

第3次ブームを迎えたAIの現状及び今後

— 人工知能の利用に関する研究会・活動報告 —

鈴木 達也
(法務委員会調査室)

1. はじめに
 2. 人工知能の利用に関する研究会について
 3. 研究会の活動の概要
 - (1) 鳥海准教授の講義及び講演会
 - (2) プリファード・ネットワークスの視察
 - (3) ドワンゴ人工知能研究所の視察
 - (4) 公立はこだて未来大学の視察
 4. 研究会の活動を振り返って
 5. おわりに
- <参考> AI 実用化への道のり

1. はじめに

現在は「第3次人工知能ブーム」と言われており、人工知能に関する話題を見聞きする機会も増えているが、人工知能とは何か、また、なぜ今、人工知能がブームとなっているのかということについて、社会一般に共通する認識があるとは思われない。

本稿は、参議院調査室の調査員有志による「人工知能の利用に関する研究会」の活動の概要について報告し、人工知能がこれからの社会に与える影響についての考察を行うものである。

2. 人工知能の利用に関する研究会について

「人工知能の利用に関する研究会」（以下「研究会」という。）は、参議院調査室の調査員有志において人工知能¹（Artificial Intelligence。以下「AI」という。）活用の実情

*人工知能分野における用語の定義・分類については研究者により考えが異なっているため留意する必要がある

と将来の展開を調査し、予想される課題等について取りまとめることを目的とした研究会である²。

3. 研究会の活動の概要

研究会は、平成 29 年 7 月 18 日に活動を開始した。そして、同年 9 月 6 日から 12 月 22 日まで、合計 5 回、鳥海不二夫東京大学大学院工学系研究科システム創成学専攻准教授から、A I の基礎知識及び応用事例についての説明を聴取し、質疑応答を行った。また、同年 10 月 27 日には、鳥海准教授を講師として講演会を開催した。

そのほか、研究会は、株式会社 Preferred Networks (プリファード・ネットワークス)、ドワンゴ人工知能研究所、公立ほこだて未来大学等を視察した。

本章における記述は、各研究者や視察先における専門家の見解等であるが、これらの概要は、以下のとおりである。

(1) 鳥海准教授の講義及び講演会

鳥海准教授により、A I に関する基礎知識及びデジタルゲーム、対話システム等における応用について講義が行われ³、それに対する質疑応答が行われた。また、鳥海准教授を講師とする A I の基礎とその活用についての講演会が開催された。

(2) プリファード・ネットワークスの視察

株式会社 Preferred Networks (プリファード・ネットワークス、以下「P F N」という。) は、平成 26 年 3 月に設立された、A I に関する研究開発を主な業務とする会社である。

研究会は平成 29 年 10 月 16 日、P F N を訪問し、丸山宏最高戦略責任者(当時。現フェロー) から以下の項目について説明を聴取し、質疑応答を行った。

ア P F N におけるディープラーニングの適用分野

P F N においては、ディープラーニング⁴を、主に自動運転、産業用ロボット及び医療分野に適用している。現実の自動運転のための画像認識技術は、ニューラルネットワーク⁵及びディープラーニングによって実用化が可能となった。また、産業用ロボットについては、ばら積みされている部品等をつかんで移動させる動作をロボットに繰り返させ、成功と失敗の評価を与えて訓練しており、Amazon 社が主催するピッキング作業を自動化するための開発を奨励するコンテストである「Amazon Picking Challenge」にも参加し、

る。

¹ 知的な機械、特に、知的なコンピュータプログラムを作る科学と技術をいう(人工知能学会ホームページ「人工知能のFAQ」〈<http://www.ai-gakkai.or.jp/whatsai/AIfaq.html>〉(以下、URLの最終アクセスの日付はいずれも平成30年9月6日。))。

² 研究会のメンバーは、寅澤一之(第三特別調査室)、笠井彰吾(財政金融委員会調査室)、前一平(文教科学委員会調査室)、長谷部淳(第二特別調査室)及び鈴木達也(法務委員会調査室)である。

³ 鳥海准教授の考えについては、本号掲載の鳥海不二夫「寄稿 人工知能技術を俯瞰する」を参照されたい。

⁴ ニューラルネットワーク(注5参照)を多層にしたものであり、深層学習ともいう。訓練データが十分にあれば、ニューラルネットワーク自体がデータ群の特徴を自動抽出する点が最大の特徴である(三宅陽一郎・森川幸人『絵でわかる人工知能』(SBクリエイティブ、2016年)52頁参照)。

⁵ 人間や動物のニューロン(神経細胞)の構造と働きをモデルとしたA Iをいう(前掲注4・85頁参照)。

優秀な成績を収めている⁶。そして、医療分野については、ディープラーニングを用いたがん診断に関する医療システムの確立を目指している。

イ AIについて（汎用AI及び特化型AI）

AIは、大きく二つに分類することができる。一つは「汎用AI」である「強いAI」であり、あらゆる状況で人間と同等か、それ以上の知性を示す機械を指す。具体的には、ターミネーターや鉄腕アトムなどのイメージである。いずれ実現するかもしれないが、現在の技術の延長線上には存在しないというのが専門家の共通見解である。もう一つは「特化型AI」である「弱いAI」であり、それまで自動化が困難であった、特定の課題を解くシステムを指す。過去にAIとして研究開発された路線探索や仮名漢字変換システムなどと同様、弱いAIとは設計されたとおりに動くアルゴリズムであり、決してAI自体が何かを考えるものではない。

AIは過去にも様々な成功を収めているが、AIを鉄腕アトムのような万能のロボットと混同すると、非常に大きな間違いをもたらすことになる。AIを擬人化する考え方は危険である。なぜなら、今存在するAIは全て特化型AIであり、汎用AIではないからである。汎用AI（強いAI）と特化型AI（弱いAI）の間には、大きなギャップが存在することを認識し、「AI」と言った場合に、どちらのコンテキストで用いているのかをきちんと理解することが重要である。オバマ前米国大統領は、「Wired Magazine」誌のインタビューで「汎用AIと特化型AIの間には違いがある」、「汎用AIはSFの世界」と発言しており⁷、ポリシーメーカーが正しく理解していることを示している。

言い換えると、特化型AIとは、「情報技術を進化させる営み」である。1956年から1974年頃の第1次AIブームに見られた記号処理、手段目標分析、自然言語処理の技術は、動的メモリ管理、探索アルゴリズム、形式言語理論等の技術としてコンピュータの基礎技術に取り入れられた。1980年から1987年頃の第2次AIブームに見られた知識表現、エキスパートシステム⁸、オントロジーの技術は、オブジェクト指向、モデリング言語、セマンティックWeb等としてITに取り入れられ、現在活用されている。2008年から現在に至る第3次AIブームの主要な技術はディープラーニング、より広く言えば統計的機械学習であり、これらは間もなく一般的に使われる道具としてITに取り込まれるはずであるが、これが直ちに汎用AIにつながるものではない。

ウ ディープラーニング

ディープラーニングが注目されたのは、2012年の画像認識コンテスト⁹である。2010年にトップであったNEC社の認識エラー率は28.2%であったが、2012年のAlexNetの

⁶ 「Amazon Picking Challenge 2016のPick Task部門で第2位を獲得しました」〈https://www.preferred-networks.jp/ja/news/amazon-picking-challenge-2016_result〉

⁷ “Barack Obama, Neural Nets, Self-Driving Cars, and The Future of The World,” WIRED, November 2016. 〈<https://www.wired.com/2016/10/president-obama-mit-joi-ito-interview/>〉

⁸ 専門家の知識を例えばIf~Then形式のルール（知識表現）として蓄えた知識ベースとそれを用いて推論を行い、結果を出す推論エンジンから成るAIシステムをいう。

⁹ IMAGENET, Large Scale Visual Recognition Challenge 2012(ILSVRC2012) 〈<http://image-net.org/challenges/LSVRC/2012/>〉

認識エラーは 16.4%と 10 ポイント以上改善した¹⁰。ここで用いられた技術がニューラルネットワークの発展形であるディープラーニングである。ニューラルネットワークの考え方は以前から存在したが、階層を多くし、ディープラーニングを用いたニューラルネットワークが発展した。ディープラーニングの課題はデータ量と計算パワー（コンピュータの処理能力の問題）であり、計算パワーにどの程度投資できるかが鍵となる。

エ 機械学習の限界

ディープラーニングなどの機械学習は、基本的には統計である。そのため、訓練データに近いものは比較的うまく予測できるが、訓練データに全くないものに対しては無力である。つまり、機械学習では「ひらめく」ということはなく、初めての状況に臨機応変に対応することはできない。例えば、AI を緊急時に対応させようとしても、緊急時のデータが十分ないと対応できないということになる。また、機械学習は、本質的に確率的である。機械学習においては、元データから訓練データを抽出して訓練済みモデルを構築するが、訓練データの抽出の過程で訓練データの分布に偏りが生じることは避けられない¹¹。抽出数を多くすれば偏りが少なくなるが、ゼロにはならないため、機械学習を用いて作成する機械には、「絶対」という概念はあり得ない。加えて、一般的にソフトウェアのバグ（ミス）は避けられないため、この点からも、ディープラーニングにおいて 100%安全性が保証されるということは決してない。このように、機械学習は確率的なシステムであるため、それが社会的に受容されるかという問題が存在する。

オ 機械学習の知的財産権をめぐる問題

ディープラーニング等の機械学習は、生データから訓練データセットを作成し、訓練データセットで訓練して訓練済みモデルが完成する。訓練済みモデルを作成するためには、膨大な生データ、訓練データセット、計算パワー、時間、コスト等が必要となるが、完成した訓練済みモデル自体のデータ容量は大きいものではなく、その再利用は容易であり、ゼロからモデルを作成するよりはるかに低コストである¹²。また、訓練済みモデルの保護は技術的にはほぼ不可能であり¹³、これらの知的財産権の実効的な保護に関する議論が非常に重要である。

(3) ドワンゴ人工知能研究所の視察

¹⁰ 人間の認識エラー率は 5.1%であるとされている。なお、2016 年には、最低エラー率は 3%未満となっている（ILSVRC2016 <<http://image-net.org/challenges/LSVRC/2016/results>>）。

¹¹ 例えば、サイコロを 100 回振るとき、確率的には全ての数字が均一に出るはずであるが、実際にサイコロを振ったとき、ある数字が飛び抜けて多く出るということは起こり得る。

¹² 訓練済みモデルの再利用パターンとしては、訓練済みモデルの内部が開示される場合（White Box）では「Copy」（元の訓練済みモデルをそのまま使うもの）及び「Fine Tuning」（新たな訓練データを加えて似た領域の異なるタスクに利用するもの。左側通行用の自動運転用の訓練済みモデルに右側通行用のデータを入れて訓練させる作業など）があり、訓練済みモデルが非公開の場合（Black Box）では「Distillation」（元の訓練済みモデルを教師として新たな訓練済みモデルを作成するもの）及び「Ensemble」（複数の訓練済みモデルの出力を組み合わせることで精度を向上させるもの）がある。例えば、Distillation では、訓練済みモデルの中身が不明であっても、入力に対する出力は明らかであるため、出力からニューラルネットワークを遡及する形で訓練することにより、必要となるデータ量、計算パワー、時間等が少なく済み、費用を大幅に削減することができる。

¹³ 訓練に使うデータを 1 個変えただけでもモデルが変わり得るため、コピーに当たるか判然としない。

ドワンゴ人工知能研究所は、平成 26 年 10 月、株式会社ドワンゴによって設立された、主に A I（特に汎用 A I や全脳アーキテクチャ）に関わる研究を行う研究所である。

研究会は平成 29 年 12 月 11 日、ドワンゴ人工知能研究所を訪問し、山川宏所長から以下の項目について説明を聴取し、質疑応答を行った。

ア A I とは何か

A I の定義については、専門家ごとに考えが異なっており、現在、一つの確定した定義があるわけではない。

イ 強化学習と深層学習・大人の A I と子供の A I

山川所長によると、人間の脳の中でも高次の機能は、強化学習¹⁴及び深層学習（ディープラーニング）に似た仕組みに支えられている部分が多い。強化学習のアルゴリズムは 90 年代から数理的な理解が進んでいる。深層学習は、2012 年に画像認識処理で画期的な成果を上げた。また、特に視覚処理においてモデルとして表現されているものが実際の脳の仕組みと似ていることから、大脳新皮質のモデル化の進展にも寄与し、表現の自動生成や人間の直観力も模倣できるようになった。

こうして今では、強化学習と深層学習の組合せで対応できる問題の範囲は広がりつつある。深層学習の発展により、データが大量にあれば人間並み以上の学習ができることが、専門家の間では共通認識となってきた。

演繹推論は、論理的に説明することができるため、設計可能であり、「大人の A I」と呼んでいる。これに対して、学習により習得され、説明することができない帰納推論を「子供の A I」と呼んでいる。人間の知能は、この二つが組み合わされている。山川所長は、この二つを組み合わせることで人間のような A I が完成すると考えている。既に、この二つについてのパーツはほぼ出そろったといえるが、それを組み合わせるのは難しく、今のところ人間のような A I は実現できていない。

このように、A I が今まで不得意だったことができるようになってくると、元々得意だった分野と合わせて人間は全く勝てなくなるという、将棋や囲碁で起こった事態が再現されるのではないかと考えられる。

ウ 言語意味理解

Google 翻訳等、コンピュータの自然言語処理(NLP:Natural Language Processing)は長期間研究が行われてきたが、これは記号だけで行われ、辞書的な表現が中心である。例えば、実際の大きさを体験しないままに「岩とは大きな石である」という表現を行っているが、それでも、Google 翻訳のようにデータが大量にあるとかなりの成果を上げてきた。現在、A I は人間レベルでの言語の意味理解はできないため、翻訳はできても、例えば契約書の意味は理解できない。

人間の言語は、記号と対象概念が恣意的に結び付けられている¹⁵。言語は、記号間関係（名詞と動詞の関係等）、対象概念間関係（目と鼻の位置等）及び記号・対象概念間関係

¹⁴ 自ら試行錯誤しながら最適な行動を見つける学習をいう（前掲注 4・58 頁参照）。

¹⁵ 例えば、一般的にひげが生えていてニャーと鳴く生物（対象概念）は、日本語では「ネコ」（記号）、英語では「cat」（記号）という。

の三つの関係で成り立っている。これを Perceptual Symbol System (PSS) といい、実際の世界と脳内の表現を結び付けるものであり、本当の言語理解はこの三つの関係を理解することである。記号と概念の接続は、現在非常に研究が進んでいる分野であり、2年くらい前からAIは言葉からイメージを生成できるようになった。現在の状況は、人間の脳新皮質の脳神経活動に対して、名詞、動詞、形容詞などを対応させることもでき始めている。また、ディープラーニング自体も日々進歩している。

エ AIの課題

AIの発展により、労働がAIに置き換わり、人間の労働需要の低下が予想される。人間がAIより優位となり得るのは、今のところ、AIの学習データが少ない分野、高度な創造性を要する仕事、複雑なコミュニケーションを要する仕事等である。AIに与えるデータを生成する仕事や、AIを活用する人間を育成する仕事は、しばらくはなくなるであろう。嗜好、責任等、人間としての価値を発揮する仕事は最後まで人間に残ると考えられる。チェスでは、1999年にコンピュータ (Deep Blue) が人間を打ち負かした。その後、アドバンスド・チェス (Advanced Chess) という、人間とAIがペアとなって戦う競技が行われているが、この競技では、チェスに強い人ではなく、AIをうまく使える人が強い。人間を上司、AIを部下と考えてみれば、普通のマネジメントと同じであるといえる。

社会的には、自動運転の事故等の際の責任が問題となる。責任について、例えば制作者や使用者といった関係者に責任を取らせようとするのが普通である。しかし、不適切に責任が押しつけられることを恐れて、企業のAI開発が遅れてしまうという萎縮効果が生じる可能性もある。そこで、AIが高度なことをできるようになってくると、AIに法人のように人格を付与し、その形で社会的責任を負う可能性も検討されている。ただし、AIは単なる計算機能であり、行為主体という概念で捉えるには検討すべき点が多い。こうしたことから、AIが最善の行為に努めた上で事故などを起こしたならば、責任を取るべき者が存在しない自然災害のように扱うのが妥当な場合もありそうである。

オ 汎用AI

汎用AIとは、学習を通じて複数の作業を処理できるAIであり、現在は実現できていない。汎用性の評価基準は、問題解決可能な作業の範囲が広いほど良いという明確なものである。

画像認識については、2010年頃までは、顔を認識するために、目、鼻、口等の特徴を設計した顔専用の認識システムを設計していた。このシステムでは顔の認識しかできなかったが、ディープラーニングでは顔のデータを大量に入力すれば顔の認識ができ、また、コップの画像を大量に入力すればコップの認識ができるようになった。これを「一般物体認識」という。一般物体認識が可能となることで、画像認識においては汎用化がかなり進んでいる。とはいえディープラーニングだけでは、汎用AIといえるほど様々な作業をこなせるわけではなく、やはり特定の用途に特化している。

こうした状況であるので、用途を特化した様々な特化型AIを組み合わせると汎用AIらしきものはできるかもしれないが、本当の意味での汎用AIを実現することにはなら

ない。現実には全ての事柄について大量のデータが存在するわけではない。例えば火星に探査機を送り込む等全く新たなことを行う場合のように、データが十分に存在しない作業が数多く存在する。そのような場合においても成果を上げるには、人間の応用能力のようなものを発揮して、他で得た知識を流用できるか否かがポイントであり、それが汎用AIの本質的に重要な部分である。

これが実現すると破壊的なイノベーションが起こる。また、AIの計算能力は無限ではないため、計算の範囲を広くすれば、広く浅い知識を持つゼネラリストAIになっていく。そのほか、例外状況に対応する能力を備えるには、人間のような生存能力が重要となる。シンギュラリティ¹⁶につながるような創造性は、新しい、まだやったことのないことをやるというものであるが、「やったことのないこと」は世の中に山のようにあるため、その中で有益そうなものを探す能力が重要となる。

カ 全脳アーキテクチャ

ドワンゴ人工知能研究所が研究対象の一部としている全脳アーキテクチャは、脳全体のアーキテクチャに学び、人間のような能力を持つ汎用AIを作るものである。人間の脳新皮質は、一様の機構を持つ同じ部品が多様な機能を発揮する。福島邦彦氏（ファジィシステム研究所特別研究員）が発明したネオコグニトロン（ニューラルネットワークの一つ）がディープニューラルネットワーク（DNN）の元祖であった。ある意味で、全脳アーキテクチャはネオコグニトロンが認識機能でなした成功を脳全体に拡大しようというもくろみである。ディープラーニングの機能を動作（物をつかむ等）の制御や思考にまで拡大するためには、物を認識する場合よりネットワーク等を複雑にする必要がある。人間の脳のネットワークの理解の進展を参考にして、脳の広い範囲を脳に似せた形でAIを作ろうというのが全脳アーキテクチャである。

AIを作ることを車に例えれば、部品から全体の設計図まで様々なスケールをつなげた形で作りあげる必要がある。この技術状況を、神経科学やニューラルネットワークに関して俯瞰する。神経科学については、20世紀末頃fMRI（機能的磁気共鳴画像法）という手法が登場し、現在では千個単位のニューロンを複数箇所で測ることができるようになり、脳器官の機能的なつながりがわかってきた。他方、脳全体のネットワークも描けるようになってきており、まだ全体と部品は完全にはつながってはいないが、そのつながりが想像できるくらいのところまでは研究が進んでいる。ニューラルネットワークについては、ディープラーニングにより、車でいえば部品を作ることができるようになってきており、組み合わせると知能ができるかもしれないという段階にある。

こうした中で、脳をまねて作れば汎用AIに近づけるという期待が徐々に高まっており、最近では、機械学習分野でも脳に興味を持つ研究者が増えているように感じられる。

¹⁶ AIが十分に賢くなって、自分自身よりも賢いAIを作ることができるようになった瞬間のことをいい、それ以降は無限に知能の高い存在が出現するといわれる。技術的特異点ともいわれる（松尾豊『人工知能は人間を超えるか』（KADOKAWA、2015年）31頁参照）。

(4) 公立はこだて未来大学の視察

公立はこだて未来大学は、平成12年に1市4町（開学当時。現在は2市1町）から成る広域連合¹⁷によって開学した情報系単科大学であり、開学当初からAIを学ぶことができた。

研究会は平成30年1月16日、公立はこだて未来大学を訪問し、同大学におけるAI研究の中心である松原仁副理事長・未来AI研究センター長・システム情報科学部複雑系知能学科教授からAIに関する以下の項目についての説明を聴取し、質疑応答を行った。その後、同大学の和田雅昭システム情報科学部教授・マリンITラボ所長からマリンITに関する以下の項目についての説明を聴取し、質疑応答を行った。

ア 松原仁副理事長・未来AI研究センター長・システム情報科学部複雑系知能学科教授

(ア) AIに関する現状

AIの定義には専門家によって様々であるが、「人間のような知性を持った人工物」と考えることができる。人間がAIを道具として扱うことを踏まえると、人間を超えた、あるいは、人間とは全く異なる知能を持つものとするのは不都合である。

AIは、特に画像認識を始めとするパターン認識に長じており、出入国審査やコンサート等における本人確認などで成果を上げている。また、ルールが明確で、解を速く求める必要のあるものも得意としており、囲碁や将棋などの分野では、人間の能力を超えるものが登場している。一方で、ルールや対象範囲が不明確なものや、過去に例を見ない新しい状況への対応が必要となるものには、人間ほどうまく対応できていない。

(イ) AI研究の歴史

AI研究には三度のブームがあったとされる。1950年代には、数値計算を速く正確に行うことを目的としてコンピュータが発明され、数値だけでなく概念も取り扱うことができると考えられたことから、第1次ブームが始まった。第1次ブームでは、特にアメリカやソ連などが研究を進めていたが、コンピュータの計算能力不足から第1次AIブームは終息した。

1980年代には、計算力の向上や人間の専門家の代替を目指すエキスパートシステムの登場により、第2次AIブームを迎え、日本もAI研究に参入し始めた。しかし、エキスパートシステムは主に専門家に対するインタビューに基づいて作られたルールを用いているのに対し、人間の専門家はそうした知識に加えて、自身が意識しない「常識」を活用している。エキスパートシステムがこの常識を持たないこと、専門家自身がそのことを意識しないことから、インタビュー等によるルール化が不可能であることが分かり、実用化の限界が意識され、第2次AIブームも終息した。

我が国においては、ブームでない時期には研究者がほとんど育たなかったが、ビッグデータや機械学習に端を発する2000年代以降の第3次AIブームが現在まで続いており、今後我が国において研究者が増加することが期待される。

¹⁷ 地方公共団体が、広域にわたり処理することが適当であると認められる事務を処理するため、協議によって規約を定めて設置する特別地方公共団体。

(ウ) 将棋や囲碁におけるA I

コンピュータ将棋の研究は1970年代に始まったとされ、2006年のBonanza¹⁸の登場により研究はブレイクスルーを遂げた。Bonanzaでは、機械学習によってプロ棋士の棋譜を点数化し、評価する手法が採られた。その後、Bonanzaと同様に評価関数を用いたAlphaGo¹⁹が更なる成果を上げたが、プロ棋士の棋譜を用いず、コンピュータ同士の対局のみで強化学習を行うAlphaZero²⁰が2017年に登場し、既存の将棋プログラムを圧倒した。

従来は、人間のデータから機械学習を行っても創造性を生み出せないとの見方があったが、将棋の新手を見いだしたコンピュータを例として、A Iが創造性を持つようになったと考えられる。これまで、人間は知性の面で機械に負けるという経験をしたことがなかった。そのため、この事実を受け入れるには時間が必要かもしれないが、この事実を自明のこととして人間がA Iから学ぶことが、当然の時代となりつつある。

イ 和田雅昭システム情報科学部教授・マリンITラボ所長

はこだて未来大学のマリンITは、水産と情報技術の融合を目指すものであり、ICT等を用いて漁業に役立つことを行っている。和田教授は、魚群探知機、ドローン、漁具、ブイ等に取り付けたセンサー等から海や海洋資源に関するデータを集め、A Iを専門とする教授に収集したデータの解析を依頼し、その結果を自身の研究に反映させている。具体的には、タコ漁を行う漁船に情報機器を取り付け、ベテランの漁師の上手な船の移動データを集め、漁が成功する要素の見える化を行い、若手漁師の指導に役立っている。また、現在、国際的な漁獲制限が行われており、例えば、クロマグロは、漁獲量の上限を超えて捕獲すると罰金を徴収されたり、休漁期間が定められたりする。函館は定置網漁業を行っており、環境破壊が少ないというメリットがある一方、漁獲量や対象となる魚種の特定制が難しいというデメリットがあるため、定置網内にいる魚について情報を集め、A Iを用いて解析を行っており、クロマグロが網にいる場合は、その日の漁を休むなどしている。これらのほか、「明日の見える化」として、A Iの解析結果を用いて、明日の漁で捕れる漁獲量や魚種が分かるようにしている。

4. 研究会の活動を振り返って

研究会の活動を振り返るに当たり、まず前提として重要なのは、汎用A Iと特化型A Iを区別することである。現在、ディープラーニング等で話題となっているA Iは全て特化型A Iである。汎用A Iはまだ実現しておらず、実現するか否かも現時点では明らかではない。

特化型A Iについては、ディープラーニングが画像認識において画期的な成果を上げ、これまでのA Iが解けなかった、コンピュータ自らが特徴を獲得するという「人工知能研

¹⁸ 保木邦仁氏（現在電気通信大学大学院情報理工学研究科准教授）が作成したコンピュータ将棋プログラム。

¹⁹ Google社（開発したDeep Mind社を買収）の囲碁A I。AlphaGoは、次手の組合せを枝分かれした木のように表現し、乱数を用いて優位な手を探索する「モンテカルロ木探索法」と棋譜を学習したディープラーニングにより手の優位さを評価する二つの手法を組み合わせたシステムである。

²⁰ Google DeepMindによって開発されたチェス、将棋及び囲碁のコンピュータプログラム。

究における 50 年来のブレークスルー」²¹を起こした。ディープラーニングは、自動運転、医療等に導入されつつあるが、現在では主として画像認識においてのみ効果を発揮する発展途上かつ未完成の技術である。

一方、汎用 AI については、前述のとおり、実現の可否は現時点では不明である。しかし、山川宏ドワンゴ人工知能研究所所長によると、人間の脳をモデルとした全脳アーキテクチャという汎用 AI は、まだ完成はしていないものの、完成するかもしれないと想像できる程度には研究が進んでいるとのことであった。また、アメリカの発明家であり、現在は Google で働くレイ・カーツワイルは、シンギュラリティの到来を予言して有名となった。彼は、収穫加速の法則を唱えている。収穫加速の法則とは、科学技術の進化は、直感的には線形的（直線的）であるが、歴史的には指数関数的であるというものである。指数関数的進化とは、最初の進化は緩やかであるが、ある時点を過ぎるとそれが爆発的になるというものである。カーツワイルは、人間の脳の能力とコンピュータの処理能力の進化に鑑みて、2045 年にシンギュラリティが到来すると予測している。両者の主張からは、時期は不明であるものの、いずれ汎用 AI が完成し、シンギュラリティが到来することも考えられる。その場合、誰が汎用 AI を完成させたかということが決定的に重要となる。汎用 AI を完成させた者が、それ以降最高の知能を手中に収めることになるからである²²。

以上より、AI については、当面は、具体的な発展が見込まれるディープラーニングを中心とした特化型 AI の研究及び研究結果の実用化の推進を優先すべきである。そして、特化型 AI の研究等と並行して、実現の可否が不明であるものの AI の最終到達点ともいえる汎用 AI の実現に向けた研究も強力に推進していく必要があると考えられる。

また、法規制については、汎用 AI が存在せず特化型 AI の発展中である現時点においては、ディープラーニング等の機械学習による学習済みモデルの知的財産権の保護、自動運転等 AI が組み込まれた機械による事故の責任の所在に関する検討等が想定されるが、可能な限り AI 研究を妨げないようにする必要がある。

5. おわりに

昨年（2017 年）9 月、ロシアのプーチン大統領は、AI について、「この分野を主導する者が世界を制する」と述べた²³。アメリカや中国だけでなく、世界中で、国家の将来をかけたプロジェクトとして AI の研究が進められている。我が国としても、AI の技術が国の将来を左右する重大なものであるということを認識し、更に AI 研究を推進していくことが求められよう。

²¹ 松尾・前掲注 15・147 頁

²² 全脳アーキテクチャは完成した汎用 AI を公共の財産とするとしているが、そのような団体ばかりとは限らない。完成した汎用 AI を公開しない国家は想定し得るし、仮に金融機関が汎用 AI を完成させた場合、当該機関は HFT（High Frequency Trading. 1 秒以下の極めて短い時間で行うコンピュータ取引）で圧倒的に優位に立つであろうから、他の金融機関等に当該汎用 AI を公開することは期待できない。

²³ 『日本経済新聞』（平 29. 10. 9）

【参考文献】

- 三宅陽一郎・森川幸人『絵でわかる人工知能』（S Bクリエイティブ 平成 28 年）
 松尾豊『人工知能は人間を超えるか』（KADOKAWA 平成 27 年）
 鳥海不二夫『強いA I・弱いA Iー研究者に聞く人工知能の実像』（丸善出版 平成 29 年）
 レイ・カーツワイル（井上健監訳）『シンギュラリティは近い [エッセンス版]』（NHK出版 平成 28 年）

<参考> A I 実用化への道のり

1. 第 1 次 A I ブーム

1956年のダートマス会議²⁴でA I という研究分野が確立され、1950年代後半から1960年代に第 1 次 A I ブームが起こった。この第 1 次 A I ブームでは、コンピュータによる推論や探索の可能性が追求された。1946年に世界初の汎用電子式コンピュータが開発されたことで、特定の課題に対して解を提示できるようになったことがブームの要因といわれる。また、現在の A I で用いられている人の脳の働きを模倣する手法や人の知識やノウハウを論理的に記述する手法などは、この時期に基本的な理論が確立した（A I の歴史については図表 1 参照）。

しかし、当時のコンピュータは現代の関数電卓以下の性能でしかなかったこともあり、限定された条件下でのロボットの動きのシミュレーションやパズルなど推論や探索に関する理論的な研究が主であった。そのため、当時の A I では迷路の解き方や数学の定理証明のような単純な課題の解決が限界であり、現実の課題解決には限界があったことから、それ以上の進展が見いだせないままブームは終わりを迎えた。

図表 1 A I の歴史

	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 ・遺伝的アルゴリズム	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	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） 誤差逆伝播法の発表（1986年）
1990年代	冬の時代	・データマイニング ・オントロジー	
2000年代		・統計的自然言語処理	
2010年代	第三次人工知能ブーム (機械学習)	・ディープラーニング	ディープラーニングの提唱（2006年） 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）

(出典) 総務省「ICTの進化が雇用と働き方に及ぼす影響に関する調査研究」（平成 28 年）

出所：総務省『平成 28 年 情報通信に関する現状報告（情報通信白書）』

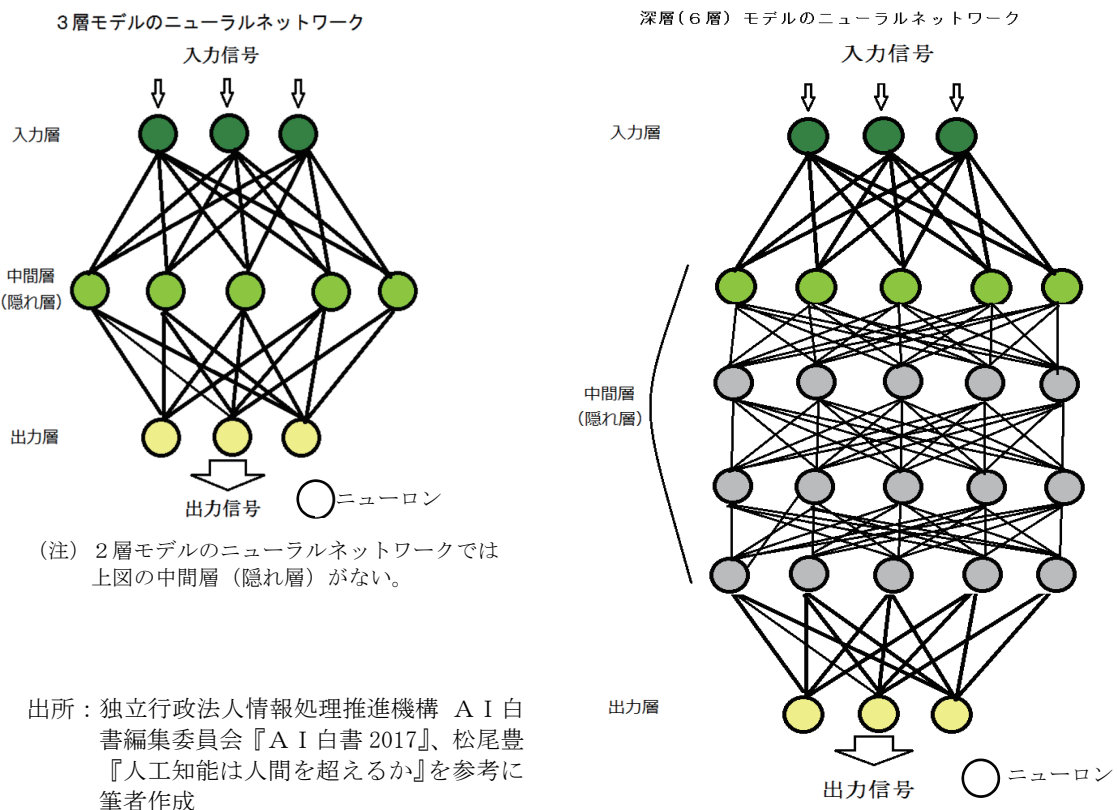
²⁴ 1956年7月から8月にかけて米国ダートマス大学で開かれた人工知能に関する初めてのワークショップ。

2. 第2次AIブーム

1980年代の第2次AIブームは、専門家の知識をコンピュータ上に再現することで現実の複雑な問題を解くというエキスパートシステムの実用化が主流であった。しかし、例えば製造現場であれば、専門家は独自の工夫を行うことで効率を上げており、そのような様々なノウハウを人がルール化して記述することは現実として容易ではなかった。加えて長年の経験や勘など、主観的で言語化することができない知識（暗黙知）の取り込みが難しかったこともあり、実用化は進まず、AIは極めて限定的な課題解決システムとして、電車の経路探索やかな漢字変換システム、エレベーターの制御、ゲーム等で利用されるにとどまった。

なお、次項の第3次AIブームで主流となったニューラルネットワークについて、第2次AIブームの際に実用化の研究が進められた。しかし、当時はニューラルネットワークに必須である学習に利用できる電子データが少なく、データ作成から始める必要があった。また、そもそもこの時期の研究は図表2左図のような入出力層を含むニューロンが2～3層のモデルで研究が進められていたが、コンピュータの性能などが原因で適切な解を得ることも容易でなかった。加えて、データにどのような特徴があるかが解に大きな影響を与えることから、何を学習データとするかを人が時間をかけて試行錯誤で選択・調整を行わ

図表2 3層モデルのニューラルネットワークと
深層（6層）モデルのニューラルネットワーク



ざるを得なかったことも実用化できなかった要因だった。このような状況から、1990年代には第2次AIブームは終わりを迎え、また実用化されたAIはAIと呼ばれなくなり単にITの一つの技術として扱われた。

3. 第3次AIブーム

21世紀初頭からの第3次AIブームは、ディープラーニング(深層学習)から始まった。ディープラーニングは、ニューラルネットワークを構成するニューロン間の結合の強度を学習により自動的に変化させ、学習の繰り返しにより正しい解が得られるよう調整し、また、学習の過程でデータの特徴抽出を自動的に行っていくため、第2次AIブームで人が行っていたデータの選択・調整が不要になるという大きなメリットがあった。

このディープラーニングはニューラルネットワークの進化形であるが、第2次AIブームのニューラルネットワークとの最も大きな違いは、ニューロンの層が格段に複雑であり、入出力層の間の中層(隠れ層)といわれるニューロンの層が複数ある点である(図表2右図参照)。また、単に階層を増やしたのではなく、2層からなるニューラルネットワークを積み重ね、各階層が1層ずつ学習を行うなど、様々な手法が取り入れられた。その結果、ディープラーニングは、音声認識や画像認識などのパターン認識の分野のほか大量のデータから有益な情報を見付け出すデータマイニングの分野に適用することができるようになっていく。

第3次AIブームにおいては、Googleの音声認識や画像検索、機械翻訳などがディープラーニングの導入により精度が飛躍的に向上したことが示すように、既にAIは実用化されている。これらのAIは「特化型AI」や「弱いAI」と呼ばれており、特定の用途や作業に特化され、その範囲内でのみ認識や探索、予測等を行うもので、その活用は性質上、人の作業や能力を支援する範囲に限定される。2016年に囲碁のトッププロ棋士イ・セドル九段を破った囲碁AI「AlphaGo」は直観力=大局観を持ったと言われるが、実際には膨大な計算量の結果、まだ人に見付けられていなかった定石を発見したにすぎないとも言われる。

他方で、学習を行っていない課題に対応できるAIは「汎用AI」や「強いAI」と呼ばれており、これは特定の領域に限定されず様々な領域に対して自律的な処理が可能とされる。汎用AIは人と同様に既存の知識を組み合わせることで新たな知識を創造することで、対応できるとされているが、まだ実現されておらず、現在、その実現を目指して人の脳の働きを模倣する研究や論理的構造を解析する研究が進められている。

こうしたAI研究の進捗を踏まえ、AIの導入は、現段階では人の行う創造的作業や例外的な作業はできない前提、すなわちAIに過度の期待を持つことなく進める必要がある。

4. 特化型AIの活用

現在、様々な分野での特化型AI活用が進んでいるがその利点として、

- ア 人では不可能な時間内にビッグデータ²⁵の分析を行うことができること
- イ 技術者の高齢化や退職により失われてしまう暗黙知を含む熟練者の知識・技能をA Iに学習させることで、継承が可能となること
- ウ ルーチンワーク等定型的な作業は特化型A Iが、例外的な作業は人が行うことで今後の人口減少社会における労働力の不足を補うことができること
- エ ディープラーニングにより、これまで気が付かなかった特徴（パターンや傾向）を捉え、そこから新たな知見を得る可能性が生まれること

などが挙げられる。

(すずき たつや)

²⁵ ビッグデータとは、「一般的には『3つのV』で、その特徴を説明されることが多く、具体的には、『Volume（多量性）』、『Variety（多様性）』、『Velocity（流動性）』の特徴を持ったデータのこと」である。（総務省統計局HPなるほど統計学園高等部「ビッグデータとは？」〈<http://www.stat.go.jp/koukou/trivia/bigdata.html>〉）