

計量經濟學原理

Principles of Econometrics

Henri Theil 著

湯 慎 之 譯

前言

無人認為上課讀教科書及閱學術論文後就可以充作化學家。化學家的他也應當把其時間及精力耗消於實驗室中之真實工作之上。同樣，沒有實際接觸過資料的人，他決不應認為他可處經濟統計資料。描述處理此等資料可資利用的技巧顯然是亟欲的；此樣的敘述更為有用，當在每一步驟上附併着應用時，而我盡其可能遵循此路道而試之。試讀應用上之書籍諸如 Karl Fox 的中級經濟統計學及 J. S. Cramer 的實驗計量經濟學乃有相當價值，此乃同樣的正確。但以此些資料作研究，可能會感覺到什麼應當去做而那些不當去做，則沒有一本教科書能提供此方面之指導。

一個學生常常不覺到這樣，一直到他在作高級研究階段。他然後要作研究於某部分而計算出許多迴歸，只含混地知道此項技術假定可完成之東西。電腦產出東西迫了他去注意 F 比率，編相關係數，以及更多其他東西，此使他信服他必須要此等東西之涵義則較佳。若他因而去上一個初等計量經濟學課程，則發現他的統計概論知識是薄弱而某些矩陣代數方面之知識乃可能有用的。在較早階段，他去選讀初等計量經濟學乃較佳的，而把部分精力及時間耗費在技巧而非實質問題上，當其心身仍年輕時，而當其心身較成熟，他擁有此些技巧有利於問題及資料之分析，此些資料為問題答案所依據者。欲把模型使用而不被信奉則需要更多之成熟性去體會的。

先期準備

本書要有某些初等數統及矩陣代數方向知識方可被用。在前段因而提出忠告此些有關課程在早期應當選讀過的。

我很知悉矩陣代數對許多學生言乃為一絆腳石，而我盡量減少此方面之要求，此曾考慮及此。另一方法乃設計一本不根據矩陣代

數之教科書。在計量經濟學發展之早期發展，此種做法乃有些利處，但現在則較欠理想，蓋在經濟學上其他部分如投入產出分析及數學計劃法需要利用矩陣。計量經濟學課程永不是一個教線性代數之想場合，而在此等新發展下，於選讀計量經濟課程前，去安排一般初等的矩陣課程乃非常良佳。

就統計學方面說，讀者已被假定了知道初等常態分配論（ x^2 , t , F ）及假說測驗、點及區間估計之初步原理。

本書之組織

本書分裂成章；章被分成節（例如，3.2節指第三章的第二節），節被分成（不附號數）子節。首先二章對代數及統計學先期準備作一括述。第三章言最小二乘方以及標準線性模型，此為計量經濟學討論之端緒。接下去第四章論偏相關及複相關，而第五章利用剩餘的不同形式去測驗標準線性模型之假定。故此模型被延伸於更弱的假定形成上。在第六章內，一般化最小二乘方被展開着，在第七章被用作數個經濟關係之場合，而此數個經濟關係乃被探研的。在這方面的許多成果只有大樣本上之合理性。既然我不認為在同一時在教如何處理全部複雜性之東西，故決定去搜集漸近分配論之結果及在第八章這一章言此方面之應用。

第九章擴伸於第七章於數個方程式之場合，此場合的此等方程式稱「聯立的」。此章為一入門的；跟下去的第十章乃發展聯立方程式估計量之大樣本性質。第十一章言及特定化及綜合計問題。最後（第十二）一章無可避免的乃一混合性物質，而包括這樣子的論題：迴歸策略，自由分配估計，信息的計測及貝氏推計。我原定欲計劃包括時間數列分析的高級科目，但我却決定不如此作，因為此方面範圍如譜系分析所要的分析水準已超過本書所列餘者。

在此敘述之組織乃邏輯性的，雖然我承認此名詞「邏輯的」內容一定有意主觀性。我想本書用以參考為目的，則這樣的寫出在原

則上有極大之業績的。但此種組織之內涵為一頁一頁地閱讀本書並非妥適佳法，當其目標為教科書時。欲選出章節適合於入門課程，我用 A、B 或 C 記號作為在初等課程上代表此節為介紹欲讀的，適合的或並不介紹要讀的。此種安排乃如此的，A 節並不依存於前面 B 或 C 的東西而 B 節並不依存於前面 C 之材料^①。很少的節註定 AB、AC 或 BC，此等意義為材料乃不均勻齊質的。在這些場合，分開下的子節加註 A、B 或 C。

① 在此等節末，有數個註足及問題，此等乃此規則之例外，但此些却易於認出的。

一個提議性之入門性課程

根據本書，一個特殊之課程現敘述如下，此樣作法我發現在芝加哥大學教此課時乃有用的。此樣之設計可為需實際分析資料技巧的學生及僅僅為學習計量經濟學之學生二者，亦可適合學生將來專造於計量經濟學，而選讀更高之課程。此課程澈底地依據加註有 A 之節；若加上 AB 或 AC，則子節中加上 B 或 C 者可略去。

我發現若按照兩軌制來教則非常有效。主要之軌道含有課堂時間之 60%；在每一課後乃為第二軌，此乃由講師或助教主持處理。第二軌道之教材在課程之始主要為統計學先準備之複習（第二章）；其後，把更一般之概念被應用，而此更一般概念乃在主軌課上已說過的。兩軌制主要利處之一為課程之上課較生動活潑；每一課至少包括兩個論題，此兩個論題誘使學生較熟練。另一好處在於較少累積着新的及不熟悉之觀念於每一課上，此可由下列來說明的。一小時半之課上，教掉 9.1 及 9.2 節乃容易之事，但此却內含着此學生已十分知悉內生及外生變數的觀念，方程體系之完全性，構造式和約縮式，Klein 模型工，當期和時差落後變數以及聯合依存和先決變數，以致於約縮觀念擴伸於時差落後變數之場合。此明顯

的，即使對卓越之學生亦要在一個半小時以上方能領悟；沒有時差落後變數的約縮式無機會潛升而入，且其一般化在此階段言入乃不要的。因此，把 9.1 及 9.2 節在連上二課上把其分割而在此些課之剩餘時間利用為第二軌道乃遠為合理。

第二軌道也可用來複習問題，此些問題為學生而立（問題列於每節終），特別是發見較難者。我特別耗時化力去搜集問題。在這整本書共有四百多問題，部分理論而部分應用。較少之問題，我利用一組三個或四個繼續相連之問題，俾作成一證明敘述之大概，此證明若置入於教科書則會相當冗長。一個例子是問題 5.2 到 5.5，置之於 3.5 節；教師將把此種證明視作在入門課程中乃教課時間中之次要地之耗用，此所謂入門課程正如現將言及的。

課程之先

學生要求着被學習；在課程始之前週，0.1 及 0.2 節（介紹），1.1 到 1.4（初等矩陣及通過二次形式之材料）及 2.1 到 2.4 節。此不會生出困難，當學生已能滿意於先期準備。1.5 節言及特性值及特性向量並不在此課程內；此項材料典型上會引起困難的。

第一回合

主要軌道：教師趕快地複習 1.1 到 1.4 節；他着重同一矩陣之重要性（1.1 節），而注重有關任何對稱正定矩陣 A 可寫成某非特異矩陣 P 之 $P'P$ 乘積（1.4 節）。然後，他進度到 1.6 節有關矩陣微分及 1.7 節有關極大和極小。最後一節含有最小二乘法作為調整課程，故學生在本課之任何階段可熟諳此方法。

第二軌道：教師簡單地複習 2.1 到 2.4 節，主要重點在特別注意到多元分配論矩陣代數使用（2.2 節）及期望值之代數（2.4 節）。因此，他考慮 2.5 節的動差生成函數和 2.6 節所敘述的 x^2 ， F 及 t 分配。

第二回合

第一軌道：在 1.7 節解明最小二乘方後，教師立刻移到第三章論最小二乘方和標準線性模型，在此他處置 3.1 節到 3.7 節之材料。

第二軌道：教師進行教 2.7 到 2.9 節，此提供一個初等之統計推估論，乃充作 3.3 到 3.7 節所對應材料之基礎。然後，他進度到 3.8 節論線性重合。在第二軌道中教此課目為有利，因在第四章曾數次提及，此亦為此軌道中之部分東西（見下面）。

第三回合

主要軌道：教師趕緊地教完 3.9 節有關標準線性模型之限度性^②。然後，他轉移到一般化最小二乘方估計技巧，此接下去用到非均質問題上（6.2）及表面似乎無關方程式之聯合估計上（7.1 節）。

② 學生似乎不會懂得此節之詳細內容，當他第一次讀到此時，但他將發展成爲一個更積極的讀喜，當他利用此節在以後之複習爲目標之時。

第二軌道：教師討論 4.1 節到 4.5 節，此等主要有關相關係數之初等描述性之材料。故他處置 5.1 節論最小二乘方剩餘及它們用來測驗非均質性和自我相關。

第四回合

主要軌道：在完成討論 7.1 節後，教師進度到第九章，該章處理許多基本觀念包括認定分析之基礎及二段最小二乘方估計。

第二軌道：教師討論第 6.3 節之相關擾亂項及自我迴歸轉換^③。後來，他移轉到 6.4 節之分配時差落後，以後，他輪轉至第八章之材料（8.1 節及 8.2 和 8.9 節之部分），此應給學生一個概念其所敘述者之某些成果只具有大樣本之合法性。

③ 此對迴歸電腦程式討論言，此亦爲一便利點。一個例子是芝加哥大學經濟及商業的數理研究中心的 B34E-Blus 程式，關於此方面之信息可向此中心索得。

第五回合

主要軌道：教師教完 11.1 及 11.2 節，此含有初等性說明特定化問題。

第二軌道：教授進度至 9.7 節（動態方程式體系之即刻及跨期乘數），然後教 9.8 及 9.9 節。此最後二節關於 Klein-Goldberger 模型，此種模型對學生言乃有用之材料，若學生有志於中型計量模型以聯立方程體系表達。

另一種入門課程

既然有許多節加上 B 記號，以本書基礎，可把許多不同入門課程設計介入。此等於加上某些材料也許剔除些上述之論題。明顯的，寫盡有關全體不同入門課程之組成乃無意義，但有三種可能性乃得一提。

1. 在上面所提出之入門課程依據學生只選一個入門計量經濟學課程，故取一極重之比數。若另一面，大多數選取二個計量經濟課程，則第一個集中於單一方程式學習而第二個專注力於聯立方程式。在那場合，第一個課程可分割了 7.1 節及第九章，而教師以 12.2 到 12.4 節有關變數內含誤差，粗強及自由分配步驟，以及附帶隨機係數之模型來取代。聯立方程課程可沿着下面所述之方向加以織綴，但 7.1 節和第九章應加上；教師負責教此課程者可減掉某些其他課題如 Blus 剩餘。

2. 若教師信賴他的學生有較高水準之教學素養，則他可把 1.5 節有關特性根及特性向量介入，此等可使得他去導出在常態變量內同一性之二次形式的卡方分配（2.6 節）。他亦可把 1.8 節之制限極值及 2.9 節之參數空間和概似比測驗加進去，此可給他一個機會去包含着第一到第四章有 B 記號之節錄之材料之認識。有關詳情在下面第二個課程內將言及。

3. 若教師欲把貝氏推計括入，則他可談混合估計 7.8 節，立刻讀到 7.1 節後，然後再進到 12.9 節。

第二個課程之提示

關於第二個課程，我亦發見有益，若照兩軌制進行着。此課程根據學生已讀畢上述所言之五個回合的入門課程，而它的內容可摘述如下。

主要之軌道始於 5.1 節最小二乘方剩餘之複習，接下為第五章其餘各節（除出 5.6 節），此處理 Blus 剩餘。其次乃 6.1 節之複習，而緊接為 6.6 節到 6.8 節，依據特異擾亂共變異矩陣來討論一般化逆陣及一般性最小二乘方。當溫習 7.1 節後，其餘該章之各節可被教授，但教師情願刪掉 7.5 到 7.7 節，若他計劃去教下面所云之特殊課題。此主要軌道之最後部為第十章關於聯立方程式估計^④。

④ 注意 9.6 節被插入在 10.7 節前。

第二個軌道始於前四章被入門課程跳掉之課程。此等於下面之節：

- 1.5 特性根及特性向量
- 1.6 （子節）逆陣元素之導得
- 1.8 在限制下之極值
- 1.9 主成份
- 2.6 （子節）在常態變量下同一的二次形式的卡方分配
- 2.9 （子節）參數空間和概似比測驗
- 3.7 （子節）對標準線性模型係數向量線性拘束的概似比測驗
- 3.8 （子節）在線性重合下係數的線性組合的極小變異數估計
- 4.6 R^2 和變異數分析間之關係
- 4.7 多元常態模型之迴歸和相關

當此材料被討論過後，教師進度到第八章有關漸近分配論，就因此章並未在入門課程內包括在內^⑤。此理論形成此主軌的第十章的統計上之基礎。第二個軌道乃括入主軌（5.6 及 5.9 節）未介入之第五及第六章之一部份。

⑤ 6.5節和8.8節聯合處理。8.3節中之Blus剩餘收斂之證明應當延遲到5.6節已教畢方輪到。

似乎第二軌道之論題，尤其首先四章，是不均勻的。但事實上，易看出它們之協調性見之於數學方面，特別當它們被視作（它們應當被視作）和主軌相併合。例如，1.5節之特性根和特性向量在主軌中之5.2節到5.5節乃差不多立刻需要而第二軌道的1.9，2.6及3.8節也馬上要它的，以後，6.6到6.8節以及7.2到7.4節等之主要軌道也再要的。同樣，1.8節之拘束的極小化過程被用於第二軌道的1.9，3.7，3.8及4.6節，及主軌中之某些地方，與1.9節之主成份用於5.6節內，對2.9及3.7節的概似比率測驗也可作同義之陳述。

特殊論題課程

我曾使用過本書一部份作為一有關深究消費者需求論的特殊論題課程。此需求之特定式被特別考慮者是由Barten和我自己發展成之需求模型。從一個高級計量經濟課程之觀點言，此模型具有吸引力，因其具有未知參數之線性關係，當絕對價格式被採納，但成為非線性，當相對價格式被使用時。此按照通常單軌制來教此課程；可由下面二段來敘述此。指定閱讀材料包括Frisch, Houthakker, 及Stone之作品，有關相加雙對數，線性支出，及有關體系，另外文章是有關獨立偏好及效用樹系，Wold及Juren的需求分析，以及我的一本書名經濟學和信息論。

出發點是7.5到7.7節所述之絕對價格式模型，此先欲假定具有7.1到7.3節之聯合一般化最小二乘方技巧之知識。教師然後轉到附錄A及11.6節，蓋在此節內，相對價格式被導出。11.7節論消費者之綜合計要求先讀11.5節有關收斂作法用於綜合計問題之知識。（某些教師發見亦把11.3及11.4節包括在內乃有利的。）11.8及11.9節完成了相對價格式之估計。

然後，教師進到12.6節單元的信息計測，及此等計測應用於

12.7節之需求方程式體系。其次，他移轉到 12.1節的迴歸策略，此節應當對學生給出一在利用同一資料而數次測驗及估計手續之內涵意義。教師最終進度於 12.5節（probit 及 logit 分析），此使得他去完成多元信息計測之第 12.8節的課程。閱讀材料之討論使得此課程更生動。

感 謝

Franklin M. Fisher，在麻省理工學院者，讀過本書較早之稿而提供許多意見，引起表達方面之某些改進。J. C. Gupta，一位芝加哥大學統計系之研究生花了二個暑期讀繼續稿而提出有價值之建議。其他曾讀過最終稿者為我的同事 Harry V. Roberts（特別1~4章及 12.9節）及 Marc Nerlove，和我的以前 Rotterdam 學院之 Teun Kloek，我對他們表謝意。

我感謝 *Annals of Mathematical Statistics* 及 *Biometrika* 的編輯；以及 Cambridge University Press 的 Syndics 和在 Ames, Iowa 的 The Collegiate Press, 與 Durbin Press, 及 Brooks 對他們允許我利用在書後之表。也感謝 *International Economic Review*, *Journal of the Royal Statistical Society* 和 *Econometrica* 之編輯；以及 Boot, Stone 和 Adelman 作者們允許他們之作品利用本書中為材料，此等作品乃發表於此些雜誌中。

本書之完成乃經過長時及艱難之過程。許多之功績歸于 Sharon R. Massie 太太，她打了繼續稿，檢查再檢查字盤內排字及紙上之排字，雖有阻礙，但始終和悅。在本工作最後階段，她有 Pat Mackay 太太勝任地協助，我稱讚支大商院所給之協助。

在支大數屆我的學生曾展示於此繼續稿。他們的反應引起許多改變，而通常改成更簡潔或更明暢之表達。我不能列展一張正確之名單，而指出誰說出些什麼，因此，此等貢獻者列為無名的，但他

們應得讀者之感激。

最後，我感謝吾妻 Lore 之協助，此乃不同性質之助，但至少
有相等之價值。

Henri Theil

縮寫及其他技術性之摘要

LS：最小二乘方

GLS：一般化最小二乘方

2 SLS：二段最小二乘方

3 SLS：三段最小二乘方

Blus 剩餘向量：一個最佳線性不偏剩餘向量
帶有一數值共變異矩陣

公式及問題以兩個數指示着，第一個數指節而第二個指其出現之程序。故 (3.2) 式是指某章中第三節之第二個方程式。當指示成爲 (3.2) 式，它永遠是在同章中之方程式，除出明白指言其不一致性。同樣，問題 7.4（無括弧）乃指某章中第七節之第四問題，被出現在相同章內，除非說明例外。

表、數字、假定及定理皆用兩個數字指示，第一個指章而第二個指出現之程序；表 5.1 是第五章第一個表，假定 12.5 指第十章之第二個假定。欲便利於找出一個表、圖、假定或定理，當不在同一章時，出現的節通常被指示出。故假定 3.3 簡單地爲「假定 3.3」在第三章，但它爲「3.2 節之假定 3.3」乃在其他章。

內 容

圖目錄.....	(XVII)
假定的目錄.....	(XIX)
定理的目錄.....	(XXI)
縮寫及其他技術性之摘要.....	(XXIII)
導 引.....	(1)
0.1 經濟關係的類型學 ^A	(1)
0.2 資料和理論的關係 ^A	(4)
1. 數學工具：矩陣代數.....	(9)
1.1 矩陣、向量和其等之初等操作 ^A	(9)
1.2 分開矩陣 ^A	(19)
1.3 線性聯立方程式之解 ^A	(23)
1.4 二次形式 ^A	(25)
1.5 特根及特徵向量 ^B	(28)
1.6 向量和矩陣之微分 ^{AB}	(36)
1.7 未限制的極值問題；最小二乘方調整 ^A	(40)
1.8 限制的極值問題；在線性條件限制下之最小二乘 方 ^B	(50)
1.9 主成份分析 ^B	(55)
2. 統計的工具：推計和分配理論.....	(67)
2.1 單一變數分配 ^A	(67)
2.2 多元分配 ^A	(74)
2.3 條件的分配及隨機獨立 ^A	(79)
2.4 期望值的代數演算 ^A	(83)
2.5 動差生成函數 ^A	(85)
2.6 和常態相聯之分配 ^{AB}	(93)

2.7	點估計 ^A	(98)
2.8	區間估計 (信賴區間) ^A	(108)
2.9	假說測驗 ^{AB}	(111)
3.	最小二乘方及標準線性模型	(117)
3.1	兩個變數場合	(118)
3.2	標準線性模型的假定 ^A	(122)
3.3	最小二乘方估計法	(128)
3.4	最佳不偏估計及預測 ^A	(136)
3.5	在常態假定下的點估計	(145)
3.6	在常態性假定下信賴區間及預測區間的 ^A	(149)
3.7	在常態假定下的假說測驗 ^{AB}	(157)
3.8	線性重合問題 ^{AB}	(169)
3.9	標準線性模型的限度 ^A	(177)
4.	偏相關及複相關	(187)
4.1	複相關係數 ^A	(187)
4.2	解釋變數的增加貢獻 ^A	(191)
4.3	偏相關係數 ^A	(195)
4.4	平均離差和調整的相關係數 ^A	(200)
4.5	數個有用圖解	(207)
4.6	複相關和變異分析 ^B	(210)
4.7	在多元常態模型下的迴歸及相關 ^B	(212)
5.	擾亂項的統計分析	(219)
5.1	最小二乘法剩餘向量 ^A	(219)
5.2	BLUS 剩餘向量 ^C	(228)
5.3	剩餘向量之三族的性質 ^C	(234)
5.4	對非均一性及擾亂項的自我相關之測驗 ^C	(242)
5.5	非線性測驗 ^C	(250)
5.6	BLUS 剩餘之更進一步之結果 ^C	(255)

6. 一般性最小二乘方及線性限制條件	(267)
6.1 Aitken 定理 ^A	(267)
6.2 非均質性及加權最小二乘法 ^A	(275)
6.3 擾亂項有相關及自我迴歸轉換 ^A	(282)
6.4 一組分配落後模型 ^A	(292)
6.5 更複雜的時差落後分配模型	(298)
6.6 矩陣之一般性逆陣 ^C	(303)
6.7 特異擾亂共變異矩陣 ^C	(310)
6.8 限制的一般最小二乘法估計及預測 ^C	(319)
6.9 限制特異場合的常態分配論 ^C	(328)
7. 數個線性關係的結合	(333)
7.1 聯合一般化最小二乘方估計技巧 ^A	(333)
7.2 以 Kronecker 乘積表示之一般化形式 ^B	(342)
7.3 不同方程式係數上之線性限制 ^{BC}	(353)
7.4 聯合估計步驟詳論	(359)
7.5 消費者調配問題：(1) 無限小變化之需求方程式	(369)
7.6 消費者調配問題：(2) 有限變化之需求方程式	(374)
7.7 消費者調配問題：(3) 測驗及估計 ^C	(380)
7.8 不完全的額外信息及混合估計 ^B	(392)
7.9 不等式限制 ^B	(399)
8. 漸近分配論	(405)
8.1 極限、機率極限及一致性估計量 ^A	(405)
8.2 極限分配及中央極限定理 ^{AC}	(415)
8.3 機率收斂及分配收斂：應用和更擴充	(422)
8.4 Cramér-Rao 不等式及信息矩陣 ^C	(435)
8.5 最大概似估計量及概似比之漸近分配 ^C	(444)
8.6 一般最小二乘方估計量之漸近性質 ^C	(451)
8.7 依存變數時差落後值上之迴歸 ^C	(463)

8.8 某些分配時差落後估計量之漸近性質 ^C	(473)
8.9 樣本試驗及高階近似性 ^{AC}	(482)
9. 聯立方程式模型之非正式性介紹	(487)
9.1 在聯立方程式體系中之內生變數及外生變數 ^A	(487)
9.2 在一動態方程式體系內之聯合內生及先決變數 ^A	(490)
9.3 符號及假定 ^A	(497)
9.4 認定問題 ^A	(503)
9.5 二段最小二乘估計法	(511)
9.6 遞歸體系 ^B	(521)
9.7 一個方程式體系之最終形式	(525)
9.8 Klein-Goldberger 模型：構造方程式描述 ^A	(531)
9.9 Klein-Goldberger 模型：其他各種批評 ^A	(538)
10. 聯立方程式模型之統計推定論	(549)
10.1 兩組假定及某些基本收斂結果 ^C	(549)
10.2 認定的條件 ^B	(554)
10.3 二段最小二乘估計量之漸近性質	(562)
10.4 有限情報極大概似及 k 級 ^{BC}	(567)
10.5 三段最小二乘法	(575)
10.6 一個數值例子；混合的三段最小二乘估計	(584)
10.7 完全情報極大概似 ^C	(591)
10.8 對聯立方程式去選擇估計量	(596)
11. 綜合計及特定化分析	(611)
11.1 一個關係如何去特定化？ ^{AB}	(611)
11.2 特定化分析 ^{AC}	(619)
11.3 線性經濟關係之線性綜合計 ^B	(629)
11.4 綜合計的例子 ^B	(636)
11.5 綜合計問題的收斂作法 ^B	(644)
11.6 消費者調配問題：(4) 相對價格模型 ^C	(648)