

(第 115 回) 神奈川研究会議事メモ

開催日	2021 年 3 月 9 日 (火)	出席者 敬称略	坂下勲・西村二郎・山崎博・松村眞・ 大谷宏・持田憲秋・猪股勲・宮本公明・ 飯塚弘・神田稔久
時間	15:00~17:00		
場所	TV 会議方式		
資料	コンピュータと人間の脳 (飯塚氏)		
議題	<p>1. 技術課題 コンピュータと人間の脳 (飯塚氏) 議題の概要</p> <p>(1) 2010 年代に機械学習の一つであるディープラーニング (深層学習) の発明により、AI (人工知能) がプロの棋士に勝利するまでに発展した。その陰には、あらゆるモノがインターネットに繋がり、世の中の膨大な情報をサイバー空間にデジタル情報として集積 (ビッグデータ) し、それをディープラーニングにより高速に処理するコンピュータの存在がある。その前提となる超高速・超低遅延・同時多数接続を実現する第 5 世代移動通信 (5G) の利用がスタートした。</p> <p>(2) 国の威信を掛けたスーパーコンピュータ TOP500 の競争でも性能は年々向上する一方、消費電力も増大し、コンピュータのエネルギー効率が改めて注目され始めている。画像認識を始めとして、深層学習を利用した AI は科学技術計算とは異なり、計算精度もそれ程必要ないため、消費電力はより少なくて済む。深層学習 AI は大量の並列計算が必要となり、プロセッサとして数多くのコアを使う GPU が多用されている。</p> <p>(3) 長年半導体の微細化を牽引したムーアの法則は、特に消費電力、処理速度のスケール則からの逸脱が目立つようになってきている。また、微細化に必要な短波長の露光装置 (EUV) は高額のため半導体の経済性も課題となり、更に導入には技術力を要するため、半導体製造メーカーの寡占化が進んでいる。IoT によるデジタル化時代の実現には高性能なコンピュータが必須であり、消費電力の増大は大きな足かせになりつつある。</p> <p>(4) 一方、生体は外界のノイズを上手に使うって閾値以下の感知できない信号を得ている (確率共鳴)。人間でも指先に微小な振動を加えることで触覚知覚感度が上昇することが明らかになっている。また、確率共鳴は人間の脳・神経系にも関わっており、脳の情報処理にも関係していることが推察されている。チェスで人間と勝負した IBM・Deep Blue の消費電力は 5 万 kW に対し、脳の情報処理が僅か 20W 程度であることは、将来の方向性を示唆しているようである。</p> <p>(5) 脳活動の計測には、一次信号である神経細胞の活動を電気信号として捉える脳波計 (EEG)、脳磁場 (MEG)、二次信号である代謝活動を捉える方法、三次信号である血流応答を捉える核磁気共鳴機能画像法 (fMRI)、近赤外分光光度計 (NIRS)、ポジトロン断層撮影法 (PET) などがある。fMRI は空間分解能に優れ、脳磁場を測定する SQUID (超伝導量子干渉素子) は時間分解能に優れている。両者共、大型の設備である。また最近、簡便なセンサとしてダイヤモンド NVC が注目され、実用化に向け研究が行われている。</p> <p>(6) 様々な HMI (ヒューマンマシンインターフェース) 技術の中で、脳の指示により手足でマシンを操作したり、人間の視覚・聴覚・触覚などを介して脳に情報を伝えるのではなく、直接人間の脳とマシンが情報のやり取りをする B (ブレイン) MI が注目されている。それを実現するには、脳の情報、例えば脳が見ている画像を直接取り出し、再合成する必要がある。fMRI、SQUID により、空間的、経時的に脳の情報を取り出し、深層学習 AI を使って実際の情報に再合成する研究が行われている。将来は脳に付けた小型のダイヤモンド NVC センサにより考えるだけで、義手・義足を動かしたり、相手に意思を伝えたりなどが可能になる。</p>		

発表者からのコメント

- ・2016~2017年に、人間の脳の神経細胞網、ニューラルネットワークを模した人工知能 (Ai) AlphaGo を搭載したコンピュータが、世界トップ棋士を相次いで打ち負かしたのに世界は仰天しました。これは囲碁の世界ですが、いつか人工知能が人間の知能を超えると時 (シンギュラリティ) が到来することを感じさせる出来事でした。ただ、大きな違いはそのためにコンピュータは膨大な電力を必要としていることです。一方の人間の脳は通常時でも 20W程度の電力です。その違いは何かです。半導体の微細化は既に限界が見え、消費電力の低減は望めません。生物は確率共鳴と言う外界のゆらぎを利用して、その感覚能力を増大させています。このゆらぎが脳の神経細胞ネットワークの省エネルギーとどう繋がっているかは不明です。量子力学は、古典力学と異なり確率的な「ゆらぎ」を前提にしています。全ての現象は量子力学で説明できると言われますので、古典力学で説明できないことは量子力学で説明できるはずですが。そんなことを考えると、「量子コンピュータ」なら省エネルギーな人工知能が実現できるかも知れません。
- ・脳の情報伝達・情報処理は電気信号で行われており、コンピュータと同じ ON、OFF による 2 進法のデジタル信号によるものです。コンピュータを覗いてコンピュータが何をしているかを調べることができるよう、脳活動を fMRI、SQUID などを使って調べることで、脳の活動を読み解くことができるはずですが。人間が車を見ていれば、脳の中に車が映っているはずですが。実際、見ている画像を脳から取り出したデータから読み解くことができている。夢の中の画像も取り出せています。fMRI、SQUID などは大掛かりな装置ですので簡便な脳センサの研究が行われており、将来、脳で念じるだけでコミュニケーションができそうです。障害者への利用も期待されます。人工知能と実際の脳のコラボレーションも可能になるかも知れません。

参加者からのコメント

(西村)

- * 化学企業は大なり小なり、関連性があるが、その実、よく理解していない分野の話なので大変勉強になった。多岐に亘る分野につき、行き届いた解説を拝聴させて頂き感謝に堪えない。
- * ディープラーニングにおいて多層化にする事の御利益が今よく分からない。脳内のシノプシスの Mapping が進むのと、多層化されたユニットの特長の解析と、どちらが進歩が早いのか？
- * Moore の法則は、私の理解では、かなり前から鈍化し、半導体も HDD も多層化に走っている。線幅は 7nm 台と理解しているが、半導体の方は、6→5 と行けるのだろうか、気になるところである。
- * 日本では、ニコンの元吉田社長が技術者時代、フोटリソで先鞭をつけたが、その後の経営陣の判断ミスでオランダに攫われてしまった！
- * それにしても、Moore の法則なき現在、半導体メーカーがどの分野を目指すべきか思案のしどころ。米国の Nvidia に対抗できるのか？：日立・東芝はアニーリング・チップを狙っているのだろうか。：ソニーは伝統的に強い画像センサーとゲーム関連で勝負するのか？AI チップは何処？製造工場化では寂しい！
- * 生物の機能にも関心を持つべき。微弱な地磁気をキャッチして渡り鳥は目的地に辿り着いている。量子生物学の出番なのかも知れない (若い人が羨ましい！)
- * 生命体の合成は研究が進むにつれて遠くなる！ 以上

(神田)

飯塚さんのレポートは、この分野の全くの素人の私にも、分からないなりに大なる刺激を与えてくれました。

実は、これまではコンピュータと人間を対置して考えてきましたが、飯塚さんのレポートを見させて頂いて、その概念を変えざるを得ないと思っています。コンピュータの分野にも、脳型（ニューロモーフィック）コンピュータのようにバイオメテックス的アプローチが進められているとは思いませんでした。

コンピュータは開発当初は、人間の脳を真似ることから始まりましたが、そのロジックは、アナログとデジタルで対比されるようにヒトとは全く異なるものでした。それが、ゆらぎの利用（確率共鳴）・視覚的ひらめき認識・脳機能の解明など、脳に近づいています。

先日雑誌で、コンピュータが作った世界一難しい“数独”の問題を見つけ、数独を趣味にしている家人に解かせたら、さっさと解いてしまいました。このように、ヒトの思考方法は、記述できないが問題を処理できています。このようなことも、将来は、脳機能の解明で利用できることを期待したいと思います。

そうなると、将来は、コンピュータと人間の脳の並立処理型のコンピュータやコンピュータと人間の脳の複合型コンピュータなどへの夢が広がりそうです。

(大谷)

* 日本政府もようやく重い腰を上げ、先進諸国に比べ遅れているデジタル化社会の推進に動き始めた折、そのデジタル化社会の根底に関わるデジタル技術の根本原理などについての詳しい解説、有難うございます。時宜にあったタイムリーなプレゼンテーションを感謝します。

* 私個人の意見ですが、飯塚さんには、是非、今後とも、デジタル化社会関連の話題を取り上げて報告していただけたらいいなあと思っています。

* これも私の個人的な意見ですが、是非、一度、「ブロックチェーン技術」について調べて教えていただければと希望しています。ブロックチェーン技術は、謎の日本人によって発明されたとも言われていて興味深い技術ですが（真相は定かではない）、今話題のビットコイン（仮想通貨）を生み出すこととなった基幹技術としても有名ですね。しかし、最近、一部では、ブロックチェーン技術こそは、近年隆盛を極め、社会的な弊害をも生み出しつつあるユニコーン企業（GAFAM等）に対抗し、新たなデジタル社会を創り出すに役立つ技術として、ブロックチェーン技術が期待され注目され始めているようです。

* ブロックチェーン技術の原理や応用（仮想通貨だけではなく、ゲームや社会システムへの応用）を理解するのは中々難解なので、是非、飯塚さんに取り組んでいただき、分かり易く解説いただければ助かります。

(山崎)

“コンピュータと人間の脳”について、最先端の研究内容を68枚の詳細な資料に纏められ、限られた時間内で分かり易く説明していただき、大変勉強になりました。人工知能と人間の脳の情報処理機構の研究は現在最もホットな話題と言えます。多岐にわたる内容、それぞれに大変興味深く、時間が許せば更に詳しく知りたい内容でした。

- ・ スーパーコンピュータは、航空機や自動車の空力設計、量子化学、材料研究、気象予測、地震解析など、最先端の科学技術分野の研究に欠くことのできない数値シミュレーションツールとなる。最近の身近な例では、「富岳」による新型コロナウイルスの様々な条件でのマスクを通しての飛沫拡散のシミュレーションがある。
- ・ スーパーコンピュータの電力消費問題が顕在化している。計算速度が世界1となった「富岳」は、「京」の4倍のCPUを搭載し、CPU自体も高性能化して発熱量も大きく、ラック当たりの発熱は「京」の約6倍になっている。
- ・ 「富岳」の消費電力は約30MWで、3万kWの発電所の発電量に匹敵する。コスト面では1MWの消費電力は年間で約1億円になるので、富岳は年間で約30億円もの電力費がかかる勘定になる。今後、これに見合う産学での活用成果が求められる。
- ・ スーパーコンピュータの進化も、CPU高集積化による発熱とその除熱機構の実装問題が限界に近づき、ムーアの法則から外れてきている。人間の脳にヒントを得た、省エネ型の脳型（ニューロモーフィック）コンピュータの開発が期待される。
- ・ 将来的には、光量子コンピュータや、計算原理の全く異なる量子コンピュータへとシフトもしていくであろう。50量子ビットの量子コンピュータが完成すれば、その計算能力はスーパーコンピュータを上回るといわれている。
- ・ 人工知能分野では、特にディープラーニングによるコンピュータ技術の実用化がめざましい。これを実現するコンピュータ技術も、日本のベンチャー企業PFN社がディープラーニング特有の行列計算に注目して開発したAIチップ搭載のコンピュータ「MN-3」が、Core数は1,664と小規模ながら、計算エネルギー効率が世界トップとなり注目されている。このように、限定された利用側ニーズを効率的に解くスーパーコンピュータも実用化が期待される。
- ・ 人工知能は将棋や囲碁のように決まったルールの中で最終結果の優劣を競うゲームを得意とするが、最近AIは「婚活」にも利用され交際に発展する確率を倍増したという。一方、人間が自然に培う一般常識を獲得し判断に生かすAI技術は未だわかっていない。また、人間の持つ感性を人工知能に植えつけることも容易ではない。人工知能に俳句を詠ませる試みがなされており興味深いが、その成果は“俳句らしきもの”の域を出ない。
- ・ 人間の脳は未だに未知の部分が多いが、測定技術の進歩により人間の脳の働きが徐々に解明されてきている。また、脳がゆらぎを利用して知覚精度を上げている研究事例は大変興味深い。ブレイン・マシーン・インターフェイス(BMI)では、特に脳神経科学の応用と波及効果が期待される。これは、人間が脳内で考えたことを、ロボットなどの機械が手足となって実行してくれる技術でもある。テレポーテーションと組み合わせると、将来、地球の裏側のロボットを思い通りに動かすことが可能になる。これは、テロや犯罪に悪用されかねない危うさを一方で覚える。

(宮本)

人間の脳が極めて小電力で、大電力を消費するスーパーコンピューターに伍する性能を示せる理由について、ノイズの有用な効果を挙げられていくつかの事例を報告されたことはとても意味のあることに思えます。特に、半導体の微細化によって省電力を図る手法には限界があることを数々のデータと理論で示されたあとの生体脳との対比という論理は、非常に多くの文献調査をされたあとの結論だけに説得力があり、そのような調査、検討を続けられた飯塚氏に脱帽です。

また、それに続く生体脳からの信号取り出しというテーマは今後極めて大きな可能性がある最先端分野で、実験的に少しずつでも進歩している様子が示され今後注目しないといけない分野だと教えられました。特に、非侵襲で脳の信号を捉え何を見たかといった情報を取り出す技術は、盲目の人に大きな利便を与えはするが、どんな夢を見たかを盗み見ることができるという負の側面もあり、技術の進歩に注目する必要があります。

これらの最先端の分野は次第にいままでの社会通念と異なる機能を実現するので、社会倫理など社会人が技術をどのように受け入れ活用するのがよいのかについても検討される必要があるのではと考えます。

(持田)

先端の分野のお話、ありがとうございます。なかなか自分で調べるのは難しく、このようにまとめて紹介してもらうことは大いに助かります。しかし内容が非常に濃く、1回で済ますのはもったいない気がしました。

この中で、1番驚いたのは、早さとか精度が取り上げられているスーパーコンピューターの消費電力が、こんなにかかるということは、全く知りませんでした。これを軽減するようにするには、量子コンピュータの出現が必要なのでしょうか。

量子コンピュータとは内容的に理解できませんが、ニューズウィーク日本版によると、グーグルがスーパーコンピューターでも1万年かかる計算を量子コンピュータを使い数分で終えた、あるいは中国で世界第2位のスーパーコンピューターが20億年以上かかる計算を「九章」と呼ばれる量子コンピュータでは数分で終えた、という記事に接すると、空恐ろしくなります。

そのうちぜひ量子コンピュータについても、発表願いたいものです。

後半の脳の話については、より身近なものとしてとらえられました。他人の脳の中を覗くなんて、まるで催眠術をかけるようなものなののでしょうか。

(小林)

- ・ 欠席の分際で飯塚さんの汗と知恵の詰まったレポートにまともコメントすることなどできません。以下には、どちらかと言うと自分の認識だけを書いていると思います。失礼のところはお許してください。
- ・ デジタルが勃興してきたのは1960年代で、それがパーソナルユースまで可能になった1980年代同時に化学プラントの制御もDCSを含めてコンピューター制御となりました。コンピューターの進歩と社会の進歩は同歩調でした。AIと脳科学の発展がどういう世界をもたらすかということには多くなる興味があります。それを支える技術の細かいところより、もたらされる社会の有り様を解いてほしかったと思います。
- ・ その延長で（スピード、容量、画像解析）、古くてあたらしいAIが喧伝されています。20年以上前のニューラルネットも本質的にはディープラーニングの先駆系でディープラーニングは、コンピューターハードの進歩そのものです。また、半導体世界というムーアの法則の世界です。
- ・ データから真理を導こうとするとき全くのランダムなデータは使い物にならなくてモデルにのるような真理とかルールにそって動いていることが必要です、囲碁、将棋などはAIの最も得意な分野でした。身近な現象故に衝撃的印象を与えました。

- ・問題は、その次に来る人の感情や判断をなぞることができるかです。例えば、トランプをAIが越えるか。芭蕉と蕪村のどちらをAIが評価するかの主観といえるものです。所謂シンギュラリティの世界だと思います。私はそうはならないと見ますが、何としてもなってほしくはない。
- ・それ以前に、軍事の世界ではもっと破滅的なことが、起こっている。それがやれない日本の一流の研究者が専念する分野ではないのです。
- ・脳の機能をコンピューター上で表現する分野では一部治験前の分野でシミュレーションが実用化されていることを聞きました。
- ・ただ、脳科学は今や情報分野と脳医学の分野からアプローチが盛んですから相当程度の進歩は間もなくでしょう、しかし、やって成功はしてほしくない分野だと思います。
- ・このレベルのコンピューター科学は、人間を凌辱しています。やめるということも視野に倫理を確立すべきです。

	<p>2. 幹事会報告</p> <ul style="list-style-type: none"> ・エネルギー研究会の報告に関連して SDGs に関係するテーマの取り組み期待された ・環境研究会が5月に核融合研究所の見学会を検討中との報告があった ・神奈川研究会の報告に関連して、他研究会メンバーがオンライン参加できるようにしてはどうかとの意見があった。 ・装置材料研究会の NEDO プロジェクトは今年度も継続するとの報告 ・教育関連では安全と化工入門をオンライン開催する予定 ・化学工学会年会の産業セッションはオンラインでも開催 ・総会資料は3月中旬以降取りまとめ、オンライン総会とする準備をおこなう <p>3. 今後の予定</p> <ul style="list-style-type: none"> 4月 西村氏 5月 見学会 6月 宮本氏 7月 大谷氏 8月 松村氏 9月 神田氏 10月 見学会 11月 持田氏 12月 小林氏 1月 山崎氏 2月 猪股氏 3月 飯塚氏
次回日程	<ol style="list-style-type: none"> 1. 日時 令和3年4月13日(火) 15時~17時 2. 場所 かながわ県民センター 710会議室 3. 技術課題 西村氏から提供
次々回日程	<ol style="list-style-type: none"> 1. 日時 令和3年5月11日(火) 午後 2. 場所 未定 3. 見学会