

目次

訳者まえがき	i
日本語版へのまえがき	v
はじめに	vii

第 I 部 問題意識と復習 1

第 1 章 経済学の問題とデータ 3

1.1 経済学の問題	3
問題 1. 1 クラスの生徒数を減らすことは、初等教育の質を高めるか?	4
問題 2. 住宅ローンの借入に人種差別はあるのか?	4
問題 3. たばこ税は喫煙をどれだけ減らすのか?	5
問題 4. 来年のインフレ率は何パーセントになるか?	6
数量的な問題に対する数量的な解答	6
1.2 因果関係の効果と理想的な実験	7
因果関係の効果の推定	7
予測と因果関係	9
1.3 データ：出所と種類	9
実験データと観測データ	9
クロスセクション・データ	10
時系列データ	11
パネルデータ	12

第 2 章 確率の復習 15

2.1 確率変数と確率分布	16
確率, 標本空間, 確率変数	16
離散的な確率変数の確率分布	16
連続的な確率変数の確率分布	18
2.2 期待値, 平均, 分散	20
確率変数の期待値	20
標準偏差と分散	21
確率変数の線形関数に関する平均と分散	22

	確率分布の形状に関する他の指標	23
2.3	2つの確率変数	25
	結合分布と限界分布	26
	条件付分布	27
	確率変数の独立	30
	共分散と相関	31
	確率変数の和に関する平均と分散	34
2.4	正規分布, カイ二乗分布, スチューデント t 分布, F 分布	35
	正規分布	35
	カイ二乗分布	39
	スチューデント t 分布	40
	F 分布	40
2.5	無作為抽出と標本平均の分布	41
	無作為な標本抽出 (ランダム・サンプリング)	41
	標本平均の標本分布	42
2.6	大標本の場合の標本分布の近似	44
	大数の法則と一致性	45
	中心極限定理	46
	付論 2.1 基本概念 2.3 の結果の導出	56
第3章 統計学の復習 59		
3.1	母集団の平均の推定	60
	推定量とその性質	60
	\bar{Y} の性質	61
	無作為な標本抽出 (ランダム・サンプリング) の重要性	63
3.2	母集団の平均に関する仮説検定	64
	帰無仮説と対立仮説	65
	p 値	65
	σ_Y が既知のときの p 値の計算	66
	標本分散, 標本標準偏差, 標準誤差	67
	σ_Y が未知のときの p 値の計算	69
	t 統計量	69
	特定の有意水準を使った仮説検定	70
	片側の対立仮説	72
3.3	母集団の平均に関する信頼区間	73
3.4	母集団の異なる平均の比較	75
	2つの平均の差に関する仮説検定	75
	2つの平均の差に関する信頼区間	76
3.5	実験データに基づく因果関係の効果の推定: 平均の差による推定	77
	因果関係の効果: 条件付期待値の差	77
	平均の差を用いた因果関係の効果の推定	77

3.6	標本数が小さい場合の t 統計量	81
	t 統計量とステューデント t 分布	81
	ステューデント t 分布の実際の利用	83
3.7	散布図, 標本分散, 標本相関	84
	散布図	84
	標本共分散と標本相関	84
	付論 3.1 米国の「現代人口調査: Current Population Survey」	94
	付論 3.2 \bar{Y} が μ_Y の最小二乗推定量であることの 2 つの証明	95
	付論 3.3 標本分散が一致性を持つことの証明	95

第 II 部 回帰分析の基礎 97

第 4 章 1 説明変数の線形回帰分析 99

4.1	線形回帰モデル	99
4.2	線形回帰モデルの係数の推定	104
	最小二乗推定量	105
	テスト成績と生徒・教師比率との関係に関する OLS 推定値	107
	なぜ OLS 推定量を使うのか?	108
4.3	回帰式の当てはまりの指標	110
	R^2	110
	回帰の標準誤差	111
	テスト成績データへの応用	112
4.4	最小二乗法における仮定	113
	仮定 1: X_i が与えられた下で, u_i の条件付分布の平均はゼロ	113
	仮定 2: $(X_i, Y_i), i = 1, \dots, n$ は独立かつ同一の分布に従う	115
	仮定 3: 大きな異常値はほとんど起こりえない	116
	最小二乗法の仮定が果たす役割	117
4.5	OLS 推定量の標本分布	118
	OLS 推定量の標本分布	118
4.6	結論	121
	付論 4.1 カリフォルニア州のテスト成績データセット	127
	付論 4.2 OLS 推定量の導出	127
	付論 4.3 OLS 推定量の標本分布	128

第 5 章 1 説明変数の回帰分析: 仮説検定と信頼区間 133

5.1	1 つの回帰係数に関する仮説検定	133
	β_1 に関する両側テスト	134
	β_1 に関する片側テスト	137
	切片 β_0 に関する仮説検定	139
5.2	1 つの回帰係数に関する信頼区間	139
5.3	X が (0, 1) 変数のときの回帰分析	141

回帰係数の解釈	141
5.4 不均一分散と均一分散	143
不均一分散, 均一分散とは何か?	144
均一分散の数学的意味付け	146
実際にはどんな意味があるのか?	147
5.5 最小二乗法の理論的基礎	149
線形の条件付不偏推定量とガウス・マルコフ定理	149
OLS 以外の回帰推定量	151
5.6 標本数が小さい場合の t 統計量	152
t 統計量とステューデント t 分布	152
ステューデント t 分布の実際の利用	153
5.7 結論	153
付論 5.1 OLS 標準誤差の公式	159
付論 5.2 ガウス・マルコフ条件とガウス・マルコフ定理の証明	161
第 6 章 多変数の線形回帰分析	165
6.1 除外された変数のバイアス	165
除外された変数のバイアス: 定義	166
除外された変数のバイアス: 公式	168
除外された変数のバイアスへの対応: データのグループ分け	170
6.2 多変数回帰モデル	171
母集団の回帰線	172
母集団の多変数回帰モデル	173
6.3 多変数回帰モデルにおける OLS 推定量	175
OLS 推定量	175
テスト成績と生徒・教師比率への応用	176
6.4 多変数回帰の当てはまりの指標	178
回帰の標準誤差 (SER)	178
R^2	178
修正済み R^2	179
テスト成績への応用	180
6.5 多変数回帰モデルにおける最小二乗法の仮定	180
仮定 1: $X_{1i}, X_{2i}, \dots, X_{ki}$ が与えられた下で u_i の条件付分布の平均はゼロ	180
仮定 2: $(X_{1i}, X_{2i}, \dots, X_{ki}, Y_i), i = 1, \dots, n$ は i.i.d. である	181
仮定 3: 大きな異常値はほとんど起こりえない	181
仮定 4: 完全な多重共線性はなし	181
6.6 多変数回帰モデルにおける OLS 推定量の分布	182
6.7 多重共線性	183
完全な多重共線性の事例	184
不完全な多重共線性	186
6.8 結論	187

付論 6.1	(6.1) 式の導出	194
付論 6.2	説明変数が2つで均一分散の場合の OLS 推定量の導出	194
第7章	多変数回帰における仮説検定と信頼区間	195
7.1	1つの係数に関する仮説検定と信頼区間	195
	OLS 推定量の標準誤差	195
	1つの係数に関する仮説検定	196
	1つの係数に関する信頼区間	197
	テスト成績と生徒・教師比率への応用	198
7.2	結合仮説のテスト	200
	2つ以上の係数に関する仮説検定	200
	F 統計量	202
	テスト成績と生徒・教師比率の回帰分析への応用	204
	均一分散のみに有効な F 統計量	204
7.3	複数の係数が関係する制約のテスト	206
7.4	複数の係数に対する信頼集合	208
7.5	多変数回帰におけるモデルの特定化	209
	多変数回帰における除外された変数のバイアス	209
	モデル選択の理論と現実	210
	R^2 と修正済み R^2 の実際の解釈	211
7.6	テスト成績データの実証分析	212
7.7	結論	217
	付論 7.1 結合仮説のボンフェローニ・テスト	222
第8章	非線形関数の回帰分析	225
8.1	非線形回帰式をモデル化する一般アプローチ	226
	テスト成績と学区の所得	227
	非線形モデルにおける X 変化の Y への影響	229
	多変数回帰モデルを使って非線形関係をモデル化する一般アプローチ	233
8.2	1 説明変数の非線形モデル	234
	多項式	234
	対数	236
	テスト成績と学区の所得に関する多項式モデルと対数モデル	243
8.3	説明変数間の相互作用	245
	2つの $(0,1)$ 変数の相互作用	245
	連続変数と $(0,1)$ 変数の相互作用	247
	2つの連続変数の相互作用	253
8.4	生徒・教師比率がテスト成績に及ぼす非線形の効果	254
	回帰分析結果についての議論	257
	実証結果の要約	261
8.5	結論	262

付論 8.1	パラメーターが非線形である回帰関数	271
--------	-------------------	-----

第 9 章 多変数回帰分析の評価 275

9.1	内部と外部の正当性	275
	内部の正当性を危うくする要因	276
	外部の正当性を危うくする要因	277
9.2	多変的回帰分析の内部正当性を危うくする要因	279
	除外された変数のバイアス	279
	回帰式の関数形の特定化ミス	281
	変数の計測誤差	281
	標本セレクション	284
	同時双方向の因果関係	285
	OLS 標準誤差が一致性を満たさない要因	288
9.3	回帰式が予測に使われる際の内部と外部の正当性	290
	回帰モデルの予測への利用	290
	予測に使われる回帰モデルの正当性の評価	291
9.4	具体例：テスト成績とクラス規模	291
	外部の正当性	291
	内部の正当性	297
	議論と含意	299
9.5	結論	300
	付論 9.1 マサチューセッツ州の小学校のテスト成績データ	304

第 III 部 回帰分析のさらなるトピック 305

第 10 章 パネルデータの回帰分析 307

10.1	パネルデータ	308
	具体例：交通事故死者数とアルコール税	309
10.2	2 時点のパネルデータ：「事前と事後」の比較	311
10.3	固定効果の回帰	313
	固定効果回帰モデル	313
	推定と統計的推論	315
	交通事故死者数への応用	317
10.4	時間効果の回帰	317
	時間効果のみの場合	318
	主体と時間両方の固定効果	319
10.5	固定効果回帰モデルの仮定と標準誤差	320
	固定効果回帰の仮定	321
	固定効果回帰の標準誤差	323
10.6	飲酒運転に対する法律と交通死亡事故	323
10.7	結論	328

付論 10.1	州の交通事故死亡者に関するデータセット	333
付論 10.2	誤差項に系列相関があるときの固定効果回帰の標準誤差	333
第 11 章	被説明変数が (0, 1) 変数の回帰分析	337
11.1	(0, 1) 被説明変数と線形確率モデル	338
	(0, 1) 被説明変数	338
	線形確率モデル	340
11.2	プロビット回帰, ロジット回帰	342
	プロビット回帰	343
	ロジット回帰	347
	線形確率, プロビット, ロジットモデルの比較	348
11.3	プロビット, ロジットモデルの推定と統計的推論	349
	非線形最小二乗推定	349
	最尤推定量	350
	当てはまりの指標	352
11.4	ボストン住宅ローンデータへの応用	352
11.5	結論	358
	付論 11.1 ボストン住宅ローンデータセット	365
	付論 11.2 最尤推定量	365
	付論 11.3 その他の限定された被説明変数モデル	368
第 12 章	操作変数回帰分析	371
12.1	操作変数法による推定: 1 説明変数, 1 操作変数の場合	372
	操作変数モデルとその仮定	372
	2 段階最小二乗法	373
	操作変数法はなぜ機能するのか	374
	TOLS 推定量の標本分布	378
	たばこ需要への応用	379
12.2	一般的な操作変数回帰モデル	381
	一般的な操作変数モデルにおける 2 段階最小二乗法 (TOLS)	382
	一般的な IV モデルにおける操作変数の妥当性と外生性	384
	操作変数回帰の仮定と TOLS の標本分布	384
	TOLS を用いた統計的推論	386
	たばこ需要への応用	386
12.3	操作変数の正当性の検討	387
	仮定 1: 操作変数の妥当性	388
	仮定 2: 操作変数の外生性	391
12.4	たばこ需要への応用	394
12.5	正当な操作変数はどこから見つけるのか?	398
	3 つの具体例	399
12.6	結論	403

付論 12.1	たばこ消費のパネルデータセット	409
付論 12.2	(12.4) 式の TSLs 推定量に関する公式の導出	409
付論 12.3	TSLs 推定量の大標本分布	409
付論 12.4	操作変数が正当ではない時の TSLs 推定量の大標本分布	410
付論 12.5	操作変数が弱い場合の操作変数分析	412
第 13 章	実験と準実験	415
13.1	理想的な実験と因果関係の効果	416
	ランダムにコントロールされた理想的な実験	416
	階差推定量	418
13.2	実際の実験における問題	418
	内部正当性の問題	418
	外部正当性の問題	421
13.3	実験データに基づく因果関係の効果の推定	423
	説明変数が追加される場合の階差推定量	423
	階差の階差推定量	427
	異なるグループに対する因果関係の効果の推定	430
	実験手続きが部分的に順守されないときの推定	430
	ランダムかどうかのテスト	431
13.4	少人数クラスの効果：実験に基づく推定	431
	実験のデザイン	432
	STAR データの分析	433
	クラス規模の効果：観察データに基づく推定値と実験による推定値の比較	437
13.5	準実験	439
	具体例	440
	準実験を分析する計量経済手法	442
13.6	準実験の潜在的な問題	443
	内部正当性の問題	443
	外部正当性の問題	446
13.7	異質な母集団の下での実験と準実験の推定値	446
	母集団の異質性：因果関係の効果は誰の効果なのか？	447
	異質な因果関係の効果に関する OLS	448
	異質な因果関係の効果に関する IV 回帰	448
13.8	結論	451
付論 13.1	STAR プロジェクトのデータセット	459
付論 13.2	階差の階差推定量の多時点への拡張 ⁹	459
付論 13.3	条件付平均の独立	460
付論 13.4	因果関係の効果が個人間で異なる場合の IV 推定	461

第 IV 部 経済時系列データの回帰分析 463

第 14 章	時系列回帰と予測の入門	465
14.1	回帰モデルを使った予測	466
14.2	時系列データと系列相関	467
	アメリカのインフレ率と失業率	467
	ラグ, 1 回の階差, 対数, 成長率	468
	自己相関	471
	経済の時系列変数: 他の具体例	472
14.3	自己回帰モデル	474
	1 次の自己回帰モデル	474
	p 次の自己回帰モデル	477
14.4	他の予測変数を追加した時系列回帰と自己回帰・分布ラグモデル	478
	過去の失業率を用いたインフレ率変化の予測	478
	定常性	482
	複数の予測変数を含む時系列回帰	483
	予測の不確実性と予測区間	486
14.5	情報量基準を使ったラグ次数の選択	487
	自己回帰モデルのラグ次数の決定	489
	ラグ次数の選択: 複数の予測変数を含む時系列回帰の場合	491
14.6	非定常性 I: 確率トレンド	492
	トレンドとは何か	493
	確率トレンドがもたらす問題	495
	確率トレンドの検出: AR 単位根テスト	497
	確率トレンドがもたらす問題の回避	502
14.7	非定常性 II: ブレイク (回帰関数の変化)	502
	ブレイクとは何か	503
	ブレイクの検出	503
	準サンプル外予測	508
	ブレイクへの対処方法	514
14.8	結論	514
	付論 14.1 第 14 章で用いられた時系列データ	522
	付論 14.2 AR(1) モデルの定常性	522
	付論 14.3 ラグオペレータ表現	523
	付論 14.4 ARMA モデル	524
	付論 14.5 BIC によるラグ次数推定量の一致性	524
第 15 章	動学的な因果関係の効果の推定	527
15.1	オレンジジュース・データの概観	528
15.2	動学的な因果関係の効果	530
	因果関係の効果と時系列データ	531

	2つのタイプの外生性	533
15.3	動学的な因果関係の効果の推定：外生的な説明変数を含む場合	535
	分布ラグモデルの仮定	536
	自己相関を持つ u_t , 標準誤差, 統計的推論	537
	動学乗数と累積的な動学乗数	537
15.4	不均一分散・自己相関を考慮した標準誤差	539
	誤差項が自己相関を持つ場合の OLS 推定量の分布	539
	HAC 標準誤差	541
15.5	動学的な因果関係の推定：説明変数が強い外生の場合	543
	AR(1) 誤差項を持つ分布ラグモデル	544
	ADL モデルの OLS 推定	546
	GLS 推定	547
	追加ラグと AR(p) 誤差項を持つ分布ラグモデル	549
15.6	オレンジジュース価格と寒波	552
15.7	外生性の仮定は妥当か？いくつかの具体例	557
	アメリカの所得とオーストラリアの輸出	559
	石油価格とインフレーション	559
	金融政策とインフレーション	559
	フィリップス曲線	560
15.8	結論	560
	付論 15.1 オレンジジュース・データセット	566
	付論 15.2 ラグオペレータ表現を使った ADL モデルと一般化最小二乗法	566
第 16 章	時系列回帰分析の追加トピック	569
16.1	ベクトル自己回帰モデル	569
	VAR モデル	570
	インフレ率と失業率の VAR モデル	572
16.2	多期間の予測	573
	多期間の繰り返し予測	574
	多期間の直接予測	576
	どの手法を用いるべきか	578
16.3	和分の次数と DF-GLS 単位根テスト	579
	トレンドに関する他のモデルと和分の次数	579
	DF-GLS 単位根テスト	581
	なぜ単位根テストは正規分布とは異なる分布に従うのか	584
16.4	共和分	585
	共和分と誤差修正	587
	2変数が共和分の関係にあるかどうかをどう判断するか	589
	共和分係数の推定	591
	3変数以上の共和分への拡張	592
	金利への応用	593

- 16.5 変動率のかたまりと自己回帰の条件付不均一分散 595
 - 変動率のかたまり 595
 - 自己回帰の条件付不均一分散 597
 - 株価ボラティリティへの応用 598
- 16.6 結論 599
 - 付論 16.1 本章で使われる米国金融データ 604

第 V 部 回帰分析に関する計量経済学の理論 605

第 17 章 線形回帰分析の理論：1 説明変数モデル 607

- 17.1 最小二乗法の仮定の拡張と OLS 推定量 608
 - 拡張された最小二乗法の仮定 608
 - OLS 推定量 610
- 17.2 漸近分布理論の基礎 610
 - 確率における収束と大数の法則 610
 - 中心極限定理と分布における収束 613
 - スルツキー定理と連続マッピング定理 614
 - 標本平均に基づいた t 統計量への応用 615
- 17.3 OLS 推定量と t 統計量の漸近分布 615
 - OLS 推定量の一致性と漸近的な正規性 615
 - 不均一分散を考慮した標準誤差の一致性 616
 - 不均一分散を考慮した t 統計量の漸近的な正規性 617
- 17.4 誤差項が正規分布に従うときの正確な標本分布 617
 - 誤差項が正規分布に従うときの $\hat{\beta}_1$ の分布 618
 - 不均一分散のみに有効な t 統計量の分布 619
- 17.5 ウェイト付き最小二乗法 620
 - 不均一分散の形状が既知のときの WLS 620
 - 不均一分散の関数形が既知のときの WLS 621
 - 不均一分散を考慮した標準誤差か WLS か 624
 - 付論 17.1 連続的な確率変数に関する正規分布および関連する分布とモーメント 627
 - 付論 17.2 2つの不等式 629

第 18 章 多変数回帰分析の理論 631

- 18.1 多変数線形回帰モデルと OLS 推定量の行列表現 632
 - 多変数回帰モデルの行列表現 632
 - 拡張された最小二乗法の仮定 633
 - OLS 推定量 635
- 18.2 OLS 推定量と t 統計量の漸近分布 635
 - 多変数の中心極限定理 636
 - $\hat{\beta}$ の漸近的な正規性 636
 - 不均一分散を考慮した標準誤差 637

	予測される効果の信頼区間	638
	t 統計量の漸近的な正規性	638
18.3	結合仮説のテスト	639
	結合仮説の行列表示	639
	F 統計量の漸近分布	639
	複数の回帰係数に対する信頼集合	640
18.4	誤差項が正規分布に従うときの回帰統計量の分布	640
	OLS 回帰統計量の行列表現	641
	誤差項が正規分布の場合の $\hat{\beta}$ の分布	642
	s_a^2 の分布	642
	均一分散のみに有効な標準誤差	643
	t 統計量の分布	643
	F 統計量の分布	643
18.5	誤差項が均一分散の下での OLS 推定量の効率性	644
	多変数回帰のガウス・マルコフ条件	644
	線形の条件付不偏推定量	644
	多変数回帰のガウス・マルコフ定理	645
18.6	一般化最小二乗法	646
	GLS の仮定	647
	Ω が既知のときの GLS	648
	Ω が未知パラメーターを含むときの GLS	649
	条件付平均ゼロの仮定と GLS	650
18.7	操作変数法と一般化モーメント法推定	652
	操作変数 (IV) 推定量の行列表現	652
	TOLS 推定量の漸近分布	653
	誤差項が均一分散のときの TOLS 推定量の性質	654
	線形モデルにおける一般化モーメント法推定	657
	付論 18.1 行列の代数に関する要約	666
	付論 18.2 多変数の確率分布	669
	付論 18.3 $\hat{\beta}$ の漸近分布の導出	670
	付論 18.4 誤差項が正規分布に従うときの OLS テスト統計量：正確な分布の導出	671
	付論 18.5 多変数回帰におけるガウス・マルコフ定理の証明	672
	付論 18.6 操作変数および GMM 推定に関するいくつかの結果の証明	673
	付表	677
	参考文献	685
	用語集	691
	英(和)索引	705
	和(英)索引	713