

令和元年8月28日現在

機関番号：32202

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2015～2018

課題番号：15K15530

研究課題名(和文) 拡張現実を用いた新しい形の手術支援ナビゲーションシステムの開発

研究課題名(英文) A novel type of navigation system, using augmented reality

研究代表者

渡辺 英寿 (Watanabe, Eiju)

自治医科大学・医学部・研究員

研究者番号：50150272

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,800,000円

研究成果の概要(和文)：ナビゲーターは脳外科手術に不可欠だが、いくつかの問題もある。それらの問題を克服するために、全手術室追跡機能を備えた拡張現実型ナビゲーターを開発した。あらかじめMRI/CTから頭蓋内構造の3D画像を抽出。患者頭部を3D追跡されたタブレットPCの背面カメラで撮影し、3D画像を頭部の動画に重畳する。重畳は各方向から連続的に行い患者頭部が透けるように頭蓋内のオリエンテーションが得られる。ファントム実験での精度は約1mm。32例の腫瘍切除手術中の評価では精度約2mm、皮切、開頭位置決定、頭蓋内腫瘍の位置確認に有用であった。断面表示、トラクトグラフィーの表示、顕微鏡下の手術にも対応予定である。

研究成果の学術的意義や社会的意義

ナビゲーターは脳外科手術に不可欠となっているが、手術の円滑な進行を妨げるいくつかの問題がある。外科医は、術野の外にあるPCモニタに目をやり、術野に合うようにMRI/CTの方向を頭の中で回転させることが必要とされる。このような問題を克服するために、全手術室追跡機能を備えた拡張現実型ナビゲーションシステムを開発した。本システムの主な利点は、それが従来の点对点のナビゲーションとは対照的に3次元で直感的なナビゲーションが可能となった点にある。近い将来実用化される外視鏡システムや、ヘッドマウントディスプレイなどにもそのまま応用できる大きな利点がある。

研究成果の概要(英文)：Although navigator is indispensable for brain surgery, there are several difficulties which hinder a smooth process in surgeries. To overcome, we developed an augmented reality-based navigation system with whole-operation-room tracking. A tablet PC is continuously tracked by 3D tracking system(VICON). The patient's head is captured by the back-face camera of the tablet. 3D images of intracranial structures extracted from MRI/CT and are superimposed on the video image of the head. When viewed from various directions around the head, intracranial structures are continuously displayed with corresponding angles as viewed from the camera direction, thus giving the surgeon the sensation of seeing through the head. A phantom study showed a spatial resolution of about 1 mm. The present system was evaluated in 32 patients who underwent tumor resection surgery, and we showed that the system is useful for planning skin incisions as well as craniotomy and the localization of intracranial tumors.

研究分野：脳神経外科

キーワード：脳外科手術 オリエンテーション 拡張現実 MRI CT ナビゲーション手術

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

1. 研究開始当初の背景

手術支援ナビゲーターは現在脳外科の手術に欠かせない手術誘導システムとして定着し保険収載もされている。このシステムは術者が手に持ったプローベで術野を指し示すことで、その場所をMRI画像の上にマーカーで示す装置である。この機能を活用することによって術者は見通しの悪い脳内でも、的確に術中のターゲットに到達することができ、手術の質と効率を大幅に向上させることができるようになった。申請者の渡辺はこの装置を世界に先駆けて開発した。市場には、すでに様々なナビゲーターが高機能な3D表示機能と統合して市販されているが、プローベの位置を示すという点では基本的な仕様は同じである。したがって術者は術野とモニターの間で視線を往復させなければならず全体を俯瞰することも難しく、さらにモニター上に表示された方向も術野とは全く異なるため、実際に進むべき方向も術者が考えなければならないという不都合を内包していた(図*)。

2. 研究の目的

本研究では上記の不具合を一気に解消するため、近年のコンピューター技術の発展とともに可能となった仮想現実手法(AR)を導入して、プローベで指し示さなくても術者が頭部を見るだけでそのまま内部構造が透けて見えるようなシステムを構築し、これによりきわめて直感的な形でナビゲーションを行うシステムの開発に挑戦した。

3. 研究の方法

新しいナビゲータの構造と動作原理

まずカメラ付きタブレット型モニターを用意し、これに光学リファレンスを取り付けた。また、手術室に複数台のカメラで構成するモーションキャプチャーシステム(VICON® OXFORD社)を設置した。これにより、タブレットの空間位置をモーションキャプチャーで常時検出し、カメラの視線を演算する(図*)。あらかじめDICOM編集ソフト(Amira FEI社)でMRI、CT等の診断画像から作成した3D画像(obj形式)を作成する。本研究にて開発した制御用プログラム(Unity technologies社のUnity Proで作成)で、タブレットカメラからのビデオ画像の上に3D画像をリアルタイムで重畳することができる(図2)。これにより、タブレットで頭部を写すと、頭部があたかも透けて見えるかのように腫瘍や血管などの頭蓋内構造物が表示されることとなる(図4)。これが本装置のAR技術の原理である。

さて、手術室では患者頭部を固定したのち、専用プローブを用いて、解剖学的なランドマーク(ナジオン、両耳、ナジオンから設定された直線距離で正中線上の点の4点)に基づいて頭部位置をレジストレーションする。その後はタブレット上に3D画像が実写風景上に重畳される。

さらに顕微鏡にも高額マーカーを設置すれば、タブレットを用いたマクロでのナビゲーションからそのまま顕微鏡ビデオ画面にマイクロ下のナビゲーションがそのまま移行可能である。

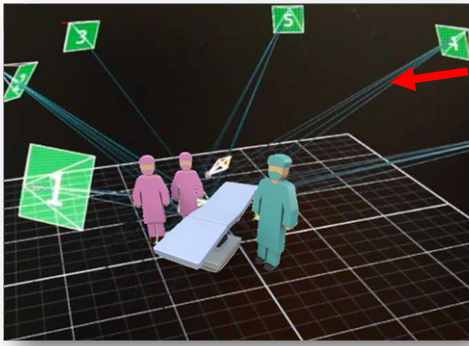


図 1



図 2



図 3

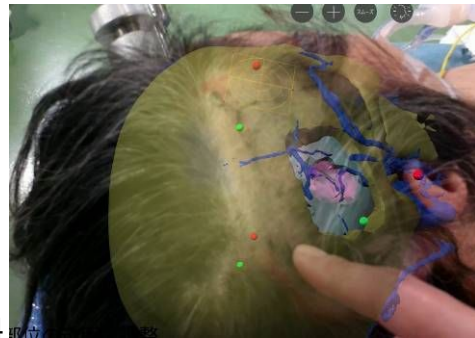


図 4

4. 研究成果

まずこの装置で空間的な精度をファントムを用いて検証した。総合的な精度は2mm以内であり、ナビゲータとしての実用精度が確保できていることを確認した。次いで、倫理委員会の規定に沿ったフォーマットで患者の承諾を得たのちに、実際の手術中で検証を行った。32例の臨床例でのまとめとして、臨床的な精度は2.5mmであり、十分な精度が確保されていることが確認された。

その後、様々な付加的な開発を行った。

- 1) 顕微鏡下での試用を試み、ある程度の成果を得たので次なるステップへの結果となった。(図5)
- 2) トラクトグラフィーを表示することも可能とし、神経線維の走行をとらえながら、脳機能マッピングを加味した手術にも応用が可能となった。(図6)
- 3) 奥行方向を的確にとらえるためには従来の断面図を用いる方法も総合的に表示する必要を認めたため、プローベで指示した点に対応するCT/MRI断面が奥部内部に見たままの角度で表示されるようソフトウェアを追加開発した。(図7)

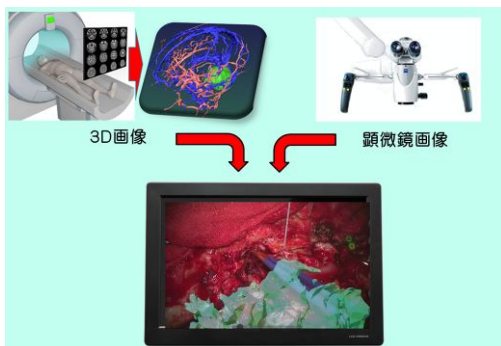


図 5 顕微鏡画像の上に腫瘍の3D画像（緑）が重畳して表示



図 6

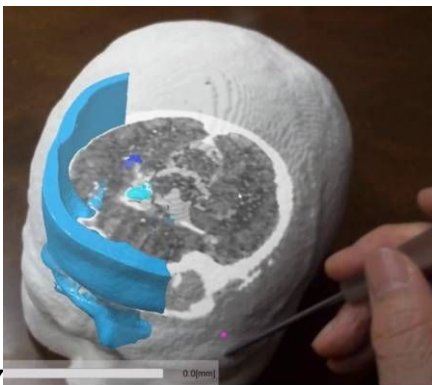


図 7

5 . 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 1 件)

Eiju Watanabe, Makoto Satoh, Takehiko Konno, Masahiro Hirai, Takashi Yamaguchi, The Trans-Visible Navigator: A See-Through Neuronavigation System Using Augmented Reality. World neurosurgery 87 (2016): 399-405. 査読あり

〔学会発表〕(計 9 件)

1. 佐藤信、中嶋剛、宮田五月、山口崇、益子敏弘、川合謙介、渡辺英寿、拡張現実型ニューロナビゲータの使用経験と鏡視下手術への展開、第 27 回脳神経外科手術と機器学会、2018 年 4 月 13 日：奈良
2. 佐藤信、渡辺英寿、拡張現実型を用いたナビゲータ-Trans-Vsible Navigator の開発と鏡視下手術への展開、第 18 回日本術中画像情報学会、2018 年 6 月 9 日：軽井沢
3. 佐藤信、渡辺英寿、拡張現実型ニューロナビゲータ-Trans-Visible Navigator の開発：真に実用的なシステムを目指して、第 77 回日本脳神経外科学会学術総会、2018 年 10 月 12 日：仙台
4. 佐藤信、渡辺英寿、川合謙介、拡張現実を用型ニューロナビゲータの使用経験と鏡視下手術への展開.第 76 回、日本脳神経外科学会学術集会,名古屋,2017 年 10 月 12 日.
5. 佐藤信、渡辺英寿、川合謙介、内頸動脈閉塞による急性期脳梗塞を伴った下垂体卒中の 1 例.第 132 回日本脳神経外科学会関東支部学術集会,東京,2017 年 4 月 8 日.
6. 佐藤信、渡辺英寿、拡張現実を用いた新型ニューロナビゲータの臨床応用と今後の展開.第 17 回日本術中画像情報学会,鹿児島,2017 年 3 月 2 日.

7. 佐藤信,中嶋剛,金子直樹,山口崇,平井真洋、渡辺英寿,川合謙介、拡張現実とモーションキャプチャーを用いた新型ニューロナビゲーターの開発とその臨床応用. 第 25 回脳神経外科手術と機器学会,新潟,2016 年 3 月 25 日.
8. 佐藤信,中嶋剛,平井真洋,山口崇,渡辺英寿,川合謙介: 拡張現実を用いた新型ニューロナビゲーターの臨床応用と有用性.日本脳神経外科学会第 75 回学術総会,福岡,2016 年 9 月 30.
9. 佐藤信,大谷啓介,渡辺英寿,川合謙介,五味玲:拡張現実型ニューロナビゲーション Trans-Visible Navigator の小児への応用.第 34 回日本こども病院神経外科医会,札幌,2016 年 11 月 6 日.

〔図書〕(計 件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 件)

名称:

発明者:

権利者:

種類:

番号:

出願年:

国内外の別:

取得状況(計 件)

名称:

発明者:

権利者:

種類:

番号:

取得年:

国内外の別:

〔その他〕

ホームページ等

6 . 研究組織

(1)研究分担者

研究分担者氏名: 益子敏弘

ローマ字氏名: Toshihiro Mashiko

所属研究機関名：自治医科大学

部局名：医学部

職名：准教授

研究者番号（8桁）：90275701

研究分担者氏名：山口崇

ローマ字氏名：Takashi Yamaguchi

所属研究機関名：自治医科大学

部局名：医学部

職名：准教授

研究者番号（8桁）：20245070

(2)研究協力者

研究協力者氏名：

ローマ字氏名：

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。