

第21回科学委員会・第1回A I 専門部会合同会議

日時 平成29年1月13日(金)

10:00~12:15

場所 PMDA会議室21~25

<開会>

○永田委員長 第 21 回科学委員会（親委員会）を始めさせていただきます。どうぞよろしくお願いたします。今回は、親委員会と AI 専門部会の合同開催となっております。それでは、事務局から出席状況と資料の確認をお願いします。

<委員出席状況確認及び資料確認>

○事務局(江原) 事務局です。どうぞよろしくお願いたします。本日、親委員会の先生方 22 名、今からいらっしゃる先生もいると思いますので、後ほど出席の最終確定をいたしましたら御報告いたします。過半数に達していることを確認しております。それから AI 専門部会の先生方については、本日は 14 名中 2 名の先生が欠席との御連絡をいただいています。こちらについては別途御報告させていただきます。

資料の確認です。お手元に、第 21 回科学委員会・第 1 回 AI 専門部会合同会議の議事次第があり、そちらに本日の議題が 1～3 まであります。その下のほうに資料目録があります。資料については目録にある資料 1～資料 5、それから参考資料が 1 つあります。資料 1 は、AI 専門部会のスコープです。資料 2 は、松尾先生御講演の資料。資料 3 は、須田先生の御講演関連の資料。資料 4 は、専門部会の活動状況。資料 5 は、医薬品開発専門部会委員の追加(案)です。参考資料として、前々回（平成 28 年 11 月 11 日）の親委員会で、大江先生から御講演いただきました資料です。以上が資料目録にある資料ですが、それ以外に委員名簿一覧を別途配布しております。不足等がありましたら、事務局までお申し付けください。

【第 1 回 A I 専門部会】

<委員の自己紹介～議題 1：AI（人工知能）等に関するご講演と意見交換>

○永田委員長 それでは議事に入ります。差し支えなければ、写真を 2、3 枚撮らせていただきたいということなのですが、撮らせていただいでよろしいでしょうか。よろしいようですので、事務局どうぞお撮りください。

最初に御礼ですが、11 月に書面で親委員会を開催し、AI 専門部会の委員会候補名簿を配布して、御了解をいただいたと思いますが、御協力をどうもありがとうございました。本日は、最初に専門部会 3 の AI についての議題を取り上げます。ここは、光石先生に座長をお願いして進行していきます。後半で専門部会 1 の希少がん、専門部会 2 の医薬品開発の活動状況について、各部長から御報告をいただきます。それでは、早速、光石先生に座長を交替いたします。

- 光石部会長 おはようございます。東京大学の光石です。AI 専門部会の第 1 回ですので、委員になられた先生方に、簡単に自己紹介いただきたいと思えます。時間の関係上、AI 専門部会の先生だけお願いいたします。お手元の座席表と委員名簿を御覧ください。清水先生からお願いいたします。
- 清水委員 東京農工大学の清水です。専門は医用画像処理をずっとやっています。画像理解、それからその診断支援への応用を中心に研究をしております。この度、佐久間副審査センター長から推挙いただいて参加しております。どうぞよろしくをお願いいたします。
- 武田委員 国立情報学研究所の武田です。専門は人工知能ですが、特に知識ベースシステムとか、オントロジーとか、あとは Web ベースのシステムの研究開発をやっております。どうぞよろしくをお願いいたします。
- 鎮西委員 産業技術総合研究所の鎮西です。専門としては、生体力学、手術ロボット、医用画像処理、手術支援のための医用画像処理ということをやっています。2004 年に PMDA が発足したときに、1 年間だけ医療機器審査部に在籍しておりました。よろしくをお願いいたします。
- 橋爪委員 九州大学先端医療医学の橋爪です。専門は消化器外科ですが、低侵襲治療機器の開発や、新学術領域で多元計算解剖学の領域代表をやっています。最終的には、これらを統合したいと考えています。どうぞよろしくをお願いいたします。
- 原田委員 東京大学の原田です。専門は手術ロボットで、今は内閣府の ImPACT というプログラムにも関わっているのですが、そちらで手術ロボットに AI を搭載するという研究を進めていきたいと思っています。PMDA にも、数年前に 1 年間ほど特任職員として週 1 回お世話になっておりました。どうぞよろしくをお願いいたします。
- 光石部会長 名古屋大学の森先生にもお願いしているのですが、本日は御欠席です。議題に移ります。本専門部会のスコープです。資料 1 を御覧ください。これは、AI 専門部会のスコープ(案)となっていて、既に前回までにも説明させていただいたところですが、改めて読み上げさせていただきます。
- 近年、AI すなわち人工知能を活用した新技術が活発に検討されており、医療関連分野への応用についても検討が進んでいる。一方、AI といっても様々な技術があり、単なる「従来技術の応用」から「まったく新しいコンセプト」までかなりの幅があると考えています。
- 専門部会は、AI 専門家や医療情報の専門家にお越しいただき、AI 全般について俯瞰して整理するとともに、従来技術と異なる「AI としての新要素」を検討することにより、将来の医療機器審査や相談等に役立てます。

これが始まった頃には、まだまだこれからという感じもあったのですが、急速に皆さん御存じのとおり進んできていて、早く検討しなければいけないのではないのかという状況になってきているかと思えます。ひとまず、こういうことでスコープを設定させていただいておりますけれども、必要があればここも変えていくというスタンスでやっていければと思います。

参考資料については既に説明がありましたけれども、昨年 11 月 11 日に開催された親委員会において、大江副部長より「医療における AI 活用について」という御講演をいただきました。そこでは、AI 活用の場面にどのようなものがあるのかとか、人工知能に求められるものは何か、そして変容し続けるシステムであるという説明をいただいたわけですが、その参考資料が本日も付けてあります。

<議題 1 : ①松尾豊特任准教授 (東京大学大学院 工学系研究科) ご講演>

○光石部会長 プログラムに従って、まずは松尾豊特任准教授 (東京大学大学院工学系研究科) から御講演をいただきます。御紹介するまでもなく、最近では連日、引っ張りだこだと思います。松尾豊先生は人工知能、それからディープラーニング、Web マイニングといったことを御専門として、世界人工知能国際会議プログラム委員を務めています。御存じのとおり、この分野の第一人者ということですから。AI の現状を整理して、今後の検討の方向性を明確にするために、AI について俯瞰する御講演をいただける予定になっております。それでは、松尾先生よろしく願いいたします。

○松尾特任准教授 「人工知能は人間を超えるか」ということで、人工知能の話をしていただきます。光石先生から御紹介いただいたとおりで、東大工学部におりますので、光石先生にはお世話になっております。人工知能学会を中心に活動しております。本日は、特にディープラーニングを中心にお話をしていきます。

アルファ碁がイ・セドル九段に勝ったというのは記憶に新しいところかと思えます。先日も、ネット上に強い謎のプレイヤーが現れて、人間のプロ棋士相手に 60 連勝するということがありました。その正体が、このアルファ碁だったということを、Google (DeepMind) は発表しています。そうすると、世界のトッププロをほぼ全員破ってしまったわけです。このアルファ碁というのは、急激に強くなりました。専門家の予想を急激に超えて強くなった非常に大きな理由が、ディープラーニングという技術を使ったからだと思っています。

今、人工知能はブームになってきていますが、歴史的に見ると 1956 年

から始まった分野ですので、今年で 61 年目になります。この間にブームになって、冬の時代を繰り返すということで、今回が 3 回目のブームになります。この分野は非常に加熱しやすい分野で、人工知能という言葉の持つ魅力だと思いますけれども、人間のような知能が実現されるのではないかということで、すぐ過大な期待が抱かれてしまう要素があります。1960 年代から人間の知能を超えるのではないかという話がずっとありました。今回の第 3 次 AI ブームも、その期待感が加熱しすぎるというのは非常に危惧しているところです。

例えば、キーワードとして IBM の Watson とか、Siri、ソフトバンクの Pepper、自動運転、将棋と色々ありますけれども、基本的には 61 年前からやっている技術ですので、昔からある技術が少しずつ良くなっている。だから、急に何かができるようになっていくわけではない。ブームになったからといって、何か急にできるようになっていくわけではないと御理解いただくのが良いと思います。ところが、私はこのディープラーニングというのだけは別格だと思っています。ここは、本当に破壊的なイノベーションが起こっているところで、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る。先ほどのアルファ碁もディープラーニングの技術を使っています。

それでは、ディープラーニングで何ができるかというのを、非常に単純化して言うと、認識ができるようになる、運動の習熟ができるようになる、言葉の意味理解ができるようになるといった変化だと思います。順番に御説明していきます。

認識というのは御存じのとおり、画像認識はコンピューターにとって非常に苦手なタスクです。単純な例ですけれども、ここに猫、犬、狼があって、人間がパッと見ると分かる。これをコンピューターにやらせるのは非常に難しい。なぜ難しいかと言うと、非常に単純に考えると猫は目が丸いので、目が丸ければ猫と判断しよう。目が細長くて、耳が垂れていると犬で、耳が尖っていると狼と判断しよう。そのようにすると、これは自動的に判断できるのではないかと思うわけです。

こういう犬がいて、目が細長くて、耳が尖っているのですけれども、狼ではなくて犬なのです。確かに言われてみると、この犬は犬っぽい顔をしていて、狼は狼っぽい顔をしているということが、人間が見ると何となく分かるわけです。この犬っぽさ、狼っぽさを定義してくださいと言われるとすごく困ってしまいます。これを「特徴量」と言いますが、目も、目が丸いとか、狼っぽいとか、犬っぽいとか、そういう特徴量を人間が定義している限り、この画像認識の問題は一向に精度が上がりな

った。それ自体をコンピューターが学習できる必要があったということです。

今お話したような画像認識、あるいは機械学習における特徴量の設計というのは非常に難しい問題でした。それ以外にも 61 年前から研究していますので、難問とされている問題がたくさんあります。フレーム問題とか、あるいはシンボルグラウンディング問題と呼ばれる問題は、この人工知能の分野の中で非常に難しいとされてきたわけです。こういう色々な問題に共通する根本的な要素は 1 つしかないと思っています。それは何かと言うと、これまでの人工知能というのは、すべて人間が現実世界を観測し、観察し、その中で主要だと、重要だと思うところを抜き出してモデル化していた。このモデルを作った後はいくらでも自動化することができるわけですが、モデルを作るという行為そのものは一向に自動化されていなかった。ですから、それに起因して色々な問題が起こってしまっていたということだと思います。

それを一部ですけれども、徐々に解き始めているのがディープラーニングだということで、私は人工知能における 50 年来のブレークスルーという言い方をしています。色々なやり方がありますが、非常に有名な研究が Google の猫認識というもので、インターネットから取ってきた画像を使って、ニューラルネットワークというタイプの人工知能を、あるやり方で学習させる。そうすると、入力に近い側、この例だと左なのですけれども、入力に近い側では、非常に簡単な特徴量である線とか点のようなものが学習され、もう少し上のほうに行くと、より高度な・高次の特徴量である人の顔っぽいものとか、猫の顔っぽいものが学習されているということです。

これは先ほどお話した、要するに猫の猫らしさ、犬の犬らしさというのが、画像をたくさん入力するだけで学習されるような仕組みができてきたということになります。ですから、2012 年あたりで、ディープラーニングの画像認識における性能は飛躍的に向上しました。これはエラー率で書いてあるので、少ないほうが良いのですけれども、2012 年以前は、あるデータセットにおけるエラー率というのは 27%、28% という状況を推移していたのですけれども、2012 年に 16% ということで、いきなり 10% 上がりました。いきなり 10% 上がって以来、すごい勢いでこのエラー率が低下し続けています。2013 年には 11.7% になり、2014 年には 6.7% になり、人間が同じタスクをやると何% 間違ふかと言うと、人間がやっても 5.1% 間違ふ。それに対して 2015 年には 4.9%、2016 年には 3.6%、今現時点での最高は 3.1% というところまでできています。要するに 2015 年 2

月に、コンピューターが、あるデータセットにおいてですけれども、画像認識で人間の精度を超えたということがもう現実に起こってしまいました。考えてみれば、人間の仕事の中で、眼を使った作業というのは非常に多くて、そういうものが自動化できる可能性が技術的に出てきたということになりますから、これは産業的なインパクトが非常に大きいと思います。

次に起こっているのが、運動の習熟です。我々人間は、例えばゴルフボールを何回も打っていると、だんだん上手に打てるようになるわけですが、それがどのようにできているかという、強化学習という仕組みだとされています。強化学習自体は昔からあるのですが、うまくいったらそのやり方を繰り返すという仕組みによって上達するということです。言い方を変えると、報酬をもらおうと、その報酬の前にやった行動を強化するという仕組みによって、だんだん動作が上達してくるという仕組みです。

ところが、ゴルフボールも、いつも同じ打ち方をしていれば良いわけではなくて、状況に合わせて違う打ち方をしないといけませんから、こういう状況ではこういう打ち方、こういう状況ではこういう打ち方というように、状況と行動をセットにして、良いか悪いかというのを学習させていくということをやります。ところが従来の人工知能のやり方では、この状況を記述するのに、人間が定義した特徴量を使っていました。ところが、ディープラーニングと組み合わせる方法では、ディープラーニングで出てきた特徴量を使って、この状況を表現するというをやります。違いとしてはそれだけなのですが、それだけで非常に大きな変化が起こります。

いくつか動画をお見せします。これは、アルファ碁を作った Google の DeepMind という会社が、2013 年ぐらいにやっていた研究です。こういうブロック崩しを学習する AI を作っていました。最初は下手なのですが、強化学習でだんだん上達してきます。スコアを報酬にしていますので、このブロックが崩れてスコアが上がると、その前にやった行動を強化するという仕組みによって、だんだん上達してきます。しばらくするとすごく上手になるのですが、実はこのぐらいだと、従来の人工知能でも十分できたのです。ただ、従来の人工知能のやり方はどうやっていたかという、これがボールだとか、これが自分で動かしているバーだというのを人間が定義していたのです。ところが、これがすごいのは画像を入れているだけなのです。画像を入れると、画像から特徴量を取り出して、それらの関係がこうであるときに、点が入りやすいとい

うのを学んでいくわけです。そうすると、そのうちにコツを見つけるということをやり始めます。このブロック崩しの場合、右端とか左端を狙って通路を作ってしまうとすごく点が入るのですけれども、それを作りにかかっている。今は左端を狙っています。ここにボールを通してしまうのですけれども、こういうやり方を見つけます。これは、要するに右端とか左端に通路ができていうのが良い状態なのだという特徴量に気付いているから、こういうことができるということになります。

今とまったく同じプログラムを使って、全然違うゲームを学習させることができます。こういうインベーダーゲームも、今のブロック崩しとまったく同じプログラムを使って上達させることができます。これも画像を入れて、スコアを報酬にしているだけです。まったく同じプログラムで動くわけです。これも驚くべきことで、従来だと、強化学習を使うにしても、これがインベーダーだとか、これがミサイルだということを定義しないとけなかつたのですけれども、それをやらなくても良い。これは昔のアタリ社のゲームですけれども、60種類ぐらいあるアタリ社のゲームのうちの、半分の30種類以上で人間のハイスコアよりも上手になります。ただ残り半分は人間のほうがうまいのですが、それはパズルとか、冒険のゲームとか、そういう記憶や思考を必要とするものは人間のほうがうまいのですが、こういう運動神経や反射神経だけでいいものは、もう人間よりもうまくなるというのが2013年に、このDeepMindが既にやっていました。

これができた時点で、これをロボットに適用すると、ロボットの動作が習熟してくるのではないかということが予想できたわけですが、それを実際にやったのがUC Berkeleyです。2015年5月に出したものがこちらです。こういうロボットが、おもちゃの飛行機の部品を本体に組み付けるといっているのをやっています。最初は下手なのですけれども、強化学習によってだんだん上達していきます。上手にはめ込むことができる報酬がもらえるということです。上にカメラがあって、目で見ているのです。画像を撮っているわけです。ですから、画像を撮って、そこから特徴量を抽出し、動作を学習する、強化学習するというのは、先ほどのブロック崩しのゲームと原理的にはまったく同じです。

しばらくすると、このように上手にはめ込めるようになるわけですが、見て分かるとおり、あまりロボットっぽくない動きというか、適当に入れている感じなのです。こういう動きが学習されているということです。今まで難しかった、例えばレゴのブロックを上手にはめ込む、くっ付けるというようなこともできるようになっています。それ以外に

も、色々な動作ができるようになっていきます。

今のを、今度は車に適用すると、これはミニカーなのですが、自動運転を、今お話をしたディープラーニングと強化学習という技術を使って、下手な状態から練習として上達させたものがこれで、日本のPFN社とトヨタが共同で、去年のCESに出していたものです。この白い車は自動運転、強化学習で上達した結果の車で、4方向の交差点を、信号はないのですけれども上手に譲り合って通っていきます。赤い車は、人間が運転している車で、これが滅茶苦茶な運転をするのですけれども、それにもかかわらずこの白い車は上手にかわっていきます。なぜ白い車はこんなことができるかという、下手な状態から上達していますので、何回もぶつかった経験があるわけです。ですから、どうやるとぶつかるかとか、どうやると避けられるかということが分かっているので、こういう上手な、大人の対応ができるということです。

今のロボットアームに適用するというのを、Googleが昨年3月に出したのがこちらです。こういうたくさんの物が入っている箱の中から目的の物を取り出すということを、強化学習で練習しています。上にカメラがあって、画像で見ているわけです。持って下ろし、持って下ろしということを何回も練習しています。当然この実時間の練習の時間がかかりますから、早くしようと思ったら並列化しないと行けなくて、14台を並列に並べて14倍にしています。そうすると色々な物を上手につかめるようになります。

これを見ても、何がすごいと思うかもしれないのですが、実はこんな単純なことすら、従来のロボット、機械にはできなかったのです。こういうたくさんの物が入った箱の中から、目的の物を取り出すというのは非常に難しいタスクです。まず目的の物を見つけるのは画像認識の問題なのでできなかった、精度が上がらなかった。しかも、物によっては持つべき場所が違って、長い物を長い方向に持ってしまうと持てないので、長い物は短い方向に持たないといけない。丸い物、軟らかい物は、それぞれ持つべき場所が違うのですけれども、それも今までのやり方だと、人間が定義しないと行けなかったのです。ところが、このようにたくさんの物がごちゃ混ぜに入っていると無理でした。

ところが、これは画像認識し、その特徴量をつかんで、こういう物だったらここを持つてば良いのだというように学習していきますから、色々な物を上手に持てるわけです。考えてみれば、人間も色々な物を持つてますけれども、なぜ持てるのかという、これは赤ちゃんの時に練習しているからです。赤ちゃんの時に持つては落とし、持つては落としてという

ことで、お母さんがすごく大変なのですけれども、それでもそういう練習をしているから、色々な物を上手に持てるというわけです。それとまったく同じようなステップを通して上達することができるということです。

今お話したようなことは、人工知能の世界ではモラベックのパラドックスと言われていています。ハンス・モラベックという人が、1980年代ぐらいからずっと言っていることなのですけれども、子どものできることほど難しいと言われていました。人工知能の世界では、人間にとってすごく難しい、大人や専門家でないとできなさそうに思うような医療の診断であるとか、あるいはチェスを打つ、数学の定理を証明する、こういったことはある程度できて、1960年代、1970年代から実現されています。ところが、3歳児でもできるような画像認識とか、あるいは積木を上手に積むといったことは一向にできるようにならないということで、逆説的なのでパラドックスと言われてきたわけです。それが、このディープラーニングによって、ようやくできるようになってきました。モラベックのパラドックスが覆りつつあるということが今起こっていることです。

私は、第3次AIブームの技術的なエッセンスとしては、ここしかないと思っています。それ以外のことは、従来のAIがやってきたことが少しずつ良くなっているのが、ややバズワード化しているのですけれども、本当に技術的にイノベーティブなことが起こっているのは、3歳児でもできることこそが、ようやく今コンピューターにできるようになってきたということだと思います。

冒頭にお話したように、そうすると認識とか運動、あるいは言葉の意味理解というのができるようになってくるのではないかと。言葉の意味理解というの、長年の人工知能の分野の夢で、色々な議論はあるのですけれども、私は非常に単純化すると、言葉の意味理解というのは何かと言うと、文章から画像や映像を生成すること、要するに思い浮かべること。あるいは画像や映像から文章を生成すること。つまり、物語るといふか述べることだと。この両方向の変換ができるようになることが、言葉の意味理解ができるということであり、それは早晚実現するのではないかと思います。

そういう変化が2030年ぐらいまでに起こるのではないかと書いてきた図がこちらです。認識とか運動の習熟、言葉の意味理解ができるに従って、例えば認識であれば医療画像における診断、あるいは防犯・監視、こういうものができます。運動の習熟まで行けば、自動運転、物流・建設・農業の自動化、介護、調理・掃除。言葉の意味理解まで行けば、翻

訳とかホワイトカラー支援の全般ができるようになるのではないかと。これが 2030 年ぐらいまでに起こるのではないかと書いていたのですが、それでも、2 年前の時点で論文として出ていたところが、大体この赤の△で書いている部分です。それが、2 年経つと、このように非常に範囲が広がっている。認識というところが非常に大きな壁だったので、それを乗り越えると、今は峠を越えたようになっていて、一気に技術が進みつつあります。

言葉の意味理解までやや差しかかりつつあります。例えば、画像を見て、それを文に直すという技術がもうできています。Automated Image Captioning と言いますが、例えば左上の写真を入れると、Man in black shirt is playing the guitar というような文が生成されるという技術がもうあります。さらにその逆もできるようになってきています。文を入れると絵が出てくる。A very large commercial plane is flying in blue skies という、大きな商用の飛行機が青い空を飛んでいると入れると、それっぽい絵が出てきます。この blue を rainy に変えると、rainy っぽい絵に変わる。これは画像を検索しているのではなくて、コンピューターが書いているのです。ですから、あり得ない文も入れることができ、A stop sign is flying in blue skies という、「止まれ標識」が空を飛んでいるというあり得ない文を入れても、本当に「止まれ標識」が空を飛んでいるような絵が生成されるというような技術がもうできています。

ここまでできると何ができるか。A stop sign is flying in blue skies という文から、こういう絵を生成し、ここから先ほどの Automated Image Captioning の意味理解で、日本語に直すということをやると、日本語に直っているわけです。しかも、これは画像を介して訳していますから、要するに意味が分かって訳しているということになるので、意識になる。これは、従来の翻訳の方式とまったく違う方式ですけども、こういう方式で本当に意味を理解した言語処理、翻訳というのが私は早晩できるのではないかと。もちろん、抽象的な概念をどう扱うのかとか、色々複雑な問題はありますけれども、私の予想では 10 年～15 年ぐらいでできるのではないかと考えています。

そう言っていたところ、先日、Google 翻訳が、ディープラーニング方式が変わって非常に精度が上がりました。しかも、ここで言っているような、画像を介すというようなことは一切やっていなくて、パターンの処理だけで、ディープラーニングを使うと相当精度が上がることでなっています。それに、あとはこういう画像とか、身体性みたいな要素を加えていけば、ほぼこの言葉の理解というのは完成するかもしれない。そ

れは、予想していた 10 年～15 年よりももっと早く起こるかもしれないと思っています。

最近でも、どんどん新しい技術が出てきて、例えば 0.1 秒後を予想するとか、静止画から動画を生成するとか、あるいは自分がとった行動の帰結を予想するとか、色々な技術ができるようになってきています。

今お話したことを一言でいうと、私は「眼の誕生」だと思っています。『眼の誕生』という、アンドリュー・パーカーという人が書いた本があります。これは、カンブリア爆発について書いた本です。カンブリア爆発といきなり出てきてあれですけども、地球が出来て 46 億年ぐらい経ちますが、5 億 4,200 万年前から 5 億 3,000 万年前という非常に短い期間の間に、現存する生物のほぼ種別すべての「門」が出そろったということを示します。

なぜこんな短期間に生物の多様性が一気に上がったのかということについてはまだ解明されていなくて諸説ありますけれども、その 1 つがこのアンドリュー・パーカーという人が 10 年前に言った光スイッチ説というものです。高度な眼を持った生物が現れたからだということです。それまでの生物というのは、基本的には眼が見えていなかったのだから、ぶつかると食えるとか、ぶつかられると逃げるといって、非常に緩慢な動作しかできなかったのが、高度な眼を持った三葉虫というのが現れたことによって、捕食の確率がすごく上がった。そうすると、今度は逃げるほうも眼を持つと、見つかったから早く逃げようとか、隠れようとか、擬態しようとか、色々な生存戦略が出てきたということで、眼によって生物の生存戦略が多様化し、それによって生物の種が多様化したのだというように説なのです。

私は、これとまったく同じことが、機械やロボットの世界でも今後起こるのではないかと。今までの機械やロボットは、要するに眼が見えていなかったわけですから。そこにこのディープラーニングによって眼の技術ができると、今後は眼を持った機械やロボットが現れるということです。これは非常に大きなマーケットを生み出すと思っています。ここを日本企業が取れるのかどうかというのが、日本経済・社会を考える上で非常に重要な課題ではないかと思っています。

眼と言っても、カメラがあるのではないかと考えるかもしれません。カメラのイメージセンサーは網膜で、人間の場合は網膜と脳の後ろのほうにある視覚野が連合して動くことによって眼が見えているわけですから。この視覚野に当たる部分がディープラーニングだということです。眼が見える機械がどういう世界で、どういう産業にインパクトを与えるかということ、

私は農業とか建設とか、食品加工だと思っています。考えてみれば、今までの機械は眼が見えていなかったのので、それを使って自動化しようとすると、どういふことをやるか。環境を整える。典型的なものは工場ですけれども、同じ物が同じタイミングで必ず流れてくるといふ状況を作れば、要するに眼が見えていない機械でも自動化することができました。

ところが、環境を整えることができないような領域においては、自動化できていなかったのです。その典型例が農業だったり、建設だったり、食品加工だったりするわけです。こういうものは自然物を扱い、一回一回状況が違ふといふことで、自動化が非常に難しかった。ところが眼を持つ機械、状況を正しく認識できるような技術があれば、これらの自動化が今後一気に進むといふことだと思ひます。例えば農業だと、トマト収穫ロボットができるはずですが、これも考えてみれば、農業において収穫といふのは大変なのですけれども、稲とかジャガイモは根こそぎごっそり取ってしまうと、あとは適当に分ければ取れてしまいます。ところが、トマトなどは茎を残しておかないといけないので、認識しない限り自動化できていなかった。トマトとか果樹、リンゴや桃などは、そういうわけで自動化できていなかったわけですが、こういうのも自動化できる。

建設でも、例えば溶接工が不足していて大変なのですけれども、これも溶接面の状態を見ながら作業をしなければいけないので自動化ができていなかった。我々が夜に飲みに行こうといふと、レストランや居酒屋に行き、後ろで人が調理しているのが当然だと思ひますが、これは当然でも何でもなくて、人がやるしかやり方がなかったのです。調理といふのは、典型的に認識とか運動の習熟を必要とするものですから、今まで自動化できなかつた。これが自動化できる可能性が技術的に出てきたといふことです。日本の食といふのはレベルが高いですから、この自動化の技術ができると、これを世界に広げていくといふような大きな産業になるのではないかと思ひます。

医療のところを少しお話しします。53 ページまで行きますけれども、医療分野においてはどこに使えるかといふと、やはり一番やりやすいのは画像系です。画像診断のところは、技術的には相当やりやすいところです。もちろん、それでもデータをどうやって集めるのかとか、どうやって精度を上げていくのかとか、色々課題はありますけれども、やりやすさからいくと一番やりやすいところです。レントゲン、CT、MRI、内視鏡、眼底、皮膚病、病理診断といったあたりはやりやすいところだと思ひます。それから、薬の管理系です。例えば調剤薬局の業務などは、上手に

その薬をピッキングすることができる、ある程度自動化することができるようになるかもしれません。病院内の薬の物流などもできるようになるかもしれません。

それから見守りです。患者さんが変なことをしていないかとか、あるいは認知症の方が家で変なことをしていないかとか、こういうのを見守ることは認識の問題ですから、相当大きく技術的に進歩する可能性があるのではないかと。

それから音声認識というのも精度が相当上がります。今は日本語の音声認識はディープラーニングを使ったものではなくて、精度もまだ上がっていないのですけれども、ディープラーニングを使うと音声認識の精度が相当上がりますから、例えば電子カルテに記入するとき、音声認識でやるということは、今までよりも相当レベルが上がってくるのではないかと思います。

ただ、できないのはよく言われるのが、囲碁でトッププロに勝つのでから、お医者さんなんかすぐに要らなくなるでしょうと言われてたりするのですけれども、絶対にそんなことはありません。総合的な判断を必要とするものはすごく難しいです。囲碁は閉じられた世界で、何回も試せるので人工知能向きです。画像は、画像という世界の中での認識問題ですから非常にやりやすいです。普通の診断というのは、お医者さんは病気の知識だけではなくて、社会に関する知識とか、患者さんの心理状態とか体の状態、色々な知識を総合的に判断しないとイケないですから、こういうのは相当難しいです。ただし、それをサポートするような業務はかなりの部分できるのではないかと考えています。

ロボットでも、ピッキングとか非常に簡単なところからできてくると思います。いずれは手術などもできると思いますけれども、これがどのぐらい時間がかかるのかというのは、ハードウェア側の進歩が必要になりますから、ソフトウェアの眼の技術はもう大分できていますけれども、ハードウェアの技術というのは、眼の技術と組み合わせあって起こっていないとイケないので、ここの時間というのは相当長くかかるのではないかと。

日本全体で言うと、日本は色々な課題を抱えています。これの大きな部分として、頭脳労働はそんなに不足していませんけれども、肉体労働が不足している。特に状況を認識する眼の技術と、日本が強いものづくり、機械、ロボティクスの技術と組み合わせることによって解決できるような課題がすごくたくさんある。これは農業もそうだし、介護もそうだし、例えば原子力発電所の廃炉とか、河川や火山を見張る防災と

いうあたりというのは、眼の技術プラス機械、ロボティクスの技術で解決できる可能性が高いものですから、こういうあたりを日本が伸ばして行って、それを新たな競争力にしていくことができるのではないかと。

ただ、この分野はすごく技術が進んでいるのですけれども、人材が圧倒的に不足していて、これはグローバルにも不足しています。ですから、私は東京大学の中にディープラーニングの講義というのを、一昨年から自主講座という形で作り、昨年からは正式な講義としてやっています。この人材の育成というのは非常に重要な観点だと思います。

それから、この認識の技術ができる、機械が眼を持つということによって、どういう産業的な変化、社会的な変化が起こるのかということをも正しく見抜いて動いていくことも重要だと思います。一番大事なものは、社会全体でどういう新しい未来像を作っていくのかということをも議論して、それを描いていくことが重要ではないかだと思います。以上です。

○光石部会長 松尾先生、どうもありがとうございました。ただいまの御講演に関して、質疑応答をしたいと思います。10分ぐらいを目処にお願いできればと思っております。どなたからでも結構ですので、よろしく願いいたします。

○許委員 東京都健康長寿医療センターの許と申します。画像認識というのは、医療における第一歩の応用になるかもしれないということで、今、我々の所では圧倒的に放射線科医が不足しているわりには、例えばCTの1症例を撮っても、かつては30、40枚でよかったのが、ハードがどんどん進んで、150枚とか、そういうものを見ていくわけです。その中で、例えば腫瘍の見落としなどはたぶん得意だろうと思うのですが、その他のそういうレントゲン画像診断で近い将来一番早く臨床の場に来るのは、どういうものでしょうか。

○松尾特任准教授 例えばDeepMindという会社は、おそらく世界で一番ディープラーニングの技術が進んでいる会社ですが、そこがやっているのは、眼底の加齢黄斑変性あるいは糖尿病性網膜症というのをやろうとしていて、これは相当考えた結果、ここをやっているのだと思います。あとは、胸部X線とか、そういうレントゲンの写真などは、シリコンバレーのベンチャーでもかなりやろうとしているところがあります。それは、どちらかというマーケットが大きいということかだと思います。

○許委員 では、まだ実用的なレベルまではいっていないわけですね。

○松尾特任准教授 いや、例えば海外では、Enliticというところは、実用というか、実際にやってみると人間のお医者さんよりも1.5倍精度が良く判定できましたということをも、肺がんの検出においてやっていますし、GEもベンチャー

ーと組んでディープラーニングによる医療画像に取り組み始めているので、現場で使われているかどうかというとは分かりませんが、相当急ピッチで実用化に向けて動いているとは思っています。

○光石部会長

ほかにいかがでしょうか。

○橋爪委員

最後に先生がおっしゃっておられました、まだディープラーニングの人材が不足していて、大学ではそういった講義とかもされているということですが、「ディープラーニング×ものづくり」というふうにかけてありましたが、ものづくりそのものも、まだ人材育成という意味では非常に不足しているところがあって、人材育成をどうやっていこうかと考えているところなんです。実際に大学レベルだけの人材育成で良いのか、もっと小・中学生とか、そういったレベルからの人材育成が必要なのか、それから、単にディープラーニングだけのことを教えれば、こういった分野の人材は伸びてくるのか、そのあたりについて先生のお考えをお聞かせ下さい。

○松尾特任准教授 ディープラーニングというのは非常に面白い分野で、2012年にすごく精度が上がったので、今ある技術は、高々3、4年ぐらいの歴史しかないというか、もちろん歴史はあるのですが、本当に新しい技術はここ数年の技術で、そういった意味で言うと、今、世界でディープラーニングが一番強い人は誰かという、28、29歳ぐらいのディープラーニングをテーマにしたPh.D.を取りたての人が一番強くて、それよりも5歳とか10歳年齢が高くなると、before ディープラーニングの技術を習得してしまっている、今あまり使えなくなっているのです。

色々な日本の企業の方と話していると、実はこれが日本の年功序列人事制度と合っていないなくて、ディープラーニングの技術を持った若い技術者をなかなか活かしてきれていないという問題は、色々なところで見られます。それを逆に言うと、新しい人が追い付くほうが簡単で、必要とされる素養は、数学がしっかり分かっていること、これは最適化の問題なので、微分とか、線形代数とか、そういった数学の基盤がしっかり分かっていることと、プログラミングがある程度できること、こういった人が、地頭の良い人が3か月、半年ぐらい一生懸命やると、あっという間に一線級に行ける、そういう技術です。そうすると、これは大学の中で教育する価値がかなりあり、中・高生となると少し時間がかかり過ぎるので、今、私は理系の大学生あるいは大学院生がこれをやれば良い、教育効果としては一番高い。もちろん企業の中でも優秀なエンジニアの方、あるいは、時間があって、意欲があって、学ぼうとするような方は、あっという間に追い付ける可能性があると思っています。

発表の中で1点言い忘れたので、少しだけ補足したいのですが、意思決定につながる情報です。人材育成すると同時に、データを集めることが重要で、データをどのぐらいの規模で集めれば良いのかという目安もだんだん分かってきています。『DEEP LEARNING』という本が昨年11月に出て、今、研究室でこれを日本語に訳しているのですが、もうすぐ出ると思います。2016年の時点で教師ありのディープラーニングのアルゴリズムは、一般的にカテゴリーごとに約5,000のラベル付き事例で許容できる性能を達成する。つまり、10カテゴリーの分類問題を解かせたいのだったら、 $10 \times 5,000$ で、5万のサンプルを用意すれば良い。あるいは、少なくとも1,000万のラベル付きの事例を含むデータセットで訓練すると、人間の性能と匹敵する、あるいは超える。ですから、人間のお医者さんと同等か、それ以上の能力を発揮させたいのだとすると、1,000万枚の画像とそれに対するタグの情報を準備すれば良い。例えば、1枚当たり100円かかるとすると、 $1,000万 \times 100$ で、10億円かけて作れば、人間のお医者さんに匹敵するようなものができて、これはいくらかでもコピーすることができますから、それを製品に埋め込んでいくことができるというように、大体の目安が分かるかと思います。

○鎮西委員

ありがとうございます。アルファ碁が4勝1敗で、1敗のほうの話をしたのですが、聞くところによると、とんでもない悪手を打った、且つ、なぜそのような悪手を打っているのか分からない。例えば、この話を医薬品とかで応用した例で言うと、20%の確率で誤診断をする。ところが、なぜ誤診断をするのか全然分からない。そうなってくると、例えば安全対策をしようと思ったときに、どういう傾向のときにミスする可能性が高いのか、あるいは、それをどうやっていけば改良できるのかといったあたりの改良の仕方という点について、私は若干の危惧というか、どうなるのだろうかと思っています。

ディープニューラルネットワークというよく分からないところに、特徴量であるとかがimplicitの形で隠れていて、そういう形になっているものについて、例えばどういうデータに引っ張られてこういう判断をしたというような話はできるのかなとは思っているのですが、実際、世の中に出していくに当たって、ミスしたときの対策などについては、いかがでしょうか。

○松尾特任准教授 これはDeepMindの人も言っていますが、囲碁だから4勝1敗で良いわけなので、これは本当に命の関わるシビアな状況で、4勝1敗で良いかということ、そのようなことはないと思います。ここは当然、アルゴリズムの開発をする必要はあるし、これはわりと通常の品質管理の問題だと

と思いますが、どのぐらいの性能になったときに初めて使えるようになるのか、その精度をどうやって保証するのかということは、普通の製品と同じように考えていく必要はあると思います。

ところが、普通の製品と違う点があり、それは学習によるということなので、その理由を完全に人間が理解することができないというところが大きな違いです。おそらく、これまでの製品は設計によるものですから、少なくとも設計者はなぜそういう動作をするのかは分かっているはずですが、それが今度は学習になると分からないということになるので、そこが大きな違いです。

考えてみれば、では、人間のお医者さんはミスをしないうかという、やはりミスもするわけです。ところが、それをどのようにして社会全体でカバーしているかという、ミスをしたときでも影響が出ないように2重、3重のチェックの仕組みを入れたり、それをリカバーするような仕組みを入れたり、あるいは、ミスをしないう人が実績を積んでいって、より信頼をされたりというような仕組みによって、社会全体としてうまくいっているわけなので、それと同じように、この人工知能、特に機械学習、ディープラーニングを使った仕組みも、実績を積んでいって、徐々に信頼感を獲得していって、それがより重要な場面で使われるようになるという、人間と同じような仕組みが必要になると思います。それに対して、例えば実績を積んだものだけを認定するような認証の制度とか、そういったものも社会的に必要なようになってくるのではないかと考えています。

○山根委員 神戸大工学部の山根です。今の話に関係すると思うのですが、審査の方法論から質問させていただきます。審査は、開発のあるステージ、時間を止めて審査をします。そうすると、ある時間では、新しい AI 機器はまだラーニングが途中ですと、過去の AI 機器と比べなさいというときに、過去の AI 機器はこのようにラーニングしています。成績を比較したら、当然、古いほうが良い結果を出すかということがある。そうすると、成績は悪いけれども、とにかく臨床に投入してしまえということが、どうやったら言えるのだろうか。方法論としては、治験段階では成績は悪いけれども、市販後調査で何とかしようみたいなロジックしかないのか。これから賢くなるという機械を、時間を止めてどうやって審査したらいいのでしょうか。

○松尾特任准教授 私は賢くなった後の人工知能をたくさんコピーして最終製品にするというやり方しかないと思っています。ですから、学習段階でユーザーの手元にあることは、私はまずないと思っています。ローカルで学習させ

るような技術を研究している人もいるのですが、社会的な信頼性を考えると、私はそのようなことは起こらないとっていて、「学習工場」という言い方をしているのですが、眼を持った機械を作るときに、機械の部分を製造する工場も必要だし、眼の部分を作る工場も必要。この眼の部分を作る工場を「学習工場」と呼ぼうと提案していて、この学習工場では、データと計算機と人を使って、徹底的に精度を上げる。それで、色々なテスト、検証もする。その結果、信頼できる学習済みのモデルをコピーして、最終製品に乗せて、それを売るのだという形になると思います。当然、新しいデータで学習させて、更に精度を向上させたいということもありますから、その場合には、次のバージョンの製品が出るのだというような捉え方になるのではないかと思います。

○光石部会長 時間の関係で最後の質問とさせていただければと思います。

○加藤委員 私は精神科の出身で、ある意味で一番遠いところかもしれません。今、私は実際にはニューロフィードバックという技術と関係して臨床を研究していますが、これは機械が判断して、それをフィードバックして、それで自分の考えを変えていくことをある意味ではするわけです。そうすると、マインドコントロールではないかということに、倫理的な問題に引っかかるだろうと少し気にしています。特にこういう教師なしのディープラーニングをしていく場合には、倫理性のようなもの、どんどん進めば良いとは必ずしも言えない場面はきっとあると思うわけですが、そういうときにそれをあえて進まないとかということとは、この機械は学習していくものなのでしょうか。

○松尾特任准教授 人工知能学会に倫理委員会というのがあり、ここにいる武田先生も一緒にやっているのですが、人工知能と倫理の問題は色々論点があり、特にどういう目的を与えるかとか、どういう報酬関数を与えるかというのは、かなりしっかり考えないといけないことです。それによって人間にとって望ましくない結果が起こる場合もありますから、どういう目的を与えるか。先日もアメリカで BAI という会議があり、Beneficial AI という会議ですが、そこでもそういうバリューアライメントという、人間の価値観をいかにしてコンピューターに正しく与えるのかという問題が議論されていましたが、そういったあたりはすごく重要な問題ではないかと思っています。それを検証するとか、社会全体でしっかり守っていく仕組みづくりも重要だと思っています。

○光石部会長 どうもありがとうございました。質問は尽きないかという感じもするのですが、全体のスケジュールの関係で、申し訳ないのですが、とりあえずここまでとさせていただければと思います。松尾先生には、御講演に

加えまして、ディスカッションにも参加いただきまして、どうもありがとうございました。退席いただいても結構です。

(松尾特任准教授退席)

<議題1：②須田義大教授・センター長（東京大学生産技術研究所 次世代モビリティ研究センター）ご講演>

○光石部会長 今度は自動運転ということで、須田義大先生に御講演を頂きたいと思います。須田先生は、東京大学の生産技術研究所に次世代モビリティ研究センターというのがあるのですが、今、そのセンター長をされています。自動運転による次世代交通システム研究を御専門として、土木・交通工学、機械・制御工学、情報・通信工学といった各分野を横断的に連携した Intelligent Transport Systems (ITS) の研究開発を行う研究組織をリードされているということで、これまでの御経験や自動運転の責任範囲をどこにするのかといったこと、将来的なビジョン等について御講演いただける予定になっております。それでは、須田先生、よろしくお願いいたします。

○須田教授 ただいま御紹介いただきました東京大学生産技術研究所の須田です。こういう場にお招きいただき、どうもありがとうございます。今日は光石先生に御紹介いただき、引き受けさせていただきました。

自動運転の分野は、1週間ごとにアップデートされるぐらい社会の動きが早いので、パワーポイントを作る作業を直前までしておりました。9月に、損保の日本共済協会で講演したときの講演録がありましたので、それをお持ちしました。後ろの方はパワーポイントが見えそうもないので、必要であれば後でパワーポイントのデータをお送りしたいと思っております。

私たちのセンターは、まさに分野横断ということで、同じ工学分野でも私みたいに機械工学をやっている人間と情報工学をやっている人間、インフラ、社会基盤、そういう色々な分野で交通を総合的に考えましょうということをやっております。当然、交通の分野は学の世界では閉じないということで、産学官民という融合をやっていること、そのようなことをやっているセンターです。

今まで、自動運転を1つの非常に大きなターゲットとしてやっておりますが、それ以外にも通信技術を使った安全支援の研究、東北復興や、地域連携のプロジェクトとか、色々なことをやっております。特に交通で言うと、安全が非常に大きな課題になっており、自動運転のターゲットも今は安全ということなのです。ただ当然、省エネ、快適、健康、色々

な観点で交通に取り組みなければいけないと思っております。

そういうことで、実は、ITS は 1980 年代から官民を挙げてやっておりますが、基本的にどういうスキームかという、車、ドライバー、インフラを情報通信でつなげて総合的な交通を作ろうというものです。ここに新幹線の絵と車の絵が描いてあります。車の場合、交通事故が非常に多くて、それで渋滞があります。鉄道の場合は、最近では遅延が随分ありますが、比較的遅れもなく定時性が確保されていて、さらに安全性が高い。それは何かというと、人間とインフラとビークルが情報通信で非常に連携しております。それを車の世界でも作りましょうということ。特に、最近では AI やビッグデータ、IoT という技術が非常に現実的になってきたということで、自動運転が非常に注目されております。

我々としては、色々な観点からやっておりますが、最近では自動運転に非常に注目しております。特に日本で自動運転が言われるようになったのは、実は 2013 年と言われております。これは安倍総理が成長戦略で、「Google が自動運転をやっているのに、なんで日本はできないのだ」という趣旨の発言をされて以来、火がついたと言われております。

この伏線があり、実はその年の 3 月に経済産業省の NEDO プロジェクトで、大型トラック 3 台、小型トラック 1 台を自動運転で隊列走行し、車間距離を 4m 取って 80 キロで走らせるというプロジェクトをやりました。私もこのプロジェクトリーダーだったのですが、このプロジェクトで産業技術総合研究所のテストコースで実現したというところで、結構、現実的なものになってきました。もちろん、メーカー独自に色々なプロジェクトをやっていましたが、なかなか現実的というか、研究開発のための研究というようなことをやっていたのが、2013 年までです。

特に、このときのプロジェクトリーダーとして苦労したのですが、それはなぜかということ、言ってみれば、もともと我々は自動運転を研究開発のツールのつもりでやっていたのですが、急に実用化を検討しなさいという話になりました。そうすると、研究の領域だとソフトウェアを作り、カーメーカーや、いわゆる Tier1、Tier2 という部品メーカー、それと我々みたいな研究者が一致団結してできるという研究開発のエコシステムというのはできておりましたが、実用化しようとする、まさに事業者、道路、保険、法律、色々なものが整っていないとできません。

さらに、こういう隊列走行みたいな今までに無いことをやろうとすると、一般のドライバーがどのように感じるのか、色々な観点の評価をしなければいけない。全体としてのエコシステムは成り立っていないので、それを変えていこうというプロジェクトを進めております。最近では経済

産業省の後続車無人の隊列走行プロジェクトが始まりましたが、物流事業者としても、今、トラックドライバーが非常に不足しているということから、この隊列走行が現実的なものになってきております。

2013年以降、内閣府のSIPプロジェクトに自動走行システムが取り上げられ、産学官で自動運転をやっていこうということで、今進められております。私もSIPには関わっているのですが、ただ、残念ながらSIPはカーメーカーが結構主体的に入っており、カーメーカーは自動運転の分野で競争しておりますので、ここの競争領域には立ち入らないという話になってしまって、まさにAIやアルゴリズムという一番面白いところは立ち入るなど、むしろ周辺技術で、ヒューマンマシンインターフェース、地図を作る、セキュリティを国でやってくれという形になっております。今、SIPプロジェクトでは、どちらかというところそういう周辺技術をやっております。

SIPの目的は、交通事故死者数を減らしましょうというもので、去年は大幅に減って4,000人を割り込みました。実は、その前の年の2015年は4人増えました。そういうことで、自動運転が非常に重要だということが認識されてきております。

SIPで非常に役に立った話は、実は自動運転の定義を比較的明確にしたということです。2013年ぐらいまでは、自動運転といっても考えられているコンセプトがばらばらでした。同じカーメーカーでも経営者が考えているのか、技術者、営業の人、製造技術をやっている人かで、まったく自動運転のレベルが違います。ようやく最近では認識されつつあるのですが、本当に無人の車が迎えに来て、昔、アメリカの特撮テレビドラマであったようなことが起きるのではないかとっている人から、いや、そういうものは無理で、高度安全運転支援で人間があくまで運転するのですよとっている人から、非常にスペクトルが広がったのです。

それを、レベル1~4で定義しました。最近アメリカがレベル5までの再定義をしましたので、定義が変わりそうです。一番下に書いているのですが、基本的にレベル1は、加速・操舵・制動、いわゆるアクセルとハンドルとブレーキのうちのどれかを自動化するというので、もうこれは実用化しています。

レベル2は、それら複数をやりますよということで、ここまではもう既に実用化しております。レベル3は、基本的に車がやりますよと、ですが異常時は人間がやってくださいねというもの。完璧に無人でも良いというものがレベル4です。当面、カーメーカーが目指しているのはレベル3ということになっています。

ただ、自動運転について、自動化のメリットは一体何なのだというあたりが結構曖昧であったところ、それと社会制度との整合性、社会受容性を考えなければいけない。ようやく、このあたりが色々議論されるようになってきております。一般的に言われているのは、自動運転で安全性が向上する。ほとんどの交通事故はヒューマンエラーで起きているということですので、そのヒューマンエラーを防ぐためには自動化したほうが良い。これは鉄道がそういう歴史をたどってきており、最近の地下鉄は、ほとんど自動運転です。それこそ人間に運転させないほうが安全だという話になっております。

あと省エネです。先ほどの隊列走行のトラックも、当時は自動運転プロジェクトではなくて省エネプロジェクトでした。それはなぜかということ、車間距離を詰めると空気抵抗が減るということ、あるいは一定速度で走ると燃費が良くなり、自動運転は省エネに効くということで、経済産業省を説得したという経緯です。

さらに、車間距離を詰められれば交通容量が増えて渋滞も減り、渋滞が減れば、当然、環境低負荷にもなる。さらに、今言われているのが高齢ドライバー対策です。今、高齢ドライバーの免許返上が言われていますが、運転できないと認知症になってしまうなどという話もあり、そもそも移動の手段がなくなってしまうので、そういうところに自動運転車が役に立つのではないか、交通弱者にとっても非常に役に立つ。交通体系が進化して社会の生産性が向上するというストーリーが、今、語られております。

個人的な考えからいくと、人間よりも高度なことができないと私はあまり使う気がしないという感じはしております。先ほどの隊列走行みたいに車間距離を4mで走ることは、どう頑張っても人間の技ではできない。人間の運転では前の車が急停車したらぶつかってしまうということです。あるいは、極端に狭い道を走る、霧の中でも走ってくれということができると本当は有り難いのですが、今の自動運転のレベルだと、むしろ、そういうところは人間がやってくださいとなっております。

そもそも、車の運転というのは何をやっているのかということ、認知、判断、操作の3つのプロセスをやっていると整理されております。認知は、先ほどから色々出ておりますが、目で見ると、目ではなくても五感を使って環境を認識する、自分の車の状況を認識するというセンシング機能です。それをもとに判断して最終的に操作する。今、操作は比較的自動化をやりやすいということで、これはかなりの部分が自動化できております。

しかし、判断と認識は非常に難しいということで、結構先の話ではないかということになっておりました。ただ、認知に関しては、まさに先ほどの松尾先生の話ではないですが、AI が非常に急速に進展して、かなり現実的なものになってきました。そうすると、自動化のレベルはアクセル、ブレーキ、ハンドルと言うと比較的素人にも分かりやすいのですが、学術的な観点からいくと操作を自動化するか、環境認識を自動化するか、異常時に人間がやるのか機械がやるのかという形で分類したほうが分かりやすい。このようにしていくと運転操作の自動化は比較的易しいので、これは既に実用化している。環境認識については部分的にできるようになりましたということで、今、そのレベルまでの自動化ができています。異常時の自動化はまったくできていないので、今、これについて色々な開発が進められています。最終的に、これが全部できれば無人化ができるということになります。

ただ、もう1つの問題は、ドライバーの責任とシステムの責任をどのようにするのかということが、色々議論されています。最後の完全自動化とそうではないところには大きな境界があり、これは何かというと無人か有人かの違いです。それはどうしてかということ、実は世界の道路交通法は条約で決まっているのです。ジュネーブ条約で世界の道路交通法を決めています。例えば、我々は国際免許を取ってアメリカで運転するということができますが、それはジュネーブ条約に加盟しているからです。世界の道路交通法は一緒ですから、基本的な交通ルールが一緒だから外国でも運転できますということなのです。実は、その条約に、あらゆる走行中の車両には運転者がいなければならないと書いてあって、ドライバー責任であるということが基本的な道路交通の社会です。ですので、これを変えない限り、実は無人車両を公道で走らせることができないということが現状の制度です。

ですが、今、無人で走らせたいという要求が非常に高まっています。では、どうしたら良いのかということで、色々な方策が考えられております。一番ストレートなのが、その条約を改正することですが、これはかなりハードルが高いということで色々な解釈をしています。アメリカのNHTSA（米国運輸省道路交通安全局）が、Google から自分の車は誰がドライバーなのか判定してくださいと言われて、苦し紛れに言ったのが「AI が運転者だ」と回答しました。これは1つの解釈なのですが、日本の国土交通省はそのようなものは認められないと言っております。

そういうことで、例えば、隊列走行みたいな車で後ろを無人で走らせようとする、これは電子連結ですよと言って、実は1台の車なのですよと

拡大解釈してやればできるかもしれない。あるいは、最近言われているのが遠隔操縦です。ジュネーブ条約にはドライバーが車に乗っていないといけないと書いていないということなので、別に外にいてもいいのではないかということで、遠隔操縦というコンセプトも出てきております。一番やりやすいのは、専用道路やインフラ連携です。こういうところでやってしまえば、道路交通法は関係ないということで、そこで実証実験をやりたいという話でストーリーが動いております。

特に自動運転が、2015～2016年にかけて劇的に変化しました。私の作ってきた2015年までの資料などは、全部使えなくなるくらい世の中が変わってしまいました。それまでは、研究開発のために自動運転をやっていたのですが、まさに今はビジネスの世界になってしまいました。

そういうことで、経済産業省と国土交通省も自動走行ビジネス検討会でビジネスでどのようにするのだということで、日本の自動車産業が自動運転で脅かされるかもしれないということで検討を始めております。さらに、日本の自動車工業会も、2015年までは自動運転という言葉がなかったのです。彼らは高度安全運転支援システムと言い続けて、自動運転という言葉は、実はトヨタもホンダもみんな言っていなかったのです。それが、2015年についに自動運転ビジョンを発表しました。

もう1つ、警察庁が道路交通法を管理しているのですが、これが、ある意味ではどちらかという一番保守的なところで、なかなか公道で自動運転ができない、そもそも2013年の安倍総理の発言はそこにありました。ですが、今は実証実験を公道で自由にできます。ある意味では、今、世界で一番、公道実証実験をやりやすいのは日本になっているくらい劇的に変わりました。

さらに、内閣官房のIT総合戦略室の「官民ITS構想・ロードマップ2016」では、2020年までに、自動車メーカーが開発している高速道路での自動走行だけではなくて、地域限定で無人走行サービスを実現させましょうと書かれました。今まで我々研究者としては、技術はあるが制度が伴わないから実用化しませんと言っていたのですが、今は逆に制度のほうがどんどん先にできつつあり、できないのはそれこそ技術がないからだと言われかねないような状況になってきております。

さらに、国土交通省もついにASVという、今、私が座長をやっている安全運転支援システムを検討する会でも、自動運転の技術基準やガイドラインを検討しようという段階にきております。さらに世界的にもG7の大臣会合やEUでは、アムステルダム宣言で国を挙げて自動運転をやってみようということになっております。G7のときは、自動運転を世界

で協調してやりましょうということになりました。このとき、EU 交通大臣が、うちの研究センターに尋ねてきて見せてほしいというので私も案内しました。そういうことで、世界的にも自動運転をいかに実用化していくのかというレベルの議論になっております。

経済産業省のプロジェクトでも、一般車両による自動走行をいかに現実するのかという話、隊列走行や自動駐車、ラストワンマイルと行って交通弱者の救済のための自動走行サービス、こういうものを実用化すべきだということで、これは既に予算化されて今年から動いております。自動車工業会も、こういう自動運転ビジョンを発表しており、既にそれを受けて昨年に日産がセレナでレベル 2 の自動運転車を市販しましたし、それ以外にもレベル 2 の自動運転機能を持つ外車が日本で売られております。

アメリカのテスラという電気自動車も、自動運転サービスをやっています。先ほど学習中のものは製品化しないと松尾先生がおっしゃっていたのですが、実はテスラはどんどんアップデートします。通信でソフトウェアが次々と更新されるという仕組みが出来ております。さらに、一般のカーマニア向けの雑誌でも自動運転が取り上げられてきております。

特に、一番衝撃的なのは警察庁の動きで、レベル 4 の自動運転も制度を作ろうということで今動いていて、昨年からの検討会が始まって、私もこのメンバーとしてやっております。そういうことで、いきなり公道実証実験が OK ですという資料が第 1 回の委員会に出てきて、世の中変わったというのが、一昨年のお話です。

当面は公道実証実験のガイドラインを作りましょうということだったのですが、世の中の動きを見ていくと、色々なアンケートを取っても非常に自動運転に対して期待が高いということになっています。例えば、公道実証実験を自宅の前の道路でやることをどう思いますかということを知ったら、みんなに大反対されるのではないかと思ったのですが、意外にポジティブな答えでしたし、公道実証実験車両はどのように表示すべきかどうかということに対しても、実は色々議論が分かれており、そういうことを表示したほうが良いという人もいますし、表示すると周りの車の挙動が変わってしまうので、本当の意味の試験にならないのではないかとということで、そこについても考慮しなければいけないというのが議論されております。

さらに法律をどのように作るのかということですが、レベル 2 までは完全にドライバー責任なのですが、レベル 3 になるとシステムの責任に部分的に移行してしまいます。このときの刑事責任については、警察庁を主体

にした議論がされており、民事の話については経済産業省、自賠責保険は国土交通省の自動車局でまさに3つのところで責任問題について議論をしております。さらに今後は整備や点検、あるいは事故が起きたときの救護義務をどのようにしたら良いのかとか、色々なことが山ほど考えられます。運転免許制度も、そもそも自動運転免許はどのようなのだとか色々な話があって、これを一つ一つしらみ潰しにやっていかなければ社会受容性ができないということで、技術的以外の課題のほうが非常に大きくなっているというのが私の感覚です。

次に、運転者以外の者に係る義務についてです。今までは自動運転車やドライバーの話だったのですが、むしろ自動運転が正義であったら、周りの車も自動運転車に協力しなさいと、そういうようなことをやってくると逆に運用しやすくなります。先ほどの隊列走行に割り込んでしまったときにどうなるのかということが、我々は技術的に非常に懸念だったのですが、むしろ道路交通法で隊列走行に割り込んではいけませんと一言ルールを作ってくれば解決してしまうということで、色々な観点から議論されております。

あと、有名になったのがレベル2のテスラの交通事故ですが、このあたりについては結局ドライバーの責任だということになってはいますが、国土交通省、警察庁も自動運転と言っても完全に自動ではないのだよと、今そういうことを啓蒙しております。特に無人化を推進するということで今動いているというところで、色々な形で進められています。最終的に完全に無人になってしまえば良いのですが、技術的な課題として一番重要なのはヒューマン・マシン・インターフェースなのです。結局、中途半端な自動化をしてしまうと、人間と機械とのインターフェースをどのようにするのか、このあたりの話が研究として非常に難しいというところではあります。

あと、将来ビジョンです。自動運転になると交通体系が変わってしまうのではないかとされておりまして。今までは手動と所有というモデルだったのですが、カーシェアと自動ということになってしまうと、今までの交通イメージががらっと変わってしまいます。ある意味では公共交通、パーソナルな公共交通ができてしまうというイメージになってしまいうということで、こういう既存の自動車産業と、タクシー配車サービスのような新規ビジネスと既存の公共交通オペレーター、これはどう協調するのか、競争するのかということが非常に大きな課題で、そういう自動運転を実現するためのエコシステムが議論されております。最後に、サイバーセキュリティは非常に頭の痛いところです。

技術的な話より社会的な状況の説明になりましたが、まさに自動運転を実現するということが動いておりますが、エコシステムをどのように作るのかということが今非常に大きな関心になっております。御清聴、どうもありがとうございました。

○光石部会長 須田先生、どうもありがとうございました。ここで質疑応答の時間を取りたいと思います。いかがでしょうか。法令的な話もあって、だいぶ参考になるのではないかという気がいたします。

○鎮西委員 実際にレベル 3、レベル 4 を標榜する車が出てきたときに、例えば、国土交通省やアメリカ運輸省はどのようにしてそれを承認するというか、そういう話は何か出ているのでしょうか。

○須田教授 そこがまさに非常に課題になるところで、安全基準をどのように作るのかということで、今、ASV や SIP で議論しているところです。ただ、本当の無人運転になったときの AI をどのように安全評価するのかということは、まだ答えが出ていないというところです。

○佐田委員 先ほど、テスラのとときにドライバーの責任になったということですが、もっと完全になったときに事故が起こったら、いわゆる裁判のとときに誰が責任を取るのかということはいかがですか。

○須田教授 そこが研究者としてというかメーカーとしても非常に問題なのです。今までは完全にドライバー責任ということになっているのですが、システムが運転しているときにドライバーの代わりにシステムが責任を取りなさいというときに、では、ソフトウェアの開発者に刑事責任がいくのかという議論になってしまいます。

一方で、PL 法、製造物責任法がありますが、そこで解釈をするのが良いのか、あるいは、もともと日本の道路交通法では自賠責保険があり、責任がなくても補償しますというルールがあるので、それをうまく使っていったら良いのではないかと、今、まさに刑事責任の話と民事責任の話という両方について、議論して方向性を見つけようということをやっております。

○光石部会長 ほかはいかがでしょうか。

○大江副部会長 自動運転の自動車の販売を認めるに当たって、試験走行のときのデータを提出させて評価するということをするのかと勝手に思っております。もしそうだとすると、どういう条件下で自動運転結果が出るのかというパターンを事前に準備しておくことが必要な気がしますが、評価はそういう方向にいらしているのでしょうか。

○須田教授 まだ、私もそういうレベルのところまで知識がないということがあります。正直、国土交通省や安全審査をしなければいけないところでは、議

論は始まっているかと思いますが、まだ、完全に固まっているとは思えません。ただ、今までの安全運転支援システムということで、既に自動ブレーキを実用化しております。また技術の評価は、自動車研究所などで、アセスメントをしております。もう 1 つは、ITARDA という交通事故総合分析センターで過去の交通事故データをかなり集めていて、新しい技術がどのように役に立ったのかという評価をしております。

○光石部会長 先ほど、松尾先生に聞けばよかったのかもしれないのですが、例えば、自動運転をしたときに学習したデータは誰のものなのかという、これはほかでも議論されているのかもしれないのですが、もし何かそういう議論がありましたらお願いいたします。

○須田教授 学習データというところまでは AI の話ですが、ただ、いわゆるイベントデータレコーダーというのは、実は今の車にはほぼ付いております。いわゆるドライブレコーダーとか、そういうものが付いていて、そのデータが誰のものかというのは、結構、センシティブなところで、基本的にはやはりオーナーのものと言われております。

ただ、実際はカーメーカーがデータを吸い上げて蓄積しているというところもあり、事故が起きたときのデータは原因究明や保険の責任などに使えるということで、保険を払うという条件で保険会社に移るとか、色々なことが考えられているところです。基本的に、今のところデータはオーナードライバーのものということです。ただ、そのため、メーカーは売ってしまうとそうなるので、売らないでリースにしようとか、そういう考え方もあります。

○光石部会長 自動運転の場合には、2020 年のオリンピック・パラリンピックに向けて、早期に進めていこうという感じかもしれないです。よろしいでしょうか。須田先生、どうもありがとうございました。

○須田教授 どうもありがとうございました。

<議題 2：従来技術と異なる新要素と医療機器等への活用について、検討の方針と今後のスケジュールについて>

○光石部会長 AI 専門部会委員の方々から一言ずつ御発言をいただく予定ですが、時間が押しておりますので、特に今日発言しておきたいということがあれば、問題点、方向性、議論のポイントについてお願いいたします。

○武田委員 先ほどの松尾先生のこと、大体のアウトラインについてはそのようなものかと思っております。松尾先生には、かなり大きなビジョンを語っていただいたのですが、現実的なことで言うと、松尾先生のアナロジーで言うならば、カンブリア紀の眼ができて、新種の生物がやっと生まれ

たという段階で、それは生まれても死滅するのかもしれないという段階だということであって、つまり、現在は相当限られた領域でしか新しい眼は効果がないという、その限界をきちんと理解するということが、これからの議論のポイントになるかと思えます。

もちろん、急速な技術発展という、主にどちらかというところとアルゴリズムよりもコンピューターのパフォーマンスとデータ量に依存する、これは松尾先生の言うとおりののですが、それを見越しながら限界を見ることが、実際に産業、医療に応用するときの視点かと思うので、大きなビジョンで、そのようなことを踏まえた上で、これからの何年後を見越すという視点でやるのが良いかと思っております。

○光石部会長 ありがとうございます。まったくそのとおりだと思います。ほかに何かございますか。よろしいでしょうか。

今後の検討の方向性ですが、最初に資料 1 で AI 専門部会のスコープということで説明しましたが、今後、ほかの専門分野の方からも講演を伺おうと思っております。それで、多少変わることもあるかと思えますが、おおよそこの方向ということにさせていただきたいと思えますが、よろしいですか。

(異議なし)

○光石部会長 ありがとうございます。それから「AI 専門部会」という名称について、これも決まったかのごとく話しておりますが、外部からは AI 専門部会とは何だと言われるかもしれないのですが、この名称のままでよろしいでしょうか。

(異議なし)

○光石部会長 上に色々な修飾語を付けたくなりますが、短いほうが読みやすいので、このまま「AI 専門部会」ということにさせていただければと思います。

今日は時間が足りない部分もあったかと思いますが、AI 専門部会についてはここまでとして、親委員会の永田先生にマイクを戻したいと思えます。

【第 21 回科学委員会（続き）】

<議題 3：各専門部会の活動状況について>

○永田委員長 どうもありがとうございました。AI の話は、皆さんも色々と現在の情報をお互いに得て議論を進めていかなければいけないという認識をお持ちなので、今日も 2 人レクチャーがありました。この科学委員会は、基本的には、倫理のことを考えるにしても、その倫理がなぜ科学的に生じる

のか、あるいはその倫理的な問題を科学的にどう乗り越えたら良いのかということがポイントであって、もちろんそれは最終的に法律の問題にも帰結するわけですが、あくまでもサイエンティフィックな側面から考えていただきたいというのがこの科学委員会の基本的な立場です。

さて、今、AI 専門部会から親委員会に戻りましたので、残りの 2 つの専門部会から、進捗状況について御報告いただきたいと思います。まずは、希少がん対策専門部会の部会長、上田先生お願いいたします。

○上田委員

希少がん対策専門部会の上田でございます。お手元に資料 4 があるかと思えます。専門部会は、前回御報告しました第 1 回と、その次に第 2 回を平成 28 年 12 月 9 日に行いました。今日はそのことを報告したいと思えます。

別紙 1 に第 1 回専門部会の際の活動状況ということで第 1 回のまとめを、これは前回、報告したとおりです。第 2 回の 12 月 9 日には、第 1 回の専門部会の概要について説明を行った上で、国立がん研究センターの希少がんセンター長であります川井委員から希少がんの医薬品開発と課題について、希少がんセンターの取り組みを交えた話題提供が行われました。また、東京大学医科学研究所の柴田龍弘委員からゲノム情報を利用した希少がん・希少フラクションに対する臨床開発と課題についての話題提供がなされました。これらを踏まえ、この希少がん対策専門部会をどのようにまとめていくかということに関して、第 1 回の際に論点整理をしました 6 点について、各々、色々とダイバーシティな問題がありますから、担当の責任者とかその協力者を決めて、第 3 回以降、専門部会を行うことになっております。以上です。

○永田委員長

ありがとうございます。早速、色々な活発な活動が始まっていると思います。この段階で親委員会に報告があったので、今度、親委員会から、この現状を踏まえてお進めいただきたいということですが、何か特別な御意見があれば今お聞きしたいと思いますが、いかがでしょうか。特に今、御説明いただいた別紙 1 の①から⑥までの大きな塊で検討していくということを御報告いただいたところですが、こうして見るとこれだけでも大変ですね、④だけでも本当は 1 つ別立てかなと思うぐらいの。これは井上先生の専門部会で出てくる可能性がありますよね。出てきて構わないと思いますが、いかがでしょうか。親委員会としては上田先生の専門部会にこの進捗をこのままお任せするというにさせていただきますが、いかがでしょうか。よろしいですか。

(異議なし)

○永田委員長

ありがとうございます。それでは、次に医薬品開発専門部会について、

井上部会長から御報告をいただきたいと思います。

○井上副委員長 資料4の同じく最後のページ、別紙2のところに、昨年12月19日に第1回専門部会を開催しました。「アカデミア創薬のボトルネック」というタイトルでやっておりますが、第1回ですので委員の先生方に、どのようなコンセプトで話していこうかという概念を説明した上で、3名の先生に御講演いただきました。

まず、京都大学の成宮周先生で、京都大学が取り組んでいる基礎研究者と企業を完全にカップルしたような組織、そういうところで創薬をしていくという機構の話。それから京都府立医科大学の酒井委員より、先生が開発された抗がん剤のトラメチニブの創薬の過程について、どのような苦労があったかというようなお話がありました。もう一方は、金沢大学リサーチプロフェッサーの清木元治先生です。清木先生は次世代がん研究シーズ戦略的育成プログラムの運営をされておりますが、その中でこれまでの成果、あるいはこれまでの経緯での問題点等を指摘していただきました。この専門部会は第1回目ですのでアカデミア創薬の問題点のオーバービューをしながら、先ほど永田委員長が言われたように、科学的見地からどういうポイントで絞っていくかというところを今後、委員の先生方とお話をしながら進めたいと思っております。

それからこの専門部会の名称ですが、これまで「医薬品開発専門部会」とずっと言われてきたのですが、ここで改めてこの専門部会から提案したいと、そのように考えております。以上です。

○永田委員長 ありがとうございます。進捗状況ですが、上田先生の希少がん対策専門部会のような論点整理が今後されるのであろうということです。今のところ、これでよろしいでしょうか。現実的に、その分野では最先端の方々をお呼びして勉強もされているようで、結構なことだと思います。

○西川委員 まだスコープが示されていないのですが、創薬に限定したお話になるのでしょうか。

○井上副委員長 今のところスコープで決まっていることは、基礎研究者がアカデミアの領域で創薬をする過程で問題点となる点、特に企業との連携はどの辺から、どういう形で進行していくことが創薬にとってはベストなのだろうかというところをポイントとして見ています。これからもう少し具体的に、どのような科学的なポイントに絞っていったら良いかという段階が、今の状況です。

○西川委員 例えば安全性の面を含めるとか、そういうことはお考えにないのですか。

○井上副委員長 そうですね、今出ている話とすると、例えば基礎研究者がシーズというものを見つけたときに、そのシーズの評価が、かなり多面的に評価をし

ないと製薬企業側にとってはどういうものか分からない。その中に当然その安全性が入ってきますので、例えば、動物実験などをやったときにそれが本当に正しい人間での評価につながっているのか、そういうことが問題になってくるので、当然そこで例えば iPS 細胞を使う話とか、そういうことも具体化してくるのだと、そのように考えております。

○西川委員　　そうすると、ただいまの点もその視野に入っているという理解でよろしいですね。

○井上副委員長　はい、そうです。

○西川委員　　ありがとうございます。

○永田委員長　　ほかはいかがでしょうか。ここは、既存のものをなぞりながら、問題点を探りながら、ひょっとしたらびっくりするような解決策が出ると良いなと思って期待はしています。何か、多くのシーズを持っている方の勇気につながるような案など、新しい視点が出ると良いなと思っております。いかがでしょうか。よろしいですか。

(異議なし)

○永田委員長　　それでは、井上先生にはこのまま専門部会を進めていただきたいと思います。1つ委員の追加についての御提案があるということなので、御説明をお願いいたします。

○井上副委員長　資料5です。「嚴重管理」というマークが付いていますが、そこに委員の追加を御提案したいと思います。■■■■■

■■■■■
■■■■■
■■■■■
■■■■■
■■■■■
■■■■■
■■■■■
■■■■■
■■■■■

■■■■■以上から、ここで委員として追加することを提案させていただきたいと思います。

○永田委員長　　ただいまの御提案に御質問はございますでしょうか。なければ皆さんの御了解を取りたいので申し上げますが、■■■■■を新しく委員に加えることを了解いただけますでしょうか。

(異議なし)

○永田委員長　　異議なしということで、■■■■■に医薬品開発専門部会にお入りいただくことにさせていただきます。

本日は AI 専門部会も今、同時並行していたわけですが、親委員会としては、一応ここまでです。親委員会の先生方で何か御意見がございましたら、いかがでしょうか。よろしいですか。よろしければ、まず親委員会を閉じさせていただきますので、事務局から、次回開催予定等を含めて御説明いただきます。

○事務局(江原) ありがとうございます。本日の御出席の件は先ほど過半数以上ということで申し上げたのですが、本日は、22名の先生のうち20名、それからAI専門部会、こちらは親委員会から御出席いただいている先生もいらっしゃいますので重複しておりますが、こちらが、14名中12名に御出席いただいております。誠にありがとうございました。

それから、最後の委員の追加の資料5です。こちらの御了承、ありがとうございます。御了承いただく前の資料は資料取扱い上、厳重管理とさせていただきますので、こちらは机上に残していただきますよう、よろしくお願いいたします。他の資料につきましては、取扱注意のものが参考資料と資料2ですが、こちらは、資料取扱区分表という取扱いについての区分があります。取扱注意ですと、厳重に保管し、コピーなどの複製、第三者への開示は御遠慮いただければと思っておりますし、その他は適宜、保管・管理・廃棄していただければと思っております。何卒よろしくお願いいたします。

あと2点ほど御連絡です。次回の予定は、親委員会につきまして3月は休会とさせていただければと思っております。今回は5月ということで、正式に決定いたしましたら御連絡いたします。開催日程表を机上に配布させていただきますので、こちらを御覧いただければと思います。5月の次が7月、次が9月、11月、そして来年1月、3月という予定を入れさせていただきますので、よろしくお願いいたします。場所につきましては新霞ヶ関ビルの会議室を予定しているところです。AI専門部会につきましては、今回は3月23日を予定しておりますので、どうぞよろしくお願いいたします。

親委員会の先生方、専門部会参加希望調査に御協力いただき、誠にありがとうございました。こちらは、最初に申し上げた委員一覧の、ホチキスどめの一覧表がありますので、そちらを御覧いただければと思っております。

最後に恐縮ですが、この科学委員会・専門部会は外部非公開で開催しておりますが、厚生労働省関係部局や、科学委員会・専門部会の議事と業務上、非常に関連があり、かつ機密事項に関して守秘義務を遵守できる関係機関の者につきましては、相互情報共有の観点から傍聴をさせてい

ただくことがございます。本日は経済産業省の関連部門の方に傍聴していただいたことを、最後で申し訳ございませんが御報告申し上げます。

- 永田委員長　　ありがとうございました。それでは、親委員会のほうはこれで閉じさせていただきます。AI 専門部会は光石先生から御希望がありまして、せっかく時間がありますし、10分でも15分でもAI 専門部会の方々に討論を続けたいということです。ここから先は親委員会を閉じて、もう一度先生にお任せして、あと10分なり15分なり、有効に使っていただきたいと思っております。どうもありがとうございました。

(第21回科学委員会終了)

【第1回AI 専門部会（続き）】

<議題2：従来技術と異なる新要素と医療機器等への活用について、検討の方針と今後のスケジュールについて（続き）>

- 光石部会長　　それでは、せっかくお集まりいただいておりますので、AI 専門部会で今後の議論の方向性や、議論のポイント、そういったところについて御意見をいただいております。今日はそれをまとめるというよりは、フリーに話していただいて、次回以降に大江副部会長とも相談しながら進めていく、というようにしていきたいと思っておりますが、いかがでしょうか。時間も限られておりますので、まずは話したい方に話していただいたほうが良いかと思うのですが、いかがでしょうか。1分ぐらいを目処に話していただければと思います。

- 清水委員　　ディープラーニングはやはりAIの1つの起爆剤になっているというのは強く思っております。ただ、万能でないことは、もちろんそうであって、せっかくブレークスルーを達成しているからそれを火種にして大きくしてイノベーションを起こそうということだと思っております。特にディープラーニングで鍵になるのがビッグデータと、high-performance computer といつか、コンピューターパワーです。ビッグデータの話をする、途端に倫理の問題が出てきます。ある病院で撮影したデータを研究機関に出すということになりますと個人情報観点から問題が発生したりします。今度、5月に改正個人情報保護法が出ますが、そういうことについては、ここでは議論の対象にはならないでしょうか。非常に密接に関連しているといつか、データさえあればという問題はたくさんあると思っております。

- 光石部会長　　議論しないといけないことがたくさんあるので、今日の段階でそれを議論する対象とするかどうかについては今後、検討すべきですが、重要な部分だと思っております。

- 清水委員 あともう1つ。ディープラーニングだけではなくて、橋爪先生も最初にちょっと言われていました多元計算解剖学のような数理的な側面からのアプローチもだいぶ進んできていますので、そういうものをうまく組み合わせることで更に大きく発展する可能性があるのではないかと考えています。以上です。
- 光石部会長 どうもありがとうございました。
- 武田委員 まだこの専門部会のことをきちんと理解していない部分がありますので、少し確認したいと思います。このスコープを読むと、最後に「将来の医療機器審査や相談等に役立てる」という、基本的にはここがポイントということでしょうか。
- 光石部会長 PMDA ですので、そこはかなり重要なところですよ。ですからもちろん、技術の進歩とか、そういうことを踏まえた上でやらないといけないということなので、例えばこういう医療機器とか、そういったところでどういう技術が使われるようになるのか、創薬についてもですが、それを踏まえた上で議論しないといけませんよねということになっております。そういう意味では、最後の一文が非常に重要であるということかとは思いますが、親委員会からは、ここはかなりフリーにやって良いよということは言われております。もちろん、その最後のところは重要かとは思いますが、そのほかのところも色々、ここで情報を集めておくということも重要なことだと思っております、ということでしょうか。
- 佐藤上席審議役 本当に今日はお集まりいただきまして、ありがとうございました。今の方向性というか、議論の中ですが、私ども、やはり PMDA として、色々将来的にこの AI が非常に技術革新をしていてめまぐるしく変わっていく、かつ非常に要求が強い中、医療の分野、特に医薬品や医療機器に対して、今後、我々もそれに深く接していかなければいけないという状況はもう目前に来ていると思っておりますので、そういう面で、それでも一方で AI という言葉が独り歩きして、皆さんが三者三様、色々なイメージを持ちながら、期待感も大きかったりする中で、まず、そのあたりを整理していただきながら、最終的にはやはり医療に AI がどのように応用できるか、そのときの問題点などを先生方に科学的なお立場から議論をしていただき、かつ、今の中でも、今日、いくつか御議論がありました。その中でどうしても倫理という面が今日浮かび上がってきたのかとも思っていますので、そういうところを自由に御議論いただきながら、将来的に我々が何か活用できるようなものを出していただくものと思っております。そういう意味では少しほかの専門部会と違って確定的な目標がなかなか立ち上がりにくいところはあると思いますが、逆に、それを利用していただき

ながら色々な分野で御議論いただければ有り難いというところです。

○光石部会長 ということのようです。

○武田委員 何となく、今ここでは何か結論めいたものを作るというよりは、どちらかというとその枠組を整理するというような、そんな理解ですかね。

○光石部会長 そうですね。逆に言うと、議論のポイントみたいなものを整理するのも良いのかもしれないということです。ですからもちろん、それについてサジェスチョンみたいなものがあればもっと良いのかなとは思っています。

○武田委員 その辺はあまり発散してしまうと大変だなというのをちょっと懸念したもので。分かりました。ありがとうございます。

○鎮西委員 私からは、例えば EU あるいはアメリカで、AI、あるいはニューラル・ネットワークとか、そういう確率的にしか答えが出てこないものについてどのように進めていく動向なのか、あるいは先生が先ほど指摘されたデータの個人情報保護、あるいは特に EU が今、非常に厳しいことを言っていますので、そういったあたりがどうなるのかといったところが私の関心事です。

○光石部会長 ありがとうございます。それから、お話ししていなかったのですが、こういう人の話を聞いたら良いのではないかというサジェスチョンもいただければと思います。

○橋爪委員 実際に AI を医療の面で利用する場合に課題となるのは、先ほどから出ていますように情報の収集の仕方です。それともう1つが、センサーの技術です。どういうセンサーを開発していく必要があるか、また、それに伴っての医療機器の認可とか、色々な課題が出てくると思います。3つ目が先ほどのそういう情報を臨床的に意味のある状態にする、そういうアルゴリズムに関する研究開発です。これもまだ追いついていない面があると思います。先ほど倫理の問題が出ていましたが、身体の動きや、医療機器の動き、環境の変化など多種多様な医用画像を対象とした AI の研究や、ラジオミクスなど遺伝情報を含めた医用画像の研究などが出てきています。

ここで是非考えていただきたいのは、では、実際にどう規制を緩和し、どういう課題を解決すれば、これらの情報を自由に使える状態になるのかということです。研究者の人は皆データを欲しがっているのです。日本の施設間でさえ、なかなかデータのやり取りができないで困っています。ヨーロッパでは国を超えて海外のデータを自由に使える状況にして AI の研究を始めています。今や、日本が遅れを取っている可能性が出ているのではないかと危惧しております。自由に情報を使える状態にするた

めに、どういう課題が残っているかを出していただき、それを解決する場になると良いと考えています。

○光石部会長 ありがとうございます。では原田先生、どうぞ。

○原田委員 私も先生方がずっと議論されているのと同じで、進化する機器をどのようにするかというような話です。もちろん先の議論のように、新製品として出すというのもあると思うのですが、おそらくメーカーさんはそのまま自動で進化するような機器を考えていらっしゃるのかと思うので、そういう点と、先ほどからも出ていますように集めたデータをメーカーが自動で収集するようなところをどこまで許していくのか、PMDA で見えていただく必要があるのかどうかという点。それから自動化の機能を備えた機器が、あまり AI を使った機器とそれ以外というように区別されていないと思うのです。AI ではないけれども自動化の機能を有する機器は、まだきちんと議論がされていないところだと思いますので、AI ではないですが、是非この議論を進めていただきたいと思います。

あと、承認のところで、特に異常時の対応の議論が必要と思います。異常時に医者がやるのか、異常時にむしろ機械がやったほうが良いのか。特に異常時の AI の対応が、未熟な操作者よりは優れるが熟練の操作者よりは劣るという中途半端な時に、人が操作するという判断が正しいのか、そういうところの議論も必要になってくるかなと思います。一番大事なのは、ここの議論をどういう形でアウトプットして社会に貢献していくかということで、それはガイドラインという形なのか報告書という形なのか分からないのですが、早い段階で、医学系の学会とか、工学系の学会とか、そういう団体との連携が必要ではないかと思いました。

○光石部会長 ありがとうございます。もし親委員会の先生で何かご意見ありましたらお願いします。

○永田委員長 いいですか、私も親委員なので。

○光石部会長 はい。

○永田委員長 いつもほかの専門部会や親委員会でも言っているのですが、先生方が作るのだと考えております。どうやって発信するかについては、厚労省にもお願いします。ですから、ここでリーズナブルな結果が出てくればそれがフィードバックされていくのです。その科学的根拠を十分に議論していただかないといけないということです。要するに、思いつきで何かをやるわけではなくて、例えばこういう部分を開放するためには、これとこれがそろったので、あるいはそろった場合には良いのではないかなというようなことを言うと、今度は本気で法律を作るときの場合にいくのだというようになりますから、先生方が全部作るのだと思って積極的にや

っていただければ良いと思っています。

それから、先ほど武田先生がおっしゃったように、最終的には医学の現場で必要なものをいくつか想定しつつ実装するところまでを考えた場合、色々な問題点が出てくると思います。10年前にスマホがなかったというのと同じように、この分野は日進月歩とおっしゃったとおりですよ。だからその根本的な、AIとかデータをどう使うかというフィロソフィーの部分は、やはり科学的な根拠を持って、先生方のところでは、将来の進歩まで見据えて一定の結論は持っていただきたいと思っています。それは、どこで電気を切るか、どこで人が判断する限界なのかということも含めてです。それは先生方があらかじめお話になっても構わなくて、その上で、現実的に今私たちが直面している、これから直面するであろう医療現場に実装するときのことを当然ながらお考えになって、良い例を1つでも2つでも引き合いに出しながらやられるのは大変現実的だとは思いますが、ただ、やはり忘れてはいけない、その基本的な人とAIと機械との間が、どこまでマージできるかということは、医療の現場にとっては極めて責任の重い問題なので、是非ともお話をいただきたいと思っています。

○光石部会長 ありがとうございます。親委員会の先生も、せっかくですので一言ずつお願いします。

○石塚委員 今日、時間があまりなかったので松尾先生のところで質問できなかったのですが、ディープラーニングのときのデータのクオリティもずっと気になっていまして、そのあたりも、是非トピックとして少し考えていただければと思っています。

○加藤委員 松尾先生に質問をしたときに少し触れたことですが、精神科のような、つまり、脳を扱うような場合でも、この人工知能というのが今、非常に注目されていて、それをディープラーニングに応用したようなものを医療現場で、これは薬ではなくて、機器として出してくるという状況はあると思うのです。1つは安静時 functionalMRI ということで、個々人は脳がどういう状態であるかということ、これはビッグデータですが、それでやるようになってきています。そうすると、極端に言うと、専門的でない人は、何を考えているか機械が分かるかもしれないというような、そんなことと。それから、多少侵襲的というか、磁気刺激をするような場合ですと、睡眠を変えるなどということが既に報告されています。睡眠を変えるというと、具体的に言うと、夢を変えるというようなところがあるのです。夢は当人の意思によるものではないので関係ないのかもしれないのですが、人間の思考に一定程度AIが入るといような意味合いもなくはないのです。そういうところで倫理の問題などがきつと出て

くと思うものですから、それを議論していただきたいと思っています。

○許委員

私は病院長という立場から申し上げますと、今、圧倒的に医者が不足している領域があるのです。臨床の場での領域で、かなり近未来の話ですが、それを AI がどこまで補完していけるかと。例えば膨大な画像診断です。これは今、外国にまで送ってマンパワーの不足を補っているところがあります。それから、例えば先ほどの議論で、医者 1 人をつくるのに 1,000 万件ぐらいのデータの蓄積が必要だというお話がございました。そうしますと、希少疾患の領域だと、これは蓄積に相当早くから取り組まなければいけないと思うのです。今、病院では多くのデータが電子カルテ化していてデジタルデータになっていて、それを匿名化、コード化して利用するのは、ルールさえしっかりすれば全く問題ないと思うのです。そういうプラクティカルの面で、とにかくデータを早く蓄積していかなければいけないなど。そのシステムをどう作るかと。

それから、データの質です。例えば画像診断でも、この蓄積すべきデータのクオリティをこれ以上というようにやっていかないと、AI がデータのクオリティまで評価してくれるのかどうか、その辺を私はよく存じないのですが、やはり臨床データの精度を上げていく、AI を使って診断技術等を上げていくのに蓄積すべきデータの最低限のクオリティの維持がどこら辺りにあるのかと、こういうことも議論できたらと思います。

○山根委員

専門家ではないのですが、今、議論に出ていますように、データベースの信頼性は極めて重要な話ではないかと思えます。それは、機器だったら審査の直接対象になるので申請者をどんどん絞れば何とかなるのですが、データベースは申請者を絞り上げるわけにもいかないのです。事前にガイドラインのようなルールを作っておいて、信頼できるデータベースはここここであって、これは駄目だよと。例えばの話、新製品を開発した会社が裏から、これは非常によく効きますよという論文を捏造して、たくさん登録したものが自動的に登録されるようなビッグデータみたいなものを使ってしまったら、とんでもないことになってしまう。だから、信頼できるデータをきちんと定義するというのが機器を審査する前に必要になるのではないかと思えます。

○光石部会長

どうもありがとうございます。最後に大江先生、委員の立場から。

○大江委員

よろしいです。

○光石部会長

そうしましたら、今日、ディスカッションをする時間はなかったのですが、次回以降、今日挙げていただいたようなことについては是非ともディスカッションをさせていただければと思います。今日はこれで終了ということにさせていただければと思います。よろしいでしょうか。では、

どうもありがとうございました。

○事務局(江原) では、事務局より 1 件事務連絡です。次回の AI 専門部会は 3 月 23 日(木) 17 時から 19 時です。よろしくお願いします。

<閉会>

○光石部会長 今日はどうもありがとうございました。