



患者 3D 模型と拡張現実技術の組み合わせによる 教育的用法に向けた, 奥行き知覚改善策の検討

Examination of depth perception improvement measures for educational usage
by combining patient 3D model and augmented reality technology

光野乃祐¹⁾, 片山美里¹⁾, 上田晃一¹⁾

Daisuke MITSUNO, Misato KATAYAMA, and Koichi UEDA

1) 大阪医科薬科大学 形成外科 (〒569-8686 大阪府高槻市大学町 2 番 7 号, daisuke.mitsuno@ompu.ac.jp)

概要:【背景】AR 技術の教育的用法として, 患者模型への AR データ投影を検討している。

【方法】HoloLens で①実物体より表層にデータを投影する場合(例: 骨模型+体表データ)と②深層に投影する場合(例: 体表模型+骨データ)で奥行き知覚に差が出るかを調べた。

【結果・考察】①の方が位置関係の把握が容易であったが, 計測上は有意差が出ない場合もあった。データ・模型の組み合わせにより奥行き知覚が改善する可能性が示唆された。

キーワード: 拡張現実, HoloLens, 医学教育

1. はじめに

医療分野において拡張現実(AR)技術は手術, 治療, 検査, リハビリ, 遠隔医療, 医学教育など広く利用報告がある。

我々はこれまでに様々な症例において術野へのホログラムの投影が術中検討に有用であることを示した【1】。一部の症例においては術前検討目的で実体模型を併用していたが【2】, その模型に対してホログラム投影してみても有用である印象を受けた。そこで, 模型とホログラムとを別々で利用するだけではなく, 模型にホログラムを投影することで術前検討や教育目的での使用に有効ではないかと考えた。

外科領域における仮想現実(AR)の用法として, 術野に深部組織を投影するのが一般的である。そのため, 模型に対する用法としても体表模型に深部の臓器を投影することが第一に考えられる。しかし, その場合奥行き知覚 Depth perception【3】の問題(以下, PDP)が生じる。PDPとは, 実物よりも奥に配置するホログラムが, 表示上実物を遮蔽してしまうことで実物より前に見えてしまう錯覚である。

一方, 深部の模型(例えば骨モデル)に表層臓器のホログラム(例えば血管像)を投影するという用法であれば, ホログラムは実物体よりも表層であるため, 理論上 PDP は生じない。

今回, PDP の改善のために模型とホログラムとを組み合

わせた 2 つの実験を行い, 模型とホログラムの組み合わせや観察の角度によって PDP が改善されるかを調べた。

2. 方法

実験 1 では, 「模型より深層にホログラムを投影した場合」と「模型より表層に投影した場合」それぞれを観察した場合の, 第一印象としてどちらの表層と深層の位置関係がわかりやすいかを比較する。

実験 2 では, それらの位置関係をどれくらい正確に把握できるかを定量的に評価した。前述のそれぞれの組み合わせで 2 方向から観察した場合の, 表層深層の特定 2 点間の距離を計測する。

AR デバイスは HoloLens を使用した。ある小顎症患者の顔面の 3D データを元に, 模型とホログラムを作成した。模型は, 骨模型, 半透明体表模型, 非透明体表模型の 3 種類であり, ホログラムは, 体表面, 血管, 骨である。模型とホログラムの位置合わせ方法として, 独自に開発した実物体表面の 3 点をもとに位置合わせをするアプリケーション【4】を使用した。

2.1 3D データの処理

CT より得た DICOM データを, 医療用画像解析フリーソフトウェア 3D Slicer を用いて体表と血管, 骨の 3D データに変換した。これらのデータを 3DCG フリーソフトウェア(Blender)に取り込みさらに 3D データの処理を行なった。その際, 測定ポイントの 2 点を設定した。測定ポイントは骨表面の点 a と体表面の点 b である。

2.2 模型の作成

使用した 3D プリンターは Guider II (FLASH FORGE 製), Form2(formlab 製)で, 素材は ABS 樹脂あるいは UV 硬化レジンを用いた.

体表模型は, 体表を 1mm の厚みで抽出した 3D データを用いた. 半透明模型は, クリア UV 硬化レジンから成り, 非透明模型は, ABS 樹脂から成る.

2.3 ホログラムの作成

Blender で処理を行った骨・体表・血管データを含む FBX データを Unity に取り込み, HoloLens 用のホログラム閲覧アプリを作成した.

2.4 実験 1

骨模型, 半透明体表模型, 非透明体表模型の各模型に, 位置合わせをした上で血管のホログラムを投影した. そして, 血管のホログラムと各模型との立体的な関係, つまりどちらが表層あるいは深層にあるかを把握できたかどうかを, 10 人のジュニアレジデントが第一印象を 3 段階 (すぐわかる, よく見るとわかる, わからない) で評価した.

2.5 実験 2

骨模型には体表面のホログラムを, 半透明体表模型には骨のホログラムを投影し, 測定ポイントである骨表面の点 a と体表面の点 b の 2 点間距離を mm 単位で測定した. CT 検査データ上の 2 点間距離(ab)は 16.2mm であった. 各模型上にホログラムをオーバーレイした状態で, 被験者は模型に対して異なる 2 方向 (顔面に対して側面からアプローチする方向: 術野アングル, 顔面に対して正中からアプローチする方向: 正中アングル) から観察した.

3. 結果

3.1 実験 1

実験 1 では, 骨模型と半透明体表模型, 非透明体表模型における血管ホログラムの認識に差が生じた. 骨模型, 半透明体表模型, 非透明体表模型の順に位置関係がわかりやすいという結果であった.(図 1) 骨模型では 10 人中 7 人が「すぐわかる」と回答した一方で, 非透明体表模型では 10 人中 4 人が「わからない」と回答した.

3.2 実験 2

観測者 2 人が計測すべきホログラム上の一点と計測用棒の一点を両眼視で同時に注視することに困難感を抱いたが, 測定誤差は最大でも 11.0mm にとどまった. いずれの組み合わせでも測定値の中央値は 18~20mm であり, CT データ上の値である 16.2mm より大きかった.

同じアングルにおける, 「表層深層どちらを模型/ホログラムにするか」による違い: 術野アングルでの測定誤差は, 「体表ホログラム&骨模型」の方が「体表模型&骨ホログラム」よりも有意に大きかった($p=0.01$). 一方で, 正中アングルでの測定誤差は, 「体表ホログラム&骨模型」及び「体表模型&骨ホログラム」とで測定誤差に統計的な有意差を認めなかった($p=0.73$).

同じ「模型—ホログラムの組み合わせ」での, アングル

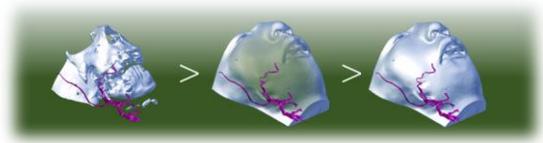


図 1: 血管を模型に投影した場合、骨模型、半透明体表模型、非透明体表模型の順に認識しやすかった



図 2: 実験 2-1 左が体表ホログラム+骨模型, 右が体表模型+骨ホログラム 術野アングルでは測定誤差に有意差が生じ, 正中アングルでは生じず

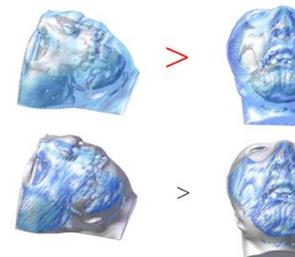


図 3: 実験 2-2 (上) 体表ホログラム+骨模型では術野アングルの方が有意に測定誤差大きかった (下) 体表模型+骨ホログラムでは術野アングルの方が測定誤差大きい傾向あったものの有意差生じず

による違い: 「体表ホログラム&骨模型」での測定誤差は, 術野アングルの方が正中アングルよりも有意に大きかった($p<0.01$). 一方で, 「体表模型&骨ホログラム」での測定誤差は, 術野アングルの方が誤差が大きい傾向があるものの有意差はでなかった($p=0.09$).

4. 考察

(実験 1) PDP が生じない「骨模型に血管ホログラムを投影」する組み合わせが最も認識しやすいのは予想通りであった. 体表を不透明にした場合 PDP が生じ最も認識しにくくなるが, 半透明にすると改善された. 実物体である模型を工夫することで PDP を軽減させられる可能性が

示唆された。

(実験2) 術野アングルでの測定誤差で、「体表ホログラム&骨模型」の方が「体表模型&骨ホログラム」よりも有意に大きかった理由として、明度が高い物体の方が手前に感じやすいことが一因として考えられる【5】。一方正中アングルでは、明度の違いにより錯覚が生じる方向と点 a-b 間の測定方向が大きく異なるため有意差がでなかった可能性がある。

実験1では、第一印象において模型の種類によってホログラムの認識のしやすさに差が生じた。一方で2点間距離を観察者が実際に計測した実験2では、いずれの模型とホログラムの組み合わせ・アングルでも表層深層間の奥行関係が前後するほどの測定誤差は生じなかった。そのため、いずれの組み合わせでも術前検討・解剖学的な学習目的へ使用できる。しかし、数ミリのばらつきがあるので、血管穿刺等精密な操作における本格的なナビゲーションとしての利用は困難であると言える。

本法のように深部模型(例えば骨模型)上にホログラムを投影することは、PDPが少なく解剖への理解度が高まるためより望ましいと思われる。また、模型上へホログラムを投影する際には、術野に近いアングルだけではなく複数の角度からホログラムを投影し、評価を行うことでPDPが改善する可能性が示唆された。その際、観察視点から見た場合に観察したい領域の奥行き方向のベクトル成分が小さくなる方向が望ましい。

5. むすび

今回、模型にホログラムを投影して臨床活用する手法

を確立するために、骨と体表の模型と体表と血管、骨のホログラムを組み合わせた位置関係の認識及び骨体表上の特定の2点間の測定を行った。臨床症例での経験を踏まえ、模型のタイプ・ホログラムのタイプの組み合わせでPDPが改善される可能性を示した。

参考文献

- [1] Mitsuno D, Ueda K, Itamiya T, Nuri T, Otsuki Y. Intraoperative evaluation of body surface improvement by an augmented reality system that a clinician can modify. *Plast Reconstr Surg Glob Open*. 2017;5:e1432.
- [2] Ueda K, Kino H, Katayama M, Hirota Y. Simulation Surgery Using 3D 3-layer Models for Congenital Anomaly. *Plast Reconstr Surg. Glob Open*. 2020;8.8:e3072.
- [3] C Armbrüster, M Wolter, T Kuhlen, et al. Depth Perception in Virtual Reality: Distance Estimations in Peri- and Extrapersonal Space. *Cyberpsychol Behav*. 2008;11.1:9-15.
- [4] Mitsuno D, Ueda K, Hirota Y, Ogino M. Effective application of mixed reality device HoloLens: simple manual alignment of surgical field and holograms. *Plast Reconstr Surg*. 2019;143:647-651.
- [5] Cutting JE, Vishton PM. Perceiving layout and knowing distances: The integration, relative potency, and contextual use of different information about depth. *Perception of space and motion*. Chap.3. London: Academic Press; 1995:69-117.