



# 目 次

## 1. 地震の概観 [宇津 徳治]

1.1	地震とは	2
1.2	地震の観測	3
1.3	地震波の伝わり方と地球の内部構造	5
1.4	地震動の強さと地震の大きさ	7
1.5	地震が起こる場所	8
1.6	地震の発生様式	10
1.7	地震の原因	11
1.8	地震に伴う現象と地震災害	14
1.9	地震の予知	15

## 2. 地震の観測と観測資料の処理

2.1	地震計	[浜田 信生] 18
2.1.1	地震計	18
2.1.2	単振り子の運動	18
2.1.3	実体振り子	19
2.1.4	地震計の水平動振り子	20
2.1.5	地震計の上下動振り子	21
2.1.6	直動型の振り子	22
2.1.7	地震計の振り子の運動方程式	23
2.1.8	振り子の運動方程式の解	24
2.1.9	電磁式地震計の変換器	25
2.1.10	増幅器を用いた電磁式地震計	27
2.1.11	光学式電磁地震計	27
2.1.12	フィードバック型電磁地震計	28
2.2	地震観測	30
2.2.1	観測点の立地条件	30

2.2.2	地中地震観測	30
2.2.3	地震計の動作範囲	31
2.2.4	記録方式	32
2.2.5	時刻精度の管理	34
2.2.6	いろいろな地震観測網	34
2.3	地震記象の検測と自動検測処理	[高山 博之]…37
2.3.1	地震記象の検測	37
2.3.2	自動検測処理	41
2.4	震源の決定	[西出 則武]…46
2.4.1	震源決定とは	46
2.4.2	作図法	46
2.4.3	計算法	49
2.4.4	震央・震源推定法	50
2.4.5	震源決定の誤差と精度向上の試み	50
2.5	マグニチュードの決定	53
2.5.1	地震の尺度	53
2.5.2	マグニチュードの最初の定義	54
2.5.3	グーテンベルクの表面波マグニチュードと実体波マグニチュード	54
2.5.4	種々のマグニチュード	56
2.5.5	その他のマグニチュード	59
2.5.6	各種マグニチュードの特徴と問題点	60
2.6	地震の観測研究機関と地震のカタログ	[市川 政治]…63
2.6.1	地震観測(網)・研究機関	63
2.6.2	日本	64
2.6.3	外国	66
2.6.4	地震のカタログ	68
2.6.5	地震資料のCD-ROM化とコンピュータネットワークによる地震資料の交換	69
2.7	古地震の調査	[宇佐美龍夫]…70
2.7.1	情報の収集	70
2.7.2	史料の収集	70
2.7.3	史料の解読	71
2.7.4	史料の整理	72
2.7.5	印刷・刊行	72
2.7.6	研究・調査	73
2.7.7	地震考古学	76

### 3. 地震波と地球内部構造

3.1 弾性と粘弾性	[瀨瀬 一起]…78
3.1.1 弾性体力学	…78
3.1.2 運動方程式と波動方程式	…79
3.1.3 粘弾性	…80
3.2 地震波と自由振動	…82
3.2.1 P波, SV波とSH波	…82
3.2.2 実体波の反射・透過	…83
3.2.3 屈折波(ヘッドウェーブ)	…85
3.2.4 表面波	…86
3.2.5 群速度	…88
3.2.6 自由振動	…89
3.3 走時曲線と地震波速度の分布	[吉井 敏尅]…90
3.3.1 走時曲線	…90
3.3.2 1次元モデルと走時曲線	…91
3.3.3 2次元モデルの走時曲線	…94
3.3.4 3次元モデルの走時曲線	…95
3.4 地殻・マントル・核	…96
3.4.1 近代地震学と地球内部構造の研究	…96
3.4.2 マントルと核の地震波速度分布	…100
3.5 人工地震による地下構造の調査	…104
3.5.1 人工地震調査の特徴	…104
3.5.2 日本列島の地殻構造	…105
3.5.3 海域の地殻構造調査	…106
3.5.4 地震予知計画と地殻構造	…107
3.6 地球内部の温度と地殻熱流量	[浜野 洋三]…111
3.6.1 地殻熱流量とその分布	…111
3.6.2 地球内部の温度分布	…113
3.7 地球内部の電磁氣的性質	…114
3.7.1 電磁氣的性質とは何か	…114
3.7.2 電気伝導度分布の観測	…115
3.7.3 地球全体の電気伝導度分布	…116
3.7.4 地殻および上部マントルの電気伝導度分布	…117

## 4. 変動する地球と地震の分布

4.1 地球の変動帯 .....	[石橋 克彦]…122
4.1.1 造構運動と変動帯 .....	122
4.1.2 変動帯の分類 .....	122
4.1.3 広がる変動帯 .....	123
4.1.4 狭まる変動帯 .....	126
4.1.5 ずれる変動帯 .....	130
4.2 地殻の変動 .....	131
4.2.1 地震性地殻変動の累積 .....	132
4.2.2 非地震性地殻変動 .....	134
4.3 プレートテクトニクス .....	[瀬野 徹三]…135
4.3.1 プレートテクトニクスとは .....	135
4.3.2 マントルの層構造とプレート .....	135
4.3.3 プレート境界と世界のプレート .....	136
4.3.4 プレート運動 .....	138
4.3.5 プレートの実体とマントルの構造 .....	140
4.3.6 プレート運動の原動力 .....	141
4.4 世界各地域の地震活動 .....	[吉井 敏尅]…146
4.4.1 世界の地震活動 .....	146
4.4.2 海洋底の誕生：中央海嶺とトランスフォーム断層 .....	147
4.4.3 陸上の発散型境界：地溝帯 .....	150
4.4.4 海洋底の消滅：海溝 .....	151
4.4.5 陸上の収束型境界：衝突帯 .....	158

## 5. 地震活動の性質 [山科健一郎]

5.1 地震の群 .....	164
5.2 余震 .....	166
5.2.1 余震域と震源域 .....	166
5.2.2 広義の余震 .....	167
5.2.3 最大余震 .....	168
5.2.4 余震の大きさ分布 .....	169
5.2.5 余震活動の減衰 .....	169
5.2.6 余震のモデル .....	171

5.3	前震	174
5.3.1	前震の起こり方	174
5.3.2	前震の大きさと前震の頻度	175
5.3.3	前震の $b$ 値	177
5.3.4	前震の波形の特徴	178
5.4	群発地震	178
5.4.1	群発地震の特徴	178
5.4.2	群発地震の例	179
5.4.3	群発地震のモデル	180
5.5	大きな地震・小さな地震	180
5.5.1	地震の大きさ分布	180
5.5.2	$b$ 値の推定法	183
5.5.3	地震の大きさの上限と下限	184
5.5.4	大きさ分布のモデル	185
5.6	地震の起こるとき	187
5.6.1	地震発生の間欠性	187
5.6.2	地震発生 of 偶発性	190
5.6.3	地震発生 of 続発性	190
5.6.4	地震発生 of 周期性	193
5.7	地震の時間空間的関連性	197
5.7.1	地震活動の移動・拡大	197
5.7.2	地震活動の相関	199
5.7.3	相関の検証	201
5.8	地震の誘発	202
5.8.1	ダムによる誘発地震	202
5.8.2	水の注入による誘発地震	203
5.8.3	人工地震とそれによる誘発地震	204
5.8.4	潮汐と地震	204
5.8.5	気象と地震	205

## 6. 地震の発生機構

6.1	地震の原因の探求史	[大中 康譽]…212
6.1.1	近代自然科学勃興以前の地震観	212
6.1.2	地震波初動と発震メカニズム	212
6.1.3	断層（せん断破壊）と地震	215

6.1.4	深発地震の発生機構	216
6.2	岩石の破壊	217
6.2.1	岩石の変形と破壊	217
6.2.2	破壊力学的基礎	219
6.2.3	破壊過程を支配する構成法則	223
6.2.4	破壊の環境依存性	228
6.2.5	巨視的破壊前の特性	234
6.2.6	摩 擦	240
6.2.7	岩石破壊と地震	244
6.3	地震波の放射パターン	[菊地 正幸] 248
6.3.1	放射パターン	248
6.3.2	一点に働く力	249
6.3.3	ダブルカップル	251
6.3.4	モーメントテンソル	253
6.3.5	食違い	255
6.3.6	放射パターンの表示方法	257
6.4	断層モデル：震源過程	259
6.4.1	断層パラメーター	260
6.4.2	断層運動による波動	261
6.4.3	巨視的震源過程	263
6.4.4	破壊過程の不規則性と多様性	276

## 7. 地震に伴う自然現象

7.1	地表の変化	[金子 史朗] 286
7.1.1	地震の外的営力に与える影響	286
7.1.2	地震による隆起と沈降	287
7.2	地震断層・活断層	288
7.2.1	地震とは断層である	288
7.2.2	断層および断層の基本形	289
7.2.3	地震断層とその特徴	291
7.2.4	活断層	295
7.2.5	活断層の認定とリストアップ	297
7.2.6	活断層の発掘調査	300
7.3	地殻変動	[加藤 照之] 304
7.3.1	測地測量と GPS・SAR	305

7.3.2	地殻変動連続観測 .....	319
7.3.3	余効変動と“ゆっくり”地震 .....	321
7.3.4	群発地震に伴う地殻変動 .....	323
7.3.5	断層運動に伴う地表の変位 .....	324
7.4	津波.....〔都司 嘉宣〕	328
7.4.1	津波とは .....	328
7.4.2	津波の観測 .....	329
7.4.3	津波の証言・痕跡による浸水高調査 .....	334
7.4.4	津波の統計的諸法則 .....	336
7.4.5	津波の発生と伝播 .....	339
7.4.6	津波伝播の数値計算 .....	339
7.4.7	河に流入した津波 .....	341
7.4.8	内湾の固有振動の励起 .....	342
7.4.9	津波の伝播線 .....	344
7.4.10	日本の過去の津波 .....	344
7.4.11	津波防災と沿岸都市計画 .....	346
7.5	その他の現象 .....	〔宇津 徳治〕353
7.5.1	セイシュ .....	353
7.5.2	地鳴り .....	353
7.5.3	大気の長周期振動 .....	354
7.5.4	地下水への影響 .....	354
7.5.5	発光現象 .....	354
7.5.6	地磁気 .....	354
7.5.7	重力の変化 .....	354

## 8. 地震による地盤の振動と地震災害

8.1	地震動の強さ .....	〔工藤 一嘉〕358
8.1.1	震度と震度階級 .....	358
8.1.2	計器観測に基づく地震動強さの評価 .....	359
8.1.3	計測震度 .....	365
8.1.4	震度と計測量 .....	367
8.1.5	計器観測によらない地震動強さの評価 .....	370
8.1.6	強震観測 .....	372
8.1.7	強震動の経験（観測）に基づく予測式 .....	382
8.2	強震動と地盤 .....	386



8.2.1	地盤における地震波の増幅と減衰	386
8.2.2	強震動シミュレーション	391
8.2.3	サイスミックゾネーション	395
8.3	地震による地盤災害	[大町 達夫]…402
8.3.1	斜面崩壊・地すべり	402
8.3.2	液状化	405
8.3.3	土石流・岩屑流	408
8.4	建築物と地震動災害	[南 忠夫]…411
8.4.1	建築物の地震応答	411
8.4.2	建築物の耐震性能	417
8.4.3	建築物の地震被害	420
8.5	土木施設と地震被害	[大町 達夫]…434
8.5.1	ダム・河川堤防	435
8.5.2	トンネル・地中埋設物	438
8.5.3	橋梁・道路・鉄道	440
8.5.4	港湾・人工島	445
8.6	ライフラインと地震被害	448
8.6.1	ライフライン地震工学	448
8.6.2	ライフライン施設の地震対策	449
8.6.3	地震被害と復旧の事例	450
8.7	2次災害	456
8.7.1	火災	457
8.7.2	水害	459
8.8	地震防災対策	[南 忠夫]…462
8.8.1	防災対策の概要	462
8.8.2	構造物, 施設の防災対策	463
8.8.3	応急対策	467
8.8.4	復旧・復興	470

## 9. 地震の予測・予知

9.1	地震危険度・地震発生確率の推定	[宇津 徳治]…476
9.1.1	地震発生の確率	477
9.1.2	地震危険度推定の方法	480
9.2	地震予知の方法：予知の確率	483
9.2.1	地震の前兆現象	483

9.2.2	地震予知の確率	485
9.3	前兆的地殻変動	[加藤 照之]…488
9.3.1	目視例	488
9.3.2	測地測量による前兆的地殻変動	489
9.3.3	連続観測による前兆的地殻変動	494
9.3.4	降雨・潮汐と前兆的地殻変動	497
9.4	前兆的地震活動と余震の予測	[山科健一郎]…500
9.4.1	空白域と静穏化	500
9.4.2	大地震に先立つ地震活動	506
9.4.3	前兆期間と本震のマグニチュード	510
9.4.4	余震の予測	511
9.5	地球電磁気の異常	[浜野 洋三]…517
9.5.1	地震に関連した電磁気現象	517
9.5.2	磁場変動	518
9.5.3	地電流の変化	520
9.5.4	電磁放射	522
9.5.5	電気伝導度の変化	522
9.6	地下水などの異常—地球化学的観測	[脇田 宏]…524
9.6.1	関東大地震前の温泉の噴出	524
9.6.2	巨大地震前の地下水位の変化	525
9.6.3	地下水中の各種化学成分の変化	525
9.6.4	伊豆大島近海地震	527
9.6.5	兵庫県南部地震前の地下水の変化	528
9.6.6	活断層と水素の生成	531
9.7	その他の前兆	[宇津 徳治]…533
9.7.1	地震波速度の変化	533
9.7.2	動物の異常	534
9.7.3	その他	534
9.8	異常先行現象発現のメカニズム	[大中 康譽]…535
9.8.1	地震発生に至る過程と予測モデル	535
9.8.2	テクトニック応力増大に伴う非弾性変形に関連する先行現象	537
9.8.3	破壊核形成過程に関連する異常先行現象	541
9.9	地震予知体制整備の推移	[津村建四朗]…545
9.9.1	地震予知体制の概要	545
9.9.2	地震予知計画と観測体制	547
9.9.3	地震予知連絡会	547

9.9.4	大規模地震対策特別措置法	549
9.9.5	東海地震の予知体制	549
9.10	阪神大震災後の観測研究体制	[阿部 勝征] 550
9.10.1	地震防災対策特別措置法の制定	550
9.10.2	新地震予知研究計画の動き	553
9.10.3	地震防災対策強化地域判定会の動き	554

## 付 録

I.	外国の主な地震の表	[宇津 徳治] 558
II.	日本の主な地震の表	[茅野 一郎・宇津 徳治] 569
	索引	641

**one point** 震央距離と方位角の計算…52／地震波のコーダ波と散乱…103／プレートテクトニクスの成立まで…143／日本列島の地震活動と深部構造…160／火山で起こる地震…188／地殻応力の測定…244／浅い地震のマグニチュードと各種パラメーターの標準的な関係…282／各地の震度別有感地震回数…366／特異な震度分布を示す地震…368／震度について…369／大地震に対する心得…472／地震学でよく使われる単位…556／20世紀の大地震ワースト 10…568／

