

特集 「脳科学とAIのフロンティア」

知能への学問の分解と統合

—人工知能+認知科学+神経科学異分野交流会—

Integration and Disintegration of Academics to Approach Intelligence
Gathering to share Opinions from Different Fields
— Artificial Intelligence, Cognitive Science, and Neuroscience —

大澤 正彦
Masahiko Osawa

慶應義塾大学大学院理工学研究科, 日本学術振興会特別研究員 (DC1)
Keio University Graduate School of Science and Technology. / Research fellow of the Japan Society of the Promotion of Science (DC1).
mosawa@ailab.ics.keio.ac.jp, <https://www.masahiko-osawa.com/>

Keywords: artificial intelligence, cognitive science, neuroscience, whole brain architecture.

1. はじめに

生物の知能に迫ろうとする学問は多岐にわたっており、現在までそれぞれのアプローチで発展してきた。しかし知能という共通の目的をもちながらも、分野を超えた交流やコラボレーションは必ずしも容易でない。本稿は学術領域を超えた交流や相互理解の促進を目指し、2017年5月20日にYahoo! コワーキングスペース“LODGE”にて行われた、人工知能+認知科学+神経科学異分野交流会の報告である(図1)。当イベントは全脳アーキテクチャ若手の会と脳科学若手の会の共同主催、人工知能学会、日本神経回路学会、日本認知科学会の協賛のもと行われた。

異分野交流会では、四つのメインセッションが開催された。はじめに、「若手の会クロスオーバ」では、バックグラウンドの異なる6名の若手より共通の専門用語をもとにどのような研究が行われているかを互いに紹介し合い議論した(3章)。次に「人工知能の未来トークセッション」では、大森隆司先生、山川宏先生によって各学会の立場をわかりやすく解説していただいたのち、将来の人工知能の在り方について議論が交わされた(4章)。続いて「2047年知能へのロードマップ」では複数の学術領域にまたがった研究バックグラウンドをもつ3名の若手研究者の方々に、自らの研究に基づいた30年後の知能研究についてさまざまな角度から講演いただいた(5章)。最後に、「総括(異分野交流会を振り返って)」と題して、ゲームAI開発者の三宅陽一郎先生を中心に作家のさかき漣先生や3名の女子大学生によって全体のまとめや今後の展望について話された(6章)。

総司会は株式会社 ABEJA の志積由香子さんが務めた。多くのセッションの様子は、全脳アーキテクチャ若



図1 異分野交流会の様子

手の会の YouTube チャンネルにて公開されている。また当日は AINOW により取材され、記事が公開されている*1。

2. 主催団体の概要

2.1 全脳アーキテクチャ若手の会

全脳アーキテクチャ若手の会*2[大澤 17, Yamakawa 16]は、知能に迫ろうとする学問をより多くの人が身分に関係なく関われることを目指して、2014年に創立した。2017年7月現在では Facebook グループで募った会員は1700人を超えている。詳細は[大澤 17]を参照されたい。

本稿の著者は全脳アーキテクチャ若手の会の創業者であり代表を務めていたが、異文化交流会の終了をもって代表を引退した。現在は東京大学修士1年の八木拓真が新たな代表を務めている。

*1 <http://ainow.ai/2017/06/12/114297/>

*2 <http://wbawakate.jp/>

2.2 脳科学若手の会

脳科学若手の会*3は、脳科学関連分野の大学学部生・大学院生・ポスドクを中心とした若手研究者の相互交流ネットワークづくりを目的とした学生主催の任意団体である。発足は2008年6月であり、メーリングリストの登録でメンバを管理し情報を発信している。懇親会、研究会やワークショップ、研究合宿を主な活動としている。

3. 若手の会クロスオーバ

異分野の研究バックグラウンドをもった者同士が交流するうえで、大きな障壁となっていることの 하나가用語の定義である。同じ字面の専門用語を使っている、用語の意味するところは大きく異なることはしばしば見受けられる。

若手の会クロスオーバでは、用語の定義に関する齟齬の解消を目的として、6名の専門分野の異なる若手から一つの専門用語をもとにおおの分野でどのような研究が行われているのかをレビューした。今回は「注意」をテーマとし、主に認知科学、神経科学、人工知能の三つの観点から議論した。

3.1 認知科学

認知科学は、モデルを立てることで人間の情報処理を説明する研究アプローチである。世の中には膨大な情報があふれており、人間は情報を取捨選択する必要がある。テーマとなっている「注意」は、情報の取捨選択のためのモデルと解釈し得る。

発表では有名な注意のモデルの一つである特徴統合理論が扱われた [Treisman 80]。縦棒と横棒が混在している中から、特定の絵を見つけ出す課題を実際に示し、特徴統合理論の構成要素である「特徴探索」と「統合探索」について詳しく説明した。

3.2 神経科学

神経科学分野における注意の定義は感覚入力を選択し、処理を促進させる神経機構*4である。主な研究目的は、行動レベルで現れる注意の有無に関連する神経活動を捉え、どのような神経メカニズムから注意が実現されるかを明らかにすることである。

課題の例としてあげられたのは、認知科学に関する発表と同様に傾きが異なる棒を探す課題であった。注意は「外発的注意」と「内発的注意」に分類できることを説明し [Buschman 07]、二つの注意を支える脳部位や神経の反応、実際の実験例を紹介した。

3.3 人工知能

人工知能の立場からの注意の例として二つの事例が紹介された。

一つが顕著性と特に呼ばれる研究で、画像が与えられたときに人がどこに注目するのかを予測する手法である。もう一つはリカレントニューラルネットワークに用いられるアテンションの考え方である。時々刻々と入力されるデータに対して、重要度を付与することで過去の重要な情報が消えてしまうことを防ぐことができる。

3.4 議論

ファシリテータを交えて活発な議論が広げられたが、なかでも「機械もしくは人工知能にとって注意は必要か、不要か」という議論が盛り上がりを見せた。

工学の立場から講演した2名の中でも主張が分かれたが、神経科学、認知科学の立場からはさまざまなシチュエーションを例示しながら注意が必要なシチュエーションについて考察された。

分野間における用語の定義は千差万別であり、用語の定義の違いは学問を超えた交流をしていくうえで大きなハードルになっていることが最初のセッションを通じて会場全体で再認識された。

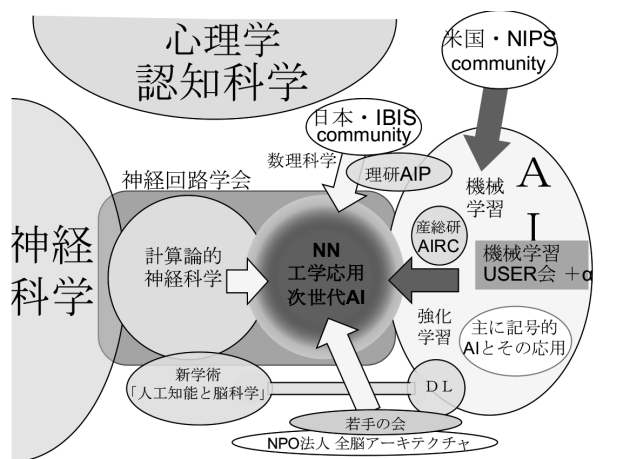
4. 人工知能の未来トークセッション

人工知能の未来トークセッションでは、玉川大学教授、神経回路学会会長、認知科学会前会長の大森隆司先生と、ドワゴン人工知能研究所所長、全脳アーキテクチャ・イニシアティブ代表、本誌編集委員長の山川宏先生によって議論が展開されていった。

4.1 学会ごとの立ち位置

議論の取掛かりとして、はじめに知能研究の歴史や神経回路学会を中心に置いた場合の周辺の各学会・団体の立場について大森先生から示された (図2)。

一番初めに知能というものにアプローチを試みたのは心理学であり、後に多くの分野に広がりを見せた。心理学は現象を明らかにするが、現象の裏でどのようなことが起こっているのかを情報の言葉で語ろうとしたのが認知科学である。一方、脳の現象として知能を捉えようと



CopyRight©TakashiOmori

図2 神経回路学会の位置と周辺状況

*3 <http://brainsci.jp/>

*4 脳科学辞典 (空間的注意) : <https://bsd.neuroinf.jp/wiki/空間的注意>

したのが神経科学である。

大森先生が会長を務める神経回路学会は20年前のニューラルネットワークブームをきっかけとしている。なかでも脳の現象を計算で明らかにしようとする計算論的神経科学は今でも大成功していたが、一方で工学的なアプローチを試みようとしていたコミュニティは縮小傾向にあった。

人工知能分野も同様に縮小傾向にあったが、近年の深層学習の成功が認められ再び拡大を始めている。しかしながら、悲観的に見れば現在の人工知能学会は深層学習のユーザ会にすぎないともいい得るのではないかと問題提起がされた。大森先生は、ユーザ会を抜け出すためには実際の生物との関係もしっかりと考える必要があるとしたうえで、今回の異文化交流会がユーザ会を抜け出すきっかけとなり得ると話された。

4.2 注意に関する見解

若手の会クロスオーバーでの「機械もしくは人工知能にとって注意は必要か」という議論は、このセッションでも話題となった。山川先生からは計算リソースを削減する意味で必要という意見があった。一方で大森先生からは、ご自身の研究で運転中の視線を計測したときに顕著性はほとんど無視されていたことが語られた。ベテランの先生方の中でもコメントが大きく異なることが会場も意外に感じていた様子であった。

4.3 身体性と知能と全脳アーキテクチャ

大森先生も山川先生も全脳アーキテクチャ・イニシアティブのメンバとして活動されているが、全脳アーキテクチャは名前の印象から、脳だけを重視して身体を軽視している印象を受けることがしばしばある。そこで身体と知能の関係について話題になった。

お二方とも知能にとっての身体的重要性を強調したが、人間と同じ身体である必然性については否定した。共通見解だったのは、人間と付き合う人工知能を想定する場合には、人と同じ身体をもつことのメリットが大きいことだった。同じ物理空間を共有するうえで汎用的な都合の良い形だからということ以上に、同じ身体をもつことで人間の体、さらには感情について理解しやすくなり、より同じ価値観を共有しやすくなる。

さらに山川先生からは、現在提案されているAIの設計指標に人間と同じ価値観や行動様式をもつことが含まれていることも解説された。そして最初に設計されるAIはなるべく人間と同じ脳と身体をもったもので、その後発展として多種多様なシステムに展開していくことが望ましいとした。

5. 2047年知能へのロードマップ

遠い将来の研究情勢を予測することは極めて難しく、2045年にシンギュラリティが起こるといった予想に関しても曖昧性がぬぐいきれない。そこで現在から今後お

よそ30年にわたり研究者として活躍されるであろう3名の先生をお招きし、30年後のおのおのの未来についてご講演いただいた。

ご登壇いただいたのは、筑波大学助教大澤博隆先生、電気通信大学特任研究員倉重宏樹先生、ダウンゴ人工知能研究所上席研究員水谷治央先生である。

大澤先生の専門はヒューマンエージェントインタラクションであり、工学的な手法から人の認知的な側面にアプローチをかけている。倉重先生は計算論的神経科学を専門としながら、認知心理研究にも取り組まれている。水谷先生は、もともと神経科学者でありながら現在はダウンゴ人工知能研究所にて工学者との架け橋的役割を担われている。お三方のご専門はいずれも本イベントの主題である人工知能、認知科学、神経科学の3分野のうちの一つ以上にまたがっており、学問を超えたレベルの高い議論が展開された。

5.1 2047年のエージェント技術ヒューマンエージェントインタラクションの立場から：大澤博隆先生

大澤博隆先生先生のご専門はヒューマンエージェントインタラクション(HAI)である。HAIを一言で表すと、「ロボットキャラクターが友達の社会」を真面目に考える学問であり、そのための知能の実装からその影響までを扱う。

講演ではさまざまな研究例を紹介しながら、人同士でうまくいっていた関係を、エージェントに置き換えた場合にどうなるのかを示した。2047年後の知能研究では、知能のサイエンスと人間のサイエンスは分離してくるのではないかという予想を示し、自身はそのうえでより多様性を育てる方向性に進みたいとされた。

5.2 知能の発展の理解と知能の理解の発展：

倉重宏樹先生

倉重宏樹先生の思う2047年の知能がまず示された。

- ヒトの知識獲得や世界観形成を支配する「目的関数」がわかる。つまりヒトが、自分や人類を何者にしようとしているかがわかる。
- ヒトの「目的関数」と同等のものを実装したAIが作られるだけでなく、それと相補の「目的関数」を実装したAIも作られる。
- 一般的な意味で、物理的実存と情報の関係がわかる。

講演の中で直近の数年で知能がどこまで進むかを段階的に予測していき、最初に示した2047年知能の根拠を解説した。

自身は2047年の知能に向けて世界観を製作するための知識獲得をテーマに、適切な大きさと曖昧さをもって研究していきたいと語った。

5.3 コネクトームから人工知能へ：水谷治央先生

水谷治央先生からはご自身の研究であるコネクトームについて解説された。コネクトームとは、実験生物学的に明らかにされた脳内にある神経細胞ネットワーク配線図のことである。コネクトームという言葉聞いたこと

のない聴衆が多かったなか、当時取り組んでいたコネクトームに関する研究を動画を使ってわかりやすく解説された。

水谷先生は、解析したコネクトーム情報を三次元空間上に再構築することで、知能の本質が再現できるのではないかと考えている。2047年に向けてとにかく脳の構造を明らかにしていきたい、Google アースが地球全体を明らかにできるように、ダウンゴブレインが脳全体を明らかにできれば大成功だと語った。

5.4 パネルディスカッション

レベルの高い議論が展開されたが、最後には学問の広がりに関して議論が及んだ。水谷先生は脳科学を理解する壮大性は宇宙を理解する壮大性と似ていると述べ、学問の広がりや宇宙の広がりやに例えられるのではないかと示唆した。

宇宙はビッグバンで始まり今も広がり続けているが、ビッグクランチでまた一点に収束するという理論がある。同じように、とある一点で知能の研究が始まり広がっているが、将来知能に関する研究が収束する点が現れるかもしれないと語った。

6. 総括：異分野交流会を振り返って

最後はゲーム AI 開発者の三宅陽一郎先生、「エクサスケールの少女」の著者で作家のさかき漣先生、慶應義塾大学博士1年の板谷琴音さん、九州大学2年の上妻真緒さん、慶應義塾大学修士1年の大藤聖菜さんによる総括が行われた。

三宅先生は「分解×統合」というキーワードをあげ、異文化交流会で見えた現在の知能研究を絵の具とキャンパスに例えてまとめた。一つ一つの学問で得られた知見や技術は美しい色の絵の具のようなものであり、それらが統合されるためには何かしらの母体、つまりキャンパスが必要である。「絵の具はあるけれどキャンパスはない」のが今なのではないかと説明した。

全脳アーキテクチャ若手の会九州支部代表でもある上妻さんからは、自分達が何色の絵の具をやっていて、別の誰かがどのような色の絵の具で、どう混ざり合うと美しい絵になれるのかを知ることが大事と感じており、もっといえば青と赤の絵の具から紫の絵の具をつくれるような人間に自分はなりたいたいと語った。

一方キャンパスとなるのは何かという話題では、三宅先生ならゲーム、さかき先生なら本、工学者ならモノ、人によっては社会自体がキャンパスではないかなどと、ざっくばらんに議論が展開されていった。

7. おわりに

大森先生と山川先生の議論にあったように、我々人間は知能とは何かという問いを古くから追いつけてきた。

そしてそれが学問として発展し、さまざまなアプローチ・研究領域へと派生していった。まさに三宅先生がいうように知能という共通の問いの分解が起こっていたのだろう。

深層学習の成功以来、ヒトレベルの汎用人工知能実現に期待が社会的に高まっている現在、知能とは何か、人工知能と人間の違いは何か、といった根本的な問いに再び立ちかえって議論される機会が増えたように思う。そんな今、学問の分解だけでなく統合に関する検討が必要になってきたのかもしれない。

「人工知能+認知科学+神経科学異分野交流会」にてさまざまな学問の立場から知能に対して真摯に向き合う若手や先生方によって行われた議論は、大変示唆に富むものであった。多くの人にとってこの日のイベントが有意義であり、将来の知能研究へわずかでも貢献できたことを願っている。

最後に、残念ながら本稿に書ききれなかった多くの講演や議論が YouTube で一般公開されている。ぜひともご覧いただきたい。

謝辞

本イベントを実現するにあたり、多くの方々にお力添えをいただきましたことを感謝します。

◇ 参考文献 ◇

- [大澤 17] 大澤正彦：全脳アーキテクチャ若手の会，人工知能，Vol. 32, No. 2, pp. 268-269 (2017)
- [Buschman 07] Buschman, T. J. and Miller, E. K.: Top-down versus bottom-up control of attention in the prefrontal and posterior parietal cortices, *Science*, Vol. 315, No. 5820, pp. 1860-1862 (2007)
- [Treisman 80] Treisman, A. M. and Gelade, G.: A feature-integration theory of attention, *Cognitive Psychology*, Vol. 12, No. 1, pp. 97-136 (1980)
- [Yamakawa 16] Yamakawa, H., Osawa, M. and Matsuo, Y.: Whole brain architecture approach is a feasible way toward an artificial general intelligence, *Int. Conf. on Neural Information Processing*, pp. 275-281, Springer (2016)

2017年9月28日 受理

著者紹介



大澤 正彦 (学生会員)

2015年慶應義塾大学理工学部情報工学科卒業。2017年同大学院理工学研究科開放環境科学専攻修士課程修了。現在、同研究科後期博士課程、日本学術振興会特別研究員(DC1)。神経科学や認知科学との対応を重視した汎用人工知能の開発に関する研究に従事。2014年IEEE Japan Chapter Young Researcher Award, 2015年慶應義塾大学平成26年度表彰学生、同年、ISIS Best Presentation Award, 2016年本学会30周年記念事業奨励賞、2017年神経回路学会大会奨励賞各受賞。日本神経回路学会、日本認知科学会、Asia-Pacific Neural Network Society、IEEE各学生会員。本学会学生編集委員。