

実証分析とは

私たちの日々の生活は、選択と行動の連続で埋め尽くされています。朝何時に起きるのか、何時何分に家を出て、どのようなルートで学校や職場まで行くのか、午前中に何をどのようにして、お昼はどこで何を食べるのか、午後にな何をするかを決めて、何時までに家に帰ってくるのか等々、皆さんが気づこうと気づくまいと、すべての行動は選択の結果になっていると言えます。

「選択」とは複数の可能な選択肢の中から1つを選ぶことですが、その選択の結果、何が起きるのかを予想することなしに日々の行動を選んでいる人はおそらくいないのではないのでしょうか。たとえば、学校や職場に行く方法はたくさんありますが、その中から一番良いルートや方法は、所要時間が一番短いものだったり、交通費が最も安いものだったりします。そして、1つのルートを選択する際には、かかる時間や費用を予想したうえで選んでいるはずですが、また、レストランで何を食べるのかを選ぶ際にも、それを食べるとどのような味がするのかを想像してメニューを選んでいるのではないかと思います。

そのような選択の例として、受験する大学の決定について考えてみましょう。皆さんが大学を受験する際に、その大学に行けばその後どのような人生が待っているのか想像しなかった人は、多分いないのではないのでしょうか。進学を希望する大学を受験して、入学できたらどんな大学生活が待っていて、さらに卒業後にはどんな出会いや人生が待っているのだろうかということに、誰でも一度は思いを馳せたことがあるのではないかと思います。そして自分の理想にできるだけ近い人生を送ることができそうな大学を選び、受験して、うまくいけば進学したのではないかと思います。

もちろん、受験した大学に進むことができたとして、その後どのような人生を送るのかを「完全に」知ることができるのは、皆さんがすべての人生を終えてこの世を去るその瞬間を待つほかにはないのですが、受験する大学を選んでいるときに、それを待っていられるはずがありません。そこで、皆さんは過去にその大学を卒業した先輩たちがその大学で何を学び、どのような人生を歩ん

だのかを見ることで、自分の未来を予想することになります。たとえば、将来、会社の社長になりたいと思っている人は、過去に社長になった人が卒業生の中に傾向として多い大学を選ぶかもしれませんし、政治家になりたいと思う人は、出身者に政治家の多い大学を選ぶかもしれません。

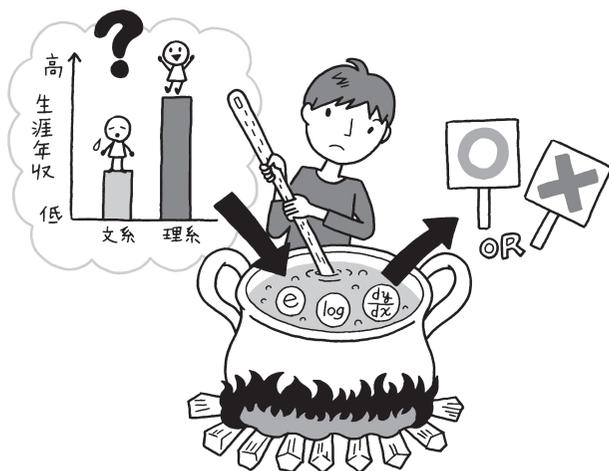
これらの例のように、過去に実際に起きたことから未来の予想を行うためには、まず過去に起こったことの傾向をしっかりと押さえることが大切です。さまざまな大学の過去の卒業生についての情報やデータを調べることができれば、どこの大学がどのような傾向を持っているのかを知ることができるはずです。そこから、どこの大学出身者はどのような職業や人生を送っている人が多いのか、その傾向を知ることができるようになるでしょう。

このようにデータから傾向を探ることは一般に「実証分析」とよばれます。「実」実際のデータを使って、論や説を「証」明する「分析」という意味です。たとえば、「A 大学出身者には社長が多い」という説を、実際にその大学の卒業生は他大学に比べて社長になった人が多いかを調べることで証明しようというわけです。こうした分析があつてはじめて、まだ起きていないことについて予想することができ、きちんとした予想ができて初めて良い選択ができるようになります。「実証分析なくして良い選択はなし」といっても過言ではありません。

■ 計量経済学は役に立つ ■

実証分析の主な目的は、“ある説”が傾向的に正しいかどうかを調べることです。たとえば、「理系学部出身者は文系学部出身者より生涯年収が高い」「研究開発投資が活発な企業の株価は高い」「経済格差の大きな国では犯罪が多い」といった“説”が正しいかどうかを調べるという具合です。そしてこのような説を実証するうえでとても役に立つのが、本書で学ぶ「計量経済学」というツールです。

計量経済学は数的な情報としてのデータを統計的な手法を使って調べる実証分析方法の1つです。自分が調べたいと思う「説」と、それを調べるための「データ」を準備して、計量経済学という鍋の中に入れてかき混ぜると、その説が正しいかどうかを統計的に判断して「答え」を出してくれる、いわば便利な調理器具のようなものです。



本書のねらいと特徴

本書のねらいは、この計量経済学という便利な「鍋」の中を覗いてみることを主な目的としています。そして単に鍋の中を覗くだけではなく、鍋の中で何が起きているのかをきちんと理解し、さらには鍋のかき混ぜ方までも身につけてしまおうということを目的としています。鍋の中で何が起きているのかわからなければ、鍋から出てきた答えは魔術によるお告げにすぎません。鍋の仕組みをきちんと理解してはじめて、その答えを「科学的な証明」とよぶことができるようになります。その意味で、この仕組みを理解するのはとても大切なことです。

計量経済学というツールは統計的な手法の応用ですので、確率や統計の基本的な考え方を知っておくことは、計量経済学を使ううえでとても役に立ちます。本書では確率や統計の初学者でもわかるように、できるだけ丁寧にゼロからの説明を心がけています。とくに計量経済学を使って実証分析ができるようになることを目的としていますので、そのために必要最小限の内容をカバーするようにしています。また、中学校までに習う算数・数学の内容を超える部分については **Column** で丁寧に説明をしていますので、**Column** を活用すればまったくの初学者でも計量経済学の第一歩を踏み出すことができるようになっていま

す。

本書は計量経済学を使って実際のデータを分析できるようになることも目的としていますが、実際にデータを使った分析例や練習問題も用意しています。本書のウェブサポートページ、

「有斐閣ストゥディア ウェブサポートページ」内の「計量経済学の第一歩」

http://www.yuhikaku.co.jp/static/studia_ws/index.html

(「有斐閣ストゥディア ウェブサポート」で検索)

では、本文中の例題や練習問題で使うデータと、練習問題の解答をダウンロードすることができます。とくに、例題や練習問題のプログラム例として、統計ソフトウェア「Stata (ステータ)」のプログラムも用意しています。Stata は計量経済学の大変便利なソフトウェアなのですが、これ以外にも誰でも無料で手に入れることができる「gretl (グレートル)」や「R (アール)」による分析の案内も用意しています。料理の腕を上達させる最良の方法が実際に調理してみることであるのと同じように、実証分析手法を身につける最善の方法は、自分で手を動かして分析してみることです。ぜひチャレンジしてみてください。練習問題に取り組むことによって本書の内容の理解がより深くなることは間違いありません。

さらに、本書のウェブサポートページでは本書ではカバーしきれなかった補足説明、分析に用いる統計ソフトの簡単なチュートリアルおよび参考文献も紹介しています。また、実証分析に役立つデータの入手先についても記載していく予定ですので、皆さん自身の実証力を高めるためにも、このウェブサポートページをぜひ活用してください。

本書のもう1つの特徴として、巻末の索引では用語の英語もあわせて収録した点があります。これから計量経済学を学んでいくうえで、おそらく皆さんがいままで聞いたことのない言葉が数多く登場します。これらの言葉の多くは、もともと英語の用語ですので、これらの用語が英語では何とよばれているのかを索引で紹介しています。本書では、統計ソフトウェア Stata を使った分析例を紹介しますが、分析結果の表は英語で表示されます。Stata の結果の読み方は **Column** で詳しく紹介しますが、索引から英語の意味を調べれば、簡単に分

析結果を自分で読むこともできますので、ぜひ活用してください。

■ 本書の構成

本書は3部・11章構成になっています。まず第1章で、なぜ計量経済学が必要なのかを見たとうえで、第1部では、計量経済学で使う基本的な確率と統計のおさらいをします。次に第2部では、計量経済学の中心的ツールである回帰分析について見ていきます。基本的な統計学の授業を履修したことのある方は、第1章の後に第2部から読んで、必要ときに第1部を参照するというので十分です。

最後の第3部では、操作変数法をはじめとする政策評価のための発展的方法をいくつか紹介します。そこではとくに労働や教育政策に関連した事例を取り上げつつ、因果推論の方法およびそれらの応用例を紹介します。第3部の各章はそれぞれ独立しているので、興味のある章からつまみ読みするというのもよいでしょう。

■ 本書の対象

本書は計量経済学や統計学の知識を前提とはしていませんので、統計学をいままですんだことのない方々にも手に取っていただける内容になっています。また、本書は主に経済学系の学部初級者を対象にしていますが、公共政策系の大学院における統計学および実証分析の入門にも使える内容になっています。さらに、実務において費用効果分析の活用を考えている方々や、政策効果の評価方法がどの程度信頼のおけるものなのかの判断を必要としている方々にも、本書を手に取ってもらえると幸いです。学部・大学院の学生、政策形成に携わっている実務家の方々を問わず、本書を手に取ることによって政策効果の実証分析に興味を持ち、その重要性の理解が普及するのであれば、著者としてこれ以上の喜びはありません。

■ 本書を作成するにあたって

本書は、私が政策研究大学院大学で2013年から2015年まで担当していた「計量経済学」の講義資料をもとに大幅に加筆修正をしながらまとめたものです。とくに、本書を作成するにあたって例題や練習問題を大幅に追加し、東京

大学社会科学研究所パネル調査（東大社研パネル調査）プロジェクトの若年パネル調査、および壮年パネル調査をもとに、練習問題用の擬似データを新たに作成しました。本書で用いるデータは、とくに断りが無い限りは東大社研パネル調査の2007年分をもとに作成した擬似データです（第9章のみ、2007年と2009年のデータを使っています）。擬似データの作成と利用をお許しいただいた東京大学社会科学研究所附属社会調査・データアーカイブ研究センター（SSJDA）、とくに石田浩先生、佐藤香先生、石田賢示先生に感謝いたします。

本書の草稿を読んでもくれた政策研究大学院大学2014年度「計量経済学」の受講生の皆さん、政策研究大学院大学博士課程の大石陽子さん、ウォーリック大学博士課程（当時）の高山遥さんからは数多くの有益なコメントをいただきました。また、有斐閣の担当編集者である尾崎大輔さんと岡山義信さんからは多岐にわたる的確かつ丁寧なアドバイスを数多くいただきました。本書が少しでも読みやすいものになっているのであれば、それはコメントとアドバイスをくれた皆さんのおかげです。ここに記して感謝いたします。

2015年10月

田 中 隆 一

田中 隆一 (たなか りゅういち)

現職：東京大学社会科学研究所准教授

略歴：1996年3月，東京大学経済学部卒業，1998年3月，東京大学大学院経済学研究科修士課程修了，2004年5月，ニューヨーク大学大学院経済学研究科博士課程修了 (Ph. D. in Economics)。大阪大学大学院経済学研究科 COE 特別研究員，大阪大学社会経済研究所講師，東京工業大学大学院情報理工学研究科准教授，政策研究大学院大学准教授を経て現職。

専攻：教育経済学，労働経済学，応用計量経済学

主な著作：

“Estimating the Effects of Pronatal Policies on Residential Choice and Fertility,” (with Ryo Nakajima), *Journal of the Japanese and International Economies*, 34: 179-200, 2014.

“Are Contingent Jobs Dead Ends or Stepping Stones to Regular Jobs? Evidence from a Structural Estimation,” (with Julen Esteban-Pretel and Ryo Nakajima), *Labour Economics*, 18(4): 513-526, 2011.

“Does the Diversity of Human Capital Increase GDP? A Comparison of Education Systems,” (with Katsuya Takii), *Journal of Public Economics*, 93(7-8): 998-1007, 2009.

“The Gender-Asymmetric Effect of Working Mothers on Children’s Education: Evidence from Japan,” *Journal of the Japanese and International Economies*, 22(4): 586-604, 2008.

「出産育児一時金は出生率を引き上げるか——健康保険組合パネルデータを用いた実証分析」(河野敏鑑との共著)『日本経済研究』第61号，94-108頁，2009年。

読者へのメッセージ：「最後まで駆け抜けて」。そんな思いでこの教科書を書きました。読んでいて，わからないことが少しくらいあっても，気にせず実証分析問題をやってみる。そのくらいの気持ちで第一歩を踏み出してみませんか。自転車に乗れるようになった日のように，気がついたら計量経済学を使った実証分析ができるようになっていく日がきくと来ると信じて。

はしがき i

実証分析とは (i) 計量経済学は役に立つ (ii) 本書の
ねらいと特徴 (iii) 本書の構成 (v) 本書の対象 (v)
本書を作成するにあたって (v)

CHAPTER 1

なぜ計量経済学が必要なのか 1

1 政策の「効果」とは？ 2

2 証拠（エビデンス）に基づく政策 4

3 エビデンスへの実験的アプローチ 6

4 観察データを使った計量経済学的アプローチ 9

第 1 部

確率と統計のおさらい

CHAPTER 2

データの扱い方 14

数字に隠された意味を読み取る

1 データを整理して情報を読み取る 15
データの整理 (17) データの代表 (18)

2 観測されたデータから全体の傾向を知るには？ 22
母集団と標本 (22) 統計的推論 (23)

3 2つの事柄の関係を調べる 26
相関係数 (26) 例 2.1：修学年数と年収の相関係数 (28)
相関係数と因果関係 (28)

- 1 物事の起こりやすさを表すツールとしての「確率」…………… 33
 「確率」とは (33) 例 3.1: 年取の事象, 標本空間, および確率 (34) 確率のお約束 (34) 例 3.1 (続き) (35) 同時確率 (38) 例 3.2: 年取と学歴の同時確率 (38) 条件付き確率 (39) 例 3.3: 学歴による年取の条件付き確率 (40) 独立 (41) 例 3.4: 年取と学歴が独立となる場合 (42) 確率変数 (42) 例 3.5: 確率変数としての学歴 (43) 離散と連続 (43)
- 2 確率の性質を表す確率分布…………… 44
 離散確率分布 (44) 例 3.6: 年取の期待値 (47) 期待値と平均 (48) 分散と標準偏差 (48) 例 3.7: 年取の分散と標準偏差 (49)
- 3 2つ以上の事柄の確率変数…………… 49
 例 3.8: 学歴と年取の共分散と相関係数 (51) 確率変数の独立性 (52) 条件付き期待値 (53) 例 3.9: 学歴による年取の条件付き期待値 (54) 条件付き期待値の性質 (55) 条件付き分散 (57)
- 4 連続確率分布…………… 58
- 5 計量経済学で使う代表的な確率分布…………… 64
 正規分布 (64) カイ2乗分布 (67) t 分布 (69) F 分布 (70)

- 1 統計的推論とは?…………… 75
 標本と母集団 (75) 標本平均の平均と分散 (77)
- 2 標本平均の性質…………… 78
 不偏性 (79) 一致性 (80) 大数の法則と中心極限定理 (82)
- 3 標本分散と効率性…………… 84
 標本分散 (84) 効率性 (84)

4	仮説検定	86
	帰無仮説と対立仮説 (86)	例 4.1: 夏期講習の効果 (87)
	標準化 (89)	t 検定 (90)
		両側検定と片側検定 (93)
	まとめ (94)	

第 2 部 計量経済学の基本

CHAPTER 5 単回帰分析

98

2 つの事柄の関係をシンプルなモデルに当てはめる

1	単回帰モデル	99
	相関関係から因果関係へ (99)	関係のモデル化 (100)
		因果関係を示すための条件 (103)
2	最小 2 乗法	106
	回帰パラメーターの推定方法 (106)	モーメント法 (107)
3	傾きパラメーターをどう解釈するか?	110
	例 5.1: 学歴と年収の関係 (112)	
4	最小 2 乗法の別解法——残差 2 乗和の最小化	116
	決定係数 (118)	例 5.2: 決定係数 (119)
5	最小 2 乗推定量は良い推定方法か?	121
	最小 2 乗推定量の不偏性のための 4 つの仮定 (122)	最小 2 乗推定量の分散 (124)
		誤差項の分散の推定法 (125)
	例 5.3: 誤差項の分散 (126)	

CHAPTER 6 重回帰分析の基本

129

外的条件を制御して本質に迫る

1	外的条件を制御する重回帰モデル	130
	重回帰モデル (131)	例 6.1: 教育の収益率 (ミンサー方程式) (133)
		重回帰モデルの推定 (133)
		例 6.2: 教育の収益率の推定 (135)
		重回帰分析における決定係数 R^2 (135)
		例 6.3: 教育の収益率の推定における決定係数と自由度調整済み決定係数 (136)
		重回帰分析における最小 2 乗法の性質 (137)

2	欠落変数によるバイアス	139
	例 6.4: 親の教育水準が子どもの修学年数に与える影響 (141)	
3	最小 2 乗推定量の分散	144
	分散均一の仮定 (144) 傾きパラメーターの最小 2 乗推定量の分散 (144) 例 6.5: 教育の収益率の推定における分散 (146) ガウス=マルコフ定理 (146)	
4	回帰分析後の検定——推定された効果は統計的に意味のあるものか?	147
	古典的線形モデルの仮説検定 (147) 例 6.6: t 検定 (152) 複合仮説検定 (153) 例 6.7: 複合仮説検定 (155)	
5	大標本理論	156

CHAPTER 7

重回帰分析の応用

160

本質に迫るためのいくつかのコツ

1	変数の単位と傾きパラメーターの解釈	161
2	より複雑な政策効果をモデル化する	162
	2 乗項の導入と限界効果 (162) 例 7.1: 経験年数の年収への効果 (164)	
3	ダミー変数を使った分析	166
	説明変数にダミー変数を入れた分析 (166) 交差項の導入 (168) グループ間の違いの検定 (169) 例 7.2: 教育の収益率の男女差 (170) チョウ (Chow) 検定 (171) 例 7.3: 教育の収益率の男女差をチョウ検定で調べる (172) 被説明変数としてのダミー変数: 線形確率モデル (174) 例 7.4: 女性の労働供給関数 (175) 非線形確率モデル (176)	
4	分散が不均一なときの頑健な標準誤差	178
	分散が不均一な場合の標準誤差の求め方 (179) 頑健な標準誤差 (180) 例 7.5: 頑健な標準誤差と通常の標準誤差の比較 (181)	
5	誤差項の分散が均一かどうか調べる——分散不均一性の検定	182
	ブルーシュ=ペーガン検定 (182) ホワイ特検定 (183) まとめ (185)	

CHAPTER 8

操作変数法

190

政策変数を間接的に動かして本質に迫る

- 1 内生性の問題と対応 191
説明変数の内生性 (191) 操作変数による対応 (192)
- 2 操作変数のモデル 194
単回帰モデルにおける操作変数法 (194) 例 8.1: 単回帰モデルの操作変数法 (197) 重回帰モデルにおける操作変数法 (199) 例 8.2: 重回帰モデルの操作変数法 (200)
- 3 誤った操作変数を用いたら? 202
例 8.3: 誤った操作変数を使ったら (203)
- 4 2段階最小2乗法 205
例 8.4: 重回帰モデルにおける2段階最小2乗法 (207)

CHAPTER 9

パネル・データ分析

210

繰り返し観察することでわかること

- 1 複数時点の観測されたデータ 211
- 2 差の差の推定量 214
政策の効果だけを取り出すことの難しさ (214) 2つの差から政策効果を調べる (215) より精度の高い差の差の推定法 (218) 自己選択によるバイアス (219)
- 3 2期間パネル・データ 221
1階差分法 (221) 例 9.1: 2期間パネルを使った生活満足度と喫煙本数の関係 (224) 2期間パネル・データを用いた政策評価 (226) 例 9.2: 2期間パネルによる政策評価 (227) 平均差分法 (229) 例 9.3: 平均差分法による政策評価 (230)
- 4 変量効果モデル 232
例 9.4: 変量効果モデルの推定 (233) 固定効果か変量効果か (233) まとめ (235)

- 1 実験的手法の導入 238
 観察データによる準実験 (238) マッチング法 (240)
- 2 傾向スコア・マッチング 243
 例 10.1: 傾向スコア・マッチング (244) 便利な傾向スコア・マッチング (247) 例 10.2: 職業訓練プログラムがその後の賃金に与える効果の評価 (248)

- 1 「制度」の特徴を利用する 254
 例 11.1: 制度を利用した実証研究の例 (256) シャープかファジーか (259) 例 11.2: 操作変数法での推定 (260)
- 2 ま と め 261

おわりに 265

本書で学んだこと (265) 自分で分析してみよう (266)
 データの入手方法 (266) ソフトウェアの紹介 (267)
 これからの学習のために (268) 実証分析 (269)

索引 270

本文イラスト 有留 ハルカ

Column一覧

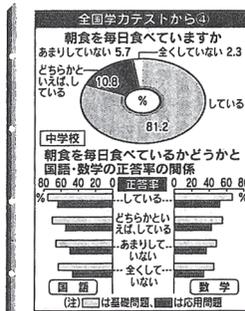
- ① シグマ記号 21
- ② サンプルング法いろいろ 25
- ③ 排反事象, 和事象, 積事象 36
- ④ 関数 45
- ⑤ 極限, 微分, 偏微分 65
- ⑥ 積分 66
- ⑦ 自然対数 68
- ⑧ t 分布表の調べ方 92
- ⑨ Stata の出力表の読み方 114
- ⑩ 最小化問題と1階条件 120
- ⑪ 自由度調整済み決定係数 137
- ⑫ 誤差項の正規性 149
- ⑬ 線形確率モデルの分散不均一性 177
- ⑭ 操作変数の例 197
- ⑮ ハウスマン検定 234

インフォメーション

- **本書の構成** 本書は3部11章で構成されています。まず第1章で実証分析の役立ちと計量経済学を学ぶ意義を説明し、第1部では計量経済学で使う基本的な確率と統計をおさらいします。第2部では計量経済学の中心ツールである回帰分析について詳しく解説します。第3部では操作変数法やパネル・データ分析をはじめとする発展的方法をいくつか紹介します。
- **各章の構成** 各章には、INTRODUCTION (章の概要)、CHECK POINT (節ごとのまとめ)、Column (コラム)、EXERCISE (練習問題) が収録されています。Column では、計量経済学を学ぶうえで最低限必要な数学の補足や、本文の内容の補足、計量経済学に関するやや発展的な内容を掲載しています。EXERCISE は各章の内容を整理・定着させるための「確認問題」と実際に手を動かして実証分析に取り組んでもらうための「実証分析問題」に分かれており、解答例はウェブサポートページに掲載しています。
- **ウェブサポートページ** 以下のウェブサイトにて、本書の解説、例題、練習問題で利用したデータ (csv 形式)、発展的な内容についての補論、練習問題の解答・解説、統計ソフトのガイドと分析コード (Stata, R, gretl) を提供しています。また、本書を授業でご採用頂いた先生方への資料提供のご案内も行っています。

http://www.yuhikaku.co.jp/static/studia_ws/index.html

なぜ計量経済学が必要なのか



数字は語る

正しい生活成績向上の道
朝食を毎日食べ、数々の
時刻も一定した層ほど小
六、中二で平均正答率が
高いことが結果が出た。規
則正しい生活成績が成績の
向上に結びついていること
が、この調査で明らかだ。
「朝食を毎日食べている層
とそうでいない層」の間に
「国語」「数学」の正答率
に「全体的に七・五割の一六
ポイント差がある」とい
うことが明らかになった。

『日本経済新聞』2008年10月13日付

INTRODUCTION

本章では計量経済学とは何かを簡単に説明し、実証分析においてなぜ計量経済学が必要なのかを説明します。また、相関関係と因果関係の違いを説明し、政策について考えるためには因果関係の特定が必要不可欠であることを理解します。

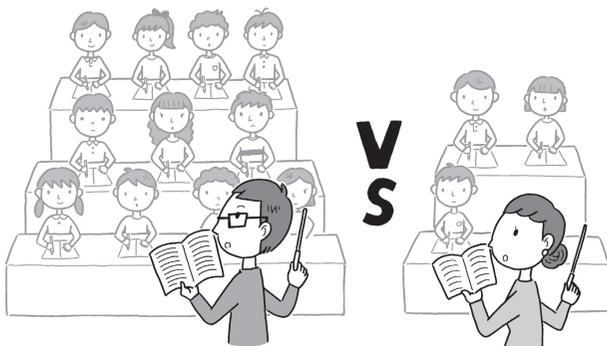
1 政策の「効果」とは？

あなたは学校運営のコンサルタントで、ある小学校から6年生の算数の学力を伸ばすためにはどうすればよいのかという相談を受けているとします。算数の学力を伸ばすための方法としては、1クラス当たりの生徒数を少なくする、習熟度別少人数指導を導入する、副担任を配置する、またはコンピュータを整備してインタラクティブな授業を導入するなど、いくつかのやり方が考えられます。これらの方法（政策的介入とよばれることがあります）はそれぞれ効果がありそうですが、これらのうち、どのやり方が一番良いのかがわかりさえすれば、その方法を提案することができます。さらに、その最善な方法に必要な費用と、それによって予想される効果がわかれば、あなたの提案は相談をもちかけてきた小学校にとってとても魅力的なものになるでしょう。

しかし、学力を高めるこれらのやり方にはそれぞれ一長一短があるので、学力を伸ばす効果や費用を比較するのは容易ではありません。また、効果そのものの大きさや、そのためにかかる費用もまちまちなので、そもそも直接これらの方法を比較してもあまり意味がなく、どれが一番良い方法かという判断がつかないかもしれません。

そこで異なる方法を統一的な基準で比較するやり方の1つとして、「算数のテストの点数を1点伸ばすために必要な費用が最も低いやり方」が一番良い方法とすることが考えられます。また別の同じような考え方として、「費用1円当たりのテストの点数の伸びが一番大きいやり方」が一番良いやり方とすることもできるでしょう。これらのどちらの比較方法をとるにせよ、これらの方法によって選ばれたやり方とその費用対効果がわかれば、「算数のテストの点数を1点伸ばすために、一番良いやり方をやればこれだけの費用がかかる」ということが数字として目に見えるようになります。そして、政策の目的とその実行のための予算の関係がよりわかりやすいものになります。この費用1単位（1円）当たりの政策の「効果」を比較する方法は、**費用効果分析**とよべれます。

いま、政策の「効果」という言葉が出てきました。ここで言う**政策の効果**とは、「この政策によって引き起こされた結果」という**因果関係**としての効果を



意味しています。政策の効果を計測するためには、それぞれの政策が因果の意味で引き起こす結果をできるだけ正確に把握することが必要になってきます。たとえば、習熟度別少人数指導を導入することの効果は、それによって算数のテストの点数が引き上げられたときにはじめて「効果あり」と言えます。逆に政策が直接引き起こした結果ではなく、たまたま起きる変化や、別の原因によって変化が起きている場合には因果関係としての効果とは言えません。習熟度別少人数指導を導入したクラスには別の共通点があり、その別の理由でテストの点数が高かったのであれば、習熟度別少人数指導の効果とは言えないということです。

この**因果効果**を計測することの重要性について理解するために、別の例として「朝ご飯と成績の関係」について少し考えてみましょう。文部科学省が小学校6年生と中学校3年生を対象に毎年行っている「全国学力・学習状況調査」では算数(数学)と国語のテストとともに、いくつかのアンケート調査を実施しています。そのアンケートの調査項目の1つとして、「朝食を毎日食べているかどうかを問う質問があります。この質問の意図の1つは、朝ご飯をしっかり摂ることは学力の向上に対して効果があるのかどうかを知りたいというものがあるのではないかと思います。

実際にこのアンケート調査の結果とテストの点数とをつきあわせてみると、「朝ご飯を毎日食べている生徒はテストの点数が高い」ということがわかります(冒頭の新聞記事参照)。さて、このことから、「朝ご飯を食べると学力を伸ばすことができる」として、「学力向上のための朝給食」という政策を支持することができるでしょうか。

「朝ご飯を毎日食べている生徒はテストの点数が高い」というのは、朝ご飯を毎日食べている生徒のほうが、そうでない生徒に比べてテストの点数が高い「傾向」があるということの意味しているにすぎません。たとえば、毎日朝ご飯を食べている生徒の家庭では、親が朝ご飯だけではなく子どもの勉強の面倒を見ていたり、塾に通わせていたりするといった子どもへの関心の高い家庭であり、それが傾向的に高いテストの点数として表れているのかもしれませんが。もし朝ご飯を毎日食べているということが、こういった家庭環境の違いを反映しているにすぎず、この家庭環境の違いこそがテストの点数の違いの本当の原因であったとするのであれば、いままで朝ご飯を食べていなかった子どもに給食で朝ご飯を食べさせたとしても、家庭環境が変わらない限りテストの点数は以前と変わらないこととなります。このような「傾向」としての関係は因果関係とは区別して**相関関係**とよばれるものですが、相関関係は必ずしも政策の効果を表しているとは限りません。政策の効果とは、因果効果でなければならないのです。

CHECK POINT 1

- 政策の「効果」とは、政策を行うことによって結果を変えることができるという意味で、因果関係でなければなりません。

2 証拠（エビデンス）に基づく政策

小学校へのコンサルティングの例や、朝ご飯と学力の関係についての例で見つかるように、政策が何らかの効果を生み出すことを期待するためには、その政策が望ましい結果をもたらす**証拠（エビデンス）**が必要です。そして近年、さまざまな政策決定の場において、エビデンスに基づく政策形成の重要性が高まってきました。たとえば、独立行政法人科学技術振興機構の研究開発戦略センターがまとめたレポート「エビデンスに基づく政策形成のための『科学技術イノベーション政策の科学』構築——政策提言に向けて」によると、「エビデンスに基づく政策形成は、エビデンスに基づく複数の政策メニューが意思決定者

に提示されることにより、意思決定の質を可能な限り科学的な客観性を持つものとする、また透明性を高めることを目指している。さらに、政策形成の際に社会と対話し、政策の説明責任を果たしていくための議論のツール・共通言語としても、体系化されたエビデンスの蓄積の重要性がますます高まっている」とあります。このように、政策決定の根拠として科学的な証拠を活用することは、政策決定の質を高めるうえで大変重要なものと考えられてきています。

ここで用いられるエビデンスという言葉は、一定の方法によって収集されたデータや、それに基づいた科学的な推論の結果から導き出された政策の効果を意味しています。より具体的には、政策の効果を評価する際に参考とする類似の取り組みや事前に行われた実験やアンケート調査の結果であったり、その政策を実行することによって得られる便益と費用の試算結果だったりします。前節で見た「費用効果分析」や、その金銭換算版である「費用便益分析」といわれるものは、そういった試算方法の1つの例です。

では、このような試算に基づいて選ばれた政策はすべてエビデンスに基づいた政策とよぶことができるのでしょうか。費用効果分析は、前節の例で見た教育政策に限らず、高速道路や港湾の建設といった公共事業の選定や、医療や社会保障政策の選択など、さまざまな政策決定の場で目にするものです。しかしながら、それらの政策決定の場において提示される費用対効果の分析の数字は、比較可能な数字として表現されているため理解しやすく感じるがゆえに、その背後にある計測方法や効果の測定方法などへの注意がそがれてしまうことがしばしばあります。また、単に費用対効果の数字だけを並べられても、どんな前提に基づいたものかがわからない限りは、これらの数字があやふやなものとして目に写ります。これらの試算はあくまでも試算として、無限にある可能性から1つを適当に選んでいるにすぎないのであれば、それを「エビデンス」とよぶことに違和感を感じる人も少なくはないのではないでしょうか。

これらのやり方によって選ばれた政策がエビデンスに基づいた政策であると言えるかどうかは、「エビデンス」が可能な限り客観性のある科学的な方法（再現可能性のある方法）によって計測されているかどうかにかかっています。同じデータを使って同じ方法を行えば誰でも同じ結論を導き出すことができるという意味の再現可能性は、科学的方法にとって重要な部分であり、これが分析手法の透明性を高めてくれていると言えます。政策の効果を推測する手法そ

のものに問題がある場合もあるかもしれませんが、再現可能な方法を使っている限りは、どこにどのような問題があるのかが効果を測定した人たち「以外」の人々にも見えるようになってきているため、その問題が結論に対してどのような影響を与えるのかを簡単に調べることができます。費用効果分析や費用便益分析において提示される数字の説得力にとっても、その背後にある政策評価の精度が大切であり、評価の精度を見極める力はエビデンスに基づいた政策決定にとっても不可欠ですので、この評価方法の透明性というのは政策評価の説得力にとってとても大切なものと言えます。

エビデンスに基づいてより良い政策の選択が行われるようになるためには、政策の効果をいかに正確に計測できるかにかかっています。前節で見た朝給食の例からもわかるように、エビデンスに基づく政策決定において必要とされているものは、政策と成果の間の単なる相関関係ではなく、因果関係にほかなりません。さらに、政策の評価を定量的に行うためには、成果に対してその政策がどれだけの影響を与えることができるかを把握することが必要不可欠です。「朝ご飯を食べると成績がよくなる」という例をはじめとして、「クラスサイズが小さくなると成績がよくなる」「副担任を配置すると児童の問題行動が減る」といった関係が単なる相関関係ではなく、因果関係であるとわかってはじめて、これらの効果をその政策の「効果」とよぶことができ、これこそが政策決定のための「エビデンス」の基礎となるものなのです。

CHECK POINT 2

- エビデンスとは、同じことをやれば誰がやっても同じ結果が出るという再現可能性を持つ科学的手法によって手に入れた知恵のことです。近年、政策形成の場においてその重要性は高まっています。

3 エビデンスへの実験的アプローチ

それでは、この政策と成果の因果関係はどのようにして知ることができるのでしょうか。実は、厳密に言うと、政策と成果の因果関係を完全に知ることは

基本的に不可能です。いきなりこのようなことを言うのがっかりしてしまうかもしれませんが、「厳密に言う」という意味をもう少し詳しく説明しましょう。厳密に言う因果関係は、ある人やグループに対して政策を実施（施策）したときの成果と、まったく同じ人や同じグループに対して政策を実施しなかったときの成果の違いを比較してはじめて知ることができます。そしてその成果の違い（差）を政策の因果効果とよびます。ある人に対する政策の因果効果を知ることができる理想的な状況は、同じ人のクローンを作ることができる場合です。クローンを作ることができれば、1人には施策し、もう1人のクローンには施策をせずにその後の成果を比較することができるので、その「2人」の成果を後から比べることでその人に対する政策の因果効果を知ることができるわけです。しかしながら、政策効果の評価のためにクローンを作るとするのは空想小説でもない限り現実的ではありません。

厳密には政策の因果効果を知ることにはできないと言いましたが、実際の政策評価においてはすべての人に対する効果を事細かにすべて知る必要はなく、政策を実施したときに似たような人々に対して平均的にどの程度の効果が見込まれるのかを知ることでも十分な場合も多いと思います。そして、似たような人々に対する平均的な政策効果を統計的に推測すること自体は決して不可能ではありません。さらに、統計的なやり方をうまく工夫することができれば、クローンを作らなくても政策の因果効果に迫ることができます。

では、この政策と成果の（平均的な）因果効果はどのようにして調べる、あるいは推測することができるのでしょうか。一番手っ取り早い方法は、実験をやることです。ここでいう実験とは、科学実験のことを意味しています。**科学実験**とは、一般に複雑な諸条件のもとで起こっている自然現象を理解するために、さまざまな条件（**外的条件**といいます）を一定にしたり、外的な要素が影響しないように諸条件を**制御（コントロール）**したりしたうえである現象を起こし、それによって引き起こされる変化を観測する方法です。わかりやすい例として、植物の生育にとって日照量がどれだけ大切なのかを調べる実験があります。気温や湿度といった外的条件を制御しながら、日照量（政策）だけを変化させることで生じる生育（成果）の変化を観察すれば、日照量の影響を測ることができます。それと同じように、政策以外の条件をできるだけ制御しつつ施策することで成果にどのような影響が表れるのかを調べることができます。

また、外的条件を直接制御するのが難しい場合には対照実験を行うこともできます。**対照実験**とは外的条件の同じ2つのグループの片方だけに施策し、そのあとで生じるグループ間の違いを観測することから政策の効果を見ようとするやり方です。このやり方は新薬の臨床試験において用いられる方法で、年齢や性別、体重といった外的条件が同じ2つのグループの片方には効果を調べたい新薬を与え（新薬を与えられるグループのことを**処置群**といいます）、もう一方のグループには効果のない偽薬を与えます（偽薬を与えられるグループのことを**対照群**といいます）。もし新薬に効果があるとすれば、処置群のみに変化が表れるはずであり、両方のグループに共通に起きる変化は薬の効果とは見なされません。さらに、処置群と対照群の外的条件を揃えるために処置群と対照群への割当をくじで決める無作為化（ランダム化）実験法などもよく用いられる方法です。

このように、実際の政策評価においても、諸条件を制御したうえでデータを観測することができれば、政策と成果の間の因果関係は容易に推測することができます。なぜならば、2つのグループの間でその他の外的条件が変化しない中で、政策のみが変化したときに成果が変化したのであれば、それは政策が引き起こした効果以外には考えられないからです。朝ご飯と学力の例では、朝ご飯を食べるという条件（政策）が変化すると同時に家庭環境という外的条件が変化していたため、因果効果としての推論が困難になっていたのです。もし家庭環境を制御したうえで朝ご飯を毎日食べるグループのほうが、そうでないグループよりもテストの点数が高いのであれば、それは朝ご飯の効果と言えるでしょう。

CHECK POINT 3

- 政策と成果の因果関係を調べる最も良い方法は、実験です。実験によって処置群と対照群を作ることができれば、それらを比べるだけで因果効果がわかります。

4 観察データを使った計量経済学的アプローチ

因果効果を調べるうえで一番手っ取り早い方法は実験だと言いましたが、現実の政策評価においては実験が困難な場合が多いです。まず、実験を行うためには綿密に設計された実験環境が必要になり、実験を実施するためにはさまざまな費用がかかるため、大規模な実験を行うことが予算的に難しい場合があります。また、実験を行うこと自体に問題があると思われる場合も多くあります。たとえば、教育政策において、外的条件を制御したデータを入手することや、対照実験を行うこと自体に倫理上の問題があると考えられる場合などです。このように実験を行うこと自体にはさまざまな困難が伴うこともありますが、政策の因果効果を計測するうえで最も強力で理想的な方法であるという点はもう一度強調しておきます。

それでは、実験が難しいとき、次にできることは何でしょうか。実験ができない場合には、処置群と似た人を探してきて擬似的に対照群を作るマッチング法や、自然条件の変化や制度の変更を利用して処置群と対照群を見つけるなど、擬似的に実験的な状況を作り出す方法（自然実験）があります。たとえば、無作為化実験で処置群と対照群を作れないときには、処置群とできるだけ外的条件が似ているグループを探してきて、それを擬似的な対照群と考えます。この擬似的な対照群を処置群と「マッチ」して比較することで効果を推測することができます。また同じような外的条件を持っているのだけれども自然条件や制度の変化によってその影響を受けるグループと受けないグループが見つかる場合には、影響を受けるグループを処置群、受けないグループを対照群と見なして効果を測定することもできます。こういった方法は、擬似的に実験的な状況を作り出すという意味において**準実験的方法**とよばれますが、その代表的な方法のいくつかについては第3部で取り上げます。

実験的方法や準実験的方法は、政策の効果を知るうえでとても大切な情報を与えてくれるのですが、私たちが知りたい政策の効果は、多くの場合において人間や社会経済を対象としているため、実験や準実験的な方法によるデータを使うことが困難な場合が多くあります。この場合には、観察されたデータから

なんとかして政策の因果効果を推論していくしかないのですが、そのときに威力を発揮するのが計量経済学です。実際に教育政策をはじめ、社会保障政策や医療政策に関するデータの多くは**非実験的データ**であり、これらは実験的データと区別して**観察データ**とよばれるものです。国勢調査をはじめとする政府統計や、年金加入状況データ、医療費データ等はすべて観察データです。この観察データを用いる一番大きな問題点は、観察された事柄が起きた状況や環境の制御（コントロール）ができていないことです。外的条件が制御できていないデータから政策の因果効果にアプローチするためには、さまざまな工夫が必要ですが、計量経済学は、観察データを使って因果関係にアプローチしていくうえで非常に役に立つ方法といえます。

先に見た朝ご飯と学力の関係の例は、アンケートによって収集された観察データでは、家庭環境をはじめとする外的条件が制御できていない良い（悪い？）例だと言えます。外的条件の制御されていないデータを使って政策の効果を調べるときには、観測できる外的条件をできるだけ考慮しながら政策の因果効果を推測するアプローチがとられます。観測できる外的条件を考慮する方法の1つとして、**重回帰分析**があります。この重回帰分析については第2部でしっかりと学びます。また外的条件が十分に制御できない場合、想定される外的条件とは無関係な要素を使って政策を間接的に操作し、その影響を分析する**操作変数法**を使えば、因果効果に迫ることができる場合もあります。この操作変数法は近年の計量経済学を使った実証分析において、中心的な位置を占めている方法で、第3部の第8章で詳しく学びます。

重回帰分析や操作変数法は、観察データから因果関係に迫ることを目的とする計量経済学の特徴を象徴する分析手法です。もともと計量経済学はマイクロおよびマクロレベルの経済データを使って経済理論を検証する、あるいは理論に基づいてデータを分析する統計的方法について研究する経済学の一分野として誕生し発展してきましたが、その応用可能性は経済学という枠組みをはるかに超え、今日では観察データから因果関係に迫ろうとする社会科学一般において幅広く用いられています。因果関係を調べるうえで観察データしか利用できない社会科学の数多くの場面において、計量経済学的アプローチが必要とされているのです。

- 実験が難しいときには、計量経済学を使って観察データから政策と成果の因果関係に迫ることができます。

EXERCISE ● 練習問題

◎確認問題

1-1 次の2つの事柄の関係は因果関係でしょうか、それとも相関関係でしょうか。あなたの考えを述べてみてください。なお、相関関係と因果関係のどちらかが正しいというわけではありませんので、自分はどう思うのかを説明してみてください。

- (1) 2つの事柄：両親の所得，子どもの学力
関係：両親の所得が高いと，子どもの学力が高い
- (2) 2つの事柄：クラブ活動への参加，友だちの数
関係：クラブ活動へ参加している人は，友だちの数が多い
- (3) 2つの事柄：一国内の所得格差，経済成長率
関係：所得格差の小さな国は，経済成長率が高い
- (4) 2つの事柄：友人の喫煙率，自身の喫煙
関係：友人の喫煙率が高い人は，喫煙しやすい
- (5) 2つの事柄：都市の貧困率，犯罪率
関係：貧困率の高い都市の犯罪率は高い
- (6) 2つの事柄：都市の凶悪犯罪発生率，1人当たり警察官数
関係：1人当たり警察官数の多い都市の犯罪発生率は高い

1-2 問題 1-1 で見た関係が因果関係とすると，次の目標のためにどのような対策（政策）をとることができるでしょうか。また，これらの関係が相関関係であるときに，これらの対策は効果を持つでしょうか。6つそれぞれの関係について，あなたの考えを説明してみてください。

- (1) 目標：子どもの学力を高める
- (2) 目標：友だちの数を増やす
- (3) 目標：一国の経済成長率を高める
- (4) 目標：喫煙率を下げる
- (5) 目標：都市の犯罪率を下げる
- (6) 目標：凶悪犯罪発生率を下げる

- アルファベット
- BLUE →最良線形不偏推定量
- D-in-D 法 →差の差の推定法
- e (自然対数の底) 64
- F 検定 154
- F 分布 64, 70
- i. i. d. (independent and identically distributed) 76, 82
- OLS →最小2乗法
- ρ 値 94, 151
- R^2 →決定係数
- R_a^2 →自由度調整済み決定係数
- RCT (Randomized Controlled Trial) →無作為比較試験 (ランダム化比較実験)
- RDD →回帰不連続デザイン
- t 検定 90
- t 値 (t 検定統計量) 90, 91
- t 分布 64, 69, 70
 - 表 92
- あ 行
- 一様分布 (uniform distribution) 59
- 1 階差分法 (first-differencing) 223
- 一括されたデータを使った最小2乗法 (pooled OLS) 232
- 一致推定量 (consistent estimator) 80, 81, 156
- 一貫性 (consistency) 78, 80, 85, 156, 191
- 因果関係 (causal relationship) 2, 6, 28, 32, 99, 104, 105
- 因果効果 (causal effect) 3, 7, 10, 28, 100, 110
- エビデンスに基づいた政策 (evidence-based policy) 4, 5
- か 行
- 回帰パラメーター (regression parameter) 102, 106, 117
- 回帰不連続デザイン (regression discontinuity design: RDD) 254, 259
- シャープ (sharp) な—— 259, 261
- ファジー (fuzzy) な—— 259, 261
- 回帰分析 (regression analysis) 106
- 回帰モデル (regression model) 119
- 階級 (class) 17
- 外生変数 (exogenous variable) 192, 193
- 外的条件 (external condition, external factor) 7, 75
- 外的妥当性 (external validity) 238
- カイ2乗検定 (chi-squared test) 157
- カイ2乗分布 (chi-squared distribution) 64, 67
- ガウス (Johann Carl Friedrich Gauss) 146
- ガウス=マルコフ仮定 (Gauss = Markov assumption) 146, 176, 178
- 科学実験 (scientific experiment) 7
- 確率 (probability) 33
 - の公理 (axiom) 34
- 確率関数 (probability function) 44
- 確率収束 (convergence in probability) 81
- 確率変数 (random variable) 33, 42, 44
 - の共分散 (covariance) 50
 - の相関係数 (correlation coefficient) 51
 - の独立性 (independence) 53
 - の分散と標準偏差 (variance and standard deviation) 48
- 確率密度関数 (probability density function) 60, 61
- 仮説 (hypothesis) 86
- 仮説検定 (hypothesis test) 86, 87, 94, 147
- 片側検定 (one-sided test) 87, 151
- 傾きパラメーター (slope parameter) 102
- 頑健性分析 (robustness analysis) 241
- 観察データ (observational data) 10
- 関数 (function) 45
- 完全な共線関係 (perfect collinearity) 138
- 棄却 (rejection) 86
- 基準グループ (reference group) 166
- 期待値 (expectation) 33, 47, 48, 62
- 帰無仮説 (null hypothesis) 86
- 教育の収益率 (returns to education) 112, 133

- 強外生性 (strict exogeneity) 230
- 共分散 (covariance) 27, 62
- 共変量 (covariates) 75, 100
- 共有サポートの仮定 (assumption of common support) 242
- 極限 (limit) 65
- 繰り返し期待値の法則 (law of iterated expectations) 57, 108
- クロスセクション (横断面)・データ (cross-sectional data) 16, 211
 - 繰り返し—— (repeated cross-sectional data) 212
- 傾向スコア (propensity score) 243
- 係数パラメーター (coefficient parameter) 102
- 計量経済学 (econometrics) ii, 10
- 決定係数 (R squared : R^2) 118, 119, 135
- 欠落変数 (omitted variable) 143
- 欠落変数バイアス (omitted variable bias) 140, 143
- 限界効果 (marginal effect) 164
- 検定統計量 (test statistics) 150
- 構造方程式 (モデル) (structural equation) 206
- 効率性 (efficiency) 84, 85, 156
- 誤差項 (error term) 101
 - の正規性 (normality of error term) 148, 149
- 固定効果 (fixed effect) 232
- 固定効果モデル (fixed effect model) 232, 234
- 古典的線形モデルの仮定 (assumption of classical linear model) 151
- 個票データ (individual data) 16
- 個別効果 (individual effect) 222, 237
- コントロール変数 (control variable) 75, 100
- さ 行
- 再現可能性 (reproducibility) 5
- 最小2乗推定量 (OLS estimator) 118, 122, 191
 - の不偏性 (unbiasedness) 122, 123, 126
 - の分散 (variance) 124
- 最小2乗法 (ordinary least squares : OLS) 106, 110, 117, 120
- 最小分散不偏推定量 (minimum variance unbiased estimator) 85
- 最良線形不偏推定量 (Best Linear Unbiased Estimator : BLUE) 146, 147, 149
- 差の差の推定法 (Difference in Differences [D-in-D] 法) 216
- 差の差の推定量 (difference-in-differences estimator) 217
- 残差 (residual) 117
- 残差2乗和の最小化問題 (minimization problem of sum of squared residuals) 116, 117, 120
- 残差変動 (sum of squared residuals) 119
- 識別 (identification) 195
- 時系列データ (time series data) 17
- 自己選択 (self-selection) 220
- 事象 (event) 33
- 自然実験 (natural experiment) 9, 221
- 自然対数 (natural logarithm) 64, 68, 111
- 実験 (experiment) 7
- 実現値 (realized value) 33, 44
- 実証分析 (empirical analysis) ii
- 時点固定効果 (time fixed effect) 223
- 重回帰分析 (multiple regression analysis) 10, 100
- 重回帰モデル (multiple regression model) 131
- 集計データ (aggregate data) 16
- 従属変数 (dependent variable) 102
- 自由度 (degree of freedom) 67
- 自由度調整済み決定係数 (adjusted R-squared : R_a^2) 136, 137
- 周辺確率関数 (marginal probability function) 50
- 準実験 (quasi-experiment) 9, 238
- 条件付き確率 (conditional probability) 39, 63
- 条件付き確率関数 (conditional probability function) 53, 54
- 条件付き期待値 (conditional expectation) 32, 33, 53, 54, 63, 99
- 条件付き期待値関数 (conditional expectation function) 103
- 条件付き独立の仮定 (assumption of conditional independence) 242

条件付き分散 (conditional variance) 57, 63
 処置群 (treatment group) 8, 217
 人的資本の世代間移動度の計測 (measurement of intergenerational human capital mobility) 141
 真のパラメーター (true parameter) 123
 推定値 (estimates) 26, 76
 推定量 (estimator) 76
 スルツキー定理 (Slutsky theorem) 152
 正規分布 (normal distribution) 64
 制御 (コントロール) (control) 7
 政策的介入 (policy intervention) 2
 政策の効果 (effect of policy) 2
 積事象 (intersection of events) 36, 38
 積分 (integration) 66
 切片パラメーター (intercept) 102
 説明変数 (explanatory variable) 102
 セテリス・パリブス (ceteris paribus)・アブ
 ローチ 132
 漸近的性質 (asymptotic property) 156
 線形確率モデル (linear probability model)
 174
 潜在的成果変数 (potential outcome variable)
 240
 全事象 (certain event) 35
 全数調査 (センサスまたは悉皆調査) (census
 survey) 22
 層化抽出法 (stratified sampling method)
 25
 相関関係 (correlation) 4, 6, 99
 相関係数 (correlation coefficient) 27, 28
 操作変数 (instrumental variable) 192, 193,
 197, 202
 弱い—— (weak instrument) 203
 操作変数法 (instrumental variable method)
 10, 192, 197, 260
 相対度数 (relative frequency) 17
 総変動 (total sum of squares) 119

● た 行

第1段階回帰式 (first stage regression
 equation) 196
 対照群 (control group) 8, 217
 対照実験 (control experiment) 8
 対数 (logarithm) 68
 大数の法則 (law of large numbers) 79, 82

代表値 (representative value) 19
 大標本理論 (large sample theory) 156
 対立仮説 (alternative hypothesis) 86
 代理変数 (proxy variable) 141
 多重共線性 (multicollinearity) 138, 145
 多段階抽出法 (multistage sampling) 25
 ダミー変数 (dummy variable) 53, 99, 166,
 177
 単回帰分析 (simple regression analysis)
 100
 単回帰モデル (simple regression model)
 100
 弾力性 (elasticity) 112
 抽出方法 (サンプリング) (sampling) 24
 中心極限定理 (central limit theorem) 79,
 82, 83, 151, 157
 チョウ (Chow) 検定 171
 定数項 (constant term) 102
 定積分 (definite integral) 66
 データの一括〔プール〕(pooling) 213
 導関数 (derivative) 65
 統計的手法 (statistical method) 15
 統計的推論 (statistical inference) 23, 75,
 106, 121
 同時確率 (joint probability) 38
 同時確率関数 (joint probability function)
 50
 同時確率密度関数 (joint probability density
 function) 62
 同時分布関数 (joint distribution function)
 62
 独立 (independent) 41
 独立性 (independence) 41, 63
 独立変数 (independent variable) 102
 度数 (frequency) 17
 度数分布表 (frequency distribution table)
 17

● な 行

内生性 (endogeneity) 192
 内生変数 (endogenous variable) 191
 2乗項 (squared term) 162
 2段階最小2乗法 (two stage least squared
 method : 2SLS) 206, 260

- は 行
 - 排反事象 (mutually exclusive events) 35, 36
 - ハウスマン検定 (Hausman test) 234
 - パネル・データ (panel data) 17, 211, 214
 - パラメータ化 (parameterization) 103
 - 非実験的データ (non-experimental data) 10
 - ヒストグラム (histgram) 18
 - 被説明変数 (explained variable) 102
 - 非線形確率モデル (non-linear probability model) 176
 - 微分 (differentiation) 65, 120
 - 費用効果分析 (cost-effectiveness analysis) 2, 15
 - 標準化 (standardization) 89
 - 標準誤差 (standard error) 149
 - 頑健な (robust) — 180
 - 標準正規分布 (standard normal distribution) 64
 - 標準偏差 (standard deviation) 22
 - 費用便益分析 (cost-benefit analysis) 15
 - 標本 (サンプル) (sample) 23, 24, 26
 - 標本空間 (sample space) 33
 - 標本サイズ (sample size) 23
 - 標本分散 (sample variance) 84, 85
 - 標本平均 (sample mean) 76
 - 複合仮説 (composite hypothesis) 170
 - 複合仮説検定 (composite hypothesis test) 64, 154
 - 不偏推定量 (unbiased estimator) 80, 85, 122
 - 不偏性 (unbiasedness) 22, 78, 79, 85, 122, 156
 - ブルーシュ=ペーガン (Breusch-Pagan) 検定 182, 185
 - プロビット・モデル (probit model) 176
 - 分散 (variance) 19, 62
 - 分散均一 (homoskedasticity) 124
 - 分散不均一 (heteroskedasticity) 179
 - 分布 (distribution) 17
 - 分布収束 (convergence in distribution) 83
 - 平均 (average または mean) 19, 48
 - 平均差分法 (demeaning) 229
 - 平均処置効果 (average treatment effect : ATE) 239
 - 処置群への — (ATE on treated) 239
 - 偏微分 (partial differentiation) 65
 - 変量効果 (random effect) 232, 234
 - 変量効果モデル (random effect model) 232, 234
 - 母集団 (population) 22, 24, 25
 - 母集団モデル (population model) 101
 - 母分散 (population variance) 84
 - 母平均 (population mean) 26
 - ホワイト (White) 検定 182-185
- ま 行
 - マイクロ・データ (micro data) 16
 - マッチング法 (matching) 9, 238, 240, 242
 - カーネル (kernel) ・ — 241
 - 完全 (exact) — 241
 - 傾向スコア (propensity score) ・ — 243, 250
 - 最近傍 (nearest neighbor) — 241
 - 半径 (radius) — 241
 - マハラノビス距離 (Mahalanobis distance) 241
 - マルコフ (Andrey (Andrei) Andreyevich Markov) 146
 - 見せかけの相関 (spurious correlation) 192
 - ミンサー (Jacob Mincer) 133
 - ミンサー方程式 (Mincer equation) 133
 - 無作為化 (ランダム化) 比較試験 (実験) (randomized control trial : RCT) 8, 220, 238
 - 無作為抽出 (ランダム・サンプリング) 法 (random sampling) 24
 - モーメント (積率) 条件 (moment restrictions) 108
 - モーメント法 (method of moment) 107, 109, 120
- や 行
 - 有意水準 (significance level) 93, 148
 - 誘導形 (reduced form) 196
- ら 行
 - 離散確率変数 (discrete random variable) 43, 45
 - 離散変数 (discrete variable) 58

両側検定 (two-sided test)	87, 150	43	
累積相対度数 (cumulative relative frequency)	17	連続変数 (continuous variable)	59
累積分布関数 (cumulative distribution function)	46, 60	ロジット・モデル (logit model)	176
連続確率変数 (continuous random variable)		● わ 行	
		和事象 (union of events)	35, 36

