

# 研究経過報告書

2020年3月10日

研究員 (留学者)	所属：理工学部 職：教授 氏名：神野 誠
派遣期間	令和元年9月1日 ～ 令和2年2月29日
研究主題等	低侵襲手術支援用ロボット・デバイスの研究
報告事項	<p>(研究活動の概要、内容、成果等、添付書類の見出し等)</p> <hr/> <p><b>1. 研究活動の概要</b></p> <p>令和元年度学外派遣研究員等（短期）制度を利用し、令和元年9月1日～令和2年2月29日の6か月間、米国メリーランド州ボルチモアの Johns Hopkins University(JHU), Whiting School of Engineering(WSE), Laboratory for Computational Sensing and Robotics(LCSR)(図1)<sup>(1)</sup>の Visiting Scholar として在籍し、低侵襲手術支援用ロボット・デバイスの研究に従事した。</p> <p>LCSR は、医療用ロボット工学分野では、世界的に著名な研究者である Professor Russell H. Taylor が Director を務め、手術支援ロボット関連の研究開発をリードする世界最高峰の研究所である。Faculty メンバーは27名在籍しており、その中でも医療用ロボット分野の研究を専門とする研究者の割合が多く、AI・情報分野・センシング分野・機械システム分野など、幅広く網羅されている。手術支援ロボットとして有名な da Vinci がガラス張りの建物の外部から見学可能な実験室に設置されておりしばしば一般の見学者が訪れていた(図2)。</p> <p>報告者は、手術支援ロボットの研究グループの一つである Advanced Medical Instrumentation and Robotics Research Laboratory(AMIRo)に参加し、Lab Director, Research Professor Iulian Iordachita のもと、網膜顕微鏡手術を対象とした眼球内手術支援ロボットの研究に従事した。</p>



図1 JHU ホームウッドキャンパス内  
にあるLCSRの建物



図2 ガラス張りの実験室に  
設置された手術支援ロボット da Vinci

## 2. 内容と成果

網膜頭微鏡手術は、眼球内の狭い作業スペースで繊細な組織に対して、極めて器用な操作が必要とされ、最も技術的に困難な手術の一つである。強膜上の小さな切開部を通して直径1mm程度以下の細いシャフトの処置具を挿入し、例えば、網膜剥離処置や網膜静脈カニューレ挿入・注液などの手技を行う。強膜切開部によって処置具の動作は制限され、さらに、従来の処置具は、単純な直線状のものしか存在せず、眼球内での自由な動作や、組織への最適な方向からのアプローチが困難である。また、極めて微細な作業のため、手の震えが処置の障害となる。このような困難な網膜頭微鏡手術を支援するために、多くの眼科手術支援ロボットの研究が行われてきた<sup>(2)</sup>。また、JHUでは、ロボット先端部に力センサを介して配置した処置具を外科医が操作することで、手の震えを低減させる制御技術(Steady-Hand Eye Robot :SHER)<sup>(3)</sup>や、へビのように湾曲する太さ0.9mmの2自由度湾曲機構とその駆動機構技術の研究(Integrated Robotic Intraocular Snake: IRIS)<sup>(4)</sup>が行われてきた<sup>(4)</sup>。さらに、IRISのSHERへの統合に関する研究も行われてきた<sup>(5)</sup>。

しかしながら、従来のIRIS<sup>(4)(5)</sup>は、将来の臨床応用を見据えた場合、その駆動機構が複雑で、かつ、十分に小さいとは言えなかった。そこで、今回、報告者は太さ0.9mmの2自由度

## 報告事項

湾曲機構とその駆動機構に関して、小型化を中心とした研究テーマに取り組んだ。これまでの報告者のロボット機構技術の経験と知識を活用し、新たな発想によるアイデアを創造した。その結果、駆動機構が極めてシンプルで、大幅な小型化を可能とする新たな駆動機構を考案し、設計・試作・検証によりその有効性を確認した。なお、前半の研究成果の詳細については、IEEE ISMR 2020 (International Symposium on Medical Robotics)にて、発表予定のため参照いただきたい<sup>(6)</sup>。また、後半の研究成果についても、今後、学会発表・論文投稿などを通して公開を予定している。

### 3. おわりに

外派遣研究員等（短期）制度を利用し、JHU の Visiting Scholar として、6 か月間、世界のトップレベルのロボット研究所で研究に専念することができた。JHU LCSR の人材や研究設備の幅の広さと層の深さを痛感した。また、研究のレベルのみならず、教育に対する取り組みや姿勢についても学ぶことが多かった。昼休みの時間を利用して、ランチ持参や時にはケータリングを準備し、外部から招いた最先端のロボット研究者による講演が毎週のように行われたり、指導教授が忙しい中、修士学生や博士学生、ポスドク研究者と常に研究内容や実験の進め方、論文のまとめ方などについて丁寧に議論している姿が非常に印象的であった。Professor Iulian Iordachita は、報告者に対しても、研究内容や進め方についての議論に多くの時間を費やし、その議論の中から新たなヒントや発想を得ることも多かった。また、修士学生や博士学生、ポスドク研究者とも実験や論文投稿についての議論する機会も多々あり、多くの研究者とも交流とネットワーク構築ができた。

これまで報告者が手術ロボットとして対象としたきた領域は腹腔鏡下手術がメインで太さ 5~10mm 程度の機構を対象としてきたが、眼科領域は初めての領域であり、太さは 1mm 以下という、新たな挑戦でもあったが、指導教授、研究テーマ、研究環境にも恵まれ、所望の研究成果を残すことができた。眼科手術ロボットは、腹腔鏡下手術ロボットに比べ、臨床応用が進んでいないが、微細な機構の実現が困難であることがその理由の一つでもある。機構技術は報告者の最も得意とする領域であるため、今後も、JHU LCSR と連携して、本技術の臨床応用を目指し、ロボット技術を通じて社会に貢献したいと考えている。

最後に、報告者を Visiting Scholar として受け入れていただいた JHU LCSR およびその関係者、学外派遣研究員として海外派遣して

いただいた学校法人国士舘および関係者に心から感謝する次第である。また、研究のみならず、アメリカの人、文化に直接触れることができ<sup>(付録)</sup>、アメリカの見習うべき点や、両国の良い点(悪い点)を多く知ることができた。今回、得られた経験や知識のすべてを、今後の研究ならびに教育に可能な限り活かしていきたい所存である。

### 参考文献

- (1) Johns Hopkins University, Whiting School of Engineering, Laboratory for Computational Sensing and Robotics (LCSR), <https://lcsr.jhu.edu/>, Accessed March 10 2020.
- (2) E. Vander Poorten, C.N. Riviere, J.J. Abbott, C. Bergeles, M.A. Nasser, J.U. Kang, R. Sznitman, K. Faridpooya, and I. Iordachita, 36 - Robotic Retinal Surgery, Handbook of Robotic and Image-Guided Surgery, Elsevier, 2019, pp. 627-672.
- (3) I. Fleming, M. Balicki, J. Koo, I. Iordachita, B. Mitchell, J Handa, G. Hager, R. Taylor, "Cooperative robot assistant for retinal microsurgery," Med. Image Comput. Comput. Assist. Interv., vol. 5242, 2008, pp.543-550.
- (4) X. He, V. V. Geirt, R. Taylor, I. Iordachita, "IRIS: Integrated robotic intraocular snake," IEEE International Conference on robotics and automation, 2015, pp.1764-1769.
- (5) J. Song, C. Gonenc, J. Guo, I. Iordachita, "Intraocular Snake Integrated with the Steady-Hand Eye Robot for Assisted Retinal Microsurgery," IEEE International Conference on robotics and automation, 2017, pp.6724-6729.
- (6) M. Jinno and I. Iordachita, "Improved Integrated Robotic Intraocular Snake," 2020 International Symposium on Medical Robotics (ISMR), 2020, April (Accepted).

### 付録

今回、J-1 Exchange Visitor プログラムの Visa を取得することで米国での長期滞在が可能となったが、本プログラムの目的は、「教育と文化の交換によって、米国の人々と他の国の人々との間の相互理解を深めること」であり、帰国後、米国で得られた経験や知識を共有することが求められている。以下に、アメリカの文化として象徴的なものをいくつか紹介したい。

- (1) ボルチモア美術館(Baltimore Museum of Art: BMA, 入館無料)。JHU ホームウッドキャンパスのすぐ隣にあり、マチスのコレクションを多数抱える。ピカソやゴーギャンなどの絵も間近で鑑賞できる。アメリカには素晴らしい絵を鑑賞できる入館料無料の美術館が多数ある。
- (2) ボルチモア・レイブンズ(Baltimore Ravens)。ボルチモアに拠点を置くアメリカンフットボール NFL チーム。この位置(最上階)からの観戦チケットでも\$200 以上。雨の中でもこの人気。2月上旬のスーパーボールはアメリカ最大のス

スポーツイベントでアメリカ中が熱狂する。

- (3) クリスマス。ホームウッドキャンパスから滞在していたアパートまでの帰宅の道のり。一般家庭でもこのイルミネーション。ハロウィーンとクリスマスは、最も華やかな街並みが楽しめる。



(1) BMA



(2) Baltimore Ravens



(3) Christmas