

社会・経済の構造解析

鈴木啓祐 著

大明堂 発行

鈴木	啓祐 (すずき けいすけ)
1956年	経済学修士(法政大学)
1970年	A. M. [Master of Arts] (University of Pennsylvania)
1980年	経済学博士(中央大学)
現在	亜細亜大学経済学部教授
著書	『経済地理学』(共著), 『地域間貨物輸送量の計測と予測』, 『物資輸送量の計測と予測』, 『現代統計学入門』, 『計量経済学的方法の基礎』, 『マーケティング』(共著) 『空間人口学』, 『統計学概説』, 『人口分布の構造解析』
訳書	『ティンバーゲン 計量経済学』(共訳), 『L. R. ブラウン 人口爆発』(共訳), 『新しい人口統計学』(訳編), 『インターラクティブ・データ・アナリシス』(共訳), 『マッケンロート 人口論』(共訳) 等
1971年	『物資輸送量の計測と予測』により日本交通学会賞受賞
1986年	『人口分布の構造解析』により五島育英基金顕彰給費を受ける

本書の内容の一部あるいは全部を、無断で複写複製(コピー)することは、著作者および出版社の権利侵害となり、著作権法違反となります。

社会・経済の構造解析

昭和 61 年 5 月 16 日 発 行

定価 3000円

著 者 © 鈴 木 啓 祐

発 行 者 神 戸 祐 三

発行所

東京都千代田区神田小川町 3-22
郵便番号101 振替東京0-15270番

株式
会社

大明堂

印刷：三美印刷

製本：協和製本

M.I

ISBN 4-470-30018-7

Methods of
Quantitative Analysis of
Social and Economic Structures

By
Keisuke Suzuki
Professor of
Asia University

TAIMEIDO Publishing Co. Ltd.
1986

序 文

序

社会的現象、あるいは、経済的現象の中には、実際に観測をおこない、資料(観測結果)を得ることのできる現象がかなり多く見られる。他方、今日、そうした資料を定量的に分析する各種の方法が開発されている。この書物は、これまでに開発され提案されて来た社会、経済現象に関する資料の定量的分析方法の主なものについてできるだけ簡明に説明した、この種の方法の入門書である。

この書物は、10章からなり、第1章から第5章までは、特に、単一方程式モデルの分析に役立つ、統計学において研究されて来た分析方法について、また、第6章と第7章では、連立方程式モデルの分析に用いられる計量経済学的分析手法ならびにパス分析について述べた。第8章では、産業構造の分析手法としてよく知られている産業連関分析について、さらに第9章では、社会、経済現象の観察の際にしばしば言及される不均等性に関する分析方法について解説した。そして、最後の第10章では、行列および行列式に関する簡単な説明をおこなった。第1章から第9章までの部分においては、各所で行列ならびに行列式を用いた説明や議論がなされているが、この第10章では、行列に関する規則や行列式の性質等について簡潔に述べた。

ところで筆者は、この書物の他に、『統計学概説』(上)、(下)(鈴木1981, 上、鈴木1981, 下)を書いているが、本書では、特に、上記の書物では書けなかった同時方程式モデルの計量経済学的分析手法、産業連関分析における基本的分析手法、ならびにパス分析が取扱われている。

本書は多くの方々のご指導、あるいは示唆や好意、激励によって作成することができた。ここで、これらの方々にご謝意を表すると同時に特に、経済統計学

を教えられた恩師法政大学名誉教授故錦織理一郎博士、および有沢広巳博士、統計学および経済統計学に関する多くの示唆を与えられた元亜細亜大学教授の森田優三博士、および埼玉医科大学の望月新八教授、筆者が錦織博士と、ティンバーゲン教授の書かれた *Econometrics* (Tinbergen 1949, van Olst 1951) の翻訳書(錦織他 1961)を書く際、貴重な示唆と激励を与えられたオランダ経済大学(Netherlands School of Economics)のティンバーゲン(Jan Tinbergen)教授、地域経済学について御教示下さったペンシルベニア大学(University of Pennsylvania)のアイザード(Walter Isard)教授、経済学における数学的方法について御教示下さったペンシルベニア大学のミラー(Ronald E. Miller)教授、人口学の分野における専門的知識について種々御教示下さった元人口学会会長の故南亮三郎博士、元日本家族計画連盟理事長の故寺尾琢磨博士、元厚生省人口問題研究所長の故舘 稔博士、統計理論ならびに資料の統計的処理法に関し貴重な示唆を与えられた青山学院大学の鈴木栄一教授、ならびに帝京大学の松下嘉米男教授、地域経済学の研究分野における定量的分析に関して貴重なコメントを与えられた、青山学院大学の西岡久雄教授、慶應大学の高橋潤二郎教授、学習院大学の川嶋辰彦教授、ペンシルベニア大学の藤田昌久教授、人口学の定量的分析について重要な示唆、あるいは激励を与えられた中央大学の村田喜代治教授、大淵 寛教授、および金田昌司教授、および城西大学の石南国教授、そして人口分析の分野で貴重なコメントを与えられた中央大学の水野朝夫教授、亜細亜大学の加藤寿延教授、明治大学の兼清弘之教授、ならびに朝日大学講師の吉田良夫博士に対し、感謝の意を表する。

なお、本書の一部には、コンピューターによって計算された結果が用いられているが、それらの結果は主として、東京大学大型計算機センター、および青山学院大学情報科学研究センターにおいて算出された。その研究作業の際、協力された青山学院大学の宮田雅智氏および本郷 茂氏ならびに、計算作業をおこなった当時青山学院大学大学院経済学研究科の学生であった中村隆一氏にも感謝の意を表する。

最後に、この書物の出版を心よく引受けられた大明堂社長神戸祐三氏、なら

びに、この書物の完成までに種々お世話になった同社編集長伊藤 暢氏に深く感謝の意を表する。

1986 年 3 月 10 日

東久留米市にて

Summary and Acknowledgement

This book titled "*Methods of Quantitative Analysis of Social and Economic Structures* (社会・経済の構造分析)" is a text book written for lucid explanation of many kinds of theories and methods of quantitative analysis of structure found in social and economic phenomena which have been developed in the field of statistics and econometrics.

This book consists of ten chapters. In chapters from Chapter 1 to Chapter 5, especially, methods of statistical analysis which can be used for the analysis performed by using single equation model are examined. In Chapters 6 and 7, methods of econometric analysis and path analysis which are useful for multi-equation model or simultaneous equation model are stated. In Chapter 9, the input-output analysis are referred. And in the last chapter, Chapter 10, rules or properties of matrix and determinant which are used in many places in this book are plainly explained.

Incidentally, the author have written other books, "*Introduction to Statistical Methods* (統計学概説)," Vol.1 (上) and Vol.2 (下). In this book, methods of econometric analysis, elements of input-output analysis and path analysis which could not be stated in these books are treated.

The author wishes to express his thanks to all the persons who gave him valuable guidance, knowledge, suggestions, or encouragement, especially, Dr. Riichiro Nishigori, Professor Emeritus of Hosei University and Dr. Hiromi Arisawa for their guidance on economic statistics; Professor Yuzo Morita of Asia University, Professor Shimpachi Mochizuki of Saitama Medical School for their valuable suggestions on statistics and economic statistics; Professor Jan Tinbergen of the Netherland School of Economics for his valuable suggestions and encouragement which are given when

Professor Nishigori and the author translated his book, "*Econometrics*" into Japanese; Professor Walter Isard of University of Pennsylvania for his guidance on regional science; Professor Ronald E. Miller for his guidance on mathematical methods in economics, Dr. Ryozauro Minami, former president of the Population Association of Japan, Dr. Takuma Terao, Director of the Family Planning Federation of Japan, and Dr. Minoru Tachi, the Director of the Institute of Population Problem, Ministry of Health and Welfare for their invaluable guidance and suggestions on demography; Professor Eiichi Suzuki of Aoyama Gakuin University, Dr. Kameo Matsu-shita of Teikyo University for their invaluable suggestions on the theories and methods of statistical analysis of data; Professor Hisao Nishioka of Aoyama Gakuin University, Professor Junjiro Takahashi of Keio University, Professor Tatsuhiko Kawashima of Gakushuin University, and Professor Masahisa Fujita of Pennsylvania University for their invaluable comments on the quantitative analysis in the field of regional science; Professor Kiyoji Murata, Professor Hiroshi Ohbuchi and Professor Masashi Kaneda of Chuo University, and Professor Yoshikuni Ishi of Josai University who gave valuable comments to the author's study of the statistical analysis of regional structure of population and encourage the author in his study; and Professor Asao Mizuno of Chuo University, Professor Toshinobu Kato of Asia University, Professor Hiroyuki Kanekiyo of Meiji University and Dr. Yoshio Yoshida of Asahi University for their helpful discussions of the problems in the field of demography.

Incidentally, some of the calculations of the analysis performed by the author were done at the Computer Center, the University of Tokyo and the Information Science Research Center, Aoyama Gakuin University. The author indebted to Mr. Masanori Miyata and Mr. Shigeru Hongo, assistants of Aoyama Gakuin University, and Mr. Ryuichi Nakamura who was a

student of Graduate School, Aoyama Gakuin University.

This author is also very grateful to Mr. Yuzo Kambe, the director of Taimeidō Publishing Company, Tokyo for undertaking the publication of this book and Mr. Mitsuru Ito, managing editor of the publishing company for helping to read the proofs.

March 10, 1986

Higashikurume, Tokyo

Keisuke Suzuki

Professor of Statistics,

Department of Economics,

Asia University

——工業と地域の展望——

工業地域構造論

竹内淳彦著 定価 ¥2300

本書は理論的考察とそれを支える多くの実態分析を詳述、従来の工業立地・政策・計画を再検討し、地域生産体系に言及。

日本の在来工業

辻本芳郎著 定価 ¥3000

わが国の経済発展の中で古くから生れ育った工業も大きな変化を迫られた。その原点たる地域の特性と構造など鋭く分析

工業地域の形成と構造

栗原光政著 定価 ¥2000

わが国の工業の形成の過程を考察し、工業構造を分析、具体的事例を掲げて詳述し、再配置・都市再開発をふまえて論述

地域計画論

山村悦夫著 定価 ¥2200

外国の地域計画理論および思想が、わが国にどのように受容され受容していったか、総合的な地域計画論を展開。

地場産業の地域

板倉勝高・北村嘉行編 定価 ¥2600

古く地域に生まれ育った産業が、地域経済を基盤に、地域社会の中でいかに存在したかを分析、現代的な意義を追求する。

工業地理学入門

ベイル／北村他監訳 定価2500円

教育学や教育心理学の考え方を導入し、教育的な配慮のもとに工業立地に関する諸理論の紹介と、やさしい解説。

地場産業の発達

板倉勝高著 定価 ¥2600

系譜と分布、生産流通体系、ヨーロッパの事例をふまえてわが国の特殊性を考え地域社会との関係をとらえる。

産業配置と地域構造

矢田俊文著 定価2800円

地域構造についての考え方を提示し、さらに地域経済論に関する諸説を検討しつつ、地域構造論の体系化をはかる。

都市の工業と村落の工業

板倉勝高著 定価 ¥1500

工業の人口集中力の解析を目標に、人間居住と工業、都市形成型工業、対極としての村落の工業を分析、地域区分を試む

地域分析の方法

脇田武光編 定価1800円

——経済地理学の実例Ⅰ——地域を経済地理学の立場から分析する方法を具体的に論述した、実践的な要求に応える好著。

日本工業の地域構造

北村嘉行・矢田俊文編著 定価 ¥1900

日本の地域構造(全6巻)第2巻。実態調査を通して、わが国の経済地域を区分し経済圏・経済地域を抽出その構造を解明

産業の地域的分析

脇田武光編 定価1900円

——経済地理学の実例Ⅱ——経済地域の性格・構造を明らかにし、経済現象を地域の自然的・社会的諸条件との関係から分析

大明堂

目 次

序 文	i
序	i
Summary and Acknowledgement	iv
第1章 テイラーの定理と構造分析	1
第1節 線形関数とテイラーの定理	1
第2節 微分係数, 偏微分係数	2
I 微分係数...2 II 高次の導関数...4	
III 偏導関数...4 IV 高次の偏導関数...5	
第3節 テイラーの定理とその拡張	6
I テイラーの定理...6 II テイラーの定理の拡張...6	
III テイラーの定理と線形関数...7	
第2章 回 帰 分 析	15
第1節 回帰方程式	15
第2節 回帰直線の算出	16
第3節 回帰平面の算出 (多元回帰分析)	24
第4節 回帰方程式のパラメーターの検定	28
I 回帰直線のパラメーターの検定...28 II 回帰平面のパラメーターの検定...29	
第3章 相 関 分 析	34

第1節	相関係数	34
第2節	重相関係数	38
第3節	相関係数, 重相関係数の検定	42
	I 相関係数の検定	42
	II 重相関係数の検定	43
第4章	群に関する構造分析	46
第1節	ダミー変数接近法	46
	I 1個のダミー変数による分析	46
	II 2個のダミー変数による分析	48
第2節	回帰方程式のパラメーターの差の検定	51
	I パラメーターの差の F 検定	51
	II チョウ検定	54
第3節	判別関数	57
第5章	最小2乗法の限界	63
第1節	多重共線性	63
	I 多重共線性と最小2乗法	63
	II 多重共線性の検定	68
	III リッジ回帰	70
第2節	残差の自己相関	72
第3節	ホーベルモアの命題	74
第6章	計量経済モデルによる分析	79
第1節	計量経済モデルにおける変数	79
第2節	モデル・ビルディング	81
第3節	各種の構造分析法	86
	I 間接最小2乗法	86
	II 逐次最小2乗法	91
	III 操作変数法	94
	IV 2段階最小2乗法	97
	V 3段階最小2乗法	98
	VI 完全情報最尤法	106
	VII 制限情報最尤法	110
	VIII 各種の推定法によるパラメーターの値の推定	

…112	
第4節 識別の問題	114
第5節 モデルの評価	124
I モデルのテスト	124
II 不一致係数	127
第7章 パス分析	135
第1節 パス分析の特徴	135
第2節 パスとパス係数	136
第3節 パス係数の算出法	138
第4節 リカーシブ・モデルの解析法	142
第5節 非リカーシブ・モデルの解析法	148
第8章 産業連関分析	157
第1節 産業連関表	157
第2節 産業連関表の構造分析	161
第3節 生産活動の構造分析	163
第4節 投入係数の性質	167
I ホーキングズ・サイモンの条件	167
II 投入係数と生産活動の波及過程	170
第5節 地域間産業連関分析	172
第9章 不均等性に関する分析	175
第1節 人口分布の不均等性の指標	175
第2節 人口構造の不均等性の指標	177
I 立地係数	177
II 特殊化係数と多角化係数	178
III 失業率の不均等性の指標	180
第3節 所得の不均等性の指標	182

I ローレンツ曲線法による指標…182	II パレート定数…186
III ジブラの法則…188	IV タイルの情報理論指数…190
第 10 章 行列, 行列式に関する補説 ……………193	
第 1 節 行列 ……………193	
第 2 節 行列に関する基本的規則 ……………196	
第 3 節 逆行列 ……………201	
第 4 節 行列式 ……………204	
第 5 節 行列式の基本的性質 ……………206	
第 6 節 クラームルの公式 ……………209	
引用・参考文献 ……………213	
索引 ……………223	

第1章 テイラーの定理と構造分析

第1節 線形関数とテイラーの定理

社会，経済現象の構造を定量的に分析しようとするとき，

$$Y = a_0 + a_1X_1 + a_2X_2 + \cdots + a_kX_k \quad (1.1)$$

という線形関数^(注1) (linear function) ——1 次関数ともいわれる——の形をした式でその構造を示す場合が多い。ただし， $Y, X_1, X_2, \cdots, X_k$ は，その構造の中に現われる要素であり，特に，要素 Y は，他の要素によってその大きさを説明されているので，被説明変数 (explained variable)，また， $X_p (p=1, 2, \cdots, k)$ は要素 Y の大きさを説明しているので，説明変数 (explaining variable) といわれている。さらにまた， $a_0, a_1, a_2, \cdots, a_k$ は，パラメーター (parameter, その値を任意に決め得る定数) である。

上記の式 (1.1) は，観察対象となったある社会，経済現象の構成要素 Y が， Y 以外の構成要素 $X_1, X_2, \cdots, X_k$ と関係をもち，特に，要素 Y の量的変化が，要素 $X_1, X_2, \cdots, X_k$ の量的変化によって説明されることを示している。しかも，この式は， Y の説明変数となっている各要素 $X_p (p=1, 2, \cdots, k)$ の 1 単位の変動 (量的変動) が Y に対して $a_p (p=1, 2, \cdots, k)$ という変動を与えることを示している式である (なお， a_0 は Y のもっている量のうち，その他の要素 X_p によって影響を受けない部分を示していると解釈し得る定数である)。

ところで，なぜわれわれはこのような線形関数で社会現象や経済現象の構造を表現し得るのであろうか。実際には，社会，経済現象はより複雑な構造をもっていて，

$$Y = a_0 + a_{11}X_1 + a_{12}X_1^2 + a_{13}X_1^3 + \cdots$$

$$\begin{aligned}
& + a_{21}X_2 + a_{22}X_2^2 + a_{23}X_2^3 + \cdots \\
& + a_{31}X_3 + \cdots \\
& + a_{k1}X_k + a_{k2}X_k^2 + a_{k3}X_k^3 + \cdots
\end{aligned} \tag{1.2}$$

のような式で示され得るかもしれない。ただし、 a_0, a_{pq} ($p=1, 2, \cdots, k; q=1, 2, \cdots$) はパラメーターである。それにもかかわらず、なぜ、上記の式(1.1)のような簡単な線形関数によって社会、経済現象の構造を示そうとするのであろうか。このような疑問に対する解答の理論的基礎を与える定理が、**テイラーの定理**(Taylor's theorem)である。この定理によれば、「ある被説明変数 Y が、説明変数 $X_1, X_2, \cdots, X_k$ と密接な関係をもっていて、しかも、説明変数 $X_1, X_2, \cdots, X_k$ の変動の範囲が十分小さいとみなし得る場合には、 Y と $X_1, X_2, \cdots, X_k$ との定量的関係(定量的構造)は、式(1.1)のような線形関数によって示され得る」といえるのである。

テイラーの定理は、上記のように、社会、経済構造を式(1.1)のような簡単な線形関数で示そうとする場合、そのことを容認するための理論的根拠を与える重要な定理なのである。

第2節 微分係数、偏微分係数

I 微 分 係 数

テイラーの定理においては、微分法や偏微分法によって得られる微分係数や偏微分係数が用いられる。ここでは、これらの係数について説明する。

一般に、関数 $f(x)$ において、 x の値が a から $a+\Delta x$ に変化したとき、関数 $f(x)$ の変化の大きさ $f(a+\Delta x)-f(a)$ ($=\Delta f(a)$) を x の変化の大きさ Δx で割った値 $\Delta f(a)/\Delta x$ の極限值(Δx を 0 に近づけ dx としたときの値——このとき、 $\Delta f(a)$ は $df(a)$ となる)を $x=a$ における関数 $f(x)$ の**微分係数**あるいは