

【特別企画】「シンギュラリティの時代：人を超えゆく知性ととともに」

シンギュラリティの挑戦

Challenges of the Singularity: Human and Computer Intelligence

ニール・ジェイコブスティン
Neil Jacobstein

シンギュラリティ大学人工知能・ロボット工学部門共同議長, 同大学前総長
Co-Chair AI and Robotics, and Former President, Singularity University.

文責者:

飯塚 修平
Shuheii Iitsuka

東京大学大学院工学系研究科技術経営戦略学専攻
Department of Technology Management for Innovation (TMI), Master's Program, Graduate School of Engineering, The University of Tokyo.
iitsuka@weblab.t.u-tokyo.ac.jp, http://tushuhei.com

Keywords: singularity, artificial intelligence, exponential intelligence, intelligence augmentation, sophisticated AI.

1. はじめに

過去 15 万年にわたって、人類は地球上すべての生物の知能の頂点に君臨してきた。しかしチェスや将棋などのゲームでコンピュータがその道の達人に勝利したことが象徴的に表しているように、近年人々の注目が人工知能が人類の知能を超えるか否かに集まっている。確かにハードウェアの進化に支えられて人工知能は日々進化しており、人工知能が人類の知能を超える特異点、すなわちシンギュラリティはすぐそこまで来ているといわれている。Ray Kurzweil の書籍『The Singularity is Near』では 2045 年頃にその特異点を迎えると述べられているが、そのときにいったい何が起るのかは誰も知り得ない。

しかし、私はこのシンギュラリティを「いずれやってくる何か特別なイベント」としては捉えていない。なぜなら、この人工知能が人類の知能を超えるという変化はあくまで連続的なものであり、いずれにせよ不可避の未来だと考えているからだ。そもそも「いつ人工知能が人類の知能を超えるか」という問い自体がナンセンスである。今この地球に生きている我々は、環境問題や紛争問題などさまざまな課題に直面しており、緊急に解決策を考えなければならない。このような状況の中で我々が本当に考えなければならないのは、「世界を変えるために人工知能とともに人類は何ができるのか」ではないのか。

今回の講演では、以下の 3 点について話をしたいと思っている。

- 人類の知能を拡張する人工知能
- さらに洗練された人工知能の実現のために
- これから必要とされる指数関数的知能

人工知能は世界を変えるための「ツール」ではなく、もはや「基盤」である。ロボット工学、ナノテクノロジー、

薬学など、今後の世界を変えていく技術が進化を遂げるためには、膨大なデータを自由自在に扱い、情報を得る必要がある。人工知能は人間の脳では処理しきれない量の情報を整理・加工するために不可欠な基盤なのである。

考えてみてほしい。我々が処理しなければならない情報量は指数関数的に増加しているにもかかわらず、人間の脳は 5 万年の間アップデートされていないのだ。そもそも、人間の脳は今日のような情報洪水に対応できるようには設計されていない。Amos Tversky と Daniel Kahneman が記したように、人間の脳は配線が偏ったり帯域幅が狭かったり集中力が限られていたりとデバイスとしてはたくさんの欠陥を抱えているのだ。

現在ではほとんどの人が否応なしに人工知能のお世話になっている。Google を使っている時点で広大な情報とコンピューティングの力にあなたの知能は拡張されているのだ。こう言うと人工知能に脅威を感じるかもしれないが、それは違う。自動車は我々より何倍も速く走り、我々の移動を強力にサポートしてくれるが、我々は「自動車より速く走れなくて悔しい」とは思わない。それと同じことである。

2. 人類の知能を拡張する人工知能

それでは、人工知能が実際どのように人類の知能を拡張しているのか、実例をいくつか紹介しよう。

航空交通管

空の交通網を管理する空港の管制塔では、領空を管理するためにすべての飛行機の動きをモニタリングする必要がある。アメリカの航空機開発製造会社である Lockheed 社では、管制塔の熟練者の動きを観察して、空の航路の干渉を防ぐ術を学習する人工知能の開発を大学と共同で進めている。今後無人航空機が空を飛び回る

であろう世界をすでに見据えているのだ。

自動車業界

GM, Ford, TOYOTA などの大手自動車会社では自動車のメンテナンスにすでに人工知能が導入されており、人工知能を活用した診断システムおよび修理システムが確立されている。ドライバから報告されたレポートと合わせて、車に搭載されたコンピュータからエラーコードをアドバイザに送信することで、これまで以上に効率的に診断書および修理プランを作成することを可能にしている。

宇宙産業

宇宙船の状態を診断するシステムに人工知能が用いられている。NASA が開発した SHINE (Spacecraft Health Interface Engine) は、1 秒当たり何百万ものセンサーから入力されたデータをリアルタイムに解析して宇宙船のメンテナンスを行う。

データマイニング

Keggle (<http://www.kaggle.com/>) という Web サイトでは、機械学習を用いて現実のチャレンジな問題に取り組むデータ分析のコンペティションを開催している。例えば Heritage Health 社では、過去のカルテデータから来年病院に入院することになるであろう患者を予測することができたチームには 100 万ドルの報酬を支払うとしている。クラウドソーシングによって結集された人間の知能と人工知能がコラボレーションした例の一つといえるだろう。

法律

法律分野では、人工知能は主に事務作業で用いられている。アメリカでは K2 と呼ばれる有名なソフトウェアがあり、行動履歴や証拠の情報を管理するために用いられている。それだけではなく、それらを結び付けて推論を行い問題を解決するシステムもつくられたが、免許をもっていないことを理由に起訴され開発会社は敗訴、現在は使われていない。人工知能とそのライセンスにまつわる問題は今後ほかの業界でも起こり得るだろう。

ゲーム

有名な例では、IBM が開発したスーパーコンピュータ Deep Blue がチェスの名人である Garry Kasparov を 1997 年に破った。人工知能のパイオニア、Simon と Newell が 1957 年に打ち立てた予想よりも 30 年遅れての実現となったが、生物の誕生から人類のような知能を獲得するまでに 6 億年かかったことに比べれば、誤差の範疇である。

人工知能は軍隊のシミュレーションのゲームの中にも用いられているが、ほかの分野にも応用可能なはずであ

る。教育と娯楽を掛け合わせたエデュテイメントゲームから経営や物理学を学ぶシリアスゲームまで、さまざまな可能性が広がっている。例えば、100 万人を超える人々にプレイされ 2008 年 Best European Green IT Award にも輝いた BBC Climate Challenge の続編に Fate of the World というゲームがある。このゲームでは、プレイヤーは危機に瀕する世界の救世主となり、世界を救うべくマネジメントをする。プレイしてみると政界のリーダーとはどういうものなのか、彼らの心境や感情などについて深く知ることができるだろう。

IBM が開発したコンピュータシステム Watson は Jeopardy! というクイズショーで二人の世界チャンピオンに勝利した。Watson は弱い人工知能関連の研究成果が結集したものであり、人間の知能に近い性質をもち始めている。すでにこの技術はほかの分野でも応用され始めており、病気の診断や製品のオンラインサポート、法律文書の整理などに使われている。驚くべきことに 2012 年には癌や腫瘍の分野の医療アシスタントとしても使われているとのことだ。

交通問題

Google の自動運転カーが、マウンテンビューの 25 万マイルの道のりを走行することに成功した。この車は最新の人工知能技術を使っているわけではないが、人間以上のナビゲーション、安全走行スキルをもっている。つまり人間の脳は特段運転に適しているというわけではないのだ。毎年世界で 120 万人が交通事故によって命を落としている。この数字はどんな戦争や災害の被害者の数よりも多い。このような悲しい死を遂げる人がいなくなる世界が近くまで来ているのかもしれない。

医学生物学

Mycoplasma laboratorium は 2010 年に Craig Venter によって発表された世界初の人工生命体である。この生命体はこれまでの人工知能の技法をもとにつくられており、今や人工知能はこのジャンルの生物学者にとっては標準的なツールとなっている。

MEDgle (<http://www.medgle.jp/>) は 1 億人の医師のレビューによってつくられた症例検索エンジンである。1 万以上の症例、3000 以上の診断結果、6000 の処方箋を見ることができる。

サービス

CALO (Cognitive Assistant that Learns and Organizes) はタスク管理のシステムであり、はじめ軍隊で利用された。人工知能とクラウドコンピューティングの技術を結集させたそのサービスは成功を収め、現在 Siri という名で iPhone に載って皆さんの手元に存在している。まだ未完成なところもたくさんあるが、これからの進化を感じさせるプロダクトである。

教育

Khan Academy (<https://www.khanacademy.org/>), Udacity (<http://www.udacity.com/>), Coursera (<https://www.coursera.org/>) などたくさんの Web サービスが教育ビデオコンテンツを配信している。これも非常におもしろい取り組みであるといえるが、まだ世界中の人に教育を提供するための基本的なインフラを整備している段階である。人工知能を用いた教育のゴールは、子供達がパーソナライズされた人工知能チュータの強力なサポートのもと、素晴らしい教育を受けることである。チュータと生徒のコミュニケーション、動機付けの仕組みなど、まだまだ我々がやるべきことはたくさん残っている。

ほかにも人工知能の応用例は枚挙にいとまがない。機械のパワーは指数関数型に伸びており、人間の脳のシナプスのネットワークが非常に小さいチップの中で実現できるようになっている。これからさまざまな応用例が生み出されていくと思われるが、今後どのように人間の知能と人工知能がコラボレーションしていくのか、非常に興味深い。

3. さらに洗練された人工知能のために

人工知能は人間が実行できないことを実行することによって、人間にさまざまな価値を提供している。1000を超えるグローバル企業や先進国が人工知能の研究に多大なリソースをつぎ込んでいるのは、単なる偶然ではないのだ。それでは、人工知能の研究ではどういったことが行われているのだろうか。いくつか例を紹介してみたい。

Webの世界では、URLをたどって世の中のさまざまな情報にアクセスすることができる。そのため、リンクによってつながれたデータは人工知能がこの世界について学習するうえで、非常に有用なデータになる。とはいえ、世の中のほとんどのデータは構造化されておらず、リンクでつながっているわけでもない。そんな中、構造化されていないデータでも人工知能の訓練データとなり得ることを主張した論文がある。Googleに勤める Peter Norvig と彼の同僚が公開した『The Unreasonable effectiveness of Data』である。この中で著者は「作り方さえわかっただけで、たとえそれがラベル付けされていないデータであったとしても、Web上の何十億というデータから機械翻訳などのタスクを実行するモデルを構築することができるはずである。」ということを主張している。

Jeff Hawkins と Dileep George によって開発された Hierarchical Temporal Memories (HTM) では、階層的なパターン認識を実装することによって、人間の新皮質の学習モデルを実現しようとしている。ノイズが乗っていてもそこに映っている物体を人間が認識できるように、ノイズを取り除き、再構成することのできる知能を

開発しようとしている。生物学にインスパイアされたほかの人工知能研究の例として、脳波や脳血管の血流を測定して人間の脳の構造を解き明かそうというものがある。拡散テンソル画像法を用いると視床から新皮質までの白質内の線維走行を画像化することができる。このような脳のマップをつくる目的は、脳のサブシステムのモデルについての情報を得ることである。例えば、聴覚のモデルについての研究は携帯電話のチップを開発している Audience 社によって促進されてきた。通話中のノイズを軽減するチップの開発に取り組んでいたのである。現在、Audience 社のチップは Google や Apple により提供されているスマートフォンに搭載されている。

このように我々はたくさんの有用な人工知能の応用物をつくってきたが、まだ本来のゴールである「広く、深く、細やかな、人間を連想させるような知能」をつくることには成功していない。しかし限定されたドメインのタスクについては、すでに人工知能は人間の知能を凌駕しているといえるだろう。今後我々が取り組むべきビジネスの問題や環境問題はますます複雑になっていく。これらの問題を解決につなげるには人工知能の技術を活用することが不可欠である。

一方で、人工知能と人間の知能のコラボレーションを促すシステムについても研究が進められている。Public Library of Science の論文引用ネットワークは科学の異なる分野のつながりを可視化している。これによって、我々がもつ科学知識が与えてくれる可能性と、今後我々を待ち構えているであろうチャレンジについてヒントを得ることができる。NASA hyperwall-2 は 128 個の画像プロセッサを備えたシステムだが、この 128 個のディスプレイを自由自在に操ることによって、人間と機械のインタラクションを可能にしている。カリフォルニア大学が開発した AlloSphere はユーザを取り囲むようにして音声とともに映像体験を提供し、シームレスにデータとコンピュータと相互作用することを可能にしている。一方、欧州連合ではビッグデータ分析から地球の未来を予測しシミュレーションするシステムの構築が進められている。

これらのシステムが完成したら、我々は未来を正確に予測することができるのだろうか？ 答えは No である。なぜなら、そこには想定外のイベントが発生する可能性があるからである。しかし、これらの研究は未来の起こり得る事象の発生確率を見積もるには非常に有意義なものになるだろう。

4. これから必要とされる指数関数的知能

人工知能は「速い」、「大きい」、「安い」、「パワフル」、「ネットワーク」という特徴をもっているが、これらの言葉はいずれも人間と機械の関係の全体像を捉えているとはいえない。アラン・ケイが述べていたように、シンギュラリティという挑戦に立ち向かうには、人間と機械

の両方が備えるべき知性と資質について考えなければならないのだ。今まで我々の脳は限定された場所と時間における線形的な変化や予測に基づいて進化してきたが、現在の我々を取り巻く世界は広大で指数関数的なものである。私はよく学生に「指数関数的に科学技術の変化を捉えろ」と言っているが、指数関数的な変化は概して反直観的なものである。だからこそ、直感的予測を超えた指数関数的現象や帰結について考え、行動できる能力が人間と機械に必要とされているのである。私はこの能力のことを指数関数的知能と呼んでいる。ここでは、私が提唱する八つの指数関数的知能について説明したい。

統計的知能 (Statistical Intelligence)

たくさんのデータを前に適切な解析を行い、評価をすることができる能力のこと。人間の時間に対する直感線形関数に基づいているために、物事の指数関数的変化を正確に捉えることは簡単ではない。例えば、いま私がここから 30 歩歩いたらどれくらい進むことができるか。だいたい 30 m くらいだろう。それでは、私が指数関数的に歩いたらどうなるか。すなわち、1 歩を歩くごとに 2 m, 4 m, 8 m... と離れていくと、30 歩目に到達したときにはどれくらいの距離を歩いたことになるのだろうか？ 答えは何と地球 2 600 周分以上の距離を歩いたことになるのだ。これは人間の直感に反する数字である。このように、線形関数的に考えてしまう人間の脳の性質を踏まえううえで、指数関数的に変化する物事に正確に対処する知能が今求められている。

生態学的知能 (Ecological Intelligence)

自分の行動が生態系に与える影響について考えて行動することができる能力のこと。Rachel Carson が『沈黙の春』のなかで、人間の活動が生態系に与える影響について警鐘を鳴らしたように、我々が生きている生態系について深く理解し、生態系規模で物事を考えることができる知能である。

デザイン知能 (Design Intelligence)

先進的なデザインの原則を製品開発やサービス開発に当てはめることができる能力のこと。我々はその製品が完成したときのことを予測して製品をつくらなければならない。指数的関数的に変化する科学技術と人々のニーズの変化を予測して製品をデザインするのである。このようにしてつくられた製品は「行列に並んででも欲しい」と人々に思わせるような魅力的なものになる。

ソーシャル知能 (Social Intelligence)

ソーシャル知能とはコミュニティを形成してクラウドソーシングを引き出す能力、チームで価値を出す能力である。先ほど取り上げた Kaggle はこの知能を活用した例といえるだろう。

感情知能 (Emotional Intelligence)

チーム全体の目標達成のためにメンバー一人一人の目的を調整し、怒りやいざこざを最小化してモチベートすることができる能力のこと。メタ認知、リフレーミング、ユーモアなどのスキルも求められる。

倫理知能 (Ethical Intelligence)

5 000 年の歴史の中で人間が築き上げてきた倫理観に反することなく考え、行動することができる能力のこと。「自分がやられて嫌なことは他人にしない」という原則に則って行動すればよいわけだが、常にそのことを意識することは難しい。

この知能を測るには明らかに IQ だけでは不十分だということ、ナチスの指導者が明確に示している。Lawrence Kohlberg が子供の成長を観察する中で発見したように、この能力は段階的な理解によって、育まれていくのである。この理解について体系化できれば、人間だけでなく機械にもこの知能を教えることができるようになるかもしれない。

決断知能 (Decision Intelligence)

情報を精度の高い決断およびその評価に活用することができる能力のこと。決断を下すスピードが速いだけでは不十分であり、人間の脳にあるバイアスや集中力を踏まえて正確に判断を下さなければならない。決断知能が欠損して失敗してしまった例として、NASA のチャレンジャー号の事故があげられる。あまりにも楽観的に考えるバイアスが強かったために、プロジェクトマネージャがエンジニアの忠告を無視してしまい、悲惨な爆発事故を引き起こしてしまった。

創造知能 (Future Intelligence)

我々が誇りをもつことができる未来を構築するために、必要な価値を創造することができる能力のこと。この知能を発揮するためには現存の問題を解決するだけではなく、自ら新しいチャレンジを見つけ、好奇心と創造性をその解決策の創出に注ぎ込むことが必要である。

今後我々は、ナノテクノロジーや人工知能といった最先端の技術からのイノベーションの創出を促さなければならない。まだ完璧とはいえないが、幸運なことに我々はそのチャレンジに取り組むのに十分な道具を手につつある。そう、我々は人工知能と共に、まさに超人的な知能を手に入れることができるのだ。あとは恐れず取り組むのみである。今回紹介した指数関数的知能を世界中の人間そしてコンピュータに結集して問題に取り組むことができれば、我々は素晴らしいシンギュラリティのときを迎えることができるだろう。

文責者あとがき

本原稿は、ワールド・ワイズ・ウェブ・イニシアティブ主催で開催した第1回トピクス会議「人間の知性とコンピュータ科学の未来—2040年、コンピュータは人間を超えてしまうのか—」の基調講演1として2012年9月21日10:50～11:30にニール・ジェイコブスティンより行われた講演を書き起こした原稿を、飯塚修平が和訳のうえ要約編集したものである。

ジェイコブスティン氏の講演では、人工知能を「指数関数的に変化する世界と線形的に物事を捉える脳のギャップを埋める存在」として捉えている点が興味深かった。世界の課題を解決するために人間の脳の弱点を補い、人間の知能を拡張するためのものとして人工知能を捉えることが、今後の我々の研究活動の重要な指針となるのではないか。

著者紹介



ニール・ジェイコブスティン

NASA（アメリカ航空宇宙局）のエイムズ研究センター（カリフォルニア、マウンテン・ビュー）に本部を置くシンギュラリティ大学人工知能・ロボット工学部門の共同議長。同大学総長（2010～11）。指数関数技術がどのような影響をもたらすのかについて、技術、ビジネス、倫理的観点から研究を行っている。スタンフォード大学にてロイターデジタルビジョンプログラムのリサーチフェロー（2006）となり、現在、スタンフォード大学・メディアXプログラムの優秀客員研究員。AAAI（American Association for Artificial Intelligence：アメリカ人工知能学会）第17回カンファレンスでは議長を務め、各産業界や政府に対して、人工知能の研究開発プロジェクトにおける技術コンサルタントとしての役目を果たした。人工知能の先駆企業である米Teknowledge（テクナレッジ）社CEOを歴任。大学院生時代には、ゼロックス・パロアルト研究センター（PARC）にて、アラン・ケイ氏の学習研究グループや、ソフトウェア・コンセプト・グループにおいて、インターンとして研究を行った経験をもつ。

文責者紹介



飯塚 修平

東京大学大学院工学系研究科技術経営戦略学専攻修士2年生。同研究科総合研究機構松尾豊研究室にてソーシャルメディアから得られるビッグデータを活用したマーケティング手法、Webサービスの構築手法について研究している。