

第39回日本大学理工学部図書館公開講座 質疑応答
「人工知能とロボットの最新知見—医工連携による医療用マイクロロボットの実現に向けた取り組み—」
回答者：精密機械工学科 齊藤 健 教授

	年代等	在住	質問	回答
1	10代 大学生	神奈川県	①医療用ロボットを開発している方々にとって、医療用ロボットを実装するのに障壁になっていると感じられるものには何があるでしょうか？	①一般的に言われておりますとおり、機器の開発には「魔の川」と「死の谷」と「ダーウィンの海」を超えなければなりません。この「魔の川」は様々な要素技術がある中でそれに押し流されてしまう。なかなかその技術を育てるようなプロセスに結びつかないところが問題になります。 例えば様々なものを解決する医療用ロボットを作っても、それはどこが新しいかとか、ダヴィンチとどう違うかが問題となります。「魔の川」のハードルを越えて開発を進め、開発が本格化すると今度は「死の谷」に直面します。市場への出口づくりが必要となり、事業としての実現性の判断が必要になります。今までできなかったものが解決できるかもしれないという糸口を見つけても、例えば企業の方は市場規模が一千億円、少なくとも百億円という規模でないと利益を出せないで手を出し辛い状況となります。 もちろん最近流行りのブルーオーシャンで、全く新しい分野を開拓するといった考え方もありますが、なかなか大企業は手を出しにくいのです。そのため医療用ロボットの開発はベンチャーが多くなります。さらに「死の谷」を超えて市場投入をするとすると、今度は「ダーウィンの海」があり、他の群雄割拠の医療用ロボットが存在する中で、開発している医療用ロボットは売れるのかという問題が出てきます。取捨選択されて競争力がなくて埋もれてしまいます。 医療用ロボットの開発はもちろん他の電子デバイスや機械要素も同様ですが、これまで説明しました三段階の難しい障壁があります。
			②医療用ロボットの開発と普及は、具体的にどのようなプロセスで進められているのでしょうか？	②基本的には①の質問の回答の通り開発と普及がおこなわれます。その際に様々な障壁があるのは説明した通りです。医療用ロボットは今や世界中で開発が進められていますので、今まで実現出来なかった新しい手術に挑戦出来るというメリットとともに、アウトリーチ活動も重要な時代になってきました。
2	20代 大学院生	神奈川県	どのような経緯でUCパークレイで研究員をするようになったのでしょうか。	日本大学の海外派遣研究員の制度を利用して、1年間UCパークレーで客員研究員を務めました。昔からアメリカで研究する夢があり、アメリカの様々な大学の先生にメールを送って研究員の受け入れについて交渉しました。 最終的に受け入れを表明してくれた中で、UCパークレーのLin先生の所に決定しました。UCパークレーは私の憧れの大学の一つです。
3	30代 大学院生	埼玉県	鋼の錬金術師という漫画で、オートメイルという、神経の通った義手、義足が登場しますが、近未来に人体を細部まで模した義手、義足等は実装可能だとお考えでしょうか。	最近、筋内の電気信号(筋電)を読み取ることで、5本の指を高い精度でコントロールができる義肢が開発されています。現在でも日常生活に少々不便な程度で、近いうちに思い通りに動かせるレベルまで研究が進展すると思います。 今よりさらに高度な義肢の開発は、人体をどこまで細部まで模倣するかに依存します。人体と同じくらいの様々な種類のセンサ(温度、触覚)をマイクロレベルで多量に搭載することは難しく、その膨大なセンサからのリアルタイムに情報処理することも現在の技術では実現が難しいです。 また、怪我を負っても自己修復してしまうような機能性材料で構築するのであれば、まだまだ実現は先だと思えます。 もしかしたらiPS細胞を使用して、生体組織で実現したほうが早いかもしれません。
4	10代 大学生	広島県	①BMIの力を使えば人の心の動きを読むことはできるでしょうか？	①BMIとAIを組み合わせて、人が見ている画像を再現する研究報告があります。 また、どのような夢を見ているか解析できた報告もあります。どのレベルまでの心の情動を読むかにもよりますが、好き嫌い、快不快などの比較的簡単な情動ならば読むことは可能だと思います。但し、脳や脳波は個人間でかなり異なるため、開発した装置をかぶってすぐに心を読むことは難しいです。 また、複雑な心の動きは同様に読むことは難しいのが現状です。
			②齊藤先生が留学を経験されて感じた、日本と海外の研究環境のギャップはありますか？	②研究環境は日本式と海外式双方に利点や欠点があり分野によっても大きく異なりますが、研究環境の大きなギャップの一つとして研究費が挙げられると思います。大体桁が1つ以上違うことが多いです。 但し、研究室を構えるにも大学に家賃を払ったり、博士課程に所属する学生に給料を払ったりと日本のシステムと色々と異なります。多くが人件費です。
5	20代 大学院生	神奈川県	①なぜ「昆虫型ロボット」を開発しなければいけないのでしょうか	①最初のモチベーションは遊びでした。私の研究は、「生物に近いロボットを作りたい」です。 また、なぜこのような小さなロボットを作るかという、要素技術を縮小するために、例えばチャレンジングなものとして小さな集積回路を作りたいですか、小型のモータを作りたいからです。研究開発が直接役に立つかどうかはわかりませんが、ロボットの構成要素をどんどん小さくすることによって、例えば将来的に医療用マイクロロボットのモータに使うことができるのではないかと、例えば今は貧弱かもしれないですが、手術用の器具を出すような駆動用のモータに使えるのではないかなど、要素研究として小さな昆虫ロボットを作っております。 また、お話しの中で昆虫が凄いと説明しましたが、昆虫の優れた特徴を模倣することで、技術を発展させる意味合いもごございます。
			②昆虫型ロボットでパルス波を歩行に使用するとお話りましたが、進むなど単純作業しかできないような気がします。医療用ロボットとして活躍するために今後はどのような展開をお考えですか？	②現状では昆虫型ロボットに搭載したニューラルネットワークを利用した研究は単純作業しかできません。 例えば、センサを搭載して、そのセンサに応じた波形を出すことによってプログラムが不要なロボット制御、次世代制御ができると思って研究をしています。もちろん人間や動物は様々なセンサを持っているので、徐々にセンサ開発も進めながら、様々なセンサをロボットに実装する予定です。 ニューロロボットに実装しているものは足裏のセンサからの情報を基に、ニューロ回路が遅く発振する仕組みだけで、プログラムしなくても足を動物のように動かすことができます。更に様々なセンサを搭載して複雑化していくことで少しずつ人間に近づくと思います。
6	20代 大学生	千葉県	①ビッグデータから感情を読み取りAIを創る為には、数式で表現してパソコンで計算するディープラーニングと、先生が研究している階層化のディープラーニング、どちらが適していると考えますか？ ②文字のビッグデータからAIを創り出す場合、数式で表現してパソコンで計算するディープラーニングと、階層化のディープラーニング、どちらが適していると考えますか？	①②ディープラーニングは階層型のニューラルネットワークです。階層が深い(層が多い)のでディープラーニングと名前がついています。 さて、ビッグデータの処理にはパソコンを用いたディープラーニングが適しています。私が研究している脳情報処理をアナログ回路で模倣する方法は、大量のデータを処理することに向いていないと思います。個々の神経細胞の動作は遅いけれど、少ないデータで効率よく学習する生物の脳を手本に、徐々に生理学で明らかにされている脳の情報処理方法をシステムに取り入れている所です。
7	20代 大学生	新潟県	人体内部以外で、特に小型ロボットが活躍できる環境などはあるのでしょうか？	小型の機械の配管内などの狭い環境での調査やメンテナンスで活躍できそうです。 また、ハチなど小型の昆虫のように空を飛ぶことができた環境調査で活躍できると考えています。
8	大学生	東京都	人体内に入れるロボットのエネルギー源は電気以外では再現できないのでしょうか？もしくは人体内でエネルギーを採取することは不可能なのでしょうか？	例えば燃料電池のように血液中の糖やアルコールなどをエネルギー源とすることはできますが、サイズを小さくすればするほど発電量も小さくなります。 現状では数mmのサイズではコイルを備えて電波で伝送の方が現実的です。 昆虫などが食物からエネルギーを得ているシステムが工学的に再現できれば解決する可能性があり、開発が望まれています。

9	小学 5年生	埼玉県	ロボットを作るロボットはありますか？	少し前までロボットの部品を作るには人間が機械を操って作っていましたが、現在多くの機械はコンピュータでコントロールされています。私の研究室でもロボットの部品はコンピュータで設計して、コンピュータが自動的にアルミの板を削ったり、3Dプリンタがパーツをプラスチックで作製したりしています。そう考えるとロボットがロボットの部品を作っていることになりませんが、ロボットがロボットを組み立てることもあります。私の研究室では人間が組み立てることが難しい大きさになったら、イラストに示すように小さいロボットがさらに小さいロボットを作る事を考えています。
10	10代 高校生	滋賀県	マイクロロボットが体内の動きによって破壊されるようなことは起きないのでしょうか	人間の体内は柔軟な素材でできていますし、十分な強度を持つロボットを設計する予定です。但し、マイクロロボットが壊れてしまう可能性は否定できませんので、生体と親和性を持つ素材でロボットを作るかコーティングする必要があると思います。
11	大学生	埼玉県	マイクロロボットは将来的にどこまで小さくできると思いますか？	究極のマイクロロボットはウイルスです。例えばインフルエンザウイルスは100ナノメートル程度のサイズですが、人間に感染して病気にしてしまいます。人間に良い影響を与えるウイルスのようなものをマイクロロボットで作れば、薬と異なるアプローチで医療に役に立つと思います。現状で、集積回路に用いられている微細加工技術では、数ナノメートルの精度で加工ができています。最先端の微細加工技術を使用すればウイルスと同じ程度のサイズにロボットを加工できますが、機能を持たせるのはチャレンジのし甲斐がありそうです。
12	10代 高校生	宮崎県	機械を体内に入れるのは抵抗感がありますが、実際体内で故障した際など健康上の問題が起ることはあるのでしょうか	現在でも内視鏡や腹腔鏡、カテーテルなど様々な機械が体内で活躍しています。また数ミリから数センチメートルのサイズのロボットでしたら、安全に内視鏡で取り除くことができます。より小さいロボットでは安全に回収する方法を検討する必要があると思います。
13	10代 高校生	静岡県	赤血球と同じ大きさのマイクロロボットを作りたいとおっしゃっていたと思うのですが、治療を終えたロボットはどのようにして体外に回収するのですか？	小さいロボットの回収は新たに考える必要があります。簡単には磁気を利用して吸着することが考えられますが、磁石につかない素材を使用した場合には別の方法を考える必要があります。
14	40代 会社員	千葉県	マイクロロボット（体内向け）の電力には、無線電力伝送の技術を使う可能性はありますか？	現状では内視鏡と同じような使用方法を考えておりますので、圧縮空気や電力などをケーブルで供給することを想定しています。将来的に独立して動くマイクロロボットを体内に挿入する場合には、無線電力伝送の技術が必須になると思います。
15	10代 高校生	東京都	①医療用マイクロロボットを実際に使えるようになるのはどれくらい先のことなのか。 ②実用化する際、血管以外の場所で動かすことは可能なのか。	①今進めようと考えているプロジェクトでは2年後にプロトタイプが完成する予定です。実際に患者や患者さんに使用するにはもう少し時間がかかると思います。 ②まずは大腸や小腸などの腸内などで使用を考えております。その後他の臓器にチャレンジし、最終的に血管内に挿入できるサイズのマイクロロボットを開発する計画です。
16	10代 高校生	徳島県	①現時点での医療用ロボットの開発課題 ②医療用ロボットの最終目標はどこまで見据えているのですか	①現時点での開発課題はロボットを駆動したり道具を動かすことができる、微細なモータです。小さいモータは発生力も小さい場合が多いです。 ②大型の研究費を獲得しプロトタイプロボットを完成させ、その後企業と協力して開発して事業化まで進めば大成功だと考えています。従来の内視鏡では難しかった手術ができるようになり、医師の手助けになることが目標です。
17	20代 大学生	東京都	①医工連携を推進するにあたり、医学に関わる人ができる(医学分野の人に工学分野の人が求める)ことは何かありますか。医学のニーズと工学のシーズを融合させるため、建設的な話し合いのほかに具体的に何が必要なのか、お聞きしたいです。 ②マイクロロボットを体内で活躍させるためには、技術的な部分でまだまだ沢山の課題があると感じています。実用化までの道のりを10段階で表すと現在はどの段階にあるのでしょうか。 ③マイクロロボットの使途として、ご講演の中では内視鏡によるポリープ切除をロボットが肩代わりする、という例が紹介されていましたが、医療の補助をするとは、ロボットが「自発的に」治療を行うことを想定しているのでしょうか。医師とロボットの役割の境界が、どこにあるのか気になりました。例えば、現在の医師の仕事の内視鏡を入れる、ポリープを検知する、ポリープを切除するに大別すると、マイクロロボットはどこから参画可能なのでしょうか。 ④内視鏡でのポリープ切除以外に、医学分野でマイクロロボットを応用できる可能性として、どのようなものがありますか。血管内治療などでしょうか。マイクロロボットの得意な範囲を具体的に教えていただきたいです。	①多くの医療機器メーカーは医師との結びつきが強く、工学分野がなかなか単独でアプローチしにくい状況が多々ございます。また、医師が開発する機器のメリットを説明しないと説得力がありませんので、医学と工学共同で産業界へアピールすることが重要だと考えています。 ②体内で活躍するには1/10程度だと考えます。今後は学内外の大型予算を獲得、プロトタイプロボットの設計および試作、プロトタイプロボットのシミュレーションおよび動作試験、模擬環境下でのテスト、動物実験、アウトリーチ活動をして事業化の模索などを行う必要があります。 ③現状では医師のみが治療を行えますので、現在の計画ではロボットが自発的に治療を行うことは想定していません。例えば内視鏡を医師が患者に挿入する際に、腸壁を押ししてS字結腸を抜けやすくなるように動きをサポートする、ポリープをAIで自動認識してマーカを画面上に表示する、小さなポリープ切除の際にスネアがかりやすくなるように補助することなどを想定しています。遠い将来に法改正がおこなわれれば、初めてロボットが自発的に治療を行えるようになるかもしれません。 ④血管内に挿入できましたら血栓除去、ステントの展開、ドラッグデリバリーに使用できる可能性があります。現在は直径2cm程度を想定しているため内視鏡の代わりに使用することを想定しており、直径2mm程度になれば血管カテーテルの代わりに使用可能です。
18	10代 高校生	沖縄県	ロボットが匂いを感じ取り、識別する事は可能なのですか？	生物の五感のうち視覚、聴覚、触覚の代わりになるロボット用のセンサは実現されています。嗅覚、味覚については匂いや味は化学物質であり、生物のようにさまざまな匂いや味を感じることができるセンサはまだ実現されていません。従いまして、残念ながら特定のガスや匂いを感じるセンサをロボットに搭載して識別することは可能ですが、生物には全くかなわない状況です。
19	来場		医工連携についてお話しいただきましたが、医療以外の他の分野とのコラボレーションについて何か考えていますでしょうか。	我々はシーズを開発しておりまして、例えばかなり小型のモータを開発しています。実際開発しているモータがどこに使えるかは完全にはわかりません。例えば何かを駆動する小型のものとか機械要素を移動する必要があるようなニーズを提案頂ければ共同研究できると考えています。生物系のロボットやマイクロロボットで研究費がつくかというとなかなか世界的に難しいものがあるのですが、こういった技術要素を進化させていくことによって新たなニーズが解決できるのではないかと考えて研究しておりますので、医療に限らず他の分野につきましても是非教えていただきたい次第です。