

目 次

改訂版出版の辞

まえがき

第 1 章 序論	1
1-1 最小二乗法の歴史	1
1-2 誤差と精度	2
1-2-1 誤差論	2
1-2-2 誤差の種類	2
1-2-3 誤差の法則	3
1-2-4 誤差の確率	4
1-2-5 誤差曲線の誘導	5
1-2-6 確率誤差と標準偏差	8
1-3 最小二乗法の原理と応用	10
1-3-1 最小二乗法の応用・直接観測	12
1-3-2 観測値に最もよく適合する直線（回帰直線）の決定	14
1-3-3 観測量の間にある条件が成立する場合の 最小二乗法の問題	18
第 2 章 線形代数学の基礎知識	23
2-1 行列とその種類	23
2-2 行列の演算	25
2-3 逆行列	35
2-4 連立一次方程式	38

2-5	行列のランク (階数, 位) とトレース	41
2-6	行列の対角化と三角化	45
2-7	ベクトル空間と巾等行列	48
2-8	固有値と固有ベクトル	53
2-9	二次形式	56
2-10	行列の微分	59
2-11	行列についてのいくつかの補足	60
第3章 確率・統計の基礎		63
3-1	確率分布	63
3-1-1	確率	63
3-1-2	離散型分布	64
3-1-3	連続型分布	67
3-1-4	多次元確率分布	69
3-2	期待値とモーメント	71
3-3	正規分布	77
3-4	確率変数の関数の分布	85
3-4-1	確率変数の関数の密度関数	85
3-4-2	確率変数の関数の平均値と分散	90
3-5	標本と標本分布	95
3-5-1	標本	95
3-5-2	中心極限定理	98
3-5-3	正規母集団からの標本分布	100
第4章 統計的推測		113
4-1	検定	113

4-1-1	平均値の検定	116
4-1-2	平均値の差の検定	122
4-1-3	分散の検定	124
4-1-4	分散の比の検定	126
4-1-5	相関係数の検定	128
4-1-6	異常値の検定	132
4-1-7	適合度の検定	135
4-2	推定	138
4-2-1	点推定	138
4-2-2	区間推定	149
第5章 観測方程式による最小二乗法		165
5-1	観測方程式の導入	165
5-2	観測値の精度 (分散)	172
5-3	未知のパラメータ X の最確値の精度	175
5-4	推定量の分布	180
5-5	回帰分析	184
5-5-1	線形回帰	184
5-5-2	曲線回帰	193
5-6	調和解析	195
5-7	三辺測量による測地網の平均	201
第6章 正規方程式の解法		207
6-1	ガウスによる正規方程式の解法	207
6-1-1	古典的解法	207
6-1-2	行列計算によるガウスの消去法	212

6-2	コレスキーの方法	222
6-3	大規模な正規方程式の解法	230
第7章 条件方程式		
7-1	条件方程式と未定係数法	235
7-2	条件方程式の解法	239
7-3	条件方程式より標準偏差 m_0 を求めること および $\hat{V}'P\hat{V} = \text{極小の証明}$	241
7-4	測量の分野における条件方程式の利用	250
7-4-1	水準測量の網平均	250
7-4-2	三角網の条件方程式による調整	253
7-4-3	多角測量における条件方程式	259
7-4-4	三辺測量の条件方程式	260
7-4-5	多角測量における簡易平均法	265
7-5	いろいろな確率変数の重み係数行列	271
第8章 最小二乗法のより複雑な問題		
8-1	条件付きの観測方程式	277
8-1-1	条件付き観測方程式の解法	277
8-1-2	未知量条件式の検定	280
8-2	未知のパラメータ X を含む条件方程式	282
8-3	さらに未知のパラメータ間に条件がつけ られた一般的問題	290
8-4	同一の未知量に対し, 新, 旧2組の観測が 行われた場合の取扱い	298
8-5	観測相互に相関がある場合の最小二乗法	300

8-6	化成正規方程式とその応用	304
8-7	最小二乗コロケーション	314
第9章 逐次的最小二乗法		
9-1	観測方程式を用いた逐次平均法	319
9-2	条件方程式を用いた逐次平均法	328
9-3	未知量の情報がある場合の平均法	339
9-4	カルマン・フィルター	346
第10章 一般逆行列と最小二乗法		
10-1	一般逆行列	352
10-2	一般逆行列のつくり方と種類	354
10-3	一般逆行列と一次方程式の解の性質	363
10-4	一般逆行列を用いた最小二乗法	369
10-4-1	観測方程式	369
10-4-2	条件方程式	372
10-4-3	観測方程式から条件方程式を作成すること	373
10-4-4	混合方程式を観測方程式の形に変形すること	374
10-5	一般逆行列の簡単な求め方	375
10-6	一般逆行列の測量の分野への応用	380
10-7	拘束条件を用いた解法	382
第11章 測量の分野における最小二乗法		
11-1	水準測量の網平均	389
11-1-1	条件方程式による網平均	390
11-1-2	観測方程式による網平均	394

11-2	三角測量, 多角測量の網平均	405
11-2-1	測量の予備知識と等角投影	405
11-2-2	距離測定の観測方程式	409
11-2-3	方向観測の観測方程式	411
11-2-4	誤差楕円	415
11-2-5	方向観測による三角測量網平均の計算例	417
11-2-6	測距と測角の混合測地網平均の計算例	431
11-2-7	測距と測角の混合測地網の自由網平均の 計算例	446
第 12 章	GPS 測量における最小二乗法	477
12-1	GPS 測量の予備知識	477
12-2	測地座標変換	479
12-2-1	経緯度及び高さから三次元直交座標への変換	479
12-2-2	三次元直交座標から経緯度及び高さへの変換	480
12-2-3	WGS 84 座標系と日本測地系との関係	482
12-3	GPS 測量の網平均	483
12-4	GPS 測量の網平均計算例	488
参考文献		513
付 表		515
索 引		527