



# 単眼カメラ映像のリアルタイム裸眼立体視化システムの構築

Real-time naked-eye stereoscopic viewing system for monocular camera images

板宮朋基<sup>1)</sup>, 中野亜希人<sup>1)</sup>, 有輪政尊<sup>2)</sup>, 小泉創<sup>2)</sup>, 山口徹太郎<sup>2)</sup>

Tomoki ITAMIYA, Akito NAKANO, Masataka ARIWA, So KOIZUMI, and Tetsutaro YAMAGUCHI

- 1) 神奈川歯科大学 歯学部 総合歯学教育学講座 (〒238-8580 神奈川県横須賀市稲岡町 82 番地, itamiya@kdu.ac.jp)  
2) 神奈川歯科大学 歯学部 歯科矯正学講座 (〒238-8580 神奈川県横須賀市稲岡町 82 番地)

**概要** : HMD やメガネ型デバイスを装着せずに高精細な裸眼立体視が可能なディスプレイが登場している。本研究では、単眼カメラ映像をリアルタイムに裸眼立体視化できるシステムを構築した。単眼カメラから出力された映像を独自に開発したビューワーで PC 画面上に全画面表示し、Acer 社製の 2D 映像自動立体視化ソフトウェアを活用してリアルタイムな裸眼立体視を可能にした。過去に単眼カメラを用いて録画した映像も裸眼立体視が可能である。本システムを用いた歯科医師による評価の結果、教育や研修における本システムの有用性が示唆された。

**キーワード** : 裸眼立体視, 単眼カメラ, ライブ映像, AI, 教育, 医療, 歯科

## 1. はじめに

歯科矯正分野では歯列の 3 次元形状の正確な把握が必須であり、患者の歯列を型取りして作製した模型を日常的に利用している。歯学部における教育において、歯列模型に矯正装置を装着する実習が行われているが、ワイヤーを曲げる等の複雑な手技は立体的な把握が必要である。実習室において、教員の模範手技を単眼カメラで撮影し、学生卓毎に設置された一般的なディスプレイにリアルタイム配信しているが、奥行き方向など立体的な把握は困難である。立体映像の制作のためには人の両眼の視差を再現した二台のレンズとカメラを用いた撮影が必要であるが、機材の入手とリアルタイム立体表示は容易ではない。閲覧者側における立体感の把握のためにはヘッドマウンティッドディスプレイ(HMD)やスマートグラスなどのデバイスの装着が必須であり、衛生管理や長時間の利用などの面で課題がある[1]。HMD が不要な裸眼立体視ディスプレイの研究開発は従来から行われているが、画質や画面更新速度に課題があり、高性能なものは価格が非常に高いなど日常的な教育に用いることは困難であった。ソニーが 2020 年 10 月に発売を開始した空間再現ディスプレイ ELF-SR1 は従来の問題点を解決し、体験者の顔の高速認識により、3D-CG モデルを立体的に 4K 解像度で表示でき、解剖学教育における有用性が示唆されている[2]。しかし、映像の表示を行うアプリは用意されていない。Acer が 2022 年 4 月に販売を開始した ConceptD 7 SpatialLabs Editon[3]は、ラップ

トップ型 PC の内臓ディスプレイで ELF-SR1 と同等の品質の裸眼立体視を実現させた。また、フルスクリーン表示した画面の内容を認識し、自動で視差映像を合成表示し立体視化できるアプリ「SpatialLabs Go」がプリ・インストールされている。本研究では、一般的な単眼カメラで撮影した映像をリアルタイムに裸眼立体視化できるシステムを構築した。3 名の歯科医師が体験し、評価の結果、本システムの有用性が示唆された。

## 2. 単眼カメラ映像の裸眼立体視化システム

本システムは、2022 年 7 月現在、裸眼立体視ディスプレイを備えたラップトップ型 PC である Acer ConceptD 7 SpatialLabs Edition(以下: SL)上でのみ動作する。単眼カメラ映像のリアルタイム裸眼立体視化と、過去に単眼カメラで撮影した映像の裸眼立体視化が可能である。

### 2.1 単眼カメラ映像のリアルタイムの裸眼立体視化

本システムは、SL 本体と単眼カメラ、ビデオキャプチャデバイス、全画面表示アプリ AFVV、自動立体視化アプリ SpatialLabs Go(SLG)から成る。単眼カメラとは一般的なビデオカメラ、一眼カメラ、コンパクトカメラを指す。単眼カメラから HDMI ケーブルでビデオキャプチャデバイスに映像を入力する。ビデオキャプチャデバイスから USB ケーブルで SL 本体に映像信号を入力する。本研究では、SL のディスプレイ上に、ビデオキャプチャデバイスから入力された映像を自動で全画面表示できるアプリ「Automatic Fullscreen Video Viewer(AFVV)」を開発した。

AFVV は、起動と同時に SpatialLabs Go を有効化し、ビデオキャプチャデバイスから入力された映像の裸眼立体視を可能にする。フリーソフトの VLC Video Player(VLC)でもビデオキャプチャデバイスからの映像の全画面表示は可能であるが、起動する毎に必要な設定項目が多く煩雑である。AFVV は、ワンクリックで全画面表示と SLG の立体視の有効化が可能のため、PC 操作が得意ではない人でも運用が容易である。

## 2.2 過去に単眼カメラで撮影した映像の裸眼立体視化

過去に単眼カメラで撮影した映像を VLC で再生した上で全画面表示し、SLG の立体視を有効にすることで裸眼立体視が可能になる。YouTube などのインターネット上の動画も、ウェブブラウザの表示を全画面表示にすることで同様に裸眼立体視が可能になる。

## 3. システムの評価

### 3.1 性能の評価

単眼カメラ映像のリアルタイムの裸眼立体視化の性能評価のために、一眼カメラとして SONY  $\alpha$  6000, レンズとして SONY SEL30M35 E 30mm F3.5 Macro, ビデオキャプチャデバイスとして Blackmagic Design ATEM mini を用いた。図 1 に、撮影の様子と裸眼立体表示例を示す。

#### 3.1.1 遅延

一眼カメラで撮影した歯科模型を動かし、立体表示の遅延を複数回測定したところ、0.3 秒であった。遅延は、ビデオキャプチャデバイスの性能と Windows の DirectShow の仕様によるもので、今後改善できる可能性がある。

#### 3.1.2 立体感

一眼カメラとマクロレンズで撮影した歯科模型を裸眼立体視化したところ、前歯の前突（出っ張り）や口腔内の舌の形状などを立体的に把握することができた。複数種類のレンズを用いて、焦点距離やレンズと対象物の位置を変えて試行した結果、マクロレンズを用いて、レンズ先端と対象物の位置を近接させた方が立体感（ディスプレイ画面からの飛び出し感・奥行き感）をより強く自然に表現できることが明らかになった。また、物体の形状の輪郭が曲線状のものの方がより自然な立体感を表現できることがわかった。このことから、マクロレンズで撮影する内視鏡映像の立体視化に有用であることが示唆された。

### 3.2 歯科医師による評価

単眼カメラ映像のリアルタイムの裸眼立体視化と過去に単眼カメラで撮影した映像の裸眼立体視化を 3 名の歯科医師が体験し、評価を行った。歯科医師は、従来の映像ではわかりにくかった立体感や奥行き感がよく把握できるようになり、教育や研修に有用であるとコメントした。図 2 に、歯科医師による評価の様子を示す。

## 4. まとめと今後の展望

本研究では、単眼カメラ映像をリアルタイムに裸眼立体視化できるシステムを構築した。単眼カメラから出力された映像を独自に開発したビューワー AFVV で PC 画面上に全画面表示し、Acer 社製の 2D 映像自動立体視化ソフ

トウェア SpatialLabs Go を活用してリアルタイムな裸眼立体視を可能にした。3 名の歯科医師による評価の結果、教育や研修における本システムの有用性が示唆された。

今後は、歯学部歯科矯正学実習における実習手技において本システムを活用し、裸眼立体視と通常表示の際の教育効果の差の検証を行う。SL 本体の価格は 60 万円以上と高価であるが、Acer から単体の裸眼立体視ディスプレイが 2022 年 8 月より 30 万円以内で発売開始される予定である。入手が容易で廉価な単眼カメラ映像や、膨大に存在する過去の単眼カメラ撮影映像の裸眼立体視化が容易に行えることは、裸眼立体視の一般普及の一助になると期待される。

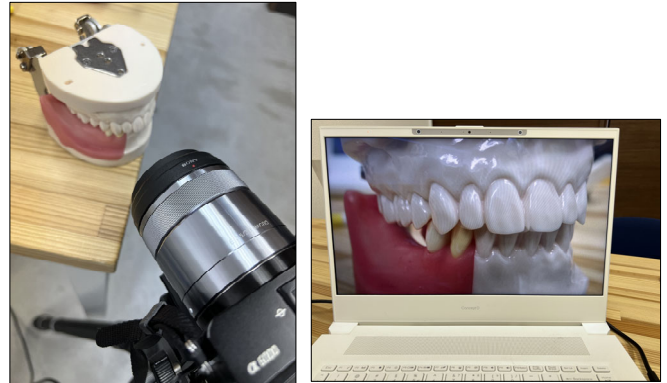


図 1: 撮影の様子と裸眼立体表示例



図 2: 歯科医師による評価の様子

## 参考文献

- [1] Hirota, M.; Kanda, H.; Endo, T.; Miyoshi, T. Comparison of visual fatigue caused by head-mounted display for virtual reality and two-dimensional display using objective and subjective evaluation. *Ergonomics*. 2019, 62(6):759-766.
- [2] Itamiya, T.; To, M.; Oguchi, T.; Fuchida, S.; Matsuo, M.; Hasegawa, I.; Kawana, H.; Kimoto, K. A Novel Anatomy Education Method Using a Spatial Reality Display Capable of Stereoscopic Imaging with the Naked Eye. *Appl. Sci.* 2021, 11, 7323. <https://doi.org/10.3390/app11167323>
- [3] Acer ConceptD 7 SpatialLabs Edition. Available online: <https://www.acer.com/ac/ja/JP/content/conceptd-series/conceptd7spatialabsedition> (accessed on 17 Jul, 2022)