

## 目次

序文 .....	iii
執筆者一覧 .....	v

<b>第1章 / はじめに：機械学習と物理学</b>	<b>1</b>
1.1 情報理論とはじめ .....	2
1.2 物理学と情報理論 .....	4
1.3 機械学習と情報理論 .....	7
1.4 機械学習と物理学 .....	10

<b>第2章 / 機械学習の一般論</b>	<b>21</b>
2.1 機械学習の目的 .....	21
2.2 機械学習とオッカムの剃刀 .....	27
2.3 確率的勾配降下法 .....	32

### 確率論と情報理論

<b>第3章 / ニューラルネットワークの基礎</b>	<b>46</b>
3.1 誤差関数とその統計力学的理解 .....	46

3.2 ブラケット記法による誤差逆伝播法の導出 .....	62
3.3 ニューラルネットワークの万能近似定理 .....	66

### 統計力学と量子力学

<b>第4章 / 発展的なニューラルネットワーク</b>	<b>75</b>
4.1 畳み込みニューラルネットワーク .....	75
4.2 再帰的ニューラルネットワークと誤差逆伝播 .....	81
4.3 LSTM .....	87

### カオスの縁と計算可能性の創発

<b>第5章 / サンプリングの必要性と原理</b>	<b>100</b>
5.1 中心極限定理と機械学習における役割 .....	102
5.2 様々なサンプリング法 .....	109
5.3 詳細釣り合いを満たすサンプリング法 .....	126

### イジング模型からホップフィールド模型へ

<b>第6章 / 教師なし深層学習</b>	<b>136</b>
6.1 教師なし学習 .....	136
6.2 ボルツマンマシン .....	137
6.3 敵対的生成ネットワーク .....	144
6.4 生成モデルの汎化について .....	160

自己学習モンテカルロ法

第7章/ 物理学における逆問題 174

- 7.1 逆問題と学習 ..... 175
- 7.2 逆問題における正則化 ..... 178
- 7.3 逆問題と物理学的機械学習 ..... 182

スパースモデリング

第8章/ 相転移をディープラーニングで見いだせるか 189

- 8.1 相転移とは ..... 189
- 8.2 ニューラルネットワークを使った相転移検出 ..... 191
- 8.3 ニューラルネットワークは何を見ているのか ..... 195

第9章/ 力学系とニューラルネットワーク 198

- 9.1 微分方程式とニューラルネットワーク ..... 199
- 9.2 ハミルトン力学系の表示 ..... 203

第10章/ スピングラスとニューラルネットワーク 210

- 10.1 ホップフィールドモデルとスピングラス ..... 211

- 10.2 記憶とアトラクター ..... 215
- 10.3 同期と階層化 ..... 218

第11章/ 量子多体系、テンソルネットワークとニューラルネットワーク 222

- 11.1 波動関数をニューラルネットで ..... 223
- 11.2 テンソルネットワークとニューラルネットワーク ..... 226

第12章/ 超弦理論への応用 232

- 12.1 超弦理論における逆問題 ..... 233
- 12.2 曲がった時空はニューラルネットワーク ..... 238
- 12.3 ニューラルネットで創発する時空 ..... 245
- 12.4 QCD から創発する時空 ..... 251

ブラックホールと情報

第13章/ おわりに 261

- ニューラルネットワークと物理そして技術革新  
——富谷昭夫 ..... 261
- 知性はなぜ存在するのか  
——田中章詞 ..... 263
- 物理法則はなぜ存在するのか  
——橋本幸士 ..... 264

- 謝辞 ..... 266
- 参考文献 ..... 267
- 索引 ..... 283