

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 5 月 25 日現在

機関番号：32653
研究種目：若手研究(B)
研究期間：2015～2016
課題番号：15K16340
研究課題名(和文) 執刀外科医の迅速意思決定を支援する病変モデルの空間投影表示インタフェースの開発

研究課題名(英文) Air projection and gesture based interface for three dimensional model manipulation assisting operating surgeon's intraoperative decision making

研究代表者
吉光 喜太郎 (YOSHIMITSU, KITARO)
東京女子医科大学・医学部・特任助教

研究者番号：00551326
交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 1,900,000円

研究成果の概要(和文)：内側に黒色アルマイトを施したアルミ製筐体内に固定した10インチタブレット端末の映像をAIプレートにて空中投影し、Intel RealSenseを用いて非接触ジェスチャー操作可能な空間投影装置の試作機を製作した。空間投影性能は、水平・垂直方向にそれぞれ ± 36 deg、 ± 38 degに画像認識性能を有する画像出力を可能であった。動作種は1)モデルをつまんで回転させる動作、2)モデルの拡大縮小をする2種類とした。本ジェスチャーインタフェースは脳神経外科血管内治療時に執刀医が未破裂脳動脈瘤に塞栓コイルを誘導する際に3次的にモデルを観察する際に使用し、2名の執刀医より有用な評価を得た。

研究成果の概要(英文)：This study proposed a newly gesture based interface using Intel RealSense to manipulate air projected three dimensional vascular model. The proposed displaying system allows operating neurosurgeons to manipulate a brain vascular three dimensional model in operative field with patient side by side for intraoperative quick decision making without using devices such as computer mouse. This air projector was made by aluminum with black colored alumite treatment and was fabricated with an image source; 10 inches tablet and AI plate for air projection. The projected image quality was satisfied with original resolution of 1280 x 800 and projected the model image into the air brightly enough in operating theater.

研究分野：医用工学

キーワード：空中投影 ジェスチャーインタフェース 術中情報 術中画像 RealSense AIプレート

1. 研究開始当初の背景

(1) 執刀医の手術中のストレス

外科手術時に何度と直面する重要な意思決定の場面で、執刀チームは病変部の医用画像を参照し手術戦略・外科操作を決断する。従来は現像されたフィルムが壁（シャーカステン）に掲げられ、参照時に執刀医は術野を離れて見に行っていたが、術野を離れることで外科操作のリズムが乱れるため術野を離れるストレスは手術に影響していた。近年では医用画像が電子カルテに格納されているが、術者は滅菌手袋を着用するため電子カルテに付属する非滅菌のキーボードやマウスを直接操作できない。そこで滅菌手袋を着用しない手術スタッフに口頭指示で医用画像の表示操作を依頼するが、その際「その次出して。あー、ちょっと待って行きすぎ、戻して。もっとこっち映して。」というやり取りは非常に頻繁であり、執刀医と手術スタッフの双方にストレスの大きい作業となるため前述に加え問題は更に大きくなっている。そのため、手術の意思決定に必要な医用画像データを術者の意のままに、術野や患者の側にいながらにして「非接触」で抽出・表示する技術が求められていた。

(2) 非接触直感操作型インタフェース“Opect”

我々はこれまでに Microsoft 社製 Kinect センサを用い、術野や患者の側にいながらにして「非接触」かつ「直感的」な手振り動作で操作できる非接触直感操作型インタフェース「Opect」を開発してきた。意思決定のために重要な画像情報をマウスやキーボードなど触らず、かつ患者の側を離れることなく操作し参照、手術戦略立案ができるため、手術効率・品質の大幅な向上に貢献するシステムである。この種の操作入力型インタフェースは国内外で幅広く研究開発されているが、製品化まで品質を高め実用したのは我々のグループが世界初であり、国内の脳神経外科、呼吸器外科、形成外科、歯科口腔外科等をはじめロシアの脳神経外科でも導入し 150 を越える症例実績があり、その有用性が示されている[1]。しかしながら操作方法は依然手を上下左右に動かす“コマンド入力型”であり、「手の上にある病変部位のモデルを回して眺める」程の直感性は実現できていない。

(3) 解決すべき問題点

執刀外科医は手術中に病変部にアプローチして手技を進める際に、MR や CT で取得した二次元の画像を自身の頭の中で三次元に再構築しシミュレーションを行って最終意思決定をしている。通常これらの二次元画像は手術室内据付のディスプレイやナビゲーション装置に提示される。ディスプレイは清潔環境である術野・患部近傍には設置できないため、実際の患部と見比べながらシミュレーションするのは困難である。拡張現実の技術を用いて患部に画像を重ね合わせて表示する手法が開発されているが、実装には大掛

かりな機材を導入する必要がありルーティーンの運用には不向きである。この問題は多くの医療機関で抱えている共通の課題である[2]。

2. 研究の目的

執刀外科医による外科操作の意思決定をより迅速に支援するために、「Opect」を基盤とし、患部があたかも空間に浮遊しているかのように空間投影した三次元モデルを、直感的に操作できるインタフェースを開発する。執刀外科医が患部を見る目線と同じ角度で術野近傍の空間上に提示される三次元患者モデルを「手のひらの上にある病変部位のモデルを回して眺める」レベルの直感性を実現する。更に解剖学的判断を下すために十分な光量と解像度を有した空間投影画像（投影輝度 1500 ルクス、解像度 690×480、応答性 0.2 秒以下）の構築を目指す。これにより執刀外科医は術野の病変部と、そのすぐ横の空間上に投影された病変部の三次元モデルを、並列して見比べて手術操作をシミュレーションし意思決定できる。当該インタフェースが迅速な意思決定を支援し、手術効率・品質の更なる向上に貢献する、という仮説を立証し評価する。

3. 研究の方法

(1) 空間投影法に関する反射材の検討

再帰反射シートは球面反射によって入射角に対し同方向に光を反射させる特性を持っている。そのため球面半径の大きさに依存し、半径が小さいほど空間に投影される像の解像度大きく鮮明になる。本項目では臨床環境における空間投影実現のために十分な輝度、解像度を射出することができる反射材を検討した。第一段階としてユニチカ社製の現状最小半径のビーズを用いた再帰反射シート使用し、空間投影を試行した。手術室環境光量下にて投影画像の輝度や解像度が解剖学的に臨床使用に耐え得る十分な画質（690×480）の射出が実現可能か検討した。

(2) 動作捕捉プログラムの作成

空間投影映像を操作するための動作の定義、およびそれらの動作を捕捉したときのシステム機能を組み合わせるアルゴリズムを作成した。従来行っていた手を上下左右に動かす“コマンド入力型”から、手のひらに乗せたボールを回転させるかのごとく直感的に三次元モデルを操作できるように、より直感的な動作を実現するジェスチャーインタフェース実現アルゴリズム構築を行なった。以下のジェスチャーを捕捉するプログラムを作成した。動作認識は Kinect v2 センサを用いた。Kinect v2 センサは操作者にセンサやマーカを貼り付けることなく操作者の動作を捕捉することができるのが最大の特徴であり、臨床環境において清潔性を担保できる。

1：手を握り“グー”の状態にして手を動か

すと、手の動きに応じて三次元モデルを回転できる。Kinect v2 に対して手を近づけたり遠ざけたりすると画像が拡大/縮小されて表示でき、組織内に入り込み様々な角度から病変組織を観察するフライスルー表現も可能にした。

2：手を開いて三次元モデルの表面に当てる、もしくは人差し指で三次元モデルをなぞると、その断面を表示でき、組織の解剖学的構造を確認できる。

動作捕捉アルゴリズムは当該研究の最重要項目である。なぜなら外科医が一秒でも早く手術を終わらせるために手技を進める中で、更なる外科操作の迅速化を支援するために、応答性や操作ステップ数等の些細な使用感さえも考慮し、外科医が満足し得る仕様としてユーザビリティに極めて優れている必要があるためである。ここでは執刀外科医によるインタフェースの評価を実施し、Opect を構築した際に実施した評価項目 [1] と同様に操作性、機能性、有用性、将来性について使用者アンケートを実施し検討した。臨床応用は脳神経外科における使用を行い執刀外科医からのフィードバックを得ることで症例特有の画像表示レイアウト、最適画像出射プロファイルを形成する。Opect 開発時に得た知見や経験からのノウハウを活かし、当該分野の先進性を確固たるものとする。

(3) 空間投影装置の製作

空間投影を実現するためのプラットフォームの機能試作を実施した。臨床導入を考慮し、軽量コンパクトな設計による空間投影の実現を目指した。

空間投影は映像元のディスプレイに映った映像をハーフミラー、および再帰反射シートを介して実装する。臨床への導入を前提とし、システムは可能な限りコンパクトに設計製作するため、ディスプレイ、ハーフミラー、再帰反射シートの最適配置、サイズを検討した。表示装置はアルミ・樹脂材を用いて試作し、機器の操作性、画像の機能性を評価した。ディスプレイには薄型のタブレットコンピュータを用いた。空間投影表現に関し、投影輝度、解像度、応答性に関する評価を実施した。特に輝度値、解像度に関し計測実験をし検討を深め、投影輝度 1500 ルクス、解像度 690×480、応答性 0.2 秒以下を目指す。計測結果を受け、必要に応じて機器の改良を実施した。

4. 研究成果

(1) 動作捕捉プログラムの作成

動作捕捉デバイスにはマイクロソフト社製 Kinect for Windows v2 センサを用い、センサに対し手をグーにして三次元医用モデルを回転、パーにして固定、近づけたり遠ざけたりするとモデルが拡大/縮小表示でき、加えて操作者がモデル内に入り込み様々な角度から生体組織を観察するフライスルーも可能にした。しかしながら Kinect は操作者

の体全体の動きから動作を同定するため必然的に操作者は画面から 3, 4 メートル離れなければならない。そこで新たに市販開始された Intel 社製 RealSense を用い動作捕捉プログラムを作成・検討した。RealSense を用いることで操作者はモデルに対し 1 メートルの近接位置で操作可能になったことから操作性の向上が示唆された。

(2) 空間投影法に関する反射材の検討

ユニチカ社製の再帰反射シートを使用した空間投影を実施した。その結果手術室環境光量下にて十分な輝度と解像度を有した投影画像が得られなかった。特に輝度については暗室にて投影画像が確認できるほどの品質であったため、代替案としてアスカネット社製の AI プレートを用いて投影するシステム構成に改良した結果、手術室環境光量下においても解像度 1280 x 800 の十分な輝度を有した画像を空間投影でき当初の目標を達成できた (図 1)。

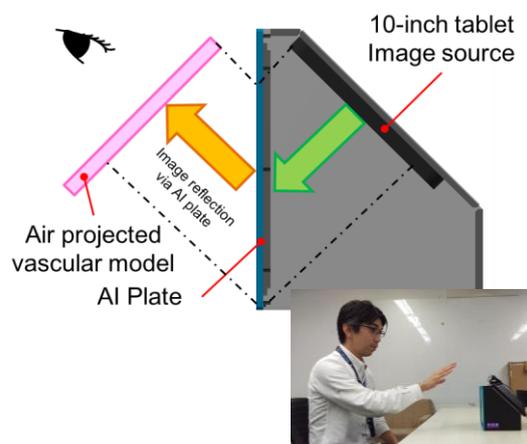


図 1 AI プレートを使用した空間投影の原理、およびモデルを操作する操作者

(3) 空間投影装置の製作

上記の動作捕捉アルゴリズムおよび空間投影法を用い、装置内に投影モデルを映像源として 10 インチタブレット端末を内蔵し、装置上面に RealSense を搭載した空間投影装置の機能試作を行った。

AI プレートは 215 x 175 ミリメートルにカットし、装置材料には実践時の取り回しを容易にするためアルミ製とした。端末に表示された映像源の装置内での AI プレートを介した乱反射を防ぐため黒色アルマイト処理を表面に施した (図 2)。

(4) 空間投影装置の評価と改良

昨年度試作した空間投影装置の空間投影性能に関する評価を実施し、水平方向、垂直方向にそれぞれ ±36 度、±38 度の角度内に画像認識性能を有する画像出力を可能であることを確認した。画像出力光量は識別に十分であった一方、投影画像の解像度は臨床使用に耐えうるものではなく、AI プレートの改良が必要であることがわかった。そこで空間投影機構は変更せず AI プレートの変更による機器の改良を検討した。AI プレートは H28 年

度早期の時点で解像度の高い改良版への置換を検討していたが、生産会社の開発スケジュールが本研究進度予定に沿わなかったため、研究期間中に導入することが不可能と判断し、ジェスチャーインタフェースに関する動作捕捉アルゴリズム開発に注力し推進した。

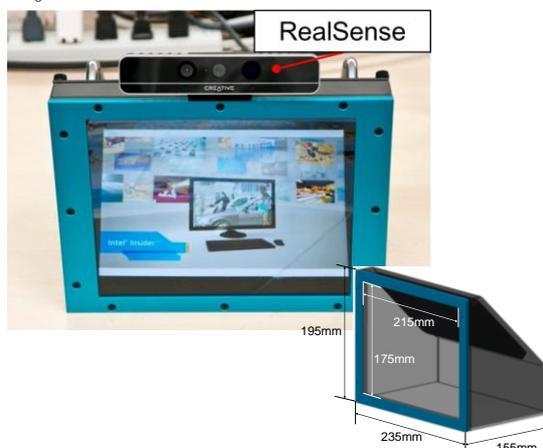


図2 空間投影装置試作機とサイズ

(5) ジェスチャーインタフェースの改良

動作捕捉カメラには Intel RealSense SR300 を用い、試作機製作時に使用した機材の改良版である最新機材を使用した。動作種は1) 人差し指と親指でつまむようにしてモデルを回転させる動作、2) 手全体を RealSense に近づけたり遠ざけたりすることで表示モデルの拡大縮小を実現する2種類とした。開発したジェスチャーインタフェースの有用性は脳神経外科血管内治療時に執刀医が未破裂脳動脈瘤に塞栓コイルを誘導する際にモデルを3次元的に観察するときを使用し、臨床環境にて評価を実施した(図3)。

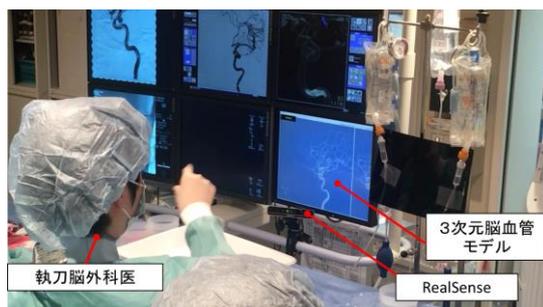


図3 未破裂脳動脈瘤に対するコイル塞栓術にてモデルを操作する脳神経外科医

2名の執刀医が6症例にて使用経験をした後、操作性、表示性、有用性、将来性、動作種の適格性に関しアンケートを実施し(5段階評価で5が最高スコア)操作性5.00、表示系 4.0 ± 1.0 、効率性 4.0 ± 1.0 、将来性 4.67 ± 0.68 、動作種 4.0 ± 1.0 の評価を得た。以上のように本研究における開発を目指した空間投影表示インタフェースは、医療画像表示機器に対し直感的なジェスチャーで非接触で操作することを可能とした。

<引用文献>

- [1] Yoshimitsu K, Muragaki Y et al., Neurosurgery 2014
 [2] Kin H, Muragaki Y, et al., Neurol Med Chir 2013

5. 主な発表論文等

[学会発表](計5件)

① Kitaro Yoshimitsu, Shinji Chiba, Ken Masamune, Yoshihiro Muragaki, Intel RealSense driven gesture based three dimensional vascular model manipulatable air projector with AI plate, IEEE EMBC2016 Program Book 119 【海外】オランダ(米国)

② 招聘講演：Kitaro Yoshimitsu, Shinji Chiba, Takashi Maruyama, Ken Masamune, Hiroshi Iseki, Mikhail Chernov and Yoshihiro Muragaki, CLINICAL EXPERIENCES OF INTRAOPERATIVE ADVANCED-TECHNO SOLUTIONS FOR NEUROSURGERY, The 5th Russian-Japanese Neurosurgical Symposium (RJNS2016) 【海外】カザン(ロシア)

③ 千葉 慎二, 吉光 喜太郎, 石川 達也, 正宗 賢, 伊関 洋, 村垣 善浩, “非接触操作インタフェース Opect の3D化と既存ビューワーへの適用および臨床仕様評価,” in 第24回日本コンピュータ外科学会大会, 東京, 2015. 【国内】東京大学本郷キャンパス(東京都文京区)

④ 招待講演：吉光喜太郎

文部科学省 がんプロフェッショナル養成基盤推進プラン採択事業
 がんプロ国際シンポジウム “Innovative Technologies for Advanced Techno-Surgery”
 岩手医科大学 2015 【国内】ホテルメトロポリタン盛岡(岩手県盛岡市)

⑤ 招待講演：Kitaro Yoshimitsu

Contemporary management of intracranial gliomas at Federal Neurosurgical Center, “Advanced Intraoperative Technology for Surgery of Intracranial Gliomas”, Novosibirsk 2015 【海外】ノボシビルスク(ロシア)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

吉光 喜太郎 (YOSHIMITSU, Kitaro)
 東京女子医科大学・医学部・特任助教

教

研究者番号：00551326