

長視距離型メガネなし三次元動画ディスプレイの研究開発 (062103006)

Animated Three-dimensional Autostereoscopic Image with a Long Viewing Distance

研究代表者

廖 洪恩 東京大学大学院工学系研究科
Hongen LIAO Graduate School of Engineering, The University of Tokyo

研究期間 平成 18 年度～平成 20 年度

概要

本研究では、従来の三次元ディスプレイ構成法では実現不可能とされている裸眼で観察可能な長視距離三次元動画像表示装置を実現するため、次世代三次元ディスプレイの表示法開発を主要な目的として、高画質かつ高速表示の眼鏡装着不要な三次元立体視を提供し、長視距離でありかつ複数人で同時観察可能な三次元大型動画像表示システムを開発した。視距離が 2 メートル、飛び出し距離が 1 メートル以上と、複数人で同時観察可能な三次元動画像を表示することを目標に、「レンズアレイウォブリング法」による三次元画像高画質化、オブジェクトベースの新レンダリング手法などの研究開発を行い、長視距離型三次元 Integral Videography (IV) ディスプレイ実現の基礎を確立した。

Abstract

A novel three-dimensional (3-D) display is developed for distant viewing of a 3-D animated image without the need for special glasses. This technique enables high-quality and high-speed-generated large-scale 3-D images of integral videography (IV) to be displayed at long viewing distances without any influence from deviated or distorted lenses in a lens array. To generate an 3D animated image with image-depth of more than 1 m that can be viewed by several peoples synchronically, we developed several fundamental techniques, including the high-quality IV imaging method using wobbling lens array, and object-based IV elemental images rendering.

1. まえがき

両眼視差に基づく立体感は視距離の二乗に反比例するため従来は困難と考えられていた長視距離での裸眼立体視を、静止画ではあるが「長視距離型インテグラルフォトグラフィ(IP)」として既に実現した。本研究ではこの技術を一歩進めその動画化の研究を行い、「複数人」が「長視距離」から「フルカラー」で「高画質」の「立体」の「動画」を「裸眼」で観察できる「ディスプレイ」(=「長視距離インテグラルビデオグラフィ(Integral Videography, IV)」)の実現を目指す。

これを実現するためには、「高精度レンズアレイ」と、その焦点面に配置する「超高画素密度平面ディスプレイ」の実現が最重要課題であると共に、レンズ配列の誤差を補償する「キャリブレーション」、レンズアレイのレンズ個数だけある超マルチ画像生成に適した「画像生成技術」といった要素技術の研究開発が不可欠である。

2. 研究内容及び成果

本研究では、従来の三次元ディスプレイ構成法では実現困難と思われていた「裸眼で観察可能な長視距離三次元動画像表示装置」を実現するため、新たな構成法を提案し長視距離型 IV 大型動画像表示ディスプレイの実現を目指す。

本研究開発の最終的な目標達成のため、長視距離三次元動画像ディスプレイシステムの構築および改良を行った。具体的に下記の二つの項目に分けて説明する。

(1) レンズアレイウォブリング法を用いた長視距離三次元ディスプレイ装置の開発

十分な解像度を持つ IV 画像を得るためには背面画像用に非常に画素密度の高いディスプレイが必要になる。本研究の目的は、レンズアレイを振動させることにより、レンズアレイ背面のディスプレイ画素数を見かけ上増加させ、解像度を向上させることにある。レンズアレイをディスプレイと平行に微小距離移動させると、ディスプレイの見かけの画素位置もほぼ同量ずれる。このずれに応じて背面画像も更新する。レンズアレイを人間の目の追従速度以上で

振動させると、残像効果によって疑似的に背面ディスプレイの画素数を増加させた効果が期待できる。PC から制御 BOX に信号を入力しレンズアレイを所定の位置に移動する。その位置に応じた画像を表示することで、IV 像の時分割表示を実現する。振動機構は水平振動と垂直振動が可能である。

動画対応の IV ディスプレイを製作するために、レンズアレイ背面には高解像度の直視型二次元画像の LCD を用いたが、三次元表示のためには解像度が不十分であり、その解像度不足を補うために、レンズを微小に振動させ、且つ各レンズの位置に応じて計算されたレンズ背面の画像を切り替え、生成される IV 像の見かけの解像度を向上させることも試み可能性を確認した (図 1)。

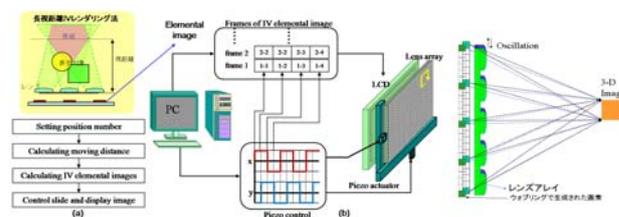


図1. レンズアレイウォブリング法を用いた長視距離三次元 IV ディスプレイシステムの構成

これらのアルゴリズムとハードウェア的な要求仕様を統合し圧電駆動による振動型レンズアレイを用いた三次元 IV ディスプレイシステムを構築した。レンズアレイの具体的な振動方法としては、縦横のアクチュエータにそれぞれ 90° 位相のずれた矩形波を入力し、水平垂直 2 点ずつ計 4 点で静止するように振動させる。これにより単位画像の見かけの画素数は 4 倍の 64×64 に増加する。振幅は背面画像の画素ピッチの半分である 62μm とする。アクチュエータには、オープン制御 piezo アクチュエータを用いた。piezo アクチュエータ駆動信号を PC にも供給し、画像の更新を同期させている。

また、これまで原理検証を行った「レンズアレイウォブ

リング法」の完成度を高め、画像の更新とレンズアレイの振動の同期を実現するとともに三次元 IV 画像の切り替えを 16frame/sec 以上の速度で行い、その結果の IV 像の解像度の向上を評価し、画像表示方法も含め改良を行った。最終年度では基礎実験で得られたノウハウを基に、新レンズアレイ製の实用サイズ高精度レンズアレイを製作し、圧電駆動による振動型レンズアレイを用いた長視距離三次元 IV ディスプレイシステムの統合を行った。また、三次元モデル画像を用いた長視距離三次元ディスプレイの評価を行った。実際に製作したレンズアレイ振動型 IV ディスプレイによる再生した三次元画像を異なる方向からデジタルカメラで撮影した映像を図 2 に示している。三次元オブジェクトの緑色棒は約 1m 手前の手の上に空中像として結像し、観察者から上下左右に移動しても手の上に見えるように見え、実在感に優れた三次元画像である。

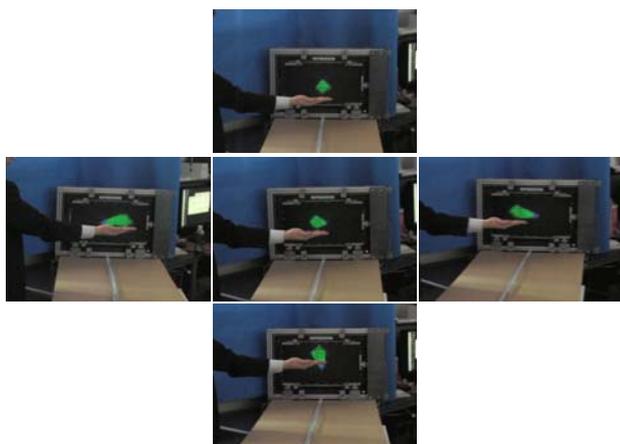


図 2. 長視距離 IV 画像の運動視差

(2) 長視距離三次元ディスプレイ装置の開発における関連要素技術の開発

高精度大型レンズアレイの制作

配列の位置精度を高精度に製作する新しいレンズアレイ製作方法として、ガラス乾板にレーザープロッタで約 4mm ピッチの正確なレンズアレイのパターンを記録・現像し、レジストが円板状に残ったガラス乾板をエッチングすることにより、正確なレンズ配列と正確なレンズ直径の凹凸に換えレンズアレイの基板とする。このレンズアレイ基板の凸部に一定量の光硬化樹脂を乗せ、表面張力でドームが形成された後に光を照射し硬化させレンズアレイを形成する、という製法の基礎実験を行った。本方式により、コストも時間もかかる一連の工程が不要になり、従来の製法に比べ格段に優れた配列精度を、さらにローコストに実現できる可能性があり、将来の实用装置開発に直結する重要な方式だと考えている。

レンズアレイにおけるモザイク構造視認性軽減

レンズアレイのレンズピッチやレンズ直径が人間の目の分解能より小さければ問題ないが、現在の技術で実現できる IV 像では、レンズピッチもレンズ直径も大きく、それらによるモザイク構造が観察され、目障りであったり、場合によっては立体視すら困難になる。前記、レンズアレイウォブリングはその目的にも有効であるが、他の方式として、積層した 2 枚のプリズムアレイを IV ディスプレイ前面で回転させ、見かけ上レンズアレイの全てのレンズを一定半径で回転運動させた。その結果、各レンズ間の画像が滑らかに変化し、モザイク構造が目立たなくなった。そのローパスフィルタの特性は三次元画像の奥行きに無関係に一定であるので、奥行き表現範囲をほとんど劣化させ

ない特徴を有する。

高精度キャリブレーション手法の開発

レンズアレイを高精度に製作できるとしても、組立上の誤差や温度変化等により、平面ディスプレイの画素配列とレンズアレイの配列誤差は完全には避けられないので、平面ディスプレイとレンズアレイを含めて最終的な三次元画像表示空間の光線群の位置と方向を正確に測定し、補償するキャリブレーション手法を開発した。また、スクリーン面に平行な面内の二軸に移動可能なリニアステージに取り付けたデジタルカメラを使用し、デジタルカメラとリニアステージは PC と接続され、画像表示・計測用のキャリブレーションソフトウェアを用いて制御した。

長視距離 IV に適した高速レンダリング法の開発

限られた LCD 解像度を最大限に有効利用するためにオブジェクトベースのレンズ背面画像作成による局所的な高解像度化方法を開発した。本研究において開発した光線探索法アルゴリズムの性能を向上させ、CG などの手法の導入により表現力を高め、特に IV レンダリングアルゴリズムである画素分配法を GPU で実装することにより、従来の方法よりレンダリング速度が 4 倍から 9 倍まで改善されることが確認できた。

3. むすび

長視距離型メガネなし三次元動画ディスプレイシステムとして、さらに改良したレンズアレイの制作を行うとともに、蓄積されたキャリブレーション技術を基に長視距離のための高精度化を行い、視距離：2~3m 以上、三次元像の飛び出し距離：1 m 以上、水平方向視域：800mm 以上、背面動画更新速度：16frame/sec 以上などの目標を達成した。また、これを実現するためには、「高精度レンズアレイ」と、その焦点面に配置する「超高画素密度平面ディスプレイ」の実現が最重要課題であると共に、レンズ配列の誤差を補償する「キャリブレーション」、レンズアレイのレンズ個数だけある超マルチ画像生成に適した「画像生成技術」といった要素技術も重要であり、これらの研究開発に成功した。

【誌上发表リスト】

- [1] Hongen Liao, Takeyoshi Dohi, Makoto Iwahara: Improved Viewing Resolution of Integral Videography by use of Rotated Prism Sheet, Optics Express, Vol.16 No.8, pp.4814-4822, April 2007.
- [2] 寺口剛仁、松宮潔、正宗賢、土肥健純、廖洪恩: 回転プリズムシートによる高画質化 Integral Videography に関する研究、映像情報メディア学会誌、Vol.62、No.4、pp.572-577、2008.

【申請特許リスト】

- [1] 廖洪恩、土肥健純、岩原誠、「三次元画像表示方法」、特願 2006-355442、日本国、2006 年 12 月 28 日
- [2] 廖洪恩、土肥健純、岩原誠、「レンズアレイの製造方法及びレンズアレイ」-1、特願 2009-67783、日本国、2009 年 3 月 19 日

【受賞リスト】

- [1] 廖洪恩、THE ERICSSON YOUNG SCIENTIST AWARD、“長視距離三次元画像表示に関する研究”、2006 年 11 月 22 日
- [2] 一野史也: 「圧電駆動による振動型レンズアレイを用いた長視距離型 Integral Videography の画質向上に関する研究」- ライフサポート学会奨励賞、2008 年

【報道発表リスト】

- [1] NVIDIA ニュースレター「Transformations」立体画像処理、第 4 号 (2008 年春・夏版)、2008 年 7 月 3 日