

「病院経営の視点からみた医療材料の購買の問題点—RSUD の紹介も含めて」

令和6年12月10日(木) 15:00～17:00
日比谷コンベンションホール

主催：一般財団法人医療関連サービス振興会



講師

寺田 信幸 氏

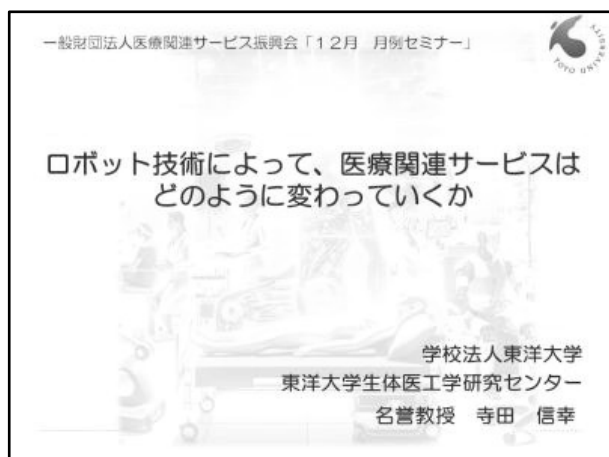
(てらだ のぶゆき)

東洋大学 常務理事 名誉教授

講師略歴

■略歴

東邦大学卒業。専門は、基礎医学、医用生体工学、環境生理学(循環生理学)。博士(医学)。信州大学医学部附属病院、国立循環器病センター、山梨医科大学医学部助手、山梨大学総合分析実験センター助教授を経て、2005年に東洋大学工学部教授として着任。2009年より東洋大学理工学部教授、2018年12月より学校法人東洋大学常務理事に就任。



はじめに

今、ご紹介していただきました寺田です。それでは早速始めさせていただきます。本日は、私がこれまで携わってきました取り組みについて紹介します。ご紹介する内容は、2010年前後の仕事ですから、少し古いのではないかという気はします。その点はどうかご了承していただきたいと思います。

ただそこから近年この2年ほどですが、急激に生成系AIが進化しましたので、その点とロボットの関係について、後半ではお話をしたいと思います。どうぞよろしくお願いします。

私の略歴が、お手元にあるかと思います。私は、大学を卒業してから臨床検査技師として医療現場で数年間働いていました。それから山梨医科大学の生理学教室に入り、アカデミックな世界に入ってきました。

ロボット系の仕事に携わるようになったのは、東洋大学に来てからです。東洋大学にお世話になってすでに20年近くになりますが、その間に開発、取り組んできた仕事について、紹介をさせていただきます。



目次

まず前半はこれまでの取り組みをお話しさせていただき、後半は、生成系AIとロボット技術の融合についてお話をさせていただきたいと思います。



共生ロボットによるヘルスケアシステム

東洋大学の前職では、医学部で基礎生理学、基礎医学の仕事をしていました。特に宇宙医学分野です。限られたエネルギー源、電源で宇宙飛行士の健康管理をどこまでやるかという、生体情報の取り込みと、その解析技術の開発をやってきました。東洋大学に来てからは、その技術をうまく使って、ここにありますように、人とロボットが一緒に生活をする、共生をする環境で、ロボットがどのように人をサポートしていくのかという研究に取り組みました。

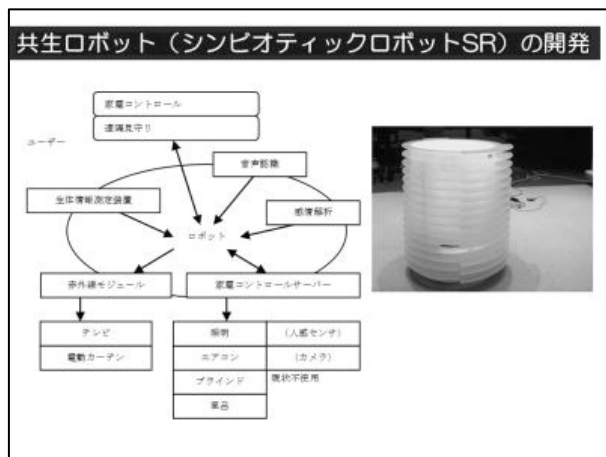
お示ししていますように、ロボットを中心にして、特に高齢者が安心・安全で生活ができる環境を構築することを念頭に置き、人の生体情報をうまく取って、ロボットがある意味、管理をします。それは一方でロボット自身が持っているカメラやマイクでその状態等も取り、分析をし、人に情報を返すということも含め、ここでインタラクションが起こります。糖尿病の患者さんについては、今、非侵襲で測る技術もだいぶ実用化に近いところまで来ていますが、そうは言っても血液を取らなければ分からない生体情報もあります。ロボットの頭をなでたら採血ができ、ある程度の分析ができればいいということを夢に見て、この共生ロボットによるヘルスケアシステムの開発に着手をしました。

その要素技術の一つ一つ開発をしてきました。それらについてこれからお話をします。



■ 共生ロボット(シンビオティックロボットSR)の開発

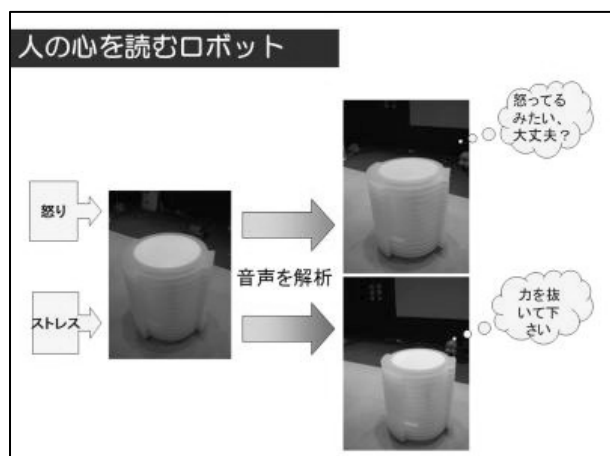
今、申し上げましたように、ロボットが人とのインターフェースと情報収集、そして家の中の管理もしてくれる、家電のコントロールもしてくれます。これは今であれば、スマホで何でもやってくれます。コマーシャルでもやっていますように、実際、実用化もされています。ただこの当時、今から約15年以上前ですから、こういうことはまだそれほど一般的な話ではありませんでした。



■ 人の心を読むロボット

今、私はこうやってお話をしていますが、多くの方の前でお話をするのは、実は久々です。講義を離れてからもう数年たっていますので、緊張しています。こうしてロボットに声を掛けると、そのロボットが

音声を聞き、ロボットは「緊張してるね。大丈夫ですか」、「とても怒っているけれども、どうしたの」など、音声から人の感情を読み取って、それに対して返答をします。そのようなシステム等も開発し、ロボットに乗せていくことに取り組んでいました。



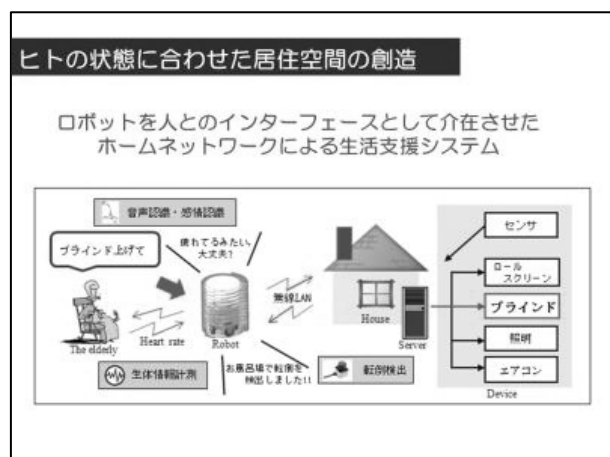
■ ヒトに追従する機能

家の中であっても、ロボットが人について歩いてくれないといけません。ロボットに人の追従機能を搭載し、付いて歩くというようなロボットを実際に作って運用しました。今だとそれほど大したことではありません。



■ ヒトの状態に合わせた居住空間の創造

家の中にいるロボットが、ブラインドを上げ下げする、照明をつける、エアコンの調節をするなどをします。



■ 転倒検出システム

老人が1人で生活をしていると、よくありますがお風呂場で倒れたりします。先日も、中山美穂さんが入浴中に倒れましたが、そういう転倒した状態を検出したりします。住宅の中で基本的にロボットがインターフェースとなって、そこに置いてあるサーバーで処理をし、外に対しても情報を送り出すなどをし、サポートをする技術の開発もしています。

これは大学の中に共生ロボットハウスという家を建て、その中にこういうセンサーをいろいろと埋め込んだりして、検討をしてきました。これはバスルームです。そのエリアにセンサーを仕掛けて、倒れた状態を検出します。

これは在宅での介護だとか、いろいろなサポートをする場合、カメラを使うのは一番簡単です。ところがやはりベッドで起き上がる、もしくは起き上がれないような状況にせよ、カメラで見られているというのは、やはり介護を受ける側、もしくは患者さん側からはあまりうれしい状況ではありません。だからカメラでなく、センサーを使って検出することを試みました。

転倒検出システム

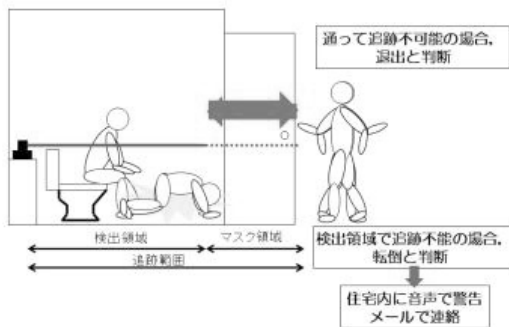
住宅にはサーバーが設置されており、無線LANを利用して住宅とロボットが情報を交換できる。これにより、ロボットが音声認識を行い、住宅を操作したり、住宅側の状態をロボットから人に伝えることを実現している。



■ 転倒検出システム

実際にトイレ等に入ってきて、そのまま用を足して出ていく分には問題はありません。ところが転んだ場合、お風呂でもそうですが、そこで倒れたような場合は検出をし、転倒をしたという判断をし、それを知らせるというシステムにしています。

転倒検出システム

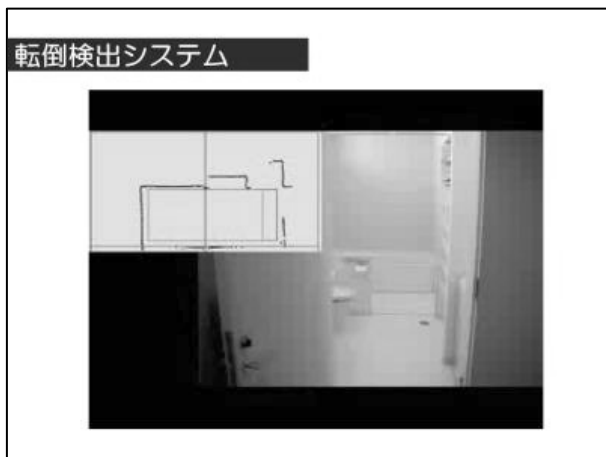


■ 転倒検出システム

これは普通に入って出ていきます。これは実際にセンサー側が検出しているのは、ここにある絵です。線で見えていますが、これが人を認識しています。こういう形で認識し、少しわざとらしく転びますが、それはご容赦いただきます。

今、入ってきます。それを認識し、それが消えます。

ロボット：お風呂場で誰かが倒れています。



■ 転倒検出システム

このような情報を家の中で発信すると同時に、携帯電話に「倒れました」というお知らせが行くというシステムを構築しました。このように、「転倒した」という状況が検出できるという仕組みを作りました。



■ 移乗機能を備えた車椅子

車いすで生活をしている人が、自身でベッドからトイレに行ったり、家の中で車いすからベッドに移乗するのは結構大変です。

移乗機能を備えた車椅子

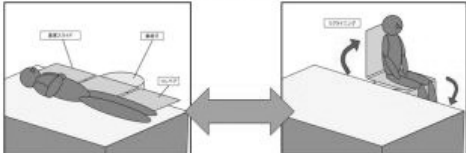
コンベアの回転で車椅子利用者を乗せ上げる方法を採用

ベッドから車椅子への移乗

- 1) コンベアを左回転させながら座席をベッド上へスライド。
- 2) 座席スライドとコンベアを回転しながら背中へ滑り込ませるように座席に乗せ上げる。
- 3) 体全体が座席に乗ったらコンベア回転を止め、座席を車椅子上にスライドする。
- 4) リクライニング機能で座位状態にする。

車椅子からベッドへの移乗

- 1) リクライニング機能で仰臥位にする。
- 2) ベッド上に座席をスライドする。
- 3) コンベアを右回転させて途中で体をベッド上に降ろす。
- 4) コンベアを右回転させて降ろしながら座席を車椅子上へスライド。



■ 移乗機能を備えた車椅子

これは普通に車いすでベッドに移乗する時の流れです。ここまで持ってきて、移乗する、もしくは移乗させてもらいます。それをこの全方向型移動車いすを使いますと、最小限の移動でベッドに横付けできます。

移乗機能を備えた車椅子

全方向移動機能：ベッドへの横付け動作

従来の車椅子と全方向移動車椅子で比較



■ 移乗機能を備えた車椅子：ベッドへの移乗

次に、これは実験段階でしたので、リモコンを使って操作をしていますが、こういう形でその場で回転をして背もたれが倒れ足部がもち上がります。倒れたら、ベッド側に移動して、ベルトで押し出していきます。

今、見ていただいているのですが、実際にやっている者がものすごく健康な学生ですので、じれてしまうのです。まだそれほどスピードを考えてはできていません。

今度は、座面に当たる部分ですくいあげ、車いすになって移動するというシステムです。このような形で、自力である程度、いろいろなことができるという状況を作って差し上げたいと、開発をしていました。これに近い形の物は、今、できていると思います。



■ 自律移動車椅子

次に車いすで移動をする場合です。実際に自動走行で目的のところに行くという基礎的な技術です。これは今日、後でAIとロボットの融合のお話をしますが、そのベースになるロボット側の技術です。この技術は、今、車の自動走行に使われています。

このような車いすであまり見栄えは良くありませんが、実験用の装置を作りました。これは私がいた東洋大学の川越キャンパスの中です。

自律移動車椅子



ナビゲーション環境



全幅: 650[mm]
全長: 1200[mm]
全高: 1400[mm]

ナビゲーション実験

当時はもちろん生成系AIはありませんので、ルートをカメラで認識させ、目的までのマップ自体は先にインプットしています。今、ここで白い点がかちゃかちゃと動いていますが、これはカメラがその画像を認識し、そのルートでいいかどうかを照らし合わせながら、目的の方向に向かっていきます。

校舎の中に入ります。割と狭い通路ですが、その中をきちんと通って、ポイントはここはガラスで実は透過してしまうのですが、そのフレームの部分を中心に認識し、目的の場所まで連れていくという動きです。

こういう自動走行のシステムを開発し、それを車いすに実装するということを進めてきています。これが環境の変化によって、当然変わってきますので、それに対してどこまで対応できるかが当時の課題でした。今ですと、AIの技術によって、環境変化にも対応できたりします。

ナビゲーション実験



■ 共生ロボットハウス

今、ご紹介したような開発をしたり、センサーを組み込んだ家等を造ったりしました。これは川越キャンパスのロボットハウスです。これが居住空間です。上のこちらは工房になっています。

古い動画で恐縮ですが、少し見てください。

ナレーション：東洋大学のキャンパスで見つけたこれは何でしょうか。

山 本：先生、これは何ですか。

寺 田：これは家庭の中で、人の健康管理をしてくれたり、IT機器をコントロールしてくれるなど、
そういう人との間のインターフェースになるロボットです。

山 本：ロボットですか。

秋 元：照明をつけてください。

山 本：つきました。照明を付けてと、今、言いましたね。

秋 元：はい。ブラインドを上げてください。

ロ ボ ッ ト：リラックスしてください。

秋 元：ブラインドを上げてください。

寺 田：「リラックスしてください」と言いました。山本：何か言いました。

寺 田：感情や体調を測りながら判断しています。

山 本：大したものです。ブラインドを上げてください。ロボット：調子が良さそうですね。

山 本：さすがアナウンサーで良かったです。

寺 田：この山本文郎さんもお亡くなりました。それほど古い画像です。

山 本：12月23日に誕生日が来ると、75歳になってしまうのです。もう後期高齢アナウンサーです。今、これを見ていて、もしかしたら、これにやっかいになったらどうかと思いました
が、駄目ですか。

寺 田：目的としてはまさに高齢者の方をサポートするために作っています。気持ち良く目覚めるためには、音楽と光とあとはベッドが動いてくれて起こしてくれるというトータルのサポートをロボットがしてくれます。これに全て仕込んでおくと、高齢者の方のサポートにはなります。

ナレーション：ここでは日常生活を送るスペースを造り、人の体のリズムや体調のデータを収集します。
そのデータをロボットが介護を必要とする人に役立つよう、研究をしています。

寺 田：できれば、せっかくお見えになったので、少しその感想も聞きたいし、実際に住んでいた
だくというか、データを取らせていただくとありがたいのですが。

山 本：こちらがありがたいです。

寺 田：よろしくお願いします。

山 本：こちらこそありがとうございます。

ナレーション：研究中の生体観察モニターを付けます。ある日の朝、ロボットが体のリズムを感知し、す
がすがしい目覚めを促し、快適な1日の始まりです。

ロ ボ ッ ト：おはようございます。

山 本：本当によく寝ました。おはよう。

ロ ボ ッ ト：調子が良さそうですね。

山 本：それでは明かりをつけてください。つきました。テレビ、こっちに来てください。来ました。
テレビをつけてください。これは本当です。まいりました。私はこの生活をしてみたいで
す。

ロ ボ ッ ト：落ち着いてください。

山 本：素晴らしいです。これからはこれです。まいりました。

ナレーション：このロボットが町の電気屋で買える日が来るかもしれません。



■ アスリートサポートから高齢者ヘルスサポート技術へ

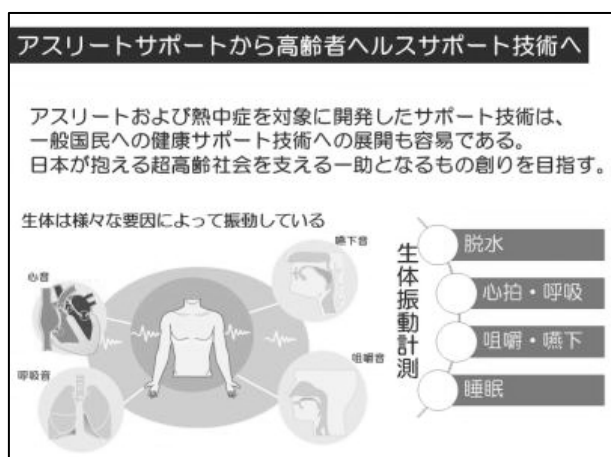
ということで、こういう開発をしていましたが、これを開発した当時、「ぶらり途中下車の旅」に取材をしてもらい、放送をしてもらったこともあり、この後、いろいろなメーカーが見学に来られました。そして共同研究に進むかとすごく期待をしていたのですが、「すごく面白い」と興味を持っていただいたのですが、それきりでした。それから数年後には、それぞれいろいろなところからそのような物ができてきました。当時はまだ知財管理をきちんと考えていませんでした。

ただこういう取り組みがいろいろな形で広がってきて、いまやベッドに関しては、多分パラマウントだったと思いますが、音声や環境に応じてベッドの傾きを変えて動かしたりします。フランスベッドも確かできていたと思います。音声でコントロールをするのは、もう普通に日常的にできていると思います。十数年前に取り組んでいたことが今は現実化しています。

生体側の情報では、1つのセンサーでいかに多くの生体情報を取るかが課題でした。実際に東洋大学はいろいろなスポーツで学生の皆さんが頑張ってくれていますので、アスリートのサポートを含めて生体情報をうまく取って、いろいろな形で還元するという取り組みをしてきました。

特にこれだけ社会の高齢化が進んでしまうと、高齢者をその情報によってどうサポートするかということが課題になります。体の振動を捉える振動センサーを使い、脱水の情報をキャッチします。心拍、呼吸についてはそれほど問題なく取ることができるのですが、あとは咀嚼(そしゃく)、嚥下(えんげ)です。誤嚥がありますので、そういう情報を取ります。

睡眠については、もう近頃、私も使っていますが、Apple Watchで十分にその情報は取れてしまいます。心拍についても近年取れるようになっていますが、その走りになります。それを次にご紹介したいと思います。



■ ユビキタス外耳道圧測定装置による脱水の検出

振動センサーは、空気の振動ですから、音響センサーを使います。生体情報ですから、どちらかというと、周波数帯域が低いほうにあります。その低い周波数特性を持った音響センサーを開発し、イヤホン型で外耳道に耳栓のようにして付けます。要するにこの空間です。

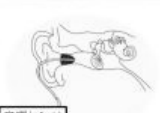
ここに鼓膜があり、ここに中耳があります。中耳は耳管でつながっているのですが、この部分の振動をセンサーで捉え、それによって、実は右の心臓の機能、右心機能をキャッチすることができます。

それから呼吸もキャッチできますし、今、申し上げた右心の動きは心臓の動きですから、心拍も取ることができます。さらには同じセンサーを使って、嚥下の状態も取ることができます。この音響センサーを使って生体情報を取ることに注力し、センサー開発を行いました。

特に右心機能は、隠れ心不全が今問題になっています。一般には循環器系の疾患ですと、高圧系の問題はいろいろな形で取り組まれていますし、情報もあります。

しかし低圧側、血液が戻ってくる側の心臓です。右心機能ですが、血液がたまり込むと、ここの圧力が上がり、圧力が上がれば、心臓の動きが悪くなります。脱水ですと、血液のボリュームが減り、戻ってくる血液も少なくなってしまう。このようなことをキャッチできないかと、取り組んできました。

ユビキタス外耳道圧測定装置による脱水の検出



音響センサー

- ・イヤホン型装置で外耳道を密閉し、外耳道内圧の変化を計測する。
- ・検知される体振動の中心的なものは、頸静脈変動である。



小型かつ軽量で、誰でも装着できる。



《持ち運び可能な装置》
タブレット端末で心拍数・外耳道内圧波形を見ることができ。

外耳道内圧測定装置

外耳道内圧測定装置
→右心機能を外耳道から非侵襲に評価できる装置
→脱水が分かる

■ ネックバンド型体振動センサを用いた嚥下・呼吸・心拍の検出

これはちょうどこの部分でデータを取りますと、同じセンサーなのですが、呼吸と嚥下(飲み込む動作)を両方捉えることができます。これはこちら側のデータを見ていただければ、色が付いているのですが、これは普通にサーミスタで呼吸の変化を捉えたものです。ここの鼻のところで吸気と呼気で、体の中から出てくる空気の温度と、吸い込む外気の温度で温度差がありますので、その温度差を計測して呼吸パターンを取ります。これは普通に医療の現場で使われています。インピーダンスの変化で取る方法もあるのですが、これは一番簡単に取れますので、吸気、呼気の状態を見ています。

次にこの下に見えているのが、われわれが開発したセンサーです。センサーで嚥下の状態、飲み込んだ時の状態を検出しています。

この真ん中は、やはりコントロールとしてここにありますように、筋電図を取っています。筋電図でちゃんと嚥下したことを確認をしていて、それが体振動でもちゃんと取ることができるかを比較をして計測できているということをお示ししています。

それから呼吸のデータです。これは心電図ですが、これは普通の心電計で取ったものです。これは心音と体振動を取っています。この体振動と心音のところと心電図の位置がちゃんと一致しますので、呼吸、嚥下、循環器指標、心拍の検出が一緒にできることを示しています。

今日はデータを持ってきませんが、これで分かったことは、誤嚥はどのタイミングで起きるかです。物を食べている時にむせます。むせているとちゃんと排出してくれるからいいのですが、誤嚥を起こす場合には、むせることなく、気道側に食べ物が行ってしまいます。これは吸気位で物を食べている時に起きます。

普通は物を食べた時は、嚥下反射で気道側がふたがされて、気道側には物が行かないのですが、反射が少し遅れると、吐いている時であれば問題はないのですが、吸っている時だと入ってしまうわけです。

日本人は結構、そば、うどんなどのヌードル系を食べる時はすすります。これは吸気位なのです。そういう時に誤嚥を起こしやすいということが、このセンサーを開発し、呼吸運動と嚥下を同時に計測することによって分かってきました。

これは学術的にも非常に面白いデータで、特に嚥下反射が悪くなっているお年寄りにとっては、情報として非常に有用であるという評価をしていただきました。



先ほど、採血して、その分析までできると良いというお話をしました。しかし針を刺すという行為をロボットにさせるのは厳しいです。また痛いということは嫌です。痛みがなく、あまり意識せずに採血をすることができないだろうか？と考えました。バイオミメティクスと言いますが、生物の機能を模倣してものづくりをすることにしました。

吸血するのはということで、ここにいるのは蚊です。これは、蚊が皮膚を刺して今ぐっと針が入っていました。ここを見てください。お腹がふくれていきます。蚊が血液をお腹いっぱいまで吸いますと、終わります。ここまで蚊が吸血をするのにどれぐらいの時間がかかっていると思いますか。

皆さん、蚊に刺されて、パチンとやると血液が付きます。ちゃんとそこで蚊を捉えて、パチンとできて、少し血液が付いていたりすると、かゆみが少しは和らぐような気がします。逃げていかれるとかゆくなります。

皆さんは蚊に刺されたらすぐに気が付きますね。蚊は一体、何分かけて今の行動をしているのでしょうか。少し考えてみてください。「私は敏感だからいくら何でも1分以内に蚊は吸っている」と思われる

方はどれぐらいいますか。多いですね。残念でした。3分も吸っています。

これは15倍速で見えています。刺してからお腹がいっぱいになるまで、実は3分なのです。カップヌードルも3分待たなければ食べることができません。蚊も吸血をして、お腹がいっぱいになるまで3分かかります。

これをうまく使えば、1滴あれば、今の検査技術では相当いろいろな検査ができます。ですから1滴取ることができればいいのです。何とか蚊の吸血機構をまねることができればいいと研究をしていきました。

蚊の針です。蚊の針をばらしますと、何と、蚊の針は7つの部位で構成されています。実際に体の中に入る針です。これがちょうど断面です。これが針の先になりますが、ぎざぎざしています。これが体の中に入っていく針です。ここから血液が入ってきます。この針自体の断面です。ちょうど蚊の顔がここですが、ここを切って、断面を電子顕微鏡で低倍で見た画像です。

この針なのですが、それぞれ役割があります。血液が固まらないような粘液を出すなど、ある意味、あまり気付かれないようにする機能を持った分泌液になっていますが、そういうものを出しながら吸血するなどの機能です。またそれを支えるさやがあったりします。

あまり感じないのは、この先が非常に鋭利なのですが、ここにぎざぎざとした構造を持っているからです。要は痛点などの皮膚の感覚器には当たらないように、接触する面積を減らすという意味でぎざぎざになっています。

今はテルモから、無痛針として販売されています。ちょうどこういう研究をしている時に、やはり同じようなことを考える方がいて、大阪のベンチャー企業がギザギザ構造で無痛針を作りました。

次の問題は、血液を吸う機能です。吸血する機能にはポンプが必要です。これは蚊のスライス標本を作り、蚊の筋肉の状態、ポンプの部分を取り出してきたものです。ここにポンプがありますが、この赤く見えているものが筋肉です。そう言いましても、頭のところは500ミクロンですから、1ミリの半分です。その大きさの中にある筋肉が収縮します。そしてポンプはここにあり、2連球になっていて、一方が閉じている時は、一方が開いています。それによって吸血をしています。その時の筋電図も取ってみたい、血液を使うわけにはいきませんので、糖液を吸わせて透過情報をX線で動画で取ったりして、この吸血機構を調べました。

このポンプの構造も調べましたが、非常に面白い構造をしています。マイクロ技術を使って、このポンプを作ることができたらいいというところまで行ったのですが、それを実用化するとすると、実際のポンプとして1マイクロから2マイクロ程度の血液を取って分析するという流れにまでは残念ながらこの当時は続けられませんでしたので、仕事としてはここで終わっています。

私としては教育・研究の現場にいますので、この研究をした学生は、これでドクター論文を発表し、博

士号を取得してドクターコースを卒業しました。今、東北大学の准教授として活躍しています。このような流れにつながったので、この仕事としては非常に面白かったです。

ただ一方では、こういう技術がチップ上で1滴の血液でいろいろな分析をするというマイクロTASや、ボディ・オン・チップなど、さらに発展していく技術だろうと思っています。

■ 高齢者のためのヘルスサポートネットワーク

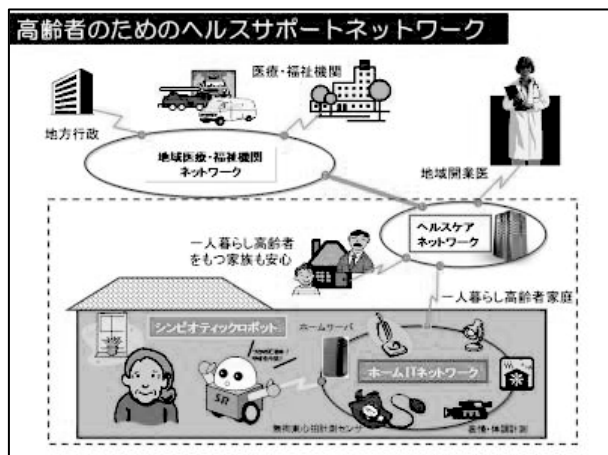
ここにお示しましたように、家の中で、ホームネットワークの中心に共生ロボットがいて、このロボットがそこに住んでいる高齢者のインターフェースとなって、いろいろなサポートをします。何か問題が起きたような場合、先ほどのようにお風呂場で倒れた場合、もしくは生体情報によって、血圧が低下している、呼吸が止まっている等、それがある程度の時間続いている、もしくは血圧がものすごく上がってしまっていてどうもおかしいという状況になった時には、家族にも知らせますし、ネットワークを介してホームドクターに連絡をします。もしくは緊急時においては、地域医療情報ネットワークを使って救急車を呼んでもらったり、サポートを受けたりすることができればいいと思い、取り組んでいます。

こちらの点線で囲まれた部分の環境を今日、ご紹介しました。地域医療ネットワークに関しては、私は東洋大学に来る前は、今は山梨大学になっていますが、山梨医科大学で仕事をしていました。当時はちょうどインターネットが始まったばかりでした。ドッグイヤーと言われ、当時まだ大学がSINETにつながるかつながらないか、もっと言い方を変えると、パソコン通信からISDNの通信に替わり、やっとコンピューター間で連絡ができるようになった頃です。今だと当たり前になっているウェブ、wwwがやっと出てきた頃です。

地域の医療情報がつながらなくてはいけないということで、医療情報ネットワークを作りました。慢性疾患、特に緑内障、糖尿病などの患者の情報を共有できるようなネットワークを維持するということで、地域医療情報ネットワークの構築をし、今も運用をしています。

そのようなものとどう連携していくかが課題で、今後、より現実性が高まってきたと思っています。実際、今だと医療を受ける方のいろいろな情報がいろいろな医療機関にあります。それをある程度、共有して使おうということです。山梨の場合は、山梨大学医学部が中心になって連携すれば、ある程度、情報が集約できます。そのようなことを今、進めています。

ネットワークと、家の中のICT環境がうまく融合してくる。さらにそこにAIがどのようにサポートしていくかがこれからの課題だろうと思っています。



■ 生成系AIとロボット技術の融合

古いお話はここまでにして、新しいお話です。生成系AIが本当に使えるようになったのはこの2年です。2年前にOpenAIがChat GPTを公開して、そこから始まったと言っていいと思います。

一方でもう1つの大きなきっかけはパンデミック、コロナ感染です。これによって大学では、授業を全部ネットワークでやらなければならないという状況に追いやられました。それによっていろいろな分野で一気にICT化が進みました。

そういうバックグラウンドがあって、この生成系AIの出現がありました。実はこういうことが起こるとは、正直言って、私は思っていませんでした。世の中でシンギュラリティが起きる、ロボットが自分で考えて自分で行動をする、コンピューターが勝手にコードを書いてくれるというようなことは起きないだろうと思っていました。

ところがコロナによって、実はそういう状況がなぜかしら大規模な言語モデルをうまく使うということに行き、OpenAIが開発し、公表したことによって、そこからの進化はすさまじいものがあります。

皆さんはもう生成系AIを使われているから、ある程度、ご存じだと思います。数日前に発表になりましたが、OpenAIはついに動画の生成まで公開してしまいました。もう動画も簡単に作ることができる時代になっています。

ではその生成系AIはどういうものなのでしょう。ちなみにこのスライドのバックグラウンドにあるこの絵は生成系AIに作ってもらいました。このような発表をするので、それに合った絵を作ってほしいというプロンプトを書いて、何回かやりとりをして、作ってもらったものです。

生成系AIとロボット技術の融合

1. 生成系AIの概要
2. ロボット技術の進展
3. 生成系AIとロボット技術の融合プロセス
4. 医療分野での応用事例
5. 今後の課題と展望

■ 生成系AIの概要

生成系AIはどのようなものなのでしょうか。定義は、Generative AI、データから新しいコンテンツを生成するAI技術です。要はテキスト、画像、音声、動画といういろいろな形式のデータを、ベースとなる自分が持っているデータから導き出して提供する、生成するということです。

もちろんこれをするにはいろいろな技術が必要です。ニューラルネットワークを使います。もう10年以上前から、ニューラルネットワークの基本的な概念や手法はありましたが、それによってコンピューターにいろいろなデータを蓄積する、AIの技術というのはもう古くからあります。それを使っていろいろな作業をしてきました。

例えば先ほどのロボットが追従する、車いすが自動で動くなどということもそうです。しかしそれは生成してはいないのです。こちらが書いている、もしくは情報を学習させて、それを使って何かのアクションをさせています。

生成系AIは、ため込である情報から目的の情報を抜き出して、それを加工して提供します。作り出すところが生成系AIです。方法としては、そこにあるニューラルネットワークであるとか、データの潜在的な空間を学習したり、さらには推測を行います。それを大規模な言語モデルを使ってやります。OpenAIやMicrosoftだとCopilotであるとか、GoogleだとGeminiであるとか、そういうものはみんなこの大規模言語モデルをきちんとニューラルネットワークの技術を使って、処理をし、使えるようにしたというところが画期的です。

この大規模言語モデルをそれだけ投入するには大変な金額と時間がかかります。それを実現して、ブレークスルーをした、それが今の状況です。普通の感覚で言うと、例えば言葉を作るにおいても、翻訳を

するのに、皆さんは翻訳ソフトを使われたことがあると思いますが、あまりヒット率は良くありません。

なぜかという、次に来る言葉は何だろうか、その確率が非常に高い言葉を持ってきて充てているわけです。確率的な問題で処理をしてきているので、そんなに素晴らしく発達するとは実は思っていなかったのです。そこに大量のデータを食べさせることによって、その確率が急激に上がったわけです。そうすることによって、この生成系AIが使えるものになりました。

今、大きな転換が起きています。だからシンギュラリティーは起きるのだろうと思っています。これは脅威でもあり、素晴らしいことでもあります。

ではそれがロボットと融合したらどうなるのでしょうか。ここにお示したように、テキストの生成が最初です。自然言語処理をして、文章を自動生成する、翻訳をする、要約をする、議事録がもしテープ起こしが済んでいて大量にあり、それを読ませれば、それをある程度、要約したものが瞬時に出てきます。

さらに言うと、音声データの文字起こしをして、要約する、議事録を作るということも、非常に精度良くできるようになってきています。多言語で処理ができるというところにまでもうすぐいくと思います。

それから画像についても、「こういう画像が欲しい」、「これに似た形で、よりこういう要素を加えてほしい」と言うと、画像を作ってくれます。スタイルを変える、今まで私ですと、Illustratorを使って、いろいろな加工をしながら絵を作っていましたが、それを「こういうふうな絵を作ってほしい」、「このデータをベースにこういうグラフを作ってくれ」という指示をすると、プロンプトの書き方によって、ちゃんとできるかどうかはありますけれども、グラフもできてくるし、絵も作ってくれます。

先ほど申し上げましたように、動画も作ってくれるというところにまで来ています。音声合成する、音声を変換する、動画を作ったりすることも可能になりました。ではロボットはどうでしょうか。

ロボット技術の進展

- 手術支援ロボット: ダヴィンチ手術システムなど、外科医の手術をより精密に行うことを可能にします。これにより、手術の成功率が向上し、患者の回復時間が短縮されます。
- 診断支援ロボット: AIを活用した診断支援ロボットは、医療画像の解析や病状の判別を迅速かつ正確に行います。これにより、診断の質が向上し、早期発見が可能になります。
- リハビリテーション支援ロボット: リハビリテーション支援ロボットは、患者の動きをサポートし、リハビリの効果を高めます。これにより、患者の回復が促進され、介護者の負担が軽減されます。
- 介護ロボット: 高齢化社会において、介護ロボットは患者の日常生活をサポートし、看護士の作業負担を軽減します。これにより、より質の高いケアが提供されます。

■ ロボット技術の進展

ロボットについては、医療現場でいうと、いまや一番身近になってしまいましたが、このダヴィンチです。僕も2年ほど前にダヴィンチを使って手術を受けましたが、普通に手術をすることと比べると、いい面もあるし悪い面もあるというのは受けてみて思いました。しかしこれはどんどん発達をしてきています。

非常に補正がうまくいくので、細かい手術についてはいいと思います。それから反力というものがあります。実際に手術をする場合に、鉗子を当てた時の鉗子の感覚、もしくはカテーテルを入れた時もそうです。血管の中にカテーテルを入れていった時に、血管に少し当たったり、分岐のところで当たった時に、少しねじった形で分岐を避けて先に進めるなどということは、実はそこは見えていないのですが、カテーテルを入れていく時の感覚、返ってくる変化によって、「今、こういう状態だ」ということを推測して、実際に術者はやっているわけです。実際にこれまでもずっと山梨にいる時は、動物実験等をやるのに、手術をする時、血管の中にチューブを入れる時には、自分の指先にそのチューブの先の感覚、これは投射といいますが、投射の感覚が返ってきます。

しかし画像であるとそれが返ってこないですし、今のダヴィンチも画像を見て、鉗子を動かすことはできます。その動きのコントロールはできます。ところがそこのかん子がつまんでいる、もしくは引っ張っているという圧力の返しはありません。

その部分が非常に大きな問題だったのですが、このところ、そのセンサーの微妙な圧変化、接触の状態をきちんと計測することができて、それを返す技術も組み込まれるという状況になってきましたので、よりロボット手術は精度良く手術ができるようになるだろうかと思います。



それから診断支援ロボットです。後で少しお見せしますが、画像診断については、やはり大量のデータを持たせることによって、もしくは大量の論文を大規模な情報として持っていることによって、人が実際に診断するのとはほぼ同じ、もしくはそれ以上の状況ができつつあります。細かなところも診断ができるようになってきて、その発展はすごい技術になってきています。もうすでに報道もされています。

リハビリの支援ロボットは、少しパナソニックの動画をお見せします。これは2019年ごろのデータです。こういうリハビリを支援するロボット開発は、ずっと進められてきています。

これは情報を取って、その情報処理をし、最適化した情報を送り出します。これがより進化してくるのは間違いありません。これは理研のロボットです。

これも私がロボットをやっていた時代、2010数年ころから、もうずっと開発をしてきています。柔らかいロボットです。

ネットの調子が悪いので。残念ですが、あのような形をした介護ロボットとして開発してきています。ただまだそんなに普及するところまでではなく、まだ開発段階と思われます。

ロボット技術の進展

- ・手術支援ロボット: ダヴィンチ手術システムなど、外科医の手術をより精密に行うことを可能にします。これにより、手術の成功率が向上し、患者の回復時間が短縮されます。
- ・診断支援ロボット: AIを活用した診断支援ロボットは、医療画像の解析や病状の判別を迅速かつ正確に行います。これにより、診断の質が向上し、早期発見が可能になります。
- ・リハビリテーション支援ロボット: リハビリテーション支援ロボットは、患者の動きをサポートし、リハビリの効果を高めます。これにより、患者の回復が促進され、介護者の負担が軽減されます。
- ・介護ロボット: 高齢化社会において、介護ロボットは患者の日常生活をサポートし、看護士の作業負担を軽減します。これにより、より質の高いケアが提供されます。

■生成系AIとロボット技術の融合プロセス

このようにロボット自体の技術はそれはそれで発達をしてきています。それから今、申し上げたように生成系AIが急激に発達をしてきています。これをどう融合させるのが今の課題です。まずロボットが動作するには、当然、非常に大量のデータを集めてきて、そしてそれを使えるデータにして学習させ、ロボットが動きます。生成系AIのモデルを作って、大量のデータを使い、そしてより最適化してトレーニングをさせます。その結果、それをロボットに組み込んで、ロボットの制御に使います。

そこにはロボットが実際に動くためのアクチュエーター、それから状況をキャッチするセンサーとやはりリンクさせなければいけません。そこが今の課題です。それが今、どんどん進んでいます。

実際のそのロボットのチェックをし、そしてまた修正をし、また学習をさせるということを繰り返していかなければなりません。このように融合させるためには、先ほど来、「10年も前のデータで恐縮なのですが」とご紹介したような、もともと持っていた基礎的なロボットの処理技術と、今のAI、特に生成系AIとどう連携するかです。

生成系AIとロボット技術の融合プロセス

- データ収集と前処理:
 - ロボットが動作するために必要な大量のデータを収集し、クリーンアップして学習しやすい形式に変換します。
- モデルのトレーニング:
 - GANやVAEなどの生成AIモデルを構築し、大量のデータを用いてトレーニングします。
- ロボットへの組み込み:
 - トレーニング済みの生成AIモデルをロボットの制御システムに組み込み、センサーやアクチュエーターと統合します。
- テストとフィードバック:
 - 仮想環境と実環境でロボットの動作をテストし、フィードバックを収集してモデルを改善します。
- 継続的な学習と改善:
 - 運用中に新たなデータを収集し、モデルを継続的に学習させて性能を向上させます。

医療分野での応用事例

実際にAI自体でいうと、先ほど申し上げましたが、診断システムがあります。病理画像を診断する、MRIの画像をAIを使って診療支援をする、判断をするのはドクターですから、それを支援します。

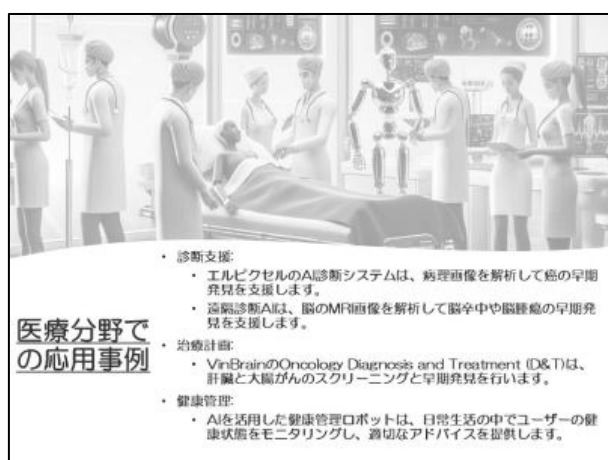
これはMRIのデータをAI処理して動脈瘤を検出するなどしています。理科大の先生たちがやっている、画像データ、細胞を検出するなどということに取り組まれています。

皆さんのお手元に、ここのデータで、少し間違っているのも、そこは消しておいていただきたいと思います。今、お見せしているところのお手元の資料で、「エルピクセルのAI診断システム」の下に「メドメイン」という言葉があると思います。「メドメインの遠隔診断AIは」と書いてありますが、メドメインさんも実は病理画像と画像処理がご専門なので、これはすみませんが、私のミスです。ここのメドメインは消しておいてください。もしくは「エルピクセル・アンド・メドメイン」という形になるかもしれません。すみません。がんの検出についてです。

動画：

この動画はYouTubeのもので、VinBrainのDrAidというもので、画像データから肝臓がんの診断をサポートするといシステムが今、開発されて、これから世の中に出てきます。

健康管理も先ほど来、お見せしているような生体情報を使いながらAIがそれを管理することもそう難しい話で、対象者にアドバイスをしてくれます。これは実際に小さなロボットでネットワークの環境さえそこにあれば、AIとつながってやりとりをします。生成系AIとやりとりをするというシステムで運用されている所もすでにあります。そういう意味で、今まさに医療分野でいろいろな応用が始まっています。



■特徴とメリット

ではその特徴とメリットは何なのでしょう。要は生成系AIというのは、リアルタイムで環境を認識し、情報をキャッチします。そしてそれを処理して、状況に合わせた形で、いろいろな動きをします。環境に合わせて適応することができます。ここには「動的な環境適応」と書いておきました。

それから複雑なタスクを自律的に遂行することができます。いちいち教えなくても、ある程度、周りの情報を読んで、推測をして行動をします。例えばコーヒーをテーブルにこぼしたとします。これを「処理して」と言うと、ロボットはスポンジなり、そのコーヒーを吹き取るような物を周りから自分の画像の情報から選んで持ってきて、それを拭き取る場所まで今はやってくれます。これは実験段階にせよ、Googleのロボットはやっています。

このように複雑なタスクを自律的に遂行していろいろなことをします。今までのロボットだと、いちいちそれを全部覚えさせなければいけませんでした。「こういう場合にはこうしなさい」、「こういう場合

にはこういう動きをしてください」というように、「このアクチュエーターをこういうように動かして」といちいち全部書かなければいけなかったのですが、それを自動的に生成します。

生成系AIは、ユーザーの感情や意図を理解して、自然な対話をします。声からいろいろな感情をキャッチします。これまでも音声解析をしてやっていましたが、生成系AIは、それをいとも簡単にしてくれます。そしてそれに合わせた答えを返してくれます。ですから自然な対話ができる、お話し相手になってくれるのです。

もっと言うと、情報さえしっかり与えれば、プロンプトがきちんと書くことができれば、もしくは指示ができれば、生成系AIは、いろいろなアイデアまでも生み出してくれます。

これはテスラのロボットです。ここで見ていただきたいのは、緑の点がたくさん見えます。これはロボットが見ている情報のポイントです。先ほど車いすで自動走行をすると白い点が見えていた



■ 今後の課題

ざっと紹介をしましたが、今後の課題としては、やはりデータの精度と信頼性です。生成系AIが生成するデータの正確性や信頼性を確保するのは結構重要なポイントになります。

もう1つは、個人情報や機密情報がプロンプト、指示をする言葉の中に書いてしまうと、それがデータとしてはアップされてしまい、情報が漏れてしまいます。

一方で学習するデータであるとか、生成物の著作権の問題もどうしても出てきます。ある意味、データが偏ってしまうこともあります。偏見、差別的な内容を生成することもなくはありません。

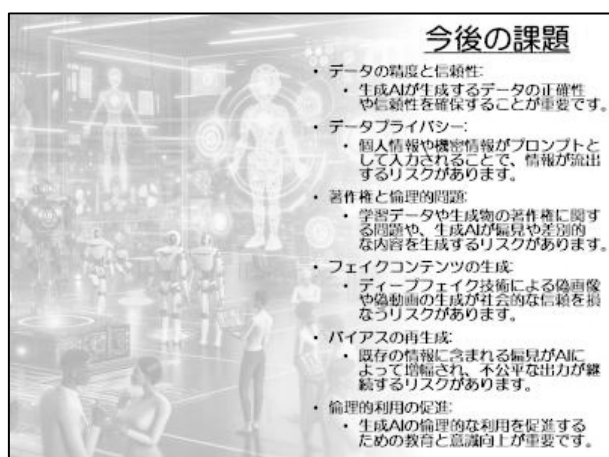
そういう意味からすると、フェイクコンテンツ、要するにディープフェイク技術によって、偽画像や偽

動画をどんどん作ることもできるわけです。そうすると、社会的な信頼を損ないます。

先ほども少し言いましたが、偏見を持ったような情報をたくさんAIに入ると、特にSNS等で今でもいろいろな問題がありますけれども、マイナス側のデータがたくさん上がってしまうと、よりそれが増幅されてしまい、公平な出力ができなくなり、不公平な情報が流れてしまうということも懸念されます。

そういう意味で、やはり倫理的な問題をきちんと押さえていかなければなりません。倫理的な問題をきちんと押さえ、倫理的な利用を促進する、エシカルな状況を作るということは非常に重要です。今は何とも危うい世の中になってきていますが、この倫理性というのはやはり今後、いろいろな分野で必要になってくるでしょう。特に医療現場においては、この倫理観が致命的に大事だと思っています。

これをどう担保していくか、技術を開発する側も、そこを意識して開発していかなければなりません。特にAIの場合はそこが非常に大事なポイントだと私は思っています。



■まとめと展望

このように、これまで少し古いデータで非常に恐縮だったのですが、私が取り組んできた内容と、今、世の中で急速に発達している生成系AIとロボット技術との融合ということで、お話をさせていただきました。

最後にまとめさせていただきますと、この生成系AIとロボット技術の融合がもたらす未来というのは、やはり非常にうまく使えば素晴らしいものが展開できると思っています。マルチモーダルAIの進化は、非常にすごいスピードで動いています。先ほど言いましたように動画もできてしまいます。

だからテキスト、画像、音声、動画など、いろいろな複数のデータを統合して処理をすることによって、マルチモーダルAIへと進化していきます。ということはこれはロボットが構造的な開発、アクチュエーターの開発であるとか、いろいろな材料の開発は相当進んでいますので、そのロボットに生成系AI技術がうまく組み込まれた時には、複雑なタスクをきちんと理解して実行できるようになります。

生成系AIが最もこれまでと違うことは何かといったら、AIは推測、推論をしているということです。できないと言われていた推測ができます。だからこうなるだろうということが推測できて、それを展開しているのです。それを常にやりとりをしています。そういう意味で複雑なタスクを見事にこなしていくでしょう。さらには自律性と柔軟性がより向上していきます。ロボットが新しい環境に適応して、未知のタスクも自分で考えて、自律的にそれを学習して、現実化していく、自分の能力を高めていくことが可能になってきています。

医療分野でよりこの生成系AIとロボット技術が融合すると、先ほどお話しをしたような、手術支援ロボットですとか、診断支援システムが高度化していくだろうと思っています。そうすると医療の精度も上がっていきます。そうなってほしいと思っています。

まとめと展望

- ・生成系AIとロボット技術の融合がもたらす未来
 1. マルチモーダルAIの進化
生成AIは、テキスト、画像、音声、動画など、複数のデータ形式を統合して処理するマルチモーダルAIへと進化しています。これにより、ロボットはより複雑なタスクを理解し、実行できるようになります。
 2. 自律性と柔軟性の向上
生成AIはロボットの自律性と柔軟性を飛躍的に向上させます。例えば、ロボットが新しい環境に適応し、未知のタスクを自律的に学習する能力が強化されます。
- ・医療分野でのさらなる応用と発展
医療分野では、生成AIとロボット技術の融合により、手術支援ロボットや診断支援システムがさらに高度化します。これにより、手術の成功率が向上し、診断の精度が高まります。





■まとめと展望

一方でそれを取り巻く産業についても、ここでは製造業であるとか、物流の話をしてはいますが、実際にもう製造業でロボットが単純作業を自律的にしてくれます。いちいちコードを書かなくても、その状況を判断してやってくれるというところまで来ています。

それは医療現場の周辺のいろいろな分野においても可能になってきています。例えば病院を掃除するといった場合に、今、アイリスオーヤマなどは、自律的に廊下やフロアの清掃を、水拭きも含めて、もしくは消毒も含めてやるというシステムの開発をしています。

これから就業人口が減ってきますので、置き換わっていくことは想像に難くありません。一方で、先ほど申し上げましたように、倫理的でとか、法的な課題は、やはりきちんと対応していく必要があると思っています。データプライバシーでとか、フェイクコンテンツも生成されてしまうので、これをきちんとコントロールするガイドライン、規制が必要だろうと思っています。

この生成系AIとロボット技術は、一方で環境保護であるとか、資源の持続可能な利用にも貢献できるでしょう。特に気候変動対策、エネルギー効率の向上に役立つシステムがどんどん開発されてくると思います。



ネットワークの都合でうまくお見せできなかったことも幾つかあって申し訳ありません。少し時間が早いですが、これで私のお話は終わりにさせていただきたいと思います。ご清聴ありがとうございました。

ご清聴ありがとうございました！

