

計量經濟分析

大 川 勉

現代經濟學叢書

新評論版

著者略歴

大 川 勉
おおかわ つとむ

昭和9年2月 大阪市に生まれる。

昭和32年3月 神戸大学経済学部第一課程修了

昭和37年3月 大阪市立大学大学院経済学研究科修士課程修了

昭和37年10月より2年間、政府交換学生としてザールラント大学留学

昭和40年3月 大阪市立大学大学院経済学研究科博士課程修了

立命館大学経営学部在職後、昭和44年4月より大阪市立大学経済学部助教授に就任、現在に至る。

主専攻

統計学および計量経済学

計量経済分析

1975年1月5日 初版第1刷発行

著 者 大 川 勉

発行者 二 瓶 一 郎

発行所 株式会社 新 評 論

東京都新宿区戸塚2-1053 電話東京(202)7391番
(〒160) 振替東京 113487番

落丁・乱丁本はお取替えます

印刷 白陽舎(100)
製本 清水製本所

© 大 川 勉 1975年

(検印廃止)

3033-330079-3177

は し が き

本書の執筆を思い立ってからほぼ2年にもなる。当初は自分なりに理解した計量経済学というものをできるだけ平易にわかりやすく解説した書物を意図していた。しかし最近になってそういったタイプの書物がやや氾濫気味であると思われること、したがって今更屋上屋を架す必要もないのではないかという反省に立って、当初の意図とはやや異なり、ある程度計量経済学の知識をもち、しかも単に理論のための理論ではなくて、実証分析に関心をもっている人たちを対象にした書物という形でこれまでの研究をまとめるようなことになってしまった。しかも、理論と実証の分断という計量経済学にはあってはならない最近の傾向からみて、本書の理解に必要な程度の数学についての知識を補論でまとめておくことにした。したがって大学学部で勉強している学生諸君や、実際に実証分析に携わっているプログラマーや、リサーチ・ワーカーの方々にも、本書がそれ程の困難なしに理解して頂けるものになっていると考える。更に、計量経済分析関係のコンピューター・プログラムが全く公表されていない現状から、たとえ簡単ではあるけれども、2段階最小二乗法および制限情報最尤法のパログラムを付録に掲載しておくことにしたが、それはこれから実証分析をやってみようと考えている人や、実際にパッケージ入りのプログラムを使用して分析している人たちに、まず計量経済学者はすぐれて数値計算専門家でもあらねばならないということを理解して貰いたかったためでもある。この程度のプログラムならば、ごく僅かなフォートラン言語の知識でもって理解することができるし、また全く知識がなくとも、このままパンチ・カードに写して必要なデータを入れれば、クライン・モデルⅠあるいはそれと同程度の規模のモデルならば推定できるはずである。理論と計算能力を兼ね備えた真の意味での計量分析家たちが、物理学やその他の自然科学部門におけると同様に続々と輩出して、情報の独占というようなことで理論水準

を誇るという姑息な手段によらずに、互に切磋琢磨し合うような計量経済学の未来を期待する者として、こんなプログラムでも何らかの役に立てば望外の幸せである。そうしてまたこの程度のプログラムを後生大事に秘置して高く売りつけている現状がもしあるとすれば、これが頂門の一針ともなれば幸いである。

次に本書の一部は既に発表済みのものに手を加えたものであるので、どの部分がそれに当たるかをここで明らかにしておく。

第Ⅰ章 末永隆甫編『現代経済の理論』（ミネルヴァ書房、1972）第8章所収

第Ⅳ章 『経済学雑誌』69巻4号、1973.10

第Ⅴ章 『経済学雑誌』69巻6号、1973.12

第Ⅵ章 『経済学雑誌』71巻3号、1974. 9

最後に本書執筆に際して直接間接に受けた先学者の恩恵に感謝し、種々なる命題や分析の手法についての一番最初の貢献者に言及できなかったとすれば、それは一重に筆者の浅学によるものとして御寛恕願いたい。更に本書執筆のための時間的余裕と心のゆとりを与えて下さった大阪市立大学経済学部と同僚の先生方に心から謝意を表したい。また本書のように余り広い読者を期待できないものでも心よく出版を引き受けて下さった新評論と度重なる遅延と計画の変更を寛大にも御許し下さった同社の二瓶一郎氏に感謝を申し上げる次第である。

1974年猛夏 はるかに天王山を仰ぎつつ

大川 勉

目 次

はしがき

序 論	7
第 I 章 最小二乗法による計量経済モデルの推定	13
第 1 節 理論モデルと計量モデル	13
1 はじめに	13
2 理論モデルと計量モデル	17
3 パラメーター推定量の統計的性質について	20
4 測定誤差について	20
5 特定化 (specification) の誤り	21
第 2 節 古典的最小二乗法	22
1 最小二乗法	22
2 相関係数, 偏相関係数と重相関係数	27
第 3 節 間接最小二乗法 (Indirect Least Squares)	32
1 誘導形と間接最小二乗法	32
2 例 題	32
第 4 節 2 段階最小二乗法 (Two-Stage Least Squares=2SLS)	35
1 2 段階最小二乗法の基本的考え方	35
2 2 段階最小二乗法	36
3 1 段階手続きによる 2SLS 推定量	39
4 2SLS の利用可能性	42
5 2SLS 推定量の特性	43
第 5 節 3 段階最小二乗法 (Three-Stage Least Squares=3SLS)	47
1 3 段階最小二乗推定量	47
2 3SLS の相対的有效性	51
3 3 段階最小二乗法と識別問題	53
第 6 節 $k \cdot h$ および 2 重 k 類推定量	62
(k -Class, h -and Double k -Class Estimators)	
1 k 類推定量	62
2 $h \cdot 2$ 重 k 類推定量	63
第 II 章 最尤法と計量経済モデルの推定	65

第1節	最尤法 (Maximum Likelihood)	65
1	予備的考察	65
2	最尤推定量の性質	66
3	複数パラメーター・ケースへの一般化	76
4	正規分布パラメーターの推定	82
第2節	完全情報最尤法 (FIML).....	92
	——Full Information Likelihood Estimations——	
1	計量経済モデルと最尤推定	92
2	完全情報最尤法	92
第3節	制限情報最尤法 (FIML).....	97
	——Limited Information Maximum Likelihood Method——	
1	制限情報最尤推定量	97
2	単一方程式に対する制限情報最尤法の適用	105
3	制限情報最尤推定法と最小分散比推定量	108
4	制限情報最尤推定量の漸近分布および漸近特性	114
5	LISE 推定量と 2 SLS・ k クラス推定量	120
6	残差が自己相関する場合の LISE 推定量	122
7	残差が自己相関する場合の 2 SLS 推定量	129
第Ⅲ章	回帰分析と多重共線性	135
第1節	多重共線性と説明変数除去基準.....	135
1	多重共線性について	135
2	独立変数の直交性と多重共線性	137
3	平均平方誤差による変数の除去	139
第2節	連立方程式モデルと多重共線性.....	147
1	2 段階最小二乗推定量 (2 SLS) と多重共線性.....	147
第Ⅳ章	計量経済分析と多変量解析	153
第1節	総 説	153
第2節	主成分分析とその計量経済学的应用	154
1	はじめに	154
2	主成分分析	155
3	計量経済学的应用	158
第3節	因子分析とその計量経済学的应用	159
1	因子分析	159
2	推定法	161
3	因子分析についての解釈	162

4	因子分析による回帰方程式の推定	163
第4節	正準相関分析と計量経済学的手法	165
1	正準相関分析	165
2	母集団パラメーターが未知なる場合	169
3	正準相関分析の計量経済学的应用	172
第V章	一般化最小二乗法	179
第1節	一般化最小二乗法 (GLS)	179
1	古典的最小二乗法と一般化最小二乗法	179
2	系列相関について	181
3	分布ラグ・モデル〔I〕	183
4	分布ラグ・モデル〔II〕	187
5	連立方程式体系パラメーターの GLS 推定	187
6	2段階 GLS 推定量の漸近特性	190
7	GLS についての若干の問題点	192
第2節	系列相関の検定	194
1	攪乱項の系列相関について	194
2	ダービン・ワトソン検定	195
3	ダービン・ワトソン比の適用不可能性について	201
第VI章	制限情報最尤法および2段階最小二乗法の コンピューター・プログラムとその適用結果	217
第1節	クラインモデル I によるテスト・ラン	217
1	はじめに	217
2	制限情報最尤法プログラム (LISE) の適用結果	219
3	2段階最小二乗法プログラム (TSLS) の適用結果	231
第2節	2段階最小二乗法と制限情報最尤法の比較 ——クラインモデル I を例として——	232
[付録]	2段階最小二乗法および制限情報最尤法による 連立方程式モデルの同時推定プログラムと解説	236
1	TSLS 用プログラム	236
2	LISE 用プログラム	247
3	TSLS 用プログラムの使用方法と若干の注意	267
4	LISE (制限情報最尤法—単一方程式法) プログラムの使用法	268
補 論	行列代数	271
1	行列代数の基本定理	271

2	正定符号行列と固有値問題	273
3	一般の固有値問題	275
4	ヤコビ法（実対称行列の固有値問題）	276
5	ダニレフスキー法（実非対称行列の固有値問題）	278

序 論

経済理論の現実経済を分析する用具としての有効性については疑う余地はない。しかしそれが現実を生じている多くの問題点を解決する有効な治療策を提供しうるかどうかといえ、大いに疑問を感じないわけにはいかない。

つねにセンセーショナルな標語を求めてやまないジャーナリズムの用語を借りるならば、今日本では狂乱物価と称せられるインフレーションが猛威をたくましくしている。しかもわれわれがこの問題に関連する数多くの書物を繙いても、それに対する万能の治療薬を遂に見出すことができないというのが実情であろう。移り気なジャーナリズムにもう忘れ去られたかにみえる環境汚染の問題、あるいはもう一寸遡れば、21世紀は日本の世紀というハーマン・カーンの予言に呼応するかのように流行した手放し楽観論の未来工学——6年前に総理府の委嘱で発足した21世紀の日本の将来設計のための21世紀関西グループ（代表京都大西山卯三）の名ばかりの一員であったことを思い出す——、あるいはコンピューターの急速な普及とともに生じたコンピュートピア論と徹底的な悲観論（人間がコンピューターに使われる）、等々数え上げれば際限のない程に人々は変わり社会は移ったかのようにみえる。コンピューターの利用という点について、もっとも強い関心を寄せる一人として、もうずっと以前にジャーナリズムによって紹介された逸話は、まだ私の脳裡に鮮やかに残っている。

さる高名な進歩的文化人が、このことを本当に憂えて、アメリカに行った際に専門家に問うたところ、その人はげんそうな顔をして、もしそうならどうして電源を切らないのですかと問い返したという話を、如何にも嘲笑的に紹介していたのである。このことは確かにその通りであろう。しかし、誰が一体電源を切るのでしょうかという問題は別の問題として残されたままであることに気がついていないのが、真にジャーナリズムらしい

点であろう。そうしてわれわれは今迄のところ、コンピューターに、もしそのような危険が迫ってくれば自動的に破壊されるようなプログラムが組み込まれたという話を聞いたこともないし、ましてやコンピューターにこき使われる破目に陥ち入っている労働者達（エコノメトリシャンも含まれていると思われるのだが）はどこに電源があるかも知っていないのが実情ではなかろうか。

さて、近代統計学の成果を基礎にして経済理論を実証し、それによって同時に経済の量的な側面についての予測を効果的に行なうという意図の下に1930年代に始った計量経済学の発展もまた、戦後の日本において、特にこの10年間にめざましいものであったことを何人たりとも否定することはできないであろう。約20年前に、大学のゼミナールでクラインの『計量経済学』を原書（まだ翻訳されていなかった）で繙いた頃と比べれば、まさに隔世の感がある。しかしその当時の計算技術（大学には卓上式電動計算機しかなかった）と乏しい統計データに失望して、計量経済学から離れること10数年、久方ぶりに計量経済分析に回帰した私は、膨大な文献と数多くの精緻な計量モデルに驚嘆させられた。その間にコンピューターは長足の進歩を遂げ、われわれの大学でもはや日常茶飯事のものとなっている。

それにもかかわらず、今度は果してどのモデルが一体本当に、科学的な手続きを経てその妥当性を確認されているといえるであろうかという点について疑問を感じないわけにはいなくなってきた。官庁エコノミストや大学のエコノメトリシャンたちは、独自の計量モデルを作ったり、純粋に統計理論的な知識の彫琢に忙しくて、他人のモデルを全く同一のデータや、あるいはそれに対する追加的データを用いて再検討し、それよりもっと有効な二者択一的モデルの設定という、科学的方法としては基本的に重要な手続きがとられることなく、膨大な方程式体系が解かれては捨てさられていった。そのように多大の稀少な紙資源と電力資源を用いて作成された計量モデルを、他の諸科学で行なわれてきたような追試という手続も加えずに図書館の片隅に埃にまみれさせておくことはこれらの資源の浪費でなくってなんであろうか。

しかし、それは必ずしもエコノメトリシャンたちの責任とはいき切れな
いことも事実である。多くの大学の手許にあるプログラムでそれらの方程
式体系を検証するという仕事は余りにも労多くして功少なきものであるこ
とはいうまでもない。しかも、数多くの有能なエコノメトリシャンたちは、
たとえ統計理論についてはすぐれた理解力を示し得ても、必ずしも数値計
算の専門家ではありえないという数多くの証拠がある。こういう点からす
れば、多くのエコノメトリシャンたちもコンピューターの盲目的な追随者
でしかなかったのではないかという問題提起は、真剣に受けとめられなけ
ればならないであろう。

1973年10月、慶応義塾大学における理論・計量経済学会での森敬の報告
は、その点について真に興味あるサーベイを行なっており、上のような問
題に関連して強い反省を促しているように思われる。さらにそれに対する
コメンテーター和歌山大学、杉浦一平の意見は、長い間計量モデルの作成
に携ってきた豊富な経験のもとに制限情報ないしは完全情報最尤法に強い
疑念を示しており、数値計算上では最小二乗法（OLS）のみが信頼に値す
るとまでも極言しているように思われた。しかしこれは、推定方法として
の制限情報ないしは完全情報最尤法に対して向けられるべき批判ではなく
て、むしろ氏も数多くその作成に参加しておられるプログラム、すなわち
数値計算の方法に対して向けられるべき批判であって、統計的方法に対し
てはいわれなき中傷といわれても仕方があるまい。また、上記森敬の報告
は、既存のシステムの精度の問題を論じているのであるが、同じく精度の
問題を研究している私の研究室の若い学生に対して、さる高名なエコノメ
トリシャンが——これはあくまで伝聞であり、また、有名度能力反比例の
法則（もしあるとして）の実例として挙げるのでもないけれども極めて公
的な場での発言なのでいうが——そんな問題は倍精度をとればすむことだ
と一言の下に片付けられたそうであるが、現在の発展段階では、あらゆる
問題について精度、ないしは有効桁数を一般的に確認してくれるシステム
は全く存在しないのである。たとえば、計量経済モデルでしばしば現われ
る相当程度の次元のモーメント行列の逆行列は、倍精度でもってしても、

余り多くの有効桁数が保証されていないということである。われわれの大学のファコム 270—30 に付属している逆行列プログラムによれば、8 行 8 列の逆行列では倍精度で 4 桁しか有効数字が保持されないという事実は、中規模程度の計量経済モデルでも果して十分必要な程度の実効桁数が確保されているのかという疑問を抱かせるのに十分である。それ故に、有効数字 0 の世界で微調整が行われてかかる狂乱物価という事態にまで陥り込んだのではないかという私の疑念が的外れであれば幸いである。もっとも産業連関表のように 0 要素を数多く含む行列の逆行列ならば問題はそれほど深刻ではないのだが。

このような理由から、計量モデルが、理論的に現在のような経済状況に対する有効な処方箋を与えうるということについては疑いはないと思われるけれども、現実にはどの程度の量の薬の投与が丁度現在の症状を、副作用なしに癒せるかということについては真に無力という他はない。さらにまた、たとえモデル作成の依頼者が政府機関であろうと——というよりは政府機関ならば特に——現在の水準ではどの程度の確実さを持ってというように、その能力の限界を明らかにして処方すべきであることはいうまでもないことであろう。それこそが最終の費用負担者である数多くの声なき納税者の信頼に応える途であるといわねばなるまい。できないことを、あたかもできるかのようにいう事は、これらの人々に対する裏切り行為でなくてなんだろうか。真に能力のある者のみが、その能力の限界を明言することができるということ、われわれは次のような生々しい実例でもって示して、本論に入ることにしよう。

その例というのは、実は私自身その分野とは全く係わりがないので極めて卒直にいえるのであるが、1974 年 2 月 17 日付の各新聞に報ぜられた日本最初の誘導制御装置をもった国産ロケット「たんせい 2 号」打ち上げの成功という新聞記事に関連するものである。なかでも朝日新聞の記事は、「やっと『一人前』に」という見出しで日本に誘導装置つきのロケットが生まれたことを喜んで伝えている。しかし私は、1970 年 2 月 11 日の「おおすみ」打ち上げに失敗した時に当時の東大宇宙研所長が記者会見の席上で

明言された誘導方式を採用しないことの理由を遂に忘れることは出来ない。すなわち、テレビ・カメラの前でその人は、誘導方式はICBMなどの軍事利用につながるので採用しないと答えたのである。そうしてその事も忘れたのか、それとも、東大宇宙研がもはやその技術が軍事目的に利用されないような状況（青嵐会と靖国神社法案を見よ）になったと判断して新技術の開発に踏み切ったと考えて、ジャーナリズムはその成功を喜んでいるのであろうか。はたまたその当時の技術ではそれができなかったもので、これを単なる弁解と考え、寛大に全てをジャーナリズムは忘れてくれたのであろうか。

第 I 章 最小二乗法による計量経済モデルの推定

第 1 節 理論モデルと計量モデル

1 はじめに

ある変数（説明変数）が他の変数（被説明変数）となんらかの関数関係にあると考えられる場合、それを統計データによって実証するために通常もっともよく用いられる方法は最小二乗法である、計量経済学においても最小二乗法は最尤法とともにもっともよく用いられる方法であることはいうまでもない。最小二乗法による推定値は、多くの場合、統計的に非常に望ましい性質を与えてくれるので現在においてもなおかつその有用性を疑うことはできないであろうが、しかし、すべての統計的方法がそうであるように最小二乗法もまた限定付きの有用性しか持たないことはいうをまたない。

しかし、巷間ともすれば統計的分析の結果に重大な意味を持たせすぎるきらいがある。因果関係の究明に対しては、統計的分析はあくまでも状況証拠を与えるにすぎないことをいくら強調しすぎてもしすぎることはない。真の因果関係の究明のためには、理論的研究こそが主でなければならないであろう。計量経済学もそれはあくまでも経済学の一分野であることが強調されねばならない。とくにある統計的データが与えられたとき、経済学的には alternative な仮説を数多く考えることができ、そのどれもが統計学的に棄却できないことにたびたび出会わずに気がつく。そのとき、どの仮説が正しいとして採択されるべきかは、単に相関係数とか重相関係数ないしは決定係数といった統計的指標に一方的に頼るのではなく、むしろ理論的考察の方が優先されるべきであろう。とくに経済というような社会現象について統計学を適用するときは、統計理論がそもそも仮定してい

るような条件かはじめから存在していない場合が多いか、またはそれがほぼ存在しているとしかいいない場合が多いことに留意すべきであろう。このことに留意せずにあまりに統計的分析に頼りすぎて予測に失敗した例にはけっしてこと欠かない、

その例として1972年12月10日におこなわれた日本の国会議員選挙についての世論調査による予測（朝日、毎日、読売といった有名紙がことごとくその予測を大きく誤ったことはとくに銘記されるべきであろう）がある。これはわれわれの扱う対象とはまったく異なったものであるけれども、同じ社会現象を統計的に研究する者としても他山の石とせねばならないであろう。とくに朝日新聞の予測の失敗は見事である。というのもより科学的であろうという良心から出たことではあろうが、じつに当選確率 たった $0.01 \sim 0.30$ の共産党候補者が6人も選ばれてしまったのである（朝日新聞、1972.12.7朝刊）。もし確率論的にいうならば、その6人がことごとく 0.30 の確率であったとしたら（そんなことはないだろうが）、そういうことが生起する確率は 0.072 パーセントということになってしまう。つまり1,000回に1回も起らないようなことが起ってしまったのである。そういう予想外のことが起ってしまったのだというように答えるのは、統計学的ではない、むしろ、当選確率の推測に誤まりがあったと認めるのが常道であろう。これは予測の問題だからまた別だという反論に対して、またもう一つ別の例を示してみよう。

これは特に最近議論の多い公害の問題にも関連しているので興味深いものと思われる。時はさかのぼって朝日新聞の記事に端を発する。1970年4月15日付の夕刊文化欄に「秩序の中の死者たち」という署名入りの論文が掲載されている。そのなかで大阪府下における1日の交通事故死者の頻度分布にポアソン分布を当てはめるという例によって例のごとき fitting game がおこなわれ、「たとえば」という条件づきではあるけれども、「近代化という名のもとにすすめられてきた不調和な高度成長などが」疫学的視点からのアナロジーからいえば死亡事故数激増の「『病原体』ではなかろうか。」というような推論がおこなわれている。