

- 改訂版執筆にあたって
- 初版はじめに

## 第1部 基礎編 ——システムとしての脳の理解 13

### 第1章 脳はどのように理解されてきたか 14

- 1 形から類推できない脳の働き —— 脳は不可思議な臓器…………… 14
- 2 エジプト時代, そしてギリシャ・ローマ時代の脳…………… 15
- 3 脳研究の闇の時代 —— 心臓に奪われた心の座…………… 16
- 4 18世紀後半～19世紀にかけて得られた脳研究への手がかり  
—— 生物電気の発見から機能局在の発見へ…………… 17
- 5 19～20世紀にかけて発見されたニューロンの本質  
—— ゴルジとカハールの論争からシナプスと化学伝達物質の発見まで…………… 19
- 6 20世紀半ばからの脳研究: ついに難攻不落の砦への攻略が始まった  
—— 電気生理学的解析と学際的研究…………… 21
- 7 20世紀後半～21世紀の脳研究 —— 脳機能の可視化が脳の牙城に大きな風穴を空けた… 23
- 8 21世紀の研究に残されている難問 —— まだまだ不明な部分が多く残されている… 25

### 第2章 脳はさまざまな部品で構成される複雑な組織 27

- 1 やっぱり形と機能には相関性がある…………… 27
- 2 脳の形を見てみよう…………… 27
- 3 脳の発生 —— 脳組織ができあがるまで…………… 29
- 4 ニューロン —— 脳機能の主役…………… 32
- 5 グリア細胞 —— 脳機能の第2の主役…………… 34
- 6 脳血管 —— 脳内に張り巡らされるライフライン…………… 36
- 7 神経回路網とその可塑性 —— ニューロンの数だけでは測れない能力…………… 37

### 第3章 脳の働きを生み出すしくみ 38

- 1 小さな細胞に組み込まれたさまざまな驚くべきしかけ…………… 38
- 2 静止膜電位とイオンチャネル —— 生きている細胞の証し…………… 42

<b>3</b>	活動電位とイオンチャネル — 活動する細胞の証し	43
<b>4</b>	生体における情報の形 — インパルスとよばれる信号	45
<b>5</b>	活動電位の伝導 — 神経線維を減衰することなく伝わる情報	46
<b>6</b>	シナプスにおける情報の伝達 — 脳機能発現の最重要システム	48
<b>7</b>	シナプスにおける情報の統合 — 何千何万のニューロンからの情報を活動電位の発現頻度で表現する	52
<b>8</b>	インパルスの粗密がつくる、脳内で使われる言葉 — 無限バーコード	53
<b>9</b>	自己組織化する脳 — ソフトウェアは遺伝子と自らの意思	54

## 第2部 機能編(感覚)——外界を認識するしくみ 57

### 第1章 さまざまな感覚刺激の情報化 58

<b>1</b>	感覚の種類と感覚細胞 — さまざまな刺激を感じるしくみ	58
<b>2</b>	感覚の周波数符号化と投射 — 感じているのは脳か？ 体か？	58
<b>3</b>	感覚と情動および記憶 — おいしさは味だけじゃない	60

### 第2章 体性感覚 — 体内に張り巡らされたセンサー 61

<b>1</b>	体性感覚とは？ — 意識しなくてもいつもある	61
<b>2</b>	皮膚に分布する多様な感覚器 — 体を守るセンサー	62
<b>3</b>	筋肉や腱にある状態を感知するしくみ — 固有感覚	66
<b>4</b>	感覚器への刺激がニューロンの信号に変換されるしくみ	68
<b>5</b>	感覚を脳に伝える求心性神経伝導路 — 感覚信号の通り道	69
<b>6</b>	感覚信号の終着点 — 感覚のホムンクルス	71

### 第3章 視覚のしくみ 73

<b>1</b>	眼球は自動焦点・自動絞り・手ぶれ防止つき立体高感度カメラ	73
<b>2</b>	光エネルギーを神経信号に変換するしくみ — 視細胞は光電素子	74
<b>3</b>	網膜内での視覚情報処理 — 光や色を神経信号に変えるしくみ	76
<b>4</b>	網膜から脳への信号の通り道 — 位置情報を保ったまま送る	80
<b>5</b>	一次視覚野での情報処理 — 円柱状に受容する	82
<b>6</b>	脳が対象物を認識するまで	85

## 第4章 聴覚のしくみ 88

- 1 空気の振動を音センサーに取り込むまで ..... 88
- 2 蝸牛で音を識別する — コンパクトに収納された広領域音センサー ..... 91
- 3 有毛細胞で音を神経信号に変換する ..... 92
- 4 内外の有毛細胞が音を“正しく”“聞き分ける” ..... 93
- 5 音情報の脳への通り道 — 音源の位置も感知できる ..... 95

## 第5章 嗅覚のしくみ 98

- 1 嗅上皮と嗅覚受容細胞 — 匂い物質はまず粘液に溶け込む ..... 98
- 2 嗅覚受容細胞での情報変換 — どんな匂いでも1パターン ..... 99
- 3 嗅覚受容細胞に多様性をもたらす遺伝子 ..... 100
- 4 多様な匂いを嗅ぎ分けるしくみ — 意外に曖昧? ..... 101
- 5 嗅覚受容細胞から脳へ — 整理、修飾が必要 ..... 101
- 6 嗅覚情報が脳で識別されるしくみ ..... 104

## 第6章 味覚のしくみ 106

- 1 味はいくつに分けられる? ..... 106
- 2 基本味は5種認識されている ..... 106
- 3 味覚器とその分布 — コンパクトに収納された味細胞 ..... 108
- 4 味はどのように情報に変換されるのか? ..... 108
- 5 味覚の中樞経路 — 味は脳でどのように感じられているのか ..... 112

## 第3部 機能編(運動) — 脳からの運動命令の発信とその制御 115

### 第1章 神経信号が運動を生じるしくみ 116

- 1 随意運動の実行ステップ — 単純? いやいや複雑巧妙! ..... 116
- 2 骨格筋とその運動ニューロン支配 — やわらかに体を動かすしくみ ..... 117
- 3 2種の下位運動ニューロン — 大胆さと繊細さ ..... 117
- 4 脊髄分節と神経の入出様式 — 脊髄の保護と入出力の両立 ..... 118
- 5 運動単位と運動ニューロンプール — 1個で多数を支配 ..... 119
- 6 運動ニューロンから骨格筋への伝達 — 神経筋接合部 ..... 120

<b>7</b>	骨格筋の構造とその興奮 —— ここにも活動電位が生じる	122
<b>8</b>	興奮収縮連関 —— $\text{Ca}^{2+}$ を引き金としたダイナミックな反応	123
<b>9</b>	脊髄における運動制御 —— 脊髄レベルでかなりの制御ができる	125

## 第2章 運動の企画と円滑な運動を司るしくみ 128

<b>1</b>	運動命令の発信拠点 —— 運動のホムンクルス	128
<b>2</b>	皮質脊髄路 —— 正確な随意運動にかかわる情報ハイウェイ	129
<b>3</b>	腹内側経路 —— 平衡, 眼球運動, 歩行, 姿勢維持にかかわる	130
<b>4</b>	大脳皮質による運動の企画 —— 視覚や記憶も総動員	131
<b>5</b>	運動野における運動の符号化 —— ニューロン群が描く模様	133
<b>6</b>	大脳基底核 —— デリケートな運動をつくり出す複雑なループ機構	134

## 第3章 小脳による運動調節 138

<b>1</b>	小脳は筋群をよりよく協調させる	138
<b>2</b>	小脳の構造 —— 大脳より細かいひだをもつ	139
<b>3</b>	小脳の神経回路 —— 整然と並んだ回路素子	140
<b>4</b>	小脳における機能局在 —— ここにもホムンクルスが	141

## 第4部 脳と行動編 —— しくまれた自動調節装置 145

### 第1章 視床下部 —— ホメオスタシスのコンダクター 146

<b>1</b>	視床下部の形と機能 —— 小さな体で大きな仕事	146
<b>2</b>	視床下部の驚くべき機能 —— 下垂体からのホルモン分泌	148

### 第2章 自律神経系のコントロール —— 視床下部のもう1つの大仕事 154

<b>1</b>	交感神経と副交感神経による調節 —— 活動か? 休息か?	154
<b>2</b>	自律神経系の神経回路 —— 1つの臓器に2つの指令	155
<b>3</b>	自律神経系から支配臓器への神経信号	157
<b>4</b>	支配臓器を多様に制御 —— カギは神経伝達物質受容体	157
<b>5</b>	内臓感覚神経とその役割 —— おもらしをしない理由	160

## 第3章 脳の広範囲調節のしくみ

164

- 1 神経伝達物質を使った広範囲調節系 — 実は大雑把でアナログ…………… 164
- 2 脳が刻むリズム…………… 171
- 3 アストログリアによる広範囲調節系 — まさかグリアが！…………… 177

## 第5部 高次脳機能編 — うまく生きていくための能力

185

### 第1章 情動

186

- 1 情動発現メカニズムの論争 — 脳が先？ 身体が先？…………… 186
- 2 情動発現と大脳辺縁系 — 情動は脳のどこで起こる？…………… 187
- 3 ペーペズの回路 — 大脳皮質と視床下部の橋渡し…………… 188
- 4 情動発現と扁桃体 — 恐怖を記憶する場…………… 189
- 5 快情動の中枢 — 幸せはどこから生まれる？…………… 191

### 第2章 言語能力

194

- 1 ヒトと言語 — 言葉を操れるのは人間だけ…………… 194
- 2 言語能力の発達 — カギは咽頭室の位置…………… 195
- 3 失語症から学んだ言語野の存在…………… 197
- 4 脳画像による言語能力の解析 — 脳のどこが活動している？…………… 199
- 5 言語の獲得 — 子どもは言葉をどう覚えるか…………… 201

### 第3章 記憶能力

204

- 1 記憶は脳機能の基礎である…………… 204
- 2 記憶の側面 — 昔を思い出したり自転車に乗ったり…………… 204
- 3 記憶物質説の盛衰 — 記憶は食べられる？…………… 205
- 4 記憶のシナプス仮説 — 伝達効率が変化していた！…………… 207
- 5 シナプスの可塑性 — 解かれてゆく記憶のしくみ…………… 209
- 6 記憶の痕跡, 想起, そして再固定化…………… 211
- 7 記憶における海馬の重要性 — 高等動物の場合…………… 212
- 8 海馬で何が起きている？ — グルタミン酸受容体と可塑性…………… 214
- 9 記憶の分子メカニズム — ここまでわかった記憶の謎…………… 216

## 第6部 脳の疾患編——脳の故障をもたらす多様な障害 227

### 第1章 神経疾患 228

- 1 筋力の低下が起こる疾患——筋への情報が遮断される…………… 228
- 2 運動協調性の失調を主な症状とする神経疾患…………… 233
- 3 記憶障害を生ずる疾患——ニューロンの大量脱落…………… 239
- 4 てんかん——脳が暴走する神経疾患…………… 248

### 第2章 精神疾患——脳機能の発現メカニズムに変調をきたす 254

- 1 過度なストレスが引き起こす心の病…………… 254
- 2 統合失調症——脳科学者の大きな課題…………… 260

## 第7部 「こころ」編——脳から心を考える 265

### 第1章 脳の発達と心の発達 266

- 1 「こころ」とは何か…………… 266
- 2 動物に心はあるか…………… 267
- 3 心の成長…………… 269

### 第2章 心をつくり出す脳機能 272

- 1 心の発現にかかわる脳のしくみ…………… 272
- 2 ミラーニューロンと心の成長…………… 273

### 第3章 危うい心 275

- 1 心の病——心の病からみえる心の実体…………… 275
- 2 洗脳の恐怖…………… 275

### 第4章 心=脳の考察 278

- 1 臨死体験——魂のせい？ 脳機能か？…………… 278
- 2 脳と心は別次元？——晩年のペンフィールドとエクルズの結論…………… 279

● 参考図書・文献	281
● あとがき	285
● 索引	286

## Column

① ゴルジが考案した染色法 — ゴルジは強く染めすぎた？	20	⑬ ロボットサッカー選手が人間の サッカー選手に勝てる条件	136
② たった1つの遺伝子の欠失で行動が 変わる！	24	⑭ 腸管は小さな脳	162
③ 細胞内 $Ca^{2+}$ 計測が神経活動を可視化した	24	⑮ LSD25 — 精神異常を生じさせる薬物	167
④ ブロードマンは脳の機能局在を予見して いた！ — ブロードマンの脳地図	28	⑯ 情動がなくなってしまった！ — 前頭葉皮質が人格に及ぼす影響	189
⑤ パッチクランプ法 — チャネル分子の活動を目の当たりにする方法	45	⑰ ミラーニューロン（物まねニューロン）の 発見 — ひょっとすると人間性の発達につながっ ているかも？	197
⑥ 脳のなかの幽霊 — 脳のやわらかさか？ 曖昧さか？	59	⑱ グルタミン酸研究 — 日本の神経科学研究者の大活躍	215
⑦ 21世紀になってブレイクした TRP チャネル群の研究	66	⑲ 場所細胞と格子細胞 — 記憶研究上の大発見	223
⑧ 画像による視覚野の研究 — “見て” わかる！	84	⑳ 密造麻薬が引き起こしたパーキンソン病	236
⑨ 高性能眼球カメラを支える役者 — 眼球運動の重要性	86	㉑ アミロイド $\beta$ は神経毒というより血流を 阻害するゴミかも	242
⑩ 平衡感覚も聴覚も有毛細胞が感じ取る	90	㉒ 記憶低下を防ぐ方法……？	245
⑪ 「うま味」が基本味覚「Umami」と 認知されるまで	107	㉓ 自閉スペクトラム症 — 発達障害にせまる2冊の本	251
⑫ カエルの脚が生んだ成果 — 中枢シナプスのモデル標本	123	㉔ 慢性疼痛は心因性？ — やっかいな痛み記憶	252
		㉕ 再認識される「森田療法」	257
		㉖ 面倒な心の病 — 筆者の克服体験記	276