



裸眼立体視とハプティクス技術を併用した 支台歯形成シミュレートシステムの開発

Development of a Simulation System for Abutment Tooth Formation Using Naked Eye Stereoscopic Vision and Haptics Technology in Combination

富田凜太郎¹⁾, 中野亜希人²⁾, 板宮朋基²⁾,
川西範繁¹⁾, 星憲幸³⁾, 木本克彦¹⁾

Rintaro TOMITA, Akito NAKANO, Tomoki ITAMIYA,
Norishige KAWANISHI, Noriyuki HOSHI and Katsuhiko KIMOTO

神奈川県横須賀市稲岡町 82 番地
神奈川県横須賀市稲岡町 82 番地
神奈川県横須賀市稲岡町 82 番地

概要: 本研究では, 裸眼立体視技術とハプティクス技術を併用し, 歯科教育において重要な項目の一つである歯の切削手技の効果的な修得を実現するシステムを開発した. 歯列の 3D-CG モデルと切削器具の三次元的な位置と角度を裸眼立体視ディスプレイ上に立体的に表示し, ペン型ハプティクスデバイスを用いてリアルタイムな歯牙モデルの切削と形成が行え, 自動評価も可能である. 複数の歯科医師による評価の結果, 本システムの有用性が示唆された.

キーワード: 歯科, 教育, 裸眼立体視, 3DCG, ハプティクス, 支台歯形成

1. はじめに

歯科診療における手技技術の向上は歯科教育において重要な項目の一つであるが, 学生の実習時間や座学の期間には限られており, 少ない歯科トレーニング時間の中で手技技術を十分に修得することは歯科教育において重要な課題になっている[1]. このような課題に対し, 学生がコストや時間と場所に制限を掛けず自由にトレーニングできるバーチャルリアリティ (VR) や拡張現実 (AR) 技術の活用が有力であるとされている. VR や AR を活用した医歯学教育の従来の取り組みでは, 装着型デバイス (HMD) の利用がほぼ必須であり, 衛生管理や長時間利用による目の疲労 [2]や, 1m 以内の立体視は困難などの新たな課題がある[3].

VR や AR に関する研究は過去多くの研究があり, 歯科では 2D ディスプレイや HMD と専用ペン型デバイスを用いたシステム開発も行われている[4][5]が, 裸眼立体視と触覚再現を組み合わせた歯科補綴学実習システムは前例がない.

そこで本研究では, HMD などのデバイスの装着を一切必要とせず, 手元の位置に配置した 3D-CG モデルを裸眼で精確に立体視できる空間再現技術と, 反力の再現が可能な触覚再現技術を併用した新たな歯科補綴学実習手法を

開発する. 本研究では, 裸眼立体視環境においてハプティクス技術を併用し, より臨床に即した支台歯形成シミュレーターを開発する. 複数の歯科医師による評価を行い, 本システムの有用性を検証する. 図 1 に, 支台歯形成シミュレーターの動作の様子を示す.



図 1: 支台歯形成シミュレーターの動作の様子

2. 支台歯形成シミュレーター

本システムは, 新たに開発したソフトウェアと, 裸眼立体視が可能な空間再現ディスプレイ (ソニー, ELF-SR1, 2020)[6], ペン型ハプティクスデバイス (3D System

Touch) [7], PC (OS: Windows 11, CPU: AMD Ryzen 7 5800H 3.2GHz, RAM: 16GB, GPU: NVIDIA GeForce RTX 3070 Laptop) から構成される。3D-CG モデルは従来法による歯科診療トレーニングにて用いる顎・歯牙模型を口腔内スキャナ(3shape TORIOS3)を用いて読み込み、リアルタイムに変形できるようにポリゴンデータをボクセルに変換し空間再現ディスプレイ上に表示した。ユーザーがペン型ハプティクスデバイスを操作すると、実際の手の動きに反映して切削器具が動作する。空間再現ディスプレイに表示された切削器具を操作し、同じく空間再現ディスプレイ上に表示された 3D-CG 歯牙の形態をリアルタイムに変形させることによって、支台歯形成の手技の再現が可能である。支台歯形成手技の終了後に自動採点を実行すると、支台歯形態の模範例と比較した数値と形成の過不足を色分けによる視覚的フィードバックが可能である。図 2 に、自動採点による視覚的フィードバックの例を示す。

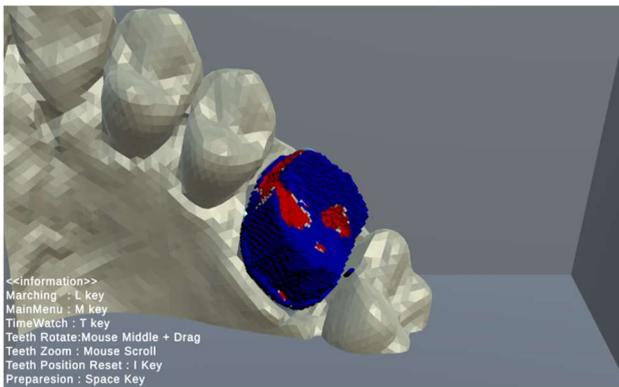


図 2: 自動採点による視覚的フィードバック

3. 評価と考察

本システムを体験した複数の歯科医師から「歯科診療における臨床的な基礎知識・技術を学ぶのに有用である」との評価を得た。自動採点による客観的評価について「形成の過不足を一目でわかる」「画一的な評価が可能になる」という評価を得た。また、自動採点による客観的評価では、2D ディスプレイと比較し裸眼立体視による形成の精度が高く評価された。これは空間再現ディスプレイの立体視の精度が高いことによる考えられる。

一方で、口腔内の観測可能部位や角度が臨床における実際の歯科診療と異なる点について指摘があり、形成時における触覚再現の精度の更なる向上も求められた。

4. まとめと今後の展望

本研究では、裸眼立体視とハプティクスデバイスを併用した支台歯形成シミュレーターを開発した。本システ

ムは、裸眼立体視技術とハプティクス技術を併用し、口腔内スキャナで読み込んだ顎・歯牙模型から作成した 3D-CG モデルをリアルタイムに切削して支台歯形成手技を行うことができた。自動採点機能により、歯科教育における手技を効果的に学習することができるシステムを実現できた。体験した複数の歯科医師による評価の結果、本システムの有用性が示唆された。

今後、より臨床に即した口腔内環境を再現し、形成時における触覚再現の精度の更なる向上を目指す。複数の空間再現ディスプレイ同士による操作内容の同期機能も実装し、歯学部の実習教育における本格運用と臨床研修現場における実用を目指す。

参考文献

- [1] 長澤麻沙子; 河野博史; 大久保昌和; 秋葉奈美; 峯篤史; 魚島勝美 企画: 第 128 回学術大会イブニングセッション 2 補綴歯科における「技能教育」を考える. 日本補綴歯科学会誌 2020, 12, 243 - 256, doi:10.2186/ajps.12.243.
- [2] Moro, C.; Štromberga, Z.; Raikos, A.; Stirling, A. The Effectiveness of Virtual and Augmented Reality in Health Sciences and Medical Anatomy. *Anat. Sci. Educ.* 2017, 10, 549–559, doi:10.1002/ase.1696.
- [3] 森建太; 石橋圭太; 岩永光一 1f3-3 Vr 空間の視対象の形・大きさ・距離が奥行き知覚に及ぼす影響. 人間工学 2019, 55, 1F3-3, doi:10.5100/jje.55.1F3-3.
- [4] Felszeghy, S.; Huhtela, O.; Manninen, K.; Mäenpää, M.; Banafa, A.; Liukkonen, M.; Mutluay, M. VR-Haptic and Phantom Head Dental Training: Does the Order Matter? A Comparative Study from a Preclinical Fixed Prosthodontics Course. *Int. J. Comput. Dent.* 2023, 0, 0, doi:10.3290/j.ijcd.b4451364.
- [5] Li, Y.; Ye, H.; Wu, S.; Zhao, X.; Liu, Y.; Lv, L.; Zhang, P.; Zhang, X.; Zhou, Y. Mixed Reality and Haptic-Based Dental Simulator for Tooth Preparation: Research, Development, and Preliminary Evaluation. *JMIR Serious Games* 2022, 10, e30653, doi:10.2196/30653.
- [6] 空間再現ディスプレイ available online: <https://www.sony.net/Products/Developer-Spatial-Reality-display/jp/> (accessed on 20 Jul, 2023)
- [7] 3D System Touch, available online: <https://www.3dsystems.com/haptics-devices/touch> (accessed on 20 Jul, 2023)