

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 4 日現在

機関番号：12601

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2012～2013

課題番号：24659886

研究課題名(和文) 三次元画像マッチング技術を統合したコンピュータビジョン立体映像手術支援システム

研究課題名(英文) The three-dimensional computer vision system for computer-assisted surgery unifying digital stereo image matching techniques

研究代表者

高戸 毅 (Takato, Tsuyoshi)

東京大学・医学部附属病院・教授

研究者番号：90171454

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,900,000円、(間接経費) 870,000円

研究成果の概要(和文)：三次元画像マッチング技術(コンピュータとカメラによる画像認識により物体の位置・姿勢の取得を行う)を統合したコンピュータビジョン手術支援システムにより、生体の内部構造を立体映像として実空間に表示した。三次元画像マッチング技術によりマーカーレス方式にて自動でレジストレーション(三次元CT画像と患者位置の空間的対応関係を求める処理)を行い、直視できない部位の空間的な位置関係を直接視覚的に認識可能とした。

研究成果の概要(英文)：By the computer vision operation support system unifying the three-dimensional image matching techniques (the position and posture of an object are captured by image recognition with a computer and a camera), the internal structure of an organism is displayed as a stereoscopic image in real space. The registration (the process of obtaining the spatial correspondence between the tridimensional CT image and the patient location) was automatically performed in a markerless method by the three-dimensional image matching techniques, to allow the spatial relationship of the directly invisible parts to be directly recognized visually.

研究分野：医歯薬学

科研費の分科・細目：歯学・外科系歯学

キーワード：コンピュータビジョン

### 1. 研究開始当初の背景

外科分野では、とくに三次元的な形態・位置・方向を正確に把握することが重要であり、治療結果に直結する。術者が直接見ることのできない部位を直接視覚的に認識するには、異分野における先進的技術の積極的な導入が不可欠である。

本研究では、三次元拡張現実感技術(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)により実空間上に浮かんで見える三次元 CT 画像とコンピュータビジョン技術による実在する物体(術野)との融合を行ない、次世代の立体映像手術支援システムの基盤技術の確立を行なう。

現在の手術ナビゲーション装置では、光学式トラッキングシステムを採用するメーカーが主流となっている。複数の CCD カメラを搭載したカメラユニットより赤外線フラッシュを発光し、器具に取り付けられた球形の反射素材(反射マーカ)で反射された赤外線情報を CCD カメラで認識し、視差を利用して反射マーカへの距離を認識する。

しかし、反射マーカの配置が必要で、赤外線カメラ・反射マーカ間に障害物があると認識できない。反射マーカに血液などが付着した場合に視認性が低下する。反射マーカ取り付け器具の緩みによる誤差などの欠点がある。反射マーカの三次元座標の計測誤差(トラッキングシステムの誤差)、対応点照合に基づく基準マーカ位置の不一致(レジストレーション誤差)、位置合わせ後の対象物の位置誤差がナビゲーション精度に直接影響し、手術中においては適時エラーの確認を行う必要があり、対応点照合に時間を要する。

本研究では、これまで行ってきた拡張現実感手術ナビゲーション技術をコンピュータビジョン技術と統合し、実空間の物体を三次元画像マッチングによりコンピュータにより画像認識させることでマーカ不要な手術ナビゲーションを開発する。また、三次元 CT 画像をモニターに表示するのではなく、拡張現実感技術により術野に表示することが特徴である。物体認識に用いる「マーカ」を必要とせず、物体そのものを高速認識して、動きに高速追従することで三次元空間を認識し、CT 画像情報を実空間に立体表示する。これによって、事前にマーカを配置しておくといった準備が必要なくなり、三次元的にリアルな CT 画像情報を、現実空間にリアルタイムで高精度に立体表示することが可能になる。

### 2. 研究の目的

外科医にとって、術野を素早く的確に認識する上で、視覚はもっとも重要な感覚である。さらに直接見ることのできない部位を直接視覚的に認識し、立体的な位置関係を正確に把握することができれば、手術を行う上で非常に有用である。本研究では、三次元画像マ

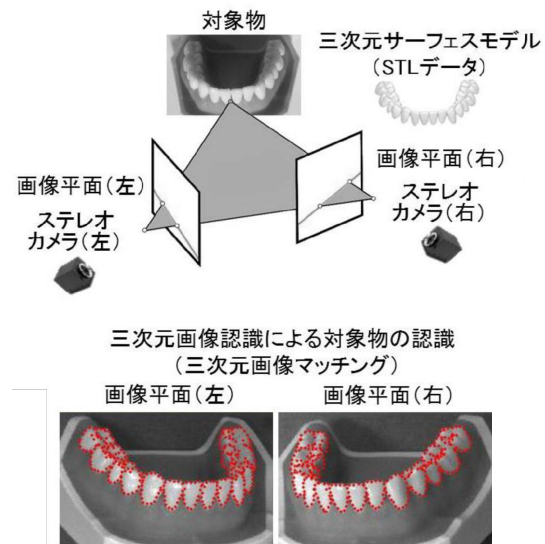
ッチング技術(コンピュータとカメラによる画像認識により物体の位置・姿勢の取得を行う)を統合したコンピュータビジョン手術支援システムにより、生体の内部構造を立体映像として実空間に表示する。三次元画像マッチング技術によりマーカレス方式にて自動でレジストレーション(三次元 CT 画像と患者位置の空間的対応関係を求める処理)を行い、直視できない部位の空間的な位置関係を直接視覚的に認識可能とし、ヒトの能力を越えた空間認識能力の実現を目指す。

### 3. 研究の方法

マーカレス立体手術ナビゲーションのための拡張現実感とコンピュータビジョンの統合の開発を行なった。標的である対象物を見ながら、リアルタイムにその内部構造を確認し、「今操作している位置が安全な箇所であるかどうか」「シミュレーションの計画通りに手術が進んでいるかどうか」など三次元的な標的位置精度、処理速度を評価し、画像誘導ナビゲーションシステムとしての有用性を検証した。

### 4. 研究成果

三次元画像マッチング技術を統合したコンピュータビジョン手術支援システムにより、生体の内部構造を立体映像として実空間に表示した。三次元画像マッチング技術によりマーカレス方式にて自動でレジストレーションを行い、直視できない部位の空間的な位置関係を直接視覚的に認識可能とした。



### 5. 主な発表論文等

(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4件)

Wang J, Suenaga H, Hoshi K, Yang L, Kobayashi E, Sakuma I, Liao H. Augmented Reality Navigation With

Automatic Marker-Free Image Registration Using 3D Image Overlay for Dental Surgery. IEEE Trans Biomed Eng 61(4) : 1295-1304, 2014, doi: 10.1109/TBME.2014.2301191 [査読有]

Wang J, Suenaga H, Yang L, Liao H, Kobayashi E, Takato T, Sakuma I. Real-time marker-free patient registration and image-based navigation using stereo vision for dental surgery. Lecture Notes in Computer Science 8090:9-18, 2013, doi: 10.1007/978-3-642-40843-4\_2 [査読有]

Suenaga H, Tran HH, Liao H, Masamune K, Dohi T, Hoshi K, Mori Y, Takato T. Real-time in situ three-dimensional integral videography and surgical navigation using augmented reality: a pilot study. Int J Oral Sci 5:98-102, 2013, doi: 10.1038/ijos.2013.26. [査読有]

齊藤健太郎, 末永英之, 杉山円, 宇波雅人, 大久保和美, 瀬戸一郎, 小笠原徹, 星和人, 森良之, 高戸毅. 革新的異分野技術を融合した歯科を主導とする次世代デバイス開発プロジェクト. 日本歯科医学会誌 31:39-43, 2012 [査読有]

[学会発表](計9件)

原一晃, 末永英之, 正宗賢. 駆動制限機構を有した口腔外科骨切り手術支援ロボット, 2014年度精密工学会春季大会, 平成26年3月18日-20日, 東京大学本郷キャンパス, 東京

原一晃, 末永英之, 正宗賢. 低侵襲口腔外科手術のための骨切りロボット開発 第23回ライフサポート学会フロンティア講演会 2014年2月28日-3月1日(東京理科大学葛飾キャンパス, 東京)

末永英之. コンピュータビジョンと拡張現実を統合した次世代型手術支援システム. 第4回バイオインテグレーション学会 イブニングセミナー, 2014年2月23日, 東京大学本郷キャンパス, 東京

長尾 淳史, 末永英之, 正宗賢. 拡張現実感技術を用いた口腔外科手術のための手術器具位置推定手法 日本生体医工学会関東支部若手研究者発表会 2013, 2013年11月23日, 東京工科大学蒲田キャンパス, 東京

末永英之. Computer assisted surgery in oral and maxillofacial surgery using

computer vision and augmented reality. 第58回日本口腔外科学会総会 第2回日独セッション, 2013年10月11-13日, 福岡国際会議場, 福岡

Wang J, Suenaga H, Yang L, Liao H, Kobayashi E, Takato T, Sakuma I. Real-time marker-free patient registration and image-based navigation using stereo vision for dental surgery. Medical Image Computing and Computer Assisted Intervention (MICCAI 2013), September 22-26, 2013, Nagoya, Japan, Nagoya University

末永英之, 杉山円, 瀬戸一郎, 西條英人, 小笠原徹, 星和人, 森良之, 高戸毅. コンピュータビジョンと拡張現実によるマーカーレス手術ナビゲーションシステム. 第57回日本口腔外科学会総会, 2012年10月19-21日, パシフィコ横浜 会議センター, 神奈川

末永英之, 杉山円, 宇波雅人, 瀬戸一郎, 大久保和美, 西條英人, 小笠原徹, 星和人, 森良之, 高戸毅. 三次元画像マッチングによるコンピュータビジョン立体映像手術支援システム. 第66回日本口腔科学会学術集会, 2012年5月17-18日 広島国際会議場, 広島

正宗賢, チャンフィーホワン, 桑名健太, 廖洪恩, 保坂晃弘, 宮田哲郎, 中島勸, 末永英之, 中川匠, 鈴木孝司, 村垣善浩, 山下紘正, 千葉敏雄, 守谷哲郎, 岩崎泰洋, 土肥健純. 患者・患部リアルタイム重ね合わせ実三次元表示システムの開発. 第51回日本生体医工学会大会, 2012年5月10-12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0件)  
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)研究代表者  
高戸毅 (TAKATO, Tsuyoshi)  
東京大学・医学部附属病院・教授  
研究者番号: 90171454

(2)研究分担者  
末永英之 (SUENAGA, Hideyuki)

東京大学・医学部附属病院・特任講師  
研究者番号：10396731

正宗 賢 (MASAMUNE, Ken)  
東京大学・情報理工学系研究科・准教授  
研究者番号：00280933

森 良之 (MORI, Yoshiyuki)  
東京大学・医学部附属病院・准教授  
研究者番号：70251296