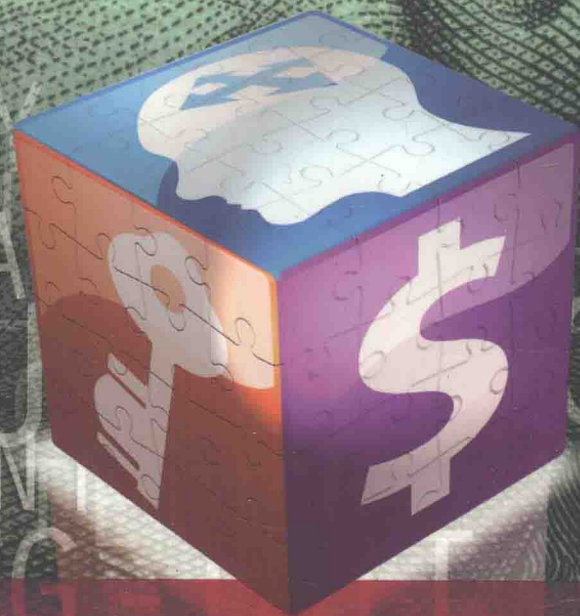


計量經濟學

理論、觀念與應用



ECONOMETRICS

Theory, Concept, and Applications

智勝
BEST-WISE

周賓凰 著

計量經濟學

理論、觀念與應用

周賓凰 著

智勝文化

僅以此書獻給
過去、現在與未來造訪並致力於提升此星球靈性的
偉大明師

序: 事物的反面意義永遠比其表面意義來得重要

據說十二音列主義大師荀白格 (Arnold Schoenberg, 1874-1951) 在他的書「和聲學」序言中的第一句話是:

這本書是我從學生中學來的!

這本書的內容亦如是。教書十幾年來,我慢慢地感覺到一切事物的意義並不在於其外表所呈現出來的。從教學的過程看來,彷彿是我把我懂的傳授給學生,實則是學生不斷地給我機會去思考我所要講的內容。正如「與神對話」中的一句話:「One has to teach what one has to learn.」奇蹟課程 (A Course in Miracles) 書中也說,你教什麼,你就成為什麼 (好像是這樣說的)。

寫這本書,對我而言,其實只是記錄一個過程 (mark my path), 正所謂「凡走過必留下痕跡」(請不要聯想到電線桿)。我覺得有必要將這些年來所思考過的,作一個整理與紀錄。不過,的確在下筆的時候,才發現自己過去一直以爲的「架構」,其實還是相當的片斷、不連貫....。

一直以來,總覺得自己縱使不是聰明絕頂,也是在一般之上 (心理學說這個叫做「過度自信」)。前些時候,做了一個名為「小海豚」的腦波測試。測試者用一台筆記型電腦,接出幾個測試腦電波的線,貼在我頭的幾處地方。然後要求我做些簡單的頭部及眼球動作讓他記錄腦波的變動。做完了測試之後,測試的人看了看電腦列印出來的結果,跟我說:「從你左右腦腦波圖形不平衡的情況看來,基本上已經接近智障的程度!」,又告訴我:「你並不聰明。其實老師上課講的內容,你多半時候都聽不太懂,而是要回家後自己看書,才能慢慢瞭解。而且你讀一本書還不一定看得懂,需要比照好幾本書,才形成自己的一套看法。」乍聽之下,晴天霹靂!不過回首一看,真的,一直以來,對於老師整理好的架構,我總是聽得「Vu Sa Sa (霧煞煞)」,儘管多數同學都覺得老師教得很好。還記得

國三時頗受同學喜歡的物理老師在課堂上解題；老師在課堂上以清楚整齊的板書，寫下一行一行解題的步驟，而我則頭腦開始變得沈重，一個個問號不斷冒出：「為什麼？為什麼？」，然後就開始打起瞌睡...

不知道從什麼時候開始，我發現我喜歡對一些感到興趣的東西，大量地閱讀。很長一段時間，我喜歡到八德路那間小小的「水準書局」搜尋、翻閱各種各類的書，心中充滿好奇。讀最多、想最多的，大概多跟「人生的意義」之類的課題有關。有一段時間，我太太常常問我為什麼需要讀這麼多東西。我說：「這世界有許多是我不懂的，我覺得需要讀這些來形成我心中的『架構』」。好像每隔一段時間，對宇宙的理解又多了一些。我可以感覺到我心裡有一種想把宇宙納入心裡的野心（現在我知道，宇宙本來就是我所投射出來的，它原本就是包含在我心中）。

還記得 1990 年剛到華盛頓大學 (Washington University in St. Louis) 讀書時參加系上老師與我們這些菜鳥博士班學生的座談。Professor Edward Greenberg 問我適應得如何。我回答在「聽」方面比較困難，因為不同的人有不同的口音 (accents)，所以很多時候需要「read the lips」才能瞭解對方在說什麼，不過沒關係，我回答，因為「Life is a learning process。」Greenberg 則玩笑似地回答：「Well, to me, life is a forgetting process。」最近我似乎也開始要步入這個階段——就好像張三丰在教完張無忌太極拳後，問他記得沒，張無忌回答：「忘掉一半了！」，而要一直到「招數全忘掉了！」才是真正的融會貫通。所以開悟的大師們說：「Life is an unlearning process」。

對我而言，「建立思想的架構」是第一步，忘掉這些「架構」是第二步。所以，寫下這本書，是爲了要忘掉它。

生命真的是很神奇的... 東西。真理、真相不存在表面，也不存在反面，而是存在矛盾中。混沌理論中有一個東西叫做「碎型結構」(fractal structure)，意指事物在大尺度 (large scale) 與小尺度下的結構類似。例如，地圖上看來，海岸線是彎彎曲曲，如果我們擷取一小段把它放大，會發現型態非常類似。再擷取其中一小段、放大，還是一樣。如此重複，會發現型態始終不變。這也適用於最大尺度的宇宙與最小尺度的次原子世界。所以，瞭解了「極小」，也就瞭解了「極大」；了悟了「內在」，也就了悟了「外在」的世界。

其實，最重要的也不是事物的背後意義，而是二者的總和，因為，就學習而言，「教」與「學」原本就是同一回事。從表面看來，似乎教者爲「施」，而學者爲「受」。有人說，施比受更重要。我認爲，到了某個層面，受比施還要重要。我們常把施者視爲強者，受者爲弱者，所以能選擇爲「弱者」(尤其是在有覺知下)，是一種能力。終究，再到另一層面，我

們會發現，施其實就是受；施者與受者根本就是同一人。而就在教與學中，老師與學生一起為上帝作見證。

寫這本書，要感謝很多人。感謝我的老師，因為他們放下他們的自我，讓我瞭解靠自己才能真正地學到東西。感謝我的學生，在我講不清楚，或明知我在「瞎掰」時，沒有戳破我，讓我再接再厲弄明白。我或許不是一個好學生，但他們都是我的好老師。

我說了很多了嗎？不論言或行，我們都是在「express ourselves」；說什麼，或是做什麼，都是對自己說、對自己做的一項「聲明」。記得多年前一次跟還在讀幼稚園的姪女鬥嘴時，她回我說：「說別人就是說自己！」多麼睿智的一句話！說得越多，越表示內心中的不足。或許有那麼一天，在課堂上，師生（師徒）都相對無語，而就在靜默中，一同融入上帝的愛（道）。

不過，我想，我還是趁現在想說多說一點吧。

謝辭

這本書是在很多人的協助下完成的：多數內容是由雲嫻把我紊亂的文字「轉譯」到 cwTeX 的；歷屆的學生，尤其是冠成、柏欣、曉緯在撰寫程式、校閱內容與習題解答上，費心頗多；智勝出版社在文稿編排與編輯上提供許多建議。尤其要感謝的是吳聰敏老師，他毫不保留地提供許多有用的建議，更在許多個週末回答我各種奇怪的 cwTeX 問題；這本書的格式是由他親自為我編寫的。

最後，這本書的完成，最要感謝的是我太太，絹淑。事實上這本書的初稿就是她把我上課的錄音謄成文字的；這是這本書的初始，回溯到2001年。不過我最要感謝她的，並不是這本書，而是她豐富了我生命的深度與寬度。過去這些年來，我們從身心靈各方面探索生命。在身體層次，我們找到了頗適合我追根究底個性的「華陀五禽之戲」，學習感受身體的細微變化；在心理層次，我們也一起上了許多心理成長的課程，從原生家庭與成長過程，一點一滴地瞭解自己。但最重要的，是透過她我再次認識了廿多年前就認識的靈性導師。我的師父教導徒弟超越宗教形式，走向內在、發展愛心。一路走來，這靈性的道路雖然有些顛簸，尤其是面對靜坐冥想時，紛亂不止的念頭，有時讓我不禁有放棄的想法；絹淑對靈性生命的執著，是支撐著讓我繼續走在這條路上的力量。

目錄

序: 事物的反面意義永遠比其表面意義來得重要	1
Chapter 1 緒論	1
1.1 簡介: 什麼是計量經濟學?	1
1.2 一個簡單例子	6
1.2.1 淺談「自由度」.	10
1.2.2 計量經濟的作法	11
1.3 資料型態與模型分類	13
1.4 什麼是「財務計量」?	17
1.5 本書的範例與程式	18
本章習題	19
Part I 統計與線性代數基礎	21
Chapter 2 統計概念回顧: 機率部分	23
2.1 觀念架構: 機率與分配	24
2.1.1 機率測度	27
2.1.2 條件機率與非條件機率	29
2.2 貝氏定理	30
2.3 離散隨機變數分配	33
2.4 常見的離散分配	37
2.5 連續隨機變數	38
2.6 常見的連續分配	41
2.6.1 均勻分配	41

2.6.2	指數分配	42
2.6.3	常態分配	42
2.6.4	卡方 (χ^2) 分配	44
2.6.5	t 分配	44
2.6.6	F 分配	46
2.6.7	對數常態分配	47
2.7	聯合分配與聯合動差	48
2.8	相關與獨立的討論	52
2.9	條件分配與條件動差	54
2.10	多變量分配	56
2.10.1	多變量常態分配	58
2.10.2	條件常態分配	60
2.11	常態分配二次式之分配	62
2.12	多變量分配在財務上的應用: 以最適投資組合建構為例 (選讀)	64
	本章習題	72
Chapter 3 估計與假說檢定		75
3.1	隨機抽樣與隨機樣本	77
3.2	估計子抽樣性質: 小樣本性質	79
3.3	估計子抽樣性質: 大樣本性質	81
3.3.1	大數法則	81
3.3.2	中央極限定理	87
3.4	常用估計方法	89
3.4.1	動差法	89
3.4.2	最小平方法	92
3.4.3	最大概似法	93
3.5	假說檢定	100
3.6	實證研究初步: 敘述統計量	107
3.6.1	單變量敘述統計量	108
3.6.2	兩樣本平均數差異之檢定	113

3.6.3	多變量敘述統計量	115
3.6.4	淺談報酬率	115
3.6.5	資產報酬的實證特性	120
3.7	實例: 台灣、美國與日本股價指數報酬分析	122
3.8	本章附錄: 證明 $\frac{(T-1)\hat{\sigma}^2}{\sigma^2} \sim \chi_{T-1}^2$	128
	本章習題	131
Chapter 4 矩陣代數		133
4.1	矩陣定義與運算	134
4.1.1	基本矩陣名詞定義	134
4.1.2	其他常見矩陣	135
4.2	矩陣的基本運算	137
4.2.1	矩陣的加減	137
4.2.2	矩陣的乘法	137
4.2.3	冪次矩陣	139
4.2.4	自乘不變矩陣	139
4.3	正交矩陣	140
4.4	矩陣的「跡數」	141
4.5	矩陣的行列式	142
4.6	矩陣的秩	145
4.7	反矩陣	148
4.8	二次式與正負定矩陣	150
4.9	聯立方程式與其解	152
4.10	特徵根與特徵向量	154
4.11	對稱矩陣的對角化	158
4.12	自乘不變矩陣的特徵根	159
4.13	矩陣的 Kronecker product 與向量化	161
4.14	向量與矩陣微分	163
	本章習題	167

Part II 古典線性迴歸模型: 基礎篇 169

Chapter 5 古典線性迴歸模型 171

5.1	模型設定	172
5.2	再談模型與誤差項	179
5.3	古典線性迴歸模型的矩陣表達形式	183
5.4	估計: 普通最小平方法	184
5.4.1	OLS的幾何意義	187
5.4.2	估計子的統計性質	189
5.5	高斯馬可夫定理	190
5.5.1	定義與證明	190
5.5.2	BLUE意義的說明	195
5.6	動差法估計 β 與 σ^2	197
5.6.1	動差法估計 β	197
5.6.2	誤差項變異數 σ^2 之估計	198
5.7	預測	201
5.8	常態分配下估計與假說檢定	209
5.8.1	最大概似法與估計子之抽樣分配	209
5.8.2	假說檢定	212
5.9	變異數分析	217
5.10	實例與迴歸報表結果說明	221
5.11	概似比檢定、Wald 檢定、與拉氏乘數檢定	224
5.11.1	概似比檢定	225
5.11.2	Wald檢定	225
5.11.3	LM test	226
5.11.4	三種檢定的關係與比較	226
5.12	非線性假說之檢定: Delta 方法 (選讀)	227
5.13	非常態分配下的估計與假說檢定: 大樣本性質分析	229
5.13.1	$\hat{\beta}$ 與 $\hat{\sigma}^2$ 的大樣本性質(選讀)	229

5.13.2	非常態分配下的假說檢定	232
5.14	關於線性迴歸模型的幾個評論	233
5.15	本章小結	235
5.16	本章附錄	237
5.16.1	證明 CC' 為半正定矩陣	237
5.16.2	證明 $\frac{(T-k)\hat{\sigma}^2}{\sigma^2} \sim \chi^2_{T-k}$	237
5.16.3	證明 $\frac{(ESS_1 - ESS_0)/k_2}{ESS/(T-k)} \sim F_{k_2, T-k}$	238
	本章習題	241
Chapter 6	複迴歸模型: 其他相關議題	247
6.1	複迴歸模型係數的意義	247
6.2	偏相關係數與相關係數	250
6.3	交叉效果	251
6.4	省略相關之變數與引進不相關變數	253
6.4.1	省略相關之變數	254
6.4.2	引進不相關變數	256
6.5	常見模型函數型式	258
6.6	區分線性與對數模型: MWD 檢定	263
6.7	RESET 檢定	264
6.8	$\ln(y)$ 為應變數下 y 的預測	265
6.9	線性重合問題	267
6.9.1	共線性檢測	268
6.9.2	解決方案	269
6.10	資料遺漏問題	270
6.11	迴歸模型的敏感度分析	274
6.12	誤差衡量問題	275
6.12.1	EIV解決辦法之一: 工具變數法	278
6.12.2	EIV解決辦法之二: 尋找「額外資訊」	280
6.13	EIV問題實例: CAPM 之實證 (選讀)	281
6.13.1	投組方法	283

6.13.2 個股估計調整	285
本章習題	288
Chapter 7 虛擬變數	291
7.1 簡介	291
7.2 虛擬變數與結構性改變	292
7.3 多於兩群的虛擬變數應用	296
7.4 實例分析: 小公司規模效果之檢定	298
7.5 Spline 迴歸	300
7.6 事件研究法 (選讀)	302
7.6.1 事件研究法之虛擬變數表達與處理方式	305
7.6.2 事件研究法的一般表達方式: 虛擬變數之應用	306
7.7 本章小結: 近年的發展	310
本章習題	313
Part III 進階議題與模型	315
Chapter 8 非 <i>iid</i> 下複迴歸模型之估計與檢定	317
8.1 一般化最小平方法: Ω 已知下的估計	319
8.1.1 非 <i>iid</i> 下 σ^2 之估計	321
8.1.2 加權最小平方法	322
8.2 Ω 未知下的一致性估計子: 可行的 GLS 估計子	324
8.3 不同誤差項假設下的計量分析架構	325
8.3.1 <i>iid</i> 下的分析	327
8.3.2 非 <i>iid</i> 下之分析	327
8.3.3 Ω 已知	327
8.3.4 Ω 未知	328
本章習題	330
Chapter 9 異質變異: 問題與解決方法	331
9.1 為什麼會有異質變異呢?	332

9.2	異質變異檢測方法	335
9.2.1	Goldfeld-Quandt 檢定	335
9.2.2	White 檢定	336
9.2.3	Breusch-Pagan/Godfrey 檢定	337
9.3	已知 Ω 結構下迴歸模型之估計	338
9.4	未知 Ω 結構下迴歸模型之估計與檢定: White 異質變異調整法	340
9.5	實例分析: White 異質變異檢測與假說檢定	340
9.6	ARCH/GARCH 模型	341
9.6.1	GARCH 模型	344
9.6.2	ARCH/GARCH 檢測	347
9.6.3	實例分析	347
	本章習題	353

Chapter 10 自我相關 355

10.1	為什麼誤差項會有序列相關呢?	357
10.2	自我相關檢測	359
10.2.1	Durbin-Watson 檢定	359
10.2.2	Durbin's h 檢定: 解釋變數中有落後被解釋變數時之檢定	364
10.2.3	Breusch-Godfrey 檢定	364
10.2.4	Ljung-Box 檢定	365
10.3	自我相關下模型之估計與檢定	366
10.3.1	已知序列相關結構下迴歸模型之估計: 以 AR(1) 為例	367
10.3.2	實例分析	369
10.3.3	未知序列相關與異質變異結構下迴歸模型之估計: GMM 估計	371
10.4	本章小結	372
	本章習題	374

Chapter 11 一般化動差法 377

11.1	一個例子: 以 t 分配為例	378
11.2	GMM 與最適加權矩陣之估計	380
11.3	GMM 估計子分配與檢定	383

11.4	GMM推導應用: <i>iid</i> 與非 <i>iid</i> 下 Sharpe 指標之分配	385
11.5	GMM與其他估計方法的關係	387
11.5.1	普通最小平方法	387
11.5.2	工具變數估計子	390
11.6	應用實例: 股票風險因子能預測GDP 嗎?	392
11.7	本章小結	395
	本章習題	396
Chapter 12 離散與應變數受限制模型		397
12.1	離散迴歸模型	397
12.1.1	二元選擇模型	400
12.1.2	Probit與 Logit 模型.	401
12.1.3	線性機率模型、Probit 與 Logit 模型係數之意涵	404
12.1.4	比較 Probit 與 Logit 模型之優劣: 配適度比較	405
12.1.5	多選項選擇模型	407
12.1.6	Poisson 迴歸模型	411
12.1.7	小結	412
12.2	應變數受限制模型.	414
12.2.1	遮斷與截斷樣本	416
12.2.2	Tobit 迴歸模型.	420
12.2.3	截斷迴歸模型	421
12.2.4	應用實例: 漲跌幅限制之計量分析	422
12.2.5	重排樣本	424
12.2.6	蒙地卡羅模擬實驗	427
	本章習題	435
Part IV 結語		437
Chapter 13 如何撰寫實證研究論文		439
13.1	為什麼做研究? 做什麼研究?	439

13.2 文章的主要要素.	441
13.2.1 文章第一要素: 創意 = 貢獻	442
13.2.2 文章第二要素: 結構	448
13.2.3 網路搜尋與主要期刊	450
13.3 論文的主要內容.	451
13.3.1 摘要、前言與文獻探討	453
13.3.2 文獻探討與其他	454
13.4 資料: 主要資料庫	456
13.5 應用計量經濟的「十誡」.	459
13.6 本章結語: 給新進研究者的一些小建議.	465

Part V 附錄 469

常用統計表.	473
----------------	-----

參考文獻.	478
---------------	-----

索引	484
--------------	-----

CHAPTER 1

緒論

It's not what you know about something that is important, but rather how you use it. — Pagan (1999)

1.1 簡介: 什麼是計量經濟學?

計量經濟學 (Econometrics; 重音在第四音節「me」) 這個專有名詞據瞭解是由 Pawel Ciompa 早在 1910 年就已提出, 但是將之發揚者則要歸諸計量經濟學會 (Econometrics Society) 的創始人之一——Ragnar Frisch。計量經濟學會於 1930 年代創立, 使得「計量經濟學」(Econometrics) 成爲一個獨立的學門。但到底什麼是計量經濟學, 一直到現在, 都沒有普遍接受的定義。有人開玩笑地說, 計量經濟學就是計量經濟學家 (econometrician) 在做的事, 顯然忽略了計量經濟學家也常不務正業, 做些不相干的事。儘管如此, 大多時候, 我們還是可以辨別出哪些是計量經濟學在做的事。計量經濟學家的不同 (或是讓人困惑的地方) 就是, 他們是不同角色的「混合體」——他們是經濟學家 (economists), 也是理論或應用統計學家 (theoretical or applied statisticians), 但當他們操弄 (manipulate) 統計來支持其論點時, 他們就把計量經濟學變成了「經濟的詭計」(把戲) economic-tricks (重音在第三音節「no」)。

做爲經濟學門的一個分支——計量經濟學 (另譯「經濟計量學」),¹ 基本上是探討將概念性的經濟理論藉由實際的資料予以數量化的研究學門。Frisch 在著名期刊 *Econometrica* 的發刊詞中指出, 計量經濟學會的目標爲:

¹ 參見于宗先主編的《經濟學百科全書》第六冊: 經濟計量學, 聯經, 1986 年。

Its main object shall be to promote studies that aim at a unification of the theoretical-quantitative and the empirical-quantitative approach to economic problems and that are penetrated by constructive and rigorous thinking similar to that which has come to dominate in the physical sciences... The mutual penetration of quantitative economic theory and statistical observation is of the essence of econometrics. *Econometrica* 1, (1933), pp. 1-2.

簡單地說，計量經濟學的目標在於如同物理學一般，以嚴謹的思維，透過結合經濟理論與統計工具，將經濟理論付諸實證。鄒至莊 (Gregory Chow, 1983) 定義計量經濟學是「使用統計方法於經濟變數關係之衡量 (measurement) 的科學與藝術。」就字面上而言，Econometrics 是指「經濟的衡量」(economic measurement)，較精確地說，計量經濟學是探討「實證研究方法」的研究學門，強調經濟關係的「數量化」，所以其目的在於經濟「理論」與「衡量」的結合，前者一般是概念性、「質化」(qualitative) 的，而後者則是「量化的」(quantitative)。純粹概念性的理論顯然在實際問題的解釋與應用上是有限的；而缺乏理論基礎的統計分析則無法提供一個「因果關係」的說明，同樣地，其說服力也是有限的，或甚至可能是錯誤的。

計量經濟學包括四個主要成分：理論 (a priori theory)、資料、計量方法與計算工具 (即執行的軟體與硬體)。圖 1.1 敘述以計量經濟學方法，從事一實證研究 (empirical study) 的執行步驟。基本上，一個實證研究應從一個概念性的經濟理論出發。例如，經濟學裡的「需求函數」(demand function) 認為，需求的數量 (quantity demand) Q 是價格 (price) P 的遞減函數，也就是價格愈高，則需求數量愈少。概念上而言， Q 與 P 的關係可表達為：

$$Q = g(p) \\ \frac{\partial Q}{\partial P} = \frac{\partial g(\cdot)}{\partial P} < 0$$

但是我們所知的也僅限於此，至於 Q 與 P 之間的函數型式 $g(\cdot)$ 為何，我們一無所知。此外，尚有可能其他因素，例如經濟景氣、天氣、季節等，都有可能影響 Q 與 P 之間的關係。而需求函數的決定很重要，因為廠商透過對市場需求函數的瞭解，可進一步制定適當的價格或生產策略，以極大化其利潤 (或者是極大化其存活機率)。