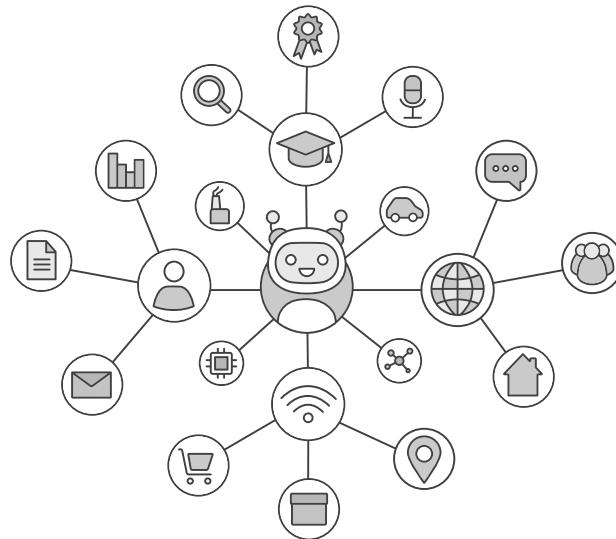


数式・Python なしてわかる ディープラーニング入門

①基礎編

執筆 / 竹井 俊文



株式会社 コガク

目 次

①基礎編 学習のねらい	1
第1章 DX 推進によるビジネス変革とは？	3
1.1 変革が求められる社会背景とビジネス背景.....	4
1.1.1 社会背景：少子高齢化、そしてコロナ禍	4
1.1.2 ビジネス背景、そして変革は焦眉の課題	5
1.1.3 AI & ロボットに仕事をしてもらわないと困る！	6
1.1.4 デジタル化しないと、競争上の優位が低下する？	6
1.1.5 企業は今、DX によるビジネス変革の必要性を痛感	7
1.2 DX（デジタル変革）とは？ ビジネス変革とは？	9
1.2.1 DX(デジタル変革)の定義	9
1.2.2 ビジネス変革に必要なものとは？	10
1.2.3 ビジネス変革の代表的なニーズ（課題）	11
1.2.4 ビジネス変革：ニーズ（課題）⇒ゴールの見える化	12
1.2.5 ビジネス変革：ゴール（ユースケース）の代表例	13
1.3 CPS：サイバー空間とフィジカル空間	15
1.3.1 新たな産業革命（DX）に必要な資源	15
1.3.2 デジタル化と CPS(Cyber-Physical System)	16
1.3.3 サイバーによるフィジカルの課題解決	17
1.3.4 製造業 DX：工場のデジタル化による課題解決	18
1.3.5 社内 DX：経営・業務のデジタル化による課題解決	20
1.3.6 医療 DX：病院のデジタル化による課題解決	21
1.4 データドリブン（データ駆動）型 DX	22
1.4.1 データドリブン（ヒト）に必要なもの	22
1.4.2 データドリブン（ロボット）に必要なもの	23
1.4.3 データドリブン型 DX によってスマートに変わる現場	24
1.4.4 スマートファクトリ（自動異常検知）	24

1.4.5 スマートファクトリ（自動検査）	25
1.5 国内外における DX の状況と推進方法	27
1.5.1 国内外における DX の状況	27
1.5.2 DX の推進方法（戦略：根拠と仮説）.....	28
1.5.3 DX は、PDCA を回すことが重要	29
1.5.4 AR(拡張現実)を活用した DX 推進の事例	30
1.5.5 AI & ロボットを活用した DX 推進の事例	31
『まとめと練習問題』.....	33

第2章 デジタル技術：AI、IoT、5G の役割	37
2.1 AI は新たな技術であり、新たな労働力	38
2.1.1 AI に何の仕事をしてもらうのか？	38
2.1.2 ヒトと AI の能力の違いは、面と線	39
2.1.3 適材適所で、AI がヒトを支援する	40
2.1.4 多くの分野で取り組まれている AI 活用	41
2.1.5 資源→技術（ディープラーニング）→労働力	42
2.2 AI を動かせるビッグデータに必要なもの	44
2.2.1 AI を動かせるビッグデータとは？	44
2.2.2 ビッグデータに必要な「相関関係」	45
2.2.3 ビッグデータに必要な「因果関係」	46
2.2.4 ディープラーニングは相関関係を発見・学習する	47
2.2.5 学習済み AI はデータを分析してくれる	48
2.3 ビッグデータを生成・活用する IoT × AI × 5G	50
2.3.1 AI は、ビッグデータを与えると課題解決してくれる	50
2.3.2 ビッグデータを生成する IoT	51
2.3.3 ビッグデータを学習する AI	52
2.3.4 ビッグデータを流通させる 5G	53
2.3.5 製造業における IoT × AI × 5G の代表事例	54
2.4 データ分析：データサイエンス (DS) の基本	56
2.4.1 データサイエンスとは何か？	56
2.4.2 ディープラーニングに必要な DS 用語解説	59

2.4.3 データ分布とデータ分離	60
2.4.4 正規分布	61
2.5 脳と自然現象を模倣した三種のAIとは?	63
2.5.1 AIは何をめざす	63
2.5.2 AIの実体は、脳と自然現象を模倣したモデル	65
2.5.3 脳の情報処理を模倣する統計モデルの例	66
2.5.4 脳のネットワークを模倣するニューラルネットの例	67
2.5.5 量子物理学を利用するアニーリングの例	68
『まとめと練習問題』	70

第3章 脳生理学から見た統計モデルとニューラルネット	73
3.1 脳生理学から概観する「ヒトの脳」のしくみ	74
3.1.1 脳のしくみを概観する（大脳皮質）	74
3.1.2 脳のしくみを概観する（大脳基底核、小脳）	75
3.1.3 大脳皮質の情報処理 VS. ネットワーク構造	76
3.1.4 脳の部位による三種類のニューラルネット	77
3.1.5 統計モデル VS. ニューラルネット	78
3.2 脳の論理・確率・統計を模倣した統計モデル	80
3.2.1 木構造による論理（記号）処理	80
3.2.2 決定木の例：異常検知	81
3.2.3 確率処理（ベイズ）	82
3.2.4 ベイズの例：ベイジアンネット	84
3.2.5 統計処理と近似関数による回帰	85
3.3 脳のネットワーク構造を模倣したニューラルネット	87
3.3.1 ニューロン（神経細胞）のシンプルな動作	87
3.3.2 ニューロンの数理モデルを単純化する	89
3.3.3 ネットワーク構造をモデル化する	90
3.3.4 ニューラルネットの学習能力	91
3.3.5 ニューラルネットの驚くべき能力	93
3.4 ニューラルネットの能力は、学習の成否によって決まる	96
3.4.1 単純パーセプトロンにおける学習	96

3.4.2 識別能力を持つか否か=学習がうまくいくか否か	98
3.4.3 分布が「線形」なら、学習はうまくいく	99
3.4.4 世の中の分布は「非線形」が多い	100
3.4.5 ニューラルネットを多層化する	101
3.5 ニューラルネットの学習能力と誤差逆伝播法 (BP)	104
3.5.1 多層になると厄介な問題が起きる	104
3.5.2 ニューラルネットは日本がリードしていた	105
3.5.3 ニューラルネットの学習誤差の最小化問題	106
3.5.4 勾配降下法(1) (誤差の最小化問題の解法)	107
3.5.5 勾配降下法(2) (最適化アルゴリズム)	108
3.5.6 誤差逆伝播(学習)法=バック・プロパゲーション	109
『まとめと練習問題』	111

第4章 ビッグデータと機械学習による社会課題の解決	115
4.1 再び、脳生理学から概観する「学習」のしくみ	116
4.1.1 小脳の「教師あり学習」	116
4.1.2 大脳基底核の「強化学習」	117
4.1.3 大脳皮質の「教師なし学習」	118
4.1.4 脳の学習を模倣したニューラルネット	119
4.1.5 Google の猫=ディープラーニング (オートエンコーダ)	120
4.2 データ分析に有効なニューラルネットの機械学習	122
4.2.1 ビジネス課題解決プロセスにおける「データ分析」	122
4.2.2 「データ分析」とは何か？	123
4.2.3 データ分析 AI の構築、3つのアプローチ	124
4.2.4 ニューラルネットと統計モデル、様々な機械学習	125
4.2.5 ディープラーニングと統計モデル、機械学習の違い	126
4.3 機械学習の構築と学習済みモデル	128
4.3.1 「機械学習」とは、何か？	128
4.3.2 データ⇒「モデル」⇒タスク	129
4.3.3 機械学習は、ヒトの学びと同じ	130
4.3.4 機械学習の構築と学習済みモデルのデプロイ	131

4.3.5 転移学習の必要性	132
4.4 訓練データの前処理、アノテーション	134
4.4.1 ビジネス課題解決プロセスにおける「データ収集」	134
4.4.2 IoTによるビッグデータの収集	135
4.4.3 ビッグデータから機械学習の訓練データ作成	136
4.4.4 教師あり機械学習：訓練データの「前処理」	137
4.4.5 「アノテーション」は大変な作業工程	138
4.5 機械学習による社会課題解決の実装例	140
4.5.1 機械学習による社会課題の解決	140
4.5.2 製造業 DX：工場のデジタル化による異常検知	141
4.5.3 異常検知に有効なディープラーニング	142
4.5.4 異常検知のビッグデータと機械学習	143
『まとめと練習問題』	145
STEP UP	148
参考文献	150
練習問題の解答	151

■ 第1章 ■

DX推進によるビジネス変革とは？

【学習のポイント】

本章では、昨今のディープラーニングをはじめとして、AIによるデジタル変革が求められるようになった社会背景とビジネスの背景、デジタル変革としての DX とは何か？ その定義と解釈を正しくするために不可欠なビジネス変革とは何か？ ビッグデータと AI が主役となる CPS（サイバー空間とフィジカル空間）およびデータドリブン（IoT、5G、AI、ロボット）とは何か？ ならびに国内外における DX 推進の状況と推進の方法について学びます。

1.1 変革が求められる社会背景とビジネス背景

1.1.1 社会背景：少子高齢化、そしてコロナ禍

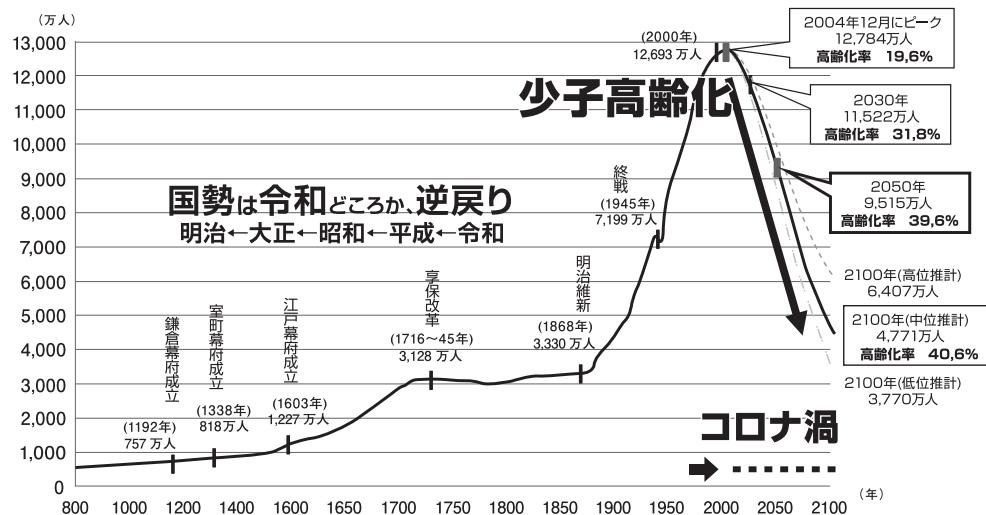


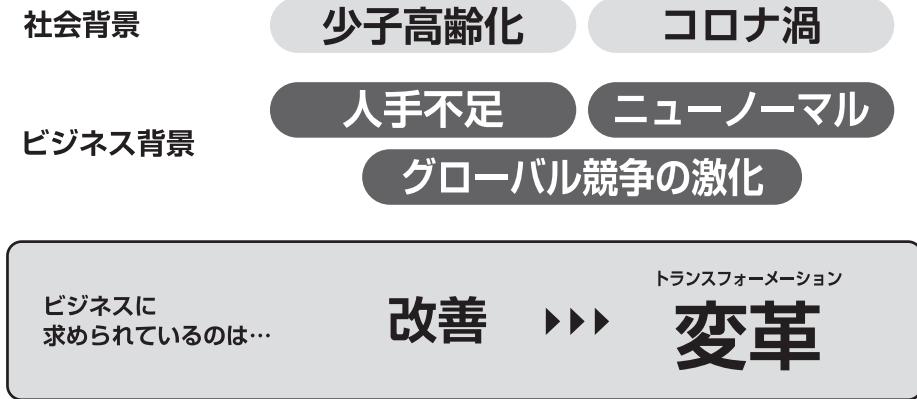
図1.1 社会背景:少子高齢化、そしてコロナ禍

日本の総人口は 2004 年のピーク時の 12,748 万人から 2030 年には 1 億 1,522 万人、2050 年には 9,515 万人にまで減少すると見込まれています。また、高齢化率は 2030 年には 31.8 %、2050 年には 39.6 % と増え続け、「少子高齢化」がさらに加速することが大きな社会問題となっています。

それにともない、国勢は令和→平成→昭和→大正→明治へと、時代を逆戻りするよう徐々に低下していく恐れがあり、2100 年には明治時代の人口レベルまで低下する可能性さえ指摘されています。

加えて、2019 年から広まった新型コロナウイルス (COVID-19) 感染症は、今まで経験したことの無い社会環境の劇的变化として世界中を震撼させています。このいわゆる「コロナ禍」は、今後、長期化すると見られ、ニューノーマルな生活へ移行を余儀なくされるなど、我々の生活に大きな影響を与えています。

1.1.2 ビジネス背景、そして変革は焦眉の課題



《渋沢栄一の金言》

「世の人が元気をなくしており、社会の発展が停滞している。
今までの仕事を守って間違いなくするよりも、さらに
大きな計画をして発展させ、世界と競争するのがよいのだ」

図1.2 ビジネス背景、そして変革は焦眉の課題

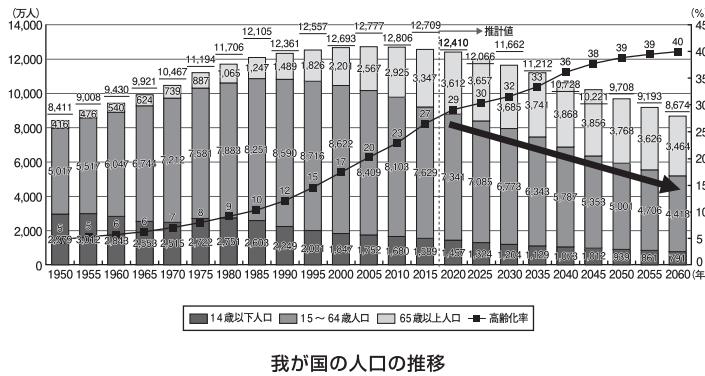
「少子高齢化」や「コロナ禍」といった昨今の社会背景は、「グローバル競争の激化」とともに日本のビジネスに大きな影響を与えています。

まず、少子高齢化によって、製造業を中心に「人手不足」が大きな問題となっています。特に、熟練工などの高齢化が進み、後継者がいない、育たないという、事業継続そのものに関わる問題が、中小企業を中心に顕現化していることも事実です。

次に、コロナ禍によってテレワークなど、「ニューノーマル」な働き方への移行が加速され、コロナ後にもテレワークを継続することを決定した企業も、大企業を中心に増えてきました。しかし、中小企業ではデジタル化がまだまだ進んでいないのが現状であり、本格的なテレワークへの移行には依然、高い壁があるといわざるを得ません。

これら「人手不足」の解消、および「ニューノーマル」への移行という大きな問題に対処するためには、従来の「改善」ではダメであり、「変革（トランスフォーメーション）」が必要であるといわれています。渋沢栄一の金言にもあるとおり、社会が停滞している昨今、世界と競争するためには大きな計画が必要であり、そのための変革は焦眉の課題といえます。

1.1.3 AI & ロボットに仕事をしてもらわないと困る！



少子高齢化による
深刻な人手不足

人間でなければ
できない仕事が停滞！
世界との競争力の低下

総人口は2030年には1億1,662万人、2060年には8,674万人(2010年人口の32.3%減)にまで減少すると見込まれている。

生産年齢人口は2030年には6,773万人、2060年には4,418万人(同45.9%減)にまで減少すると見込まれている。

(出典) 総務省 情報通信白書29年度版

図1.3 AI&ロボットに仕事をしてもらわないと困る！

生産年齢人口はどんどん減少し、2060年あたりにはピーク時に比べて半減することが予想されています。この「少子高齢化による深刻な人手不足」を解消するためには、コロナ禍でインバウンドが停滞している昨今、外国人労働者に頼るわけにはいかず、我々がやっている仕事の一部をAI & ロボットに任せることしかありません。

しかし、適材適所でAI & ロボットを活用しなければ、創造性や高度なコミュニケーション能力をもつ人間でなければできない仕事が停滞してしまいます。

特に、製造業の熟練工など後継者のいない現場においては、熟練者の技能や匠(たくみ)の技の一部をAI & ロボットで継承すべく、大学や企業と連携しながら研究が進められています。その背景として、経営者の多くは、ディープラーニングなどのAIの中身は知らなくとも、熟練者の技能や技などの暗黙知を機械化できる可能性に期待しているところがあります。

1.1.4 デジタル化しないと、競争上の優位が低下する？

AI & ロボットを活用するためには、工場などの現場の「デジタル化」が必要となります。そこで、DX(デジタル変革)の「D」にあたるこの「デジタル化」とは、正確にはどうい

う意味なのでしょうか？

「デジタル化」の本来の意味は、アナログデータを [0 / 1] のビット量子化によってデジタルデータに変換することです。例えば、製造工場では多くのモーターが稼働しています。これらが急に止まらないよう、予知保全するために保守者が手で測定する電流や温度、振動（加速度）などの大半は、アナログ値です。

ところが、モーターに電流センサー、熱電対センサー、加速度センサーなどを設置すると、出力されるデータがデジタルに変わります。また、工作機械の部品の近くにカメラやマイクなどの画像センサーや音響センサーを設置し、無線ネットワークを介して、部品の変色や変音による異常を監視する場合にも、扱う画像データや音響データは全てデジタルデータとなります。

すなわち、IoT (Internet of Things) システムの一部であるセンサーを導入した時点で、測定値データはすべてデジタル化されるわけです。しかし、これは DX (デジタル変革) が求めている“真のデジタル化”ではありません。センサーを設置するだけでは、単なる“データのデジタル化”であり、例えば「人手不足」の解消という、ビジネス変革を実行できないからです。

ビジネス変革を実行するためには、工場などの適材適所で AI & ロボットを活用してヒトの代替とするなど、業務プロセスを変革しなければなりません。生産などで適切な制御によりロボットを活用するためには、まず「AI」を活用しなければなりません。しかし、ディープラーニングなどの AI を活用するためには、後述するように「ビッグデータ」の活用が必要となるのです。ビッグデータとは、IoT で得られた測定値や、Web 上に入力されたデータ、購入行動などの膨大なデジタルデータの集合です。

つまり、“真のデジタル化”とは、デジタルデータを活用して AI & ロボットを働かせるなどして業務の自動化を進め、ビジネス変革を実行することに他なりません。そのためには、IoT システムによるアナログデータからの“データのデジタル化”が大前提となるわけです。いずれにしても、企業にとっては早急にデジタル化を推進しなければ、近い将来、競争上の優位が低下する恐れが十分にあります。

1.1.5 企業は今、DX によるビジネス変革の必要性を痛感

2019 年、IPA (情報処理推進機構) が発表した「デジタル・トランスフォーメーション推進人材の機能と役割のあり方に関する調査」によると、日本における大企業の多