

# 熱と触覚のマルチモーダル空中ディスプレイ

## Multimodal Aerial Display with Thermal and Haptic Sensations

宇都宮大学<sup>1</sup>, 日本カーバイド工業株式会社<sup>2</sup>, JST, ACCEL<sup>3</sup>

○伊藤秀征<sup>1,3</sup>, 岡本 智行<sup>1</sup>, 久次米 亮介<sup>1</sup>, 竹田 幸弘<sup>2</sup>, 山本 裕紹<sup>1,3</sup>

Utsunomiya Univ.<sup>1</sup>, Nippon Carbide Industries Co., Inc.<sup>2</sup>, JST, ACCEL<sup>3</sup>

○Shusei Ito<sup>1</sup>, Tomoyuki Okamoto<sup>1</sup>, Ryosuke Kujime<sup>1,3</sup>, Yukihiko Takeda<sup>2</sup>, Hirotsugu Yamamoto<sup>1,3</sup>

E-mail: hirotsugu@yamamotolab.science

### 1. はじめに

空中ディスプレイ[1]は3次元空間に提示された情報を直接触って操作できる利点を有する。一方で、物理ハードウェアがないことからユーザー操作に対するフィードバックの提示が重要な課題である。本発表では超音波収束による触覚と熱収束[2]による温度感覚を用いたフィードバックを与えるマルチモーダル空中ディスプレイを提案する。

### 2. 原理

#### 2.1. 空中表示の原理

空中表示に用いた polarized AIRR の基本構成を図1に示す。光学系は直線偏光のディスプレイ、反射型偏光板、1/4波長シート、再帰反射シートで構成されている。ディスプレイの偏光方向と反射型偏光板の透過軸がクロスニコルの関係となるように配置する。

ディスプレイから出た光が反射型偏光板で反射し、再帰反射シートで再帰反射され反射型偏光板まで戻ってくる。この際、再帰反射光は1/4波長シートを2回通過しているため偏光方向が90度回転する。したがって、光は反射型偏光板を透過し、反射型偏光板に対してディスプレイと面対称の位置に収束する。

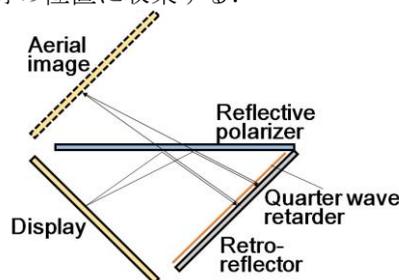


図1 空中表示の原理.

#### 2.2. 熱収束の原理

任意の位置に熱を収束させるために WARM (double-layered arrays of rectangular mirrors)を用いた。WARMの原理を図2に示す。



図2 WARMによる熱収束の原理.

ヒーターから出た赤外線が WARM で2回反射

され WARM に対して面対称の位置に収束する。WARM の各開口は中空構造であるため、遠赤外線についても空気の吸収による影響を受けるだけであり、空中に収束が可能である。

#### 2.3. 超音波による触覚の原理

触覚を提示するために超音波トランスデューサーアレイを用いた。超音波トランスデューサーアレイで空間上の任意の点に位相のそろった超音波が収束するように各トランスデューサーの位相を調整する。収束点では超音波による圧力により、指先や手のひらに触覚を提示可能である。

### 3. 実験結果

今回作製した空中表示システムの構成を図3、空中像を観察した結果を図4に示す。空中に熱と触覚が与えられていることを確認した。

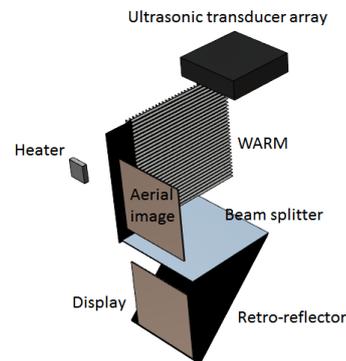


図3 マルチモーダル空中表示の構成.



図4 観察結果.

### 4. おわりに

WARM と超音波トランスデューサーアレイを用いることで熱と触覚をフィードバックすることが可能な空中ディスプレイを実現した。

#### 参考文献

- [1] 安井雅彦他, 計測自動制御学会論文集, Vol. 52 (3), pp. 134-140 (2016).  
 [2] T. Okamoto, *et al.*, Proc. IDW/AD'16, pp. 823-826 (2016).