

岐阜・大垣ロボティック先端医療クラスター

ロボット技術、バーチャルリアリティ技術を基板に次世代医療産業の創出をめざす

次世代の医療技術を開発するには、旧態の医学研究だけでは限界があるといわれている。そこで、医学と工学が融合した医工連携的な研究が急速に広まっている。

こうした医工連携の研究をクラスターの中心に据えているのが、岐阜県を舞台に進められているロボティック先端医療クラスターだ。全国バイオクラスターの第二回目は、先端医療技術で医療機器産業に風穴を開けようとするロボティック先端医療クラスターを紹介しよう。

●取材：齊藤勝司 サイエンスライター

医療機器を事業化させる戦略とは

医療に関わる技術は、研究レベルで技術が確立できても、すぐに製品化できるわけではない。薬事法に基づく許認可が必要であり、これが実用化の大きな障壁になっている。

ロボティック先端医療クラスターでは、むずかしいとされる医療技術の実用化を推し進めるため、企業誘致に工夫を凝らしているという。岐阜県研究開発財團知的クラスター本部事業統括の西村賢さんはこう説明する。

「岐阜はかつて繊維産業が盛んで、ものづくりに強い地域です。しかし医療機器の開発となると、許認可の問題もあって新規参入はむずかしい。クラスターでは、地元企業の参画を促すのはもちろんのこと、他地域で先行する企業にも参加してもらうようにしているのです」

医療機器産業という閉鎖的な分野に参入しようとしているため、地元企業だけでなく、許認可を受けるための手続きなどに長けた他地域の企業の参画も促し、クラスターがもつシーズの実用化を強く推し進めようとしている。



知的クラスター本部事業統括の西村賢さん

「それでも日本の許認可は非常にハードルが高いため、日本国内だけでなく、海外に打って出ることも考えています」(西村さん)

2007年にはハノーバーメッセ²への参加を決めており、先んじて海外での製品化も視野に入れた事業展開を進めている。

クラスターの個々の研究成果については次ページ以降に詳説するが、いずれも世界レベルの高度なシーズである。将来、医療機器産業は2兆円、健康福祉ロボット産業は5兆円の市場を形成するとの予測もあるが、岐阜のロボティック先端医療クラスター発の技術が市場を席巻しているかもしれない。



今までこそ医工連携という言葉が浸透してきたが、岐阜大学では医学部に工学部出身の研究者を教授として招聘するなど、医学部と工学部との技術交流が積極的になされてきた。

その先駆けとなったのが、医学部の高橋優三教授が始めたバーチャル・リアリティを活用した医学教育を支援する技術の開発だった。2001年には岐阜大学に医学部を擁する全国の大学の共同利用機関の医学教育研究センターが設立され、高橋教授の開発は推進されていった。

一方、岐阜県は地域産業の高度化、情報化をめざすなかで、ロボット技術の活用が有効であると考えてきた。そこで2001年、早稲田大学との連携関係を締結。WABOT-HOUSE¹などのロボット研究を進めている。

こうした技術的な背景を受けて、2002年に文部科学省が「知的クラスター創成事業」を開始すると、岐阜県が名乗りを上げ、2004年の正式採択によりスタートしたのが、ロボティック先端医療クラスターである。

*1 WABOT-HOUSE
早稲田大学のヒューマノイドロボットWABOTを用いて、人間と関わりをもつロボットの設計原理の構築や、ロボットを活かす具体的な社会システムの構築をめざす研究プロジェクト。岐阜県各務原市に研究拠点が設置されている。

*2 ハノーバーメッセ
ドイツで開催される生産材の世界最大の見本市。世界中のあらゆる生産材に関連する最新テクノロジーが集まることから、「見本市の中の見本市」と呼ばれる。

*3 ヘリカルCT、マルチスライスCT
CT (Computed Tomography=コンピュータ断層撮影) はX線を発する管球と、X線を測定する検出器がリング状に並べられており断層撮影ができる。ヘリカルCTは管球がらせん状に回転して撮影し、より多くの画像データを得ることができ、マルチスライスCTは検出器が複数列並べられており、一度に複数断面の撮影が可能。

*4 バーチャルコロノスコピーセンターで撮影した大腸の画像データをコンピュータ上で仮想的に再構成し、まるで内視鏡で大腸壁を観察しているような画像を得る。腸壁粘膜にできたポリープの存在を確認するのに有効であると考えられている。

*5 ラクナ梗塞
脳内の直径0.2~0.3mm程度の動脈が閉塞して生じた、ごく小さな梗塞のこと。ラクナとはラテン語で「小さな空洞」を意味する。

画像診断

医療画像診断支援システムの高精度化、高速化をめざす

かつては1~2枚程度のX線画像を医師がじっくりと読影し、診断を下していくのが、近年、ヘリカルCT、マルチスライスCT^{*3}、MRIといった新技術が導入されたことで、読影しなければならない画像が急増。その結果、医師の作業量の急激な負担増と、それにともなうヒューマンエラーによる見落としの問題が指摘されている。

そこで、近年、注目を集めているのがCAD(Computer-Aided Diagnosis)だ。日本語では「コンピュータ支援診断」と訳されることからもわかるように、見落とされやすい病巣の存在について注意を促す技術だ。医師はコンピュータによって喚起された注意を「第二の意見」として参考にし、最終的な診断を下す。

脳MR画像から梗塞や動脈瘤の発見も支援

CADの実用化のはじまりは1998年。アメリカのベンチャー企業が開発した乳房X線撮影(マンモグラフィ)による乳がん画像診断のCADシステムがFDAの承認を受け、これを皮切りに最近では、CTによる肺がん画像診断やバーチャルコロノスコピーセンター^{*4}用のCADシステムなど、さまざまな診断に対応したシステムが開発されている。

ロボティック先端医療クラスターでは、岐阜大学大学院医学系研究科の藤田広志教授が中心となって、従来ないCADシステムの開発に取り組んでい

る。その一つが、超音波を用いた乳がん診断のためのCADシステムだ。現在、厚生労働省は乳がんの検診で、視触診に加えマンモグラフィの併用を推奨しているが、日本人ではさらに超音波診断の併用の有効性が示唆されている。藤田教授がこう説明する。

「欧米人と比べると、日本人の乳房は乳腺の密度が高い傾向をもっています。乳腺はマンモグラフィだと白く描出されるのですが、がん病巣も白く写ります。日本人の場合、白く濃い乳腺の背景のなかで、白く写る腫瘍性の乳がんを発見しなければならなくなります。そのためマンモグラフィだけでは小さく淡い乳がんが見落とされやすく、超音波診断の併用が求められているのです」

藤田教授は画像処理技術やパターン認識技術を駆使して、超音波診断画像の中から乳がんと思われる部位を検出し、医師に注意を促すCADシステムを開発し



岐阜大学大学院医学系研究科の藤田広志教授

ている。

さらに、眼底写真を用いて網膜症、高血圧性網膜症などの診断や、脳MR画像を用いて動脈瘤やラクナ梗塞^{*5}の診断を支援するCADシステムの開発も進めている。

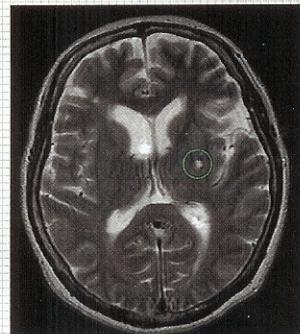
いずれの画像診断も、集団検診で多用されているもので、これらのCADシステムが実用化されることへの期待は大きい。クラスターでは、今後の3年以内の実用化をめざし、急ピッチの研究を進めしていくという。

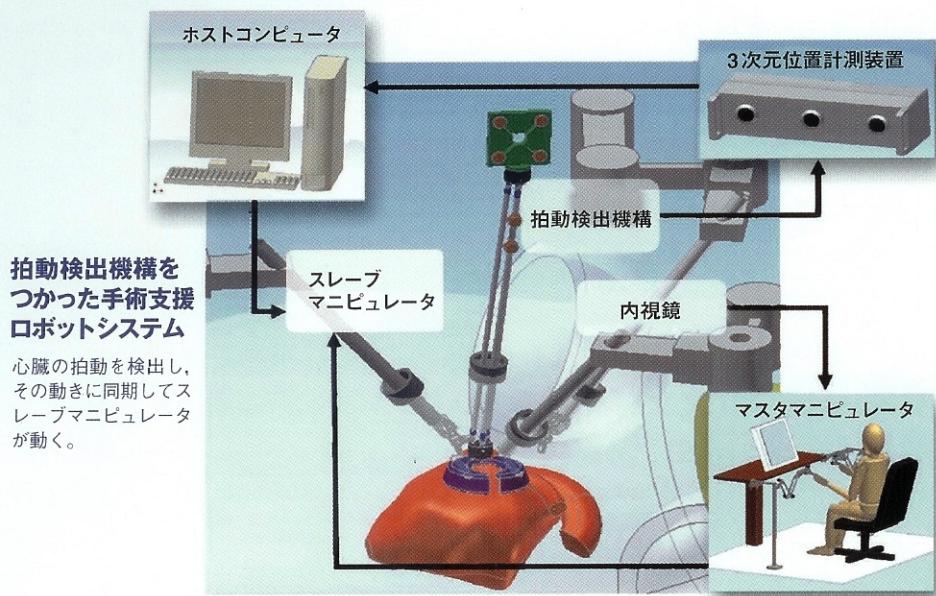
乳房超音波画像における腫瘍検出例



コンピュータの注意喚起を受けて医師が診断を下す
提供:藤田広志教授

ラクナ梗塞の検出例





ロボティクス

心臓の拍動に合わせてうごく 低侵襲手術ロボットを開発

現代の医療技術の開発では、従来では治療が望めなかった病気の治療を可能にすることが求められるだけでなく、治療による患者の負担を軽減しQOLを高められることが望まれている。つまり、より低侵襲な医療技術の開発が求められるようになっているのだ。

ロボティック先端医療クラスターでは、早稲田大学理工学部機会工学科の藤江正克教授を、開発プロジェクトの中心に据え、治療における患者への負担を抑えた、低侵襲・微細手術支援システムの開発が進められている。

そして、このプロジェクトで進められているのが、心臓の冠状動脈バイパス手術を担う手術ロボットの開発だ。藤江教授がこう説明する。

「心臓の冠状動脈のバイパス手術は、これまで開胸してからおこなわれていました。しかし、より低侵襲な手術が求められ、肋骨の間から内視鏡と鉗子を挿入するだけの手術もおこなわれるようになっています。ただし、こうした内視鏡下の手術のほとんどは、心臓の拍動を止

めて手術しなければならなかった。これも患者には大きな負担になる。拍動を止めずに手術できるロボットを開発しようとしているのです」

高度な技術をもつ医師は、心臓の拍動を止めずに手術することができるが、こうした術式が可能な医師はごく一部に過ぎない。人工心肺装置に血液の循環を委ね、心臓を一時的に止める術式が一般的なのだ。

動いたままでも止まった ように手術が可能

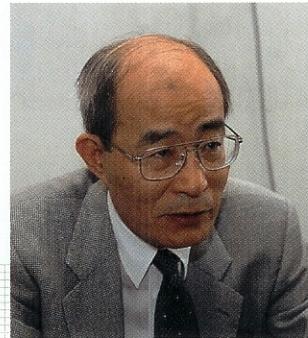
そこで藤江教授は、心臓が拍動しているても、その拍動に同期してスレーブ・マニ

ピュレータ^{※1}を動かしながら手術ができるロボットを開発しようとしている。藤江教授がこう続ける。

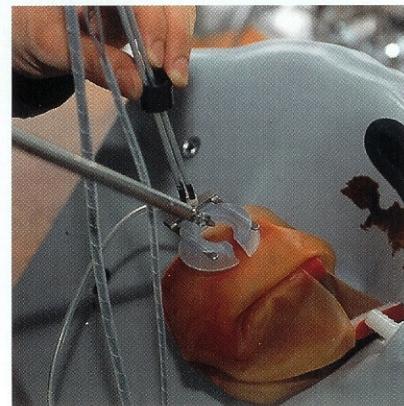
「たとえ心臓が動いていても、同じように動いていれば止まっているのと同じことになります。そのために心臓の表面にセンサーを吸着させて、機械的に動きを捉えているのです」

上の図を見ていただきたい。心臓表面にセンサーを吸着させ、心臓の拍動を体外に伝え、スレーブ・マニピュレータの動きを同期させる。これによりマスター・マニピュレータ^{※6}を操作する医師は、心臓の拍動を止めなくてもまるで止まっているかのように手術ができるようになる。

今後、クラスターのプロジェクト期間中に、動物実験で過不足なく手術が可能になるまで開発を進めていくという。日本で製品化を実現するには、薬事法に基づく厚生労働省の承認が必要となるため、海外マーケットへの進出も狙っており、クラスターが生み出した高度な技術力を世界へとアピールする予定だ。



早稲田大学理工学部機械工学科の
藤江正克教授



心臓モデルを使って研究が進む

* 6 スレーブ・マニピュレータ、
マスター・マニピュレータ

手術ロボットにおいて医師が操作する部位をマスター・マニピュレータ、患者に接して手術する部分をスレーブ・マニピュレータと呼ぶ。

教育システム

バーチャル・リアリティを活用し、名医を育成する医学教育システム

これまで医師の卵たちは、患者の診察を通じて医者としての訓練を積み重ねてきた。しかし、現在のような医療機関や医師を選ぶ時代に、未熟な医師のトレーニング相手になることを快く思う患者は少ない。将来的には患者を練習台にすることは許されなくなるだろう。

では、どのように医師を育成するのか。岐阜大学大学院医学系研究科の高橋優三教授は、バーチャル・リアリティを応用したバーチャル医療・教育訓練システムの開発を進めている。患者の代わりとなるロボットを相手に医学生が診察を訓練し、ある程度習熟した後に実際の患者に相対しようというわけだ。高橋教授がこう説明する。

「この触診訓練用ロボット（写真左下）には24個の圧力センサーが内蔵されていて、医学生が患部を押さえると、ロボットはプログラムされた病気に合わせて反応します。『先生、そこがすごく痛い！』などの音声がかえってくるのです」

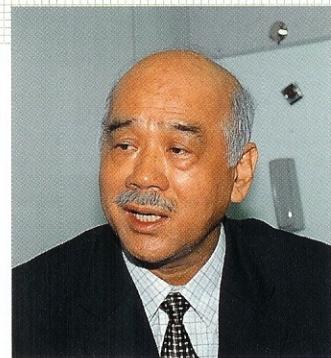
プログラムされているのは狭心症、肋骨骨折、腹膜炎、急性胃腸炎、内臓破裂、膀胱炎、三叉神経痛など。そのつど病気が選択され、触診の訓練に供されるが、医学生はどの病気を選択されているかを知らされていないため、実際の診察に近い感覚で訓練が可能となる。

これまで人体模型を使って訓練するしかなかった従来に比べると、より実践に近い環境での訓練が実現しているといえるだろう。

この触診訓練ロボットは、すでに製品化され、1体250万円程度での販売が開始された。クラスター発の製品として世に真価を問おうとしているのだ。

教育ソフトの開発も加味してより有効な医学教育を

しかし、実際の患者を相手にすることを考えると、バーチャル・リアリティとしてはまだまだ稚拙なものと、高橋教授は



岐阜大学大学院医学系研究科の高橋優三教授

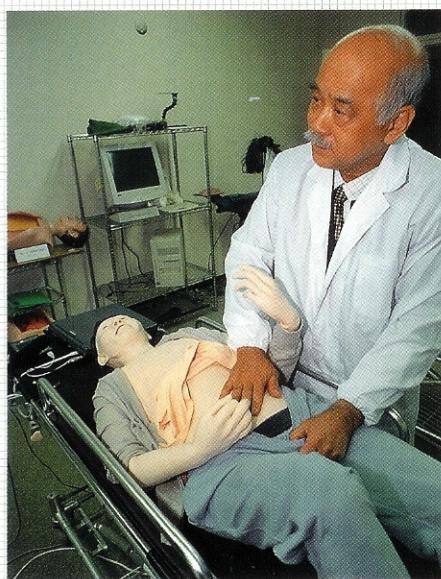
指摘する。

「最初に製作した問診練習用のロボット（写真右下）は、身ぶり手ぶりをさせようとしたのですが、その動きは稚拙ものでした。自重に耐えながらスムースな動きをさせるのは非常にむずかしく、使い物にならなかった。そこで、触診訓練用ロボットは動きをなくし、音声による反応に絞ったのですが、バーチャル・リアリティとしてはまだまだといわざるをえない。この稚拙さを、ロボットの技術開発を待つだけでは、いつまでたってもこの医学教育システムは実現しないでしょう。ロボットを活かす教育ソフトの開発も必要不可欠です」

訓練に望む医学生にどのような課題を与えるかで、より効果的に現状のロボットを活用した医学教育を施していくようとしているのだ。

2006年から「モデル＆シミュレーション医学教材研究会」が設立され、多くの研究者が集まるようになるという。高橋教授の提案で始まり、クラスターの研究プロジェクトの核となった、バーチャル医療・教育訓練システムの開発は、多くの研究者を巻き込み、さらに発展しようとしている。

触診訓練用ロボット



問診練習用ロボット



こうしたロボットと教育ソフトを効果的に連携させて、医学生の訓練に役立てる