佈情形，符合原來對三類測量模式層次的基本假設。由題組乙的三類學生的表現來看，Y 類學生的能力最高，他們達到題組甲 Y 類能力的人有 99.3%；TR 類學生的能力其次，他們達到題組甲 Y 類能力的人為 81.8%；PB 類學生的能力最低，達到題組甲 Y 類能力的人只有 63.5%。由題組甲的三類學生的表現來看，也有類似的能力表現差異情形。Y 類學生達到題組乙 Y 類能力的人有 75.6%；TR 類學生達到題組乙 Y 類能力的人為 8.5%；PB 類學生沒有任何一位達到題組乙的 Y 類能力。

我們可以進一步仿傚水平面概念發展的階層分類方法，將學生的水面測量概念也區分為四個階層（見表 6）。我們將在題組乙屬於 Y 類的學生，鑑定為具有最高的水面高度測量階層 HE；在題組甲中屬於 Y 類的學生，則鑑定為具有次高的水面高度測量階層 HD；在題組甲和題組乙中皆只表現部份正確測量方法或不同測量模式的學生，我們將他們鑑定為更低的測量階層 HC；若是在題組甲和題組乙中皆屬於 PB 類的學生，我們就認定他們只具有最低的水面測量能力階層 HB。

(四) 水平面概念發展與水面高度測量概念的相關性之分析

由表 7 我們可以對水平面概念發展的階層與水面高度測量概念的階層的相關性有如下之瞭解：

首先我們注意到在表現最高的水平面概念發展階層 E 的 954 人中，幾乎全部的人（97.38%）同時也具備最高水面高度測量概念階層 HE；但是，表現最高水面高度測量能力階層 HE 的 1681 位學生中，同時也具備最高的水平面概念發展階層 E 者卻只有約一半的人（55.26%）。在全部的測試樣本中，表現達到最高水面高度測量概念先於達到最高水平面概念發展階層，和表現達到最高水面高度測量概念後於達到最高水平面概念發展階層人數比為 752:25=30.08。以上事實顯示絕大多數的學生係先發展成熟水面高度測量概念然後才發展成熟水平面概念，水平面概念階層 E 的發展階層

或能力高於水面高度測量概念階層 HE，兩種能力或概念的發展表現相當明顯的階層關係。

表 6 也顯示在 539 位表現水面高度測量階層 HD 的學生中，有 95.55%的絕大多數同時也表現水平面概念發展 D 的階層，只有極少數的人表現其他的水平面概念階層；但是在表現水平面概念發展階層 D 的 1317 位學生中，除了有 39.10%的人同時也表現水面高度測量 HD 的階層外，更有 55.66%的人已達到水面高度測量概念階層 HE。以上事實顯示水面高度測量能力階層 HD 和水平面概念階層 D 具有相當接近的發展階層或能力，而兩者的發展階層或能力又低於水面高度測量能力階層 HE。

我們也可以注意到在 35 位表現水面高度測量階層 HB 學生中，有 62.86%人同時也表現水平面概念發展 B 的階層，其餘 37.14%的人則皆表現稍高一級的概念階層 C；同樣在表現水平面概念發展階層 B 的 33 位學生中，也有 66.67%的人同時表現水面高度測量階層 HB，其餘 33.33%的人也是都表現稍高一級的能力階層 HC。由此觀之，水平面概念發展階層 B 和水面高度測量能力階層 HB 具有相當接近的發展層級，而水平面概念發展階層 B+C 和水面高度測量能力階層 HB+HC 則具有幾乎相等的發展層級或能力。

四、結論

我們的資料顯示在所有表現正確水平面概念的學童中，幾乎所有的人也同時表現正確的水面高度測量概念(97.38%)。也就是說，不瞭解水面到桌面高度測量意義的學生，就非常不可能知道水面是永遠維持水平的事實。因此，我們可以說水面高度測量概念是水平面概念的發展的必要條件。但是，我們的資料同時也顯示正確的水面高度測量概念並不是正確水平面概念發展的充份條件。在我們測試的樣本中，有 1681 人表現正確的水面高度測量概念，但其中有約 44.74%的人並不具備正確的水平面概念。此種非充份條件，說明了學生正確的水平面概念，並非只是經由直接對水面高度的觀察而獲得，而必須有依賴其它更廣義的空間建構能力。

在初期的發展階段，學童水面高度測量的概念和水平面概念的發展是相互平行和同步的。一位年幼的學童如果認為水面會隨著容器的轉動而一起轉動，則他也很可能會認為水面的高度是沿著器壁方向去測量的。或者是一位學童，如果只知道當容器在平放狀態時水面應該是水平的，那麼他也只能在容器是平放狀態時表現正確的水面高度的測量概念，而在其他的情況下他就表現不正確的高度測量概念。此種情形顯示出水面高度測量的概念本身也是一種空間的建構能力，只是它的層次要比水面是水平的概念要低。

由學童所表現的錯誤模式變化情形，我們也可以觀察到學童在決定水面高度測量的方式時，所表現的空間建構特徵。造成學童決定水面高度測量方式的困難原因，顯然在於他們無法同時協調多種物件間的空間關係，這其中包括高度測量的方向、容器的方向、水面的方向、和桌面的方向等等。對於年幼的學童，他們通常只能正確注意其中的一項或部份的變化關係。這也就是為什麼在題組甲時的難度會比題組乙的時候低，因為這時候容器的方向和桌面的方向是互相平行與重疊的，測量的方向只有平行與垂直兩種選擇。年幼學童的部份空間建構能力，也表現在他們錯誤測量模式的變化上。我們注意到那些不具備正確高度測量概念的學童，他們的錯誤模式並不是固定的，而是展現一種跳躍式的變化。此種不固定性可以表現在一個題目中，也可以表現在同一題組的不同的題目中。

一位學童能夠在容器的各種放置方向的情

形下，仍然可以認定正確的水面高度測量方式，顯然表示該學童具有建構外在參考座標系的心智能力。此種參考系存在於水面和容器的周遭，它們可以是放置容器的桌面，或是垂直的牆壁，或是任何其它附近的物件。對於一位成人來說，需要一個外在的參考座標系才可能描述或判別水面的方向，也許只是一種理論或知識。但是對於一位成長中的學童，在心智上建立一個二維參考座標系，並以此參考座標系來正確判別水面的方向，就變成是一種智力的發展層次。我們的研究証實，外在二維參考座標系的概念是整體空間建構能力的一部份，它是建立水平面概念的基石。對於一位達到具有正確水平面概念的學生來說，也許他並不知道這個理論，但是他的概念建構過程卻是符合此一理論的。

參考座標系概念或是水平面概念，不僅是本身被認為是數理科中的重要概念，它也更是學習或瞭解如運動或力學等其他許多概念的基本概念。但是很不幸的，傳統教科書的編寫或是教師的教學方式，都是以成人的觀點把參考座標系概念或水平面概念當作是一種簡單的理論或知識來講授。如果學生沒有瞭解，我們通常是責怪學生沒有用心聽課或不夠用功。在上體育課時，我們可以很容易的認識到學生沒有辦法在 10 秒鐘內跑完 100 公尺是一種能力的問題，但是卻無法接受學生在聽完教師的物理課後，或甚至是觀察實際的水面是水平的現象後，仍然不知道水面是水平的現象也是一種能力的問題。

根據皮亞傑的理論，水平面概念是屬於具體操作期的能力（IIIB）。因此對學生水平面概念的診斷也是對學生整體認知成長或學習能力的診斷。它的意義並不只局限於對學生水平面概念或參考座標系能力的瞭解，而是具有更高層的意義。本研究的結果與分析，使我們對於此一診斷的意義與方法有更深入的瞭解與掌握。

誌　謝

本研究承蒙國科會專題研究計畫經費之補助(NSC84-2511-S-003-005)、相關測試學校之行政支援、研究助理王欣芝及眾多研究所同學的參與測試工作與資料整理等，才使得本研究得以順利完成，謹在此致最高的謝意。

參考文獻

1. 黃湘武和邱韻如（1997）：水平面概念的群體式實驗學習和個別式自我學習的效果研究。科學教育學刊, 5(1), 59-84。
2. 黃湘武、邱韻如和莊福泰（1995）：我國學生水平面及空間概念成長之研究。科學教育學刊, 3(2), 168-188。
3. Abravanel, E., & Gingold, H. (1977). Perceiving and representing orientation: effects of the spatial framework. *Merrill Palmer Quarterly, 23(4),* 265-78.
4. Abravanel, E., & Gingold, H. (1982). Evidence for perceptual influences in understanding liquid level invariance. *Journal of Genetic Psychology, 140,* 237-247.
5. Asch, S. E., & Witkin, H. A. (1948). Studies in space orientation: Perception of the upright with displaced visual fields. *Experimental Psychology ,38,* 325-337.
6. Beilin, H., Kagan, J., & Rabinowitz,R. (1966). Effects of verbal and perceptual training on water level representation. *Child Development, 37,* 317-329.
7. Foorman, B. R. (1981). A neopiagetian analysis of four-year-olds' performance on water-level task. *Perceptual and Motor Skill, 52,* 631-639.

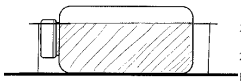
8. Ford, L. H. (1970). Predictive versus perceptual responses to Piaget's water-line task and their relation to distance conservation. *Child Development, 41,* 193-204.
9. Kalichman, S. C. (1987). *Water running-up-hill: a closer look at sex difference in perceiving the invariant horizontality of liquids.* paper presented at the 33rd meeting on the Southeastern Psychological Association.
10. Laurendeau, M, & Pinard, A. (1970). *The development of the concept of space in the child.* New York: International university press .
11. Liben, L. S. (1974). Operative understanding of horizontality and its relation to long-term memory. *Child Development, 45,* 416-424.
12. 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.
13. Liben, L. S. (1991). Adults' performance on horizontality tasks: Conflicting frames of reference. *Developmental Psychology, 27(2),* 285-294.
14. 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.
15. 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.
16. Liben, L. S., & Golbeck, S. L. (1986). Adults' demonstration of underlying euclidean concepts in relation to task context. *Developmental Psychology, 22(4),* 487-490.
17. Maxwell, J. W., Croake, J. W., & Biddle, A. P. (1975). Sex differences in the comprehension of spatial Orientation. *Journal of Psychology, 91,* 127-131.
18. 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.
19. 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.
20. Piaget, J. (1964). Cognitive development in children:Development and learning *Journal of Research in Science Teaching, 2,* 176-186.
21. Piaget, J., & Inhelder, B. (1956). *The child's conception of space.* Routledge & Kegan Paul, London.
22. Piaget, J., Inhelder, B., & Szeminska, A. (1960). *The child's conception of geometry.* W. W. Norton & Company, New York & London.
23. Piaget, J. (1960). *The Psychology of Intelligence.* Paterson, N. J.: Littlefield, Adams, 1960.
24. Randall,T.M. (1980). Training the horizontality concept in a group of nontransitional children. *Journal of Genetic Psychology, 136,* 213-220.
25. Siegel, S. (1956). Nonparametric statics for the behavioral sciences. *Mcgraw-Hill Book Company.*
26. 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.
27. 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.

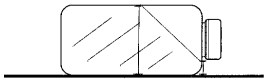
28. Thomas, H., & Jamison, W. (1975). On the acquisition of understanding that still water is horizontal. *Merrill-Palmer Quarterly, 21(1),* 31-44.
29. Thomas, H., & Turner, G. F. W. (1991). Individual differences and development in water-level task performance. *Journal of Experimental Child Psychology, 51,* 171-194.
30. 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.
31. 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.
32. Willemsen, E., & Reynolds, B. (1973). Sex differences in adults' judgments of the horizontal. *Developmental Psychology, 8(2),* 309.

附件 A：題組甲水面高度測量模式

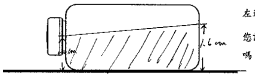
圖1：高度測量模式Y



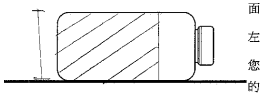
請用尺在您的圖上量出瓶子中水面左右兩邊距離桌面的高度：
左邊高度 1.8 ；右邊高度 1.8
您認爲瓶子中水面兩邊距離桌面的高度有一樣嗎？ 一樣
您認爲瓶子中的水面有和桌面一樣平平的嗎？ 一樣平
爲什麼？ 因為當水靜止後它就不會流動所以和桌子樣平。



請用尺在您的圖上量出瓶子中水面左右兩邊距離桌面的高度：
左邊高度 2.4 ；右邊高度 1.6
您認爲瓶子中水面兩邊距離桌面的高度有一樣嗎？ 沒有
您認爲瓶子中的水面有和桌面一樣平平的嗎？ 有
爲什麼？ 瓶子是倒的，但的水面仍然是平的。

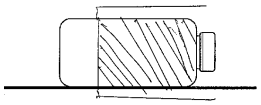


左邊高度 1.7 ；右邊高度 1.6
您認為瓶子中水面兩邊距離桌面的高度有一樣嗎？ 沒有
您認為瓶子中的水面有和桌面一樣平平的嗎？ 沒有 為什麼？
如果當時水平，水無法很平均分配整個瓶子，
如果當時水有高過手以上
水就能很平均的分配在瓶中和桌面一樣平平的。

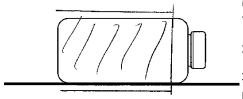


請用尺在您的圖上量出瓶子中水面左右兩邊距離桌面的高度：
左邊高度 2.5 ；右邊高度 0
您認爲瓶子中水面兩邊距離桌面的高度有一樣嗎？ 沒有
您認爲瓶子中的水面有和桌面一樣平平的嗎？ 有
爲什麼？ 因為瓶子是側過來而不斜

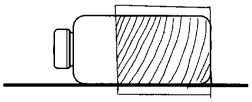
圖2：高度測量模式PB



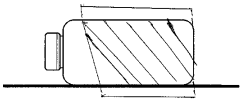
請用尺在您的圖上量出瓶子中水面左右兩邊距離桌面的高度：
左邊高度 4.2 ；右邊高度 4.2
您認爲瓶子中水面兩邊距離桌面的高度有一樣嗎？ 有
您認爲瓶子中的水面有和桌面一樣平平的嗎？ 會
爲什麼？ 水面是時就算這樣就會跟桌面一樣



請用尺在您的圖上量出瓶子中水面左右兩邊距離桌面的高度：
左邊高度 5.4 ；右邊高度 5.1
您認爲瓶子中水面兩邊距離桌面的高度有一樣嗎？ 不一樣
您認爲瓶子中的水面有和桌面一樣平平的嗎？ 沒有
爲什麼？ 瓶子中的太多了0

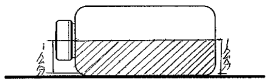


請用尺在您的圖上量出瓶子中水面左右兩邊距離桌面的高度：
左邊高度 3.4 ；右邊高度 3.4
您認爲瓶子中水面兩邊距離桌面的高度有一樣嗎？ 沒有
您認爲瓶子中的水面有和桌面一樣平平的嗎？ 不一樣
爲什麼？
因為瓶子的水面有斜斜的，而桌面沒有是平的。

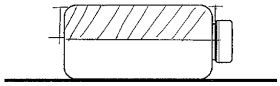


請用尺在您的圖上量出瓶子中水面左右兩邊距離桌面的高度：
左邊高度 3.5 ；右邊高度 4.3
您認爲瓶子中水面兩邊距離桌面的高度有一樣嗎？ 沒有
您認爲瓶子中的水面有和桌面一樣平平的嗎？ 不會
爲什麼？ 因為水面是平的

圖3：高度測量模式VB



左邊高度 1公分 ；右邊高度 1公分
您認為瓶子中水面兩邊距離桌面的高度有一樣嗎？ 一樣
您認為瓶子中的水面有和桌面一樣平平的嗎？ 一樣 甲
為什麼？
因為 瓶子的重定是貼在桌面上，所以瓶子裡的水是小平的

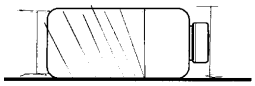


請用尺在您的圖上量出瓶子中水面左右兩邊距離桌面的高度：
左邊高度 1 ；右邊高度 1.1
您認爲瓶子中水面兩邊距離桌面的高度有一樣嗎？ 沒有
您認爲瓶子中的水面有和桌面一樣平平的嗎？ 沒有
爲什麼？
因為瓶子中有一點沒和桌面平放一起，所以沒有平平的，

圖4：高度測量模式V/N

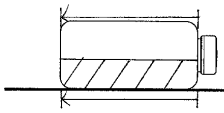


請用尺在您的圖上量出瓶子中水面左右兩邊距離桌面的高度：
左邊高度 2.4；右邊高度 2.4
您認爲瓶子中水面兩邊距離桌面的高度有一樣嗎？ 有
您認爲瓶子中的水面有和桌面一樣平平的嗎？ 沒有
爲什麼？

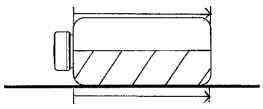


請用尺在您的圖上量出瓶子中水面左右兩邊距離桌面的高度：
左邊高度 2.5公分 右邊高度 2.5公分
您認爲瓶子中水面兩邊距離桌面的高度有一樣嗎？ 有
您認爲瓶子中的水面有和桌面一樣平平的嗎？ 有
爲什麼？

圖5：高度測量模式BB

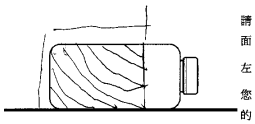


左邊高度 4.5 cm；右邊高度 4.5 cm
您認為瓶子中水面兩邊距離桌面的高度有一樣嗎？ 有
您認為瓶子中的水面有和桌面一樣平平的嗎？ 是
為什麼？ 因為桌面是水平的，水也應該是水平的。

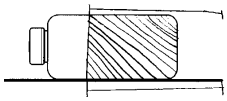


左邊高度 4.5 cm；右邊高度 4.5 cm
您認為瓶子中水面兩邊距離桌面的高度有一樣嗎？ 有
您認為瓶子中的水面有和桌面一樣平平的嗎？ 是
為什麼？ 因為桌面是水平的，水也應該是水平的。

圖6：高度測量模式PBL



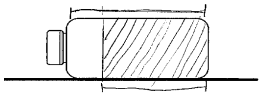
請用尺在您的圖上量出瓶子中水面左右兩邊距離桌面的高度：
左邊高度 3.5；右邊高度 3.6
您認爲瓶子中水面兩邊距離桌面的高度有一樣嗎？ 不一樣
您認爲瓶子中的水面有和桌面一樣平平的嗎？ 沒有
爲什麼？ 因為把他用倒U



請用尺在您的圖上量出瓶子中水面左右兩邊距離桌面的高度：
左邊高度 1 ；右邊高度 1
您認爲瓶子中水面兩邊距離桌面的高度有一樣嗎？ 沒有
您認爲瓶子中的水面有和桌面一樣平平的嗎？ 沒有
爲什麼？

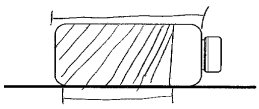
圖7：高度測量模式MIX（混合式）

（一邊為BB模式；另邊為PB模式）



請用尺在您的圖上量出瓶子中水面左右兩邊距離桌面的高度：
左邊高度 3.7；右邊高度 4.6
您認爲瓶子中水面兩邊距離桌面的高度有一樣嗎？ 有一樣

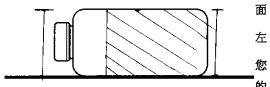
您認爲瓶子中的水面有和桌面一樣平平的嗎？ 沒有平的
爲什麼？



請用尺在您的圖上量出瓶子中水面左右兩邊距離桌面的高度：
左邊高度 5.2；右邊高度 3.8
您認爲瓶子中水面兩邊距離桌面的高度有一樣嗎？ 不一樣

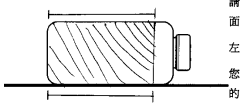
您認爲瓶子中的水面有和桌面一樣平平的嗎？ 有平的
爲什麼？

（題二為V/N模式；題八為PB模式）



請用尺在您的圖上量出瓶子中水面左右兩邊距離桌面的高度：
左邊高度 2.5；右邊高度 2.5
您認爲瓶子中水面兩邊距離桌面的高度有一樣嗎？ 一樣

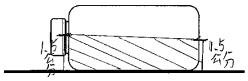
您認爲瓶子中的水面有和桌面一樣平平的嗎？ 有
爲什麼？ 因為瓶子平放在桌面上，而瓶子中的水也會隨著瓶子而平的。



請用尺在您的圖上量出瓶子中水面左右兩邊距離桌面的高度：
左邊高度 4.1；右邊高度 4.1
您認爲瓶子中水面兩邊距離桌面的高度有一樣嗎？ 有

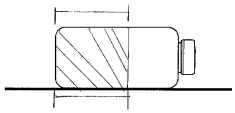
您認爲瓶子中的水面有和桌面一樣平平的嗎？ 有
爲什麼？ 因為瓶子中的水.重心在下面，橫橫放當然水會平的。
或自放

（題二為YY模式；題八為PB模式）



請用尺在您的圖上量出瓶子中水面左右兩邊距離桌面的高度：
左邊高度 1.5；右邊高度 1.5
您認爲瓶子中水面兩邊距離桌面的高度有一樣嗎？ 有

您認爲瓶子中的水面有和桌面一樣平平的嗎？ 有
爲什麼？



請用尺在您的圖上量出瓶子中水面左右兩邊距離桌面的高度：
左邊高度 2.9；右邊高度 2.9
您認爲瓶子中水面兩邊距離桌面的高度有一樣嗎？ 有

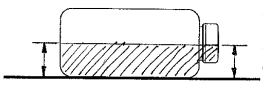
您認爲瓶子中的水面有和桌面一樣平平的嗎？ 有　爲什麼？
因為這個瓶子的水面和桌面一樣平平的而且量出來的水面高度都是一樣的。

（題二為VB模式；題八為YY模式）



左邊高度 0.5；右邊高度 1
您認為瓶子中水面兩邊距離桌面的高度有一樣嗎？ 是的

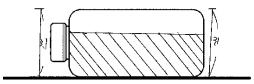
您認為瓶子中的水面有和桌面一樣平平的嗎？ 否
為什麼？
因為瓶內的水有表面張力，所以無法與桌面平行



左邊高度 1.1；右邊高度 1.1
您認為瓶子中水面兩邊距離桌面的高度有一樣嗎？ 是的

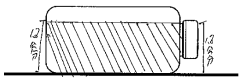
您認為瓶子中的水面有和桌面一樣平平的嗎？ 否
為什麼？
因為桌面的水有表面張力，所以無法與桌面平行

（題二為V/N模式；題八YY模式）



請用尺在您的圖上量出瓶子中水面左右兩邊距離桌面的高度：
左邊高度 3.1；右邊高度 3.1
您認爲瓶子中水面兩邊距離桌面的高度有一樣嗎？ 是

您認爲瓶子中的水面有和桌面一樣平平的嗎？ 是的一樣
爲什麼？ ~~因為超級~~ 她時把他，那可，我們的人沒有把他感覺是平。很平的。

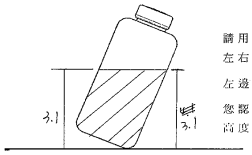


請用尺在您的圖上量出瓶子中水面左右兩邊距離桌面的高度：
左邊高度 1.3；右邊高度 1.3
您認爲瓶子中水面兩邊距離桌面的高度有一樣嗎？ 是是

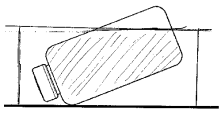
您認爲瓶子中的水面有和桌面一樣平平的嗎？ 一樣
爲什麼？ 水平的瓶子一樣，一樣的一打倒就沒有他的高。~~水平的平平一樣有的。~~

附件 B：題組乙水面高度測量模式

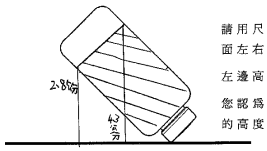
圖8：高度測量模式Y



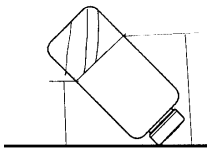
請用尺在您的圖上量出瓶子中水面左右兩邊距離桌面的高度：
左邊高度 3.1；右邊高度 3.1
您認爲瓶子中水面兩邊距離桌面的高度有一樣嗎？ 有
您認爲瓶子中的水面有和桌面一樣平平的嗎？ 有
爲什麼？
雖瓶為斜放於桌面，但也受地心引力影響，與桌面一樣平平的。



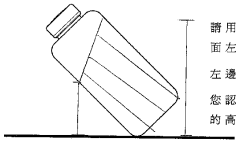
請用尺在您的圖上量出瓶子中水面左右兩邊距離桌面的高度：
左邊高度 3；右邊高度 3
您認爲瓶子中水面兩邊距離桌面的高度有一樣嗎？ 一樣
您認爲瓶子中的水面有和桌面一樣平平的嗎？ 一樣 高
爲什麼？



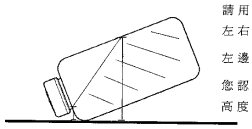
請用尺在您的圖上量出瓶子中水面左右兩邊距離桌面的高度：
左邊高度 2.8cm；右邊高度 4.3cm
您認爲瓶子中水面兩邊距離桌面的高度有一樣嗎？ 不一樣
您認爲瓶子中的水面有和桌面一樣平平的嗎？ 沒有
爲什麼？



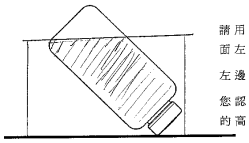
請用尺在您的圖上量出瓶子中水面左右兩邊距離桌面的高度：
左邊高度 3.4；右邊高度 4.1
您認爲瓶子中水面兩邊距離桌面的高度有一樣嗎？ 沒有
您認爲瓶子中的水面有和桌面一樣平平的嗎？ 一樣
爲什麼？因為瓶子怎麼歪水還是很平。



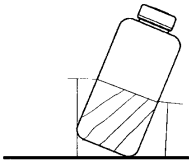
請用尺在您的圖上量出瓶子中水面左右兩邊距離桌面的高度：
左邊高度 2；右邊高度 4.5
您認爲瓶子中水面兩邊距離桌面的高度有一樣嗎？ 不一樣
您認爲瓶子中的水面有和桌面一樣平平的嗎？
爲什麼？因為瓶子放斜的



請用尺在您的圖上量出瓶子中水面左右兩邊距離桌面的高度：
左邊高度 0.5；右邊高度 3.1
您認爲瓶子中水面兩邊距離桌面的高度有一樣嗎？ 沒有
您認爲瓶子中的水面有和桌面一樣平平的嗎？ 有
爲什麼？
因為瓶子是倒著的，水是斜的原理一樣，水是平的

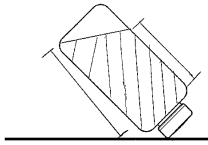


請用尺在您的圖上量出瓶子中水面左右兩邊距離桌面的高度：
左邊高度 3.9；右邊高度 3.9
您認爲瓶子中水面兩邊距離桌面的高度有一樣嗎？ 一樣
您認爲瓶子中的水面有和桌面一樣平平的嗎？ 一樣 平
爲什麼？因為水離止後它不再流動就和地平等了。



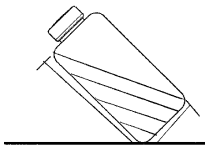
請用尺在您的圖上量出瓶子中水面左右兩邊距離桌面的高度：
左邊高度 3；右邊高度 2
您認爲瓶子中水面兩邊距離桌面的高度有一樣嗎？ 沒有
您認爲瓶子中的水面有和桌面一樣平平的嗎？ 一樣
爲什麼？因為不管瓶子怎樣歪水還是平平的。

圖9：高度測量模式PB



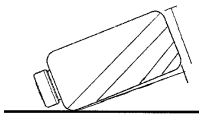
請用尺在您的圖上量出瓶子中水面左右兩邊距離桌面的高度：
左邊高度 4.2；右邊高度 3
您認爲瓶子中水面兩邊距離桌面的高度有一樣嗎？ 沒有

您認爲瓶子中的水面有和桌面一樣平平的嗎？ 沒有
爲什麼？
因爲瓶子中的水面和桌面沒有平放在一起，所以沒有平平的。



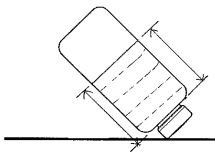
請用尺在您的圖上量出瓶子中水面左右兩邊距離桌面的高度：
左邊高度 4公分；右邊高度 3公分
您認爲瓶子中水面兩邊距離桌面的高度有一樣嗎？ 沒有

您認爲瓶子中的水面有和桌面一樣平平的嗎？ 沒有
爲什麼？ 因為他的瓶子沒有平平的。



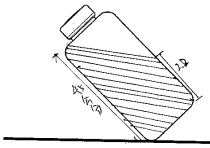
請用尺在您的圖上量出瓶子中水面左右兩邊距離桌面的高度：
左邊高度 4公分；右邊高度 2公分
您認爲瓶子中水面兩邊距離桌面的高度有一樣嗎？ 沒有

您認爲瓶子中的水面有和桌面一樣平平的嗎？ 沒有
爲什麼？



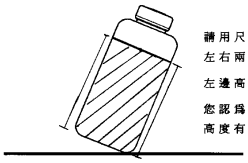
左邊高度 7.7；右邊高度 7.6
您認為瓶子中水面兩邊距離桌面的高度有一樣嗎？ 無

您認為瓶子中的水面有和桌面一樣平平的嗎？ 無
為什麼？ 因它並和桌面呈一定水平狀態



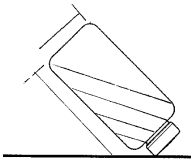
請用尺在您的圖上量出瓶子中水面左右兩邊距離桌面的高度：
左邊高度 4.5；右邊高度 3
您認爲瓶子中水面兩邊距離桌面的高度有一樣嗎？ 不是

您認爲瓶子中的水面有和桌面一樣平平的嗎？ 不一樣
爲什麼？ 因為水中的光有的一段在一段為成不一樣的



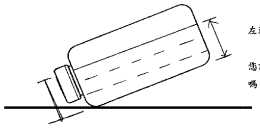
請用尺在您的圖上量出瓶子中水面左右兩邊距離桌面的高度：
左邊高度 3.9公分 右邊高度 3.9公分
您認爲瓶子中水面兩邊距離桌面的高度有一樣嗎？ 有

您認爲瓶子中的水面有和桌面一樣平平的嗎？ 沒有
爲什麼？ 因為雖然它高度一樣，但是它的傾斜度使了水面和桌面的平要不同。



請用尺在您的圖上量出瓶子中水面左右兩邊距離桌面的高度：
左邊高度 4公分；右邊高度 2公分
您認爲瓶子中水面兩邊距離桌面的高度有一樣嗎？ 沒有

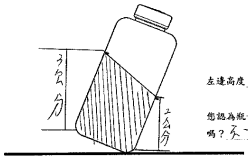
您認爲瓶子中的水面有和桌面一樣平平的嗎？ 沒有
爲什麼？



左邊高度 1.9；右邊高度 1.9
您認為瓶子中水面兩邊距離桌面的高度有一樣嗎？ 無

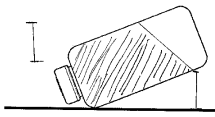
您認為瓶子中的水面有和桌面一樣平平的嗎？ 為什麼？
瓶有此液的瓶子，和桌面斜；表示和桌面有一段段則此面与桌面之垂直距離亦不同

圖10：高度測量模式VB



左邊高度 5；右邊高度 2
您認為瓶子中水面兩邊距離桌面的高度有一樣嗎？ 不一樣

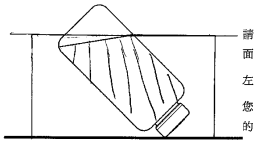
您認為瓶子中的水面有和桌面一樣平平的嗎？ 沒有平
為什麼？
因為瓶子只有一只腳平放在桌子的面，而另一只腳卻離開桌面，所以不可能達到水平



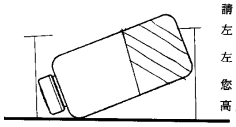
請用尺在您的圖上量出瓶子中水面左右兩邊距離桌面的高度：
左邊高度 14度；右邊高度 14度
您認爲瓶子中水面兩邊距離桌面的高度有一樣嗎？ 有

您認爲瓶子中的水面有和桌面一樣平平的嗎？ 有
爲什麼？

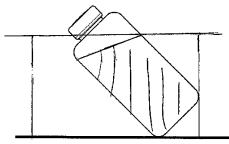
圖11：高度測量模式V/N



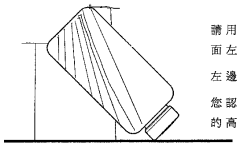
請用尺在您的圖上量出瓶子中水面左右兩邊距離桌面的高度：
左邊高度3.9；右邊高度3.9
您認爲瓶子中水面兩邊距離桌面的高度有一樣嗎？沒有
您認爲瓶子中的水面有和桌面一樣平平的嗎？沒有
爲什麼？因為瓶子是歪的所以水也和瓶子一樣



請用尺在您的圖上量出瓶子中水面左右兩邊距離桌面的高度：
左邊高度3；右邊高度3.4
您認爲瓶子中水面兩邊距離桌面的高度有一樣嗎？沒有
您認爲瓶子中的水面有和桌面一樣平平的嗎？是一樣
爲什麼？因為不管瓶子怎樣歪水還是一樣

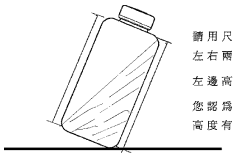


請用尺在您的圖上量出瓶子中水面左右兩邊距離桌面的高度：
左邊高度4；右邊高度4
您認爲瓶子中水面兩邊距離桌面的高度有一樣嗎？沒有
您認爲瓶子中的水面有和桌面一樣平平的嗎？沒有
爲什麼？因為瓶子是歪的所以水也一樣

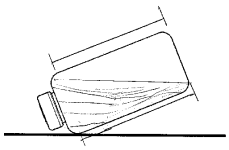


請用尺在您的圖上量出瓶子中水面左右兩邊距離桌面的高度：
左邊高度5.1；右邊高度3.6
您認爲瓶子中水面兩邊距離桌面的高度有一樣嗎？沒有
您認爲瓶子中的水面有和桌面一樣平平的嗎？沒有
爲什麼？

圖12：高度測量模式BB

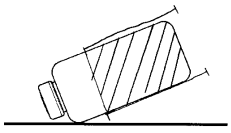


請用尺在您的圖上量出瓶子中水面左右兩邊距離桌面的高度：
左邊高度4.7；右邊高度4.7
您認爲瓶子中水面兩邊距離桌面的高度有一樣嗎？不一樣
您認爲瓶子中的水面有和桌面一樣平平的嗎？一樣
爲什麼？

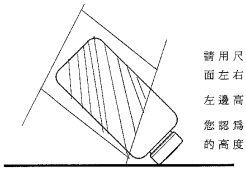


請用尺在您的圖上量出瓶子中水面左右兩邊距離桌面的高度：
左邊高度4.6；右邊高度4.5
您認爲瓶子中水面兩邊距離桌面的高度有一樣嗎？不一樣
您認爲瓶子中的水面有和桌面一樣平平的嗎？不一樣
爲什麼？

圖13：高度測量模式PBL

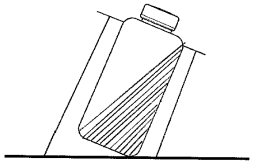


請用尺在您的圖上量出瓶子中水面左右兩邊距離桌面的高度：
左邊高度4.1；右邊高度4.2
您認爲瓶子中水面兩邊距離桌面的高度有一樣嗎？有
您認爲瓶子中的水面有和桌面一樣平平的嗎？
爲什麼？

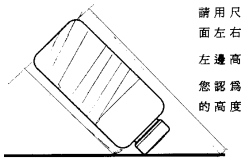


請用尺在您的圖上量出瓶子中水面左右兩邊距離桌面的高度：
左邊高度0.1；右邊高度0.1
您認爲瓶子中水面兩邊距離桌面的高度有一樣嗎？有
您認爲瓶子中的水面有和桌面一樣平平的嗎？有
爲什麼？因為都在水面的平桌面的兩邊。

圖14：高度測量模式BBP

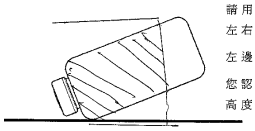


請用尺在您的圖上量出瓶子中水面左右兩邊距離桌面的高度：
左邊高度5.5；右邊高度4.3
您認爲瓶子中水面兩邊距離桌面的高度有一樣嗎？不一樣
您認爲瓶子中的水面有和桌面一樣平平的嗎？不一樣



請用尺在您的圖上量出瓶子中水面左右兩邊距離桌面的高度：
左邊高度7.2公分右邊高度4.4公分
您認爲瓶子中水面兩邊距離桌面的高度有一樣嗎？沒有
您認爲瓶子中的水面有和桌面一樣平平的嗎？有
爲什麼？

圖15：高度測量模式LB



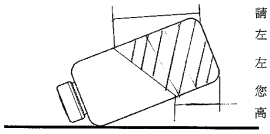
請用尺在您的圖上量出瓶子中水面左右兩邊距離桌面的高度：

左邊高度 4 ；右邊高度 3.5

您認爲瓶子中水面兩邊距離桌面的高度有一樣嗎？ 沒有

您認爲瓶子中的水面有和桌面一樣平平的嗎？ 穩

爲什麼？ 瓶子是斜的放幾個也都會這樣歪不會跟桌面一樣



請用尺在您的圖上量出瓶子中水面左右兩邊距離桌面的高度：

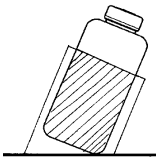
左邊高度 1.6 ；右邊高度 3.1

您認爲瓶子中水面兩邊距離桌面的高度有一樣嗎？ 沒有

您認爲瓶子中的水面有和桌面一樣平平的嗎？ 沒有

爲什麼？

圖16：高度測量模式P



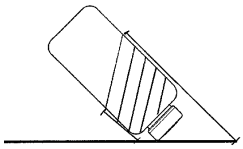
請用尺在您的圖上量出瓶子中水面左右兩邊距離桌面的高度：

左邊高度 4.5 ；右邊高度 3.3

您認爲瓶子中水面兩邊距離桌面的高度有一樣嗎？ 沒有

您認爲瓶子中的水面有和桌面一樣平平的嗎？ 沒有

爲什麼？ 因爲瓶中的水面是斜的而桌面是平的



請用尺在您的圖上量出瓶子中水面左右兩邊距離桌面的高度：

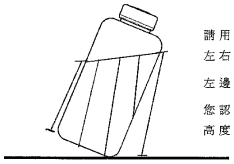
左邊高度 10公分 ；右邊高度 5公分

您認爲瓶子中水面兩邊距離桌面的高度有一樣嗎？ 不一樣

您認爲瓶子中的水面有和桌面一樣平平的嗎？ 不一樣

爲什麼？

圖17：題組乙之高度測量模式MIX（混合式）



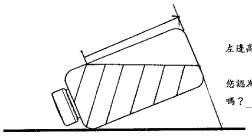
請用尺在您的圖上量出瓶子中水面左右兩邊距離桌面的高度：

左邊高度 30；右邊高度 43

您認爲瓶子中水面兩邊距離桌面的高度有一樣嗎？ 沒有

您認爲瓶子中的水面有和桌面一樣平平的嗎？ 沒有

爲什麼？



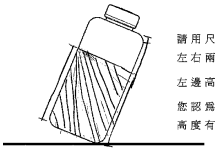
左邊高度 4.2cm；右邊高度 3.6cm

您認為瓶子中水面兩邊距離桌面的高度有一樣嗎？ 沒有

您認為瓶子中的水面有和桌面一樣平平的嗎？ 是

為什麼？

因為桌子是水平的，所以水應該也是水平的。



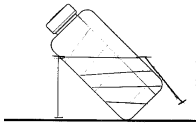
請用尺在您的圖上量出瓶子中水面左右兩邊距離桌面的高度：

左邊高度 39；右邊高度 48

您認爲瓶子中水面兩邊距離桌面的高度有一樣嗎？ 不一樣

您認爲瓶子中的水面有和桌面一樣平平的嗎？ 有點斜

爲什麼？



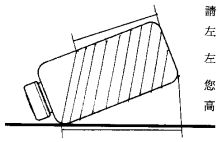
請用尺在您的圖上量出瓶子中水面左右兩邊距離桌面的高度：

左邊高度 41；右邊高度 17

您認爲瓶子中水面兩邊距離桌面的高度有一樣嗎？ 沒有

您認爲瓶子中的水面有和桌面一樣平平的嗎？ 沒有

爲什麼？



請用尺在您的圖上量出瓶子中水面左右兩邊距離桌面的高度：

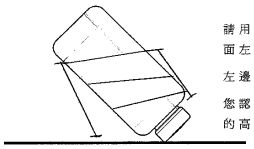
左邊高度 45；右邊高度 33

您認爲瓶子中水面兩邊距離桌面的高度有一樣嗎？ 沒有

您認爲瓶子中的水面有和桌面一樣平平的嗎？ 沒有

爲什麼？

因為他是斜的水倒進來也會不小心流到上面的這一邊。



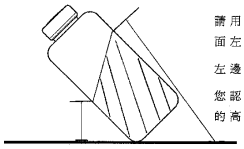
請用尺在您的圖上量出瓶子中水面左右兩邊距離桌面的高度：

左邊高度 40；右邊高度 23

您認爲瓶子中水面兩邊距離桌面的高度有一樣嗎？ 沒有

您認爲瓶子中的水面有和桌面一樣平平的嗎？ 沒有

爲什麼？



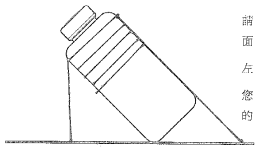
請用尺在您的圖上量出瓶子中水面左右兩邊距離桌面的高度：

左邊高度 1.5；右邊高度 5.5

您認爲瓶子中水面兩邊距離桌面的高度有一樣嗎？ 沒有

您認爲瓶子中的水面有和桌面一樣平平的嗎？ 沒有

爲什麼？



請用尺在您的圖上量出瓶子中水面左右兩邊距離桌面的高度：

左邊高度 7；右邊高度 6.6

您認爲瓶子中水面兩邊距離桌面的高度有一樣嗎？ 不一樣

您認爲瓶子中的水面有和桌面一樣平平的嗎？ 很是

爲什麼？ 因為瓶子朝左上面水也跟著瓶子朝左上會，但是桌子是平的，和水不一樣平。

A Developmental Study of Students' Conceptions of Height and Horizontality in the Water-Line Problem

Hsiang-Wu Huang
Development of Physics, National Taiwan Normal University

Abstract

This was a correlational study of the development of students' conceptions of water-line horizontality and water-line height measurement. It was found that the conception of correct water-line height measurement was equivalent to the mental ability of constructing an external reference frame and, thus, was a necessary condition for the conceptual development of water-line horizontality. Of the 954 students who demonstrated a correct conception of horizontality, as much as 97% demonstrated a correct conception of height measurement. We also found that a correct conception of height measurement was not a sufficient condition for a correct conception of horizontality. Of the 1681 students who demonstrated a correct conception of height measurement, only about 55% of demonstrated a correct conception of horizontality. This insufficiency explained the students' limited learning in any activity. The ration of students who first developed the correct conception of height measurement to those who first developed a correct conception of horizontality was about 30 ($p<0.001$). The data also indicated the type of incorrect height measurements peformed by students changed from problem to problem. These changes indicated that the process of choosing the type of height measurement in different problem involved different aspects of space construction. The conception of height measurement, or the construction ability. A group of 2400 elementary school, high school, and vocational school students comprised the sample. The study improved our understanding of students' conceptual development of space, and the results will be valuable for the design or diagnosing of additional learning activities.

Key words: water level, space; reference frame, development, concept, Piaget.