

初等統計學

R. J. 旺納科特 T. H. 旺納科特 著

曉園出版社
世界圖書出版公司

初等統計學

（日）中嶋四郎 著 王 德 曾昭賢 譯

總發行所 東京
丸善株式會社

初等統計學

原著者 R.J.Wonnacott T.H.Wonnacott

譯著者 方 世 榮

曉園出版社

世界圖書出版公司

北京·廣州·上海·西安

1992

初等统计学

R. J. 旺纳科特 T. H. 旺纳科特 著

方世荣 译

晓园出版社

世界图书出版公司北京重印

北京朝阳内门大街 137 号

通州印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1992 年 10 月第一版 开本: 787×1245 1/20

1992 年 10 月第一次印刷 印张: 32

印数: 0001—1400

ISBN: 7-5062-1314-1/Z·37

定价: 19.30 元 (W₈₉201/13)

世界图书出版公司通过中华版权代理公司向晓园出版社购得重印权
限国内发行

譯 序

統計學在各種專業領域中，所扮演的角色愈來愈重要，這是普遍受到肯定的事實。由於它的重要性，因此目前國內的大專院校之各科系大部分皆將統計學列為必修或選修的課程。本書係編譯自美國著名的統計學家 R. J. Wonnacott 和 T. H. Wonnacott 兩位教授合著的“Introductory Statistics”第四版，原書被美國許多大學評為最佳的統計學教科書之一。

本書內容的編排，採循序漸進，由淺入深的方式。對於統計上的一些重要觀念，均有極詳細的詮釋。為了讓讀者有更清晰的瞭解，本書附有許多具體的說明範例。每一例題除了解說觀念的應用及各種統計方法的比較外，並依實際的需要附有一些啟發思考與培養判斷能力的問題。讀者在看到這些例題時，最好能先自行解答，然後再參考書中所提供的方法，如此將可更增進學習效果。由於本書的目的在於奠定學生研讀統計學之必備的邏輯基礎，因此本書的編寫亦強調了各章節之間的邏輯關係。讀者若能試着去理出這些脈絡相循的關係，則對於整個統計學的邏輯推理必能有一致的思路，從而培養具備解決實際問題的能力。

鑑於「迴歸理論」在實用統計上的重要性，以及它是許多相關的統計方法與理論之基礎，故本書有很大的篇幅專門介紹這方面的課題。另外，近代統計理論發展的新趨勢，如貝氏推論、隨機過程、最大概似估計、穩健估計 (robust estimation) 與無母數統計，本書亦皆有精要的說明。當然，統計學的兩大內容——敘述統計與推論統計，本書除了有詳盡的介紹外，並討論了這些基本統計方法的應用；實際上，本書亦可視為「應用導向」的教科書。

最後，本書的內容雖極其豐富，但在章節的編排與各個主題的取捨上，頗富彈性。職是之故，本書乃適用於一學期或二學期統計學課程的教材，教師可斟酌實際需要，對課程內容作適當的設計。又，本書適用的領域相當廣泛，舉凡社會、心理、經濟、企業管理及自然科學與工程等科系的學生，皆可以本書作為統計學入門的讀本，因此乃將本書取為「初等統計學」。當然，本書對統計科系的學系的學生亦相當合適，因為除了對統計學之觀念與方法有精闢的解說之外，特別強調邏輯推理的基礎，這是主修統計學的學生所必須具有的條件之一。

筆者目前仍在商學博士班攻讀，並在大專院校教授統計相關的課程。累積過去的經驗，不揣學疏淺陋，執筆編譯完成本書，疏漏謬誤之處在所難免，尚祈學者前輩不吝賜教匡正，以便於再版時修訂。

方世榮 謹識

78, 2

原 序

本書是一本初等的統計學教科書，適用的領域相當廣泛，從社會科學到工程科學等科系；當然，對統計系的學生亦相當合適。雖是兩學期的課程設計，但本書的編輯亦適用於一學期的教材，即前面八至十二章可供彈性取捨。本書的目標在於奠定學生研讀統計學之必備的邏輯基礎，培養將來修習更高深課程之能力。書中內文儘可能地採用最簡單的數學觀念，並期以很完整且有系統的方式來描述。

致學生

統計學是一門研究如何在未知領域開啓一扇窗之精密設計的學問，讀完本書，你將發掘到一片美好的天地正待你利用統計觀念加以開拓。

本書並非一本小說，也絕不可以看小說的方式來讀它。當你讀到一連串的例題時，最好先試着自己解答。唯有親自花時間思考後（最好亦已得到解答），再參考我們所提供的解答，如此的學習效果將更佳。此外，每一節末尾的練習題亦應採用這種方式。本書所列的問題之計算，都儘可能地使其簡單化，以讓讀者能專注於觀念上的瞭解，而非浪費無謂的算術計算時間。同時，爲了使其更符合實際用途，我們儘可能使用真實數據，或至少是一部分的真實資料。本書教你演算的目的，並非訓練你精於計算，而是要讀者能體會到其觀念所在。因此，使用簡單的數據就足以達成此目的。（實際生活上的數據，規模往往很龐大，但其計算一般都可委由電腦來完成。）

較具難度的問題和章節，都附上一個星號（*）。例如，第十三章和十四章中，我們所提供的習題最好使用電腦套裝軟體求解。設計這些問題的用意在於讓喜歡電腦的學生試試自己的實力；但同時也顧慮到其他的學生，將這些習題列爲選擇性的題目，而另外列出一些習題，可不需使用電腦而只需運用書上所介紹的方法即可求解。

本書最後的附錄，附上了所有奇數題的簡單答案。有關所有問題的完整解答，我們另編了一本學生手冊。（註：有關解答，曉園出版社有出版。）

致教師

本書的基本目標在於將統計的觀念儘可能地詳細詮釋一番，故其使用的唯一先決條件就是修習過高中數學。即使只出現在某些其理論必須藉用微積分的觀念方得以發揮的章節，但作者仍以特殊方法之介紹而使未曾唸過微積分的讀者亦能瞭解。同樣地，作者亦藉助問題和範例（而非抽象的理論）來介紹新的內容。只有當學生對其概念有清楚而直覺的瞭解之後，理論才有直接顯現的必要。

本書之另一主要的目標在於介紹各有關章節內容中主題之間的邏輯關係。有些範例彼此間是通用的，包括：區間估計和假設檢定； t 檢定和 F 檢定；以及變異數分析和使用虛擬變數的迴歸分析。上列各種情形，我們的動機在於儘量幫助學生注重關鍵性的邏輯，使他們具備解決實際問題的能力。

本書將迴歸模型置於很重要的地位，不僅因為迴歸是實用統計上的重要工具，同時也基於它是瞭解一些相關的統計方法（如，相關分析與變異數分析）之關鍵。因此，本書對於非線性迴歸與複迴歸作了很詳細的探討，並強調了複迴歸之價值，以摒除觀察式學習的偏見。

本書內容的編輯頗富彈性，基本的古典統計安排在前面十五章，而後面的五章則涵括了一些較特殊但頗重要的課題，包括：無母數統計， χ^2 ，最大概似估計，以及貝氏推論。教師可斟酌實際情況，選擇其中一些教材講授。

新版介紹

為了使此版書更為完整，我們作了很大的修訂。本書介紹了許多在應用統計上所使用的新方法，但其中大部分皆不適合在初等統計的教科書介紹，例如：

- 探索性資料分析
- 在不同情況下的信賴區間，jackknife 方法
- 路徑分析，可說明迴歸的觀念
- 貝氏縮小法，可降低估計誤差
- 穩健估計與無母數統計
- 隨機化以消除偏誤

此外，我們亦力求本書架構之簡化。和以前的版本一樣，較艱深的主題都置於每章之末，並以星號（*）標示，可列為選擇性的題材。同時，我們也將有關的證明列於最後的附錄上。為了幫助學生的重點複習，我們在每一章之末皆將重要的內容再加以摘述。

最後，為了力求本書之精簡，我們刪除一些較偏僻冷門的題材。然而考慮到某些教師可能認為這些題材很重要，為便於他們參考的需要，乃將之收集列入教師手冊；有必要的時候，教師們可以很容易地影印做為教材使用。教師手冊尚包括很多新的課題，如帕松分配、指數分配，以及比較兩個母體之變異的信賴區間。

以下為謝詞（省略）。

London, Ontario, Canada 1984

RONALD J. WONNACOTT
THOMAS H. WONNACOTT

作者介紹

Ronald J. Wonnacott

Thomas H. Wonnacott

此兩位作者曾一起在 Western Ontario 大學攻讀數學、統計和經濟。Ron 後來在哈佛大學取得經濟學博士學位，而 Tom 亦在普林斯敦大學獲得統計學博士學位。他們曾在衛斯里蘭、明尼蘇達，Duke 和加州柏克萊等大學擔任教授，目前則皆任教於 Western Ontario 大學。

Tom 曾發表過許多有關統計學在社會科學和醫學等方面上應用的論文。Ron 則探討有關加拿大與美國之間貿易的問題，並發表一些論文及出版著作（大部分是和其兄弟 Paul 一同合作）。Ron 和 Tom 曾一起為 Wiley 出版公司編寫了好幾本書，包括：計量經濟和迴歸。

Ron 和 Tom 共同的興趣包括：滑雪、網球和音樂。此外，Tom 喜好玩棒球，而 Ron 則喜歡打高爾夫球。

目 錄

第一篇 基本機率與統計 1

第一章 統計學的本質 3

1. 隨機抽樣：民意調查 3 / 2. 隨機性實驗：醫院行政管理的檢
定 9 / 3. 觀察值的研究與隨機化的實驗 13 / 4. 本書之架構
18 / 第一章摘要 18 / 複習題 19

第二章 敘述統計 21

1. 次數表與圖形 21 / 2. 分配的集中量數 26 / 3. 分配的離
散度 34 / 4. 利用電腦來計算有關的統計量數 39 / 5. 線性
轉換 40 / 6. 使用相對次數來計算有關之統計量數 44 / 第
二章摘要 46 / 複習題 46

第三章 機 率 49

1. 導論 49 / 2. 事件的機率 52 / 3. 事件的組合 58 / 4.
條件機率 63 / 5. 獨立 67 / 6. 貝氏定理：倒置樹狀圖 71
/ 7. 有關機率的其他理論 75 / 第三章摘要 78 / 複習題
79

第四章 機率分配 83

1. 間斷的隨機變數 83 / 2. 平均數與變異數 86 / 3. 二項
分配 89 / 4. 連續分配 95 / 5. 常態分配 98 / 6. 隨機變
數的函數 105 / 第四章摘要 110 / 複習題 111

第五章 兩個隨機變數 117

1. 分配 117 / 2. 包含兩個隨機變數的函數 123 / 3. 共變異

數 126 /4. 兩個隨機變數的線性組合 131 /第五章摘要
137 /複習題 138 /第一章至第五章複習題 139

第二篇 平均數與比例值的推論 145

第六章 抽樣 147

1. 隨機抽樣 148 /2. 樣本平均數的動差 153 /3. 抽樣分配的形態 156 /4. 比例值 163 /5. 小規模母體的抽樣 170
/6. 蒙地卡羅 172 /第六章摘要 179 /複習題 180

第七章 點估計 185

1. 母體與樣本 185 /2. 估計式應具備之特性 186 /3. 穩健的估計 196 /4. 一致性 203 /第七章摘要 207 /複習題 207

第八章 區間估計 213

1. 單一的平均數 213 /2. 小樣本 t 220 /3. 兩個平均數：獨立樣本 223 /4. 兩個平均數：成對樣本 228 /5. 比例 232 /6. 單尾信賴區間 236 /7. Jackknife 方法 237 /第八章摘要 245 /複習題 245

第九章 假設檢定 249

1. 使用信賴區間進行假設檢定 249 /2. p -值 (單尾的情形) 253 /3. 古典的假設檢定 261 /4. 再論古典檢定 266 /5. 作業特性曲線 270 /6. 二尾檢定 274 /第九章摘要 277 /複習題 277

第十章 變異數分析 (ANOVA) 281

1. 一因子之變異數分析 281 /2. 二因子的變異數分析 292 /3. 信賴區間 298 /第十章摘要 301 /複習題 301 複
/第六章至第十章複習題 302

第三篇 迴歸：兩個或更多變數之關連 307

第十一章 回歸配適 308

1. 導論 309 / 1. 普通最小平方方法 (OLS) 311 / 3. OLS 的優點——一種更強力的說法 316 / 第十一章摘要 319
/ 複習題 319

第十二章 簡單迴歸 323

1. 迴歸模型 323 / 2. 抽樣的變異性 327 / 3. β 的信賴區間與檢定 333 / 4. 已知 X 的水準下, 預測 Y 337 / 5. 模型的延伸 342 / 第十二章摘要 343 / 複習題 343

第十三章 複迴歸 347

1. 為何使用複迴歸分析 347 / 2. 迴歸模型與其OLS之配適 350 / 3. 信賴區間與統計檢定 355 / 4. 將迴歸係數視為乘數因子 359 / 5. 簡單迴歸與複迴歸的比較 365 / 6. 徑路分析 371 / 第十三章摘要 374 / 複習題 375

第十四章 迴歸理論延伸 379

1. 虛擬 (0-1) 變數 379 / 2. 利用迴歸進行變異數分析 (ANOVA) 388 / 3. 最簡單的非線性迴歸 391 / 4. 利用對數轉換消除非線性 394 / 5. 利用殘差圖檢查迴歸模型 402 / 第十四章摘要 405 / 複習題 406

第十五章 相關 411

1. 簡單相關 411 / 2. 相關與迴歸 418 / 3. 兩條迴歸直線 425 / 4. 複迴歸上的相關 430 / 5. 多元共線性 435 / 第十五章摘要 439 / 複習題 440 / 第十一章至第十五章複習題 443

第四篇 古典與貝氏推論 447

第十六章 無母數統計 449

1. 中位數的符號檢定 449 / 2. 中位數的信賴區間 453 / 3. 魏耳康等級檢定 456 / 4. 一般形式之等級檢定 460 / 5. 獨立性之連檢定 464 / 第十六章摘要 467 / 複習題 467

第十七章 卡方檢定 471

1. 多項式的 χ^2 檢定：適合度之檢定 471 / 2. 獨立性的 χ^2 檢定：列聯表 477 / 第十七章摘要 482 / 複習題 482

第十八章 最大概似估計 485

1. 導論 485 / 2. 幾個常見例子中的MLE 487 / 3. 齊一分配之MLE 492 / 4. 一般形式之MLE 495 / 第十八章摘要 498 / 複習題 499

第十九章 貝氏推論 501

1. 事後的機率分配 501 / 2. 母體比例 π 507 / 3. 常態模型中的平均數 μ 515 / 4. 常態迴歸線的斜率 β 522 / 5. 貝氏的縮小估計法 524 / 6. 古典與貝氏估計之比較 531 / 第十九章摘要 532 / 複習題 532

第二十章 貝氏決策理論 535

1. 最大利得（或最小損失） 535 / 2. 點估計的決策 542 / 3. 以假設檢定進行決策 546 / 4. 古典與貝氏統計之比較 553 / 第二十章摘要 556 / 複習題 556

附 錄 559

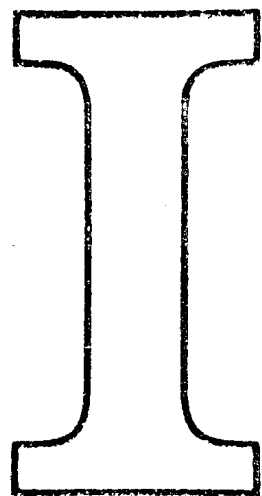
附 表 583

參考文獻 599

奇數題答案 603

常用符號的意義 619

索 引 623



基本機率與統計

VB9201-13 1B

1

統計學的本質

有些人總是認為「統計」只不過是某些數據的蒐集彙總罷了！但事實上，這只是「統計」一詞原始的含義——某一國家重要人口與經濟訊息的彙整數據。然而，時至今日，它所包含的意義已不僅止於此，近年來它已融入為一套科學的分析方法，而被廣泛地運用在企業界以及所有的社會與自然科學的領域裡。為了說明現代統計學所發揮的功能，以下我們將舉兩個例子說明它在我們日常生活中的應用：(1)選舉前的民意調查；(2)醫院行政管理業務的評估。

1-1 隨機抽樣：民意調查

A. 隨機樣本的信賴性

在每屆總統大選之前，蓋洛普 (Gallup poll) 民意調查均估計出每位候選人可能的得票數。很明顯地，欲從全部的選民中逐一清點每位候選人的可能得票數，是一件很不切實際的工作（亦即，有其困難，不可能如此做）。相反的，蓋洛普民意調查的作法是：以一群選民作為樣本，然後調查此一樣本中，民主黨可能獲得票數的百分比，再以此樣本百分比去推估全部選民（母體）中民主黨可能獲得票數的百分比。

然而，他們如何去選取此一樣本呢？從過去一些錯誤的經驗當中，我們或許可以得到一些教訓，例如，在1936年當民意調查尚屬萌芽階段時，「自由文摘」的編輯部曾試圖預測該年美國總統大選。他們所選取的樣