



# ブレード型空中像による奥行方向の弁別とユーザ体験

Depth discrimination and user experience using blade-type floating image

大平悠介<sup>1)</sup>, 伴地芳啓<sup>1)</sup>, 河合隆史<sup>1)</sup>

Yusuke OHIRA, Yoshihiro BANCHI, and Takashi KAWAI

1) 早稲田大学 (〒169-8555 東京都新宿区大久保 3-4-1, y.o.kaoari1409@ruri.waseda.jp)

**概要**：本研究はブレード型空中像の従来のディスプレイに対する具体的な有意性を示す目的で、矢印映像を用いた奥行方向の弁別実験を行なった。矢印の提示条件として、2D ディスプレイ、3D ディスプレイ、ブレード型空中像の3条件を比較し、奥行方向の弁別や眼精疲労について分析を行った。実験の結果、ブレード型空中像の奥行方向の弁別精度は2D ディスプレイよりも高く、特定の条件下では3D ディスプレイと同程度になる可能性が示唆された。また、ブレード型空中像は2D・3D ディスプレイよりも一定期間における観察時の眼精疲労の上昇量が緩やかであることが示唆された。

**キーワード**：ブレード型空中像、奥行知覚、眼精疲労

## 1. はじめに

屋内外のイベントや公共空間などで空中像を提示するディスプレイの社会実装が、サイネージの分野を中心に進んでいる。これらの中でブレード型と分類されるディスプレイは、LEDの配置された十字のバー(ブレード)が高速回転することで画像を提示している[1]。ブレード型空中像は、主要な対象以外の色を黒に設定することで、背面の風景が透過する。そのため、観察者に対して対象が空中に浮遊しているような感覚を生起すると考えられる。(図1)

筆者らは、このようなブレード型空中像が従来のディスプレイと比べ、ユーザ体験の観点からどのような特徴を有しているか研究を行ってきた[2,3]。結果から、快適で好ましいコンテンツが従来のディスプレイと異なること、平面映像でありながら立体感を感じやすいことが分かってきた。その一方で、これらの特性を活用したブレード型ディスプレイの具体的な活用方法については検討が不十分であった。

本研究では、ブレード型ディスプレイの特性を活かせる可能性のある対象として、矢印による方向指示に着目した。現在、都心部などの大きな駅では図2のように、目的地への方向を示す多くの矢印盤面が設置されている[4]。その結果、誘導が複雑化し、直感的な駅構内の移動が困難にな

っていると推測される。西島らは案内用図記号としての役割を持つ矢印の主な方向を示すサインが、利用者の方向判断に及ぼす影響について検討している[5]。この研究では、直線矢印は立面方向より平面方向に解釈され、特に下向きなどの左右以外の方向では、方向判断に迷いが生じる可能性が高いという結果が報告されている。

そこで、奥行方向の情報を加えた図3のような矢印を用いることで、従来の平面的な矢印よりも正確な情報を直感的に伝えることが出来るのではないかと考えた。また、そ

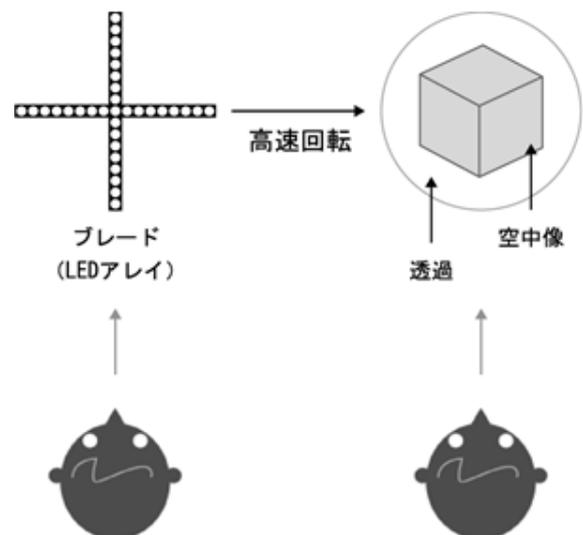


図1 ブレード型空中像の原理



図2 駅構内等の矢印例

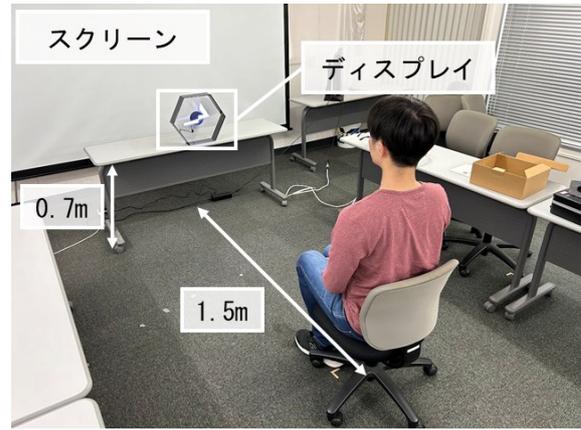


図4 実験環境

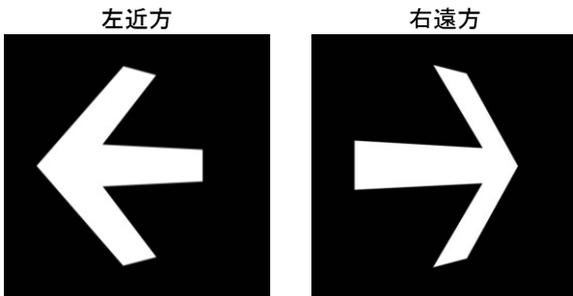


図3 奥行方向の情報を加えた矢印

の矢印をブレード型空中像で提示することが、従来のディスプレイで提示するよりも奥行方向の伝達に優れているのではと考えた。

したがって本研究では、矢印映像を観察した際の奥行方向の弁別や眼精疲労を測定する評価実験を通して、従来のディスプレイと比較したブレード型空中像の優位性や、新たなブレード型空中像のユーザ体験に関する知見を得ることを目的とした。

## 2. 実験方法

### 2.1 実験刺激

刺激は、国土交通省のガイドライン[6]に示されている矢印を基に、黒背景に白色の矢印が表示された画像を512x512pxで作成した。そして、矢印を左近方・右遠方へ45度回転した2種類を標準刺激(図3参照)とし、標準刺激から±0.7、±1.4、±2.1、±2.8、±3.5、±4.2度それぞれ回転させた24種類を比較刺激とした。

### 2.2 実験条件

刺激提示用ディスプレイとして24インチ3Dディスプレイ(Hyundai IT, P240W)とブレード型3D空中像(3D Phantom, 30z)をそれぞれ用意し、前者に3D映像を表示したものを3D条件、2D映像を表示したものを2D条件、後者をブレード型条件とした。

### 2.3 実験環境

実際の実験環境を図4に示す。それぞれのディスプレイは高さ0.7mの台の上に乗せ、表示される映像の中心が同じ高さになるように調整した。また、ディスプレイの後方にはスクリーンを設置し、奥が見えないようにした。実験参加者にはディスプレイから1.5mの位置で座位にて刺激映像の観察を求め、観察中は部屋を消灯した。なお、消灯時の平均照度は約28.1lx(SD=20.3lx)であった。また、3D条件ではインターレース方式に合わせた偏光メガネの着用を求めた。

### 2.4 評価指標

主観指標として、恒常法による奥行き方向の弁別閾を求めた。具体的に、各試行で二件法を用いて、比較刺激が標準刺激に対して遠方または近方のどちらに変化したか回答を求め、比較刺激ごとの遠方と回答した割合を正規分布の累積分布関数でフィッティングした。そして、回答確率が75%と25%となる角度変化量の弁別閾(弁別確率75%の元での弁別閾)と、その差分を算出した。この時、差分が小さいほど心理測定関数の傾きが急であるため、弁別精度が高いといえる。

また、眼精疲労の評価として、Visual Analogue Scale(VAS)への回答を試行開始前と試行8回ごとに求めた。VASとは、一本の直線に対して、左端が「疲労が無い」状態、右端が「最も疲労がある」状態として、疲労の程度を示す部分に印をつけ、左端からの距離をスコア化する指標である。なお、スコア化された眼精疲労は被験者ごとに正規化して分析を行なった。

### 2.5 実験手順

実験参加者は20歳代の男女16例で、事前に実験の趣旨や方法を説明し、同意を得た。奇数番目の実験参加者には

左近方の矢印を標準刺激とした比較刺激を、偶数番目の実験参加者には右遠方の矢印を標準刺激とした比較刺激をそれぞれ提示した。試行開始前にチトマスステレオテストを用いて立体視力の有無を確認した。1試行は標準刺激と比較刺激を交互に提示し、二件法への回答を求めた。各条件につき、12種類の比較刺激をランダムな順序で提示することを4セットずつ計48試行を実施した。また、条件の順番についても実験参加者間でランダム化した。

3. 実験結果

3.1 奥行き弁別

矢印の奥行き弁別の正答率について標準刺激が左近方であったものを図5に、右遠方であったものを図6にそれぞれ示した。前述した方法に従って参加者全体に対する標準刺激・提示条件別の弁別確率75%の元での弁別閾とその差分を表1,2に示す。どちらの標準刺激でも最も弁別精度が高いのは3D条件であり、次点ではブレード型条件であった。

3.2 眼精疲労

試行回数別の眼精疲労の変動を図7に示す。エラーバーは

標準誤差である。試行前から24試行目までの眼精疲労の上昇量について、2D・3D条件が急であるのに対し、ブレード型条件では緩やかである傾向がみられた。試行前から24試行目までの眼精疲労の上昇量について、図8に示した。提示条件を要因とした分散分析を行なった結果、有意差が認められた。また、Holm法による多重比較を行なったところ、2D・3D条件に対してブレード型条件の方が有意に眼精疲労の上昇量が低いことが分かった。

4. 考察

奥行き弁別について、ブレード型条件の弁別精度は、矢印の向きを問わず、2D条件よりも高く、3D条件よりも低い結果となった。2D条件よりも高くなった要因として、背景が透過されたことで、矢印の形状の変化を識別しやすくなったことが考えられる。2D条件・ブレード型条件ともに平面映像であるため、単眼立体情報によって奥行き方向を知覚している。内省報告から、実験参加者の多くが、矢印の大きさや輪郭の長さの変化を、奥行き方向の弁別の手がかりとしていたことが分かった。主要な対象以外が透過されるブレード型条件は2D条件よりも形状の変化への感度が

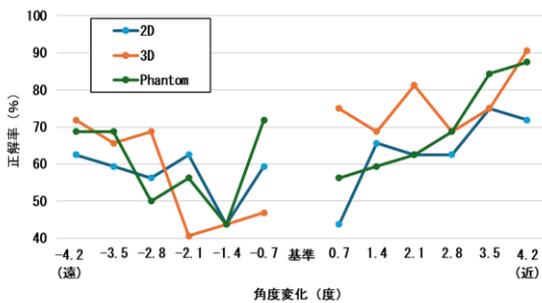


図5 奥行き弁別の正答率（左近方）

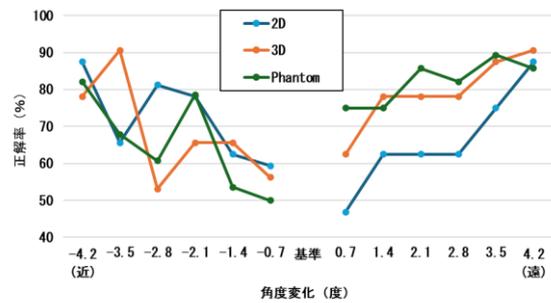


図6 奥行き弁別の正答率（右遠方）

表1 弁別確率75%の元での弁別閾（左近方）

	2D	3D	ブレード型
左近方 75%	5.24	2.03	3.09
左近方 25%	-6.75	-5.17	-4.86
差分	11.99	7.19	7.59

表2 弁別確率75%の元での弁別閾（右遠方）

	2D	3D	ブレード型
右遠方 75%	3.39	1.87	1.10
右遠方 25%	-2.60	-3.08	-4.73
差分	5.98	4.95	5.84

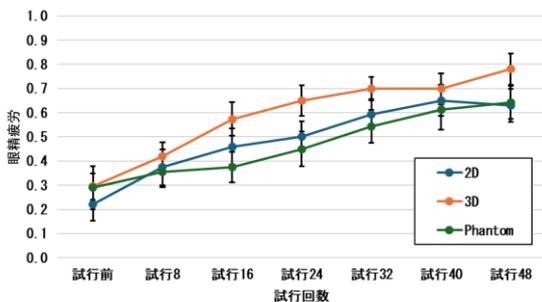


図7 眼精疲労の推移

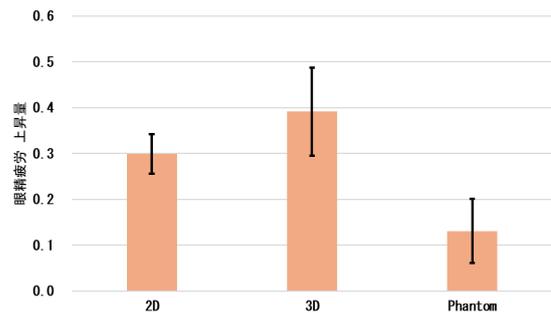


図8 試行前から24試行目までの眼精疲労の上昇量

高いことが考えられる。

3D 条件に関しては他の 2 条件とは違い、立体映像であるため、立体視差による奥行情報が存在する。そのため、他の 2 条件よりも奥行きが判別が容易であると考えられる。内省報告でも最も判別しやすい条件として 3D 条件が支持を集めていた。一方で、左近方の矢印に対する判別精度は 3D 条件とブレード型条件とで同程度となったことから、特定の状況下ではブレード型条件は 3D 条件と変わらない奥行知覚ができる可能性が考えられる。

一方で、一般的な恒常法では同一の比較刺激に対して多くの試行を繰り返し、各実験参加者での判別精度を比較するのに対し、本研究では同一の比較刺激を一人当たり 4 回しか取得していない。そのため、実験参加者全体での判別精度を算出して比較を行なっていることに留意したい。

眼精疲労について、一定の期間では 2D・3D 条件に対してブレード型条件の方が有意に眼精疲労の上昇量が低いことが示唆された。その要因として、輝度による視認性が考えられる。2D・3D 条件で用いたディスプレイの最大輝度が 190cd/m<sup>2</sup> であるのに対し、ブレード型条件のディスプレイの最大輝度は約 500~2000cd/m<sup>2</sup> であった。ディスプレイと周囲の空間との輝度比が高く、矢印の視認性が向上し、結果的に眼精疲労の抑制に働いたと考えられる。

一方で、ブレード型条件の輝度は暗室で映像の観察を続けるには高いと考えられ、長時間の観察においては眼精疲労が上昇してしまうことが考えられる。実際に、試行前から 48 試行後の上昇量については提示条件間で有意差が認められなかった。しかし、判別精度も含めて、屋外や明るい環境では従来のディスプレイよりも優れた奥行方向の提示が可能であると考えられる。

## 5. むすび

本研究は矢印映像を観察した際の奥行方向の判別や眼精疲労を測定する評価実験を通して、ブレード型空中像のユーザ体験に関する知見を得ることを目的とした。結果から以下が示唆された。

(1) 2D 条件よりも判別精度が高く、特定の状況下では

両眼視差を持つ 3D 条件に近い判別精度となる可能性があること。

(2) 2D・3D 条件よりも一定期間観察時の眼精疲労の上昇量が緩やかであること。

今後の展望として、奥行き判別について、統計的な評価を行なうことや、実際に奥行を持った矢印によって移動が簡易化されるのか、ブレード型空中像を用いた実証実験を行なうことが考えられる。

**謝辞** 本研究の遂行にあたり、早稲田大学大学院基幹理工学研究科 OB の伊藤真大氏、および X-Gate 株式会社の多大なるご協力をいただきました。また、本研究の一部は、JSPS 科研費 24K15036 の助成を受けて実施されました。

## 参考文献

- [1] Life is Style, “3D ホログラムって何？3D に見えるメカニズムとは？”, 2022-2-9, <https://phantom-3d.net/column/01042/> (2025/7/16 閲覧).
- [2] 大平悠介, 伊藤真大, 角田慎太郎, 佐藤海斗, 塚原帝成, 保科美怜, 河合隆史, ブレード型空中像 によるユーザ体験に関する基礎特性の検討, 人間工学, 58 巻, Supplement 号, 2022, p. 2G3-02.
- [3] 伊藤真大, 河合隆史, ブレード型 3D ディスプレイを用いた空中像による誘導効果, 人間工学, 59 巻, Supplement 号, 2023, p. O2B7-03.
- [4] 松本圭司, “矢印だらけ”, デイリーポータルZ, 2015/5/27, <https://dailyportalz.jp/kiji/150526193648>, (2025/1/23 閲覧).
- [5] 西島悠介, 池田佳樹, 西川麻里奈, 許載永, 平手小太郎, 鉄道駅におけるサイン盤面内の矢印が 利用者の方向判断に及ぼす影響, 日本建築学会環境系論文集, 84 巻, 759 号, 2019, p.479-486.
- [6] 国土交通省総合政策局バリアフリー政策課, “公共交通機関の旅客施設に関する移動等円滑化整備ガイドライン”, 2024-3, <https://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/barrierfree/content/001734087.pdf>, (2025/7/16 閲覧)