

厚生労働科学研究費補助金  
政策科学総合研究事業（臨床研究等 ICT 基盤構築・人工知能実装研究事業）

分担研究報告書

ロボット型内視鏡操作支援システムの AI による高度化と  
各種医療機器統合インターフェースとしての展開に関する研究

研究分担者 喜安 千弥 長崎大学大学院 工学研究科 教授  
園田 光太郎 長崎大学大学院 工学研究科 助教

研究要旨

本研究課題ではロボット型内視鏡操作支援システムに AI を搭載し、内視鏡の自動操作機能と術者支援機能を追加することを目指している。ロボット型内視鏡に理想的な術野を捉えさせるためには、撮像上の複数の部位それぞれの位置の変位に追従し、的確にロボット内視鏡に運動量を伝える必要がある。今年度は、内視鏡で検出した胆のう摘出手術の動画を対象として、指定した特定の部位の時間変位を柔軟に追従（トラッキング）する技術を開発し、生体豚を対象として胆のう摘出手術に適用する実験を行った。内視鏡画像をリアルタイムに処理して、制御信号をロボット型内視鏡に送り、目的とする部位を自動的に追従させながら、医師が胆のうを摘出することに成功した。

A. 研究目的

本研究課題の目的である“ロボット型内視鏡操作支援システムの AI による高度化”を達成するためには、内視鏡から得られる画像を適切に処理し、そこから得られる情報を内視鏡操作の支援に有効に利用する必要がある。この目的を達成するために、本年度は、内視鏡動画上の目的部位のトラッキングを阻害する、手術道具による遮蔽、臓器の照り、水蒸気の散乱に頑健な手法を開発し、それをロボット型内視鏡のリアルタイム制御に適用して、実験において有効性を確認することを目指した。

B. 研究方法

画像中の目的部位の時間的な変位に柔軟に対応してロボットに理想的な画像を捉えるよう指示するために、目的部位の時間的なトラッキング技術を開発する必要がある。特に内視鏡動画においては、鉗子等の手術器具による目的部位の遮蔽や、臓器の照りによる白飛び、水蒸気・血液等による光散

乱など、色を基準とした目的部位のトラッキングを阻害する外因に対して頑健な手法が求められる。

これらの外因は、色相のヒストグラムの分布形態によって識別することが可能であることを実証し、外因発生時にトラッキングを停止する措置を講じた。また、内視鏡カメラの画角に追従するために、オプティカルフローにより、移動量を推定した。

テンプレートを逐次的に更新しながらテンプレートマッチングによりトラッキングを行うにあたって、手術器具により対象が大きく遮蔽される場合に、テンプレートの更新を一時的に停止することにより、追跡の誤りを低減することができた。

これらのアルゴリズムを内視鏡ロボットの制御ソフトウェアに適用し、生体豚を用いた胆のう摘出実験を実施した。内視鏡画像上で目的とする部位を医師が指定すると、その部位に連続的に追従するようにロボットを制御することができた。また、本ソフトウェアを用いたトラッキングを適用しな

がら、内視鏡を操作する補助者を要せずに1名の外科医の施術のみで胆のうを摘出した。

(倫理面への配慮)

長崎大学の倫理審査の承認を受けるとともに、人体組織を対象として取得される画像データを研究に用いる場合には、個人情報が含まれないことに注意して実験を行った。

#### C. 研究結果

提案手法を用いることで、手術器具による遮蔽、臓器の照り、水蒸気による散乱の影響を軽減して、トラッキングを適切に行えることを、医療者によって取得された内視鏡動画上で確認した。さらに、共同研究グループが開発した内視鏡ロボットの制御ソフトウェアに本手法によるアルゴリズムを内蔵し、生体豚を用いて胆のう摘出実験を行った結果、ロボット内視鏡を利用して外科医1名のみで胆のうの摘出が可能であることを、実用に近いレベルで実証した。

#### D. 考察

生体豚に対するロボット内視鏡による実験で実用に近いレベルで実証されたが、照明反射の影響が極端に大きい場合においては、追跡の誤りが生じることもあり、また、奥行方向の動きには対応できなくなるなどの問題も確認された。実際の手術に適應できる実用的なシステムとするためには、これらの問題を解決してアルゴリズムをさらに頑健なものにする必要がある。

#### E. 結論

内視鏡画像をリアルタイムに処理して、ロボット型内視鏡を自動制御し、手術中において目的とする部位に追従させることができた。おおむね、実用に近いレベルで、ロボットによる内視鏡操作が可能となった。

#### F. 健康危険情報

なし

#### G. 研究発表

1. 論文発表

なし

#### 2. 学会発表

1) 海野佑弥、園田光太郎、小坂太一郎、江口晋、喜安千弥

カメラ移動に頑健な内視鏡画像上の胆のうのトラッキング

第36回計測自動制御学会センシングフォーラム、vol.36、pp.204-209、(2019.8)

#### H. 知的財産権の出願・登録状況(予定を含む。)

1. 特許取得

なし

2. 実用新案登録

なし

3. その他

なし