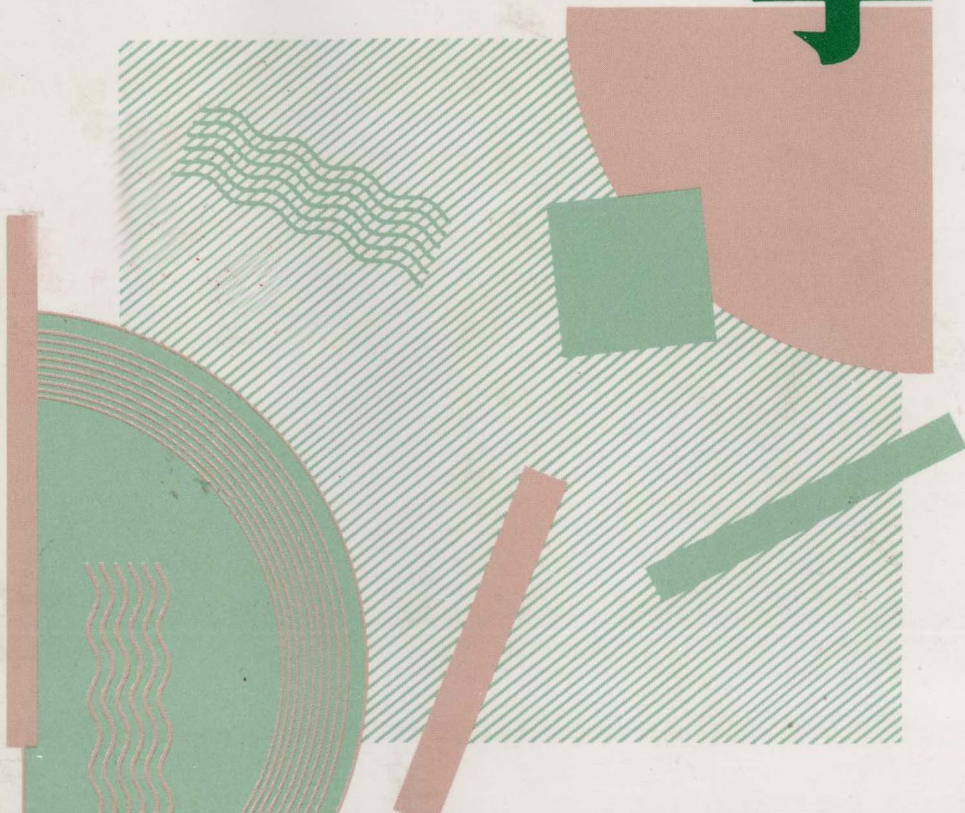


予測のための統計学

パリ大学教授

B.ピガニオル

小村 賢二 訳
柴山宮恵子



晃 洋 書 房

予測のための

統計学

パリ大学教授

B.ピガニオル

小村 賢二 訳
柴山宮恵子

晃 洋 書 房

【訳者紹介】

小 村 賢 二…… 1 ～ 3 章, 9 章, 付録 1, 付録 2

昭和 21 年岐阜県生れ

名古屋市立大学大学院博士課程修了

名古屋市立大学助手, 名古屋経済大学講師を経て

現在 愛知学院大学教養部教授

専攻 統計数学

著書『基礎過程統計学』成文堂

『微分学入門』成文堂

『医学・家政看護学のための統計データ解析』杉山書店

『経済商学のための解析学』(共編) 楨書店

『情報管理のための予測の方法』(訳) 晃洋書房〔近刊〕

『経済予測の基礎』(訳) 成文堂

柴 山 宮恵子…… 4 ～ 8 章

昭和 24 年愛知県生れ

名古屋市立大学大学院修士課程修了

滋賀大学助手を経て

現在 江南女子短期大学助教授

専攻 計量経済学, 統計学

予測のための 統 計 学

1987 年 2 月 10 日
1990 年 4 月 10 日

初版第 1 刷発行
初版第 3 刷発行

* 定価はカバーに
表示してあります

訳者の了
解により
検印省略

著 者 B. ピガニオル

訳 者 小 村 賢 二
柴 山 宮恵子

発行者 上 田 芳 樹

発行所 株式 晃 洋 書 房
会 社

〒615 京都市右京区西院北矢掛町 7 番地
電 話 075 (312) 0788 番(代)
振替口座/京都 4-32280 番

印刷 西濃印刷株式会社

製本 清水製本所

ISBN4-7710-0356-4

序 文

この本はだれを対象とするか

- 経済学と経営管理の2, 3年次生；高等商業学院（訳注：日本での大学院の商学研究科レベル）、経営学修士、応用経済学修士、経済科学修士、経営情報学修士、経営学博士、経済科学博士等の大学院の学生。
- 経営学の数量的技法を補完的な研究ないし永続的なセミナーによって修得しようとする者。
- 大企業のサービス部門、金融・市場調査、研究センターの方法論の部局、公共サービス団体等の研究部局のそれぞれの専門分野で研究計画を行なおうとする者または研究者。
- 教育と研究の発展に対応して統計的手法とその可能性を用いて数量的技法のみならず、財政、市場調査、経営管理、生産、数量経済、景気、応用経済学の古典的な研究分野で経済科学と経営学の研究・教育に役立てようとする者。

目的は何か

今までに統計理論の解説書、研究書、理論の練習書、上級水準の本など数多く出版された。この本は以下の点で異なった目的を持つ。

- 数理統計学の専門家でない人たちを対象にその技法を広めること。
- 経済学の研究と経営学の問題にこれらの方法を適用すること。

読者に要求する統計的知識は何か

—— この本の読者は簡単な確率分布（正規分布，ポアソン分布，2項分布）について初等的な代数計算，行列演算と同様に知っているものとする。

この本はM.M.ゲェロイ，ピガニオルとサウドブレイの本，解答付統計練習問題集を参考にするにより一層役立つであろう。

B. ピガニオル

目 次

序 文

第 1 部 モデルへの案内

1 章 経済・経営モデル設計で用いられる統計的手法の展望	3
§ 1 数 量 モ デ ル	3
A) モデルの定義と構造	3
1 システムの定義と分析 (3)	
2 モデル表現の定義 (4)	
3 モデルの構造：変数と方程式の位相 (5)	
4 構造モデルと誘導モデル (6)	
B) モデルの分類	6
1 理論モデル，会計モデル，計量モデル (6)	
2 静学モデルと動学モデル (8)	
3 内生モデルと外生変数を説明するモデル (8)	
4 シミュレーション，予測，最適化モデル (9)	
§ 2 経済・経営モデルの利用分野	11
A) 経済と経済政策において	11
1 経済学研究のために利用 (12)	
2 予測と意思決定のために使用 (12)	
B) 企業組織の経営において	12
1 企業の環境予測のために利用 (13)	
2 意思決定の手助けのために使用 (13)	

§ 3 計量モデル推敲過程	13
A) モデルビルディングの局面	14
1 選択したシステムの研究とデータ収集 (14)	
2 収集したデータ解析 (14)	
3 モデルの理論的定式化 (14)	
4 推定方法と解析プログラムの選択 (15)	
5 各方程式の数値母数の解析 (15)	
6 モデル実行の評価とよりよい評価の選択 (15)	
B) モデルが操作可能という局面	15
1 検定と評価としてのモデルのシミュレーション (16)	
2 母数推定の修正と実現 (16)	
3 予測とシミュレーションのためのモデルの正しい利用 (16)	
§ 4 計量モデル推敲の中で用いられる統計的手法	16
A) データ標本の統計分析	17
1 相関・回帰・検定の技術 (17)	
2 データ解析の技法 (17)	
B) モデル推定の手法	18
1 最小2乗法 (18)	
2 その他の方法 (18)	
C) モデル評価の手法	18
2 章 モデル設計の予備的統計分析：回帰と相関	19
§ 1 現象の数量的表現：統計的データ	20
A) 定 義	20
1 横断的なもの、あるいは度数分布 (20)	
2 年代順データ、時系列 (20)	
B) 指標の原則：平均と分散	20
1 横 断 面 (20)	
2 時 系 列 (23)	
C) 個々のデータの異なる使用	24
1 横断面データ (24)	

2 時系列データ (24)	
§ 2 2 系列間の関係式の研究：回帰と単相関	25
A) 正確な表現：散布図	25
B) 簡単な表現：回帰直線による適合	26
1 y の x への回帰直線： $y^* = ax + b$ (26)	
2 x の y への回帰直線： $x^* = a'y + b'$ (28)	
C) 適合の精度の評価：単相関係数	29
1 定 義 (29)	
2 計 算 公 式 (29)	
3 性 質 (30)	
4 実際的な意義と使用 (30)	
§ 3 多変数系列間の関係を統計的に研究	31
A) 単純相関係数行列	31
1 定義と表現 (31)	
2 使 用 (32)	
B) 重回帰線形関数による適合	32
1 定義と行列体 (33)	
2 回帰係数ベクトルの計算 (35)	
C) 重回帰による適合の精度の評価	36
1 決定係数ないし重相関係数 R (36)	
2 偏相関係数 (新しい変数の付加) (36)	
§ 4 結論：これらの手法の可能性と使用の限界	38

第 2 部 計量モデルの設計

3 章 単一方程式と一説明変数を持つ線形モデル	41
§ 1 計量モデル構築の問題	42
A) モデルの理論的定式化	42
1 変数と関係式の意味の選択 (42)	

2	関係式の選択と線形関数への転換 (43)	
3	確率変数 u の付加 (44)	
B)	データの標本分析と選択	45
1	統計指標の選択 (45)	
2	時系列の間隔と長さの選択 (45)	
3	データの分析と構造 (46)	
C)	計量モデルの母数の推定	47
1	モデルの確率構造: $y = ax + b + u$ (47)	
2	標本によって母数を解析する方法: 推定量 (48)	
3	最良推定量の性質: 不偏, 一致, 有効 (50)	
§ 2	最もよく使用される解析法: 最小 2 乗法	51
A)	定義と解析の公式	52
B)	有効性の条件	52
1	標本と理論モデルに関するもの (52)	
2	確率変数 u に関するもの (53)	
C)	性 質	54
1	不偏, 一致, 有効推定量 (54)	
2	性質の証明 (54)	
3	推定量 $\hat{a}^*$ と $\hat{b}^*$ の仮定 (56)	
§ 3	推定モデルと予測モデルの評価	57
A)	推定モデルの評価	57
1	推定モデルと理論モデルの乖離 (57)	
2	内生変数の観測値と計算値の偏差 (58)	
3	残差分散 σ_u^2 と推定量 $\hat{a}^*$ と $\hat{b}^*$ の分散の推定 (59)	
4	理論モデルと実現値との偏差: 残差分散と相関係数 r (59)	
5	推定モデルの完全な表現 (60)	
B)	予測とシミュレーションのために推定モデルを利用	60
1	将来の値と内生変数の予測値 (61)	
2	予測の性質: 予測誤差の分布 (61)	
3	予測信頼区間の形成 (62)	

§ 4 数 値 適 用 例	63
A) 与 件	63
B) モデルから理論を形成	63
C) 推定モデルの計算	64
D) 予測のために使用	65
4 章 単一方程式と複数個の説明変数からなる線形モデル	66
§ 1 計量モデル作成の問題	67
A) 理論モデルの定式化	67
1 外生変数の選択 (67)	
2 外生変数の遅れの選択 (67)	
3 遅れのある内生変数：自己回帰モデル (68)	
4 ダミー変数 (68)	
B) 標本抽出の選択	69
1 理論的変数の、よりよい統計指標の選択 (69)	
2 標本の行列表示 (69)	
C) 計量モデルとその行列による定式化	70
§ 2 より有効な計算方法：最小 2 乗推定量	71
A) 定 義	71
B) 妥当性の条件	72
C) 特 徴	73
D) 利用の限界	75
1 分散の不均一性と攪乱項 u_t の自己相関 (75)	
2 確率回帰：変数の誤差と自己回帰モデル (76)	
§ 3 最小 2 乗法によって推定されたモデルの評価	77
A) 推定されたモデルの計算とその結果の評価	77
1 推定されたモデルと理論モデルの乖離 (77)	
2 残差分散 σ^2 と $\hat{a}^*$ の分散共散行列の推定 (78)	
3 推定されたモデルと実際の観測値の誤差：重相関係数 (78)	

B) よりよい推定モデルの選択と利用	78
1 採用した外生変数の数 (78)	
2 推定の反復方法 (79)	
3 予測誤差とその確率分布 (79)	
§ 4 その他の推定方法の概要	80
1 一般化最小 2 乗法 (80)	
2 操作変数法 (81)	
5 章 多重線形方程式モデル	82
§ 1 理論モデル：定義と種々の形	82
A) 定義と一般的記述	82
B) 構造形	83
1 行列表示 (84)	
2 方程式の係数に関する先験的信息 (85)	
3 モデルの分類 (86)	
C) 誘導形	86
§ 2 構造形と誘導形間の関係：識別問題	87
A) 構造形から誘導形への変換	87
B) 誘導形から構造形への変換	88
1 識別問題の定義と意義 (89)	
2 一般の場合：識別不能あるいは一部分識別可能モデル (90)	
3 特別な場合：全体識別モデル (90)	
C) 構造形の 1 つの方程式の識別条件	90
1 識別のための必要条件 (階数条件) (91)	
2 識別のための必要十分条件 (次数条件) (91)	
§ 3 推定技法	92
A) モデルの確率的構造	92
1 非確率的な外生変数 X_t に関する仮定 (92)	
2 構造形の確率的外生変数 u_{it} に関する仮定 (93)	
3 誘導形の確率的外生変数 u_{it} の性質 (93)	

B) 誘導形の推定	94
C) 構造形の推定	94
1 最小2乗法：独立方程式モデルと逐次モデル (94)	
2 間接最小2乗法：全体が識別可能な同時方程式モデル (95)	
3 2段階最小2乗法：同時方程式モデル (96)	
D) 結論：推定方法の実際的評価	97

第3部 一般の検定

6章 平均の検定	101
----------	-----

§1 検定理論の一般的原則	101
---------------	-----

A) 検定の定義	102
----------	-----

- 1 目的と一般的方法 (102)
- 2 仮説間の選択の原則：受容域と棄却域 (103)
- 3 誤りの危険 (104)
- 4 受容域と棄却域の境界値 (105)

B) 2つの単純仮説間の検定（ネイマンの方法）	105
-------------------------	-----

- 1 目的 (105)
- 2 未知母数の推定量 k^* に基づく H_1 の棄却域の計算 (106)

C) 単純仮説と複合仮説の間の検定（ネイマンの方法）	107
----------------------------	-----

- 1 目的 (107)
- 2 UMP検定における H_1 の一義的な棄却域の境界値 (108)
- 3 UMP検定が存在しない時の H_1 の一義的な棄却域の境界値 (108)

§2 平均の簡単な検定の適用例——

標本平均とあらかじめわかっている値との比較	109
-----------------------	-----

A) 分散既知の場合の正規分布の平均	109
--------------------	-----

- 1 検定すべき仮説 (109)
- 2 $H = H_1$ の時の $E(X)$ の推定量とその分布の計算 (110)
- 3 H_1 の棄却域の決定 (110)
- 4 判定方法 (113)

B) 分散未知の場合の正規分布の平均	113
1 検定すべき仮説 (113)	
2 $H=H_1$ の時の $E(x)$ の推定量とその分布の計算 (114)	
3 H_1 の棄却域の計算 (114)	
4 判定方法 (116)	
§ 3 平均の比較の検定への応用	117
A) 分散既知の場合の 2 つの正規分布の平均の比較	117
1 検定すべき仮説 (117)	
2 $H=H_1$ の時の D の推定量 D^* とその分布の計算 (117)	
3 H_1 の棄却域の決定 (118)	
4 判定方法 (119)	
B) 分散未知の場合の 2 つの正規分布の平均の比較	119
1 検定すべき仮説 (119)	
2 $H=H_1$ の時の D の推定量 D^* とその分布の計算 (119)	
3 H_1 の棄却域の決定 (120)	
4 判定方法 (121)	
7 章 分散の検定と χ^2 検定	123
§ 1 分散の検定	124
A) 正規変数の分散とあらかじめわかっているある値との比較	124
1 検定すべき仮説 (124)	
2 推定量とその分布の計算 (124)	
3 H_1 の棄却域の決定と判定方法 (125)	
B) 2 つの正規変数の分散の比較 (フィッシャーの検定)	127
1 検定すべき仮説 (127)	
2 $H=H_1$ の時の σ_1^2 と σ_2^2 の推定量とそれらの分布の計算 (127)	
3 H_1 の棄却域の決定と判定方法 (128)	
§ 2 χ^2 検定：分類された標本分布の研究	130
A) 理論分布に対する経験分布の適合度	130
1 検定すべき仮説 (130)	
2 $H=H_1$ である時の偏差の指標 I とその分布の計算 (130)	
3 棄却域の決定 (131)	

4 数値表と判定方法 (132)	
B) 2つの経験分布間の関係 (分割表)	132
1 検定すべき仮説 (132)	
2 $H=H_1$ の時の偏差の指標 I とその分布の計算 (133)	
3 棄却域の決定 (134)	
4 判定 (135)	
8 章 検定の計量モデルへの応用	136
§ 1 モデルの結果の評価	136
A) 回帰係数に関する検定 (スチューデントの検定)	137
1 検定すべき仮説 (138)	
2 $H=H_1$ の時の推定量 (a^*) と D^* の計算 (138)	
3 H_1 の棄却域の決定と判定方法 (139)	
B) 線形モデルの全体的評価と 部分的評価の検定 (フィッシャーの検定)	140
1 多重回帰に適用した分散分析 (141)	
2 検定すべき仮説 (142)	
3 $\text{Var}(u_0)$, $\text{Var}(u_1)$, $\text{Var}(u_2)$ の推定量の計算 (142)	
4 棄却域の決定 (143)	
5 分散分析による F の計算表 (144)	
C) 簡単な相関係数に関する検定 (1 個の説明変数からなる線形モデル)	144
1 利用可能なデータと検定すべき仮説 (145)	
2 $H=H_1$ の時の ρ の推定量の選択とその分布の計算 (145)	
3 H_1 の棄却域の決定と判定方法 (145)	
§ 2 攪乱項の独立性, 最小 2 乗法の妥当性の条件	146
A) 残差の自己相関分析: コレログラム	146
B) 攪乱項の独立性の検定 (ダービン・ワトソン検定)	147
1 検定すべき仮説 (147)	
2 標本の関数の選択と棄却域の決定 (148)	

第4部 短期予測内生モデル

9章 時系列解析の方法	153
§1 モデルの理論的形式：分解モデル	153
A) 乗積・加法モデル	154
B) モデルの選択	155
§2 トレンドの研究	157
A) 理論関数の選択	157
1 単純モデル：線形，対数，指数（157）	
2 多項式モデル（158）	
3 対数と関連したモデル（158）	
B) モデルの推定と評価	159
§3 季節変動の研究	160
A) 移動平均法	160
1 定義，性質と利用条件（160）	
2 非季節化された時系列の解析のために利用（161）	
3 季節係数解析のために利用（161）	
4 予測適用のむずかしさ（162）	
B) ダミー変数法（ジョルゲンソン法）	162
1 季節ダミー変数の確立（163）	
2 トレンドと季節性を同時に解析（163）	
3 モデルと予測の評価（164）	
§4 循環・周期性の研究	164
A) コレログラム	164
1 定義と利用条件（164）	
2 循環を表現するためにダミー変数を利用（165）	
B) ピリオドグラム	165
1 循環関数を定常時系列に適合（165）	
2 変動の周期をピリオドグラムによって解析（166）	

付録 1 (訳者解説)	169
A) 正準相関分析	169
B) 時系列解析	172
付録 2 統計数値表	181

訳者あとがき

索 引

第 1 部

モデルへの案内

われわれは経済学や経営学においてモデルの推敲を全体的に自由にしてきた。この本はその過程で用いた統計的手法の概要を述べる。第 1 にモデルの特定な性質がどのようなもので、かつそれらをいかに活用すればよいか明確にする必要がある。計量モデルはその枠内において経済モデル発展の基本的な方向づけに重要な役割を果たした。これら計量モデルは現象を予備的に観察する方法、その解析と推定の方法、その結果の評価の方法など連続的に多くの統計的手法の助けを借りて複雑な過程をへて練り上げられた。この本の最初の部分では、次のことを順に述べる。

- いろいろなモデルとその統計的方法の一般的な紹介。
- 計量モデルの推敲と評価を論理的にするための標本の統計的手法に関した技法的な要素。