



2年前にこの図書ニュースで“時間”について書きました。興味のある生徒は、本校 HP の学校生活／図書館／図書ニュース／平成 27 年度図書ニュース第 3 号を見てください。この流れから“空間”、“宇宙論”、“量子力学”、“超弦理論”、“量子コンピュータ”などの本の紹介も考えましたが、最近よく話題に上ります“人工知能”について、本を紹介します。なお、書名の後の（）内の数字は本校の図書館にある番号を示しています。

ニュースとして、ボードゲーム「チェッカー」の世界選手権で人間に勝利、1997 年に当時のチェス世界チャンピオン・カスパロフ氏に勝利した“ディープ・ブルー”、囲碁界の最強棋士にグーグルの AI “AlphaGo” が 3 連勝、将棋の名人佐藤氏が AI に連敗、ポーカーでプロを打ち負かす人工知能が作られたり、ソフトバンクが新卒採用に“IBM Watson”を活用する、といったことがありました。

人工知能のキーワードとして、ディープラーニング、ネオコグニトロン、ニューラルネットワーク、パーセプトロン、シグモイド関数、モンテカルロ木探索、ゲーム理論、囚人のジレンマ、エージェント指向、分散人工知能、データマイニング、機械学習、強化学習、教師なし学習、隠れマルコフモデル、協調フィルタリング、スパース・コーディング、シンギュラリティ、チューリングテスト、フレーム問題、エキスパートシステム、意志決定アルゴリズム、弱い AI、非反射型 AI、サブサンプション・アーキテクチャ、ファジー理論、メンバーシップ関数、カオス、局所解、バイズの定理、完全情報ゲーム、人工生命・・・これらのことをざっと概観するには、

①三宅 陽一郎、森川 幸人『絵でわかる人工知能』サイエンス・アイ新書 2016 年 9 月
がいいでしょう。新書なので気楽に読めると思います。

隠れた法則を見つける技法として、データマイニングという言葉があります。これは、よくマーケティングツールとして利用されます。「紙おむつとビール」の伝説（※おむつを買った人はビールを買う傾向があるという事例。このような事例が本当にあったのか疑問もあり伝説と呼ばれるようになりました。しかし、あるコンサルタント会社の分析でこの傾向があることがわかりました。ただし、これに基づいた販売戦略はしなかったらしいです。）のように、販売促進に有用な法則を見つけるということで注目されました。データマイニングがどのようなものか、概要をうまくまとめている本として、

②岡嶋 裕史『数式を使わないデータマイニング入門』光文社新書 2013 年 12 月

を推薦します。この本の中で、“落としどころを探る回帰分析”、“効率的に判断する決定木”、“クラスタ分析”、“自己組織化マップ”、“関連規則”、“神経をまねたニューラルネット”など分かりやすく説明しています。この本も新書で気楽に読めます。チェス・将棋・囲碁などの対戦型 AI について解説した本として、

③山本 一成『人工知能はどのようにして「名人」を超えたのか?』ダイヤモンド社

2017 年 5 月 (007/Y4 /1)

④小野田 博一『人工知能はいかにして強くなるのか?』ブルーバックス 2017 年 1 月

を推薦します（近々図書館に入る予定です）。③の著者の山本一成氏は、プログラム“ポナンザ”の開発者で、このプログラムは初めて将棋のプロ棋士に勝ち、更に将棋で現役の名人にも勝利しました。

ここまでは、中身は深いですが、気楽に読める本を紹介しました。次は、より詳しく人工知能を知りたい、見てみたいという人のための紹介です。

⑤浅井 登『はじめての人工知能 Excel で体験しながら学ぶ AI』翔泳社 2016 年 3 月 (007/A4/1)

⑥福山 隆晃『Excel で遊ぶ人工知能ニューラルネットワーク改訂版』三恵社 2012 年 3 月

⑦山下 隆義『イラストで学ぶディープラーニング』講談社 2016 年 2 月

⑧谷口 忠大『イラストで学ぶ人工知能概論』講談社 2014 年 9 月 (007/T4/1)

⑨涌井 良幸、涌井 貞美『ディープラーニングがわかる数学入門』技術評論社 2017 年 3 月

⑩Rashid『ニューラルネットワーク自作入門』マイナビ出版 2017年4月

⑪伊庭 斉志『Excelで学ぶ遺伝的アルゴリズム』オーム社 2005年11月

⑫平野廣美『遺伝的アルゴリズムと遺伝的プログラミング』パーソナルメディア 2000年2月

⑤は、パーセプトロンによる文字認識、ホップフィールドネットワークによる文字認識、ファジィ推論による空調制御、あいまいな条件で目標値を維持するファジィ制御、遺伝的アルゴリズムによる財産分け、MC問題、最小コストで山の頂上まで登るときの経路を探す探索法の比較、 $\alpha\beta$ 戦略によるカードゲーム、人工知能に言葉の意味を教えるバージョン空間法による学習、病気診断エキスパートシステム、犯人を捕まえる追跡問題などのサンプルプログラムもあります。

⑥には、プログラム例として巡回セールスマン問題などが紹介されています。⑦には、畳み込みニューラルネットワーク、制約ボルツマンマシン、オートエンコーダ、ディープラーニングの開発環境などの説明があります。

⑧には、ゲーム理論、動的計画法、ベイジアン理論の基礎、強化学習、パターン認識などの説明があります。

⑨には、Excelファイルをダウンロードし、ニューラルネットワーク、誤差逆伝播法を試すことができます。

⑩には、Raspberry Pi上でPythonを使って、ニューラルネットワークを実装させる方法の説明もあります。

⑪、⑫は少し古い本（古いといっても2000年以降の本です。この世界は変化が激しいです。）ですが、遺伝的アルゴリズムを使っているいろいろな例をサンプルプログラムとともに説明がされています。

ところで、話題のディープラーニング（深層学習, deep learning, deep machine learning）は、機械学習の1つで、ニューラル・ネットワーク（neural network）を使った分析計算とほぼ同義と置いていいです。機械学習とは、素データの背後にある何らかの規則をコンピュータが拾いあげることです。ニューラル・ネットワークとは、多層パーセプトロン（multilayer perceptron）のことで、パーセプトロンとは、ミンスキー（Marvin Minsky）による説明では、「一群の機械」で「多数の部分的な観測結果を加え合わせることによって判別—入力事象が、あるパターンに合致するかどうかの判断—をするもの」です。

（単層）パーセプトロンとは、次の式の各係数を決定するプログラムのことです。

$$y = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_nx_n$$

パーセプトロンを何層にも重ねることによって、様々な非線形回帰分析や非線形判別分析を行えます。（判別分析とは、複数の変数を用いて、その対象がどの群に属するかを予測する式を導くこと。）例えば、年齢・身長・体重・体脂肪率などから男か女かを予想することができるように調整が可能です。つまり、深層学習とは、多くの変数を使った回帰分析や判別分析などの計算をコンピュータにさせることと言えます（参考④）。

囲碁界に衝撃を与えた、グーグルのAI“AlphaGo”は、ディープラーニングを使った打つ手の予測とモンテカルロ法を組み合わせ、更にディープラーニングと強化学習を組み合わせました。強化学習とは、自分自身で試行錯誤して学習していく手法で、つまり自分自身と試合を行い強くなっていきます。そして、局面を評価することができるようになったようです。また、これらの手法による相乗効果もあったようです（参考③）。

本の紹介からは離れますが、人工知能に関連した映画、アニメ、マンガを思いつくまま紹介します。映画では、『オートマタ』（2014年米）、『マトリックス』三部作（1999年、2003年、2003年米）、『A.I.』（2001年米）、『ウォー・ゲーム』（1983年米）、『アイ・ロボット』（2004年米）、『2001年宇宙の旅』の人工知能HAL9000（1968年米）、『イーグル・アイ』（2007年米）。マンガ（アニメ）では、『火の鳥 未来編』手塚治虫、『攻殻機動隊』などが面白いです。※映画は、お勧めの順です。

人工知能をもっと詳しく紹介しようと思いましたが、書き切れません。紹介した本などをぜひ読んでください。最後に、雑感を。今後、人工知能により暮らしはどうなっていくのだろう……。チェス、囲碁、将棋で起こったこと、つまり人工知能が人間を超えるということは、生活のあらゆる分野で同じ経験をすると思われます。シンギュラリティ（Singularity）という言葉があります。数学では、よく複素関数論、留数定理など正則性を論じるときに必要な概念です。物理学では、“ブラックホール内部で時空における特異点”などと言う表現で使います。現在の物理法則が破綻（適用できない）しているところを言います。裸の特異点や、これを禁止する宇

宙検閲官仮説など面白い議論もありますが、ここで言うシンギュラリティは、技術的特異点と訳される人間と人工知能の臨界点、人工知能が人間を超えて成長することで、これまでの世界と質的な変化が起こる時点をいいます。シンギュラリティの提唱者であるレイ・カーツワイルは、その時点を2029年と予想しています（はじめは、2045年としていましたが修正しました）。もう十数年でその時代がやってきます。ワクワクするような少し怖いような……。人間の仕事が減るのを危惧する人もいます。人類が滅ぼされるかもしれないと危惧する人（小説・映画のテーマとしても多い）もいます。また、医療の分野ではより正確で迅速な診断ができると期待する人もいます（すでにガンの早期発見など人間を超えているのもあります）。政治の分野にも進出するでしょう。当然、教育の分野にも……。確かに人工知能の発達で仕事内容は変化するでしょう。このことは、今までの技術の進歩による影響を考えれば当然と思えます。計算機がなかった時代は“計算屋”という職業がありました。対数の発見で計算屋の寿命が延びたと言われていた時代です（※掛け算を対数にすると足し算、つまり計算が楽になります）。文章をタイプライターで打つ仕事、代筆屋、機械化が進む前では農業に携わる人の割合は多かったです。つまり、昔も今も機械などに置き換えられない人間ならではの仕事、社会が要求する仕事にシフトしていくということです。また、人の尽きることのない欲望がある限り仕事は無くならないと考えることもできそうです。いろいろな人が今後を予想しています。人は、便利な道具を発明してきました。その1つとして人工知能を捉えることも可能でしょう。だとすると、その道具としての人工知能をどう使うかが、人の問題になります。しかし、この発想自体が、過去・経験・言語からの発想と言えるのでこれは私の世界の限界とも言えるかも知れません。

ところで、“予想”と聞くとよく思うことなのですが、そもそもどれくらい当てになるのでしょうか？ 予想と言ってもいろいろなレベルがあります。天気の詳細、地震の予想、株価の予想、人口変化の予想、インフルエンザ流行の予想、商品がヒットするかの予想、ボールを投げたときどこに落ちるかの予想、テストの点数の予想、明日も太陽が東から昇るといふ予想……。当たったかどうかの検証は、あまり見ません。当たるといふことにねらいがないのかも……。 “将来を予測する”というとき、その精度が重要です。そして、原理的に予測可能かは、自由意志があるか、決定されているかという問いにもなります。よく物理学を引き合いに出して、「ニュートン力学では決定論だが、量子力学では確率的なので決定できない」、「決定論だとしてもカオス的に振る舞うので、ちょっとした初期条件の違いで結果は全く違って来る」などなど。次のように考えてはどうでしょう。「チューリングの停止定理」というのがあります。“任意のチューリング・マシンがいつ停止するかを事前に決定するアルゴリズムは存在しない。”つまり計算結果を出力するかどうかは予め予測できない、という定理です。因みにこの定理は、ゲーデルの不完全性定理と同等ということが証明されています。これを考えれば、決定論的な式だとしてもその計算結果を予め予測することは原理上できないということです。つまり、世界が決定論的であろうがなかろうが、結果を予測することは原理上できないので、このような問いは無意味である。」いかがでしょうか。また、物理学で世界を正確に記述することは可能でしょうか。物理学という営みは何でしょうか。いろいろな立場があります。私なりの考えもあるのですが、ここでは書き切れません。脱線しました。では、なぜ人は予測したがるのでしょうか？ それは、一步を踏み出す勇気を予測は与えてくれるからと考えられないでしょうか。予測の根拠は、“神”であったり“信念”、“科学”であったりもします。ここに生物としてのヒトの特徴を見ることができそうです。

元々、人工知能の研究の動機は、人間の“心”や“知性”の探究が大きな割合を占めていると思います。ロボット（人工知能）は、心や知性を持っているのでしょうか？あるいは持つようになるのでしょうか？そもそも、心とは何でしょうか？ いろいろな主張があります。私は、「心は脳の機能の一部」とする側に立ちます。ですので“心が痛む”というときには、心臓に手をやるのではなく、頭に手をやるのが正しいあり方だと考えます。（笑）これが正しいとすると、なぜ心という機能が発達してきたのでしょうか？ それは、自分の行動が目的通りに進んでいるかのチェック機能が発達したのではないかと、という主張に納得していました。ただ、近年の実験結果から、脳で意識する前にすでに選択をしているということが分かってきました（リベの実験、ヘインズの実験）。以前の見方が破綻するわけではありませんが、より深い考えが必要でしょう。脱線しましたが、ロボットに心は

あるのでしょうか？ 私は、“ある”という立場でした。しかし、ロボットに心があると感じるのは、その人が感じるのですから、結局はその人の問題になるように思われます。つまり、ロボットに心があるかどうかではなく、その人が“ロボットに心があるように思える”というように考えてはどうでしょう。だとすると、人間の側の問題であって、ロボットに心があるかどうか実際は不明ということになります。ただ、脳の中に対象（ロボットや他人など）のモデルを作り、そのモデルに心があるように思えることがあると思います。メガネが体の一部に感じたり、車を運転中に体の一部のように感じて一体感の感覚を持つことがあります。それは、脳内にモデルができ、自分の身体が拡大されていく感覚です。これは、脳のクセとしてまわりの環境を自分も含めて、脳内に構築していくのかも知れません。人工知能も似たような世界の認識をするなら、心があると言えるのかも・・・。

話は変わりますが、“説明”ということに関して、引っ掛かることがよくあります。よく物理の授業で説明しながら、これで説明になっているのだろうかと自問することがあります。昔であれば、自然現象は“神々”の作業と説明されていました。今は、その役目は科学法則などになりました。“一枚でも煎（千）餅とは如何に”と聞かれて“一個でも饅（万）頭というが如し”と応える。なるほどそうだねと思えます。しかし、今日似たことがあるよと言うだけで納得できるのでしょうか。科学での説明も少し似たところがあります。詳しくは別の機会に。ただ、説明として成立する基準は、“納得”できるかどうかだと思います。そして、これはヒトの納得の仕方であって、人工知能は別の“世界観”を持っていることでしょう。ヒトは、世界を時間・空間との関係、因果関係などで捉えます。しかし、人工知能は違う捉え方をするでしょう。具体的には、人間の身である私には不明です。コンピュータ将棋などで指される手を本当の意味で理解することはできないでしょう。しかし、コンピュータ将棋のプログラムが指した手を、ヒトが評価し、物語をつくることは可能です。その意味で、理解することはできるでしょう。結局、人間は自分が理解できるようにしか理解できないということだと思います。

ガリレイは、“自然は数学の言葉で書かれている”と言いました。アインシュタインは“我々が自然を理解できることが謎である”と言いました。私は、“我々は、理解できることしか、理解できない”と思います（※トートロジーかどうか要吟味）。

私は、“思考の限界は、言語の限界”と主張したウィトゲンシュタインに与していました。しかし、人工知能のしていることをすべて言語化できません（※要吟味）。プログラム将棋・囲碁が困難だったのは、この言語化できない思考をどう乗り越えるかということもありました。これをどう乗り越えたかは、参考③、④を読んでください。そして現在、人工知能の世界の捉え方は、ヒトとは違い、関係性で捉えている可能性もあります。人知を超えているので不明ですが・・・であるならば、われわれの世界の捉え方としての物理の根拠が揺らぐかもしれません。そのように自然が振る舞うのではなく、あくまでもわれわれ、ヒトが理解できるように一面を捉えているということです。なんとなく、カントの“コペルニクスの転回”のような感じです。

いろいろ雑感を書きました。説明不足（論理に飛躍がある）や更に進んだ話について、まだまだ書き足りませんが、紙面が尽きてきました。最後に、教育に関して少し書きます。人工知能で“過学習”という言葉があります。ディープラーニングは強力な武器ですが、放っておくと、“丸暗記”しようとしみます。丸暗記すれば、そのデータに関しては絶対に間違えないようにできます。このような状態を過学習と言います。丸暗記すれば、学習した問題なら正確に解けるようになりますが、未知の問題では、丸暗記すればするほど正解率は落ちていくようです。これを防ぐのが“ドロップアウト”です。ニューロンをところどころ間引くということをしみます。すると、ディープラーニングする方にとっては、“丸暗記”できなくなり、必死に入力の特徴をつかもうとしみます。つまり、力のあるディープラーニングをわざと学習困難な状態にして、逆にその実力が発揮できる、という逆説的なことをするようです（参考③）。我々人間についても・・・。

ともかく、人工知能の知見により、自分の今までの世界観が少し崩れるという居心地の悪さと同時に新しい見方ができるというワクワク感があります。みなさんは、どのような世界を生き抜くことになるのでしょうか。どのような物語を紡ぐことになるのでしょうか・・・。予想はやめておきましょう。

いい本・人と出会え、ときに深く考える時間を持てるといいですね。