



形状変化が可能な 広視野角フルパララックス立体空中像の検討

Deformable Wide Field-of-view Full-parallax Aerial Image

室伏皓太, 橋本直己

Kota Murofushi and Naoki HASHIMOTO

電気通信大学 大学院情報理工学研究所

(〒182-8585 東京都調布市調布ヶ丘 1-5-1, {murofushi, naoki}@hashimoto.lab.uec.ac.jp)

概要: 近年, 立体空中像の研究が盛んであり, 実物体の代用として娯楽やインタフェースへの応用が期待されている. しかし, 最近普及してきた再帰透過光学素子では, 立体感に欠けることや, 視野角が狭く側面の表現や複数人での観察ができないため, 実用化にはほど遠い. そこで, 本研究では, 変形可能な立体光源を再帰透過光学系によって空中結像させ, また, ミラーの反射によって複数の光源を 1 つに結像, かつ広視野角化することで, 形状変化可能であり広視野角な立体空中像を提示する手法を提案する.

キーワード: 空中像, フルパララックス, 広視野角

1. はじめに

近年, 空中に映像を提示することで, あたかもそこに物体が浮いているかのように見せることができる空中像の研究が盛んである. 空中像の中でも, 表示したい物体に近い両眼視差等を再現した立体空中像は, 自由な仮想物体をそこに実在するかのように提示し, 実物体の代用として用いることができる. そのため, 近未来感やインパクトのある演出が可能であり, 未来のインタフェースとして期待されている.

実物体の代用となる立体空中像を実現するためには, 実物体と同様の立体感を提示するための両眼視差再現が重要である. また, 像を多方向から複数人で観察することを考慮して, 広い提示視野角が求められる. 最近, 空中に光を結像させる Micro-Mirror Array Plate (MMAP) と呼ばれる光学素子が普及してきたが, 光源として単一のディスプレイが用いられる場合が多く, 提示される空中像が平面的である. また, 観察範囲も約 45 度[1]と狭く, 現状では, 実物体の代用として立体空中像を活用するにはほど遠い状況といえる.

そこで本研究では, 自由な形状を表現することで対象物体を立体的に再現し, かつ広視野角な提示を可能にする立体空中像の実現を目指す.

2. 関連研究

実物体を光源として用いれば, 空中像は実物体に極めて近い両眼視差を提示することができる. これを実現した

Makino ら[2]の手法では, 手や紙風船等を光源として, それらを MMAP により空中結像させ, 実物体と同等の両眼視差を再現している. しかし, 空中像を提示するには実物体を用意する必要があり, 表現できる対象に制約がある. また, 観察範囲も正面に限定されており, 複数人での観察には不向きである.

一方で, 宮崎ら[3]は, 視差画像を用いて立体空中像を実現している. この手法ではインテグラルイメージングによる複数の視差画像を用いて, 水平と垂直方向の視差を提示している. また, 凹面鏡によって空中結像させることで, 広視野から複数人で観察可能である. しかし, このように視差画像を用いる手法では提示できる視差数に限度がある. 解像度を上げることや複数のディスプレイを用いることで視差数を増やすことができるが, それでも視差の再現数には限界があることに加え, 装置も複雑化してしまう. そのため, 実物体の代用となる立体空中像を達成するためには, 光源として, 視差画像ではなく物体を用いる手法が有効であると考えられる.

実物体を用いて, 自由な形状を表現するために, 変形可能な光源物体を構築する手法が挙げられる. Nakagaki ら[4]は, 多数のピンを駆動することにより表面形状を変化させ, プロジェクタによる投影と組み合わせることで多様な物体を表現している. しかし, 形状表現は正面方向に特化しており, 側面の表現力は乏しい. また, 装置とのインタラクションを想定しているため, 空中像として提示する用途には利用されていない.

3. 提案手法

本研究では、表面形状が変化する光源装置を複数用いて多方向へ向けた立体形状表現を行い、それらを MMAP と対称に配置したミラーによって、一つの空中像として結像させる手法を提案する。これにより、実物体の形状を立体的に再現し、広視野角から観察可能な立体空中像を生成する。

3.1 変形する光源装置

光源装置は、表面形状を変化できるようなピンアレイを用いる。しかし、単一のピンアレイでは側面の形状表現に乏しいことから、右面と左面に計三つを使用する。これらは図 1 に示すように、ピンの背後にアクチュエータなどの駆動装置を配置し、PC 制御によって自由な形状へと変化できるようにする。また、表面へプロジェクタでの投影を行い、対象物体を再現した立体的な光源を用意する。

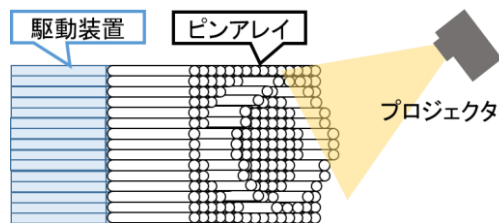


図 1. ピンアレイ駆動装置

3.2 MMAP と対称ミラーによる空中結像原理

複数の光源装置を図 2 のように三方面へ向けて配置することができれば、物体の側面を表現できる。しかし、各面間で隙間ができないように配置すると、装置が重なってしまうため、物理的にこのような配置は不可能である。

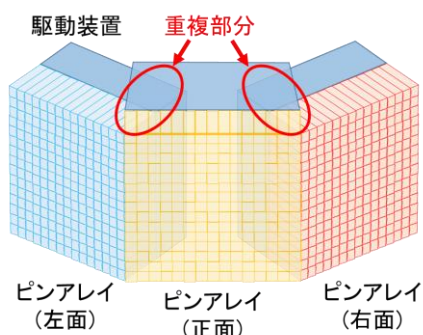


図 2. ピンアレイを三方向へ向けた配置案

そこで、図 3 のように対称的に配置したミラー[5]を用いた光学系を利用する。この光学系では、MMAP によって三つの光源からの光が空中像として結像する。そして、右面と左面の光源によって生成される空中像の光を、ミラーによって折り返すことで、一つの空中像として結像させる。また、観察角度が拡張されるため、多方向へ形状を表現可

能であり、広視野角な立体空中像を実現できる。なお、光がミラーを経由すると、反射によって光路が長くなり、輝度低下によって各面の像に輝度差が生じてしまうが、本手法では、右面と左面における光源の輝度を独立して調整することで、この問題を解消することができる。

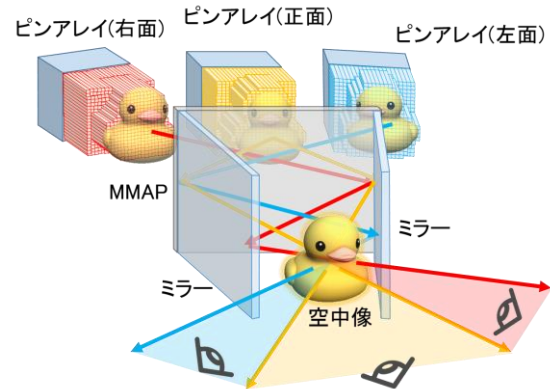


図 3. MMAP とミラーによる結像原理

4. 実装

4.1 システムの構築

本研究では、複数の光源が一つの空中像として結像するかを検証するために、図 4 のような試作装置を構築した。光源は駆動装置を持たないピンアレイのみを実装している。また、ピンアレイの表面をラテックス素材で覆い、滑らかな形状表現を行った。

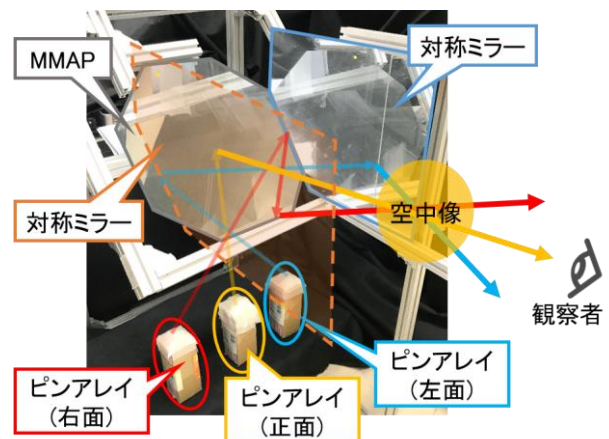


図 4. 構築した光学系の様子
(対称ミラーの片面を取り外した状態)

4.2 光学的評価

空中像を観察し、理論通りに 1 つの像として提示されているかを確認した。図 5 の結果のように、各ピンアレイの面がつながり、1 つの空中像として観察できた。また、視野角は約 120 度まで拡張された。しかし、ミラーの湾曲や MMAP の特性から、連結部分における像の歪みも確認した。

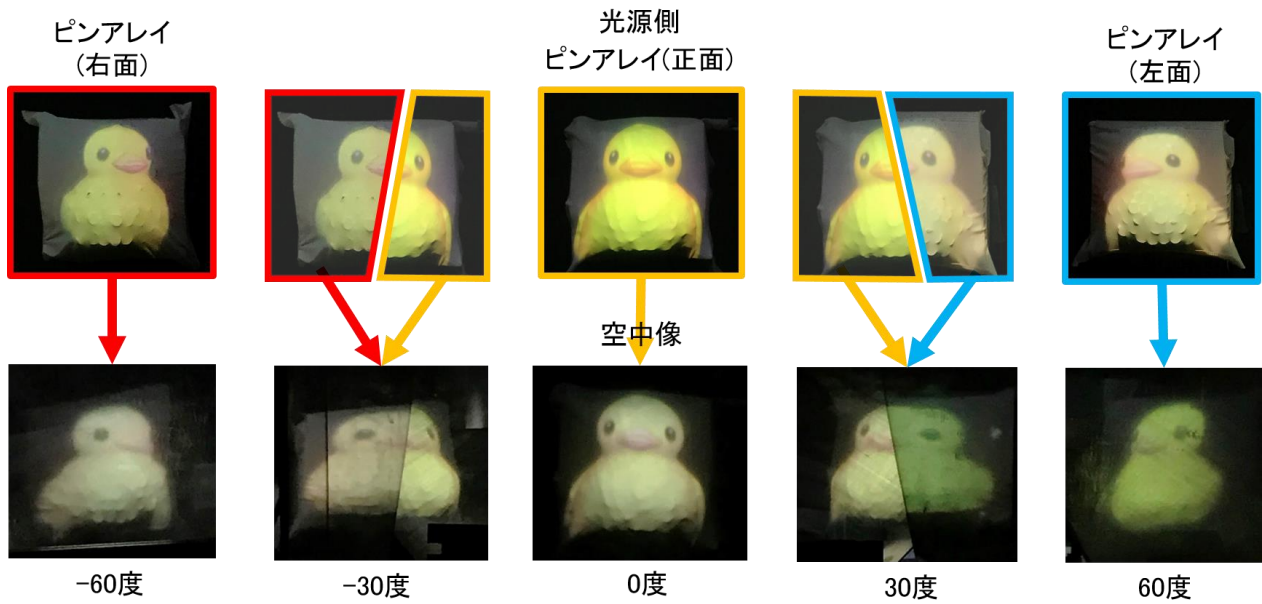


図5. 多方向からの立体空中像の観察結果

5. おわりに

本研究では、複数の変形可能な光源により、物体の正面から側面までの立体形状を表現し、それらの光を MMAP と対称に配置したミラーによって、一つに結像させる光学系を提案した。これにより生成される空中像は、変形可能であり、広視野角な立体空中像となる。また、生成した像が各素子間でシームレスにつながったため、提案内容の一部である複数の光源を 1 つの空中像に結像させる理論の正当性を確認した。

今後は、駆動装置やピン本数の追加、MMAP 二枚を用いた奥行き反転問題の解消、像の歪みが生じないミラーや光学的な配置を検討する。そして、空中像における両眼視差の再現性についての評価実験を行う。

謝辞 本研究は JSPS 科研費 JP19H04152 の助成を受けた。

参考文献

- [1] <https://aska3d.com/ja/>
- [2] Y.Makino et al. : “HaptoClone (Haptic-Optical Clone) for Mutual Tele-Environment by Real-time 3D Image Transfer with Midair Force Feedback”, CHI Conference on Human Factors in Computing Systems, pp.1980-1990, 2016.
- [3] 宮崎大介 : “全周観察可能なフルパララックス空中立体像の表示技術”, TELECOM FRONTIER, No. 84, 2014.
- [4] K.Nakagaki et al. : “Materiable: Rendering Dynamic Material Properties in Response to Direct Physical Touch with Shape Changing Interfaces”, CHI Conference on Human Factors in Computing Systems, pp. 2764-2772, 2016.
- [5] 室伏皓太ら : “インタラクションに適した立体空中像の広視野角化”, 第 23 回日本バーチャルリアリティ学会大会論文集, 32B-3, 2018.