

# 「人工知能の経済学」視点で考える 第4次産業革命 ～雇用なき経済成長と認知アーキテクチャ～

Business  
Book  
Academy  
レポート



ビズジンが主催する無料イベント「Business Book Academy」(協賛:日立製作所)。2016年8月は、「AI・シンギュラリティ時代の成長戦略」をテーマに開催。講師は、Biz/Zine 連載「人工知能社会論からの考察」が好評で、人工知能社会論研究会の共同発起人である、駒沢大学講師の井上智洋氏と、AI 研究者である理化学研究所の高橋恒一氏。井上氏からは「人工知能の経済学－雇用なき爆発的な経済成長－」として、人工知能が未来の経済をどのように変えるのかについて。高橋氏からは、「シンギュラリティは本当に来るのか? -日本の取りうる道-」として、特化型人工知能から汎用型人工知能への潮流の変化や、その鍵となる「認知アーキテクチャ」と日本企業の取りうる選択肢としての「オープンプラットフォーム戦略」を解説。その講演内容をレポートします。

## 2030年に誕生する汎用人工知能とは一体何か。 開発の鍵を握るのは「全脳アーキテクチャ」

人間の脳と同じように様々な知的振る舞いをこなすことのできる「汎用人工知能」が2030年頃には完成すると言われている。仮に実現すれば、第4次産業革命が起き、私たちの生活は一変する。革命の鍵となる汎用人工知能とは一体何か。汎用人工知能出現により私たちの現在の生活はどのように変化していくのか。

巷を騒がせている人工知能の多くは「特化型人工知能」に分類される。この人工知能は、一つのタスクしかこなせないのが特徴だ。たとえば、Googleのような検索エンジンやSiriなどの音声認識が当てはまる。インプットしたある特定の分野には高い能力を発揮するが、人間の脳のように自律的に考え判断し、行動する、というようなアウトプットはできない。一方、汎用人工知能は自律的

に物事を考え判断するという特徴をもっており、人間の  
ような振る舞いも可能だ。

汎用人工知能を完成させるためには、人間の脳をモデル  
とした機械学習器をつくる必要がある。汎用人工知能  
は2つの方式のいずれかによって実現されると言われて  
いる。1つは、「全脳エミュレーション方式」というもの。  
これは、1000億のニューロンと100兆のシナプスから  
成る脳の神経系のネットワーク構造をすべてデータ化し

てコンピュータ上にソフトウェアとしてすべて再現する  
という方式だ。2つ目に、「全脳アーキテクチャ」と呼ば  
れる、脳の構造を模倣した「人工脳」を作ることでも実  
現される方式がある。後者の全脳アーキテクチャは、お  
およそ2030年には完成されると言われており、もし実現  
できれば一人の人間の知性を凌駕する汎用人工知能が生  
まれるとされている。

## 第4次産業革命による経済構造の大きな変化

人工知能による影響を経済学の観点から研究する井上智洋氏は、全脳アーキテクチャによる汎用人工知能が誕生す  
るとされている、2030年を「第4次産業革命」の始まりと語り、そこで起きる経済構造へのインパクトについて語る。



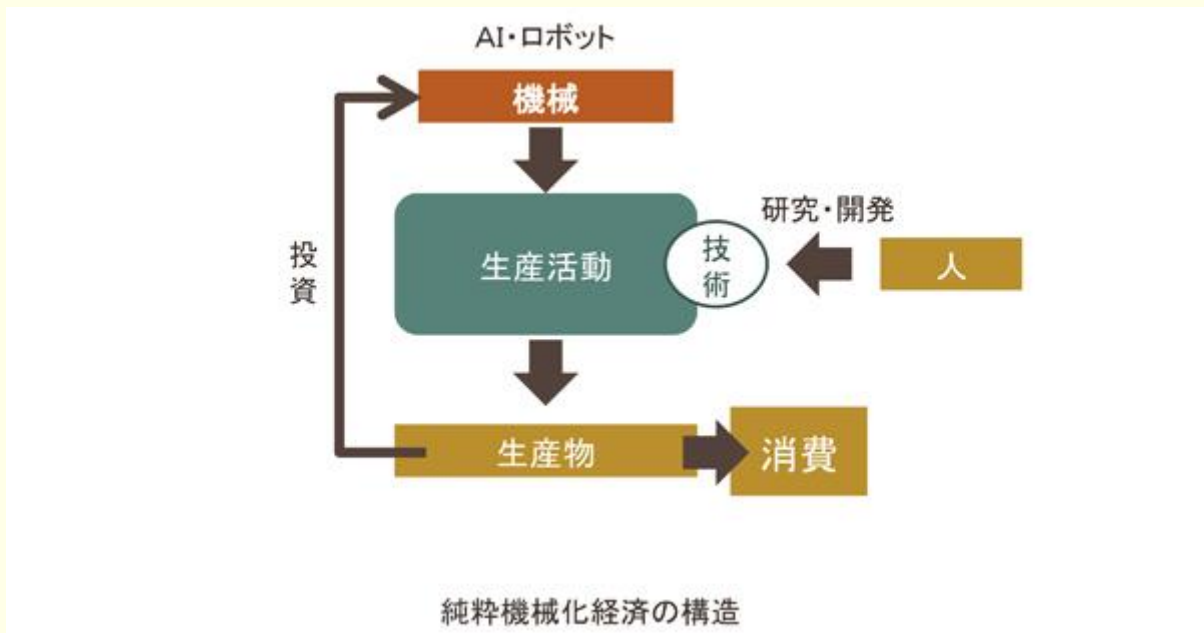
井上智洋氏（駒沢大学講師）

第4次産業革命はビッグデータ、IoT、そして人工知  
能によってもたらされる次の産業革命だ。産業革命の歴  
史をたどると、1770年には、蒸気機関による第1次産  
業革命が起き、1865年には内燃機関や電気モータによ  
る第2次産業革命が起きた。そして、1995年にはパソ  
コンやインターネットが引き金となった情報革命である  
第3次産業革命が起きた。

井上氏は、これら産業革命の歴史を俯瞰して「第1次  
産業革命は、定住革命以来の大きな経済構造の変化をも  
たらした。第4次産業革命はこの第1次産業革命に匹敵  
するほどの大きな変化になる」と語る。

第4次産業革命が起きると、経済構造に大きな変化が  
訪れる。これまでの資本主義経済を形成していた「機械

化経済」が、人工知能やロボットが生産活動に必要なインプットを主導する「純粋機械化経済」へと変わっていくためだ。



## 需要が増えても雇用が増えない「汎用人工知能」時代の深刻度

オックスフォード大学 フレイ&オズボーンの論文  
 「雇用の未来-コンピューター化によって仕事は失われるのか」

表 あと10~20年で消えそうな仕事と消える確率

職種	%	
スーパーなどのレジ係	97	大 ↑ 消える確率 ↓ 小
レストランのコック	96	
受付係	96	
弁護士助手	94	
ホテルのフロント係	94	
ウェ이터・ウェイトレス	94	
会計士・会計監査役	94	
セールスマン	92	
保険の販売代理店員	92	
ツアーガイド	91	
タクシーの運転手	89	
バスの運転手	89	
不動産の販売代理店員	86	
警備員	84	
漁師	83	
理髪師	80	
皿洗い	77	
バーテンダー	77	

2013年にオックスフォード大学のカール・ベネディクト・フレイとマイケル・A・オズボーンが発表した論文

「雇用の未来-コンピューター化によって仕事は失われるのか」によれば、今後は企業の受け付けなどの事務的な

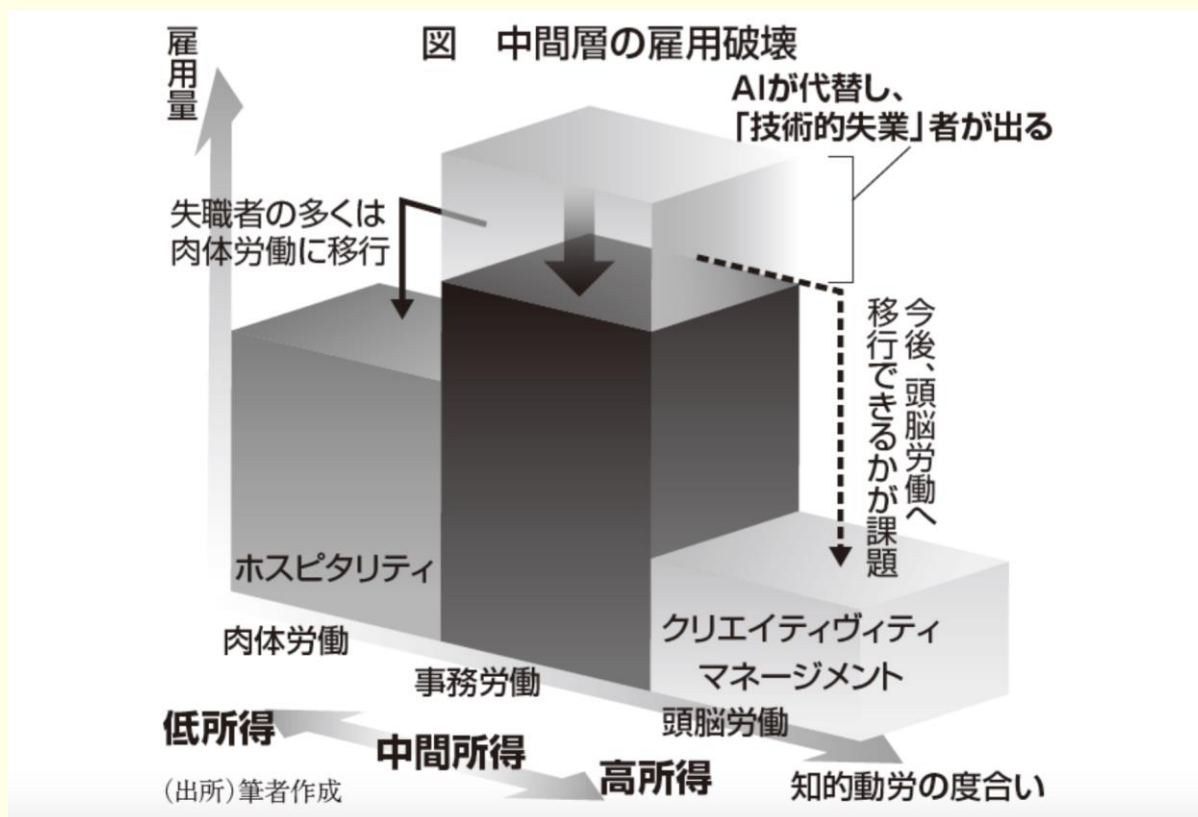
労働だけでなく、会計士や弁護士助手などの知的労働、ウェ이터・ウェイトレス、理髪師などの肉体的労働も奪われていくとされている。進歩した技術によって一定の失業者が発生する技術的失業が起きるのは避けられない。

しかし、留意したい点が、この統計はあくまでも機械によって代替可能か否かを技術的に示しているだけということだ。実際に機械に置き換えるかどうかは、導入コストなどを踏まえて考える必要がある。

#### “ 機械の導入コストと人件費を比較した際に、導入コ

ストが高ければ、人を雇用し続けるでしょう。つまり、10~20年の間に消えそうな仕事ランキングが、実現するかどうかは現時点では判断が付きません。この部分は、経済情勢と密に関わっていて、どれくらい労働者の実質賃金下がるかということによって変わっていくでしょう。”

さらに井上氏は、機械に置き換えられる“可能性の低い”、人間にしかできない仕事を表す略語「CMH」を解説した。



- C: 「Creativity」 小説や映画の作成、研究開発、商品企画
- M: 「Management」 企業経営、店舗・工場の管理
- H: 「Hospitality」 介護、看護、ホテルマン、マッサージ師

しかし、こうした職業に対しても人工知能は容赦なく影響を与えるという。例えば、ホスピタリティを必要とする仕事に、バーテンダーが挙げられる。

バーテンダーはお酒を提供する以外にも、その場にいるひとたちを盛り上げる必要がある。これは人間にしかできないと思われがちだが、汎用人工知能が誕生した場

合、人工知能やロボットがホスピタリティを身につける可能性は大いにあり得る。となると、CMHの仕事についてもロボットとの競争が起きる可能性が十分にあり得る。

“全脳アーキテクチャ方式の汎用人工知能は、人為的に作って模倣しただけなので完全に人間の脳と異なり、生命の壁は乗り越えられません。まったく人間と同じような

ホスピタリティを発揮出来るとは言い難いでしょう。しかし、人間の真似をすることで、どんどん学習していくので、ホスピタリティのレベルを追い越す可能性も十分にあり得ます。機械との競争に負けるバーテンダーも出て来れば、勝ち続けて残るバーテンダーもいる、こうした二極化は今後ますます進んでいくでしょう。”

技術的失業をさらに紐解くと、特化型人工知能による失業と汎用人工知能による失業と分けることができる。前者が原因の失業は、労働者が仕事を変えること（経済学では「労働移動」と呼ばれる）によって解決されると考えられていた。しかし、後者の汎用人工知能による失業は、それが通用しない可能性がある。

## 雇用の喪失によって生まれる新しい社会の形 「ベーシックインカム」

技術の進歩による「人間の労働からの解放」は、もはや必然であろう。特化型人工知能により事務労働は減少させられており、頭脳労働や肉体労働も減少している。さらに追い討ちをかけるように、2030年に汎用人工知能が実現した場合、雇用はますます減っていく。

人間が労働から解放され、賃金労働が消滅した場合、労働者と資本家の所得分配はどうなるのか。ロボットが生産を行う無人工場を所有する資本家は、技術が進歩することで絶え間ない恩恵を得ることができる。しかし、自分の力を切り売りしていく労働者は、技術が進歩することで収益を得る手段がなくなってしまふ。

“人間の知性と同じような働きをする人工知能が誕生して、それがロボットに搭載され、人間と同じように身体的な振る舞いをする汎用ロボットが登場した場合、ほぼ全ての職業を不必要にしてしまうかもしれません。”

失業の解決策であった労働移動の移動先がなくなる未来が訪れるかもしれない。マクロ経済政策によって景気を良くして需要を増大させ、雇用を増やそうとしても、需要は増えるかもしれないが人工知能やロボットが雇用を奪い、生身の人間の雇用が増えない可能性がある。

こうした労働者を救済すると考えられている1つの手段として、「ベーシックインカム」が挙げられる。ベーシックインカムは、収入に関係なく、全ての人に無条件に、最低限の生活費を一律に給付する制度だ。ひとり7万円の生活費が配られるというのであれば、それが人々に無償で配布されるということになる。

井上氏は、「人工知能が人間の代わりに働くとユートピアが実現する、と考えているひとも多いが、ベーシックインカムのようなしっかりとした制度を構築できなければユートピアは実現しない」と言及し、発表を締めくくった。

# 全脳アーキテクチャ方式の「汎用人工知能」完成に向けて 鍵となる、「認知アーキテクチャ」の解明

今後の人工知能技術の行方を担っている「全脳アーキテクチャ」。

全脳アーキテクチャ方式で汎用人工知能を開発する場合、大脳新皮質、海馬など脳のモジュールごとの機能を真似た機械学習モジュールが必要だ。最終的に、それらを統合することで人間のように行動する人工的に計算可能なシステムの設計図「認知アーキテクチャ」が完成するそうだ。

全脳アーキテクチャの基盤ソフトウェアの設計と開発を担当する AI 研究者である理化学研究所の高橋恒一氏は、開発者として技術的な観点から、この認知アーキテクチャについて解説した。



高橋恒一氏（理化学研究所 AI 研究者）

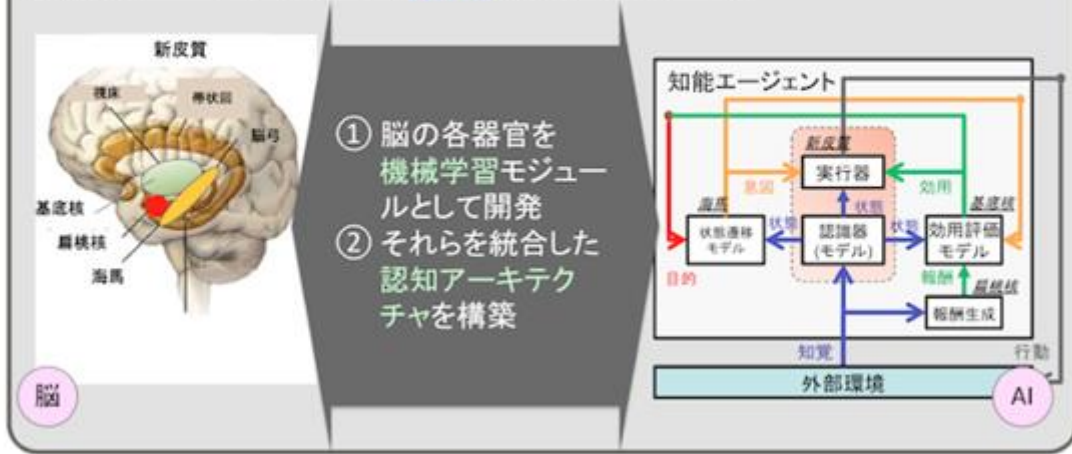
**“ 全脳アーキテクチャは、脳の各構造に対応するような機械学習のモジュールを組み合わせて構成されます。脳は特定の機能ごとのモジュールに分けられます。それを組み合わせると「人」のような認知機能が現れます。”**

こうしたアプローチが有効か否かは、現時点では 100% 証明されていない。しかし、脳は最初から特定の機能をもった機能モジュールに分けられる。それらを組み合わせるとヒトに似た認知機能が現れていく、といった仮説

をもって、構成論的に作って検証していくというのが全脳アーキテクチャのアプローチだ。

具体的な開発プロセスとして、全脳アーキテクチャは、3つのサブ仮説を検証していくことで研究が進められている。

## 全脳アーキテクチャ (WBA) のアプローチ



### サブ仮説 1 : 脳はモジュール性があるのか

大脳新皮質のなかにニューロンが集まったカラム構造というものがある。2 回遷移すると大脳新皮質のほぼすべての場所にいけるということがわかっている。併せて、神経細胞間のネットワークを可視化もされている。これらの発見は、脳にある程度のモジュール性があることを明らかにしている。マクロなレベルではモジュール性はあるが、ミクロなレベルでは、明確にモジュールに分けるのが難しいということが解明されている。

### サブ仮説 1 : 各脳器官が機械学習器として定義しうるのか

脳のモジュール一つひとつが「よく定義しうる機能を持つ機械学習器(プログラム)」として構成可能かどうかは自明ではない。これを実証するためには、脳器官の各動作を書き下すか、計算論的に一貫性のある単一の原理で動作を定義する必要がある。

### 認知機能の創発性

個々の機械学習器（ディープラーニングの場合は物体認識）の機能と脳全体が発揮する認知機能は質的に異なるように見える。しかし、機械学習器を複数結合した、複合学習器を構成して、性能を発揮させると従来のソフ

トウェア工学の範疇を超えた問題がいくつも発生する。

汎用人工知能はなぜ脳に学ぶ必要があるのか。そこには脳だけがもつ 3 つの大きな理由がある。

1. 汎用性：多角的問題解決の自律性を持つ
2. 自律性：脳は常に感覚系から情報を受け取りながら環境に対する行動を起こし、認知を繰り返す
3. ヒトの心の仕組みを真似られる：実社会へ浸透性の高い汎用人工知能を構築する近道

全脳アーキテクチャは「脳に学ぶことで、実社会への浸透性の高い汎用人工知能を作ることができる」と高橋氏は語る。

さらに、自律性を備えた人工知能は経済的に価値が高い存在になり得る。つまり、人工知能が知的労働を代替する自動化システムになり、対応できる状況が幅広ければ幅広いほど、その価値は高まっていくということだ。逆に人間の指示を待っている状態では、価値が低くなる。

「社会に対する浸透性が高ければ高いほど、価値が高まる」と高橋氏は、企業のプラットフォーム戦略を引き合いに解説した。

Google や Facebook はインターネット上の情報をほ

ば独占しており、その情報は私たちにとってはもはや無く  
てはならない存在だ。言い換えれば、これらの企業は、  
市場のイニシアチブを握っているからこそ、強固なプラ  
ットフォームを構築しているということになる。さらに、  
得た利益を人工知能技術に再投資するというサイクルが  
作られているという。日本が今からまったく同じ分野で  
太刀打ちしようとするのは難しいが、勝機はまだある、  
と高橋氏は推測する。

“ 彼らの手に染まっていない「リアルな情報」なら勝て

る可能性があります。たとえば、ソフトバンクの Pepper  
を活用することで、インターネットだけでは拾うことの  
できない、リアルな情報を組み上げてプラットフォーム  
を作り上げることができます。今後世界において、日本  
の勝機を考える上で重要なポイントです。リアルな情報  
を抑えるといったときに、ひとの心と同じ価値システム  
を持つということは、大きな武器になります。汎用人工  
知能で、ひとの和に入り込めるロボットエージェントが  
構築出来れば、それを通じて情報を操作することも可能  
になるかもしれません。”

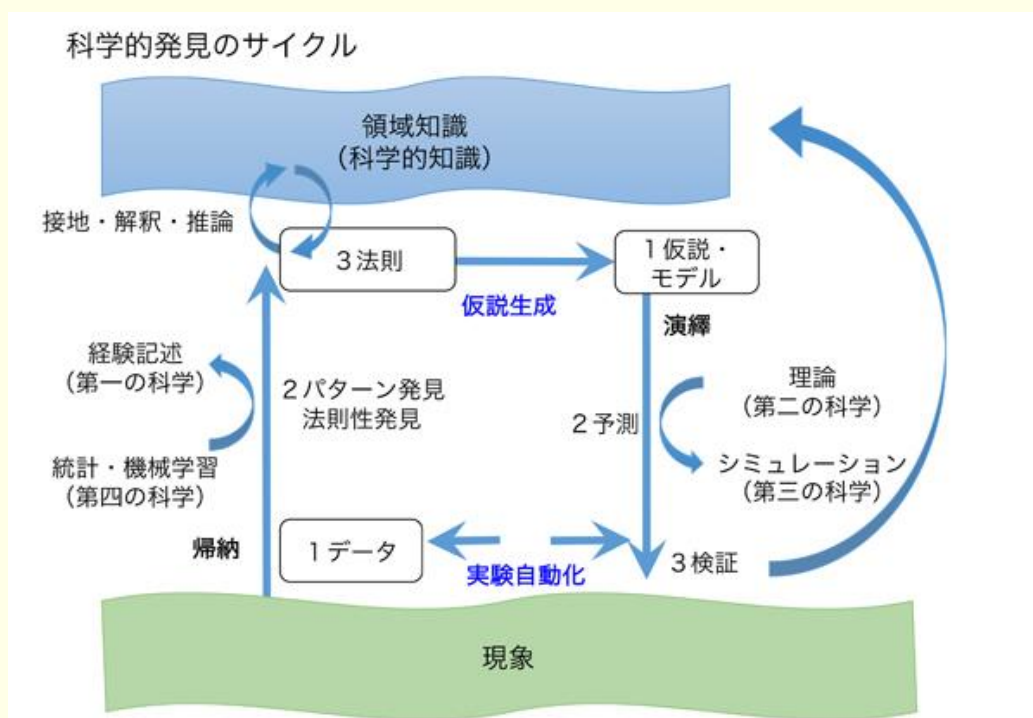
## 全脳アーキテクチャがもたらす「AI 駆動型科学」と 今後の日本の未来

最後に高橋氏は、生産活動と科学技術の未来について言及した。

ものづくりに人工知能を活用しようとする動きは、ホ  
ワイトカラーの自動化、自動運転や IoT、ビッグデータ  
など活発だが、「上流にあるのは、科学技術の発展に人工  
知能を使っていこうとする動き」と高橋氏は語る。

生産活動が資本と科学技術の掛け算であると定義する

のであれば、人工知能によって科学技術を自律的に発展  
させるサイクルを作れば、ここから得られるフィードバ  
ックはより大きなものになる。これを高橋氏は「AI 駆動  
型科学」と語り、第 4 次産業革命のコアとなる存在と述  
べた。





人工知能が駆動する科学は、第4次産業革命においてなぜコアとなる存在になるのか。高橋氏は2つの理由を説明した。

## 1：技術の発展の限界

1つは、計算機のハードとソフトウェアだけに注力していても、シンギュラリティには到達できないという事実だ。シンギュラリティを提唱したレイ・カーツワイルは、遺伝子工学の重要性を説いており、生命の情報処理原理の話を経済的に取り組まないとシンギュラリティには到達できない。計算機と汎用人工知能の技術を生命の分野で波及させていくかが今後の展開の鍵となる。

## 2：日本が先進国であり続けるために

2つ目に、経済や科学技術振興において、人工知能を重点におき進めないと、日本が先進国から脱落する可能性がある。先述したように、Google や Facebook は膨

大な情報のプラットフォームを改良していくことで利益を得て、人工知能の開発を進めている。情報のプラットフォームという面では、日本は後発だが、今後の汎用人工知能分野では巻き返せる可能性が少なからずある。技術面で取り残されないためにも、日本のAI駆動型科学に向けた研究は急務なのだ。

さらに、高橋氏はAI駆動型科学の本質についても言及した。

“AI駆動型科学の本質は2つあります。1つは20世紀以降の科学です。まだ解決できていない非平衡系の問題には今後の科学の発展に関わるものが多くあります。研究者としてその突破口をみつけないとと考えています。もうひとつは、マーケティングや製品開発をはじめとして、世の中のコンピュータで自動化できていない部分が、仮説の生成と検証というサイクルをまわすことで、自動化できると考えているからです。”



## PROFILE



### 井上 智洋（いのうえ ともひろ）

駒澤大学経済学部講師

駒澤大学経済学部講師。慶應義塾大学環境情報学部卒業、早稲田大学大学院経済学研究科博士課程単位取得退学。2015年4月から現職。博士(経済学)。専門はマクロ経済学、貨幣経済理論、成長理論、人工知能と経済学の関係性を研究するパイオニアとして、学会での発表や政府の研究会などで幅広く発言。AI 社会論研究会の共同発起人をつとめる。最新刊に『人工知能と経済の未来 2030 年雇用大崩壊』がある。



### 高橋 恒一（たかはし こういち）

理化学研究所 AI 研究者 / NPO 全脳アーキテクチャ・イニシアティブ 副代表

慶應義塾大学 SFC 在学中、世界初の仮想全細胞シミュレーター E-Cell を開発。ヒューマン・フロンティア・サイエンス・プログラム (HFSP) フェローとして米国留学を経て、現在は理化学研究所生命システム研究センターでスーパーコンピュータ「京」なども活用した様々な細胞モデリングプロジェクトを主導。そうした活動の傍ら、全脳アーキテクチャプロジェクトの立ち上げにも参画し、NPO 全脳アーキテクチャ・イニシアティブの副代表を務める。