

令和 2 年 5 月 29 日現在

機関番号：32644
 研究種目：基盤研究(C)（一般）
 研究期間：2017～2019
 課題番号：17K06399
 研究課題名（和文）立体像の側面から背面まで全周観察可能な高臨場感3D動画表示方式の研究

研究課題名（英文）Study of Volumetric 3D display with universal view points

研究代表者
 面谷 信（Omodani, Makoto）
 東海大学・工学部・教授

研究者番号：80297192
 交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,700,000円

研究成果の概要（和文）：全周から視認可能な高臨場感3D表示技術を提案し、表示性能の確認を行って下記実績を上げた。

1) 方式選定：各種方式の比較検討により、実用的3D表示方式として渦巻き型回転スクリーン方式と、螺旋滑り台型回転スクリーン方式とが最有望であるとの見解を得た。2) 表示歪みの確認と対策：各方式について、表示の欠損や歪みの発生について実験確認を行い、対処効果確認実験により補正効果を確認した。3) 表示特性の向上と表示領域の拡大：高精度3Dプリンタを用いてスクリーンの精度向上と大口径化を行い、表示特性の向上と表示像の拡大とを各々確認した。4) 動画表示の確認：動画表示実験を行い、本3D表示方式の表示性能を最終確認した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

立体表示技術の代表例として3D映画等に見られる両眼視差方式は、映像の飛び出し感は得られるが、立体像の側面等を観察できるものではない。本研究では表示空間の任意位置に光点形成できる表示原理により、全周方向から視認可能な立体像を形成する3D表示技術を新提案し、複数の実現方式について表示装置を製作して表示特性の確認を行った。各種方式における表示実験の結果、全方位からの視認性、手で触れる立体像形成特性等を確認し可視化することができた。本表示方式は、SF映画でCG合成により映像化されるような3D表示装置を実現するものとして、エンターテインメント用途を始め、設計支援、医療等への応用が期待される。

研究成果の概要（英文）：We proposed a highly realistic 3D display technology that can be seen from universal view angle, and confirmed the display performance and achieved the following results.

1) Method selection: By comparing various methods, we confirmed that the scroll type and the spiral type rotary screen method are the most promising as practical display methods. 2) Confirmation of image distortion and correction: For each method, experimental confirmation was performed on the occurrence of display defects and distortion, and the correction effect was confirmed by a suitable compensation method. 3) Improved display characteristics and expanded display area: Using a high precision 3D printer, we improved the precision of the screen and increased the screen diameter, and confirmed the improvement of the display characteristics and the enlargement of the 3D image. 4) Confirmation of video display: A video image display experiment was conducted to confirm the final performance of this 3D display method.

研究分野：画像工学

キーワード：ディスプレイ 3D 立体 視覚 体積型 残像 動画 回転スクリーン

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

左右の眼に異なる画像を届けることにより発生する視差情報を利用する立体表示方式は、観察者に対象物の奥行き感(飛び出し感)を与え、3D 映画/TV 等娯楽用途を中心に利用されているが対象物の3次元座標を再現するものではない点で立体表示方式としては未だ不満足である。一方で対象物の3次元座標を再現できるホログラフィー方式は静止画像の表示用に留まる現状にあり、動画対応の研究も行われているがその実用化は非常に困難で、また立体像の背面表示は原理的に難しい。このような課題を解決する方式としては、3次元座標の任意位置に光点を配置する体積型立体表示方式が有望であり、空間上にレーザー照射によるプラズマ光点を形成する方式、LED アレイ配列板を回転させ立体残像を形成する方式等の先行研究がある。しかし、前者には観察者に対するレーザー光やプラズマ発光点の危険性が、後者にはLED 配列密度限界による画像精細化困難性や重量物の回転による装置の重厚化の課題が実用化上の原理点難点として存在する。

2. 研究の目的

3D 表示技術の代表例として3D 映画や3D テレビとして実用化されている両眼視差方式は、映像の飛び出し感は得られるが、表示中の立体像の側面等を回り込んで視認できるものではない。一方で表示立体像の側面等を視認できる方式としてホログラム方式があるが、立体像の背面まで視認できるものではない上、動画表示のハードルは高く、実用上は静止画像の表示に留まっている。本研究はスクリーン面の回転により形成される立体表示領域の任意の3次元座標に光点を照射配置する原理により、側面・背面を含む全周方向から視認可能な立体実像を形成する高臨場感3D 表示技術を新たに提案し、かつその原理的優位性確認と動画を含む表示性能の可視化確認を行うことを目的とし、設計支援、医療技術向上、エンターテインメント用途等への応用を目指す。

3. 研究の方法

本研究の表示方式の基本要素の典型例は、小型スクリーンを一定角度おき、かつ円盤上の半径位置を一定値ずつずらして同心円状に配置した回転スクリーン(図1)である。この小型スクリーン搭載テーブルを高速回転させながら、図2のようにプロジェクター(液晶方式、DMD 方式等)からスクリーン回転にタイミングを同期させて映像を照射する。

例えば8枚の小型スクリーンがプロジェクターの正面に各々位置するタイミングで各々のスクリーン奥行き位置に相当する断面画像を照射することにより、8枚の断面像で構成される立体実像を空間上に残像効果により形成することができる(図3)。図4は予備実験装置で原理確認を行った際の表示結果であり、一辺約20mmの立方体の表示を、粗い画素密度の静止像ではあるが確認できている。

本研究の表示方式は回転システムでありながら、回転部分に発光素子を持たないことにより回転部分が軽量化でき、かつ照射光点の配列密度向上が容易なことが本方式の際だった優位点である。なお、複数枚型スクリーン(図1)では奥行き方向の光点密度はスクリーン枚数で規定されるが、連続的に半径を変化させた一体型の渦巻き型スクリーン(図5)を採用すると、プロジェクター照射タイミングの細分化により、断面像枚数を任意に増加させて奥行き方向の精細度を高めることができる。

本研究では発展形として、対向配置した二つの放物面鏡において放物面内部に置いた物体が上部放物面鏡の開口部上方に浮遊表示される原理を応用して、放物面鏡対の内部に螺旋階段型回転スクリーンを設置し、立体像を浮遊表示する方式も提案している。本浮遊表示方式では、像表示領域には回転部品が存在しないので、手で像に触れることもできる大きな長所を持つとともに、像の独立存在感がより強調される。

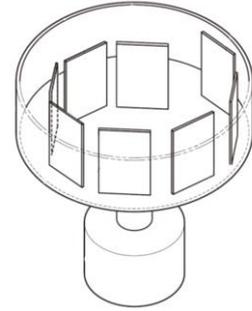


図1 回転スクリーン

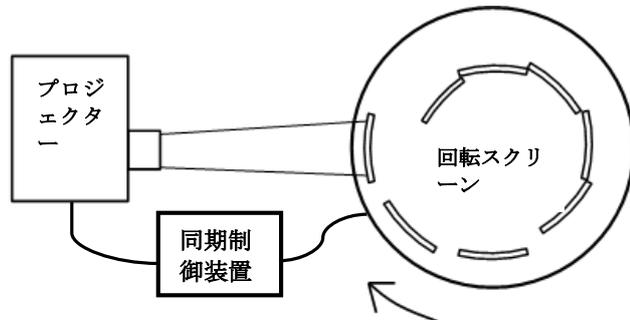


図2 回転スクリーンを用いた3D表示システム

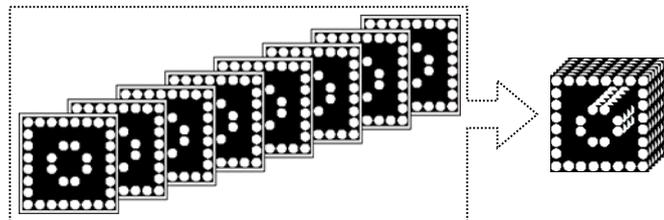


図3 断面像の残像積層による立体画像生成



図4 回転スクリーン上の立体像

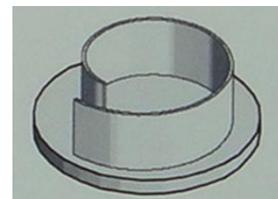


図5 渦巻き型スクリーン

4. 研究成果

主に3種類の3D表示方式について表示装置を製作し表示特性の確認を行った結果、各々の方式に特有の長所と課題があり、用途によって特長を活かした使い分けができる見通しを得た。各方式における検討結果の概略を下記に示す。

1) 渦巻き型スクリーン方式の表示特性確認

連続的に半径を変化させた一体型の渦巻き型スクリーン(図6(a))を製作し、プロジェクターからの照射タイミングの細分化により、断面像枚数を任意に増加させて奥行き方向の精細度を高めることができる3D表示実験装置(図6(b))を構成して表示特性の確認を行った。プロジェクターからの照射タイミングの細分化により断面像数を変化させたときの像の鮮明性に関する主観評価結果(5が最高評価)結果(図7)により、断面像数を64枚とすることにより評価値4以上の高い評価結果を得られることを確認した。本方式ではプロジェクターからスクリーン表面までの距離が各断面像間で異なることにより、像の歪みが発生する課題を持つ。本研究では、各断面像に適切な拡大倍率を施すデータ補正により歪み補正を行った際の3D像表示結果を表1に示す。特に矩形形状の立体像を表示する際に像の縦横比が正方に補正される効果を確認することができた。

2) 螺旋型スクリーン方式の表示特性確認

断面像枚数を任意に増加させて奥行き方向の精細度を高めることができる表示方式として、3D Printerにより製作した螺旋滑り台型スクリーン(図8)を回転させて断面像を回転軸方向から照射する表示実験装置を構成し、表示性能の確認実験を行った。

本方式の長所は、原理的に前述の渦巻き型スクリーン方式のような像歪みが発生しないことであり、また螺旋型と同様に断面像の枚数を無限に増加させることができる。スクリーン樹脂材料の不透明性による像の表示特性の変化を調べた結果、不透明性を高めることが像の鮮明度を向上に顕著に有効であることを明らかにした(図9)。

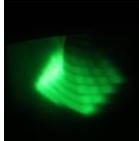
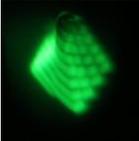
3) 像浮上方式の表示特性確認

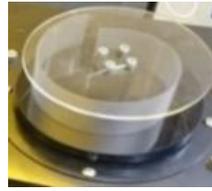
放物面鏡対の内部に螺旋型スクリーンを設置し、立体像を浮遊表示する方式において、さらに放物面鏡内部に反射鏡を設置し、かつ放物面の側面に小孔を設けて側面からプロジェクター光を導入し反射鏡を介して回転スクリーンに断面像を照射する像浮上式3D表示方式を新たに考案し

(本研究期間中に特許出願済)、表示実験装置を構成して表示特性の確認を行った。反射鏡が放物面鏡対内の光路を遮断する懸念については、光路計算の結果、浮上像形成に寄与しない領域が放物面鏡対の中央部に存在することを明らかにし、かつ浮上像形成実験により光路計算の結果と一致する浮上像形成特性を確認した。

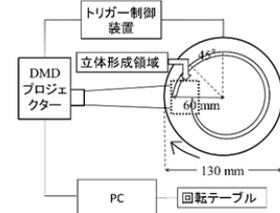
放物面鏡対の光学特性上、像の視認性に関して水平面からの視野角制限が原理的に発生するが、視野角30~60度の範囲では浮上像が問題なく視認可能であることを確認した(表2)。本方式により、浮上3D像に直接手を触れられる表示形態を実現できた。

表2 像浮上型3D表示装置による立体像表示結果(水平面からの視野角依存性)

Viewing angle	30 deg.	45 deg.	60 deg.
Floating image			



(a)スクリーン



(b)装置構成

図6 渦巻きスクリーンを用いた表示装置

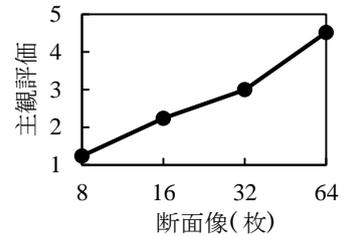


図7 像精度の断面数依存

表1 各種立体像の表示例と補正効果

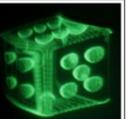
	(a):キャラクターA	(b):キャラクターB	(c):キャラクターC	(d):サイコロ
補正前				
補正後				



図8 螺旋スクリーン(半径21mm)



(a)不透明性大



(b)不透明性小

図9 不透明性の異なるスクリーンへの球体表示結果

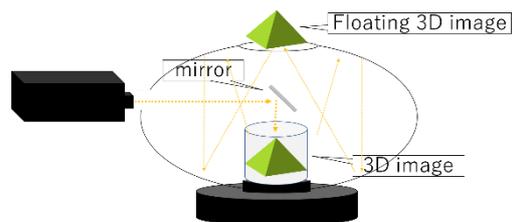


図10 像浮上型3D表示装置の構成

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 稲義美、藤川知栄美	4. 巻 58(4)
2. 論文標題 放物面鏡対を使用した像浮上型の体積型立体表示 像照射系の隠蔽配置による鑑賞性向上	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 日本画像学会誌	6. 最初と最後の頁 378-383
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計5件（うち招待講演 0件/うち国際学会 1件）

1. 発表者名 Ken Muto, Chiemi Fujikawa, Makoto Omodani
2. 発表標題 Volumetric 3D Display System using Rotating Screen -Confirmation of image distortion and its compens
3. 学会等名 IDW '19 (International Display Workshops 2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 武藤 建, 藤川知栄美, 面谷 信
2. 発表標題 回転スクリーンを用いた体積型立体表示 -3D像の視認性向上-
3. 学会等名 日本画像学会 Imaging Conference JAPAN 2018
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 稲 義美, 藤川知栄美, 面谷 信
2. 発表標題 放物面鏡対を使用した像浮上型の体積型立体表示 -像照射系の配置最適化-
3. 学会等名 日本画像学会 Imaging Conference JAPAN 2018
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 稲 義実, 藤川知栄美, 面谷 信
2. 発表標題 放物面鏡対を使用した像浮上型の体積立体表示 -像照射系の配置最適化による鑑賞性向上-
3. 学会等名 応用物理学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 武藤 建, 面谷 信, 藤川 知栄美
2. 発表標題 回転スクリーンを用いた体積型立体表示 -3D表示の視認性向上-
3. 学会等名 日本画像学会
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計1件

産業財産権の名称 立体表示装置	発明者 面谷信	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願2018-219712	出願年 2018年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計0件

〔その他〕

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	藤川 知栄美 (Fujikawa Chiemi) (70319375)	東海大学・工学部・教授 (32644)	
研究分担者	前田 秀一 (Maeda Shuichi) (30580493)	東海大学・工学部・教授 (32644)	