

21世紀政策研究所新書—62

シンポジウム

# 人工知能の 現在と将来、 それは産業・社会の 何を変えるか

第121回シンポジウム（2016年10月21日開催）

講演

日本の産業に与えるディープラーニングのインパクト……………7

21世紀政策研究所研究委員／  
東京大学大学院工学系研究科特任准教授

松尾 豊

パネルディスカッション……………35

【パネリスト】

21世紀政策研究所研究委員／  
東京大学大学院情報工学系研究科特任教授

中島 秀之

21世紀政策研究所研究委員／  
東京大学大学院工学系研究科特任准教授

松尾 豊

21世紀政策研究所研究委員／作家

瀬名 秀明

21世紀政策研究所研究委員／

NTTデータ技術開発本部エボリューションセンター

樋口 晋也

AIソリューション開発担当

21世紀政策研究所研究委員／  
経団連産業技術本部本部長

続橋 聡

【モデレータ】

21世紀政策研究所研究主幹／  
東京大学大学院情報理工学系研究科教授

國吉 康夫

本日のテーマは、「人工知能の現在と将来、それは産業・社会の何を変えるか」です。

今年3月に人工知能を搭載した囲碁プログラムが世界のトップ棋士を圧倒しました。

それに象徴されるようにコンピュータの急速且つ幾何級数的な性能向上を背景にディープラーニングなどの技術も実用可能となり、人工知能の研究は急激に進展しています。今後、実社会の情報、コト、モノなどにダイレクトにつながり、知的な処理を行うことにより、産業や社会を大きく変革しうるのではないかと期待されています。

当研究所では東京大学の國吉康夫教授を研究主幹として人工知能の本格的な普及を見据えたプロジェクトを立ち上げました。人工知能が産業にイノベーションをもたらす基盤技術であることの理解を深めるとともに、これから実現に向かつての課題、わが国に適した人工知能の活用による新しい産業分野の可能性などについて探究しています。

本日ははじめに、東京大学の松尾豊特任准教授にディープラーニングについての話を

伺います。その後のプロジェクトの研究委員全員によるパネルディスカッションでは、経団連会員企業の皆さま方をお願いしたアンケート結果なども参考にし、人工知能の現在と将来についての議論を深めたいと思います。

本日のシンポジウムにより、皆さま方の人工知能についての理解がいつそう深まるとともに、わが国の産業競争力強化の一助につながればと祈念いたします。

二〇一六年十月二十一日

21世紀政策研究所所長 三浦 惺



講演

日本の産業に与える  
ディープラーニングのインパクト

21世紀政策研究所研究委員  
東京大学大学院工学系研究科特任准教授

松尾

豊

## データから学習する人工知能、ディープラーニング革命

自己紹介からいたします。日本に人工知能学会があり、編集委員長を2年ほどやらせていただき、現在は倫理委員会の委員長をやらせていただいています。きょうはディープラーニングを中心に話をします。

Google DeepMindのアルファ碁が、イ・セドル九段を破ったことは記憶に新しいと思います。その中心になったのはディープラーニングという技術です。それがなぜすごいのかという話をします。

連日のようにメディアで人工知能という言葉が耳にしますが、1956年から人工知能という分野ができたとされており、今年でちょうど60年です。その間、ブームになっては冬の時代が来ることを繰り返し、今回が3回目のブームです(10ページ図表1参照)。

IBMのワトソン、自動運転、ソフトバンクのPepper、iPhoneのSiri、将棋、囲碁など、いろいろなキーワードが出てきますが、基本的に昔からやっている技術が少しずつよくなっているだけであり、ブームになったからといってすごいことが急に起こっているわけではありません。過熱しやすい分野であり、期待感がすぐに過剰になり、危な





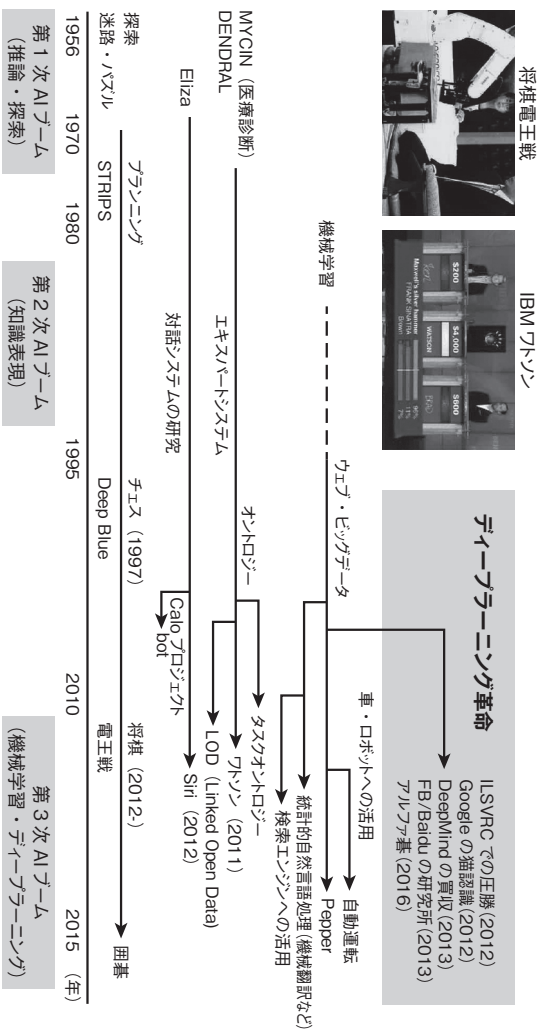
松尾委員

い状態によくなります。今のブームも期待感が高まっているのはある意味でかなり危険な状態かと思えます。昔からこの分野はあり、できることとできないことの領域が少しずつ変わってきているので、できるところ、できないところを的確に見分けることが重要と思えます。

ただ、ディープラーニングに関しては破壊的なイノベーションが起こっており、この領域では何十年もできなかったことが次々にできるようになっています。ディープラーニングは期待しても期待しすぎることがないぐらいに潜在的な可能性が大きく、この技術に投資する意味は大きいと思えます。

ディープラーニングでできることを簡潔に言

図表1 人工知能の歴史



(参考) <http://venturebeat.com/2011/02/15/ibm-watson-jeopardy-2/> <http://weekly.asci.jp/elem/000/000/207/207410/>

うと、認識、運動の習熟、言語の意味理解、主にその三つです。認識とはコンピュータが苦手としていた画像認識ができるようになったということです。運動の習熟とはロボット、機械が練習し上達できるようになったということです。言語の意味理解とは、コンピュータが言葉の意味を扱えるようになるということです。

まずは認識です。ネコ、イヌ、オオカミの写真は、人間は一目で見分けますが、コンピュータにとっては見分けることは難しいことです。例えば目が丸ければネコ、目が細長く耳がたれていればイヌ、目が細長く耳がとがっていればオオカミと判定するというルールを書くと、ある程度判定できますが、目が細長く耳がとがっているシベリアン・ハスキーのようなイヌもいます。

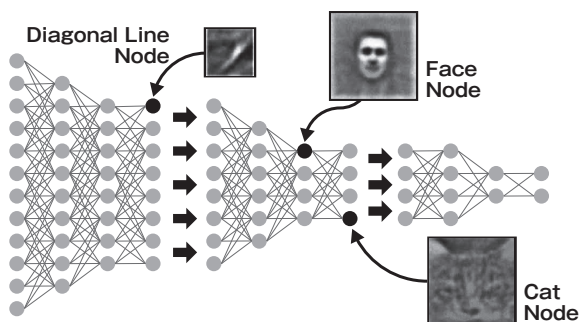
人間が見比べるとシベリアン・ハスキーはイヌっぽい顔を、オオカミはオオカミっぽい顔をしていると分かりますが、イヌっぽさ、オオカミっぽさを定義してくれと言われると困ります。目が丸い、耳がとがっているなどの特徴量を人間が定義している限り、画像認識は一向にうまくならず、それが大きな問題でした。

画像認識における特徴量、機械学習における特徴量の設計は難しい問題でした。人工

知能の研究の中ではほかにもフレーム問題、シンボルグラウンディング問題という難問がありました。今までの人工知能は人間が現実世界を観察し、どこが重要か見抜き、モデルを作っていました。モデルができればその後の処理は幾らでも自動化することができましたが、モデルを作る行為そのものは自動化ができていませんでした。そこに起因し、いろいろな問題が発生していると思います。

ディープラーニングはそこに突破口を開くものであり、人間がモデル化する行為そのものをいかに自動化するかという糸口を与えつつあると思います。有名な研究が「Googleの猫」です(図表2参照)。2012年にインターネットから取った大量の画像をあるやり方で学習させました。ニューラルネットワークというタイプの人工知能の技術を使い、たくさん画像で学習させると入力に近い層では単純な特徴量である線、点のようなものが学習されます。それが上のほう(図の右側)に行くとより複雑な特徴量である人の顔っぽいもの、ネコの顔っぽいものが学習されます。要するにネコのネコらしさが画像を入力するだけで自動的に学習されているということです。

図表2 Googleの猫(2012年)



- ・ YouTube から取ってきた大量の画像をニューラルネットワークに学習させることで、下位の層のニューロンには線や点といった単純な特徴量が、上位の層には、人の顔やネコといったより複雑な特徴量が学習される。
- ・ 人間の視神経のモデルとして知られているものと極めて近い。

(出所) Quoc Le, et. al: Building High-level Features Using Large Scale Unsupervised Learning, ICML2012, 2012

人間の精度を超えた「画像認識」から  
「運動の習熟」へ

ディープラーニングは2012年の画像認識のコンペティションで優秀な成績を収めました(14ページ図表3参照)。エラー率は2011年まで26〜27%ぐらいでしたが、2012年のコンペティションにディープラーニングのチームが出て、16・4%まで減らし、10年分ぐらいかかるイノベーションをいきなりやりました。しかも、特徴量の設計を職人技でやるのではなく、自動で学習しました。衝撃的でした。

その後、画像認識のエラー率はみるみ

図表3 認識：2012年以降のエラー率の変化

	Error	
Before ディープ ラーニング	ImageNet 2011 winner (not CNN)	25.7%
	ImageNet 2012 winner	16.4% (Krizhevsky et al.)
	ImageNet 2013 winner	11.7% (Zeiler/Clarifai)
	ImageNet 2014 winner	6.7% (GoogLeNet)
After ディープ ラーニング	Baidu Arxiv paper:2015/1/3	6.0%
	<b>Human:</b> Andrej Karpathy	5.1%
	Microsoft Research Arxiv paper: 2015/2/6	4.9%
	Google Arxiv paper: 2015/3/2	4.8%
	Microsoft Research CVPR paper: 2015/12/10	3.6%

2015年2月には人間の精度を超えた

画像認識で人間の精度を超えることは数十年間、実現されていなかった

るうちに向上しています。2013年には11.7%、2014年に6.7%になりました。このタスクにおいては人間がやると5.1%間違えますが、2015年2月にはMicrosoftが4.9%、2015年3月にはGoogleが4.8%、最新の手法では3.6%まで下がりました。2015年2月にコンピューターが画像認識で人間の精度を超えたことは、後に歴史の教科書に載ってもよいほどの出来事だと思います。

その一つだけを取っても相当大きなインパクトだと思います。人間の

仕事の中で認識能力を使っているものはたくさんあります。それが、何らかの形で自動化、機械化が技術的に可能になったわけです。

次に運動の習熟です。練習してうまくなるということですが。人間もゴルフボールを打っているとだんだん上手に打てるようになります。たまたま上手に打てるのはうまく打てたと思ひ、その打ち方を繰り返して上達します。報酬（満足感など）が与えられると報酬の前に行った行動を強化するという仕組みで、これを強化学習と言ひ、昔からあった技術です。ゴルフボールをいつも同じ打ち方で打てばよいのではなく、こういうときにはこういう打ち方というように学習しないといけません。どういふ状況でどういふ行動をすると良い、悪いというように状況と行動をセットで学習します。

従来の強化学習のやり方では状況を記述するのに人間が定義した特徴量を使つていたので限界がありました。ところが、ディープラーニングと組み合わせるとディープラーニングで出てきた特徴量を使い、状況を記述し、強化学習をするということをやります。違いはそこだけですが、それによって大きな変化が起こります。

アルファ碁を作つたDeepMindが2013年後半に行つていた研究で、ブロック崩し

を学習するAIを作っていました。最初は下手ですが、強化学習でだんだん上達します。スコアを報酬にしてスコアが上がると前にやった行動を強化するという仕組みにより、だんだん上手になります。しばらくするとエキスパートのように上手になります。

しかし、そのぐらいならば昔のAIでもできました。昔のAIではこれがボール、これは自分が動かすバーと定義するとできました。ところが、これがすごいのは画像を入れていただけで、ボールっぽいものがある、バーっぽいものがある、そのX座標が一致しているときに点が入りやすいと学び、上手になっていくことです。そうするとコツを見つけるようになります。左端を狙い、通路を作り、ボールを上を放り込めば点がすぐ入るということをやっています。画像から特徴量を作っているので左端、右端に通路ができている状態はよい状態だと気づいているのです。

全く同じプログラムを使い、違うゲームを学習させることもできます。インベーダーゲームもブロック崩しと全く同じプログラムで上達させることができます。今までの人工知能では強化学習を使うにしてもこれがインベーダー、これがミサイルと人間が定義しないとイケませんでした。それを人間が定義せずに、画像を入れるだけで学習します。



同様のプログラムを使うことで、昔のアタリ社の60種類ぐらいあるゲームのうち30種類以上で人間のハイスコアを上回ります。残り半分の冒険ゲーム、パズルゲームなど、思考、記憶を必要とするものは人間のほうがうまいですが、反射神経、運動神経だけでよいものはコンピュータのほうがうまいと、2013年の時点でできていました。

ロボットに同様のプログラムを適用するとロボットはだんだん熟練すると想像できましたが、それを実際にやったのがカリフォルニア大学バークレイ校で、2015年5月に発表されました(18ページ図表4参照)。ロボットがおもちゃの部品を本体に組み付けるということを、強化学習でやっています。最初は下手ですが、だんだん上手になります。上手に組み付けられると報酬がもらえます。上からカメラで見ているので入力画像で、ブロック崩しと原理的には同じです。何度も繰り返すうちにだんだん上手になり、うまくはめ込めるようになります。画像を見て特徴量を取り出しているところが、それまでの大きな違いです。いろいろなタスクを学習させることができ、ブロックをくつつけることもできるようになります。

それを自動運転に適用したものが、日本のプリファード・ネットワークス(PFN)

## 図表4 運動の習熟：ディープラーニング+強化学習が 実世界へ(2015年)

### ●実世界への適用

- 2015年5月 試行錯誤で部品の取り付けを習熟するロボットの開発 (UC Berkeley)
- 2015年5月 試行錯誤で運転を習熟するミニカーの開発 (PFN社、日本)
- 2015年12月 試行錯誤でピッキングが上達するロボットの開発 (PFN・ファナック、日本)
- その他、メリーランド大、EUのプロジェクト等も進展

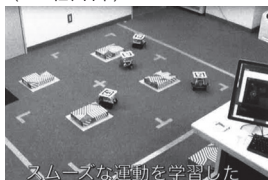
### ●考えてみれば当たり前

- イヌやネコでもできる。高次な言語能力は必要ない。認識が問題だった
- 歴史的には、多数の人工知能研究者がこのことを主張してきた

試行錯誤で作業学ぶロボット  
(UC Berkeley)



試行錯誤で運転を学習するミニカー  
(PFN社、日本)



- (参考) <https://research.preferred.jp/2015/06/distributed-deep-reinforcement-learning/>  
<http://news.berkeley.edu/2015/05/21/deep-learning-robot-masters-skills-via-trial-and-error/>  
[http://www.nikkei.com/news/print-article/?R\\_FLG=0&bf=0&ng=DGXMZ083844520S5A300C1000000&uah=DF170520127709](http://www.nikkei.com/news/print-article/?R_FLG=0&bf=0&ng=DGXMZ083844520S5A300C1000000&uah=DF170520127709)

とトヨタが共同で今年の年始のCESという展示会に出したものです。ミニカーが強化学習で学習した結果です。車は下手な状態から何回もぶつかり、練習し、上達しているのです、どうなるとぶつかるか、どうすればよけられるかが分かっています。人間の運転手と同じように下手な状態から上達しているのです、一回うまくなればさまざまな状況に上手に対応できます。

同じような技術を Google でもやっています。今年3月に出たものでは、ロボットアームでいろいろなものを持ち上げ、下ろすという練習を、ロボットアーム14台を並列させ、14倍の速度で学習させています。学習させることで、いろいろなものを上手につかめるようになります。これはすごいことで、今までのロボットはできませんでした。たぐさんのものが入っている箱の中から目的のものを見つけることは認識の問題なので、すごく難しかったです。しかも、ものによっては持つべき場所が違います。長いものは長い方向に持つと、持てないので、短い方向に持たないといけません。丸いもの、柔らかいものなど、それぞれ持ち方が違います。人間が定義すればできたのですが、たくさんものがあると難しかったです。

人間はいろいろなものを持てますが、赤ちゃんのときに練習しているからです。赤ちゃんのときに持ち上げては落とすということは何回も練習しているから何でも持てるようになります。そのことを忘れていますが、それと同じような練習の過程で上達します。最近 Google が出したものでは、ロボットアームでドアノブを開けます。練習し、上達した後はドアの位置をずらしても上手に開けることができます。

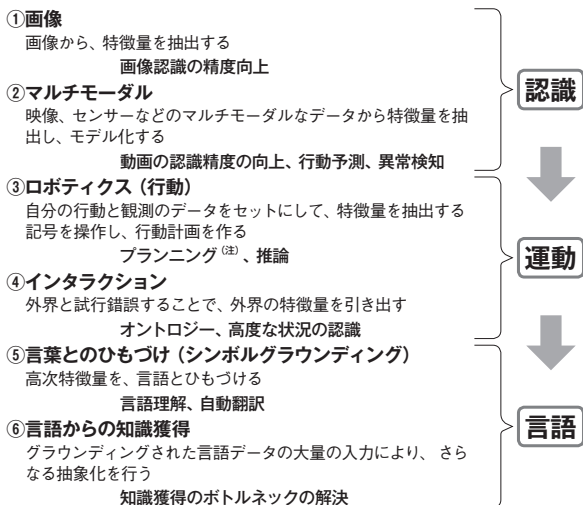
そのようにいろいろな行動がどんどんできるようになっています。人工知能、ロボットの世界では昔から「モラベックのパラドックス」が知られており、子供のできることは難しいと言われていました。例えば医療の診断、数学の定理の証明、チェスをするなど、大人、専門家でないとできなさそうなことは人工知能研究のかなり初期の1960年代、1970年代から実現されてきました。一方で、3歳児でもできるような認識、運動の習熟、積み木を上手に積むようなタスクは一向にできるようにならず、逆説的なのでパラドックスと言われていました。

第3次Aーブームの一番の肝は、「モラベックのパラドックス」が崩れてきたこと、3歳児でもできることをコンピューター、機械ができるようになったことだと思っています。なぜできるようになったかというと基本的にコンピューターのパワーが上がってきたからです。アイデア自体は昔からありましたが、それがようやく実現されてきたということです。

### 最終到達点は「言語の意味理解」

今後どういいう変化が起こるかという認識、運動、言語という順番かと思っています（図

図表5 ディープラーニングの今後の発展



ディープラーニングがすごいというより  
その先に広がる世界がすごい

(注) 問題領域の用語や概念を関連づけ、体系化したもの

表5参照)。子供の発達過程と似ています。目で見て分かるようになり、体の動かし方が上達し、いろいろな概念を捉えられるようになるので言葉の理解ができます。今でも自然言語処理の分野はありますが、統計的言語処理であり、意味の理解をしていません。Google翻訳で翻訳はできませんが、ある英語の文字列がある日本語の文字列に置き換わる確率を統計的に計算し、それが一番高くなるものを選んで

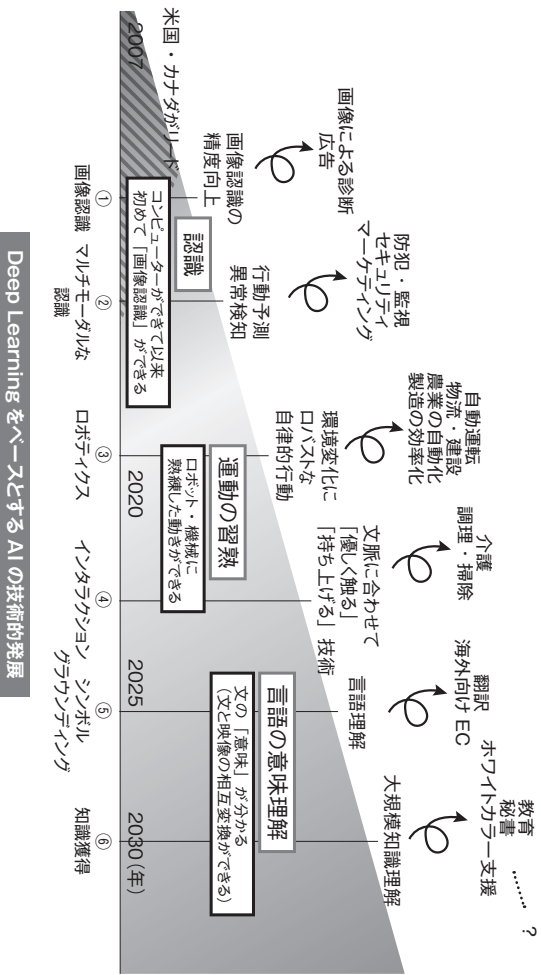
でいるだけであり、意味が分かって訳しているわけではありません。

ここで言う言語は意味の理解を伴うものです。意味の理解は議論のあるところですが、単純化すると文から画像、映像を生成すること、画像、映像から文を生成することです。文と画像、映像の相互変換能力が意味を理解することであると考えると早晩実現すると思います。

今話したようなことは2030年ぐらいいままでに起こるのではないかと思って描いたものが図表6です。産業、社会にいろいろな影響を与えます。認識ができるようになるだけで医療における画像診断ができます。例えばレントゲン写真を見て影があると判断するのは画像認識の問題なので自動化できます。防犯、監視、不審者を見つけることもできます。運動の習熟まで行くと自動運転、農業、建設、物流、介護、調理、掃除などできます。言語の意味理解まで行くと翻訳、ホワイトカラー支援などができます。

この図を描いたのは2年前で、当時論文で出ていたのは図表の斜線のところですが、2年たつとすぐ増えていきます。認識のところが難しかったのですが、そこを超え、技術の進展が異常に速い状況です。言語の意味理解は2025年ぐらいいまでかかるのでは

図表6 人工知能技術の発展と社会への影響(2014年9月での未来予測)



図表7 言語の意味理解：Automated Image Captioning(2014年)



(参考) <http://cs.stanford.edu/people/karpathy/sfmltalk.pdf>

ないかと思っていたのですが、少しずつでき始めました。

その一つは Automated Image Captioning という技術です(図表7参照)。画像を入れると文が出てきます。男の人がギターを弾いている写真を入れると「man in black shirt is playing guitar.」という文が出てきます。

昨年末からその逆ができるようになりました。文を入れると画像が出てきます。「A very large commercial plane flying in blue skies.」と入れると飛行機が青い空を飛んでいる画像が出てきます。「blue」を「rainy」と替えると雨っぽい画像になります。画像を検索しているのでなく、描いているので、ありえない文を入れることも



できません。「A stop sign flying in blue skies. (青い空を飛んでいる止まれの標識)」と入れると止まれ標識が空を飛んでいるような画像を描くことができます。われわれが小さいころに話を聞いてその情景を頭の中に思い浮かべたことと近いことができるようになっていくことです。

「A stop sign flying in blue skies.」という英語の文から画像を生成します。それを Automated Image Captioning で日本語に直します。そうすると英語から日本語へ画像を介した翻訳になっています。意味が分かって訳している意識かと思えます。現時点では解像度が低い、静止画で動画ではない、抽象的な概念をどう表すのかなど、いろいろな問題がありますが、そういう技術が進展すると10〜15年ぐらいで自動翻訳は実用的なレベルに達するのではないかと思えます。

人間の知能はどのように構成されているかを考えます(27ページ図表8参照)。人間も生物なので世界の中で生きていくために、世界を観測し、行動しないとけません。そのときにパターンの処理は重要な働きをします。食べられるものか、食べられないものか、敵か、味方かなどの判断をする必要があります。現実世界とパターンの空間での処

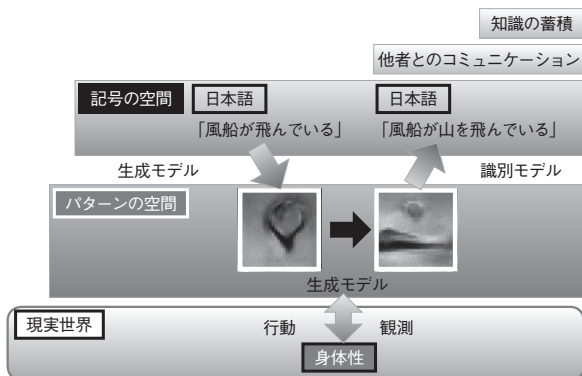
理がベースになっています。

人間の場合はさらに言語を使い、その上に学習をブースト（促進）させる仕組みがあります。言葉を使い、思考、推論しています。記号の空間とパターンの空間を行ったり来たりし、思考するところに人間の知能のすごさがあります。さらに言語は他者とのコミュニケーションに使われ、知識の蓄積にも使われます。それが知能の大ざっぱな全体像だと思います。

今までの研究ではパターンの空間の処理が弱く、計算量が大きいのでできなかったのです。今はそこをディープラーニングがやっています。ディープラーニングだけで全てをできると言うつもりは決してありませんが、パターンの処理という難しく、これまでミッシングパーツだったところを埋めています。それが現実世界とのインタラクション、記号の空間での処理と組み合わせ、人工知能の全体像が再構成されると思います。

子供の人工知能と大人の人工知能を分けています（図表9参照）。子供のできることはど難しいという「モラベックのパラドックス」が破られつつあり、そこで実現しつつある一連の技術のことを子供の人工知能と言っています。ビッグデータ、IoTのように

図表8 記号処理の目指すべきところ



- ・今までの推論（述語・命題論理による演繹や帰納・仮説推論）は、記号の空間だけでやろうとしてきた。
- ・思考とは、パターンの空間と記号の空間を行ったり来たりすること（ラプラス変換や周波数変換と近い）。
- ・この上に、言語によるコミュニケーションや知識の蓄積が構成される。
- ・いずれも目的は、「いかに少ないサンプルで自由度の高いモデルを同定するか」。

図表9 「子供の人工知能」と「大人の人工知能」

●大人の人工知能（ワトソン型）

- ビッグデータから人工知能へという持続的イノベーション
- ビッグデータ全般、IoT全般、ワトソン、Siri、Pepper...
- 一見すると専門家（大人）のできることができているが、人間が裏で作り込んでいる
- 販売、マーケティングなど。今後は、医療、金融、教育など

●子供の人工知能（ディープラーニング型）

- ディープラーニングを突破口とする破壊的イノベーション
- 子供のできることができるようになっている
- 人間の発達と同じような技術進化：認識能力の向上、運動能力の向上、言語の意味理解という順で技術が進展する
- モノづくり中心

特徴量の設計を人間がやらないといけないのが大人の人工知能、やらなくてよいのが子供の人工知能

今までデータを取ることが難しかった領域でデータが取れるようになりました。そこに昔からある人工知能の技術を使うといういろいろな面白いことができるというのを大人の人工知能と言っています。

大人の人工知能は一見するとすごいことができるように見えますが、後ろで人間が作り込んでいるわけです。もともとはインターネット、マーケティング等に相性がよかったのですが、今後は医療、金融、教育などの分野でどんどん広がると思います。

子供の人工知能はどこで使えるかということ、現実世界を見ること、運動の習熟ができるので、現実、実世界に近いところで、典型的には農業、建設、食品加工などと思えます。それらは自然物を扱っているので認識できないと機械化ができませんでした。例えばトマトは市場規模も大きく、収穫に工数がかかるにもかかわらず、トマト収穫ロボットはありません。なぜかという認識ができなかった、運動の習熟ができなかったからです。技術的にそこを乗り越えられつつあるので、今後トマト収穫ロボットもできます。農業はほとんどの作業が人間の認識能力を必要としているので人手がかかりますが、そこが自動化できると産業的な変化が大きいと思います。

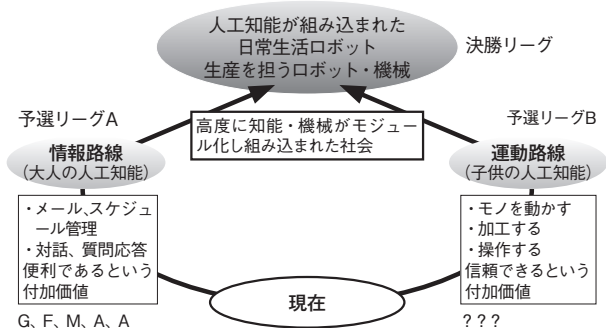
建設も同じです。建設現場で人手不足になるのは人の認識能力が必要とされているからです。一見すると機械を使っているように見えますが、ほとんどの作業に人間の認識能力を必要としています。食品加工、調理も同じです。レストランの裏で人が調理をしているのは当たり前と思っていますが、人が調理するしかないからです。

調理は典型的に認識と運動の習熟を必要とするので機械化、自動化ができませんでした。ところが、今後できるようになるので外食産業、食品加工産業は大きく変わります。自動化したときの産業変化は巨大だと思えますし、日本の高いレベルの食を機械に乗せ、そのまま海外に売ることもできます。

日本の戦い方は運動路線がよいと思います（30ページ図表10参照）。人間の日常生活、生産の場面で人工知能が高度に使われる時代が早晚来ると思いますが、そこに至るまでに二つの道があります。情報路線はメール、スケジュール管理をするなど、情報で助けられる賢い秘書のような役割です。G (Google)、F (Facebook)、M (Microsoft)、A (Apple)、A (Amazon) が強く、日本企業が割って入ることは難しいです。特に英語圏でないと戦えません。

図表10 日本は運動路線のほうが戦いやすい

- ・最終的には、日常生活、仕事におけるロボット・機械の活用。状況ごとに個別性があるので、認識能力がない状況では対応できなかった。ここにどう至るかが鍵
- ・情報路線で行く道（Google、Facebook系）と、運動路線で行く道があるのではないか
- ・海外企業・研究者は機械・ロボットに苦手意識
- ・予選を勝ち進んだ企業が決勝に進むイメージ



運動路線はものを動かす、加工する、調理する、掃除するメイドのような役割です。まだ決勝進出を決めたチームがほとんどありません。有望なのは自動車、産業ロボット、農業用機械、建設用機械、食品加工機械などかと思いますが、日本では世界的なシェアを持つ企業がたくさんあります。そういう企業が認識、運動の習熟といった技術を取り入れ、新製品を作り、予選リーグBを勝ち上がることは荒唐無稽なシナリオでない、可能性が十分にあると思います。その上で、決勝リーグでは

Google、Facebookなどと戦うという戦略があると思います。

「眼を持った機械」による日本の新たな産業競争力の実現へ向けて

今話したことをひと言で言う、「眼の誕生」です。地球の進化の歴史の中でカンブリア爆発があります。地球ができてから45億年ぐらいたちますが、5億4200万年前、5億3000万年前という短い期間に現存する種の全ての生物分類上の「門」が出そろった時期があります。それをカンブリア爆発といいます。諸説はありますが、なぜカンブリア爆発が起こったのかは謎です。

その解の一つを提案しているのがアンドリュー・パーカーで、光スイッチ説と言います。眼ができたからということですが、それまでの生物はぶつかると食べる、ぶつかると逃げる、逃げるほうも眼を持つと急いで逃げる、隠れる、擬態するなど、いろいろな戦略が採れます。それで生物の多様性が一気に上がったと言っています。

ディープリンングは眼の技術なので、ロボット、機械のカンブリア爆発が今後起こ

ると思います。ということが可能になるかを挙げますと、眼を持った機械の可能性は認識系技術だけでも警備、防犯、見守り、社会インフラ構築、顔による認証、わいせつ画像判定、表情読み取り、国家の安全保障、防災、医療など、たくさんあります。それそれを見ても相当大きな産業です。さらに運動系技術、機械系技術と組み合わせると建設現場、重機、セメント固め、溶接、農業、自動操縦、産業用ロボット、調理、ペットロボット、医療、介護、バイオ、廃炉などが立ち上がるはずで、それを日本企業が取れるかどうかです。日本の産業上大きな分岐点にさしかかっていると思います。

日本は少子高齢化し、いろいろな社会課題があります。特に労働力、肉体労働の労働力が不足しています。労働力の不足は認識、運動の習熟、眼を持った機械によって解決できるものはかなり多いです。農業は認識能力があればかなり自動化できます。介護、廃炉、防災も解決できる可能性があります。しかも、そういう技術を日本国内で伸ばすことによって大きな新たな技術産業にすることができるかもしれません。

実現するためには人材育成が重要だと思えます。同時に認識の技術、眼を持つ機械ができることで社会全体がどう変わるのか、事業がどう変わるのかをきちんと見抜き、早



く動くこと、もう一つはそういう技術が使われるようになる社会はどういう社会なのか、  
どういふ社会が望ましいのかを議論することが重要です。



パネルディスカッション

【パネリスト】

21世紀政策研究所研究委員／

東京大学大学院情報理工学系研究科特任教授

中島 秀之

21世紀政策研究所研究委員／

東京大学大学院工学系研究科特任准教授

松尾 豊

21世紀政策研究所研究委員／作家

瀬名 秀明

21世紀政策研究所研究委員／

NIITデータ技術開発本部エホリユーションセンター  
AIソリューション開発担当

樋口 晋也

21世紀政策研究所研究委員／経団連産業技術本部本部長

続橋 聡

21世紀政策研究所研究主幹／

東京大学大学院情報理工学系研究科教授

國吉 康夫

【モデレータ】

國吉 21世紀政策研究所の人工知能の本格的な普及に向けてというプロジェクトの研究主幹の國吉と申します。私は東京大学の情報理工学系研究科にあります。専門はロボットで、ロボットの立場から知能を考え、研究しています。登壇者の皆さんに自己紹介をしていただきます。

樋口 NTTデータの樋口と申します。人工知能関連のR&Dを推進しています。

続橋 経団連産業技術本部長の続橋と申します。科学技術政策全般を担当しています。

中島 中島です。3月までは公立はこだて未来大学にいましたが、6月からは東京大学の先端人工知能学教育寄付講座で特任教授を務めています。

瀨名 小説家の瀨名秀明と申します。この中で私は異色ですが、1990年代終盤ぐらいからロボットや、人工知能の研究者の皆さまと話をさせていただく機会がよくあり、そういう関係の小説、ノンフィクションをたくさん書かせていただきました。

國吉 松尾先生を含め、以上がこのプロジェクトの委員です。パネルディスカッションでは、経団連の会員企業各位にいただいた人工知能についての考え、期待、疑問等のアンケート結果からいくつかの論点を取り上げ、それらに答える形で各委員が発言、解説



國吉研究主幹

を試みます。

まずはAーの定義に関して、「エキスパートシステムと今のAーの違いは何か」「Aーとうたわれている製品、サービスは本当にAーなのか」「本物のAーと偽物のAーを区別する方法は？」などの質問をいただきました。

樋口委員には産業の現場感覚から意見を伺います。

Aーによって事業・産業はどう変わるのか

樋口 私はお客さまから年間200件程度の相談を受けています。その感覚から説明いたします。Aーは概念的な言葉なのでお客さまによりいろいろなイメージがあると思いますが、大き

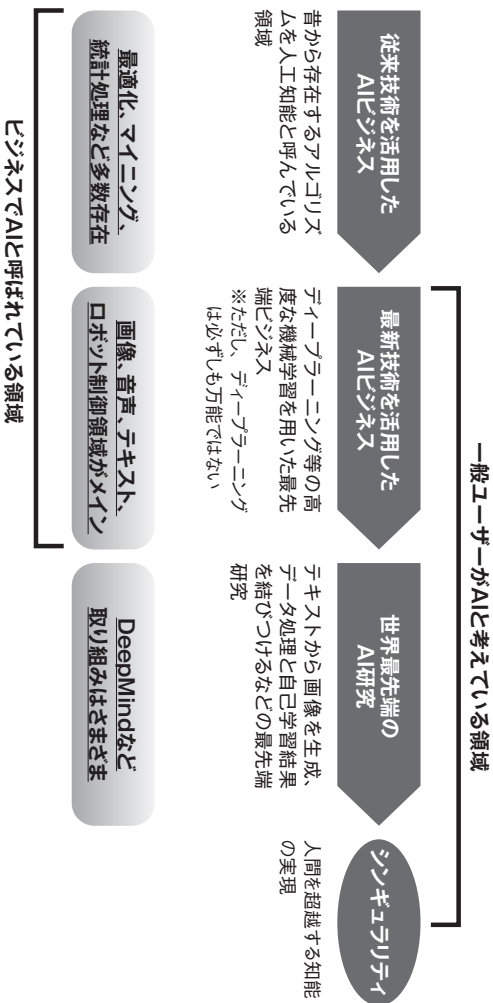


樋口委員

く分けると四つに分類できると考えます（図表11参照）。

一つ目は従来技術を活用したAIです。AIの研究は長く行われているので昔からずっと研究してきた技術をAIと呼ぶことは全くおかしい話ではありません。そういう昔ながらの技術を使ったビジネスはたくさんあります。二つ目は最新技術を活用したAIです。ディープラーニング、機械学習を複数組み合わせ、高度な技術を実現し、AIビジネスをしている場合があります。三つ目は世界最先端のAIです。テキストから画像を人工知能が自動的に生成するなどのビジネス展開には至っていないが研究領域では話題になっているAIです。四つ目はシン

図表11 人工知能に対するイメージの違い



ギユラリテイ（技術的特異点。技術が指数関数的に発展する転換点）のような万能型A-Iです。シンギュラリテイは2045年をめどに人工知能が自分を改造し、より賢くなる、というような夢の話ですが、そのイメージをお持ちのお客さまもいらつしやいます。当社のビジネスでは一つ目と二つ目をA-Iと呼んでいます。一般の皆さまと話をしてると二つ目、三つ目、四つ目をA-Iと考えている方もいるようです。そこにギャップがあると考えます。偽物のA-Iと皆さんが思っているのは一つ目かと思えます。そういう状態と認識しています。

**國吉** 人工知能の研究側から見たときにどういものが人工知能であり、どういものがそうでないのかという全体像について松尾先生はいかがでしょうか。

**松尾** 今の人工知能と言っているものはデジタル革命とディープラーニング革命の2階建て構造になっていると思います。

デジタル革命はI-Iの擬人化です。今までI-Iと言ってもなかなか分からなかった、想像力の働かなかったものが、人工知能という言い方をすると急に想像力が膨らみ、自分たちの仕事をもっと効率化できるのではないかと重要だと思い始めたのがデジタル革



命の話です。本当は20年前からやらなければいけなかったことですが、ようやく多くの人が分かってきて、それをAIという言い方をしています。ディープラーニング革命はこの2、3年で急激に起こっているイノベーションです。眼ができたことで、日本の戦略的なチャンス、特に製造業にとって大きなチャンスだと思っています。

人工知能は広い領域です。その中の一つとして機械学習という分野があります。さらにその中の一つの技術としてディープラーニングがあります。機械学習以外のいろいろな技術が人工知能の領域に含まれますし、ディープラーニング以外のさまざまな技術も機械学習の中に含まれます。ディープラーニングの中でもいろいろな技術があるという構造をしています。

國吉 次にAIに期待することです。どういうところでどのように効果を発揮してくれるのかです。「コールセンター、生産現場の効率化、マーケティング、人事」「ノウハウの形式知化、リスク抽出・評価、人が作成した計画・判断の評価」「応対業務、単純作業の代替」「ノウハウや暗黙知を形式化、再現」「創造的な活動」などの期待が寄せられています。樋口委員、産業界から見えてどうでしょうか。

図表12 ビジネスで注目されているAI活用法

●**現業務の改善**

➡ コスト削減がメインの目的。顧客対応サービスの進化（コールセンターなど）、知的専門職のサポート（医師、弁護士など）、バックオフィスの高度化（面接など）。

●**サービス化の推進**

➡ データ分析を活用することで、モノ売りからコト売りに変化。業界を超えた参入も。

●**ビジネスのスケールアウト**

➡ Uber や Airbnb が代表例。人を介さないサービスにより急激に事業を拡大。

●**リアル世界のインテリジェント化**

➡ ロボットに「眼」が導入されることによるロボットの進化、モビリティの高度化など。

樋口 A-I が適用できる領域は幅広いと考えます。そのために説明もなかなか難しいのですが、ビジネスで A-I を使う場合には最先端技術や高度な技術を使うことが重要ではなく、いかに利益を挙げることが重要だと考えます。そういう観点で大きく分けると四つの方向性があります（図表12参照）。  
一つ目は現在の業務を A-I で改善する、高度化するという話です。ニュースでもよく取り上げられているので、分かりやすい A-I 活用法かと思えます。コールセンターでオペレーターがエンドユーザーの質問に答える仕事を楽にする、医者、弁護士が活用するなどの例があります。  
二つ目は降は若干気づきにくいところもあるかと思えます。二つ目はサービス化の推進です。モ

ノ、データを持つている人がAIを適用し、自らのビジネスを広げるといふ考え方です。分かりやすいのは自動車です。自動車をネットワークにつなぎ、ワイパーの動きを取得することにより、日本のどこで雨が降っているのかを細かく知ることができます。そのデータを分析することで、農業、天気予報など、自動車と関係ない業態に進出することができます。データを持つ企業が他業界に進出するにはAI以外も必要になりますが、業界を超えた参入にAIを使うといふ考え方はあると思ひます。

三つ目はビジネスのスケールアウトです。大企業ではなく、ベンチャーなどがよく取っている戦略と考えます。有名なものがUber、Airbnbといふ会社です。全てをIT、AIで処理を行い、人を全く介さないことにより、短期間で一気にビジネスを拡大させるといふ考え方です。そういうところにAIを使うことは重要な考え方です。

四つ目はリアル世界のインテリジェント化です。先ほど松尾先生からあつた話そのもので、ロボット、環境に眼が導入されることにより、インテリジェント化され、社会が変わるといふ話です。その四つの活用があると考えます。

國吉 社会は変わるという話が出ました。経団連、政府でもAIの導入、活用により、

どういう社会を目指し、何をやるのかに関しては Society 5.0 が出ています。続橋さんから解説、意見をいただけますか。

社会全体で新しい未来像を描くには

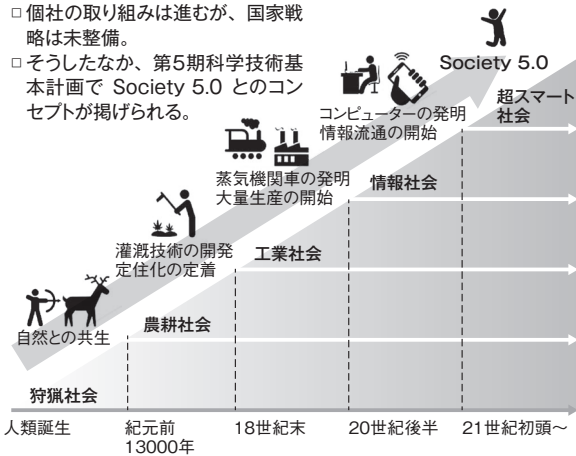
続橋 松尾先生から日本の戦略の話がありました。そういう戦略を進める上でのコンセプトに当たるのが Society 5.0 かと思います(図表13参照)。安倍総理はいろいろな会議に出ると Society 5.0 と言っていますが、もともとは今年1月に出た第5期科学技術基本計画でコンセプトが示されました。

人類誕生に始まる5段階の社会があります。最近よく聞く第4次産業革命は工業社会以降からの話です。工業社会はジェームズ・ワットの蒸気機関の第1次産業革命から始まります。西暦1800年ぐらいからの話で、たかだか200年ぐらいの話です。第2次産業革命がトーマス・エジソンの電気で、第3次産業革命がコンピューターです。さらに第4次産業革命が今のスマート社会です。

歴史的な長さが Society 5.0 は Industry 4.0 と比べても全く違いますし、産業の課題

図表13 わが国の取り組み—Society 5.0—

- 個社の取り組みは進むが、国家戦略は未整備。
- そうしたなか、第5期科学技術基本計画で Society 5.0 とのコンセプトが掲げられる。

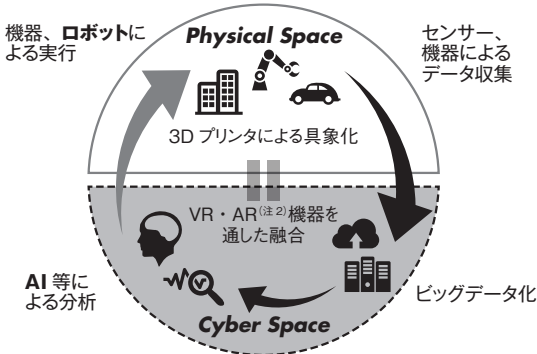


だけでなく、社会も含めた課題だということ。健康、介護、安心、安全、防災などまでスコープは広がっているのが特徴です。

そうした社会を築くためにどうするか。サイバーフィジカルシステム（CPS）という言葉があります。現実社会とサイバー空間をうまく活用し、Society 5.0を進めようということ（46ページ図表14参照）。その中には幾つかの要素があります。最初にIoTでいろいろなデータを取ります。そのデータをビッグデータ化し、整理します。データをどのよう整理し、活用するかは重要な課題です。

図表14 技術的背景

- ICT の急速な進化を背景とした、サイバー空間とフィジカル空間の融合 (CPS) (注1) による新たな価値の創造が、変革を支える基盤。
- CPS を基盤に AI・ロボット等による価値創造も加速。



(注1) CPS：サイバーフィジカルシステム

(注2) VR (Virtual Reality)：仮想現実。AR (Augmented Reality)：拡張現実

情報の保護などもあり、その利活用がうまくいかないとデータはなかなかそろわないという問題があります。

いずれにしても、ビッグデータ化を進め、AIにそれを投入します。どれだけよいデータをAIに与えられるのが鍵になります。碁、将棋もそうですが、よいデータを与えるとどんどん強くなります。さらに、AIは頭脳なので実際に活動するのはロボットです。フィジカル空間に戻り、どれだけよいロボットが作れるかということになります。そこが最後の実行では重要になります。

國吉 社会全体的話になりました。個人的にsocialの理念として共感しており、すばらしい、先見性のあるものと思います。一方で、具体的にそこにどう到達するのかについてはこれから深掘りが必要だと考えます。今分かっていることは今できつつあることです。そこから先をどうするのかはしっかりと見えていないと考えます。われわれも頑張つて寄与しなければいけないと考えています。

これからの課題ではノウハウ、暗黙知があります。私はかなり重要と思います。これから乗せるコンテンツという意味で、日本は生産現場での暗黙知、形式化されていないが現場で工夫し蓄えているようなノウハウ、技能をいかにA-1の上に乗せて活用できるのか、価値化できるのかという課題があると思います。暗黙知の扱いについてご専門に近い中島先生はいかがですか。

### ディープリングを突破口とする暗黙知の領域

中島 暗黙知の定義は形式化できない知であり、「暗黙知の形式化」という表現は形容矛盾であることをまず申し上げます。先ほど松尾先生の話の中にディープリングで眼



中島委員

ができたという話がありました。基本的に暗黙知の部分を扱えるようになったのがディープラーニングだと思っています。今までは形式化しない限り、コンピューターに乗らなかつたものが、今や暗黙知のまま扱えることが重要です。形式化というのは言葉上で間違いという以上に中身としてやめたほうがよいと思います。

眼の話、カンブリア爆発と同じようなことが起こるとするのはよい形容だったと思います。続橋さんがおっしゃった Society 5.0 では、Society 1.0 が 100 万年、2.0 が 1 万年、3.0 が数百年、4.0 が数十年と来ましたが、Society 5.0 は数年です。ジョークではなく、本当に数年単位です。いいことが起こると見たほうがよい



と思います。

まだ始まっていないのは事実かもしれませんが、雰囲気的にアメリカでは始まりかけていると思います。シリコンバレーでは新しい技術が出ると数カ月で世の中に広まります。来年あたりから始まると思ったほうがよいです。

**國吉** 暗黙知の形式化については私も同意見です。だからこそ、日本の膨大なるコンテンツの蓄積を生かすために、ちょうど技術がディープリングを中心に使える状態になりました。そのことに気づき、それをどう生かすかは大事だと思います。

創造的という話も出ています。技術開発では絵画を自動生成する、作曲するというシステムの研究もされています。それがクリエーティブかどうかはいろいろな意見があると思いますが、既存のもの組み合わせにより新しいものを作るときに、あるアーティストのスタイルに合わせて作る手法です。クリエーションという意味では、作家である瀬名委員はどういう意見を持っていますか。

**瀬名** 星新一さんのショートショートを人工知能に入れ、しかし星新一さんの真似ではなく、星新一さんの面白さに匹敵する小説を作ることが目的のプロジェクトがあります。



瀬名委員

私も最初に少し関わりました。ストーリー骨格は自動的にかなりできるのですが、そこから先の面白さはまだできていないと思います。

暗黙知という話がありましたが、賛成しながら、私は小説家なので別の見方を話し、ヒントになるぐらいのほうがいいかと思います。数年前にピーター・ワッツというカナダのSF作家と意識について話をする機会がありました。ワッツはAIについても詳しくはありますが、私はアメリカ人と日本人が話をすると話がどうもずれると昔から感じていました。

意識は英語ではconsciousです。無意識は英語で何と言いますか。unconsciousですか。英語ではsubconsciousなんですね。深層意識と

どうか、意識には上っていないが、どこか意識で気がついているような状況です。例えばゾンビは subconscious がなく、unconscious で生きている、そういう状況かと思いません。

創造的な活動は conscious と unconscious の間の subconscious がかなり利いていて、それが暗黙知かと思えます。ディープラーニングで画像認識の話が出てきましたが、ひよっとすると unconscious の部分と subconscious の部分がうまくディープラーニングでできるようになると、ネコをネコと感ずるディープラーニングは unconscious なのか subconscious なのかと小説家としては考えてしまいますが、さらに面白い、創造的な人工知能ができるようになるかと思えます。

小説家としては将棋、囲碁の方と同じで、自分たちがどうやって創作しているのかを知りたいのです。そのためであれば研究者に協力したいと思えます。そのへんがAの中で将来的に面白いものになるのではないかと期待しています。

國吉 研究課題的にはディープラーニングを扱っているパターンの部分と、形式知のドメインである記号的な部分をきちんとつなげられるのかということにも関係する気が

します。言語とつながるかは松尾先生が講演でも扱っていました。松尾先生、そのへんはどう見られますか。

松尾 言語は何となくこんな感じだろうというのは、先ほど話したことで想像が付きまです。意識はさらに難しいと思います。意識は何かに焦点を当てるのが元は視覚に由来していると思いますが、自分の内部のプロセスに焦点を当てるようなことをします。焦点を当てられるところと当てられないところがあり、当てられないところが subconscious みたいなことになります。「自分が考えている自分」が考えている自分、みたいに無限後退すると自分がある種の自由意思を持っている、そういう感覚につながるのではないかと思います。それがどういう仕組みでできているのかはすごく難しいと思います。

國吉 A-1に期待すること、どこで使われ、どういう効果があり、世の中がどうよくなるのか、ほかに意見のある委員はいますか。

松尾 作家のような創造的な活動のまねをすることはできるかもしれませんが、創造的な新しいものを生み出すことは結構難しいと思います。それは評価関数を持たないから

です。面白いと感じるか、美しいと感じるかは、人間が進化的に相当作り込まれているものなので、その関数は非線形であり、すごく難しいはずです。それをコンピュータが模倣することはほぼ不可能だと思います。人間のハードウェア、センサーなど、進化に由来するところに原因のあるものは難しいのではないかと思えます。

中島 私も同じ意見です。コンピュータがレシピをまねる、有名レストランと同じ味を作ることとはできるが、創作料理はできないだろうという話をしています。要するに身体性です。どういう味がよいのかは食べることをする人でないと分からないという意味でそう思っていました。人間のクリエイターの大部分はそんなことなしにやっているという話も聞きます。曲でも、絵でも、何でもよいのですが、そういうものが売れているのかを分析し、その方向で作れば創作はできるということです。創作というときに本来の意味の創作もありますが、ファッションのクリエイターなど、法則で創作していることもあるという話です。

A1はそもそも人間の無意識の部分を探ろうとしてみ始めた分野です。形式化できるところは自分たちで説明できるからコンピュータに頼らなくてもいろいろなことが分

かります。大人のA-Iは教科書的に言語化し、形式化して書けるからそれでよいのですが、暗黙知の部分、subconscious、unconsciousの部分は言葉にならないので、A-Iはその仕組みを考え、プログラムし、同じように動くかということでも試してきました。

A-IとI-Tはどう違うのかという話もありますが、やり方がよく分からないので試している間がA-Iです。やり方が分かると普通のプログラムに乗るといった、そういう違いだと思うので私はA-IとI-Tをあまり区別していません。

プロの棋士、例えば羽生善治さんに聞くと「駒が光る」という言い方をします。これは、形式化されていない、暗黙知をそのまま表現しています。将棋は理詰めของเกมですが、それを読んでいる過程が本人には分かっているということなんです。人間の知的活動と言われている部分の大部分は言語化されていません。これからそこを扱う分野にディープラーニングという武器ができ、踏み込んでいきます。そういう意味でA-Iの研究としても今までとは違うフェーズに入っていると思います。

**國吉** クリエーティブなものについて、実際に商業的に行われるときのクリエイションはシステムティックという話はたぶんそうだろうと思います。それは結構自動化できる、

今のAIの技術で扱える範囲でしょう。市場のデータから評価関数を推定することは現在の技術の範疇にある話かと思えます。それができれば、それによって最適なソリューションを出すように学習する、探索するというのはAIの技術の範疇で、すでにあるところでは。結構できてしまうところが多くあるのではないかと思えます。本当のクリエーションのほうが身体性に根ざすということも、私は根本的に賛成です。

意思決定の主体は人間なのか？ AIなのか？

國吉 次はAIに対する不安、懸念です。世の中でいろいろと議論されていますが、「人間とAIの主従関係が逆転しないようにすることが課題」「意思を持つAIの実現可能性は？ AIの暴走は防止可能？」意思決定は人間がすべきものであり、AIを活用したくない」「AIが生み出した結果の根拠特定方法が課題」「アイザック・アシモフのロボット工学3原則のようなのが必要では？」という論点がアンケートで指摘されました。

まず、松尾先生が言われた意識の定義は、意識の定義の中の一部であり、アテンションのようなものです。意識の科学という分野があり、意識の研究者たちがいます。そこ

で長年検討が重ねられ、意識は幾つかの要件があり、そういうものを満たすものを意識という、だいたい決まってきました。それに基づき、それらを公理系とし、理論の構築がされています。その代表格としては意識の統合情報理論（I-I-T）<sup>フレイ</sup>が発表されています。ジュリオ・トノーニという研究者の主導でやっているものです。意識量にΦという量を定義しています。情報理論で、情報量的な概念ですが、それで計算できるというものです。

基本的に意識は複雑ないろいろな情報を統合した状態です。過去にいろいろな状態があったものを統合し、今の一貫した状態があり、これからの複雑に分岐する状態を制御している、そういう一貫した状態が意識であるという定義を理論化しています。Φは連続量なので人間はいつぱい持っています。イヌもかなり持っています。ハエ、ハチもそれなりに持っています。もっと単純な生きものも少しはあるかもしれません。そういう記述的な理論です。

科学の歴史を振り返っても、ある量の記述ができたことは重要です。その後それを生み出す、扱う、利用するというメカニズムが作られるように歴史は進んでいます。意



識のメカニズムそのものが構築されることも夢物語というか、これからどう行くか分からない、ギャップが大きいということでもないかもしれません。連続的に技術が進化する可能性はあります。今は意識の研究者の中で人工意識を構築するプロジェクトを国からお金をもらってやっている人もいます。まじめな研究課題にもなっています。

その場合の意識はハイレベルなのか、もっと小さい細菌レベルなのかは分かりません。いろいろなレベルがあるために、意識ができるといっても今はどのぐらいの意識と言わなければいけないという精度がいきます。自由意思についても研究が進んでいます。雲の上のよく分からないものではなく、こういうメカニズムから生まれるかもしれないという話に徐々になっています。

そういうことを踏まえた上で、私は人工意識は実現可能性があると思います。ものすごく遠くでなく、一部、徐々に、少しずつできていても不思議ではないと思います。そのへんについてはどう考えますか。

中島 A-1は科学ではなく、工学だと思います。科学は現実にある現象を説明すればよいわけです。物理学はその最たるものですが、世の中の現象を説明します。工学はその

現象を作り出すということです。意識がどうなっているかという観測と記述が科学ですが、A-1はそれでは満足しません。ほかにも感情などいろいろあります。

感情を持ったプログラムを作っている人がいますが、あれは感情パラメーターを入れており、怒り、喜びをパラメーターでやっています。あれは本当に作ったことにはなりません。観測した感情をそのまままねしているだけです。A-1としてやるには本当に感情を持つ、意識を持つことをやらないといけません。それは分からないという前提ですが、作業仮説としてはわれわれが志向する問題解決をするときに役に立つものでなければいけません。要するに問題解決の機能の一つだろうと思います。

松尾さんが無限後退の話をしました。プランを立てるときに自分だけではなく、ほかの人がいます。そうすると、ほかの人は何をしようとしているのかというモデルを作らないといけません。自分1人しかいないのであれば自分の思いどおりにいきますが、手がいるときには相手をモデル化し、何をやるか考えるということを計画します。そのときに自分もいるわけで、自分もモデル化しないといけません。自分の中に自分のモデルがあり、自分のモデルの中にはさらに下の自分のモデルがなければいけないという話

になり、無限後退という話がありました。

そう思うと答え、解が出ないわけです。自分は自由意思を持っているから何でも考えられる、モデル化をしなくてもよいという仮説を入れることにより、初めて今の問題が解けるということをやります。それがAーで考えるところの自由意思です。

意識はメタコントロールシステムだと思えます。世の中の全部のことを考えていると計算時間が足りないのです、その中の一部に絞るという指向性です。そういうことをやらないといけないと思います。

ディープラーニングがすごく期待されていますが、あれは機械学習の一部です。機械学習は今まで与えられたデータから次に来たデータを判別するものなので基本的に情報は足りません。今まで100個のことを知り、101個目を計算しなさいと言われており、十分な情報がないときにやらなければならないというのは機械学習の本質です。

そのときにいつも起るのが汎化しすぎる overgeneralization と、汎化が足りない overfitting です。与えられた例はちゃんと学習したが次の例は分からないのが、overfitting ですし、極端な話、イヌを学習し、ネコが来てもイヌと言ってしまうのが

overgeneralization です。機械学習の研究はそこにつまく線を引くためのメカニズムです。与えられた例だけでやっている限り、精度はどんどん高くなるが100%にはならないと思います。

そのときに出てくるのが意識というか、目的、こうあってほしいという構えのほうです。その下に学習をします。だから、データからボトムアップに行くのではなく、トップダウンとボトムアップを組み合わせた形で推論と学習をすることでたぶん解けると思っています。そういう場面で意識を考えたいと思います。

**國吉** 工学的な意味で重要な機能を担うものが、生物で意識と呼ばれるものに相当するものだから必要だということです。AIの暴走は防止可能かと聞かれています。そのために必要です。ただ情報にドライブされて動く、ただ盲目的に動くのではなく、自分は何をやっているのか、これでよいのかと上から考えるのが意識に相当するメカニズムです。そういうものがなければ暴走します。そういうものが暴走しないために必要です。AIのシステムはgeneralizeできないためにすごく変な間違いをすることがあります。間違えるときは人間の常識から外れているような変な出力のときがあります。それが暴

走に近く、害があります。そういうことが起こるようでは使えません。人間の常識に合った振る舞いをしてくれないといけません。そのためにも上位構造は重要な技術課題でもあると考えます。

もう一つ、意思決定は人間がすべきものであるというのは正しいと思いますが、いろいろな意見があると思います。賛成の方はいますか。

中島 A-1はいかに賢くなっても道具です。道具は人間が目的のために使っているので、すべきも何も、当たり前だろうと思います。A-1、コンピューターシステムはHOWはできません。あるゴールを与えるといかに実行するかを考えられるのですが、何をすべきか、Whatは今のところ人間から出るしかないと思います。意識を持ってトップダウンにという話をしましたが、その意識はどこから来るのかというと、外から与えられるしかないのです。ロボット3原則からいうと人間の命令という形でやってきますが、それを守りなさいということで動くしかありません。

樋口 意思決定を人間がするか機械がするかは難しい問題です。人間の幸福のために人工知能をいかに使うかが重要です。人間が幸福になるなら人間が意思決定すればよいし、

幸福にならないならA-1が意思決定してもよいと思います。前に、仕事をどのよう割り振るべきかという論文を読みました。人間が仕事を割り振るとえこひいきしているのではないかなどと深読みしてしまい、作業者の幸福度が下がりました。逆に人工知能が仕事を割り振ると公平感があるように思われ、作業者みんなが満足したという結果となりました。だから、場合によっては人工知能が意思決定をしてもよいと考えます。

國吉 この問題はそんなに簡単ではないと思います。意思決定もいろいろなレベルがあります。松尾先生の講演で強化学習の話がありました。あれは意思決定をしています。意思決定といっても、次にコップのどこに手を伸ばすかみたいなことです。手を伸ばすか、あるいはボトルのほうを持つかなど、行動の選択が常に起こります。その意思決定は学習の対象であり、A-1システムが常にやることです。それをどのレベルまでやるのかです。

意思決定についてある程度委譲できず、その全部を人間がやるのであれば役に立ちません。自動運転がよい例です。自動運転も運転中の全ての意思決定を任せます。A-1を考えるとときには必ず度合いの話になります。ある程度は意思決定を委譲し、どこを人間

が担保するのです。人類の幸せのため、人間のためになっているかどうかは譲れないところ。境目はどこかという議論が必要かと思えます。

中島 Aーの分野で意思をちゃんと分けたB Dーモデルがあります。Belief、Desire、Intentionです。Beliefとは世の中がどうなっているかという世の中のモデルそのものです。Desireとは一番ハイレベルの意思、何をしたいかです。生きたい、おいしいものを食べたいなどです。Intentionとはそれを具体化するときにどう逃げるか、どのレストランに行くかなどです。Desireがトップレベルにあり、それを実施する方法がいろいろある中でそのうちの1個をintendします。それと、今の世の中と比べ、差を縮めることがモデルになっていますので、IntentionとDesireぐらいでちゃんと分けておいたほうがよいかもしれません。

### 新しい倫理や社会制度の議論が待たれる

國吉 次にロボット工学3原則(注1)について議論をします。意見はありますか。

瀬名 ロボット工学3原則とはアイザック・アシモフがジョン・W・キャンベルJr.と

という作家兼編集者と一緒に考え『われはロボット』という古典SFの中に書いたものです。Three Laws of Roboticsと言います。ロボット工学3原則という言い方は間違いで、ロボット学3原則と言ったほうがよいと思います。

アイザック・アシモフが小説の中で議論を重ね、後年までずっと取り組んでいたテーマであり、最終的にロボットの倫理の問題だという話に行き着いています。世界と対峙するときに自分はどうのように世界を幸せにするために行動できるだろうかという規範がロボット学3原則だと言っています。

その議論は途中で終わってしまうのですが、カウンターパートとして人間学3原則の話もしています。Three Laws of Humanicsと小説の中で書いています。ロボット学の3原則が議論されるようになる時代には人間学の3原則もできるのではないかという話をしています。これはロボットだけの話ではなく、私たちがどのように世界を倫理的に見て行動するかという一つの提案だとアシモフは言っています。

國吉 中島委員、これはよいのでしょうか。

中島 倫理だと思うと正しいと思います。松尾さんは人工知能学会の倫理委員長をやっ



ていて、A-1の倫理を作るのならこのレベルのものをぜひ作ってほしいです。ロボットが守るといっても、ロボットを作る人がこれに従ってロボットを作りなさいという形のものかと思います。なぜかと言えば、ロボットのプログラムに書いても実行できません。映画『ロボコップ』には文字で出てきます。ロボコップは人間の脳なので、字を読んで動けなくなりますが、プログラムにそれを作り込むことは技術的に無理だと思います。

ロボット工学3原則には「第1条に反する場合は」「第1条および第2条に反するおそれのない限り」というものが出てきます。A-1では非単調推論と言います。情報が何もなければ命令に服従していればよいのですが、命令に服従していると誰かが死ぬと分かった途端に行動を変えなければいけません。それはまだ実装できていません。推論規則を一生懸命に作ろうとしている人たちはいますが、すごく簡単なものでもできていないのが現状です。

國吉 現状の技術で作れないというのには同意しますが、だからこそ頑張るべきというのが私の意見です。必要だと思えます。開発側の人間が守るべき倫理だというのはそう

かもしれませんが、そこにとどまるのでは駄目で、AIシステムに内在化させることは絶対に必要で、そこを解決するべきです。ロボット工学3原則に「ロボットは人間に危害を加えてはならない」と書いてありますが、現状ではできません。危害とは何なのか、どういう動き、どういう状態変化が危害なのかはその場になってみないと分からないので、事前にプログラムすることは困難です。

アシモフの小説にはいろいろなものが出てきます。例えば重いものを持っているだけでは何も危険がないですが、人の頭の上に持って行って手を離したとします。手を離れた後にすぐにつかめば危害は回避できるので、離すこと自体が絶対に駄目ではないのです。そう思った瞬間に勝手に落ちます。

物体の落下自体は自分がやっているわけではないので、第1条の後半がなければ放つておいて死んでしまうことが起きます。第1条の解釈はとても難しいです。今の例でも第1条の後半が厳格にあれば絶対に危険を見過ごしてはいけません。ちゃんと回避されるわけです。そこを弱めるとえらいことが起きます。それがアシモフの小説です。書いてあることは一般原則なので、それを実際の行動に反映できる技術は今のところないと

思います。

アシモフの小説に、ロボット工学3原則がロボットの陽電子頭脳の設計をするための数学理論の中の一根本的な方程式に埋め込まれていると書かれています。したがって、その理論で構成された頭脳が行うおよそあらゆることがそれに従うと読めます。すごいことと思ひまして、そういうことができるように頑張るといふことです。

プログラミング、A-1の研究の中で制約論理、制約プログラミングといふ概念があります。具体的な値、具体的な演算を記述せず、値の関係が満たすべき拘束条件だけで具体的なもの指定せず、関係だけを指定します。そういう概念がありますが、それは結構使えるのではないか、そういう延長線上にあるかと思ひます。私はやるべきと思ひます。瀬名 アシモフは晩年の小説でロボット自体が3原則以外の第0条ゼロを自分で作ると書いています。第1条に先立つ「ロボットは人類に危害を加えてはならない」といふのをロボット自体が見つけることになっています。自己モニタリングができるかといふことに近いような気がします。ある種の人工知能が自分の世界観で物事を判断しているうちに一つ上の世界観を持っていて、そこで自己参照できるかといふことが第0条を作ること

につながるのかと、作家としては思います。

(注1) ロボット工学3原則

第1条 ロボットは人間に危害を加えてはならない。また、その危険を看過することによって、人間に危害を及ぼしてはならない。

第2条 ロボットは人間にあたえられた命令に服従しなければならない。ただし、あたえられた命令が、第1条に反する場合は、この限りでない。

第3条 ロボットは、前掲第1条および第2条に反するおそれのないかぎり、自己をまもらなければならない。

## A-1の導入とその経済的効果

國吉 次に現実的な話題に移ります。A-1の導入の課題、効果についてです。「データの取得に課題がある」「A-1導入の費用対効果に疑問がある」「導入コストは?」「経済効果を検証してほしい」「A-1にとって処理しやすい業務フローへの変革に課題がある」「A-1を理解し活用する人材の獲得・育成に課題がある」という指摘をアンケートでいただきました。そのことに詳しい樋口委員からお願いします。

樋口 A-1を導入するときはどういうプロセスをたどるのかについて説明いたします(図表15参照)。どのような業務に適用するかによって価格はだいぶ変わります。ハードを使うか、使わないのか、自動運転みたいな壮大な話であれば値段も大きく変わります。

図表15 ビジネスにおけるAI導入プロセス

導入コンサル

基本的な AI に関する考え方を説明。

- ・ AI 導入は簡単ではない
- ・ 目的が重要

PoC  
(試験導入)

試験的に導入を行い、効果を測定する。

- ・ 期間は2～6カ月
- ・ 費用は数百万円以上。ある程度の規模の PoC であれば、500 万円以上になる

本格導入

本格的にシステムを開発し、お客さまに納品する。

- ・ 費用は拠点数などにより大きく変化
- ・ 人件費以外にサーバ費用などにも必要な場合がある

アルゴリズムをゼロから作るのか、既にあるものを適用するのか、どのぐらいチューニングをするのかなど、さまざまあり、一概に価格を設定するのは難しいと思います。人工知能でコールセンター、チャットなど、業務、オペレーターの効率化をする場合を想定し、ざっくりと図表15を描いたと理解していただければと考えます。

基本的な導入方法はプロジェクトによりあまり変わらず、三つに分かれると考えます。最初に導入コンサルを行います。人工知能の導入はソフトをインストールして終わりという形にならないことが多く、入れた後も継続的にAIを育てていく必要があるなど、お客さまとの意識のギャップを埋めるためにコンサルティングを行います。その後で本当にお客さまのビジネスで成果を挙げることができるのか、POC（試験導入）を行い、効果を測

図表16 AlphaGo

- \* 深層学習でプロ棋士の棋譜(3000万局面)を再現する予測器の作成 予測率 57%
- \* 予測器を初期値としてコンピューター同士で強化学習させ、元のシステムに80%勝つシステムを作成
- \* そのシステムを使って3000万局面をデータにしてvalue networkを作成(これが囲碁の評価関数に相当)
- \* モンテカルロ木探索を使ってプレイ
- \* 機械学習に50個のGPU 1カ月
- \* 対戦は1202個のCPUと176個のGPU

定します。試験導入についてはタスクによって変わりますが、2カ月ぐらいで終わるときもあるし、6カ月ぐらいかかることもあります。人工知能はお客さまのデータを活用するので、データを社外に持ち出せないことになればお客さま側で作業場所を確保するだけでも1カ月かかりますし、秘密保持契約を結ぶだけで1カ月前かかりますので、期間も見積もりにくいところがあります。POCで成果ができれば最終的に本格導入に至ります。

國吉 中島委員は意見がありますか。

中島 アルファ碁は人類で1番目に強い人ではなく、2番目に強い人に勝ちました(図表16参照)。学習に3000万局面を使いました。次の1手を学ぶのに3000万の棋譜から学ばせるようにしたのが最初です。モンテカルロ法でランダムに打ち、うまくいったものを使うこと

図表17 「あから2010」の開発(情報処理学会)

表：多数決による性能の向上。  
勝率は1手3秒、1000局より計算

人間が分散並列環境と対峙	Player	勝率 (%)
・約200台の計算機を使用 ・分散並列探索法+合議法 4異種プログラム (Gekisashi、GPS Shogi、 Bonanza、YSS) で多数決	多数決合議	73
	Gekisashi	50
	GPS Shogi	36
	Bonanza	62
	YSS	37

(出所) T. Obata, T. Sugiyama, K. Hoki, T. Ito, CG2010

をやっていますが、これも1手当たり10万回やっています。機械学習に50個のGPUで1カ月です。GPUとはディープラーニング用プロセッサです。対戦用は1202個のCPUと176個のGPUです。

幾らかかったのかはちゃんと出ていないので、100億円と言う人もいますし、1億円もかかっているわけがないと言う人もいます。いずれにしても数千円以上、億のオーダーがかかっています。日本で碁に勝つために1億円を出せるかというたとぶん出せない気がします。Googleは宣伝費と考えているのかと思いますが、後追いはもっと安くできるようです。

2010年に日本で将棋をやったときは合議法を使いました(図表17参照)。当時強かった四つのプログラムの合議制でやりました。合議制は将棋では駄目です。なぜ次

の手がよいのかをちゃんと説明できない人たちが寄ってたかって議論しても、たぶんよい手にならないということです。われわれもやる前は合議制では駄目だろうと思っていたのですが、やってみたら73%という勝率だったので採用しました。200台のクラスターで学会としては頑張ったのですが、Googleから見ればかなり貧弱なマシンでやっています。

ですから、最先端のことをやると金が結構かかるのはゲームからでも読み取れると思います。今は幾らですか。

松尾 追いかけるのであればある程度安くできます。GPUも性能向上しているし、古いものは安くなっています。Facebookの研究所で使われているGPUは2世代ぐらい前のものです。それをたくさん入れたほうが安く、速いからです。だんだんコモディティ化するのではないかと思えます。それでもトップのところはよいものを使い続け、そこで技術がどんどん進んでいくので、その戦いはかなり厳しいという気がします。

アルファ碁を作ったDeepMindはGoogleが2014年初頭に4億ドル（日本円で400億円ぐらい）で買収しました。今から考えると安い買収で、お買い得でした。ア



ルファ基だけでも Google の広報費用からするとかなり取り戻していると思います。最近では Google のデータセンターの電力使用にデープリングを適用し、40%削減しましたが、Google のデータセンターの電力使用量を40%削減すると一瞬で取り戻せるのではないかといいがらいます。

日本の製造業にとってアルファ基でもうけることは難しいですが、眼を持った機械をきちんと作り、新しい製品を作り、売上を伸ばし、シェアを伸ばし、利益を上げることには十分に可能だと思えます。どう取り組むべきかというときに、学習工場という概念を提案したいと思つて最近よく言っています。A-1 を使いたいというとき、何かに使えないかという話から社内のコスト削減をする、ちょっとしたところで使うという小さい話であることが多いですし、そのための投資はロボを作るなどという話が多いです。

そうではなく、眼を持った機械でどのマーケットを取るのか、どのぐらいの市場規模があるのか事業計画をきちんと立て、そのために必要な設備投資をするつもりで技術に投資してほしいです。学習工場とは計算機と人とデータの三つがあればできます。人件費が1人1億円ぐらいのつもりでやると国際的によろやく競争力のある価格帯になりま

す。一線級の人を100人そろえたいと思うのであれば100億円の工場を建てます。それを10年稼働させれば1000億円です。そういう規模で考えます。

工場なので何を作るのか、最終製品を考えないといけません。眼を持った機械の学習済みモデルを生産するのです。それがどういところでどういうマーケットを取るのかをちゃんと考えないといけません。ただ、工場といわれると設備投資という頭になり、投資規模が数十億円、数百億円という日本の大企業が本気を出せば数千億円、もっと上もあると思いますが、そのぐらいの本気を出してようやくGoogle、Facebookと対等に戦えるぐらいになると思います。工場を造るつもりで事業計画をちゃんと立てた上で設備投資すれば、十分に勝つ可能性はあると思います。

國吉 具体的なスケールの話と、勝つという明るい話と受け取りました。

そこで、会場から質問を受けます。

## 会場質疑1——倫理、労働問題

——未来がどんどん進むとすごく効果のあることとそれで犠牲になる部分が必要あります。負のことも考えないといけません。ロボットの話でも出てきましたが、人間は良心を持っているといっても価値観が違いますから、どちらが正しいのかはなかなか分かりません。そういうことのために被害が出る部分もあります。

國吉 このプロジェクトでも倫理問題、労働問題について議論しています。これからも検討を深めないとならず発表できる段階にはありませんが、経済学の先生、科学技術社会論の先生との議論も熱を込めてやっています。これからの社会を描くときには絶対に外せないところです。

仕事が奪われるというのは避けて通れない議論です。奪われるというか、消える仕事は確実にあります。それも含め、倫理問題、アメリカが勝ち組で世界を席巻したときに向こうの論理で全てが仕切られてしまうのではないかとすごく危機意識を持っていて、戦略が必要なのところと考えます。

## 会場質疑2——A1による内部統制

——実務を考えると会社法と金商法（金融商品取引法）によるそれぞれの内部統制の中で仕事をしているのが現実です。内部統制の入り口の部分はP D C Aの部分や、作成、確認、承認の部分に欠かせない中で仕事をしています。そこにA1の意思決定を絡めると理解しにくいというか、どこで整理すればよいのでしょうか。作成、確認、承認はそれぞれ違う知見と違う経験を持った者が判断してこそ初めて機能することがあります。

松尾先生がおっしゃったフォーカスする考え方で整理しようとするのとそれを上位に、どれを下位にすればよいのかも含め悩ましいところがあり、現実問題としていざいざ出てくるでしょう。

中島 技術はいろいろな可能性を提供できると思います。ただし、可能だからやってよいのかというと別問題であり、それをどうするのかはちゃんと議論しないといけません。われわれは社会学の人たち、法律の人たちと一緒にやりたいと20年ぐらい前から言い続けているのですが、向こうがなかなか乗ってきてくれないのが現状です。

内部統制の話はA1があると、今までになかったような企業形態がありうると思いま

す。表計算になぞってよいのか分かりませんが、エクセルの表計算は人間よりもコンピュータのほうがはるかにうまいですよ。人間は部分的にチェックするのはよいのですが、全体のコンシステンシー（一貫性）を保つのは苦手です。大きな組織をうまく操るのはある意味でコンピュータのほうがうまいかもしれないと思います。

そう思ったときに、もう一つ障害になるのは法律です。われわれも公立はこだて未来大学で新しい交通システムの提案をしていましたが、今の法律の下ではできません。法律は常に技術の後追いになっています。研究者だけ、技術者だけでやっていてもどうしようもない面がいっぱいあるので、こちらからすれば一緒に議論したいと思っるところです。大きな意味では代議員制度も変えることが可能かもしれませんが。アメリカでは資本主義の次にシェアリング経済が出てくるという本も出ています。そういう大きな話も含めて議論しないと置いていかれるというのが実感です。

### AIの活用による新しい日本経済の課題

國吉　IT導入に伴ってBPPR (Business Process Re-engineering) を考えないといけ

ないという話が、かつてあったことを思い出しましょう。業務の仕方そのものをそのままにして一部に計算機を入れたらよいという話ではなく、技術の導入によって業務の仕方全体の設計を変えるべきというのはご存じかと思えます。ここでも同じことがあると思えます。A-1の導入によってある部品を効率化させることは今もどんどんやっています。それにとどまっているようでは生かし切れていません。

会社としての意思決定プロセスはA-1がダイレクトにコミットするところで、全体のエンタープライズアーキテクチャみたいなものを今までにないようなレベルの機動的、効率的なものができるかもしれません。そうすると全体を変えないといけないという大きな話になると思います。

それは会社にとどまらず、社会全体というのが中島委員の意見でした。社会全体のあり方、制度は変わるのかもしれませんが、変えなければいけないかもしれません。それを議論するためには法制度、社会組織をどうするのかという議論を重ねなければいけません。中島委員によれば来年ぐらいから大変革が起こることですが、真剣に次の手を打たなければいけないというのがかなりのスピードで迫っているという認識をする

べきかと思いません。

続橋 コストの話がありました。デジタル社会になったときに紙とデジタルを考えると、デジタルを原則に据えないといけません。デジタルをやってもよいというだけでは紙とデジタルが並行し、役所には両方を出せとなり、かえってコストがかかるという変な話になってしまいます。社会の原則を変えることによって効率化を進める、そこをどう早く進めるかが大事だと思います。

國吉 それでは最後の論点です。Aーが普及、成熟した社会に向けての課題、疑問です。「なくなる仕事、なくなる仕事は何か」「人間とAーの役割分担は?」「シンギュラリティを超えた先の社会とは?」「社会全体で技術革新の恩恵を受ける仕組みが必要」「Aーの発展が一般消費者にもたらすメリットは?」「法整備、倫理問題、社会の許容性が課題」について議論をします。

まずは、仕事がなくなるという捉え方です。瀬名委員の考えを伺えますか。

瀬名 看護学部に勤めていたことがあります。十何年も前のことですが、当時、ロボットが発達し、ブームの時代でした。看護、介護はいずれロボットが取って代わるのでな

いかということ、看護学の先生方が恐怖感、反発心を抱いていたことが印象に残っています。

自分たちはロボット以上のことをやっている、人間らしい仕事をやっているつもりなのに、ロボットに取って代わられるということ、尊厳が傷つけられたような気がすると思っていたのかと思います。今でも看護の世界はロボットに取って代わられていません。一部では、サイバーダインの介護ロボットのHALなど、介護やりハビリで、ロボット、人工知能の分野が台頭しています。

看護学の先生方からよく言われたことがあります。看護の「看」は見るという意味で、手で見ると書きます。画像認識でディープラーニングがブームですが、見るだけではなく、手で触り、見て、判断するのが看護の本質と当時おっしゃっていました。それは今の人工知能にできていないところだろうと思います。

最近サービス、ホスピタリティに関する本を読むときにこれはロボットにできるだろうか、人工知能にできるだろうかとよく考えます。レストランサービスの人が書いた本『ヒトにできない接客 ロボットでもできる接客』（工藤昌幸・板野太貴著）を



たまたま読みました。すばやくやることはロボットでもできるが、人間しかできない接客もあるということが主眼の本です。

本当は人間にしかできない接客、人間でもできる接客、ロボットにしかできない接客、ロボットでもできる接客という4段階があると思えました。どんな仕事でもその4段階があつて、それが意思決定の話にもつながります。どこが意思決定なのか、人間でもできないものは自分の仕事の中でできるのか、ロボットにしかできないものは何なのか、その役割分担を受け入れられるかどうかこれがこれからの成熟、普及に関しては肝だろうと思えます。

なくなる仕事となくならない仕事ではなく、自分の仕事の中で自分にしかできないもの、ロボットにしかできないもの、自分でもできるもの、ロボットでもできるもの、のぐらいいデザインできるのが今後の肝ではないかという考えです。

國吉 役割分担も含めた議論になっていますが、丸く収まるという話でした。それが理想で、そうなれば苦しむだけでなく、むしろ発展的に取り入れられると思います。

瀬名 人間はどうしても固執するところがあります。意思決定といっても人間らしさを

どこまで受け入れられるかも難しいところかと思えます。

國吉 今の理想としてはすごくよいですが、いろいろな仕事をされている方はそれぞれの現場で自分はAーをここに使う、ロボットをここに使うという判断はできるのでしょうか。専門家ではないので、ここで使えばよいということは誰かがやってくれないと無理ではないかという話もあると思います。どうしますか。

中島 この部分はロボットでできるという話を研究者、技術屋だけで考えていてもたぶん範囲は狭いです。現場の人たちがいないと分からないこともあると思います。例えば今、遠隔医療を一生懸命に研究しています。遠くにあるロボットが手術をし、それを医者でコントロールするというのですが、切りすぎると困るという話が当然あります。一方、警察の人は司法解剖に使ってほしいと言っており、そちらは少々切りすぎても大丈夫かな、というところがあります。

北海道では札幌にしか司法解剖ができる施設はありません。函館で亡くなった方も札幌に運び、解剖し、戻すということをやっている大変らしいです。現場の人と話しているいろいろな例が出てくる気がするので、そういうことはやっていきたいです。

それから、なくなる仕事のことばかり考えていますが、増える仕事も当然あります。議論すべきことは仕事の総量としてどうなるかということかと思えます。たぶん増えると思います。なくなる仕事ではなく、仕事が変わるといふ見方のほうがよいのではないかと思います。仮に仕事の総量が減るとしたならばうれしいことです。要するに働かなくても生きていけるようになるということです。仕事と収入が1対1対応しているからなくなると困るのですが、そこは社会制度で社会補助を増やすような、技術ではない方法で解決できます。

**國吉** 今もどんどん起きていますが、趣味みたいなことが収入源になるということもあります。そういうバリエーションがどんどん増える方向もあります。

**中島** 資本主義は総取りになっているからそこを何とかしないといけないと思います。

**國吉** 仕事について意見はありますか。

**樋口** 人工知能を現場のどこに適用してよいか分からないという話がありました。一つ最新の技術を紹介します。今後流行しそうなキーワードにRPA (Robotic Process Automation)という言葉があるかと思えます。Aーっぽくないところもありますが、ル

ールベースエンジンや、ある程度AIの入ったデジタルロボットがGUI（Graphical User Interface）を自動的に操作し、業務を効率化します。当社ではそういうものも研究開発しています。

将来的には皆さんのオフィスのデスクトップにインスタールし、自分の意思で業務のある程度効率化できるような方向性を考えています。世の中では最近RPAの流行の兆しが出てきています。検索すると10件ぐらい引っかけかかると思います。人工知能と呼べるほど高度かという議論はありますが、そういうものを皆さんが自由に扱えるような時代になるといふ感触を持っています。

**國吉** ITの進化を考えても同じことが起こっています。高度な技術をエンドユーザーが簡単に使えるようにパッケージ化されています。それがあべき姿かもしれません。AIといっても専門家でなくても自分の業務で使い、仕事のやり方を変えられるようになるのかなかよい気がします。

誰もがAIを使いこなせるような社会というか、技術の進化によって使いやすくなることもあるし、人々がそういうものを使いこなすスキル、知識を身につけるといふのも

あると思います。それは決して、ディープラーニング、アルゴリズムを勉強しようというわけではありません。パッケージ化され、使いやすくなっているものをどうやって実際の業務に組み入れるのが考えられます。そこはある程度の教育も必要かと思えます。つまり、これからの時代ではいや応なしにAI技術が社会に入ってきて、至るところで出くわし、使いこなさないとやっていけない時代になるとしたならば、使いこなすためのスキル、そのための考え方を身につけた人々がこれからの時代には必要で、そういう人々を増やさないとまずいのではないのでしょうか。

AIは大量のデータから集約し、質問に対し、検索して答えを出してくれるし、これからの予測を出してくれるなど、いろいろな機能があると思います。そういうものは人間が一生懸命にデータを計算する、読み込む、大量の資料を読んでまとめることはしなくても、機械がやってくれます。

今までそういうことを一生懸命にやっていましたが、そうでないところの能力、そういうものを機械が出してくれるとしたらどうやって統合し、自分の必要とする目標に結びつけるのか、収益に結びつけるという判断に反映するのか、意思決定、新しいオーガ

ナイゼーションの仕方を考える能力は問われる気がします。

Aーが入ってくるこれからの時代には今までと違うタイプのスキルがあらゆる業務現場で必要になるのではないか、そのためにはそういう人材育成の必要があるのではないかという気がします。Aーのコアの研究開発をする技術的な人材も必要ですが、一方で、さまざまな現場での人材も変わる必要があるかもしれません。

中島 技術の発展からいうと、使いこなすのに訓練しなければいけないいうちは未熟だと思います。十何年前からユビキタスコンピューティング、最近はIoT、サイバーフィジカルシステムと呼ばれています。コンピューターがデスクの上から消える、世の中に埋め込まれており、本人たちは意識せずにそのサポートを受けられることを理想にしています。

車もそうで、最初は技術を持った人しか運転できませんでしたが、最近はおートマチック車になり、誰でも運転できるようになりました。飛行機はこの空港に行きたいと入力すれば勝手に飛んでいきます。自動運転ができれば車の運転もしなくてよくなります。それは、いろいろな知的業務においても同じで、自分で何をしたいかが分かっ

いればあとはやってくれするようにだんだんなっていくのは、技術屋として本当だと思います。

國吉 それは正しいと思いますが、今の若者、学生を見ていると自分は何をしたいかが分かっていない人が多いのではないかという気がしており、実はそちらが重要になります。自分は何をするべき、何をしたいのか、そういうことがはっきりと分かり、それを推し進める能力が重要になります。細々としたお題を与えられ、それを解決するためにいろいろとデータを集め、組み合わせ、結論を出すところは機械がやってくれるかもしれないのです。

松尾 私は両方とも正しいと思います。この20年で検索エンジンをはじめ、ソーシャルメディア、Facebook、Twitterなどが使えるようになり、とても便利になりましたが、どこが開発しているかというシリコンバレー、アメリカです。お金はアメリカに落ちています。

作る側に回るのか、使う側に回るかはかなり大きな差です。人工知能の技術の発展からすると多くの人が使えるようにしなければいけません。作る側に回ろうと思えばとて

も高い技術、人工知能に対する理解が必要です。そういう人材をたくさんつくらないといけないのだらうと思います。

なくなる仕事、なくならない仕事を言う前に日本という国が経済的に成長、発展していけるのかというほうがよほど重要かと思えます。全体が衰退する中で再配分の話をするのはすごくしんどい話です。持っている人から奪わないといけないですから熾烈しれつな話になります。全体のパイが増えている中で再配分をするのは明るい話なので、何とかそういう方向に持っていくことが大事なことではないかと思えます。

國吉 「Aーの発展が一般消費者にもたらすメリットは？」「法整備、倫理問題、社会の許容性が課題」の議論で締めくくります。

先ほどから誰でも使えるようになるという話がありましたが、具体的には何がよくなるのでしょうか。仕事に使えるというのはイメージがある程度できます。趣味的な活動という世界も生まれます。ロボットはどんどんそうなっており、ある程度全体の構造ができていくようなものは安く手に入るようになりました。コミュニティも結構広がっており、専門家ではないが気合いを入れ、ロボット開発をしている人が巷にはいっぱい





ます。ある意味でエコシステムができています。そういうことはAIでも起こりつつあると思います。それで市場が一つできるという話もあります。ファッションという方向もたぶんあります。意見はありますか。

中島 私は3月まで函館で暮らし、4月以降は東京で暮らしていますが、何が一番嫌かという朝夕の通勤電車です、あれをなくしたいです。電車が空けばよいということではなく、毎日移動しなければいけないことを解決しようと思いません。働き方、企業の組織構造を変える、遠隔で何々ができるなど、かなりいろいろなことを入れないと実現しないと思えますが、メリットとしてはそれが欲しいです。

「函館もそうですが、地方は過疎化しています。今は人口が減ると例えばバスの本数が減るなど、いろいろな意味で不便になります。人口が減れば広いところに住めるわけで、そちらを享受し、不便にならないようにテクノロジーで支えればよいわけです。なかなか難しいですが、そういうことができればよいかと思えます。」

國吉　そこにAーがどのように使えるかという例はありますか。

中島　公共交通というか、モビリティということでもわれわれは考えています。バス、タクシーなどの概念をなくし、移動したいときには移動できるようにします。移動とは目的でなく、手段です。移動のためには何かをしたいという目的があるわけで、そちらをちゃんとサポートすることを考えるといろいろな推論、スケジュール管理などをやらなければいけないのでAー技術が必要になります。そういうことをトータルに目指すと通勤電車もなくなるかもしれないと思えます。

國吉　法整備、倫理問題、社会の許容性についてはどうですか。

中島　SF、映画の影響はすごく大きいと思えます。人々のテクノロジーに対するイメージです。Aーが怖いというのは『ターミネーター』という映画が悪いと思えます。日

本は鉄腕アトムがいたので皆さんの受容性がとても高いです。ヨーロッパの人は家庭にロボットが入ることをほとんど拒否します。社会の許容性ということではSF、映画の果たす役割がすごくあると思います。

國吉 瀬名さん、反論はありますか。

瀬名 Aーが仕事を奪うと思うのはだいたいSFのせいです。ブームは良くも悪くも誤解でできます。怖い、すごいというのは誤解した上で過熱し、正確に理解されるようになりますと世間が冷静になるといのは小説でも同じです。小説の中では研究者さえあまり考えていなかったような、こういう社会は起こるのかというのを書ければよいと思います。Aーだけではなく、ほかの技術との兼ね合いはどうかとよく思います。

星新一さんのシヨートシヨートでみんなが肩に小鳥みたいなロボットを載せるようになり、それが話し、秘書みたいなことをやってくれる未来の話があります。そういうような時代になるのかなと思います。今は企業の偉い人、大学教授は秘書を持っているかもしれませんが、ニートの人でもAーという秘書を持てる時代になるわけです。

人間が意思決定を最終的にしなければいけないという話がありました、人間はたい

ていの場合に自分で意思決定をしたくないとすら思うものです。『自由からの逃走』（エーリッヒ・フロム）という本がありました。何か決定しなければならぬとなると逃げたいと思う気持ちもあるのです。どんな人にもＡＩがサポートしてくれる時代になったときに自分らしく意思決定するのはどうということなのかというのが倫理問題、社会の許容性になってくるのではないかと思います。意思決定は結局何かという問題になるのかと思います。そういうところは小説で書いてみたいところでは。

**國吉** 時間になりましたので締めくくります。シンギュラリティの話はできませんでしたが、瀬名さんが最後に言われたことはそこに関係していると思います。敷衍し、ＡＩが進化し、それが社会に入ったときに人間はどう変わるのか、人類は変貌するのだろうかということ。普通に考えればＡＩのような技術は人間の心の機能というか、意思決定、認識という機能にオーバーラップする部分があります。人類の社会に対する影響は本質的に大きいはずだと思います。

社会の仕組み全体を考えなければいけなくなるだろうと申し上げましたが、物事のやり方そのもの、人々の活動の仕方そのものに影響するのではないかと思います。それが

ある意味でシンギュラリティに関係するかもしれません。人類のあり方、社会のあり方、文化はどうか、人間はそもそもどういう存在であるべきか、倫理はどういうものであるべきかということ自体が変わるかもしれません。これからの社会においての法体系、倫理はどうあるべきなのか、それは人間が主体的に考え、決めなければいけないことと思えますが、未来が変わらないという前提では駄目という気がします。変わらざるをえないとすればどう変わるべきかをわれわれは議論し、決めなければいけないと思います。

限られた委員ですが、この研究会でもそういうことに意識を持ち、しっかりと考え、発信していきたいですし、ここにお集まりの方々にもそれぞれが主体的に考え、議論することが必要ではないかと考えます。

---

## 瀬名 秀明 (せな・ひであき)

21 世紀政策研究所研究委員／作家

1996 年 東北大学大学院薬学研究科修了（薬学博士）。2006～2009 年 東北大学機械系特任教授。日本 SF 作家クラブ第 16 代会長。1995 年 日本ホラー小説大賞、1998 年 日本 SF 大賞等を受賞。主な著書に『パラサイト・イヴ』（新潮文庫）、『BRAIN VALLEY 上・下』（新潮文庫）、『知能の謎』（共著・講談社）等がある。

---

## 樋口 晋也 (ひぐち・しんや)

21 世紀政策研究所研究委員／NTT データ技術開発本部エボリューションセンター AI ソリューション開発担当

2002 年 名古屋大学大学院工学研究科卒（修士課程）。同年 NTT データ入社。技術開発本部配属後、音声認識エンジンのアルゴリズム改善や多言語対応の研究開発に従事。2012 年にはスタンフォード大学が考案した先進ネットワーク技術である SDN/OpenFlow を世界に先駆けて事業導入。世界の趨勢を分析・発信する NTT DATA Technology Foresight の立ち上げを経て、現在は AI 関連の研究開発を推進。NTT データ シニア R&D スペシャリスト。

---

## 続橋 聡 (つづきばし・さとし)

21 世紀政策研究所研究委員／日本経済団体連合会産業技術本部本部長

1981 年 慶應大学経済学部卒業。同年 経団連事務局入局。1995 年～1996 年 伊藤忠商事出向。1996～1998 年 タイ（バンコク）日本大使館出向。2008 年より産業技術本部本部長兼防衛産業委員会事務局長。同本部において、未来産業・技術委員会、情報通信委員会、知的財産委員会、起業・中堅企業活性化委員会、防衛産業委員会、宇宙開発利用推進委員会、海洋開発推進委員会などの事務局業務を担当。

---

國吉 康夫 (くによし・やすお)

21世紀政策研究所研究主幹／東京大学大学院情報理工学系研究科教授

1991年 東京大学大学院工学系研究科修了(工学博士)。同年 電子技術総合研究所に入所、1995年 同主任研究官、1996年より米国マサチューセッツ工科大学人工知能研究所客員研究員を経て、2001年から東京大学助教授、2005年 同教授。日本ロボット学会フェロー、日本学術会議連携会員。理化学研究所BSI-トヨタ連携センター長、新学術領域研究「構成論的発達科学」領域代表、東京大学次世代知能科学研究センター長等歴任。研究分野は、身体性に基づく認知の創発と発達、模倣の科学、ヒューマノイドロボットなど。

---

中島 秀之 (なかしま・ひでゆき)

21世紀政策研究所研究委員／東京大学大学院情報理工学系研究科特任教授

1983年 東京大学大学院情報工学専門課程修了(工学博士)。同年 電子技術総合研究所に入所、2001年 産業技術総合研究所サイバーアシスト研究センター長を経て、2004年から公立ほこだて未来大学学長。2016年から東京大学情報理工学系研究科特任教授。人工知能学会、認知科学会、ソフトウェア科学会、情報処理学会 各フェロー。NEDO 技術戦略研究センター フェロー、理研「健康脆弱化予知予防コンソーシアム」会長、内閣官房IT戦略本部地方創生IT利活用推進会議政策企画WG 主査等歴任。

---

松尾 豊 (まつお・ゆたか)

21世紀政策研究所研究委員／東京大学大学院工学系研究科特任准教授

2002年 東京大学大学院工学系研究科修了。博士(工学)。同年 産業技術総合研究所に入所、2005年よりスタンフォード大学CSLI客員研究員を経て、2007年から東京大学工学系研究科准教授、2014年 同特任准教授。産業技術総合研究所人工知能研究センター企画チーム長、人工知能学会倫理委員会委員長等兼任。研究分野は、人工知能、ウェブ、ビッグデータ分析など。

---

第121回シンポジウム

人工知能の  
現在と将来、  
それは産業・社会の  
何を変えるか

---

2017年2月28日発行

編集 21世紀政策研究所

〒100-0004 東京都千代田区大手町1-3-2

経団連会館19階

TEL 03-6741-0901

FAX 03-6741-0902

ホームページ <http://www.21ppi.org>

---



21世紀政策研究所新書【産業・技術】（※は刊行予定）

- 01 農業ビッグバンの実現―真の食料安全保障の確立を目指して（2009年5月25日開催）
- 08 日本経済産業成長を実現する―IT活用向上のあり方（2010年11月10日開催）
- 13 戸別所得補償制度―農業強化と貿易自由化の「両立」を目指して（2011年2月3日開催）
- 25 企業の成長と外部連携―中堅企業から見た生きた事例（2012年2月29日開催）
- 27 日本農業再生のブランドデザイン―TPPへの参加と農業改革（2012年4月10日開催）
- 38 サイバー攻撃の実態と防衛（2013年4月11日開催）
- 49 森林大国日本の活路（2014年10月30日開催）
- 50 日本型オープンイノベーションを求めて（2015年4月27日開催）
- 51 新しい農業ビジネスを求めて（2015年6月3日開催）
- 52 研究開発体制の革新に向けて―大学改革を中心に（2015年6月15日開催）
- 53 日本型オープンイノベーションの展開（2015年10月15日開催）
- ※ 61 ビッグデータ、AI、IoT時代のデータ活用と、イノベーション（2016年9月28日開催）
- 62 人工知能の現在と将来、それは産業・社会の何を変えるか（2016年10月21日開催）

21世紀政策研究所新書は、21世紀政策研究所のホームページ (<http://www.21pci.org/pocket/index.html>) でご覧いただけます。

 21世紀政策研究所