

[第15回全国大会・研究発表大会 基調講演]

実世界に埋め込まれるAI

産業技術総合研究所 人工知能研究センター 副研究センター長（講演時）

麻生 英樹 氏

この記事は、情報システム学会第15回全国大会・研究発表大会（2019年11月30日）における基調講演の口述内容をまとめたものです。

■はじめに

産総研の麻生と申します。ただいま、山口先生から紹介していただきましたが、昔から機械学習、ニューラルネットワークを研究しております。古いことだけは古いと、そういう人間です。今日は人工知能の現状と、産総研の研究開発・連携事例、それから今後の展望と課題ということで、私の方はどちらかと言うと技術中心で、お話しさせていただきたいと思っております。

■人工知能の現状

まず、人工知能の現状ですが、人工知能はご承知のとおりAIと言われてもいますが、Artificial Intelligence のArtificialが人工で、Intelligence が知能です。よく、『人工』を『人口』とタイプミスされてくることがあるのですが、あくまでも『人工』、人が作ったものです。これは情報技術の一分野です。今までのITと全く違うものがあるわけではなく、元々情報技術の一分野として、人間のように賢いコンピュータを作りたいとか、ロボットを作りたいとか、あるいは逆に人間は何故このように賢いことができるのかを知りたい、作ってみるとわかるのではないかと、そういうことを目指して1950年代、コンピュータができた頃から研

究されています。1954年に亡くなったアラン・チューリングという人の名前を冠したチューリング賞というのが、人工知能の一番有名な賞としてあるのですが、その頃から研究が行われていました。私も1980年代から機械学習の研究をしていたのですが、正直なかなか賢くならず、情報技術の分野の中では、隅の方において、何か面白いことをしているけれどあまり役に立たない人たちという感じで見られていたと思っております。それが最近、だいぶ賢くなってきて色々なところに使われ始めている、そういう状況にあります。

■人工知能研究開発の盛衰

人工知能の研究者というのは、大体どのように研究するかというと、人間にはできないこと、機械やコンピュータにはなかなかできないことをまず選びます。自分の好きな課題を一つ選んで、例えば顔認識をさせたい、テニスをさせたい、チェスをさせたい、などなんでも良いのですが、それを選んで研究します。そのため、色々な人工知能があるわけです。ご承知の通り、1950年代から始まった人工知能の研究は、60年代ぐらいに第1次のブームがありました。この頃の研究者の中には10年か20年ぐらいで人間と

ほぼ同じくらい、あるいは人間を超えるような知能ができる、と楽観していた方もいらっしやったようですけれども、そうはならなかったのがブームは終わりました。

80年代になって、知識をうまくプログラムしてコンピュータに与えてやれば、専門家のようなことができるのではないかと、エキスパートシステムという言葉がありましたけれども、そういう知識処理を中心とした第2次の人工知能ブームがありました。私はその頃にこの分野に入ったわけですが、これも思ったほどには役に立たなかったのがブームが終わりました。そのあと、『AI冬の時代』という時代が続きましたが、2010年ぐらいから第3次の人工知能ブームが興っているとされています。

■人工知能関連論文数の動向

AI Intelligence Indexというアメリカでまとめているレポートがありまして、お見せしている図は、人工知能関連の論文数の動向で、2000年から2015年のものですけれども、トータルがこのグレーの線で、非常に激しく増えています。こちらは国際会議の参加者数ですが、こちらも2005年頃からぐっと伸びていて、一番上にある緑の線はNeurIPS、昔はNIPSと言っていたニューラルネットワークと機械学習の会議なのですが、参加者が8,000人に達してしまっていて、会場が無くて困っていて、今年はついに参加登録がくじ引きになりました。

■人工知能のコア技術

先ほども申し上げましたように、人工知能では自分の好きな課題を選んで研究しているのが、文字を認識させたり、など色々

な人工知能があるのですが、共通することは何かというと「知識を使って賢いことをする」ということです。知識というのは対象や世界や現象のモデルです。知識があることによって、認識したり、推論したり、予測をしたり、シミュレーションをしたり、計画を立てたりということができるようになるので、試行錯誤や探索、失敗が減って、複雑な環境できめ細かいサービスを現実的な時間でスムーズに実行できる。そうするとあの人は賢いですねとなるわけですから、機械も「この機械は賢い」ということになるわけです。

したがって、人工知能の研究では、知識をどのようにコンピュータに与えるかということが一番大きな、中心的な問題です。それに対して、例えば第2次のAIブームのときは、プログラム、あるいはルール、論理式のような形でとにかく知識を書く、専門家から知識を聞き出してそれをプログラムに変えるナレッジエンジニアという人がいて、その人たちが頑張って知識をプログラムの形で書いてコンピュータを賢くしようとしたわけです。しかし、残念ながら、というか、やってみてわかったことなのですが、人手による知識構築には限界があって、多すぎて書き切れない部分もありますし、そもそも書けない知識がありました。これは、「知識獲得のボトルネック」などと呼ばれていますが、十分に知識が与えられなかったために、十分に賢くはなりませんでした。

こうした状況が変わり始めたのは2000年頃で、機械学習技術というものがAI研究の中で大幅に取り入れられるようになってきました。これは、大規模なデータからコン

コンピュータが自分で学習する、プログラムとして知識を書くのではなくて、学習するプログラムを書いてデータを与えるとコンピュータがどんどん知識を獲得してくれる、そういう技術ですが、この技術が導入されたことによって、人工知能の賢さが向上して、今のような状況になっています。

■最近の実用化事例

AIの最近の実用化事例を見ると、色々な分野で利用されています。例えば機械のオペレーションの最適化もありますし、査定やスコアリング、クレジットの査定は昔からやっていますけれど、保険の加入、保険金の支払い、あとは人事の評価、不動産の評価など、そういうところにも使われるようになっていきます。それからレコメンド、お薦めですね。お薦めも、商品をお薦めするだけではなくて、お友達のお薦めとかお仕事のお薦めとか保育所、臓器移植のマッチングなどにも使われています。

認識・認証系では画像や動画がまず挙げられます。スマホで写真や動画を撮ってクラウドにアップロードすると自動で分類してくれます。また、音声認識、顔の認証、それから文字の読み取り（OCR）も性能が上がっていますし、不良品や異常の検知、故障検知・予知というのは一番大きな応用分野です。対話システムにも使われ始めていまして、チャットボットでFAQの回答をするとか、スマートスピーカーなどが社会の中に入ってきています。

■人工知能の発展の背景

このように色々な人工知能があるのですけれども、結局その背後にあるのは、先ほ

ども言いましたように、知識をコンピュータが持っているということで、その源泉となるデータが増えたことが一番大きな発展の背景です。そもそも、何故データが増えたのかというと、インターネットです。インターネットがあって、その上のサービスが、2000年頃から、例えばグーグルができたのは1998年なのですが、その頃から立ち上がってきたわけです。そうしたサービスを通じて莫大なデータが集められるようになり、そのデータを使って機械学習することでAIが賢くなったということです。さらに、インターネットから、先ほど山口先生もおっしゃったように、IoT（もののインターネット）が発達して、コンピュータ以外の色々なものがネットに繋がる状況になってきていますから、今後もデータの量がますます増えることは確実です。常時繋がるデバイスというものがどんどん増えているわけですから、その結果として人工知能が使えるデータもどんどん増えていきます。

今の人工知能はデータから知識を獲得していますが、データを集めるためにはサービスがないといけません。つまり、データを取るにはコストがかかるので、何か嬉しいことをしてあげて、それによってデータが集まってくるという仕組みを作るわけです。検索もそうですし、買物もそうですし、スマホのアプリは基本的に皆そういうものですが、何かサービスがあって、それを使っているユーザーが自分でどんどんデータを作ってくれる、そのデータを使って人工知能の技術と機械学習でサービスが高度化していくと、またユーザーが増えてデータが生まれてというこのグルグル回る

スパイラルを実現できるかどうか、人工知能が社会の中で使われていくためにとても重要です。

■機械学習とは？

ここで、機械学習技術とは何かということをご説明します。学習というと何か人間の学習のような高度なことを思い浮かべられるかもしれませんが、やっていることはとても単純で、要するにデータをモデルに当てはめる、ということです。機械学習には、学習用のデータと学習用のモデルと学習アルゴリズムの3つが必要になります。例えば、摂氏の温度を華氏に変換するという例題を考えてみます。摂氏と華氏は変換の式がありますから、我々は変換するための知識を持っているのですが、仮に知らなかったとしましょう。このとき、摂氏の温度計と華氏の温度計を同じ時に読むと、横軸が摂氏、縦軸が華氏のグラフに点がひとつ打たれます。ひとつひとつの点がある日ある時刻の温度を表しています。点をたくさん打っていくと、直線に乗っているよさだと言うことがわかるので、モデルを立てます。 $y = ax + b$ という直線の式ですね。ここで、 a と b はパラメータで、この a と b をデータによく当てはまるように決めるのが学習アルゴリズムです。データ、学習モデル、学習アルゴリズムの3つから、学習済みモデル、 a と b が決まった式が出てきます。この例では、 $y = 1.82x + 31.97$ となっています。正しい式は $y = 1.8x + 32$ ですから、だいたい合っています。これを学習済みモデルと言います。学習済みモデルが知識なので、データから学習モデルやアルゴリズムを使って学習した結果、知識

が得られたと言っているわけです。この例はとても簡単なことをやっているのですが、機械学習の研究者はどのような研究をしているのかと言いますと、私も含めて、どのようなモデルを使ったらデータに良くあてはまるのか、そのモデルを色々と考え出す、例えば先ほどのものは直線でしたが、さらに複雑なモデルが色々提案されています。後で説明するディープラーニングもその一種です。また、モデルにデータを当てはめて、そのパラメータを推定するとき、どのようなアルゴリズムを使うと効率よくうまくいくのか、そのアルゴリズムの研究、その二つが主なものになります。

■機械学習技術の発展の超概略

機械学習の研究も、人工知能とほぼ同じくらい歴史がありまして、1950年代から研究されています。源となった研究としてよく挙げられるのは、学習するパターン認識装置と、学習するチェッカーのプログラムです。最近も、人工知能で、顔認識ができる、囲碁で人間に勝ったなどと言っていますけれど、基本的にはこの頃から研究されているわけです。基本的なアイデアはほとんど変わってなくて、データがとにかくたくさん使えるようになったことが、性能向上につながりました。80年代に一度、ニューラルネットのブームというものがありませんでしたが、90年代にはいったん下火になりました。その後、2000年頃から商用の推薦システムなどに、大規模なデータを使った機械学習が使われるようになり、2006年ぐらいから、ニューラルネットワークが、ディープラーニングとして復活したというように、いろいろなモデル、アルゴ

リズムが発達してきています。

■ディープラーニング

ディープラーニングとは何かと言いますと、先ほども言いましたように、データを当てはめるためのモデルが複雑になっているということです。直線のような簡単なモデルではなくて、人間の脳にヒントを得たニューロンというものをたくさんネットワークに繋いだものをモデルとして使います。パラメータはどこにあるのかと言うと、ニューロンとニューロンの間の結合のところに一つずつ係数がついていまして、先ほどの a や b にあたるものですが、それらのパラメータが全部調節できます。例えば画像ですと、入力ニューロンが100万くらいあり、その次の層のニューロンが例えば数万あるとすると、結合パラメータ（結合の重み）の数はとてもたくさんになります。ですから、とてもパラメータの多いモデルで、画像を入力して、そこに映っているもののラベルを出すというわけのわからない、とても複雑な関数をモデル化しようとする。でも、たくさんのパラメータの学習が大変なので、なかなか人間の能力を超えなかったのですが、データがたくさん得られるようになって、データをとにかく与えて学習させてみたら、意外なほど性能が上がったのです。

お見せしている例はビデオからの動作認識、すなわち、ビデオの中で映っている動作を当てるという課題ですけれど、例えば赤ん坊が泣いている、笑っている、スキューバダイビングをしている、乗馬をしている、楽器を演奏しているなど、色々な400種類ぐらいの日常動作を動画から認識

するということがある程度できるようになっています。

また、機械学習研究の始まりの一つであったゲームでも、ご承知の通り、囲碁、将棋、チェスのような、完全情報と呼ばれる、全ての情報が与えられているタイプのボードゲームは、人間より強くなっていますし、不完全情報、あるいはリアルタイム性の高いゲームについても、最近はかなり人工知能が人間に勝てるようになってきています。例えば、ポーカーや麻雀も、人間の最高レベルの人に勝つことができています。

お見せしているのは、スタークラフト2という、ネットで戦う対戦型のリアルタイムのゲームです。お互いに資源を掘って、武器や基地を作って戦って、相手を全滅させたら勝ちというゲームです。リアルタイムでどんどん色々な種類のコマンドを出さないといけないのですが、トップレベルの人間と、DeepMindというグーグルが買収したAIのスタートアップが作ったものがほぼ互角になったと言われています。

■機械学習・AIが生み出す価値

では、機械学習やAIで何ができるのかと言うと、繰り返しになりますが、データから価値、知識を作ることができます。人がプログラミングしていると、非常にきめ細かい状態に合わせて応答を書くということはとても難しいのですが、そうしたプログラミングのコストを、学習するメタなプログラムを書くことで削減できます。その結果として、非常に複雑で暗黙的な知識を実装することができ、きめ細かい、自律的で効率の良い対応をするシステムが作れる

ようになります。

AIの駆動力としては、機械学習の技術、学習用のモデルやアルゴリズムの進歩、がもちろんあるのですが、それ以上に、学習の元になる大規模なデータがあることが重要で、さらに大規模なデータを処理できる計算資源が重要です。機械学習の技術自体は、先ほども言いましたように、ずっと長い研究の歴史があったわけですが、データと計算資源の増大が重なったために、性能が大幅に向上して、機械学習を使ったAIが普及しているのです。

こういうことに最初に気がついたのは、インターネット上のサービスでたくさんデータを集めていた米国の企業で、サービスで稼いだ資金で、研究開発人材、計算資源を囲い込んで独占する、閉じたエコシステムで成長しました。その中でディープラーニングの技術も非常に高速に発達しています。最近では中国がそれを追いかけているという状況です。

■サイバーフィジカルシステム（CPS）と知能

こうした状況を、別の言葉で言っているのが、「サイバーフィジカルシステム」です。実世界に色々なセンサーが埋め込まれて、そこからクラウド上にたくさんのデータが日々、時々刻々と送られていきます。たとえば、スマホ等から常にデータが送られているわけですが、それをクラウド上でAIなどを使って解析して、また世界に何か応答を返してくることでサービスを実現できます。クラウド上のサイバーな世界と、物理世界、フィジカルな世界が密接に繋がっていることから、サイバーフィジカ

ルシステム、CPSとされています。その中で、AIがクラウド上の処理として役に立っているわけですが、実はこの状況は私たちの身体と同じです。私たちの身体もセンサーがとてとたくさん埋め込まれていて、そこから時々刻々、脳に大量の情報が送られています。脳はそれを処理して、身体を動かしたり、喋ったりしているわけです。ですから、我々の身体はCPSそのものでして、社会全体がCPSになっていくときに、そこで必要とされる情報処理が知能的なもの、我々の脳が行っているようなものになっていくというのは自然な成り行きと言えます。

■人工知能の現状

人工知能と一口に言っても、実は色々なものが混じっています。応用先が色々あるというだけでなく、元々ずっと研究されている人工知能があります。これは人間の知能を解明したい、ということが主なモチベーションです。それから、レコメンドや、情報検索など、いわゆるビッグデータを使った機械学習、人工知能を使ってビジネスをしているというときの人工知能もあります。さらに最近ですと、ディープラーニングを使った人工知能も増えてきています。大体この3つぐらいのものが混じって「人工知能」と言われているために、わかりにくくなっていると思います。ですから「人工知能」と言うときには、何を指しているのかというのを少し意識する必要があるということと、「人工知能」はあくまで言葉ですから、言葉の背後で何が起きているのかを認識することが重要です。繰り返しになりますが、結局起きていることは大

量のデータを、サービスを通じてクラウドに集めて処理することで色々賢いことができるようになってきているという現象なので、「人工知能」というキーワードにはあまりとらわれずに、その後ろで起きていることをきちんと認識することが重要だと思います。

以上で、人工知能の発展の経緯と現状を簡単にご説明しました。このあとは、私の所属する産業技術総合研究所で何をしているかということを紹介したいと思います。

■産業技術総合研究所人工知能研究センターのご紹介

産総研は、2001年に独立行政法人化された経産省傘下の研究所を集めた組織です。元国立研究所としては理化学研究所と並んで国内最大規模です。情報、エネルギー、地質、生命、エレクトロニクス、材料、計量標準の7つの領域にわたって幅広い産業技術の研究開発をしています。最大の拠点は茨城県のつくば市にあるのですが、私が所属する人工知能研究センターはお台場にあり、人工知能研究センターは約5年前、2015年の5月に設立されました。人工知能の基盤研究から社会実装までを、橋渡しを中心に研究をしています。研究職員が兼務込みで100名程度、テクニカルスタッフなども含めて600名を超える規模の研究拠点です。

■研究開発のコンセプト

研究開発のコンセプトとしては、「実世界に埋め込まれる人工知能」を設立当初から掲げています。実世界で人間と共存して

問題解決できる人工知能ということです。それは何故かといいますと、先ほども言いましたように、現在のAIはインターネット上のサービスの中で発展した技術ですが、今後は、先ほどのIoTであるとか、ロボットとの組合せによって、実世界のサービスにもどんどん浸透してくると考えられています。そして、そうしたサービスは日本の強みを活かせるフィールドでもあります。つまり、ものづくり、医療、介護などといった実世界のサービスというのは日本に良いプレーヤーがたくさんいるので、そこでAIを活かせるような形にしていけないといけない。そのために、今までのサイバーの世界での人工知能だけではなく、実世界で使われる中核的な技術を研究開発していきましょうということが狙いです。ですからIoTとの接点や、ロボットとのつながりも重視しながらAIの技術を研究してきています。

実世界では、データを取ることがサイバーの世界より難しいため、取ったデータを使ってどのようなモデルを作るか、どのような予測や認識をするか、それを使ってどのように整理をしたり計画を立てたりするかに加えて、どのようにデータを取るか、あるいは、どのように実世界に働きかけるかも含めて、そのために必要となる中核的なAIの要素技術、何かを認識するとか何かを動かすための要素技術を研究開発してきています。

応用分野としては、社会全体に普及していくことを想定していますが、全部研究するわけにもいきませんので、重点的な応用分野として、地理空間情報のデータを使った移動の支援、日常生活の中で取れるデー

タを使った日常生活の支援, ものづくりのデータを使ったロボットによるものづくりの支援などを重点的に取り上げています。また, 家の中で使う生活支援のロボットに必要な技術も研究していますし, AIを使って科学技術の研究自体をサポートするということもやっています。大規模なデータから機械学習をするための計算基盤の研究も行っています。

■研究開発事例の紹介 空間の移動の支援

いくつか例をご紹介します。一つ目は, 地理空間データを用いた人工知能の例です。まずデータを収集する技術として, 人の流れを計測する技術, 歩いている人の頭の部分を検出して, それを追いかける技術を開発しています。また, ロボットを使って周囲の状況を計測して3次元の地図を作り, その中で人がどう動いているかを計測する技術もあります。計測したデータを使って, 例えば人の移動のモデルを作ると, 次に人がどちらに行くかが予測できるので, それを, 人ごみの中で移動するロボットの動作計画に利用することができます。また, ロボットや自動運転車で取った3次元の点群データが取れますので, そういうものから, そこにあるものが何であるかを認識する, 衛星画像から地上のイベントや物を認識するという技術も開発しています。こうしたモデルを作ると, それを使ってシミュレーションができるので, 効率よく避難するための, 避難誘導の計画を立てる, オンデマンドの交通の配車計画を最適化する, あるいはパーソナルモビリティを作って動かすなどができるようになります。

ります。このような色々な種類の地理空間情報データを統合的に効率よく扱うためのプラットフォームも構築しています。

例えばこれは展示会で行ったデモなのですが, 展示会場に固定のカメラを設置して人流を計測し, ロボットを動かして, そのまわりの人の流れ, あるいは会場の3次元の地図を作ります。それを時々刻々クラウドに上げて統合することによって, 今, 展示会のどの場所が混んでいます, 次にはどのあたりが混むでしょう, そういうことが予測できるようになるので, それを使って人の流れを制御することができます。

■日常生活の支援

次は日常生活の中で取れるデータの利活用の例です。「リビングラボ」という模擬的な実験室を作って, そこでデータを取る方法を研究したあとで, 連携している病院や介護施設, あるいは家庭の中にセンシング技術を持って行ってデータを取ります。別の研究では, バーチャルリアリティの環境の中で人間とロボットがインタラクションするときのデータを収集する仕組みを作ったりしています。こうした日常生活の中で取ったデータを使って, 日常生活行動を認識する技術, どのようなタイプの人かという商品を買うかという人と物の関係をモデリングする技術などを開発しています。また, 保育園で子供の状況のデータを取って, それぞれの子供の関心がどのような状態にあるかを推定して, それを保育士さんにフィードバックして支援するということも試みています。さらに, 児童虐待の現場でタブレットを使って虐待の状況を入力すると, そのケースがどのぐらい重篤

であって、どのくらい危険か、一時保護をした方が良いかなどの判断の支援をするシステムも構築しています。もちろんAIが判断するのではなく、現場の方をサポートするわけですが、クラウド上で情報が瞬時に共有できるので、非常に手厚いサポートができるというメリットもあります。こちらは、三重県の児童相談所で実証実験をしていただいています。他にも、サイネージ型で、町の中で色々な観光情報などを含めてお薦めするような次世代自販機など、色々な出口に繋げていくことを目指しています。

こちらは「AIタッチラリー」と呼んでいますが、百貨店の中で、お客様がどういう売り場を回り、どういう商品を買われたかというデータを現場で取って、そのデータと、アンケートデータや商品についてのデータ、過去の購買履歴などを組み合わせてリアルタイムに推薦をする、そういう実証実験システムの様子です。

■AIに基づくロボット

ロボットは、大きく分けると、産業用ロボットと生活用ロボットと、2つのジャンルがありますが、どちらも研究しています。ここでも、まずデータを取るところから始まります。例えば、人の組み立て作業のデータを取るためのモジュールから始めて、そのあと、物が何であるかを認識するだけではなくて、物の機能、この部分は何に使えるところかというような機能を含めて認識する、あるいは物がどういう状態で置いてあるかを認識する、そういう認識のモジュールを開発しました。これらを組み合わせて色々な作業をするロボットのプロト

タイプを開発しています。

これは、工場で部品をつまみ上げるロボットです。通常の部品であれば、今の技術でもかなりできるのですが、非常に絡みやすい部品でもつまみあげられるようにすることは難しいのです。また、柔らかい物の操作も、何が起こるか予測しにくいので非常に難しいのですが、そうした複雑な物の操作を柔軟に経験から学習できるロボットの研究をしています。

■科学技術研究の支援

膨大な量の科学技術文献が時々刻々と生み出されているため、そうした大量のデータをクラスタリングして、どういうキーワードの文献がどのくらいボリュームがあるかというようなことがわかれば、研究開発の支援につながります。例えば『サステナビリティ』という言葉に関する文献を分類した結果と、SDGsの17分野がどういう関係にあるかというマッチングを取った例を示しています。そうすると、「このへんに、まだSDGsの中に入っていない新しい分野があるかもしれない」といったことがわかります。その他にも、研究の動向、こういう方向に研究が進んでいますということがわかる、そうしたことを通じて、研究開発を支援し、加速するための技術を開発しています。

機械学習自体の基礎技術についても研究していますが、時間がなくなってきたので割愛します。

動画や時系列データなどと、それを説明するテキストを結び付ける技術も研究開発しています。先ほどの動画認識では、例えば「人が人を突き飛ばしている」というラ

ベルを出すということだったのですが、動画を説明する文章を生成するという技術もありまして、短い動画を入力すると、「店の中で長身の男性が白いワイシャツを着た男性を突き飛ばした」というような説明文を作ることが可能になっています。まだ人間ほどの精度は出ていませんが、データセットをたくさん用意することで、かなり性能が向上しつつあります。

こちらは、株価のデータを入れると、「日経平均大幅反発。大引けは1069円高」、といった説明文を出す「マーケットレポーター」というシステムですが、こうしたことも可能になっています。

■ 計算資源の整備

それぞれの要素機能を機械学習させるためにはたくさんの計算が必要です。そこで、そのための計算資源の整備にも取り組んでいます。特に、ABCI、AI橋渡しクラウドインフラストラクチャというAI用の計算システムを、東京大学の柏キャンパスに設置させていただいています。昨年8月に運用を開始したのですが、その時点で、計算速度で世界5位、日本では最速のシステムでした。基本的には皆さんどなたにも使っていただける研究開発用のシステムで、深層学習の学習速度に関して、世界トップレベルの性能を誇っています。システム全体で、深層学習の計算に使うGPUを4000以上有していますので、それを全部使うと、例えば画像から物を認識するようなディープラーニングのネットワークを数分で学習させることができます。世界で速度競争をしているのですが、2015年を1とすると、現在は1500倍くらいの速さになっています。

研究開発用のリソースとして、世界と伍していけるものを提供していますので、ぜひご利用ください。

■ データ収集環境の整備

実世界でデータを取ることはなかなか難しいので、データを取るための研究をする拠点も整備しています。柏にある人間拡張センターでは、人間からデータを取ることを中心に研究をしています。一方、臨海センターにあるサイバーフィジカルシステム研究棟では、模擬工場、模擬コンビニ等の模擬環境を作って、その中で加工機械、ロボット、そして人間を動かしながら、データを取る実験ができるような環境を立ち上げており、今年の4月から本格稼働して、企業を含めた色々な方々に使っていただいているところです。

このように、産総研では、AIの研究開発拠点である人工知能研究センターを中心として、優れたAI研究の人材と技術を国内外から集めて、要素技術のためのソフトウェアのモジュールの形にして提供する、データの収集をサポートするような環境を構築して提供する、AI研究開発用の計算機を構築して提供するという形で、先ほどの、アルゴリズム、データ、計算資源という3つを一体として研究開発を進めています。さらに、その成果を使って、多くの企業と共同研究を進める、スタートアップを立ち上げるということを通じて、技術の研究開発と社会実装の好循環を実現しようとしています。

■ 今後の課題

最後に、今後の課題についてお話しします。

「人工知能」というキーワードは、既に幻滅期に入ったと言われています。これはガートナーという会社が毎年発表している科学技術のハイプサイクルというグラフですが、色々な分野の技術を、縦軸が期待度、横軸が時間の空間に位置付けています。技術が生まれると、最初は期待が高まっていき、やがて幻滅期に入って、最後に社会に定着していく、そういう、社会に普及していくカーブを描いたグラフです。毎年更新されていて、これは昨年の秋ぐらいに発表されたものですが、人工知能は少し期待が盛り上がりすぎたので、幻滅期に入っているのです。ただ、人工知能は幻滅期だからもう駄目なのだというわけではなくて、社会に普及させるためには、これからがむしろ大事です。ここでやめてしまうと駄目なわけです。人工知能の技術は、インターネット上のサービスでは非常にたくさん使われていますけれども、実世界への広がりはまだまだこれからという状況にあると思っています。ですから、今後、人工知能技術を社会の中に浸透させていくということが非常に重要だと考えています。

先ほど、山口先生もおっしゃいましたけれども、AIはそもそもITの一部で、汎用的な社会基盤の技術です。特に、色々なセンサーを通じて取られるようなデータをどうやって活用できるかということが組織や社会の頭の良さにつながり、社会の生産性、創造性、競争力に直結します。昔、「知識社会」という言葉が言われて、知識が価値である、エネルギーに加えて情報・知識の時代だということが言われたわけですが、そういう時代がある意味本当に実現しつつある、データや知識が社会の富の源泉にな

るとい時代が実現しています。そうしたスマート社会、あるいは超スマート社会のグランドデザインとして、世界各国でAIの技術戦略が作られ、AIの研究開発拠点が作られています。

産総研のAIセンターもそうした世界の研究所と交流をしています。アメリカ、中国だけでなく、カナダもありますし、インドもありますし、ヨーロッパももちろんあります。シンガポールや台湾もAIの研究開発と社会実装が盛んです。ISOの中にワーキンググループが作られて国際標準化活動も進められています。

日本では、第5期の科学技術基本計画に「Society5.0」という概念を盛り込んで、超スマート社会の実現をめざしています。経産省も「Connected Industries」という言葉で第4次産業革命、AIやIoTを使った産業の構造転換を主導しています。

■実世界の難しさ

ただ、実世界にAIを入れていくのは、正直なかなか大変です。80年代のAIには知識獲得ボトルネックというものがありました。つまり知識を頑張って書くことが難しかったのです。今回、データからの機械学習でその問題が一部解決されたのですが、実世界ではデータを取るコストが高いです。また、個人情報や病気の履歴、企業秘密を含むデータなど、センシティブなデータも多いので、データ獲得ボトルネックという問題が顕在化しています。また、実世界はゲームのように閉じた世界ではなくて、不完全な情報しか得られない、全てを想定できない、現場の多様性が多い、ということも問題を難しくしています。また、実世界

で動作すると、当然人間との接点が非常に増えますので、事故や差別などの深刻な問題も色々と起こってくるということがあるわけです。こうした問題については、この後、堀先生がお話されるのではないかと思います。

そこで、実世界へ向けたAIの基盤技術として今後重要となるだろう方向性を、産総研の人工知能研究戦略部で整理しました。一つ目は人間と協調できるAIです。最近よく言われているのは、AIは判断やお勧めは教えてくれるけれどもその理由を教えてくれない、説明できない。説明できるようにしないと使いたくない現場も多くあります。例えば、お医者さんや介護の現場の方は、患者さんや被介護者さんを相手にしているので、AIが「こうした方がいいですよ」と言っても、「どうして」という説明がないと、やっぱり使いにくいです、とよく言われます。

次に、実世界で信頼できるということも重要です。機械学習というのはデータから学習するわけで、データは有限ですから、必ず間違いが起きます。これは人間も同じなので仕方のないことなのですが、ではそういうAIについて、どのように品質保証、性能保証をしていくのか、そういう議論、仕組み、それに関する技術が必要です。さらに、AIが使われる現場は非常に多様ですから、いちいちゼロからAIを作っているのは非常にコストがかかります。そこで、AIを容易に構築するための技術というものも非常に重要になってくると考えています。

実世界で信頼できるということに関しては、ある意味人間と同じなので、人間も「あの会社の人だから信頼できるだろう」

とか、「あの大学を出たから信頼できるだろう」というようなことがあるわけです。AIについても「日本製なら信頼できるのではないか」というようなことを言ってもらえるようになると良いと思っています。

■実世界で使えるAIに向けて

容易に構築できるAIのために、例えば、転移学習という機械学習の技術があります。少ししかデータのない問題をゼロから学習させると性能が出ないので、他の問題で学習した結果を利用しようという考え方です。例えば、膀胱の中の内視鏡の画像から異常を検出したいという問題を考えたときに、これ自体は症例が少なく、とてもデータが少ないのです。ではどうするかと言うと、最初は普通の画像、車、猫や犬、そういう一般画像認識用の学習用のデータが大量にあるので、そうした画像で学習をします。その後、例えばディープラーニングであれば、ニューラルネットの結合の一部は固定して、出力に近い層の結合だけ別の画像データで学習させるということを行います。例えば胃の内視鏡の画像は膀胱の内視鏡よりはたくさんあるので、まずこれで異常の検知を学習させます。その後、膀胱の内視鏡の画像で勉強させると、最初から膀胱だけでやるよりは性能が上がるのです。

このようなことをするときの、この一段目の大量のデータで汎用性の高いモデルを作っておくことが重要になるのですが、ここにたくさんの計算資源が必要になります。また、大規模なデータをきちんと扱うということも必要になります。そこで、例えばABCIでその部分を実行して、学習済のモデルを作って提供していくということも始

めているところです。

品質保証についても、AIの品質をどのように保証できるようにするのか、そのためのリファレンスガイド、つまり、こういう手順を踏んでやれば品質保証ができます、あるいは、このプラットフォームの上で作れば品質が保証できますといったプラットフォームを研究開発しています（2020年6月30日に「機械学習品質保証ガイドライン」を公開しました）。

最後に、人の知能を解明することを目指すAIの研究として、まだできていないことについてお話します。元々AIの研究には二つの流れがありました。一つ目は、明示的な知識と書いていますが、言葉で書きやすいような知識を対象にするAIです。もう一つは、言葉で書きにくい暗黙的な知識、人間も大きく分けると意識と無意識があるわけですが、そういう知識を扱うAIです。後者は、長い間AIとは呼ばれていなくて、例えば、80年代にはニューラルネットワーク、パターン認識などと呼ばれていました。そういう二つの大きな流れがあって、今でもまだ完全に二つがくっついていないのですが、それをどのように繋げていくかということが昔からあるAIの未解決問題のひとつです。

データから無意識的、暗黙的な知識を学習することと、言葉で書かれた明示的な知識を利用することがうまく融合されて、例えば実世界で色々な情報を自律的に収集して、それを意味構造に変えて知識に変えていく、人間との対話の中からも学ぶし、人に情報や気づきを与えて人と一緒に賢くなっていく、そういうAIができると良いのではないかと、これは個人的な思いも含め

て考えています。

以上、お話ししてきましたように、今の社会はスマート社会のグランドデザインが必要な時期に来ています。とてもワクワクする時代でもあります。危険な時代でもあって、AIを技術的に発展させるだけでなく、AIを社会の中でどうやって使っていくのか、AIを使うときの倫理、AIが持つべき倫理なども考えていかないといけないというふうに思っています。ご清聴ありがとうございました。

（文責：編集委員会）