

2020年8月19日

## 第1回大阪大学共生知能システム研究センター

### 【おうちで】サイエンスカフェ アディショナル Q&A

2020年8月10日に開催された本サイエンスカフェでは、参加者から計175件のご質問・コメントをいただきました。(本サイエンスカフェの映像は <https://www.youtube.com/watch?v=-EEREjiZtnA> で公開しています。) ここでは、時間の都合上イベント中に取り上げられなかったご質問の一部について回答いたします。なお、回答の内容は回答者個人の見解です。青色の文章がご質問で、黒色の文章が【回答者】による回答です。

#### トークについて【堀井】

1. 人から学ぶロボット①に出てきたロボットは、初めて見た型のマラカスでも、マラカスであると認識できますか？

動画でお見せしたロボットは、カメラからの情報（視覚）、マイクからの情報（聴覚）、ハンドからの情報（触覚）によってマラカスが何かを学習し、認識しています。そのため初めて見た形のマラカスでも、形が似ているものや色が似ているものはマラカスとして認識することができます。一方で、見た目が大きく異なるマラカスは認識できません。しかし人間も、初めて見た形のマラカスは、振ったり触ってみないとそれがマラカスだと分からないと思います。このロボットも、音が同じものや硬さが同じものであれば、マラカスとして認識することができます。

2. 学習したロボットの知能をデータとして複製し他のロボットにインプットさせることはできるのでしょうか？

可能です。ただしコピー先のロボットの身体構造やセンサが、コピー元のロボットのものとは違っていると上手く動作しません。例えばカラーのカメラで世界を認識しているロボットの知能を、モノクロカメラしか持たないロボットにコピーしても、リンゴとナシの違いが分からなくなってしまうのです。このような例か

らも、知能と身体は切り離せないということが理解してもらえるかと思えます。

### 3. 動画内で音が凄かったのですが、動くときに音がするのですか？

今のロボットは、動作するときに大きなモーター音がします。これもロボットと人が共に生活するには、解決しないといけない課題ですね。

### 4. 行動の手順だけでなく、その目的や理由(なぜこの行動を取るのか)を説明することは行っていらっしゃるのでしょうか

はい、現在研究を進めています。今回のサイエンスカフェでは、ロボットが自分の行動手順を説明することのみお見せしました。これはHow（どのようにする）という質問に答えることに対応します。我々はHowやWhat（何をする）の質問も、Why（なぜする）という質問に変換できると考え、人間の知識とロボットの知識の差に注目して、目的や理由を分かりやすく説明するための研究を進めています。

### 5. ロボットの体や体内は、ロボットの心と関係あるんですか？

私の研究では、ロボットの心とロボットの体は大きく関係していると考えています。人間の心、特に感情について考えてみましょう。私たちは、悲しいときに「胸が痛い」と言ったり、嬉しいときに「心が躍る」と言ったりします。最新の神経科学分野の研究でも、人間の体の中でも特に内臓（例えば心臓や胃など）の動きや感覚信号が感情の認識や理解に重要であることがわかってきました。そのため、ロボットに人間のような心を持たせようとする、人間と同じような体が必要になるでしょう。一方でロボットらしい体には、ロボットらしい心が宿るかもしれません。

### 6. 人間同士でも共感できない人が多いのに、ロボットに共感を求める必要があるのかなと思います。人間の必要に応じて、働いてくれるものとして、十分だと思えますが、いかがでしょうか？

確かに他者に共感できない、他者から共感されないということもあると思います。一方で人の必要に応じて働くロボットは、人間以上に他者に共感する能力が必要になると私は考えています。例えば、暑いときに冷たい飲み物を持って

くるロボット、部屋が汚れていたら自発的に掃除してくれるロボットは、我々が「暑いな」とか「散らかっているな」という気持ちを察して、つまりその気持ちに共感して働く必要があるのです。もしかしたら、自分の思い通りに働いてくれる究極のロボットは、あなた自身の心をコピーしたロボットかもしれませんね。

## トークについて【川節】

1. ロボットが動くのに二足歩行である必要はないと思いますが、そもそもなんで二足歩行のロボットをこれほど開発するのでしょうか。

2 足歩行を大前提とするのは、自ら難しさを課しているだけであって、用途によっては車輪や 4 足歩行、もちろんそれ以外の移動手段が最適になるはずですよ。ヒトのようなロボットが作りたいという多少のロマンもあるかもしれません。ただ、2 足歩行に挑戦する理由は、ヒトが容易できるが機械には極めて困難な事に挑戦することで 2 足歩行だけにとどまらない様々な成果が期待できるからではないでしょうか。つまり、2 足歩行を実現する過程において、人間を知ることができたり、ロボット界限において重要な派生技術が生まれたりするだろうということです。

2. ドラえもんハンドとはどういう構造になっているのでしょうか？

風船の中に粉末（例えばコーヒー豆を挽いたもの）を入れた構造です。この粉末入り風船はやわらかく様々な形に変化できますが、中の空気を抜いてあげると、粉末同士が近づき擦れて摩擦が大きくなって、その直前の形から変形しないようになる、というのが動作原理です。

3. センサでロボットが圧力は認識できそうだなと思ったのですが、痛い、痛気持ちいいなどの区別はつくのでしょうか？

単に圧力が一定以上大きくなれば痛い、と数値的に決めてしまうこともできますが、それだけではヒトと同じ意味での「痛み」とはならないのではないのでしょうか。ヒトの場合、圧力を感じるセンサと痛みを感じるセンサは異なる種類であるとされており、圧力以外にも高温や低温によって痛みを感じます。痛気持ち良さを感じるメカニズムには詳しくないですがこれらのセンサの組み合わせによ

るものなのか、それとももっと上位でそのように処理されているのかが今後明らかになることで、ロボットに応用する可能性も開けてくるのだと思います。

#### 4. 川節さんのお話に出てきた液体金属は具体的に何を指すのですか。液体金属は、コスト面ではどうでしょうか。

私が利用している物はガリウムとインジウムの合金で、eGaIn と呼ばれている物です。ソフトロボティクスの境界でよく利用されており、水銀のような危険性もない金属です。コストに関しては一般的な鉄やアルミといった金属に比べれば高価な部類です。少量でセンサを構築できるアイデアもあるため、量を減らすことでコストカットに繋がります。また、金属である必要はなく電気を流す性質を持つ流体かどうか重要なので、材料分野の発展で安価な新素材が生まれるかどうか期待しています。

#### 5. 人間に近い体を持たないと、こころも持てないということになりますか？

「こころ」自体をどう定義すれば良いかはまだ誰にも答えはないと思いますが、堀井さんの回答と同じく人間のような「こころ」を持つのであれば、人間に近い体を持つ必要があると思います。一方で堀井さんが回答しているようにロボットらしい身体にはヒトとは違うロボットの「こころ」が生まれるかもしれません。もっと言うと、どういう身体を持つとどのような「こころ」が生まれるかを科学的・工学的に明らかにすることはとても面白い課題だと感じます。

## トークについて【河合】

### 1. もし人間と同じように自ら学び、考え、行動するロボットが出てきたとして、そのロボットに人権は認めるべきでしょうか

ロボットに権利を認めることが社会や人の益になれば認めるべきと考えてもいかと思います。関連する議論としてアニマルライツ(動物の権利)があります。また、いわゆる動物愛護法は、人が動物を大切にすることで人の情操を養うことを目的の一つにしており、特定の動物は物とは異なる法的地位にあるといえます。ロボットと人が共生する未来において、特定のロボットはやはり物とは違って大切にすべきということになれば、そのような法的地位を認めるべきかもしれません。ただし、人のような権利を認めるべきかについては慎重な議論が必要

になります。

## 2. 人と同じ知能を持つロボットが生まれたら人は何もしなくなり腐っていく日が来るのではないのでしょうか。

便利な技術ができたとしても人は新しい活動を創造して社会を変えていくものだとしてポジティブに考えています。例えば電話が普及したときに、相手の顔を見ない対話はけしからんと批判されましたが、今となっては音声やテキストでの遠隔コミュニケーションが主流になった一方で、対面での対話がなくなるわけでもなく、様々なコミュニケーション形式に基づいた社会が形成されています。徐々に便利な人工知能やロボットが開発されるにつれて、人間の労働などの活動の定義や価値が見直され、社会のあり方が更新されていくのだと思います。ただし、その社会の変化についていけるかどうかで格差が生じる懸念はあります。

## 3. 仮にロボットに責任があるとして、どう償わせるのかが気になります。

ロボットに人と同じような刑罰を課したり、ロボット自体の財産から損害を補償したりすることはあまり意味がないように思います。その一方で、ロボットが事故の原因等を説明し、自ら改善し（またはメーカーが矯正し）、被害者に謝罪することは、ロボットの一つの責任のとりかたではないかと思えます。

## 4. 動画で出て来たような家庭内ロボットは、非道徳的なことを持ち主に教えられた時、そのままそれを呑み込んでしまうのですか？ 持ち主に対して注意したりすることは出来ますか？

ロボットの悪用を防ぐためにロボット自身が道徳的でなければならないという重要な指摘です。今回、人が善良であることを前提に話しましたが、実際には悪意ある人にどのように対処するかが問題になります。ロボットがいかに道徳的判断をするかという人工的道徳的行為者（artificial moral agents）の設計の議論はなされていますが、人の道徳や善悪を系統的に理解することは未だ難しいです。今後、重要な人工知能分野の一領域になるものと思います。

## 進学・高専について

### 1. 高等専門学校から大学への編入は難しいですか。

【堀井】進学したい大学を早く決めて、しっかり準備すれば難しくはないです。私はあまり受験勉強をしていなかったのですが、大阪大学への編入試験は不合格でした。。。

【川節】専攻科に進学し、大学学部への編入試験は受けていないのでお答えできないです…。大学院への入学試験は成績が良かったので推薦となり、自分が入った専攻は試験が面接のみでしたのでとても簡単でした。

【河合】すべての受験者が合格するわけではないので、難しいものだと思って勉強しましょう。編入試験対策で徹底的に勉強することはその後の大学での学びや研究に必ず生きてきます。

2. 私はアトムのようなロボットを作りたいと考えているのですが、3人が研究職を志したキッカケもこのような漠然とした目標だったのでしょうか？博士課程に進むときに、自分がどのような意識で進学すべきか迷っています。

【堀井】私は友達ロボットを作りたいと思ったことがきっかけで、ロボット研究者を志しました。その後は、友達ロボットを作るには何をしたらいいかを調べるにつれて、色々な知識を学ぶことに興味を持ったことも影響しています。私は、博士課程に進むための目標はどんなことでも構わないと思っています。もしも自分の目標を達成したいという思いと、知識を得ることに喜びを感じるのであれば、ぜひ博士課程に進学することをお勧めします。我々と一緒にロボットの研究を進めましょう！

【川節】私も単にロボットに関わりたいという漠然とした目標だったと思います。博士課程に進学後も様々な分野の研究を知ったり、学会等で出会った多くの先生方と話したりする中で、いろんな知識が身につく興味のある分野も目標も変わっていきました。興味があることや疑問に思ったことを学び続けたいという意識があれば良いのかもしれないですね。

【河合】私は「ロボットで人を知る」方法論に惚れ込んで大学院進学を決めました。人の何を知りたくて、どのようにロボットを使うのかは研究室活動の中で具体化していきました。熱意さえあれば、入口の段階での目的の抽象度合いはあまり関係ないように思います。研究の出口に向けて、課題とその解決法を明確にしていきたいと思います。

### 3. 私は高専生なのですが、高専時代の研究は何をされていましたか？

【堀井】私は高専時代の研究として、動画で紹介したロボカップ小型リーグ（SSL）の戦略システムに関して研究していました。一方で大学院に進学してからは人の感情をロボットに与える研究を進めました。その時々で興味も移り変わるので、高専時代の研究内容と大学院の研究内容が関連している必要はないと思います。今の研究テーマに注力して、研究とは何ぞやということをご学んでください。

【川節】全方向移動ロボットの制御と、その位置推定の研究をしていました。パソコンのマウスに入っている平面上での移動量を取るセンサでロボットの移動速度と位置の計算、レーザーで周囲の物体までの距離を測定するセンサを使って地図を作り地図上での位置の計算などをしていました。この辺りのセンシングの話をしているうちに、人間はどうやってうまくセンシングしているのだろうという興味に移っていった感じです。

【河合】松江高専でニューラルネットワークを使った機械学習の研究をしていました。今も私はニューラルネットワークを使った研究をしていて、高専時代で学んだことはその基礎になっています。

### 4. 高専から進学され、工学研究を深めるにあたり、よかったこと、難しかったことなどを教えていただけると、とてもうれしいです。

【堀井】高専から大学院に進学してよかったと感じたことは、ロボコンやロボカップを通じた経験が研究の中でも活かせること、また一般の大学生に比べて早くから卒業研究をすることで研究の進め方を知ることができたことです。ロボットの研究を進める際には、機械や回路の作製、またプログラミングなど、自分の手を動かす必要が出てきます。高専時代に実験や実習、またロボコンでの活動を通じてそのような経験を積めたことは、様々な研究アイデアを検証して研究を深めるという面で非常に役立っています。一方で、高専生は大学生に比べて数学の知識が少ないように感じました。人工知能や機械学習の研究を進めるために、数学の知識を学び直すことが大変でした。

【川節】ずっと高専ロボコンをやっていたので、何をするにもぱっと手を動かしてすぐに試作できるというのは、周りの大学生に比べて良かったのだろうなと感じています。難しかったことは、ありがちな話ですがやはり英語のレベルは大学生と全然違うなと感じました。研究では英語で論文を読むことや発表す

ることが当たり前の話なので、大学受験の過程で英単語をしっかりと覚えたりする機会のない高専出身者は英語の勉強が必須だと思います。

【河合】高専では実験系の考え方、手を動かすフットワークの軽さ、報告書の書き方など実践的な面を学びました。これらは大学編入後に、一般の大学生のできていない特殊なスキルであると実感しました。大学の講義では、数学的理論のセンスを深められたと思います。編入により、電子制御から機械へ学部を変えることになったので、授業についていくのが大変でした。編入試験より大学三回生の定期試験の方が勉強しました。

5. 私は将来ロボットの感情に関する研究がしたいのですが、大阪大学以外で有名な研究室はどこにありますか？

【堀井】私の知っている範囲では、東京大学 國吉康夫先生の研究室、早稲田大学 尾形哲也先生の研究室、筑波大学 鈴木健嗣の研究室、名古屋工業大学 加藤昇平先生の研究室がロボットの感情に関する研究をされています。

6. ロボット倫理学を学べる大学はありますか

【河合】例えば、名古屋大学の久木田水生先生や、南山大学の神崎宣次先生、金沢医科大学の本田康二郎先生がロボット倫理学の専門家です。一般にロボット倫理学は応用哲学の一分野だとみなされることが多いですが、本来、法学・法哲学や文学、経済学、社会科学など多様な分野をまたぐ領域です。ぜひ調べてみてください。

7. どの学部学科に行けば、今日紹介されたセンター、研究室に行ける可能性があるのですか？

【河合】共生知能システム研究センターのメンバーをご確認ください。

<https://sisrec.otri.osaka-u.ac.jp/member/>

そのメンバーの所属（工学研究科など）の学部・学科に進学されることをおすすめします。

## その他

1. 僕も RCJ に参加しています。堀井先生はジュニアリーグでは、どのリーグ



に参加していましたか？

【堀井】私は高専 2 年生（高校 2 年生）の時から、ジュニアリーグではなく、シニアリーグの SSL（小型機リーグ）に参加していました。今も SSL で OP-AmP というチームで活動しています。ジュニアリーグも最近はシニアリーグのようになってきて、すごいなと感じています！

## 2. おすすめのロボットの工作キットはありますか？（小学 3 年生です）

【川節】今年から小学校でもプログラミング教育がスタートしたので、ロボット + プログラムを作れるようなキットが良いかもしれないですね。工作キットで有名な TAMIYA さんでもプログラミング工作シリーズとしてロボット工作セットがあるようです。最近 NHK が小学生ロボコンを始めていますが、そちらもロボットプログラミングキットをユカイ工学というロボットの会社が販売しているようです。