

目 次

1. はじめに	11
2. 天球座標	13
2.1 赤道座標系 (赤経, 赤緯座標)	13
2.1.1 赤道座標系の決め方	13
2.1.2 角度の表示法	15
2.2 地平座標系 (高度, 方位角座標)	17
2.3 観測点の経緯度	19
2.3.1 緯度, 経度による位置の表わし方	19
2.3.2 地図上の経緯度	20
2.3.3 測地経緯度と天文経緯度	21
2.4 赤道座標系と地平座標系の関係	22
2.5 恒星時	23
2.5.1 恒星時の計算	24
2.5.2 グリニッジ平均恒星時の計算	26
2.6 赤道座標から地平座標への変換	28
2.6.1 赤道座標から地平座標への変換公式	28
2.6.2 象限の決め方	29
2.7 方向余弦と座標系の回転	31
2.7.1 方向余弦	31
2.7.2 座標系の回転	32
2.8 天球座標の方向余弦表示	34
2.8.1 赤道座標の方向余弦表示	34
2.8.2 地平座標の方向余弦表示	35
2.8.3 赤道座標と地平座標の関係	36
2.8.4 行列の計算	37

3. 恒星位置のずれ	40
3.1 固有運動による恒星位置のずれ	41
3.1.1 固有運動の発見	41
3.1.2 固有運動速度と視線速度	42
3.1.3 固有運動による恒星位置の変化	43
3.1.4 ベッセル年	46
3.2 歳差による赤経, 赤緯の変化	49
3.2.1 春分点とその移動	49
3.2.2 歳差運動	50
3.2.3 歳差による恒星座標の変化	52
3.2.4 恒星の平均位置	56
3.3 章動による赤経, 赤緯の変化	56
3.3.1 章動の発見	56
3.3.2 章動の内容	56
3.3.3 章動の計算	58
3.3.4 章動による恒星座標の変化	61
3.3.5 恒星の真位置	62
3.4 視差による恒星位置のずれ	66
3.4.1 視差の原理	66
3.4.2 恒星視差の発見	67
3.4.3 視差による恒星位置の変化	68
3.4.4 補間法	72
3.5 光行差による恒星位置のずれ	74
3.5.1 光行差の原理	74
3.5.2 光行差の発見	74
3.5.3 観測者の運動と光行差の関係	75
3.5.4 光行差の種類	75
3.5.5 年周光行差による恒星位置の変化	76
3.5.6 e 項について	80
3.5.7 年周光行差の厳密な補正法	82
3.5.8 恒星の視位置	83
3.5.9 日周光行差	83
3.6 極運動の恒星位置への影響	87
3.6.1 天文経緯度の変化	87

3.6.2 極運動の発見	88
3.6.3 極運動の観測	89
3.6.4 極運動による天文経緯度の変化	92
3.6.5 地平座標の正確な計算	94
3.7 大気による恒星位置のずれ	95
3.7.1 大気差の原理	95
3.7.2 大気によるずれの角	96
3.7.3 大気差による恒星位置の変化	97
3.8 恒星位置のまとめ	103
3.8.1 位置計算式のまとめ	104
3.8.2 体系的な視位置の計算	108
4. いろいろの時刻系	113
4.1 恒星時系	114
4.1.1 地球による恒星時計	114
4.1.2 各種の恒星時	115
4.1.3 ユリウス恒星日	116
4.1.4 恒星時の決め方	116
4.2 世界時系	119
4.2.1 世界時	120
4.2.2 各種の世界時	122
4.3 暦表時系	124
4.3.1 天体力学における時刻	124
4.3.2 暦表時	125
4.3.3 暦表時の決め方	125
4.3.4 暦表時の使用について	126
4.3.5 ベッセル年初	127
4.3.6 時刻引数としての暦表時	130
4.4 国際原子時と協定世界時	130
4.4.1 原子時	130
4.4.2 秒の長さ	132
4.4.3 協定世界時	133
4.5 無線報時	134
4.6 時刻系のまとめ	136

5. 2体問題による惑星, 彗星などの位置の概算	138
5.1 黄道座標系 (黄経, 黄緯座標)	139
5.1.1 黄経, 黄緯	139
5.1.2 黄道座標と赤道座標の変換	140
5.2 2体問題と楕円軌道	142
5.2.1 楕 円	143
5.2.2 楕円軌道	143
5.3 楕円軌道上の天体の位置	144
5.3.1 公転周期と平均運動	145
5.3.2 ケプラーの方程式	146
5.3.3 軌道上の位置	148
5.4 日心直交座標系で表わした天体の位置	150
5.4.1 日心直交座標系	150
5.4.2 軌道要素	151
5.4.3 軌道面の xy 座標から日心直交座標への変換	152
5.5 地心座標系で表わした天体の位置	154
5.6 惑星光行差による天体位置のずれ	158
5.6.1 惑星光行差の原理	158
5.6.2 惑星光行差による位置のずれ	159
5.6.3 2体問題による計算位置について	160
5.7 双曲線軌道上の天体の位置	163
5.7.1 双 曲 線	164
5.7.2 双曲線軌道	165
5.7.3 双曲線軌道上の位置	166
5.7.4 双曲線軌道に対する離心近点角の求め方	168
5.8 放物線軌道上の天体の位置	173
5.8.1 放 物 線	173
5.8.2 放物線軌道	174
5.8.3 放物線軌道上の位置	175
5.8.4 放物線軌道に対する真近点角の求め方	176
5.9 2体問題の計算式のまとめ	179
6. 地球上の観測点の位置	182
6.1 地球楕円体	182

6.1.1 ベッセルの楕円体	182
6.1.2 地球楕円体上の位置	183
6.2 経緯度, 高さと直交座標値の関係	185
6.3 地球の重心と東京測地系の関係	188
6.4 地心赤道直交座標系による観測点の位置	190
7. 2体問題からの発展	192
7.1 人工衛星の位置	192
7.1.1 人工衛星の軌道要素	192
7.1.2 接触軌道要素	193
7.1.3 地心座標系による人工衛星の位置	195
7.1.4 観測点から見た人工衛星の位置	197
7.2 月の位置の略算	201
7.2.1 月の運動理論	201
7.2.2 月の位置の略算法	201
7.3 太陽の位置の略算	205
7.4 惑星位置の略算	208
7.4.1 金星, 火星, 木星, 土星の日心黄道座標の略算	209
7.4.2 地心座標への変換	214
7.4.3 水星, 天王星, 海王星, 冥王星の日心黄道座標の略算	218
8. おわりに	223
9. 新しい計算システム	227
9.1 システム変更までのあらすじ	227
9.2 歳差の計算式	228
9.3 章動の計算式	229
9.4 春分点の補正	233
9.5 基本星表 FK4 および FK5 との関係	235
9.6 力学時の採用	240
9.7 増補のおわりに	241
参考書について	243
問題の解答	245
さくいん	251

表目次

[2-1表] 恒星の赤経, 赤緯 ……………15	(元期1979年7月1日0時ET) ……150
[2-2表] 角度の換算表 ……………16	[5-3表] 1950.0の座標系に対する, 惑 星の平均軌道の昇交点黄経, 軌道傾斜角, 近日点引数(元期 1979年7月1日0時ET) ……………154
[2-3表] 象限と三角関数の符号の関係 ……30	[5-4表] 惑星の平均軌道要素……………161
[3-1表] 恒星の固有運動速度, 視線速 度, 年周視差 ……………43	[5-5表] いくつかの彗星の軌道要素……………163
[3-2表] 歳差計算のための ζ_0, z, θ の値……………53	[7-1表] 人工衛星の軌道要素(元期1979 年8月21日0時UTC, 時間の 単位は日) ……………194
[3-3表] 長周期項の章動表 ……………59	[7-2表] 月の位置の略算式(海上保安 庁水路部による) ……………202
[3-4表] 短周期項の章動表 ……………60	[7-3表] 太陽の位置の略算式(海上保 安庁水路部による) ……………206
[3-5表] 長周期項の章動計算表 ……………63	[7-4表] 太陽位置略算の計算表……………208
[3-6表] 短周期項の章動計算表 ……………64	[7-5表] 金星の位置略算式(海上保安 庁水路部による) ……………209
[3-7表] 恒星の年周視差 ……………67	[7-6表] 火星の位置略算式 (海上保安庁水路部による)……………210
[3-8表] IPMS 速報値による極位置 (CIO原点) ……………90	[7-7表] 木星の位置略算式(海上保安 庁水路部による) ……………210
[4-1表] 恒星の子午線通過に関するデ ータ……………119	[7-8表] 土星の位置略算式(海上保安 庁水路部による) ……………212
[4-2表] 1899年12月30日グリニッジ恒星 時0時以後の経過恒星日数……………121	[7-9表] 水星の位置略算式(海上保安 庁水路部による) ……………219
[4-3表] 水路部による ΔT の変化 ……………126	[7-10表] 天王星の位置略算式……………219
[4-4表] 1970年~2000年のベッセル年 初の時刻(ET)……………128	[7-11表] 海王星の位置略算式……………220
[4-5表] うるう秒を入れた日, および TAIとUTCの差……………133	[7-12表] 冥王星の位置略算式……………221
[5-1表] 1979年9月15日12時ETの惑 星の見かけの位置……………142	
[5-2表] 惑星の平均軌道の長半径, 離 心率, 平均近点角, 平均運動	

[7-2表], [7-3表], [7-5表], [7-6表], [7-7表], [7-8表], [7-9表], [7-10表], [7-11表], [7-12表]
については, 水路図誌複製海上保安庁承認第560032号