

# 人に優しい三次元情報ディスプレイの開発と実用化に関する研究 (022016) Development of Human-Friendly Three-Dimensional Information Display and Its Practical Use

## 研究代表者

高木康博 東京農工大学

Yasuhiro Takaki Tokyo University of Agriculture and Technology

## 研究分担者

小畑秀文† 清水昭伸† 三橋俊文†† 高地伸夫††

Hidefumi Kobatake† Akinobu Shimizu† Toshifumi Mihashi†† Nobuo Kochi††

中嶋幸次†† 青木弘幸†† 中澤直樹†† 小林真理子††

Koji Nakajima†† Hiroyuki Aoyama†† Naoki Nakazawa†† Mariko Kobayashi††

大瀧寿明†† 広原陽子†† 山口達夫†† 藤井啓史††

Toshiaki Otaki†† Yoko Hirohara†† Tatsuo Yamaguchi†† Hirofumi Fujii††

山田光晴†† 佐藤宏一††

Mitsuharu Yamada†† Koichi Sato††

東京農工大学大学† 株式会社トプコン††

Tokyo University of Agriculture & Technology† Topcon Corporation††

研究期間 平成 14 年度～平成 18 年度

## 本研究開発の概要

安全性の確保された人に優しい三次元ディスプレイを開発する。具体的には、人間の立体知覚の生理的要因を満たし、眼鏡なしで多人数で鑑賞可能で、観察位置が制限されず、カラーかつ動画表示できる三次元ディスプレイを開発する。安全性確認のために、調節、輻輳、瞳孔系を同時測定できる視機能測定装置を開発する。三次元映像をリアルタイムかつインタラクティブに操作可能にする三次元画像プロセッサを開発する。赤外線指先検出技術と三次元マウスを組み合わせた三次元マンマシンインターフェイスを実現する。さらに、複数台のカメラを用いた三次元カメラ技術を開発する。以上の成果を用いて、医学分野と工業分野で用いる三次元ディスプレイシステムを開発する。

## Abstract

A natural three-dimensional display in which safety is guaranteed is developed. It has following features, the physiological factors of the human three-dimensional perception are satisfied, multiple persons can observe without wearing three-dimensional glasses, the observation distance is not restricted, and color and moving images can be displayed. The visual function measurement system which can measure the accommodation, the vergence, and the pupil diameter is developed to ensure the safety. The three-dimensional image processor which enables to manipulate three-dimensional images in real-time and interactively is also developed. The man-machine interface system which employs the IR fingertip detection and the three-dimensional mouse is realized. The three-dimensional camera using multiple cameras is developed. The three-dimensional display systems specialized for the medical and industrial applications are developed.

## 1. まえがき

将来の三次元ディスプレイの普及のためには、眼精疲労のない人に与える影響の少ない三次元ディスプレイの開発が必要である。本研究では、安全性の確保された人に優しい三次元ディスプレイの開発を行った。さらに、三次元画像プロセッサや三次元カメラといった三次元ディスプレイのインフラ技術について研究を行った。以上の成果を用いて、戦略的な実用化分野として医学分野と工業分野に特化した三次元ディスプレイシステムの開発を行った。

## 2. 研究内容及び成果

### 2.1 安全性が確保された三次元表示方式の確立

三次元表示における眼精疲労の原因である調節と輻輳の不一致を解決する可能性があると考えられる高密度指向性表示を用いた三次元ディスプレイについて研究を行った。

最初に、従来の 64 指向性ディスプレイに対して、結像特性の改善と装置の小型化について研究を行い、その経験を踏まえて、2 種類の新規ディスプレイの開発を行った。

開発したディスプレイの仕様を表 1 に示す。自然な三次元表示を実現するため、水平表示角度ピッチを  $0.2^\circ \sim 0.3^\circ$  と非常に小さくしある。まず type I ディスプレイで表示画像数を従来の 64 から 128 に倍増させ、次に type II ディスプレイで解像度を従来の QVGA 相当から SVGA へ向上させた。この過程で、垂直方向拡散板の入射角依存性低減、照明の LED 化、斜め開口による指向性制御などを行った。Type II ディスプレイの心臓部である光学エンジンと全体の外観を図 2 に示す。表示した 3 次元像を図 3 に示す。

表 1 試作した三次元ディスプレイの仕様

|          | Type I           | Type II          |
|----------|------------------|------------------|
| 表示画像数    | 128              | 128              |
| 水平表示角度刻み | $0.23^\circ$     | $0.28^\circ$     |
| 解像度      | $400 \times 255$ | $800 \times 600$ |
| 画面サイズ    | 13.3"            | 12.7"            |
| 水平視域角    | $29.4^\circ$     | $35.7^\circ$     |
| 液晶パネル    | 0.44"LCD         | 0.49"LCOS        |
| 光源       | 白色 LED           | RGB 型 LED        |

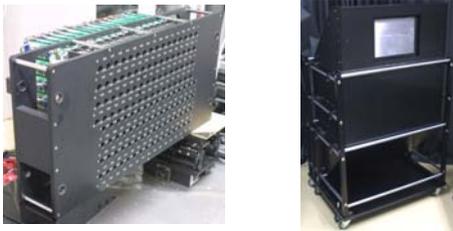


図2 光学エンジンとディスプレイ外観(type II)



図3 表示した三次元像(type II)

自然な三次元表示の条件を調べるため、両眼同時に調節、輻輳、瞳孔径を測定可能な視機能評価装置を開発した。調節応答の測定には、シャネルの原理とシャックハルトマン波面センサーを用いた。特に、後者では、高精度な調節測定に加えて、収差状態からドライアイや疲労状態を知ることができる。三次元映像観察時の測定例を図4に示す。

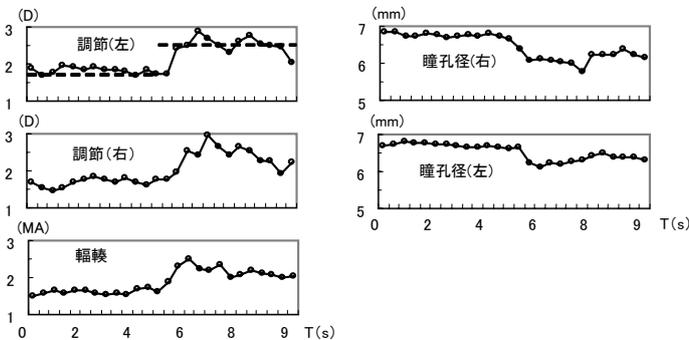


図4 両眼調節、輻輳、両眼瞳孔径の同時測定

以上の三次元ディスプレイと視機能評価装置を用いて、自然な三次元表示の条件を調べた。その結果、従来の超多眼理論による「空間の一点を通る光線が2本以上同時に瞳に入射すると眼はこの点に対してピント合わせ可能になる」とする幾何光学的な説明より、「光線の表示角度ピッチを狭めて光線の指向性を高めると、眼の被写界深度が広がり、この範囲内に表示した三次元像に対してピント合わせ可能になる」と考える方が適していることが判明した。すなわち、自然な三次元表示が可能な奥行き表示範囲は、光線の指向性と眼の被写界深度の拡大で説明できることを明らかにした。調節応答の測定例と、拡大された被写界深度の関係の例を図5に示す。

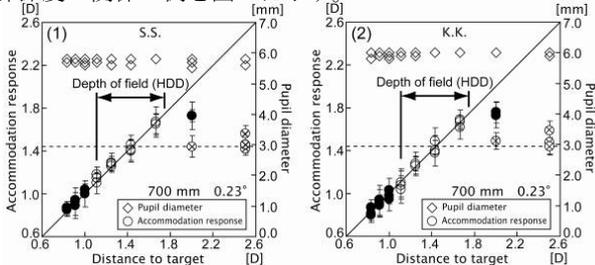


図5 調節応答と被写界深度の拡大

## 2.2 三次元ディスプレイのインフラ技術の開発

三次元画像の動画表示やインタラクティブな操作を可能にする三次元画像プロセッサを PC クラスタで実現した。第一次 PC クラスタは、64 台の小型 PC で構成し、64 指向性ディスプレイの制御に用いた。第二次 PC クラスタは、16 台の高性能 PC で構成し、画像分割ボードを開発して 1 台の PC で 8 個の映像出力を可能にし、128 指

向性ディスプレイの制御に用いた。第二次 PC クラスタを図6に示す。ポリゴン形式、ボクセル形式、DXF、VRMLなどの各種三次元データ形式への対応を行った。

インタラクティブな三次元操作を可能にするため、三次元マウスと赤外線指先検出装置を導入した。指先を用いた三次元像の直観的な操作が可能になり、また、三次元座標を指先で直接入力できるようになった。

三次元カメラとして、モデルベースのカメラアレイを導入した。これにより、実在の物体から DXF 形式や VRML 形式の三次元形状データを得ることが可能になった。



図6 専用 PC クラスタ

## 2.3 アプリケーション開発

以上の研究成果を組み合わせ、医学用と工業用の三次元ディスプレイシステムを構築した。

医学用システムでは、CT や MRI で用いられる DICOM 形式の三次元データに対応し、患部の抽出と三次元表示を可能にした。また、指先によりインタラクティブに臓器を回転できるため、画像診断の時間短縮に有効である。

工業用システムでは、工業設計用ビューアソフトを改造し、Maya 等の各種モデリングソフトのデータ形式に対応した。また、デブスカメラを用いた観察位置検出装置を開発することで、擬似的にフルパララックス表示を実現し、三次元像の幾何学的歪みを除去した。

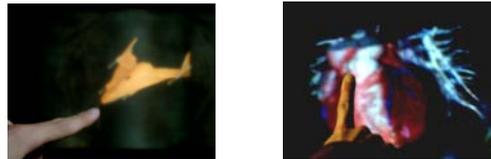


図7 医学用と工業用の三次元ディスプレイシステム

## 3. むすび

本研究では、眼精疲労のない人間に対する安全性の確保された自然な三次元ディスプレイとその応用について研究を行った。本研究成果は将来の三次元テレビの実現にも有効であり、本研究が契機となり三次元ディスプレイの研究開発が活性化することを期待する。

### 【誌上发表リスト】

- [1] 福富武史、名手久貴、高木康博、“指向性画像の高密度表示を用いた3次元画像における調節応答”、映像情報メディア学会誌、vol.58 no.1、p.69-74 (2004)
- [2] Y. Takaki: “High-Density Directional Display for Generating Natural Three-Dimensional Images,” Proceedings of the IEEE, vol. 93, p.654- 663 (2006)
- [3] J. Ouchi, H. Kamei, K. Kikuta, and Y.Takaki: “Development of 128-directional 3D display System,” Proc. SPIE, vol.6392, p.63920I-1 - 8 (2006).

### 【申請特許リスト】

- [1] 小林真理子・三橋俊文、三次元観察状態測定装置及び方法、日本、平成 15 年 3 月 28 日
- [2] 高木康博、開口アレイを有するアフォーカル光学系を備えた三次元表示装置、日本、平成 16 年 3 月 31 日
- [3] 三橋俊文、山口達夫、小林真理子、眼科用測定装置、日本、平成 18 年 3 月

### 【受賞リスト】

- [1] 高木康博、映像情報メディア学会丹羽高柳賞、平成 16 年
- [2] 高木康博、平成 14 年度映像情報メディア学会研究奨励賞、平成 14 年 11 月
- [3] 高木康博、3 次元画像コンファレンス優秀論文賞、平成 15 年 7 月