

M20190626_02

自律的にナビゲートするロボットカテーテル

ハーバード医科大学(Harvard Medical School)とボストン小児病院(Boston Children's Hospital)のバイオエンジニアは、自律的にナビゲート可能なロボットカテーテルを **Science Robotics** に報告している。これは自動運転車の外科手術バージョンであり、カテーテルは、鼓動し、血液で満たされた生きた動物モデルの心臓壁に沿って、医者の関与なしに、漏れ孔のあるバルブまでの道を見つけ出した。

ハーバード医科大学(HMS)外科教授、シニア研究者、ボストン小児病院の小児心臓バイオエンジニアリング、**Pierre Dupont** は、これは動物内部で自律ナビゲーションの最初の例であると捉えている。

Dupont によると、ロボットカテーテル、将来の反復処理が、人間でも安全であり、効果的あることが証明されると、そのデバイスが、この種のベン修復で、患者をイオン化放射に晒す蛍光イメージングの必要性を排除することになる。

自律技術は、特別に難しい例、あるいは珍しい例で、指示を出し、経験豊富な医者がない地域の手術を支援する。また、侵襲性の少ない新しい技術を取り入れる臨床医の習熟曲線を下げ、ナビゲーションだけでなく、ルーティーンの心臓マッピング作業実施などでも恩恵をもたらす。

Dupont によると、自動運転ロボットはいずれ医者を解放し、最も難しい処置に集中させ、究極的には患者の予後を改善する。

AI 告知、タッチガイドビジョン

そのカテーテルは、**Dupont** のラボが開発した光学式タッチセンサを使い、心臓解剖と術前スキャンマップから得た情報でナビゲートした。

センサは人工知能と画像処理アルゴリズムを使い、カテーテルが心臓のどこにあり、どこへ行くべきかを理解できるようにする。

デモ用にチームは、弁周囲大動脈リーク閉鎖として知られる技術的に要求の厳しい処置を行った。これは、エッジ周辺で漏れが始まった置換心臓弁の修復である。(チームは、実験用に独自の弁を作製した)。ロボットカテーテルがリーク箇所到達すると、経験のある心臓外科医が制御し、リークを閉鎖するためにプラグを挿入した。

豚での反復トライアルでは、ロボットカテーテルが心臓弁リークに首尾良くナビゲートした。要した時間は、ハンドツール、ジョイスティックコントロールロボットのいずれかを使う外科医とほぼ同じであった。

生物からヒントを得たナビゲーション

壁追従というナビゲーション技術によってカテーテルのセンサは、一定間隔でその環境からサンプルを採るが、これは昆虫のアンテナ、齧歯動物のヒゲが周囲からサンプルを採ってよく知らない、暗い環境のメンタルマップを構築するのとほとんど同じである。

センサは、チップ先端のカメラからの画像でカテーテルに血液、心臓壁あるいは弁に触れているかどうかを教え、さらに、脈動する心臓を傷つけないように、それがどの程度圧力をかけているのかも教えた。

術前イメージングやマシンラーニングアルゴリズムからのデータは、カテーテルによる視覚的特徴解釈に役立った。こうしてカテーテルは、心臓の付け根から左心室の壁にそって漏れる弁の周りを独力で進み、漏れ箇所到达了。

自律ロボットは、漏れのある弁に到達するまでに、外科医よりも若干時間がかかったが、その壁追従技術が、最長経路をとったことを意味している。

「ナビゲーション時間は、統計的に全て同じだった。血液に満たされた鼓動する心臓内で、ミリメートルスケールで特殊弁の目標に到達しようとしていることを考えると、これは非常に素晴らしいことだ」と Dupont はコメントしている。

将来展望

米国 FDA は、AI 対応デバイスの規制の枠組みを開発し始めたので、Dupont は、継続してデータを蓄積している世界中の自律手術ロボットが、時間とともに性能を改善していくと考えている。

「これは、条件を平等にするだけでなく、レベルアップしていく。世界中の全ての臨床医が、その分野で最高の技術レベルと経験で手術することになる。これは、常に、医療ロボットの約束であった。自律によってそれが実現するかもしれない」と同氏はコメントしている。



図 1 ロボットカテーテルが漏れの箇所到达し、その漏れを塞ぐために外科医が栓をする(illustrations: Randal McKenzie)。

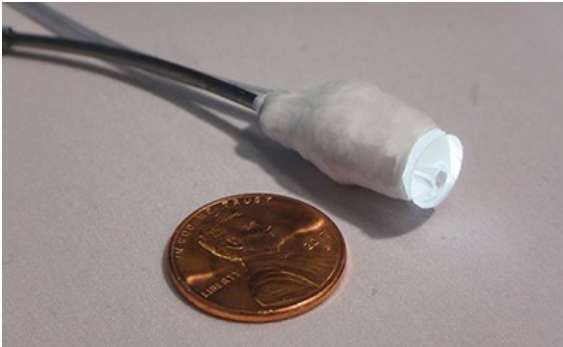


図 2 カテーテルのサイズ(Image: Margherita Mencattelli)。