

太陽光集光による屋外で視認可能な高輝度空中像表示

Display of high brightness mid-air image viewable outdoors by the solar collector

† 譲原 洗樹 木内 舜司 ‡ 大里 柚衣 ‡ 小泉 直也 ‡
Koki YUZURIHARA † Shunji KIUCHI † Yui OSATO † and Naoya KOIZUMI †

† 電気通信大学 ‡ JST さきがけ
† The University of Electro-Communications ‡ JST PRESTO

Abstract We propose a method to display a high brightness mid-air image by collecting sunlight using a Fresnel lens. The brightness of the mid-air image displayed by the proposed method was measured. The value was compared with the recommended brightness of outdoor digital signage.

1. はじめに

再帰透過光学素子により空中に映像を表示することが容易になった[1]。一方、再帰透過光学素子を用いて表示した空中像は輝度が低く、明るい場所での視認に適さない。

高輝度空中像を作る手法としては、太陽光を光源とし透明液晶ディスプレイを用いて空中像を表示する Sunny Day Display[2]がある。しかしその輝度は最大で 355cd/m^2 であり、一般的な屋外のデジタルサイネージの輝度 $1500\sim 2500\text{cd/m}^2$ には及ばない。

そこで本論文では先行研究[2]の手法を発展させ、フレネルレンズを用いて太陽光を集光することによる、高輝度空中像の表示手法を提案する。本稿では、装置の設計及び予備実験における輝度測定の結果、空中像の観察対象箇所と背景の輝度比による視認性について報告する。今回の測定では、黒い面に白い円の描かれた画像を空中像として表示した。ここで、観察対象箇所は白い円、背景は黒い面のことを言う。

2. 提案手法

今回の提案システムを図1に示す。本システムはフレネルレンズ、拡散板、透明液晶ディスプレイ、MMAPs、, ホットミラー、水を張ったアクリルケース、鏡により構成される。太陽光がフレネルレンズにより集光され拡散板で拡散された後に透明液晶ディスプレイを通過し色が選択され、MMAPsにより空中像として表示される。また、ホットミラーにより太陽光の中の赤外線を反射し、水により赤外線の一部を吸収させることで、透明液晶ディスプレイの過熱を防ぐようにした。フレネルレンズと透明液晶ディスプレイの間に、鏡の角錐を置くことで、斜めから入射する光も透明液晶ディスプレイに当たるようにした。鏡を傾斜させて設置する事で、太陽光が透明液晶ディスプレイに当た

る時間を多くした。

プロトタイプによって予備実験を行い、直射日光下での照度の4倍の光量が高輝度空中像には必要と考えた。プロトタイプに使用した大型フレネルレンズの焦点距離は60cmであったため、拡散板とフレネルレンズの間の距離を30cmにすることで、空中像の光源照度を直射日光下の照度の4倍にした。

図1の右側に鏡の角錐内での光路を示す。両サイドの鏡をそれぞれ水平面から70度と110度傾けることで、フレネルレンズの法線方向を中心として上下左右30度までの入射光が、フレネルレンズの中心から30cmの位置に届く事を計算と作図により確認した。これより、フレネルレンズと鏡の角錐を45度傾けることによって、15度から75度の太陽高度の光と、装置を向けている方位から前後30度の方位からの太陽光が透明液晶ディスプレイに当たる。

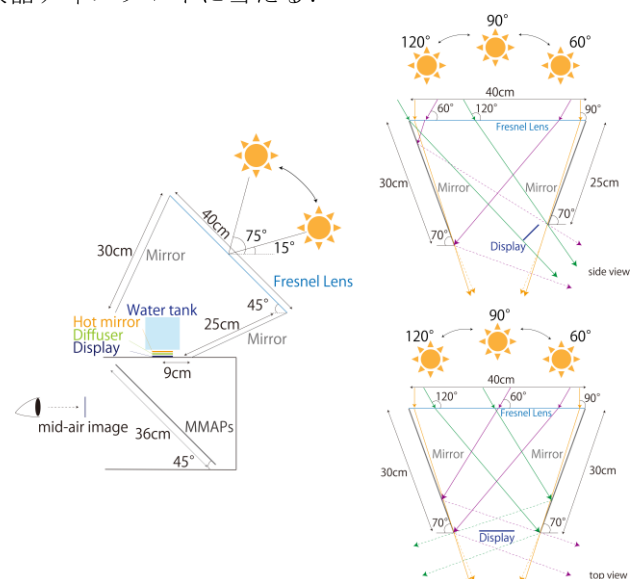


図1. 提案システムの設計(左)と横から見た角錐内の光路(右上)と上から見た角錐内の光路(右下)

3. 評価

3.1. 方法・手順

実験図と空中像の様子を図3に示す。装置を真南に向けて設置し、輝度計を真南に向けた状態から0度から20度まで空中像の輝度を測定した。これを午前10時から午後17時まで30分毎に行った。

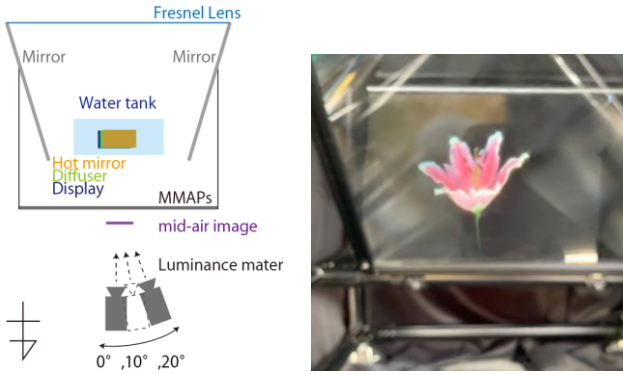


図3. 実験図(左)と空中像の様子(右)

3.2. 結果

輝度の計測結果と輝度比を図4に示す。上図の縦軸は空中像の輝度、横軸は時刻を表しており、時刻ごとの輝度の値をグラフにし、輝度の計測角度ごとに色を変え表示した。下図の縦軸は輝度比、横軸は時刻を表しており、時刻ごとの輝度比と視認限界コントラスト[4]をグラフにし表示した。11時30分に0度から測定した時の輝度が1341cd/m²であり、測定した内で最も高い値が得られた。輝度比は13時30分から15時と16時30分から17時で3.0よりも小さくなった。

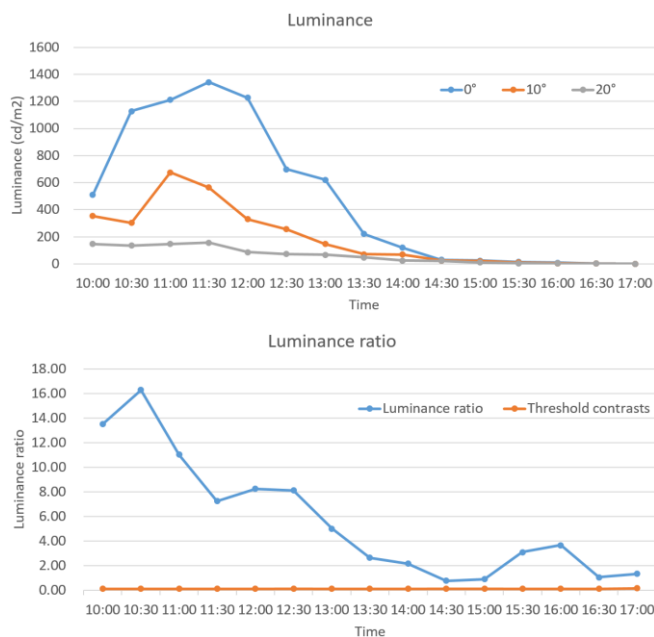


図4. 計測角度別の空中像の輝度(上)と輝度比(下)

3.3. 考察

輝度の最大値は1341cd/m²であった。本システムは、測定日では10時から13時まで透明液晶ディスプレイに太陽光が当たる設計であり、輝度の計測結果からもそれを確認できた。屋外のデジタルサイネージの輝度に及んでいないが、13時半から15時を除いて、昼間に要求される輝度比3.0[3]を超えており、背景が黒い場合では観察対象箇所の視認性は良いと考えられる。また全ての時刻においてBlackwellの視認限界コントラスト[4]の値を超えており、空中像の判別は可能であると言える。

水での反射・屈折により、場所によって空中像の輝度が異なった。背景の輝度が高くなると、輝度比の値が小さくなり視認性が悪くなると考えられる。

拡散板毎に適切なディスプレイとの距離があると考えた。拡散板とディスプレイの最適距離を導き、輝度と輝度比の向上を考えている。

4. まとめ

本研究では、屋外でも明るく見ることが出来る空中像の表示を目的として、フレネルレンズを用いて太陽光を集光し、高輝度空中像を表示するシステムを提案した。今回提案したシステムで得られた空中像の輝度は、目標となる1500~2500cd/m²に対して最大で1341cd/m²であった。拡散板と透明液晶ディスプレイの間の最適距離を導出し、輝度のムラをなくすことで輝度と輝度比を向上させ、視認性を良くしようと考えている。

謝辞 本研究は科学技術振興機構戦略的創造研究推進事業(さきがけ, JPMJPR16D5)によるものである。

文 献

- [1] 山本裕紹, 大坪誠(編): “ASKA3Dプレート - 対面ミラー型マイクロ反射素子を用いた対称光学結像素子 -”, 空中ディスプレイの開発と応用の展開, pp.35-45, シーエムシー出版(2018)
- [2] Naoya Koizumi: “Sunny Day Display”, Proceedings of the 2017 ACM International Conference on Interactive Surfaces and Spaces, pp.126-131(2017)
- [3] ISO 15008: “Road vehicles - Ergonomic aspects of transport information and control systems - Specifications and test procedures for in-vehicle visual presentation”(2017)
- [4] Blackwell, H. R.: “Contrast Thresholds of the Human Eye”, Journal of the Optical Society of America, Volume 36, No.11 (1946)

† 電気通信大学 I 類メディア情報学プログラム

〒182-8585 東京都調布市調布ヶ丘 1-5-1

TEL.042-443-5367 E-mail: yuzurihara@media.lab.uec.ac.jp