

2021年度 独創的研究助成費 実績報告書

2022年3月28日

報告者	学科名	人間情報工学科	職名	准教授	氏名	小枝正直
研究課題	内視鏡カメラ位置姿勢推定システム「ラパロSLAM」の開発					
研究組織	氏名	所属・職		専門分野	役割分担	
	代表	小枝正直		人間情報工学科・准教授	画像処理, コンピュータビジョン	
	分担者					
研究実績の概要	<p>腎臓がんは国内で年間約1万人が発症する。主な術式としては腎臓全体を摘出する根治的腎摘除術と、腫瘍のみを摘出する腎部分切除術があり、腫瘍の数や大きさ、位置等に応じて選択されるが、機能温存のためには後者が適用される。腎部分切除術の場合、腎動脈をクランプして一時阻血して切開するが、長時間の阻血は正常組織の壊死を引き起こすため、阻血時間短縮が重要であり、腎部分切除術の評価指標では、温阻血時間25分以下が望ましいとされている。2016年4月から、ロボット支援腹腔鏡下腎部分切除術(RAPN)が保険適用となり、RAPNが急増した。手術支援ロボットda Vinciではステレオ内視鏡と6自由度鉗子が利用可能ではある。しかし、個人差はあるものの、対象臓器までの到達、腎動脈の特定、腫瘍の発見、切除ラインの決定等の準備作業に100分程度、阻血・腫瘍切除・縫合・阻血解除に20分程度掛かるのが実情で、評価指標以下ではあるものの、患者の負担軽減のために更なる時間短縮が求められている。我々は2014年から京都大学病院の医師らと共同して、RALNサポートシステムを開発してきた。本システムは、SLAMを応用して内視鏡カメラ位置姿勢を計測し、AR(拡張現実感)でサポートするものであるが、内視鏡映像には手術特有の様々なノイズにより、カメラ位置姿勢計測が不安定となる場合がある。</p> <p>現在のところ判明しているSLAMを不安定化させる主な要因としては、①内視鏡カメラの高速な移動、②内視鏡カメラのレンズ汚れ、③内視鏡カメラ映像内に映った鉗子等のツールの動作、④生体部位の拍動等による動き、であることが判明している。これらのノイズを除去することで、高精度・高安定なカメラ位置姿勢推定が実現できると考えている。本研究では特に③、④のノイズに対して注力した。</p>					

※ 次ページに続く

<p>研究実績の概要</p>	<p>図 1 は RAPN における実際の内視鏡映像の一部であり、背景に生体部分、左下と右上に手術器具（鉗子、ハサミ）が映っている。我々のシステムでは、特徴点ベースの SLAM (ORB-SLAM2) を応用しており、カメラ姿勢推定のためには生体部分上の特徴点のみ処理することが望ましい。しかし、内視鏡映像には当然ながら激しく動作する手術器具が映り込み、手術器具の上にも特徴点が多数現れる。この特徴点が不安定の一因である。これまでに、生体部分と手術器具部分を画像処理により分別する手法を試みたが、単純な閾値処理では高い効果は得られなかった。</p> <p>そこで、深層学習の一手法である U-net を用いたセマンティックセグメンテーションにより、生体部分と手術器具部分を分別する学習モデルと、機械学習の一つであるニューラルネットワークにより学習したモデルを作成した。これらのモデルを用いて、手術器具とラベル付けされた領域の特徴点が排除可能であることを確認した。また Image Inpainting による画像処理により、内視鏡映像から手術器具部位を除去する手法も試みた。また、ロボット開発プラットフォームである ROS (Robot Operating System) 環境で不要特徴点排除と SLAM 処理を行い、その結果をゲームエンジンである Unity に送信することで、AR 手術サポートシステムを開発した。</p>  <p>図 1 生体部分と手術器具が混在した内視鏡映像の例。</p>
<p>成果資料目録</p> <p>（成果資料等があれば添付すること。）</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 佐久間 涼太, 箱谷 知輝, 小枝 正直, 濱田 彬弘, 澤田 篤郎, 小川 修: “SLAM ベースの AR 内視鏡手術サポートシステムの精度向上を目的としたニューラルネットワークによる特徴点判別”, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会 2021 (ROBOMECH2021), 1P2-C05, 2021. 6. 2. 箱谷 知輝, 佐久間 涼太, 小枝 正直, 濱田 彬弘, 澤田 篤郎, 小川 修: “画像特徴点ベースの SLAM の精度向上を目指したセマンティックセグメンテーションによる不要特徴点排除”, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会 2021 (ROBOMECH2021), 1P2-C06, 2021. 6. 3. 海原 優斗, 小枝 正直: “不要特徴点排除のための ImageInpainting による内視鏡カメラ映像内の手術器具除去”, 2021 年度 (第 72 回) 電気・情報関連学会中国支部連合大会, 2021. 10. 4. 海原 優斗, 城 聖人, 小枝 正直: “画像処理による ORB-SLAM の不要特徴点フィルタリングを加えた AR 手術サポートシステム”, 情報処理学会 第 84 回全国大会 (IPSJ84) 講演論文集, 1ZM-03, 2022. 3.