

科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金）研究成果報告書

平成25年 5月31日現在

機関番号：12601
 研究種目：挑戦的萌芽研究
 研究期間：2011～2012
 課題番号：23659939
 研究課題名（和文）癌組織・センチネルリンパ節を可視化する蛍光拡張現実感ナビゲーション手術の開発
 研究課題名（英文）Development of the fluorescence augmented reality navigation surgery to visualize the carcinoma tissue and sentinel lymph node
 研究代表者
 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

研究成果の概要（和文）：

癌に対する外科治療において、原発巣の三次元的な浸潤範囲や転移リンパ節の部位を把握することはきわめて重要であるとともに、センチネルリンパ節の同定が容易にできれば治療成績は向上する。外科医の新しい目として腫瘍の存在する位置情報をリアルタイム三次元ディスプレイにより患者に重ね合わせて表示できれば、画像誘導手術の操作性を格段に向上させると考えられる。本研究では、最新の拡張現実感技術・蛍光造影法・画像センシング技術を導入して、肉眼的に明らかでない原発巣の進展範囲や転移巣を実空間で立体的に視覚化する基盤技術の開発を行なった。実空間での位置計測のために高精度 CCD カメラによるマシンビジョンシステムを用い、空間座標を特定して空間的な位置関係を精確に一致させるシステムを確立した。

研究成果の概要（英文）：

In cancer-related surgeries, while it is extremely important to three-dimensionally ascertain the invasion extent of primary tumor and the parts of involved lymph nodes, the easy identification of sentinel lymph nodes would improve the treatment results. If the information on the location where a tumor exists can be laid on top of a patient's image to be displayed on a real time three-dimensional display as a surgeon's new eyes, it is likely that the operability of image-guided surgery is improved markedly. In the study, we developed the fundamental technology to visualize the macroscopically unclear invasion extent and metastatic focus three-dimensionally in real space by introducing the newest augmented reality technology, fluorescence imaging method, and picture sensing technology. The system which specifies the space coordinates for accurate matching of a spatial positional relationship using the machine vision system with a high precision CCD camera for position measurement in real space was established.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
交付決定額	2,800,000	840,000	3,640,000

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：医用・生体画像、口腔外科学

1. 研究開始当初の背景

悪性腫瘍に対する外科治療において、蛍光

造影法は有用な術中診断法である。蛍光物質にはセンチネルリンパ節ナビゲーション手

術に用いられているインドシアニンググリーン(ICG)や、脳腫瘍の術中蛍光診断として用いられている 5-アミノレブリン酸 (5-ALA) などが用いられている。センチネルリンパ節ナビゲーション手術(SNNS)は、乳癌に対して、これまで長年にわたり行われてきた腋窩リンパ節郭清をセンチネルリンパ節生検結果によっては省略可能にするという画期的な治療法の開発につながり、患者に対して大きな恩恵をもたらした。頭頸部領域においては、未だ確立された手法となっていないが、頭頸部領域での症例も蓄積され、その有用性が報告されている。しかし、現在用いられている装置では、画像は二次元ディスプレイに表示され、二次元平面表示に過ぎないため、術者がこれを参照するためには術野から目を離す必要があり、円滑な手術操作は困難である。また、画像の三次元位置情報は、二次元ディスプレイに表示されるため、三次元位置情報の把握が直接的ではなく、さまざまな錯覚をおこしてしまい、どこを示しているか分からないといった現象が生じ、結局は自身の経験と技量に頼る手術となる。一方、最近の CCD カメラの高画素化や最近のコンピュータグラフィックス演算処理テクノロジーの急速な進歩により、画像センシング・三次元映像処理・マシンビジョン・拡張現実感技術などの様々な分野への応用が進んできている。

悪性腫瘍に対する外科治療において、原発巣、転移リンパ節、センチネルリンパ節など切除すべき部位の確実な把握のために効率的かつ効果的に患者の体内の様子を知ることが求められる。造影 MRI・CT などにより、術前の画像検査で腫瘍の大きさを推定できるが、実際の手術においては、腫瘍を視覚により区別ができず、腫瘍の浸潤範囲を立体的に把握することが困難である場合が多い。この問題を解決するためには、ヒトの肉眼では

見ることはできない可視光以外の赤外線領域を含めた分光画像などを用いて、患者の体内をリアルタイムに術野において把握する技術が必要である。

インテグラルビデオグラフィ立体画像表示システムは、独自の映像生成アルゴリズムを用いて三次元画像をリアルタイム作成し、特殊な眼鏡や視点追跡を用いることなく、インテグラルビデオグラフィディスプレイにて裸眼で実空間上において三次元像を視覚化することが可能である。本研究は、このような技術を口腔外科学分野に積極的に導入するという先端的な研究である。口腔癌において肉眼的に明らかでない原発巣の進展範囲、転移巣、センチネルリンパ節を蛍光拡張現実感ナビゲーションによって明らかにし、手術成績の改善を目指す。

拡張現実感技術とは、現実の環境から知覚に与えられる情報に、コンピュータが作り出した情報を重ね合わせ、補足的な情報を与える技術である。透過型のリアルタイム三次元ディスプレイにより、見ている対象物に関連する文字や画像、映像などを重ね合わせて表示することで、肉眼では見えない部分を見えるようにして、関連情報も表示できる。口腔外科学分野は、このような三次元映像処理による制御手法の特徴を生かせる分野であり、本研究では、これらの最先端技術を組み合わせ、口腔外科手術における術中ナビゲーションシステムとして、蛍光造影法に対する近赤外蛍光マシンビジョンを応用した拡張現実感ナビゲーション手術の開発を行なう。

2. 研究の目的

癌に対する外科治療において、原発巣の三次元的な浸潤範囲や転移リンパ節の部位を把握することはきわめて重要であるとともに、センチネルリンパ節の同定が容易にでき

れば治療成績は向上する。外科医の新しい目として腫瘍の存在する位置情報をリアルタイム三次元ディスプレイにより患者に重ね合わせて表示できれば、画像誘導手術の操作性を格段に向上させると考えられる。本研究では、最新の拡張現実感技術・蛍光造影法・画像センシング技術を口腔外科領域に導入して、肉眼的に明らかでない原発巣の進展範囲や転移巣を実空間で立体的に視覚化できるシステムを開発し、三次元的な位置関係を明瞭とする未来の新しい手術環境を実現することが目的である。

3. 研究の方法

蛍光造影法に対する近赤外蛍光マシンビジョンと拡張現実感ナビゲーションシステムの統合蛍光物質として ICG を用いてセンチネルリンパ節ナビゲーション手術に対するナビゲーションの基盤技術の開発を行なう。ICG 蛍光造影法では、レーザー光を励起光源として用い、近赤外光カメラをセンサーカメラとして用いる。実空間での位置計測のためには光学式位置センサーである Polaris やマシンビジョンシステムを用い、空間座標を特定して空間的な位置関係を精確に一致させ、インテグラルビデオグラフィ立体画像表示システムにより三次元画像を実空間に重畳表示する。インドシアニングリーンを含むファントムにて、標的位置誤差およびリアルタイム性を比較して評価する。近赤外蛍光マシンビジョンのインドシアニングリーンの同定の精度を評価するために、拡張現実感により映し出された三次元映像が、視覚的に現実空間のどこに認識されるか、計測点の平均値と標準誤差を求め、標的位置誤差を検証する。

4. 研究成果

複数の CCD カメラを用いて両眼立体視の

手法により対象の認識・位置把握を行い、非接触立体計測によって形状パターン認識するマシンビジョンの立体視システムは、複数の CCD カメラと同じ視野の中から 5-ALA を吸収した癌組織の蛍光染色を撮影するセンサーカメラから構成されるものである。蛍光映像画像合成処理・制御システムが装備されており、5-ALA を使った蛍光染色による癌組織の同定画像を、複数の CCD カメラによる実野像に合成して確認した。実空間での位置計測のためには光学式位置センサーである Polaris (NDI, Canada) と高精度 CCD カメラによるマシンビジョンシステムを用い、空間座標を特定して空間的な位置関係を精確に一致させ、インテグラルビデオグラフィ立体画像表示システムにより三次元画像を実空間に重畳表示した。本研究の基盤技術となる 5-ALA 蛍光造影法を用いた癌組織摘出手術用の立体視システムおよびインテグラルビデオグラフィ立体画像表示システムはこれらの先端技術を組み合わせて、術野に腫瘍の三次元的な位置や浸潤範囲を示す立体情報を提示する次世代の蛍光拡張現実感ナビゲーションシステムを開発した。本システムでは、5-ALA の蛍光染色による癌組織の同定画像を手術顕微鏡のハイビジョンカメラによる実野像に合成して表示した。画像センシング・三次元映像処理・マシンビジョン・拡張現実感技術などの革新的な技術の出現により、既存の外科手術では満たすことができない要求が実現されつつある。

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 0 件)

[学会発表] (計0件)

[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/index.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

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

(2) 研究分担者

瀬戸 一郎 (SETO ICHIRO)

東京大学・医学部附属病院・講師

研究者番号：30582390

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

杉山 円 (SUGIYAMA MADOKA)

東京大学・医学部附属病院・助教

研究者番号：90451814