

3次元重畳表示を用いた歯科シミュレータの検討

川村祐輔 伊藤翔太 大西克彦
 大阪電気通信大学 大学院総合情報学研究科

1. はじめに

歯科手術の臨床実習では、これまでプラスチック製の歯科モデルなど実歯科モデルを利用することが多い。実習では切削操作など形状を変形させることが多く、そのたびに実歯科モデルを用意する必要があり、コストがかかり準備作業も煩雑になる。そこで、近年CGを利用したバーチャルな3次元歯科モデルを利用した歯科手術シミュレータ[1]が提案されている。主に歯の切削手順を力覚フィードバックを得ながら訓練を行うことができるHAP-DENTシステム[2]や、う蝕治療に必要な切削技術を触覚表現により学ぶことができるhapTEL[3]などがある。しかし従来手法は、歯科モデルをディスプレイに表示し、触覚提示装置などの間接的な入力装置を利用して操作するものが多く、実際の歯科手術における手の位置や、姿勢などを考慮した操作環境を再現することは難しい。

そこで、本研究では実際の歯科手術における手の位置や姿勢などを再現するために、3次元歯科モデルと実歯科モデルをハーフミラー上に重畳表示しユーザが直接的に操作可能な歯科手術シミュレータを提案する。本手法により、実際の歯科手術により近い環境でのシミュレーションの実現が期待できる。本稿では特に提案手法における表示装置と、物体重畳表示のキャリブレーション手法についての検討結果を述べる。

2. 3次元重畳表示を用いた歯科シミュレータ

一般的な歯科手術では、患者は歯科医の前に顔を置き、歯科医は患者の口腔内を上部から覗くような姿勢で施術する。従来の歯科手術シミュレータではこのような体の姿勢の再現が難しい。また、歯科手術特有の操作として、患部周囲の口腔内に手術ツールを持つ手の一部を固定し、細かな操作に対応する操作が必要とされている。そこで、本提案手法ではこれらの歯科手術の際の姿勢や、手の動きを再現できるようなディスプレイシステムを検討する。

2.1 ハードウェア

提案する重畳表示システムを図1に示す。ユーザの頭部位置と実歯科モデルを配置している手の動作領域の間に地面に対して平行にハーフミラーを設置する。そして、ハーフミラーに対し45度に設置されているPCディスプレイ上に表示される3次元歯科モデルと実歯科モデルを重畳表示する。なお、PCに実装するソフトウェアによってユーザの視点位置となる頭部位置と実歯科モデルの位置を基に任意の視点位置で適切な歯科モデルを表示する。さらに、立体提示可能なディスプレイを利用することで、ユーザは通常のディスプレイでは捉えにくい奥行き感が提示できる。

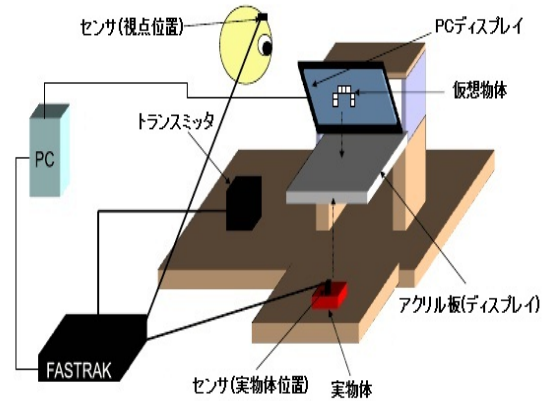


図1. システムイメージ

2.2 実歯科モデルと仮想歯科モデルの重畳表示

仮想空間上の歯科モデルを実歯科モデルに重畳表示する際、視点位置の移動に伴う表示誤差を考慮するため、仮想空間座標系と実空間座標系の比率を計算する。そこで、図2に示す位置関係において、視点位置を通る仮想モニタ平面の法線ベクトルと、仮想モニタ平面の交点を求め、2点間の距離の公式により透視投影におけるzNearを求める事によって算出する。

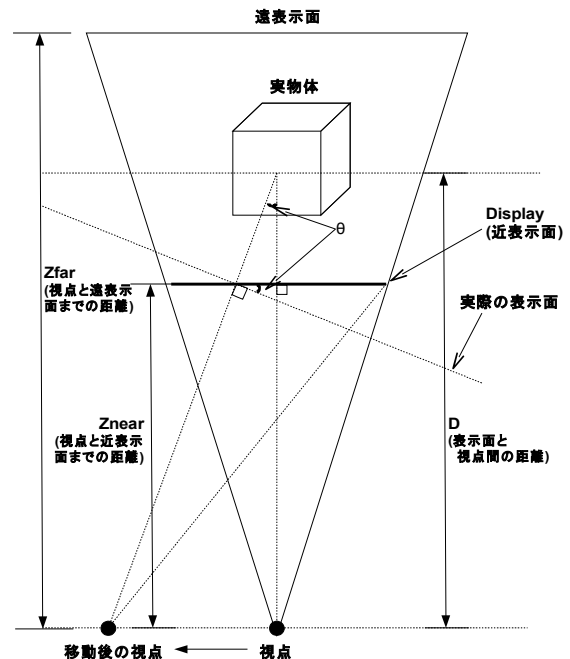


図2. 視点と実物体の位置関係

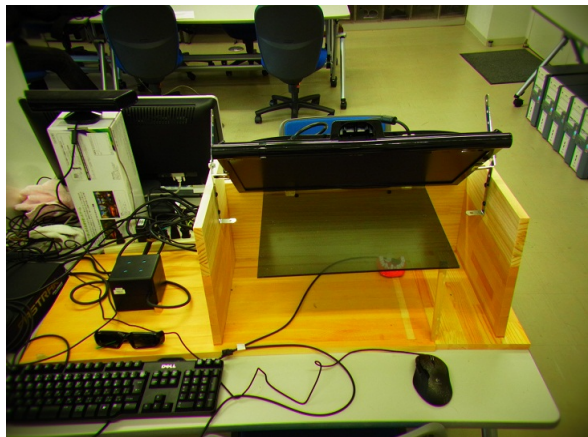


図3. システム外観

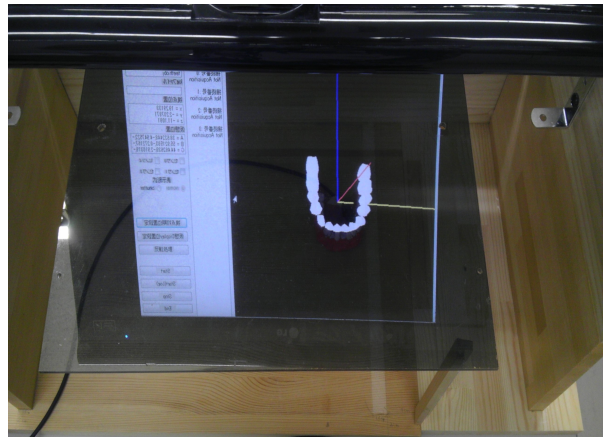


図4. 表示結果

3. 実装システム

図1のシステムイメージに従い、図3に示すようなプロトタイプシステムを構築した。ユーザの頭部位置と実歯科モデルの3次元位置計測のために、磁気式3次元位置計測装置を利用する。磁気式センサを利用することから、測定誤差の発生を抑えるためシステムの筐体には木材を利用する。また、重畳表示のズレを考慮するために、空間上の一軸方向においての現実空間と仮想空間の差を計測する。その結果得られた数値を基に歯科モデルを描画する。立体視の描画方法は、アクティブ・ステレオ方式を利用し、シャッターメガネによって右目用と左目用の視差のついた映像を高速で表示させる。なお、立体描画に必要である両眼視差は予備実験の結果 6.5cm とする。

図4にユーザ視点からの表示例を示す。ユーザはハーフミラー領域内での実物体の操作や、視点位置を変更することにより、従来の実物体を用いた歯科手術訓練と同様の視点位置や体の姿勢を再現することが可能となる。また立体視を行うことにより奥行き感のあるモデルを表示できることを確認した。

重畳表示手法の動作確認として、複数のユーザ視点位置からの物体の表示位置の誤差を測定した。測定方法として、1辺 5.5cm の立方体形状オブジェクトを実物体、仮想物体共に使用し、ユーザの視点方向をハーフミラーに対して正面方向から左右一軸方向に移動させ、現実物体と仮想物体の表示位置の差を測定した。計測は左右2回ずつ計4回行った。その結果を表1に示す。ユーザの視点位置が中心から 10cm 離れた位置では視認できる実物体と仮想物体の表示誤差は 1cm 以下となったが、視点位置が中心から 30cm 離れた位置では、実物体と仮想物体の表示誤差は 2.5cm になった。また、測定参加者から 1cm 以下の表示誤差は気にならず許容範囲内であるという意見を得ることができた。

4. おわりに

本稿では、歯科手術シミュレータにおける表示装置と、物体重畳表示のキャリブレーション手法について検討を行った。プロトタイプシステムを構築し動作確認した結果、任意の視点位置から実歯科モデルと仮想歯科モデルの重畳表示が確認できた。

視点位置	0cm	10cm	20cm	30cm
表示誤差	0cm	0.6cm	1.3cm	2.5cm

表1. 視点位置による表示誤差

今後の課題として、キャリブレーションにおける多軸、多点を利用した手法の検討と、ハプティックインタフェースを使用した実際の手術操作手法の検討が挙げられる。

参考文献

- [1] Crenguta M. Bogdan, Alexandru F. Dinca, Dorin M. Popovici: A Brief Survey of Visuo-Haptic Simulators for Dental Procedures Training, Proc. of The 6th International Conference on Virtual Learning ICVL 2011, pp. 55-61.
- [2] Hiroshi Noborio, Yusuke Kawamoto: Digital Collision Checking and Scraping Tooth by Dental Bar, Proc. of the 2010 3rd IEEE International Conference on Biomedical Robotics and Biomechatronics, pp. 227-234.
- [3] Brain Tse, William Harwin, Alastair Barrow, Barry Quimn, Jonathan San Diego, Margaret Cox: Design and Development of a Haptic Dental Training System -hapTEL, Proc of EuroHaptics2010, Part II, LNCS6192, pp101-108.