

(2017年2月15日ご講演)

人工知能研究センターの研究 —AI meets the real world

国立研究開発法人産業技術総合研究所
人工知能研究センター 研究センター長 辻井 潤一委員

はじめに

今日はセンターの活動、どういう研究をしているかを紹介したい。

最近サイバーフィジカルシステムや、バーチャルリアリティー、オーグメントリアリティー、IoT、ロボティクスなど、そういう意味では情報の世界とリアルワールドがマージしだしているという意識は皆持っていると思う。その中核と言うと変であるが、真ん中のあたりに何かAIがあるのではないかと思って、タイトルにAI meets the real worldという言葉を使った。

我々のセンターは、ご存じのように文科省のAIPという人工知能の研究センターを作っているし、総務省でやはりNICTが機械翻訳や脳の研究など、いろいろなAI関連の研究をしている。基本的には日本としてAIの分野でどういうことをやっていかねばならないか、多分AIが技術だけでとどまらずに社会全体を変えるなど、いろいろな意味で協力していかないとうまくいかないだろうということで、少し組織だって系統的にAIに取り組む必要があると考えてやっている。

NEDOのプロジェクトでいろいろな問題に取り組んでいるが、それ以外に補正予算で共通のプラットフォーム、特に計算リソースの面をきっちりすることと、実際にデータを積極的に集めていくような実証の現場を作っていくとなかなか人が集まらないしコアにならないというので、実証のプラットフォームを作ろうと思っている。ロボットを並べるとか、薬を造るためのものを入れるとか、コンビニのような環境を作るとか、健康など、そういうところのデータを取るような実証環境を作ろうと思っている。東京大学の柏キャンパスと、我々のセンターの横に、そういった実証の場を作ってそういうところも積極的に使いデータも取っていくことをやろうというので、3つの省庁というか、3つのセンターで今話をしているところである。

そういう中で産総研の人工知能研究センターがどういうことをやろうと思っているのかを話したいと思う。

先ほど言ったように、AIが狭い分野に閉じこもっているのではなく、世界に出だしているというか、社会のインフラのいろいろなところに入っていき、いろいろな産業に影響を与えているという意味で、単独ではなく、実際の世界の中に埋め込まれていくようなAI

を考えていこうというのが一つである。

それから、AI とは何かを定義するのは非常に難しいが、非常に大雑把に言うと自律系ということだと思う。自分で考えて自分で行動すると、環境の変化に対して、それに応じて適切な判断をして適切な行動を取る、実際に行動を取るまでいかなくても何かある種の判断を示すということが AI だと思うが、そういう AI が閉じた自律系だとあまり使われまいだろうと。自分で判断して、自分で行動してという閉じた自律系というものはずいだろうと。そういう意味では人間も一つの自律系であるが、個々の人は環境に応じて行動するし、ある種の判断をしているが、ある意味で開いた自律系になっているわけである。だから、別の人間ときちんと相談して、少し考え方が違くとネゴシエーションもできるし、お互いの持っている目標と合わせてやっていくとか、自分のやった判断を相手に説明して協力してもらうなど、そういう意味では、もう一つの知能である人間というのは開いた自律系になっているわけである。これからの AI も、自分で判断して自分で行動するのだが、閉じてはいけまいだろうと、もう少し開いた自律系になっていて、人間と人間が話している、交渉しながらいろいろなことをやっていくのと同じように、人工知能も人間と協働しながらいろいろ行動していくことを目指していこうと。

また、もう一つは、人間も相手の人間が何を考えているかわからないからブラックボックスであるが、自分は何を考えていて、こういう判断をしたと一応説明できるわけである。そういう意味では、開いた自律系の一つの大きな特徴というのはやはり説明できることだろうというので、説明できる AI を考えていこうと思っている。

生命科学の大きなプロジェクトで、ビッグメカニズムというものがある。私もマンチェスター大学や Microsoft を通してこの一部に入っていたが、DARPA のプロジェクトである。基本的には人間はどんどん、新聞や、論文、いろいろなものを読んで世界に対する認識を作っていくわけである。もう一つは、実験をしてどんどんデータが出てくるわけであるが、なぜこういうデータが出てくるのかをうまく説明できるというか、このデータが出てきた背後にある機構はどういうものかをうまく説明できるというのが、ある意味で人間の科学者の特徴なわけである。いろいろな観察したデータがあるのだが、それがうまく説明できると。だから、データと知識とがうまくかみ合って解釈がうまくできると。そういう意味で、説明は結構大きな割合を占めているのではないかと考えている。

それから、もう一つは、実世界に入ってきているという意味では、このデータが積極的に取れるようになってきていると思う。何か説明するときデータが欠けていると、そこまで取りに行くと、そのとおりになっているかどうかを調べることができる。そういう意味では、データも積極的に取れるし、実際に世界を変えながらいろいろなことができる。だから、データを取るというのが、データがパッシブにあるのではなく、何か考えていることで必要なデータを積極的に取っていくのが大事なのではないかと考えている。それがある意味で実世界に入っていることの特徴なのではないかと思っている。

いろいろな人がもう見られていると思うが、「まほろ」のような実験ロボットがどんどんできてきているわけである。我々のセンターではないが、同じ建物の中にある創薬センターが造っている実験ロボットである。もともと生命科学の実験というのは、A大学のA研究室に入ると、博士課程の3年間を通していろいろな実験の仕方を教えてもらって、そういう実験が初めてできると。だから、別の大学の別の研究室はまた別の実験ができると、非常に個別性が強いというのか、そういう意味では実験をやるためのトレーニングが非常に必要で、人間でないとできないと思われていたわけである。それが、安川電機と一緒にシステムを造った「まほろ」を使ってうまくやると、人間ではなくロボットにもできる。それだけではなく、データの質が明らかに良くなる。だから、大きなプロジェクトで同じような実験を研究室A、B、Cでいろいろやってデータを集めてくるのだが、実は使えないデータになっている。研究室によって条件ややり方が違って同じデータになっていない。そういう意味では、こういうロボットがうまく普及すると、データもそろってくるし、人間しかできないと思っていたことが実はロボットでも、簡単ではないが、きちんと工夫すればできる。彼らは今、東京大学、慶應大学など、いろいろなところに入れて、6~7つの違った実験ができることを実際に示してやっている。

面白いのは、熟練した研究者が、こういうロボットが動いていると自分の技術を伝えやすいと言う。特注の実験装置ではないから、このようにするのだということが何かおかしくなっていると、きちんと教え込むことが非常にしやすくなっていると言う。そういう意味では、特注のロボットに比べると、技術が人間からロボットのほうに移りやすい。しかも、ある意味非常にバーサタイルで、特注の実験装置を造らなくてもいろいろな実験ができる。そういう意味では非常に良いのではないか。先ほど言った補正予算で実証環境を作ると言っていたが、その実証環境の一つは、このロボットを何台か並べて違った実験をやって、もっと状態を監視しながらいろいろな動作を変えていく、あるいは簡単にこういうロボットにやりたい実験を教え込むためのAI技術とはどういうものなのか、あるいはここからデータをためてきて仮説を立てるためのAIとはどういうものなのかを研究しようと思っている。そういう意味では、こういうものの具体的なイメージとしては、実世界に入っただけでいろいろな実験ができる、それも人間と相談しながらいろいろなことができるという意味では良いのではないかと思っている。

背景と現状

まず簡単に背景と現状の話をして、今やっていることを紹介したいと思う。

一人工知能の技術開発：現状

これは既に聞かれている方も多と思うが、基本的にはAIが今フェーズシフトを起していることは確かだと思う。社会のいろいろなところに入り出してきたので、データはGoogleやMicrosoft、Facebookが持っているようなものだけではなく、生産現場からも、

健康からも、監視カメラからも、たくさん入ってくる。そういう意味ではデータはいろいろなところにあるという状態になった。それと AI 技術を持っているグループというのが一部バラバラになっているわけである。だから、Google や Microsoft が 1 カ所に集まっていたので非常に早く進んだのだが、AI が社会にバツと広がった途端にデータを持っているグループと技術を持っているグループが離れだしているというのが一つと、それから、まだいろいろなビジネスモデルが今出現しだしているのだと思う。だから、何をやったらよいかという部分もこれからどんどん出てくるという状態になっている。そういう意味では、社会からのリクワイアメントと技術とデータが少しバラバラになりだしているわけであり、それをどう寄せ集めてくるかが今問題になっていると思っている。もちろん、Google などアメリカの大きな会社は M&A でいろいろな技術を持っているところを中に取り込んでいて閉じたエコシステムを作っているわけであるが、日本はそういうことはやれないし、ある意味で社会の基盤に AI 技術が入ってきていることを考えると、もう少し開いたエコシステムを作って、いろいろなステークホルダーを組み合わせながら問題を解いていくという形でやったほうがよいだろう。そういう意味では開いたエコシステムをうまく作って、技術者と産業界と、そういうデータを持っているグループをうまく寄せ集めることをやろうと考えている。

一産総研 人工知能研究センター

ただ、そういうコアになるものが幾つか出てくると思うが、その中の一つとして我々のセンターが機能したいということであるが、それなりの人がいるだろうと。本当はまだ足りず、もう少しエンジニアリングのスタッフを入れてこないと駄目であるが、一応出発点から少しずつ大きくなっていて、400 人弱である。パートタイムの大学の先生方や、共同研究している企業の研究者、以前セコムの話に出たパスコという企業は私らのところとやっているのだが、そのような研究者が週に何日か私らのところに来て、いろいろなことをやっている。そういう意味では水膨れした数字であるが、パートタイムの人まで含めて、392 人という人員数になっている。

今、もう少し再編しようと思っているが、12 のチームでいろいろな研究をやっている。我々のほうはどちらかというと、基礎研究のほか、機械学習や確率モデリング、マルチエージェントの技術など、言語処理の技術も含めてやるが、むしろそれを現場、実世界にどう取り込んでいくかということにチームをたくさん作って、実際のユーザーとやりとりすることになっている。

一人間に迫る人工知能、人間を超える人工知能

これはもう説明するまでもないと思うが、人工知能というのが、一つは人間の知能をモデルにして、人間に近づけようといういろいろやられたわけである。IBM の Watson もそうであるし、AlphaGo、また会話をする Pepper のようなロボットは、人間をモデルにして賢い

と思われるようなことを計算機にやらせようと。さらに、脳科学のほうにもっと近づいていくと、人間の内的な処理機構まで含めて計算機の側に移していこうと。それはある意味で人間の知能を一番良いモデルだと思って、それに近づいていこうというのが一つの流れだったと思う。これが多分今の人工知能ブームを支えている一つの柱だと思うが、今の人工知能研究ブームの前にビッグデータのブームがあった。たくさんデータを集めると、ビッグデータの時代はまだ分析する人間の脳を助けてくれるという色彩が非常に強かったが、今の人工知能はたくさんデータがあると、判断や予測もできる。だから、ある意味でたくさん患者さんの診察データと治療データがあると、新しい患者さんの診断や最適な治療ができる。データに基づいて判断や予測ができるということにビッグデータのほうが今来ているわけである。

それはどういうことかという、人間はそれほどたくさんデータを見てそこから規則性を見つけるとか、あるいは最適なシステムのコントロールの仕方を見つけるというのは苦手なわけである。だから、一見判断をして自分で行動を起こせるようなシステムが出てきているのだが、それは人間をモデルにして、人間に近づこうと思ってやっているわけではなく、むしろ人間には不得手な部分もかなり補っているという感じになるわけである。そういう意味では、人間を超える人工知能という言い方は少し語弊があると思うが、ある側面を取ると人間を超えている。最近の話では、肺がんの検診などは本当の専門家よりも精度が高い。そういう意味では判断をしているのだが、人間を超えだしているわけである。それも、人間のやっているようなことを表面的にはやっているが、内的機構は全く違うという状態のシステムが出だしているという話だと思う。だから、ある意味で今の AI に対する陰の部分で強調する人たちは、そういう異質な知能が出てきたときに人間が困るのではないとか、乗り越えられてしまうのではないかという話になっているのだと思う。ただ、我々としては、人間に迫っていこうとする AI と、人間を超えようと思っている AI がマージしだしているのだと思う。だから、少し違うメカニズムでかなり大きなデータを基に、人間が今までやっていたような医療や投資に関する判断を、実験など、人間がいろいろやっていたことをある面ではもっとうまくできるという状態が出てきているわけである。だから、データを分析するという私らとは少し違うところで計算機が使われるというよりも、表面上は我々がやっている判断や予測と同じようなことを、少し違った機構で計算機がやりだしている。それをどう統合していくのかが今の課題だろうと思っている。

研究の例

一実世界に埋め込まれる人工知能

研究の例であるが、基本的には非常に大ざっぱに言うと、実世界からセンシングしてデータを取ってきて、それにある種の認識を掛けて、対象の中でどういうことが起こっているかというモデリングをしてあげよう。モデリングの世界で推論しや予測をする。そういうことができると、自分の目的に合わせて最適な行動とはどういうものかという行動計

画が立てられて、実際に行動に移すことができる。このセンシングから行動までが実世界の中でデータが取られて実世界の中で動く、その間にモデリングが入っているということだと思っている。そういう意味では、今 IoT やロボットというところで、AI×IoT だとか、AI×Robot というのは、ここの部分がかなりエンハンスされてきたとか、ロボットというので動けるようになったので、AI がその間をつなぐことで知的に認識して、知的に行動できるのではないかという話になっているのだと思う。今のビッグデータからの AI というのは、機械学習をかなり重点に置くわけである。ただ、徐々にシミュレーションという技法と機械学習という技法がマージしだしていると思う。シミュレーションは単純な規則の組み合わせで世界を再現するような話であるから、そういう意味ではモデリングの一つの手法だったわけである。だから、シミュレーションはトップダウン的な、ある種の理論的な枠組みで対象把握して計算機の中で再現するという技術だと思うが、このシミュレーションと機械学習をどう絡めてモデリングの能力を強めていくのかが我々のテーマの一つにもなっている。

それから、もう一つ大きいのは、説明することは我々と同じような認識の系を持っているということである。だから、人間とうまく、それは IBM のコグニティブコンピューティングと似たような議論であるが、ある種の説明をしようと思うと、知識やオントロジーなどといった人間対象のモデリングの仕方とどこかオーバーラップしていないといけないだろう。そういう意味では、このモデリングは知識・オントロジー、機械学習、シミュレーションという 3 つの手法で行われているのだが、それを融合していくような技術がこれからどんどん出ていかないと面白くないのではないかと考えている。そういうところに焦点を当ててやるということである。

AI の技術には今言ったように機械学習もあるし、深層学習もあるし、本当に AI かという少しずれるかもしれないが、マルチエージェントを使ったシミュレーションや人流の解析のような話もあるし、それからオントロジー、テキスト処理などという、もう少し知識に近づいた部分もあるわけである。そういう基礎技術がたくさんある。

それから AI をどこかにアプライしていくときに、我々としては、日本が強いところに、ある種のやりたい仕事や賢い操作、知能的な処理に AI を使っていこうということであるから、何が知能的かを定義できるようなドメインの人たちとうまく協力していかないといけない。そういう意味では AI は先進国の技術だと思うが、それはある意味でステークホルダーというのか、外に非常に強いパートナーがいるからなわけである。例えば製造業などに AI を入れていこうと思うと、製造業の本当の強い技術を持っていて、どこの部分を智能化したいか、どういう形で知能を入れていくか分かっている人たちと協力していくほうが当然良いわけである。サービスや健康医療などでも、何もなくて健康医療する部屋を造ろうと言ってもできないわけで、実際のホスピタル、医療の専門家といった人たちとやりとりしないと駄目である。そういう意味では、日本が強いと言われているサービス産業や生産業、あるいは科学技術がある意味で強いわけであるから、そういうところにうまく

入れ込んでいこうと。ただ、この下と上は非常に多様性のある世界で、それを単純に組み合わせ的にやっても能率が上がらないので、上下と協力しながら、真ん中に 2 つの多様性をぐっと絞るような AI プラットホームや標準データ、先進モジュールなどの中核の部分を作って、その組み合わせで上の部分を解いていこうとしている。

一認識、実世界のモデル、行動

また移動に関しては、PFN が深層学習と強化学習でよく見せている自動走行で、シミュレーションを非常にうまく使っているのを見たら分かるが、同じモデルのおもちゃの車がどのように動くか計算機の中でモデリングできる。環境は、フラットで 4 つの柱があるだけなので、非常に単純である。計算機の中で明らかに再現できる複雑度のシステムなので、AlphaGo と同じで、シミュレーションのデータをたくさん作って学習させてあげると、柔軟な動きができるようになる。人間が操作する車が邪魔しようと動くが、自動運転のほうはうまく避けながら動ける。これはある意味、実世界で動いているように見えるが、まだ仮想の世界で動いている。環境が非常に単純化されているし、実世界のように見えていたのだが、実は AlphaGo の世界と非常によく似た世界で、サイバー空間の中でシミュレーションもできるし、学習もできるし、実際に試してみることができるとい世界なわけである。それが、いろいろな人が歩いていて、タイプの違う車がたくさん走っていて、いろいろな種類の違う交差点があるという現実の話になってしまうと、全体を計算機の中でシミュレーションしてどんどんデータを作ることもできなくなってくるわけである。だから、モデリングの部分自身が非常に複雑になってくるという話になる。

そういう話というのは、実はこういうセルフナビゲーティングロボットに非常に近いわけである。セルフナビゲーティングロボットは何をやっていたかという、周りに人がどのようにいるのか、人がどのように歩いているのかをモデリングして、自分の動きを決めていたわけである。だから、そういう話に自動運転は近づいていくだろう。しかも、自動運転だけではなくて、いろいろなロジスティックをやるような、自分で判断して動けるような運搬できる道具というのはこれからいろいろな意味で広がってくると思うが、先ほどの 4 つのテーマの中の移動ということでは、そのような自動運転、自走ロボット、そのための環境のようなものをうまく作っていくのがよいのではないかと思っている。

そのときに何をやらないといけないかという、やはり人間と同じようにならざるを得ないと思う。というのは、世界をもう少し構造的に捉えて、ここに人がいるよとか、曲がり角があるよとか、車が動いているよというのを認識しながらモデリングをしていく。だから、全体をモデリングしているというよりも、個々の動きをモデリングして行って、その組み合わせで現在の環境を理解して、動きを決めていくのが必要だろうと。

それだけではなく、自分で地図を作ることを今はやっていると思うが、自分で歩きながら地図を作る。人の動きを観察していて、このように動いているから、これは展示場であって、ここにスペースはあるが、あまり通ってはいけないスペースで、ここからここに移

動しろと言われたときに、こういう展示場の中に入っていきようなことは避けたほうがよい、人の流れに沿って移動するのがよいだろうと自分で判断できることになる。

一時空間情報のインフラ地図

結局、小松崎委員などが言われているセマンティック・マップや地図、空間情報などに非常に近づいてくると思っていて、そういうもの一個一個のモデル化と、そういうモデルが動いている環境の情報、3次元の地図情報などがどんどん必要になってくるだろうというので、時空間情報のインフラを作ろうと思っている。

ただ、基本的には地図というのはある意味で解釈が与えられた時空間なわけであるが、そういうものにもっとリッチな情報を載せていこうと。だから、上空からの情報と、家の中のいろいろな情報、それからここは交差点である、ここは何だというような情報を載せて地図の上にこれをマップしていくようなことをやろうとしている。まだ高度が低いが、同じようなことはいろいろなところで使えるだろうと思って、衛星写真をやろうと思っている。衛星写真、航空写真、ドローン、地表の地図をうまく管理したいと思っている。

衛星写真でどういうことが起こっているか。どのくらいの数の衛星がばらまかれるかという、今はもうノートPCぐらいになっている。1キロ2キロぐらいの重さになっていて、昔のように大きなロケットでバーンと打ち上げて非常に金が掛かるというものではなく、マイクロサテライトと言って、ばらまけるわけである。そうすると、何が起こるかという、もう地球は常時観察されていると。今、地表面で10メートルぐらいの粒度で一応物が分離できるが、将来的には5メートルぐらいで分離できるようになるだろうと。マイクロサテライトがたくさん地球の周りに飛び出すと、空間的なレゾリューションだけではなく、時間的レゾリューションもどんどん上がるわけである。だから常に監視されているわけであるから、1時間単位で変化が皆読み取れる状態になってくる。今のサテライトイメージというのは特定のサテライトにまだかなりひも付けされていて相互に比較しにくくなっているが、それを全体的な空間的な位置関係や時間にマップしてあげると、比較ができるようになるわけである。だから、違った衛星を捉えて、違った時間で捉えているのだが、同じところを写していると、それを比較できるという状態にして、いろいろなことができるだろうと。

実際にはまだ非常に単純なことしかできていないが、深層学習を使って地表面で何が起こっているのかを検知するというか、データは膨大に出てくるのだが、そこに意味付けされていないと使いようがないので、何が写っているのかを認識していくのが大事であるが、それをやろうとしている。例えばメガソーラーがあるのが自動的に認識できて、ある程度訓練データを作って学習させてあげると、メガソーラーがディテクトできる。これができる、世界中で使える。例えばドイツのどこにメガソーラーがあるかを簡単にディテクトできる。それを地図にマップしてあげると、ドイツは確かにメガソーラーがたくさんあるし、イギリスもなぜか知らないが結構ある。案外ないのがギリシャだが、太陽光がた

くさんあるのにあまりないとか、そういう意味では具体的なデータからこういう統計データをすぐに出せるし、それが時々刻々変化しているのが実際には観測できるという話になる。

それだけではなく比較ができると、私らはチェンジディテクションを今やりだしている。例えば典型的な例であるが、東北の大震災の前後の写真を見せて国交省がかなり厳密なデータベースを作っていて、その一部を訓練データとして訓練してあげると、一応 90%の精度で、ここは流出している、ここは流出していないというのが判断できる。国交省のデータベースは長い時間をかけて丹念に作ったわけであるが、この技術を使うと、次に東南海のような地震が起こったときに割合簡単に被害の状況がディテクトできるという話になる。

これも似たような話であるが、これはヨーロッパや東南アジアのグループと協力してやろうとしているのだが、どこか地表面で熱が急に上がっているようなところがディテクトできる。それができると、それにクラスファイアーを掛けてあげると、それは火山があるとか、山火事が起こっているとか、工場であるなどが分離できる。南ヨーロッパ、オーストラリア、カリフォルニアでは、山火事は結構頻繁に起こるが、急に温度が上がっていて、そこに山火事が起こっているのが常時ディテクトできると、すぐに消火活動に入る。だから、地球が全体として監視されていて変化がディテクトできるというのは、いろいろなアプリケーションに使えるのではないかと思っている。

一より柔軟なロボットへ

次に、生産現場の中では、やはりより柔軟なロボットという話があると思う。柔軟なロボットというのは、センシングもするし、動くこともできるし、内部でモデリングをしているというものであるが、一番極端な話は、家庭環境の中でロボットと会話ができるというものである。しかも、その会話でロボットはある種人間と協働しながらいろいろな仕事ができるという環境であるが、今は仮想の空間を作って、人間のアバターが中に入ってロボットと会話できる。自分の視覚を持っているロボットが、会話の内容を理解して仮想空間の中でタスクに移すようなことができるのではないかというのを今やろうとしている。

そのための第一歩として、仮想空間を作って対話のデータをたくさんためるということをやっている。視覚が出てきたというのは非常に大きくて、家庭や工場の環境の中で、何がどういう位置に、どういう形で置かれているのかをきっちりと理解できる。そのための日用品のデータベースと、そのデータベースを一般化して、全く違うコップを見てもコップだと分かって、それがどういう感じで置かれているかを認識するようなシステムを作っている。だから、視覚がロボットの中に付いたのが、かなり環境認識では大きいのではないかと思っている。

同じように、これはニューラルネットの一つのアプリケーションであるが、周辺の環境のセグメンテーションをして何が起きているか、周辺に何があるかを理解するための技

術や、人間が何をしているのかを動画で、例えば日常的な動作で、クッキングをしているとか、何か物を置いているなど、学習データとしてたくさん用意してあげると、見たときに相手の人間が何をしているのかが分かって、ロボットがそれを使っているいろいろなことができるだろうと。

あとは、マニファクチュアリングの中にロボットを入れていくことで、特に今のロボットは決まり切ったことしかできないわけであるが、それは固形物を扱っているうちはよいが、自分が動くと相手も変わるという柔軟物のような話になってしまうと、センシングしながら自分の動きを変えていかないと駄目なわけである。だから、そういう柔軟物を取り扱うようなロボットや、ピッキングチャレンジのような話まで含めてロボットの研究をやっている。

また、人間のまねをするようなロボットというか、「まほろ」に実験をさせるための制御をきちんと書くというのは、実は結構手間なわけである。そこを簡単にするという研究をいろいろな角度から今やろうとしている。動作のモジュールをうまく作って、新しい実験に応じてその組み合わせを作り替えるのと、もう一つ、プロの実験者がプロの操作を見て、同じような動作ができるようなものを一旦作って、微調整を細かくやる。だから、こういう人間の動作を見て模倣するロボットをつくるようなことをやっている。

一人間中心の AI

またもう一つは、サービスインダストリーや、人間中心の AI というものがやはりあると思う。お客様がいて、そのお客様の要求に合うようなサービスをうまく提供するのが AI なわけであるが、今生産現場や時空間などと言ったのは、そのロボットの立場から周りを見ているわけである。そうではなく、人間が何をしているのか、人間の観察をきっちりしないと、人間中心の AI はできないだろう。だから、人間をきっちり観察しようというのが一つである。

それから、これは小松崎委員もよく言われるが、モノからコトへやはりシフトすべきだろうと思っている。それは、モノというのは、こういうものがあって、これがどこに置かれても同じものであるが、コトというのは、ある環境で起こる。だから環境依存性が非常に強く、文脈に依存している。うまく切り取ってこのものだということができなくて、出来事を観察して、その周辺で何が起きているからこの出来事が起きているというようなモデル化が必要になってくる。だから、そういう意味では、人間中心の AI は人間の観察をもっと積極的にやらないと駄目であるのと、それから、モノ中心の認識からコトへの変革を持っていかないと、うまくできないのではないかと思っている。

それで、まずは人間を観察しようと、リビングラボという模擬環境を作って何が起きているのかを IoT デバイスをたくさん入れて観察している。これは建物の中に交差点や、居間、病院の一室などといったものを作るのだが、特定の老人ホームの一角や、特定のリビングルームを再現している。リアルな現場で何かが起こったときに、この模擬環境で何

が起きているのかを大量にデータ観察するとか、観察した結果がリアルな現場で本当に起こるのかを試すことができるような環境を今作っており、IoT デバイスをたくさん入れて、観察データと実際の現場がうまくリンクするようにやっつけようとしている。

リンケージ技術と言うか、何か似たような構造を持っていると似たような事故が起こるので、ある特定のコトがどういう環境であると起こるかをうまく検索して、この事故が起こりやすいところはどこなのかをうまく検索できるようなことができればいいと思っている。

介護現場では、基本的には先ほど言ったオントロジーのような中核があり、そこにイメージデータとテキストデータといろいろなデータを引っ掛けていこうと。だから、介護現場などで何かが起こったときに、いろいろなメモや、写真、ビデオなどが入ってくるが、それがバラバラにためられても実は役に立たなくて、ある種の出来事の整理の上にデータが引っ掛けられるという環境を作りたい。そのために、ベッドや靴、手すりなどの Iot センサーデータや行動ログなどがオントロジーの中にくっついていて、人間が見ると似たような環境で、データとしては全然違って見えるのだが、実は同じようなことが起こっているといったデータを介護現場から取るということをやっている。

同様に、介護現場ではなく幼稚園の現場でも、子どもがどのように動いているか、保母さん、幼稚園の教師がどのようにインタービンするのか、というようなデータを取ろうと思っている。

一情報の統合的な理解

やはりデータから行動までを明確な理解なしにやるというのは限界があると思う。だから、コグニティブコンピューティングの人たちが言っているのと同じで、私らも、ここにやはりある種の知識や何かがないと駄目だろうと考えている。特にこれを言っているビッグメカニズムの人たちは、そういう意識が非常に強く、バイオも、バイオ一般としてあまりうまくいかなかったのは、観察データが非常にパーシャルだと思っていると思う。例えば DNA のいろいろなデータが取れる。タンパク質の発現情報データは取れる。しかし、その間に非常に複雑なことがたくさん起きているのだが、そこはデータとして観察されていない。だから、データは取れるのだが、一番大きな問題は、データは常にパーシャルだと、何か説明をしよう、本当に理解しようと言ったときは、そのデータの間でどういう因果関係の連鎖があるか、何が起きているのかを、データには観察されていないのだが、そこも復元しないと本当は駄目なのではないかという感じの議論である。

例えば、北野委員が **pathway** を作る際には膨大なペーパーを読んでいるわけである。ペーパーを読み込んで、ある種の因果関係のストーリーをバイオリジストが作っているのである。そのストーリーに合わせてデータを解釈していくことができないと本当は駄目なのではないかというのがビッグメカニズムの話である。だから、データの出てくる回路には複雑な因果関係の連鎖といったものがあり、そこは観察されていない、そこをうまくシス

テムの中に取り込んでこないと説明できないのではないかという議論である。それを私たちはテキストから抜き出そうとしているのだが、やはり北野委員が作られた **pathway** のネットワークは、北野委員がいつも言うように、ある種のチベット仏教で曼陀羅を作っているような感じで、非常に時間を掛けて作って、それはごく一部しか取られていなくてまたつぶしていったという状態が起きているので、そこをもう少しシステムティックにやらないといけないだろうと。今出版されている論文からレゴブロックみたいなものを大量に集めて、それは不完全かもしれず、ノイズを含んでいるかもしれないが、あるデータが与えられると、そのレゴブロックをうまく組み合わせて説明するというか、**pathway** のようなものを部分的にデータに応じて作り替えて説明する体系を考えていかないといけないのではないかと思ってやっている。

それ以外に、先ほどの知識というところにつながるというのは、こういうデータから言葉につながっていくという話で、これもいろいろなところでやられているが、我々のところでもやっていて、ある動画を見せて、猿が男の人と空手をしているという説明文を出す。これは **Google** もやっているし、**Microsoft** もやっているし、我々のところもやっている。ほぼ同じぐらいの性能が出るというか、同じようなテストデータでできている。これは、そういう意味でデータという構造のない世界にある種の認識が働いて構造化していくというものの第一歩だろうと考えている。

また、人間の中で何が起きているのか、人間から学ぼうとしている。それから、機械学習のほうでは、私が機械学習をやるときにはきっちりとしたデータがあって、サイエンティフィックにもきちんと正当化できるような世界でやったほうがよいのではないかと考えていて、機械学習の手法を医療やがんの研究に使ったり、病気、購買履歴の分析など、いろいろなところに見えるような機械学習を作って、それを使い回している。また、生命科学、物理科学でも同じような機械学習の技術が使われている。

研究資源の構築

最後に言っておきたいのは、今 **Google** や **Microsoft** などが先行しているのは、一つにはやはり計算資源を彼らはきっちり持っているというのがあると思う。やはり我々としてもきっちり作っていったほうがよいだろう。おそらく日本だけではなく、いろいろなところが今考えていると思う。今の **AI** が社会基盤の中はかなり入ってきているから、公共的な性質が非常に強くなっているわけである。例えば健康、医療、社会システムの最適化、エネルギーをどうするか、そういう問題に皆絡んでいるわけである。だから、そこをプライベートセクターだけでやっていったらよいのか、もう少し公的なところできっちりやるのかは、少し考えていく必要があるだろうと思っている。

その一つとして計算資源も作っていく必要があるのではないかというので、これは実際にやってみると大変な作業で、我々だけではできない。いろいろな産業界の人と、あるいは計算機ベンダーとうまく付き合わない駄目だなと思っだしている。先ほど言った補正

予算で一応金が付いたので、かなり大きな、AI用のGPUをたくさん積んだような計算機のインフラを作ろうと、東工大のTSUBAMEをやっている松岡先生のグループがあるが、その松岡先生がリサーチフェローになって設計をやるという感じになっている。

ABCIと言っているが、かなり大きくて、機械学習などをやるにはかなり良いリソースになるのではないか。だから、例えばこういうリソースが要するというのは、良い悪いは別にして、例えばニューラルネット翻訳をGoogleが出したわけであるが、それをやろうと思うと、モデル自身は単純だが、ハイパーパラメーターの調整が膨大にある。その調整を探索的にやらざるを得なくなっていて、似たようなモデルだが少しパラメーターが違うものを大量に作らないといけない。そこが計算力勝負になってしまっている。例えばNICTがかなり機械翻訳に投資しているが、彼らの計算リソースはそれに向いていなくて、我々のところのやつを使わせてくれと、そういう大きな学習をやるにはやはり大きな計算資源が要するだろう。実際に学習された結果のモデルは、もうそれで小さいからほかのところで動くのだが、学習させるためには大きなリソースが要する。そういうモデルを作って小さくしていろいろなところで使い回すと、そのためのコアを作ろうと考えている。これは丸山先生といろいろ議論しているところであるが、そういうモデルのちょっとしたオープンマーケットをうまく作って、いろいろな作られたモデルを組み合わせるとか、別のもので作れるとか、さらにそれを基にして大きな学習をさせて別のモデルを作るとか、そういう感じのマーケットプレイスをうまく作れないかと今考えているところである。

これも少し時間が掛かるのだが、今は第1次の補正予算で、これは小さいが8億ぐらい付いて、それがこの4月から動く。これはかなり小さな物であるが、これでもNICTのグループは翻訳の学習に使いたい。今ABCIと言っている少し大きめなものは、これから作って行って、実際に動き出すのは2018年4月からである。本当に使い込まないと使えるかどうか分からないので、19年4月ぐらいから本当にいろいろなところで使ってもらえるようにしたいと思っている。

外部との連携

外部との連携であるが、先ほども少し言ったように日本はシステムとして産業界と研究所、大学、データを持っているところがうまく力を合わせないと大きな仕事ができなくなって来ているので、そういう連携にも力を入れようとしている。