

## Neurointelligence

Director, IRCN Univ Tokyo **Takao K Hensch**

Throughout human history, technological advances have been used as convenient metaphors for the inner workings of the brain. It has thus been variously compared to hydraulic systems, labeled lines, holograms, or digital (and now quantal) computers. Only in the most recent decades has the biology of this “black box” been pried open enough to imagine going in the opposite direction. Is a truly neuro-inspired or neuro-morphic computation now possible?

Pioneers in neurophysiology first shed light by characterizing response properties one neuron at a time. This painstaking effort offered pivotal insight forming the foundation for current deep neural networks that can process images or natural language. With increasing computational power and speed, these now outperform human experts, but not without shortcomings. Highly inefficient in their thirst for fuel and input data, they lack the flexibility and generalizability that define human intelligence (H.I.). Indeed, neuroscientists would argue that we are still far from understanding the living brain at sufficient detail, or even knowing what “sufficient” might mean.

In the words of Alan Turing, however, the solution would seem quite straightforward. In his seminal paper on artificial intelligence (A.I.), he wrote “Instead of trying to produce a programme to simulate the adult mind, why not rather try to

produce one which simulates the child’s? If this were then subjected to an appropriate course of education one would obtain the adult brain.” (“Computing Machinery and Intelligence”, 1950).



At the International Research Center for Neurointelligence (IRCN), we are tackling Turing’s challenge “how does human intelligence arise?” from this developmental perspective. Launched in October of 2017 as a World Premier International (WPI) center at the University of Tokyo Institute for Advanced Study, the IRCN brings together neurobiologists, psychologists, clinicians and computational scientists from around the world under-one-roof on the Hongo campus. Together, we seek answers in the underlying principles of neural circuit development and how it goes awry in psychiatric disorders. This promises new insights for truly neuro-inspired A.I. and innovative, computational approaches toward better understanding the human condition.

One might then wonder, what exactly is “neurointelligence” (N.I.)? Perhaps there are two views. First is that N.I. lies at the intersection of H.I. and A.I. The common use of ‘neurons’ in both natural and artificial networks as a shared source of intelligent behavior motivates large group

efforts such as your project on “Correspondence and Fusion of A.I. and Brain Science.” Much remains unknown how emergent properties arise when neurons dynamically organize into connected ensembles. At IRCN, we look to the highly orchestrated stages of brain development, conserved across millennia of evolution, for deeper insight. For example, inhibitory interneurons play a pivotal role in timing both oscillatory activity on the millisecond scale and critical periods of brain plasticity across the lifespan. Only now are neurobiologists fully appreciating the rich diversity of inhibition – poetically termed “butterflies of the soul” by Cajal – which has hardly been considered in modern machine learning.

Second is that N.I. is created through the super-additive cooperation of H.I and A.I. Ultimately, such an approach will encompass the fruits of H.I. – the humanities and social sciences. By projecting a faithful replica of ourselves, N.I. will allow mankind to strive for broader horizons beyond our reach – to adapt and make rational decisions in the depths of outer space or the

oceans. In essence, we are now driving our own evolution like no other time before. To properly curate this, a new generation fluent in both neuroscience and computer science is urgently needed. IRCN has created a global ecosystem in Japan to welcome this confluence of disciplines, and by partnering with you, aims to nurture this newborn field through ‘an appropriate course of education.’

Leveraging an international network spanning Europe (IIT, NCCR, College de France), North America (UBC, Harvard, Max-Planck Florida), Asia (A\*Star, ION, THUAI) and growing, IRCN launched the first Neuro-inspired Computation course in March 2019 in close partnership with your “A.I. & Brain Project.” This course attracted great interest from >240 applicants worldwide and received rave reviews from the 30 lucky participants. In October 2020, we will follow-up with our second course leading up to another joint event, featuring world leaders in the “International Symposium on A.I. & Brain Science.” We look forward to seeing many of you soon at U Tokyo!





高橋 英彦

東京医科歯科大学大学院 医歯学総合研究科 教授



松尾 豊

東京大学大学院 工学系研究科 教授



高橋 よろしくお願ひします。

松尾 お願ひします。

高橋 松尾さんとは新学術領域で初めてご一緒させていただいたわけですが、私自身は今の銅谷先生の学術の前の『予測と意思決定』という銅谷先生の学術で一緒させていただいて入らせていただいたという形です。私は工学系でもないし人工知能の専門家でもないのですが、精神科医なので意思決定の障害みたいなことにずっと関心を持っていました。私も人工知能の先生とは最近をよく一緒にさせていただくことはあるのですが、松尾さんのことをもっと知りたいなと思い、お伺いしていきたいなと思ってます。

松尾 はい。

高橋 先生のご出身はどちらになるんですか？

松尾 四国の香川です。

高橋 大学から東京ってことですかね？

松尾 そうです。

高橋 高校生まではどんな学生さんだったんですか？

松尾 丸亀高校っていうのがわりと文武両道というか部活も真面目にやるところで野球部なんかは甲子園でるんですよね。一瞬だけ、1日だけ野球部入ったんですけど（笑）。

高橋（笑）。それは高校の時ですよね。

松尾 そうです。野球部入ると勉強しなきゃいけない、勉強禁止みたいな感じで毎日9時まで練習してるみたいなところがあり、ソフトボール部に入り、3年間続けました。もともとコンピューターは好きで小学校の頃からプログラムするとかやってたのと、あと受験の頃に哲学に興味を持って「自分の認識って一体なんなんだろうなあ」とかそういうのをすごく考えていましたね。

高橋 そうですか。今ちょっと哲学みたいな話ができましたけど最終的に大学進学する時にいわゆる理系文系っていうことがあった時に、それは迷いなく理系って感じだったんですか？

松尾 そうですね。僕、父親が医者で祖母も医者なんですね、でも次男だったのであんまりプレッシャーはなかったのですが、理系だなんていうのはあって理系に行こうとは思いました。大学行った時はどちらかというと物理とか、やっぱり世の中の真理を解き明かしたいという思いはありました。学科選ぶ時はコンピューターのほうが未来があるかなと、情報ってついでとこがいいなと考えました。

高橋 そうなんですね。私は長男で次男の弟は東大の工学部を出てから、企業の研究所に進みました。僕も中学までは滋賀県にいて、野球部やっていました。話を戻して、世の中の原理みたいなことに関心があったって仰ってましたけど、確かにそういう方、精神科も多いのですよ。哲学なんかはもちろん分かりやすいんですけど、一方で物理みたいなファンダメンタルなことを追求する精神科医って意外といるんですよね。

松尾 確かにそうですね、認識とは何かみたいなことになると一緒ですよ。

高橋 そうですね。先生もさっき言ってた自己の認識とか、よく人工知能の意識みたいな話をされている時に再帰性という話をされてるじゃないですか。あれはまさに僕らは臨床の精神医学あるいは脳科学で意識をテーマとして考えるときに、やっぱり再帰的に考えられるっていう状況っていうのが僕は定義がしやすいかなと思っていてそこは共感できるところがあるなと松尾さんの本とか読んでて思いましたね。

松尾 再帰も、1回の再帰2回の再帰。

高橋 無限にいけますよね。

松尾 1回でも起これば何回も起こるのと一緒だから。

**高橋** そうなんです、原理上1回でも起こればそこで大きな壁を乗り越えちゃうんで無限になってしまいますね。

**松尾** 自己参照ができると再帰ができて、自己参照はほとんど言葉の成立と同時で。言葉ができると自分って言葉ができますから、ほとんど僕は言葉の成立と意識の成立って同時なんじゃないかなって気がするんです。

**高橋** そうですね。進振りで今のご研究に繋がる方向に舵を切られたということですかね。それが西暦何年ぐらいになるんですって？

**松尾** それが1996年ですね、95年かな3年生になったのが。卒論で研究室に入ったのが96年でその時に人工知能の研究室に入ったんです。石塚満先生っていう、人工知能学会の会長とかやられた先生ですけど。研究室でテーマの選択で何やるってのも、当時はAI冬の時代だったんで応用寄りの研究が多くて擬人化エージェントとかアバターみたいなものつくってやるとかあったんですけど、僕はそういうのあんまり興味がなくて学習がやりたいって言ったんですけど「学習はうちはやってないんだよね」とか言われてそうですかと。テーマにあった中で推論っていうのがあって推論ならいいかと思って推論やりますと。仮説推論、アブダクションっていうんですけど知識を書いて或るゴールを証明するような仮説の組を求めみたいな、ある種の組合せ最適化問題みたいな感じなんですけど。そういうのをやって、その高速化する手法とかそれを数理的な問題に、最適化問題におとしてそれを解く方法とかいろいろやってたんですね。やってるうちになんか違うよなと思ってですね。

**高橋** 何がどう違うって思ったんですか？

**松尾** 記号的な推論は人間の知能じゃないっていう感じで。三段論法をAIで自動的に推論できてすごいと、そういう帰結が自動的にだせてすごいっていうんですけど、この知識を書くときにどれだけ苦労してますかみたいな感じで、要するにこれを入れるとこれが起こってこれが起こってこれが起こるみたいな連鎖的な反応が起こるような知識の構造をあらかじめ上手に組んでおくとこれを入れるとこれがでてくると。外から結果だけ見るとこれを入れるとこれがでてくるからすごいよねってなるけど、ドミノ倒しみたいなものでドミノを一所懸命積んでるわけですよ。これは単にモックアップというか、これは知能ではなくて結果的にこういうことが起こってるのかもしれないけども、少なくとも大量のデータがあってそこからパターンができて、そういうものの帰結としてこういう連鎖反応が見えるってことははずで、本当の本質はその大量のデータから何かパターンが起こるっていうところにあるなというのをやりながら思ってまして。それでドクターの頃に研究をがらっと変えたんですね。ドクター2年ぐらいの時に変えて、テキストマイニングで、大量のデータを扱うとなると手元にあるとなるとやりやすいんですよ。

ね。テキストマイニングでそこからキーワードを抽出するとか単語間の関係をネットワーク的に表現するとかそういう研究をやるようになったっていう感じですね。

**高橋** そうなんです。ディープラーニングはそういう意味では大量のデータから何らかのパターンを抽出してきていて、先生が当時不満に感じたことが今はできてるって感じなんですか。

**松尾** そうですね。そこらへんが重要だっていうのは結構前から思ってた、自慢じゃないですけど。博士論文の最後の時にいろいろ研究やって仮説推論の研究もあったしテキストマイニングの研究もいろいろやったんだけど、結局特徴量をつくりだすっていうかいろんなバリエーションを抽象化して同じように表すような表現をどう見つけるかっていうのが、それがやっぱり人工知能の今後の一番のポイントだろうみたいなことを書いてあってその思いがずっとありました。僕はネットワーク的なところから何か生まれると思ってたんですよ。なので当時スモールワールドとかですね、スケールフリーとか複雑ネットワークみたいなのがでてきてあれは結構近いなと思って。ああいうデータの中からパターンが生まれてそれがネットワーク的になって重要なハブみたいなのがでてくると。ただ不満だったのが予測に基づいてないってところで、すべての行動というかプロセスが予測をベースに起こるべきなので、共起関係とかそういうのだけで構成するってのはまだ全然、偽物と思っていたんですよ。2005年か2006年ぐらいにアンスーパーバイズドな手法を使って特徴量をつくりだすとスーパーバイズドな学習で精度が上がるみたいな論文がちらほらでてきて、IBMの安藤さんっていう人の論文とかもわりと初期の頃にこれすごいよなって、振り返ると97年ぐらいにN-gramやってるんですよ。これだよなとずっと思ってたですね、自分でもさきがけの研究なんかで予測の構造をベースに、今でいう自己教師あり学習みたいな感じなんですけど、お互いに予測しあうみたいな構造をつくることで特徴量が生成されてそれが階層化していくっていう仕組みなんじゃないかっていう絵を描いてたんです。それが今思うとヒントン先生とかが2006年とかに言い出した手法と基本そっくりで。なんだけど、それとは別に僕もそういう感じだろうなって結局ずっと思ってたという中で、ディープラーニングができてこれはやっぱりすごいなと思って。思っていたものとすごい近いとかどう考えてもこれは真実だろうし、僕がなぜそこに注目してたかっていうと結局AIの歴史を振り返ってもそこがボトルネックになって前に進まないっていうことが各領域で起きてたので、そこさえ突破できれば一気に進みだすはずと思ってたんですよ。なのでディープラーニングができてこれはすごいなと思って、この技術自体もすごいけどこれから先、結局意識とか言語とかそういうところに僕は興味があるのでそこに向けてこれをワーツといけるんじゃないかと思ってそういう方向に研究を変えていったところですね。

**高橋** そうなんです。先ほどテキストマイニング、意味のネットワークとか仰っていましたが、私が新学術でやってるひとつのテーマとしても、統合失調症っていう精神科の病気があるんですけど、その症状に連合弛緩って言葉のアソシエーションが乱れてしまう症状があります。脳の中の単語のセマンティックネットワークがどうなってるかとか、セマンティックネットワークのスマールワールド性みたいなものがどうなっているかを今ちょうど解析しているので、今後、先生ともディスカッションできればと思っています。

**松尾** そうですね、はい。

**高橋** だいぶお忙しいと思うんですけどお休みとかとれてますか？

**松尾** (笑)。まあまあぼちぼち。松尾研の中に基礎研究と教育と共同研究とインキュベーションっていう4つのグループがあるんですね、それぞれグループヘッドがいるんですよ。教育は東大の学生とか一般の方とかに広くディープラーニングの教育、あとはデータサイエンスの教育を提供しましょうと、これは東大内で2,000人くらい教えてます。共同研究はそうやって企業とやると。インキュベーションはスタートアップをつくるっていうので学生の起業を促進してみたいことが大体形として整ってきて、あとはこれをどうやって効率化していくとかスケールさせていくかっていうそういう段階なので、これまでは相当その仕組みづくりっていうのが大変だったですね。あとは世の中もAIブームでディープラーニングはいいんですけど、気を抜くと違う方向に行ってしまうことがあり、ちゃんとした方向に誘導したいというのが自分の中の使命感としてありました。一所懸命ディープラーニングが重要だっていうことを言い続けて、最初の頃は「あの人ディープラーニングばかり言ってる、なんなの」みたいな感じだったんですけど今はだいぶみんな分かってきて、これ重要な方向なんだっていうのがだんだん浸透してきたと思うので、そういう意味でもちょっと落ち着いたかなって感じですね。自分の役割としてはある時期の役割を終えたかなっていう感覚があるので、少し重要な研究のところに今ウェイトをもう一度戻せるっていう状況にはなってきたかなって感じですね。

**高橋** そうなんです。それいいですね、基礎研究、教育と産学連携というかそれとインキュベーション。あんまりそういう発想で医学部はないのであれですけど、参考になるかな、ぜひそういうふうになりたいなっていうところもありますよね。

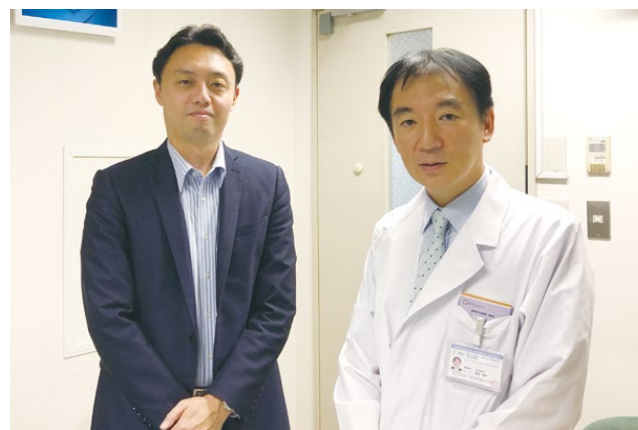
**松尾** 今、医学部の学生とか医学部卒の方でベンチャーやる方もすごく増えている感じがしますよね。

**高橋** 増えてはいる、まあ少ないでしょうけどいますよね。うちの大学としてもそういうのを奨励してたりするところもあるので。

そうですね、そういうノウハウを持った人たちといろいろできるといいですね。

**松尾** そうですね。あとは研究の関連で世界モデルっていうのを一所懸命研究室としてはやってます。ディープラーニングの研究も世界モデルの研究、それから深層強化学習、それから言語とのシンボルグラウンディングみたいなところがこれからまさに研究領域としてだんだん成果がでてくるところじゃないかと思ってまして、そういう意味では一番最初の問題意識「自分の認識とは何か」みたいなところに近く一番おもしろいところだよなというふうに思ってます。言語の例えば機械学習的な意義とか、さっきの話じゃないですけど、要するに大量のデータのパターンの中から言語のとっかかりみたいなものができて相関が生まれて、これが全体としてエージェントの学習速度向上に寄与していると思うので、そここのアルゴリズム的な解明が僕は結構近いんじゃないかなと思ってましてそこは研究室としてもいい貢献をしたいなと思っているところですね。

**高橋** 今後のご研究の発展を期待しています。今日はありがとうございました。



## A report of short-term visiting research in NTT Communication Science Labs.

Irena Arslanova, University College London, Institute of Cognitive Neuroscience, PhD student



I became fascinated with Japanese modern culture when our TV network in Estonia started broadcasting a Japanese anime, *Naruto*. I was 12 years old. Since then, I filled most of my free time with reading manga and watching various anime. I quickly grew obsessed with the beauty of Japanese language, and dreamt of one day tasting the authentic ramen. So, when my PhD supervisor, Patrick Haggard, asked if I wanted to visit NTT lab in Japan and conduct a research project with Hiroaki Gomi, I could not hide my excitement.

Our project examined how spatial information acquired through touch (e.g., direction of force induced pulling) can contribute to visual experience of heading. This question had both theoretical and practical implications. Theoretically, while most previous studies had focused on the effect of vision on touch, we demonstrated that tactile information itself could contribute to visual perception. Practically, utilizing touch to compensate or enhance visual experience can be important in numerous real life settings. For instance, to enhance user experience in virtual reality environment, to create navigation systems for people with compromised vision (e.g., blind individuals), and to be used as helpful cues in

vehicles when driving in bad weather conditions.

Indeed, Gomi's lab had recently developed a vibration gadget, which stimulates tactile signals to create an illusory sensation of pulling. Pairing this gadget with videos (e.g., riding a bike down a hill) seems to induce a strong entrainment to visual heading. People feel as if they are pulled along with the bike. Our research sought to uncover the cognitive mechanisms that underlie such tactile-visual integration and provide empirical evidence. Furthermore, our project is just one example of fruitful collaboration between company research organization and academia.

UCL and NTT have a very long-lasting and productive collaboration. I had already met majority of my NTT colleagues through yearly UCL-NTT meetings, two in London and one in Okinawa. These meetings have been my favorite, as they provide an intimate and informal platform for different labs to share fresh data and new research directions. Every year the meeting raises its quality bar as new external people join the discussion. For example, at this year's London meeting we discussed the importance of bringing together academic research and industry. Our conclusion was that if we ensure smooth and ethical collaboration, it's a triple win situation. Academic research can have its maximal impact on society while industry partners get evidence-based solutions. Moreover, younger researchers, like me, have the chance to get the taste of the other side and gain valuable experience.

NTT Communication Science Laboratories is a special place to work. It doesn't feel quite like a business company and yet is unlike any university lab. Although, I was engaged in my own project, I never felt as a completely independent researcher as

I often do at UCL. Rather I felt as a part of a bigger team. Many people helped me set up my experiments, especially Nakamura-san, who helped with virtual reality and Tanase-san, who programmed the Phantom-force device. This strong team spirit was perhaps the main reason I enjoyed working at Gomi's lab.

Our experiment used virtual reality goggles to present participants with optical flow that induced an illusion of heading in various directions. The force-pulling sensation was induced with Phantom-force device that participants held in their right hand. Synchronous presentation of both force and optic flow created a strong sensation of heading, and participants were asked to distinguish its direction. We manipulated the reliability of both visual and force cues by adding noise to each signal. This allowed us, seemingly for the first time, to characterize the contribution of tactile-force signals on heading perception over and above visual encoding. We employed computational methods (i.e., Bayesian integration) to assess whether participants used both tactile and visual cues to optimally adjust signal weightings based on their individual reliability to distinguish the direction of heading. Importantly, we also employed an implicit measure of posture sway (via force platform that participants were standing on during the experiment) to assess the extent of entrainment to heading experience.

Our preliminary analyses based on 10 naïve participants suggested that participants did benefit from synchronous signals, but only when force signal was reliable. When force signal was unreliable (i.e., corrupted by noise), it resulted in interference and compromised performance, even if visual signal alone could have informed heading direction reliably. In addition, force, but not vision, induced a strong postural response. These results demonstrate that tactile-force signal has a significant contribution to heading experience. However, there seems to be a perceptual threshold that determines whether force signal has a beneficial or disruptive effect. Specifically, when force signal was corrupted by noise, participants were unable to extract any directional

information, but also disengage from the corrupted signal. Thus, our finding emphasizes the saliency of tactile-force signals and the importance of ensuring its reliability when designing haptic devices.

I feel very lucky for the opportunity to have lived and worked in Japan. It's a truly exotic place. It seems more western at the first glance and yet, it feels like another planet. It manages to echo a feeling of peace and flow even at the busiest streets of Tokyo. My three months in Atsugi not only offered me an exhilarating cultural and social adventure, but also an invaluable research experience, thanks to the thoughtful and hands-on mentorship of Hiroaki Gomi. And yes, the authentic ramen was extremely delicious.

# ATR Research Visit Report

Barry Ridge, Department of Automatics, Biocybernetics and Robotics, Jozef Stefan Institut

Period of Stay : 1st August 2019 - 22nd October 2019

## Research Work:

During my three months stay at ATR, I worked under the supervision of Dr. Jun Morimoto in close collaboration with Dr. Ales Ude, who was also visiting for a shorter period. The work that was conducted centered on extending our prior work on image-to-motion encoder-decoder deep neural network architectures to handle sequential data in human-robot interaction scenarios. In that previous work - largely conducted during my previous visit to ATR - we had successfully demonstrated how such neural networks could be used to allow a humanoid robot to visually recognize hand-written digits drawn in different poses on pieces of paper and learn the motion trajectories required to reproduce the drawings in the correct poses with its robotic arm<sup>1</sup>.

However, this prior work was restricted to single image recognition. Therefore, the focus of the research conducted during this most recent visit was to improve the design of the model such that it could handle sequences of images, with the ultimate goal of enabling video-to-motion learning in experiments in which the robot would learn to recognize actions performed by a human in video images and respond with an appropriate corresponding action of its own. Although this research is still ongoing, we expect to be able to produce experimental results on our real system relatively soon.

---

<sup>1</sup> Barry Ridge, Rok Pahić, Aleš Ude, and Jun Morimoto. Learning to Write Anywhere with Spatial Transformer Image-to-Motion Encoder-Decoder Networks. In 2019 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA), Montréal, Canada, May 2019.

## Life in Japan:

Although my return to ATR and Japan was welcome and beneficial both from the research perspective and in terms of reconnecting with colleagues and friends, it was also equally memorable due to certain other particular events. Due to the fortuitous timing of my visit, I had the chance to support my home country -Ireland- at the 2019 Rugby World Cup which was being hosted by Japan from September 20th, 2019 to November 2nd, 2019 at stadiums all over the country.

I was able to acquire tickets to all of the Ireland games which also meant that I was lucky enough to witness the historic match between Japan and Ireland in Shizuoka in which Japan was victorious against a Tier 1 team for only the second ever time after their prior defeat of South Africa, beating Ireland 19-12. Attending those Rugby World Cup matches also allowed me to travel to locations in Japan I might not otherwise have visited.

Finally, I am extremely grateful to KAKENHI Correspondence and Fusion of AI and Brain grant for their sponsorship.



## 計算論的精神医学

山下 祐一（国立研究開発法人 国立精神・神経医療研究センター (NCNP) 神経研究所 疾病研究第七部・室長）

書籍タイトル：計算論的精神医学 ～情報処理過程から読み解く精神障害～

著者名：国里 愛彦、片平 健太郎、沖村 宰、山下 祐一

出版社名：勁草書房

ISBN：978-4-326-25131-5

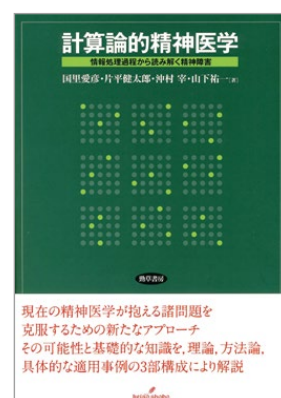
脳における知覚・認知をある種の“計算”にとらえ、その情報処理プロセスを数理モデル化することで神経システムの動作原理を探索する研究手法を計算論的アプローチといいます。「計算論的精神医学」とは、この手法を精神医学研究に積極的に応用しようという精神医学の新しい研究分野で、その重要性の認識が非常に高まっています。“計算”というと、近年話題の機械学習・人工知能（AI）などビッグデータを用いた手法（「データ駆動アプローチ」と呼ばれます）を思い起こす人が多いかもしれません。機械学習とは、大量のデータに対して反復的に計算を繰り返すことによって、そこに潜むパターンを見つけ出す方法の総称で、精神医学における応用としては、例えば脳画像・遺伝子・代謝物などのデータから精神障害の有無を予測したり、ある種の患者群をクラスタリングするような研究が試みられています。このようなタイプの研究も、高度な数理的テクニックを用いてデータを解析するという意味で、広い意味での計算論的精神医学と呼ばれることがあります。データ駆動アプローチの研究は、データの蓄積や機械学習理論の洗練に伴ってますます発展することが期待されています。

しかし、データ駆動アプローチは、精神障害の分類や予測などにおいて有用性が期待されるものの、神経・認知・行動的現象の背景にあるプロセスを明示的にモデル化しないため、精神障害の原理的な理解に直接はつながらない可能性があります。というのも、現在の精神医学は、疾病分類が生物学的知見に基づいていない、生物学的知見と臨床症状の間に説明のギャップがあるといった問題を抱えているからです。このような問題を解決するためには、生物学的知見と臨床症状を上手くつなぐモデル（「生成モデル」と呼ばれます）が必要になると考えられています。生成モデルは、脳の情報処理から行動や症状などが出力される過程をモデル化したもので、脳と行動・症状をつなぐモデルとして使えます。この生成モデルを精神障害研究に適用する研究手法（「理論駆動アプローチ」と呼ばれます）は狭い意味での計算論的精神医学と呼ばれ、

上述した精神医学の抱える問題の解決に有用ではないかと期待されています。本書では、特に生成モデルを用いた理論駆動アプローチに焦点を当てて扱っています。

内容の構成としては、精神医学研究の問題点の整理、計算論的精神医学の枠組み、に続いて代表的な生成モデル

（生物物理学的モデル、ニューラルネットワークモデル、強化学習モデル、ベイズ推論モデル）の解説、具体的な精神疾患研究事例まで幅広くカバーしています。従って、本書の読者としては、精神医学の知識をもっていて、計算論的手法について理解したいと考えている精神科医や心理士などの精神医学研究・医療の関係者、あるいは、数理モデル・計算理論についての知識を持っていて、精神障害の研究への適用方法について学びたいと考えている情報系・神経科学系の研究者・大学院生などを対象としています。数理モデルの解説については、計算論的手法を初めて学ぶという初学者にも理解できるよう心がけました。本書で紹介する数理モデルは、脳のモデルとしてはどれも最先端のもので、精神医学を研究対象としていない読者にとっても、脳の数理モデル・計算理論のわかりやすい入門書として十分役立てていただけたと考えています。自身で計算論的精神医学の研究を始めようと考えている実践レベルの方々向けには、参考文献と公開されているサンプルコードへのリンクなどの情報を盛り込みました。特に、神経科学・情報系の研究者など、精神疾患になじみの薄い読者に向けては、具体的な臨床像がイメージしやすいような工夫をしました。ぜひお手にとって、楽しんで読んでいただけたら幸いです。本書をきっかけに、計算論的精神医学の研究に興味を持つ学生や研究者が増え、領域がますます活性化することを期待しています。



## 人型ロボットの階層制御アーキテクチャ

石原 弘二（株式会社国際電気通信基礎技術研究所 ブレインロボットインタフェース研究室 専任研究員）

論文タイトル: Full-Body Optimal Control toward Versatile and Agile Behaviors in a Humanoid Robot

著者: Koji Ishihara, Takeshi D. Itoh, Jun Morimoto

IEEE Robotics and Automation Letters, Volume 5, Issue 1, pp.119-126 (2019)

DOI: 10.1109/LRA.2019.2947001

### 概要

人型ロボットはヒトに近い身体の構造を持っていますが、その運動能力はヒトに遥かに及びません。人型ロボットにはヒトと同等の運動能力を持つことで、介護作業や危険作業の代替など、ヒトの代わりに様々なタスクを行うことが期待されています。そのようなロボットの開発促進を目指した大規模な競技大会が、近年積極的に行われていますが、現在のロボットの実行可能なタスクは限られており、その動きはヒトに比べ非常に遅いです。

より多様な素早い運動の生成には、全身の運動の計画と生成を行うことが必要不可欠ですが、従来の制御手法では全身の運動計画はできませんでした。この問題を解決するために本研究では、全身運動の計画と生成が可能な制御アーキテクチャを開発しました。開発した制御アーキテクチャを用いて、ローラースケートを履いた人型ロボットの、前方・後方宙返りなどの多様かつ俊敏な運動を生成することができました。

### はじめに

私たちはスポーツを行うとき、全身をどのように動かすかの計画と、計画された運動の生成を繰り返すことで、全身を使った素早い動作を行うことができます。このような、「全身の運動の計画と生成を実時間で行うこと」は、従来の人型ロボットの制御手法ではできませんでした。計画されるのは重心の運動などの一部分の運動のみで、脚や腕などの運動軌道は、ヒトが与えるか発見的な手法に基づいて計算されていました。この状況は例えば私たちが、脚の動きを自分で決められない中で歩かなければならない場合で、生成できる運動は限られます。また本来は、全身の動きは脚、腕などの様々な運動の相互作用によって作られるので、一部分のみを計画することはできません。この相互作用を無視するために、ロボットを運く動かしていました。

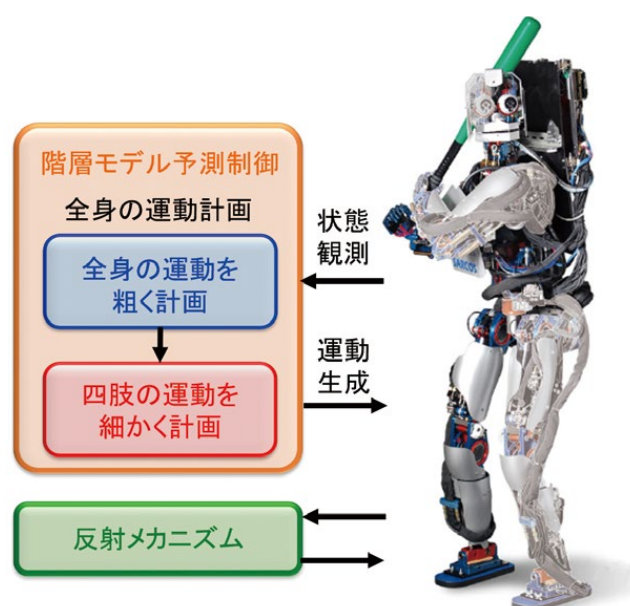


図1 階層制御アーキテクチャ

そこで本研究では、人型ロボットの全身の運動を実時間で計画・生成できる階層制御アーキテクチャを開発しました。開発した階層制御アーキテクチャは、階層モデル予測制御と反射メカニズムから構成されています（図1）。観測された状態（胴体の位置や関節角度など）に対して、階層モデル予測制御によって全身の運動計画が行われ、計画された運動を実現するようにロボットを制御します。この流れを繰り返すことで運動を生成する制御方式のことを、モデル予測制御と呼びます。反射メカニズムは姿勢を維持することに役立ちます。

### 全身運動の計画と生成における問題点

全身運動の計画と生成を行う上で解決しなければならない問題は、運動計画に多くの計算時間がかかることです。運動計画では、タスクを達成するのに必要な運動軌道を計算することが行われますが、この運動計画に多くの計算時間がかかると、人型ロボットは倒れてしまいます。例えば、本研究が

対象としている、ローラースケートを履いた人型ロボットのバランスタスクでは、ロボットは床面に応じて姿勢を変えることが求められます。しかし、運動計画に時間がかかれば、素早く姿勢を変えることができず転倒してしまいます。従来のモデル予測制御では、タスクを達成するのに必要な全身の運動軌道を時間的に細かく計画する必要があると考えられ、人型ロボットのような多くの自由度を持つロボットの運動計画には多くの計算時間がかかっていました。

### 階層制御モデル予測制御

この計算時間の問題を解決するために、私たちが注目したのは、全身の運動全てを時間的に細かく計画する必要はない、ということです。直感的には、私たちは胴体に比べ手足を速く動かすことができます。速く動く運動のみ、時間的に細かい計画が必要であり、遅く動く運動は、粗く計画できるのではないかと考えました。実際に人型ロボットのモデルである運動方程式を解析してみると、全身の運動のうち手足の運動が速い運動であることが分かり、四肢の運動のみを細かく計画すればよいことが分かりました。このことから私たちは、まず、全身の運動を時間的に粗く計画し、四肢の運動のみを細かく再計画する、階層モデル予測制御を開発しました（図1参照）。全身の運動を細かく計画していた従来のモデル予測制御に対して、階層モデル予測制御では、細かく計画するのは四肢の

運動のみであり、計算時間を削減することができます。

### 階層制御アーキテクチャを用いた運動生成結果

シミュレーション環境における検証の結果、階層モデル予測制御を用いることで計算時間を大幅に削減することができ、人型ロボットの運動を生成することが可能でした（図2）。開発した制御アーキテクチャを用いた全身の運動計画と運動生成により、図3に示すような多様かつ俊敏な運動を生成できることを確認しています。さらに、実機人型ロボットを用いた運動生成実験（図4）も行っており、今後はより多様な運動生成を行う予定です。

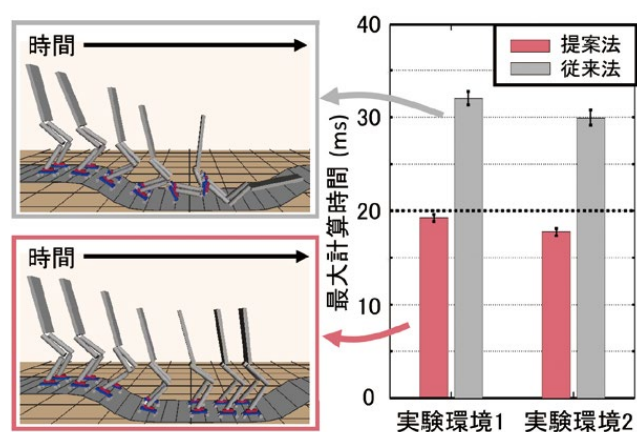


図2 従来と階層モデル予測制御の計算時間の比較

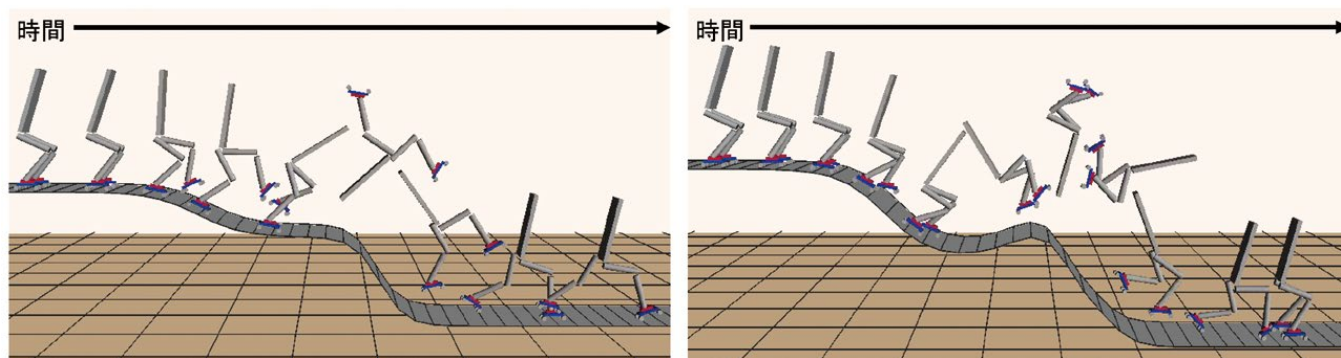


図3 階層制御アーキテクチャを用いた、前方宙返り運動（左図）、後方宙返り運動（右図）の生成

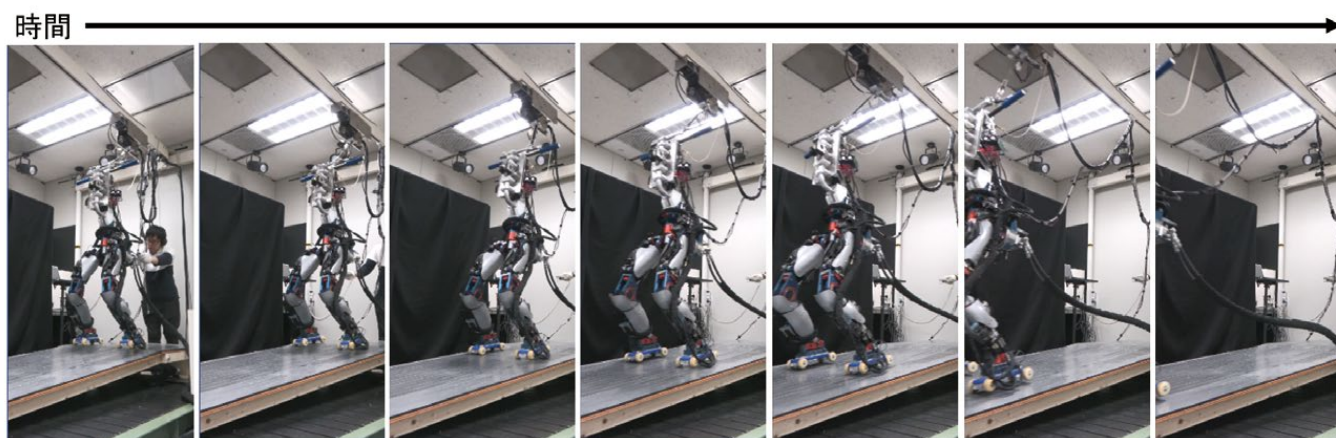


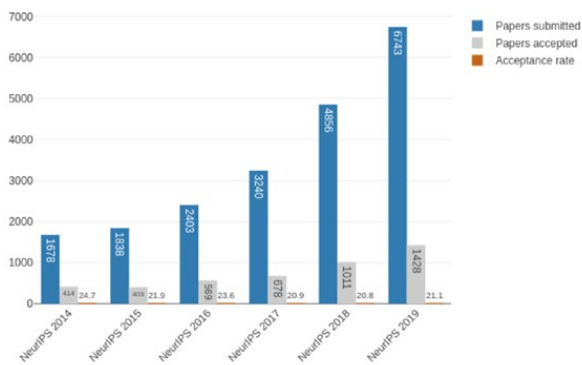
図4 階層制御アーキテクチャを用いた、実機人型ロボットのスロープ滑降運動の生成

# NeurIPS2019 参加記

## Thirty-third Conference on Neural Information Processing Systems

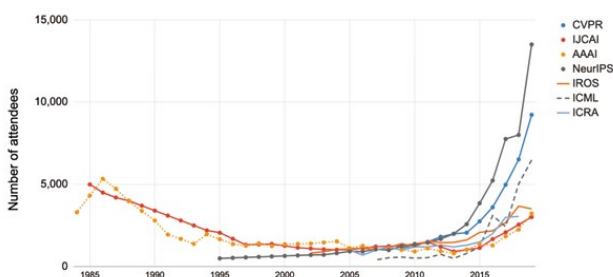
谷口 尚平（東京大学 松尾研究室 修士1年）

2019年12月8日から14日にかけてカナダのバンクーバーにて行われたNeurIPS 2019に参加してきました。NeurIPSはICML、ICLRと並んで機械学習のトップカンファレンスの1つとして知られています。投稿・採択される論文数はその3つの中でも最も多く、今年は6743本の論文が投稿され、その内約21.1%の1428本が採択されました。採択率はほぼ平年並みですが、投稿数が指数的な伸びを見せているため、学会の規模も益々拡大し続けているという状況です。学会への参加者数も異常なスピードで増え続けており、今年はバンクーバーコンベンションセンターの東棟と西棟の両方を使って行われました。来年も同じ会場で開催されることが決まっています。今回はそんなNeurIPS 2019の様子をお届けしたいと思います。



NeurIPSの論文投稿・採択数の推移  
(<https://medium.com/@dcharrezt/neurips-2019-stats-c91346d31c8f>)

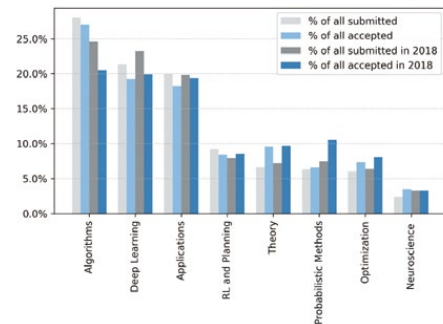
Attendance at large conferences (1984-2019)  
Source: Conference provided data.



人工知能の主要な国際会議の参加者数の推移  
(<https://thegradiant.pub/neurips-2019-too-big>)

例年、NeurIPSはコンピュータビジョン系のCVPRや自然言語処理系のACLといった学会で多く見られる特定の応用領域への機械学習を適用するような論文よりも、より一般的で基礎的なアルゴリズムの開発や、機械学習の数理的な理論の解

明を主眼とした論文が多く集まる傾向にあります。近年は、深層学習のブームを背景に、GANによる画像生成の論文など応用寄りの論文も多くなっている印象でしたが、今年はやや原点回帰して基礎理論の論文が昨年よりも増え、深層学習モデルを特定のドメインに適用してアーキテクチャを改善するような論文は少なくなってきたように感じました。これは、ブームがある程度落ち着いて、学会ごとの分野の住み分けが明確になってきた結果とも言えそうです。



分野ごとの論文の割合

(<https://medium.com/syncedreview/neurips-2019-the-numbers-c1808fba9480>)

そんな傾向の中でも、ロボット分野への機械学習の応用に関する研究は今年も数多く見られ、今後もまだまだ大きな進展が続いていきそうです。この背景としては、インターネットなどを通して大量のデータが集まりやすい画像、言語などの分野では、深層学習の登場により大きく精度向上が向上し、実際に画像認識や機械翻訳などは既に深層学習ベースの手法が実世界のシステムにも取り入れられ始めている一方で、データの収集コストが大きいロボット制御の分野で強化学習などを用いるには未だに多くのハードルがあり、今後より大きな技術の発展が必要とされていることが挙げられます。このいわゆるロボット学習の分野で世界を牽引しているのが、UC BerkeleyのPeter AbbeelとSergey Levineらの研究グループです。Levineらのグループからは実に12本の論文が採択されており、これは全著者の中でも最も多い数字です。

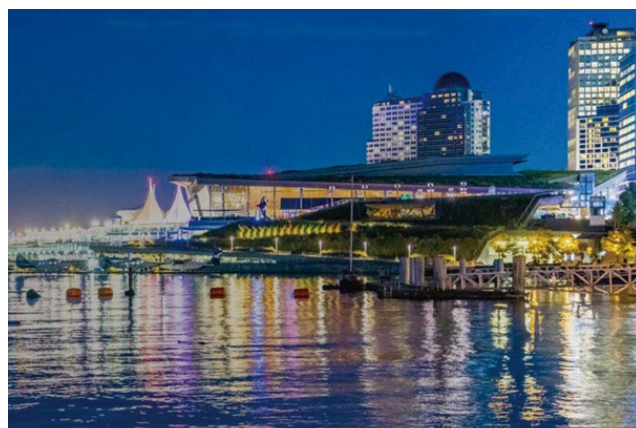
データを大量に集めることが難しいロボット制御の文脈において、Levineらも含めて近年特に注目されているアプローチが、メタ学習を用いるアプローチです。メタ学習とは、簡単にいうと、様々なドメインから集めたデータを用いて、新しいドメイン

のデータを得た際に少量のサンプルからそのドメインに素早く適応できるように学習を行うというアプローチです。例えば、ロボット制御の場合、1種類のロボットで多様な制御タスクについてのデータを大量に集めることは困難な場合が多いですが、もし違うロボットで集めたデータも使って良いとなれば、学習に使えるデータの量を大きく増やすことができます。その際に、それぞれ違うロボットに対して適応しながらタスクをこなすことを学習させることで、また別の新しいロボットに対して用いるときにもすぐに適応できる、というのが基本的なモチベーションです。つまり、新しいドメインの学習の仕方を学習するという意味でメタ学習と呼ばれています。このメタ学習はロボット制御だけでなく、同一ドメインから大量にデータを集めることが難しい分野に対して有効な解決策になり得るため、近年注目を集めています。今回のNeurIPSの中でも、“Guided Meta-Policy Search”など、ロボット制御にメタ学習を適用する論文がいくつか見られました。今後もこの領域の研究はLevineらを中心に大きく進展していきそうです。



New in MLの会場の様子  
(<https://nehzux.github.io/NewInML2019>)

最後に、NeurIPSにおける多様性への配慮の取り組みについて少し取り上げたいと思います。NeurIPSでは以前から女性研究者のためのWomen in MLや黒人研究者のためのBlack in AIなどのワークショップを開催しており、この分野における多様性の拡大に非常に力を入れています。そして、今年から初めて開催されたのが、New in MLという機械学習の研究をスタートし始めたばかりの人のためのワークショップです。このNew in MLでは、まだNeurIPSの本会議に採択経験のない研究者が論文を投稿し、Max WellingやYoshua Bengioといった機械学習分野のトップの研究者からレビューとメンタリングを受けられるという仕組みになっています。筆者もこのNew in MLに論文を投稿し、ワークショップに参加してきました。初回にも関わらず、ワークショップは盛況でポスター発表ではメンターも交えて活発に議論が行われ、筆者自身も非常に良い刺激を受けました。このような他分野からの研究者の参入を積極的に受け入れ、分野全体を盛り上げていこうという姿勢はとても素晴らしいと感じました。新学術領域「人工知能と脳科学の融合と対照」も異分野間の議論を通して、新たな研究領域の創造を目指すものであり、今後もこのような議論の場を大切にしながら研究を発展させていけたらと考えています。



会場のバンクーバーコンベンションセンター  
(<https://www.microsoft.com/en-us/research/event/neurips-2019>)

# CoRL2019 大会参加記

## Conference on Robot Learning 2019

松嶋 達也（東京大学 松尾研究室 修士2年）

2019年10月30日から11月1日にかけて、大阪で開催されたCoRL (Conference on Robot Learning) 2019に学生スタッフとして参加しました。

CoRLは、ロボット学習に関する国際会議で、2019年度で3回目の開催で、初回は、アメリカ・マウンテンビュー、2回目はスイス・チューリッヒで開催され、4回目となるCoRL2020は、アメリカ・ボストン（MIT）で開催予定です。

全体的な印象としては、ロボット制御に近い研究と、機械学習に近い研究がバランスよく構成されていると思いました。ロボット系の学会としては、ICRAやIROS、RSSが有名ですが、これらはロボット工学に関する総合的な規模の大きい学会であるため、CoRLのような機械学習を用いる制御アプローチに特化し、参加者間で密な議論ができる学会は貴重だと感じます。なお、毎年同時期に開催されるIROSは、2019年はCoRLの翌週にマカオで開催されたため、大阪から直接マカオに向かった研究者も多かったようです（筆者もCoRLで交流した人をIROSでも数人見かけました）。一方で、機械学習に関する研究が多い学会としては、ICMLやNeurIPS、ICLRなどがありますが、CoRLでは、これらの学会に投稿された研究を制御分野に応用した研究が多く見受けられました。

また、CoRLはこれまでsingle track sessionを貫いており、採択可能な論文数が限定されているため、年々採択率が低下する傾向にあります。CoRL2019では、投稿数が前年比68%増加（237本→398本）し、採択率がついに3割を切る（27.6%、110本）など、近年のロボット学習分野の盛り上がりを感じました。

筆者は、学生スタッフとしての参加でしたが、当日は、講演会場内の担当（照明や発表の補助）であったため、すべての発表を聴講することができました。その中で、印象的だった研究をいくつか述べたいと思います。

Best Paper Awardに選ばれた“A Divergence Minimization Perspective on Imitation Learning Methods”は、模倣学習におけるbehavioural cloning (BC)や（敵対的）逆強化学習を分布のダイバージェンスの最小化アルゴリズムとして統一的な観点から議論し、物理シミュレータによる実験を通じて、逆強化学習アルゴリズムにおけるstate marginalのマッチングがBCに比べて模倣学習の性能を高める要因であるという分析を行っています。このような、従来ロボット学習で用いられていた手法群を機械学習の観点から統一

的に解釈し、今後の研究に示唆を与える成果が発表されるのもCoRLの特長が表れていると感じました。

また、ベンチマークやフレームワークなどのツールを提案する研究が比較的多かったことも今回のCoRLを特徴づけると思います。例えば、“Meta-World: A Benchmark and Evaluation for Multi-Task and Meta Reinforcement Learning”は、近年盛んな研究テーマであるロボット学習におけるメタ学習の性能を評価するためのベンチマークを提案しています。最も複雑な設定では、ロボットアームを使って、ドアを開ける、ペグを指す、ボタンを押すなどの45個の訓練タスクを用いて、未知のテストタスクにおける性能を評価する物理シミュレータ上の環境を作成し、既存のメタ学習アルゴリズムにおける性能とともに公開しています。また、“ROBEL: Robotics Benchmarks for Learning with Low-Cost Robots”は、3Dプリンタや市販のアクチュエータを用いて、簡単に作ることのできる、安価で比較的高い安定性の高い四脚歩行ロボットやロボットハンドを提案しています。このような研究は、ロボット学習領域への参入障壁を下げ、より高度な問題設定での検証が可能になるため、今後は、よりリアルなロボット・問題設定での研究がさらに活発化することが期待されます。

最後に、2019年夏に行われた本新学術領域のサマースクールのご縁で、森本淳先生にCoRL2019の学生スタッフの募集をご紹介いただき、参加することができました。大変ありがとうございました。



# IROS2019 参加記

## IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems 2019

勝又 勇貴（立命館大学 情報理工学部 谷口研究室 博士課程前期課程 2年）



本稿は私のIROS2019の参加報告です。IROSは今回で32回目の開催となるIEEEと日本ロボット学会 (RSJ) が開催するインテリジェントロボットとロボットシステムに関する国際会議です。2019年は11月4日から11月8日までマカオで開催されました。私は今回 workshop への参加で、本会議の聴講とポスター発表を行いました。

まず、開催地となったマカオという街は20年ほど前までポルトガルの植民地であった地域で、植民地時代のヨーロッパ文化とそれ以前の中国の文化が融合した街です。街を歩けば西洋風の町並みや教会があり、道路の看板はポルトガル語で書かれているものもありました。近年では中国の特別行政区であることもあり、埋立地にカジノやホテルを持つ大きなリゾート施設が乱立するようになりました。今回の国際会議の会場になったのも澳門科技大學の近くに存在するリゾート施設の1つです。

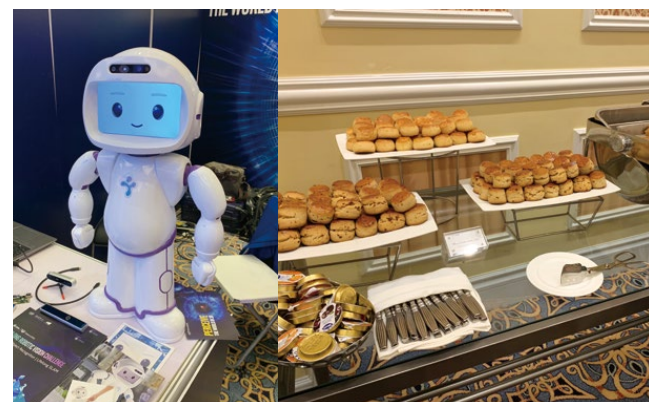
会議の初日と最終日はworkshop、2日目から4日目までの3日間で本会議が開催されました。本会議は1日に3コマか4コマ、午前と午後にコーヒープレイクが開催され、マカオ名産のエッグタルトなどが振る舞われていました。また協賛企業の展示ブースが常時設置され、企業の最新技術を搭載したロボットがフロアを自由に動き回っていました。私はロボットが地図やsemantic情報の推定を行う研究を中心に聴講しましたが、ロボットの研究分野にもコンピュータビジョンの手法が多く用いられるようになってきた印象を受けました。またセンサの情報を処理するコンピュータの性能が上がっていることもあり、ロボットに3Dの情報処理をさせることが普通になっています。また1日のプログラムが終了した後はバンケットやパーティが開催される日もあり、私は会議に1人で参加していたので全く知らない海外の研究者や、日本から参加している企業の研究者と研究の話をすることができました。

参加したworkshopはDeep Probabilistic Generative Models for Cognitive Architecture in Roboticsです。ロ

ボティクスと深層確率生成モデルに関するworkshopで、私はロボットが未知の環境において自己位置と環境の地図を同時に推定するSimultaneous Localization and Mapping (SLAM)という問題を解くための新規手法を提案しました。実験はイニシャルリザルトレベルまでしか済んでいませんでしたが、ポスターセッションで有効になりそうなデータセットを教えてください、提案手法の今後の方向性などを議論したりすることができました。ポスターセッションも英語での発表も初めてでしたが、SLAMの分野は自律移動ロボットの研究では基本とも言える重要な研究分野であるため、世界中の研究者と知見を共有することができ、自分の研究をブラッシュアップする機会はとても有意義でした。

最後になりますが、今回の国際会議聴講参加、workshopでのポスターセッションを通して得た知見・経験を残り少ない大学院生活に還元し、よりよい修士論文を仕上げていきたいと思います。また今回ポスター発表を行った研究と修士論文で発表した内容を来年のIROSに投稿することを予定しているので、来年は本会議の方に参加できるように取り組んでいきたいと思います。

今回の出張は本新学術領域による支援を受けています。貴重な機会を頂けたこと、感謝致します。



# 第29回 日本神経回路学会 全国大会 (JNNS2019) 参加記

中村 大樹 (NTT コミュニケーション科学基礎研究所・リサーチアソシエイト)

2019年9月4日から6日にかけて、東京工業大学（大岡山キャンパス）にて、第29回 日本神経回路学会 全国大会 (JNNS2019) が開催されました。日本神経回路学会は1989年に創立され、「脳を情報処理装置とみて、その科学的解明・計算論的理解・工学的実現の研究を促進することを目指した学会」です。今年は学会創立30周年にあたる年で、節目の年である今回の全国大会はこれまで以上に盛大に行われました。

大会参加者は190名ほどで、量子アニーリングやコヒーレント・イジングマシンといった量子力学関連のサテライトシンポジウムや、代数幾何学・統計学的方法からの神経回路網研究、スパースモデリングや深層学習に関する招待講演など、神経回路網を主軸として幅広い講演が行われました。また、学会設立の経緯や第1回全国大会の演題紹介など日本神経回路学会の30年間の歩みを知る良い機会でした。ポスター発表は80件近くあり、昨今の人工知能ブームからか3分の1程度は人工知能関連のものでした。しかし、その多くは神経回路網を理解するための手段として利用しており、神経回路学会ならではの利用方法であると改めて感じました。

今大会で私が最も印象に残った話は、東京工業大学の渡辺澄夫先生の招待講演でした。本講演は、代数幾何学のアプローチから人工神経回路網の学習理論を作り出すという話でした。学習モデル自体は階層モデルや混合正規分布、隠れマルコフモデルなどたくさんあるが、多種多様でそれらの一般的な学習理論を導き出すのはとても大変だったとのことでした。

一般理論を導き出すためには、神経回路網という村から見えて代数幾何という果ての山脈がヒントになっていそうだが、一度行ったら二度と帰ってこれないとても険しい道に思えたそうです。しかし、勇気を出して超関数という道を歩き続けた結果、代数幾何という果ての山脈には特異点解消定理というものがあり、この定理を用いることでどんな学習モデルでも学習損失、汎化損失、自由エネルギーを共通の標準形で書けるようになったようです。このように、周囲の状況を冷静に捉え、鋭い勘を頼りに、険しい道でも勇気を出して一歩踏み出すことは私も見習わなければならないと思いました。



## コラム

## 賀茂川コミュニケーション塾発行に寄せて

谷口 忠大 (立命館大学 情報理工学部 教授)

人工知能にとっても脳にとってもコミュニケーションは重要だ。そんな主張はあまりにも雑駁としすぎだろうか？ 筆者は本新学術領域「人工知能と脳科学」において「A03 認知と社会性」の計画班代表をつとめているが、コミュニケーションは人間の社会性を考える上で欠かせない要素であろう。「——でも、コミュニケーションって何ですか？」

それは、根本的な問いだ。隣接領域の研究者同士で話していても、どこか「コミュニケーション」という言葉はすれ違いを連れてくる。コミュニケーションと言われて、一番に思いつくのは言語的コミュニケーションではあるが、人間や動物の行う社会的相互作用からいわゆる「言語」以外のものをコミュニケーションではないと否定するのはあまりに狭量な定義かもしれない。

い。人間のコミュニケーションにおいても、手旗信号でコミュニケーションや、何気ないアイコンタクトがコミュニケーションの一部を形成するときもある。肩を叩くのも握手をするのもコミュニケーションの一部だ。「言語」という場合は学術的には文法や語彙を有する日本語や英語といったいわゆる言語に一般的に限られる。以前、とある脳神経科学の研究者と議論した際に、彼が同期現象のモデルでコミュニケーションを論じようとしていたのに対して、僕が暫定的な異議を唱えて三時間ほど議論した。例えば、ホテルの同期発火はコミュニケーションだろうか？これは非線形力学の話だがコミュニケーションと呼べるかもしれない。コミュニケーションが何らかのトークンをやり取りして情報集約を行うことだとするならば、市場メカニズムにおける貨幣を用いた購買行動はコミュニケーションとしても捉えられる。これは経済学の話だ。現代社会において重要な言葉でありながら「コミュニケーション」という言葉は曖昧さに溢れているのだ。なかなか原著論文に出来るような話ではないが、こういう議論をきちんとやっておかないといけない。

そんな思索を背景にして、2019年11月に五冊目の単著『賀茂川コミュニケーション塾 〜ビブリオバトルから人工知能まで〜』を出版した。依頼を受けてから二年以上の月日が過ぎたが、野心的で読みやすい一冊に仕上げたつもりだ。コミュニケーションというキーワードを軸に多岐にわたる議論をまとめている。筆者が提案して全国に広まっているビブリオバトルを始めとする人間のコミュニティにおけるコミュニケーションの場作りについてはもちろんのこと、シャノンの情報理論を振り返りつつコミュニケーションの理解に関するモデルの問題について、コミュニケーションするチャット型人工知能の話や、ロボットの感覚運動情報に基づくマルチモーダル概念形成についても。「人工知能が意味理解を出来るか？」という問題に関しては、言語理解における意味とは何かという問題に関して踏み込んだ。もちろん、そこでは筆者の中心的理論である記号創発システム論に関しても触れている。そして、さらには同期現象や市場メカニズムにおけるコミュニケーションといった学際的な議論に関しても野心的に展開した。きっと、皆さんの学術的興味のどこかは引っかかる内容になっていると思う。

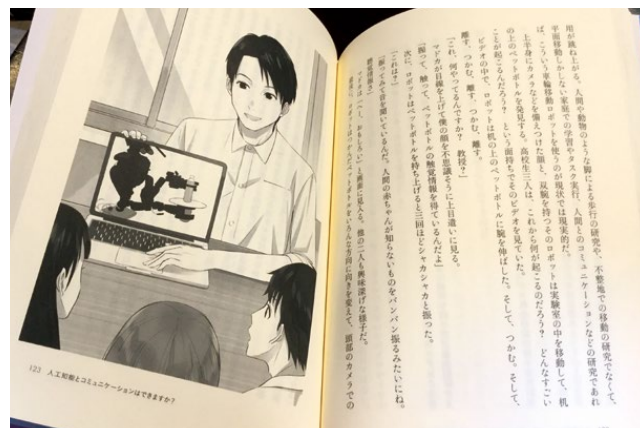
さてさて、みなさんがこの本を見たときに「ん？」と違和感を感じるのはその表紙だろう。「なぜ、女子高生？ 可愛いけどっ！」と。そしてタイトルは『賀茂川コミュニケーション塾』。どういうことだ？ ——実は、本書は筆者自身が初めて描き下ろしたライトノベル形式のコミュニケーション論入門書なのである！（ここ、驚くところです。）

舞台は京都の賀茂川沿いの喫茶店エトランゼ。そこでパソコンに向かって「教授」（筆者本人ではない!）のもとに、喫茶店の女主人の姪——小沢マドカ（表紙右側の女の子）

がやってくる。そして、なんやかんやで、コミュニケーションに関する質問をし、それに「教授」（筆者本人ではない!）が答えることで物語は進んでいく。キャラクターはこの二人の他にも小沢マドカの同級生の男の子や女の子など。本質的には難しいかもしれない内容を、高校生にもわかるように平易な語り口で説明していく。物語を読むようにサクサクと読んでもらえるはずだ（と思う）。

出版以来「どうして小説形式にしたんですか？」という質問をもらう。この小説形式というトリッキーに思える選択だが、実はかなり合理的な理由がある。広い分野や、広い世代の人に読んでもらいたいコミュニケーション論なのだから、その「語り口」を平易にする必要があった。読者の想定は、上はシニア世代から、下は高校生まで。大学に進む前の高校生でも読めるようにしたい。それなら、もう本の中で「高校生に向けて説明してしまえ」ば良いのだ。そういう理由もあって（他の理由もあるが）、思い切って小説形式を取ってみた。新しい挑戦で、読者に受け入れてもらえるかどうか不安はあったが、今のところネガティブな話はあまり聞こえてこないの、そこそこ上手くいったのではないと思われる。これまで僕の著書は読んでくれない親類や友人も読んでくれているようなので、良かった。ちなみに、家に置いておいたら、小学校二年生の娘が読んだというので「マジか？」と驚いた（婉曲的なただの娘自慢）。

今回は研究論文の紹介ではないが、新刊一般書籍の紹介をしてみた。やはり書籍だと研究論文では書けないことも書ける。やはり、研究論文のみならず一般書籍を通して、より広い人々にアウトリーチする活動も大切だなあと、あらためて思ったりしたのである。是非、ご一読いただければ嬉しい。



## 第27回脳の世紀シンポジウム「運動／スポーツと脳」

2019年9月11日 有楽町朝日ホール

銅谷 賢治（沖縄科学技術大学院大学 神経計算ユニット 教授）

当領域も協賛に加わらせていただいている「脳の世紀」シンポジウム、今回はプレオリンピックイヤーにちなんで「運動／スポーツと脳」のテーマで開催されました。

特別講演は、世界陸上メダリスト、400m ハードル日本記録保持者の為末大さん。現役引退後も陸上コーチ、コメンテーターなど幅広くスポーツ振興に活躍され、押しも押されぬ存在です。講演のキーワードは「実践知」。スポーツでは瞬間的に無意識的に応答することが求められることが多いのですが、自動化された動作をいかに客観的に把握できるか、が上達の鍵となるようです。とかく日本ではまず型の反復練習から入り、欧米では理由の説明から入ることが多いようですが、その両者が統合されることが大事なのですね。

そこでは言語化のスキルも重要で、細かく説明するよりも、「フスマを蹴破るように」ハードルを超えろといった比喻表現や、長嶋監督流の「シュツ、バーン」といったオノマトペが有効だったりするようです。また、自分をくじけさせないための環境の設計、例えば体重コントロールが必要なら夜食ができないようにコンビニから遠くのアパートを選ぶなど、意識で無意識を方向づける術もいろいろあるとのことでした。

最後に、過去の成功や失敗を都合よく忘れ、自分を驚かせ続け自分の器を打破するために「知之者不如好之者、好之者不如楽之者」という孔子の言葉を引用して締めくくられました。講演を聞いて感じたのは、為末さんが自分の経験や理解を言語化する能力の高さで、そこがアスリートのセカンドキャリアには重要なようです。

続いては現役脳研究者4名による講演。最初はサッカー選手、スキー指導員の内藤栄一さん（NICT）。ネイマールの足技や、ブラインドサッカー選手の空間認知など、訓練によって脳がどう変わるのかをfMRIのデータで示してくれました。

次は元スプリンターの西村幸男さん（東京都医学総合研）。現役時代になかなか記録を更新できなかったのはなぜかという疑問から始まり、スタート応答などパフォーマンスには運動野だけでなくドーパミンなど報酬系も関わることを示してくれました。

そして聴覚のプロからスポーツ脳科学に転身した柏野牧夫さん（NTT）。ウェアラブルセンサーや高速カメラと画像認識技術を駆使して、トップアスリートと凡人の違いに「潜在脳機能」という観点から迫っています。

最後は体育会系ではなく発達系の見学美根子さん（京都大学）。脳の回路ができる過程で、神経細胞が脳組織の隙間を縫ってしなやかに動いていく様子を先端イメージング技術で見せてくれました。

今回は2020年9月16日「依存症と脳」のテーマで、おわた史絵さんを特別講演に招き、当領域の高橋英彦さんも講師として開催予定です。詳しくはwebサイトをご覧ください。

<https://www.braincentury.org>



# 大阪大学蛋白質研究所セミナー

## 「精神疾患の分子・回路病態研究の最前線」開催報告

疋田 貴俊（大阪大学 蛋白質研究所 教授）

2019年11月5日と6日に、大阪大学蛋白質研究所におきまして、大阪大学蛋白質研究所セミナー「精神疾患の分子・回路病態研究の最前線」を開催しました。本セミナーは大阪大学蛋白質研究所が主催し、新学術研究費・「人工知能と脳科学の対照と融合」と新学術研究費・「マルチスケール精神病態の構成的理解」の共催で行いました。新学術研究費・「人工知能と脳科学の対照と融合」から計画班代表研究者の疋田と新学術研究費・「マルチスケール精神病態の構成的理解」から領域代表者の林朗子先生（理化学研究所脳神経科学センター）がオーガナイズしました。

海外からはマウントサイナイ医科大学の森下博文先生に講演いただき、国内から多数の神経科学・精神医学の最先端の研究者に講演いただきました。詳しくはポスターをご覧ください。

INSTITUTE FOR PROTEIN RESEARCH  
OSAKA UNIVERSITY  
大阪大学蛋白質研究所セミナー

### 精神疾患の分子・回路病態研究の最前線

日 時：2019年11月5日（火）・6日（水）  
開催地：大阪大学蛋白質研究所 本館1階講堂  
阪急電車千日前駅から徒歩15分、大阪モノレール大阪駅前駅から徒歩15分、北大阪急行千日前駅からバス又はタクシーで15分

**11月5日（火）**  
13:00-13:10 所長挨拶  
中川 敬史（阪大・蛋白質研）  
疋田 貴俊（阪大・蛋白質研）

13:10-14:25 セッション1 座長：疋田 貴俊（阪大・蛋白質研）  
社会性の発達障害の回路機構  
社会ストレスによる脳内恒常性変動  
恐怖学習を制御するネガティブフィードバック神経回路  
森下 博文（マウントサイナイ医科大学）  
古屋敷 智之（神戸大・医）  
小澤 貴明（筑波大・人間）

14:45-16:00 セッション2 座長：古屋敷 智之（神戸大・医）  
自閉スペクトラム症患者に特異的なPGC遺伝子座のde novo変異の分子病態解析  
中澤 敬信（阪大・歯）  
吉田 知之（富山大・医）  
内匠 通（理研・CBS）

16:20-17:35 セッション3 座長：吉田 知之（富山大・医）  
X染色体不活性化によるMICPCH症候群での脳機能障害メカニズムの解明  
カルシウム依存性神経回路形成・制御と精神疾患  
田淵 克彦（信州大・医）  
竹本 さやか（名大・環研）  
村山 正宜（理研・CBS）

広視野2光子顕微鏡を用いたマウスの大脳新皮質活動の観察

- 意見交換会 - (17:40-19:00)

**11月6日（水）**  
9:00-10:40 セッション4 座長：田淵 克彦（信州大・医）  
A role for nucleus accumbens circuit in controlling learning impaired in psychiatric disorders  
Tom Macpherson, 疋田 貴俊（阪大・蛋白質研）  
田中 謙二（慶應大・医）  
水間 健司（大阪市大・医）  
高橋 阿貴（筑波大・人間）

意欲行動の神経基盤  
恐怖記憶の獲得・固定・想起・消去の基盤となる神経ダイナミクス  
過剰な攻撃行動に関わる神経回路の探索

11:00-12:15 セッション5 座長：林 朗子（理研・CBS）  
計算論的精神医学：脳の計算モデルを用いて精神疾患の病態に迫る  
霊長類の大脳皮質領域形成とその機能による精神疾患発症メカニズムの検証  
Synaptic plasticity: from bench to bedside  
山下 祐一（NCNP）  
佐々木 哲也（筑波大・医）  
高橋 琢哉（横浜市大・医）

12:15 まとめ  
林 朗子（理研・CBS）

【オーガナイザー】 疋田 貴俊（阪大・蛋白質研）、林 朗子（理研・CBS）  
【主 催】 大阪大学 蛋白質研究所  
【共 催】 新学術領域研究「人工知能と脳科学の対照と融合」、  
新学術領域研究「マルチスケール精神病態の構成的理解」  
【連絡先】 疋田 貴俊 〒565-0871 吹田市山田丘3-2 大阪大学 蛋白質研究所  
Tel: 06-6879-8621 Fax: 06-6879-8623 E-mail: hikida@protein.osaka-u.ac.jp  
URL: <http://www.protein.osaka-u.ac.jp/seminar/> 参加費無料、事前登録不要

新学術研究費・「人工知能と脳科学の対照と融合」からは、疋田班から研究分担者のTom Macpherson博士（大阪大学蛋白質研究所）による「A role for nucleus accumbens circuit in controlling learning impaired in psychiatric disorders」の発表、公募研究代表者の山下 祐一先生（国立精神・神経医療研究センター）による「計算論的精神医学：脳の計算モデルを用いて精神疾患の病態に迫る」の講演が2日目に行われました。齧歯類から霊長類まで実験動物を使った神経回路研究、ヒトのPET研究やiPS細胞を使った研究、さらにはロボティクス、人工知能、顕微鏡の開発まで幅広い研究を網羅することができ、聴衆からの議論も活発でエキサイティングなセミナーになりました。

全体を通して、精神疾患の病態研究にとどまらず、社会性、意欲行動、恐怖記憶といった高次脳機能の神経回路研究についても講演していただき、神経科学の研究から精神疾患の病態解明へつながるトランスレーショナルリサーチの流れを示すことができたと思います。本セミナーをきっかけに、新学術研究費・「人工知能と脳科学の対照と融合」と新学術研究費・「マルチスケール精神病態の構成的理解」の研究者の交流、そして神経科学研究者と精神医学研究者の交流が進むように、オーガナイザーの一人として尽力したいと思います。

本セミナーに参加いただいた皆様、共催していただきました新学術研究費・「人工知能と脳科学の対照と融合」と新学術研究費・「マルチスケール精神病態の構成的理解」の両領域に感謝いたします。



参考：<http://www.brain-ai.jp/jp/events/detail/203155/>

## Attending the "Brain information dynamics", "Oscillology", "Brain AI" Joint Symposium

Yuzhe Li (Okinawa Institute of Science & Technology Graduate University, Postdoctoral Scholar)

On 20th December 2019, I attended the Joint Symposium - "Brain Inspired Computing Architecture", held at the Hitotsubashi Hall, Tokyo, Japan. This symposium featured four speakers from three different areas: "Brain information dynamics", "Oscillology" and "Brain AI". These speakers gave excellent talks, covering a variety of topics from single neuron models, to brain architecture inspired neural networks, autonomously constructed networks, and computational methods for psychiatric diagnosis.

Professor Fukai presented a dendritic neuron model which consists of somatic and dendritic compartments, and operates under the self-conditioned entropy minimization learning rule. The network formed by this type of neurons can perform a variety of unsupervised learning tasks. For example, learning to selectively respond to different temporal-spatial patterns, text sequences, directional visual stimuli, and auditory streams. By extending the two-compartment neuron model to include multiple dendrites, the network shows its ability to perform near-optimal learning in a particle filtering manner. Their research also provides a possible reason for why redundant synaptic connections exist among neurons. According to Professor Fukai, in their model a small number of neurons (e.g. 5 neurons) is enough to generate a prior for Bayesian inference, which indicates the surprisingly strong computational power of single neuron on the basis of its complex structures.

Professor Takahashi's group is devoted to developing a new structure of neural networks inspired by the hierarchical brain architecture. Their work involves collaborations with other experimental and data analysis labs, which provide a biological foundation and experimentally verified models of brain architecture. Based on the hierarchical brain architecture, they introduced hierarchy to the variational recurrent neural model, and proposed a

hierarchical variational recurrent neural network model (HVRNN). In HVRNN they implemented time series prediction in lower layers with top-down signals, and found the representation in the lower layers became sparsely disentangled, so that the fundamental factors in the sensor input were extracted.

Professor Ueda presented a model for autonomously finding connection paths amongst nodes in a hierarchical neural network. The neural network model is able to generate a new path when one of the connections in the existing path is suddenly removed. Their neural network model contains excitatory and inhibitory inputs, and the path finding solution is represented by phase synchronized oscillatory solutions. I find their model fascinating, as the autonomously generated and self-recovery connections among nodes indicates a possible mechanism for how the brain states transition is achieved when the environment changes.

Professor Yamashita introduced topics relating to computational psychiatry, a new research field seeking to understand mental disorders using mathematical modeling of information processing in the brain. His methods make use of multiple timescale recurrent neural networks to minimize predictive coding error, and try to explore the mechanism behind the psychiatric disorders. I think their method will provide a useful approach for diagnosing mental disorders from patient derived behavior data.

Overall, by attending this three-area joint symposium, I experienced a wide variety of topics in both brain science and computational methods fields. Through these talks, we can see how the brain science and the computational methods mutually benefit each other. It is deeply meaningful to hold such joint area symposiums which gives an opportunity to share views between each area, and helps to draw inspiration from each other.

# 新学術領域研究「人工知能と脳科学」第7回領域全体会議参加記

吉岡 敏秀（玉川大学 脳科学研究所 嘱託研究員）



2019年12月20日から21日にかけて、一橋大学 一橋講堂にて、新学術領域研究「人工知能と脳科学」第7回領域全体会議が開催されました。人工知能と神経科学のさまざまな分野にわたり先端的な研究を行っている研究者が集い、それぞれの研究成果について活発な議論が行われました。

それぞれの先生の研究の発表の前に、領域代表の銅谷賢治先生のご挨拶がありました。脳から何を学ぶべきかをもう少し深く考えたいと思うような素晴らしい挨拶でした。20日は、この前の領域会議では発表されていないアンドレア・ベスッチ先生を含め、理論やロボットから人や動物の実験を行う研究者の方々が発表されました。また、実験を行う研究者の話も、電気生理学的手法の話からカルシウムイメージングやオプトジェネティクスといった多種多様な話を聞きました。例えば、私は松本正幸先生の報酬価値はトニックな神経活動の変化により変調される話が印象に残りました。

その後、懇親会と一緒にポスター発表が催されました。このポスター発表においては、この領域に参加している全ての先生が発表されました。懇親会が始まる前から、それぞれの先生が議論されており、活発なポスター会場となっていました。ポスター会場で発表された研究についても理論から実験まで幅広いだけでなく、扱っているテーマについても幅広く、大変興味深い研究ばかりでした。特に私の印象に残った研究はアンドレア・ベスッチ先生の研究で、一つの領野の活動ではなく、複数の領野の活動が動物の行動を説明した結果を示した研究です。過去の研究、例えば電気刺激を行う研究は一つの領野の機能に着目することが多く、彼らの複数の領野の活動が寄与する結果は新鮮な印象を抱きました。また、私とは異なるバックグラウンドの方とも議論することがあり、彼らの考えは新鮮な印象を抱きました。

翌日、21日は、4人の先生方の研究の紹介が行われました。20日に引き続き、活発な議論が行われました。この日も理論から実験まで幅広い研究成果が紹介されました。ここでは、中原裕之先生が紹介された利己的な人と社会的な人の違いについて印象に残りました。また、高橋英彦先生のエンコーディングモデル、グラフ理論などを精神疾患患者のデータに適用する研究にも興味を抱きました。そして、私が関わっている研究である坂上雅道先生の grin レンズを埋め込み、このレンズを介して、霊長類の初期視覚野の神経活動を観察した研究に対する議論が活発に行われ、非常に参考になったと思います。4人の先生方の発表が終了した後、この領域に参加する先生方の中でのコラボレーションを促進や発展させるための議論が行われました。若手の研究者がコラボレーションできないかと提案しやすい雰囲気のもと行われたので、活発に議論されていました。

今回の領域全体会議は、この1年での研究成果を確認した上で、特に、この領域に参加する先生方のコラボレーションを促進する有意義な機会となったと感じました。この場を借りて、本会議の運営を支えて下さった皆様に謝意を表したいと思います。

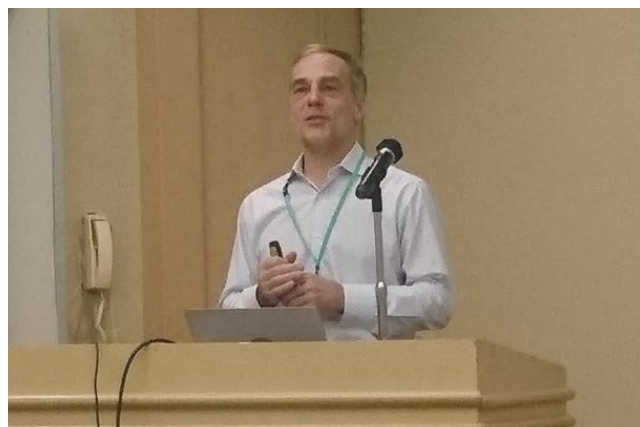


# Report of Mechanism of Brain and Mind The 20th Winter Workshop, "Brain and artificial intelligence"

Ho Ching CHIU, Okinawa Institute of Science and Technology, Ph.D Student

In 8-10 January 2020, "The 20th Mechanism of Brain and Mind Winter Workshop - Brain and Artificial Intelligence" was held at Rusutsu Resort Hotel, Hokkaido, Japan. Leading researchers from various fields, including neuroscience, machine learning, psychology and psychiatry from all over the world attended the workshop. In three days, there were 9 seminar sessions and 2 poster sessions with altogether 54 posters.

To kick start the workshop, Prof. Kenji Doya delivered a special session about the future development of brain-inspired AI and suggested there are 3 important aspects that we can further learn from the brain for building higher performance AI: Energy efficiency, Data efficiency, and Autonomy and sociality. Then Prof. Minhoo Lee explored ways to build AI agents that can autonomously learn and proposed the Perception-Action cycle framework, from which both components work together to improve and accumulate knowledge. Lastly Prof. Richard Zemel discussed the importance of learning a disentangled and manipulable internal representation and demonstrated his work of conditional subspace Variational Autoencoder.



For the second day, the topic sessions started with a talk about consciousness, its definition and potential ways of testing, by Prof. Masataka Watanabe. He utilized different degree of manipulation to test whether certain brain activities are indeed neural

correlate of consciousness. After that, Prof. Shinji Nishimoto in his talk demonstrated one of his works, in which transfer learning is enabled by harvesting information hidden inside actual fMRI readings while training an autoencoder structure. Then, Prof. Mackenzie Mathis showed her work revealing the neural mechanism of how mice achieve motor adaption according to sensory prediction error, by applying a force field on cursor-moving task.



The final day of the workshop was first featured by the talk by Prof. Alexander Mathis, about his development of real-time behavior tracking tools for animal, DeepLabCut, which could potentially enable high fidelity behavior analysis which cannot be done before. Next, Prof. Ken-ichiro Tsutsui gave a talk about his discovery of the prominent and prolonged effect of repetitive TMS on mice; the involvement of VLPFC, vDLPFC in top-down control but not in bottom up trial-and-error tasks; and different groups

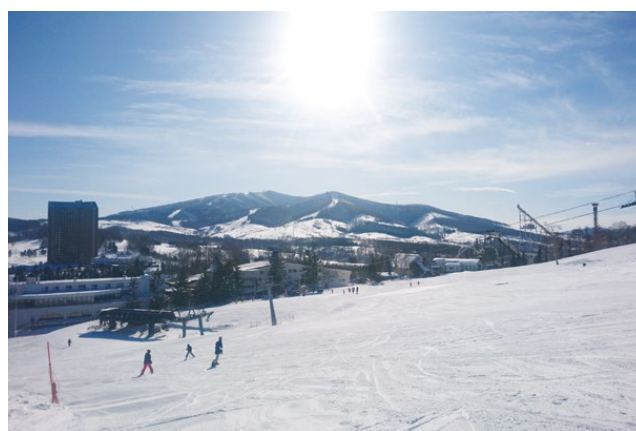
of neurons in PFC coded for different functional categories as revealed in a reversal task. The three-day workshop was concluded by the talk given by Prof. Takamitsu Watanabe, which addressed the linkage between brain connectomes with psychiatric disorder, by revealing the correlation between Rich-club structure and the severity of symptoms of ASD patients, using the method of energy landscape analysis.



Besides the inspiring seminars, poster presentation was also the focus of this workshop. Vivid debates and discussion were carried out between presenters and audiences. Not to mention the high quality of studies, the variety of topic was also amazing, which included, but not limited to: analysis of how empathy is formed during interaction between counselor and client; a self-supervised extension of the MAML model for meta-learning; computational modeling of semantic networks of schizophrenia patient, etc. On the final day, the best poster award and two excellent poster awards were announced, basing on audience's vote. The best poster award went to Yuto Makino and colleagues, for their study on "Divisively normalized neural processing of uncertain visual feedback by the

visuomotor adaptation system".

To conclude, this workshop is eye-opening in a sense that the variety of both seminars and posters were so diverse under the grand topic of Brain and Artificial Intelligence. This exactly demonstrated how widespread the influence of the fusion and synergy of brain study and AI development can be. In addition, despite the intense schedule, the attendees seemed to enjoy the superb environment in the Resort very much. Before the end of the Workshop, the committee announced that the next Winter Workshop is scheduled on 6-8 January 2021, at the same venue.



# イベント情報

## 主催イベント

### 第8回領域会議

日程：2020.4.21-22

場所：沖縄県、OISTシーサイドハウス

<http://www.brain-ai.jp/events/detail/274981/>

### International Symposium on Artificial Intelligence and Brain Science 2020

日程：2020.10.10-12

場所：東京都、東京大学 伊藤国際学術研究センター 伊藤  
謝恩ホール

<http://www.brain-ai.jp/symposium2020/>

### 脳と心のメカニズム第21回冬のワークショップ

日程：2021.1.6-8

場所：北海道、ルスツリゾートホテル

<http://brainmind.umin.jp/wt21.html>

## 共催、協賛、後援、関連イベント

### SBDM 2020

日程：2020.5.27-29

場所：France、Paris

<https://sbdm2020.sciencesconf.org/>



発行／編集 新学術領域研究「人工知能と脳科学の対照と融合」  
お問い合わせ 新学術領域研究「人工知能と脳科学の対照と融合」事務局  
Mail [ncus@oist.jp](mailto:ncus@oist.jp)  
2020年03月発行

[www.brain-ai.jp](http://www.brain-ai.jp)