

プログラム名：バイオニックヒューマノイドが拓く新産業革命

PM名：原田 香奈子

プロジェクト名：PJ.2 スマートアーム

委 託 研 究 開 発

実 施 状 況 報 告 書 (成 果)

平 成 2 9 年 度

研究開発課題名：

医療スマートアーム システム統合

研究開発機関名：

国立大学法人東京大学

研究開発責任者

光石 衛

I 当該年度における計画と成果

1. 当該年度の担当研究開発課題の目標と計画

医療スマートアームは（１）プラットフォーム、（２）操作インターフェース、（３）スマートツールおよびセンサ統合スマートツールの要素から構成される。本課題では、当該プロジェクトにて各研究開発機関より提供されるこれら要素を統合する。脳神経外科、眼科それぞれの領域において、人体を精密に再現するバイオニックヒューマノイドに対して精密な組織のハンドリング、処置を可能とするシステムを構築することを目的としている。

当該年度では、平成28年度に第一統合を行った試作システムについて、より高度な統合によってなされる操作者スキル支援機能を開発し、その効果を検証することを目的とした。具体的には、統合されたシステムにより高度な知能化を施すため、狭小空間におけるスマートアームの自動制御などの高度な制御や操作者の技能抽出手法を開発し、評価を行うことを目標とした。

2. 当該年度の担当研究開発課題の進捗状況と成果

2-1 進捗状況

システム統合については、毎月開催される Pj.2 会議にて各機関とのすり合わせを行い、順調にシステム統合を進めた。Pj.2 参加機関より操作インターフェース及びセンサ統合スマートツールが提供され次第、最終的な統合を行う準備が整った。

システム統合と並行して研究した操作者スキル支援機能については、主に（１）狭小空間でのスマートツール位置制御自動化、（２）提案する制御手法を評価するためのシミュレータ、（３）顕微鏡画像処理による手術スキルの抽出、を実施した。これらの研究は毎月開催する脳外科ミーティング、眼科ミーティングにおいて Pj.3 メンバーである脳外科医・眼科医らの評価を受けながら進めた。また、（３）は Pj.2 メンバーであるレンヌ大学との共同研究により実施した。

2-2 成果

（１）狭小空間でのスマートツール位置制御自動化

脳外科の経鼻的アプローチでロボット手術を行うためには、鼻孔から術具と内視鏡を挿入し、狭小の鼻腔内でタスクを行う必要がある。そこで、術具シャフト同士の衝突、及び術具と周辺生体組織との衝突を回避するための自動衝突回避のアルゴリズムを開発した。シミュレーションにおいて経鼻脳外科手術の作業空間を模したワークスペースを作成し、そのスペース内にて開発したアルゴリズムの評価を行い、3.5 mm の術具シャフトが自動で衝突回避できることを示した（図 1, 2）。

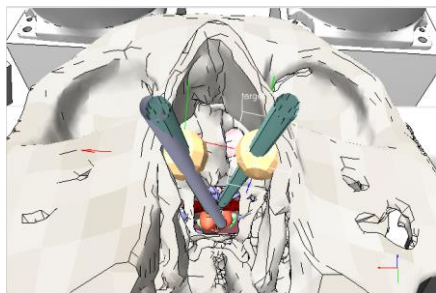


図 1. 鼻孔における術具挿入点の拘束



図 2. 自動衝突回避の例

眼科においては、2次元の顕微鏡画像を用いて術具を眼底に正確に位置決めする必要がある。そこで機械学習を用いて術具先端及びその影を検出し、術具先端の位置と影の先端が一致するように術具を移動させることで奥行方向（眼底方向）の自動位置決めを実現した（図3, 4）。模擬眼底を用いた実験の結果、100%の成功率で模擬眼底に接触することなくロボットを自動で位置決めできることを示した。

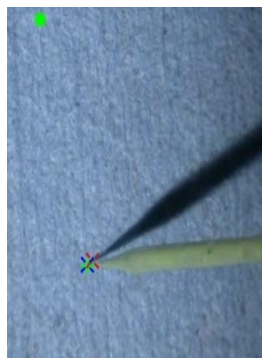
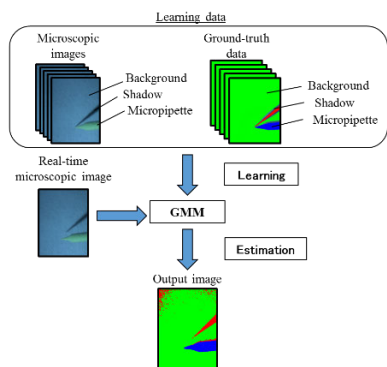


図3. 機械学習を用いた術具先端の影の検出

図4. 影を用いた自動位置決め

(2) 提案する制御手法を評価するためのシミュレータ

狭小空間での手術タスクは極めてチャレンジングであるため、実機を用いた新しい制御アルゴリズムの検証にはロボットの実機破損のリスクが伴う。そこで、実装前に提案する手法を評価することを目的としてシミュレータを開発した（図5, 6）。血管モデル及び縫合針モデルの実装を終えており、今後、術具（ツール）モデルなどの実装を行い、ロボット制御手法などの評価を行っていく予定である。

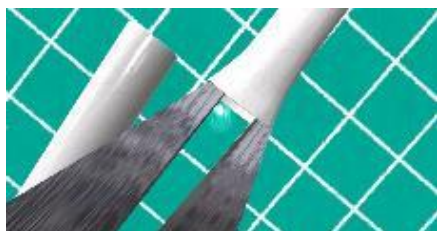


図5. シミュレータによる血管の変形再現の例

図6. シミュレータによる血管吻合

(3) 顕微鏡画像処理による手術スキルの抽出

フランスのレンヌ大学と共同で手術スキル抽出の研究を実施した。スキル抽出の手段として縫合針の挙動に注目し、顕微鏡画像から針を自動で検出して追跡するアルゴリズムを開発した。既存手術ロボットによる血管吻合の動画を用いて開発したアルゴリズムの評価を行い、針の一部が遮蔽される場合も正確に針を検出可能であることを示した。今後はロボットの軌道データと合わせて針の位置データを学習し、スキルの検出につなげる予定である。

2-3 新たな課題など

- ・様々なスキルレベルの画像データからでも、非常にチャレンジングなタスクに関する有用な情報のみを抽出する必要がある。

3. アウトリーチ活動報告

なし。