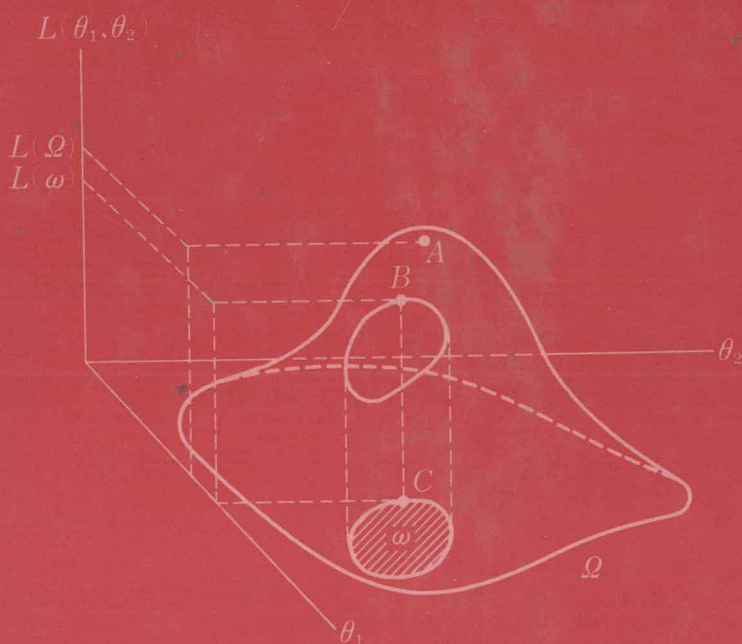


経済分析のための統計的方法

(第2版)

岩田暁一 著



東洋経済新報社

經濟分析のための統計的方法

(第2版)

岩田 暁一 著

東洋經濟新報社

著者紹介

1933年 新潟県長岡市に生まれる。
1956年 慶応義塾大学経済学部卒業。
現在 慶応義塾大学商学部教授(経済学博士), 計量経済学専攻。
著者 『寡占価格への計量的接近』(1974年),
『計量経済学』(1982年)。
現住所 三鷹市井の頭 2-30-6

経済分析のための統計的方法 (第2版)

定価 3600 円

昭和58年 4 月 7 日 第 1 刷発行

昭和59年 4 月 20 日 第 2 刷発行

著者 いわた ぎょういち 岩田 暁 一
発行者 高 柳 弘

発行所 〒103 東京都中央区日本橋本石町 1 の 4 東洋経済新報社
電話 編集 03(246)5661・販売 03(246)5467 振替 東京3-6518

本書の一部または全部の複写・複製・転記載・磁気媒体への入力等を禁じます。これらの許諾については、小社(電話03-246-5634)までご照会ください。

©1983〈検印省略〉落丁・乱丁本はお取替えいたします。

Printed in Japan 3033-3915-5214

第2版のための序文

この書物の第1版を世に出してから早くも15年余りの歳月が流れた。この間に、大型コンピュータの高性能化、パソコン・電卓などの普及・低廉化が驚くほどの勢いで進行してきた。一方、本格的な情報化社会の到来にともない、各種多様な大量のデータを処理して意思決定に役立つ有用な情報を抽出することへの要求は以前にも増して高まっている。このような背景の下で、経済データの統計的分析が一部の学術研究者のみならず一般のエコノミスト達の間でも、15年前と比較にならないほど広く行なわれるようになってきた。

しかしそれとともに、第1版の序文で指摘したような統計的方法の誤用の傾向もいっそう強まってきたといえる。特に、近頃は既製の統計計算用のプログラム・パッケージが簡単に利用できるようになっているので、それらを用いての分析が盛んに行なわれる。もちろんこのこと自体は結構なことであるが、コンピュータから出てくる計算結果の意味を正確に読みとれないことも多くなっているようである。このようなことでは、自然現象と比較にならないほど複雑な経済現象の構造を正しく捉えられるはずはない。複雑さをいっそう増している現代においては、適切かつ微妙な判断を行なっていくために統計的方法の基礎的な考え方をしっかり身につけることがますます必要になっているといえよう。

さて、第1版は未熟な著作であったにもかかわらず、今日まで参考書やテキストとして使用していただいていた。この間、文字や行の差し替え程度の小さ

な訂正を増刷の機会がある度に行なってきた。しかし、年とともに厳密でない言い方や舌足らずな表現が目につくようになった。これらは部分的な小訂正では直しきれないものであるため、心ならずも放置されていた。また、使用されている具体例も時代離れしたものになってきた。今回、ようやく全面的な改訂の機会をえたことは、永年の重荷から解放される心地がして筆者にとりたいへん嬉しいことである。

この第2版での改訂の主要な点は次のとおりである。

第1に、どのような命題の提出に際しても、それに証明や理由をつけるかあるいは参照すべき文献を指示するという形で、かならずその根拠を与えることを徹底した。その際、できるだけ厳密な説明を与えるようにした。しかし分かりやすさが失われるおそれがあるときには、厳密な説明は脚注において補足的に与えるという形をとった。

第2に、時代の進歩に合わせて次のような改良を行なった。初学者向けの第I部の内容を若干レベルアップした。たとえば平均自乗誤差や検定力関数など従来は中級向けの第II部で説明していたものを、分かりやすい形にして第I部に移した。また第II部の第14, 15, 16章については完全に書き直した部分が特に多い。たとえば、回帰係数の検定を今回は線形制約の検定の中で統一的に説明したり、推定量の漸近的性質の説明を強化したりした。

第3に、あまりに分厚い本になることを避けるためかならずしもこの本に載せなくてもよいと思われる次の節を割愛した。順列・組合せ、標本抽出の実際、OC曲線、非心 F 分布。

以上のような改訂を行なったけれども、全体として旧版の持ち味を損うことのないように配慮した。節の順序を変えたり、時代遅れの例題を取り替えたりしたが、章の配列はもとのままである。また、第I部における*印を付した節や小節はやや高度の内容であるので初学者はスキップしても構わないという点も第1版と同様である。

第1版に対してはこれまで諸先生方や読者から、ご書評やコメント、誤りの箇所のご指摘を数多くいただいていた。特に、慶応義塾大学商学部・経済学部の先輩、同僚の方々からは初版刊行以来本書に温かく接していただき、機会あるごとにご教示を賜わってきた。牧厚志教授からは例題の計算の大部分をチェックしていただいた。また浜田文雅、鳥居泰彦、新井益洋、吉岡完治、桜本光、

樋口美雄の諸先生方から今回の改訂のための貴重なご意見をいただいた。今日、第2版をこのような形でまとめることができるのはこれらの方々のご厚情の賜物である。ここに厚くお礼申し上げたい。この版ではご批判に基づき誤りの訂正に万全を期したつもりではあるが、経験法則によれば思わざるミスが未だ多く残っていると思われる。この版に対してもご叱正をいただければ幸いである。

末尾になったが、東洋経済新報社の山下乾吉氏からはこの10年来旧版の誤植訂正でお世話になっているが、今回の改訂作業においても、プランづくりから装幀にいたるまで終始熱心にご尽力いただいた。深く感謝したい。

1983年1月

岩 田 暁 一

第1版のための序文

この本は、経済の定量的な分析に従事しようとする人たちに、統計的方法の基礎を提供することを目的としている。

最近、経済や経営関係の統計資料が充実し、また電子計算機などのデータ処理機構が目ざましい発達を遂げてきた。そのため経済分析における統計的方法の適用分野は急速に拡大してきた。しかし、その際適用の仕方を間違ったり、誤った結論を導いたりすることがしばしば見受けられる。これは分析を行なっている人が、自分の使っている方法の意味を十分理解していないからであろう。

この本では、経済分析で実際に使うという立場から内容を選択し、しかもその方法の意味や限界を読者に理解させるように記述を工夫した。定理の証明はなるべく省略せず、統計学の論理を納得させることに力点をおいた。いわゆるモンテカルロ法によって、いろいろな分布を実験的に実際につくってみせていることも特徴の1つといえよう。

この本は第Ⅰ部と第Ⅱ部に分かれており、第Ⅰ部は初等的基礎的、第Ⅱ部は中級程度の内容となっている。第Ⅰ部は大学の教養課程の1年間の講義に適当な内容である。ただ配列の都合上、第Ⅰ部にかなり高度な部分（*印をつけた章、節）もはさまれている。*印の部分は最初はスキップしてかまわない。

第Ⅱ部は行列の説明から始まる。行列の知識は経済分析を行なうものにとって現在欠くことのできないものであるので、統計的方法を理解するうえに必要な最少限の知識をまとめておいた。回帰分析は実用上著しく重要であるので、特

に詳しく取り扱った。第Ⅱ部は全体として、計量経済学的方法への橋渡しとなると思う。

いうまでもなく、現代の統計学は膨大な内容を持っている。この本では経済分析にとり重要な題目に内容を限定したわけであるが、それでもたとえば順序統計量、時系列分析、多変量解析などの重要なトピックを割愛せざるをえなかった。その他、筆者の不勉強のため不完全な点が多々あると思われる。読者の叱正を得て他日の改訂を期したいと思う。

この本を書くことを最初に勧めて下さったのは、辻村江太郎教授、小尾恵一郎教授である。その際、学生が卒業してからも座右において参考にできるようなテキストをという注文であったが、その要望をどの程度満たしているか、大方の批判を仰ぎたい。杳掛暁氏には草稿を閲読していただいた。蓑谷千鳳彦氏からは演習問題の作成その他において特にお世話になった。また尾崎巖教授、西川俊作教授、鳥居泰彦氏、黒田昌裕氏その他三田統計グループの方々から有益な示唆をいただいたことを感謝したい。また表やグラフの作成において常木英子、塚本登紀子、加納美枝、坂本由美子のみなさんのお世話になった。モンテカルロ実験においては慶応大学産業研究所三田電子計算室の IBM 1620 を利用させていただいた。

著者の学生時代にはじめて統計学の手ほどきを賜わって以来、ひきつづき御薫陶いただいている寺尾琢磨先生、鈴木諒一先生にこの機会に心からお礼申し上げたい。また、工学部管理工学科における6年間の在職時代に統計学の御指導をいただいた坂元平八先生、そして山内二郎先生をはじめとする管理工学科の諸先生に感謝の念を捧げたい。

最後に、この本の出版にあたって東洋経済新報社の田宮肇氏、高橋健一郎氏、渡部孝夫氏に一方ならずお世話になったことを感謝する。

1967年5月

岩 田 暁 一

目 次

第2版のための序文

第1版のための序文

第 I 部

第1章 資料の記述	3
1.1 母集団と標本	3
1.2 資料の分類	5
1.2.1 度数分布表の作成 (5)	
1.2.2 ヒストグラムと累積多角形 (7)	
1.2.3 度数分布の記号化 (8)	
1.3 標本特性値	11
1.3.1 標本平均 (11)	
1.3.2 標本標準偏差 (12)	
1.4 その他の特性値	14
1.4.1 中央値と最頻値 (15)	
1.4.2 レインジと四分位範囲 (17)	
第2章 確 率	18

2.1 古典的確率	18
2.2 複数個の事象の確率	23
2.2.1 確率の加法 (23)	
2.2.2 確率の乗法 (25)	
2.3 数学的期待値	31
第3章 確率変数と確率分布	33
3.1 2項分布	33
3.2 離散確率変数	36
3.3 連続確率変数	38
3.4 確率変数の平均と標準偏差	42
3.4.1 平均と標準偏差 (42)	
3.4.2* チェビシェフ不等式 (45)	
3.5 ポアソン分布	47
3.6 複数個の確率変数の分布	50
3.6.1 結合分布 (50)	
3.6.2 周辺分布 (54)	
3.6.3 条件付分布 (55)	
3.6.4 統計的独立性 (56)	
3.6.5 共分散 (57)	
第4章 標本抽出	59
4.1 無作為抽出と乱数	59
4.2 有限母集団からの標本抽出	65
4.2.1 抽出実験 (65)	
4.2.2 標本平均の平均, 分散 (69)	
4.3 無限母集団からの標本抽出	75
4.3.1 抽出実験 (75)	
4.3.2 標本平均の平均, 分散 (77)	
4.4 正規分布	80
4.4.1 他の母集団からの抽出実験 (80)	
4.4.2 正規分布 (81)	

4.4.3 中心極限定理 (88)

第5章 確率変数の関数の分布92

5.1 1変数間の変換92

5.2* 多変数間の変換96

5.2.1* 2変数間の変換 (96)

5.2.2* 多変数間の変換 (103)

5.3 積率母関数 105

5.3.1 1変数の積率母関数 (105)

5.3.2 1変数の関数の積率母関数 (107)

5.3.3* 多変数の関数の積率母関数 (109)

5.3.4* 多変数の積率母関数 (110)

5.3.5* 積率母関数と確率分布 (110)

5.4* 積率母関数の応用 114

5.4.1* 2項分布と正規分布 (114)

5.4.2* 多項分布 (119)

第6章 正規母集団からの統計量の分布 122

6.1 カイ自乗分布 122

6.1.1 抽出実験 (122)

6.1.2 カイ自乗分布 (125)

6.1.3* カイ自乗分布の導出 (126)

6.1.4 標本分散の分布 (131)

6.1.5* 標本分散の分布についての証明 (132)

6.2 スチューデントの t 分布 135

6.2.1 抽出実験 (135)

6.2.2 t の確率分布 (137)6.2.3* t 分布の導出 (139)6.3 スネデカーの F 分布 142

6.3.1 抽出実験 (142)

6.3.2 F の確率分布 (145)6.3.3* F 分布の導出 (146)

第7章 母数の推定 I 149

x 目 次

7.1	母平均の推定	149
7.2	2項母集団の p の推定	154
7.2.1	割合 p' の分布と p の推定 (154)	
7.2.2	簡便法による p の区間推定 (155)	
7.3	母分散が未知のときの母平均の推定	157
7.3.1	大標本の場合 (157)	
7.3.2	小標本の場合 (157)	
7.4	母分散の推定	159
7.5	推定量の性質	162
7.5.1	不偏性と有効性 (162)	
7.5.2	一 致 性 (166)	
第8章	仮説の検定 I.....	169
8.1	仮説検定の考え方	169
8.1.1	仮説と棄却域 (169)	
8.1.2	検定力関数 (172)	
8.2	有意性検定	176
8.2.1	帰無仮説 (176)	
8.2.2	平均値の差の有意性検定 (177)	
8.3	小標本による平均値の検定	181
8.4	割合に関する検定	184
8.5	適合度検定 I.....	187
8.6	分類基準の独立性の検定	191
第9章	回帰分析 I.....	194
9.1	最小自乗法と回帰式	194
9.2	単純回帰模型	204
9.3	回帰における統計的推論	212
9.4	予 測	216
9.5	重 回 帰	219
第10章	相 関	228

10.1 相 関 係 数	228
10.2 2変量正規分布	234
10.2.1 正 規 曲 面 (234)	
10.2.2* 2変量正規分布の性質 (236)	
10.3 標本相関係数の分布	241
10.4 偏 相 関	245
第11章 分 散 分 析	248
11.1 分散分析の考え方	248
11.2 1元配置模型	254
11.3 2元配置模型	259
第 II 部	
第12章 行 列	269
12.1 行列の演算	269
12.1.1 行列の定義 (269)	
12.1.2 行列の演算規則 (270)	
12.1.3 その他の用語 (272)	
12.1.4 行列の分割 (275)	
12.2 行 列 式	277
12.2.1 順列の互換 (277)	
12.2.2 行列式の定義 (278)	
12.2.3 行列式の性質 (278)	
12.2.4 余 因 子 (281)	
12.2.5 行列式のその他の性質 (284)	
12.2.6 行列式の幾何学的意味 (285)	
12.3 行 列 の 位	288
12.3.1 1次従属, 1次独立 (288)	
12.3.2 位 (289)	
12.4 連立1次方程式と逆行列	292
12.4.1 連立同次1次方程式 (292)	
12.4.2 逆 行 列 (293)	

12.4.3	連立(非同次)1次方程式 (297)	
12.5	固有値	300
12.5.1	固有値, 固有ベクトル (300)	
12.5.2	直交行列 (306)	
12.5.3	べき等行列 (308)	
12.6	2次形式と行列の定符号	310
12.6.1	2次形式 (310)	
12.6.2	行列の微分と関数の極大極小 (311)	
12.6.3	正(負)値定符号行列 (314)	
12.6.4	非負(非正)定符号行列 (321)	
第13章	多変量正規分布	323
13.1	多変量正規分布の定義	323
13.2	多変量正規分布の性質	325
13.2.1	周辺分布 (325)	
13.2.2	平均, 分散, 共分散 (328)	
13.2.3	条件付分布 (331)	
13.2.4	正規変数の独立性 (333)	
13.3	1次形式統計量の分布	334
13.4	非心カイ自乗分布	336
13.4.1	非心カイ自乗分布の導出 (336)	
13.4.2	2次形式統計量の分布 (340)	
13.5	分散分析の定理の証明	344
13.5.1	1元配置模型 (344)	
13.5.2	2元配置模型 (347)	
第14章	母数の推定 II	350
14.1	十分統計量	350
14.2	有効推定量	354
14.2.1	クラメル-ラオの境界 (354)	
14.2.2	有効推定量の見つけ方 (359)	
14.3	推定量の漸近的性質	363
14.3.1	一致性 (363)	

14.3.2 漸近的有効性 (365)	
14.4 最尤推定法	365
14.4.1 最尤推定量の定義 (365)	
14.4.2 最尤推定量の性質 (368)	
14.5 推定量の選択と統計的決定理論	370
14.6 ベイズ推定	373
第15章 仮説の検定 II	378
15.1 検定方式の評価	378
15.2 最強検定の求め方	383
15.3 尤度比検定	386
15.4 適合度検定 II	390
第16章 回帰分析 II	395
16.1 回帰モデル	395
16.2 正規回帰モデル	404
16.3 制約付最小自乗法	407
16.4 回帰係数に関する線形制約の検定	410
16.5 多重共線性	418
第17章 回帰分析 III	424
17.1 分散不均一かつ相関関係のある攪乱項をもつ回帰	424
17.1.1 一般化された回帰モデル (424)	
17.1.2 変換しないデータによる最小自乗推定量 (428)	
17.2 不均一分散	430
17.3 自己相関	433
17.3.1 1階の自己回帰モデル (433)	
17.3.2 ダービン-ワトソン比 (435)	
17.4 独立変数が確率変数の回帰(i)…モンテカルロ実験	441
17.5 独立変数が確率変数の回帰(ii)…理論的考察	450
17.5.1 独立変数が攪乱項と統計的に独立な場合 (450)	
17.5.2 独立変数が攪乱項と統計的に独立でない場合 (453)	

xiv 目 次

付表 1	自乗と平方根	456
付表 2	正 規 分 布	465
付表 3	カイ自乗分布	466
付表 4	スチューデントの t 分布	467
付表 5	F 分 布	468
付表 6	ダービン-ワトソンの表	474
索 引		477

第 I 部