

第1章

AI/IoT システムの概念と実用例

001

| | |
|---------------------------------|------------|
| 1.1 AI/IoT システムとは何だろう | 002 |
| 1.1.1 IoTとは何か | 002 |
| 1.1.2 AIとは何か | 004 |
| 1.1.3 AI/IoTシステムとは何か | 005 |
| 1.2 AI/IoT システムの実用例 | 006 |
| 1.2.1 スマート家電 | 006 |
| 1.2.2 スマートハウス | 008 |
| 1.2.2.1 スマートハウスの事例 | 009 |
| 1.2.2.2 スマートホーム | 010 |
| 1.2.2.3 タスク・アンビエント | 012 |
| 1.2.2.4 AI住宅・IoT住宅 | 013 |
| 1.2.3 スマート店舗 | 014 |
| 1.2.3.1 無人コンビニ | 014 |
| 1.2.3.2 スマートデリバティブサービス —テイクアウト— | 015 |
| 1.2.4 スマートロジスティクス | 017 |
| 1.2.5 スマート医療 | 019 |
| 1.2.6 スマート農業 | 021 |
| 1.2.6.1 少子高齢化への対応と農作業の省力化・労力の軽減 | 022 |
| 1.2.6.2 効率の良い生産性の向上と市場の拡大 | 024 |
| 1.2.6.3 跡継ぎや農業継承者の人材の不足への対応 | 026 |
| 1.2.7 スマート工場 | 027 |
| 1.2.7.1 インダストリー 4.0 | 028 |
| 1.2.7.2 CPS | 029 |
| 1.2.7.3 スマート工場化への流れ | 030 |
| 1.2.8 スマートシティ | 032 |
| 1.2.8.1 スマートシティとは | 032 |
| 1.2.8.2 スーパーシティ構想 | 034 |
| 1.3 AI/IoT システムの概念 | 038 |
| 第1章のまとめ | 039 |
| コラム Column | |
| Uber Eats と出前館 | 016 |
| ウェアラブルとは | 021 |
| 自動運転6つのレベル | 036 |

第2章

コンピュータシステムの全体像

041

| | |
|---|------------|
| 2.1 システムとは何か | 042 |
| 2.2 コンピュータシステムとは | 048 |
| 2.3 AI/IoT システムのコンピュータシステムとの位置づけ | 049 |
| 2.4 コンピュータシステムの変遷 | 052 |
| 2.5 クラウドコンピューティング | 054 |
| 2.5.1 クラウドとは何か | 054 |
| 2.5.2 なぜクラウドなのか 歴史的背景を探る | 056 |
| 2.5.3 近未来を支える XaaS | 057 |
| 2.5.4 クラウドを促進する仮想化 | 059 |
| 2.5.4.1 メモリの仮想化 | 060 |
| 2.5.4.2 サーバの仮想化 | 062 |
| 2.5.4.3 サーバの仮想化の効果 | 066 |
| 2.6 ビッグデータ | 067 |
| 2.6.1 ビッグデータの概念 | 067 |
| 2.6.2 ビッグデータの特徴 | 067 |
| 2.6.3 ビッグデータの内容 | 068 |
| 2.7 エッジコンピューティング | 070 |
| 2.7.1 エッジコンピューティングとは | 070 |
| 2.7.2 エッジコンピューティングとIoTの関係 | 071 |

| | |
|-----------------------------|------------|
| 2.8 OS | 072 |
| 2.8.1 汎用システムと組み込みシステムのOSの違い | 072 |
| 2.8.2 OSの役割 | 074 |
| 2.8.2.1 ハードウェアの抽象化とは | 074 |
| 2.8.2.2 多重処理が可能 | 075 |
| 2.8.2.3 資源の管理 | 077 |
| 2.8.2.4 ソフトウェア開発の生産性向上 | 078 |
| 2.9 組み込みシステム | 080 |
| 2.9.1 組み込みシステムとは何か | 080 |
| 2.9.2 組み込みシステムの特徴 | 081 |
| 2.9.3 組み込みシステムの内部構造 | 082 |
| 2.9.4 ハードウェアの機能 | 083 |
| 2.9.5 組み込みソフトウェアの機能 | 086 |
| 2.9.6 組み込みOSの種類 | 087 |
| 2.10 リアルタイムシステム | 088 |
| 2.10.1 リアルタイムシステムとは | 088 |
| 2.10.2 リアルタイムシステムの種類 | 089 |
| 2.10.3 リアルタイムOS | 091 |
| 2.11 ミドルウェア | 094 |
| 2.11.1 汎用システムと組み込みシステムの違い | 094 |
| 2.11.2 ファイルシステム | 095 |
| 2.11.3 データ圧縮伸長対応ミドルウェア | 097 |
| 2.11.4 音声処理・画像処理対応ミドルウェア | 100 |
| 第2章のまとめ | 103 |
| コラム Column | |
| 持ち家と賃貸 | 055 |
| キャッシュ | 061 |
| スケールアップとスケールアウト | 065 |

第3章

IoTの全体像

105

| | |
|--|------------|
| 3.1 IoTに関わるネットワークの全体像 | 106 |
| 3.1.1 インターネットとは何か | 106 |
| 3.1.2 ネットワークの種類 | 108 |
| 3.1.3 ネットワーク接続網 | 110 |
| 3.1.4 ネットワークの物理的構成 | 112 |
| 3.2 コンピュータネットワーク | 115 |
| 3.2.1 WAN, LAN | 115 |
| 3.2.2 OSI参照モデルとTCP/IPプロトコルスタック | 116 |
| 3.2.2.1 OSI参照モデル | 116 |
| 3.2.2.2 TCP/IPプロトコルスタックの全体像 | 117 |
| 3.2.3 Ethernet | 121 |
| 3.2.4 IPプロトコルスタック | 125 |
| 3.2.5 TCP | 129 |
| 3.2.6 UDP | 133 |
| 3.2.7 HTTP, MQTT | 134 |
| 3.2.8 ネットワーク機器 | 136 |
| 3.2.9 ネットワークの仮想化 | 137 |
| 3.3 モバイルネットワーク | 140 |
| 3.3.1 モバイルネットワークの変遷 | 140 |
| 3.3.2 LTE, WiMAX | 144 |
| 3.3.3 Wi-Fi, 無線LAN | 144 |
| 3.3.4 CSMA/CA | 145 |
| 3.4 IoTエリアネットワーク1 (近距離ネットワーク・PAN) | 146 |
| 3.4.1 IoTエリアネットワークとは | 146 |
| 3.4.2 IoTゲートウェイ | 147 |
| 3.4.3 PAN | 149 |
| 3.4.3.1 PLC | 149 |
| 3.4.3.2 Bluetooth | 149 |
| 3.4.3.3 ZigBee | 152 |

| | | |
|-----------------|--|------------|
| 3.4.3.4 | デザリング | 154 |
| 3.4.4 | BAN | 154 |
| 3.5 | IoT エリアネットワーク 2 (広域ネットワーク・LPWA) | 156 |
| 3.5.1 | LPWA の通信エリア | 156 |
| 3.5.2 | LPWA の種類 | 157 |
| 3.5.3 | セルラー系 LPWA | 158 |
| 3.5.4 | 非セルラー系 LPWA | 158 |
| 3.6 | IoT デバイス | 160 |
| 3.6.1 | IoT デバイスとは | 160 |
| 3.6.2 | 組み込みシステムとの相違 | 161 |
| 3.6.3 | センサ | 162 |
| 3.6.3.1 | センサとは | 162 |
| 3.6.3.2 | 温度センサ | 162 |
| 3.6.3.3 | 湿度センサ | 164 |
| 3.6.3.4 | 圧力センサ | 164 |
| 3.6.3.5 | 加速度センサ | 165 |
| 3.6.3.6 | ジャイロセンサ | 166 |
| 3.6.3.7 | 光センサ | 166 |
| 3.6.3.8 | 画像センサ | 167 |
| 3.6.4 | アクチュエータ | 168 |
| 3.6.5 | MEMS | 169 |
| 第3章のまとめ | | 172 |
| 電波とは何か? | | 114 |
| モノはどうやって送られるのか? | | 116 |
| 変調方式 | | 143 |
| ネットワークボロジ | | 153 |



第4章 AI の全体像 175

| | | |
|------------|------------------------------|------------|
| 4.1 | AI の概念を把握する | 176 |
| 4.1.1 | 学習と推論 | 176 |
| 4.1.2 | AI が注目される背景 | 177 |
| 4.1.3 | 弱い AI と強い AI, 特化型 AI と汎用型 AI | 178 |
| 4.1.4 | AI の応用 | 178 |
| 4.1.5 | 機械学習と深層学習の概念 | 179 |
| 4.1.6 | 機械学習の概要 | 181 |
| 4.1.7 | 深層学習の概要 | 183 |
| 4.2 | 機械学習 | 185 |
| 4.2.1 | 教師あり学習 | 185 |
| 4.2.1.1 | 単回帰分析 | 185 |
| 4.2.1.2 | 重回帰分析 | 187 |
| 4.2.1.3 | ロジスティック回帰 | 188 |
| 4.2.1.4 | 決定木 | 189 |
| 4.2.1.5 | アンサンブル学習 | 191 |
| 4.2.1.6 | ランダムフォレスト | 194 |
| 4.2.1.7 | サポートベクターマシン | 195 |
| 4.2.2 | 教師なし学習 | 196 |
| 4.2.2.1 | 主成分分析 | 196 |
| 4.2.2.2 | クラスター分析 | 197 |
| 4.2.3 | 強化学習 | 200 |
| 4.3 | 深層学習 (ディープラーニング) | 203 |
| 4.3.1 | ニューラルネットワーク | 203 |
| 4.3.2 | 活性化関数 | 205 |
| 4.3.3 | 損失関数 | 209 |
| 4.3.4 | CNN | 211 |
| 4.3.5 | RNN | 213 |
| 4.3.6 | DQN | 215 |
| 第4章のまとめ | | 217 |

| | |
|----------------------------|-----|
| 注目されている AI 将棋, AI 囲碁 | 184 |
| 過学習とは? | 190 |
| AI による効果 | 216 |

第5章

AI/IoT システムの全体像

219

| | |
|-----------------------------------|------------|
| 5.1 SoC の全体像 | 220 |
| 5.1.1 SoC とは何か | 220 |
| 5.1.2 SoC の特性 | 221 |
| 5.1.3 FPGA, SiP, SoC FPGA | 226 |
| 5.1.4 マルチコア・メニーコア | 229 |
| 5.1.4.1 マルチコアの必要性 | 229 |
| 5.1.4.2 マルチコアの分類 | 231 |
| 5.1.4.3 マルチコア対応 OS | 232 |
| 5.1.4.4 メニーコア | 232 |
| 5.1.4.5 GPU | 232 |
| 5.1.4.6 NPU | 233 |
| 5.1.5 SoC の実際 | 234 |
| 5.1.6 SoC のまとめ | 236 |
| 5.2 プラットフォームの全体像 | 237 |
| 5.2.1 プラットフォームとは何か | 237 |
| 5.2.2 ハードウェアプラットフォーム | 239 |
| 5.2.3 ソフトウェアプラットフォーム | 242 |
| 5.2.4 IoT プラットフォーム | 246 |
| 5.2.5 IoT プラットフォームの事例 | 250 |
| 5.2.6 IoT プラットフォームによる社会的変化 | 253 |
| 5.3 AI のコンピュータシステムにおける位置づけ | 254 |
| 5.3.1 クラウド AI | 254 |
| 5.3.2 エッジ AI | 256 |
| 5.3.3 組み込み AI | 259 |
| 5.4 AI と IoT の融合の実際 | 260 |
| 5.4.1 車の自動運転 | 260 |
| 5.4.2 ロボット | 263 |
| 第 5 章のまとめ | 268 |

| | |
|---------------|-----|
| ロボット三原則 | 267 |
|---------------|-----|

第6章

IoT システムのセキュリティ

271

| | |
|---------------------------------|------------|
| 6.1 ディペンダビリティ概要 | 272 |
| 6.1.1 ディペンダビリティとは | 272 |
| 6.1.2 信頼性, 安全性, セキュリティの関係 | 273 |
| 6.1.3 ディペンダビリティを総合的に見る | 278 |
| 6.2 IoT セキュリティの検証 | 279 |
| 6.2.1 情報セキュリティの 3 要素 | 280 |
| 6.2.2 情報セキュリティの分類 | 282 |
| 6.2.3 サイバーセキュリティ | 283 |
| 6.3 脆弱性の検証 | 283 |
| 6.3.1 脅威と脆弱性 | 284 |
| 6.3.2 脆弱性によるリスクの実際 | 285 |
| 6.4 IoT セキュリティ技術 | 290 |
| 6.4.1 ファイアウォール | 290 |
| 6.4.2 IDS, IPS | 291 |
| 6.4.3 認証技術 | 292 |

| | | | | | | | | |
|--|---------------------------|------------|---------------|---------|-----|--|------------------|-----|
| 6.4.4 | 暗号化技術 | 294 | | | | | | |
| 6.4.5 | 耐タンパ性 | 298 | | | | | | |
| 6.5 | IoTセキュリティ対策 | 299 | | | | | | |
| 6.5.1 | セキュリティ事故への対応 | 299 | | | | | | |
| 6.5.2 | 開発プロセスにおけるセキュリティの確保 | 300 | | | | | | |
| 6.5.3 | セキュリティ確保に向けた管理方法 | 302 | | | | | | |
| 6.6 | ゼロトラストセキュリティ | 303 | | | | | | |
| 6.7 | セキュリティの法的制度および活動組織 | 304 | | | | | | |
| 6.7.1 | 法的制度 | 304 | | | | | | |
| 6.7.2 | セキュリティに関する組織 | 308 | | | | | | |
| 第6章のまとめ | | 309 | | | | | | |
| <table border="1"> <tr> <td style="text-align: center;">コラム Column</td> <td>DEOS とは</td> <td>278</td> </tr> <tr> <td></td> <td>キャッシュレス化とリスクを考える</td> <td>298</td> </tr> </table> | | | コラム Column | DEOS とは | 278 | | キャッシュレス化とリスクを考える | 298 |
| コラム Column | DEOS とは | 278 | | | | | | |
| | キャッシュレス化とリスクを考える | 298 | | | | | | |

第7章 AI/IoTシステムの活用による社会の変異と将来への展望 311

| | | |
|------------|----------------------------------|------------|
| 7.1 | AI/IoTシステムによる社会の変異 | 312 |
| 7.1.1 | デジタルとは何か | 312 |
| 7.1.2 | デジタルコンバージェンス | 313 |
| 7.1.3 | デジタルトランスフォーメーション | 316 |
| 7.1.4 | デジタルボルテックス | 319 |
| 7.1.5 | 2025年の崖 | 320 |
| 7.2 | DXを支える技術の展望 | 321 |
| 7.2.1 | AI/IoTシステムの技術の注目点 | 321 |
| 7.2.2 | 近未来に実現可能な技術の展望 | 323 |
| 7.2.2.1 | 6G | 323 |
| 7.2.2.2 | AIネットワーク化 | 324 |
| 7.2.2.3 | AGI | 325 |
| 7.2.2.4 | オープンIoT | 327 |
| 7.2.3 | 自律分散システム | 328 |
| 7.2.4 | ブロックチェーン | 329 |
| 7.2.5 | Web3.0 | 332 |
| 7.3 | AI/IoTシステム化による社会システムの将来展望 | 332 |
| 7.3.1 | モノのサービス化 | 333 |
| 7.3.2 | スマート化 | 335 |
| 7.3.3 | ソーシャル化 | 337 |
| 7.3.4 | Society5.0の展望 | 338 |
| 7.3.5 | 組織はどう変わっていくのか | 339 |
| 7.4 | AI/IoTシステムの倫理的考察 | 341 |
| 第7章のまとめ | | 343 |

| | | |
|---------------|-----------|-----|
| コラム Column | ビザンチン将軍問題 | 331 |
| | アナログ人間の話 | 340 |