



みる見るわかる

# 脳・神経科学 入門講座 **前編** 改訂版

序

巻頭カラー

## **第1章** 脳の構成細胞：ニューロンと支持細胞 21

<b>1 ニューロンの基本構造</b> .....	22
I. 樹状突起 .....	22
① 樹状突起：その形態と働き 22 / ② 棘突起（スパイン）の役割 25	
II. 細胞体 .....	26
①（細胞）核 27 / ②核周囲部 28	
III. 軸索 .....	29
① チュブリンの動的平衡：軸索の長さを決める 29 / ② 軸索輸送：タンパク供給の手段 30 / ③ 軸索伝導：軸索の構造と伝導速度 31 / ④ 軸索におけるオートファジー（自食作用） 31	
IV. 終末部 .....	32
V. ニューロンの分類 .....	32
① 軸索の長さによる分類 32 / ② 突起の形状による分類 33 / ③ スパインの発達度による分類 34 / ④ 機能による分類 34	
<b>2 ニューロンの機能特性</b> .....	35
I. イオン輸送体による膜電位の制御 .....	35
① イオンポンプ 35 / ② イオンチャネル 37 / ③ トランスポーター 40	
II. 興奮と抑制 .....	40
① 脱分極と過分極 40 / ② 脱分極と興奮，過分極と抑制 41	
<b>3 神経情報の伝導と伝達</b> .....	42
I. シナプス後電位の発生 .....	42
① EPSPとIPSP：2種類ある膜電位変化 42 / ② 加重による振幅の変化 43 / ③ 促進・抑圧による振幅の増減 43 / ④ 興奮性シナプスと抑制性シナプス 43	

II. 活動電位の発生	45
①軸索初節と活動電位	45 / ②全か無かの法則 46 / ③活動電位の各相 46 /
④イオンチャネルの活性化ゲートと不活性化ゲート	48 / ⑤ランビエ絞輪と跳躍伝導 49
III. 伝達物質の放出	51
①シナプス小胞への伝達物質の充填	53 / ②プレシナプス膜へのドッキングとプライミング 53 / ③Ca <sup>2+</sup> 流入と膜融合による開口放出 53 / ④小胞膜と伝達物質の再取り込み 54
<sup>コラム</sup> ボツリヌストキシンとSNAREタンパク	54
<b>4 ニューロンを支える脳の支持細胞</b>	<b>55</b>
I. グリア細胞による支持	55
①グリア細胞の種類	55 / ②グリア細胞の働き 55
II. アストロサイト（星状膠細胞）	56
①アストロサイトの構造特性	57 / ②アストロサイトの機能特性 59 / ③アストロサイトの分類 65
III. オリゴデンドロサイト（希突起膠細胞）	66
①オリゴデンドロサイトによる髄鞘の構造	67 / ②オリゴデンドロサイトの種類 67
IV. ミクログリア（小膠細胞）	68
①ミクログリアの分類	68 / ②神経損傷後のミクログリアの反応 68
V. その他のグリア細胞	69
①上衣細胞	69 / ②神経堤由来の末梢性グリア細胞 69 / ③嗅神経被覆グリア 71 / ④NG2陽性グリア 71
VI. 脳の血管による支持	73
①脳の動脈	73 / ②脳の毛細血管：血液脳関門 75 / ③脳の静脈 77
VII. 髄膜	77
①硬膜	77 / ②クモ膜 78 / ③軟膜 78
VIII. 脳室と脈絡叢	78
①側脳室	79 / ②第3脳室 79 / ③中脳水道 79 / ④第4脳室 80 / ⑤中心管 80

## 第2章 シナプスの構造・機能・分子 81

<b>I 化学シナプス</b>	<b>82</b>
I. 化学シナプスの基本構造	82
①プレシナプス（シナプス前部）	82 / ②ポストシナプス（シナプス後部） 84 /
③シナプス間隙	85 / ④アストロサイト 86
II. 神経伝達物質の種類と機能	86
①増え続ける情報伝達分子の仲間	87 / ②古典的な神経伝達物質の条件 88 /
③神経伝達物質の分類	88
III. 小胞膜トランスポーターの機能	95

IV. 受容体の種類	95
V. イオンチャネル型受容体	97
①サブユニット構造 97 / ②速いシナプス伝達とシナプス可塑性の誘発 97 /	
③イオンチャネル型受容体の機能的多様性 98 / ④イオンチャネルの厳しい品質管理機構 99	
VI. 代謝型 (Gタンパク共役型) 受容体	101
①代謝型受容体の分子構造 101 / ②三量体GTP結合タンパク:リガンド結合を伝えるスイッチ分子 101 / ③効果器とセカンドメッセンジャー 103 / ④代謝型受容体の違いにより生じる細胞内応答 103	
VII. シナプスの足場タンパクと接着因子	106
①興奮性シナプスのPSD足場タンパク 106 / ②抑制性シナプスのPSD足場タンパク 108 / ③ニューロリジン 108 / ④ニューレキシン 108 / ⑤PSD分子検出の困難性 109	
VIII. 神経伝達物質の除去機構	109
①細胞膜トランスポーターによる取り込み 109 / ②酵素的分解 110	
IX. 化学シナプスの分類	111
①シナプスの機能的分類 111 / ②シナプスの形態学的分類 112	
X. 化学シナプスによる微小回路	113
①拡散型 113 / ②集約型 114 / ③プレシナプス抑制型 115	
XI. シナプス伝達とボリューム伝達	115
①シナプス伝達 116 / ②ボリューム伝達 116 / ③中間的な伝達様式 117	
$\text{コラム}$ 細菌毒素は $\alpha$ サブユニットを攻撃する 102	

2 電気シナプスによる情報伝達	118
I. 形態学的な実体はギャップ結合	118
II. 脳のギャップ結合	118

## 第3章 脳のシグナル伝達①:興奮と抑制の伝達 121

1 グルタミン酸による興奮伝達	122
I. グルタミン酸シグナル伝達システム	122
①グルタミン酸の合成と代謝 122 / ②グルタミン酸の小胞充填を担うトランスポーター 123 / ③イオンチャネル型グルタミン酸受容体の種類と働き 124 / ④代謝型グルタミン酸受容体の種類と働き 127 / ⑤グルタミン酸の除去 128 / ⑥グルタミン酸-グルタミンサイクル:迅速な供給/除去機構 128	
II. グルタミン酸受容体は活動じかけの $\text{Ca}^{2+}$ 流入装置	129
①non-NMDA型受容体とNMDA型受容体の異なる性質 129 / ②刺激頻度による2つの伝達モード 129	
III. グルタミン酸とシナプス可塑性	131
①シナプス可塑性の発見 131 / ②シナプス可塑性の誘導と発現 133 / ③LTPの発現メカニズム 133 / ④LTDの発現メカニズム 134 / ⑤シナプス可塑性とスパインの形態変化 137	

IV. グルタミン酸と海馬と記憶・学習	138
①記憶の3要素 138 / ②記憶に関するDonald Hebbの仮説 138 / ③記憶とシ ナプス可塑性の関係 139 / ④記憶の研究 140	
V. グルタミン酸とシナプス回路発達	142
①シナプス回路のリファインメント 142 / ②視覚野における優位眼球柱の形成 144 / ③大脳体性感覚野のシナプス回路発達 146 / ④小脳プルキンエ細胞における シナプス回路発達 150 / ⑤臨界期と臨界期可塑性：幼少期ほど脳力が向上する 153	
VI. グルタミン酸と神経細胞死	155
①興奮性神経毒性とアポトーシス 155 / ②グルタミン酸トランスポーターによる 細胞死の防御 156	
<b>2 GABA (γアミノ酪酸) による抑制伝達</b>	<b>157</b>
I. GABAシグナル伝達システム	157
①GABAの合成と代謝 157 / ②GABAの小胞充填を担うトランスポーター 158 / ③GABA受容体の種類と活性化 159 / ④GABAの除去 161	
II. GABAを放出する抑制性介在ニューロン	161
①抑制性介在ニューロンの多様性 161 / ②2つのタイプのバスケット細胞 161 / ③脳波の変化を調節する 162	
III. GABAとてんかん	164
①てんかん発生防止の生理的機序 164 / ②成人で起きやすい側頭葉てんかん 164	
IV. GABAと感覚性ゲート	165
①視床の感覚性ゲート 165 / ②嗅覚の感覚性ゲート 166	
V. GABAと視覚野の臨界期	166
①GABAによる眼優位性可塑性の時間的制御 166 / ②抑制機構の本体はα1サブ ユニット含有GABA <sub>A</sub> 受容体 167 / ③ニューロトロフィンが抑制性ニューロンの 分化を促進 167	
<b>3 グリシンによる抑制伝達</b>	<b>168</b>
I. グリシンシグナル伝達システム	168
①グリシンの合成と代謝 168 / ②グリシンの小胞充填を担うトランスポーター 168 / ③グリシン受容体の種類と活性化 168 / ④グリシンの除去 170	
II. びっくり病とグリシン伝達機構	170
<b>参考図書・参考文献</b>	<b>171</b>
<b>索引</b>	<b>179</b>