

經濟學入門叢書

6

統計學

雄道中島 著
篤 篤
鈴木



経済学入門叢書

6

統計学

中道雄 著
梶 篤
梶 鈴木

東洋経済新報社

著者紹介

はたなかみちお
畠中道雄

昭和24年 東京大学経済学部卒業。
現 在 大阪大学社会経済研究所教授。
著 書 *The Workability of Input-Output Analysis*, 1960.
Spectral Analysis of Economic Time Series, 1964.
現 住 所 豊中市待兼山町16-13

すずき あつし
鈴木 篤

昭和35年 ノックス・カレッジ卒業。
昭和40年 パーデュー大学大学院卒業。
現 在 東北大学応用情報学研究センター教授
現 住 所 仙台市富沢字金山1 東北大学宿舎3-402

統計学<経済学入門叢書>

昭和45年10月30日 第1刷発行
昭和52年4月25日 第3刷発行

著者 畠中道雄／鈴木篤
発行者 宇梶洋司

発行所 東京都中央区日本橋本石町1の4 東洋経済新報社
郵便番号 103 電話東京(270)代表4111 振替口座東京3-6518

© 1970 <検印省略>落丁・乱丁本はお取替えいたします。 2033-9723-5214
Printed in Japan 組版 西田整版

は し が き

今日の統計学は多くの分野に分かれており、また異なった学問領域で用いられる統計方法には相当の相違もある。本書は、計量経済学で用いられる統計学を説明するために書かれたものである。

たとえば、統計決定理論、およびベイズ統計論は経営学では必要不可欠であるが、計量経済学では今日まだほとんど使用されていないので、本書は古典統計理論にそって書かれている。またどの初等統計学の教科書にもポアソン分布とか多くの分布が説明されているが、これらは(きわめて専門的なところを除いて)計量経済学ではほとんど使用されない所以、本書では省略されている。また度数分布の構造を示すものとして、中位数、4分位偏差などは、計量経済学以外の経済学(人口論、産業組織論など)では重要であっても、計量経済学ではあまり用いられないので、本書には現われない。

これに反し、本書では回帰分析について詳細な説明が試みられている。これは、回帰分析が計量経済学で最も重要な統計方法だ

からである。もちろん他の統計学の教科書も回帰分析の説明を含むが、われわれははるかに高級な「考え方」をなるべく平易に説明しようと試みた。

要するに、本書は計量経済学に入るための準備をなるべく短期間におこなおうとする人々のために材料を選択して書かれた、いわばかたよった教科書である。

ここでひとつ声を大にして主張したいことがある。科学の進歩につれて科学領域の細分化、また科学者の専門化が進むことは衆知のとおりであり、本書がいわばかたよった統計学の教科書であることもその一端を示すものであろう。しかし、われわれは同時に広い学問領域への視野をもたなければならない。なぜなら、細分化された領域が急速に発展して、また急速に死滅することも科学進歩にとまなうひとつの現象だからである。

統計学はひとつの科学方法論である。それはすべての科学に共通する実証方法に関して、基本的な考察から出発するからである。われわれは紙数の制限もあって、十分にこの点の説明ができなかったことを遺憾に思う。しかし、われわれは統計学における基本的な思考方法の解説を重視し、栄枯盛衰のはげしい個々の統計方法について計算の手引きをつくることは極力さけた。(これは上記の理由のほかに、今日電子計算機の普及にとまない、計算方法の筆写暗記は無用となったことにもよる。)たとえば、最小2乗法の説明にしても、その計算方法よりは、むしろ多変量統計学全般に見られる「ものの考え方」を、その1領域である最小2乗法を例にとって説明するという方法を用いたつもりである。

本書の理解のためあらかじめ知っておかねばならない数学は、微積分のきわめて基本的な概念と、最大最小を求める計算くらいのものである。実際に複雑な積分の計算を実行することは本書ではないが、特に積分の概念だけは知っておく必要がある。第Ⅳ部では行列を用いているので、本書巻末にその準備のための説明がある。ただし、読者はあらかじめ行列、行列式の最も基本的な部分をほかの本、たとえば古屋茂『行列と行列式』（培風館）で勉強しておいて、特に本書で用いられる特殊の行列についてのみ本書巻末を勉強してもらうのがよいと思う。今日経済学では、広く行列、行列式が用いられており、その勉強は本書の理解のためだけではない。

また、本書は計量経済学を学ぶ者のために書かれた統計学の教科書ではあるが、計量経済学で用いられる統計方法の説明そのものではない（ただし回帰分析の説明は本書に含まれているけれども）。本書は、計量経済学に現われる統計方法を学ぶための予備知識を説明したにすぎないのである。本書を学んだ読者は次の段階として、たとえば、この入門叢書の中の、坂下昇『計量経済学』に入ることをすすめる。

第19章、補論が両筆者の合作であるほかは、第1～6章、第14～16章は畠中が、第7～13章、第17～18章は鈴木が第一原稿を執筆したが、のちに互いに原稿を交換して修正補筆を加えた。ゆえに畠中・鈴木両者が本書全部について共同責任を負うものである。われわれ両著者とも過去数年にわたって統計学・計量経済学の授業を担当してきたが、そのための準備や、またそこから得ら

れた経験が本書の背後にあることももちろんである。畠中としては、大阪大学・京都大学・ロチェスター大学に、鈴木としては和歌山大学・インディアナ大学に対し、そのような機会を与えられたことを感謝したい。

最後に、本書の刊行にあたって、編集・校正にご苦勞いただいた東洋経済新報社佐藤幸千賀・園田清治両氏に感謝する。

昭和 45 年 7 月

著 者

付表第 1 表, 第 2 表は *Selected Techniques of Statistical Analysis by the Statistical Research Group*, Columbia University, McGraw-Hill Book Co., Inc., 1947 より McGraw-Hill 社の許可を得て収録した。

第 3 表, 第 5 表はそれぞれ, C. M. Thompson の表(*Biometrika*, Vol. 32), M. Merrington & C. M. Thompson の表(*Biometrika*, Vol. 33) より, E. S. Pearson 教授と Cambridge University Press の許可を得て収録した。

第 4 表は, Fisher & Yates : *Statistical Tables for Biological, Agricultural and Medical Research*, Oliver & Boyd Ltd. より, 故 Ronald A. Fisher 卿, Frank Yates 教授および Oliver & Boyd 社の許可を得て収録した。

目 次

は し が き

第Ⅰ部 序 論

第1章 計量経済学における統計学の地位	2
1.1 科学方法論と統計学	2
1.2 計量経済学と統計学	6
1.3 経済統計資料の特性	11

第Ⅱ部 確 率 論

第2章 確率論(1変数)	16
2.1 確率法則と確率分布	17
2.2 加法定理	19
2.3 連続型と離散型	21
2.4 期待値と分散	25
練習問題	28

第3章 確率論(2変数).....	29
3.1 結合分布と周辺分布.....	29
3.2 条件分布と乗法定理.....	33
3.3 独立性.....	34
3.4 連続型の場合.....	37
3.5 平均, 分散, 共分散.....	39
3.6 2項分布.....	42
練習問題.....	44
第4章 統計資料の整理.....	47
4.1 統計資料の種類.....	47
4.2 平均, 分散, 共分散.....	53
練習問題.....	57
第5章 E オペレーターと共分散の意味.....	59
5.1 E オペレーターと平均, 分散.....	59
5.2 共分散と相関係数の意味.....	65
練習問題.....	70
第6章 正規分布の特性.....	73
6.1 正規分布.....	73
6.2 正規分布の重要な性質.....	77
6.3 線型関係における共分散と相関係数.....	80
6.4 正規分布の適用可能性.....	82
練習問題.....	83

第Ⅲ部 統計的推論

第7章 標本分布	86
7.1 母集団と標本	86
7.2 標本分布の意味	90
7.3 統計的推論の形式	96
練習問題	98
第8章 標本分布のモーメント	101
8.1 母集団のモーメントと標本分布のモーメント	101
8.2 $\bar{x}$ の理論的モーメント	103
8.3 大数の法則	104
8.4 S^2 の理論的モーメント	108
練習問題	109
第9章 正規分布よりの標本分布	111
9.1 正規母集団よりの $\bar{x}$ の分布	111
9.2 正規分布にもとづく標本分布	113
9.3 正規母集団における S^2 の分布	117
練習問題	120
第10章 推定理論	121
10.1 推定量の望ましい性質	121
10.2 有効推定量	123
10.3 n が大の場合の推定	125

練習問題	128
第11章 推定方法	131
11.1 最尤法	131
11.2 区間推定	137
練習問題	145
第12章 仮説検定	147
12.1 仮説検定	147
12.2 正規分布の平均に関する検定	151
12.3 2つの平均に関する検定	153
12.4 分散に関する検定	161
練習問題	164
第13章 検定の検出力	167
13.1 検出力	167
13.2 単純仮説の検定	171
13.3 複合仮説の検定	175
13.4 t 検定の検出力	180
練習問題	182
第IV部 回帰分析	
第14章 共分散行列	184
14.1 理論的共分散行列	184
14.2 データによる共分散行列	188

14.3	共分散行列の性質：非負定符号	194
14.4	変数の1次変換	197
14.5	多変数の正規分布	199
14.6	共分散行列の直交変換，正規母集団における $\bar{x}$ と S^2	200
第15章	最小2乗法（I）	205
15.1	散布図と最小2乗法	205
15.2	ベクトル空間における解釈	209
15.3	分散の分解	212
15.4	ピタゴラスの定理	214
15.5	例	217
	練習問題	219
第16章	最小2乗法（II）	221
16.1	k 個の独立変数の場合	221
16.2	分散の分解	225
16.3	変数の影響の除去	226
16.4	多重決定係数と偏決定係数	232
16.5	例	238
	練習問題	240
第17章	回帰モデル	241
17.1	回帰方程式	241
17.2	回帰モデルの確率的前提	244

第18章 回帰分析（Ⅰ）——係数の推定	249
18.1 係数の推定	249
18.2 攪乱項分散の推定	254
18.3 正規分布を仮定する場合	256
18.4 x が確率変数の場合	262
18.5 例	270
練習問題	271
第19章 回帰分析（Ⅱ）——仮説検定	273
19.1 1 個の係数に関する検定	273
19.2 係数の 1 次関数に関する検定	275
19.3 回帰係数全体に関する検定	275
19.4 F 検定の検出力	279
19.5 一部の係数に関する検定	281
19.6 多重共線性と検出力	291
19.7 標準形における尤度比検定	294
19.8 例	299
練習問題	302

補論Ⅰ

Ⅰ.1 シュワルツの不等式	305
Ⅰ.2 クラメル・ラオの不等式——母数 1 個の場合	306
Ⅰ.3 クラメル・ラオの不等式——母数 2 個以上の場合	308
Ⅰ.4 中心極限定理	312

I.5 最 尤 法	312
補論 II	
II.1 ベクトル, 行列, 行列式	317
II.2 ベクトル空間	324
II.3 非負定符号の行列	330
II.4 ベクトル微分と関数の極小	332
II.5 固有値, 固有ベクトル	334
II.6 ペキ等行列	338
付 表	
第1表 正規分布表—1	348
第2表 正規分布表—2	348
第3表 χ^2 分 布 表	349
第4表 t 分 布 表	350
第5表 F 分 布 表	351
練習問題解答	355
索 引	363

第 I 部

序 論

第 1 章

計量経済学における統計学の地位

1.1 科学方法論と統計学

この章の主目的は、計量経済学における統計学の地位を説明することであるが、まずはじめに、科学とは何かという問題を考える。計量経済学はひとつの科学であり、また統計学は科学方法論の一種だからである。

数学や論理学とは異なり、科学は現実をその研究対象とする。現実をよく説明理解すること、またその理解を通じていかに現実を変えうるかを考えるのである。そして科学の特色といえることは、その現実の理解が理論をつくることによっておこなわれることである。理論は一見バラバラに見える事象をある統一的な体系の中において論理的に解釈する。たとえば、江戸時代飢饉の際米価が暴騰したことも、また今日住民の都市集中とともに大都市の地価が高騰していることも、また戦後海流の変化によっていわしがとれなくなりかつて貧民の食糧だったいわしが高級品化したことも、すべて需要供給の法則によって説明されるとき、需要供給の理論がこれらのバラバラな事象を統一的に説明するのである。

科学の進歩とは理論の進歩にほかならないが、それは、なるべく広い範囲の事象を統一的に説明できる理論をつくること、また複雑な現実の中でなるべく細密に定義された事象を説明する理論をつくることであろう。この意味でよい理論をつくるにはどうしたらよいかという問題がおこる。この点経済学者の間には最近まで2つの極端にへだたった立場が見られた。一方においては、経済学には絶対に正しい公理があり、それから種々の理論を論理的に導出することによってよい理論が得られるという立場がある。これを論理主義と呼ぼう。他方においては、経済学の理論はひとつひとつ事象の研究を丹念につみ重ねていってはじめて得られるものだという立場がある。これを経験主義と呼ぼう。

今日では、これら2つの立場は解消してしまったとわれわれは判断する。経済学においてもまたいかなる科学においても、検証を要しない自明の理という意味で絶対に正しい命題はトートロジー(tautology)だけであり、¹⁾したがって、論理主義に頼っていは現実の説明としての理論は出てこないのである。他方、ひとつひとつ事象を集めるとはいっても、何を集めるかをまず定めなければならないし、また、同一の現象は無限に異なった面をもつから、現象のいずれの面を集めるかをあらかじめ定めておかななくてはならない。それにはあらかじめなんらかの理論が必要である。

-
- 1) トートロジーとは、それに含まれている概念の定義から論理必然的に成立し、整理すれば $A=A$ に還元される命題である。もし利潤を定義するに、「企業が極大化するもの」とすれば、利潤極大の原理はトートロジーであって、現実に対する命題ではなくなる。産出価値額 = 産出量 × 価格もトートロジーである。