

1. はじめに

みなさんは「情報」に「情」の字が使われていて「状」の字が使われていないことに違和感を覚えることはなかったでしょうか？ また、「情報」の定義と実際に使われている「情報」の意味との差に困惑したことはなかったでしょうか？ 「情報」という用語と意味は歴史的に変化してきた経緯があり、違和感の根源とも関連しています。

日本で初めて「情報」という用語が用いられたのは明治期で、軍事的な意味での使用が最初だったとあります（小野, 1991）。小野によると、当時「敵情（状）の報知」、または「敵情（状）の報告」を短縮して「状報」および「情報」が用いられたようで、その後「情報」のみが用いられるようになったとのことです。大島の文献的考察によると、森鷗外が（主観を含まない客観的な）「所変」（客体印象識）を「状報」とし、（主観に基づく）推測を含む「能変」（主体思量識）を「情報」に分けたようです（大島, 1990）。また、小野は「兵書における明治期の用例をみると、情報はありのままのようす、ありさまのしらせを意味することが多く、現在の情から受ける語感からすれば、情報よりも状報の方が適切だったように思われる」（小野, 1991）と記述しており、さらに「簡野道明編の『字源』で『情状』を引くと、『情』は心の内に動くもの、『状』は心の外にあらわれるものとあり、（中略）たとえば地形の状況に関する報告は、『情報』よりも『状報』の方が適していることは明らかである」（小野, 2005）と記述しています。

少なくとも平成 25 年度からの学習指導要領に準拠した高校のテキスト「社会と情報」（赤堀ら, 2017）では、「情報とは、物事に関する知らせであり、それを受け取る主体にとって何らかの意味や価値を持つもの」と記載されており、そのように習ってきたことと思いますが、「物事に関する知らせ」の段階で主観を取り除いたものを森鷗外の「状報」とし、「主体にとっての意味や価値を含めたもの」を森鷗外の「情報」として分類したと考えれば、分かりやすくなると思います。なお、情報経営学分野では、森鷗外の「状報」に相当する概念を「形式情報」、森鷗外の「情報」に相当する概念を「意味情報」として分類する考え（関口, 2016）があります。

上述の経緯を踏まえて、本章および第5章「インターネット・セキュリティを学ぶ」および第6章「情報倫理を学ぶ」では、特に使い分ける必要性のある箇所にて「形式情報」と「意味情報」を用いることにします。

また、デジタル情報に関する事項は日進月歩で、令和4年度からの高校の新学習指導要領では「社会と情報」が「情報Ⅰ」に代わることもあり、テキストの情報はずぐに古くなっ

てしまいます。授業中の演習課題については、毎年のトレンドに併せてオンラインコンテンツとして提示することとします。

2. 情報のデジタル化について （復習と概念の再構成）

2.1. 意味情報と形式情報（本章および第5章、第6章での定義）

情報に関する概略を図1に示します。人間が知覚しうるもの（五感で受け取ることが可能なもの）を「形式情報」とします。「形式情報」には意味づけされていない「データ」が含まれます。「形式情報」に受け手の側での重要度に応じて「意味」や「価値」が付加され、評価されうるものを「意味情報」とします。

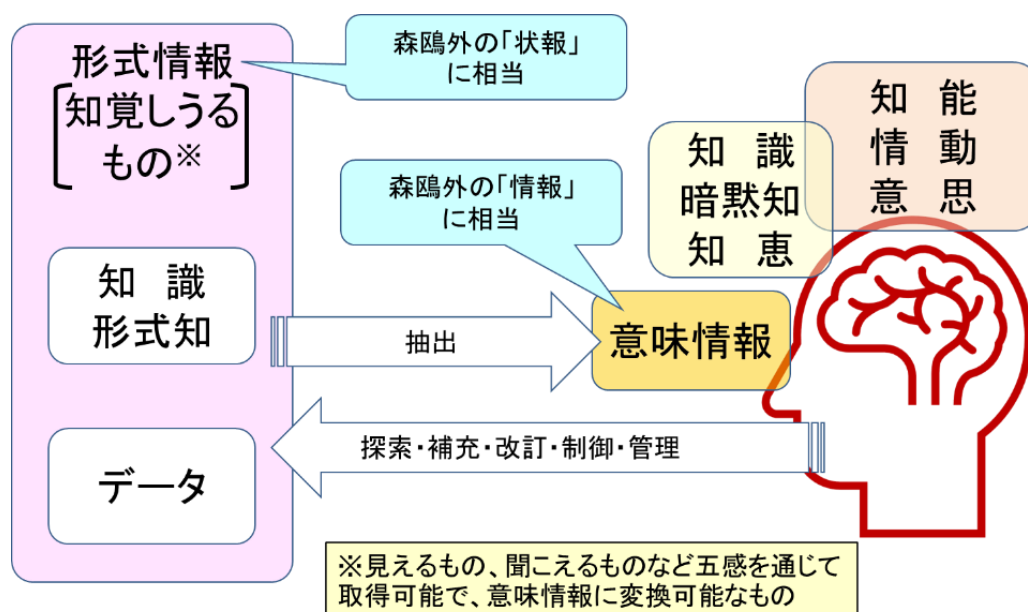


図1. データ、情報、知識・知恵の関係
関口の図（関口, 2016）を参考にして作成

図2にデータおよび情報の曖昧さについて示しておきます。「38」という数字のみでは意味や価値が不明です。付随的な情報、例えば「Aの体温」という情報と組み合わせられることで、意味のある情報へと変化します。摂氏なのか華氏なのかといった情報も必要不可欠でしょう。さらに、感染症の濃厚接触者かどうかという情報が必要になるかもしれません。このように情報の正確性が増すことで、「形式情報」としての精度が高くなることは確実です。しかしながら、情報の受け手によって意味が異なるかもしれません。たとえばAが正に体温を測られた当事者で、Bが医療従事者という場合や、Bが感染した患者で、濃厚接触者リストにAが入っていたという場合など、様々あるでしょう。それぞれにとって、「Aの体温が摂氏38度」という事実（形式情報）の意味（意味情報）が異なることになります。



図 2. データ（形式情報）から価値としての情報（意味情報）へ

=== 中略 ===

2.3 ビット数、情報量、エントロピー、ダイバージェンスについて

ある数値を「N」とするとビット数は $\log_2(N)$ で計算され、2 進法での桁数に該当する値となります。一般的に対数の底には「2」以外を使用することもでき、常用対数「10」の場合はディット (dit)、自然対数「e」の場合はナット (nat) が単位名となります。

事象を「E」としたときの情報量、選択情報量（自己エントロピー）は

$$I(E) = \log_2 \left(\frac{1}{P(E)} \right) = -\log_2(P(E)) [bit]$$

として表されます。選択情報量は、事象「E」が起こりにくい場合に値が大きくなり、受け手にとって「起こりやすさ」という観点での価値が高くなることを意味します。この場合の「起こりやすさという価値」は統計学的な値で客観的な指標であるため、「形式情報」として扱える範疇となります。すなわち「意味情報」での「意味・価値」とは完全には同じにならない点に気をつけるべきです。

また、平均情報量（エントロピー、シャノンエントロピー）は「情報量の期待値」であり、

$$H = - \sum_{E=1}^N P(E) \log_2 P(E)$$

として表されます（ビショップ, 2012）。

上記以外にも様々なエントロピーの概念があり、例えば交差エントロピーは AI（機械学習や深層学習）にて分類や判断の基準として使われますし相対エントロピーは物理学とも深い関係があります（田中ら, 2019）。また相対エントロピー、特にカルバック・ライブラー情報量などはダイバージェンス（偽距離）として情報幾何学と呼ばれる領域にて扱われ、様々な分野に進出しつつあるとのことです（甘利ら, 2020）。

2.3 アナログとデジタル、情報量の変化と取り扱いの変化について

連続量として捉えられるデータはアナログデータであり、離散量として捉えられるデータはデジタルデータとなります。計測方法によって離散量か連続量かが変化することがあります。たとえば、「時間」や「空間の位置（距離）」は連続量ですが、90 分を 1 コマとする授業の場合、90 分単位での離散量に変化します。通常「質量」は連続量ですが、量子力学が主となるレベルになると離散量の性質が主となります。なお離散量への変換過程で順序尺度やカテゴリーと同等レベルで扱わざるを得ない場合などでは統計にて t 検定などのパラメトリック検定は使えずにノン・パラメトリック検定を用いることがあります。取り扱う状況に応じて情報の性質を的確に把握しておく必要があります。

=== 中略 ===

表 3. 各種文字コードについて

7-8 bit 1 byte 128-256文字	EBCDIC	(extended binary coded decimal interchange code) 初期のIBMコンピュータにて用いられた。
	ASCII	(American National Standard Code for Information Interchange) 情報交換用米国標準コード(7bit)
	ANK	(Alphabetic Numeric and Kana) JIS X 0201 ASCIIコードに、カナを加えたもの(8bit)
16 bit 2 byte 65536文字	JIS	(ISO 2022-JP) 通信系、特に電子メールで主流。
	Shift-JIS	(S-JIS, MS漢字コード) Windowsで主流だったが、近年UTF-8へ移行しつつある。
	EUC	(Extended UNIX Code) Linuxで主流だったが、近年UTF-8へ移行してきている。
8-32 bit 1-4 byte 約43億文字	Unicode	文字符号化を定めた規格の総称
	UTF	Unicode Transformation Format
	UTF-8	現在主流、文字化けの危険性が最も少ない 全ての文字を1符号単位(8bit、1byte)ないしサロゲートペアと呼ばれる2~4符号単位(2~4byte)として扱う。 原理的にBOMは不要で非推奨だが、BOM付きしか扱わないソフトもあるため注意 BOM無しを前提とするソフトにBOM付きファイルが入力されると誤動作の元となるので注意。
	UTF-16	全ての文字を1符号単位(16bit、2byte)ないしサロゲートペアと呼ばれる2符号単位(32bit、4byte)として扱う。BOMは必須。
	UTF-16BE	UTF-16のビッグエンディアン
	UTF-16LE	UTF-16のリトルエンディアン
	UTF-32	全ての文字を32bitとして扱う。BOMは必須。
	UTF-32BE	UTF-32のビッグエンディアン
	UTF-32LE	UTF-32のリトルエンディアン

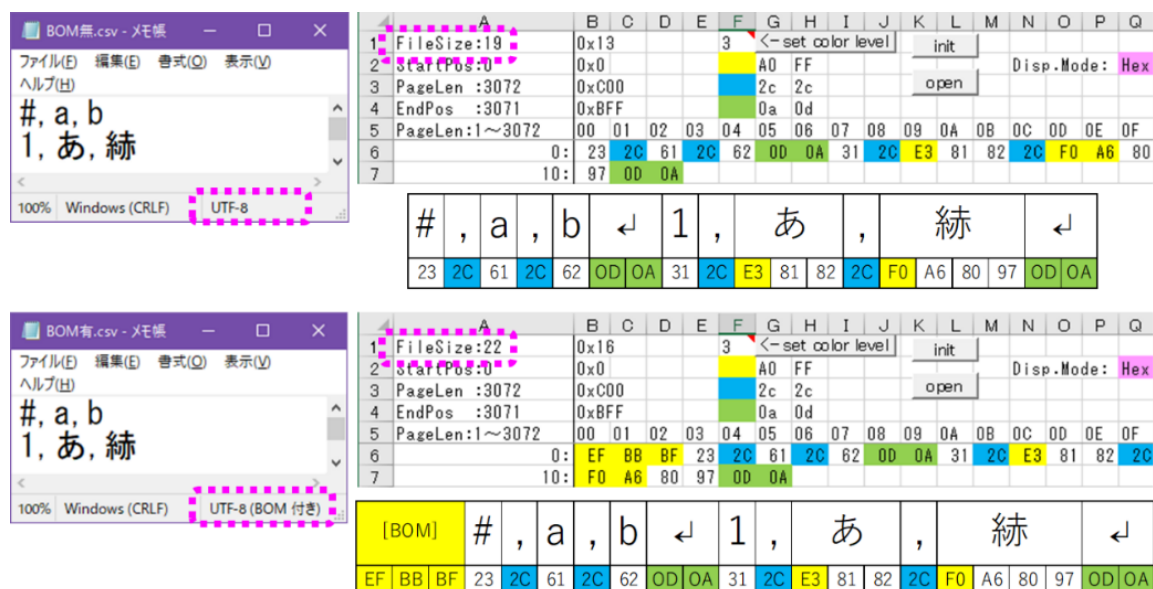


図 6. UTF-8 での BOM の有無によるデータ内部の差

=== 中略 ===

3.3 エンディアン（Endian）の問題

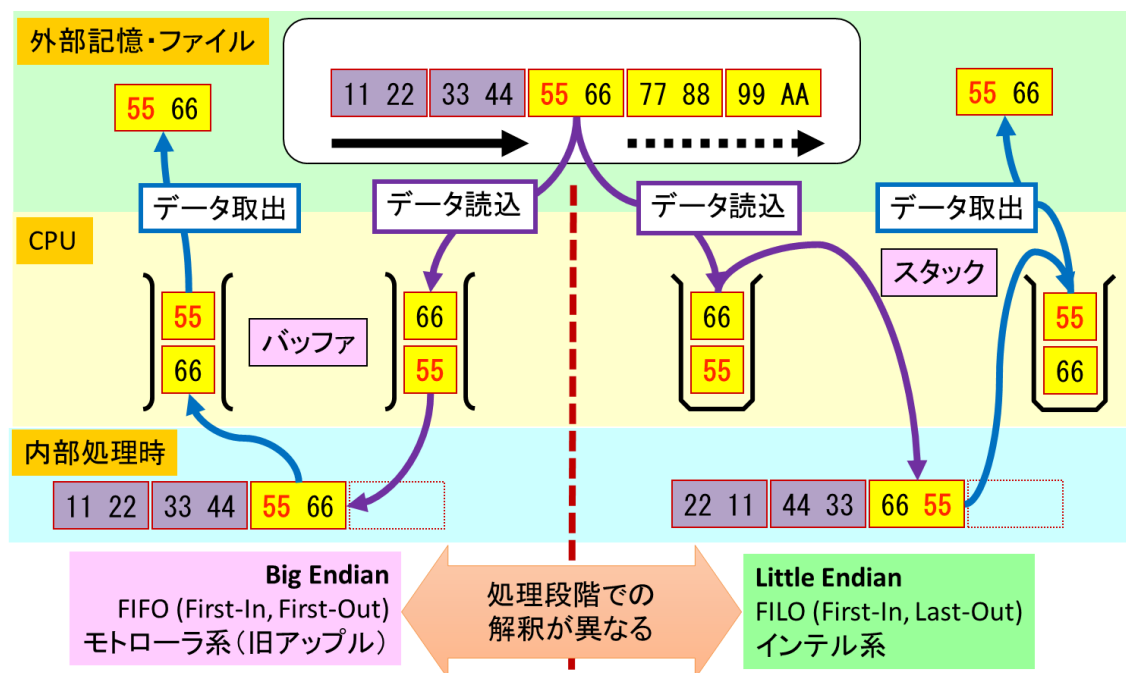


図 10. 2 バイト単位でのデータ処理時に発生するエンディアンの問題
記憶領域の「55 66」は、ビッグエンディアンなら処理時に「55 66」で、
リトルエンディアンなら処理時に「66 55」となる。

=== 中略 ===

UTF-8 では本来不要な BOM ですが、UTF-16 および UTF-32 では BOM は必須となります（表 3）。これは、CPU 内部でのペアとなる 2 バイトデータをどのように扱うかの差によるものです。並びの順に処理されるのをビッグエンディアンと呼び、前後（高位・下位）のバイトを入れ替えて処理するのをリトルエンディアンと呼びます。Windows は歴史的にもインテル系であるため、リトルエンディアンを使っています。エンディアンの差異には CPU 内部でのデータ処理構造の差が根本的に影響するため、避けては通れない問題となります（図 10）。医用画像での標準規格となっている DICOM（Digital Imaging and Communications in Medicine）内部では、タグとよばれる付随情報部分にて画像単位でのエンディアンの情報を保持しています（Oosterwijk, 2008）。

=== 中略 ===

5. 暗号と認証

ネットワークを利用する場面で欠かせないデジタル情報は「暗号と認証」です。デジタル情報の漏洩問題を含め、ネットワークセキュリティ（サイバーセキュリティ）の根底を支えている技術となります。

5.1 暗号とは？

文字を ASCII コードや UTF-8 といった文字コードに変換する操作をエンコード（コード化）と言います。変換方法に規則を設定しているので、文字コードから元の文字情報への変換（デコード）は当然ながら可能です。

暗号とは、特定の情報（鍵）を持たない部外者によるデコードを不可能とし内容を秘匿化する目的で使われます。古くから様々な暗号化手法が考案されていますが、最近では国家レベルで推奨する暗号レベルが提示されています。日本では暗号技術評価委員会（CRYPTREC、Cryptography Research and Evaluation Committees）が「電子政府推奨暗号リスト」を作成し提示しています。

5.2 絶対に破れない暗号は無い

皆さんは、デジタル情報をネットやクラウド上に置いておくことに不安は無いでしょうか？

The screenshot shows the CRYPTREC website. The header includes the CRYPTREC logo, the URL <https://www.cryptrec.go.jp/index.html>, a QR code, and an 'ENGLISH' button. The left sidebar contains a menu with items like 'CRYPTREC概要', '注意喚起', 'CRYPTREC暗号', 'CRYPTREC報告書', 'ガイドライン', and '技術報告書'. The main content area features a blue banner with the text '注意喚起情報'. Below this, the title '現在の量子コンピュータによる暗号技術の安全性への影響' is displayed, along with the reference 'CRYPTREC ER-0001-2019' and the date '2020年(令和2年)2月17日 CRYPTREC 暗号技術評価委員会'. A text box contains the following message: '今般、ゲート型の量子コンピュータが量子超越を実現したという報告があり、暗号技術の危殆化が一部で懸念されております。しかし、現在の量子コンピュータの開発状況をふまえると、暗号解読には規模の拡大だけでなく量子誤り訂正などの実現が必要であるため、CRYPTRECとしては、CRYPTREC暗号リスト記載の暗号技術が近い将来に危殆化する可能性は低いと考えています。今後も、本暗号リスト記載の暗号技術の監視活動を引き続き実施していきます。' A QR code is located at the bottom right of the page.

<https://www.cryptrec.go.jp/topics/cryptrec-er-0001-2019.html>

図 17. 暗号技術評価委員会と量子コンピュータの発達に対する記事

=== (中略) ===

5.3 認証システムとハッシュ関数

暗号化されたデジタル情報に正当にアクセスするには、「本人である」という確認、すなわち認証という手続きを踏む必要があります。また、デジタル情報が改竄されていないことを保証する仕組みも必要となります。これらには、ハッシュ関数と呼ばれる数学的な手法が用いられています。ハッシュ関数は、デジタル化されたありとあらゆる情報に対し、ユニークな値（他と同じにならない値）を計算する仕組みです。この仕組みを使ってビットコインなどで有名になったブロックチェーンという技術も成り立っています（光成, 2021）。

6 人工知能、機械学習、深層学習について

近年、深層学習（DL; Deep Learning、ディープラーニング）とよばれる手法を中心に機械学習（ML; Machine Learning）が著しく発達してきています。いわゆる人工知能（AI; Artificial Intelligence）と呼ばれているシステムの一部です。皆さんは「シンギュラリティ」という言葉を聞いたことがあるでしょうか？レイ・カーツワイル氏が提唱した「テクノロジカル・シンギュラリティ（技術的特異点）」ですが、「人工知能が人類の能力を超え、人工知能自身がより優れた人工知能を生み出すようになる時点」という意味とのことです（山田ら, 2019）。世間一般に AI という用語が広まったのは、2016 年にディープラーニングを利用したアルファ碁が囲碁にて世界最強とされた Lee Sedol 9 段を 4 勝 1 敗で打ち破ったニュースからだと言われています（庄野, 2019）。

6.1 機械学習と深層学習の「学習」とは？

皆さんは深層学習や機械学習の「学習」という言葉に違和感を覚えるかも知れません。これは、機械が適切に評価・判断できるまで、機械が「学習」という意味です。図 18 から 20 までに「教師あり」のシステム概念図を示します。筆者が大学院演習の教科書として使っている本（中井, 2019）をベースにまとめたものです。機械内部には、「パラメータ」を適切に調整することで入力データから適切な予測値が得られるような（人間側が考えた）「特定の問題に適したモデル」を予め作り込んでおきます（図 18）。「教師あり学習」では、

予め答えの分かっている入力データを放り込み、予測値と真の値との誤差の大きさに基づいて、「パラメータ」を自動的に調整していきます（図 19）。適切な学習にてシステム内部の「パラメータ」が適切な値に調整された段階にて「モデル」は「学習済みモデル」となり、実際のデータを入力して「推論」を行わせることができます（図 20）。

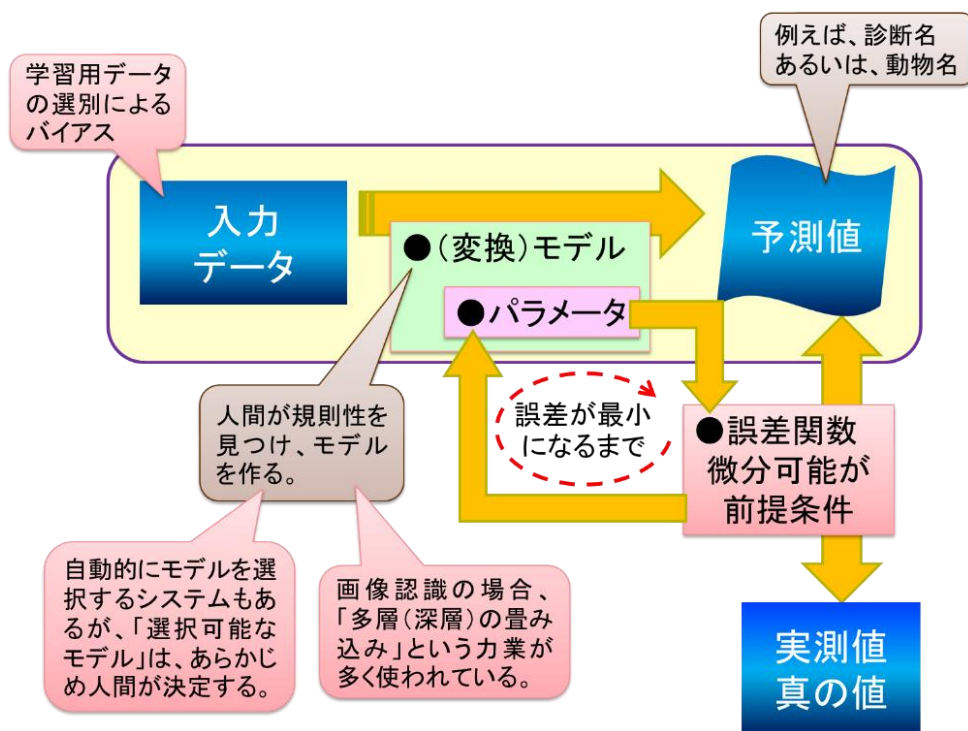


図 18. 機械学習・深層学習の概念図

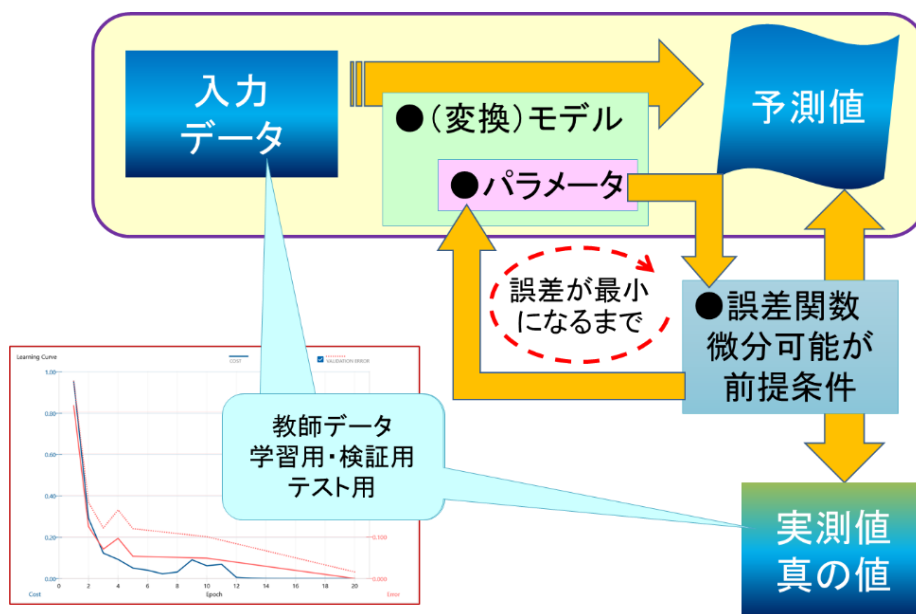


図 19. 機械学習・深層学習の「パラメータ」を「学習」によって調整させる

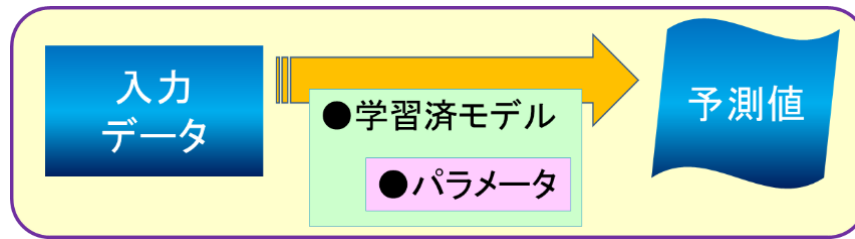


図 20. 適切に調整されたパラメータを持つ「学習済みモデル」にて
機械学習・深層学習が適切に予測・推論を行う。

また「教師なし学習」という手法もあります。基準を外部に求めず、データ内部に見いだすシステムとなります。標本データから推測される母集団の特徴を「オートエンコーダ」という手法で取り出し、母集団から外れたデータを「アノマリー検出」という手法で異常値（欠陥製品）として検出する方法や、「クラスタリング」という手法で対象を適切に分類する手法があります（秋庭ら, 2019）。

6.2 ディープラーニングの発達と OECD と日本の動向

ディープラーニングは特に画像認識の世界を中心に広く人間社会の内部に根を張りつつあります。特にカメラでの顔認証に広く使われています。最近であれば携帯端末でのログイン認証や COVID-19 の体温チェックによるスクリーニングでも利用されており、有用性は明らかです。しかしながら一方で、学習時のバイアスの影響で特定条件にて誤認識が発生する問題もあります。車の自動運転も実用化されつつありますが実際に事故も発生しており、原因と責任の所在について議論が続いています。人類が AI を有効に活用するためには様々な問題を克服していく必要があります。そのためには国際的なレベルでの包括的な情報を含めて、日本国内外の動向に注視していくべきです。2019 年 5 月に OECD の「人工知能に関する理事会勧告」（原題：“Recommendation of the Council on Artificial Intelligence”）が日本を含む 42 カ国にて採択されました（図 21）。

OECD の AI に関するサイト、OECD.AI

<https://oecd.ai/en/>

および日本の総務省のサイト

https://www.soumu.go.jp/menu_seisaku/ictseisaku/oecd_ai/index.html

に関連する情報が豊富にありますので調べてみましょう。



価値観に基づく5つの原則

	包摂的な成長、持続可能な開発及び幸福
	人間中心の価値観及び公平性
	透明性及び説明可能性
	頑健性、セキュリティ及び安全性
	アカウンタビリティ(説明責任)

政策担当者への勧告

	AIの研究開発への投資
	AIのためのデジタル・エコシステムの整備
	AIを推進するための政策環境の形成
	人材育成及び労働市場の変化への備え
	信頼できるAIのための国際協力

「人工知能に関する理事会勧告」(総務省, 2019)およびOECD AI Principles overviewを一部改変
https://www.soumu.go.jp/main_content/000642217.pdf
<https://oecd.ai/en/ai-principles>

図 21. 日本を含む 42 カ国が採択した OECD の AI に関する理事会勧告
 OECD AI Principles overview の英語を総務省の日本語訳に置き換えたもの

6.3 人工知能の歴史、第一次 AI ブーム

今の AI の潮流は「第三次 AI ブーム」と呼ばれています(図 22)。では、「第一次」と「第二次」はどうだったのでしょうか? 過去の 2 つのブームと 2 つの冬の時代について知っておくことは重要です(総務省, 2016)。情報のデジタル化に関する問題、特に形式情報と意味情報の関係を考察できれば、第三次 AI ブームに如何に対応するかも自ずと見えてくるかも知れません。

1940 年代に「脳のような (mind-like) 機械を構成するのに自然な要素は、生物の神経細胞の振舞いを抽象化した単純な素子であり、それらを結合すれば脳のような機械を構成できる」という考え方(コネクショニスト)が現れたとあります(ミンスキー&パパート, 1993)。1947 年には現在も AI の主流となっているニューラルネットワーク (NN; Neural Network) の基本となる形式ニューロンについて論理的な考察が出されました (Pitts, W.ら, 1947)。1956 年にダートマス会議にて「人工知能」という言葉が生み出され、1958 年にはニューラルネットワークの基本構造であるパーセプトロン(形式ニューロン、図 23)が定義されました (Rosenblatt, F. 1958)。第一次 AI ブームの到来です。

	人工知能の置かれた状況	主な技術等	人工知能に関する出来事
1950年代			チューリングテストの提唱 (1950年)
1960年代	第一次人工知能ブーム (探索と推論)	- 探索、推論 - 自然言語処理 - ニューラルネットワーク	ダートマス会議にて「人工知能」という言葉が登場 (1956年) ニューラルネットワークのパーセプトロン開発 (1958年) 人工対話システムELIZA開発 (1964年)
1970年代	冬の時代	- エキスパートシステム - 遺伝的アルゴリズム	初のエキスパートシステムMYCIN開発 (1972年) MYCINの知識表現と推論を一般化したEMYCIN開発 (1979年)
1980年代	第二次人工知能ブーム (知識表現)	- 知識ベース - 音声認識	第五世代コンピュータプロジェクト (1982～92年) 知識記述のサイクプロジェクト開始 (1984年)
1990年代	冬の時代	- データマイニング - オントロジー	誤差逆伝播法の発表 (1986年)
2000年代	第三次人工知能ブーム (機械学習)	- 統計的自然言語処理 - ディープラーニング	ディープラーニングの提唱 (2006年)
2010年代			ディープラーニング技術を画像認識コンテストに適用 (2012年)

総務省・平成28年版 情報通信白書「図表4-2-1-5人工知能(AI)の歴史」(一部改変)
<https://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/h28/html/nc142120.html>
<https://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/h28/image/n4201050.png>

図 22. 人工知能 (AI) の歴史 (総務省, 2016) [一部改訂]

== (中略) ==

6.4 第二次 AI ブーム

第二次 AI ブームの主演は記号や論理関係を主体とするシンボリストの側から問題を捉える考え方でした。コンピュータ言語の LISP はデータ構造もプログラム構造もリストと呼ばれる同一構造で記述できるため、自分自身を書き換えながら動的に変化していくことが可能でしたし、Prolog は事実（データ）と規則（ルール）からなるデータベースを元にパターンマッチと探索を行うことで推論を得意としていました。

図 24 に Windows で動く SWI-Prolog にてサザエさん一家の部分的な家族構成から、タラちゃんのおじさんとお婆さんは誰？という質問に答えるプログラムの一部を示しておきます。

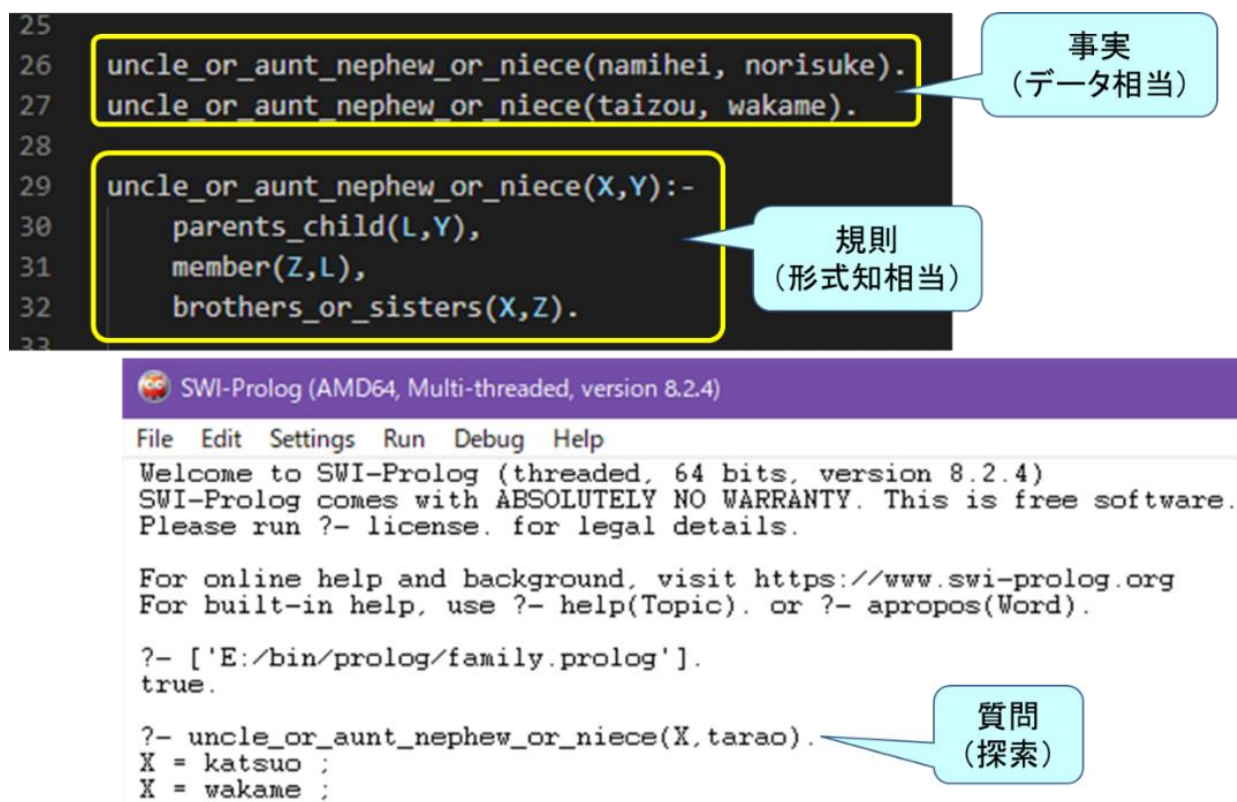


図 24. SWI-Prolog の例。記号化された形式情報を扱う。

これら言語を土台として、日本では「第五世代」という国家プロジェクトが立ち上がりました。この時、人間側が知っている・理解している知識や法則、事実などを如何にコンピュータ内部に構築し、それらを元にして、如何に問題解決を自動化させることができるか？というルールベースのシステムが主流でした。ルールが厳格で、かつ特定分野に特化した閉じた世界では非常に優秀な成績を収めました。当時の成果を集大成した資料は冊子体として 1,230 ページあり、医療分野、工学分野、教育分野、オフィスオートメーション、ファクトリーオートメーション、交通分野、農業分野、土木・建築分野、法律分野、並び

に機械翻訳と非常に多岐に渡って開発がなされたことが分かります（矢田ら, 1987）。

医療分野で代表的なシステムはエキスパートシステムないしプロダクションシステムと
いって、たとえば頭痛の診断を行わせるために、数多くの事実とルールを Prolog に入力し
ておき、患者側から得られた情報を入力すると診断に必要な質問が自動的に生成され、受
け答えをしていくと必要に応じてシステム内部に事実が追加されて診断結果にたどり着く
というものでした（松村ら, 1987）。このシステムは 51 症例の内、47 症例が正解という優
れた結果を出しました。しかしながら、ルールを記号化しシステムに入力していく作業が
大変であったこと、明文化することが難しい「暗黙知」や「常識」といった意味情報を形
式情報に置き換えていく作業にも限界があったこと、さらに汎用的なシステムを作り出す
ことは困難だったため、再び冬の時代に突入してしまいました。

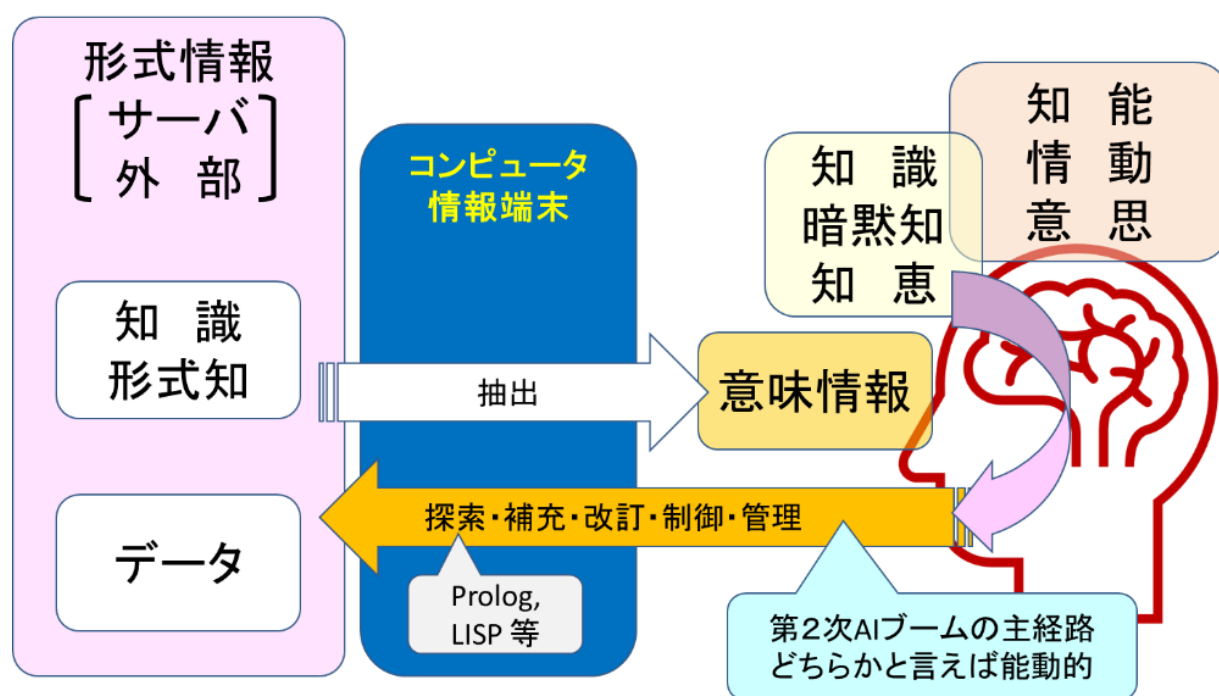


図 25. データ、情報、知識・知恵と第二次 AI ブームの関係

本章執筆を担当している西山（当時、歯学部 4 年生）は「頭痛・顔面痛診断支援システム：RHINOS」のシステム開発初期に、医学部マイコンクラブの部員として後輩に Prolog を教える立場として関わっていました。そういった観点から少しだけ言及しておきますと、例えば図 24 の「parents_child()」（「親子」）という語句（「述語」と呼ばれる）は任意の記号列で、これを「aka_no_tanin()」（「赤の他人」）に置き換えても全く同じ解答を出してくれます。Prolog は純粋に論理関係を扱うには優れていますが、形式情報が同一であっても作成者や受け手の差によって意味情報が異なる可能性があり、潜在的な問題を抱えています。第二次 AI ブームが終焉を迎えたのは人間がそれぞれ潜在的に有している「意

味」や「常識」を共通認識可能な形式情報としてシステム内部に入れ込むことが困難だったことも原因だろうと思っています（図 25）。

同時代にも第一次 AI ブームから連綿と受け継がれてきたニューラルネットワークシステムの研究開発も行われていました。図 18 から 20 に記載した「誤差を最小にする」に相当するバックプロパゲーション（誤差逆伝播）に関する研究等が進んだことも第三次 AI ブームに繋がっています。しかしながらコンピュータの性能が十分では無かったことから 3 層構造のネットワークが主体で、現在のような多層、深層のネットワークは多くの場合使えませんでした。同時期にはファジィコンピュータや遺伝的アルゴリズムをはじめ、近年量子コンピュータで話題となっているアニーリングシステム（ボルツマンマシン）なども研究がなされていました。本章執筆時から遡ること 30 年前になりますが 1992 年のインターフェースという雑誌の表紙とニューラルネットワークに関する記事の一部を図 26,27 に示しておきます。

=== 中略 ===

6.5 第三次 AI ブームと問題点

近年の第三次 AI ブームですが、中心となっているのは第一次 AI ブームのパーセプトロンから発展してきたニューラルネットワークです。特にゲーミングの領域を中心に GPU という大量のメモリと動画を高速処理できる専用システムが発達したこともあり、大量の多次元データを深層学習（Deep Learning）と呼ばれる多層のネットワークで扱うことが可能となったため、特に画像認識の領域にて急速に発展しています。

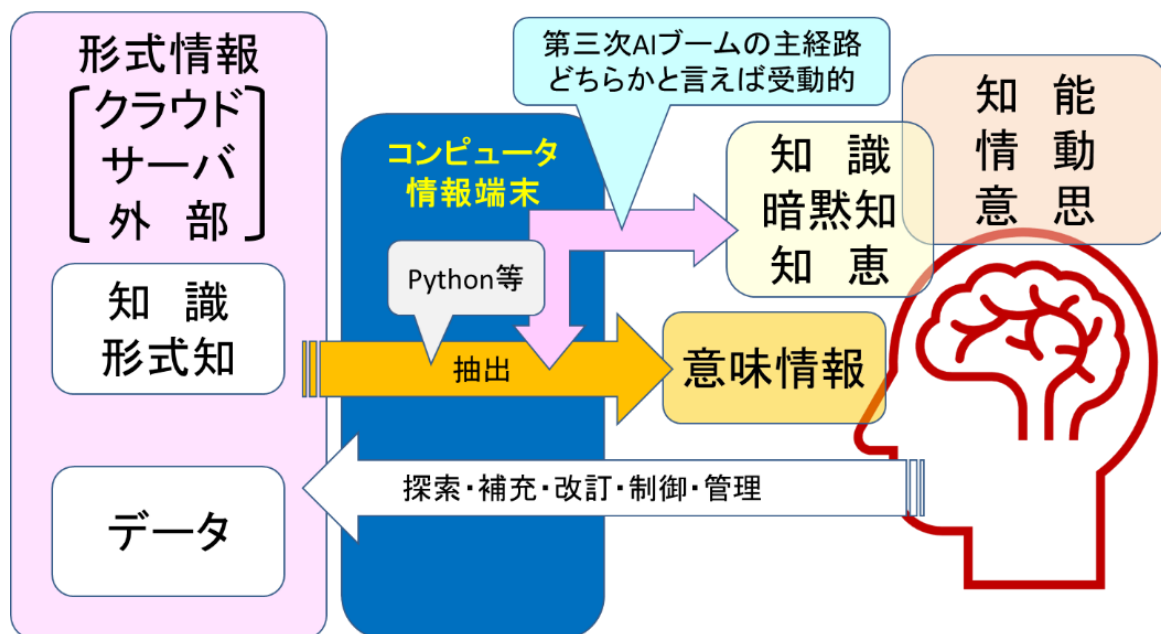


図 28. データ、情報、知識・知恵と第三次 AI ブームの関係

第三次 AI ブームでの深層学習システムは、図 28 に示すように、端的に言えば、人間側が求めるものを機械側が探して提示するシステムです。従って形式情報と意味情報のギャップについては注意深くあるべきです。機械学習や深層学習システムにて提示されてくる解答（形式情報）ですが、「なぜ、それを選択したのか?」、「どうして、そのように解釈・判断したのか?」、「どういった意味があるのか?」という理由・解釈・意味は、人間側からは「ブラックボックス」のように「分からない」のです。このため「説明可能な AI」(XAI) というシステムが模索されていますが、形式情報と意味情報のギャップを埋めることの難しさは残り続けるだろうと思われます。学部 3 年生用に作成した講義資料（年に一度程度改変）を下記 URL において置きます。

<https://www5.dent.niigata-u.ac.jp/~nisiyama/Info-of-AI-for-dental-student-Niigata-Univ.pdf>



上記講義資料については、専門教育を受ける前なので分かり難いところもあるかと思いますが、「何が問題か？」について、少しでも認識を持ててもらえれば幸いです。

特に厚生労働省医政局医事課長通知（H30.12.19）では「人工知能（AI）を用いた診断・治療支援を行うプログラムを利用して診療を行う場合についても、診断、治療等を行う主体は医師であり、医師はその最終的な判断の責任を負うこととなり、当該診療は医師法（昭和 23 年法律第 201 号）第 17 条の医業としておこなわれるものであるので、十分ご留意をいただきたい。」と明記されているので、「問題の本質を知らずに AI を医療に使う」ことは許されるべきではないと考えるべきでしょう。

さらに画像診断の領域では、「いずれ AI は放射線科医にとって代わる」と言われていた時期もありましたが、2017 年北米放射線学会（RSNA）では、Curtis Langlotz 先生が「AI が放射線科医に置き換わることはなく、AI を使う放射線科医が、使わない放射線科医にとって代わるだろう」といった趣旨の発言をされて注目を集めています。特に「放射線科医」の部分には様々な職種や団体、国を当てはめて考えることができるという見方もできるでしょう（小林, 2019）。

7 内閣府主導の「Society 5.0」について

デジタル通信網が 5G へと移行しつつあり、また第三次 AI ブーム真っ只中にあり、さらに内閣府主導の「Society 5.0」というシステムが提唱されています。図 29 から 31 まで、一部資料を提示しますが、詳しいことは下記リンク先からの資料を閲覧してみましょう。

https://www8.cao.go.jp/cstp/society5_0/



皆さんは、これら資料を閲覧して、どのように感じ、どのように考えるでしょうか？特に図 31 の「これまでの情報社会（4.0）」と「Society 5.0」を比較してみましょう。特に「形式情報」と「意味情報」という観点から図 25 と図 28 を含めて比較し、深く考えてみましょう。

=== 中略 ===

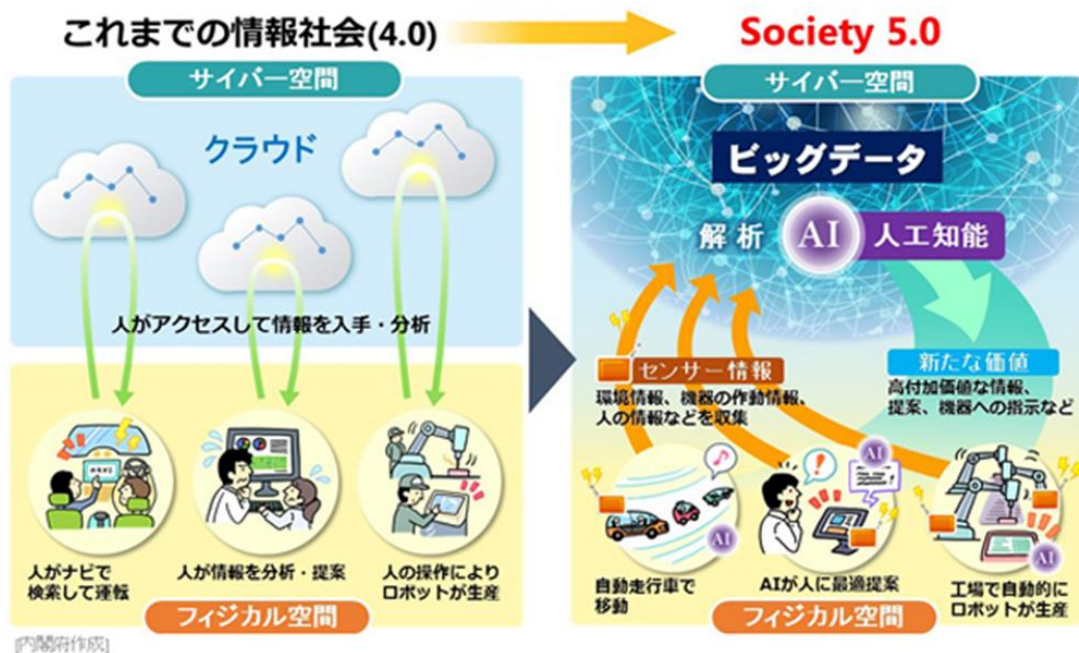


図 31. Society 5.0 でのサイバー空間とフィジカル空間の関わり方について（内閣府）

8 おわりに

明治期に生み出された「情報」という言葉は紆余曲折にて「曖昧さ」を含んだまま流れてきて、今、まさにサイバー空間とフィジカル空間の狭間、デジタル空間とアナログ空間の狭間、ないし「形式情報」と「意味情報」の狭間にて揺れ動いています。

ミンスキーとパパートは「コネクショニストとシンボリストは本来相互に対立する概念ではない」、「学習そのものによって学習を研究するのでは十分ではない。学習したいものの本質をよく理解しておかなければならない」、「X を表現するための何らかのスキームを少なくとも潜在的にもっていなければ、その機械は X を学習認識できない」と記しています（ミンスキー&パパート, 1993）。引用した言葉の中にある「何らかのスキーム」は、図 18 に示した「人間側が規則性をみつけた特定の問題に適したモデル」に相当します。この部分は「データや形式情報」から「意味情報」への変換の核になる部分であり「何が問題か？」の核心部分でもあります。今期の第三次 AI ブームにて根本的な問題も解決されるかもしれませんが、解決されずに終焉を迎えたとしても、これまでの歴史が明らかにしたように、一定の期間を経て第四次 AI ブームは必ず訪れることでしょう。その頃には皆さんは親の世代になっているかもしれません。

これから社会の中心を担う皆さんは、相手にとっての「意味情報」と自分にとっての「意味情報」を考えつつ、「形式情報」を扱うべきだと思っています。社会そのものが大きく変化していく中、どうすれば良いのか、何が問題なのかを常に考えながら、次世代へと意味のある情報を伝達して行って下さい。

参考文献

- ・ アイテック教育研究開発部 (2001). 「7. History of Computer Systems -言葉の誕生からパーソナルコンピュータまで-」 『コンピュータシステムの基礎 第10版』 アイテック, pp. 69-84.
- ・ 赤堀侃司, 永野和男, 坂元章 他 (2017) 『社会と情報』 東京書籍.
- ・ 秋庭伸也, 杉山阿聖, 寺田学, 加藤公一 (2019) 『見て試してわかる機械学習アルゴリズムの仕組み 機械学習図鑑』 翔泳社.
- ・ 甘利俊一, 江口真透 他 (2020) 『数理科学 11/2020 特集 情報幾何学の探究 -基礎と応用、現状と展望に迫る-』 サイエンス社.
- ・ 久下哲郎(1992)「ニューラル・ネットワーク・シミュレータの製作とパターン認識実験」『インターフェース』 CQ 出版, 18(2), No.117, pp. 138-165.
- ・ 小林泰之 (2019) 「Column. 人工知能時代における放射線科医・診療放射線技師」藤田広志 監修 『医療 AI とディープラーニングシリーズ 医用画像ディープラーニング入門』 オーム社, pp. 203-206.
- ・ ビショップ C.M. (2012) 『パターン認識と機械学習 上』, 元田浩, 栗田多喜夫, 樋口知之, 松本裕治, 村田昇 監訳, 丸善出版.
- ・ 松村泰志, 松永隆, 木村通男, 津本周作, 前田裕輔, 松村浩 (1987) 『診断過程のシミュレーション, 頭痛・顔面痛診断支援システム: RHINOS』 医療情報学 7, 183-190.
- ・ 箕原辰夫 (2003) 「Character」 (<https://www3.cuc.ac.jp/~minohara/lecture/sfc/design2003/lecturenotes/practice8.pdf>) 『Digital Design with Macintosh (2003 年度春学期)』 (<https://www3.cuc.ac.jp/~minohara/lecture/sfc/design2003/lecturenotes/>) (2022 年 2 月 3 日閲覧)
- ・ ミンスキー M.L., パパート S.A. (1993). 『パーセプトロン』 中野馨, 坂口豊 訳, パーソナルメディア.
- ・ 光成滋生 (2021) 『図解即戦力 暗号と認証のしくみと理論がこれ 1 冊でしっかりわかる教科書』 技術評論社.
- ・ 中井悦司 (2019) 『TensorFlow と Keras で動かしながら学ぶ ディープラーニングの仕組み ~畳み込みニューラルネットワーク徹底解説~』 マイナビ出版.
- ・ 西上原裕明 (2006) 『Word のレイアウトと印刷 ここがわからなかった!』 技術評論社.
- ・ 小野厚夫 (1991) 『明治期における「情報」と「状報」』 神戸大学教養部紀要「論集」 47, 81-98.
- ・ 小野厚夫 (2005) 『45 周年記念特別寄稿:情報という言葉を探ねて (2)』 情報処理 46,

475-79.

- ・ 大島進 (1990) 『鴎外森林太郎による獨逸語 NACHRICHTEN の二つの翻譯語「情報」と「状報」』 全国大会講演論文集 第 40 回(情報科学一般) 28-29.
- ・ Oosterwijk, H. (2008). 「3.2 適合性宣言書：詳細」 日本画像医療システム工業会 訳『DICOM 入門』 篠原出版新社, pp. 91-116.
- ・ 小沢慎治 (2006) 「16. 画像の符号化」 デジタル画像処理編集委員会監修 『デジタル画像処理』 CG-ARTS 協会, pp. 283-306.
- ・ Pitts, W., McCulloch, W.S. (1947) 『How we know universals the perception of auditory and visual forms. The bulletin of mathematical biophysics 』 9, 127-147.
<https://doi.org/10.1007/BF02478291>
- ・ Rosenblatt, F. (1958) 『The perceptron: A probabilistic model for information storage and organization in the brain 』 Psychological Review 65, 386-408.
<https://doi.org/10.1037/h0042519>
- ・ 関口恭毅 (2016). データ・情報・知識の含意と相互関係の二重性について. 商学論纂(中央大学) 57, 209-247.
- ・ 総務省 (2016) 「人工知能 (AI) の現状と未来」 『平成 28 年版 情報通信白書 | PDF 版』 (<https://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/h28/pdf/n4200000.pdf>) (2022 年 1 月 24 日閲覧) .
- ・ 庄野逸 (2019) 「Chapter 1. 人工知能 (AI) 総論」 藤田広志 監修 『医療 AI とディープラーニングシリーズ 医用画像ディープラーニング入門』 オーム社, pp. 2-20.
- ・ 田中章詞, 富谷昭夫, 橋本幸士 (2019) 『ディープラーニングと物理学 原理がわかる、応用ができる』 講談社.
- ・ 東京大学多国語処理研究会 (2005) 「GT 明朝フォントの製作システムについて」 (http://www.l.u-tokyo.ac.jp/KanjiWEB/03_01.html) 『ゆたかな文字文化を創りあげるために』 (http://www.l.u-tokyo.ac.jp/KanjiWEB/00_cover.html) 東京大学多国語処理研究会 (<http://www.l.u-tokyo.ac.jp/GT/>) (2022 年 2 月 3 日閲覧)
- ・ 浦城恒雄 (1978) 『日立における計算機開発の歴史 -昭和 30 年代-』 情報処理 19, 70-778.
- ・ 内海 淳 (2010) 「アウトラインフォント」『文字とコンピュータ その 3』 (http://culture.cc.hirosaki-u.ac.jp/english/utsumi/info/moji_c6_ja.html) (2022 年 2 月 3 日閲覧)
- ・ 矢田光治, フジ・テクノシステム, エス・ディ・シー 編集 (1987) 『AI 総覧』 フジ・テクノシステム.
- ・ 山田朋英, 谷田部卓 (2019) 『臨床医のための 医療 AI 概論』 日経メディカル開発.

- ・ 矢野啓介 (2010) 『プログラマのための文字コード技術入門』 技術評論社.
- ・ 安岡孝一, 安岡素子 (2006) 『文字符号の歴史—欧米と日本編』 . 共立出版.
- ・ 安岡孝一, 安岡素子 (2008) 『キーボード配列 QWERTY の謎』 . NTT 出版.