

壹、緒論

因果關係 (causal relationship) 的探尋，可以說是科學研究者的最大挑戰，也是最大成就之所在。這不僅是因為因果關係本身的重要性，更在於找到正確因果關係所能夠獲得的驚人回報與效益。尤其是在重視實務意義的教育或管理研究中，如何透過研究數據找出實務現場中的運作機制與規律，從而發展出能夠具體操作的介入策略，協助教師與組織行政管理人員達成有效課室經營與教育行政規劃管理，不但是關係教育成效，更直接影響學生與員工學習與成長，更是聯繫學術理論與實務應用的關鍵環節。

傳統以來，實驗方法被視為是檢驗因果關係的主要策略，其淵源從哲學家亞里斯多德 (Aristotle) 的「A causes B」的邏輯命題到坎伯爾 (Campbell) 發展出完整隨機化實驗設計的典範框架，使得科學研究得以在一套嚴謹與客觀的程序下，以實證數據檢驗A與B的關係。雖然實驗方法廣泛被批評無法反應社會真實，但隨機化實驗 (randomized experiment) 卻因為其錙銖必較與步步為營的精神，而使科學工作得以獲得廣泛的信任。Campbell (1988) 曾引用數學家Quine的比喻，認為科學家好比水手修理腐朽的船隻，要在不影響船隻航行的前提下，從偌大

船體中找出腐壞的微小部分加以修復，避免船隻的覆沒危機，來說明科學實驗的精神與價值所在，更凸顯科學研究需要一套客觀程序與穩固基礎 (引述自 Shadish, Cook, & Campbell, 2002)。

儘管實驗典範的發展與成熟已逾百年，但對於因果論述的辯證至今仍然不歇，其主因之一是實驗方法也無法論斷因果。例如，Holland (1988) 認為實驗操弄A測量B，只能獲得「B是A的果」之結論，但無法證實「A為B的因」。Holland引用Rubin所提出的統計觀點，將實驗數據的反事實分析建構成一特定統計模型，被稱為Rubin's Causal Model (RCM) (Holland, 1986; Rubin, 1974, 1977, 1978, 1986)。但更實際的問題是，實驗方法對許多社會科學研究而言並不可行，因為社會現象無法操弄，而被迫使用準實驗 (quasi-experiment) 或觀察研究數據 (observational data)，來進行因果關係的探尋。因此，對於調查研究或相關研究所獲得的觀察資料如何進行反事實分析，藉以進行因果推論，成為近來方法學學者所著重的焦點，並獲得非常顯著的進展 (Morgan & Todd, 2008; Morgan & Winship, 2007; Rosenbaum, 2002, 2007; Rubin, 2004a; Winship & Morgan, 1999)。在這股反事實分析的風潮下，不僅反事實的概念已具體發展成為統計模型 (Sobel, 2008) 或與結構

方程模型 (Jo, 2008) 及多層次模型 (Gitelman, 2005) 等高階多變量分析技術相結合, 實驗設計教材 (Shadish et al., 2002) 也已經將反事實因果分析的概念納入。Shadish與Cook (1999) 即明確指出, 為達成因果推論的終極目的, 需倚賴研究設計與統計方法的交互運用, 但研究設計才是正確獲致因果推論的最關鍵因素。本文的主要目的, 即在以一個實際資料的分析, 來說明反事實分析在觀察研究數據分析上的應用, 並說明階層迴歸與反事實分析的關聯與差異。

貳、反事實分析的概念與邏輯

所謂「反事實」(counterfactual) 就是與事實相反。在實驗研究中, 研究者將研究樣本進行隨機分配 (random assignment) 到實驗組 (treatment group) 與控制組 (control group) 然後觀察是否接受實驗操弄 (X) 的兩組受試者在依變數 (Y) 的變化。此時, 從實驗數據實際觀測到的X與Y的因果關係即為「事實」部分。反事實模型就是要檢驗, 如果實驗組受測者接受控制組的處理, 以及控制組受測者接受實驗組的處理, 那麼結果為何。在調查數據中, 二分類別變數的兩組受測者, 亦可被視為是「實驗組」與「控制組」, 來進行「事實」與「反事實」的比較。例

如, 關秉寅與李敦義 (2008) 的〈補習數學有用嗎?〉一文, 利用臺灣教育長期追蹤資料庫 (TEPS) 的數據, 探討如果國中有補習的學生若沒有補習, 以及沒有補習的學生若有補習, 其數學成績表現為何。也是一項典型的反事實分析實證研究。

一、迴歸分析與反事實研究

調查研究資料的反事實分析, 主要的原理基礎由統計與經濟計量學家所建立 (Heckman, 2000; Manski, 1995; Rosenbaum, 2002; Rubin, 2005), 一些社會與政治學研究者 (King, Keohane, & Verba, 1994; Morgan & Winship, 2007; Sobel, 1996, 2000) 也有具體貢獻。基本上, 反事實分析的計量模型主要是以一般線性模式中的線性迴歸為基礎, 因此在進行反事實分析時, 研究者必須對於迴歸分析的原理、前提與限制要有相當的了解。

在迴歸分析中, 最主要的考量在於結果變數 (以 Y_i 表示) 能夠被解釋變數 (以 X_i 表示) 所有效解釋的程度。當結果變數的變異能被解釋的部分愈多 (以 R^2 表示), 表示解釋變數的解釋力愈強。 R^2 又稱為可削減誤差百分比 (Proportional Reduction in Error, PRE), 反應了 Y_i 的變異可被解釋 (誤差可被削減) 的部分, 以1減去 R^2 就是被解釋剩下的誤差變異 (ϵ_i), 此時用