

研究種目： 基盤研究(S)
研究期間： 2006～2010
課題番号： 18106005
研究課題名(和文) コンパクト型手術ロボットと最小侵襲手術とを統合する医用 CAD/CAM システム
研究課題名(英文) A Medical CAD/CAM System for Minimally Invasive Surgery Using a Compact Surgical Robot
研究代表者
光石 衛(MITSUISHI MAMORU)
東京大学・大学院工学系研究科・教授
研究者番号：90183110

研究分野：工学

科研費の分科・細目： 機械工学・知能機械学・機械システム

キーワード： ロボット・サージェリ，医用 CAD/CAM システム，低侵襲手術

1. 研究計画の概要

(1) 医師による手術では，経験と勘により遂行される．ロボティック・サージェリの実現にはこれらの暗黙知要素をデータ化する必要がある．また，手術室に適用可能な小型・軽量ハードウェアの開発も重要である．

(2) 本研究では，上記のような背景を踏まえ，医師の経験や勘をロボット動作のデータに反映させる方法として，CT や MRI の医用画像から構成される患部モデルをもとに低侵襲手術計画から動作データを生成する医用 CAD / CAM システム，術中に手術計画の遂行をガイドする手術ロボット用ナビゲーション・システム，低侵襲手術を支援する手術ロボットの開発を行う．

2. 研究の進捗状況

(1) 最小侵襲医用 CAD / CAM システム

人工関節置換術を対象として，最小侵襲化のためのロボティック・サージェリのフローを明確化するとともに，システム構成，機能を策定した．この仕様に基づき，工具と患部周囲組織の干渉回避のための手法を提案し，また，術中の周囲組織位置を把握することによってエンドエフェクタ進入不可領域を表現する方法について実装した．

(2) 最小侵襲手術のためのレジストレーション・システム

最小侵襲手術では低切開のため，術中の限られた情報を利用してレジストレーションを遂行する必要がある．このため，座標測定器で直接計測可能なレジストレーション点を臨床学的に選定するとともに，サーフェイ

ス情報を用いる手法を確立し，その精度を評価した．手の外科手術では，特定の骨の直接計測と X 線レントゲンによる簡易的な方法により補完的な情報を取得する手法(2D-3D 手法)を開発した．

(3) 人工関節置換術支援システム

コンパクト型ロボット要素を組み込んだ骨切除ロボットを開発した．このロボット，および，医用 CAD/CAM システム，レジストレーション・システムを統合した総合的な人工関節置換術支援システムを構築し，人体標本を用いた評価実験を行い，良好な結果(誤差 2 度，2 mm 以下)を得た．

(4) 内臓系低侵襲手術支援システム

医師の要求する機能から仕様を決定し，ロボットの設計・製作を行った．また，機械要素部品を軽量化するために，ガイド等の可動部品をアルミ合金の使用と特殊金属の溶射による方法を考案した．このロボットを用いて 2008 年 3 月にタイと九州を結んだ遠隔低侵襲手術実験を行い，豚の胆嚢摘出手術に成功した．

(5) 脳神経外科手術支援システム

ハイビジョン TV カメラ付顕微鏡と鉗子との干渉を避けるため，中に複数のワイヤが通過していても動作可能なオフセット鉗子を開発した．また，ピーク材を用いて軽量化を図ったマスタマニピュレータを開発した．このマスタマニピュレータの特徴は，スレーブマニピュレータに並進動作のみを動作させたい場合には手首を動かす必要がないといったより自然な動作入力が可能であること

である。構築したシステムにより深さ 60mm にある直径 0.8mm の血管のバイパス手術に成功した。

3. 現在までの達成度

当初の計画以上に進展している。

(理由)

最小侵襲医用 CAD/CAM システムにおいては、仕様策定およびシステム構築が行われ、既に人工関節置換術支援ロボットとの統合が完了している。現在は、評価システムが構築され人体標本を用いた総合試験が行われている。これは当初計画した通りである。また、レジストレーション・システムにおいては、レジストレーション、および、ナビゲーション・システムの一連の構築が完了しており、エンドエフェクタの侵入不可領域指定も可能となっている。これも当初の研究計画の通りである。

各コンパクト型手術ロボットにおいては、人工関節置換術支援システムは、ロボットの開発のみならず、CAD/CAM システムおよびレジストレーション・システムとの統合が完了している。また、剛性を向上させるための改造も行っている。手の外科手術支援システムは、ロボットの開発の後、レジストレーション・システムとの統合を行っており、一連の総合システムが完成している。内臓系低侵襲手術支援システムは、初年度には設計に時間を要したものの、システムの完成後、遠隔手術実験を行うまでに完成度が高まっている。また、手術シナリオの抽出が可能になっており、当初の計画以上に進んでいる。脳神経外科システムにおいては、深部脳神経外科手術ロボットの開発を行った後、眼科、形成外科にも使用可能な汎用型微細手術ロボットの開発を行っている。さらに、小児外科への領域でも使用可能な新しい鉗子マニピュレータの試作を行っており、当初の予定以上に進んでいる。このように、コンパクト型手術ロボットの開発においては、予定以上のロボットの開発を行っており、成果も予定以上となることが期待される。

4. 今後の研究の推進方策

(1) 術前に術後結果が予測可能なシミュレータの開発を行う。また、術前計画データと術後評価システムの結果・データを統合し、医師に有益な情報として提示するための手法を確立する。これにより、医師は術前に術後結果を想定し、最良の成果が得られるように術前計画を事前修正することが可能になる。

(2) コンパクト型手術ロボットの改良を行う。複数の領域(科)にまたがって使用できる手術ロボットの構築を試みる。

5. 代表的な研究成果

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 30 件)

Mitsuishi,M., Sugita,N., Fujiwara,K., Abe,N., Ozaki,T., Suzuki,M., Moriya,H., Inoue,T., Kuramoto,K., Nakashima,Y. and Tanimoto,K., "Development of a Medical CAD/CAM System for Orthopedic Surgery," *CIRP Annals.*, vol.56/1, pp.405-410, 2007.

Mitsuishi,M., Sugita,N., Pitakwatchara,P., "Force Feedback Augmentation Modes in the Laparoscopic Minimally Invasive Telesurgical System," *IEEE/ASME Trans. on Mechatronics*, Vol.12, No.4, pp.447-455, 2007.

Koizumi,N., Warisawa,S., Hashizume,H. and Mitsuishi,M., "Continuous path controller for the remote ultrasound diagnostic system," *IEEE/ASME Trans. on Mechatronics*, Vol.13, No.2, pp.206-218, 2008.

[学会発表](計 78 件)

[図書](計 1 件)

光石衛, 小泉憲裕, 他, "医療のためのロボット基礎技術," 医療ナノテクノロジー-最先端医学とナノテクの融合, 片岡一則(監修), 医療ナノテクノロジー人材養成ユニット(編集), ISBN978-4-903453-05-7, 杏林図書, 2007.10.15.

[産業財産権]

出願状況(計 3 件)

名称: 手術支援装置

発明者: 光石衛, 中島義和, 杉田直彦, 斎藤季

権利者: 同上

種類: 特許

番号: 特願 2008-146457

出願年月日: 2008.6.4.

国内外の別: 国内

取得状況(計 2 件)

名称: 手術支援装置

発明者: 光石衛, 玉置泰裕

権利者: 同上

種類: 特許

番号: PCT/JP2008/072004

出願年月日: 2008.12.4.

国内外の別: 国内

[その他]

ホームページ

<http://www.nml.t.u-tokyo.ac.jp/>