

# 計量経済学

和 合 肇

## 1. 計量経済学とは？

「計量経済学」という言葉は、文字通りには「経済学における計測」を意味している。しかし経済学はほとんどの領域で計測をとまなうから、これでは広すぎて役にたつ定義とはいえない。たとえば、われわれは国内総生産、雇用、貨幣供給、輸出、輸入、物価指数、などを計測し、これらの指標が表す経済関係を検証する。そこで、計量経済学とは、次のような意味と考えるといい<sup>1)</sup>。

経済理論に実証的な内容をもたせ、それらを立証したり、反証したりするために、経済データの分析に統計的・数学的方法を応用すること。

この点において、数学だけの応用分野であり、導出された理論が必ずしも実証的な内容をもたないでよい数理経済学と、計量経済学とは大きく異なる。

経済データへの統計的方法の応用は長い歴史をもっている。スティグラール<sup>2)</sup>によれば、初めての「実証的」需要関数は17世紀頃に測定された例があるが、最初の近代的な統計的需要研究が行われたのは20世紀になってからである。しかし、経済の実証分析が社会的にも重要視されたのは、経済政策が量的に議論されるようになった第二次世界大戦以後である。きっかけはケインズ経済学に基礎をおいたマクロ計量経済モデル<sup>3)</sup>が現実の経済

政策に重要な影響を与えたからである。しかしながら、計量経済学の発展は、フリッシュ（ノルウェー）、シュンペータ（アメリカ）、ティンバーゲン（オランダ）等を主要メンバーとして1930年に創設されたエコノメトリック・ソサエティ（*Econometric Society*）（計量経済学会）と1933年1月の *Econometrica* 誌の出版開始に依るところが大きい<sup>4)</sup>。

どんな経済データの統計的分析を始めるにしても、その前に適切な経済理論を数学を使って明確に定式化することが必要である。ごく簡単な例をあげよう。需要関数は右下がりであるというだけでは十分でなく、それを数式化しなくてはならない。これにはいくつかの方法があろう。たとえば  $q$  を需要量とし、 $p$  を価格とすれば

$$q = \alpha + \beta p \quad \beta < 0$$

あるいは

$$q = Ap^{\beta} \quad \beta < 0$$

と書くことができる。

後で説明するように、問題は経済理論がめったに関数型についての情報を与えていないことである。ここで統計的手法を使用して、関数型の選択もしなければならない。

## 2. 経済モデルと計量モデル

計量経済学を学ぶものが出会う最初の仕事は、計量モデルを作成することである。ではモデルとは何であろうか。モデルとは、現実

の社会の動きを単純化して記述したものである。たとえば、リンゴの需要量がリンゴの価格に依存するというのは、リンゴの需要を決めるのに価格以外に考えることはたくさんあるので、実際に単純化したものである。消費者の所得、健康意識の高まり、他の果物の価格の上昇・下落など、このような変数を数え上げたらきりが無い。

多くの分野で、モデルは簡潔であることが支持されている。というのは簡潔なモデルは解釈が容易で、理解しやすく、そしてデータを使ってそれを実証的に検討するのが簡単だからである。これがカール・ポッパー<sup>5)</sup> とミルトン・フリードマン<sup>6)</sup> たちの立場である。しかし、簡潔なモデルで複雑な現実の世界を記述することに対して 2 つの批判がなされた。それらは

1. モデルは過度に単純化されている。
2. 仮定は非現実的である。

というものである。

たとえばリンゴの需要の例で、これがただリンゴの価格だけに依存するというのは過度の単純化であり、また非現実的な仮定でもある。行き過ぎた単純化という批判に対しては、簡単なモデルから出発してだんだんと複雑なモデルにして行くのがよいとも反論できる。これがクープマンズ<sup>7)</sup> が示した考えである。逆に、初めに非常に一般的なモデルから出発し、利用できるデータに依存した単純化を徐々に行っていくのがよいとするサーガンとヘンドリーが提唱した方法もある<sup>8)</sup>。

もう 1 つの批判として「非現実的な仮定」がある。フリードマンはこの批判に対し、理論上の仮定というのは決して現実を記述したものではないと反論している。すなわち<sup>9)</sup>

ある理論に対する「仮定」についての疑問は、それが「もっともらしく」記述されているかということではなく、現在の目的に対して十分よい近似になっているかどうかということである。この疑問は、その理論が妥当するかどうか、つまり十分正確な予測を得られるかどうかということを見ないと答えられない。

リンゴの需要の例に戻って、需要がただリンゴの価格だけに依存すると仮定するのは現実をよく表した仮定ではない。しかしながら、他の変数、たとえば所得やミカンの価格をモデルにとり入れることで、モデルがより現実を記述したものになるというわけでもない。このモデルでさえも、ほかのたくさんの変数を除外しているのだから、非現実的な仮定に依存しているといえよう。しかし問題は、リンゴの需要を予測するのにどちらのモデルがより有用かということである。この問題は、現在もっているデータと利用可能なデータによってのみ答えることができる。

実際には、目的に関して適当と思われる変数を全部モデルに含め、残りを攪乱項というものに放り込む。ここから経済モデルと計量モデルの区別が出てくる。

**経済モデル**は、経済（または経済の中の 1 つの部門）の行動を近似的に記述する仮定の集合である。**計量モデル**は、次の項目から成り立っている。

1. 経済モデルから導かれた行動方程式群。これらの方程式はいくつかの観測された変数といくつかの攪乱項から成り立つ。
2. 観測された変数に観測誤差があるかどうか

うかについての叙述。

3. 攪乱項(そして測定誤差)の確率分布に関する定式化。

これらの定式化と共に、その経済モデルが実証的に妥当であるかどうかを検定したり、それを使って予測したり、または政策分析に使用したりすることができる。

もっとも簡単な需要関数を例にとれば、計量モデルは次のような部分からなる。

1. 行動方程式

$$q = \alpha + \beta p + u$$

ここで  $q$  は需要量であり  $p$  は価格である。そして  $p$  と  $q$  は観測された変数であり、 $u$  は攪乱項である。

2.  $u$  の確率分布の定式化として  $E(u|p) = 0$ 、そして各観測値について  $u$  の値は独立に平均ゼロ、分散  $\sigma^2$  の正規分布に従う。

これらの定式化と共に、需要の法則すなわち  $\beta < 0$  という仮説を実証的に検定することになる。そして推定された需要関数を、予測や政策分析に使用することもできる。

### 3. 計量経済モデルの種類

このように、エコノミストが関心を持つ関係は、公式的には数学の言葉で定式化されており、それが計量経済モデルあるいは統計モデルになる。その様なモデルでは、厳密な理論的關係から、たとえば測定誤差、予測できない行動、最適化の誤差あるいは予測できない出来事のために乖離する余地がある。おおざっぱに言えば、計量経済モデルはいくつかの категория に分類することができる。

1. 現在と過去を関係するモデル。  
たとえば、短期利子率はその過去の動きにどのように依存しているのか、を知りたい。この種のモデルは、通常時系列モデルと呼ばれ、通常経済理論が欠けているが、主に将来値を予測し、それにとまなう不確実性あるいはボラティリティを得るのに作られる。
2. ある一定期間にわたる経済変量間の関係に関するモデル。このモデルによって、他の変量との関係からどのように(集計的な)経済変量が、時間を通じて変動するかについての情報が得られる。たとえば、金融当局が短期利子率を調整すると長期利子率に何が起こるか、が分かる。これらのモデルを使うことによって、動いている経済プロセスの内部構造が見えてくる。
3. (たとえば家計とか企業のような)さまざまな単位で、ある時点で観測された異なる変量間の関係を記述するモデル。ほとんどの場合、この種の関係はなぜこれらの単位が異なるか、あるいはなぜ異なる行動をするのかを説明しようとしている。たとえば、家計所得の違いによって家計貯蓄にどの程度の違いが生じるのかを分析することができる。特定の条件の下では、これらのクロス・セクショナルな関係は「仮定上の問題」を分析するのに用いられる。たとえば、もし所得が1%増加するとしたら、特定の家庭あるいは平均家計の貯蓄はどのくらい増加するのか、を明らかにしたい。
4. 長い期間(最小2期間)にわたって異なる単位で計測された、異なる変数間

の関係に関するモデル。これらの関係は、異なる個人間の違い(なぜ A さんは B さんよりも多く貯蓄するのか?)と時間を通じての特定の個人の行動の違い(なぜ A さんは 1990 年よりも 1992 年に多く貯蓄したのか?)を同時に記述するモデルである。この種のモデルは通常、同じ単位についての繰り返し観測値であるパネルデータが必要になる。これは理想的には、モデルの構造が近い将来も変わらないと仮定できるならば、個人レベルでの政策変更の分析に適している。

#### 4. 計量経済学の目的と手法

計量経済学の目的は、次の 3 つである。

1. 計量モデルをつくること、つまり経験的に検証可能な形に経済モデルを定式化すること。通常、経済モデルから計量モデルをつくるには、関数型、変数の確率構造の定式化などの組み合わせによっていくつかの方法がある。この部分を計量作業の**特定化**という。
2. これらのモデルを観測されたデータを使って推定し、検定すること。この部分を計量作業の**推測**という。ここにはデータから決められるダイナミックな関係の推定も含まれる。
3. これらのモデルを予測と政策分析に使うこと。

1950 年代と 60 年代には、推測の部分に多くの関心を集め、特定化の部分はほとんど関心をもたれなかった。当時は、正しく定式化された計量モデルの統計的推測に主たる興味

がもたれていた。1940 年代末にコールズ財団 (Cowles Foundation) がこの分野で画期的な進展をもたらしたが、その統計的分析の結果大きな計算上の問題があることが分かった。したがって、1950 年代と 60 年代には代替的な推定法やコンピュータ・プログラムを開発することに主たる努力が注がれ、定式化の誤りや観測値の誤差はあまり関心をもたれなかった。しかし、安価で高速なコンピュータの出現でこれらすべては一変した。推定問題はもはや解決不能なものではなく、計量経済学はほかの分野に興味を向け始めた。1970 年代以降の計量経済学の方法は、大規模な計量経済モデルや従属変数が (0, 1 のような) 離散的な値をとるモデルや標本選択のような問題を考慮した推定方法を開発することによって現実問題をシミュレートし、大規模標本データセットが利用できるようになったことや計算量の増大に対処可能になったことから、個人、家計あるいは企業の行動を記述するマイクロ経済モデルがだんだん採用されるようになってきた。ごく最近には、フィナンシャル・マーケットの実証分析が、計量経済学における多くの理論的発展を必要とするようになった。現在、エコノメトリックスは経済のすべての分野での実証分析で、ほとんど例外なく重要な役割を果たしている。

計量分析の仕事はこれらの関係を定式化し、数量化することである。すなわち、分析者は通常経済理論に基づいて統計モデルを作成し、それをデータと対比し、必要な目的に達する式を得る。定式化において未知の要素であるパラメータは、利用できるデータのサンプルから推定される。分析者のもう一つの仕事は、得られたモデルが「適切である」かどうか判断することである。すなわち、推定

量（とその性質）を導く仮定が正しいかどうかチェックし、それが役立つモデルであるかどうか調べる。たとえば、政策変更を予測したり分析するのに使うことができるのであろうか？ 経済理論は、いくつかの制約を推定するモデルに適用することを意味する。たとえば、効率的市場仮説(の一つのバージョン)は、株式市場の収益はその過去からは予測できないというものである。分析者の主要な目的は、その様な仮説をモデルのパラメータによって定式化し、その有効性を検定することになる。

いままで述べた計量分析の様々な段階を系統的に描いてみると、図1のように表すことができる。生産関数を推定する場合を例に考えてみよう。あるものを生産( $Q$ )するのに、生産要素として資本( $K$ )と労働( $L$ )が必要である。この関係は、たとえば次のようなコブ-ダグラス型生産関数として表される(①:  $Y=f(K, L)\Rightarrow Y=Ak^{\alpha}L^{\beta}$ )。これを実証するために計量モデル(②)として表す。たとえば両辺の対数をとって線形関数として表す(②:  $\log Y=A+\alpha\log K+\beta\log L+\epsilon$ )。ここで  $Q, K, L$  に適当なデータを考え(③)、パラメータ ( $\alpha, \beta, A$ ) を、たとえば最小2乗法で推定する(⑤)。そして生産要素に関して1次同次が成り立っているかどうか検定する( $H_0: \alpha+\beta=1$ )(⑥)。ここで④の「事前情報」のボックスは説明があるかもしれない。これはモデルの未知パラメータについて、われわれが知りうるすべての情報ということである。この情報は経済理論、または既存の実証分析から得られる。

しかし、図1の方法についてはかなりの問題がある。こういった問題点は早い時期から指摘されていたが、図1に見られるような一

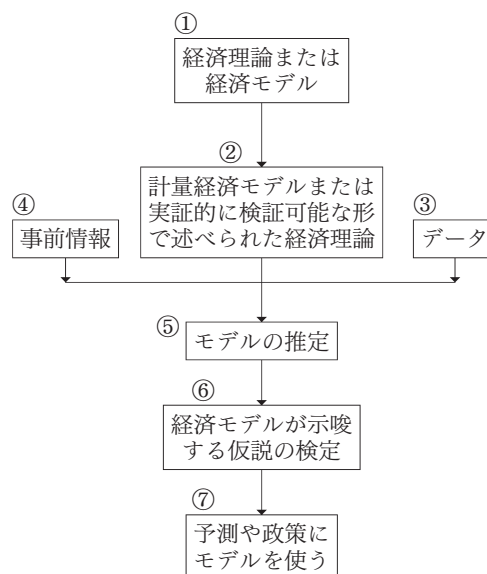


図1 経済モデルの計量経済分析における各段階の図解

方通行的に物事を進めるやり方に対する批判が聞かれ始めたのは、主として1970年代になってからである。ここでは、これらの中から3点について述べることにする。

1. 図1では経済理論の計量経済学的検証から経済理論をつくって行く方へ(図の⑥から①へ)のフィードバックがない。計量分析を行う人は与えられた理論をもってきて、それを使って検定をし、その検定結果から何も学ばないというのではない。したがって、⑥から①への矢印が必要になってくる。
2. 同様のことがデータを作成する機関についてもいえる。集められるどんなデータでも集め、与えられたどんなデータでも使うというものではない。図の②と⑤から③へのフィードバックは当然あってもよい。
3. ⑥に関しては、仮説検定というものは

オリジナルな経済モデルが示唆する仮説に関するもののみである。このことは②で採用される定式化が正しいという仮定に依存する。しかしながら、オリジナルな定式化が妥当であるかどうか検討する必要もある。したがって、定式化の検定と診断の部分が新たに必要になってくる。そして、これから②へのフィードバックも出てくる。すなわち、定式化の検定ということは、モデルを新たに定式化することになる。

そこで、この図をいくつかの点で書き直す必要がある。このような図による説明は、ただ概要を示しただけのものであるから、適宜解釈しなおす必要があるが、重要なのはつぎのフィードバックである。

1. 計量分析の結果から経済理論へ
2. 定式化の検定と診断から改訂された経済モデルの定式化へ
3. 計量モデルからデータへ

これまでの議論では経済理論はあたかも 1 つしかないとしていたが、実際はいくつも競合するような理論がある場合が多い。計量経済学の 1 つの目的は、この競合する理論の中からの選択を容易にすることである。これがモデル選択の問題である。

## 5. 何が経済理論の検証となりうるか？

前に、計量経済学の 1 つの目的は経済理論を検証することであると述べた。ここで生ずる疑問は、何を検証するのかということである。1 つの経済理論を検証して成功した証拠として、計量モデルの推定された係数の符号

が正しいことがよく挙げられる。

経済理論のもっと妥当な検証というのは、それが以前に提唱された理論よりもよく予測できるかということである。したがって、研究者は与えられたモデルを以前のモデルと比較する必要がある。こうやっているいろいろなモデルを比較するアプローチは、近年より多くの注目をあつめることになった。そこで、モデルの比較とモデル選択についての問題点を研究することが重要になる。

## 6. 計量経済学の概要

計量経済学は、消費、生産や労働などの経済理論に基づいてモデルをどのように作り、利用可能なデータを用いてどのように推定し、その結果の妥当性をどのように検討し、最終的に意味のある式を得る方法を考えるのが目的である応用計量経済分析と、データに適したモデルの定式化とそれにとまなう統計的な推定・検定問題を扱う計量経済学の方法に分類できる。講義では、あまり厳密な式の展開や統計理論的な定理の証明は避け、実際のデータを用いてコンピュータを利用して、実証的に現象を捉え、予測することができるようにするのが目的である。

統計学の知識を基礎として、まず基本的な分析道具である線形回帰モデルによる分析について復習する。説明変数が 1 つだけの単純な回帰モデルについて、よく用いられる推定法である最小 2 乗法に関するいろいろな問題や結果の見方を解説する。次に、一般的な重回帰モデルに関して、統計量と線形制約の推定、線形仮説の検定の方法、そして多重共線性、はずれ値、構造変化などの問題を議論する。もう 1 つの優れた推定法である最尤推定

法については、その考え方やこの方法を用いたいくつかの検定方法についても講義する。

攪乱項に関する仮定が満たされない2つのケース：分散不均一性と系列相関について、その検出法や対処法を中心として述べる。さらに分布ラグモデル、ダミー変数の使い方についても議論する。そしてこれらのモデルの意味を実際のデータを使った実証分析で理解する。

応用の部分では、最近の労働経済分析、金融経済分析、経済予測などで多く使われているいくつかの手法を用いた実証分析を中心に、その方法と使い方を実習を行いながら講義する。主なトピックスとしては、質的従属変数を中心としたモデル、時系列分析、単位根と共和分、VAR モデルの分析、パネルデータ分析などである。

### 【計量経済学参考書】

- ・ G. S. マグラ『計量経済分析の方法』和合肇訳著、CAP 出版、1996 年。
- ・ J. ジョンストン『計量経済学の方法』全訂版、上下、東洋経済新報社、1980 年。
- ・ 浅野哲・中村二郎『計量経済学』東洋経済新報社、2000 年。
- ・ 森棟公夫『計量経済学』東洋経済新報社、1999 年。
- ・ 松浦克己、コリン・マッケンジー『EViews による計量経済分析』東洋経済新報社、2001 年。
- ・ 和合肇・伴金美『TSP による経済データの分析（第2版）』東京大学出版会、1995 年。
- ・ 牧厚志『応用計量経済学入門』日本評論社、2001 年。
- ・ 牧、宮内、浪花、縄田『応用計量経済学II』多賀出版、1997 年。
- ・ 伴金美、中村二郎、跡田直澄『エコノメトリックス』有斐閣、1988 年。
- ・ 山本拓『計量経済学』新世社、1995 年。

## 7. もっと進んだ計量経済分析：大学院に向けて

これまでに説明した計量経済学の基礎部分だけでは、最近急速に発達している経済モデルの実証分析には十分ではない。推定・検定に関しても、も最尤法、GMM 法、セミ・パラメトリックス推定、ベイズ推定などの最近の発展をレビューする必要がある。金融時系列を中心として、各種の時系列分析手法やダイナミック・パネル分析が開発されている。また、ミクロ経済分析に基づく個人や企業の経済行動をモデル化する試みも増えており、これらを実証的に確認することが可能なデータも利用できる環境が整備されつつある。大規模な計算や複雑なシミュレーションも、高速になった PC を利用することにより可能になっている。そこで、このような最近進展している計量経済学の理論を検討し、マクロ・ミクロ・労働・金融などの応用計量経済分析に使われるモデルなど、最近のトピックスを中心に考えるために、いくつかのコースが準備されている。

テーマとして線形、非線型のモデルの推定と検定、制約の考え方を実際のモデルを中心に取り上げる。時系列データを使用した分析で問題になる系列相関、単位根と共和分、それにダイナミック回帰分析と個票データを用いた質的変数モデルについても考える。また時系列モデル（状態空間モデルを含む）や、調査データやパネルデータを用いたモデル化に伴う統計的な問題についてが中心の話題である。

さらに多くの計量分析で利用が増えつつあるベイズ分析もとりあげる。ベイズ分析では、モデルのパラメータについて推測、予測する

のにかなり高次元の確率分布を積分する必要がある。最近注目を浴びているマルコフ連鎖モンテカルロ法 (MCMC) は、より多くの潜在変数を含んだ柔軟なモデリングを可能にし、特に近年ファイナンスや経済学への応用をはじめ、多くの分野で新しいモデル化に関して多く研究されている。MCMC を用いたベイズ統計学は、計算手法の進歩や計算スピードの向上によってこれまで推定できなかったモデルが複雑で実証分析が困難であった分野に応用されて、大きな成果を挙げている。そこで、ベイズ分析の基礎的な考え方について講義し、マルコフ連鎖モンテカルロ法 (MCMC) と呼ばれる一連の方法とその応用を考える。

### 【より進んだ大学院向け教科書

#### および参考書】

- Green, W., (1999) *Econometric Analysis*, 4th ed., Prentice Hall.
- Hayashi, F., *Econometrics*, 2000, MIT Press.
- Amemiya, T., (1985) *Advanced Econometrics*, Harvard University Press.
- Durin J. and S, Koopman, (2001) *Time Series Analysis by State Space Methods*, Oxford University Press.
- Harvey, A. C., (1993) *Time Series Analysis, 2nd ed.*, Harvester Wheatsheaf.
- Mittelhammer, R. C., G. G. Judge, and D. J. Miller, (2000) *Econometric Foundation*, Cambridge University Press.
- その他質的変数モデルと時系列分析に関するテキストと論文集
- 関連論文多数 (講義中に指示)

### 注

- 1) 計量経済学の考え方には、経済統計データに応用する場合の統計理論上の問題を主として扱う計量経済理論、経済学の理論の実証や予測に用いる場合の問題を主として扱う応用計量経済分析などいろいろあるが、ここでは計量経済学者の間である程度合意されている考え方をとった。以下の記述は、この考え方を要領よくまとめてあるマダラの「計量経済分析の方法」を参照した。
- 2) G. J. Stigler, (1954) "The Early History of Empirical Studies of Consumer Behavior," *The Journal of Political Economy* [G. J. Stigler, *Essays in the History of Economics*. Chicago : University of Chicago Press, 1965 に再録]。
- 3) 最初に作られた計量経済モデルとしてクライン・モデル (*Klein Model*) が有名である。Klein, L., (1950) *Economic Fluctuations in the United States 1921-1941*, New York : John Wiley & Sons.
- 4) *Econometrica* の創刊号で、「*Econometric Society* (国際計量経済学会) は統計学と数学を使いながら、経済理論の発展を目的とする国際学会である。経済的な諸問題を解決するために経済理論一質的および実証的一数量的なアプローチを統合し、構造的かつ厳密な思考に基づいて研究を進めることがエコノメトリックスの主な目的である。そして、このような方法は自然科学で支配的な方法でもある、」と述べられている。数量的な方法には様々あるが、エコノメトリックスは経済統計とも異なり、経済理論とも違う。また、経済学への数学の応用と考えるべきではなく、統計学、経済理論、そして数学の3つのそれぞれの観点が必要になるが、それだけでは十分ではない。そしてこの3つの方法を統合すると強力になり、それがエコノメトリックス (計量経済学) である。
- 5) K. F. Popper, *The Logic of Scientific Discovery*, London : Hutchinson, 1959, p. 142.
- 6) M. Friedman, "The Methodology of Positive Economics," in *Essays in Positive Economics*, Chicago : University of Chicago Press, 1953, p.

14. に関する定式化。
- 7) T. C. Koopmans, *Three Essays on the State of Economics Science*, New York : McGraw-Hill, 1957, pp. 142-143.
- 8) この方法はもともとは J. D. サーガンによるものであるが D. F. ヘンドリーにより有名になり拡張された。代表的な論文は, D. F. Hendry, “Predictive Failure and Econometric Modelling in Macroeconomics : The Transactions Demand for Money,” in Paul Ormerod (ed.), *Economic Modelling*, London : Heinemann, 1979, Ch. 9, pp. 217-242 ;そして前に掲げた Mizon, “Model Selection Procedures” を参照。
- 9) Friedman, “Methodology”, pp. 14-15 参照。  
(名古屋大学経済学研究科)