



# 三次元実体モデルと複合現実デバイスによる 手術シミュレーション

上田晃一, 光野乃祐, 木野紘美, 梅田千鶴, 片山美里

大阪医科薬科大学 形成外科学教室 (〒569-8686 大阪府高槻市大学町 2-7, koichi.ueda@ompu.ac.jp)

**概要** : われわれは一つの鋳型から作成され、製作コストを下げる事ができる着脱型の 2 層軟部組織モデルを開発した。このモデルや従来型の三次元実体軟部組織モデル、三次元実体骨モデルの上に複合現実デバイスを用いて三次元の血管造影像や顔面骨、顔貌を投影することにより、より正確な術前計画、手術シミュレーション、医師の教育ツールとしての利用が可能となることが分かった。

**キーワード** : AR/MR, 手術シミュレーション、三次元モデル、医学教育

## 1. はじめに

人体の皮膚と近似した皮膚の切開、剥離、移動の操作が可能で三次元実体モデルを作成した。その内容は、表層が真皮の厚さのポリウレタン製で、深層は皮下組織を想定したシリコン製の 2 層構造でできた三次元実体 2 層軟部組織モデル [1] とさらに塩でできた 3 次元実体骨モデルを組み合わせた三次元実体 3 層軟硬組織モデルからなる [2]。

われわれは形成外科領域の臨床現場に複合現実デバイスを投入し、有用性を報告している [3]。これらの三次元モデルを模擬患者として、2 台の HoloLens を用いて高知県内の病院と大阪府高槻市の病院の間(約 250km) を Skype で接続し、動画情報を共有し、手術支援の実証実験を行い [4]、有用性について第 23 回 VR 学会で報告した。

## 2. 三次元実体モデルと複合現実デバイスによる手術シミュレーション

### 2.1 三次元実体脱着型 2 層モデルと複合現実デバイスによる手術シミュレーション

**[目的]** われわれが開発した着脱型 2 層モデル [5] を用いて、複合現実デバイスを用いた手術シミュレーションが可能か試みた。

**[方法]** このモデル上に上級医が腫瘍切除による皮膚欠損に対する双葉皮弁をデザインする。それをデジタルカメラ (2 次元)、Vectra H1 (3 次元カメラ) で撮影し、またモデルに対する手術操作を動画で撮影する。下級医が HoloLens を装着し、上級医の 2 次元および 3 次元の手術デザイン画像、手術動画をモデル上に投影し、それらの hologram を参考にしながらシミュレーション手術を行う。それぞれの画像の投影法の利点と欠点を比較しながら、教育ツールとして利用可能か検討する。

**[結果]** 2 次元画像は画像の大きさの調整ができ、視線を

そらすことなく手術操作が可能であったが、モデル上にデザインを重ねることはできなかった。3 次元画像は立体的な位置関係の把握が可能で、われわれの開発した方法 [6] でデザインの重ね合わせが可能となった。一方で、光源の入り方によっては影ができ、全容に欠けることがある。動画は一連の手術操作が確認できる利点がある一方で、ジェスチャーによる再生と停止の操作がうまく作動しないことがあった [7]。

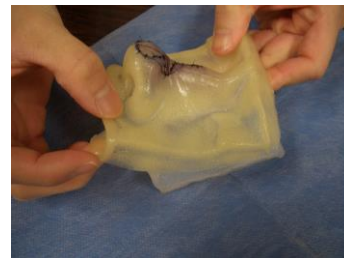


図 1: 三次元実体脱着型 2 層モデル



図 2: モデルと複合現実デバイスによる手術シミュレーション

## 3. 個別モデルを用いた手術シミュレーション

個別モデルは患者個人のデータから得られるモデルで製作コストはかかるが、個々の症例に応じたきめ細やかな手

術シミュレーションが可能となる。

### 3.1 三次元実体骨モデルと複合現実デバイスを用いた手術シミュレーション

[目的] 骨モデル上に血管造影像や顔面皮膚表面の三次元画像や顔面骨の三次元画像を投影し、術前の手術シミュレーションに活用する。

[方法] 術前に作成した三次元骨モデル上に、HoloLensを用いて三次元の血管造影像、VECTRAで撮影した三次元顔面像、CTデータから作成した3次元顔面皮膚表面像を投影し、手術シミュレーションに有効であるか検討する。モデルと画像の重ね合わせは前述の方法を用いる。

[結果] モデルと hologram の解剖学的な立体的位置関係の把握が優れて理解でき、術前の手術シミュレーションに十分役立つと考えられる。



図 3: HoloLens を用いて骨モデルに血管造影像を投影したところ

### 3.2 三次元実体 3 層軟硬組織モデルと複合現実デバイスを用いた手術シミュレーション

[目的] モデル上に血管造影像や顔面の皮膚表面の三次元画像や顔面骨の三次元画像を投影し、術前の手術シミュレーションに活用する。

[方法] 三次元実体 3 層軟硬組織骨モデル上に、HoloLensを用いて前述の骨モデルと同様の三次元画像を投影する。

[結果] モデル上に顔面皮膚表層より解剖学的に深部に位置する三次元の血管造影像や顔面骨画像を投影すると、立体的位置関係の把握が難しい。

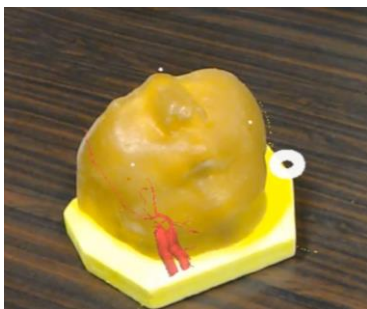


図 4: 3 層モデル上に血管造影像を投影したところ

## 4. フィードバックと考察

術前の手術シミュレーションに三次元実体モデルは欠かせない。しかし様々な構造を有するモデルはコストや技

術的な問題で作成することはできない。一方で複合現実デバイスによる hologram はあくまでもイメージで、手術手技のトレーニングはできない。そこで複合現実デバイスを用いて三次元実体モデルの上に画像を投影することにより様々な情報を付加することができる。

### 4.1 三次元実体脱着型 2 層モデルと複合現実デバイスによる手術シミュレーション

三次元実体脱着型 2 層モデルは一つの鋳型から作られる、表層が深層から着脱できる軟部組織モデルで、大量生産が可能で製作コストを下げるができる。

2次元画像、3次元画像、動画等の hologram 像のそれぞれの投影方法の利点と欠点、特徴をとらえて工夫することにより、医学教育のツールとして利用できることが分かった。

### 4.2 個別モデルを用いた手術シミュレーション

モデル上に顔面皮膚表層よりも解剖学的深部に位置する血管像や顔面骨像を投影すると立体的位置関係の把握が難しい、depth perception の問題が生じる。三次元実体骨モデルは健康保険が適応され制作コストを下げるができる。骨モデルの上に、血管像や顔面皮膚の三次元像を投影した場合、立体的位置関係の把握が容易であった。

### 参考文献

- [1] Ueda K., et al. Three-dimensional computer-assisted two-layer elastic models of the face. *Plastic and Reconstructive Surgery*. 2017;140.983-986.
- [2] Ueda K., et al. Three-dimensional computer-assisted three-layer models of the face. *Plastic and Reconstructive Surgery*. 2018;141.199e.
- [3] Mitsuno D., et al. Intraoperative evaluation of body surface improvement by an augmented reality system that a clinician can modify. *Plastic and Reconstructive Surgery Global Open*. 2017;5.1432e.
- [4] Mitsuno D., et al. Telementoring demonstration incraniofacial surgery with HoloLens, skype, and tree-lyer facial models. *Journal of Craniofacial Surgery*. 2018;30.28-32.
- [5] Okamoto T., et al. 3D separable 2-layered elastic models of the face for surgical planning of local flaps. *Plastic and Reconstructive Surgery Global Open*. 2018;6.1857e.
- [6] Mitsuno D, 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] Umeda C., et al. Collaboration of AR device and Separable two-layered elastic models as tools for surgical education. *Plastic and Reconstructive Surgery Global Open*. 2022;10.4182e.