

計量経済学の基礎

— 統計的手法の理論とプログラミング —

戸田 裕之

山田 宏

はじめに

本書のねらいと前提とする知識

計量経済学 (econometrics) とは、経済学と統計学の境界領域を指す言葉であり、経済学的仮説の検証や政策効果の分析に統計学の手法を用いようとするものである。したがって、それは本来的に数学的な学問であると言える。しかし、いわゆる入門書に分類される書物では、計量経済学の理論を解説するにあたって数学の利用を極力抑えようとするのが普通である。もちろん、数学的なバックグラウンドを持たない広い層の読者に計量経済学に興味を持ってもらい、ある程度その姿を知ってもらうためには、そのような入門書の果たす役割は大きい。しかしながら、入門書を読み終えた後に少し先に進もうと思えば、読者は、相当程度の数学的知識を身に付けるという課題に否応なしに直面することになる。

本書は、そのような現実を踏まえ、計量経済学の上級テキストへの橋渡しを主要な目的として書かれている。また、計量経済学の理論だけではなく、プログラミングの技術を習得することも、本書における大きな目標の1つである。プログラミングのスキルは、実際の経済データの計量分析や統計的手法の開発・評価のための強力な武器となる。本書が想定する主な読者層は、学部レベルの統計学を学び終えた経済学部上級学生あるいは経済学系大学院初年度生である。もちろん、計量経済学に興味を持つ他分野の学生や社会人にとっても本書は有用であろう。本書で前提とされている知識とスキルは、次の通りである。

- (経済学系の) 学部レベルの統計学

- 1 変数関数の微分および積分
- パーソナル・コンピュータの操作経験

1 番目の内容については、3 章の序論 (☞ 127 ページ) も参照されたい。次項で詳しく述べるように、線形代数 (ベクトル・行列) の知識やプログラミングの経験は前提とせず、それらについては本書で初歩から解説される。また、この本を読み進むためには、計量経済学の入門書を読んでいることは必ずしも必要ではない。

本書の構成と特徴

本書の内容は、大きく 3 つに分けることができる。2 章および 3 章の主題は、計量経済学の土台となる線形代数や統計学の知識を獲得することである。1 章および 4 章では、計量経済分析のために有用な“行列プログラミング言語”の利用法を解説する。以上の準備のもとに、5 章と 6 章において、計量経済学で最も重要な統計的手法である回帰分析について論じる。

以下では、これら 3 つの内容についてももう少し詳しく説明する。また、全章を通じて随所に挿入されている問題と実習についても触れる。

▶ 線形代数と統計学

おそらく経済学 (および関連分野) を学ぶ多くの人々にとって、計量経済学を本格的に習得しようとする際の鍵となるのは、線形代数の理解であろう。経済学における興味の対象は、たいていの場合、複数の経済変数間の関係である。したがって、計量経済学を理解するためには、線形代数 (ベクトル・行列) の知識は不可欠である。本書 2 章では、計量経済学理論の理解ために必要な線形代数の知識をまったくの初歩から自己充足的な形で解説している。この章を学ぶ段階では、そのような準備が計量経済学の理解のために本当に役立つのか半信半疑の読者もいるかもしれない。その場合には、5-6 章のページをめくってみるとよい。2 章の節・項番号、問題番号、ページ番号などが頻繁に参照されていることに容易に気づくであろう。

3 章においては、統計学に関する準備を行う。統計学的な考え方や理論自体については、この章で説明される内容は、学部レベルの標準的な統計学で学ん

だ知識に多くを上積みするものではない。むしろ、ここでの主題は、2章で得た線形代数の知識を利用して、学部統計学で学んだ内容を多次元(多変量)の世界に一般化することである。多次元での議論に馴染み、多次元の理論的な結果を自由に扱えるようになることは、計量経済学を学ぶ上で非常に重要である。

▶ プログラミング

理論を学んだ後に、計量経済学の手法を使って実際に経済データを分析しようとする際には、コンピュータ・ソフトウェアを利用することになる。計量経済学の実践においてよく使われる多くのユーザ・フレンドリなソフトウェアは、プログラミングの知識がなくても利用できる。しかし、自分が実行しようと思っている分析手法が、既製のソフトウェアによって実行可能とは限らない。仮に実行できたとしても、極めて不便なやり方を強いられることになるかもしれない。ユーザ・フレンドリなソフトウェアは、当初から想定されていること以外の作業を行うための柔軟性を欠くことが多いからである。

したがって、そのような場面では、プログラミングの知識を身に付けていること、プログラミング可能な(コンピュータ言語的な)ソフトウェアの利用法を知っていることは、分析者の目的の達成度を大きく向上させることになる。あるいは、プログラミングの知識があれば、データの分析に先立って、利用可能な複数の統計手法の得失をシミュレーション実験等によって評価するようなことも(現在のパーソナル・コンピュータの能力をもってすれば)簡単にできる。本書の1章と4章では、“行列プログラミング言語”によるプログラミングの基礎を提供する。また、これらの章は、他章において数学的理論の理解を助けるべく挿入されているコンピュータ実習を行うための準備としての役割も果たす。

▶ 回帰分析の理論

統計学の手法は、ほとんどあらゆる学問分野で利用されている。しかし、たくさんの統計的手法のうちどのような手法が主に利用されているかは、対象となるデータや分析目的によって、したがって各学問分野によって(ときには大きく)異なる。経済学分野において最もよく利用される統計的手法が、5章と6章で解説される回帰分析である。

もちろん、計量経済学と総称される領域には、回帰分析以外にも様々な統計的手法が含まれている。しかし、回帰分析とその周辺領域に関する知識は、それ以外の他の多くの手法を学ぶ際にも有用である。また、最後の2つの章の議論は、2-3章で学ぶ数学・統計学の知識や、1章と4章で習得するプログラミング技法が、計量経済学において実際にどのように利用されるかを示す具体例とみなすこともできる。以上の意味で、5-6章の目標は単に回帰分析の解説をすることではなく、計量経済学において最も重要な統計的手法を題材として、他にも応用可能な知識や考え方を身に付けてもらうことである。

▶ 実習と問題

本書では、理論的な解説を補助する手段としてもコンピュータを利用する。数値計算や2D/3Dグラフィックスによって読者の理解を助けるために、全章を通じて随所にコンピュータ実習が配置されている。すべての実習に対して実行例もしくはプログラム例が提供されているので、単にそれらを実行してみるだけでも、本書で展開される数学的な理論に関する理解を深めることができる。時間的に余裕のある読者、あるいはプログラミングに特に興味のある読者は、実習の課題を達成するために自分でプログラムを書き、サンプル・プログラムを解説することによって、1章と4章で習得するプログラミングのスキルを実用的な(現実の計量経済分析に即座に利用できる)レベルにまで引き上げることができるだろう。

実習に加えて、本書には非常に多くの(「紙と鉛筆」で解く)問題も挿入されている。これらすべての問題には、解答例が付けられている。問題形式をとってはいるが、これらの問題を読者がすべて自力で解くことが要求されているわけではない。本文の解説の延長と見なして読み進んでもらっても構わない。もちろん、解答例を見る前に自分で考えてみるようにすれば、より理解を深められる。

本書の代替的な読み方

本書は比較的大部であるため、すべての章を均等に読む余裕のない読者もいるだろう。また、本書で前提としている以上の予備知識を持つ読者は、本書の

すべての章を読む必要はない。あるいは、前項において大きく3つに分類した本書の内容のうち、特定のトピックにのみ関心を持つ読者もいるかもしれない。以下に、いくつかの代替的な読み方を示しておこう。これらは考えられる読み方をすべて網羅したものではないが、読者の参考になれば幸いである。

- 既に線形代数の知識を持っている読者は、2章を省略することができる。ただし、プログラミングに興味がある場合は、実習には目を通しておく必要がある。2章序論 (47 ページ) も参照されたい。
- 計量経済学の理論にのみ関心がある (あるいは、プログラミング法の習得まで含めて本書を読む時間のない) 読者は、1章と4章を省略することも可能である。ただし、上述のように、随所に挿入されている実習のサンプル・プログラム等を実行してみることは、本書で解説されている数学的理論を理解する大きな助けになるはずである。サンプル・プログラム等を実行するためには、1章の知識がある程度必要になる。
- 主に“行列プログラミング言語”によるプログラミングに興味のある読者は、1章と4章を中心に読むことができる。5–6章の実習において提供されるサンプル・プログラムを解読してみることも、プログラミング・スキルの向上のために大いに役立つだろう (5章のサンプル・プログラムには、詳細な解説 PDF ファイルも付属している)。ただし、4章の解説の一部や5–6章のサンプル・プログラムを完全に理解するためには、2–3章 (線形代数と統計学) の知識も必要である。
- 上級の包括的な計量経済学テキストには、回帰分析の解説が必ず含まれているはずである。したがって、先を急ぐ読者は、1–4章の読了後、適当な上級教科書へ進むこともできる。ただし、上級教科書における回帰分析の解説は、通常本書のそれほど詳しくはない。(他方、本書で扱うよりも広い意味での回帰モデルに関する議論が含まれる。)

ソフトウェア

▶ インストール

本書において使われるすべてのソフトウェアは、本書付属の CD-ROM に収録されている。それらは、Windows OS と Mac OS X 向けに用意されている (OS の対応バージョンについては下記を参照されたい)。GNU/Linux 等の他の OS でのソフトウェア導入に関する情報も、できれば以下で言及するサポート web で提供したいと考えている。本書で利用するのは、数値計算のための GNU Octave、そのグラフィックス出力を担当する gnuplot、およびそれらの動作に必要な各種ソフトウェアである、これらソフトウェアについての説明や関連する情報は、付属 CD-ROM の PDF 書類 `readme.pdf` に与えられている。(`readme.pdf` には、CD-ROM の内容・構成についての説明も含まれるので、まず最初に一読されたい。)

本書では、必要なソフトウェアが読者のコンピュータに既にインストールされているものとして話を始める。本書を読み始める前に、付属 CD-ROM 収録のインストール解説 `install-win.pdf` (Windows OS の場合) ないし `install-mac.pdf` (Mac OS X の場合) に従って、必要なソフトウェアをインストールしておいてもらいたい。

▶ 対応 OS とバージョン

付属 CD-ROM に収録されているソフトウェアが対応する OS およびそのバージョンは次の通りである。

- Windows 2000, XP
- Mac OS X 10.4.x (PPC, Intel)

また、本書で利用するソフトウェア群をインストールするためには、300–400MB 程度のハード・ディスク空き容量が必要である (正確な容量は、OS やファイル・システムに依存する)。

本書刊行後にリリースされる Windows OS ないし Mac OS X の新バージョンに対するサポートは、WWW で提供する予定である。上記のバージョン以

降の OS を利用している読者は、対応状況を必ず確認されたい。本書のサポート web は、東京大学出版会のサイト <http://www.utp.or.jp/> からリンクされている (リンクを見つけるには、同サイトのサイト内検索機能を利用すると便利かもしれない)。あるいは、本書の書名や利用されるソフトウェア名等をキーワードとして適当な検索エンジンで検索すれば、サポート web を直接見つけることもできるだろう。

本書サポート web では、上記 OS の新バージョンへの対応状況やその他の OS での実習環境の構築についての情報以外にも、CD-ROM 収録ソフトウェアのインストールや利用等に関する追加的な情報をできる限り提供するつもりである。また、本書に含まれるいくつかの実習の実行例や、(必要な場合には) 本書の記述に対する補足および誤植の修正等も掲載したいと考えている。

▶ フリー・ソフトウェア

ここで、本書で利用法を解説し、実習で使用する GNU Octave 等のソフトウェアについて少し補足しておこう。付属 CD-ROM に収録されているこれらのソフトウェアは、すべてフリー・ソフトウェア (オープン・ソース・ソフトウェア) である。ここでの“フリー”とは、無料という意味ではなく、利用者が自由に利用・変更・再配布できる“自由”という意味である。(ただし、通常フリー・ソフトウェアは無料でもある。)

計量経済学においても他の分野においても、学術用の専門ソフトウェアは一般に非常に高価であるため、(研究費を持っている) 研究者以外の人々が自分のマシンにそれらをインストールして使用することは困難である。ソフトウェアの利用法を学び始める段階では、そのソフトウェアに頻繁に“触れる”ことが望ましいが、このことはその妨げになる。また、大学のコンピュータ教室等で学術用ソフトウェアの利用法を学んでも、大学卒業後には習得したスキルの大部分は役に立たなくなる可能性が高い。他方、表計算ソフトウェアのような学術用途以外の (一般ユーザを対象とした) ソフトウェアは、学術用ソフトウェアに比べればはるかに安価ではあるものの、それらを使ってできることは限られている。

以上のような問題は、フリー・ソフトウェアを利用することで解決できる。本書で解説するような数学・統計学の分野で利用可能なフリー・ソフトウェア

はいくつも存在する。それらは、(インターネットという“場”を利用して)世界中のプログラマ達が協力して開発しており、その多くは、機能的にも高価な商用ソフトウェアに引けを取らない。

上述のように、本書では数値計算のために GNU Octave というフリー・ソフトウェアを利用する。これは、Matlab という商用ソフトウェアと高い互換性を持っている。Matlab は、全学問分野で見ただけの場合、おそらく数値計算用で最も広く使われているソフトウェアの一つであろう。また、計量経済学分野に限って言えば、一番よく利用されている同種のソフトウェアは、Gauss という商用ソフトウェアであると思われる。GNU Octave は、Gauss とも文法的によく似ている。したがって、本書において学ぶ“行列プログラミング”の知識は、大学のコンピュータ教室等で Matlab や Gauss (および他の類似ソフトウェア) を利用する上でも役立つであろう。

謝辞

本書の草稿に対して、様々な時点で多くの方々から有益なコメントをいただいた。ここにお名前を挙げて、感謝の意を表したい。一ノ瀬晃氏、生方雅人氏、大森裕浩氏、大屋幸輔氏、菅原慎矢氏、鈴木敦命氏、鈴木久美氏、高橋慎氏、高橋陽介氏、田畑典秀氏、滑川推氏、人見光太郎氏、日引聡氏、前川功一氏、真野裕吉氏、南慎太郎氏、米田泰隆氏。とりわけ、一ノ瀬晃氏、菅原慎矢氏、鈴木敦命氏および高橋慎氏には、ある時点における草稿の大部分を詳細に読んでいただき、多くの誤りの指摘や改善の示唆をいただいた。

本書の出版にあたっては、東京大学出版会の池田知弘氏と黒田拓也氏に大変お世話になった。度重なる執筆の遅れでご迷惑をおかけしたにも関わらず、常に温かい励ましをいただいた。この場を借りて、両氏にお礼申し上げる。