



深部臓器 AR 表示における体表メッシュ表示の有用性

光野乃祐, 上田晃一, 片山美里, 廣田友香, 塗隆志

Daisuke MITSUNO, Koichi UEDA, Misato KATAYAMA, Yuka HIROTA, Takashi NURI

大阪医科薬科大学医学部附属病院 形成外科教室 (〒569-8686 大阪府高槻市大学町 2 番 7 号)

概要: 医療分野では AR 技術を用いて深部臓器データを体表に投影する試みが盛んに報告されているが, 深部にある臓器が体表に重なって表示されるため, 奥行き認識のずれがしばしば問題となる. 解決法として窓開け法等が既に報告されているが, 我々は体表データをワイヤーフレームで同時表示する手法で対応している. ワイヤーフレームが体表に正確に重なっている事が深部データ表示位置の正確性の担保にもなり有用と考える.

キーワード: HoloLens 医療

1. はじめに

体の深部にある臓器を, 体表上から「透視能力者のように」目視出来たらどんなに有用であろう, というのは多くの医療従事者が想像する. 医療分野では AR 技術を用いて深部臓器データを実際の体表に投影し, 診断・治療の補助とする試みが以前から行われてきた[1,2]. Microsoft 社の HoloLens 等, 近年の技術革新・低価格化で AR デバイスが一般入手可能となってからは実現の敷居が下がり, 一層報告が盛んである[3,4].

立体視可能な AR デバイスで実物体(体表)の内部に仮想物体(臓器データ)を表示させた際, 両眼視差による遠近感上は確かに実物体の表面よりも奥に仮想物体を知覚できるものの, 仮想物体が実物体表面に影響を受けず(遮蔽されず)それより手前に表示されるため, 遠近感が混乱し正しい位置関係を認識する妨げとなる.

実物体・仮想物体共に眼前モニター上の合成映像として観察するビデオスルー型デバイスに比べ, 肉眼で実物体を眺めた状態にプリズム/ハーフミラー等を利用して仮想物体を重畳して観察する光学スルー型デバイスでは, 実物体と仮想物体の解像度・色再現度の違いにより一層違和感が増す.

このことは深部知覚 (Depth perception) に関する問題として医療用 AR 研究で古くから論じられており, その改善策も「体表に仮想の窓を作成しその範囲のみ深部データを表示する方法」[5]等様々なものが報告されている.

我々は, 深部の目的臓器データ表示時に体表形状をメッシュ状データとして表示する手法を考案した. 簡便でありながら深部知覚の改善に寄与すると思われたため報告する[6].

2. 方法

2.1 概要

深部臓器の状態(骨の形状・血管の分布等)の把握が必要な症例を対象とし, 手術時に AR デバイスを用いて術野に深部臓器 3D データを表示する. その時, 深部臓器のみ表示した場合と体表のメッシュ状データを同時に表示した場合とを比較し, 見やすさ・奥行き把握のしやすさを評価する.

2.2 ワークフロー

AR デバイスとして Microsoft 社の HoloLens を用いる. Simultaneous Localization and Mapping (SLAM) により現実の環境を認識し, 空間の任意の場所にホログラムを固定表示可能であるが, 特定の位置・方向で正確に表示するための機能は備わっていない. そのため我々は, 実際の体表の任意の 3 点と, 体表データ上の対応する 3 点を手動で合わせるためのアプリケーションを作成し使用している[7].

3D 画像撮影装置 (VECTRA) で, 体表の任意の 3 点をマーキング (黒子等の特徴点がある場合は代用可能) した状態で撮影し体表データを得る. また, 患者の CT から取得した DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine) ファイルを医療用画像解析ソフト 3D slicer にインポートし, 目的臓器とその体表構造をそれぞれ抽出して 3D データ (.obj ファイル) に変換する.

なお, 手術部位が関節にまたがる部位の場合, 関節を動かすと体表形状が大きく変化してしまうため, 手術時を想定した体位が保持される開放型ギプス (足背が術野なら足底側に当てる) を装着した状態で画像を撮影する.

3DCG 作成ソフト Blender にそれらを取り込んだ後, 3

点マーキングした体表データと CT 由来の臓器・体表データの合成、不要部分の削除、データ全体の軽量化等の処理を行う。その際体表のポリゴンデータは、Instant meshes という外部ソフトウェアを用いて密度均質で規則的な配列のポリゴンデータへの再変換を行った後に Blender の bevel 機能で穴あきメッシュ状データに加工する。なおメッシュ状データは裏面非表示設定にする（例えば手背が術野の場合、手掌側のメッシュデータまで表示されると見づらくなるため）。

アプリケーション開発用ソフトウェア Unity にデータをインポートし、HoloLens 用のホログラム閲覧アプリを作成する。

術中に HoloLens を装着し、アプリケーションを起動し体表にマーキングされた 3 点を元に位置合わせ操作を行った上で目的臓器を表示する。

3. 結果

13 歳女性右足巨趾症の症例で、骨・血管の位置を術野に投影し、血管損傷を回避するための切開デザインの検討に有用であった。（図 1）

67 歳女性右前腕悪性神経鞘腫の症例で、腫瘍位置の把握、血管損傷を回避するための切開デザインの検討に有用であった。（図 2）

いずれの症例においても、目的臓器のみ表示した状態に比べ、体表メッシュデータも同時表示した方が体表—臓器の位置関係把握が容易であった。

4. 考察

実物体の内部に仮想物体を表示した際の深部知覚の違和感を改善する方法として、我々が調べた範囲では

- 1 実物体表面に仮想の窓を作成しその範囲のみ深部データを表示する方法[5]
- 2 実物体表面を半透明データとして表示し、可能ならば表面の特徴的な部分のみ強調表示する方法[8]
- 3 1 に近いが、窓部分に実物体表面と同色の小さなマスクをランダムに配置することで、実物体表面の多数の小孔越しに仮想物体を観察するように知覚させる方法[9]等の報告があった。

実際の症例に用いる上での利便性を考慮した上での、1-3 の方法に比した本方法の利点を述べる。

1 の手法では窓は比較的狭い方が深部臓器との位置関係が分かりやすく、窓が広がるほど窓が無い状態に近くなり効果が薄れる。術野が広い場合仮想の窓をどこに開けるかの問題が生じ、その対策として術中に窓の位置を任意に変更することを想定するとやや複雑なプログラムを準備する必要がある。

2 の手法では、単に体表を半透明表示するだけでは深部との位置把握が困難であり、体表の特長部分（脛縁、口唇、乳頭、臍等）のみ不透明で強調表示することで位置関係を把握しやすくなる。しかし体表においては特徴的な

部分がない部位も多いため、有効な部位が限定される。



図 1：体表に骨・血管モデルのみを投影した状態では、体表の上にモデルが表示されており遠近感が混乱する。

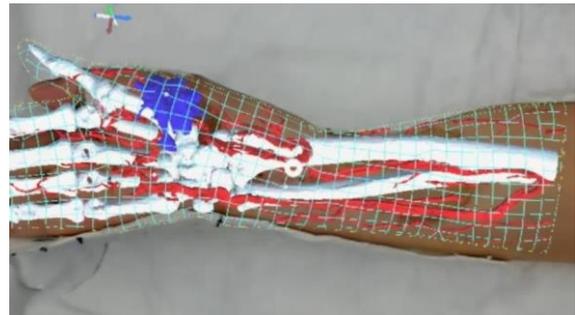


図 2：体表メッシュモデルを同時表示すると、体表メッシュの奥に深部臓器が表示されるので位置関係を把握しやすい

3 の手法は 1 同様の問題がある。また、体表の色調と違和感のないマスクデータを作成するために症例ごとの工夫が求められる。

我々の提案する「体表をメッシュデータとして表示する方法」であれば、術野全体の体表データをメッシュ化するだけでありワークフローが簡便である。また、体表広範囲を表示しており、かつ実際の体表を覆い隠していない為、実際の体表とメッシュデータのずれの有無を視認可能である。そのため、深部データが本当に正確な位置に表示されているかという疑問が生じた際、体表データと実際の体表のずれが無いことが視認可能であれば理論上深部データもずれ無く表示されるため、実用上の安心感に寄与する。

前述 1-3 いずれの報告も、単に深部仮想物体のみ表示した場合に比べると深部知覚の改善が見られたが、それぞれの手法間の比較はなされていない。本研究で用いた体表メッシュデータを併用する方法においても深部知覚の改善は得られたが、現時点では主観的なものである。今後複数の被験者、メッシュの密度やパターンによる比較、さらには他の手法との比較も行う必要がある。

参考文献

- [1] Ivan Sutherland. A head-mounted three-dimensional display. In Proceedings of fall joint computer conference; Dec 9-11, 1968 ;757-764.
- [2] Robert AM, Max JZ, Alexander CK, et al. Application of an augmented reality tool for maxillary positioning in orthognathic surgery – A feasibility study. Journal of

- Cranio-Maxillofacial Surgery. 2006; 34:478-483.
- [3] Pratt P, Ives M, Lawton G, et al. Through the HoloLens™ looking glass: augmented reality for extremity reconstruction surgery using 3D vascular models with perforating vessels."European radiology experimental 2.1 (2018): 1-7.
- [4] Tepper OM, Rudy HL, Lefkowitz A, et al. Mixed reality with HoloLens: where virtual reality meets augmented reality in the operating room. Plastic and reconstructive surgery 140.5 (2017): 1066-1070.
- [5] Ueda K, Hirota Y, Mitsuno D, et al. Three-Dimensional, Computer-Assisted, Three-Layer Models of the Face. *Plastic and reconstructive surgery*, 2018;141.1:199e
- [6] Mitsuno D, Ueda K, Hirota Y, et al. Effective application of mixed reality device HoloLens: simple manual alignment of surgical field and holograms. Plastic and Reconstructive Surgery. 2019; 143:647-651
- [7] Sielhorst T, Bichlmeier C, Heining SM, et al, N. Depth perception—a major issue in medical AR: evaluation study by twenty surgeons. In International Conference on Medical Image Computing and Computer-Assisted Intervention (pp. 364-372). Springer, Berlin, Heidelberg, 2006
- [8] Avery B, Sandor C, Thomas BH. Improving spatial perception for augmented reality x-ray vision. 2009 IEEE Virtual Reality Conference. IEEE, 2009.
- [9] 大槻麻衣, 葛岡英明, Paul Milgram : ARにおけるステレオ疑似透過が透明知覚と奥行き知覚に与える効果に関する研究, ヒューマンインターフェース学会論文誌, vol.17 No.3, pp. 287-296, 2015.