



測量理論與計量方法 Measurement Theory and Quantitative Methodology

本章討論測量理論與問卷設計，後者再包括問卷的結構、測量方法：直接詢問法、態度行為測量法、預測模式法。

一般教科書級的文獻，經常將調查程序的這項階段稱為「問卷設計 Questionnaires Design」，而忽略了其基礎的「測量 Measurement」意義，問卷設計不僅是出題目，更是測量受訪者心理、態度、行為的方法，借以達成收集決策資料的目的。問卷實際相當於一項測量工具。

一、測量理論

吳統雄的『[民意測驗的挑戰與回應：「定量方法」對「定性方法」](#)』一文，建議了「測量理論」在人類行為研究實施上的體系，與 operational definition、「可測性」或「可計量化」定義；operational definition 一般中譯為「操作化定義」，是由 operational 一般字典式直譯而來。其實，就數學專業言，operation 就是「運算」，譬如運算子就是 operator。數學運算的對象必須是數據，所以，分析對象的資料，必須具備「可測性」，才能獲得可分析的數據。

吳統雄解釋「定性研究」與「定量研究」的差異為：如果以完全不可物理測量的研究為典型的定性研究，完全可以物理測量的研究為典型的定量研究，則定性研究到定量研究的變動，隨著可測量的程度而變動。

人類行為研究經常表面看起來是不可測、不易測的，研究者就是要將這些不可測、不易測的對象，使其產生「可測性」或「可計量化」。

(一)一個測量的實例與啟示

在申論之前，嘗試先看一個具體的實例：

裕隆汽車公司在跟隨日本車型多年之後，決定要自力發展車型，於是成立了汽車設計中心。假如你是這所中心的負責人，請問你第一項要執行的研究是什麼？

世界上絕大多數傑出的工程師，以及事實上的選擇是：測量。

測量的對象是國際上各種名牌汽車，測量項目包括各輛汽車的長、寬、高，每一個平面的幅度與彼此間的比例，以瞭解外型結構和



汽車輕巧省油的關係，推算出一個最佳組合，然後根據基本規則設計新造型。這種研究程序將可減少許多摸索的浪費。

但值得注意的是，在測量的同時，一種非物理測量的觀察與領會也同時在進行。

譬如說在汽車許多界面交會處，有些汽車採直角，有些汽車為圓弧。角或弧可能對汽車的輕巧省油並沒有影響，只是造成對「美」的不同的感受。這種美感並無法物理測量，只能由觀察而領會。

到了汽車藍圖定案的時候，在影響輕巧省油的結構方面，由於有測量所得的資料作依據，經過討論，可能終於形成趨於一致的見解；但對於美感的部分，可能由於各人領會不同而爭論不休，不過，最後還是會交由設計中心主任、總工程師、以及少數核心分子，作主觀的裁決。

或者，也可能交付「市場調查」，採用「態度量表」、亦即時程的「問卷」，測量受訪者對各種造型美感的「贊成」程度。

新車一旦上市，可能由於汽車結構與美感兩方面都受到消費者的喜愛而大為成功；但也可能由於結構的錯誤，或是美感不能迎合客戶的口味而使銷售受到嚴重挫折。

從這個實例可以得四個啟示：

1.任何研究，即使如設計汽車如此「物理」的研究亦包含定性與定量的部分。

2.定量研究的部分是可物理測量的部分，如汽車的長寬高；定性研究的部分是不可物理測量的部分，如車體的美感。

3.定量研究的結構較易有一致的見解，其效果可大致根據測量的謹慎與精確程度決定。

4.定性研究的結論較無一致的見解，其效果往往依研究者個人或少數菁英成員的賭博性膽識。而當前許多人類行為研究，則使用各種態度量表來測量。

(二)測量理論的可測性

本文作者所提出的「可測性」，並非一般常識中關於物理度量衡的可測性。上述實例，須經深入闡發。大體而言，完整的「測量理論」應考慮以下四項層面：

1、等距可測量性

等距可測量性就是被測量物體，可以用等距度測量記錄，如長度、重量、度等是。一般的度量衡均具有等距可測量，亦即常識中的「可測性」。



2、理論性定位可測量性

可以測量的事物其實不一定需要具體可見的事物，即如物理科學研究的事物，屬於具體事物固多，但屬於抽象不可見者亦不少。譬如物理動力學的基本理論為：

$$f = ma$$

即 力 = 質量 * 加速度

其中「力」是一項抽象不可見的特質，但「質量」是可等距測量的事物，「加速度」亦為可以等距測量的事件，因而「力」也可以得到明確的「理論定位」，可以測量出「力」的大小，因此，對「力」的研究也仍屬定量研究。這種雖不可見，但經由「理論定位」而可以明確測量的可能，便稱為「理論定位可測性」。

相對的，假設一位傳播研究試擬一道傳播效果的理論如：

傳播效果 = 閱聽人信心 * 接受傳播頻率

「閱聽人信心」本身就是一種缺乏定位，難以測量的態度；至於「接受傳播頻率」雖是比較具體的行為，但牽涉事物也頗為駁雜，難以測量。預測變項的可測量性已低，作為效標的「傳播效果」其「理論定位」自然不明確，它的「理論定位可測量性」自然也低了。

3、預測變項的確立

一般說來，預測變項的等距可測性愈高，效標變項的理論定位可測性也愈高。但是有時候效標變項因應的預測變項取捨不一定，也會影響到效標的理論定位，使得測量不穩定。

譬如有些醫師認為對「健康」的測量，只要測量體溫、血壓、身高、體重就夠了，測量出這四種變項的正常程度，就已經把「健康」定位，測量出「健康」的正常程度。但是，也許有些醫師認為只測量這四項還不能定位健康，還要再加測肺活量。也許還有些醫師仍不滿意，認為還再增加測量血醣量。上述體溫、血壓、身高、體重、肺活量、血醣量都是可以等距測量的變項，但對於「健康」到底該包括那些變項，醫生之間沒有一定共識，使得「健康」的理論定位不穩定，測量效果自然不周延。

另外，對於「健康」這類「生理現象」，20世紀初學者逐漸發展出了「第2類計量思想」與「第2類計量方法」，此即一般人認知的「統計」、較精確的名稱應為「推論統計」，文後將再闡述。



4、測量工具

測量需要依工具，工具的優劣直接影響測量效果。譬如在測量動力學中的「質量」時，可以用壓力秤來稱，也可以用天平秤，但壓力秤會受到重力的影響，不如使用天平秤來得精純，因此，在選擇測量工具時，仍有許多推敲的地方。

在測量某些事物時，日常生活中可能並無適當、便利的工具，需要研究者設計，甚至想像創造。例如在前述裕隆公司測量汽車的時候，生活中便沒有適當的測量尺，如果用軟皮尺因陋就簡測量，效果可能不佳，所以就需設計一個三維向量的巨型尺座，在電腦輔助之下進行測量。

半個世紀以前，微粒子的尺寸是不可測量的，一個世紀以前，海底的深度也是不可測量的，它們事實上都有等距可測性，也沒有理論定位或是預測變項的問題，純粹是因為沒有測量工具。直到聲納、顯微測量工具陸續發明，它們的測量問題才迎刃而解。

從思考可測性的過程上，「測量工具」可能是最後一個因素；但執行測量的程序上，研究者卻需最先由測量工具的選擇、設計、創造入手。

(三)間接測量與虛擬量

前述一項假設的「傳播效果」理論為：
傳播效果 = 閱聽人信心 * 接受傳播

研究者進行測量的典型做法為：以態度量表測量「信心」，以使用與滿足量表測量「頻率」，每組量表包含若干項目，每個題目附有一個表尺，表尺的刻度如「相信、不相信」、「經常看電視、不常看電視」…等，測量後每一個刻度給一個分數，就成為一組測量數據。

值得注意的是，這種分數在方法學中稱為「虛擬量(vague quantities)」。因為，第一，「5」對「4」的差距，並無明顯證據等於「4」對「3」的差距，其間並無「等距可測性」；其次，它並無法確實分辨出某甲的「5」真正大於某乙的「4」，說不定事實上某乙的「4」反而大於某甲的「5」，因為所測的事物並無「理論定位可測性」。這種借助虛量的測量，實應稱為間接測量。

當然，有些學者會認為，少數受測事物之間的比較也許很不客觀，但是當受測樣本很多以後，根據常態分配法則，各種誤差又會彼此截長補短、修正歪曲了，而給予間接測量理論的基礎。然而，不幸的是，根據實際檢證，Bradburn(1979)發現一般人對虛擬量到底代表多大的「量」缺乏共同的觀感；Wind et al.(1979)發現由虛擬量構成的表尺，預測能力不夠好；Chase(1969)、Pepper(1974)則根本認為這種虛無的數值不足為憑。



社會科學所研究的對象，大多數沒有「等距可測性」，所採用的測量工具，如總加量表、階式量表、語義量表等，全屬間接測量工具；所獲得的數據也均為人工化勉強而得的數字。為了估計這些間接測量工具的精確程度，逐漸發展出「信度」與「效度」的觀念來推算測量工具的精確程度。這個觀念的興起，在樂觀的方面，對於改良設計工具、架設理論定位，均有相當的貢獻；往悲觀方面想，筆者整理文獻發現，大多數的間接測量工具信度與效度均偏低(吳統雄,民74)，間接測量工具距離理想的測量效果還是很遙遠。

然而，有些社會科學研究者因襲故步，缺少引起自省衝擊的機會，僅以嚴謹的態度自許，沒有體認到工具的粗糙，往往持著低效率的間接測量工具，獲得一筆不穩定的虛擬量，卻聲稱在執行典型的量化研究，這種態度是十分危險的。

二、測量與預測

科學的第一個境界，就是要達成預測，而預測必須先依靠測量。預測最簡易的抽象表達法，就是：以 X 預測 Y 。而描述、比較 X 與 Y 的單位、或特性，就是「測量」。

古典、狹義的定義， X, Y 就是物理對象，其測量結果就是直接量測出來的數字，如身高、體重。現代、廣義的測量， X, Y 可以是事件、或是「構念（即存在而看不見的特質）」，而其測量結果可能是一種「間接量測的數字」，如智商。

測量的過程稱為量化，測量的工具設計、量化的實施、量測數字的取得，其完整程序為「計量方法」。所以，科學必須具備廣義的「計量方法」。

(一)在生活中建構預測理論

再舉一個生活化的例子：

在『[一道月亮蝦餅，要經過108道工序、連拍打手勢都有規定！瓦城超誇張的「美味SOP」](#)』一文中報導：

『在兩岸開出百家連鎖餐廳，成為全台最大東方菜集團的瓦城泰統，創辦人徐承義即是發展出一套不設立「中央廚房」，但卻讓集團旗下五大品牌的700位廚師，透過選用的上千種香料食材，所料理出的近170道美味菜色，能大量複製且口味一致。』

達成的方法是：



『將烹煮東方大菜的刀工、火候和調味等，只能意會不可言傳的老師傅手藝，透過拆解建立標準化作業程序。以火候為例，即依爐火高度、顏色和集中度區分為8種，「文火」在瓦城的SOP上，就定義為火舌尖剛碰到鍋子底部，溫度約120度的紅色火焰，適用於爆香。又例如客人必點的月亮蝦餅為例，從選材開始就要依據海蝦、白蝦等3種以上不同蝦種，按照含水量、鮮甜度、纖維感，依比例製成蝦泥，每一種蝦的顆粒要打多碎、拍打的手勢如何都有規定，一共拆解成108道工序，如此一來，透過不同廚師的手，才能做出相同鮮、Q、厚、脆口感的招牌蝦餅。』

以上的報導是出於：經驗、「類科學」的回應與敘述。

如果就科學研究言，以上的報導就是要預測2個問題：

1. 什麼樣的火候適合爆香？
2. 蝦餅如何製作出鮮、Q、厚、脆的口感？

也從而發展出2項預測理論：

文火 → 爆香

108道工序 → 鮮、Q、厚、脆

(二)「文火 → 爆香」論的詮釋與辯難

第一個「文火 → 爆香」理論的自變項是「文火」，其理論性定位可測量性有三：

1. 120度，這是物理測量，具備等距可測量性，是很好的測量方法。但從科學角度來看，加上了一個「約」字，反而降低了其科學性。
2. 火舌尖剛碰到鍋子底部，這是略具物理性的視覺測量。
3. 紅色火焰，「顏色」在二戰之前，都還屬於「定性測量」，當前已經有了可以提供顏色「等距可測量性」的數位測量工具，但一般廚房會有這樣專業的測量儀器嗎？

「文火 → 爆香」論的最大辯難點，是：以上3項條件必須同時成立嗎？還是只要控制單一自變項「溫度」就夠了？

科學要以簡馭繁，許多理論中的自變項，可能是不必要的，加入後反而可能造成預測的誤差。

要回答以上問題，就是要設計多個兩兩比較的實驗與對照組，觀察是否可以排除不必要的自變項。



如果可以排除，就可以進階發展科學的第二境界：控制。亦即設計一種可控制溫度的瓦斯爐，就可以達到控制各種火候、與預測應用效果了。

(三)「108道工序 → 鮮、Q、厚、脆」論的詮釋與辯難

第二個「108道工序 → 鮮、Q、厚、脆」理論的自變項是「108道工序」，亦即有108個自變項。

原文提到的有：「含水量、鮮甜度、纖維感…拍打手勢…」，其中「含水量、鮮甜度、纖維感…」理論上可具備等距可測量性，但在廚房的環境中，如何實施？會不會又變成一種「感覺」而非「測量」呢？

又，其中「拍打手勢…」等，名稱上看似「類別變項」，定義相對較不易，有無可能改成可物理測量變項，如「拍打角度」？

這個例子證明，人類天性中都具備「類科學」的能力；但如何成長為真科學，還需要更多知識與方法的投入。

三、三類「計量思想」與「計量方法」

(一)第1類知識計量法基礎

Ⓐ 反身性、可加性

反身性、可加性就是歐幾里得（Euclid, 前325年~前265年）《幾何原本(Elements)》中，作為基礎 5公理(Axiom)的第一、第二公理：

1. 等於同量的量彼此相等。
2. 等量加等量，其和仍相等。

所謂「公理」，就是「不證自明」的判斷。

其他的3公理，其實可說是此基本2公理的延伸：

3. 等量減等量，其差仍相等。
4. 彼此能重合的物體是全等的。
5. 整體大於部分。

但我們可以發現，歐幾里得（包括後世的伽利略、牛頓）陷入了一個不自覺的思想（或知識論），就是把觀察與測量對象限制為「物質」「物理」。

反身性、可加性只有對「物質、物理」才是不證自明的。生物、生理現象，人類行為現象，並不存在反身性、可加性。基礎不正確，其上所有的建構都不會正確。



所以，狹義的、即歐幾里得-牛頓數學，只能應用在物理計量，亦即「第1類知識計量法」上。

(二)第2類知識計量法基礎

Ⓐ 常態分配·過 5 關

生理與生命現象，不具備反身性、可加性，但是具備常態分配性。

統計要具備推論效力，必須通過 5 大基層關卡。

在「收集資料」階段就發生的活動：
有 3 大前提：隨機性、樣本數、抽樣方法。

而在「分析資料」階段：
又有 2 大基礎觀念：常態分配、與中央極限定理（樣本平均數分配）。

這兩者是了解統計非直覺性，而是「逆向思考」的重大關鍵。
請參考「[統雄-統計神掌易筋經](#)」，與相關[數學樂學](#)系列專文。

(三)第3類知識計量法基礎

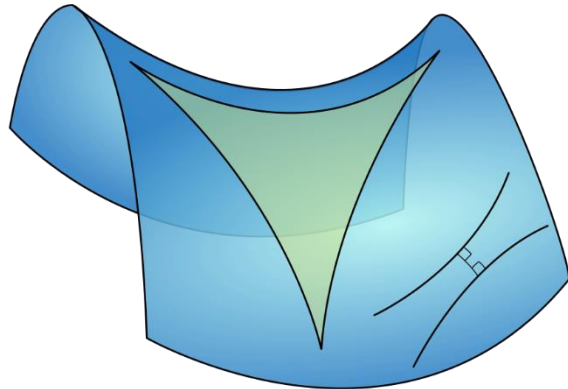
Ⓐ 非歐幾何·球面、雙曲幾何

《幾何原本》中，在基礎 5公理(Axiom)之前，還有開宗明義、直接在定義之後的 5公設(Postulate)。

「公設」也是「不證自明」，更是判斷都不需要的「不證自明」的常識。（現代數學已認為，[公設即公理](#)。）

1. 由任意一點到任意一點可作直線。
2. 一條有限直線可以繼續延長。
3. 以任意點為心及任意的距離可以畫圓。
4. 凡直角都相等。
5. 同平面內一條直線和另外兩條直線相交，若在某一側的兩個內角的和小於二直角，則這二直線經無限延後在這側相交。

第五公設又稱為「平行線公設」，俄國數學家羅拔切夫斯基(Nikolai Ivanovich Lobachevsky, 1792~1856)，發現並非不證自明。他指出，在「雙曲面」上--一般以馬鞍為例，也可以想成以羅拔為例，「平行線公設」就不成立。因此，而開創了「非歐幾何」的概念。



「非歐幾何」後來再經德國數學家黎曼（Georg Friedrich Bernhard Riemann，1826~1866年）發展為「球面幾何」，連第一、第二公設，也可以說推翻了。

統雄老師認為，非歐幾何·球面、雙曲幾何方法，才是對人類行為，發展第3類知識計量法的基礎。
所以，有關「TX取用模式([TX Adoption Model](#))」的建構，都是以非歐幾何的思想進行的。