

Overview

人工知能という希望—AIで予測不能な時代に挑む—

AIで予測不能な時代に挑む

矢野 和男
Yano Kazuo

AI への関心の高まり

AI (Artificial Intelligence: 人工知能) に注目が集まっている。国際競争力をも大きく左右するこの技術に、政府も大型の予算を投じることが報道されている。

AIがビジネスや社会にどんなインパクトを持つのか、全貌はまだ誰にも見えていない。しかし、未来の片鱗を示す事実が既に起き始めている。それは、商談の場で、論文の記述に、投資判断の場に、そしてネットのつぶやきに出ている。これらの中には、今後こうなるということを示す材料が実は既に出ている。未来は実は既に起きている。

しかし、これらの全体に触れる機会のある人は案外少ないと思う。ビジネスパーソンには技術とその意味が見えにくいし、AIの技術者には、ビジネスの世界は遠い。

私には13年前に人生の転機があった。それまで20年間従事した半導体の研究をやめざるをえなくなった。日立が半導体の事業をやめたからだ。個人的には大変残念な会社の決定であったが、気を取り直して仲間と一緒に再出発することにした。これが転機となり、今でいうビッグデータ、IoT (Internet of Things)、さらにAIの研究に世の中より早く着手できた。別にビジョンがあったわけではない。ただ、いえるのは、退路を断たれた人は予想外の力が出るということだ。この事業撤退という会社の決定ほどありがたかったものはない、と今

はいえる。

このお陰で今では、AIに関して年間500回もの講演やプレゼンテーションを行うようになり、そこで多くの人と出会い、AIと企業、ビジネス、そして人間との関係について対話する機会が得られた。聴衆が1,000人を超える講演会もあれば、上場会社の取締役会もある。相手の多くは製造業・金融・流通・物流・公共などの責任ある役員級の方であり、分野は全業種に及ぶ。

このような対話の中で、今は小さな芽だが、既に確実に起きていて、将来必ず大きな影響を持つことに気づくことがある。これをまとめて論じることは読者にも意味があるのではないかと考えた。本論ではそれを整理して伝えたいと思う。

AI への誤解

最近、急速なAIへの関心の高まりの一方で、私には違和感のある論説や報道が増えている。以下は、AIに関してよく聞く議論である。

「基でも機械が人間に勝つようになった。」
「人間と機械 (AI) との競争になる。」

これらはいずれも誤解を与える表現だと思う。

「AlphaGo」という英国で開発された基のソフトウェアが、欧州チャンピオンを破ったという論文が、科学雑誌Natureに

掲載された¹⁾。既に、チェスや将棋では、コンピュータが人間のプロプレイヤーを破っていたが、碁は探索空間が桁違いに広いために、簡単には破られまいと思われていた。ところが予想外の短期間でコンピュータが勝利をおさめるに至った。このソフトウェアは、AI技術として注目されている**深層学習**^(a)を活用していることから、AIがついに人間を破った、と報道された。

しかし、私は別の見方をしたい。それは、人間が人間と戦ったという見方である。

一方の人間は、自分の経験と学習によって力を高める従来のアプローチをとった人である。すなわち、自らの身体や知力で戦う道を選んだ人である。

他方の人間は、過去のあらゆる棋譜のデータからコンピュータを使ってシステムティックに学び、さらに、そのコンピュータ同士を何千万局も戦わせて、その棋譜からも体系的に学ぶ方法を選んだ人である。このために、過去の大量データとコンピュータの圧倒的なデータ処理や記憶能力をどうすれば活用できるかを体系的に考えた人であり、そのために身体と知力を使った人である。

いずれも人の選択である。従って、人と人の勝負である。

結果として、後者のアプローチをとった人が有利になってきた。すなわち、未知の問題に、コンピュータを使った対処法を体系的に構築することに尽力することが効果を上げたのだ。

この理由は単純だ。コンピュータの性能が向上し、さらに学習源となるデータが整備されてきたからである。これは碁に限った話ではない。ビジネスでも同じことが起きつつある。

さらにビジネスに重要な点は、この碁のプログラムの開発者チームの中に、碁がプロ級に強い人はいないという事実である。従来の業務システムや経営システムの構築では、対象とする分野の知識が必要だった。これに対して、上述のコンピュータを使った体系的学習のアプローチでは、人間

にそれほどの専門知識は要らないのだ。この体系的学習アプローチが広がると、業務分野ごとの現場ノウハウの価値が相対的に下がることが予想される。

その代わり必要なのはデータだ。現場や経営データの価値はますます上がる。そして、データからコンピュータを使って体系的に学ぶ力がむしろ重要になってくる。

これを「機械と人の勝負」と見ると、本質を見誤る。AIという新しい問題解決の方法論により、人間に求められることと我々の生きる方法論が、急速に変わりつつあるのに、それに気づかず、方向違いの議論と努力がなされることが懸念される。

今、陸上競技のウサイン・ボルト選手と自動車比べて、人が自動車に負けた、と騒ぐ人はいない。ウェブ検索エンジンの結果と自分の知識を比べて、検索エンジンに負けた、という議論も聞いたことがない(実際、検索エンジンは一種の専用AIである)。自動車も検索エンジンも使えばよいだけである。自分で使うことで、実態が分かり「機械と人間の勝負」という不自然な捉え方をしなくなるだけである。

AIの必要性

このAIという新しい方法論のビジネス活用は急速に進む。なぜなら、生産性に大きなインパクトがあるからだ。

20世紀と標準化

ピーター・ドラッカーは「20世紀の偉業は、製造業における肉体労働の生産性を50倍に上げたことである。続く21世紀に期待される偉業は、知識労働者の生産性を、同じように大幅に引き上げることである」²⁾と予測した。ドラッカーは、21世紀の労働は、20世紀の労働とは質的に違うといっているのだ。

20世紀は、工場労働の生産性が飛躍的に向上した世紀であった。この原動力となったのが、米国の技術者であり経営学者でもある、フレデリック・ウインズロー・テイラーの「科学的管理法」である。テイ

(a) 深層学習

Deep Learningとも呼ばれる。脳の神経回路の仕組み(多層構造のニューラルネットワーク)を取り入れた機械学習の手法。人間の脳と同様に、正しい答えを出した回路が強化される設計となっており、入力した学習用データからコンピュータがみずから特徴を抽出することによって、未知のパターン、特に画像のパターンに対する判断を可能にする。

ラーは、鉄鋼所においてショベル作業を徹底的に研究した。そこでテイラーが行ったのは、仕事をプロセスに分解することである。そして、それぞれのプロセスをみれば、無駄な作業やより短時間に改善できる作業を発見できる。その結果、あるべきプロセスを標準化し徹底する。これにより、一見、ベテランにしかできないように思えた仕事も、経験の浅い人でもある程度の品質で行うことが可能になる。

このテイラーの科学的管理法は20世紀に幅広い業務に展開されていった。あらゆる業務やサービスにおいて、業務をプロセスに分解して標準化し、無駄を省くことが行われてきた。

20世紀の後半には、これをさらに徹底する手段として、コンピュータが活用された。コンピュータは、プログラムを書けば、手順通りに大量のデータを処理し、出力することができた。まずは、経理処理で活用され、さらにこれが、企業のあらゆる活動に拡大し、受注、調達、製造、在庫、出荷、人事などのあらゆる業務プロセスの把握と自動化にコンピュータが活用されるようになった。ここでもテイラーの考え方に沿って、業務をプロセスに分解し、かつ標準化し、その標準プロセスごとの状態や動きを

コンピュータが記録し、管理するようになった。その結果、生産性は50倍になった。これが現在の先進国経済をつくった。

しかし今や、先進国ではサービスや知識労働が、全労働の7割以上を占めるようになり、テイラーの方法だけではうまくいかなかった。これは、サービスや知識労働では、業務や環境の変化が大きいからである。需要や価格の変動に加え、人の好み、人の多様性、場所や地域固有の特徴など、一律な硬直的な方法論では対応できないことが多い。テイラー流の硬直的な業務プロセスでは現実には合わない。業務プロセスを定義すること自体が困難である。業務の生産性を定義することも、計測することも困難な場合が多い。

コンピュータの導入効果

これは同時に、上述のコンピュータの導入による生産性効果についても、このままでは効果が限られることを意味する。従来のコンピュータは、状況が変わっても、学習したり成長したりはしない。その意味で、従来のコンピュータシステムは、ハードコード化システムといえる。プログラムを直接書いているからだ。

このテイラーの考えに沿って、ベストプラクティスを共有し、能力を高めた人を「ヒューマン2.0」と呼ぶと、その特徴は「標準化した人(Standardized Worker)」である。これに対し、それ以前の、分業によって専門性を高めた形態を「ヒューマン1.0」と呼ぶと、その特徴は「専門化した人(Specialized Worker)」である(図1参照)。

現在の企業情報システムは、この第二世代(ヒューマン2.0)の仕事を支援する仕組みとして発展してきた。しかし、そろそろ投資対効果が限界に近づいている。それがここで提唱する、第三世代のマシン/情報システムが登場する背景にある。

例えば、看護師やデパートの販売員の生産性はマニュアルだけでは向上できない。看護師は患者を診るという本来の業務に加え、書類を書き、関係者との打ち合わせや調整をしなければいけない。販売員の場合

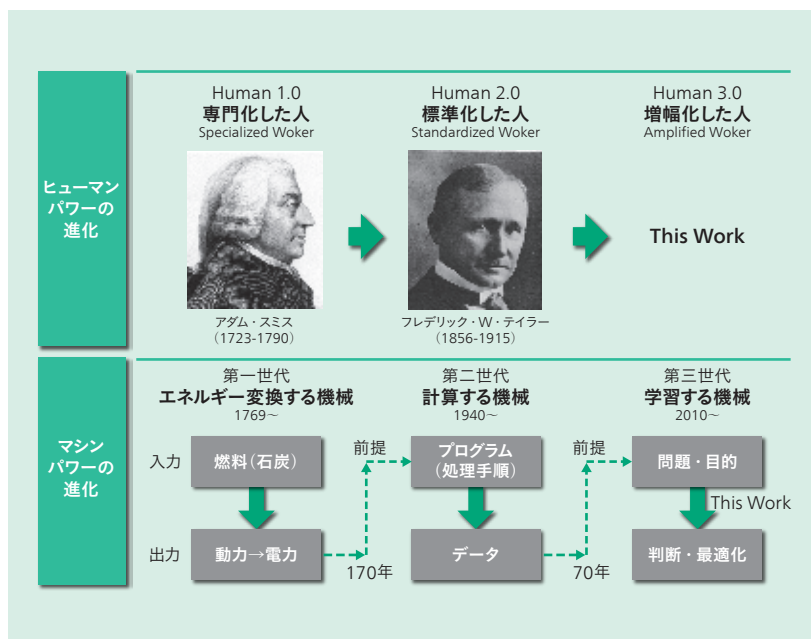


図1 | ヒューマンパワー(人間力)とマシンパワー(機械力)の進化による生産性向上
分業によって道具をつくり専門を深めた人間(第一世代)は、優れた人のノウハウを共有し学び(第二世代)、時空を越えてあらゆる現実に直接自律的に学ぶことで自分の能力を増幅する(第三世代)。

も、顧客に商品を勧め、関心を持ってもらうという本来の業務に加え、書類を書き、在庫を調べ、配送状況に気を配ることを求められる。常に変動する多様な状況の中で、これらの優先度や時間配分を判断することはマニュアル化できず、看護師や販売員本人が判断するしかない。

これらのサービスやナレッジワークにおいて、重要なのは、仕事の目的やゴールを設定することである。これをここでは「アウトカム」と呼ぶ。目的を決めてこそ、多様に変動する状況において、柔軟で的確な判断が可能になる。従来の情報システムは、この柔軟性の要求に応えられない。むしろ、逆に業務を画一化する傾向がある。

新たな人間像

この状況を変えるのが、AIを活用した新たな方法論である。現在、情報システムには大量のデータが日々たまっている。この大量のデータには、社会やビジネスの変化が投影されている。これを活用し、状況に合わせてコンピュータが自ら動作のロジックを変えることが可能になり始めている。すなわちAIはデータから学習し、判断するのである。

これをさらに後押しするのが、データ収集手段の発展である。センサー、ウェアラブルデバイス、ロボット、ドローンなど、技術は日進月歩である。これとデータから自律的に学習するAIを組み合わせることで、変化に柔軟に対応できるシステム（これを「AI化システム」と呼ぶ。）が実現できる。

今、登場した「AI化システム」は、この人間の学習能力を強力に補完し、増幅する可能性がある。これにより、生産性の向上が期待される。これを第三世代、「ヒューマン3.0」と呼ぶ。その特徴は人間の能力の「増幅化」であり、すなわち「増幅した人(Amplified Worker)」である(図1参照)。ヒューマン2.0での「標準化」に、ERP(Enterprise Resource Planning)のようなコンピュータシステムが活用されたのと同様に、第三世代、ヒューマン3.0では、「学習

するAI化システム」が、人には到底見きれない大量のデータから継続的に人が学ぶことを支援する。これにより、人の経験だけでは不可能な、的確な判断を行うことができる。しかも、従来の業務マニュアルでは記述しきれないような柔軟な判断を行うことができ、ビジネスの状況(商流や需給の状況他)が変わっても、変化に適応できる。これまで人が、一度うまくいったやり方を、状況が変わっても続けてしまいがちだったのとは対照的だ。

従来、業務の標準化やマニュアル化が、業務効率を高めるための「あるべき姿」であるという考え方が定着し、顧客や従業員が、決められたマニュアルや機械に合わせてきた。しかし、業務プロセスを標準化し、これをコンピュータで徹底してきたのは、変化や多様な状況に対応すべき多くのサービス業務では実はうまくいかなかった。いやむしろ、妨げとなる懸念すらあった。そして、これが従来の情報システム事業の成長を妨げていた。

この第三世代の仕事では、機械やプロセスに人間が合わせるのではなく、機械やコンピュータが人間に合わせる。環境変化の中で、自律して判断し結果に責任を負うそれぞれの人を支援する。

AIとは予測不能な時代を生きぬく方法

このAIの登場は、単なる便利なツールの導入以上の変化になる。我々の問題解決の方法や生き方を変えることになるのだ。

未来は無尽蔵な新たな可能性でもある一方で、存在を脅かす脅威でもある。

ドラッカーは未来に関して以下の洞察を残している²⁾。

「われわれは未来についてふたつのことしか知らない。

ひとつは、未来は知り得ない、もうひとつは、未来は今日存在するものとも、今日予測するものとも違う。

(中略) 未来を築くためにまず初めになすべきは、明日何をなすべきかを決める

ことでなく、明日を創るために今日何をなすべきかを定めることである。」

我々が行動できるのは今この時しかない。過去を変えることも、未来を変えることも直接はできない。現在の行動が未来に影響を与えるだけだ。

(b) 四書五経

儒教の教典として特に重視される9種の書物。四書は「論語」「大学」「中庸」「孟子」、五経は「易経(易)」「書経」「詩経」「礼記」「春秋」を言う。儒教は孔子を祖とする思想、信仰などの総称。

しかし、この「過去」と「未来」の出会い「今」をどう見るかについては、2つの異なる視点が存在する。

1つは、「今」は過去の確立された知識や事実の上にあるという見方である。従って、既に確立された知識(学問や科学やノウハウ)を学び、それを今活用することを大事にする。過去の知識にないことは、その都度状況を見た対応しないと考えることになる。

もう1つは、「今」は予測不能な「未来と向き合う最前線」であるという見方である。これに対処するため、仮に予測不能であっても、多様な状況変化に体系的に処する方法をあらかじめ準備することはできるはずだ。そこに注力するのがこの立場である。

20世紀は、幅広い分野で科学的発見が行われ、その工学的応用が広がった時代であった。この中で、学ぶのが追いつかないほどの速度で知識が生まれ、前者のアプローチが強調された時代だった。我々の中には、前者の視点が深く染みこんでいる。

AIという新しい方法論は、実は、後者に視点を移し、さらに前者と後者を融合する転機になる。

このどちらが強調されるかは、時代によって変化してきた。歴史的には、後者の「予測不能な未来に体系的に処する」ことが、今より大事にされていた時代が過去にもあった。

その一つが江戸時代である。例として勝海舟と陸奥宗光を取り上げよう。いずれも幕末から明治にかけて歴史を動かした人物であるが、意外な共通点がある。勝が渡米した船は「咸臨丸」。陸奥の主著は「蹇蹇録」。いずれも実は、東洋最古の古典『易』に定義された「変化のパターン」を船名や書名にしているのだ。

この約2000年以上前に書かれた古典『易』には、未知の状況においても、わずかな兆しを捉えれば、それに応じた体系的な処し方があることを説く。その範囲は、国の政策から人生の判断に至る。『易』は、英語名で“The Book of Changes”。64個のパターンで未知の変化を体系的に分類し、その処し方を綴る。儒教では**四書五経**^(b)の筆頭に挙げられることから、学問の中心に未知への対応方法が位置づけられていたことが分かる。既存の確立した制度や情報を知ることよりもむしろ、この予測不可能な状況への体系的な対応論に重きが置かれていたのである。

具体的には、「咸」「臨」「蹇」はいずれも64個のパターンの一つを指す言葉であり、その当時の学問を修めた知識人にとっては常識だった。

「咸」は言葉を超えて世界や宇宙と響き合うことを指す。『易』では二進法、6ビットの体系で変化の状況をパターン分類し、陰と陽という2状態の組み合わせで変化を表現する。陰=0、陽=1と二進法表現にすると、咸のコードは"001 110"である。「臨」は可能性を見つけたら迷わず全身全霊で跳躍すること(コード="110 000")。従って、「咸臨」とは、「言葉を超えて、世界と響き合うべき状況にある。これにより、新たな可能性を見いだしたら、全身全霊で跳躍することができる」という意味になる。まさに幕末から明治の新たな変化の時代に向かう態度を、『易』のパターン言語を使って、船名にしていたのである。

一方、陸奥が使った「蹇」は八方塞がりでも、人に協力を仰ぎ一歩ずつ前進すること(コード="001 101")。蹇蹇とはこれを重ねたもので、「八方塞がりの中でも、人に協力を仰ぎ、一歩ずつ前進する。これにより、さらに八方塞がりの状況になろうとも、さらに人に協力を仰ぎ、一歩ずつ前進することができる」という意味である。このように、二つのパターンを続けることで、 $64 \times 64 = 4,096$ 個という多数の変化を表現できる。

江戸・明治の知識人にとって「学問を修

める」というのは、「未知の状況に正しい態度で向き合える人になる」ということだった。その正統かつ最高の教科書が『易』だったのだ。

実は、あらかじめ体系的に規定した選択肢（オプション）の中から、状況（データ）に基づいて、行動を選択するという『易』の方法論は、今日、AIが行っていることに他ならない。後ほどより詳しく紹介する。

本や学校で習ったことを理解する今の学問とはまったく意味が違ったのである。上述の江戸時代に教育された世代に続く世代あたりから、明治や戦後の追いつき追い越せの時代になり、既にある情報を取り入れることが学問という認識が急速に広がったのである。

今、人工知能という新たな方法論によって、既存の知識を活用することよりも、予測不能な変化への体系的に対応することが再度クローズアップされる波がきている。

そして、ドラッカーの指摘するように、予測不能な未来に的確に向き合うことこそ「経営」の本質であり、AIで企業経営が変わるとのことだ。

AIに求められる汎用性

具体的に、どうすれば予測不能な状況に体系的に処することができるか。そこにコンピュータの能力がどう生きるのか。

まず明らかなのは、その方法論には汎用性が求められることである。予測不能な状況には、当て推量の対処法を準備しておいても役に立たないからだ。

これまで行われてきたのが「分類」である。状況を分類し、分類ごとに対処法を事前に検討しておくことで、事態が起きたときには的確に対処することを期待するわけである。しかし、これは問題が簡単な場合にはうまくいくが、複雑な現実ではうまくいかない。分類を的確に行おうとすると、膨大な数の分類が必要になる。さらにあらゆる状況を、事前に想定することは原理的に不可能なので、この分類と対処法の更新が必ず必要になる。それには多大な労力が

必要で現実的ではないことが多い。

そこで事前分類に頼ることなく、過去から現在までの大量のデータを読み込み、コンピュータの圧倒的なデータ処理能力を使って、過去の事例からの確な対処方法を導き出すのがAIを使った新しい方法論ということになる。

この新しい方法論は、予測不可能な未知の状況に対し、汎用性を持つことが必要である。逆にいうと、AIの発展は、どこまでAIが汎用性を持つかにかかっている。

AIは段階的に発達する

この未知の変化への対処には、以下の5つの要素が必要になるが、これをどこまで汎用化するかによって、人工知能としての汎用性が決まる。

予測不能な状況に体系的に対処する5つの要素は以下のとおりである（表1参照）。

- (F0) [アウトカム：目的] 「何をめざすのか」のアウトカムを決める。
 - (F1) [スコープ：範囲] 「どこまでを考慮すべきか」のスコープを決める。
 - (F2) [オプション：選択肢] 「どんな行動が実行しうるか」の複数のオプション群をつくる。
 - (F3) [判断基準] 「何を基準に行動を選択するか」の評価関数を決める。
 - (F4) [判断・最適化] 評価関数に基づきオプションから行動を選択する。
- 行動の結果を基に (F1) (F2) (F3) (F4) を見直す。

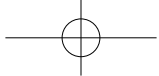
この5つの要素を持ったプログラムを特

表1 | 予測不能な状況に体系的に対処する5つの要素

状況が想定できない予測不能な問題に汎用的に適用できるかが求められる。

	問い	決めるべきこと
(F0) 目的	何をめざすのか。	アウトカム (KPI)
(F1) 範囲	どこまで考慮するか。	入力データ (スコープ)
(F2) 選択肢	どんな行動が実行しうるか。	オプション (群)
(F3) 判断基準	何を基準に行動を選択するか。	評価関数
(F4) 判断・最適化	どの行動をするか (判断)。	アクション
行動の結果に基づき (F1~4) を見直す。		

注：略語説明 KPI (Key Performance Indicator)



定の問題に向け開発するのには困難はない。難しいのは、状況が想定できない予測不能な問題に汎用的に適用できるようにすることである。

汎用性を持たせるのは、より上位 (F1) になるほど難しいが、一方で、実現されれば、より上位の方が幅広い状況に汎用的な対応が可能になる。

アウトカムとは、結果の良し悪しを測る物差しとなる指標である。ビジネスでは KPI (Key Performance Indicator) とも呼ばれる。これを決めるのは、人間の重要な判断である。これは原理的に人間が決めることになる。

最近、AGI (Artificial General Intelligence: 人工汎用知能) に関する議論や研究が盛んになっている。AGI の定義はまだ明確ではないが、人間のような汎用性を持つ人工知能を指す場合が多い。AGI が実現されるとシンギュラリティ (特異点) が到来するという議論が盛んに行われている^{4)~7)}。汎用性を追求すること自体は、上述の意味で AI のあるべき姿である。しかし、AGI か否かの二分法の議論は望ましくないと私は考えている。

むしろ二分法は避けて、AI の汎用性は段階的に拡大すると捉えるべきだ。ここで上述の5つの要素が役立つ。人工知能の発展段階を、私は、汎用性によって4つのレベルに分類した (表2 参照)。

レベル0は、データからの学習を伴わない従来の機械的なシステムであり、AI ではない。プログラムは人手による固定ロジックで実装されている。現状動いている

企業情報システムや設備システムのほとんどはこのレベル0に相当する。

レベル1は、人が指定したパラメータを、目的に合わせ、データに基づき自動で変更するシステムである。「機械学習^(c)」を用いたシステムの多くはこのレベル1に相当する。この最も簡単な場合が、最小二乗法で実績データ (散布図) にフィットするような近似モデルのパラメータ (切片と傾き) を決定する技術であり、「重回帰^(d)」と呼ばれる。機械学習としては、重回帰をより複雑にした、SVM (Support Vector Machine)、決定木^(e)、深層学習 (Deep Learning)⁸⁾、協調フィルタリング^(f)などが知られている。しかし本質的には、重回帰のパラメータを増やしてより複雑なモデルにして精度を向上したものである。これらの機械学習のアルゴリズムは、既によく知られており、オープンソースのライブラリなども R 言語などで提供されている。

このレベル1のシステムは、必然的に用途に特化した専用 AI となる。代表的には、流通分野での顧客へのリコメンドの生成や写真画像からの顔判定システムなどがある。クイズに回答するシステム⁹⁾ やウェブの画像から人の顔を判定する技術¹⁰⁾ が発表されているが、いずれもこのレベル1の人工知能であり、専用 AI である。

しかし、レベル1のシステムでは、アルゴリズムに入力すべきデータ (特徴量) を人間の仮説に基づき設計し、プログラムとして実装する必要がある。アルゴリズムの周りに問題ごとのプログラム開発が必要である。従って、適用する問題ごとに、分析や開発コストがかかる。また人の想定した特徴量に対応する仮説を超える汎用性がないため、人の発想を超える結果は出にくい。

これを超える汎用性を実現するのが、レベル2の人工知能である。レベル2は、大量のデータから判断基準を自動生成し、人の与えたオプションから最適な選択を行う。ここで、どこまでのデータを考慮するかのスコープとアウトカムは人が与える (図2 参照)。

レベル1との大きな違いは、判断のため

(c) 機械学習

人工知能技術・手法の1つで、過去のデータから反復的に学習し、そこから有用なパターンを抽出すること。その結果を新たなデータに適用することにより、将来を予測することが可能になる。

(d) 重回帰

複数の変数 (説明変数) で、1つの変数 (目的変数) を予測する分析手法。例えば、目的変数に特定の店における顧客の購入額、説明変数に顧客の年収、年齢、性別、家族構成を用いた場合、顧客の年収だけから購入額を予測するのが単回帰分析、顧客の年収、年齢、性別、家族構成という複数の変数から購入額を予測するのが重回帰分析である。

(e) 決定木

意思決定ツリー、デシジョンツリーとも呼ばれ、樹木構造のモデルを使って目標到達に向けた要因を分析し、意志決定を助ける手法。機械学習の分野では、説明変数と目的変数を樹木構造として表現した予測モデルとして用いられる。データマイニングの代表的な手法として知られる。

(f) 協調フィルタリング

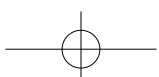
過去の行動履歴が似ているならば嗜好も似ているという仮説に立ち、多くのユーザーの行動履歴と嗜好情報の関係性をデータベース化し、特定ユーザーの行動履歴から嗜好を推論する手法。

表2 | 人工知能のレベル分類

汎用性によって、人工知能をレベル1からレベル4に分類した。レベル0は、人工知能ではない従来の機械的なシステムを指す。

レベル	分類	特徴 (アウトカムは所与)	例*
4	汎用AI	スコープ (範囲)	企業戦略/都市設計/幸福施策
3		オプション (選択肢)	薬/材料の発見プログラムの生成
2		ジャッジ (判断)	工場/倉庫/営業の最適化
1	専用AI	指定されたパラメータを、データからの学習に基づき、変更する。	リコメンド、質問応答
0	非AI	すべて人手による固定ロジック	従来の業務システム

* レベル3/4の例は筆者の予測



の評価関数の形も、その中のパラメータも、データに基づき自動で決める点である。このため、レベル2では、対象に関する仮説を、人があらかじめ設定する必要がなくなる。これにより、人が思いもつかなかった解決策を見いだすことが可能である。

もう一つの違いは、レベル2ではAIとAI以外のシステム（設備やIT）が明確に分離されることである（図2参照）。

レベル2では、AIが汎用化するため、この分離が可能になる。これにより適用コストが大幅に下がる。レベル1の段階では、学習アルゴリズムがシステム中に固定的に埋め込まれていて、どこまでがAIかを明確に分けられない。従って、適用する問題ごとにプログラムの開発・保守に大きなコストがかかる。このコストを上回る利益（アウトカム）が得られるケースは案外限られる。

2015年に日立が発表したHitachi AI Technology/H（以下、Hと記す。）は、レベル2の汎用AIである。我々が知る限り、レベル2の汎用AIを初めて実用化したものになる。Hは100万個を超える大量の仮説を自動で生成し、これから重要な要因を選び出し、どのような条件が成り立つときにアウトカムが高まるかを定量的に明らかにする。この技術を「跳躍学習」と呼ぶ。汎用AIは、既存システムにアドオンし、アウトカムと入出力を指定することによって、学習し、成長するシステムに変えることができる。

実際に、物流倉庫ではWMS（Warehouse Management System：倉庫管理システム）に汎用AIをアドオンすることにより、日々倉庫作業が最適化されている。この場合のアウトカムは総作業時間の最小化である。具体的には、毎日夜間にWMSから人工知能に最近のデータが転送されると、Hはどうすれば総作業時間が短くなるかを表す条件式（評価関数）をデータから見いだす。翌朝、何千個という出荷指示がそろると、Hはどの出荷指示を先に行うかというスケジューリングを自動的にを行い、その結果をピックリスト（作業指示表）として出

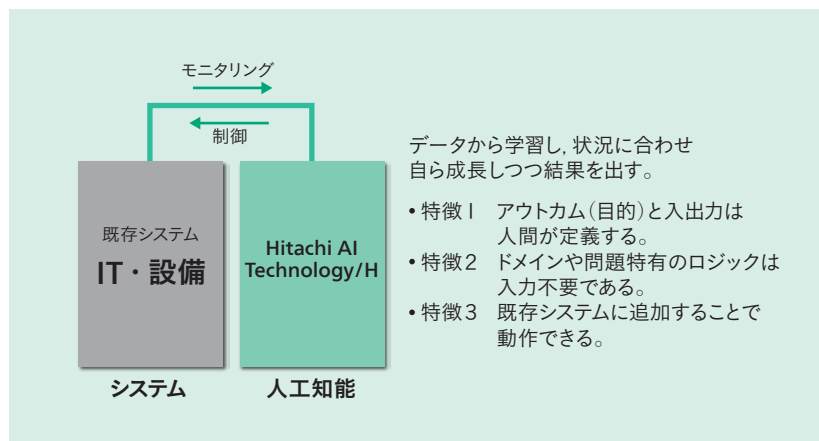


図2 | 汎用AI（レベル2以上）の特徴

アウトカムと入出力（問題の範囲などに対応）を人間が設定することで、アウトカムを高める条件の発見や制御をデータに基づき行う。問題特有のロジックなどは入力不要である。汎用AIでは、AIとAI以外のシステムとが分離される。

力する。その後、従業員は、これに従って作業を行うが、実際には人は作業中にさまざまな試行錯誤を行っている。その結果、作業時間が減ることもあれば、増えることもある。この結果もAIへの入力データになり、翌日のスケジューリングは、これも考慮したものになる。このように、既存のシステムに汎用AIをアドオンすることで、AIと人間が日々協力し、学習する仕組みをつくることができる。この倉庫では、8%の生産性向上効果が確認されている。

これ以外にも、店舗では15%の売り上げ向上効果を、コールセンターでは27%の受注率向上効果をj確認している。また、本特集に紹介するように、金融、鉄道、工場、水プラントなどでの適用が進み、既に7分野24案件への適用が始まっている（図3参照）。

重要なのは同じHというAIソフトウェア

流通	物流	海淡プラント	コールセンター
従業員の最適な時間の使い方を発見	作業や監督の最適化条件を発見	高効率な運転法を発見	生産性を上げる声かけの発見
顧客単価 15%向上	生産性 8%向上	運転コスト 3.6%低減(見込み)	受注率 27%向上

図3 | 汎用AIであるHの適用実績

金融、流通、物流、プラント、交通、製造などの7分野24案件に適用し、同一の人工知能ソフトウェアで、汎用的にアクションや改善知見を導出している。

アが、分野や問題ごとにカスタマイズすることなしに、汎用的に適用されている点である。これにより、AIの適用範囲は一気に広がっている。

このように汎用性を高めたレベル2の人工知能ではあるが、あくまでも人が与えたオプションの中から最適な選択ができるものである。実は、これでもかなり複雑な制御を行うことができる。例えば物流倉庫の例では、何千件にもわたる出荷指示のどれを先に作業するかという判断を人工知能が行っている。1,000件の出荷指示のどれを先に作業するかという候補のオプションの組み合わせは約1,000の階乗個あり、ほぼ無限に近い。これを的確に判断することができる。

しかし、より創造的な答えを出すには、汎用化をもう一步進める必要がある。それがレベル3の人工知能である。レベル3では、次のアクションの選択肢もデータから人工知能が生み出す。これができると、例えば、新しい材料や薬を生み出したり、事例だけからソフトウェアを自動で生成したりできる。これがレベル2よりも質的に難しいのは、これらを生み出す「手続き」や「順序」を創造する必要があるからだ。ここで手続きというのは、レベル2にはなかった途中結果に基づく条件分岐や繰り返しなどを複雑に組み合わせたものである。その分、探索空間が劇的に広くなり、事例のデータから学習するのが難しくなるのである。

このレベル3までは、人間がスコープを決め、どんなデータを入力するかを決めていた。さらに高度化したレベル4では、どのデータを入力するか（これを「スコープ」と呼ぶ。）をもAIが決める。これができれば、AIの入力をAIが決めることで、AIを複雑に組み合わせてより高度な汎用性を実現することも可能になる。

このレベル4まで高度化すれば、グローバル化による予測不能な環境変動の中での、持続的な国や企業の成長戦略を導き、人を幸福に導くために必要なアクションを創造することも可能になる。

汎用 AI 誕生のインパクト

レベル2以上の汎用性を持った人工知能をここでは「汎用AI」と呼び、レベル1は「専用AI」と呼ぶ。既にレベル2の人工知能は、一人の人間では到底カバーできない幅広い分野の問題に適用されている。読み込んでいるデータ量とそこから抽出した知識の量も、人間をはるかに超える。しかし最初に述べたように、これは機械が人間を超えたのではなく、人間の能力がここまで向上したと捉えるべきだ。

この汎用AIの威力を目に見えるようにするため、LEGO^{※1)}のブロックでブランコに乗るロボットをつくり、これに汎用AIであるHを接続した。アウトカムは、ブランコの振れ幅の最大化とし、コントローラを介して、動きのデータをAIに入力するとともに、AIが膝の動きを制御できるようにした。約5分で、事前知識を使うことなしに、見事にブランコに乗れるようになった。

このように、既存のシステムに汎用AIをアドオンし、そのアウトカムとそれに影響を与える可能性のあるデータを接続するだけで、システムを学習・適応・成長するシステムに変えることができる。

この汎用AIベースのシステムは、24時間、365日学習し続ける。しかも、その学習速度が速い。ブランコに乗れるようになるのに5分しかかからないのは驚きである。これは同時に、需給や価格、人、場所、時期による変化に適応できることを示している。人のように指示される必要もなく、けなげに適応し続ける。しかも、この汎用AIであるHは、判断の根拠を提示する。

従来の専用AI（レベル1のAI）では、問題ごとにプログラムをつくり込むことが必要だった。例えば店舗では商品リコメンド用に専用ソフトウェアを開発する必要があった。汎用AIでは、同じHというソフトウェアのコンフィギュレーションを変えるだけでプログラム開発を伴わずに、商品

※1) LEGOは、LEGO Groupの商標である。

リコメンドも最適な商品発注も品ぞろえの最適化も可能になる。

この汎用AIの出現は、約80年前にコンピュータが生まれたのと同じような大きなインパクトを生むと期待される。

人工知能が脚光を浴びたのは2年ほど前からだ。しかし、実際には、この15年ほどの間に、我々の生活にはAIが知らないうちに活用されてきた。例えば、eコマースサイトで商品のリコメンドを受け、ウェブを検索するとき、我々は知らず知らずのうちにAI技術を使っている。どちらの場合も背後にはAI技術が使われているからだ。ただ、このいずれも用途が特化された専用AIである。リコメンドエンジンで、検索はできないし、逆もしかりだ。

しかし、このような汎用技術（米国の経済学者であるエリック・ブリニョルフソンによれば「General Purpose Technology」と呼ぶ。）¹¹⁾、最初、特定用途で実績をつくった後で、汎用化されるときが来る。これが大変重要な節目である。なぜなら、汎用化によって、用途が一気に広がり、同時にコストも下がるからだ。

この例として、携帯電話を考えてみよう。携帯電話は、当初自動車電話からスタートしたが、離れた人同士がいつでも通話するためのものだった。ところがスマー

トフォンの普及とともに、真に汎用的な端末になってその価値も大きくなった。その後の経済規模は、汎用化される前をはるかにしのぐ。

同様にして、人工知能についても、専用AIから汎用AIへの流れが来ることを予測し、我々は世の中より早いタイミングで汎用AIの開発に着手した。それが今、生きているのだ（図4参照）。

AIとは広大な情報空間の探索

AI技術の本質

このような人工知能を可能にしている技術の本質は何か。実は、これをコンピュータの基本概念をつくった数学者のアラン・チューリングが1950年に既に論じている（『計算機械と知性』¹²⁾）。ここで、チューリングは「学習する機械の目標は、試行錯誤によってのみ達成できる」と述べている。コンピュータによる試行錯誤こそが「知能」の本質である。これをより詳しく紹介しよう。

AIは、前述のどのレベルでも、大量の事例のデータからアウトカムを高めるモデルをつくる。しかし、その本質は、広大な情報の空間の中で、アウトカムを最大化する条件を試行錯誤で見つけることである。

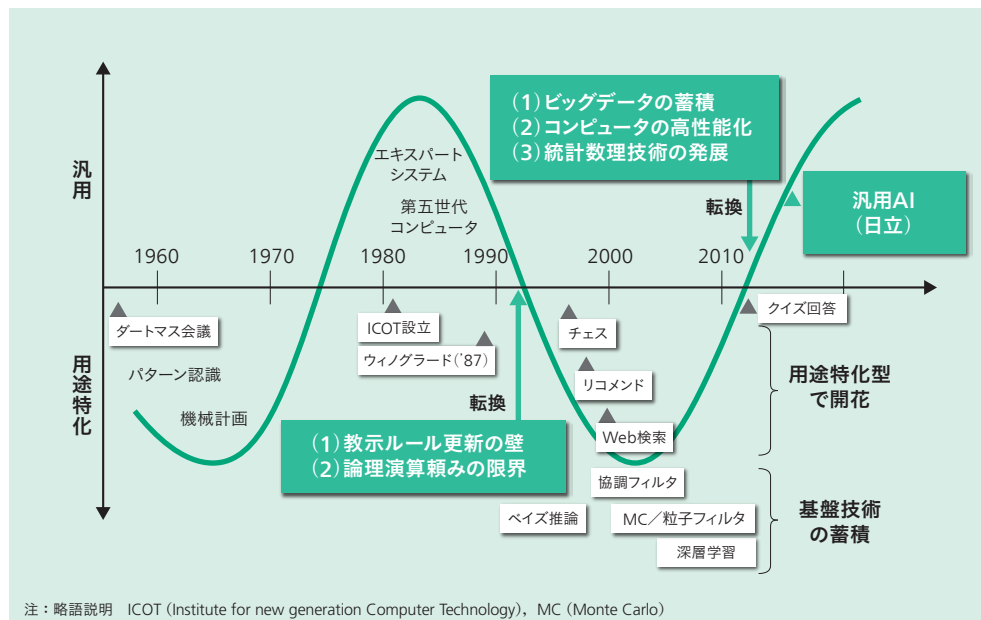
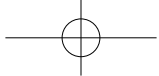


図4 | 専用AIから汎用AIへの転換

用途に特化して発展してきたAI技術（専用AI）が、汎用化に転じた。



なんだ、それだけかと思われるかもしれない。実は、大量のデータがあることとコンピュータの速度向上により、問題のボトルネックは情報空間での探索問題に収束してきたのである。

しかし、探索する空間が広がると、それを探すのは広大な宇宙空間の中での「金鉱探し」をやっているようなものになる。前述のレベルが上がるほど、探索すべき次元が広くなり、探索が困難になる。AIではこの広大な未知の空間をいかに効率的に体系的に探索するかが鍵になる。

未知の空間で金鉱を探す原理は、従来2つしかない。1つは、ランダムに探すという原理である。分からないなら、やみくもに探してみようということである。

もう1つは、その時点まで探した中で、結果のよかった（アウトカムが高かった）ところの近くを探すという原理である。結果のよかったところにはそれなりの理由があって、近所同士は似ているという空間の連続性を仮定すれば、それまで結果がよかったところの近くに金脈があることを期待するわけである。

これをアルゴリズムに実装したのが、乱数を使った**モンテカルロ法**⁽⁹⁾とその派生形であり、AI技術ではMCMC (Markov-Chain Monte Carlo)、ハミルトニアンモンテカルロ、パーティクルフィルタ、ボルツマンマシン、シミュレーテッドアニーリング、遺伝的アルゴリズム、量子アニーリングなどと多様な呼び方がされ非専門家を混乱させるが、基本は単純である。最近話題になることの多い深層学習というニューラルネットワークも内部ではこのような仕組みを使っている。

宇宙と進化に学ぶ

しかし、レベル3や4の人工知能に要求される広大な情報空間の探索には、前述の2つの素朴な原理を超えるものが必要だと想定される。

実は、解決の糸口が既に見え始めている。それは「情報の空間は一様でない」ということである。すなわち「空間は、空っ

ぽの入れ物ではない」ということだ。それどころか「探している金鉱(アウトカム)は、極端に偏ったところにある」のだ。これにより広大な空間をやみくもに均等に探す必要はなくなる。

なぜそんなことが分かるのか。それは深い物理的な原理に基づいている。それは、情報は宇宙が生み出したものであり、かつ宇宙自身が情報であるという原理である^{(13)~(15)}。約140億年前のビッグバン直後には、宇宙には、水素とヘリウムしかなかった。その全貌を表現するのに今の宇宙よりはるかに少ない情報があればよかった。宇宙の持っている情報量が少なかったわけだ。その後宇宙は、恒星を何世代にもわたって生み出し、その周りを周回する惑星を生み出し、その一つがこの美しい地球になった。そして、約40億年の間に多様で複雑な生命を生み出し、我々人間が生まれた。人間はさらに、道具や文字やメディアを、そして制度や組織や心を生み出した。これらの生成物の全体としての宇宙が、広大な情報空間の実態である。これらすべてを表現した情報を宇宙自体が担っているのである。

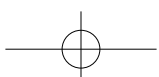
この宇宙の生成発展を貫いている原理は、既に知られている。これを物理学では、「エネルギーの保存則」と「エントロピーの増大則」と呼び、熱力学の第1、第2法則とも呼ばれる。元々は、エンジンやタービンなどの熱現象の説明に使われたが、本来は万物の生成発展を支配する原理である。

これを分かりやすくいうと「資源の総量は一定で増えも減りもしないが、資源の新たな組み合わせにより情報は増え続け、宇宙はより多様な情報に満ちた世界になっていく」ということである。「総資源一定の法則」と「情報多様化の法則」が組み合わせられている。

ここで重要なのは、「総資源一定」と「情報多様化」の両法則は独立なものではなく、合わされて一つの法則であることだ。エネルギー(総資源)一定の制約の下で、エントロピー(情報の多様性)を増やし続けるのが宇宙の生成発展の原理なのである。情

(g) モンテカルロ法

乱数(サイコロを振って出る目から得られるような、ランダムな数字)を用いたシミュレーションを何度も繰り返すことによって、近似的に解を求める計算手法。



報の多様性こそが、宇宙の目的関数であり、資源の有限性がその制約条件になっているのだ。

資源が有限でも、情報は組み合わせによって無限に増やせる。学校で習った順列組み合わせの計算を思い出してほしい。階乗を使えば極端に大きい数が簡単につくれる。このため、資源の組み合わせは無限に近い多様な可能性がある。

ここで、上述の広大な空間の探索に希望が見えてくる。もしも、制約なく情報が多様化していくとすれば、広大な空間中を、一様に探さなければいけなくなる。その場合には、空間の次元が広がると金鉱探しは絶望的に難しくなる。ところが、資源が有限であるという制約下で、情報が多様化しているとすれば、目的とするアウトカムは極端に偏ったところにあることが証明できるのだ¹⁶⁾。従って、探索すべき空間を極端に絞れる可能性があるのだ。

実は、既にレベル2の汎用AIであるHにおいても、この原理が一部活用されている。レベル3、4の実現には、より体系的に、この原理を活用する必要があると想定する。

レベル3や4の人工知能は本当に実現できるだろうか。これには疑いはない。なぜなら既に存在証明があるからだ。それは生命の進化である。

進化は、従来、生き残りを目的とした自然淘汰というランダムな探索として理解されることが多い。しかし、数学者のグレゴリー・チャイティンが、ランダムな探索では、40億年で現在の生物の複雑性は到達不可能であることを指摘し、新たな原理の必要性を主張している¹⁷⁾。実は、進化は上述の原理を既にうまく活用している可能性があるのだ。

AIの議論では、脳との対比で議論がなされることが多いが、むしろ脳をも生み出した進化のメカニズムにこそ、広大な情報空間を効果的に旅する秘密の鍵があるに違いない。それは宇宙がなぜ今こうなっているかを説明する数学的な原理になるのではないだろうか。我々はまだ自然に学ぶ必要

がある。

人とAIとの関係

テクノロジーは人を幸せにするか

AIと人の関係が最近、書籍やメディアで盛んに取り上げられている。

これまでテクノロジーが人の生活を便利にしたことは疑いない。しかし、テクノロジーが人を幸せにしたかを問われれば、答えはそう簡単ではない。

人工知能は人を幸せにするか。これが重要な問いになりつつある。

個人的な話になるが、私は、大学時代から「人の幸せとは何か」、「どうすれば人は幸せになるのか」に強い関心があった。当時の愛読書はスイスの哲学者カール・ヒルティの『幸福論』¹⁸⁾であった。しかし、会社に入ると、技術のことやお金のことなどに専ら関心が移り、仕事で幸せを扱うことは考えなかった。

ところが、前述のように入社して20年経ったときに、仲間と一緒にキャリアをリセットして再出発することになった。退路を断たれた我々が今後の将来をかける方向として考えたのが、データの重要性である。おそらく人間のデータもそこで重要になるだろう、という議論にもなった。実はこの背後にはどこかに、学生時代の人の幸せに関する関心が影響を与えていたと思う。

そこで人間のデータを大量に測れる計測器を開発することにして、2006年の初頭には、腕に着けるリストバンド型と胸に着ける名札型のウェアラブルセンサーのプロトタイプを開発した。元々装置の小型化と低電力化の技術には自信を持っていたので、小さな電池でも継続的に人間のデータがとれるものができた。

特に、注目したのが加速度センサである^{19)、20)}。加速度センサーを組み込んだウェアラブルセンサーによって、身体の運動を24時間取得することができる。動きからその人のさまざまな行動情報が解析できると思ったのだ(図5参照)。

そして、このプロジェクトのリーダーを

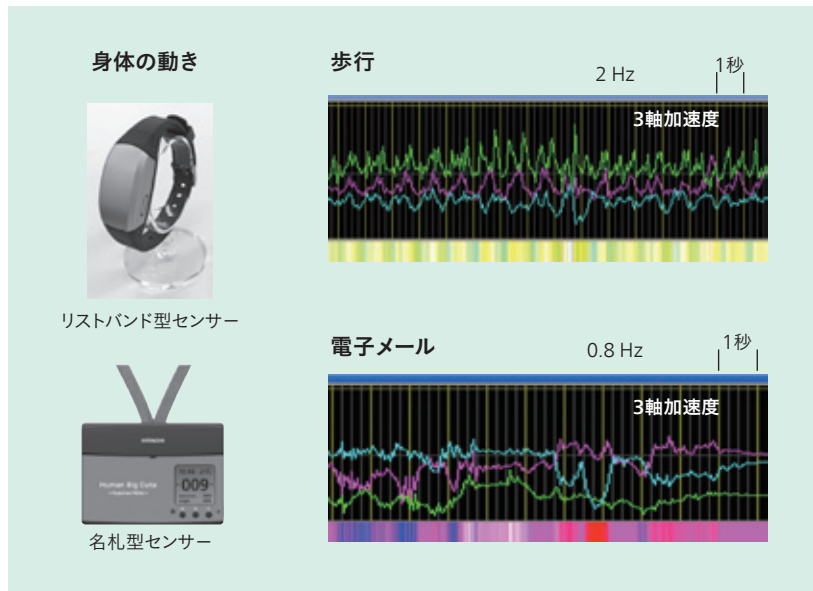


図5 | リストバンド型と名札型のウェアラブルセンサーと加速度波形の例 (x, y, zの3軸)
歩行時には、約2 Hzの周期的な波形が見られ、電子メールを書いているときには、断続的に、およそ平均0.8 Hz程度の波形が見られる。

務めていた私が、最初の実験台になることにした。このリストバンド型のウェアラブルセンサーを装着し始めたのが、2006年の3月16日である。以来、丸10年にわたり、このセンサーはずっと私の左腕にある。過去10年間の私の左腕の動きは、すべてコンピュータに記録されているということだ¹⁶⁾。

これを可視化する手段として考えたのが

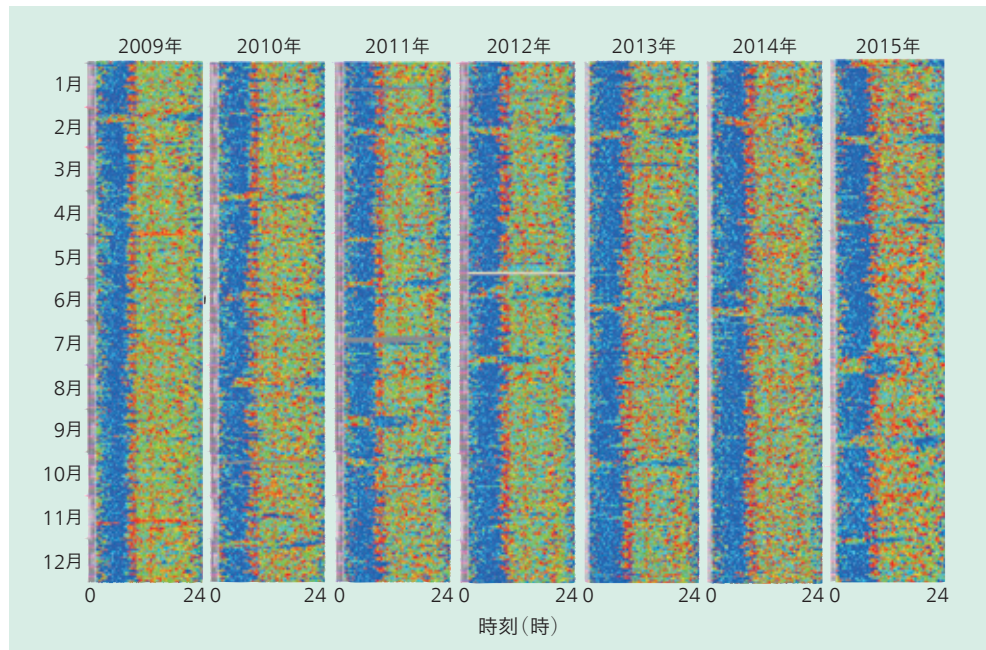


図6 | 筆者の過去7年間の身体運動 (50ミリ秒ごと)

「ライフタペストリ」と呼ぶ。赤が活発に動いているところ、青が止まっているところ、その中間は中間色で表している。海外出張による時間帯のシフトや睡眠時間のばらつきが一目で分かる。2015年度に赤がまだら模様になっているのは、人工知能に関する講演やプレゼンテーションの機会が増えたことを表している。

「ライフタペストリ」というグラフである。私の過去7年のパターンを図6に示す。就寝や起床、通勤や昼休み、さらには海外出張からオフィスでの集中作業までが腕の動きのデータに投影されて一望できる。

このようなデータを多数のユーザーで取得し、可視化し、さらに自分の日々のアンケート結果と相関を分析した。その結果、分かったことがある。一個一個のデータはただの腕の動きであり、それ自体はゴミのようなデータである。しかし、それを集めてそのパターンを見ると、より大きな意味が見えてくるということだ。

毎日のようにデータを見て分析していた私に、あるとき、浮かんだことがある。もしかしたら、このデータの中に、人の幸せを示すパターンが潜んでいるのではないかと。

以降、我々は100万日を超える人間のデータをミリ秒級の解像度でとった。その中には、さまざまな業務や業種が含まれる。これを人工知能も活用して分析したところ人の幸せのパターンを見いだすことに成功したのである^{21), 22)}。これを2015年の2月に新聞で発表し、ハーバードビジネスレビュー誌にも論文を書いた。

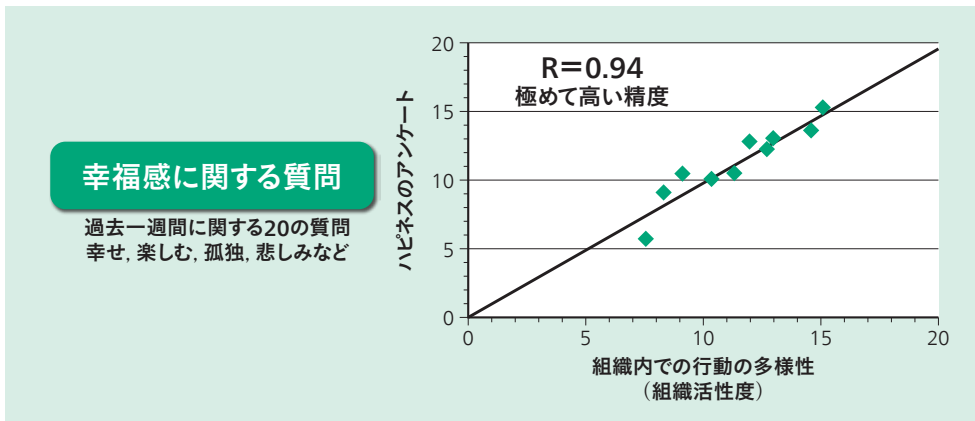


図7 | 集団の幸福感（ハピネス）と相関する身体運動のパターンを発見

組織内での行動の多様性が、組織の幸福感に関するアンケート（質問紙）の結果と強く相関した（相関係数=0.94）。データは10組織、468人、5,000人日から取得し、総データ数は50億点に及ぶ（1%以下で統計有意である）。

ハピネスの計測

どうやって幸せを測ることができたのか。10組織の468名の人たちに20問の質問をした。今週幸せだった日が何日ありましたか。楽しかった日、孤独だった日、悲しかった日は何日ありましたか。このような幸せに関する質問に、0点から3点の4段階で答えてもらう。それを組織単位で集計することで、その組織が平均的に幸せな組織なのか数値化される。幸福感が高く、活性化した組織は高い数値になり、逆に幸福感が低く、活性度の低い組織は低い数値になる。

被験者には、同時に胸に着ける名札型のウェアラブルセンサーによって身体運動のパターンを計測した。その結果、ある特定の身体運動パターンの数値が、上述の幸福感のアンケート結果と極めて強く相関することが分かったのだ（図7参照）。相関係数は0.94と高く、これを使えば、アンケートなどとらなくても、ウェアラブルセンサーだけで組織の幸福感を計測できるレベルである。

その身体運動のパターンとは、集団の中に動きの多様性があることを数値化したものである。まず、静止しているか、静止していないかということで、身体の動きを分類する。これによって、人の動きはバーコードのような1と0のパターンに表現できる。人は動いたと思ったら1分もしないうちに止まることもあれば、20分以上にわたり動き続けることもある。実は、人は

一旦動き始めると平均的には10分ぐらい動き続けることが多いことが分かっている。

ところが、幸福感の高い活性化した組織では、この動きの継続のパターンをみると、短い動きから長い動きまでミックスしている。これは組織に多様な行動があることを時間軸に投影してみているものと解釈している。

一方で、幸福感の低い活性化していない組織では、この動きの多様性が低い。極端にいうと、一旦動き始めると皆が金太郎飴のように10分程度動くものの、そこで一旦止まることが多い。動きが継続しているドライブが効かない。

この身体運動の継続時間の多様性の数値を「組織活性度」と呼ぶことにする。集団の幸福感と強く相関する身体運動を表しているものである。

これを使えば、集団の幸福感（ハピネス）は、体重や身長のように測れるのである。

組織におけるハピネスの法則

幸福というこれまで測りようがないと考えられてきたものが、一旦計測可能になると、続々とこれまで見えていなかった組織や業務に関する法則性が見つかった。これをハピネスに関する3つの法則としてまとめた。以下コールセンターの業務を例に紹介する。

第一の法則は「幸福感（ハピネス）の高い組織は生産性が高い。」である。「幸せ」、「楽しい」という言葉を聞くと、従業員が

楽をしているのではないかと連想する人がいる。データはこれを明確に否定する。

アウトバウンドのコールセンターでは、「組織活性度」、すなわち職場の幸福度の高い日には、平均より低い日に比べ、34%も受注率が高いことが実証された(図8参照)。さらに、小売店舗においても、組織活性度の高い日は、15%も売り上げが大きいことが示されている。さらに、開発プロジェクトにおいても同様である。4つのプロジェクトを計測し、プロジェクト開始から2か月目での組織活性度の高いプロジェクトは、その後の開発成果の売り上げ貢献も大きいことが示された。ハピネスの高いプロジェクトは、財務的な結果も残している。逆に言えば、財務的な結果が出るよりはるか前に、身体運動はそのプロジェクトの成否を予測していたのだ。これを使えば、これまでより早くプロジェクトでアクションがとれる可能性がある。

第二の法則は「幸福感(ハピネス)も業績も集団現象」である。我々は、幸せは個人の心の中にあると考えるのが普通だ。データはこれを明確に否定する。

昨年、プロ野球福岡ソフトバンクホークスの工藤監督が、優勝後にこんなことを述べている。

「負けてる時には『どうしたんだ？ 声は？』と言うとよく『よっしゃ行くぞ』と(ムードメーカーの)川島、福田だっ

たりが、反応してくれる。みんなが声を出すと、よっしゃ行けとなります。ベンチの雰囲気づくりも大事ですよ。」(スポニチ2015.9.18)

優勝のためにベンチの雰囲気が大変重要だったが、そこに控えの川島、福田という選手が大変貢献してくれたという指摘である。一見、優勝後に控えの選手をねぎらった言葉のようにもとれるが、私は、これは本当にこの言葉どおりだったと考えている。なぜならコールセンターでもまったく同じことが起きており、その定量数値がビッグデータで捉えられているからだ。

アウトバウンドのコールセンターでは潜在顧客に電話を掛けて営業を行っている。パフォーマンスは商材の受注率である。過去半年の受注実績をみると、従業員の中には、4番バッターのように高業績の人もいれば、逆の人もいる。日によって出勤している従業員はさまざまである。たまたま高業績の人が多く日と逆の日が生じる。当然、高業績の人が多く日は、センター全体の受注率も高いと予想された。ところが、そのような相関は一切見られなかった。

4番バッターのようなハイパフォーマーを集めても、強いチームはつくりえないのだ。マニュアルどおり電話をかけて、注文をとるという個人プレーの業務においても、これだけの集団効果がある。よりチームプレーが必要な業務ではより大きいであろう。

これに対し、身体運動の多様性が大きい人や周りの身体運動の多様性を高める人が多い日は34%も業績が高まる。これは職場のムードをよくする人と解釈できるであろう。1%受注率を上げるのに多大な努力をしている現場において34%というのは大変大きな数値である。

面白いことに、このような職場のムードに貢献する人の個人業績をみると、受注率とは相関しないのだ。このような人は、周りをよい雰囲気にするだけで、周りに業績を出させていることになる。職場にはこのような川島、福田両選手のような人が必ず

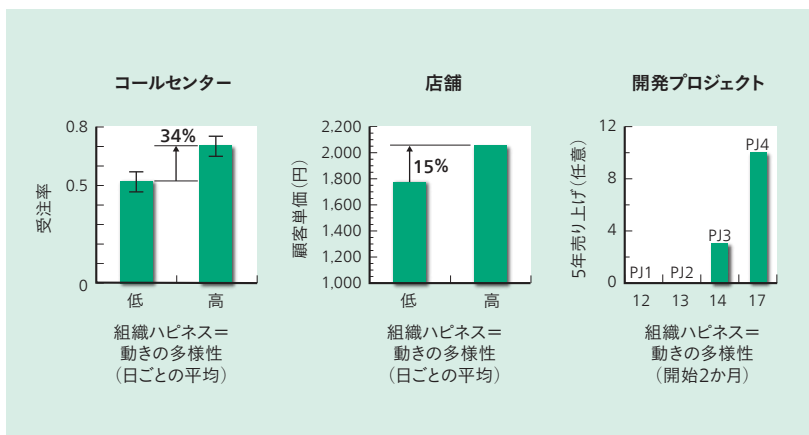


図8 | ハピネス(組織活性度)と生産性との関係

コールセンター、店舗、プロジェクトの事例を示す。動きの多様性の大きさ(=組織活性度)が高い日は、コールセンターも店舗も高業績である。4つの開発プロジェクトの開始2か月目での組織活性度が、開発成果の売り上げ貢献と相関した(5%以下で統計有意である)。

いるのではない。しかも、現在の人事制度では、そのような人は必ずしも評価されていないと思われる。

そして、このような組織のムードづくりに、コミュニケーションが大きく影響していることがデータに明確に出ていた。コールセンターでは、休み時間の雑談が弾んでいる日は、ハピネスも受注率も高いことが示されている。さらに、スーパーバイザーがその日に声かけしている人が誰かによってハピネスにも受注率にも大きな影響があることが示されている²³⁾。

第三の法則は「ハピネスは、仕事や人によらず単一の物差しで表される。」である。幸福の定義自体が、会社や業務や地域が変われば異なるのではないかと考えている人もいる。しかし、0.94という強い相関係数は、そのような解釈を許さない。単一尺度で測れるということである。

従って、人工知能以、ハピネスを高めることができるし、それによって生産性を高めることができるのだ。

具体的には、汎用AIであるHに、ウェアラブルセンサーによる従業員の行動データを入力し、その人とその周りのハピネスを高めるために必要なコミュニケーションや時間の使い方をフィードバックする²⁴⁾システムを構築した(図9参照)。人工知能以、人のハピネスを理解できるようにしたことになる。

例えば、コールセンターでは、ハピネスのダッシュボードソフトウェアを開発し、スーパーバイザーが今日は誰に優先して声かけすべきかを出力するようにした²⁵⁾。これを1年以上にわたり活用していただいた。これにより受注率は27%向上した。

ハピネスは伝染する

このような取り組みの紹介を2015年の春頃から行っているが、大きな反響を頂いている。銀行や航空会社との取り組みは、ニュースリリースとしても発表している^{26), 27)}。

もちろんハピネスや幸福という概念は、私の発明でも発案でもない。実は、この15年ぐらいの間に、学問の世界でも、ハ



図9 | ウェアラブルセンサーと人工知能以活用したハピネス向上支援サービスの使用イメージ

従業員が名札型のウェアラブルセンサーを装着することで、組織活性化(生産性やハピネスと相関する)を高めるコミュニケーションや時間の使い方をフィードバックすることができる。AIを活用したフィードバックは、ユーザー組織の状況に合わせて自動でカスタマイズされる。

ピネスへの関心が高まっている。ハピネスの高い人は、健康で長寿で結婚も成功しやすく、年収や昇進も有利で、かつ営業の生産性は37%も高く、創造性は300%も高く、幸せな人の多い会社はそうでない会社よりも一株当たりの利益が18%も高いという報告もある。このような論文が毎月のように報告されているのだ²⁸⁾。

しかし、これまでの計測手段はアンケート(質問紙)であり、リアルタイムに計測できないうえに、ハピネス向上策についてはそれほど明確ではなかった。学問と実ビジネスとの間には距離があることもあり、ビジネスではあまり活用されてこなかった。それがウェアラブルセンサーによる計測と汎用AIを活用したフィードバックによって変わった。いよいよビジネスで活用される環境が整ってきたのである。

実は、ハピネスはちょっとしたことで変わる。我々はカリフォルニア大学リバーサイド校のソニア・リュボミルスキ教授、ジョー・チャンセラー博士と共同で実験を行った²⁹⁾。集団をランダムに分けて、実験群には、今週経験したよかったことを3つ書いてもらう。一方、対照群には、今週経験したことを3つ書いてもらう。よかったこと、という言葉が入っているだけ

の違いである。これを5週間繰り返し、その2か月後に差があるかを調べた。結果には明確な差があった。実験群は、幸福感が高く、組織への帰属意識が高く、さらに午前中から身体の動きが活発になっていたのである。週に1回たった5分ほどしかかからないこの施策によってこれほどまでの差が生まれるのは驚きである。ハピネスという主観的なことは、小さなことで、大きく変わることが実証された。人間にはまだ「上げしろ」があるのだ。

AIでサービスはこう変わる

人工知能は、サービスを変える破壊力を持っている。

日本を含む先進国では、経済の中心が、モノづくりからサービスへと転換している。これまで強かった製造業を、サービス指向にできるかどうかは、日本の大きな課題である。

サービスで利益を上げようとするとき、誰もが直面する課題がある。サービスの価値は、顧客の問題を解決することで高まる。しかも、顧客は一人ひとり持っている課題が異なる。この個別課題にちょうど適合する解決策を提示できるときに、提供価

値は高まる。ところが、この個別適合する解決策を提供しようとするコストがかかる。この顧客への提供価値とコストは、互いにトレードオフの関係にあり、利益が出にくい構造にある。

このために、サービス業では、平均として利益率の低い業種が多い。物流、小売、広告、飲食、宿泊などはいずれも業界平均で5%を下回る利益率になっている。

従来、サービス業では、2つの方法でこの課題に向き合ってきた(図10参照)。1つは、プロフェッショナルサービスである。これには、コンサルティング、法律、会計など幅広いサービスが含まれる。これは役務を引き受けるサービスになり、労働集約型の事業になってしまう。個人単位ではハイパフォーマンスを出す人がいても、組織の規模が大きくなると平均的には企業間での差が出にくくなる。利益を出すために、スタープレイヤーを顔として利用し、実務は人件費の安い若手に担当させることが多い。

もう1つは、プロセス管理型のサービスである。これは、物流倉庫、コールセンター、機器の保守などある程度の定型化が可能なサービスである。マニュアルと教育によって、コストを下げ利益を出す。ITサービスなどは、この両者の中間に位置づけられる。

AIは、この個別最適とコストとのトレードオフ関係を越えて、スケーラブルなサービス事業を可能にする。既に、Google^{※2)}などの検索に連動する広告サービスは、従来型の広告サービスとは桁違いに高い収益を上げている。この検索連動型の広告サービスは、一種の専用AIを活用し、顧客にカスタマイズした広告サービスを実現している。しかも、全自動でカスタマイズすることで、コストをかけずに顧客価値を上げている。上述のトレードオフ関係を越えた事業が可能になっている。

汎用AIを活用することにより、このモデルを幅広いサービス事業に適用すること

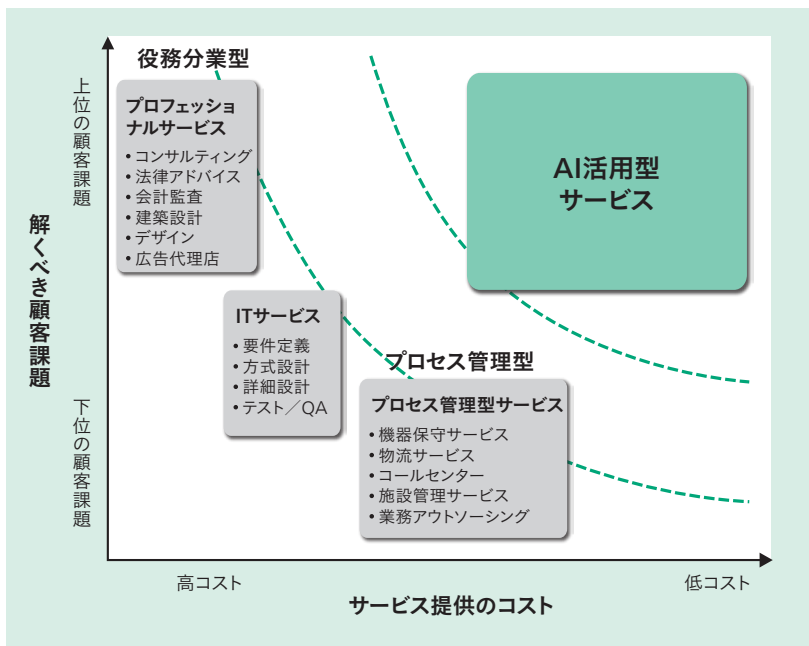


図10 サービスにおける顧客価値とコストとのトレードオフ関係

AIを活用することにより、顧客のアウトカムを起点とした上位課題を、低コストで提供できるようになる。

※2) Googleは、Google Inc.の商標または登録商標である。

が期待される。AIを活用したサービス事業では、顧客へのカスタマイズの自動化が進む。

さらに重要な点は、AIの活用により、サービス事業はアウトカム指向が強まることだ。従来、サプライヤーは自社が提供可能な商材とその周りのサービスの商談しかできなかった。例えば製造装置のサプライヤーは装置提供に加え、修理や保守のサービスを提供してきた。しかし、顧客の課題には階層がある。顧客のプロフィットというアウトカムに直接寄与する上位の課題から、より間接的な下位の課題までの階層がある³⁰⁾。例えば、無線通信事業者の課題は、ネットワークがうまく稼働し、集客ができる、というプロフィット直結の課題もあれば、物理層の適切な構築のような下位の課題もある。アウトカムに直結する上位の課題に解決策を提供できれば、より大きな利益が得られるが、自社商材にこだわる限り、より上位の解決策の提供は困難である。

ここで汎用AIが威力を発揮する。汎用AIは、既設のシステムに接続し、データさえ入力できれば、顧客のアウトカムから顧客価値のある出力ができる。このために、システム化では、自分の持っている商材に縛られることはない。他社品も含めた多様な商材をオーケストレーションすることで、大型の受注につなげる可能性が広がる。

AI時代の企業組織

AIはイノベーションを継続的に起こすサービスを可能にする。しかも、AIを活用したビジネスはアウトカム指向になる。

このため従来型のプロダクトやサービス組織にはない視点や行動が必要になる。組織に以下の3つの変革を迫る。

フロント組織の改革

第一に、フロント組織の変革である。顧客のアウトカム起点での対話と提案ができるフロント人材と組織が必要である。

これは従来のプロダクトベースでの商談力や提案能力とは発想が大きく異なる。まず、表に見える違いとしては「お客様の期待するアウトカムは何ですか」、「その課題解決の成功をどんなアウトカムで測りますか」と聞けなければいけない。さらに、候補に挙がったアウトカムの価値とそれにかかる費用や投資額との関係を議論できなければいけない。費用対効果の期待できないアウトカムを避け、効果の期待できるアウトカムに導く対話力が必要である。

加えて、従来の営業やSE (System Engineer) は当初、汎用AIの柔軟性のイメージが持てない。このため、顧客から折角の新しいニーズが聞き出せたとしても、実績のない使い方には躊躇してしまう傾向がある。これまでの硬直的な商材のイメージや、商談の仕方が身につけているからである。

汎用AIは入力のコネクションさえ変えれば、変幻自在に異なる機能を持ちうるどころが革新的な特徴である。実績のある使い方にはこだわってはいは、せっかくのこの価値が生かせない。逆に、一見実績のある使い方でも、適用するデータが変われば結果はまったく異なる。このような可能性についても、顧客の理解を得なければいけない。

このようなことを具体的な商談の場に活用できるように、教育と実践の機会を与え、人材と組織を変革する必要がある。

インテグレーション組織の改革

第二に、インテグレーション組織の変革である。これまでのような顧客仕様からスタートするSI (System Integration) を超える柔軟性を持つ必要がある。

汎用AIは、従来の機械的なITや設備を、学習し、成長するITや設備に変えることができる。この汎用AIと従来のITや設備との掛け合わせには無限の可能性があり、大きな顧客価値を生む力がある。このITや設備システムは自社品、他社品を問わない。さらに、既設、新設を問わない。この自社、他社、既設、新設とAIとの多様な

組み合わせで価値を生み出せるのだ。

まず、既設のITや設備とAIとの組み合わせには、新たなサービスの機会が広がっている。従来から、ITや設備では、その保守サービスが重要な事業となっている。装置事業に保守サービスを加えることで、継続的かつ安定的な収入源にできるからだ。汎用AIは、これをさらに一步踏み込んだものにできる。既設の設備・ITに汎用AIをアドオンすることで、資産の価値を継続的に高めることが可能になる。コンフィギュレーションを変えることで新たな経営課題や業務課題に次々と継続的に対応できるからである。

上述した物流倉庫の例では、既存のWMSに汎用AIを接続することで、需給変動や人材の変動にも柔軟に対応するスケジューリング機能をWMSに加えることができた。これまでならWMSに追加することが必要だった新機能が、汎用AIの追加で実現できる。しかも、日々の状況変動をデータから自動で読み解いて、制御ロジックも自動で更新される。一旦接続された後は、WMSデータに関係する幅広いヒト・モノ・カネの最適配置が、AIのコンフィギュレーションを変えるだけで実現できる。業務や経営上の必要に応じて、継続的にシステムの機能向上を図ることができる。

ここで汎用AIが、自社品か他社品かを問わずつながることがビジネス上は大きな意味を持つ。他社の設備やITが導入されている顧客層に入り込める機会が広がるからである。

次に、新規のITや設備の商談においても格段に提案の幅が広がることに注目したい。汎用AIと幅広い自他社のITや設備の商材とを掛け合わせることで、状況変化に学習し、適応する新たなシステムの提案が可能となる。このためには、自社の商材だけでなく、他社品も含めたネットワークやエコシステムの構築が必要である。

以上述べた汎用AIを用いた新たなソリューションには、広い商材とAIを掛け合わせる柔軟性が、人材にも組織にも求められる。これを支援するためには、幅広い

プロダクト、サービスを提供できる多様な会社が情報を交換し、商材間を簡単にオーケストレーションするためのエコシステムが必要である。

プラットフォーム組織の改革

第三に、プラットフォーム組織の変革である。上述した第一、第二の活動を可能にするためには、プラットフォーム組織も変革が必要である。

まずプラットフォームの扱う技術階層を上位化させる必要がある。汎用AIとそのコンフィギュレーションを継続的に改善し、運用するプラットフォームは、これまでのサーバ、ストレージ、データベース、OS (Operating System)、運用ミドルウェアというプラットフォームよりはるか上位の、経営アウトカムを扱うプラットフォームになる。従来のハードウェア開発やソフトウェア開発を仕様どおり行っていた人材の発想を変える必要がある。しかし、それはプラットフォーム担当者本人たちにとっても、より顧客成果が分かりやすくなるということである。より顧客の顔が見える位置に立てるようになる。またより高い決裁権限のある人にコンタクトできるということでもある。いずれも、よりやりがいがある状況になるということだ。ただ一つの障害は、変わることへの不安や恐怖である。これに組織的に対応する必要がある。

扱う対象がより上位層になるということで、変化も受けやすくなる。毎月100個の新しいAIアプリケーションが、新しいコンフィギュレーションで運用開始され、ここからの新たなニーズをプラットフォームに組み込むことのできる組織が必要である。従来の下位のプラットフォームよりも、アジャイルかつDevOps^(h)的に高速回転できる仕組みづくりが必要である³¹⁾。

以上の3つの変革がめざすところは単純である。イノベーションを起こす組織に変わるとのことである。ドラッカーによれば、企業の目的は「顧客の創造」である。イノベーションは、そのために新たな需要を生み出す活動である。

(h) DevOps

Development (開発) と Operations (運用) を組み合わせた造語。開発担当者と運用担当者が協力・連携することによって、ビジネスの課題に対してより迅速、かつ柔軟に対応するシステムを開発する手法のこと。

組織改革の例：日立の改革

ここでAIを活用したサービスに向けた組織形態の例として、日立の2016年4月の新体制が挙げられる³²⁾(図11参照)。従来のプロダクト起点のカンパニー組織に代わり、顧客起点のフロント組織と横断的なサービスおよびプラットフォーム組織とプロダクト組織が配置されている。フロントとしては、(1) 電力・エネルギー、(2) 産業・水、(3) アーバン、(4) 金融・公共・ヘルスケアの4つの市場に、営業やエンジニアリング、コンサルティングなどのフロント機能を強化した12のBU (Business Unit: ビジネスユニット) が設立され、顧客のそばでイノベーションをつくり出す体制をめざしている。また、AIやアナリティクス、制御技術など、高度なサービスを提供するために必要不可欠なテクノロジーを集約、統合したサービス&プラットフォームBUを設立し、フロントBUやパートナーに、オープンな共通プラットフォームを提供する体制としている。プロダクト主体の事業群は、製品や部品、材料などをお客様やフロントBUに提供する。

このようにAIという革新的テクノロジーの登場に伴い、組織体制も革新する動きが今後広がると考えられる。

結言

AIが単なるコンピュータの進歩を超えた広がりを持つ、その全体像を論じてきた。AIという「人の新たな方法論」は、グローバルで予測不能な環境変化の中で、企業や人の対応力を抜本的に高める。従来の個人力だけに頼った方法論に比べ、この新しい方法論の威力は時間とともに急速に高まる。この流れは、全業種、全業務に及ぶ。これを私は「総AI化」と呼んでいる。

しかし、AIとは人間の方法論である。人間の問題解決力を高めるものである。解くべき問題の設定は、あくまでも人間の仕事である。そこに人間の経験と勘が大いに生きる。これにより、人間は、予測不能な世界に、これまで想像もできなかった挑戦

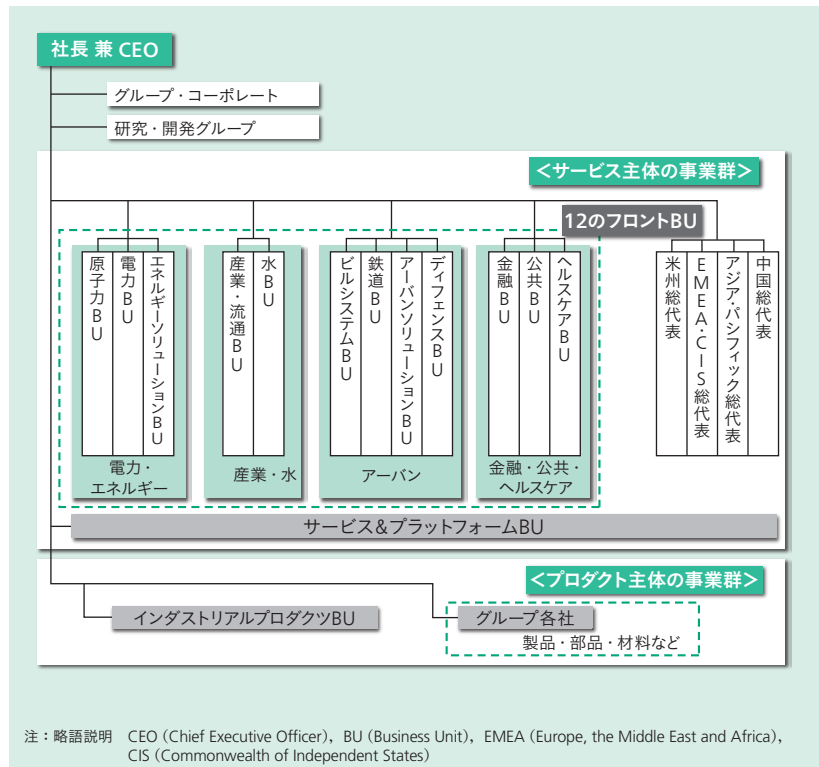


図11 | AIを活用する組織の例（日立の組織改編事例）

顧客起点のフロント組織と、横断的なサービスおよびプラットフォーム組織とプロダクト組織を配置した日立の新体制でAIは重要な役割を担う。2016年4月の組織改編。

ができる。まだ見ぬ未来をつくる行動を、今日起こすことができる。

社会学者の鶴見和子氏は、77才の時に脳出血で左片麻痺となり、健常のときには見えなかった世界への出会いを歌に詠んだ³³⁾。

びしょううちゅう われ
微小宇宙 我 大宇宙にひびきあい 奏でる
調べ 日日新しき

障がいという試練を新たな機会として未知の世界に向き合う心が雄大なスケール感で表現されている。

人工知能という未知に向き合う新たな方法論を得て、我々は、日々新しき調べを奏でられるだろうか。企業戦略に、業務の運用に、国の政策決定に、そして個人一人ひとりの人生で向き合う未知に、日々新しい調べを奏でながら前進したい。そんな我々の姿は、常に未知の可能性に向けて創造的であり、同時に未完成であろう。私はそうありたいと思っている。

永久の未完成、これ完成である。

(宮澤賢治 1926³⁴⁾)

参考文献など

- 1) D. Silver, et al.: Mastering the game of Go with deep neural networks and tree search, Nature, Vol 529, pp.484-489 (2016.1)
- 2) ピーター・ドラッカー(上田惇生訳)：明日を支配するもの，ダイヤモンド社 (1999)
- 3) ピーター・ドラッカー(上田惇生訳)：創造する経営者，ダイヤモンド社 (1964)
- 4) R. Kurzweil: The Singularity is Near, Loretta Barrett Books Inc (2005)
- 5) N. Bostrom: Superintelligence: Paths, Dangers, Strategies, Oxford University Press (2014)
- 6) M. Shanahan: The Technological Singularity, The MIT Press (2015)
- 7) J. Barrat: Our Final Invention: Artificial Intelligence and the End of the Human Era, Griffin (2015)
- 8) G. E. Hinton and R. R. Salakhutdinov: Reducing the Dimensionality of Data with Neural Networks, Science, 313, pp.504-507 (2006.6)
- 9) S. Baker: Final Jeopardy: The Story of Watson, the Computer That Will Transform Our World, Mariner Books (2012.3)
- 10) Q. V. Le, et al.: Building High-level Features Using Large Scale Unsupervised Learning, Proc. of the 29th International Conference on Machine Learning (2012)
- 11) E. Brynjolfsson, A. McAfee: The Second Machine Age: Work, Progress, and Prosperity in a Time of Brilliant Technologies, W. W. Norton & Company, Inc., (2014)
- 12) アラン・チューリング(高橋昌一郎訳)：計算機械と知性，(1950) 現代思想，青土社 (2012.11)
- 13) E. T. Jaynes: Probability Theory: The Logic of Science, Cambridge University Press (2003)
- 14) H. C. von Baeyer: Information: The New Language of Science, Weidenfield & Nicolson Ltd. (2003)
- 15) S. Lloyd: Programming the Universe: A Quantum Computer Scientist Tales on the Cosmos, Vintage (2007)
- 16) 矢野和男：データの見えざる手：ウェアラブルセンサが明かす人間，組織，社会の法則，草思社 (2014.7)，K. Yano: The New Invisible Hand: Hidden Laws of Life, Business, and Economy Revealed by Wearable Sensors, prepared for publication.
- 17) G. Chaitin: Proving Darwin: Making Biology Mathematical, Pantheon (2012.5)
- 18) C. Hilly: Happiness: Essays on the meaning of life, translated by Francis Greenwood Peabody, Nabu Press (1891)
- 19) T. Tanaka, et al.: Life microscope: Continuous daily activity recording system with a tiny wireless sensor, Proc. 5th Int. Conf. Networked Sensing Systems (INSS 2008), pp. 162-165 (2008)
- 20) Y. Wakisaka, et al.: Beam-scan sensor node: Reliable sensing of human interactions in organization, Proc. 6th Int. Conf. Networked Sensing Systems (INSS 2009), pp. 58-61 (2009)
- 21) 矢野，外：ウェアラブルセンサで「ハピネス」は定量化できる：「データの見えざる手」がオフィスの生産性を高める，ダイヤモンドハーバードビジネスレビュー，pp.50~61 (2015.2)
- 22) K. Yano, et al.: Profiting from IoT: The key is very-large-scale happiness integration, 2015 Symposium on VLSI Technology, pp. C24-C27, June 2015
- 23) J. Watanabe, et al.: Resting time activeness determines team performance in call centers, ASE/IEEE International Conference on Social Informatics (SocialInformatics) 2012, pp. 26-31, doi:10.1109/
- 24) 辻，外：ヒューマンビッグデータによるサービス業務の生産性向上支援，日立評論，97，11，670~673 (2015.11)
- 25) J. Watanabe, et al.: Workscape Explorer: Using group dynamics to improve performance, CHI '14, Ext. Abstracts, pp. 2209-2214 (2014)
- 26) 日立ニュースリリース，人工知能技術を活用したビッグデータ分析により三菱東京UFJ銀行における業務の生産性向上に向けた取り組みを支援 (2015.9)
- 27) 日本航空株式会社，日立製作所，プレスリリース：JALと日立がIoTと人工知能を活用して従業員満足度の向上をめざす共同実証実験を開始 (2015.10)
- 28) Special Issue, The Value of Happiness: How Employee Well-Being Drives Profits, Harvard Business Review, Jan.-Feb. (2012)
- 29) K. Yano, et al.: Sensing happiness: Can technology make you happy? IEEE Spectrum, pp. 26-31 (2012.12)
- 30) 今枝昌宏：製造業のサービス化とサービスマネジメントへの2つのアプローチ，一橋ビジネスレビュー，54 (2)，2006年秋 (2006)
- 31) M. E. Porter, et al.: How Smart, Connected Products Are Transforming Companies, Harvard Business Review (2015.8)
- 32) 日立ニュースリリース，フロント機能を強化したマーケット別の事業体制に変革：サービスとプロダクトの両輪でイノベーションを提供 (2016.2)
- 33) 鶴見和子：歌集 山姥，藤原書店 (2001.7)
- 34) 宮澤賢治：農民芸術概論，宮澤賢治全集10収録，ちくま文庫 (1995)

執筆者紹介



矢野 和男

日立製作所 研究開発グループ 所属
現在，技師長としてAIなどの研究開発に従事
著書「データの見えざる手」(草思社)
博士(工学)
IEEEフェロー，電子情報通信学会会員，応用物理学会会員，
日本物理学会会員，人工知能学会会員