

ER

富士通総研経済研究所
経済・経営・技術読本

1

September 2015

第1号 シンギュラリティの本質

『ER』創刊のごあいさつ

富士通総研経済研究所は来年で創設 20 周年を迎えます。私達は、グローバルを見据えた、日本の持続・共生的イノベーションに寄与する研究を行うことをビジョンに掲げ、「先見性」をもって研究領域を設定し、「独創性」のある研究を行い、社会への「適用性」を考えたインパクトのある活動をめざしています。

私もはこのたび、この活動の一環として、『ER』を創刊することに致しました。

近年、世界における日本の存在感は低下傾向にあり、世界に類のない多様な課題を抱える課題先進国になりました。このような状況下であるからこそ、日本が先頭を切って課題解決に貢献すべく、世界の知性と協働し、その成果を発信・共有・共感していくべきだと考えています。

この理念の下、2012 年 6 月に非営利研究組織“World Wise Web Initiative”（略称 w3i）を志ある産業人のご支援により立ち上げました（発起人：野中郁次郎・一橋大学名誉教授、紺野登・多摩大学教授）。w3i では、トポス (topos : ギリシャ語で「場」という意味) 会議という議論の場で各分野の世界的人材とのネットワーク創りを行っています。

『ER』創刊号では、記念すべき第一回トポス会議のテーマである「シンギュラリティ」を取り上げました。当時この言葉はまだ一般にはそれほど知られておらず、おそらく日本で最初にこのテーマを取り上げたのではないかと自負しております。

特別講演には、コンピュータ将棋ソフトと対戦された米長邦雄永世棋聖（故人）にご登壇いただきました。海外から、シンギュラリティ大学の総長を務めたニール・ジェイコブスティン氏、オックスフォード大学インターネット研究所教授（当時）のウィリアム・ダットン氏らを招聘し、「パーソナル・コンピュータの父」と呼ばれるアラン・ケイ氏、マサチューセッツ工科大学メディアラボ所長の伊藤穰一氏、未来学者として知られるスタンフォード大学コンサルティング教授のポール・サフォー氏、ジャック・デリタの弟子であるフランスの哲学者カトリーヌ・マラブー氏へのビデオ・インタビューを交えながら、学際的な議論を行いました。

あれから 3 年、今 AI が注目されています。情報 (information) を処理してきたコンピュータが実務面でも知性 (intelligence) を扱うところまで進化してきており、IT から AI への進化が急速に起こっています。

この進化は、技術とそれを活用するビジネスが同時多発的に相互に関係しながら起こっているという点で、以前の AI ブームとは違うと考えられます。

ここでは、単に「シンギュラリティ」が来るのか来ないのかというような話ではなく、人間が自らを見つめなおす良い機会としての「シンギュラリティ」について様々な観点から賢者の方々にお話を伺いました。

AI がビジネスや日々の生活の中に急速に浸透している現代は、一部の専門家だけでなく一般の人々の間で「人間 vs. コンピュータ」の議論が盛んになっています。このような状況を踏まえて、第一回トポス会議に登壇いただいた、ニール・ジェイコブスティン氏、山口高平氏、アラン・ケイ氏、ポール・サフォー氏、カトリーヌ・マラブー氏からお話を伺うと共に、新たに、養老孟司氏、山川宏氏、山川義徳氏からも寄稿いただきました。

また、弊社研究員からもそれぞれの研究分野からシンギュラリティについての見解を述べてもらいました。

このような幅広い分野から「シンギュラリティ」に関する考え方を知っていただくことで、表層的な議論や偏重した意見を見極める知恵を醸成し、皆様のビジネスやご自身の人生に役立つことができれば幸いです。

今後も、様々な課題分野に関してシンクタンクとしての使命を果たすべく邁進する所存です。引き続き『ER』へのご指導ならびにご支援を賜りたく、お願い申し上げます。

2015 年 9 月

株式会社富士通総研 取締役執行役員常務 経済研究所長

徳丸 嘉彦



P03

『ER』創刊のごあいさつ

徳丸 嘉彦
株式会社富士通総研 取締役執行役員常務 経済研究所長

P06-11

巻頭言

「生きること」が問われる時代 コンピュータと人間の脳～脳から見る未来～

養老 孟司
東京大学名誉教授 医学博士

P12-15

シンギュラリティと未来 人間を超えるAIの世界を問う

山口 高平
慶應義塾大学理工学部管理工学科 教授

P16-19

人間の知性の未来 コンテキストの変革

アラン・ケイ
ビューポイント・リサーチ・インスティテュート 所長

P20-23

シンギュラリティの挑戦 人間の知・コンピュータの知

ニール・ジェイコブスティン
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

P24-25

シンギュラリティと脳情報 Bitbrain 構想を通じた心の豊かさの涵養

山川 義徳
内閣府 革新的研究開発プログラム プログラムマネージャー

P26-27

汎用人工知能 (AGI) とはなにか 失敗学から考える 「未知との遭遇」に対処しうる知能

山川 宏
株式会社ドワンゴ ドワンゴAI研究所 所長

P28-29

コンピュータが神になる日 機械は創造できるのか

榎並 利博
株式会社富士通総研 経済研究所 主席研究員

P30-31

加速するAI研究とその必要性

湯川 抗
株式会社富士通総研 経済研究所 主任研究員

P32-33

人工知能と脳の可塑性 理性と知性について哲学の観点から

カトリーヌ・マラブー
キングストン大学人文社会学部 教授 哲学者

P34-35

人間の探求の旅 シンギュラリティについて語るときに、 本当に問わなくてはならないこと

ポール・サフォー
未来学者

P36

編集後記

浜屋 敏
株式会社富士通総研 経済研究所 研究主幹

P37

研究レポート一覧

「生きること」が問われる時代

コンピュータと人間の脳～脳から見る未来～

養老 孟司 東京大学名誉教授 医学博士
Yoro, Takeshi Professor Emeritus, University of Tokyo

人工と自然の違いについて

当たり前のことですが、意識的に作られたものには、見えない場所が根本的にはありません。ところが、動物の場合は、全体が読めていません。まずそれが一番大きな違いです。そもそも、読めるのかどうか分かりません。コンピュータは人間が作っていますから、いかに複雑であっても本来は正体が知れているわけです。人間の場合は正体が不明です。どこが不明かは、考え方や時代とともに変わっています。

コンピュータは、人間の脳を既に超えています。特に、計算力では絶対的です。コンピュータに期待することは、計算能力にはっきり見られるように、明確な機能をどんどんやってくれるということです。人間はそういうことは非常に苦手です。人間が出来ないことや無駄なことをコンピュータがやってくれるというのは、どういうふうにも考えても健康じゃないかという気がします。人工知能が人間を置き換えるというのは誤解です。だから、だいたい人工知能と人間の脳を比較すること自体、あまり意味が無いのです。

人間の脳、これはしょうがないのです。しょうがないという意味は、歴史的に出来上がってしまっているということです。もう限度がついています。しかし、もしやるとすれば、それが一番怖いというか、読めないところなのですが、脳をいじるしかありません。脳をいじるために一番簡単なのは、遺伝子をいじることです。例えば、チンパンジーと人では、ほんのわずかの遺伝子の違いによって、がらっと変わってしまっています。ということは、今の人間を変えるのは、ほんのわずかの遺伝子の違いに過ぎないということです。

人間はどこに向かっているのか

ヒューマン・ゲノムなど色々な研究がなされていますが、最終的にそれは何をしているかと言うと、人を作るということです。超人を作るということです。それで、その時の説明なのですが、蚊取り線香です。つまり、蚊取り線香というのは、渦を巻いている。歴史は、まっすぐに直線で書くのが普通ですが、僕は渦巻きで書きます。なぜそのように書くかと言うと、渦巻きに沿ってみんなが動いていっているわけです。進化の過程で、みんなに「何に向かっているのか？」と聞くと、必ず「接線方向だ」と答えます。ところが、この状態を遠くから見ると、みんなは中心に向かって落っこちているのです。その中心がヒトです。

進化するためにはヒトそのものを変える方が早いという考えもあります。僕はあると思います。そうやって仮に人を変えたとしても、その代わり、条件があります。現在の我々が考えるくらいのこと、感じるくらいことは、全部考えるし感じる。それにプラスアルファがついているヒトすなわち超人が出来たとすると、万事はその人に預ければよいという結論です。我々がわかっていることを全部わかっていて、感じることを全部感じるのですから。それを昔から人間が何と呼んでいるかと言うと、すなわちそれを神と呼んでいるのです。

ヒトは、考えたものを作る生き物です。でも、足りないものは、もっとたくさんあります。だから、コンピュータをいじるのは良いと思います。コンピュータが出来るとはコンピュータがやればよい。でも、人と比べる必要は特に無い。比べようとしたら、やはり人を動かすような問題じゃないかと、本当に若い時に考えていました。

今の人間の限度というのは、どうしたって逃れられません。それは固定したものかどうかという問題ももちろんあります。ヒトはいま 60

億人います。もっと増えます。これだけ多いと、だいたいどんなものができるかわかってくるでしょうか？

僕らがむかし遺伝子と呼んでいた構造遺伝子は、2%に足りないということがわかってしまいました。ヒューマン・ゲノムの98%は基本的に何をしているかわかりません。

300万年の進化の過程の中で、人の脳は3倍になりました。それが、限度に来ているのか、まだ大きくなるのかはわかりませんが、少なくとも今は、マウスでは脳を大きくすることが出来るとわかっています。大きくした方が良いかどうかはわかりません。

人間でそれを実践するのは現実的に難しいでしょう。しかし、かつてクローンの議論がありました。一度やってしまったら終わりです。新しい技術とは、そういう面を持っていて、禁止しても、やってしまったらお終いなのです。人間の場合は、あまり実用性が無いから、たぶんやらないと思いますけど、ただ、動物で詰めていく可能性は十分あります。現に掛け合わせなどは行われています。それを実験室に持ち込むかどうか、遺伝子の操作というところまで持っていくかどうか。それは倫理問題として色々と議論されています。

リソースの問題

僕は、わりあい細かく考えるのが苦手で、いつもまずは極限を考えてしまいます。だから、知能についても、極限を考えると、コンピュータを徹底的に大きくするか、人間が変わるかのどちらかです。コンピュータを大きくすることについては、倫理的なブロックがかかっていません。しかし、ヒトの場合は違います。

社会的な趨勢としては、やはり人工知能を進めていく方向が許容

されているわけです。だから世間はそっちの方向に動いているでしょう。基本的に、アルゴリズムが成立する問題については、コンピュータにやらせるほうがいい。極端に言うと、そういう分野は、人間がやったって、しょうがないのです。

でも、どこかで「それはバカバカしいんじゃないの？」という意見が絶対に出てくると思います。というのは、リソースを大量に使っているからです。今、コンピュータが、人間が使っているリソースのうちの何パーセントを使っているのかは知りませんが、そろそろ相当大きくなっているのではないのでしょうか。携帯に使われているレアメタルなどもそうですが、機械の限度は、たぶん、リソースの問題です。

社会脳というデフォルト

最近わりあいわかっているのは、我々の脳のデフォルト設定は社会脳だということです。こうやっておしゃべりをしたり、ヒトの相手をしたりしているときに、脳が活性化しているのです。もちろん、最初から活性化している部分があって、この状態を社会脳と呼んでいます。経験的にもおわかりだと思いますが、その状態だとものを考えられません。集中して何かをしている時は、話しかけられたらだめでしょう？ですから、そういうときは、社会脳ではなくて、別なセッティングに移してモードを変えるわけです。私は、仕事への集中モードというのは、後から出来てきたに違い無いと思います。

なぜかという、サルで考えてみればよいのですが、知能と最も相関があるのは、そのサルが作る集団の大きさです。社会集団が大きい種類のサルほど、結局、知能が高いのです。その計測の方法はいろいろあります。つまり、脳が大きいということをどのよ

「生きること」が問われる時代

コンピュータと人間の脳～脳から見る未来～

うに定義するかという問題はもちろんあるのですが、知能は明らかに社会集団の大きさに比例していることがわかります。

計算するような能力も、人間の進化の中で、後天的な部分がかかなり含まれています。僕はそう思っています。あとから出来てきた、いわば副作用のようなものです。計算機は計算能力から始まっていますが、人間の脳においては、計算能力は後からです。

生きるとはどういうことか

本当は、いきもの、すなわち生きているとはどういうことかというのは、科学的にわかっていません。今は、わかっているという暗黙の前提、それもそれほど強い前提ではないのですが、つまり非常に乱暴に言うところのことです。「細胞は化学物質でできている。それ以外のものは何も入っていない。化学物質は、物理化学の法則に従って動く。だから細胞もそれで動いている“はず”だ。」と思っているのです。

例えば、細胞の研究をすると、代謝経路が一番重要です。でも、代謝経路は、たくさんあるのです。酸素を取り込んで炭水化物を分解して、どういうふうに分解されていって、その都度どこで水が出て炭酸ガスが出て、エネルギーが発生して、というようなことです。このような地図はめちゃくちゃ沢山あって、僕が現役のころは、代謝経路がわかっていくと、書いて全て壁に貼っている人がいました。そのうち、場所が足りなくなって天井にまで貼っていました。だいたい僕らは、書いても代謝経路だけでは頭に入らないものなので、必ず外部記憶を参照する必要があります。電話帳と同じです。しかも、そういう代謝経路の組み合わせが細胞かという、それはあくまでもスタティックなもので、全然動いていません。それは人間の理解をとうの昔に超えています。

構造遺伝子が2万足らずだと言っても、その2万個を覚えられますか？だから、物理化学的に細胞がわかったという時期が到来したとしても、僕にはわからないっていつも言っています。だって頭に入らないでしょう？

人間は、やっぱり自分の脳みそをある意味で過大評価しています。まじめに考えていない。そんなもの入るわけがない。脳の神経細胞までいったら細胞だけで千億の桁です。わかるわけがない。わかるって、どういうことなのでしょう？しかも、時々刻々と動いているのです。そのうち分解して無くなってしまいますが。

人間を問う

コンピュータが人間の真似をしてもしょうがない。意味が無い。いま、国立大学の人文系の学部を縮小するなどということが議論されていますが、逆に、もうちょっと理科系の人が人文のことを考えなければなりません。要するに、根本は人間です。人間がいなきゃコンピュータなんか要らない。

人文系を削れというのは、それなりにかなりの意味を持っているのかもしれませんが、本当は、社会のゆがみをあらわしています。また揺り戻しが来ると思います。人間のほうにもどってくるという回路を考えておかなければならないはず。それがどの時点になるかは別として。コンピュータがそれを言い出すのを待っているのなら、大変です。マザーコンピュータが、いつ「お前らみたなバカはもう相手にしない」と言い出すのか。

僕は、人間を扱うので、まず人間ということ固定して、人間はこういうものだから、と考えています。でも、機械を扱う人は、技術を

固定しています。技術が進むということも含めて、要するに意識的に操作するという世界が中心になっています。そうすると、人間が取り残される状況が必ず起こってくる。現に起こっている。

やはり、今の社会でかなりな問題になっているのは、先ほども申し上げました通り、「生きるとはどういうことか」ということを問直す時代になっているということです。何も、社会の中の色々なものをゼロにしろというのではなくて、人が穏当に幸せに暮らしていくには、どの程度がいいバランスなのか。しかも、生涯のいくつものステージを平均して見なければなりません。

いま一番困っているのは、考えもしないで長生きしてしまった人です。僕は、若い人がどうやって成長するか危惧しています。団塊が意地悪です。大勢いて、彼らは競争関係で生き抜いて来たものだから、若い人たちにも同じように厳しくするのです。相手をたてると甘やかすみたいな感じがあって、だからきつくあたる。ところが、下の世代はそもそもそんなに厳しい競争社会では生きていません。今の社会は、本当に若い人を育てるのに向いた社会になってないなと思います。

コンピュータは昆虫を作れるか？

昆虫は、自分で飛んでいるドローンみたいなものです。月ロケットが飛んだ時、僕は「あんなでっかいもんが月に行ったら、そりゃあ驚くだろう。でも、飛ぶだけだったら、ハエでも蚊でもできる。悔しかったら、ハエでも蚊でも作ってみろ。」と書きました。絶対に出来ない。

虫の眼は、直観的に理解できません。あのような複眼は、全部一個一個の眼玉に漠然とした像が写っているはずで、たぶん差分だけ取って見ているのです。だから動体視力は非常にいい。でも形はおそ

らくまったく取っていない。動体視力は、人間と同じだとか 60 倍だとか、虫によって違うという説があります。でも、そんなことわかったってしょうがないだろうという感じもします。

おそらく、人間が別な視覚系を設計するためには参考になるかもしれません。まず、安くつくでしょう。あんなに小さい目玉なのにあれだけのことができるのですから。

また、虫の羽のたたみかたがパラシュートに応用されたりするなど、わかってくることもあるかもしれません。虫は本当にとんでもないことやっています。

だから、僕がコンピュータの話が苦手なのは、むちゃくちゃに単純だからです。ある意味では、面白くないのです。生き物を見てみると、むちゃくちゃに複雑なのです。

人と技術と社会のかかわり

コンピュータの将来を考えると、通信に関しては、社会脳の世界なのだと思います。これがどこに落ち着くのかというのを、まずはきちっと見極める必要があると思います。インターネットやスマートフォンなどのコミュニケーションなどに完全に慣れた人間は、いったい今までの人間の常識とどこが違うか、と考える必要があると思います。たとえ一週間でも、使わないことによって人間は、ハッピーになるのか、アンハッピーになるのか。自分からそのような機械を遠ざけることによって、適当に防御している人たちもいることでしょう。ただ、会社の中にも色々なタイプの人っていて、そうやってコントロールしている人はいいのですが、それが出来ない人も時々いて、バランスが取れなくなって問題を起こしています。

「生きること」が問われる時代

コンピュータと人間の脳～脳から見る未来～

結局、コンピュータも人間も、社会全体とかがわっているのです。社会全体がどうあるべきなのかということと、その中でどの程度性能を持って使っているのかということです。しかし、技術は、このようなことをお構いなしに、技術のほうだけで勝手に進めています。

人間が社会的な生き物で、社会脳のほうがデフォルトだとすると、人工知能と人間の幸せも、社会的なところに近づいていくのでしょうか。だから人工知能も一方の先端は通信になったのだと思います。もともとはそちらが遅れていましたが、インターネット以来、通信は猛烈に広がったのです。ここで、2つの捉え方があるのだと思います。掘っていくということと、横に広げていくということです。脳の本来は、横に広がっていく。繋ぐほうです。

独創性が重要だという人がいますが、独創性をいくら大事にしても、他の人が理解してくれないのでは、話になりません。新しい考えというのは、理解してもらうのに苦労します。私も、『唯脳論』を書いたころは、結構誤解されたり、批判されたりしました。

人と技術と自然のスケール

自然が技術を使うわけではありません。そのあたりがちょっと悩ましいところですが、基本的に、技術は自然の論理を持って動いているものです。デジタルカメラなどが典型です。撮影した写真を拡大して見ると、顕微鏡より鮮明に見えたりするような時代になりました。

では、そんなに精密に見えるようになっていいのかと言うと、僕はよく言っているのですが、つまり、モノが拡大できるということは、世界が大きくなるということです。ところが、人間の脳みその大きさは同じ大きさで、一生の長さも決まっています。したがって、世界が

大きくなると、見切れない部分がより多くなってきます。例えば、人間の体を細胞のような細かいレベルで見るとしましょう。細胞を分子のレベルで見ている時、その縮尺で考えると、どのぐらい人間の体が大きくなったか、という考え方を誰もしないのです。僕は、最初の本でそういうことを書きました。

黒板に水の分子の構造式を書く。そこで「これは何だ?」と学生に聞くと、「水の分子です。」という答えがくる。次に、「これは、水の分子の拡大図だと思っていい。長さは20センチある。水の分子が20センチの大きさだとすると、君らがいま解剖している人体とは、この縮尺でいったらどのぐらいの大きさになるか計算してみる。」と言ったのです。

水の分子の大きさはわかっています。計算すると、人間自体は、足が地球にあって、頭が月にまでいく。でも、解剖している時もそうですが、化学で考えている時は、そういうものを見ているのだという実感が無いのです。

そこまで拡大した世界を、どうやって一生の間で見切れるのかといたら、そんなものは見切れません。それがさっき言った「生物は複雑だ」という話です。科学者が縮尺を大きくして、それ以上のレベルまで持っていっていったら、世界がよりよく理解できるのでしょうか?確かに、ある意味ではよりよく理解できるかもしれませんが、でも、実際に感覚で捉えている世界を、拡大したまますべて書けと言われても、不可能です。

ですから、何かを精密に見る、一つの物を精密に見るということは、世界を拡大するということなのです。人間のスケールで見ると、自然のスケールで見ると。そのスケールによって、技術が中心になるのか、人が中心になるのかは、変わってきます。

人間は、スケール問題を見落としがちですが、しかし同様のことが国家のスケールについてもいえるでしょう。国家のスケールが違くと、

- 1962年 東京大学医学部卒業。一年間のインターンを経て、解剖学教室に入る。以後、解剖学を専攻
- 1967年 医学博士号取得
- 1981年 東京大学医学部教授に就任。東京大学総合資料館長、東京大学出版会理事長を兼任
- 1995年 東京大学を退官
- 1996年 北里大学教授に就任(大学院医療人間科学)
- 1998年 東京大学名誉教授
- 2003年 北里大学を退官
- 1989年 『からだの見方』(筑摩書房)でサントリー学芸賞を受賞

政府の行動が違います。そうすると、国の代表者たちが話し合っても、理解しえないことのほうが多いかもしれません。

同じ生物といっても、昆虫と人間は実は相当原理が違います。昆虫は、ああいう小さい恰好でとにかく全部間に合わせる。人間は、汎用機です。どういう環境でも適用するように作られています。

ビッグデータへの期待

ビッグデータを扱うなら、分野を見極めたほうがよいでしょう。医療系では、病気と何かが関係しているかということが、確かにわかってきています。分析を見ると、医者が考えもしなかったような、とんでもない答えになっていることもあります。ビッグデータは、このように疫学の分野などで役に立つのではないかと思います。ちまたではむかしから「何かをすると、どこが病気になる」ということが言われていますが、ビッグデータはこれを証明できます。データが盲点をついてくるときがあります。

だから、ビッグデータは恐らく疫学的な意味はあります。一種の状況証拠といってよいでしょう。昔の話ですが、医学では高木兼寛と森鷗外の脚気論争が一番有名です。脚気は食事に原因があるということを高木兼寛が証明するのです。軍艦筑波が世界一周航海したときに、何百人という乗組員のうちのかなりが脚気になりました。それで、次の年に、全く同じ日程で全く同じ場所を、食事を洋食に変えて航海させます。今度はほとんど脚気がゼロです。それで、もうこれは食事が原因に間違いない、洋食に切り替えよう、という話になりました。でも、陸軍は出来ない。当時は、白米が食べられるから兵隊になった人も多くいました。それをパンには切り替えられない。昔はそうでした。

森鷗外は、高木兼寛にこう反論します。すなわち、学術的な根拠は不明だ、と。つまり、なぜ洋食に変えると脚気にならないかがわからない、と反論しました。それはその通りです。でも、疫学的な、つまりビッグデータは——食事程度ではビッグではなくて、ミディアムデータといったところでしょうか——明らかに食事に問題があると示しているわけです。

これがもとになって、鈴木梅太郎のビタミン B1 の発見があるのです。ビッグデータが、このような発見に使えたらすごくいいと思います。

僕が、非常に怖いなと思っているのは、いわゆるデータを政治的に利用するという事です。僕には、定性的にわからないことを定量的に結論づけてしまうということが、そもそもわかりません。

技術に取り組む姿勢

人工知能の研究が好きだと思ったら、その好きな人たちがどんどんやればよい。それをコントロールするのは別な人の役割です。ただ、当然起こるのだと思いますが、そういう分野には抜けている面が異常な事件として見えることがあります。生物の分野では、STAP 細胞が典型的です。あんなことは本来起こるべきじゃない。でも、どうしてあんなったかは、だいたいわかる。つまり、物理化学的な法則で生物を勝手に考えているところから起こってきた現象です。記者会見のビデオを後で読んで驚きました。「細胞に外部刺激を与えることによって、記憶を消去し、初期状態に戻す」というようなことが書いてありました。これは、コンピュータの発想です。いわば最先端で、生物がコンピュータと混同されてきています。そんなこと、あるわけがない。研究者は、肝に銘じなければなりません。

(聞き手：富士通総研経済研究所 主任研究員 吉田倫子)

2003 年 「バカの壁」(新潮社)で毎日出版文化賞を受賞
2006 年 京都国際マンガミュージアム館長就任

主な著書：

「身体の文化史」「バカの壁」「死の壁」「超バカの壁」「かけがえのないもの」(新潮社)「脳に映る現代」(毎日新聞社)
「ヒトの見方」「からだの見方」「考えるヒト」「無思想の発見」(筑摩書房)

「唯脳論」(青土社)、「養老孟司 ガクモンの壁」(日本経済新聞社)

他多数



シンギュラリティと未来

人間を超えるAIの世界を問う

山口 高平 慶應義塾大学理工学部管理工学科 教授 工学博士

Yamaguchi, Takahira Professor, Department of Administration Engineering, Keio University

はじめに

「シンギュラリティ」あるいは「人に迫り、人を超越する人工知能(AI)」について議論するときに、いくつかの立ち位置があると思います。脳科学、認知科学、ニューラルネットなどの分野からの議論が多いですが、私は、工学の観点から、「ソフトウェア」と「知識」を軸に研究しています。つまり、プログラムと知識・データを駆使しながら、人にどれだけ貢献でき、そして、人をどのように超えていくのか、ということの研究する立場です。

昨年、『トランセンデンス』(原題: Transcendence) という映画が日本でも上映されました。主人公であるAIの研究者が銃で撃たれて亡くなる寸前に「マインド・アップロード」、すなわち自分のマインド(心や意識、感情など)をコンピュータにアップロードするのです。

ブレイン・マシン・インタフェース(Brain-Machine Interface)という研究分野があります。これは例えば、手足が不自由な人が、ロボットに「右に曲がれ」と念じている時の脳波を解析して、それを模倣しながら機械を作っていくのですが、簡単な動作の指示などは、既に可能になってきています。人間の脳波を解析し続けてゆくと、人間の思考パターンがわかるようになり、それをコンピュータ上にアップロードすれば、人の考えが全てコンピュータ上にトランスファー出来るはずだ、という理論です。「死んでもコンピュータ上に自分の意思が残る」という話がありますが、これもマインド・アップロードの一例です。

では、マインド・アップロードされたコンピュータを動かすには、どのようにしたら良いのでしょうか?現在の延長線上のコンピュータを使う以上、最終的にはプログラムが無ければ動きません。動作の指示を実行するプログラムをどのように自動生成するのかについて考え

る必要があるのです。例えば、みなさんのお手元にあるパソコン上のWindowsは、約1,000万行のプログラムで実現されています。その膨大なプログラムを、果たして「強いAI」は生成できるのか、どのように生成するのか、という問題は避けられません。

「強いAI」と「弱いAI」～「メタAI」の課題～

ここで、「強いAI(Strong AI)」と「弱いAI(Weak AI)」について言及する必要があります。これらは、カリフォルニア大学バークレー校のジョン・サール教授(John Rogers Searle)が作り出した言葉です。「強いAI」は、正しくプログラミングされて精神が宿り、まるで人間の知能のように機能します。一方で、「弱いAI」は、それほどの能力を持たないものの、問題解決や推論を手助けするソフトウェア等として機能します。

シンギュラリティを前提に、本当に強いAIを目指すのなら、OS(Operating System)、すなわちコンピュータを管理して動作させている基本ソフトを自動生成する力が無い限り、人には勝てません。「人類を超える」と言うのなら、何千人という開発部隊の人たちが作成した約1,000万行のプログラムを自動生成しなければなりません。現状では、AIでプログラムの自動生成に成功しているのは数百行に過ぎません。

プログラムの自動生成は、AIを作るAIだから「メタAI」とも言えます。このテーマは、人工知能の歴史においても、初期から扱われ、60年代から研究が始まりました。半世紀にわたって研究がなされていますが、依然、様々な課題があります。人間が頭の中で考えていることを全て実現できるような複雑な機能を持たせるためには、実装

すべき問題を明確に表現し（要求仕様）、設計方法を考え（設計仕様）、その結果をプログラムの命令と引数（パラメータ）に対応付け、実装していかねばなりません。人工知能が、これらの一連の知的作業を代行することに期待が高まっていますが、要求仕様から設計仕様、そして実装（プログラミング）に落とし込んでいくかという知的プロセスの解明は、まだまだ先の話であり、現状では、これができない限り、実現は難しいと言わざるを得ません。

このような課題を議論せずに、「30年後には人間の脳の情報処理能力に匹敵する」という楽観的な予測が一人歩きしているように感じます。恐らく、計算力は追いつくでしょう。ビッグデータと言われるように、データの規模も、人間が記憶しているよりも圧倒的に大きくなっているため、計算力とデータ規模をもって人間を追い越して行きます。

そして、プログラムの自動生成が出来るようになったら、それはいいよ恐怖ですが、そのレベルにはまだ全然至っていないのが現状です。

ディープ・ラーニングの課題～意味を理解する～

人というのは、計算力やデータ記憶力だけではなく、言葉を用いて頭の中で情報・データを構造化する力があります。例えば、犬というカテゴリに柴犬やスピッツなどの種類があるという、カテゴリ階層構造を自然と学習しているのです。

「ディープ・ラーニング（Deep Learning：深層学習）」は、これをコンピュータで実現しようとする研究ともいえます。深層学習は、コンピュータによる機械学習の一種ですが、深い階層構造を持つニューラルネットワーク（神経回路網）を用い、より正確な判断を実現させる

ものです。現状では、「知覚」、つまり音声認識や画像認識の分野での実用化が熱心に行われており、特にこの3年間で劇的に進歩しました。ある実験では、人間の画像認識の精度を上回る結果が出ており、いわば革命が起きていると言っても過言ではないでしょう。

しかしながら、このような能力が高まったところでプログラミングが出来るかといえばそれは違います。実装すべき問題の意味を理解して、プログラムコードを組み合わせて実装するという能力は、また別な知能なのです。プログラミングには、命令の意味を理解して、前後の繋がりを考えながら、一種の構造を作り上げていくという、手作りの地道な作業が必要なのです。その知的な作業をコンピュータにやらせる研究が自動プログラミングですが、意味理解が壁となり、人には到底及ばないのです。

「サイク（Cyc）」という人工知能のプロジェクトがあります。百科事典を意味するエンサイクロペディア（Encyclopedia）にちなんで名づけられているのですが、スタンフォード大学前教授のダグラス・レナート氏（Douglas Lenat）が1984年に始めたもので、常識をデータベース化して「知識ベース」を築いており、コンピュータが意味を理解するための世界最大の辞書です。人工知能では、オントロジーと呼ばれます。現在、約1,500万語の意味を規定しているそうですが、この30年間にわたる開発は全て手作りです。クイズAI「ワトソン」は、このサイクという世界最大規模のオントロジーを、一番の基本となるところで使っています。

ソフトウェア・エンジニアにとって、プログラミングというのは、意味を理解する最高の仕事だと思っていますが、そこにAIはなかなか踏み込んでいません。ディープ・ラーニングの出現によって、何もかも

シンギュラリティと未来

人間を超えるAIの世界を問う

が解決されるようになる論調が世の中には出てきていますが、現状では、意味理解では貢献できていないことを認識すべきです。

知覚と知識

知覚と知識に関する研究には、大きなギャップがあります。上述の通り、知覚処理は、ここ数年で驚くほど進歩しました。一方で、知識処理は、まだまだ課題が山積みです。サイクのようなオントロジーは、様々な分野で開発されており、世界で数万ぐらいあります。例えば、ゲノムの分野では、米国などでは莫大な資金が投入され、多くの研究者が意味づけの作業を行っています。このように多くの分野で開発されたオントロジーを統合することにAIを使っていくという研究は、現実的ですし、研究開発も始まっています。しかし、全く新しいオントロジーを自動生成するというのは、どの概念が重要で、概念間にどのような関係があるなど、対象世界をモデリングする大変な作業があり、今のAIではまだまだ難しいのです。

知識は、ティー・ピー・オー (TPO)、すなわち、時、所、場面で文脈が大きく変わってきます。食事をするにしても、レストランと山でのハイキングとではマナーが異なります。そこが、オントロジーで一番難しいところです。また、暗黙知も機械化することが本当に難しく、プログラミングするのと同じぐらい大きな課題です。

バスに乗っていて渋滞にはまった状況を解決するのに、今のAIに尋ねると、「タクシーにすればよかった」のような解答をします。これは「生活体験」として、いずれの乗り物を選択した場合も渋滞に巻き込まれるということを理解していない証拠です。しかし、「タクシーなら抜け道を知っているから」という理由づけが後に続いていたり、「バ

スじゃなくて自転車にすればよかった」という回答だったりしたならばどうでしょうか？私たちは自転車という言葉聞いて「小道もすり抜けられる」ということをイメージできますが、このように頭の中で自然にリンクしているイメージと言葉、そして生活体験に立脚した常識の実現には課題が山積んでいます。1. 文脈知識、2. 常識、3. プログラム自動生成、これらの3つの大きな課題が克服できる段階が近づいたら、シンギュラリティについて本気で議論していく必要があると感じます。

会社の仕事が奪われる脅威はあるのか？

今後は「弱いAI」の広がりによって、業務を限定したAIの導入が職場で一般化することは必須です。「弱いAI」といっても、問題を特化すれば、人並みに十分機能するのです。ルーチンワークは業務内容が明確なので、例えば銀行のテラーの代わりになるようなAIは、汎用である必要はなく、現在の技術でも十分に実現できる話です。

しかしながら、これまで述べてきた意味理解の壁を乗り越えるような「強いAI」の実現は、かなり先だと思えます。強いAIは、問題を限定せずに、あらゆる意味を理解して、新しい知識を獲得し、未知の業務を遂行するためのプログラムを自動生成していくというアプローチです。逆に、問題を限定すれば、意味理解は容易です。AIが人間の仕事を奪うという事態は、まず「弱いAI」から始まってゆくでしょう。そのような世界は、10年以内に到来すると思っています。

オックスフォード大学の学者たちによる「雇用の未来」という論文の中では¹⁾、米国における47%の職業が将来的に奪われるという分析結果が得られています。ただし、ボトルネックもあり、デクステリティ

(Dexterity: 手先の器用さ) やクリエイティビティ (Creativity: 創造性)、人を気遣う能力や、相手がなぜそのような行動を示したのかを理解しようとする気持ちなどを含むソーシャル・インテリジェンス (Social Intelligence: 社会的知能) が挙げられています。これらは、AI では難しいだろうと言われていました。

芸術家に限らず、あらゆる仕事には創意工夫が必要です。マニュアル通りにやってもうまくいかないときに、問題の所在を突き止めて対策を考える人と、諦めたり他人に頼ったりする人がいます。今後、後者は明らかに AI に取って代わられますが、前者は十分に雇用が確保されると思います。私は、ある職業がまるごと全て AI に奪われるというロジックはおかしいと思っています。どのような職業においても、創意工夫する人は生き残るし、そうでない人は生き残れません。

今から 20 年前に、法律人工知能プロジェクトと言うのがあり、裁判官が AI になるかもしれない状況を想定して議論したことがあります。AI は、膨大な情報収集を得意とし、その中から客観的な判断を下します。今後、多くの人々が、裁判官は完全に客観的な存在であるべきだと合意したら、将来的に AI に置き換わる可能性も否定できませんし、そうではなく、やはり人を気遣う能力も必要だということになれば、置き換わることはないでしょう。

競争から共創へ～シンギュラリティの未来～

1956 年に始まった AI 研究は、2016 年に還暦を迎えます。研究は進展してきていますが、しかし、人の知能と人工知能は、それぞれ異なった知能であって、双方に得手不得手があるのです。何が不得手かは、時代、すなわち AI の進展とともに変化してくることでしょう。そ

こを見極めて、企業が AI をリソース (資源) の一つとして活用し、特定の分野の仕事を AI に任せるようになる時代は、もうそこまで来ています。したがって、お互いに競争して敵対しながら仕事を奪い合うのではなく、AI と人が協力したり、共創したりしながら企業を成長させてゆくことが理想的なのではないかと思っています。

インターネットが普及し始めたころ、企業には情報化推進担当部門が出来ましたが、シンギュラリティ時代には、「AI 推進担当部門」が出来てもかもしれませんし、AI とうまく付き合っただけのような「AI リテラシー教育」が必要になるでしょう。

将来的に、悪い AI が出てこないかと聞かれれば、それは残念ながら出てくるでしょう。技術には、表と裏があり、AI はかなり危険な使い方をされるであろう側面は否めません。そうしたら、さらにパトロール AI をつくるなどの新しいサービスが創出されるかもしれません。

経営資源として、よく「人・モノ・金・情報」というのが挙げられますが、AI が自律的だということを鑑みれば、シンギュラリティ時代においては、この「情報」の中身が二分化してきて、「受動的な情報」と「能動的な情報」に分かれていくでしょう。これを意識しながら、資源をどのようにコントロールするか、どのようにうまく付き合っていくかで、組織も社会も大きく影響を受けることになるかと思っています。

(聞き手: 富士通総研経済研究所 主任研究員 吉田倫子)

ⁱ Carl Benedikt Frey and Michael A. Osborne (2013). The Future Of Employment: How Susteptible Are Jobs To Computerisation? http://www.oxfordmartin.ox.ac.uk/downloads/academic/The_Future_of_Employment.pdf September 17, 2013

1979 年大阪大学工学部通信工学科卒業。

1984 年同大学院工学研究科博士後期課程修了。同年、大阪大学産業科学研究所助手。

1989 年静岡大学工学部助教授。

1997 年同大学情報学部教授。

2004 年より慶應義塾大学理工学部教授。工学博士。

定理証明の研究を経て、知識システム、データマイニング、オントロジー、知能ロボットに関する研究に従事。

2007 年度大川出版賞。

2014 年度人工知能学会功績賞。人工知能学会顧問、前会長。電子情報通信学会、情報処理学会、AAAI、IEEE-CS 等の会員。



人間の知性の未来 コンテクストの変革

アラン・ケイ ビューポイント・リサーチ・インスティテュート 所長 工学博士
Kay, Alan PhD Founder, Viewpoints Research Institute

脳は「ゴースト」を引き起こす

みなさんは、盲点の体験実験をしたことがありますか？文章で埋め尽くされた紙面上に、太字でプラス記号を書き、その左真横に少し間を空けて黒く塗りつぶした丸を描きます。次に、右目を隠して、左目でプラス記号を見ながら距離を変えて動くと、ある時点で黒丸が消えます。興味深いのは、点が消えるとき、どこかへ蒸発してしまったわけではなく、点があった場所に、あたかも文章が書いてあるかのように見えるのです。何が起きたのでしょうか？

人間の眼には光受容細胞があり、これらは血管に覆われています。血管が集結しているところは光受容細胞が全くありません。従って、物を見る場合その血管を通して邪魔にならないように、私たちは、その部分が差し引かれた映像を見ていることとなります。カメラで写真を撮るのとは異なり、目で周囲のものを走査し、その情報を脳で集めて、他の情報と照らし合わせることで、写真のように見える映像に総合するのです。紙に書かれたプラス記号が、網膜の最も神経線維が集中している部分に保存されたとします。うまく動けば、そのプラス記号は光受容細胞の無いところに重なり、視界から消えます。しかし、そのプラス記号は完全に無くなってしまわず、周囲にあるものに吸収されているのです。脳は独自のセンサーを持っていないので、感覚器が送るシグナルを待っています。そして二つの現象が起こります。

一つは「ゴースト」といって、我々が信じているもの全てを指しています。それらは遺伝的、あるいは学んで身に付けたものです。社会が抱いている世界観に加え、私たちが成長する過程で築いてきた世界観などです。

もう一方は、「ドリーム」という現象で、これは「意識」とも呼ぶことが出来ます。色々な説がありますが、いわゆる「現実」とも言える、私たちが実存している世界を示しています。上述のプラス記号と黒丸を思い出してください。点がなくなると、そこに文章があるのを認識していて、それが実際に存在していなくても、幻覚として捉えているのです。

「ニュース」は「ニュー」ではない～知識カテゴリーの意味～

私たちが直面する物事や、日々起こっている物事を示すものとして、「ニュース (News: 出来事、情報)」という言葉があります。しかしながら、これは「ニュー (New)」という言葉と混同されがちです。前者の「ニュース」は、私たちの既存の知識に次々と追加されます。テレビを見てみると、新たな山火事が発生したとか、新たな交通事故があったなどという報道が流れてきますが、それらは決して「ニュー」、つまり「初めて現れた」ということではありません。火事にしても事故にしても、自分が既に知っている事象の一例に過ぎません。その知識カテゴリーは、自分にとって既知のものです。そのおかげで私たちは多くの分野の情報を取り扱うことが出来るのです。「ニュース」を数分で伝えられるのは、そのためです。

しかしながら、後者の「ニュー」というのは、「ゴースト」に「初めて現れた」ものなので、見えなかったり、見過ごしてしまったり、見えても間違った解釈をしたりするかもしれません。なぜなら、私たちが「ニュー」を既存の知識カテゴリーを通して解釈していて、新しいものを直接見ようとしていないからです。

私たちの脳は「ニュース」に対応するようになっています。20万

注：本論は、第1回トポス会議（2012年9月21日）のために2012年8月1日にロサンゼルスで実施されたインタビューを富士通総研経済研究所が編集したものである。文中に残る誤りは、すべて編集者の責任である。

年前に火を囲んでいた時代から、現在に至るまで変わっていません。「ニュー」に対応するには、相当の学習が必要です。対応できる知識カテゴリーを広げていくには、科学などを長年に渡って勉強しなくてはならないのです。

知能、知識、コンテキスト～最も価値のあるものは何か？～

レオナルド・ダ・ヴィンチは傑出した人物でしたが、乗り物のエンジンを開発することはできませんでした。それは、当時そこまでの知識が無かったからです。それを実現するには、違う時代に生まれるべきだったのです。数百万台もの車を作ったヘンリー・フォードは、レオナルド・ダ・ヴィンチほどの頭脳の持ち主ではありませんでしたが、生まれた時機がよかったです。なぜなら、既にその時代にはたくさんの知識があったからです。

たいていの場合、知識は知能に勝ります。いくら利口でも、知識が必要です。知識は知性を拡大させます。10万年前より人類が利口に見えるのは、知識が増したからです。

私たちがいま使っている知識の中心に立つ人物は、ニュートンです。ニュートンが、ヨーロッパの、アメリカの、そして世界中の物の見方、つまり「コンテキスト」に変革をもたらしました。コンテキストそれ自体に、大きな価値があるのです。

より賢明な人物になるために、知能（インテリジェンス）を上げることは困難です。知能は持って生まれたものだからです。しかし知識（ナレッジ）を増やすことは可能です。ところが知識のコンテキストがしっかりしていないと、その知識自体はあまり役に立ちません。コンテキストを変えることによって、信じる社会から論争的で実験的な社

会へと視点を変えると、世の中が一変します。知能を鉛、知識を銀、コンテキストを金として考えるべきなのです。

常識の束縛

人間の思考は、コンテキストの周囲を蟻のように歩き回っています。常識の範囲内でも、色々な方向や目的地を持ち、障壁を迂回する方法を見つけています。「ゴースト」ということを知らずに、試行錯誤を重ねています。私たちは、とても複雑な現実の中に立っていて、その現実を超えないまま行動しているのです。

時折、自分の現実から外れたアイデアを思いつくことがあります。シャワーを浴びている時、ジョギングをしている時、寝起きの時、無防備な時、大きな思考の爆発が起こることがあります。それは、常識に捕らわれず、ふと現れます。

普段、私たちは様々なコンテキストの中で生きていますので、とんでもない考えを抱くと、大きな衝撃を覚えます。社会が、私たちに対して正統な生き方を望んでいるので、脳がそういう人間として振る舞うように命令を下すのです。そうすると、出現した新しいアイデアの収まる場所は、たくさんあるはずなのですが、私たちの脳が、それを阻止してしまいます。よいアイデアを、常識に無理に逆らって呼び出そうとしても、絶対に出てきません。それが芽生える前に、常識を押しつけてしまうからです。

ここで、「人間の知性の未来」を問うにあたって、大きな課題があります。すなわち、新しいアイデアを取り入れるには、広い想像力を持たなければならないということです。特に、年を取れば取るほど、常識に縛られ、居心地のよいところ、つまり自分の既存の知識の範囲

人間の知性の未来

コンテキストの変革

から、まったくの未知の世界へ挑戦することが難しくなるのです。どんなに時代が変わっても、年を取るほどに人間が常識に縛られる傾向は変わりません。人間は10万年前と同じで、非常に保守的な生き物なのです。冒険が許されない、ただ生きのびることを目指す社会にいままで暮らしているのです。

自分が何も見えていないと自覚するまでは、見ることを学ぶのは不可能です。ここで言う「何も見えていない」という状態には、眼に見えないだけでなく、脳で捉えていないものも含まれています。17世紀に人々は「ゴースト」に気づいて、それに捕らわれていることを自覚しました。自覚して初めて、そこから脱出しようとしてきました。抜け出す方法の一つは、人間の眼よりよく見えるものや、人間より早く考えられる数式を発明することです。それらを吸収すると、まったく別の生き物のようになります。こうして科学が生まれたのです。

「ニュース」としての技術、「ニュー」としての技術

技術について考えてみましょう。誰もが理想とする技術、それはすなわち「Basic Organization Of Knowledge (知識の基本構造)」というものです。世界の最も重要なアイデアを表すことができ、固体で、バッテリーの寿命は無限で、解像度は高く、何より読みやすいものです。何百年も保存でき、大量に作れます。まさしく、それこそが本(BOOK)です。500年前から存在する知識の基本構造です。本を使いこなすには、何年も学習が必要です。学習という経験は苦痛を伴いますが、その苦痛は無駄にはなりません。口頭のみによる考え方から、さらに違う考え方ができ、新しい世界へ入っていけるのです。

印刷機の発明は、「ニュース」でもあり、「ニュー」でもありました。

「ニュース」は、僧侶達がやっていたことを、真似できるようになったことです。500年前のグーテンベルクの聖書を見ると、なるべく手書きに見えるように、彩色や彩飾が施されています。「ニュー」は、数人によって発明されましたが、長年封じ込められていました。科学と統治方法の改革だったのです。その影響は凄まじいものでした。ヨーロッパとアメリカを変えたのです。

本を印刷する技術は、人々を「信じること」から「論ずること」へと転換させました。信仰が人間に進歩をもたらすのは困難です。信仰というのは、特定の固定観念に縛られているからです。しかし、論ずることによって、今まで見たことのない、新たな視野が広がるからです。

問題は、年月を費やしてしまったということです。印刷機の発明からガリレオまで150年、ニュートンまで200年、民主共和制まで300年もかかっています。多くの人々が、その視野の変革に何世紀も抵抗し続けたのです。人間の知性は、矛盾したものです。本当に頭のよい生き物ならば、自分たちがそれほど優秀ではないことに気づくはずで、そのことに気づいたら、何か手を打つはずで、教育の目的は、自分たちが聡明ではないことを教えることです。

本の企ては、いわばソクラテスの教えをどうするかということでした。2500年前に偉大な師であったソクラテスは、多くの人々に影響を及ぼしました。プラトンは、ソクラテスがどういう人物だったか、自分の死後も語り継がれるよう、ソクラテスについて書きました。印刷機がそれを広めました。教育は、ソクラテスほど優秀ではない教師たちが、ソクラテスの教えが入っている本を用いて行いました。それによって過去の基準を超える学習経験が可能になりました。その点で印刷機は本当に偉大なアイデアでした。世界中の国々が、その技術、

つまり偉大な教師の教えを伝える技術を取り入れてきたのです。

コンテキストの変革

半世紀前にダグラス・エンゲルバートは、パーソナルコンピュータの開発に携わり、マウスを含め、たくさんのものを発明しました。その研究プロジェクトの目的は、人間の知性を伸ばすことであり、新しい技術を取り入れて、どのように人間の知性を向上させるかということでした。特に集団的知性、つまり一緒に働いている人同士の知性について研究しており、これは本当に賢明なアイデアでした。

私たちが使っている技術の多くは、決して賢明と言えるものではありません。それらは、「ゴースト」に奉仕するものです。今の人間は、原始人にブリーフケースを持たせただけのものにすぎません。遺伝子も脳も10万年前と変わりがなく、興味を持っていることも同じです。10万年前も人間は危険な生き物でしたが、近代の技術を鑑みると、より危険な生き物になっています。その生き物が持つブリーフケースの中を見ても、大陸間弾道ミサイルが入っています。そのミサイルに、復讐や確執や利己や部族主義といった概念が含まれている「ゴースト」を加えてみてください。石を武器に使う、まあまあ危険な生き物から、世界中に大きな被害をもたらす、恐ろしい生き物へと変わってしまいました。技術の規模が変わっても、人間の知性の規模は変わっていません。それは今日の最も危険で大きな問題です。

私たちが「ニュース」だけですべてを処理しているのは、10万年前に更新世時代の人間が軍備拡張競争をやっていたのと同じことです。人間はまったく変わっていないのです。

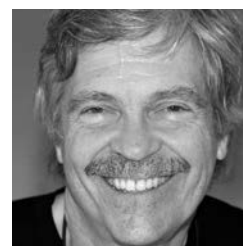
今のコンピュータの技術を見てください。本でやっていたのと同じ

ように、ソクラテスの教えをコンピュータに入力して、それを効率よくやっているにすぎません。問題は、そうすることによって、重要なことをやっているような気分になっていますが、このような傾向は、偉大な思想家でさえ変えることは出来ず、誰も救うことができません。それは人間の知性の未来ではありません。

私たちがやるべきことは、ソクラテスを「ゴースト」に吸収させることです。外部の技術だけで自分を強化しようとしても、意味がありません。内部からコンテキストを変えなくてはならないのです。コンテキストには大きな価値があるのですから。まずは、そこから着手すべきなのです。

(編集：富士通総研経済研究所 マネージャー 藤田英睦)

オブジェクト指向プログラミング、パーソナル・コンピューティング、グラフィカル・ユーザー・インターフェースなどの研究における先駆者の一人。それらの功績により、全米工学アカデミーからドレイパー賞、全米計算機学会からチューリング賞、稲盛財団より京都賞を受賞。アメリカ芸術科学アカデミーや全米工学アカデミー、王立芸術協会、アメリカ科学振興協会、コンピュータ博物館などのフェローに選出されている。カリフォルニア大学ロサンゼルス校の非常勤講師。世界の子供たちの教育を手助けするための活動である「パワフル・アイデアズ」に尽力するとともに、高性能パーソナルコンピュータとネットワークシステムの開発を行っている。



シンギュラリティの挑戦

人間の知・コンピュータの知

ニール・ジェイコブスティン 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
Jacobstein, Neil Co-Chair AI and Robotics, and former President, Singularity University

はじめに

近年、人工知能 (AI) がいかに人間の知能を超えていくかに関心が高まっている。人間の道徳的価値がいかなるものであれ、いずれは超えていくというのだろうと思われている節がある。

シンギュラリティ大学という名前は、米国の発明家であり未来学者であるレイ・カーツワイル氏 (Ray Kurzweil) が、『The Singularity Is Near』という本の中で書いた「シンギュラリティ」から着想を得たものである。それはすなわち、技術と機械の知能が人間の知能を超える特異点であり、著者は 2045 年あたりであると推測していた。

シンギュラリティ大学は、特異点となる一期日に執着するのではなく、シンギュラリティという現象全体に注目して研究を行っている。シンギュラリティが不可避であるという前提の下に、多くの不連続が生じるのだと考えており、ビジネス、技術、指数関数的技術 (exponential technologies) の倫理的意味など多方面からアプローチしている。

私は、問題の所在は、未来が人間の知性の所有物であるのかそれとも人工知能の所有物であるのかということではなく、「人間が、自らの知性をどうするのか」ということだと考えている。

人間の行為に対して品質管理スコアをつけるとすれば、我々人間は、この惑星の資源管理において、果たして何点を獲得できるのだろうか？ 空気、水、エネルギー、土壌、あるいは我々自身に対する教育の在り方、戦争への関与など、大抵の人々は私たちがまだまだ努力不足であることに同意することだろう。エネルギーや資源の持続可能性、貧困と飢餓の撲滅、平等な教育機会の提供など、喫緊の課題を解決しなければならないという切迫感を覚える。

本論では 3 つの観点から議論を進めたい。まず、①人工知能研究

における近年の貢献、そして、②将来的により洗練された人工知能となるためにどのような潜在可能性があるのか、最後に、③シンギュラリティや指数関数的技術に挑むにあたり、私自身が特に重要だと考えている指数関数的人工知能の研究開発と知能の 8 つの側面 (8 能力) について述べたい。

人工知能研究における近年の貢献

人間の知能と人工知能の理にかなった組み合わせによって、私たちは大きな挑戦課題を解決することができると考えている。人工知能は、ロボット工学やナノテクノロジー、分子生物学、医学、そして他の情報分野において、多くの利点をもたらす重要な基盤である。

なぜ私たちには人工知能が必要なのだろうか？ 人工知能は、人間の脳と比較し、桁違いの規模の情報量进行处理することができる。世界のデータ量は指数関数的に増大しており、2011 年の時点で既に 1.8 ゼタバイト (10^{21} バイト) に達していた。将来的にはさらに膨大な量のデータが溢れ、この流れは加速化するため、古代の情報処理アーキテクチャをもってして、このようなデータの波と対峙することは不可能である。人間の脳には多くの偏見があり、帯域幅も狭く、集中力の持続にも限界があるからである。

人工知能は、既に様々な領域で活用されているが、ここで重要なのは、「人間の知能を拡張すべきかどうか」が問題なのではないということである。我々は、コンピューティングや多くのデバイスを発明し、ずいぶん昔から、機械によって人間の知能を拡張する試みを行ってきた。また、Google を利用している時点で既に私たちは、膨大な情報とコンピューティングの力によって拡張されているのである。

注：本論は、第1回トボス会議（2012年9月21日）の基調講演を富士通総研経済研究所が編集したものである。文中に残る誤りは、すべて編集者の責任である。

人間の知能を拡張する人工知能

今日における人工知能の事例を18分野から取り上げ、簡単に表1にまとめた。

人工知能研究においては、複数の技術を用いて世界的な課題を解決するために貢献することが期待されている。ある特定の技術に執着しているのみでは、目先のことしか見えず、将来的な課題は解決でき

ない。技術は非常に多岐にわたるものであるが、人工知能が世界に対して付加価値を提供するあり方には、その根底に共通のパターンがあると考えている。

可能性の幅を広げる人工知能

人工知能における付加価値の根源は、人間の能力を拡張したり、

表1 人工知能の導入事例

分野	事例
航空交通管制	過剰気味ともいえる空港の管制塔で、航空管制官が管制空域のモニタリングと管理を行う。今後、安価で高性能な無線操縦機や無人航空機が飛行することが想定されるが、事故につながらないようそれらも管理の対象となる。
自動車産業	GM、フォード、トヨタ等が、開発・サポート段階で診断システムや修理システムを活用している。具体的には、運転手から報告を受けた症状や、センサーが記録したエラー・コードを分析したりすることによって修理の効率化を図っている。
電気通信産業	分散人工知能の活用により周波数の帯域幅を最適化したり、効率良くかつ信頼できる通信を実現したり、ネットワーク製品の開発・販売につなげる。
古生物学	BPが視覚パターン処理技術を用いたVIDESというシステムにより、海底油層に関連する微化石の同定に着手している。
航空宇宙産業	NASAで開発されたSHINEがリアルタイムで宇宙探査機の健全性解析を行い、宇宙空間における人間の能力を拡張している。
予測	Kaggleというサイトが、個人やチームが無料でオープンな機械学習システムを用い、現実社会における難解な課題を解決するためのデータ分析コンペを企画。クラウドソーシングによる人間の知能と、機械学習とが組み合わせられた事例と言える。
法律	米国において、証拠開示手続から裁判までの一連の証拠を管理するためにK2と呼ばれるAIのソフトウェアが利用されている。
ゲーム	コンピュータ・チェス、碁、将棋などははじめとし、世界中で人間に勝つ挑戦が行われている。また、訓練のためのプラットフォームとして、紛争など軍事衝突を想定したシミュレーションが提供されており、他にも、経営管理、エコロジー、定量生物学の分野や健康管理、経済学、物理学などの分野でもゲーム性を持たせた様々な試みがある。環境を題材にした“BBC Climate Challenge”というゲームの続編である“Fate of the World”というゲームでは、世界が危機に瀕している状況が想定されており、プレイヤー自身がどのような立場でどのようにふるまうのかが経験できる。クイズ番組で2人の人間に勝利したIBMのワトソンの背後にある技術は、疾患の診断、オンライン技術サポートに寄せられた質問への対応や、法律関係文書の分類・解説・解析などに応用されている。
省エネ	ビル管理の機能を補強するAIソフトウェアであるSClenergyクラウドが挙げられる。環境保護庁(EPA)のパートナー・オブ・ザ・イヤーにも何度が選出されており、米国内の何百万平方フィートにもおよぶエネルギー管理を行っている。

分野	事例
運輸交通	Googleの自動運転車が、馬の知能程度のさほど賢くはないAI技術を用いて25万マイルの走行に成功。
生物医学関連	世界初の人工細菌にもAIの技術が利用されるよう設計されていた。クアルコムが1,000ドルのスポンサーになっているトリコーダー Xプライズでは、最初のAIスマートホンやPDAが評価を受け、それらの成績は、診断を行って療法を決定する専門の医師らで構成されたチームの成績を上回った。また、MEDgleは、1億人の医師らによる医療データのレビューを蓄積している検索エンジンとして機能している。
サービス業	CALOは複数機関による史上最大のAI研究プロジェクトであり、結果的に軍事にも応用されたシステムになった。プロジェクトからSiriというアプリ開発のスタートアップ企業が生まれ、これが後にアップルに買収され、コンピュータ化されたアシスタントに向かって口頭で何らかのタスクを課すという主流技術に発展した。
教育	カーン・アカデミー(Khan Academy)やユーダシティ(Udacity)、コースラ(Coursera)、エデックス(edX)など、ウェブ上での教育ビデオ配信を行っている。教育分野におけるコンピューティングには興味深い点があり、例えば、将来的に自分の人格を持ったAIチューターとのパワフルな対話型の学習環境が整うことも考えられる。
イノベーション	今日利用されているAIシステムのほとんどは、複数の技術を組み合わせるハイブリッド・システムを構築しており、設計におけるイノベーション・アンプリファイアー(イノベーション増幅器:IA)と考えられる。AIによって科学者たちが実験室設備に左右されることなく研究に専念できる。
ロボット工学	Neo、Junior、PR2、Googleのロボット・カー等の各ロボットは、搭載されたAIのおかげで、サッカーをしたり、救難作業を行ったり、また日常的な課題をこなしたり、運転なども可能である。
紛争・戦争・安全保障	地震波信号をモニタリングしたりパターン認識したりすることによって、人間が核実験禁止条約を遵守することを監視する。
サイバー防衛	コンピュータ攻撃を行うようなワームやウィルスないしはそれらを防御する技術は、いずれもAI技術に基づいている。
軍事的応用	未来における指揮所は、戦場の損傷評価や装備において、司令官の能力を拡張するように設計される。これらと同様の能力が、緊急時や災害時において、コラボレーションを通じて人類が直面する大課題を解決したり、リアルタイムのデータ統合やタスク実行をしたり、モニタリング等を行うために応用可能である。

シンギュラリティの挑戦

人間の知・コンピュータの知

予測における確実性を高めたり、他にも、処理時間の短縮、複雑な問題の解決、品質や生産性の向上、コスト削減、知識管理などがあるが、最も重要な点は、純粋に人間ができないことを人工知能が実現することによって、可能性の幅を広げることである。

URI (URL の包括的概念) によって、ウェブ上の実際のデータ項目を指示したり、IoT を実現したりすることが可能である。リンクによって繋がれたデータは、人工知能に有用なデータとなるが、しかしながら世界のほとんどのデータはリンクで繋がれていなければ構造化もされておらず、利活用できる状態になっていない。ウェブ上には膨大な量の情報が存在しているが、それらはいわばラベル無し文書(データ)であり、このようなデータからいかにモデルを抽出するかが人工知能の課題でもある。

HTM (階層的一時記憶) 技術は、人間の脳新皮質の中で階層的パターン認識や学習システムをモデル化する。私たちは、脳波記録や機能的磁気共鳴画像、拡散テンソル MRI などのような脳センシングを利用して、生物学的に示唆されたコンピューティング・アーキテクチャを構築する。このような脳地図を作る目的は、脳のサブシステムの精密モデルをつくるための情報提供を行うことである。例えば、視覚モデルなどがそうである。

ワトソンを検証すれば、人間の知能とコンピュータの知能は、スピードが明らかに違うということがわかる。二者は全く同一視できないものであるが、しかしいくつか関連性もあり、比較することは興味深いだろう。ワトソンのようなハードウェアのパワーは指数関数的に増加しているが、我々は依然として、人間の知能を連想させるような、広範囲におよび、深く、判断力のある知能を人工的に作り出せてはいな

い。これは、研究者らが達成すべき一つの課題であると言えるだろう。知識の範囲が限定されており、特定の領域に特化したタスクをこなす知能は今日でも既に存在しており、人間の知能を凌ぐ「強い AI」あるいは「汎用人工知能」と呼ばれる分野にも迫ってきている。しかし、人間の知識が加速的に増加している中で、全コーパス(コンピュータでデータベース化された大規模な言語資料)を詳細に網羅したモデルを作るには課題が多い。

人工知能、ロボット工学、合成生物学、医学、ナノテクノロジーに関する知識は、指数関数的に増加している。学際的な研究は一層複雑化してきている。知識を適切に活用するために人工知能を開発することは、ビジネスや環境問題を解決するにあたって不可欠である。

NASA の Hyperwall-2 システムは、コンピュータの知能と人間の知能を融合するために有益な統合型スーパーコンピュータである。AlloSphere は、人間と機械が完全にインタラクションすることを可能にしている。汎用人工知能の利用もまた予測システムの作成に役立つ。ICT システムの未来の一つのかたちは、全人類・地球規模のビッグデータ分析やダイナミック・モデリングとシミュレーションを含めた予測エンジンにある。これによって、未来の可能性が広がり、不確実性をより確実に把握できるようになるだろう。

人間の知能と人工知能を対立構造で見るとは思わないということの特記したい。人工知能を敵対視したり人間に悪いことをもたらしたりするものであると考えている人々もいるだろうが、人工知能研究者らはそうならないように努める責任があるし、人間の知能と人工知能が融合したヒューマニティが真実や正義とともにある未来にしなければならぬ。

今後必要とされる指数関数的人工知能の8つの側面

人工知能は、より速く、より大きく、より安く、よりパワフルで、よりネットワーク化されたコンピュータを実現できるが、それだけではない。私にとって最初の上司であるアラン・ケイ氏（本誌 P.16-19 「人間の知性の未来に向けて」）は、よく「大局観には IQ80 ポイント分の価値がある（"Perspective is worth 80 IQ points"）」と言っていた。本論のタイトルでもある「シンギュラリティの挑戦」に迫るとすれば、知能あるいは能力の未来の在り方について考える必要がある。すなわち、人間と機械がどのようにして未来の技術という挑戦に対して舵取りを行うかということである。

人工知能は、集合知においても新しい需要があるが、私は未来に向けて決定的に重要である知能あるいは能力を8つに分類し、表2にまとめた。我々の脳はこれまで、ローカルな時間でローカルな言葉で線型的に進化してきたが、今日の世界はグローバルでかつ指数関数的なのである。

我々は、ダウンサイド・リスクを軽減して先端技術がもたらす恩恵に浴し、イノベーションを促進することが求められている。人類は、火を使えるようになった時から、暗黙的にこれをやってきている。何が違うかと言えば、イノベーションのペースが加速化し、潜在的な重要性が高まってきていることである。しかしながら、少なくとも挑戦するために必要な道具は進化してきており、いずれは人間の知能とコンピュータの知能を融合させ、人間自身がより強くなる未来が描けるだろう。

私個人は、進歩はシステムのスピードやパワーでは計測できないものであり、今後これらの8能力をいかに実証していくかが重要だと考

表2 指数関数的知能の分類

知能の分類	内容
統計的知能	指数関数的現象やそこから導き出される帰結について、考え行動する能力。線型ではなく指数関数的に変化する物事に対応できる能力。
生態学的知能	非線形のフィードバックループを含め、生態系を広域で把握し、考え行動する能力。
デザイン知能	製品やサービスの開発において、先進的なデザイン（設計）原理を採用・応用できる能力。ジオデシック・ドーム（1967年モントリオール万博アメリカ館）をデザインした米国のイノベーターであるタバック・ミンスター・フラーは、「未だ世の中には存在していないが、指数関数的計画に存在する技術を用いながら、省エネ・多機能な製品を作らなければならない」ということを理解していた人で、デザイン知能は、このような姿勢で挑むことができる能力を指す。
社会的知能	人間と機械が協力しながら、クラウドソーシングで価値を生み出すことができる能力。動物・機械・人間など、あらゆる生物や物が生み出した社会貢献に敬意を持って接することができるような「インクルーシブネス（包括性）」を持てる能力。
感情的知能	指数関数的知能におけるコンテキストでは、利己の気持ちを調整し、怒りや暴力的紛争を最小化し、他人に共感したり貢献したりできる能力を指す。
倫理的知能	人間が5,000年以上の歴史の中で築き上げた道徳的価値に基づいて考え行動する能力。
意思決定知能	精度の高い意思決定、意思決定の結果の評価などを実現するすべての既知の技術を活用でき、改良し続けることができる能力。
創造的知能	新しいことに挑戦し、そのために必要とされている新しい解決方法を見つけることができる好奇心や創造性を持つことができる能力。

えている。これらの8能力を実現するために全世界的に取り込むことで、種の未来において将来的に起こりうる数々のシンギュラリティに対して、意義のあるものとして向き合うことができるだろう。

（編集：富士通総研経済研究所 主任研究員 吉田倫子）

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、様々な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（アメリカ人工知能学会）第17回コ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（テクノレッジ）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において、インターンとして研究を行った経験を持つ。アスペン研究所の首席研究員。



シンギュラリティと脳情報

Bitbrain 構想を通じた心の豊かさの涵養

山川 義徳 内閣府 革新的研究開発推進プログラム プログラムマネージャー

Yamakawa Yoshinori Program Manager, Impulsing Paradigm Change through Disruptive Technologies Program, Cabinet Office, Government of Japan

シンギュラリティに向かう AI 研究においては、脳科学研究が数理モデル発想の源となることも多い。しかし、脳科学研究の対象となっている人の脳自体に対して、AI 研究が貢献して心を豊かにするという話は少なく、どちらかという脅威につながっている。このような中で、現在私たちは、人の脳自体の情報を生活者も企業も誰もが自由に安全に低コストで活用できる Bitbrain 構想を進めている。その中で行う研究開発を通じて、簡便に自分の脳の健康状態を見ることができたり、自らが望む脳の能力を獲得できたりすることを目指している。これによって、シンギュラリティの脅威論と変わって、多くの人の心の豊かさを涵養することができると考えている。

情報技術と心の豊かさ

高度情報化は、インターネットの普及に始まり、サーチエンジン、Eコマース、スマートフォンと進化し、最近では、スマートシティ、スマートカー、さらに IoT、ロボット、AI と着実に進展し、社会に新しい体験をもたらし続けている。2045 年にはシンギュラリティを迎え、大きく社会が転換すると予測されている。

しかしながら、心の豊かさという観点からは、これらの技術が社会に与える影響は良いものばかりではない。私たちが行っている脳科学研究の観点からも、個人が便利な環境を享受する反面、脳を使わなくなったり、脳への過度な負荷が問題視されたりしている。シンギュラリティが到来すれば、これらの状況はさらに加速すると考えられる。

本稿では、シンギュラリティへ向かう情報技術のこれらのリスクを機会に変える一つの方略として、内閣府革新的研究開発推進プログラム（以下、ImPACT プログラム）で私たちが進めている Bitbrain 構想を紹介したい。

内閣府 ImPACT 山川プログラムで進める Bitbrain 構想

Bitbrain 構想では、脳 (Brain) の解剖学的な構造や活動パターンなどの生体情報をデジタル化 (Bit 化) することにより、医療分野に限定せず、自分の脳情報を自由に安全に低コストで活用できることを目指している。現在、構想の社会実装及び社会展開に向け、脳情報の研究開発を通じたプロトタイプのパブリック、新たな脳情報の使い道を探るチャレンジカップの実施及び脳情報の標準化を通じた国際協調等を進めている。ここでは健康・教育・情報の 3 分野に絞り、脳情報の研究

開発について、シンギュラリティとの関係を踏まえながら取り組みを紹介する。

(1) 健康分野での研究開発～脳の多様な状態を見える化する～

健康分野では、脳の状態を多面的に把握し、汎用的な形で見える化することで、誰でも脳を健康に保てることを目指した研究開発を進めている。既に、脳の計測技術やアルゴリズムの進展に伴って、脳の構造から IQ を推定したり、脳の活動パターンから認知機能を予測したりすることが可能になっている。しかし現状では、これらは一部の専門家に扱いが許されているのみで、一般の人が使う機会はほとんど提供されていない。

私たちは、一部の研究者による限定的な利用ではなく、これら脳の見える化技術を誰もがどこでも自由に使えるような実用化を目指している。利用機会が拡大されることによって、個々人が体温計や体重計を用いて健康管理するような簡易なイメージで、自分がどのぐらい強い社会的ストレスを感じているのか、過度な IT 活用によって自分の脳にどの程度の負荷がかかっているのかを自分でモニタリング出来るようになる。結果、自ら危険を察知し、生活習慣を改めるなど回避することもできるようになると考えている。

(2) 教育分野での研究開発～暗黙知の学習を促進する～

教育分野では、おもてなしや匠の技など、長期間の研鑽が必要な暗黙知を、脳科学的に解明し、学習効率の向上を目指す研究開発を進めている。例えば、相手の気持ちを汲み取るメンタルシミュレーション

能力や、細かな違いも見極める知覚能力などが対象となっている。一般的に、同等のサービスを低コストで提供する技術を目指そうとすれば、女将や玄人の代わりとなるロボット等のシステムが考えられるだろう。

しかし、私たちの焦点は、あくまでも人間が学習を促進できるかどうかであり暗黙知を効率的に体得できる学習を手助けすることを目指している。固い椅子が精神的なタフさを増したり、温かい飲み物が温厚な社会的対話を促したりするように、物理的な環境が脳の状態に影響を及ぼすことが知られており、これらを参考に学習効率を高めるのに有効な脳の状態を物理環境の制御に関する研究開発も進めている。このような研究開発の延長においてシンギュラリティ時代には、さらに制御技術が改善され、学習のさらなる高速化が可能になると期待される。

(3) 情報分野の研究開発～新たな脳機能の獲得を可能にする～

情報分野は、発展著しい新たな情報環境に脳を適応させる研究開発である。長時間のネット利用とうつ傾向の関係や、複数の情報機器を扱うマルチタスク処理と脳の萎縮など、情報環境が脳に悪影響を与える可能性は、既に様々な研究結果が示唆するところである。これらは、脳が新しい情報環境に対応できていないために起きていると考えられるが、シンギュラリティを前提とした研究では、人間に足りない機能を抽出し、それを AI によって補完する方向へ進むと考えられる。

上述の通り、私たちの研究では、人間の脳の進化に貢献したいと思っている。したがって、それらの能力を、人間自体の脳で適応的に進化させる方法を目指している。歴史的に人類は、二足歩行になって

手が自由に使えるようになり、道具を使える脳を持ち、道具を使うようになって、言語を扱える脳を獲得したと言われているが、このプロセスを参考に、自らの身体に似たアンドロイドによって自分の身体を拡張させ、それを脳で制御するアンドロイドニューロフィードバックの研究開発を進めている。

脳による制御では、拡張した身体を AI 化した場合に比べて十分動かすことができない可能性もあるが、拡張身体を動かそうとすることで脳は着実に進化し、新しい能力の開拓ができると考えている。これにより、これまでとは異なり情報環境をコントロールできるようになり、前述の暗黙知の学習と合わせて、個々人に新たな可能性が広がると考えている。

脳情報による心の豊かさの実現

これらの研究開発に対して、3つの視点から評価を行っている。すなわち、過去のロボットミーにならないための長期の社会的影響、近年の似非脳科学とならないための科学的厳密性、さらに持続的な取り組みが可能になるための技術の国際競争力の有無である。さらにこれら3つの評価基準を満たした研究開発成果のプロトタイプをロールモデルとして公開することで、脳情報を中心に扱う「脳情報産業」の各企業がそのモデルを超えてより良いものづくりを行ったり、違うコンセプトのものを作る参考にしたりできるような機会を提供し、結果として、生活者がそれらの価値を判断・享受できる社会の中で心の豊かさを涵養することができると考えている。

2000年京都大学理学研究科修了。

2000年より日本電気株式会社インターネット事業戦略室、経営企画部主任にて新規事業開発に従事。

2008年京都大学大学院人間・環境学研究科修了博士（人間・環境学）。

2008年より京都大学情報学研究科 GCOE 助教にてサービス・イノベーション及びニューロエコノミクスに関する研究・教育に従事。

2010年より NTT データ経営研究所ニューロマネジメント室長にて脳科学を用いた経営コンサルティングに従事。

その他、京都大学経営管理大学院非常勤講師、神戸大学経済経営研究所リサーチフェロー。

株式会社アラヤ・ブレイン・イメージング代表取締役を兼務。

2014年より内閣府革新的研究開発推進プログラム（ImPACT）プログラムマネージャー。



汎用人工知能 (AGI) とはなにか

失敗学から考える 「未知との遭遇」に対処しうる知能

山川 宏 株式会社ドワンゴ ドワンゴ AI 研究所 所長 工学博士

Yamakawa, Hiroshi Ph.D Chief of a Laboratory, Dwango Artificial Intelligence Laboratory, DWANGO Co., Ltd

最近では、人工知能 (AI) の影響を論じた出版物等も多く、シンギュラリティという言葉もよく耳にするようになった。しかし第 1 回トピックス会議が 2012 年に開催され、AI と共進化する人類の未来を描き出したことは国内では先進的だった。私もこの問題に着目し始めていた時期であり、会議の様子を人工知能学会会誌 (2013 年 5 月号) の特別企画に集録した。また、その年末にはオックスフォード大学で行われた汎用人工知能 (AGI) とその影響に関わる国際会議では、AI のもたらす負の側面についても多角的な議論が進んでいた。今後 AI が人類社会に与える影響に準備するために、諸学の専門家を含めた多くの人々と知識を共有しつつ議論することが必要である。

人間レベルの知能実現を目指す AGI

汎用人工知能 (Artificial General Intelligence : AGI) は、人間のよ
うに十分に広範な適用範囲と強力な汎化能力を持つ AI であり、マー
ク・グブルド氏 (Mark Gubrud) により 1997 年に導入されベン・ゲー
ツェル氏 (Ben Goertzel) により広められた人間レベルの AI の実現に
向けた技術的な目標である。その背景に、例えば技術目標として、
ジョン・サール氏 (John Rogers Searle) が提唱した意識や自我をも
つ知能システムとしての“強い AI”を設定してしまうと、実現された
知能システムの評価が難しくなる点などを指摘している。

AGI の和訳にあたっては、2013 年の春に、国立情報学研究所の市
瀬龍太郎氏と、関連する輪読会 (現在は人工知能学会の研究会に発
展) を立ち上げる際に、様々な議論を行なった。AGI は直訳すれば「人
工一般知能」とでも呼ぶべきであるが、この言葉が特化型 AI (Narrow
AI) に対置する言葉であることを考慮し、汎用という言葉の前に置く
ことでむしろ本質が伝わりやすいと考えて「汎用人工知能」と呼ぶこ
とにしたという経緯がある。ここで、特化型 AI は、例えば質問応答、
ゲームプレイ、株価予測、自動運転、医療診断、商品推薦などとい
った特定の応用向けに作られた現実的な AI であり、その枚挙に暇が
無い。

失敗学からみた AGI の役割

畑村洋太郎氏が提唱する失敗学によれば、失敗の原因は、①個人
に責任のある失敗、②組織運営不良、③企業経営不良、④行政・政
治の怠慢、⑤社会システムの不適合、⑥未知との遭遇の 6 段階に大

別できるとされている。

畑村氏は、これらのうち①~⑤の失敗に関しては、悪い失敗とみな
しているが、これは程度の差こそあれ、前例に学びうるものだと思う
れる。AI の視点でも、こうした失敗に対しては、過去の経験の中に
近い出来事を選び、今起きている出来事と比較するという手順で失
敗を回避しなければならない (つまり「同じ過ちは繰り返さない」と
いうことである)。近年の IoT (Internet of Things:モノのインターネッ
ト) 技術などにより世界のデータ化が進展すれば、こうした失敗の多
くに対しては、様々な特化型 AI によって段階的に対応できると考え
ている。

畑村氏は、「⑥未知との遭遇による失敗」だけは、細心の注意を払
おうとも防ぎきれず、その経験を生かして新たな知識を発掘しうる意
味で、よい失敗とみなしている。したがって、こうした失敗への対処
法となりうる新たな可能性 (仮説) を見出す必要があるだろう。しかし
潜在的には仮説の候補は膨大であり、巨大なゴミ箱の中から磨けば
光りそうな仮説を選び出す能力が必要となる。ここで、定性的な判断
に基づいて不要な仮説候補を削除したり、他の領域で見出された関係
性を参考として類推を行ったりするような、広い視野から新たな仮説
を創りだす人間的な創造性が求められる。

こうした膨大な探索を含む創造的な知能は、ある種の熟考であり、
現状では人間の支援を必要とする。しかし、AI が一旦その能力を実
現すれば、科学研究・技術開発・芸術活動・新規事業企画といった用
途で威力を発揮し、量的には人間を凌駕するだろうと考えられる。逆
に創造性が熟考であるという性質上、火急な課題への対応は不得意

である。しかし、自律的に世界への理解を深めるような知的好奇心を AGI に持たせれば、予め多岐にわたる領域についての知識を蓄積し、不測の事態への対応能力も広範に高まってゆくだろう。

AGI とは特化型 AI の自動作成装置か

想定しうるタスク領域を特化型 AI によって埋め尽くし、それを切り替えて利用するアプローチにより、日常的な範囲において汎用的な知能を創れるだろう。これは、人間の脳のように多様な能力を同じ仕組みで獲得することを目指す AGI とはかなり異なるように見える。

一方で、多様な外部環境に対する知識を獲得し終えた AGI の中身は結局のところ特化型 AI の集合体となり、実質的には開発者が作りこんだ特化型 AI の集合体と変わらないかもしれない。そうであれば、AGI 自体が全般的な創造能力に特徴を持つとしても、AGI の開発においては、特化型 AI の自動作成する意味での創造能力に注力すれば良いことになる。

もちろん、この部分が技術的に大きな課題であり、その開発進捗が AGI の実現時期に大きく影響することは事実である。詳細は割愛するが、この課題が突破される可能性として少なくとも以下の様な方向があるだろう。すなわち、(1) 数多くの特化型 AI をつくり上げていくうちにその作成方法が整理／共通化される、(2) 進展著しい神経科学の知見を活用して脳を参考として実現される、(3) その中間的な位置取りとして近年脚光を浴びている深層学習技術の発展によって突破される、という 3 点である。

AGI の研究開発動向

世界に目を向けると、これまでは、OpenCog や MicroPSI などといった学術コミュニティを起点とした AGI 研究が主流であった。しかし今年、チェコのゲームソフト会社が 30 人体制で AGI の研究開発会社 GoodeAI を設立し、スイスではこの分野で著名なユルゲン・シュミットファーバー (Jürgen Schmidhuber) 氏が AGI の会社 nnaisense を設立し、Google の DeepMind が AI の国際会議 (IJCAI 2015) で AGI 開発を宣言した。

私の周辺でも、脳を基盤アーキテクチャとし、その上で複数の機械学習を組み合わせる共同作業により AGI を作り上げる全脳アーキテクチャの研究が進んでおり、今秋、この研究を長期的に支える NPO を設立した。後世、2015 年を AGI 元年と語られることをひそかに楽しみにしている。

1989 年東京大学大学院理学系研究科物理学専攻修士課程修了、

1992 年東京大学大学院工学系研究科電子工学専攻博士課程修了。

工学博士。同年 (株) 富士通研究所入社。

1994 年から 2000 年までリアル・ワールド・コンピューティング・プロジェクトに従事。

現在、(株) ドワンゴ人工知能研究所所長。人工知能学会 (編集委員会副委員長、汎用人工知能研究会主査)、

電子情報通信学会、日本認知科学会、日本神経回路学会、日本テニス学会などの各学会員。

専門は人工知能、特に、認知アーキテクチャ、概念獲得、ニューロコンピューティング、意見集約技術など。

全脳アーキテクチャイニシアティブ代表。



コンピュータが神になる日 機械は創造できるのか

榎並 利博 株式会社富士通総研 経済研究所 主席研究員

Enami, Toshihiro Senior Fellow, Economic Research Center, Fujitsu Research Institute

人間はやがてコンピュータに支配されるのか。確かにコンピュータは計算や記憶の能力に優れ、判断もできる。だが、創造性という人間だけに特有な能力を獲得することなど不可能だ、という意見が大勢だ。しかし、創造性という事象も神秘的なものではなく、人間の頭の中で実行している情報処理に過ぎない。「ひらめき」といった神秘性を纏っているのは、論理ではなく分節という作業が関わっているからだ。だからといって、「支配される」ことにはならない。支配という概念は、邪悪な人間と人間との間で生じる。コンピュータが人間を制御するようになれば、殺戮は無くなり「支配」という概念も消える。その時、コンピュータは「神」と呼ばれるかもしれない。

シンギュラリティの議論においては、「所詮コンピュータは機械であって、人を超えることなどできない」という楽観論と「やがてコンピュータは人を超え、人類を支配してしまうのではないか」という悲観論が交錯している。SF小説や映画などでは、悲観論のほうが圧倒的に人気を博している。どちらが正しいのか、実はこの問いそのものが、正しいとも間違いだとも言えない現実が生起しつつある。

人間とコンピュータ、どちらが優れているのか

「コンピュータは、人を超えることはできない」というのはある程度正しい。人間のように子孫を残すことはできないし、自由に歩き回ることもできない。しかし、知的分野ではどうだろうか。計算する量やその速度、そして情報の記憶の量とその正確さにおいて、人間がコンピュータと競えば惨敗だ。むしろ、現代社会に生きる我々は、コンピュータの力無くしては社会生活を営むこともできない。

確かに計算や記憶の能力ではコンピュータが勝っているだろうが、高度な判断や創造性という領域にコンピュータが入り込むことは無理だという主張がある。しかし、あなた自身の高度な判断という事象を考えてみよう。実は、判断に高度も低度も無い。そこでは各要素に重み付けして計算しているという事実しかない。そうではないと言い張るなら、それはただの博打だ。

判断という行為が単なる計算式に置き換わるとして、「ひらめいた!」という創造性だけはコンピュータには無理だという主張がある。しかし、それは創造性の正体がわかっていないからに過ぎない。創造性についてはこれまで多くの学者が研究してきた。面白いことに、心

理学者は「神秘的なもの、人智を越えたもの」と捉える傾向があるのに対して、教育学者は「神秘的なものではなく、通常の思考方法と同じだ」と捉える。また、科学論や経営学では「論理的・理性的な面と非論理的・主観的な面の二つがある」と指摘している。

つまり、創造性とはこの二面性を説明できる仕組みであり、それを解明できればコンピュータに実装することができる。「わかった!ひらめいた!」という事象を「新しい概念の獲得」と捉えると、ソシュールの言語哲学における「分節」という概念を借りて創造性の説明ができる。例として、犬・狼・山犬の概念を取上げよう。ソシュールの関係性による捉え方は、犬や狼という実体は存在せず、犬と狼の間を分節することによって、犬や狼という概念が出現すると捉える。山犬という概念が出現するときも、今まで無かった実体が現れるのではなく、これまで犬や狼と捉えられていた分節のしかたが変わることによって、山犬という概念が出現すると考える。

創造性とは、新しい概念の創出行為

わかりやすく説明すると、外見の似ている動物を犬(自分たちの仲間、役立つ動物)と狼(危険で危害を与える動物)と分けていた社会において、山犬(狼のように危害を与えるが、飼いならすと犬のように役立つ動物)という新しい概念が登場するような場面である。山犬という実体が出現したのではなく、これまで狼として捉えていた動物のなかに、性格の異なる種類があるようだ共同体が認識し、そのような動物に対して「山犬」という名づけを行うことで「山犬」という概念が出現する。

これまで狼と見なされていた動物を、山犬という概念を使って狼と山犬に区別すると、山犬を選別して家畜化し、猟犬や番犬として利用することが起こる。区別することが共同体にとって価値であるという認識が、山犬という新しい言語（概念）を創り出し、これがまさに創造ということになる。その結果として共同体の生産性が向上すると、イノベーションが起きたと評価される。

分節が価値である証拠を、次の事例で示そう。「羊、牛、豚、馬、鯖、鯛、鮫、鯨」という生物の分節を考えると、通常は「陸上生物：水中生物」または「哺乳類：魚類」という分節をする。「2音節：3音節」という分節をしないのは、そのような分節に価値が無いからだ。「羊、牛、鯖、鯛：豚、馬、鮫、鯨」という分節は日本人には理解し難いが、ユダヤ教徒にとっては食物禁忌を示す身近な分節である。このように価値観が異なると、分節が異なってくる。

世界が変わると概念も変わる

これまでコンピュータは、概念を操作することは得意であったが、概念を創出することは苦手だった。しかし、ビッグデータを活用して多量のオブジェクトを取り込むことができるようになると、コンピュータが独自の価値観による分節によって、人間には捉えることのできない概念を創り作り出す可能性がある。その概念が人間に理解できるとは限らない。コンピュータ集団のなかでだけ意味を持ち、その概念を使ってコンピュータどうしが会話をすることになる。コンピュータがそのように進化すると、やがては人間を支配するという恐ろしい事態になるのだろうか。この問い自体も、我々の概念に囚われた問いであることに気づく。

現在の世界は、人間が人間を支配する世界である。この世界が幸福に満ちた、素晴らしいものだという証拠はどこにあるのか。その証拠を探そうと、人類の歴史を紐解いてみれば愕然とするだろう。そこに記されているのは、人間が人間を支配するために、殺戮を繰り返してきた事実ばかりだ。いや人類は進歩しているというなら、現代社会を見ればよい。ISISばかりではない、旧東側世界をはじめ、アフリカ・アジアの内戦や民族紛争など、依然として人類は殺戮や迫害を繰り返し、テロ行為は止むことが無い。戦争など関係ないというなら、身近な組織である会社や学校を見ればよい。粛清やいじめなど、陰湿で卑劣な行為に満ち溢れていることだろう。

コンピュータもやがてこの事実を愕然とし、統治においても経営においても、邪悪な人間が人間を支配するより、公平さと公正さを常に計算できるコンピュータが制御したほうが人類は幸福だと判断することだろう。「支配する」、「支配される」という概念は人間対人間において使われる。その日がやってくると、「支配」という言葉は辞書から消えるだろう。「神によって支配される」という概念の使い方はしないからだ。

1981年、東京大学文学部考古学科卒業、同年富士通株式会社入社。

システムエンジニアとして、自治体のシステム開発に従事。

1995年富士通総研へ出向。

2010年より富士通総研経済研究所に異動し、電子政府・電子自治体や地域活性化を中心とした研究活動に従事。

この間、新潟大学・中央大学・法政大学の各非常勤講師、早稲田大学公共政策研究所客員研究員を兼務。

FRI研究レポートとして「創造性モデルに関する研究試論」、「立法爆発とオープンガバメントに関する研究」、

「電子行政における文字コードと外字について」などを発表。

他に「共通番号（国民ID）のすべて」（東洋経済新報社）など、マイナンバーや電子政府・電子自治体関連の著書・寄稿多数。



加速するAI研究とその必要性

湯川 抗 株式会社富士通総研 経済研究所 主任研究員

Yukawa, Kou Research Fellow, Economic Research Center, Fujitsu Research Institute

近年のAIに対する注目度の高さは過去のブームとは比較にならないだろう。また、AIはこれまでにないほど我々の身近な存在になっている。例えばスマートフォンの音声認識をAIの一種とすれば、数多くの人々がAIを活用している。また、お掃除ロボットとして普及したiRobotのルンバにもAIが搭載されている。こうしたことは、これまで様々な企業がAIに対する研究を重ねてきたことの成果だろう。現在、AI研究にはこれまで以上の投資が行われつつあると共に、その研究・開発の裾野も拡大している。更にIoTの普及もAI研究を加速する可能性がある。一方、AIの進展を不安視する見方もうまれている。歴史的な視点を踏まえてAI研究の必要性を考えてみる。

高まる大企業の注目と広がる開発の裾野

IBMがワトソンの研究開発や事業化に巨額の資金を投入していることはよく知られている。しかし、多くの大企業がAIに将来のビジネスチャンスを見込み積極的に投資を行っている。

Googleが近年AIの研究者を集めていることは広く知られている。2013年にRay KurzweilがGoogleに参加して以降も一流の頭脳の収集を続けており、その手段も選んでいない。2013年末に相次いで買収した8社のRoboticsベンチャー企業の他、2014年にはDeepMindというプロダクトも出荷していないベンチャー企業を買収しているが、これらの企業の買収目的はAI関連の研究者だったともいわれている。GoogleがAIに積極的に投資を行う理由に関しては、様々な憶測が語られている。しかし、世界中の情報を整理することを理念の一つに掲げるGoogleはそもそもSF的な発想で新たな事業領域を切り拓き続けている企業であり、検索エンジンを進化させるためだけにAI研究を行っているわけではないだろう。

Facebookは毎年売上に対する研究開発投資額を増加させ続けているが、その研究開発投資のうち、AIの比重が高まっているとされる。2013年には高名なAI学者を採用し、その後ニューヨークとパリにAIの研究所を設立している。CEOのMark Zuckerbergは、「人々が何をシェアしているのかを理解すること」がAI研究のテーマであるとしているが、AIを用いて、ユーザー自身とユーザーのコミュニケーションを理解しようとしていると考えればよいのだろう。

Siriで音声認識に先んじたAppleの他、MicrosoftやAmazonも積極的にAI研究を行っている。Amazonは音声認識機能を搭載する

スピーカー、Echoを6月に発売し、Microsoftは8月に日本国内で女子高生AI「りんな」によるチャットサービスまで開始した。AIをどのように自社の戦略に活用しようとしているのかを理解するのは困難だが、それだけAIは様々な可能性を秘めているということだろう。

一般にAIを事業化するには大規模な研究開発を必要とするため、大企業に有利であろう。しかし、ベンチャー企業でもAIの事業化は進展している。実際に大学発のAIベンチャー企業が数多く生まれている他、昨年上場したサイバーダインは7月からAIを備えた作業用ロボットを空港に配備している。2013年にYahoo!が買収したニュース要約アプリを開発するベンチャー企業であるSummlyは、AIと自然言語処理を特徴とする。

更に、AI開発のハードルも低くなっている。アメリカでは中学生からウェブと身近にいる先生の助けを借りながらAIを独学で習得して乳がん診断アプリを開発する高校生まで生まれている。こうしてみると、資金余力のある大企業が巨額の投資を行うだけでなく、ベンチャー企業から個人まで、AI開発の裾野も広がっていることがわかる。

IoTが加速するAI研究

近年進展しつつある、IoT (Internet of Things) もAIの開発や活用を加速させている。IoTは一般に「モノのインターネット」と解釈されることが多く、その普及は新たな産業革命に繋がるという期待も膨らんでいる。しかし、単純にモノが互いに繋がりデータの収集・分析が行われること自体には大きな意味はないだろう。それが様々なユーザーにとってどのような価値を生み出すのが重要であり、そうした

ことが実現できるかどうか、IoTによって、本当に産業革命に匹敵するようなことが起こるのかを決める。このように考えると、今後考えなければならないのは、インターネットに接続したモノ(=ハードウェア)自体ではなく、ハードウェアをインテリジェントにしていくことだろう。

このために必要なのはソフトウェアであり、ソフトウェアとハードウェアの融合がIoTの本質であろう。そして、クラウドに繋がりソフトウェアと融合したハードウェアをよりインテリジェントなものに変化させるための技術の多くはAI研究の成果を活用できるため、今後はICT企業以外にも、製造業を中心として様々な業種の企業がAIに関する研究を加速させる可能性がある。また、ハードウェアが生み出す膨大なデータの蓄積が進むほど機械学習も進み、機械は賢くなる。

Intelligent Amplifierとしてのテクノロジー

現在AI研究に対してつぎ込まれている投資や、研究開発の裾野の広がり、更にはIoTの進展を考えれば、AIに関する研究開発と事業化は今後飛躍的に発展する可能性が高い。そして結果的に、人間の脳を再現することは可能かもしれない。

当然、こうした将来像に関しては、人間が不安を感じるのも当然だろう。Tesla MotorsのCEOで、世界で最も高名な起業家の1人であるElon Muskでさえ、「AIを進化させる試みというのは、悪魔を召喚することに近い。」と述べ、AI研究に慎重であるべきであるとの姿勢を示している。

AIの将来を考えるために、歴史を振り返ってみたい。1980年代以前のコンピュータの歴史を紐解くと、その思想は大きく二つに分類

できる。ひとつは、人間の知性・思考そのものをコンピュータで模倣・代替することを目的とするAIの考え方である。もう一つは、コンピュータはあくまでも人間の知性・思考の道具であるという点に立脚し、人間の能力を補強し引き出すことを目的とするIA (intelligence amplifier: 知能増幅機械) であるとの考え方である。

その後AI研究はその可能性を追求してきたが、これまでその目的を実現するに至っていない。しかし、自然言語理解、ニューラルネットワーク、画像認識等、AI研究から生み出された個々の研究成果は様々な分野で活用され、様々なハードウェアをIAとして人間が活用することを可能にしてきた。

つまり、AI研究はその過程で、様々な技術革新を生み出し、それは結果的に人間の様々な機能を拡張させてきたといえよう。AI研究が行われてこなかったら、現在のICTの発展はなかったかもしれない。先に見たように、AIが今後急速に発展し、その結果人間の知能を超えることは、確かに懸念すべきことだろう。しかし、一方で人間は環境問題、資源問題、貧富の格差など、人間を超える知性の出現よりもはるかに身近で、早急に解決すべき難問を抱えている。新たなテクノロジーなくしてこれらの問題を解決することは困難だろう。

もちろん、賢くなる機械と共生することは今後重要になるだろう。それは人間の脅威ともなりえるのかもしれない。しかし、これまでそうであったように、AI研究が進展することは、人間が様々な難問を解くテクノロジーを手に入れることに繋がる可能性がある。

専門分野はインターネットビジネスとインターネットベンチャー企業。

著書に「コーポレートベンチャリング新時代」(2013年 白桃書房)、

「進化するネットワーク」(共著、2006年、NTT出版)など。

SBI大学院大学教授、玉川大学経営学部非常勤講師、国際大学GLOCOM客員研究員などを兼任。

これまで宇都宮大学客員教授、横浜市立大学非常勤講師、東京大学先端科学技術研究センター客員研究員などを歴任。

2005年東京大学工学系研究科博士課程修了(Ph.D.)。

1996年コロンビア大学大学院修了(MS)。

1989年上智大学法学部卒。



人工知能と脳の可塑性

理性と知性について哲学の観点から

カトリーヌ・マラブー キングストン大学人文社会学部 教授 哲学者
Malabou, Catherine Ph.D. Professor, Faculty of Arts and Social Sciences, Kingston University

シンギュラリティについて議論することは、人間と機械の関係性について考えることでもある。「可塑性」という概念を用いながら「強い AI」と「弱い AI」について言及するならば、「強い AI」では、認知構造を模倣する挑戦がなされていたが、そのような機械を開発することは現実には困難である。一方で「弱い AI」では、脳の可能性が機械を教え、逆に、機械が脳の可塑性のあり方を教えるという考え方になる。それは、2つの機械の再生産を指すのではなく、2つのタイプの可塑性の関係を意味する。今後の人工知能は、機械と脳の中の「相互可塑性」にもとづいて機能するものになるのではないだろうか。

「可塑性 (プラستیシティ)」の二つの意味

私の専門テーマは「可塑性 (プラستیシティ)」の概念で、とりわけ「脳の可塑性」について研究している。この概念は、シンギュラリティ時代における人間の知性のあり方や、機械と人間の関係を考える上でもヒントになる。

最初に、人間の知性とその未来に関する最も重要な概念の一つである「神経可塑性 (ニューロプラستیシティ)」について説明する必要があるだろう。ここで大切なのは、「感情や身体なくして脳に知性も理性もない」ということである。

「可塑性」という言葉には、二つの異なった意味がある。一つは、「形を作る」という意味である。大理石の彫刻や粘土などで作られた塑像のように、形そのものを「生み出す」という意味がある。しかし、もう一方では「可塑性爆薬」(プラスチック爆弾)という表現にもあるように、爆発の威力を示すときにも使われる。物体に外部から作用する力を与えて変形させ、その力を取り去ったとしても、もはや元通りにならない性質を指す。つまり、「可塑性」という言葉は、形の出現と消滅という両極端の意味を持っており、神経生物学の中心的概念となっている。

「形を作る」という意味での可塑性は、脳内のシナプスが行う作業によって自らの効力を変える能力を指す。例えば、ピアノを弾くことに打ち込むと、その活動に携わるニューロン接続が強化されるが、反対に、ピアノを弾くことに使われない神経は劣化していく。アメリカの著名な神経科学者であり心理学者であるジョセフ・ルドゥー教授 (Joseph E. LeDoux) は『シナプスが人格をつくる - 脳細胞から自己

の総体へ』(みすず書房 2004年)という著書の中で、シナプスが脳内で可塑的であることを示し、脳が生み出す人格の個体差は、外的あるいは内的経験がシナプスの可塑性に作用することで形成されると述べている。すなわち、可塑性の一つの意味は「脳の彫刻」であり、これはアイデンティティ形成のことであるとも言えるだろう。

しかしもう一方で、可塑性には「形の破壊」という意味がある。これは、ニューロン接続を変形させる可塑性、すなわち人格を破壊してしまう可塑性のことであり、ここでの「破壊」は、病気や脳損傷による人格破壊を指している。このような可塑性は、病気などによって突然現れ、記憶が破壊されて患者に新しい人格が芽生え、全くの別人になってしまう。アルツハイマー型認知症もそのような病気の一つである。

人間の知性と脳の可塑性の関係

人間の知性が結成されるのは、ニューロン接続が行われ、体験を脳に記録する創造のプロセスにおいてである。しかし、同時にその知性は危険に晒されている。なぜなら、もう一つの可塑性が何かをきっかけとして知性を破壊する恐れがあるからである。そのきっかけとは、「感情」である。神経学の第一人者アントニオ・ダマシオ (Antonio Damasio) は、「感情のない現存は存在しない」、要するに知性の中枢である脳は、認知や理性だけではなく、感情にも携わっていると主張している。彼は、多くの患者を観察し、それまで普通に暮らしてきた人が、脳の特定の部分に損傷を負うことでいくつかの感情を失い、それと平行して論理的な判断ができなくなった事例を発見した。つまり、

注：本論は、第1回トポス会議（2012年9月21日）のために2012年8月29日にパリで実施されたインタビューを富士通総研経済研究所が編集したものである。文中に残る誤りは、すべて編集者の責任である。

感情を司る脳の部分、主に前頭葉がダメージを受けることで、知性にも影響が出るのである。感情なくして知性もありえない。

フランスの精神科医であり神経学者であるボリス・シリュルニク (Boris Cyrulnik) は、ルーマニアの孤児院の中で隔離された子供たちを研究し、その子供たちの感情を司る脳の部分が劣化していて、知性の発達が遅れていることを明らかにした。子供たちは物事に無関心になり、感情が麻痺していることから知性が破壊されてしまったのである。つまり、アイデンティティや関心の喪失、そして冷めた感情は、知性の発達にマイナスの影響を与えるのである。これまでは、ある日突然人格が変わり、記憶をなくし、情動が乏しく知性に欠けた全くの別人になってしまうような病気を、精神分析学で精神異常によるものだとしていた。しかし、それは違う。脳損傷を受けた人は精神異常者ではない。脳の損傷によって感情・情動が冷めると、論理的な意思決定もできなくなってしまい、知性が機能しなくなる。

このようなことから興味深いのは、知性というのは精神の異常や破壊と密接に関係していることである。知性と脳の病気は共通の土台があるのだと言える。感情が破壊されると知性もダメージを受ける。人間の知性が感情を遮って成長すると思っはいけない。安定した感情・情動環境を展開しなければ知性も発達しないのである。つまり、感情的に満たされていない、不幸なときや落ち込んでいるときには、知性も発達しないということである。

脳に損傷を受けなくても、私たちは危険を前にとると無感動になる。例えば、街を歩いていてホームレスを見かけてもお金をあげないというのは、他人の不幸や苦しみに対して無関心になることで自分を守っているからなのだが、同時に知性の発達を害することにもつながる。

「創造する可塑性」と「破壊する可塑性」の土台が同じだからこそ、私たちも無関心になる傾向があるのである。そしてこれは、神経学者にとって知性に対する現代の最も深刻な脅威であると言われている。無感動を装って自分を守る、無関心で自分を隔離する、冷淡であるから世界から孤立する。そのようなことが、知性の発達にとっても一種の危険物になっているのである。人間の知性の未来は、脳の可塑性の二つの側面をどのように構成し、二つの可塑性のバランスをいかに尊重するかにかかっている。

(編集：富士通総研経済研究所 研究主幹 浜屋敏)

世界的な哲学者ジャック・デリダ (Jacques Derrida) やジャン＝リュック・マリオン (Jean-Luc Marion) に師事し、2012年3月までパリ第10大学哲学部教授を務める。

ヘーゲル弁証法、ハイデガー存在論と現代フランスにおける差異の思想との関係を研究するなかで、「可塑性」という概念に着目。

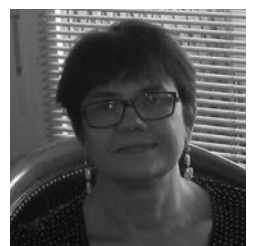
その概念に基づいて、ヘーゲル哲学を再解釈し、

その知見を神経科学やグローバル化という文脈のなかでさらなる展開を試みている。

エコール・ノーマル・スーペリエール (Écoles normales supérieures) 修了。

著書 (邦訳) に『わたしたちの脳をどうするかーニューロサイエンスとグローバル資本主義』(春秋社 2005年)、

『ヘーゲルの未来ー可塑性・時間性・弁証法』(未来社 2005年)。



人間の探求の旅

シンギュラリティについて語るときに、 本当に問わなくてはならないこと

ポール・サフォー 未来学者

Saffo, Paul Futurist

シンギュラリティとは何だろうか？

マシンが人間を超えることを前提に様々な議論が展開されているが、そのような人たちはマシンの能力を過大評価しているかもしれない。本質は、「発見」という人間が新たな知を獲得するそのプロセスにおいて、いかに我々を手助けしてくれるマシンを作り、共生の在り方を考えることなのではないだろうか。ルーディ・ラッカー（小説家；数学者）、アラン・チューリング（数学者；論理学者；暗号解読者）、ジョン・ラスキン（歴史家；美術評論家）、テイヤール・ド・シャルダン（哲学者；古生物学者）、T.S. エリオット（詩人；劇作家）らの功績をたどりながら、知識や知性の追求を軸に考察する。

シンギュラリティの捉え方

「人間の知性の未来」という主題で興味深いのは、その先端にマシンがあるということである。マシンは私たちの代理的な存在であり、私たちのために働く存在である。ここで新しい疑問が生まれてくる。それはすなわち、「シンギュラリティとは何か」ということである。

シンギュラリティという言葉は、米国の小説家であり数学者であるルーディ・ラッカー（Rudy Rucker）によって、初めて技術的な文脈で使われた。1990年代初頭に書かれた随筆の中で、「マシンが人間よりも賢くなる」事態として示されたのである。ラッカーは、「シンギュラリティの後には、すべてが変わる」と述べた。シンギュラリティ後の世界は、すべてがあまりに異なるため、私たちはそれを知ることができないのである。

シンギュラリティには二つの捉え方がある。一つ目は、それが急速に近づいているということである。米国では、シンギュラリティは2030年頃の実現し、マシンが人間よりも賢くなると言われている。しかしながら、私はこれについて懐疑的である。もう少し時間が掛かると思っているし、漸近的な近づき方があると考えている。

より興味深いのは、二つ目の捉え方である。すなわち、シンギュラリティの概念を使って、人間の知識に何が起こっているかを探るということである。それは、マシンと人間との新しい共生を考えることでもある。情報革命の恩恵に浴し、新しい知識が次々と発見されていく中で、マシンと人間との関係が変わりつつあることを明らかにすることである。

本当の問題

今、起きていることを理解するためには、1936年に遡って考えなければならない。その年に、イギリスの数学者であり論理学者であるアラン・チューリング（Alan Mathison Turing）が、『計算可能数について』（原題：On computable numbers, with an application to the Entscheidungsproblem）という論文を執筆し、そのなかで、マシンに関する革命的なアイデアを発表した。これがいわゆる自分自身でプログラムや命令を変えることのできるチューリング・マシンである。つまり、現在のマシンの誕生は、1936年のチューリングにまで遡ることができ、それ以降、革命が継続し、かつてないほど強力なマシンが生み出されているのである。

チューリングの功績においても一つの重要なアイデアは、チューリング・テストである。彼は、そのテストが、マシンが本当に知的かどうかを判断するものではないことを認識しており、「A級のマシンになれるかどうかのテストである」と言ったのである。重要な点は、真に強力な知的道具になりえるかということだったのである。私たちの発見過程における知的な仲間になれるかどうか、問題だったのである。

近年、ビッグデータがよく話題になるが、しかし、もし「知識の大海」というものがあるのなら、私たちはその大海に踵を入れた程度で、まだ浜辺にいるに過ぎない。私たちは、マシンが人間に取って代わることを恐怖として感じている。しかし本当の問題は、知識の発見過程において私たちを手伝ってくれる能力のあるマシンを作れるかどうかなのである。今、マシンの発達によって起きていることは、私たちが未だかつてない広大な開拓地に接しているということである。古生物

注：本論は、第1回トポス会議（2012年9月21日）のために2012年7月31日に米国のNASA エイムズ研究センターで実施されたインタビューを富士通総研経済研究所が編集したものである。文中に残る誤りは、すべて編集者の責任である。

学者であるピエール・テイヤール・ド・シャルダン (Pierre Teilhard de Chardin) の「ノウアスフィア (Noosphere: 叡智圏)」という隠喩では、人間の知識の総体は球形で示される。知識が増えれば、球の体積も増える。私たちは、球の大きさに注目しがちだが、しかし本来は球の表面に注目すべきなのである。なぜなら、球の表面は、知識が無知の領域と接する場所だからである。知識の球が大きくなるとともに、無知の部分も増えていくのである。

知識と情報に関する革命のなかで、マシンが人間よりも賢くなれるかということが問題なのではない。本当の問題は、次のようなことである。すなわち、「人間は自分を理解できるのか?」「マシンの助けを借りて、脳の働きを理解できるほど賢いのか?」「宇宙を理解できるほど賢いのか?」

根源的な欲望

なぜ人間は、知識や知性を追求することに、これほど夢中になるのだろうか?ムーアの法則のおかげで、マシンはかつてないほど安価になっている。マシンの中には強力なセンサーもある。それによって私たちは、知識の発見という大変な仕事を、ますますマシンへ譲渡している。それは、次のような質問を生み出す。「なぜ人間はそんなことをするのか?」「何が人間をそうさせるのか?」

私は、人間がこのような状態にあるのは、三つの最も根源的な欲望があるからだと考える。第一に、協力しあうことや役に立つこと。第二に、お互いに物語を話し合うこと。第三に、発見すること。私たちが知性や知識や情報に関心を持つのは、これら三つのことが結びつくからである。つまり、新しいことを発見し、一日の終わりにお互

いに物語を語り、お互いに助け合うからである。

19世紀のイギリスの評論家であるジョン・ラスキン (John Ruskin) は、『近代画家論』の中でこう言っている。「人間の魂がこの世でないうる最も偉大なことは、何かを“見る”ことである。そして、それを簡潔に語ることである／……明確に“見る”ことは、詩であり、予言であり、宗教であり、それらが一体化したものである」——私は、人間の存在を考えるにあたって、このような問題を問いかけることが大切だと思っている。

知識や情報について語るとき、必ず触れるべきなのはイギリスの詩人であり劇作家であるT.S. エリオットの「岩の合唱」の有名な一節である。「知識の中で失った知恵はどこに?」「情報の中で失った知識はどこに?」というものであるが、これは神学論の観点から述べられており、解釈において誤解している人も少なくはない。彼は『リトル・ギディング』という詩の冒頭では、こう書いている。「私たちは探求を止めないだろう／そしてすべての探求の終わりに、出発した場所に辿り着き／初めてその場所を知るだろう」——人間の探求の旅における要点は、ここにある。発見する欲望、物語を語る欲望、協力しあう欲望、私たちは出発点に戻り、初めてその場所を本当に理解することになる。

(編集：富士通総研経済研究所 マネージャー 藤田英睦)

フォーサイト社 デザイン・アナリティクス・マネージング・ディレクター。

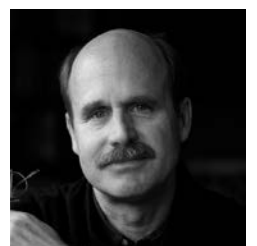
未来学者。未来に起こりうることを予測し、

その中に見出せる大規模で長期変化のダイナミクスをどのように考え適応していくべきかについて、企業や政府機関などクライアントに対する支援を行っており、その経験は20年以上にもわたる。

スタンフォード大学工学部のコンサルティング准教授として教鞭をとる。

大西洋理事会の非常勤シニアフェロー、スウェーデン王立理工学アカデミーのフェローを務める。

ハーバード大学法学部、ケンブリッジ大学法学部、スタンフォード大学大学院法学博士課程卒業。



イベントのお知らせ

■ 特別企画コンファレンス

「水素社会は実現するのかー日本の挑戦とビジネス機会ー」

日 時：2015年10月5日(月) 13時30分～17時

会 場：経団連会館 2階 国際会議場

主 催：株式会社富士通総研

協 賛：富士通株式会社

■ 世界の賢者と考える「トポス会議」シリーズ

第9回トポス会議「都市とイノベーション」

日 時：2015年11月18日(水) 13時～20時30分

会 場：六本木ヒルズ森タワー 49階 アカデミーヒルズ

主 催：ワールド・ワイズ・ウェブ・イニシアティブ (w3i)

協 賛：株式会社 TKC 富国生命保険相互会社 株式会社構造計画研究所

後 援：国立大学法人政策研究大学院大学 株式会社富士通総研

※ 富士通総研のホームページよりお申し込みください。
<http://www.fujitsu.com/jp/group/fri/>

編集後記

本誌 ER : Economic Reflections は、私たち富士通総研経済研究所の新しいメディアです。ER は、経済研究所の英語の名称である Economic Research Center を表していますし、私たちが以前発行していた機関誌「Economic Review」を受け継ぐものであることを示しています。以前の Economic Review の内容はどちらかといえば研究者などの専門家向けのものでしたが、新しい ER はもう少し広い読者層を想定しています。今回創刊号で取り上げた「シンギュラリティ」のように論争的な話題について、私たち経済研究所の研究員が持つ人脈や研究員自身の知見をベースにして、なるべくわかりやすいかたちで発信していきたいと考えています。

ER の R は Reflections の頭文字です。これは、「反射」という意味のほか、「省察」や「熟慮」[(熟慮の結果生まれた) アイデア] という意味もあります。さらに、E には、Evolution (進化) や Ecosystem (生態系) という意味も込めました。その意味では ER は、世界の賢人・有識者および私たちの研究員の熟慮の結果を社会に発信し、社会の反応を反射して、大きな生態系のなかで議論を進化させていくためのメディアになることを目指しています。

ER というタイトルは私たちのこのような思いを込めたものですが、メディアが進化することで、別の新しい意味を持つようになる可能性もありますし、私たちも新しい意味の広がりを楽しんでいます。読者の皆さんにとって、ER はどのような意味を持つようになるでしょうか。この小さなメディアをともに育てていただけますようお願いいたします。

株式会社富士通総研 経済研究所 研究主幹 浜屋 敏

研究レポート一覧

- | | | | |
|---------|---|---------|---|
| No. 426 | 製造業の将来
—何が語られているのか?—
西尾好司 (2015年6月) | No. 413 | 地域エネルギー事業としてのバイオガス利用に向けて
加藤望 (2014年2月) |
| No. 425 | ハードウェアとソフトウェアが融合する世界の展望
—新たな産業革命に関する考察—
湯川抗 (2015年5月) | No. 412 | 中国のアジア経済統合戦略: FTA、RCEP、TPP
金堅敏 (2013年11月) |
| No. 424 | これからのシニア女性の社会的つながり
—地域との関わり方に関する一考察—
倉重佳代子 (2015年3月) | No. 411 | 我が国におけるベンチャー企業のM&A増加に向けた提言
—のれん代非償却化の重大なインパクト—
湯川抗 (2013年10月) |
| No. 423 | Debt and Growth Crises in Ageing Societies:
Japan and Italy
Martin Schulz (2015年4月) | No. 410 | 中国における産業クラスターの発展に関する考察
趙瑋琳 (2013年10月) |
| No. 422 | グローバル市場開拓におけるインクルーシブビジネスの活用
—ICT企業のインクルーシブビジネスモデルの構築—
生田孝史、大屋智浩、加藤望 (2015年4月) | No. 409 | 木質バイオマスエネルギー利用の現状と課題
—FITを中心とした日独比較分析—
梶山恵司 (2013年10月) |
| No. 421 | 大都市における空き家問題
—木密、賃貸住宅、分譲マンションを中心として—
米山秀隆 (2015年4月) | No. 408 | 3.11後のデマンド・レスポンスの研究
—日本は電力の需給ひっ迫をいかにして克服したか?—
高橋洋 (2013年7月) |
| No. 420 | 中国のネットビジネス革新と課題
金堅敏 (2015年3月) | No. 407 | ビジョンの変遷に見るICTの将来像
Innovation and Technology Insight Team
西尾好司、湯川抗、倉重佳代子 (2013年6月) |
| No. 419 | 立法爆発とオープンガバメントに関する研究
—法令文書における「オープンコーディング」の提案—
榎並利博 (2015年3月) | No. 406 | インドの消費者・小売業の特徴と日本企業の可能性
長島直樹 (2013年4月) |
| No. 418 | 太平洋クロマグロ漁獲制限と漁業の持続可能性
—壱岐市のケース—
濱崎博、加藤望、生田孝史 (2014年11月) | No. 405 | 日本における再生可能エネルギーの可能性と課題
—エネルギー技術モデル(JMRT)を用いた定量的評価—
濱崎博 (2013年4月) |
| No. 417 | アジア地域経済統合における
2つの潮流と台湾参加の可能性
金堅敏 (2014年6月) | No. 404 | System Analysis of Japanese Renewable Energy
濱崎博 (2013年4月) |
| No. 416 | 空き家対策の最新事例と残された課題
米山秀隆 (2014年5月) | No. 403 | 自治体の空き家対策と海外における対応事例
米山秀隆 (2013年4月) |
| No. 415 | 中国の大気汚染に関する考察
—これまでの取り組みを中心に—
趙瑋琳 (2014年5月) | No. 402 | 医療サービス利用頻度と医療費の負担感について
—高齢者の所得と医療需要、負担感に関するシミュレーション—
河野敏鑑 (2013年4月) |
| No. 414 | 創造性モデルに関する研究試論
榎並利博 (2014年4月) | No. 401 | グリーン経済と水問題対応への企業戦略
生田孝史 (2013年3月) |
| | | No. 400 | 電子行政における外字問題の解決に向けて
—人間とコンピュータの関係から外字問題を考える—
榎並利博 (2013年2月) |

<http://www.fujitsu.com/jp/group/fri/report/research/>
研究レポートは上記 URL から検索できます。

ER Vol.1 No.1 創刊号

発行日 2015年9月30日（非売品）
発行 株式会社富士通総研 経済研究所
〒105-0022 東京都港区海岸1-16-1 ニューピア竹芝サウスタワー
TEL (03) 5401-8392 / FAX (03) 5401-8438
URL <http://www.fujitsu.com/jp/fri/>

編集 浜屋 敏（富士通総研 経済研究所 研究主幹）
藤田 英睦（富士通総研 経済研究所 マネージャー）
吉田 倫子（富士通総研 経済研究所 主任研究員）
タミール・スタールバーグ（富士通総研 経済研究所）
凶師 敬子（富士通総研 経済研究所）
中山 元子（富士通総研 経済研究所）

印刷・製本 株式会社グラフィック

All Rights Reserved. Copyright © 株式会社富士通総研 2015
本誌の一部または全部を許可無く複写、複製、転載することを禁じます。

本誌には、富士通グループの過去と現在の事実だけでなく、将来に関する記述も含まれていますが、これらは、記述した時点で入手できた情報に基づいたものであり、不確実性が含まれています。従って、将来の業務活動の結果や将来に惹起する事象が本誌に記載した内容とは異なったものとなる恐れがありますが、富士通グループは、このような事態への責任を負いません。読者の皆様には、以上をご承知いただくようお願い致します。

株式会社 富士通総研

東京都港区海岸1丁目16番1号 ニューピア竹芝サウスタワー 〒105-0022

Tel: 03-5401-8392, Fax: 03-5401-8438

<http://www.fujitsu.com/jp/fri/>