

「インテリジェント化が加速するICTの未来像に関する研究会」
第2回 議事概要

1. 日 時

平成27年3月10日(火) 10:00~12:00

2. 場 所

中央合同庁舎2号館10階 総務省第1会議室

3. 出席者(敬称略)

【構成員】村井座長、荒木構成員、岩田構成員、江田構成員、川妻構成員、下條構成員、
関口構成員、松尾構成員、西川構成員

【総務省】西銘総務副大臣、鈴木情報通信国際戦略局長、武井官房総括審議官(国際担当)、
泉情報通信政策研究所長、小津調査研究部長

4. 議事要旨

(1) 総務省挨拶

第二回の開会に当たり、西銘総務副大臣より挨拶が行われた。

【要旨】

- ・ 人工知能やIoT、更には人間とコンピュータの連携などが徐々に実現し始めている現在、その先に到来する社会を迎えるに際して、どのような取組みが必要かについて検討を開始することは、非常に時宜を得たものとする。
- ・ ICTは情報通信産業のみならず、幅広い産業にイノベーションをもたらし、我が国の経済再生を牽引することが期待されており、諸外国においても当該分野の取組みが急速に進む中、国際競争力の観点からも検討が必要とする。
- ・ 様々な分野の最先端で活躍する構成員の異なる分野の知見がぶつかり、刺激され、新しい未来への展望が開けることを期待する。

(2) 構成員からの発表

- 「ヒト・脳・社会の近未来」(下條構成員)

【要旨】

- ・ **神経科学等の最新動向**：神経科学、認知科学、脳科学などの分野では、次のことが取り組まれている。①意識には表出しない潜在機能の解明 ②神経活動から、知覚・記憶・意思決定等の予測 ③脳活動の非侵襲的な調節と操作 ④「ソーシャル・ブレイン(社会脳)」と呼ばれる社会性の脳研究 ⑤生物学、遺伝学、計算科学、ロボット工学を始めとする様々な工学とのクロスオーバー。
- ・ **潜在的な購買意欲の予測**：人々の購買意欲がわからない時、Amazonのメカニカルタークのようなインターネット上で数万人のゲーム課題での選択行動や反応時間などから、どのようなマーケティングニーズがあるか、潜在レベルで把握できる可能性がある。データにはノイズが

多いが、巧妙なフィルタリングにより ICT による大規模な人間のデータ取得も信頼性を勝ち得る。

- ・ **脳活動の調節と操作の可能性**：デコーディング（脳情報解読）とニューラルフィードバック（解読された脳情報を実時間で可視化しフィードバックする）を組み合わせ、努力や自覚なしの学習をするシステムが提案されている。このように、機械と人間の脳を繋げることによって、神経活動の調節・操作が達成できる。感覚を通したフィードバック以外でも、経頭皮直流電気刺激（tDCS）など脳への非侵襲的な刺激により、報酬系といった脳の深い場所の脳活動にも影響を与え、「特定の顔が好きになる」といったことも可能となってきた。
- ・ **ソーシャル・ブレイン研究の動向**：二人の人間が協調的な運動をしているとき、二人の脳波のある成分が同期することが分かってきた。このようなソーシャル・ブレインの研究成果は、クラウド&ユビキタスコンピューティングと、あと1ステップか2ステップで繋がると考える。
- ・ **倫理への取り組み**：倫理の問題が重要で、開発に及び腰である国は倫理的には非常に進んでいると思いがちだが、それは錯覚であってケーススタディが進まないため倫理面での対応も遅れる。
- ・ **今後の進展領域**：脳活動の計測だけでなく、調節していくことが進むと考える。（例えば、スマホと電極付きヘッドフォンを付けて直流電気刺激等を行うことによって、自分の報酬系を非侵襲的に活性化し音楽を聴く喜びを大きくするなど）他にも ICT 機器と連結し、フロー（集中）状態を推定したり、感覚代行のような領域も進んでいくだろう。
- ・ **日本の強みの活かし方**：①先行ニーズを活かす（高齢者介護、災害復興対策など先行ニーズがあって、それに対して ICT・脳科学の繋がりを探る） ②職人技・暗黙知の訓練と応用 ③シェアード・リアリティ（社会の中で価値観が共通にシェアされている度合）の高さの活用 ④トップダウンが効きやすいことを利用（目標設定すれば学際的に専門家を集約できる） ⑤学問環境の優位性を活用（ヒト神経科学、ヒト型ロボティクス、計算科学など日本が強い分野を活かす）

○「Internet of Things を加速する新しいコンピューティング」(西川構成員)

- ・ **ビッグデータの特徴**：ビッグデータと呼ばれるものは、主に人が生み出したデータを対象とする。一方、機械が生み出すデータは、人と違って大量に生産することができるので、ものすごく量を増やせる。ただ、データの質はまちまちで、種類も多い。
- ・ **現状の課題**：データの種類が増えるたびに、プログラマーの人が頑張って新しいデータに対応していくが、データの多様性はデータサイエンティストが増えるスピードよりも、はるかに速いスピードで増大していくので、人的資源の不足が大きな問題。また、多様なデータの氾濫を解決するカギが機械学習、特にディープラーニングの技術（人工知能）革新にあると考える。
- ・ **データ処理の場所**：人工知能の技術が IoT のデータを処理できるようになるとして、どこで処理をするのかということが今後大きな課題となる。現在は主としてクラウドで処理しているが、エッジ側でのデータ処理も急速に進みつつある（=エッジヘビーコンピューティング）。クラウド処理だとネットワークのレイテンシーが大きな問題となるので、ネットワークのデバイス、しかも、エッジに近いネットワークデバイスにインテリジェンス（ディープラーニ

ングの技術)を持たせることにより、デバイス同士がリアルタイムで協調することができる。このようなデバイス間の協調によるより高度なインテリジェンスの獲得のためにもネットワークは重要と考える。現在はネットワークの中でもよりエッジ側、手のひらサイズに乗るようなコンピュータ上にディープラーニングを実装する取り組みを行っているが、今後こうした技術をネットワーク化する研究開発も進めていく。

- ・ **ディープラーニングの今後の展望**：IoT 時代に対応するためには、多様な環境にそれぞれ違う適切なモデルになるように適用していく、(例えば雪山にあるカメラと都市にあるカメラでは画像認識のモデルが異なるが、それぞれのデバイスに適したモデルを配置する) そういう仕組みを作っていくことが必要。そうすると、たくさんのモデルの管理も重要になる。今後は様々なデバイスに色々な学習結果が置かれるようになる。さらに IoT において機械を協調させるためには、言語間の翻訳だけではなく、データの種類の変換・補完(記録していないデータを他のセンサー結果から予測する等)も今後は重要になる。ディープラーニングの技術が、このようなデータの変換も支えていくようなものになるのではないかと考える。
- ・ **ネットワークの未来**：今後、人工知能、機械学習の分野において、ネットワークがデバイスと知能をリアルタイムで結び付ける神経系のようなものになり、デバイスと知能との間の双方向のインタラクションが重要になる。その中で「知識」などのより抽象化された情報をどうやって効率的にやりとりするのかということも重要で、その対応のためネットワークプロトコルも変わると考える。
- ・ **セキュリティ課題**：今後は、セキュリティの分野も、オンライン、オフラインを別々に扱うのではなくて、関連したものとしてトランスペアレント(透過的)に考えていかなければいけない。
- ・ **日本の強みの活かし方**：日本のチャンスということで言うと、製造業に強いということを活かすべきで、今後デバイスがネットワークを通じて連携・協調する中で、製造プロセス・生産管理・品質管理なども大きく形が変わってくると考えられるため、そうした潮流を主導することが重要。もう一つの強みとして、ライフサイエンス分野、特に創薬において今後は大きなブレイクスルーが起こるかもしれない。ヘルスケアの分野でとられるバイタルサインを基に副作用を認識して、それと薬がどのように関連しているのかという解析もできるようになる。

(3) 意見交換

(村井座長) 下條構成員にお聞きしたい。脳の働きを外側から測定し、推測していたものに対して、本当に電極をさして推測する、これによってエビデンスが作られてくるという今の脳のサイエンスとの一番大きな違いは何か。

(下條構成員) 神経科学が、工学、あるいはロボティクスとインタラクトすることによって、脳と身体に逆に働きかける方向が繋がってきたということが一番大きな変化だと考える。

(村井座長) 西川構成員にお聞きしたい。データと人間との関係や、IoT の世界での人の抽象化というのは、どういう辺りにあると考えていけばよいのか。

(西川構成員) センシングの技術が進むにつれて、人の行動が理解できるようになる。それだけではなくて、今後、起こっていくのはアクチュエータの方の進化。人は直接、インターネッ

ト、ネットワークには繋がらないが、間接的に様々なアクチュエータ、音声だったり、映像だったり、空間自体をリアルタイムにコントロールできるようになると、人自体があたかもネットワークに繋がっているような環境ができる。

(岩田構成員) 下條構成員にお聞きしたい。側坐核が心の働きを司っているのか、また、VTA (腹側被蓋野) との関連はどうなのかと、催眠術は脳のどこの部分にどのように働きかけるのか、また、AI が人の心をコントロールすることについてはどう考えられるか。

(下條構成員) 単に側坐核だけではなく、身体を介した脳と環境の相互作用の中に心がある。VTA も側坐核、前頭とリンクしている。催眠術 (催眠法) は、どこか 1 か所が変わるだけではなくて、ニューラルネットワーク的に色々と変化が起きる。それと、機械による調節操作 (催眠) については研究データも知らないが、従来の催眠法よりも強力にやれることはあり得るだろう。ただ、人と大差ないだろうから機械でやる必要はない。

(関口構成員) 西川構成員にお聞きしたい。Distributed & Cooperative Intelligence は日本がリードしている分野か、海外でもそういうことをやっているところがあるのか。また、もし日本に強みがあるとすれば、その理由を教えて欲しい。

(西川構成員) 米国の方が先に進んでいる。 Fog コンピューティングだとかネットワークの部分のレイヤーに一番力を入れているのはシスコ。日本でも NTT や東芝は力を入れてやりつつある。

(村井座長) 下條構成員にお聞きしたい。グローバルネットワークの構築で世界中の人がつながるとき、人間の処理速度側に限界はあるのか。

(下條構成員) 人間の知覚の現在はおおよそ 200ms ぐらいの時間窓の情報処理を集約して、知覚的なある瞬間、あるいは意思決定のある瞬間を捉えている。人間は (他人の顔など) ソーシャルな刺激にチューニングされた存在だから、その分野ではより速くなることはあり得るが、神経伝達の速度には限界がある。

(下條構成員) 西川構成員にお聞きしたい。分散型ネットワークが重要だというのは、もっと原理的に、本質的に技術がいかに進んでも外せない制約なのか。

(西川構成員) 重要で外せない部分と考える。分野によって異なるケースはあるが、環境とのインタラクションは IoT の分野ではレイテンシーが重要課題の一つ。

(松尾構成員) 西川構成員にお聞きしたい。学習が分散してしまうと、学習したものによって変わることが変わるから、更に違うものを学習しないといけない。そうなると、システム全体が複雑化していくが、それについてはどうお考えか。

(西川構成員) 自律した知能がたくさんあって、それらが学習を続けて、自律的な判断をしてい

ても協調はできないので、協調と自律のバランスも学習できるようにしていかないといけない。独立したニューラルネットワークがそれぞれのデバイスで動くというよりは、ネットワークを介して、ニューラルネットワーク自体も繋がっていくと考える。

(村井座長) 今までの議論では、局所性について、物理的な局所性の話と、知識や情報処理と関連した意味の局所性の話が混ざっている。SDN (software defined network)のように抽象度が上がってくると、物理的な制約や位置の制約から、意味上の制約、管理上の制約に変わってくる。地球の中で光の速度で動く、マクロを極限とするインタラクションというのがどれだけ人間を支えられるのかを考えると、133msという制約があるが、下條構成員の説明から、人間側の限界というのもあり、何かできるかもしれないという勇気を持った。

(岩田構成員) 西川構成員にお聞きしたい。知能の交換、融合、分離を配分するときの原理としてのノーフリーランチ定理 (組合せ最適化の領域の定理) の意味は何か、また、半導体の極小化が進むと量子論の世界に入るが、ムーアの法則にはどこか限界がないのか。

(西川構成員) ユニバーサルなモデルが作れないというところで、環境に適用していく上で、モデルを追加したり、誘導したりして、環境に適用していくような仕組みが必要。分けたり、くっ付けたりするというところ自体のノウハウも機械自身が獲得していけないかと考えている。また、ムーアの法則は物理的な限界がいつかは来るだろうが、今のプロセッサではない新しいアーキテクチャが出てくると、ムーアの法則もかなり引き延ばすことはできるのではないか。

(村井座長)

- ・ムーアの法則というのは、コンピュータ単体の能力に関してなので、たとえコンピュータ単体が速くならなくても、たくさん増えてネットワーク化されることにより高速化されることなどに希望がある。抽象度が増えて位置に依存しないネットワークができてきたときに、その中でどういう処理をするかというのは、計算量だとかストレージのデータ量ということに関しては、限界を感じないように思う。
- ・サービス等、対人間のやりとりを考えるとときには「質」が求められる。そういう意味では、特定の技術に依存しなくても、日本の産業や日本の文化から出発して、大変大きな貢献ができるということもある。これまでテクノロジーとしてのサイエンスの議論を続けているが、徐々にそういったことも議論の中で入れていければ良いと思う。

(4) その他

次回会合は4月6日(月)16時からの開催を予定。場所は追ってご連絡させていただく。

以上。