



仮想内視鏡視野をスマートグラスに表示できる 神経内視鏡手術教育システムの開発

板宮朋基¹⁾, 片山義英²⁾, 池田直廉²⁾, 川端信司²⁾, 梶本宜永²⁾, 黒岩敏彦²⁾

1) 愛知工科大学 工学部情報メディア学科 (〒443-0047 愛知県蒲郡市西迫町馬乗 50-2, itamiya@g.aut.ac.jp)

2) 大阪医科大学 脳神経外科・脳血管内治療科 (〒563-8686 大阪府高槻市大学町 2-7)

概要: 脳下垂体腫瘍手術は神経内視鏡を用いて経鼻的に行う。本研究ではスマートグラス (Microsoft® HoloLens) を用いた神経内視鏡手術教育システムを開発した。患者の CT/MRI から作成した 3D-CG モデルに対しマーカを設置した模擬内視鏡を挿入すると、内視鏡操作に連動して仮想内視鏡視野がスマートグラスに表示される。仮想視野と実際の手術ビデオの比較を行った結果、実視野との整合性は概ね良好であった。

キーワード: 複合現実, 拡張現実, 手術教育, HoloLens, 脳神経外科, 内視鏡

1. はじめに

脳下垂体腫瘍手術は神経内視鏡を用いて経鼻的に行う [1]。経鼻的内視鏡下手術 (ETNS) の手技の習得のためにはトレーニングが重要である。脳腫瘍手術などにおいて体内に挿入した手術器具の位置を正確に把握できるナビゲーションシステムが利用されている。また、顕微鏡下手術において、術前の CT/MRI 画像を用いて病変部の広がりや正常血管および正常神経組織を視野に投影し活用している。しかし、既存のナビゲーションシステムは手術室内に専用の外部センサの設置と、患者と位置合わせのための設定作業が必要である。価格は約 1,000 万円以上と高価であり、設定や操作には習得が必要である。また、日常的なトレーニングに活用することは困難である。本研究では、複合現実スマートグラス (Microsoft® HoloLens) を用いた神経内視鏡手術教育システムを開発する。より安価にかつ簡便に利用でき、両眼立体視により直感的に病変部位と内視鏡および手術器具の位置関係を把握できるシステムの開発を行う。模擬内視鏡とダミーヘッドモデルを用いた精度検証と脳神経外科医による主観的評価を行う。

2. 先行研究

脳神経外科領域における拡張現実 (AR) の教育的利用の事例として腰椎穿刺の練習システムがあるが、患者に 3D-CG を投影して実際の処置に用いることはできない [2]。脳神経外科手術のみならず整形外科, 耳鼻咽喉科手術でもナビゲーションシステムが頻用され一部では AR も応用されている。これは、光学式および磁場式の外部センサを利用し、接触点先端や手術器具先端の位置を把握してモニタに表示する。本システム利用にはレジストレーション (位置合わせ) が必要であり、その誤差に精度が左右され、設定には 10 分から 15 分程度要する。表示 AR 画像は多くの場

合 2 次元であるため、直感的な位置関係把握には習熟を要する。また価格は約 1,000 万円以上と高価である。Watanabe ら [3] は、タブレット PC を用いて、患者の頭部に腫瘍や血管の 3D-CG を重ねて表示した。位置合わせの精度は約 1mm と高精度だが、外部センサが 6 つ必要でありコストがかかる。

3. システムの概要

本システムでは、外部センサ不要な複合現実スマートグラスとして Microsoft® HoloLens Development Edition を用いる。HoloLens にインストールしたアプリにおいて、CT/MRI 画像等から作成した 3D-CG 人体モデルを実空間の任意の場所に配置し立体的に閲覧できる。また、マーカを貼付した模擬内視鏡の 3 次元位置情報を HoloLens 単体で把握し、実空間の内視鏡と同じ位置に 3D-CG で表現された内視鏡を重ねて表示できる。模擬内視鏡の先端位置に仮想カメラを配置する。模擬内視鏡を 3D-CG 人体モデルに挿入すると、内視鏡操作に連動して仮想カメラによる仮想内視鏡視野がスマートグラス内の円形画面の中に表示される。3D-CG 人体モデル内の任意の箇所と 3D-CG 内視鏡および手術器具との接触判定を行える。

3.1 ハードウェア

HoloLens は両眼立体視が可能なスマートグラスである。PC なしで稼働できる。3D 奥行きセンサと環境認識カメラを搭載し、周囲の空間の 3D 形状を認識し、外部センサを用いずに自位置を把握できる。そのため、マーカなしで実空間内に 3D-CG モデルを配置可能であるが、マーカを認識してそこに 3D-CG モデルを配置することもできる。価格は 1 台あたり約 33 万円である。

本アプリの利用で用いる模擬内視鏡は、実物から 3D-CAD ソフトによるモデリングにより STL データを作成し、

3D プリンタで製作する。ダミーヘッドは CT/MRI 画像から作成した STL データを基に 3D プリンタで製作する。

3.2 アプリ

本アプリはゲーム開発エンジン Unity 2017.3.1p4 および AR 開発ライブラリ Vuforia SDK7 を用いて開発した。

3.2.1 神経内視鏡手術教育アプリ

3D プリンタで製作した模擬内視鏡に六面体マーカを設置した。HoloLens 本体のカメラに認識されやすく、かつ内視鏡操作に影響が出ない位置に六面体マーカを設置した。HoloLens 本体のカメラがマーカの位置を認識し、3D-CG の内視鏡として現実空間に重ねて表示する。患者の CT/MRI 画像から作成した 3D-CG 人体モデルを現実空間に配置したトレーニング用ダミーヘッドに重ねて表示する。人体モデルには内視鏡を挿入する鼻腔内から脳下垂体腫瘍まで至る経路の軟部組織、骨、重要血管を表示する。それぞれの透過度を変更することができる。術者が模擬内視鏡を把持して移動させると 3D-CG の内視鏡も追従して移動する。3D-CG 内視鏡の先端位置に仮想カメラを配置する。模擬内視鏡をダミーヘッドに挿入すると、内視鏡操作に連動して仮想カメラによる仮想内視鏡視野がスマートグラス内の円形画面の中に表示される。横方向（矢状断）から見た内視鏡位置の表示も別画面に表示できる。本アプリの表示例を図 1 に示す。

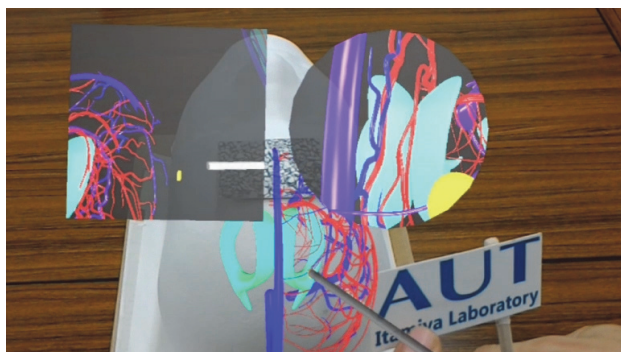


図 1 本アプリの表示例

4. システムの評価と今後の課題

本アプリを脳神経外科医 3 名が評価した。本アプリを脳神経外科医が評価している様子と模擬内視鏡および六面体マーカを図 2 に示す。

4.1 位置合わせ精度の評価

位置合わせ精度評価の際の 3D-CG 人体モデルは BodyParts3D[4] も利用した。医師が操作した模擬器具と 3D-CG 内視鏡の追従精度および 3D-CG 人体モデルとの接触判定精度の誤差は 1mm 程度であった。

4.2 実際の術中内視鏡画像と仮想内視鏡画像の比較

2016 年 1 月から 2017 年 12 月までに大阪医科大学附属病院にて ETNS を施行した 13 例について、患者の CT/MRI 画像から作成した 3D-CG 人体モデルを用いて本アプリを制作した。模擬内視鏡の操作に連動して HoloLens の視野内に仮想内視鏡からの視野を表現することができた。実際

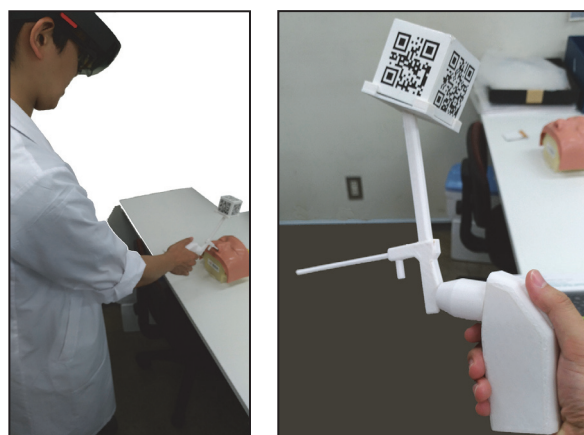
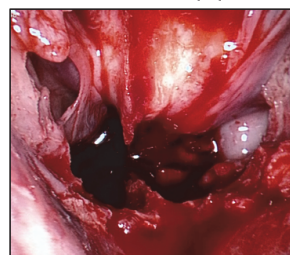


図 2 本アプリを脳神経外科医が評価している様子と模擬内視鏡および六面体マーカ

の術中内視鏡画像と仮想内視鏡視野画像との比較の主観評価を行ったところ、実術野との整合性は概ね良好であり、映像内の骨構造、軟部組織、腫瘍の透過度を変更することで周囲構造との関係の理解を深めることができた。術中内視鏡画像と仮想内視鏡視野画像との比較例を図 3 に示す。

術中内視鏡画像



仮想内視鏡視野画像

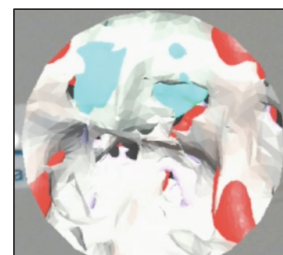


図 3 術中内視鏡画像と仮想内視鏡視野画像との比較例

4.3 今後の課題

HoloLens による模擬内視鏡の位置認識と移動の反映は 30fps の滑らかさであり、位置合わせ精度も 1mm 程度で実用上の問題はなく、六面体マーカの採用の効果が見受けられた。しかし、3D-CG 人体モデルのポリゴン数が多い場合、仮想内視鏡視野画像の表示フレームレートが 10fps 以下になる現象も生じたため、人体モデルのポリゴン数は必要最小限にする必要がある。

参考文献

- [1] 新井一編, 脳神経外科基本手術, メジカルビュー社, 2009.
- [2] Systematic review on the effectiveness of augmented reality applications in medical training, E.Z.Barsom et al., Surg Endosc 30, pp.4174–4183, 2016.
- [3] The Trans-Visible Navigator: A See-Through Neuronavigation System Using Augmented Reality, Watanabe et.al., WORLD NEUROSURGERY 87, pp.399–405, 2016.
- [4] Mitsuhashi, BodyParts3D: 3D structure database for anatomical concepts, Nucleic Acids Res, 2008.