

同時方程式モデルとその計測方法の展開について

—手法の開発からモデルの大型化まで—

菊 地 進

- 一 計量経済学の危機
- 二 同時方程式モデルの開発
- 三 計測方法の展開
- 四 政策分析への適用
- 五 計量経済学的手法の問題点

一 計量経済学の危機

計量経済モデルの作成と、経済予測ならびに経済政策分析へのその適用は、今日、先進資本主義諸国の政府機関ならびに民間経済研究機関において、ほぼ日常業務としての定着をみせている。本稿の目的は、このように普及している計量経済学的手法の成立過程を歴史的にあとづけることである。

戦後、近代経済学において支配的であった理論的潮流は、アメリカ・ケインズ主義と計量経済学である。それらは、それぞれ理論面と実証面とを任務分担したかのように、相ともない相

同時方程式モデルとその計測方法の展開について

補って歩んできた。しかし、一九七〇年代に入り、世界経済がインフレ、資源危機、国際通貨危機という相つぐ深刻な社会・経済的危機におびやかされるようになって、事態は変わってくる。資本主義のもとでも適当な財政金融政策によって経済過程を効果的に制御するならば長期にわたる均衡成長を達成できると主張してきたアメリカ・ケインズ主義は、その理論的破産をおおい隠すことが不可能となってきたのである。

こうしてアメリカ・ケインズ主義にたいしてはマネタリストや合理的期待派¹⁾などが批判の声をあげているように、計量経済学においてはケインズ主義を理論的基礎としたマクロ計量モデルにたいし不信の声があがっている。従来から計量モデルによる予測成績がかんばしくないことに頭を悩ませてきた一部の計量経済学者は、こうした事態に直面して、さらに動揺の度を深め、計量経済学的方法的到達点である同時連立方程式体系によって経済過程を説明するという従来の方法にたいして、公然と

同時方程式モデルとその計測方法の展開について

疑問を投げかけるまでにいたつて⁽²⁾いる。

同時方程式モデル方式に基づいてはじめて作成されたマクロ計量モデルは、一九五〇年の『クライン・モデル』であった。このモデルでは一六本の方程式が用いられてに過ぎなかったが、このモデルに端を発するケインズ型マクロ計量モデルは、その後、『多部門モデル』、『世界経済モデル』というように次第に大型化の傾向を強めてきた。その今日的到達点である『世界経済モデル』では実に千本以上の方程式が用いられるものとなつて⁽³⁾いる。

しかしながら、モデルのこうした大型化は予測成績の向上へと結びつくことはけつしてなかつた。近年、予測成績が同程度であるならばモデルは小型である方が良いという「ケチの原理」(principle of parsimony)を提唱する計量経済学者が増えているのは、この点の反省からきているわけである。

では、マクロ計量モデルは何故そうした反省が生まれるほどまでに大型化をみせねばならなかつたのであろうか。一國規模のモデルとして大型化が飛躍的に進められた『多部門モデル』は、国民所得決定モデルと産業連関モデルをリンクさせたものであり、その開発目的はマクロの政策とミクロの政策の諸効果を整合的に分析することであつた。また、最近流行している『世界経済モデル』は、海外取引部門を通じて各国経済のマクロ計量モデルをリンクさせ、変動激しい海外要因を内生化し、国内要因と海外要因との間のフィード・バック構造をとらえよ

うとするものである。

この限りでいえば、モデルの大型化は、取り扱う経済量を増加させることによつて分析内容を精緻化させるための試みであつたといふことになる。ところが、モデルの大型化にたいして必ずしもこのような評価を下し難い事態が生じているのは一体何故であらうか。

計量経済学の歴史を振り返つてみると、同時方程式モデルにたいする不信の声は、一部の計量経済学者の間でその開発当初から存在していた。そして、そうした批判を考慮すべく、パラメータの推定方法などの面において同時方程式モデルは一定の変遷を見せてきている。

こうした点からすれば、同時方程式モデルはその開発当初から何らかの困難をかかえていたと見なければならぬであらう。そして、もし、そうした困難の克服を目指した手法上の展開のひとつの帰結として、モデルの大型化という事態が生じてきたのであるとすれば、モデルの大型化によつてただちに分析内容が精緻化するにはわかに結論づけられないことになる。なぜならば、その場合には、同時方程式モデルのかかえていた困難が何であり、それは今日では克服しえたのかどうかといふことがまず第一に問題になってくるからである。

こうして、計量経済学の最近の混乱がどの程度深刻であり、また、その将来展望がどうかを考へるにあつては、同時方程式モデルを中心とする計量経済学的手法の歴史的成立過

程をあとづけ、その特徴と問題点を整理しておくことが必要不可欠の課題となっているのである。

(1) R・E・ルーカス、T・J・サージェント等の合理的期待派によるアメリカ・ケインズ主義批判が近代経済学者の間に急速な浸透を見せたのは、彼らの批判が一定のマクロ計量モデルに依拠して展開されたからであった。このように、アメリカ・ケインズ主義ばかりでなく、新古典派理論への回帰を目指す潮流までもが、計量分析への傾斜を強めているところに、最近の近代経済学の特徴のひとつがある。

(2) 逐次方程式モデルを擁護する見地、単一方程式モデルを擁護する見地などから、これまでも同時方程式モデルにたいする疑問は出されてきていた。最近の批判は、多変数自己回帰モデル⁽¹⁾時系列モデルを擁護する見地からのものである。

cf. Lucas, R. E. and T. J. Sargent, "After Keynesian Macroeconomics," Federal Research Bank of Boston, Conference Series No. 19, June 1978. 〈邦訳〉『ケインズ派マクロ経済学を超えて』(週刊東洋経済「近代経済学シリーズ第五〇号」昭和五四年一〇月二二日号)。

(3) 本文に掲げた三つのモデルは、すべて、L・R・クラインによって、あるいは、彼の指導のもとに開発されたものである。戦後、世界各国で作成されたマクロ計量モデルの多くは、基本的には、これらを模倣したものである。

(4) Box, G. and G. Jenkins, *Time Series Analysis, Forecasting and Control*, 1976. を契機に、多変数自己回帰モデルが計量経済学において台頭してきているが、いわゆる「ケチの原理」は、

同時方程式モデルとその計測方法の展開について

直接的には、このモデルにおけるラグ次数の決定という方法上の要請から生まれてきたものである。

この具体化としては、例えば、「赤池の情報量基準(AIC)」の適用がある。

cf. Akaike, H., *Information theory and an Extension of the Maximum Likelihood Principle*, 2nd International Symposium on Information Theory, 1973.

二 同時方程式モデルの開発

計量経済学が一九二九年恐慌の落し子であることは、今日よく知られているところである。一八七〇年代の限界革命以来の「純粹経済学」がその理論的抽象性ゆえに現実経済の諸問題に何ら具体的にコミットしえないことにたいする反省から、抽象的経済関係式の統計的計測をもとめる声は、すでに前世紀末から存在していた。⁽¹⁾

そうした声を背景に、一九一〇年代に入ると、H・ムーア、H・シュルツ等により、個別商品の需要曲線の統計的計測が開始される。⁽²⁾しかし、それは、さまざまな問題点をかかえており、⁽³⁾けつして大きな潮流といえるものではなかった。

ところが、大恐慌の発生により事態は変わってくる。経済学の操作性を高めねばならないとする気運がいよいよ高まり、その頂点に達するのである。その結果、経済関係式の計測に生物学の分野で開発された回帰分析法を利用するというムーアの方法

が多くの経済学者の注目を浴び、R・フリッシュ等の努力により、経済理論に基づく統計的研究を組織的かつ大規模に推進することを目標とした国際的学会組織——計量経済学会が創立（一九三〇年）されることになる。

W・レオンティエフが計量経済学の「疾風怒濤の時代」とよんだように、計量経済学会創立後のはじめの一〇年間は、需要曲線、供給曲線、生産関数、景気循環モデル等の単一方程式モデルの計測が文字通り熱狂的に進められた。しかし、そうした実践の結果、この時期には、単一方程式アプローチが計測結果の認定にまつわる問題をかかえていることが明らかになるのである。

そこで、一九四〇年代に入ると、それを克服するための研究に計量経済学の力点に移り、T・ホーヴェルモにより同時方程式モデルという新しい体系的モデル・ビルディングの方法が開発される。そして、一九四〇年代の後半には、T・C・クープマンズ等のシカゴ大学コールド委員会メンバーにより、それが数学的にも精緻化されてくる。こうして、一九四〇年代末には、計量経済学は新たな方法の適当な応用舞台を捜すばかりの状態に入ったのである。

ところで、ホーヴェルモが同時方程式モデルを開発したのは、直接的には、フリッシュの『合流分析』(一九三四年)における多元回帰モデルの計測方法の欠陥を克服するためであった。そこで、ここでは、まず、開発当初の同時方程式モデルの

特徴を明らかにするため、フリッシュによる多元回帰モデルの計測方法がいかなる問題をかかえ、ホーヴェルモがそれをどのように克服したのかという点から考察をはじめることにした。

フリッシュが設定した多元回帰モデルは次のようなものである。

$$a_0X_{0i} + a_1X_{1i} + a_2X_{2i} + \dots + a_nX_{ni} = y_i \quad \text{--- ①}$$

$$X_{ii} = X'_{ii} + X''_{ii} \quad (i=0, 1, 2, \dots, n) \quad \text{--- ②}$$

$$y_i = \sum_{j=0}^n a_j X'_{ij} \quad \text{--- ③}$$

ただし、 X_{ii} ；観察数量

X'_{ii} ；システムティックな部分

X''_{ii} ；誤差部分

フリッシュは、観察変量 X_{ii} の一部分 X'_{ii} の間に線形関係が存在すると仮定している。すなわち、モデルにおける関数型の線形性と変数の結合様式の加法性とが、フリッシュの試みの基本的仮定となっているのである。

フリッシュは、各観察変量はそれぞれ誤差部分 X''_{ii} を含んでいるとみななければならないと考え、被説明変数の方向にのみ偏差をとる通常の多元回帰法を退け、①式のパラメータを対角線回帰法を用いて推定している。

ところで、この場合の誤差部分 X''_{ii} であるが、②、③式から明らかのように、これは、統計調査という一種の社会的実践

の結果として得られる経済統計資料に固有のいわゆる「統計の誤差」とは異なり、モデルを線形式として特定化することによって生じた、いわばそれからの残差としての意味をもつものである。したがって、対角線回帰法によるパラメータの推定結果が科学的意義をもつかどうかは、何よりもまず、上記の基本的仮定が現実妥当性をもつかどうかにかかっているのである。

フリッシュが推定結果の信頼度の基準として掲げているのは、重相関係数であり、方程式の標準偏差である。すなわち、重相関係数が一に近くなることをもって、また、方程式の標準偏差が0に近くなることをもって、計測結果を許容するための根拠にしようとするのである。

だが、そうすると、一定のデータ期間においては許容されたいはずのモデルが他の期間においては許容されなくなるという問題が生じてくる。というのは、使用する時系列データの期間を変えれば、他の説明変数をモデルに組み入れた方が上記の基準をより良好に満たすようになるという事態が、しばしば発生するからである。このように、フリッシュが採用した基準はあくまでも時間(IIデータ期間)に関して相対的な評価基準であり、少なくとも、これらをもつて先の基本的仮定そのものを正當化することは不可能である。

それゆえ、フリッシュの試みにおいては、先の基本的仮定はひとつの前提事項に他ならないのである。逆にいえば、それらの妥当性それ自体を経験的に明らかにすることが不可能である

同時方程式モデルとその計測方法の展開について

にもかかわらず、あたかもそれが実証可能であるかのように扱うところ、フリッシュの試みの最大の問題点があるということになる。

ところで、フリッシュ自身は、みずからの方法の欠陥をこのように認識しなかったが、それでも、上記の基準を採用することによってモデルの計測が不可能となる場合があることは認めざるをえなかった。というのは、重相関係数が高く、また、方程式の標準偏差が小さくなることをもってモデルの妥当性の根拠にしようすると、説明変数の全部または一部に高い相関関係が存在する場合には、そこにも線形方程式が存在すると思わなければならない。そして、もしこのようにモデルの一部に他の線形方程式が合流するという事態が実際に生じているとすれば、回帰係数は不定形となり、回帰法によってもとのモデルを計測することは原理的に不可能となってしまうのである。

フリッシュは、これを多重共線性の問題と名づけ、多重共線性を発生させるような変数をあらかじめ取り除くための手法としてパンチ・マップ法⁽⁹⁾という方法を提唱している。すなわち、この方法により多重共線性が発生していないことを確認した上で、対角線回帰法によりモデルを計測するというのが、フリッシュの方法の基本的な方針となっていたわけである。

以上が、フリッシュの方法の概要であるが、すでに述べたように、こうした試みにたいして疑問をいだいたのが、フリッシュの弟子のホーヴェルモであった。彼は、フリッシュのいう合

流の問題を一般化し、説明変数の全部または一部ではなく、計測しようとする関係式全体に、変数が全く同一である他の関係式が合流しているとすればどうなるのかという問題を提起したのである。

もし、そのような事態が生じているとすれば、回帰法によってパラメータが決定されたとしても、それがいかなる関係式であるのかは認定不可能であることになる。これは、バンチ・マッパ法で多重共線性の発生が示されなくとも、また、方程式の標準偏差が0になったとしてもそうである。したがって、フリッシュの方法では、計測結果が計測対象としての関係式であることを認定しえないのではないか、というのがホーヴェルモの指摘であった。⁽¹⁰⁾

このホーヴェルモの指摘は、計量経済学にとっては大変深刻な問題提起となった。なぜならば、ホーヴェルモのごとく考えれば、いかなる回帰法を用いようとも単一方程式モデルとしての多元回帰モデルが計測できたことを確認することは不可能となってしまうからである。

このような問題を克服するために、ホーヴェルモは、同時方程式モデルという新しい体系的モデル・ビルディングの方法を開発した。これは、『連立方程式体系の統計的意味』(一九四三年)で提唱され、翌年の『計量経済学における確率的接近法』⁽¹¹⁾において方法論的に一層厳密に論じられている。

このホーヴェルモの方法は、その後、コールズ委員会のメン

バーによって、パラメータの推定方法、モデルの認定方法などの面において、一層数学的に精緻化されてくる。その成果は、主に、同委員会モノグラフ・シリーズ第一〇号⁽¹²⁾(一九五〇年)にまとめられている。こうして、今日では、同時方程式モデルといえば、ホーヴェルモの名を冠するよりも、むしろコールズ委員会の方法としてよく知られたものとなっているのである。そこで、次に、ホーヴェルモによって開発され、コールズ委員会のメンバーによって精緻化された同時方程式モデルの計測方法の特徴をしてみることにしたい。

同時方程式モデルは一般的には次のように設定される。

$$By_t + \Gamma x_t = u_t \quad (t=1, 2, \dots, n) \quad (4)$$

ただし、

y_t : 同時従属変数のベクトル

x_t : 先決変数のベクトル

B, Γ : 係数パラメータの行列

u_t : 擾乱項のベクトル

ここにいう、同時従属変数とは当期の内生変数をさし、先決変数とはラグ付内生変数と外生変数をさしている。

このように、モデルの外見的形態からいえば、同時方程式モデルとは、あらかじめ複数の関係式を連立方程式体系として設定したものである。これが、単一方程式モデルの単なる寄せ集めと異なるところは、先決変数という新しい範疇の変数が導入されているところにある。これは、パラメータの推定に際して

不可欠の役割を果す変数である。

計測結果の認定が不可能になるという意味で、④式のパラメータの推定には、もはや最小二乗回帰法を用いることはできない。そこで注目されるのが最大尤度法という方法である。これは、未知パラメータを変数とみなした尤度関数が最大となるようにパラメータの推定値を定めるという方法である。ただし、この方法を適用するためには、攪乱項 u_i に一定の仮定を設けねばならなくなる。通常攪乱項 u_i は、時系列的に独立な確率変数であると仮定される。そうすると x_i が与えられた時の y_i の条件付尤度関数は次のようになる。

$$L = P(y_1, y_2, \dots, y_n | x_1, x_2, \dots, x_n) \\ = \prod_{i=1}^n P(u_i) \\ = |\det B| \cdot P(u_1) \dots P(u_n) \\ L^* = \log L$$

さらに、 u_i が多変量正規分布に従っていると仮定すると、尤度 L の対数は次のようになる。

$$= k + n \log |\det B| - \frac{n}{2} \log \det \Phi - \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n u_i' \Phi^{-1} u_i \quad (5)$$

ここに、 $u_i \sim N(0, \Phi)$

$$\Phi = E(u_i u_i')$$

同時方程式モデルのパラメータは、この L^* を最大にする値としてまとめられる。すなわち、計測材料として使用する時系列データが実現値として最大確率をもつようにパラメータの推定値を定めるのである。しかも、こうして得られたパラメータの

同時方程式モデルとその計測方法の展開について

推定値に関して、その適否を検討することが可能となる。と
いうのは、最尤法によってもまとめられるパラメータの推定量 \parallel
最尤推定量は、標本数を増やしていくと漸近的に正規分布に従
うということが数学的に証明されている。したがって、この性
質に依拠するならば、推測統計学の方法に基づくパラメータの
推定値の仮説検定を行うことが可能となるからである。

こうして、モデルを連立方程式体系として設定し、上記のご
とく最尤法を適用するならば、それらの係数パラメータをすべ
て同時に決定することが可能となり、しかも、それらの適否を
検討することも可能となることから、単一方程式アプローチが
かかえていた計測結果の認定不可能性という問題は克服される
ことになると思なされるようになるのである。そして、こうし
た点を理由に、多くの計量経済学者が、計量モデルはあらかじめ
同時連立方程式体系として設定するのだけなければならないと
考えるようになるのである。

(一) こうした意見を裏づけるものとして、次の二つを掲げて
おきたい。

Keynes, J. N., *The Scope and Method of Political Econo-*
my, 1980, pp. 343-344.

Marshall, A., "The Old Generation of Economists and The
New", 1897, in *Memorials of A. Marshall*, ed. by A. C. Pigou,
1925, pp. 295-311.

(二) ムーア、シュルツによる計量経済学的研究は、次の著作により
ほぼその全体をうかがい知ることができ。

同時方程式モデルとその計測方法の展開について

Moore, H., *Economic Cycles: Their Law and Cause*, 1914.
〈邦訳〉『経済循環期の統計的研究』蜷川虎三訳、大鑑閣、昭和三年。

Moore, H., *Synthetic Economics*, 1929.

Schultz, H., *The Theory and Measurement of Demand*, 1938.
ここで詳述する余裕はないが、計量経済学が今日直面している諸困難は、ムーア、シュultzが直面した困難と根本的には同一のものであるといふことに注意を喚起しておきたい。

(3) 一九二〇年代のアメリカにおいて、「純粋経済学」の抽象性にたいする反動として、従来の経済理論を退け、統計資料の蒐集整理のみより現実に役立つ経済学を作り出そうとする潮流が、W・M・ペーソンス、W・O・ミッチェル等を先頭に活発に活動を展開した(例へば Mitchell, W. C., *Business Cycles, The Problem and The Setting*, N. B. E. R., 1927)。これは「いわゆるハーバー・メソッド」といふ、時系列解析法に基づく景気予測法を生み出す。ところが、この景気予測は一九二九年恐慌の予測に失敗してしまふ。その結果、経済理論を無視した統計的研究から、経済理論に基づく統計的研究へという方向性が強く打ち出され、「理論的数量的アプローチと経験的数量的アプローチの統一」(計量経済学会規約第一条)とか、「統計学、経済学、数学の三者の統合」(Frisch, R., "Editorial", *Econometrica*, Vol. 1, No. 1, 1933)など定義された計量経済学が生み出されることになったのである。

ところが、半世紀以上のこの今日、時系列解析法のモデル分析版である時系列モデル、自己回帰モデルが、計量経済学の内部において次第に台頭してきているのである。このような「理論なき計測」

への回帰現象は、半世紀以上にわたる計量経済学の展開がその自己規定通りのものではけつてなかつたこと(つとを何よりも雄弁に物語してゐる)といふべきである。

(4) Leontief, W., "Econometrics", *A Survey of Contemporary Economics*, H. S. Ellis ed., 1948. 〈邦訳〉『現代経済学の展覧』理論篇Ⅱ、第四章、山田勇訳、二二六ページ。

(5) Frisch, R., *Statistical Confluence Analysis by Means of Complete Regression Systems*, 1934.

(6) この着想は、シュultzによる直交回帰法の採用を引き継いだものである。

cf. Schultz, H., "The Statistical Law of Demand As Illustrated by the Demand for Sugar", *The Journal of Political Economy*, Vol. 33, No. 6, 1925, pp. 577-637.

直交回帰法、対角線回帰法を採用してゐることでわかるように、経済統計資料の特殊性に対する彼らの配慮は、残差部分を被説明変数のみでなく全変数に帰着させるといふ限りでなされてゐることが特徴的である。

(7) これらの基準が時間に関して相対的な評価基準であるといふのは、使用するデータが時系列データであるという事情によるのであつて、これらの基準それ自体のもつ性格であるといふわけではない。

(8) 多重共線性の問題は今日の問題でもある。といふのは、次節でふれる誘導型方程式にこの問題が生ずると、モデルの計測が不可能となつてしまふからである。

(9) この方法の概要は次のごとくである。すなわち、まず、多元回

帰モデルを構成する個々の変数を交互に被説明変数とし、他の変数を逐一説明変数とすることによって、単純回帰係数をすべての変数についてもとめる。次に、そうしてもとめた単純回帰係数を二次元の直交座標上でバンチ線束として表わし、その開き工合を調べ、もし新たな変数を追加することによってバンチが著しく開いてしまうようであれば、多重共線性が発生したと考え、そうした変数を取り除くのである。

ただし、この方法は、バンチがどの程度開けば多重共線性が発生したと考えればよいのかという点では主観的判断に仰がねばならぬという問題をかかえていた。

(10) この点については、後の注(12)に掲げた文献に所収のホーンホルムの論文を参照された。

Haavelmo, T., "Remarks on Frisch's Confluence Analysis".

(11) Haavelmo, T., "The Statistical Implication of a System of Simultaneous Equations", *Econometrica*, Vol. 11, No. 1, 1943.

Haavelmo, T., "The Probability Approach in Econometrics", *Econometrica*, Vol. 12, Supplement, 1944. 邦訳『計量経済学における確率的接近法』山田勇訳、一橋大学経済研究叢書、昭和三十年。

(12) Koopmans, T. C. (ed.), *Statistical Inference in Economic Models*, Cowles Commission Monographs No. 10, 1950.

同時方程式モデルとその計測方法の展開について

三 計測方法の展開

同時方程式モデルのパラメータは、尤度関数を最大にする値としてもとめられる。しかしながら、その解法は、計算の実際的可能性という点からいうと大変大きな困難をかかえていた。

前節⑤式の L^* を最大にするパラメータをもとめるためには、 L^* を係数行列の要素 β_{ij} で偏微分して0とおいた連立方程式を解かねばならないが、これは次のような形の式となってしまう。

$$\frac{\partial \det B}{\partial \beta_{ij}} - 1 \cdot \frac{\partial S}{\partial \beta_{ij}} = 0$$

$$\text{ただし、 } S = \sum_{i=1}^n u_i / \Phi_{ii}$$

この式の $\det B$ および u_i / Φ_{ii} は非常に複雑な非線形式となり、モデルの変数が多い場合には、これを解くことは実際上不可能である。

そこで、同時方程式モデルのパラメータのより簡便な推定法というものが必要となってくるのである。一九四〇年代の後半から一九六〇年代の前半にかけて、そのためのさまざまな推定法が開発されてくるが、その多くは、次のような誘導型方程式体系を利用するものであった。

$$y_i = -B^{-1}T_i x_i + B^{-1}u_i$$

これは、前節④式の同時従属変数を先決変数と攪乱項とに關して解くことによつて得られたものである。この誘導型方程式体

系にたいして、前節の④式は、経済の構造を記述した方程式であるという意味で構造方程式体系とよばれている。

まず、同時方程式モデルを開発した当のホーヴェルモ自身であるが、彼は、誘導型最尤法とよばれる特殊な方法を提唱している。これは、誘導型方程式体系のパラメータ \parallel 誘導型パラメータをあらかじめ最尤法によって推定し、それを変数変換することによって、構造方程式体系のパラメータ \parallel 構造パラメータを決定するという方法である。⁽¹⁾

ただし、この方法が適用可能となるためには、あらかじめモデル設定面で一定の制約が必要となる。というのは、この方法で構造パラメータを決定するためには、構造パラメータと誘導型パラメータの個数が同一であるという条件が必要であり、どのような場合でも構造パラメータが決定できるといっわけではないからである。

前者の個数の方が多い場合には、構造パラメータを決定することは不可能(\parallel 認定不能)であるし、逆に、後者の個数の方が多い場合には、構造パラメータが複数個決定(\parallel 過剰認定)されてしまう。この両パラメータの個数は、同時従属変数と先決変数の個数に依存して決ってくるものである。そこで、コープズ委員会の有力スタッフ・メンバーの一人であったT・C・クープマンズは、両パラメータの個数の間の関係を同時従属変数の個数と先決変数の個数との間の関係に還元し、構造パラメータを決定しうる条件を認定条件として整理している。これが、

今日よく知られている認定問題の定式化である。⁽²⁾

ところで、ここにいうモデルの認定の問題とは、元来は、計測結果が経済理論によって導かれた関係式であるのか否か、例えば、それが需要曲線であるのか供給曲線であるのか等を認定する問題であったはずである。しかしながら、クープマンズの定式化以来、今日では、この問題が同時従属変数の個数と先決変数の個数との間の関係という極めて形式的な問題に還元されてしまっているのである。これは何故であろうか。同時方程式モデルの特質を考えるにあたって、この点は決定的に重要な意味をもっているように思われる。この問題については後述することにした。

ともかく、このようなクープマンズの定式化からすれば、ホーヴェルモが提唱した誘導型最尤法が適用可能となるのは、構造パラメータの個数と誘導型パラメータの個数が同一となる適度認定の場合のみということになる。しかし、そうすると、常にこの条件を満たすようにモデルを作成せねばならず、したがって、計測方法という技術的条件によってモデルに含まれる変数の個数が決められることになるため、今度は、モデルの客観的妥当性にたいして疑問が生じかねないことになる。

そこで、計量経済学としては、次に、適度認定以外の場合でも構造パラメータの最尤推定値が得られるような方法が必要となってくるのである。このような要請に応えるために開発された方法が、T・W・アンダーソン、H・ルビン(一九四九年)

による情報制限最尤法であつた。⁽⁴⁾

これは、計測しようとする特定の構造方程式に含まれる同時従属変数についての誘導型方程式のみを集め、それに最尤法を適用することによって、構造パラメータの最尤推定値を得ようとする方法である。この方法が情報制限最尤法とよばれる理由は、計測しようとする構造方程式以外の構造方程式に含まれる内生変数に関する情報を無視しているという点にある。したがって、この方法は、前節でふれた最尤法^{II}完全情報最尤法より方法論的には下位に位置づけられることになる。

しかしながら、情報制限最尤法は、完全情報最尤法に比べるとはるかに計算が簡単である。しかも、計測しようとする構造方程式が過剰認定式であつてもこの方法は適用可能である。そのため、完全情報最尤法より実用的な計測法として、また、誘導型最尤法より一般的な計測法として、この方法は多くの計量経済学者の注目を浴び、一九五〇年代に入ると実際にこの方法を用いてモデルの計測が行われるようになるのである。⁽⁵⁾

ところで、いま、モデルを適度認定式のみ限定して作成したのでは、モデルの客観的妥当性にたいする疑問が生じかねないことになる。述べたが、では、計量経済学は、客観的妥当性を保証するようなモデルをいかにして作成しようとしてきたのであろうか。

計量モデル作成のためのさし当りの手掛りとなるのは、経済理論によって導かれた経済関係式である。その代表的なもの

同時方程式モデルとその計測方法の展開について

して、需要曲線、供給曲線、消費関数、投資関数などがあるが、これらは、通常の計量モデルに比べて、説明変数が少数個であることが特徴的である。それは、経済理論においては、種々の要因を一定とした上でいくつかの経済諸量間の関係を説明するという方法がとられていることと関係している。

このように、計測対象としての経済関係式は、あくまでも同質的な条件を前提して導かれた関数式である。これにたいして、計測材料である時系列データは、異なる時点における調査結果であり、異なる条件のもとでの生起結果であるという意味で非同質的な経済資料である。したがって、このままでは両者を結びつけることは不可能である。⁽⁶⁾

そこで、計量経済学においては、経済理論で一定とされた種々の要因を追加的説明変数として陽表的にモデルに組み入れ、多変数方程式としてモデルが設定されることになる。しかも、このような追加的説明変数の導入は、同時方程式モデルの場合には、認定条件を満たすためにも、とりわけ不可欠の要件となってくるのである。

では、同時方程式モデルの場合、各構造方程式の追加的説明変数は、一体どのようにして選択されることになるのであろうか。同時方程式モデルの計測方法として採用されたのは最尤法であるが、この方法それ自体は、あくまでも、時系列データが実現値として最大確率をもつようにパラメータの推定値を定めるといふ方法に過ぎない。このことは、その計測方法そのもの

の中から追加的説明変数の選択基準を導き出すことは不可能であることを意味している。

そのため、同時方程式モデルの開発以来、追加的説明変数の選択をいかに行うかということが、計量経済学者にとって大きな悩みの種となってきたのである。適当な方法が見つからなかったため、実際にモデルを作成する個々の計量経済学者は、モデルの追加的説明変数の選択基準として、単一方程式モデルとしての多元回帰モデルの説明変数の選択基準を採用することを余儀なくされてきた。というのは、追加的説明変数が経済理論によって導き出されない以上、その選択は経験的基準に委ねる以外なく、そのようなものとしては、単一方程式モデルとしての多元回帰モデルの説明変数の選択基準以外ありえなかったからである。

同時方程式モデルの計測方法の開発にとともに、計量経済学に推測統計学の諸用具が導入されたため、多元回帰モデルの説明変数の選択は、係数パラメータの推定値をその標準誤差で除した値による検定、および、残差平方和の平均をとった決定係数（ \parallel 重相関係数の平方）によるF検定などによって行われるものとなっていた。

個々の計量経済学者は、あらかじめこのような方法で構造方程式の追加的説明変数の選択を行うことによって、モデルの客観性にたいして疑問が生ずることを回避しようとしてきたのである。そして、その代償として、計量経済学は、過剰認定モデ

ルをも計測しようようにしておかなければならないという新たな問題をかかえることになったのである。

ところで、上記のt検定量および決定係数は、いずれも最小二乗原理に基づく基準であることが特徴的である。前者は、パラメータの推定値に最小分散性を確保しようとするものであり、後者は、方程式の標準偏差の最小性を確保しようとするものである。

これらの基準によって追加的説明変数を選択することを方法的に首尾一貫させるためには、個々の構造方程式を単一方程式モデルとみなし、それを直接最小二乗法で計測することが必要となるはずである。しかし、個々の構造方程式を単一方程式モデルとみなして計測するのは、計測結果の認定不可能性という問題に直面せざるをえなくなる。そのため、モデルを同時方程式モデルであるとすると要請はみたさなければならないのである。

こうして、計量経済学は、ホーヴェルモの方法の開発以来、モデルが同時方程式モデルであることをつらぬけば追加的説明変数の選択基準を設けることができなくなり、また、追加的説明変数の選択基準として上記の基準を採用すれば同時方程式モデルという枠組を崩さねばならなくなるという二律背反に悩まされ続けてきていたのである。このような二律背反を克服するために、同時方程式モデルという枠組を崩さずに個々の構造方程式を実質的に最小二乗法で計測するという方法が是非とも

必要であつた。

このような要請に応えるために開発された方法がH・タイル(一九五五年)による二段階最小二乗法である。これは、まず、先の誘導型方程式体系に最小二乗法を適用し、誘導型方程式の係数パラメータおよび分布パラメータの最小二乗推定値をもとめ、次に、それらの推定値を用いて構造方程式に最小二乗法を適用することによって、構造方程式の係数パラメータおよび分布パラメータの推定値をもとめるという方法である。

この方法によって得られる推定値は、最尤推定値と同様、標本数が無限大となるならばその推定値は未知母数にほぼ一致するようになるという一貫性という漸近特性をもっている。しかも、この方法は、過剰認定のモデルであっても適用可能であり、情報制限最尤法より計算が簡単である。こうしたことから、タイルは、二段階最小二乗法は情報制限最尤法より実用的な同時方程式モデルの計測法であると考へたのである。

この方法の利点は、計算の容易さともさることながら、なによりもまず、この方法を用いることによって、構造パラメータの決定基準と構造方程式の追加的説明変数の選択基準との整合性を実質的に確保することが可能になるという点にある。そのため、一九五〇年代の後半から、多くの計量経済学者がこの二段階最小二乗法を採用するようになるのである。

しかしながら、このことは、すべての計量経済学者が常に二段階最小二乗法のみを採用するようになったということを意味

同時方程式モデルとその計測方法の展開について

するものではけつしてない。というのは、この方法の採用により構造パラメータの決定を実質的に最小二乗原理に基づいて行うことが可能になったとはいへ、そのこと自体を方法的に前面に掲げることは難しいのである。これは計測結果の認定にまつわる前節での議論を思い起こしてみれば明らかであろう。

この方法が容認されるのは、あくまでも、この方法によって最尤推定値と同様の一貫性という特性をもった推定値が得られるからである。そのため、方法的には二段階最小二乗法が情報制限最尤法に優ると位置づけるわけにもいかず、多くの計量経済学者は両方の方法による計測結果を並置して発表せざるをえなくなってきたのである。

だが、そうすることは、事態を一層複雑にした。というのは、二段階最小二乗法による計測結果と情報制限最尤法による計測結果との間には一定の開きがあり、前者は個々の構造方程式を直接最小二乗法で計測した結果に極めて近い値となつてしまふ。

二段階最小二乗法による計測結果が直接最小二乗法による計測結果に極めて近いものになるということは、タイルの意図からすればむしろ当然の結果である。しかしながら、二段階最小二乗法と情報制限最尤法とが同じく同時方程式モデルの計測方法として位置づけられていながら、その計測結果には一定の開きがあり、そのうち一方が単一方程式モデルの計測方法を適用した結果に極めて近い値となつてしまふというのであれば、一

般的には、同時方程式モデルの計測方法をのみにたいする不信が生まれてきていたしかならないところである。そのため、二段階最小二乗法の採用は、同時に、最適計測方法確定のための研究に、計量経済学が一定の力をさかねばならなくなることを意味していた。

タイル(一九六二年)は、最小二乗法の段階的適用により構造方程式を計測するという方法を一層徹底させる見地から、新たに三段階最小二乗法という方法を提唱する⁽¹⁰⁾。そして、すでに開発されているいくつかの計測方法の関連性を統一的に説明するために、 k クラス推定法という範疇を設け、各計測方法をその一形態と位置づけるといふ見方を導入する⁽¹¹⁾。

しかし、このような形式的な整理は、いずれの計測方法を採用すべきかという問題には全く答えるところがなかった。そこで、このタイルによる成果をも含めて、最適計測方法の確定に一定の努力が傾けられるようになるのである。

計測方法の選択問題の解決には推測統計学者も動員され、理論的側面と経験的側面の両面から研究が進められてきた。ここにいう、理論的側面の研究とは、各方法によるパラメータの推定量を漸近的に展開することによって、その漸近効率を比較しようとするものである⁽¹²⁾。しかし、これはあくまでも標本数が無限大となった時の推定量の収束速度に関する研究であって、少数データであることを特徴とする経済統計データを扱わねばならない計量経済学者にとっては、この研究は計測方法選択の判

断材料とはなりえなかった。

他方、ここにいう経験的側面の研究であるが、これは、あらかじめパラメータの真値を定めておいて、乱数表等をもとに、いくつかの変数データを作成し、それを用いて各計測方法の推定精度の比較を行うという、いわゆるモンテ・カルロ実験である⁽¹³⁾。しかし、これも、データの作成の仕方次第で異なった結果が得られることになるため、実際にモデルの計測にたずさわった計量経済学者にとっては、計測方法選択の判断材料とはなりえなかった。

こうして、最適計測方法の確定には成功することなく、今日にいたるも、個々の計量経済学者は各種方法による計測結果を並置して発表することを余儀なくされているのである。

(1) 前節注(9)の一九四三年の論文および次の論文を参照された。

Haavelmo, T., "Method of Measuring The Marginal Propensity to Consume", *Journal of American Association*, Vol. 42, No. 237, 1947.

(2) Koopmans, T. C., "Identification Problems in Economic Model Construction", *Econometrica*, Vol. 17, No. 2, 1949.

Koopmans, T. C., H. Rubin and R. B. Leipnik, "Measuring Equation System of Dynamic Economics", Cowles Commission Monograph No. 10, 1950.

前者では、認定問題にたいする考え方が展開され、今日見られるような数学的定式化は、後者において行われている。

クープマンズという認定条件は、位数条件と階数条件に分けられる。位数条件とは、未知パラメータを決定するためには少なくともパラメータ数と同じだけの本数の構造方程式が必要であることを述べたものであり、階数条件とは、それらの方程式が互いに重複せず独立であることが必要であることを述べたものである。すなわち、位数条件は構造パラメータを確定するための必要条件に過ぎないのにたいして、階数条件はその必要十分条件を述べたものである。

(3) ムーア、シユルツによる「帰帰線をもつて統計的需要曲線とみなすという考え方にたいして」、E・J・ワーキングは、統計データをシフトする需給両曲線の交点として説明する視角から、帰帰線が常に需要曲線を表わすとは限らないのではないかという問題を提起している。

Working, E. J., "What Do Statistical 'Demand Curves' Show?", *The Quarterly Journal of Economics*, Vol. 41, 1927.
これが認定問題の最も端初的な議論であった。

(4) Anderson, T. W. and H. Rubin, "Estimation of the Parameters of a Single Equation in a Complete System of Stochastic Equations", *Annals of Mathematical Statistics*, 1949.

(5) 例えは、ケインズ型マクロ計量モデルのプロット・タイプである。一九五〇年の『クライン・モデル』においては、さつぜんこの方法が用いられている。

Klein, L. R., *Economic Fluctuations in the United States* 1921-41, 1950.

(6) ムーアは、前節注(2)の一九一四年の著作でこの問題を取り上げ、「他の事情にして等しいならば」というケテリス・パリプス

同時方程式モデルとその計測方法の展開について

の仮定を用いて理論構成を行う方法を、「果てしもない仮定の迷路に迷い込む」方法であるとして退け、問題はすべて具体的に立てねばならないという視角から、多元相関の方法による結果を優先すべきことを訴えている (Moore, *op. cit.*, 1914, pp. 66-68)。

後の計量経済学も基本的にはこの見地に立脚してきているということができぬ。

(7) 計量経済学に推測統計学の方法を導入することに積極的であったのは、むしろ、推測統計学の生みの親の一人であるJ・ネイマンの側であった。これは、推測統計学の方法が普遍科学的な方法であることを願うネイマンが積極的にその応用分野を広げようとしたためである。

cf. Neyman, J., *Lectures and Conferences on Mathematical Statistics*, 1937.

(8) Theil, H., *Economic Forecasts and Policy*, 1958. (邦訳『経済の予測と政策』岡本哲治訳、創文社、昭和三九年、二四六—五四、三六四—三七二頁)。

(9) とうとうこのように、二段階最小二乗法が現われたということは、モデル・ビルディングの方法が新たな段階に到達したことを意味するものであった。というのは、構造パラメータの決定基準として最小二乗原理が復活させられたということは、個々の構造方程式を事実上単一方程式モデルとみなし、重相関係数、標準偏差などによつてモデルの妥当性を根拠づけようとする考え方が復活したことを意味している。すなわち、計測結果の認定不可能性という問題を回避するために、全体としては同時方程式モデルという枠組をばめ、個々の構造方程式は事実上単一方程式モデルとみなして計測す

同時方程式モデルとその計測方法の展開について

るという二元的計測方法がここに成立することになったのである。

(9) Theil, H. and A. Zellner, "Three-Stage Least Squares: Simultaneous Estimation of Simultaneous Equations", *Econometrica*, Vol. 30, No. 1, 1962.

(11) この点については、前記注(8)の著作(二五四—六四、三七—八八ページ)において明らかにされている。

(12) これらの研究については、次を参照されたい。

竹内啓、『計量経済学の研究』、東洋経済新報社、昭和四五年、第九章。

佐和隆光、『計量経済学の基礎』、東洋経済新報社、昭和四五年、

第四章。

(13) モンテ・カルロ法による研究は無数にあるが、その代表例として次をあげておきたい。

Nagar, A. L., "A Monte Carlo Study of Alternative Simultaneous Equation Estimators", *Econometrica*, Vol. 28, 1960.

四 政策分析への適用

同時方程式モデルの計測方法の開発を契機に、一九五〇年代以後、無数のマクロ計量モデルが作成され、その計測が試みられるようになる。だが、無数のマクロ計量モデルが次から次へと計測されるということは、他面、いずれのモデルを信頼すべきかという問題を生むことにもなる。そこで、今度は、何らかの方法によりモデルのパフォーマンス⁽²⁾性能を比較可能にし、上記の問題に答えるようにすることが、計量経済学にとって

必要不可欠の課題となってくるのである。

二段階最小二乗法を開発したタイル(一九五五年)は、こうした課題とも取り組んだ。彼は、モデルの事後的予測成績を示す指標を開発し、それによってモデルのパフォーマンスを比較することを試みたのである。

タイルが開発した指標は不一致係数とよばれる次のような係数である。⁽¹⁾

$$U = \frac{\sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (P_i - A_i)^2}}{\sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n P_i^2} + \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n A_i^2}}$$

ただし、 P_i : 予測値の系列

A_i : 実数値の系列

タイルは、この係数値が小さくなるほど事後的予測成績は良好であり、したがって、モデルは優秀なものであると見なすことができる⁽²⁾と考えたのである。

この係数を用いるならば、一定のデータ期間において計測されたモデルの「優秀さ」の相対的順位を決めることが可能となる。そのため、一九六〇年代に入ると、モデルのパフォーマンスを比較する便利な方法として、多くの計量経済学者がこの係数に注目するようになるのである。⁽³⁾

ただし、実際にこれを利用しようとすると、単一方程式アプローチの段階では見られなかった、予測方式の選択という問題

が起ってくる。というのは、同時方程式モデルは元来計測結果の認定不可能性という問題を克服するためのモデルであって、そこではモデルを予測にどう生かすかという点は明確に位置づけられていない⁽⁴⁾。そのため、同時方程式モデルをあえて予測に利用しようとすれば、いく通りかの方式が競合してしまうことになるのである。

考えられる予測方式のいくつかをあげてみると、まず第一に、各構造方程式の説明変数に実際値をあてはめることによつて被説明変数の事後的予測値をもとめるという方法がある。これは各構造方程式を単一方程式モデルと見なしてしまふことに等しいといえる。しかし、二段階最小二乗法の開発により、各構造方程式を実質的に最小二乗原理に基づいて計測しようとすると見地が生まれてきている以上、このような事後的予測値のもとめ方をする計量経済学者も当然のことながら現われてくるのである。

事後的予測値をもとめる方法として第二に、先決変数に実際値をあてはめ、誘導型方程式を用いて同時従属変数の事後的予測値をもとめるという方法がある。ただし、この場合、ひと口に誘導型方程式といっても、計測された構造方程式から導かれた誘導型方程式を用いる場合と、誘導型方程式を直接計測した結果を用いる場合との二通りのケースがあることに注意しなければならぬ。

そして、第三に、ラグ付変数を含むモデルにおいて、その最

同時方程式モデルとその計測方法の展開について

終型方程式としての定差方程式を導き、それに各変数の初期値をあてはめることによつて、順次同時従属変数の事後的予測値をもとめていくという方法がある。

いずれの場合もそれを採用しなければならないという明確な理論的根拠は存在しないことに注意しなければならない。通常、第一の方法による事後的予測値の適合度のテストは部分テスト、第二の方法によるそれは全体テスト、第三の方法によるそれは最終テストなどとよび分けられている。これらが、今日よく知られている事後的シミュレーション分析の内容である。

さて、この事後的シミュレーション分析によつてモデルのパフォーマンスを示す試みが展開されるようになると、さらに一歩進めて、これをモデル作成の際の判断材料として利用しようとする気運が生まれてくる⁽⁵⁾。ところが、そうすると、今度は、部分テスト、全体テスト、最終テストのいずれを重視すべきかという問題に直面せざるをえなくなるのである。というのは、そのいずれを重視するかによつて、説明変数の選択などは異つたものとならざるをえないからである。したがつて、このままでは、事後的予測精度面での情報をモデル作成に際して統一的に利用することは困難であるということになる。

こうした困難を克服するためには、予測方式を一義的に確定する以外ない。そして、この一義的確定のためには、モデル作成の大枠の方法についての一定の事前的な選択判断が必要となつてくる。

そこで、F・ウォー（一九六一年）は、個々の構造方程式を単一方程式モデルとみなし、そのパラメータを直接最小二乗法で推定すべきであるとした⁽⁶⁾。これは、個々の構造方程式それぞれを予測方程式として位置づけようとしたためである。また、T・リュウ（一九六〇年）は、モデルは通常認定不能モデルとならざるをえず、したがって、構造方程式の計測は断念し、誘導型方程式を直接最小二乗法で計測することで満足しなければならぬとした⁽⁷⁾。これは、誘導型方程式を直接計測した結果を予測方程式として位置づけようとしたためである。

他方、一九五〇年以降常にプロト・タイプとしてのモデルを提供し続けてきたクライン（一九六〇年）は、リュウとは逆に、モデルは通常過剰認定モデルであり、したがって、構造方程式の計測は十分可能であるため、あくまでも、構造方程式の計測結果から導かれた誘導型方程式を用いて予測を行うのでなければならぬと主張した⁽⁸⁾。これは、構造方程式の計測を行わねば、「理論なき計測」としてのそしりをまぬがれえないと考えたためである⁽⁹⁾。

こうして、予測方式を確定できないという問題は、モデル・ビルディングの方法をめぐる対立を生み出すこととなったのである。だが、不一致係数を用いた事後的予測成績の評価では、いずれの考えに立つべきかの判断を下すことはできなかった。そのため、モデル・ビルディングの方法をめぐる上記の対立は、簡単には克服しえず、個々の計量経済学者はいずれかの考

えを全くア priori に選択する以外なかったのである。

一九六〇年代のはじめから今日にいたるまで、多数意見となってきたのは、上記のクラインの見地である。これは、「理論に基づく計測」という立場を堅持しようとしたためであると同時に、より実用的には、計測された構造方程式から導かれた誘導型方程式を予測方程式として位置づけることによつて、モデルの政策分析への適用の方法論を確立しようとしたためであった⁽¹⁰⁾。

計量モデルの政策分析への適用の試みとは、政策手段と政策目標との間の関係を計量モデルによつて表現し、政府のとする経済政策の諸効果を定量的に明らかにしようとするものである。それゆえ、この場合、計量モデルにおいては、まず第一に、目的・手段関係を明らかにする政策的変数区分が明確にされる⁽¹¹⁾。

モデルに含まれる内生変数のうち、政策目標を表わす変数は目標変数とよばれ、それ以外の変数は目的・手段関係のわく外にあるという意味で局外変数とよばれる。また、外生変数のうち、政策手段として利用しうる変数は手段変数とよばれ、それ以外の外生変数は与件変数とよばれる。そして、このような政策的変数区分が明確にされたモデルは、政策モデルとよばれている。

むろん、政策モデルと命名されたとはいえず、これは通常の同時方程式モデルと形式的には何ら変わるところがない。そのため、その計測は、これまで同様、同時方程式モデルの計測方法

を用いて行われることになる。ただ、問題はその計測以後である。計測された政策モデルは、目標、局外、手段、与件の四種の変数を含んでいるわけであるが、次に、目標手段関係を明瞭にするため、局外、与件変数に一定値を代入し、目標、手段変数だけを含む政策モデルの縮約型を作るのである。これは決定モデルとよばれている。

短期の政策効果の分析は、この決定モデルを通じて行われる。すなわち、手段変数に一定値をあてはめた時の目標変数の予測値を検討することを通じて行われるのである。この決定モデルを用いるならば、例えば、逆に、一定の目標値を実現するために、どのような手段値をとればよいかということをも明らかにすることも可能となる。あるいは、政策モデルの段階で、局外、与件変数にあてはめる値を変えることによって、種々の環境条件を想定した時の政策効果を定量的に明らかにすることも可能となる（『事前的シミュレーション実験』）。こうして、政策モデルは短期的な経済政策の樹立にとって極めて有力な武器になると、計量経済学者は主張してきているのである。

さらに、政策モデルは、長期的な政策効果の分析を行う場合にも用いられる。これは、原モデルを用いて政策手段に変動がなかったとした時の将来値をくり返し予測し、次に、政策モデル・決定モデルにより、種々の手段値や環境条件をとった場合の目標変数等の将来値をくり返し予測し、それらと比較・検討することを通じて行われる。そして、このような政策シミュレ

ーションを行うならば、長期的な経済政策の樹立も大いに効率よく進められるようになる、計量経済学者は主張するのである。⁽¹²⁾

このように、計量モデルを用いることで、政府の経済政策の諸効果を定量的に分析することが可能になると見なされるようになる、民間経済研究機関ばかりでなく、政府機関までもが、こぞって計量モデルを利用するようになる。一九六〇年代に入ると、先進資本主義諸国の政府機関は一斉に計量モデルに基づいて政策効果の分析を行うようになってきた。わが国においても、一九六五年に策定された「中期経済計画」⁽¹³⁾から、マクロ計量モデルの利用が行われるようになってきている。こうして、一九六〇年代の半ばには、計量経済学的手法はほぼ完全に社会的な定着をみたかのような外観を呈するようになってきたのである。

政策効果の分析に際して用いられるモデルは、ほとんどがアメリカ・ケインズ主義の理論体系に基づくマクロ計量モデルであった。この国民所得勘定体系に基礎をおくマクロ計量モデルの力点は、完全雇用維持、物価安定等の政策目標を掲げ、財政金融政策による総需要管理の必要性と有効性を示す点にあった。

アメリカ・ケインズ主義の理論体系においては、資源配分は自律的な市場メカニズムに委ねられており、政府の政策的介入はあくまでも総需要の管理という点に限定される。したがっ

て、この理論体系に依拠する限り、マクロ計量モデルは、消費者、企業、政府、海外という経済主体別のマクロの経済量を扱えばよく、産出量、投入量、価格等の商品別・産業部門別の経済量を扱う必要がなかったのである。

しかし、実際には、産業部門別のミクロの経済政策も無視することはできず、これについては、産業連関表に基礎をおく産業連関モデルによって分析が試みられるようになる。すなわち、それによって、部門別資源配分、部門別雇用、商品別消費等の問題を分析しようとするのである。ただし、この産業連関モデルは、計画用あるいは予測用として実用化する際には、国民所得勘定に基礎をおくマクロ計量モデルと結合して用いねばならない。しかし、国民所得勘定と産業連関表とが全く別個の勘定体系のもとに推計されている段階では、産業連関モデルの最終需要項目のみを一方通行の形でマクロ計量モデルと関連づけるという形で両モデルをリンクする以外なかったのである。

そのため、先進資本主義諸国においては、両モデルを各需要項目ごとにもリンクしうるようにすることを一つの目的として、国民所得勘定、産業連関表などを統合した国民経済計算体系を発表するようになるのである。そして、このデータ面での整備を基礎に、計量経済学においては、一九六〇年代の半ば以後、マクロ計量モデルと産業連関モデルをリンクさせた『多部門モデル』⁽¹⁴⁾ というものが作成されるようになってきている。

さらに、一九六〇年代の終りには、海外取引を表わす変数を

通じて、世界各国経済のモデルがリンクさせられ、『世界経済モデル』というものが作成されるようになる。このプロト・タイプとしてのモデルは、クラインの『ワートン・モデル』であるが、このモデルを模倣し、『世界経済モデル』を作成しようとする動きがわが国をはじめとする先進資本主義諸国で起ってきていることは、周知の通りである。

こうして、一九五〇年の、十六本の方程式を用いたに過ぎなかった『クライン・モデル』から三〇年余り後の今日では、千本以上の方程式が用いられ、個人のレベルでは分析結果の適否を吟味することが到底不可能と思われる程度にまで、計量モデルの大型化がおし進められてきたのである。

(1) 前節注(8)のタイルの著作の四〇―五七ページを参照されたい。

(2) こうした考え方が、事後的予測成績の良さ、将来予測成績の良さ、という図式から生まれていることは明らかである。したがって、将来予測の成績を通じてモデルの客観的妥当性を考えようとするところに、タイルの実証観の基礎があるといえる。

後に、タイルは次のような係数を提唱する (Theil, H., *Applied Economic Forecasting*, 1966.)。

$$U = \frac{\sum_{i=1}^n (P_i - A_i)^2}{\sum_{i=1}^n A_i^2}$$

ただし、実際には、本文でとり上げた係数を採用する計量経済学者

の方が多いのが現状である。

(3) 例えは、次を参照されたい。

Agarwala, R., "Tests and Uses of Macro-Econometric Models: A Critical Survey," *Economics of Planning*, Vol. 19, No. 3, 1969.

(4) ホーヴェルモは、二節注(9)の一九四三年の論文において、「予測目的にとつては、原方程式体系は何ら実際の意義をもたない」(Haavelmo, p. 11)と述べ、予測目的にとつてはむしろ誘導型方程式の方が有用であることを強調している。だが、このことは、ホーヴェルモの計測理論そのものにおいて、誘導型方程式が予測方程式として位置づけられていることを意味するものではない。ここでは、誘導型方程式の導出はあくまでも構造パラメータの推定値を得るための操作となつてゐるに過ぎないのである。このように、ホーヴェルモにとつては、モデルの計測の問題と予測の問題とは全く別個の次元の問題となつてゐた。そして、この二次元論的構成は今日でもしばしば強調されることとなつてゐる(例えは、内田忠夫、福地崇生『計量経済学』筑摩書房、昭和五〇年、一七一―二二ページ)。

Wold, H., *Demand Analysis: A Study in Econometrics*, 1952.) が同時方程式モデルを逐次方程式モデルを擁護したことはよく知られてゐるが、彼のわが国には、同時方程式モデルの計測理論に予測の問題が含まれてゐないことを批判し、計測理論と予測理論の統一の表現を目指すところにあつた。この点については、拙稿「計量経済モデルの歴史的展開について」『統計学』第四三号、一九八二年、産業統計研究社)を参照されたい。

同時方程式モデルとその計測方法の展開について

い。そして、最近の、多変数自己帰帰モデルを擁護する見地からの同時方程式モデル批判も、基本的にはワールドと同一の視角からの批判であるところにご注意を喚起しておきたい。

(5) このような気運が生まれてくる中、同時方程式モデルの計測理論にたいする配慮が後退し、構造方程式を直接最小二乗法で計測するということも大手を振って行われるようになる。だが、後述するやうに、不一致係数を用いたからといってモデルの適否が明らかになるというわけでは決してない。そのため、同時方程式モデルの計測理論を完全に無視するということもできず、モデル作成に際して、今度は、パラメータの推定精度を重視するか事後的予測成績を重視するかという混乱が生まれ、事態は一層の複雑化を余儀なくされるのである。

(6) Waugh, F. V., "The Place of Least Squares in Econometrics", *Econometrica*, Vol. 29, No. 3, 1961.

(7) Liu, T. C., "Underidentification, Structure Estimation and Forecast", *Econometrica*, Vol. 28, No. 4, 1960.

(8) Klein, L. R., "Single Equation vs. Equation System Methods of Estimation in Econometrics", *Econometrica*, Vol. 28, 1960.

(9) クライムの予測論にこつては、次を参照されたい。

Klein, L. R., *An Essay of the Theory of Economic Prediction*, 1971. (邦訳)『経済予測の理論』佐和隆光訳、筑摩書房、昭和四八年。

(10) 同時方程式モデルの政策分析への適用については、短いながら大変要領よくまとめられてゐる。

同時方程式モデルとその計測方法の展開について

二四六

福地崇生『計量経済学入門』第十六章、東洋経済新報社、昭和三十七年。

(11) 政策モデルにおいては、目的・手段関係を浮き彫りにすることに力点を置くため、パラメータの推定精度や事後的予測成績を犠牲にしなければならないことが多い。ここに政策モデルを作成する計量経済学者の最大の悩みの種がある。

(12) 例えば、次を参照されたい。

Kuh, E. and R. L. Schmensee, *An Introduction to Applied Macroeconomics*, 1973. (邦訳『マクロ経済学入門』浜田文雅訳、マツロウビル好学者、昭和五〇年。

(13) わが国の経済計画のための計量モデルについては、経済審議会計量委員会による『計量委員会報告』(第一次—第六次)を参照されたい。

(14) 例えば、次を参照されたい。

Duesenbery, J. S., G. Fromm, L. R. Klein and E. Kuh, ed., *The Brookings Quarterly Econometric Model of the United States*, 1965, *The Brookings Model: Some Further Result*, 1967.

五 計量経済学的手法の問題点——まとめ

にかえて

前節で述べたように、計量経済学的手法が今日のように普及した背後にあるのは、同時方程式モデルを利用した事前シミュレーション分析の方法にたいする絶大な信頼であるということ

とができる。だが、この方法が科学的意義をもつかどうかは、何よりもまず、同時方程式モデルそのものの客観的妥当性が認められるかどうかにかかってくるといわねばならない。すなわち、事前的シミュレーション分析によって算出される予測値が科学的意義をもつかどうかは、原モデルの妥当性が認められるかどうか、また、それから導かれる誘導型方程式の妥当性が認められるかどうかにかかってくるわけである。

では、原モデルの客観的妥当性はどのように考えられているのであろうか。二節で概観したところを振り返ってみよう。同時方程式モデルの計測結果の適否を吟味する方法は、最尤推定量が標本数を増やすと漸近的に正規分布に従うようになるという性質を利用したパラメータの仮説検定であった。だが、果た、この方法によって、モデルそのものの客観的妥当性は明らかになるのであろうか。

この仮説検定の方法の適用に関しては、問題が二つ存在する。まず第一に、パラメータの仮説検定が可能となるのは、あくまでも大標本の場合のみであるという点である。多くの場合、これには少なくとも三桁以上の個数のデータが必要である。しかしながら、時系列データを利用する計量経済学的研究においては、これだけの条件を確保することは不可能である。したがって、パラメータの仮説検定を行うとしても、それは、大標本の特性を小標本において適用するという、推測統計学上の条件を無視した検定とならざるをえないのである。

そして、第二に、仮に仮説検定の方法が無条件で適用可能になったとしても、その検定の内容は、「係数パラメータ $\parallel 0$ 」という帰無仮説を棄却することによって、「係数パラメータ $\neq 0$ でないとはいえない」という極めて消極的な結論を導き出すに過ぎないという点である。このことは、逆にいえば、検定にパスするパラメータは一義的ではなく無数に定まりうることを意味している。

以上の二点を考えてみるならば、パラメータの推定値が検定にパスしたとしても、そのことによって同時方程式モデルそれ自体の客観的妥当性が明らかになるといっただけでは決してないということがわかる。しかも、通常採用される五%ないし一%程度の有意水準では、この検定にパスすることはそれほど難しいものではない。そのため、實際上これはモデルの適否を吟味する機能も形式的にも果しえないのである。

それゆえ、ホーヴェルモが開発し、コールズ委員会のメンバーによって精緻化された同時方程式モデルの計測方法においても、フリッシュの方法同様、モデルを設定するにあたっての諸仮定が終始無条件で前提されたものとなっているのである。逆にいえば、その妥当性を何ら明らかにしえないにもかかわらず、あたかもそれが実証可能であるかのように扱おうとするところに、同時方程式モデル方式の最大の問題点があるということになる。

だが、そうすると、同時方程式モデルによる単一方程式モデル

同時方程式モデルとその計測方法の展開について

ルの問題点の克服とは、一体、いかなる意味のものとなるのであろうか。両者ともにモデルの妥当性を無条件に前提するといっているのであれば、両者の基本的相違は、単一の方程式の妥当性を前提するかそれとも複数の方程式の妥当性を同時に前提するかの違いであるに過ぎないことになる。したがって、このことに注目すれば、計量経済学者がいうところの、同時方程式モデルによる単一方程式モデルの問題点の克服とは、複数の方程式の妥当性を無条件に前提することによって、計測結果の認定不可能性の問題を形式的に棚上げしたことを意味するに過ぎないということがわかる。けっして、それは、計測結果が経済理論によって導かれた関係式であることが認定可能になったということの意味するものではない。

それゆえ、二節で述べた認定問題の形式的な定式化というのも、同時方程式モデルのこうした特徴と結びつけて考えるならば、たしかにうなずけるところとなる。というのは、どのような変数を取り上げられようと、モデルの妥当性が無条件に前提されるというのであれば、あとに残る問題はパラメータが決定しうるかどうかだけになり、したがって、その条件を明らかにするためには、同時従属変数の個数と先決変数の個数との間の関係を整理しておくだけでよいということになるからである。その意味で、認定問題の今日見られるような定式化は、複数の方程式の妥当性を無条件に前提することによって本来の認定問題を形式的に棚上げしようとするところに同時方程式モデル

ルの方法論的役割があるということを、何よりも雄弁に物語るものとなっているのである。

このように考えてくると、さらに、同時方程式モデルの計測方法がさまざまな展開を余儀なくされてきた理由も明らかとなってくる。すなわち、計量経済学は同時方程式モデルの計測方法としてまず最尤法を導入した。これは、実用的には、情報制限最尤法として落ち着くことになる。最小二乗法から最尤法へのこのような切り換えは、計測結果の認定不可能性という問題に悩まされることを回避するために、連立方程式のモデルの妥当性を無条件に前提することを計測方法の面で徹底させるためであった。

ところが、単にモデルの妥当性を無条件に前提するだけでは、モデル分析の科学性に疑問が生じうるため、計量経済学は、新たに、追加的説明変数の選択基準との整合性を保つための計測方法を開発する。つまり、二段階最小二乗法である。この方法が開発されたのは、最小二乗原理に基づく基準を事実上導入することによって、個々の方程式の妥当性を経験的に示そうとしたためであった。

だが、単一方程式アプローチのみに終始した時期の経験を振り返ってみれば、こうした基準ではモデルの妥当性を示しえないということもまた明らかとなるため、逆に、モデルの妥当性を無条件で前提しておく計測方法の方も捨て去ることができないのである。

計測方法の複数性の問題は、明らかにこうした事情から生まれてきているということができる。したがって、計測方法の選択をめぐる混乱の根本的な原因は、モデル自体の妥当性を明らかにすることができないという計量経済学の方法上の困難そのものにあると見なければならぬのである。

計量経済学において、不一致係数を通じた事後的予測成績の評価によってモデルのパフォーマンスを示す試みが展開されるようになったのは、まさに、このような困難を打開しようとしたからであった。

だが、この不一致係数も所詮は技術的基準に過ぎず、モデルそのものの妥当性を明らかにする手段とはなりえなかった。なぜならば、不一致係数によって一定のデータ期間において計測されたモデルの「優秀さ」の相対的順位を決めることはできたとしても、使用するデータの期間を変えて同一の比較を試みてみれば、別のモデルが優位に立つという事態がしばしば発生し、いずれのモデルが妥当性をもつのかははっきりして明らかにならないからである。

不一致係数のこうした限界は、二節でふれた重相関係数、標準偏差などのもつ限界と基本的には同一のものであるということができよう。このような事例は、管理実験が不可能な経済現象の研究において、一般に、技術的基準のみに依拠することが不可能であることの有力な証拠となっているように思われる。

こうして、同時方程式モデルの客観的妥当性については何ら

明らかにされぬまま、四節でふれたクラインの見地のもとに、事前的シミュレーション分析が実施されるようになってきたのである。したがって、大方の期待にもかわらず、この方法によって算出される予測値の科学的根拠についてはおよそこれを認めることは不可能なのである。

だが、このような指摘をするまでもなく、事前的シミュレーション分析の方法の諸前提に問題があるとすれば、そのことは予測の失敗という形で何よりも明確に示されることになるといわねばならない。たしかに、歴史的に見て、モデル分析の隆盛の割には、モデルの予測成績はかんばしくなかった。

それにもかかわらず、事前的シミュレーション分析の諸前提にたいして疑問が向けられることが少なかつたのは何故であろうか。これは、計量経済学者が予測成績を向上させようとして不断にモデルの更新を行ってきたからであるということができ。ただし、この努力は、先のクラインの見地を採用している関係上、次のような形で行わねばならなかつた。

構造方程式の計測結果から導かれた誘導型方程式を用いて予測を行うといつても、これは、まず、外生変数の将来値にたいする一定の予想をたて、次に、その予想値をもとに同時従属変数の予測値をもとめるという条件付予測である。したがって、この場合、予測成績を向上させるには、次の二つの点と取り組まねばならない。ひとつは、将来値の予想がたびたびはずれるような外生変数をどうするかであり、他は、外生変数の将来値

同時方程式モデルとその計測方法の展開について

の予想が正しく行われたとしても予測成績が良くならないモデルをどうするかである。

まず、前者であるが、外生変数の将来値の予想成績が悪いようであれば、モデルの他の部分がいくらか適切であったとしても、モデルによる予測成績の向上は望みえない。そこで、通常、将来値の予想の難しい外生変数は、予測されるべき変数として内生変数化されることになる。ただし、そうすると、それに対応するだけの新たな外生変数を導入し、構造方程式を一本追加しなければならなくなることに注意しなければならぬ。

ところで、こうして導入された新たな外生変数の将来値の予想がやはり難かしいとすればどうなるだろうか。この場合、再びそれを内生変数化し、さらに新たな外生変数の導入と、構造方程式の追加を行わねばならなくなるであろう。極言すれば、モデルの予測成績を向上させるためには、外生変数の将来値の予想がはずれるたびにこのくり返しを行わねばならなくなるわけである。海外要因を内生化するために作成された『世界経済モデル』は、こうした方法がとられて大型化した典型的な例と見ることができ。

次に、外生変数の予想値に問題がないにもかかわらずモデルの予測成績がかんばしくない場合であるが、これは実に深刻な問題を含んでいる。というのは、この場合、変数の取り上げ方の誤り、関数型の誤り、パラメータの推定上の誤り等々形式的にはさまざまな原因が考えられ、根本的な改善策というものは

見出し難いのである。否、それどころか、モデルの全面見直しを行ったところでおかつ予測成績が悪いようであれば、計測対象としての経済関係式の正当性そのものについて疑問すら生じかねないことになる。

計量経済学は、消費関数、投資関数等の経済理論によって導かれる経済関係式の正当性を基本的に承認するがゆえに、「理論に基づく計測」という目標を設定しうるわけであるから、それらの正当性そのものが承認しえないようであれば、計量経済学的研究の試み一切が不可能となってしまう。

そこで、経済理論によって導かれる経済関係式の正当性をあくまでも承認しようとする限りにおいては、各変数を産業部門別、消費部門別にデイス・アグリゲートし、産業部門別、消費部門別の経済関係式を作成し、モデルを緻密化することによって予測成績の向上を図るといふ方法をとる以外になくなるのである。このような方法をとると、方程式の本数が著しく増加することになることはいうまでもない。『多部門モデル』の開発はまさにこのようなケースにあたるということができるのである。

モデルの予測成績を向上させようとして、計量経済学は、上記のような方法によって方程式の本数を増加させてきている。否、まさに、そうせざるをえなかったのである。なぜならば、予測成績がかんばしくない以上、常にモデルの更新Ⅱ大型化をおし進めていかなない限り、いつ計量経済学的手法の諸前提にた

いして懐疑と批判が向けられるようになるかわからないからである。その意味で、計量モデルの大型化は、モデル分析の精緻化のための操作というよりは、むしろ、計量経済学的モデル分析の諸前提にたいして懐疑と批判が向けられることを回避するための操作という性格を色濃くもったものであるということに注意しなければならぬのである。

だが、こうしたモデルの大型化が極端におし進められるとどうなるだろうか。そうすると、計量モデルにおいては、経済理論的裏づけのないいわゆる統計式の占める比重が極めて高くなり、計量モデルは経済理論によって与えられる本来の理論的フレーム・ワークから大きく離れることになる。したがって、今度は、逆に、「理論を無視した計測」というそしりをまぬがれないことにもなるのである。

「理論に基づく計測」という目標を堅持するために行われたモデルの大型化の操作が、逆に、「理論なき計測」へと到達してしまうというのであれば、計量経済学内部において、「理論なき計測」という見地をストレートに打ち出す潮流が生まれ、くるというのうなずけるところである。したがって、モデルの大型化が進めば進むほど、内部混乱が深まりゆくほかほかではない段階に、計量経済学は到達しているといわねばならないのである。