

# EgoSpace: 双方向映像投影可能なヘッドマウント型デバイス

足立優也<sup>†</sup> 張浩鵬<sup>†</sup> 鷺坂遼<sup>†</sup> 鳥居拓馬<sup>†</sup> 謝浩然<sup>†</sup>

**概要:** 近年、歩きスマホが深刻な社会問題になっている。この社会問題に対して、本研究は双方向映像投影可能なヘッドマウント型ウェアラブルデバイスを提案して、様々なシチュエーションにての応用について検証した。評価実験では、提案デバイスとスマートフォンを用いたナビゲーションの対照実験およびアンケート調査を実施した。その結果、本提案システムの有効性と利便性について考案した。

## 1. はじめに

近年、歩きスマホが大きな社会問題になっている。歩きスマホは、スマートフォンの画面に集中することで視覚が狭くなり信号無視や接触事故などが発生する。また、視覚だけでなく腕も制限されるため転倒時に受け身が取れずに大きな事後に繋がるケースもある。この社会問題に対して、オランダの HIG Traffic Systems 社は地面に信号映像を投影する信号機「+Lightlines」を発表している[1]。しかし、この信号機は歩道埋込み式のため、投影範囲が限られる。本研究では、投影範囲の制約がなくなり、映像投影可能なウェアラブルデバイスを提案する。

ウェアラブルデバイス研究には、背後から接近する物体を検知して LED で知らせるデバイス[2]や、センサーで感知した音声を骨伝導でユーザーに伝えるデバイス[3]、プロジェクションマッピングなどを用いて人間の知覚を拡張するデバイス Head Light[4]などのヘッドマウント型ウェアラブルデバイスがある。また、ユーザーのジェスチャーを認識するグローブ型デバイス[5]や胴体に装着することで安定性を向上させたスタビライザー型のデバイス[6]、人間の身体能力や認知能力を増幅・拡張する尻尾型デバイス[7]など、多種多様な支援ツールとして存在している。

また、映像投影なウェアラブルデバイスに関して、胴体に着用したモバイルプロジェクターからユーザーの足元に映像を投影し、深度センサーとジャイロセンサーを用いてインタラクティブな操作を実現する研究[8]や、ユーザーの胴体に映像を投影する Lumen Couture[9]などの様々な手法が提案されている。

本研究では、双方向映像投影可能なヘッドマウント型ウェアラブルデバイス（以下、EgoSpace）(図 1)を提案してきた[10]。本稿では、提案デバイスのプロトタイプ試作品の評価実験を行い、EgoSpace が様々なシチュエーションにて応用可能であることが検証する。

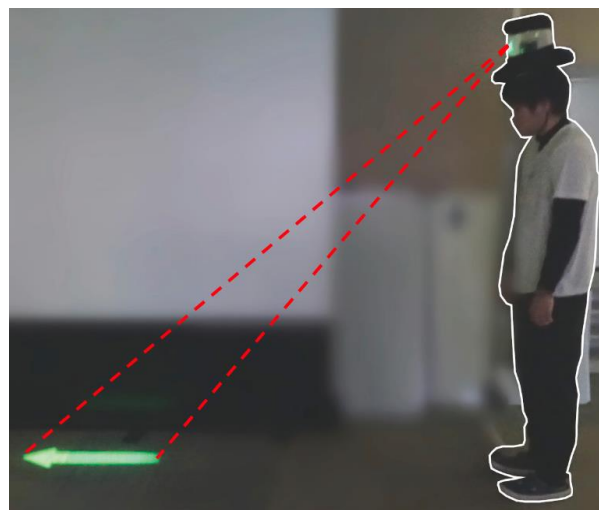


図 1 研究概要図

## 2. 提案手法

本章では、提案システムの本体と投影する映像データに関する概要について述べる。

### 2.1 提案デバイス

本研究で提案する EgoSpace は、小型プロジェクターや鏡、アクリル板などによって構成されている(図 2)。小型プロジェクターから出力された映像データを 2 つの鏡を用いて反射させることで 2 方向への投影を実現している。

### 2.2 投影映像

映像を投影するため、パソコンやタブレットなどのデバイス画面をプロジェクターにミラーリングして投影する。投影映像は GPS の位置情報を用いたアプリケーションとの連携で生成できるが、アプリケーション開発が本研究提案のコア技術ではないので Wizard of OZ 手法を利用する。

投影する画像データのサイズやアスペクト比に制限はない。本研究では、アスペクト比は標準の 4:3 に設定している(図 3)。また、投影する画像データを作成する際の注意点として、画像の中央付近はユーザーの頭部に干渉して投影できない点と反転して投影される点が挙げられる。

<sup>†</sup> 北陸先端科学技術大学院大学

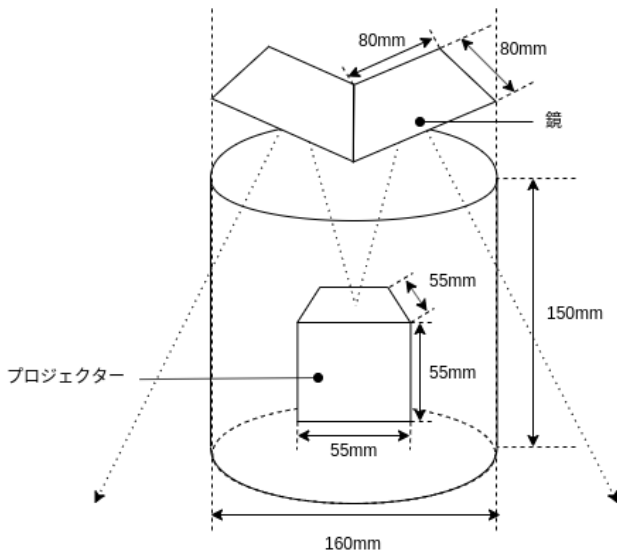


図2 提案デバイスの設計図

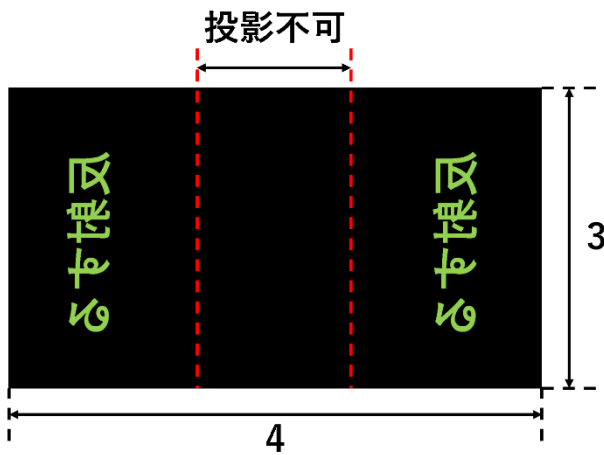


図3 投影映像データの仕様

### 3. システム開発

本章では、プロトタイプ試作品について報告する。小型プロジェクターは TENKER DLP ミニプロジェクター（寸法が 55mm×55mm×55mm、重量が 168g、100 ルーメン）を利用した。である。鏡は、寸法が 80mm×80mm、重量が 20g のものを 2 枚使用した。アクリル板は、直径が 165mm、高さが 140mm、重量が 219g である。EgoSpace 本体の重量は、帽子部分脱着時は 427g、帽子部分装着時は 556g である(図 4)。

映像を投影するためには Miracast 対応デバイスまたは iOS デバイスが必要である。本研究では、iOS バージョン 13.1.3 の第 6 世代 iPad (CPU: Apple A10, RAM: 2GB, ROM: 128GB) を使用した。また、本提案の評価実験では、投影映像は Microsoft 社の PowerPoint を用いて画像データを作成した。

EgoSpace を実際にユーザーが装着して動作している様子を以下に示す(図 5)。小型プロジェクターから投影されている矢印は、目的地までのナビゲーションを想定している。

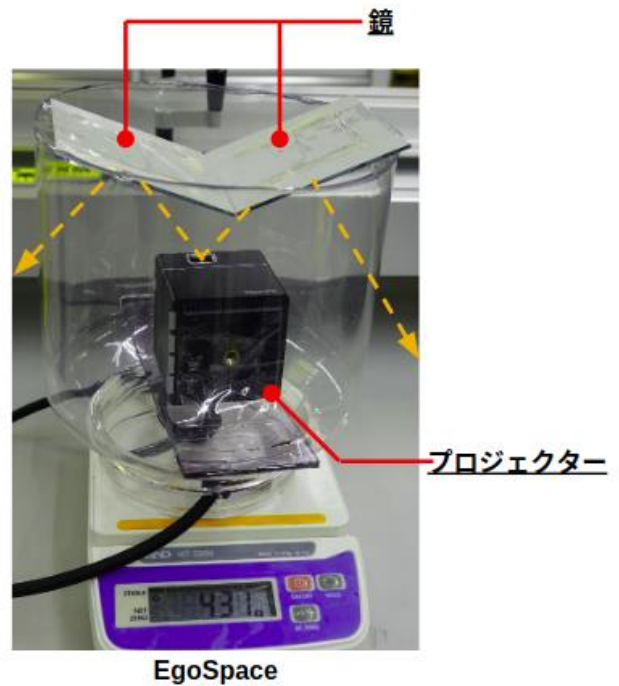


図4. 提案デバイスのプロトタイプ



図5 EgoSpace の装着様子

### 4. 評価実験

本研究では、提案デバイス EgoSpace の性能を評価するために、本学に在籍する大学院生 9 名（男性 9 名、年齢 22～26 歳）を対象に、提案デバイスとスマートフォンを用いたナビゲーションの対照実験およびアンケート調査を実施した。シチュエーションは仮想的なオープンキャンパスで、被験者はオープンキャンパスに参加している学生を想定し

ている。具体的な内容については、事前準備、実験内容、アンケート項目の順に述べていく。

事前準備として、本評価実験では Wizard of OZ 手法を用いてナビゲーションシステムを手動で導入した。まず初めに、敷地内にスタートポイントとエンドポイントを設定する(図 6)。次に、左にスタートポイントからエンドポイントまでのナビゲーションを、右に被験者の身分証明書を設定した画像データ(図 7)を手動で作成し、情報端末内に保存する。最後に、スタートポイントからエンドポイントまでの道中に、擬似障害物として 28cm × 23cm × 10cm のダンボール(図 8)を 3 つランダムに配置する。

実験内容として、まず初めに被験者にはスタートポイント、エンドポイント、擬似障害物に関する情報は伝えず、ナビゲーションに従って進むよう指示する。次に、被験者は EgoSpace から投影されるナビゲーション情報のみを頼りに大学の敷地内に設定したスタートポイントからエンドポイントまでのルートを歩行してもらう。最後に、被験者はスマートフォンに表示されるナビゲーション情報のみを頼りに、同様のルートを歩行してもらう。また、実験中の被験者の行動パターンとして、以下のデータも同時に記録する。

- 達成時間: 目的地に到着するまでの時間
- 有効性: 立ち止まった回数
- 正確性: 想定した道順を外れた回数

実験終了後、提案デバイスとスマートフォンに関する 11 問アンケートを被験者に 5 段階で評価してもらう。また、シチュエーションとしてオープンキャンパスを想定した場合、後方に証明書を投影することで相手に対する警戒心が変化するかを自由記述として記入してもらう。

Q1~Q5 は、デバイスに対する評価を、Q6~Q11 は、シチュエーション別にデバイスを評価してもらう。

- (Q1) 利便性: 本デバイスは使いやすかったですか。
- (Q2) 使用感: 本デバイスを装着したときの使用感はどうでしたか。
- (Q3) 身体疲労: 本デバイスを装着・使用したことで身体的な疲労を感じましたか。
- (Q4) 精神疲労: 本デバイスを装着・使用したことで精神的な疲労を感じましたか。
- (Q5) 推奨度: 本デバイスを他の人にも使うように推奨したいと思いますか。
- (Q6) 本デバイスを両手が塞がっている状態で使用したいと思いますか。
- (Q7) 本デバイスを視界が悪い状態で使用したいと思いますか。

(Q8) 本デバイスを市街地の観光時に使用したいと思いますか。

(Q9) 本デバイスを動物園などの屋外アトラクションで使用したいと思いますか。

(Q10) 本デバイスを水族館などの室内アトラクションで使用したいと思いますか。

(Q11) 本デバイスを自転車搭乗時に使用したいと思いますか。



図 6 スタートポイントとエンドポイント



図 7 評価実験用投影データ



図 8 擬似障害物

## 5. 実験結果

提案デバイス EgoSpace とスマートフォンの評価結果の平均値をまとめた棒グラフを以下に示す (図 9,10,11)。

達成時間(図 9)は、スマートフォンより提案デバイスの方が平均的に 12 秒遅い結果となった。また、有効性と正確性もスマートフォンより提案デバイス EgoSpace の方が平均的に 3 倍多い結果となった。これより、ナビゲーションの機能としては EgoSpace よりスマートフォンの方が優れていることがわかる。

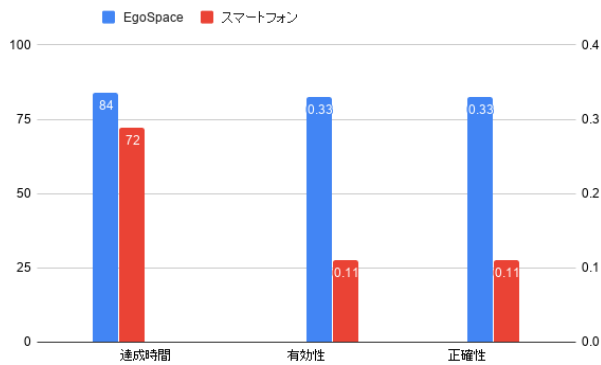


図 9 実験結果の図 (達成時間, 有効性, 正確性)

Q1~Q5の結果(図 10)より, 利便性と使用感はEgoSpace よりスマートフォンの方が高いことがわかった。しかし, 精神疲労はスマートフォンより EgoSpace の方が低いことがわかった。また, 身体疲労と推奨度は EgoSpace とスマートフォンで同様の値であることがわかった。

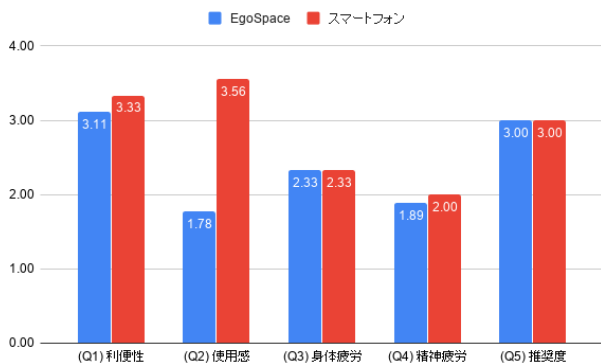


図 10 実験結果の図 (Q1-Q5)

Q6~Q11の結果(図 11)より, ユーザーは両手が塞がっている状態, 視界が悪い状態, 室内時, 自転車搭乗時では EgoSpace を, 観光時は, スマートフォンを積極的に使いたいことがわかった。また, 屋外時に限っては EgoSpace とスマートフォンに差を感じていないことがわかった。

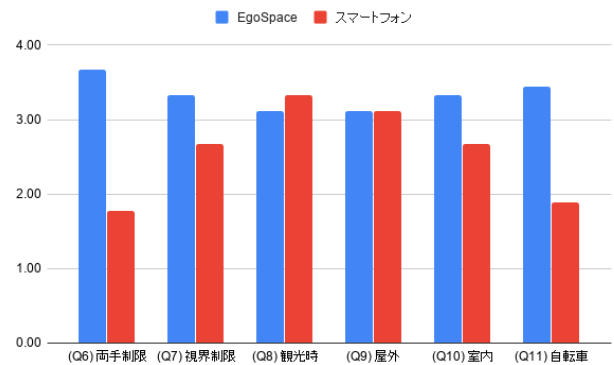


図 11 実験結果の図 (Q6-Q11)

## 6. 考察

使用感の結果より, EgoSpace は装着時の安定性に欠けることがわかる (図 10, Q2)。その原因として, EgoSpace とユーザーの頭との接地面積が小さいため, ユーザーがバランスを取りにくいことが考えられる。また, メガネを着用している被験者からは EgoSpace の顎紐によって固定する設計に対しての指摘を受けており, これも EgoSpace の使用感が著しく下がった原因の 1 つだと考えられる。EgoSpace の安定性の欠如は, 達成時間, 有効性, 正確性の結果にも現れている。また, 一部の被験者からは EgoSpace から投影される投影データが見えにくいという指摘も受けており, これも達成時間, 有効性, 正確性が下がった原因と 1 つだと考えられる。

以上から, 提案デバイスの試作器では映像投影という最低限の機能を実装できたものの, 提案デバイスの装着しやすさや歩行時の安定性などについて十分な配慮をできておらず, そのことが今回の実験結果に影響した可能性が高い。特に多くの被験者は, すでにスマートフォンを用いた道案内に慣れている点もあり, 初めて使う EgoSpace の試作品に対して使用の難しさを感じた可能性は高い。今後, 実際の使用状況でスマートフォンと比較可能な実験を行うためには EgoSpace の試作器をそもそも違和感なく装着できるレベルで仕上げる必要があるだろう。

しかし, Q6~Q11の結果より 6分の5のシチュエーションにおいては, スマートフォン以上に EgoSpace を使用したいと感じる被験者が多いことがわかる。これは, EgoSpace が投影データを変化させることによって, 様々なシチュエーションに対応することが可能であるという高い応用力の現れであると考えられる。特に (Q11) 自転車搭乗時のシチュエーションに関しては顕著な差が出ており, ヘルメット型のウェアラブルデバイスとしての応用も考えられる (図 12)。

また, 被験者の後方に証明書を投影することに関する質問については, 相手に対する警戒心が少し下がるという意見を頂いている。一方で, ユーザー自身には後方に何が投影されているかを確認できないため, プライバシー保護の



観点からデータを投影することに対する不信感を感じるなどの意見も頂いている。この結果より、オープンキャンパスの際は身分証明書を、自転車搭乗時にはウインカーを表示させるなど、シチュエーションごとに前後の投影データを切り替えることで様々な応用先が考えられる。同時に、ユーザーが後方の投影データを確認できる機構やプライバシー保護の観点から投影するデータを設計する必要があることがわかった。

今回の評価実験では疑似障害物として3つのダンボールを設置した。その疑似障害物による EgoSpace とスマートフォンの差を数値化することが出来なかった。しかし、人間などの動く障害物を設置した場合を検証できなかったため、次回以降の課題としたい。



図 12 自転車搭乗時

## 7. まとめと今後の展望

本研究では、双方向映像投影可能なヘッドマウント型デバイス EgoSpace システムを提案した。提案システムを検証するため、試作したプロトタイプに対して、提案デバイスとスマートフォンを用いたナビゲーションの対照実験およびアンケート調査を実施した。実験結果により、提案システムが様々なシチュエーションにての応用を期待できる。

評価実験の結果より、提案デバイスの長所と短所を明確化することができた。今後は、ハードウェアとソフトウェアの面から長所を伸ばし、短所を克服していきたく考えている。ハードウェアの面からは、アクリル板によって覆われてフレームの部分を、3D プリンターを用いて再設計することで安定性の向上と軽量化を同時に解決する。また、鏡の部分を変換式にすることでユーザーの身長によって投影距離が変化してしまう問題を解決する。ソフトウェアの面からは、ユーザーが頭を使ってジェスチャーすることでインタラクティブな操作を行えるようにする。これによって、自転車搭乗時などの両手が使えない状況でもユーザーと

EgoSpace がインタラククションすることが可能になると考えられる。その後は、シチュエーション別に評価実験を行い、提案デバイスの応用先を広げていきたいと考えている。

**謝辞** 本研究の評価実験にご協力頂いた皆様と本研究の達成に、ご助力いただいた鈴木陽之氏に深く感謝する。

## 参考文献

- [1] "+LightLine". [https://hig.nl/file/593/HIG\\_+LightLine\\_ENG\\_A4\\_folder\\_LR.pdf](https://hig.nl/file/593/HIG_+LightLine_ENG_A4_folder_LR.pdf), (参照 2019-12-23).
- [2] Niforatos, E. Fedosov, A. Elhart, I. and Langheinrich. M. Augmenting Skiers' Peripheral Perception. Proceedings of the ACM International Symposium on Wearable Computers. 2017, p. 114-121.
- [3] Russell, S. Dublon, G. and Paradiso J. A.. Hearthere: Networked sensory prosthetics through auditory augmented reality. Proceedings of the 7th Augmented Human International Conference 2016, 2016. p. 20.
- [4] "Head Light". <https://www.sonycl.co.jp/tokyo/4759/>, (参照 2019-12-23).
- [5] Agarwal, S. Mondal, A. Joshi, G. and Gupta G.. Gestglove: A wearable device with gesture based touchless interaction. Proceedings of the 8th Augmented Human International Conference. 2017, p. 3.
- [6] Kawamura, R. Takazawa, K. Iwasaki, R. Yamamoto, K. and Ochiai Y.. Exo-Balancer: Design Method of Personalized Stabilizers for Shooting Actions. Proceedings of the 9th Augmented Human International Conference. 2018, p. 32.
- [7] Xie, H. Mitsuhashi, K. and Tori, T.. Augmenting Human With a Tail. Augmented Human International Conference 2019. 2019, No. 35.
- [8] 佐藤文宏, 松田大輝, 酒田信親, 西田正吾. フロアインタラクションに向けたウェアラブル手足入力インタフェース. 日本バーチャルリアリティ学会論文誌. 2015, 20 巻, 2 号, p. 163-171.
- [9] "Lumen Couture". <http://www.makefashion.ca/projects/lumen-couture-projection-mapped-dress/>, (参照 2019-12-23).
- [10] 足立優也, 張浩鵬, 鷺坂遼, 鳥居拓馬, 謝浩然. 個人空間を拡張するウェアラブルデバイス「EgoSpace」の開発. HCG2019. 2019, I-2-4.