

令和元年5月23日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K11674

研究課題名(和文) ロボットビジョンと拡張現実ディスプレイを統合した次世代手術支援ロボットの高度化

研究課題名(英文) Advancement of next generation surgical robots which integrates robot vision and augmented reality display

研究代表者

末永 英之 (SUENAGA, Hideyuki)

東京大学・医学部附属病院・講師

研究者番号：10396731

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：人的要因(外科医の技量と経験)は、口腔顎顔面外科の正確性と安全性に影響を与える。本研究では、手術に及ぼす人的要因の影響を軽減するためのインテリジェントな手術システムを開発することを目指して、手術ナビゲーションシステムとロボットの両方を統合した。本研究は外科医の支援と監視の下で手術を実施することを目的とした自律型手術支援システムを提案した。姿勢検出能力を試験し、操作性を評価するために3次元プリンタによる下顎モデルで切削実験を行った。ソフトウェアおよびハードウェアの精度は許容範囲であり、位置決め精度におけるより良い性能を達成するためにさらなる改善が必要である。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究により、生体内部の解剖学的な立体情報を含む手術環境全体の位置情報を可視化する高精度なロボット支援手術が可能となる。頭蓋顎顔面外科、脳外科領域のみならず、従来では実現が困難であった高精度な低侵襲手術や生体内深部の手術に広く展開できる可能性がある。低侵襲治療を大きく変貌させる可能性が高く、得られた成果は極めて広範な疾患の治療に有用なものとなる。提案されたシステムは、手術における外科医の役割を変え、将来の手術室の環境を再構成するかもしれない。

研究成果の概要(英文)：Human-related factors (skill and experience of surgeon) affect the accuracy and safety of the oral and maxillofacial surgery. In this study, we integrated both the surgical navigation system and the robot together, aiming to develop an intelligent surgical system to decrease the human-related factors influence on the surgery. This study proposed an autonomous surgical system aiming to conduct the surgery under the assistance and surveillance of the surgeon. A drilling experiment was conducted on 3D printed mandible models to test the pose detecting capability and evaluate the operational performance. The accuracy of software and hardware are acceptable and further improvement is needed to achieve a better performance in positioning accuracy.

研究分野：外科系歯学

キーワード：コンピュータ外科学

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

外科手術には三次元的な空間認識能力など、ヒトの能力では乗り越えられない壁が存在するため、医療の完成度は術者の技量に大きく依存している。特に、口腔領域は視野が制限され、解剖学的にも複雑な構造を有するため、立体的な空間認識と限られた空間と視野において微細な手術操作をする能力が重要である。

2. 研究の目的

本研究では、手術に及ぼす人的要因の影響を軽減するためのインテリジェントな手術システムを開発することを目指して、手術ナビゲーションシステムとロボットの両方を統合した。本研究は外科医の支援と監視の下で手術を実施することを目的とした自律型手術支援システムを提案した。

3. 研究の方法

手術支援ロボットに電動マイクロドリルシステムを取り付け、一定の加工力で3次元プリンタによる下顎モデルに対して切削試験を行い、姿勢検出能力、位置決め精度および駆動制限機構により駆動を制限させた場合に制限領域を超えて切削されないかを検証する。

4. 研究成果

高精細画像処理技術により物体認識を行うロボットビジョン（ロボットのための視覚機能）と拡張現実を統合し、拡張現実（現実環境にコンピュータを用いて情報を付加提示する技術）と駆動範囲制限機構を有した再現性の高い位置制御技術の融合を行った。見えないものを可視化する立体画像情報、画像処理技術と駆動範囲制限機構により制御されるヒトの手では実現困難な微細作業や深部の処置を可能とする次世代手術支援システムの基盤技術を構築した。駆動範囲制限機構を有した手術支援ロボットは、位置決め三自由度・方向決め三自由度を有し、駆動制限機構により駆動範囲を制限するよう設計にした。駆動範囲制限機構を構成する動きを制限するブロックは患者と手術内容に応じたものをCTデータより3次元プリンタによって作製したブロックを取り付ける設計にした。手術支援ロボットの細かい振動や意図しない動きをブロックすることが可能となり、患者と手術内容に合わせた制限と直視できない領域など限られた空間と視野においても、術前計画の通りに精密かつ安全な手術操作が可能となる。回転軸を採用することでわずかな切開から手術器具を挿入しても広い可動領域を確保可能な設計にした。ソフトウェアおよびハードウェアの精度は許容範囲であった。位置決め精度におけるより良い性能を達成するためにさらなる改善が必要である。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計5件)

1. Ma Q, Kobayashi E, Wang J, Hara K, Suenaga H, Sakuma I, Masamune K. Development and preliminary evaluation of an autonomous surgical system for oral and maxillofacial surgery. Int J Med Robotics Comput. doi: 10.1002/rcs.1997. (in press) 【査読有】
2. Wang J, Suenaga H, Yang L, Kobayashi E, Sakuma I. Video See-Through Augmented Reality for Oral and Maxillofacial Surgery. Int J Med Robotics Comput Assist Surg. 2017 Jun; 13(2): e1754. doi: 10.1002/rcs.1754. 【査読有】
3. Suenaga H, Taniguchi A, Yonenaga K, Hoshi K, Takato T. Computer-assisted preoperative

simulation for positioning and fixation of plate in 2-stage procedure combining maxillary advancement by distraction technique and mandibular setback surgery. Int J Surg Case Rep. 2016 Oct; 28:246-250. doi: 10.1016/j.ijscr.2016.10.004. 【査読有】

4. Suenaga H, Taniguchi A, Yonenaga K, Hoshi K, Takato T. Computer-assisted preoperative simulation for positioning of plate fixation in Lefort I osteotomy: A case report. J Formos Med Assoc. 2016 Jun;115(6):470-4. doi: 10.1016/j.jfma.2016.01.003. 【査読有】
5. Sato T, Suenaga H, Sugiyama M, Hoshi K, Takato T. Rare case report of huge Inflammatory Pseudotumor of the Mandible. J Oral Maxillofac Surg Med Pathol. 2016 May;28:222-227. <https://doi.org/10.1016/j.ajoms.2015.10.002> 【査読有】

〔学会発表〕(計7件)

1. 末永英之, 谷口明紗子, 久保田恵吾, 西條英人, 星和人: 深層学習に基づいた画像認識による人工知能手術支援システムの開発. 日本歯科医学会主催第34回歯科医学を中心とした総合的な研究を推進する集い, 2018年8月29日, 歯科医師会館, 東京
2. 末永英之, 久保田恵吾, 谷口明紗子, 大久保和美, 西條英人, 星和人: オトガイ形成術における術前シミュレーションに基づく位置決め法の精度. 第28回日本顎変形症学会総会・学術大会, 2018年6月14日, ナレッジキャピタルコングレコンベンションセンター, 大阪
3. 末永英之: シンポジウム(最先端 technology の口腔外科への応用)「コンピュータビジョンと拡張現実を用いたコンピュータ支援手術」第62回日本口腔外科学会総会・学術大会, 2017年10月20日, 国立京都国際会館, 京都
4. 末永英之, 谷口明紗子, 西條英人, 星和人, 高戸毅: 上顎骨延長術における術前シミュレーションを基にした上顎骨位置決め法の精度. 第71回日本口腔科学会学術集会, 2017年4月27日, ひめぎんホール, 愛媛
5. 末永英之, 谷口明紗子, 西條英人, 星和人, 須佐美隆史, 高戸毅: Le Fort I型骨切り術における術前シミュレーションを基にした上顎骨位置決め法の精度. 第26回日本顎変形症学会総会 2016年6月24日 学術総合センター(一橋講堂), 東京
6. 末永英之: トピックスレクチャー「インプラント手術支援を目指した拡張現実手術ナビゲーションシステム」第19回日本先進インプラント医療学会, 2016年9月4日, 学術総合センター(一橋講堂), 東京
7. 末永英之, 谷口明紗子, 米永一理, 西條英人, 星和人, 高戸毅: コンピュータビジョンによる手術ナビゲーション装置の三次元的な位置合わせ手法の検証. 第70回日本口腔科学会 2016年4月16日 福岡国際会議場, 福岡

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕

○出願状況(計2件)

名称: 手術ナビゲーションシステムおよび手術ナビゲーション方法並びにプログラム

発明者: 王君臣, 末永英之, 佐久間一郎, 小林英津子, 星和人

権利者: 国立大学法人 東京大学

種類: 特許

番号: 特許出願番号 2015-196791, 特許公開番号 2017-064307

出願年: 2015年

国内外の別: 国内

名称: Surgical navigation system, surgical navigation method, and program

発明者：Wang J, Suenaga H, Sakuma I, Kobayashi E, Hoshi K

権利者：国立大学法人 東京大学

種類：特許

番号：International Patent Application No. PCT/JP2016/077979, International Patent Publication No. WO/2017/057175, U.S. Patent Application No. US 15/765.303, U.S. Patent Publication No.US-2018-0280091-A1

出願年：2016年

国内外の別：国外

○取得状況（計0件）

〔その他〕

ホームページ等

<http://plaza.umin.ac.jp/~oralsurg/>

6 . 研究組織

(1)研究分担者

研究分担者氏名：谷口 明紗子

ローマ字氏名：TANIGUCHI, Asako

所属研究機関名：東京大学

部局名：医学部附属病院

職名：助教

研究者番号（8桁）：00744905