

移動する空中像提示装置の基礎検討

Basic Study on Movable Mid-air Image Display

水田 柚花[†] 土谷 慧[†] 小泉 直也^{† ‡}
 Yuka MIZUTA[†] Kei TSUCHIYA[†] and Naoya KOIZUMI^{† ‡}

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

Abstract In order to realize seeing mid-air images while walking, we developed a movable mid-air image display. The system consists of optical system, a camera, and mecanum wheels. We designed its interaction space, and verified the system moves keeping a standing user inside its interaction space.

1. はじめに

空中像技術によってユーザは特殊な機器を装着せずに空間に表示されたCGを見ることが出来る。しかし空中像は視域が狭く、ユーザが歩くと空中像が見えなくなってしまう。そこで空中像の視域を広げる手法が研究されてきた[1][2]。しかしこれらの手法では、ユーザの移動が、固定された装置の周辺に限定されていた。

本稿では、ユーザのより広範な移動にも対応した、移動する空中像提示装置を提案する。本装置は、ユーザを視域に入れるように移動することで、実質的に視域を大幅に広げる。評価としてユーザをインタラクションスペースに入れるように装置が移動することを確かめ、装置の有効性を検証した。

2. 設計

本システムは空中像光学系と、ユーザ位置検出用のカメラ、移動機構から成る(図1)。空中像光学系は、映像を表示するディスプレイと、映像を空中に結像する再帰透過光学素子(MMAPs)からなる。ディスプレイはiPad5, MMAPsはAska3Dを用いる。また、ユーザ位置をカメラ画像の顔検出結果から推定するため、カメラのHEYSTOP Camera-Aを載せた。正面から顔を撮影するために装置はユーザの右前へと移動するようにした。また移動機構にはNexus Robotの4WD100mmメカナムホイールを使用した。システム全体の制御はWindows PCで行った。カメラで取得した映像はPCに配信され、Unityで処理を行い、メカナムホイールの動作や空中像表示に反映した。

また光学系の配置から視域を求める式を計算した。本稿では、視域を「空中像が欠けずに見えるユーザの位置範囲」と定義する。装置前面より前後の視域 V_{z1}, V_{z2} と左右の視域 V_{x1}, V_{x2} は、図2中の値を用いて次の式(1)(2)(3)を用いて表される。ただし、MMAPsの幅と奥行きをそれぞれ M_w, M_z 、ディスプレイの幅を D_w とする。

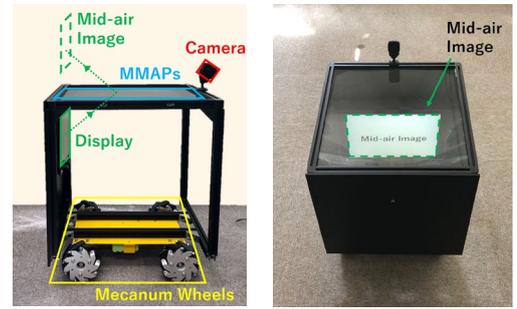


図1 装置の設計(左)と空中像表示(右)

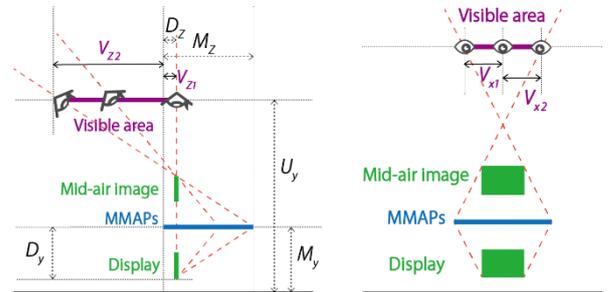


図2 視域(左:前後, 右:左右)

ユーザの眼高を U_y 、MMAPsの高さを M_y 、ディスプレイの下辺とMMAPsの距離を D_y 、MMAPs前辺からディスプレイまでの距離を D_z とする。

$$V_{z1} = D_z \quad (1)$$

$$V_{z2} = \frac{M_z - D_z}{D_y} (U_y - M_y) - M_z \quad (2)$$

$$V_{x1} = V_{x2} = \frac{1}{2} \left(\frac{M_w - D_w}{D_y} (U_y - M_y) - M_w \right) \quad (3)$$

式(1)(2)(3)で求めた視域からカメラで撮影して空中像が欠けずに写ることを確認し、式の妥当性を確かめた。式(1)(2)(3)より、実装した装置の視域は世界の成人(20~65歳)平均眼高157.8cm[3]で、視域が $V_{z1} = 1.8, V_{z2} = 171.8, V_{x1} = V_{x2} = 33.0$ (単位はcm)である。図3に紫の点線で示した。

3. 評価実験

3.1. 実験1 インタラクションスペースの決定

本システムが条件を満たすように移動できるかを評価するために、まず本システムにおける人と空中像とのインタラクションスペースを求めた。インタラクションスペースは、装置がユーザの顔を検出する範囲と前章で求めた視域が重なった領域とする。装置の顔検出範囲を実験により求めた。

実験方法として、装置前方の左右 200cm ずつ奥行 300cm の範囲に立った被験者が顔検出されるかを確かめた。被験者の立ち位置は幅 50cm の各格子点とした。顔検出プログラムには、目鼻の細かい位置が測れる Dlib[4]を用いた。連続したカメラ画像 20 フレームのうち、顔を検出したフレームの割合を計測した。装置の顔検出範囲は、全被験者の結果を平均して 80%以上の範囲とした。被験者は身長 158.6~180.0cm の男女 8 名で、それぞれ各立ち位置で 1 回ずつ試行した。

装置前端を原点とし、顔検出率のヒートマップと視域を重ねた結果を図 3 に示す。インタラクションスペースは横 50cm、前方 25~145cm の領域と求まった。

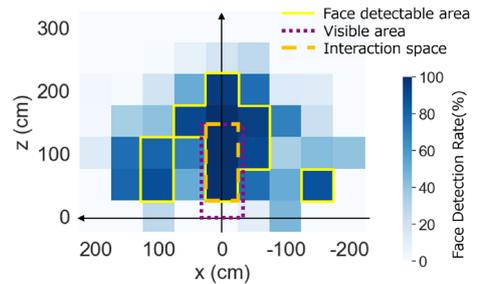


図 3 インタラクションスペース

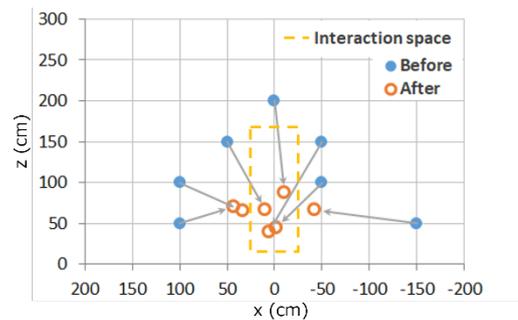


図 4 装置移動前後のユーザ位置

3.2. 実験2 装置の移動の検証

装置がユーザをインタラクションスペースに入れるように移動できるかを検証した。インタラクションスペースの外に立つ被験者に対し装置を移動させ、装置移動後の、装置に対する被験者の立ち位置を記録した。被験者の立ち位置は、実験1の格子点のうち、顔検出範囲内でインタラクションスペースに含まれない7点とした。被験者は身長 165.0~177.0cm の男女4名で、それぞれ各立ち位置で1回ずつ試行した。

結果、立ち位置7点のうち4名の被験者A~Dはそれぞれ、4点、5点、7点、7点において、装置移動後の被験者位置がインタラクションスペース内に入った。被験者Aの結果を図4に示す。青い丸と赤い丸がそれぞれ装置移動前と後の被験者位置を表す。

4. 考察

実験1で顔検出範囲にムラがみられたが、これは場所によって被験者の後ろに天井の照明が写り、逆光になったためと考えられる。また実験2において、装置移動後のユーザ位置は概ねインタラクションスペース内に収まったが、x座標が収まらない場合があった。これは、メカナムホイールを移動速度によってしか制御していないために誤差が生じ、装置が正しく移動していないことが原因と考えられる。よって、移動距離により制御することで改善されると考えられる。

本稿では、カメラ画像からユーザ位置を推定し、ユーザをインタラクションスペースに入れるように装置が移動できることが確かめられた。本研究の目的である移動するユーザへの対応に向けて、今後、移動する

ユーザに追従できるか、またユーザとの移動の適切な速度と位置関係を検討する必要がある。また、カメラに複数人の顔が写っても正しく動作できるようにする必要がある。検出された最大の顔を選択して処理することで安定して動作するように今後改良する。

5. おわりに

本論文では、ユーザが移動しても空中像を見続けられるようにすることを目的として、移動する空中像提示装置を提案した。実装した装置が、インタラクションスペース外のユーザをインタラクションスペース内に入れるように移動することを確かめた。

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] 室伏皓太, 橋本直己: “インタラクションに適した立体空中像の高視野角化”, 第23回日本バーチャルリアリティ学会大会論文集, 32B-4(2018)
- [2] 藤原徹平, 井村誠孝: “二面直交リフレクタアレイを用いた視点追従空中ディスプレイ”, 情報処理学会インタラクション2017, pp.162-165(2017)
- [3] Alvin R. Tilley, Henry Dreyfuss Associates: “The Measure of Man and Woman: Human Factors in Design Revised Edition”, Wiley, pp.11,13(2001)
- [4] Davis E. King: “Dlib-ml: A machine learning toolkit”, Journal of Machine Learning Research, pp.1755-1758 (Jul.2009)

†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: mizuta@media.lab.uec.ac.jp