

机上に投影した空中立体映像による方向指示の精度調査

松浦 向日葵* 福地 健太郎*

概要. 机上に映像を投影し、机上の実物体の説明や操作指示を行うシステムがこれまでに提案されている。多くの場合、矢印や記号類を投影することで指示を表現するが、小さな人間型キャラクタを表示して説明や指示をすると、利用者との対話感や共在感、楽しさを向上させることができ、博物館展示などに向く。しかし、投影する映像が平面の場合、キャラクタの方向指示精度に課題があった。本研究では、キャラクタを空中立体映像として投影することにより、方向指示精度の改善を図った。評価実験の結果、平面映像投影と比較して、方向指示の認識精度が有意に向上することが明らかになった。これにより、指示対象となる実物体が多数あるような環境における、空中立体映像の優位性が示唆された。

1 はじめに

プロジェクタやHMDを使用して机上に映像を投影し、机上の実物体の説明や操作指示を行うシステムが提案されている。多くの場合、矢印や記号などの図形を実物体近傍に投影して指示を表現するが[1, 2, 3, 4, 5], 小さな人間型キャラクタを表示して説明や指示をすることで、利用者との対話感や共在感、楽しさを向上させることができる[6]。

これまでに我々は空中立体映像投影を用いて、机上に身長10cmほどのキャラクタを投影するシステムを構築した(図1)。同システムにより、キャラクタが実際に机の上に立っているように見せ、机上の実物体を指差したり近づいたりといった指示が可能となった。

指差しによる方向指示には精度の問題がある。操作者が方向指示精度の限界を把握していないと、対話相手に関心の対象を正しく伝えられない恐れがある。キャラクタを指示対象に近づけたり、他の情報で補うにしても、事前に指示精度の特性を把握していないとその必要を見落とす可能性がある。

そこで今回、提案システムにおける指差し方向の認識精度を評価する実験を行った。この実験では線分が方向を示す映像を空中に投影し、被験者には示されたと思う方向を推測させるタスクを行った。このタスクを2D映像と3D映像の2条件で実施し、実際に示された方向と被験者が答えた方向の誤差を分析した。

実験の結果、提案システムにおいて、3D映像による方向提示は平均で約7度の角度誤差があった。2D

映像では約11度であり、立体映像投影の優位性が確認された。特に、被験者から見て奥側を示した際に、2D映像では角度誤差が最大約20度まで低下したが、3D映像では5度以下に抑えられることが分かった。一方、被験者から見て手前側や真横を示した際は差が小さく、効果は限定的であった。

このことから、提案システム上での空中立体映像による方向提示は、机上の位置を指し示すのに十分な精度を持つことが分かった一方で、平面映像の投影では被験者から見て奥側60~20度の角度の指示に問題があることが分かった。



図1. テーブル型空中立体映像投影システム (AIRR テーブル)

2 関連研究

キャラクタによる方向指示の認識精度を向上させるにはキャラクタを立体的に提示することが有効である。キャラクタの全身を3D映像として投影する手法[7]や、身体をロボットで代替して表現する手法[8]のいずれにおいても、観察者は対話相手による方向指示を高い精度で認識できたことが示されている。これらの研究では、方向指示は腕のみならず頭部や

胴体の姿勢を含む全身を用いたものである。鈴木らはロボットが無言であっても身体の動きのみで注意誘導が可能であることを示した[10]。特に、指差し行為による方向提示が有効であることを明らかにしている。

また、視線による対象指示に着目し、対話相手の視線を伝達することに特化した研究が行われている。Higuchiらは遠隔協調作業において、2D プロジェクションマッピングまたはHMDを用いて、リモートユーザが視線を向けた場所をローカル環境に図式的に表示するシステムを製作した[1]。リモートユーザの視線位置を提示することで、早く正確な対象指示が可能となったことが報告されている。大槻らはビデオ通話を行う対話相手の視線方向を立体的な眼球型ディスプレイを用いて提示する手法を提案している[9]。対話相手が視線を向けた実物体に観察者の注意をより早く誘導できることが示されている。

Izukaらはより生物的な頭部ジェスチャを実現するため、リモートユーザの頭部を投影するフレキシブルスクリーンを提案した[11]。このスクリーンは投影面を柔軟に変形させることが可能であり、頭部の向きを立体的に提示することができる。

3 実験システム概要

3.1 空中立体ディスプレイ

本研究で用いた、テーブル型の空中立体映像投影システムについて説明する。我々はこれまでに、山本[12]が開発した空中結像技術であるAIRR (Aerial Imaging by Retro-Reflection) とレンチキュラー方式の立体ディスプレイであるLooking Glass 8.9”を組み合わせ、空中立体映像を投影できるテーブル型ディスプレイを製作した(図1)[13]。以下、このディスプレイをAIRRテーブルと呼称する。

AIRRテーブルでは、観察者は立った状態で映像を見ることを想定している。テーブル面の上には実物体を置くことができ、空中立体映像と実物体を並べて見せることが可能である。Looking Glassは、両眼視差と左右方向に約60度の運動視差を伴う裸眼で観察可能な立体映像を投影できるディスプレイであり、この映像を空中に再結像させることで、AIRRテーブルにおいても両眼視差と運動視差のある空中立体映像を提示することができる。図2にAIRRテーブルに投影した1つの空中立体映像を左・中央・右の3視点から撮影した写真を示す。このように、AIRRテーブルに投影した空中立体映像は視点位置に応じて見え方が変化するようにしている。

空中立体映像の提示手法として使用したAIRRの原理を図3に示す。AIRRとは再帰性反射材とハー

フミラーによって構成される光学系による空中結像技術である。ディスプレイから出た光はハーフミラーによって鏡面反射され、再帰性反射材に入射する。ここで再帰反射された光はハーフミラーを通過し、空中で結像する。空中像はハーフミラーを基準としてディスプレイの面対称の位置に結像される。



図 2. AIRR テーブルに投影した1つの空中立体映像を左・中央・右の3つの視点から撮影した写真

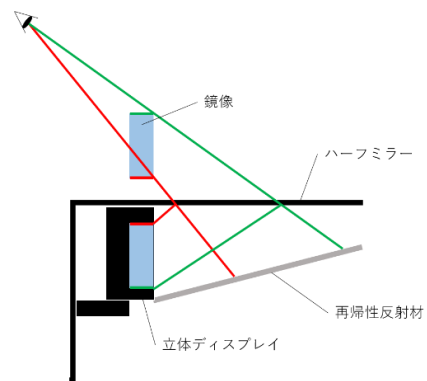


図 3. AIRR の原理図

3.2 設計

AIRR テーブルの概略図を図4に示す。テーブルの大きさは天板が110cm×61cm、床面から天板までの高さが107cmである。天板にはアクリルハーフミラーを使用しており、テーブルはアルミフレームによって構築している。天板の下には立体ディスプレイを垂直に置き、再帰性反射材は立体ディスプレイの映像表示面と向き合うように取り付けている。立体ディスプレイはLooking Glass 8.9”の映像表示面に設置されていたアクリルブロックを取り外したものである。再帰性反射材は日本カーバイド工業製のRF-Ayであり、25cm四方のシート8枚を横に4枚、縦に2枚並べて全体で横100cm、縦50cmのシートを製作した。シートはなるべく隙間が出来ないように敷き詰めている。ただし、シートの継ぎ目が立体ディスプレイの映像表示範囲の前にある状態で空中立体映像を投影すると、映像には継ぎ目の位置に応じた黒い縦線が入ってしまう。そのため、実験時にはシートの継ぎ目と映像表示面とが向き合わないようディスプレイを設置した。また、周囲からの光を遮蔽するために天板の上には天蓋を取り付けている。

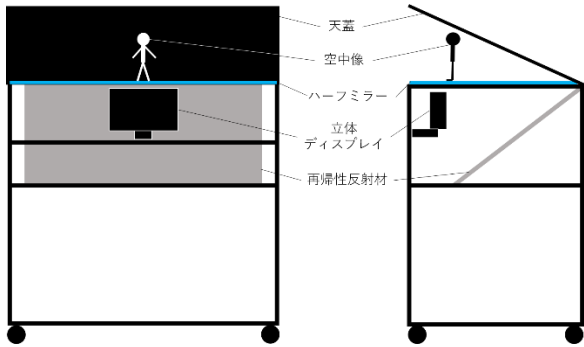


図 4. AIRR テーブル概略図

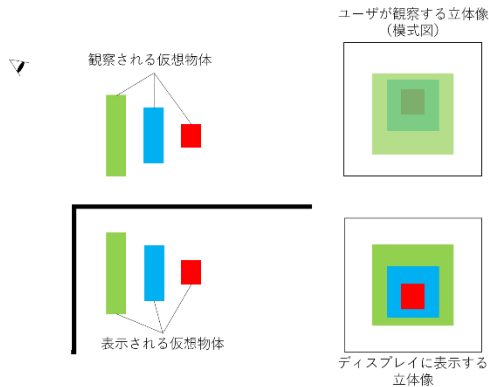


図 5. AIRR テーブルに投影した空中立体映像の前後が反転して見える様子の模式図

3.1 節で触れた通り, Looking Glass の映像はテーブル面を基準として面对称の位置に結像する。つまり, 空中映像は立体ディスプレイに表示された映像の上下および前後が反転した状態のものとなる。そのため, 観察者に正しい像を見せるためにはこの反転を考慮した映像を立体ディスプレイに表示する必要がある。このうち, 前後方向の反転について詳述する。

仮に, ディスプレイ上に図 5 下図のような前後関係で仮想物体を表示したとする。鏡像はテーブル面を境界面として面对称の位置に結像するため, ユーザが観察するのは図 5 上図のようにディスプレイ映像を裏から見透かしたようなものとなる。すなわち, ユーザはディスプレイに表示された像の前後が反転した像を観察することとなる。そのため, 観察者に正しい空中立体映像を見せるには, 立体ディスプレイに投影する映像の上下及び前後を反転しておく必要がある。

また, AIRR テーブルに投影した空中映像には, 実物体を映像の奥側に置いたとしても映像が実物体によって遮蔽されてしまうという問題がある。よって空中映像の周囲に実物体を設置する場合は, 映像に被る形で映像より後ろに実物体を置かないよう注意する必要がある。

4 実験

4.1 実験概要

本実験は, AIRR テーブルでの指差し方向の認識精度を評価するために実施した。実験では AIRR テーブルの天板上に実物体の円柱 16 個を等間隔に設置し, そのうちの 1 個を線分で指し示した後, 被験者には示されていると思う円柱の番号を口頭で答えさせるというタスクを実施した。線分は 2D 映像または 3D 映像として AIRR テーブルに投影した。実験後, 実際に線分が示した円柱と被験者が回答した円柱の位置との差を 2D 映像と 3D 映像の 2 条件間で比較した。

今回は, 実物体を空中立体映像によって示した際に, 観察者に示した実物体が正しく伝わるか検証するため, 上記のような実験設計としている。また, 今後は人間型キャラクタを空中立体映像に投影することを想定しているため, 本来はキャラクタが実物体を指差し形式で実験を行うべきであった。しかし, AIRR テーブルでは身長 10cm ほどの小型キャラクタを投影することを前提としており, 指す向きによっては指や腕が判別しにくいという問題が生じた。そこで, 今回は空中立体映像による方向提示の認識精度の上限を調査するため, 紛れの少ない線分による方向指示を採用した。

4.2 実験環境

実験の様子を図 6 左図に示す。被験者の視点は床から 149cm, 空中映像の中心から 78cm の位置に設定した。実験中, 被験者の視点位置を固定するために被験者には台に顎を乗せた状態で映像を見るように指示した。実験で使用した実物体は直径 1.5cm, 高さ 10.5cm の円柱 16 個である。これらの円柱を, テーブル天面の中央を中心とした, 半径 13cm の円周上に 10 度ごとに配置した。この半径は, 円柱がテーブル面に収まるように設定した。

円柱を指し示す線分は, やはりテーブル天面の中央を端点として表示した。線分の長さは, 真横を指したときの長さが 4.7cm となるようにした。この長さは, どの方向を指し示す際も線分が Looking Glass の表示範囲内に収まるように設定した。なお, 3D 映像における線分は直径 0.235mm, 高さ 4.7cm の円柱であり, 2D 映像における線分は縦 0.235mm, 横 4.7cm の長方形である。線分の高さは, テーブル天面から 6.48cm の高さに設定した。線分の空間上における配置を図 7 右図に示す。

3.2 節で触れたように, 本実験で使用した空中映像には, 実物体を被験者から見て映像の奥側に置いたとしても映像が実物体によって遮られてしまうという問題がある。そのため, 被験者から見て奥側の

円柱が空中映像に被らないように、円柱は被験者から見て手前側には 90 度分、奥側には 60 度分配置した。被験者から見た円柱と空中に投影された線分を図 6 右図、両者の位置関係を図 7 左図に示す。



図 6. (左) 実験の様子。
(右) 被験者から見た円柱と線分

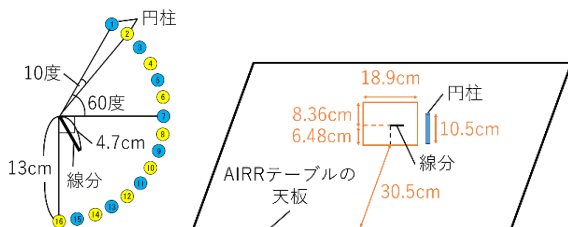


図 7. (左) 線分と円柱の位置関係を上から見た図。
(右) テーブル面上における線分の配置。矩形は、机上に投影された立体ディスプレイの鏡像を表す。

4.3 実験で用いた映像

実験では、線分が 16 個の円柱のうち 1 個をランダムに示すという動きを連続で 48 回行い、その様子を空中に 2D 映像と 3D 映像でそれぞれ投影する。図 8 に線分を 2D 映像、3D 映像として空中にそれぞれ投影し、右・中央・左の 3 つの視点から撮影した写真を示す。2D 映像での線分は視点位置によらず同じ映像が見えるのに対し、3D 映像では視点位置に応じた映像が見えるため、両眼視差および運動視差による立体感を得ることができる(ただし実験では頭部位置を固定しているため、被験者は両眼視差のみで立体感を得る)。なお、2D 映像投影は Looking Glass に全て同一の仮想カメラ位置からの映像を表示することで実現した。

円柱を示す順番は 2D 映像条件と 3D 映像条件とで異なるようにした。これは、被験者が先に見た映像で円柱の示される順番を覚え、後に見る映像で覚えた順番を答えてしまうことを避けるためである。

円柱をランダムに指し示す際に、近い距離にある 2 つの円柱を順に指し示すと、被験者にとって方向を推測する手掛かりとなってしまふ。今回の実験では指し示す方向毎の精度を調査するため、連続して

指し示す円柱間の距離もランダムにばらけるよう、以下の手法で指し示す順序を定めた。まず、円柱間の角度差は、被験者から見て手前側をプラス方向、奥側をマイナス方向とすると、同一方向の円柱を続けて指すのを避ける場合、 -150 度 $\sim+150$ 度の 30 通りの角度差がある。この角度差がまんべんなく出現する順序で円柱を指すのがよいと仮定し、円柱が指される回数を 3 回とした配列を生成した上で、これを焼きなまし法を用いて、配列をシャッフルしつつ、各角度差ができるだけ均質になるように順序を入れ替える作業を行った。また、線分は 1 秒間表示された後に 2 秒間消え、また 1 秒間表示されるといった動きを繰り返す。

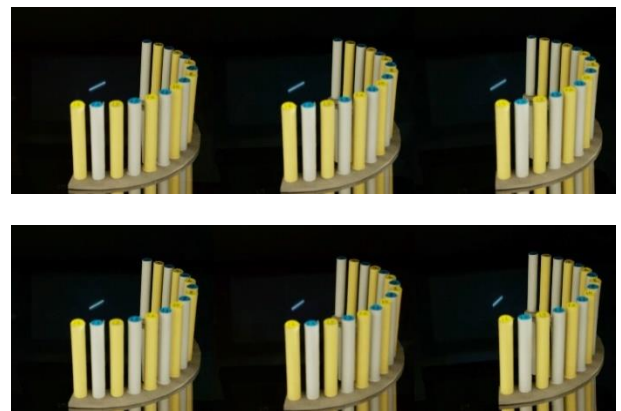


図 8. 空中に投影した 2D 映像(上)、3D 映像(下)を右・中央・左の 3 つの視点から撮影した写真。交差法による裸眼立体視をしやすい順に配置している。

4.4 被験者

被験者は理工系学部に所属する大学生・大学院生 20 名である。被験者 20 名は 2D 映像 \rightarrow 3D 映像の順にタスクを行う群(2D 先行条件群)10 名と、3D 映像 \rightarrow 2D 映像の順に行う群(3D 先行条件群)10 名の 2 群に、無作為に分けて実験を実施した。

4.5 実験手順

実験では、16 個の円柱のうち 1 個を線分で示した後、被験者には指されていると思う円柱の番号を口頭で答えさせるという課題を行った。以下、実験手順の詳細を説明する。

まず、実験についての説明を行った。この時、被験者に線分の表示時間について説明し、円柱の番号は出来るだけ素早く直感で答えるように伝えた。なお、実験本番で円柱の番号を答え損ねた被験者はいなかった。

次に、実験手順の確認を行った。被験者には線分が 1 番から 16 番の円柱を順番に 1 つずつ示す様子を空中に 3D 映像で投影したものを見せた。被験者に円柱を示す順番は伝えていない。線分が円柱を 1 つ示すたびに、被験者には示されたと思った円柱の

番号を口頭で答えてもらった。

続いて、実験本番を行った。被験者に線分が円柱を示す様子を 2D 映像または 3D 映像で 48 回見せ、示されたと思った円柱の番号を口頭で答えてもらった。1 分間の休憩を挟んだ後、2D 先行条件群には 3D 映像、3D 先行条件群には 2D 映像を見せて同様のタスクを行った。被験者が答えた番号は実験者がその都度記録した。

2 つのタスク終了後に、視力に関するアンケートに回答してもらった。アンケートでは「視力を矯正しているか」「普段、立体視に関して何か問題を感じたことはあるか」「日常生活において、物体の距離や深さを見極めることに困難を感じることはあるか」「差し支えない範囲で現在の視力の状況について」の 4 項目を質問した。

5 結果と考察

5.1 実験結果

線分が実際に示した円柱と被験者が答えた円柱の位置の角度の差を誤差として、方位ごとの誤差を集計した。

なお、2D 映像条件において、線分が実際に示した円柱が被験者から見て最も手前側にある 16 番であるのに対して、最も奥側にある 1 番と答えたデータが 1 件あった。これ以外に 2D 条件・3D 条件のどちらにおいても、線分が示した方向の前後を間違えた回答はなかったため、これは外れ値として分析の対象外とした。線分が示した方向の前後を錯誤する回答が 1 件になった理由として、実験手順を確認する際に線分が被験者から見て最も奥側にある円柱から手前側の円柱を 1 つずつ示していく様子を見せることが関係していると考えられる。線分が被験者から見て手前側を示している時は、線分は円柱に近い方の端点にかけて下側に傾いているように見える。反対に、奥側を示している時は線分は円柱に近い方の端点にかけて上側に傾いているように見える。このような線分の見え方について、被験者は実験手順を確認する際に前提知識を得ていたことから、前後を間違えた回答は前述の 1 件以外に発生しなかったと思われる。よって、線分が示した方向の前後を単純に誤認する可能性は低いと考え、その 1 件は外れ値として処理した。

まず、被験者ごとに 2D 映像条件・3D 映像条件それぞれにおける角度誤差の平均を比較した結果を図 9 に示す。図 9 中のエラーバーは標準偏差を示している。ここで、2D 条件と 3D 条件の間に等分散性があるとは見なせず、2D 条件より 3D 条件の方が角度誤差が小さくなるのが想定されるため、検定には Welch の片側 t 検定を用いた(被験者 1 の 2D 条件は

N=47, その他は N=48)。結果より、被験者 1~4・6・7・9・10・12・14~17 について、2D 条件より 3D 条件の方が角度誤差の平均が有意に小さいことが分かった(被験者 2・3・6・7・16・17 は $*p<.001$, 4・12・15 は $\dagger p<.01$, 1・9・10・14 は $**p<.05$)。その他の被験者については、2D 条件・3D 条件間での有意差は確認されなかった。

次に、2D 映像条件と 3D 映像条件とでの精度の差を調べるため、各条件における被験者全員の角度誤差の平均を比較した(図 10)。なお、図 10 中のエラーバーは標準偏差を表している。Welch の片側 t 検定(2D 条件は N=959, 3D 条件は N=960)を行ったところ、2D 条件より 3D 条件の方が角度誤差の平均が有意に小さいことが分かった($*p<.001$)。

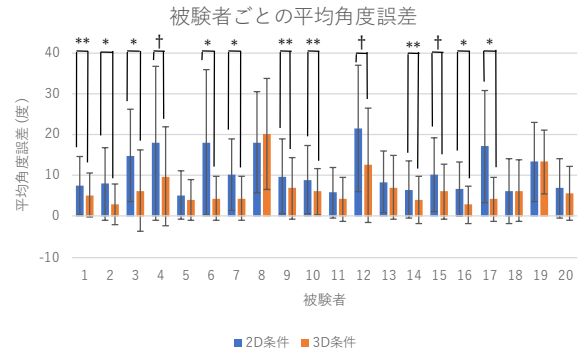


図 9. 被験者ごとの角度誤差の平均 ($*p<.001$, $\dagger p<.01$, $**p<.05$)

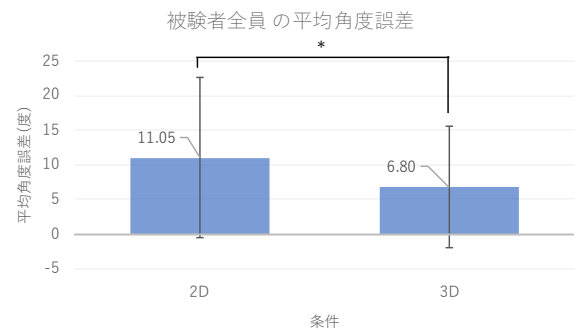


図 10. 被験者全員の角度誤差の平均 ($*p<.001$)

最後に、2D 映像条件と 3D 映像条件で線分が示した方位別に角度誤差の平均を比較した結果を図 11 に示す。この比較は、方位ごとの認識精度が 2D 条件と 3D 条件とで異なるかどうかを調査するために行った。図 11 中のエラーバーは標準偏差を表している。なお、ここでの角度誤差は、被験者から見て手前側の方位をプラス方向、奥側の方位をマイナス方向とし、向きを考慮して計算している。検定には Welch の両側 t 検定を用いた(2D 条件の+90 度のみ

N=59, その他は N=60). -60~-20 度では 2D 条件・3D 条件のどちらにおいても角度誤差の平均は正の値となった. さらに, 2D 条件に比べて 3D 条件の方が角度誤差の平均の絶対値は有意に小さいことがわかった(図 11 中 -60~-30 度で $p<.001$ (*), -20 度で $p=0.005$ (†)). +50~+60 度では 2D 条件・3D 条件のどちらにおいても角度誤差の平均はマイナスの値となり, 2D 条件に比べて 3D 条件の方が角度誤差の平均の絶対値が有意に小さかった(+50 度, +60 度ともに $p=0.001$ (†)). その他の方位については, 2D 条件・3D 条件間での有意差は確認されなかった.

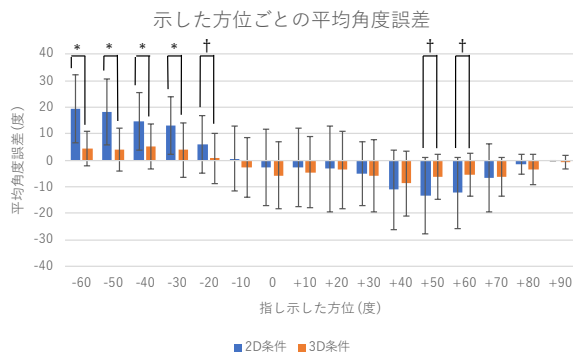


図 11. 線分が示した方位別の角度誤差の平均
(* $p<.001$, † $p<.01$)

5.2 考察

実験結果より, 2D 映像条件よりも 3D 映像条件の方が, 被験者の方向認識精度が向上することが分かった. 特に, 被験者から見て奥側を指した際に 3D 映像の優位性が高かった. この結果より, 空中立体映像は, 観察者から見て奥側の方向提示を伝達する際に優れるといえる.

ただし, 被験者の目の見え方の個人差によって認識精度に影響が出た可能性が考えられる. 図 9 より, 被験者 5・8・11・13・18~20 は 2D 条件と 3D 条件間で平均角度誤差に有意差が出なかった. 実験では被験者の視力に関するアンケートも実施したが, 被験者 8 は極端に左右の視力差があることを申告している. また, 被験者 11・13 は「普段, 立体視に関して何か問題を感じたことはあるか」という設問に「はい」と回答しており, 被験者 5・18・19 は「日常生活において, 物体の距離や深さを見極めることに困難を感じることはあるか」という質問に「はい」と答えている. しかし, 後者の質問には 2D 条件と 3D 条件間で平均角度誤差に有意差が出た被験者のうち数名も「はい」と回答しており, 被験者 20 は視力に関する申告事項がなかった. よって, 被験者ごとの見え方の癖が結果に少なからず影響を与えたと考えられる.

また, 2D 映像条件と 3D 映像条件で線分が示した

方位別に被験者が答えた角度誤差の平均を比較したところ(図 11), 被験者から見て手前側(プラス方向)を線分が示した際には両条件間で有意差が出ない場合が多かった. この原因として, AIRR テーブルに組み込まれた立体ディスプレイである Looking Glass の仕様が関係していることが考えられる. Looking Glass はディスプレイの輻輳面より手前側に飛び出している物体を立体的に表示することに不向きであるという性質を持つ. よって, 線分が被験者から見て手前側を指し示した際は 3D 映像の優位性が十分に保たれなかったと考えられる. また, 線分が真横に近い方向を示した場合, 示された方向を判断する際に立体的情報が手掛かりになることは少ないため, 2D 条件と 3D 条件で角度誤差に大きな違いが出なかったと思われる.

6 結論

我々は, 机上にキャラクタを投影し, 指差しによる方向提示により机上の実物体の指し示しを行うようなシステムの構築において, 指示方向の認識精度向上を目指してきた. 今回, キャラクタを空中立体映像として机上に投影した際の方向提示を認識する精度の上限を検証するため, キャラクタの代わりに線分を表示して実験を行った. その結果, 立体映像が平面映像に比べて有意に指示方向の認識精度を向上させることを明らかにした. 特に, 被験者から見て奥側の方向を指し示す場合において, 立体映像はより優れることが分かった. 平均 7 度の角度誤差は, 例えば 30cm 先を指す場合, 3.7cm 程度の誤差を見込むことになる. 2D 条件での最悪値である 20 度の場合, 誤差は最大 11cm となり, 机上での方向指示精度としては十分とはいえない. 指し示す方向によって誤差範囲が異なることも考慮せねばならず, 平面映像では操作者の負荷を高める恐れがある.

ただし, この結果はあくまでも精度の上限を示すものである. これまでの著者らの経験から, 実際に人間型キャラクタを用いて方向指示をした場合, 投影手法の問題により映像の解像度が低下するため, その指し示す方向が明確にならない傾向がある. そのため, 方向指示の認識精度を損ねないようなキャラクタのモデリングやカラーリング, モーションなどを検討する必要がある. また今後は, 顔や身体の向きと組み合わせ, より複雑な方向指示における, 空中立体映像の優位性についても検証を進めたいと考えている.

参考文献

[1] Keita Higuchi, Ryo Yonetani, Yoichi Sato, “Can Eye

- Help You?: Effects of Visualizing Eye Fixations on Remote Collaboration Scenarios for Physical Tasks,” CHI '16: Proceedings of the 2016 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems(2016)
- [2] Shinsaku Hiura, Kenji Tojo, and Seiji Inokuchi, “3-D Tele-direction Interface using Video Projectors”
- [3] Andrew J. Davison, Walterio W. Mayol, and David W. Murray, “Real-Time Localisation and Mapping with Wearable Active Vision,” In Proceedings of the 2Nd IEEE/ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality (2003)
- [4] Taehee Lee and Tobias Hollerer, “Viewpoint Stabilization for Live Collaborative Video Augmentations,” IEEE/ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality(2006)
- [5] Jen-Shuo Liu, Barbara Tversky, Steven Feiner, “Precueing Object Placement and Orientation for Manual Tasks in Augmented Reality,” IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics(2022)
- [6] Santawat Thanyadit, Matthias Heintz, Effie L-C Law, “Tutor In-sight: Guiding and Visualizing Students’ Attention with Mixed Reality Avatar Presentation Tools,” CHI '23: Proceedings of the 2023 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems(2023)
- [7] Kibun Kim, John Bolton, Audrey Girouard, Jeremy Cooperstock, Roel Vertegaal, “TeleHuman: effects of 3d perspective on gaze and pose estimation with a life-size cylindrical telepresence pod,” CHI '12: Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems(2012)
- [8] Hideaki Kuzuoka, Shinya Oyama, Keiichi Yamazaki, Kenji Suzuki, Mamoru Mitsuishi, “GestureMan: a mobile robot that embodies a remote instructor’s actions,” CSCW '00: Proceedings of the 2000 ACM conference on Computer supported cooperative work (2000)
- [9] 大槻麻衣, 丸山啓太, 葛岡英明, 鈴木雄介, “眼球型ディスプレイによる立体的な視線提示がモバイル端末を介した物理的遠隔協調対話における注視誘導におよぼす効果,” ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol. 22, No. 1 (2020)
- [10] 鈴木祐也, 葛岡英明, 山下淳, 山崎敬一, 山崎晶子, 久野義徳, “無言のロボットによる注意誘導の研究,” ヒューマンインターフェースシンポジウム論文集 (2007)
- [11] Miho Izuka, Kentaro Fukuchi, “FlexFace: A Head Gesture Motion Display with Flexible Screen for Telecommunication,” ISS '18: Proceedings of the 2018 ACM International Conference on Interactive Surfaces and Spaces(2018)
- [12] 山本裕紹, “再帰反射による空中結像 (AIRR) による空中ディスプレイ,” 日本画像学会誌, Vol. 56, No. 4 (2017)
- [13] 福地健太郎, 松浦向日葵, 大野貴広, “テーブル上に投影された空中立体映像に対する影を用いたインタラクティブ手法,” 情報処理学会インタラクティブ2022(2022)

未来ビジョン

空中立体映像を活用した実世界融合型アプリケーション

我々は、図1に示した空中立体映像投影システムを用いて、人間型キャラクターが複数のユーザと対話しながら机上の実物体について説明するような実世界融合型アプリケーションの開発を目指している。アプリケーションでは右図のように、キャラクターが、周囲にある複数の実物体のうち1つを指差したり近づいたりすることを想定している。今後の実装としては、机上に美術品を置いてキャラクターが案内役となってそれらについて説明したり、机上にある商品をキャラクターが宣伝したりするようなものを構想している。

