

目次

第I部	どんな思考に基づくか：発想編	1
第1章	複素ニューラルネットワークはエレクトロニクスを豊かにする	2
1.1	右脳に学び，右脳を超える	2
1.2	情報表現の方法を豊かにして「スーパー・ブレイン」を創り出そう	3
1.3	応用分野はどんどん広がる	4
1.4	本書の構成	6
第2章	ニューラルネットワークの考え方	7
2.1	脳，人工頭脳，人工知能（AI），ニューラルネットワーク	7
2.2	脳機能の身体性	9
2.3	ニューラルネットワークの特徴	11
第3章	複素ニューラルネットワークとは？	13
3.1	ニューロンの活性化関数	13
3.1.1	実数ニューラルネットワークの非線形活性化関数	13
3.1.2	複素ニューラルネットワークの活性化関数に関する問題点	15
3.1.3	偏微分のみを考えることによる複素ニューラルネットワークの構築	17
3.1.4	実部・虚部型の活性化関数	18
3.1.5	振幅・位相型の活性化関数	19
3.1.6	複素数を扱うことの特徴と，振幅・位相型の活性化関数	20
3.2	複素数の情報とその処理は，何を意味するのか？	21
3.3	複素ニューラルネットワークはどのような場面で役立つか？	23
3.3.1	電磁波および光波，アナログ回路やデジタル回路の電気信号	23
3.3.2	電子波	26
3.3.3	超伝導	27
3.3.4	量子計算	27
3.3.5	音波・超音波	28
3.3.6	制御性と適応性の両立	28
3.3.7	周期的なトポロジーや周期的な計量	29
3.3.8	極座標系の直接利用	30
3.3.9	リカレント動作時の高い安定性	30
3.3.10	2次元平面情報の方向関係保存性や区分境界の関係の保存性	31

3.3.11	複素変数のカオス, フラクタル	31
3.3.12	四元数およびその他の高次複素数	31
3.4	複素ニューラルネットワーク研究のこれまでの展開	32
3.4.1	経緯	32
3.4.2	拡大と発展	34
第4章	ニューラルネットワークの構成と動作	37
4.1	ニューロンが行う処理と学習・自己組織化	37
4.1.1	パルス密度信号表現	37
4.1.2	ニューラルネットワークの動作	39
4.1.3	タスクの処理	39
4.1.4	学習と自己組織化	40
4.1.5	結合荷重の更新	40
4.2	ヘブ則	40
4.3	連想記憶	43
4.3.1	目的とする処理機能：パターン情報の記憶と連想	43
4.3.2	ネットワークの構造とタスクの処理の振舞い	43
4.3.3	エネルギー関数	47
4.3.4	一般化逆行列の利用	49
4.3.5	逐次相関学習による荷重行列の学習	49
4.3.6	複素連想記憶ニューラルネットワーク	50
4.3.7	複素ヘブ則を振幅と位相で表す	51
4.3.8	光波回路によるニューラルネットワークとキャリア周波数依存の学習	53
4.4	関数近似	55
4.4.1	目的とする処理機能：与えられた入力に対して望ましい出力を得る	55
4.4.2	ネットワークの構造とタスクの処理	55
4.4.3	最急降下法による学習	57
4.4.4	バックプロパゲーションによる学習	58
4.4.5	複素最急降下法による学習	59
4.4.6	複素ヘブ則を利用する関数近似学習法	64
4.4.7	教師信号自体を逆伝搬させるバックプロパゲーション法	65
4.5	適応的クラスタリングと多次元情報の可視化	67
4.5.1	目的とする処理機能：ベクトル量子化や可視化	67
4.5.2	ネットワークの構造と処理, および自己組織化	68
4.5.3	複素自己組織化マップ：C-SOM	71
4.6	マルコフ・ランダム・フィールド推定ネットワーク	71
4.6.1	目的とする処理機能：近傍点からの信号値の推定	71
4.6.2	ネットワークの構造とタスクの処理	71
4.6.3	近傍点との相関の学習	72

4.7	主成分分析	73
4.7.1	目的とする処理機能：統計的データが持つ主な情報を取り出す	73
4.7.2	ネットワークの構成とタスクの処理および自己組織化	74
4.8	独立成分分析	75

第II部 どんなことに役立つか：活用編 77

第5章	でこぼこ具合も取り込んだ地表区分地図の生成	78
5.1	干渉型レーダ	78
5.2	CMRF モデル	79
5.3	CMRF モデルと複素ヘブ学習則	81
5.4	C-SOM による画像区分システムの構成	83
5.5	適応区分地図の作成	84
5.6	むすび	85
第6章	対人プラスチック地雷を可視化するレーダ・システム	87
6.1	電磁波による地中探査	87
6.2	周波数領域データも活用する C-SOM プラスチック地雷可視化システムの構成	88
6.3	複素自己組織化マップによる適応的信号処理	89
6.3.1	周波数情報に着目した特徴ベクトルの抽出	89
6.3.2	C-SOM による区分化とそのダイナミクス	91
6.4	対人プラスチック地雷の探知	92
6.4.1	計測におけるパラメータ	92
6.4.2	計測と区分の結果	92
6.4.3	区分可視化率による評価	94
6.5	むすび	95
第7章	位相特異点除去によるデジタル・エレベーション・マップの生成	96
7.1	位相アンラッピング	96
7.2	複素セルラー・ニューラルネットワークによる雑音除去	97
7.3	システム構成	100
7.4	位相特異点の削減の様子とその効果	101
7.5	デジタル・エレベーション・マップの品質と作成のための計算コスト	102
7.6	むすび	102
第8章	光キャリア周波数に依存した想起を行う光波連想記憶	104
8.1	光ニューラルネットワークにおける広大な光周波数帯域の有効利用	104
8.2	光キャリア周波数依存の連想記憶：その動作	106
8.2.1	想起過程	107

8.2.2	学習過程	107
8.3	光学系の構成	108
8.4	周波数依存の学習	110
8.5	光キャリア周波数に依存した想起	111
8.6	むすび	112
第9章	光波位相の適応等化器	113
9.1	システムの構成	113
9.2	光学系の構築	114
9.3	出力位相値の学習方法	116
9.4	位相等化性能	116
9.5	むすび	118
第10章	キャリア周波数を動作モード変調の鍵とする発展学習	119
10.1	発達, 文脈依存性, 能動性, 発展学習	119
10.2	ネットワーク構成と人-自転車モデル	121
10.3	自転車に乗る課題に関する発展学習の様子	125
10.3.1	第1のタスク(長く乗車)の学習	125
10.3.2	第2のタスク(遠くまで乗車)を発展的に学習	126
10.3.3	第2のタスクを直接に学習	129
10.3.4	発展学習を行った場合と難しい課題を直接学習した場合の比較	130
10.4	むすび	130
第11章	周波数領域で位相スペクトルを適応制御するピッチ非同期音声波形生成	131
11.1	波形の継ぎはぎにおけるピッチ同期方式と非同期方式	131
11.1.1	ピッチマークとピッチ同期方式	131
11.1.2	人は音のスペクトルを感じる	133
11.1.3	単純な非同期方式による合成音の問題点	133
11.1.4	非同期方式: 短時間波形生成方式と時系列スペクトル生成方式	134
11.1.5	畳み込みとニューラルネットワーク	134
11.2	時系列スペクトル生成型の非同期システムの構成	135
11.3	パルス性の最適化の操作	137
11.4	音声合成結果の評価	139
11.5	むすび	141
あとがき		143
参考文献		144
索引		153