

經濟學名著翻譯叢書第二十五種

計量經濟學方法

J. Johnston 著

王友劍 譯

臺灣銀行經濟研究室編印

計量經濟學方法

Econometric Methods



J. Johnston 著

王友釗 譯

經濟學名著翻譯叢書第二十五種

計量經濟學方法

中華民國五十七年三月出版

中華民國六十三年六月再版

- 原著者 J. Johnston
- 翻譯者 王 友 鈞
- 編印者 臺灣銀行經濟研究室
臺北市重慶南路
- 發行者 臺灣銀行
臺北市重慶南路
- 經售者 中華書局
臺北市重慶南路
- 中央文物供應社
臺北市仁愛路
- 印刷者 臺灣銀行印刷所
臺北市青島東路

原 序

本書之目的係在對於已經學習過一年之統計理論與統計方法的學生，提供有關計量經濟學方法較為完整的說明。本書計分兩篇。第一篇包括了線型常態迴歸模式的充分解析。此一部份是為第二篇所討論之計量經濟學理論的重要基礎。第二篇係在說明目前可用於計量經濟模式之推定問題的主要統計方法。

凡已學習過一年數理統計學的學生，即可以省略最初兩章的大部份篇幅。蓋可省略之部份，大多在補充研習社會科學之學生平日所習之一般統計課程。第一章係對二變數線型模式作一完整的分析，其中包括有推定問題、假想之檢定和就模式之範疇內所作之預測等。相信大多數的學生，必當已熟識本章中的大部份問題。惟討論時係假定讀者已經具有機率分配、期望值、推定和假想檢定等的基本知識。任何讀者若對於第一章所處理之材料發生困難，則在開始翻讀本書之前，必須先複習有關統計學的基本參考書^①。第一章除了用來複習有關問題外，同時且在介紹所有之基本推論問題，俾以下各章作進一步更複雜的分析之用。

^①例如 P. G. Hoel, *Introduction to Mathematical Statistics*, 2d ed., Wiley, New York, 1954. A. M. Mood and F. A. Graybill, *Introduction to the Theory of Statistics*, McGraw-Hill, New York, 1963. (此係譯者更訂) D.A.S. Fraser, *Statistics: An Introduction*, Wiley, New York, 1958.

第二章係在討論二變數線型模式的擴大及於非線型模式並增多其變數的數目。但在運用更有效的符號和獲悉複雜的處理技術前，對於模式的擴大仍難能有充份的瞭解，故第三章乃在提供數陣代數的基本方法，且在本書以後各章均將加以運用以作為基本方法的說明。第四章則在分析具有 k 個變數的一般線型模式。此為第一篇最基本亦為最後的一章，且包含了所討論之模式的各種重要結論。第

一至第三章可以視為是第四章的準備階段，學者可就其本身所需加以省略或詳加探究。第四章的材料則為瞭解第二篇所述之計量經濟學方法的發展所必須具備者。

第二篇經簡短的導論後，第六章在討論變數誤差問題。此一問題在計量經濟分析中有時很少受人注意，但在實際應用時却極重要。第七章係在討論殘差項具有自行相關時所產生的有關問題。至於有關單一方程式中可能發生的問題，諸如線型重合、非均齊變異、遲延變數以及虛設變數等則在第八章中一一說明之。最後兩章係在討論聯立方程式問題，包括有認定問題、間接最小二乘法、二段最小二乘法、有限資料方法，全部資料方法和三段最小二乘法等。

在討論各種方法時，極其重視其邏輯。本人曾就各種方法所具有之假設盡可能詳為說明，並將其所獲之結論作適當之引伸，以期具有不同背境之讀者能夠處理其本身所面臨的問題，俾能對於不同的方法在處理不同的實際問題時，能夠真正的領悟其優點和缺點。本書中同時提示數字範例，且在各章中大多附有理論上和數字的習題。本人深切感謝皇家統計學會 (Royal Statistical Society) 和劍橋 (Cambridge)、倫敦 (London)、曼徹斯特 (Manchester) 和牛津 (Oxford) 等大學之當局准許引用測驗題目作為例解。本書重點並不在探討有關計算的問題，因鑒於大多數的研究人員，運用各種電腦計算機者日趨衆多之故。

本人對於某些個人應表深切感謝。在最重要期間中，如無威斯康幸大學 (University of Wisconsin) Guy H. Orcutt 教授的鼓勵與支持，則本書將無法完成。曼徹斯特大學之 J. Parry Lewis 對於全部數學均加校閱，同時他與該大學之 R. J. Ball 曾給予許多有價值之建議，因之本人對彼兩人深致謝意。本人同時對於威斯康幸大學 A. S. Goldberger 教授賜以其講義亦深致謝意，此項講義對於修改本人之原稿極有幫助。同時亦應感謝倫敦大學之 R. G. Lipsey 教授和牛津大學之 W. M. Gorman 教授所給與有價值的

經濟學名著翻譯叢書(一)

- 第一種 就業、利息與貨幣的一般理論
(J. M. Keynes 著、李蘭甫譯)
- 第二種 國富論 (二冊)
(A. Smith 著、周憲文、張漢裕譯)
- * 第三種 經濟學原理 (二冊)
(A. Marshall 著、王作榮譯)
- * 第四種 經濟學原理
(T. R. Malthus 著、魯傳鼎譯)
- 第五種 壟斷性競爭的理論
(E. H. Chamberlin 著、郭婉容譯)
- 第六種 經濟學原理 (二冊)
(J. S. Mill 著、周憲文譯)
- 第七種 經濟學及賦稅原理
(D. Ricardo 著、潘志奇譯)
- 第八種 不完全競爭經濟學
(J. Robinson 著、孫震譯)
- 第九種 理論經濟學要義 (二冊)
(L. Walras 著、王作榮譯)
- 第十種 價格與生產
(F. A. von Hayek 著、許大川譯)
- 第十一種 人口論 (二冊)
(T. R. Malthus 著、周憲文譯)
- 第十二種 凱恩斯革命
(L. R. Klein 著、李蘭甫譯)
- 第十三種 線型計劃與經濟分析 (二冊)
(R. Dorfman 等著、余國燾譯)
- 第十四種 價值與資本
(J. R. Hicks 著、邢慕實譯)

* 表示已缺

臺灣銀行經濟研究室編印

經濟學名著翻譯叢書(二)

- 第十五種 利息學說史評述 (二冊)
(E. von Böhm-Bawerk 著、趙秋巖譯)
- 第十六種 貨幣與信用原理
(L. von Mises 著、楊承厚譯)
- 第十七種 需求理論之修正
(J. R. Hicks 著、邢慕寰譯)
- 第十八種 落後國家的資本形成
(R. Nurkse 著、鄔志陶譯)
- 第十九種 經濟學綱要
(J. Mill 著、周憲文譯)
- 第二十種 經濟學汎論
(J. B. Say 著、錢公博譯)
- 第二十一種 經濟成長論文集
(E. D. Domar 著、張溫波、施敏雄譯)
- 第二十二種 經濟學理論
(W. S. Jevons 著、瞿荊洲譯)
- 第二十三種 財政政策與景氣循環
(A. H. Hansen 著、譚振民譯)
- 第二十四種 資本積極理論 (二冊)
(E. von Böhm-Bawerk 著、趙秋巖譯)
- 第二十五種 計量經濟學方法
(J. Johnston 著、王友釗譯)
- 第二十六種 經濟理論與經營分析 (二冊)
(W. J. Baumol 著、李蘭甫譯)
- 第二十七種 資本與利息論文集
(E. von Böhm-Bawerk 著、趙秋巖譯)
- 第二十八種 財富分配論
(J. B. Clark 著、陸年青、許冀湯譯)

臺灣銀行經濟研究室編印

經濟學名著翻譯叢書(一)

- 第一種 就業、利息與貨幣的一般理論
(J. M. Keynes 著、李蘭甫譯)
- 第二種 國富論 (二冊)
(A. Smith 著、周憲文、張漢裕譯)
- * 第三種 經濟學原理 (二冊)
(A. Marshall 著、王作榮譯)
- * 第四種 經濟學原理
(T. R. Malthus 著、魯傳鼎譯)
- 第五種 壟斷性競爭的理論
(E. H. Chamberlin 著、郭婉容譯)
- 第六種 經濟學原理 (二冊)
(J. S. Mill 著、周憲文譯)
- 第七種 經濟學及賦稅原理
(D. Ricardo 著、潘志奇譯)
- 第八種 不完全競爭經濟學
(J. Robinson 著、孫震譯)
- 第九種 理論經濟學要義 (二冊)
(L. Walras 著、王作榮譯)
- 第十種 價格與生產
(F. A. von Hayek 著、許大川譯)
- 第十一種 人口論 (二冊)
(T. R. Malthus 著、周憲文譯)
- 第十二種 凱恩斯革命
(L. R. Klein 著、李蘭甫譯)
- 第十三種 線型計劃與經濟分析 (二冊)
(R. Dorfman 等著、余國燾譯)
- 第十四種 價值與資本
(J. R. Hicks 著、邢慕寰譯)

* 表示已缺

臺灣銀行經濟研究室編印

計量經濟學方法 目錄

原 序	(1)
第一篇 線型常態迴歸模式	(1)
第一章 二變數之線型模式	(3)
1 - 1 變數間之關係	(3)
1 - 2 二變數線型模式	(3)
1 - 3 最小二乘推定法	(9)
1 - 4 相關係數	(31)
1 - 5 變異數分析	(35)
1 - 6 預測	(38)
第二章 二變數線型模式之擴展	(49)
2 - 1 二變數之非線型關係	(49)
2 - 2 三變數之關係	(59)
2 - 3 迴歸平面之配合	(62)
2 - 4 複相關係數	(63)
2 - 5 淨相關係數	(65)
2 - 6 三變數情況之計算步驟簡述	(67)
第三章 數陣代數之基礎	(73)
3 - 1 數陣	(73)
3 - 2 行列式	(84)
3 - 3 向量微分	(98)
3 - 4 數陣之分割	(99)
3 - 5 線型依存與級次	(101)
3 - 6 特性根與特性向量	(108)
第四章 一般線型模式	(121)

4 - 1	假設	(121)
4 - 2	最小二乘推定法	(123)
4 - 3	顯著性檢定與信賴區間	(132)
4 - 4	二關係式中諸係數相等之檢定	(157)

第二篇 計量經濟學原理 (167)

第五章 計量經濟學原理導論 (169)

第六章 變數誤差 (173)

6 - 1	二變數線型模式	(173)
6 - 2	傳統方法	(176)
6 - 3	預測問題	(190)
6 - 4	觀察資料之分組	(192)
6 - 5	媒介變數之應用	(194)
6 - 6	多於兩變數之模式	(197)

第七章 自行相關 (207)

7 - 1	二變數模式	(207)
7 - 2	自行相關誤差之影響	(210)
7 - 3	最小二乘法之一般化	(210)
7 - 4	Durbin-Watson "d" 統計值	(224)
7 - 5	推定方法	(225)
7 - 6	預測問題	(229)

第八章 單一方程式之其他問題 (235)

8 - 1	線型重合	(235)
8 - 2	非均齊變異	(244)
8 - 3	遲延變數	(246)
8 - 4	虛設變數	(256)

第九章 聯立方程問題：I (269)

9 - 1	聯立方程系統	(269)
-------	--------	-------

9 - 2	認定問題	(279)
9 - 3	推定方法	(294)
9 - 4	有限資料單一方程式 (LISE) 或最小變異比 (LVR)	(295)
9 - 5	兩段最小二乘法	(300)
9 - 6	k 級推定式	(303)
9 - 7	認定條件之檢定	(307)
9 - 8	全部資料最大概算法 (FIML)	(308)
9 - 9	三段最小二乘法	(309)
第十章 聯立方程問題：II		(323)
10 - 1	Monte Carlo 之研究	(323)
10 - 2	結論	(344)
索 引		(349)

第一篇

線型常態迴歸模式

第一章 二變數之線型模式

1-1 變數間之關係

學習經濟學的人，第一個基本觀念即在介紹經濟變數間的關係。例如在某一物品市場內對該物品的需要量，常被認為是該物價格的函數，又如消費支出是所得的函數，以及其他例子等。這些均屬於二變數關係的例子。惟在實際問題中常須詳加陳述多種變數間的關係，如需要量通常認為是與該物價格、可支配所得以及其他有關物品價格間具有相互關係；生產成本則係決定於生產數量的水準、投入因素的價格以及產量變動率等；消費支出亦常認為與所得、流動資產和原有消費水準有相當關係。經濟理論即在研究某一經濟體系內所含有各種羣體或各部門間的關係，這種關係即假定用來描述該一經濟體系內某一部門的功能。計量經濟學的任務則在對於這些關係作統計上的推定，這種經驗上的推定和經濟關係的推定是為獲得經濟知識的重要步驟。

1-2 二變數線型模式

衡量經濟關係的第一個步驟必須先確定在各種經濟現象中應含有那些變數 (variable)。為使此項說明盡量簡單起見，我們將先就最基本的例型加以觀察，即僅先考慮兩種假設：一為我們僅在討論單一關係，另一為僅考慮兩個變數。今以 X 和 Y 分別代表此兩變數，同時我們可假定

$$Y = f(X) \quad (1-1)$$

此一步驟僅在確認變數 X 可以影響另一變數 Y 。

第二個步驟則須確定 Y 和 X 間的關係式。根據所建立式 (1-1) 的基本理論，可能獲悉應予採用的正確關係形式，或者僅就截距、斜率以及曲線形態給與某些附加條件。通常這些條件對於各種不同的函數多可滿足。所以我們僅須借助統計分析方法來選取它

們的數值即可。

二變數間最簡單的關係式是為直線式如下：

$$Y = \alpha + \beta X \quad (1-2)$$

式中 α 和 β 為未知數，分別表示該直線的截距和斜率。二變數間的其他關係式包括有下列各種：

$$Y = \alpha e^{\beta X} \quad \cdot \quad Y = \alpha X^{\beta} \quad \quad Y = \alpha + \beta \frac{i}{X}$$

上列第三式是為變數 Y 和 $\frac{1}{X}$ 間的直線型，而第一和第二兩式如將各式兩邊均取對數後即可轉換成直線型如下：

$$\begin{aligned} \log_e Y &= \log_e \alpha + \beta X \\ \log_e Y &= \log_e \alpha + \beta \log_e X \end{aligned}$$

第一式為 $\log Y$ 和 X 的直線型，第二式則為該兩變數均採對數時的直線型。

通常的經濟理論，不論是以圖形或以代數式表示，大多假定經濟變數間存有絕對精確的關係。但是即使是最簡單的經濟資料，也會顯示各觀察點並不能完全位於一條直線或圓滑的曲線上。所以，為了測量和推定的目的，僅建立如式(1-1)諸變數間的關係並不合適，而應在經濟關係式中增加一個機率變數項(stochastic term)。

茲舉例說明如次。今設我們欲探求在某一定期間內某一羣家庭的消費支出與可支配所得兩者間的關係。令 Y 表消費支出， X 表可支配所得，今根據設為 10,000 個家庭的完整收支預算資料，即可獲得 10,000 對有關 X_i 和 $Y_i (i=1, 2, \dots, 10,000)$ 的實際測量值或觀察值。我們再假定已經根據每一家庭人口數及其份子構成，而將所有之 10,000 個家庭分成若干組，我們的目的乃在探求任何一組中 Y 和 X 的關係。我們當不希冀在某一組中，所有同額所得 X' 的家庭必定表現完全相同的消費支出額 Y' ，有些家庭必較其他家庭

的消費額為大，有些則較少。但是我們却可以預料這些消費額必定集聚在某一數值左右，此一數值顯然必定受到所觀察之收益額的影響。此一觀念可以更具體的運用一個新的線型假想表示如下〔譯者註1〕：

$$Y = \alpha + \beta X + u \quad (1-3)$$

式中 u 係表示一種變數，此一變數可以是正值或是負值。因之，如果我們考慮此一小組的家庭，其收益均為某一定額 X' 時，則他們的消費支出平均值將為 $\alpha + \beta X'$ ，但該小組每一個別家庭實際消費額則可用 $\alpha + \beta X' + u_1$ 、 $\alpha + \beta X' + u_2$ 等表示之， u_1, u_2, \dots 即在表示任一特定家庭的支出額是多於或少於平均值 $\alpha + \beta X'$ 的數額。

〔譯者註1〕式(1-2)通常稱為數學模式 (mathematical model)，而式(1-3)則稱為計量模式 (econometric model)。數學模式係在說明變數間的關係。計量模式則着重於數學模式的推定。故在數學模式中，我們係假定母數 (parameters) 為已知，而在探討變數間的關係。但在計量模式或統計模式中，為了推定母數之值，乃視母數為未知數，而各變數則為已知的樣本觀察值。參閱 E.F. Beach 著 *Economic Models: An Exposition* 一書第 2-3 頁。Wiley, New York, 1957.

通常有三種可能的理由來說明為什麼式(1-3)中要引進 u 項。此三種理由並非相互排斥無關。第一，我們可以說如果我們能夠獲悉所有影響消費支出的因子，同時且能獲得足夠的資料，則我們就可以對每一個家庭的消費支出作完全而充份的說明。然而即使是家庭人口或構成完全相同的家庭，父母子女的年齡、結婚的早遲、丈夫是否為果爾夫球迷，是否飲酒、玩牌或玩鳥，以及該家庭的收入是在增加或減少，父母本身或子女是否勤儉或審慎或花耗無度等仍有相當差異。故在解釋人類的行為時，有關的因子可以排列推展至無限數。但是有許多因子是不能計量的，即使是可以計量時，實際上也不可能獲得足夠的資料。即使有人可以全部辦到，則所有的影響因子，其項目必將超過可能觀察的數目，在此種情形下則沒有一種統計方法可以推定它們的影響力。再者，許多變數僅具有些微

影響力，所以即使有了相當數量的資料，在對它們的影響力作統計推定時仍有相當困難和不能加以確定。此種情形可以 $Y=f(X_1, X_2, \dots, X_n)$ 說明之，式中 n 表示一種在實用上是極大的數值，故我們僅選取少數對於 Y 具有較顯著的影響因子 X ，而將其他未能明白列述的所有其他因子對 Y 所生之淨影響力統以 u 表之。在僅考慮一個變數的極端例子中，其穩函數式即可以表之如下：

$$Y=f(X_1, u) \quad (1-4)$$

由於許多因子同時發生作用，而且因其所生之作用可能互相抵銷，所以我們當可以預料小值之 u 必較大值之 u 更常發生。是以我們當可想像 u 是一種變數，而且為一平均數等於零和具備有限變異數(finite variance) σ_u^2 的機率分配(probability distribution)。這就是為什麼 u 常被認為是一種機率擾亂(stochastic disturbance)或誤差(error)項的原因。根據許多因素的考慮，以及中限定理(Central Limit Theorem)的提示， u 常被假定為一種常態分配①。

①閱 W. Feller, *An Introduction to Probability Theory and Its Applications*, 2d ed., Wiley, New York, 1957, vol. I, pp.229, 238—241.

在經濟關係式中引進誤差項的第二個理由是因為在全部所有各種有關的總影響因子外，人類的行為常常存有一種無法預知和無法把握的隨機變化，此種無法預料的行為只好用一個隨機變數(random variable)來表示。為了統計實用的目的，對於上述第一及第二個說明理由的分別並不重要。因為不論就理論或資料言，我們很難將所有的因子包含在一個關係式中，故根據第一個理由乃須引進一個機遇項，而第二個理由如果發生時，則僅增大變異數值而已。通常此兩種性質不同的機遇項常合稱為擾亂(disturbance)或誤差(error)而在函數式中表示之。

第三種產生誤差的原因為觀察誤差或測量誤差所致。此可能由於某一變數 Z 與 X 間存有真正的直線關係如 $Z=\alpha+\beta X$ 所示，但由