

目次

記号と用語.....	1
記号.....	1
用語.....	2
1 略語.....	2
2 日本語化.....	3
3 その他.....	4
第1章 測地学に基づく地球上の位置表示.....	5
1.1 測地基準系.....	5
1.1.1 三角測量の位置表示 (“2 + 1”次元).....	6
1.1.2 衛星測位の位置表示 (3次元).....	7
1.2 座標と座標系の種類.....	9
1.2.1 楕円体座標系 (又は測地座標系) と地心直交座標系.....	9
1.2.2 局所測地座標系と局所地球座標系.....	10
1.2.3 天文座標系.....	10
1.2.4 地平座標系.....	11
1.2.5 平面直角座標系.....	11
1.2.6 UTM座標系.....	13
1.3 鉛直基準系.....	15
1.3.1 標高.....	15
1.3.2 力学高・正規高.....	16
1.3.3 ジオイドとジオイド高.....	17
1.3.4 鉛直原子.....	18
1.4 座標系と原子の関係.....	18
第2章 ISOに基づく地球上の位置表示.....	19
2.1 座標と座標系.....	19
2.1.1 座標と座標系の定義.....	19
2.1.2 測量で使う座標系.....	20
2.2 原子.....	21
2.2.1 測地原子.....	21
2.2.2 鉛直原子.....	22
2.2.3 施工基準原子、局所原子.....	22
2.2.4 画像原子.....	22

2.3	座標参照系	23
2.3.1	測地座標参照系	23
2.3.2	鉛直座標参照系	24
2.3.3	複合座標参照系	24
2.3.4	地心直交座標参照系の例	25
2.4	座標演算	25
2.4.1	座標変換	25
2.4.2	座標換算	25
2.4.3	座標変換と座標換算の区別	26
第3章	測量法に基づく日本の陸上の位置表示	27
3.1	日本測地系	27
3.1.1	座標と座標系	27
3.1.2	測地原子	27
3.1.3	水平位置の基準面	30
3.1.4	日本測地系の構築	30
3.2	日本測地系 2000	32
3.2.1	座標と座標系	33
3.2.2	測地原子	34
3.2.3	水平位置の基準面	36
3.2.4	測地成果 2000 の構築	36
3.3	日本測地系 2011	37
3.3.1	日本経緯度原点の測地原子の改正	37
3.3.2	PatchJGD による測量成果の改算	39
	参考資料：測量法	41
第4章	標高	43
4.1	鉛直基準系	43
4.1.1	日本の鉛直原子	43
4.1.2	一等水準測量	43
4.2	基準点の標高	46
4.2.1	三角測量による標高	46
4.2.2	衛星測位（電子基準点）による標高	49
4.3	公共測量における標高改定	51
4.3.1	3D-BMBによる標高補正	51
4.3.2	計算例	52

第5章 世界測地系.....	53
5.1 天文基準系.....	53
5.1.1 天文基準座標系.....	53
5.1.2 地球回転パラメータ.....	54
5.2 地殻変動と座標系.....	54
5.2.1 NNR(No Net Rotation).....	55
5.2.2 NNT(No Net Translation).....	55
5.2.3 NNS(No Net Scale).....	55
5.3 衛星測位の座標系.....	57
5.3.1 WGS 84 座標系と基準フレーム.....	57
5.3.2 国際地球基準座標系 (ITRF).....	58
5.3.3 準天頂衛星の座標系 (日本衛星測位測地系 : JGS).....	59
5.3.4 ITRS と WGS 84 の座標変換.....	59
5.3.5 TKY2WGS 座標変換ソフトウェア.....	59
5.4 楕円体.....	60
5.4.1 主な地球楕円体.....	60
5.4.2 座標の中心のずれ.....	61
5.4.3 楕円体の古典測地学と現代測地学における扱い.....	62
5.5 世界標高系.....	63
5.5.1 平均海面に基づく鉛直原子の限界.....	63
5.5.2 ジオイド (W_0) による鉛直原子.....	63
第6章 座標の不整合.....	65
6.1 日本列島の地殻変動.....	65
6.1.1 三角測量結果から得られた日本列島の定常的水平地殻変動.....	65
6.1.2 衛星測位から得られた日本列島の最近の地殻変動.....	66
6.2 定常的地殻変動による位置 (座標) 変化とその補正.....	68
6.2.1 ダイナミック測地系.....	68
6.2.2 セミ・ダイナミック測地系.....	68
6.2.3 セミ・ダイナミック リダクション.....	70
6.3 改測・改算域の位置誤差.....	72
6.3.1 2011年東北地方太平洋沖地震境界域の歪み.....	72
6.3.2 関東南部地域の座標の不整合.....	75
6.3.3 濃尾地震に伴う位置のずれ.....	76
6.4 測量誤差.....	78

6.4.1	公共測量の座標誤差の許容範囲	78
6.4.2	多角測量の視測誤差の制限	79
6.4.3	地籍測量の誤差の許容範囲	80
6.4.4	地図の誤差の許容範囲	82
6.5	地図等の座標の不整合対策	84
6.5.1	測量技術の変遷と測量成果の品質	85
6.5.2	地図の不整合の調整	85
6.6	異なる測地原子間の位置とその互換	87
第7章	座標変換	89
7.1	座標変換と座標換算の定義	89
7.2	座標変換	89
7.2.1	2次元(平面)の座標変換	90
7.2.2	3次元の座標変換	91
7.2.3	ITRFの座標変換	93
7.3	TKY2JGD座標変換ソフトウェア	97
7.3.1	クリギング法による座標変換パラメータの格子化	97
7.3.2	座標変換の精度	97
7.4	PatchJGD座標補正	98
7.4.1	地震による地殻変動地域の測量成果の修正	98
7.4.2	PatchJGD座標補正	99
7.4.3	2011年東北地方太平洋沖地震とPatchJGD	100
7.5	3D-BMB世界座標取得システムによる座標変換と座標補正	102
7.5.1	各種変換方法	102
7.5.2	AICによる座標変換モデルの選択とその評価	106
7.5.3	座標変換上の考慮すべきこと	108
第8章	測位された位置の品質評価	111
8.1	正確度と精度	111
8.1.1	正確度と精度の概念	111
8.1.2	位置の正確度	112
8.1.3	精度	112
8.1.4	品質評価の尺度	113
8.1.5	精度と正確度の計測事例	113
8.1.6	分散(標準偏差)の統計検定	116
8.2	品質評価の各種尺度	117

8.2.1	2次元（平面）の誤差評価	117
8.2.2	3次元の誤差評価	120
8.2.3	品質評価のまとめ表	123
8.3	不確かさ	124
8.3.1	不確かさの定義	124
8.3.2	ISO 及び測地学における位置の不確かさ	125
8.3.3	測量成果の不確かさ	125
	あとがき	127
	謝辞	127
追補 A	座標系とフレーム（枠）の定義	129
A.1	数学の定義	129
A.2	IERS の定義	129
A.3	実現フレーム	129
追補 B	高さ・ジオイド・ジオイド高・鉛直線偏差	131
B.1	高さ	131
B.1.1	標高(orthometric height)と楕円補正	131
B.1.2	正標高と正標高補正	132
B.1.3	正規高	133
B.1.4	楕円補正・正標高補正・正規高補正の大きさ比較	134
B.2	ジオイド高	135
B.2.1	重力ジオイド高	135
B.2.2	天文測地水準によるジオイド高	136
B.2.3	GNSS 水準によるジオイド高	137
B.3	日本のジオイド	138
B.3.1	日本のジオイド 96	138
B.3.2	日本のジオイド 2000	138
B.3.3	日本のジオイド 2011	140
B.4	鉛直線偏差	142
B.4.1	鉛直線偏差の定義	142
B.4.2	日本の鉛直線偏差	143
B.4.3	鉛直線偏差の計算	145
追補 C	バイリニア補間・クリギング法・最小2乗コロケーション法	147
C.1	バイリニア補間	147
C.2	クリギング法	149

C.2.1	確率場と定常性	149
C.2.2	共分散関数とバリオグラム関数.....	150
C.2.3	バリオグラムモデル	151
C.2.4	単純型クリギングと通常型クリギング	153
C.2.5	通常型クリギングにおけるバリオグラムモデルの推定	155
C.3	最小2乗コロケーション法	158
C.3.1	最小2乗法	158
C.3.2	内挿とフィルタリング	159
C.3.3	最小2乗コロケーション法	160
C.3.4	共分散関数	161
C.3.5	計算例	162
参考文献	165
索引	169