

# 指差し動作における利き手および利き目の影響に関する調査

間下 以大<sup>1,2,a)</sup> 新谷 晃一<sup>3</sup> 清川 清<sup>1,2</sup> 竹村 治雄<sup>1,2</sup>

概要：人の空間知覚において、左側を見る場合は左眼を、右側を見る場合は右眼を優位に用い、正面を見る場合は利き眼を優位に用いていることが確認されている。これらの違いを考慮することで人と空間のインタラクションをより深く理解し、身体動作を用いたユーザインタフェースをより使いやすくてできる可能性がある。本稿では、ユーザインタフェースとして利用される代表的な身体動作として指差しに着目し、利き目、利き手の違いと指差し動作の精度について被験者実験を行い、その分析結果について報告する。具体的には、被験者の頭部を固定し、着座した状態で、格子状のターゲット群に対して利き手および非利き手で指差しを行わせ、眼と指先を結ぶ直線を用いて指差し位置推定を行った。その結果、指差し動作においては利き手よりも利き目の違いが重要であることなどが統計的に確認された。

## 1. はじめに

計算機やカメラ等の高性能化により、ユーザの身振りや手振りなどのジェスチャをシステムが認識するユーザインタフェース(以下、ジェスチャインタフェース)が普及しつつある。ジェスチャインタフェースは習熟を要さずに多くの人が利用できるため今後ますます重要になると考えられる。ジェスチャインタフェースの発展にはセンシング技術やジェスチャ認識技術の向上だけでなく、ジェスチャそのものの性質に関する理解も必要である。本研究では、人の基本的動作でありジェスチャインタフェースでもよく利用される「指差し」に着目する。特に、身体の左右差と指差し動作の関連について調査する。

ジェスチャインタフェースはハンズフリーでの利用を想定したものが多く、また、ユーザの利き手が左右どちらの手であっても利用可能であることが多い。例えば、指先の延長線方向を指差し位置の推定基準とする Vogel ら [1] の手法や佐藤らのインタラクティブハンドポインタ [2] は、ユーザが右手利き・左手利きのどちらの場合にも利用可能である。他にも、指差し位置の推定基準に頭部の向き、頭部中心から手に向かう直線方向、前腕の向きを用いる手法 [3] もある。このように、これまでのジェスチャインタフェースの多くは、指差し位置の推定において指先や頭部中心の位置等を基準として利用してきた。

指差し動作のユーザインタフェースへの応用では、利き

手を考慮した指差し推定が行われた例があるが、利き目は殆ど考慮されていない。リーチングタスクにおける利き手と利き目の影響は Khan ら [4] によって調査された。しかし、ポインティングタスク(指差し動作)に関する調査は行われていない。そして、空間認知特性が距離によって変化すること [5] から、リーチングの調査結果とは異なると考えられる。このことから、指差し方向の推定は利き手や利き目の影響を受けていると考えられる。また、指差し動作を用いたユーザインタフェースの有用性を向上するためにはその影響を明らかにする必要がある。

## 2. 関連研究

認知科学の分野では、指差し動作は人間の視覚や空間認知特性と深く関係していることが知られており、広く研究されている。Soechting[6] は、リーチング時の手の動きを調べ、実空間と認知空間の間には複雑で非線形な歪みが存在することを指摘している。Brain[5] は、人間の空間認知を手の届く距離(reaching distance)と手の届かない距離(walking distance)に分類しており、reaching distance に比べ walking distance では実空間と認知空間の歪みが大きくなることを指摘している。吉田ら [7] は、利き手の人差し指に装着したレーザポインタを用いてターゲットへの指差し方向を計測する手法で実験を行った。その結果、ターゲットをスクリーンの枠と共に提示した場合、暗所条件下では walking distance においてスクリーンの左側では右方向への誤差が発生し、右側では左方向への誤差が発生することを確認している。これらの研究から、指差し動作は空間認知の影響を受けていると考えられる。

<sup>1</sup> 大阪大学 サイバーメディアセンター

<sup>2</sup> 大阪大学 情報科学研究科

<sup>3</sup> 富士通株式会社

a) mashita@ime.cmc.osaka-u.ac.jp

Wang ら [8] は、リーチングにおける利き手・非利き手の違いについて調べた結果、利き手は非利き手に比べて一定の位置から様々な位置へリーチングする場合に優れていること、非利き手は利き手に比べて様々な位置から一定の位置へリーチングする場合に優れることを報告している。Nickel ら [3] は、人は指差し時、指示対象を最初に眼で見てから指示することがによって報告されている。Henriques ら [9] により、周辺視野に頼って指示対象を指差しした場合、その精度が著しく低下することが述べられている。Khan ら [4] は、人の利き眼に関して、被験者が頭部を固定した状態で前方に並べられた輪を手で自分の顔に近づけ、輪を覗いている眼が左右のどちらなのか調べた。その結果、右側にある物体を見る場合、利き眼に関係なく右眼を主に用い、同様に左側にある物体を見る場合、左眼を主に用いること、さらに正面付近の物体については利き眼を主に用いることが報告されている。McManus ら [11] によると、書くときの手と投げるときの手が独立に利き目に関係しており、投げる手がより関係しているとされている。Cui と Hondzinski [12] は、目の優位性には幾つかの要因が関係しており、利き手や利き目は常に同じ側ではなく、また、個人やタスクによって変化するとされている。Crawford ら [13] は、体の向きや首振りによる眼球の位置の変化を脳が正確に認識できないために、リーチングにおいて視覚情報から身体動作に変換する際に手の到達点と目標点に誤差が発生することを報告している。

これらの研究から、指差し動作においても利き目、利き手だけでなく動作によって優位な目や手が変化する可能性が考えられる。しかし、指差し動作を用いたインタフェースに適した手や目については明らかにされていない。本研究では、指差し動作と利き手、利き目の影響を被験者実験で検証する。

### 3. 指差し動作における利き手と利き目の影響の調査

#### 3.1 指差し位置推定

本研究では、左右どちらかの目を基準とし、指差している指先を通る方向を指差し方向として推定する。指差し対象（ターゲット）はスクリーン上に提示され、眼と指先を結ぶ直線とスクリーンの交点を指差し推定位置とする。推定に用いる眼、手の左右を変更した際の利き手・利き眼の違いによる推定精度の変化を比較する。このとき、指差し位置推定の基準となる眼、手の組み合わせは

- 左手指差し・左眼基準 (以下 lh/le)
- 左手指差し・右眼基準 (以下 lh/re)
- 右手指差し・左眼基準 (以下 rh/le)
- 右手指差し・右眼基準 (以下 rh/re)

の4通りである。本実験ではこの4通りの指差し位置推定について、全ての被験者を一つの群とした比較の他、さ

らに、

- 左手利き・左眼利き (以下  $L_{\text{Hand}} \cdot L_{\text{Eye}}$ )
- 左手利き・右眼利き (以下  $L_{\text{Hand}} \cdot R_{\text{Eye}}$ )
- 右手利き・左眼利き (以下  $R_{\text{Hand}} \cdot L_{\text{Eye}}$ )
- 右手利き・右眼利き (以下  $R_{\text{Hand}} \cdot R_{\text{Eye}}$ )

の4つの被験者群についてもそれぞれ比較を行う。

#### 3.2 仮説

指差し動作において、利き手・利き眼によって動作に違いがあるならば、利き手・利き眼の左右によって推定精度の傾向が異なると予想される。Soechting ら [6] は、実空間と認知空間の間の非対称な歪みについて報告している。指差し動作についてもその詳細は明らかではないが、同様に左側と右側で推定精度が異なると考えられる。この原因には利き手や利き目などの身体の左右差以外にも、リーチングやポインティング等の動作が片手で行う非対称な動作であることが考えられる。さらに、動作が非対称であることから、相対的にターゲットの位置も動作に影響を及ぼすと考えられる。即ち、動作の基準となる手や目に近い側の指差しターゲットを指差す場合と反対側のターゲットを指差す場合で指差しの精度が異なると考えられる。以上のことから、指差し動作において、利き手、利き目の左右差以外にも、動作を行う手や推定の基準となる目の左右とターゲットの位置の左右にも影響を受ける可能性が考えられる。これらの考察に基づき、本研究では以下の仮説について検証を行う。

##### 3.2.1 利き目に関する仮説

本節では指差し位置推定の基準に用いる目と指差したターゲットの位置、利き目の関係について以下の仮説を考える。

仮説 1.1: 利き眼を推定基準に用いた方が、非利き眼を用いる場合に比べ推定精度が高い。

人は指差し動作を行っている際に対象を見て行う傾向があり [9]、リーチングでは視覚システムがその動作を支配しているとされている [4], [10], [13]。指差し動作においても視覚システムが支配していると考えられ、利き目は指差し動作に影響を及ぼしていると考えられる。本仮説では利き目を基準にした場合と非利き目を基準にした場合の指差し位置推定の精度を比較することでその影響を検証する。

仮説 1.2: 左側（右側）に対しては左眼（右眼）を用いた方が推定精度が高い。

Khan ら [4] は、右側に対しては右眼が支配的であり、左側に対しては左眼が支配的であるとしている。本仮説でも同様の検証を行う。すなわち、左側のターゲットに対して左眼を指差し基準に用いる場合あるいは右側に対して右目を基準に用いる場合と、左側のターゲットに対して右眼あるいは右側のターゲットに対して左目を基準に用いる場合を比較する。

仮説 1.3：左眼利きの場合，右側に比べて左側の推定精度が高く，右眼利きの場合，左側に比べて右側の推定精度が高い。

本仮説では利き眼とターゲットの位置による精度の違いについて検証する．左眼利き被験者による左側への指差しおよび右眼利き被験者による右側への指差しに対して，左目利き被験者による右側への指差しおよび右目利き被験者による左側への指差しを比較する．

### 3.2.2 利き手に関する仮説

本節では指差しを行う手と指差したターゲットの位置，利き手の関係について以下の仮説を考える．

仮説 2.1：利き手による指差しの方が，非利き手を用いる場合に比べ推定精度が高い．

Wang ら [8] によると利き手と非利き手では動作の安定性が異なるとされている．本仮説では指差し動作の精度に対する利き手の影響を比較する．

仮説 2.2：被験者から見て左側（右側）に対しては左手（右手）を用いた方が推定精度が高い．

本仮説ではその歪みが利き手の違いによるものではなく，ターゲットの位置の左右によるものなのかを検証する．すなわち，指差しを行っている側のターゲットを指差している場合と反対側のターゲットを指差している場合について比較する．

仮説 2.3：左手利きの場合，右側に比べて左側の推定精度が高く，右手利きの場合，左側に比べて右側の推定精度が高い．

利き手が空間認知に与える影響は低いと考えられるが，仮説 1.3 と同様に，利き手が空間認知自体の対称性に影響を与えている可能性を検証する．

以上の仮説に基づいて，利き手と利き眼の違いについて解析を行う．

### 3.3 被験者実験

大学生および大学院生 23 名に対して実験を実施した．全員男性であり，内訳は  $L_{Hand} \cdot L_{Eye}$  6 名， $L_{Hand} \cdot R_{Eye}$  5 名， $R_{Hand} \cdot L_{Eye}$  6 名， $R_{Hand} \cdot R_{Eye}$  6 名である．利き眼の判定には the hole-in-the-card test を用い，利き手については自己申告とした．

課題として，2.8 m × 2.1 m の壁面スクリーンに表示された縦横 9 × 9 の 81 箇所のターゲットに対する指差しを行う．被験者の頭部からスクリーンまでの距離は 2.5 m であり，隣接するターゲット間の間隔は横 32 cm，縦 22.5 cm である．図 1 に本実験の配置を示す．

被験者は椅子に着席し，頭部を固定した状態で指差しを行う．椅子の高さは中央のターゲット（スクリーン中央）と被験者の眼の位置が水平になるよう調整する．指差しの際，肘を曲げず，肩から指先までまっすぐ伸ばした状態で指差しするように教示する．全 81 か所のターゲットに対

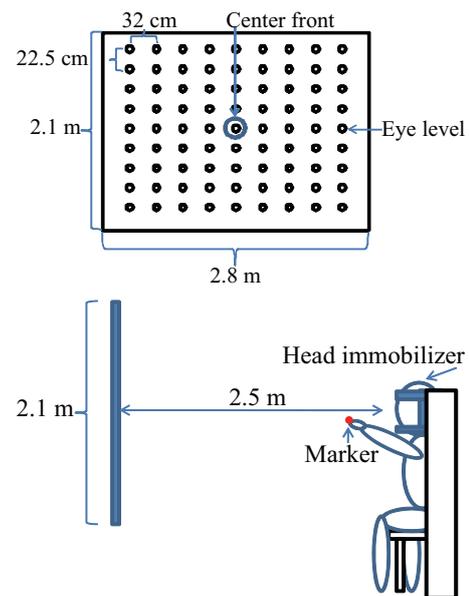


図 1 実験の配置図



図 2 被験者の様子

する指差しを1セットとし、右手での指差しと左手での指差しを交互に5セットずつ行い中央値をサンプルとして用いる。ターゲットの表示順はランダムであり、上下左右に隣接するターゲットが連続して選ばれないように調整しており、被験者ごと、セットごとに異なる。実験には一人当たり約1時間かかり、被験者はセット間で椅子から離れ自由に休憩を取ることを認めている。また、指差し動作を教示通りに行っていることを数回程度確認してから、実験を実施した。

眼球位置は、右手・左手の指差し各セットの実施前に両眼にマーカを装着して両眼の位置を計測し、両眼のマーカを外した後に指差しを行う。このとき計測した両眼の位置をそのセット内で用いる。中央のターゲットを左右の原点とし、被験者から見て右側を正の方向とした。また、実空間での被験者とスクリーンの正対方向、スクリーン平行方向がそれぞれセンサ空間の水平方向と奥行き方向の軸となるように位置合わせを行い、実空間のターゲットとセンサ空間のターゲットの位置が左右  $\pm 3\text{cm}$  程度に収まるようにした。上下方向の誤差については、安定した位置合わせが出来なかったため、本実験では左右の誤差のみ扱うこととする。指先位置は、人差し指部分の先端にマーカを固定した手袋を装着して記録した。実験の様子を図2に示す。

本実験では81箇所にターゲットを提示しているが、本仮説ではターゲットの位置がどちら側にあるかを要因として扱うため、左右の3列を用い中央の3列は用いない。また、一回の指差し動作において右目を基準とした場合と左目を基準とした場合の2つのサンプルが得られる。このことから、後述の仮説の検証では、4968サンプルを用いる。

### 3.4 結果と考察

#### 3.4.1 利き目に関する仮説

まず、全被験者の計測結果を用い、利き目を用いた推定と非利き目を用いた推定、ターゲットに近い側の目を用いた推定と反対側の目を用いた推定、利き目側にターゲットがある場合の推定と非利き目側にターゲットがある場合の推定、の3要因について分散分析を行った。分散分析表を表1に示す。この結果から、それぞれの要因について、有意差が認められる。以降、各仮説に対応する要因についてテューキーのHSD法で多重比較を行った結果について述べる。さらに、被験者を利き手、利き目について3.1節で述べた4群に分割し、それぞれについても同様に分散分析及び多重比較を行った結果についても述べる。

仮説 1.1：利き眼を推定基準に用いた方が、非利き眼を用いる場合に比べ推定精度が高い。

利き目を推定基準に用いる場合と非利き目を推定基準に用いる場合について、多重比較を行った結果を図3に示す。図3では、“All Data”は全被験者の結果を用いた比較結果であり、各被験者群の比較結果はそれぞれ、 $L_{\text{Hand}} \cdot L_{\text{Eye}}$

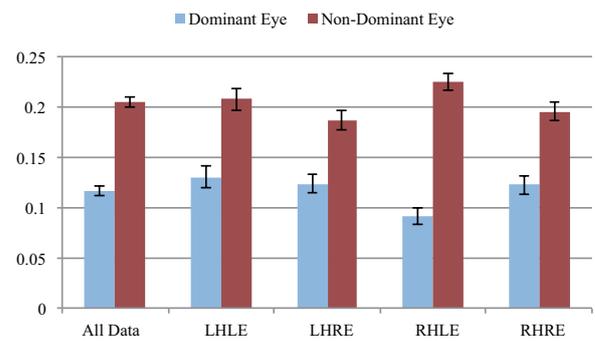


図3 仮説 1.1 の結果

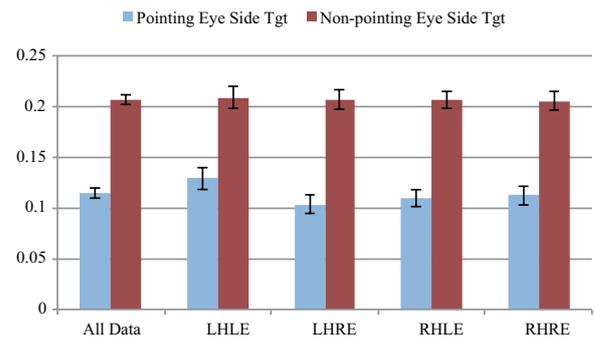


図4 仮説 1.2 の結果

を LHLE,  $L_{\text{Hand}} \cdot R_{\text{Eye}}$  を LHRE,  $R_{\text{Hand}} \cdot L_{\text{Eye}}$  を RHLE,  $R_{\text{Hand}} \cdot R_{\text{Eye}}$  を RHRE としている。また、図のエラーバーは95%信頼区間を示している。この結果から、全ての被験者群における比較について、有意差 ( $p = 0.5$ ) があり、利き目を用いた方が精度が良いことが見てとれる。

仮説 1.2：左側（右側）に対しては左眼（右眼）を用いた方が推定精度が高い。

ターゲットの位置と同じ側の目を基準として推定した場合と反対側の目を基準として推定した場合の精度について、多重比較を行った結果を図4に示す。この結果から、全ての被験者群における比較について、有意差があり、ターゲットに近い方の目を用いた方が推定精度が良いことが見てとれる。

仮説 1.3：左眼利きの場合、右側に比べて左側の推定精度が高く、右眼利きの場合、左側に比べて右側の推定精度が高い。

利き目側を指差した場合の推定精度と非利き目側を指差した場合の推定精度について多重比較を行った結果を図4に示す。この比較では基準となる目は両方の場合を用いている。この結果から、全被験者群では非利き目側の方がやや精度がよい事がみとれる。さらに、各被験者群における比較では、右目利きの被験者群 ( $L_{\text{Hand}} \cdot R_{\text{Eye}}, R_{\text{Hand}} \cdot R_{\text{Eye}}$ ) より左目利きの被験者群 ( $L_{\text{Hand}} \cdot L_{\text{Eye}}, R_{\text{Hand}} \cdot L_{\text{Eye}}$ ) の方が差が小さいことが見てとれる。

#### 3.4.2 利き手に関する仮説

利き目の場合と同様に、利き手による指差しと非利き手による指差し、ターゲットに近い側の手を用いた指差しと

表 1 仮説 1 の分散分析表

Source	Sum Sq.	d.f.	Mean Sq.	F	Prob>F
DominantEyePointing	9.5504	1	9.5504	1199.85	1.1222e-235
PointingEyeSideTarget	10.7101	1	10.7101	1345.56	7.01571e-261
DominantEyeSideTarget	1.3888	1	1.3888	174.48	3.5339e-39
Error	39.5115	4964	0.008		
Total	61.1609	4967			

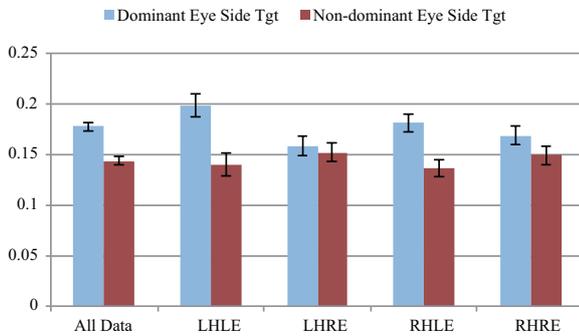


図 5 仮説 1.3 の結果

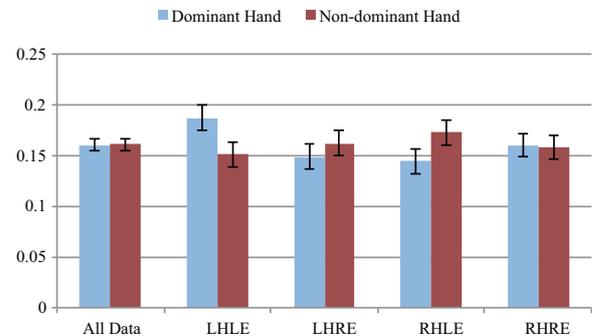


図 6 仮説 2.1 の結果

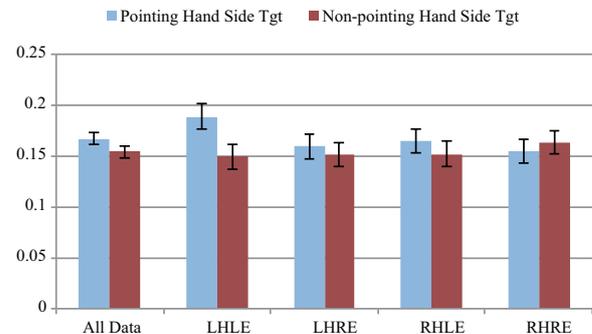


図 7 仮説 2.2 の結果

反対側の手を用いた指差し, 利き手側にターゲットがある場合と非利き手側にターゲットがある場合, の 3 要因について分散分析を行った. 分散分析表を表 2 に示す. この結果から, 利き手の指差しと非利き手の指差しについては有意差は認められなかった. 一方, 他の 2 つの要因については有意差が認められた. 以降, 各仮説に対応する要因についてテューキーの HSD 法で多重比較を行った結果について述べる. さらに, 利き目に関する仮説と同様に, 被験者を 4 群に分割し, 分散分析及び多重比較を行った結果についても述べる.

仮説 2.1: 利き手による指差しの方が, 非利き手を用いる場合に比べ推定精度が高い.

利き手で指差しを行った場合と非利き手で指差しを行った場合について, 多重比較を行った結果を図 6 に示す. 分散分析で確認された通り, 全被験者群では有意差は見られなかった. 各被験者群については, 有意差のある被験者群もあるが, 利き目の場合のような明らかな傾向は無いと思われる.

仮説 2.2: 被験者から見て左側(右側)に対しては左手(右手)を用いた方が推定精度が高い.

指差しに用いる手と同じ側のターゲットを指差しした場合と反対側のターゲットを指差しした場合について, 多重比較を行った結果を図 7 に示す. 比較の結果, 全被験者群で有意差が認められ, 指差しに用いる手と反対側のターゲットを指差しした場合の方が精度が良いと言える. しかし, 各被験者群における比較では  $R_{Hand} \cdot L_{Eye}$  の場合に有意差が認められなかった.

仮説 2.3: 左手利きの場合, 右側に比べて左側の推定精度が高く, 右手利きの場合, 左側に比べて右側の推定精度が高い.

利き手側のターゲットを指差しした場合とその反対側のターゲットを指差しした場合について, 多重比較を行った結果を図 8 に示す. 比較の結果, 全被験者群で有意差が認められ, 非利き手側のターゲットの方が推定精度が良いと言える. しかし, 各被験者群における比較では, 逆転している被験者群もある. また, 各被験者群の結果は, 仮説 1.3 で確認された, 利き目の影響が顕著に表れていると考えられる.

### 3.4.3 考察

これらの仮説に対する検定の結果, 指差し動作において, 利き目は非常に支配的であると考えられる. 一方, 利き手は全被験者では有意差が見られたが, その差は顕著ではなく, また, 各被験者群における比較では有意差がみられない被験者群も存在した. また, 有意差のある場合でも利き目の影響によるものと考えられる場合もある. この結果から, 利き目に比べると利き手の影響は限定的と考えられる.

表 2 仮説 2 の分散分析表

Source	Sum Sq.	d.f.	Mean Sq.	F	Prob>F
DominantHandPointing	0	1	0.00003	0	0.958
PointingHandSideTarget	0.2082	1	0.20822	16.98	0
DominantHandSideTarget	0.065	1	0.06502	5.3	0.0214
Error	60.8876	4964	0.01227		
Total	61.1609	4967			

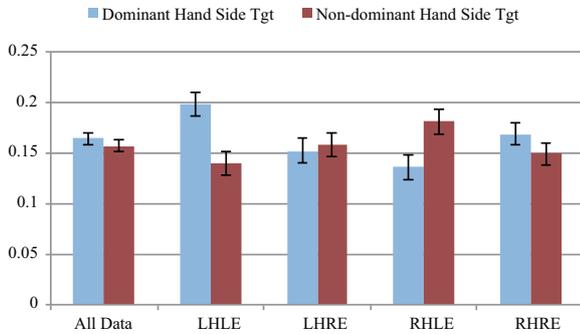


図 8 仮説 2.3 の結果

ターゲットの位置関係に関連した仮説の結果から、ターゲットの位置も重要であると考えられる。上述の利き目の影響の大きさもふまえると、指差し動作を行う際にどちらの目が優位に働いているかが重要ではないかと考えられる。

各被験者群について比較を行った結果、左目利きの被験者群でより顕著に差が現れた。このことから、左目利きの被験者と右目利きの被験者では空間認知の機能に差がある可能性がある。その理由として、脳機能の左右差 [14] などが考えられる。

#### 4. 指差し動作における優位な目の分布の調査

3 節で得られた結果から、グループ間の差が明確である。このことから、利き目の左右により、各被験者のより推定精度の高い推定基準のスクリーン上での分布が異なると考えられる。本節ではスクリーン上のターゲットの位置毎に優位となる利き目の分布について比較実験を行いその結果について考察する。実験では、 $L_{Hand} \cdot R_{Eye}$ ,  $L_{Hand} \cdot L_{Eye}$ ,  $R_{Hand} \cdot R_{Eye}$ ,  $R_{Hand} \cdot L_{Eye}$  の各グループの指差し推定について、各ターゲットごとに、lh/le と lh/re のどちらが推定精度が高いか、rh/le と rh/re のどちらが推定精度が高いか比較し、各グループのより推定精度の高い推定基準のスクリーン上での分布を調べた。その結果を図 9, 10 に示す。

図に示されるように、 $L_{Hand} \cdot R_{Eye}$  と  $R_{Hand} \cdot R_{Eye}$ ,  $L_{Hand} \cdot L_{Eye}$  と  $R_{Hand} \cdot L_{Eye}$  で同様の分布を示し、利き目の異なるグループ  $L_{Hand} \cdot L_{Eye}$ ,  $R_{Hand} \cdot L_{Eye}$  と  $L_{Hand} \cdot R_{Eye}$ ,  $R_{Hand} \cdot R_{Eye}$  では、指差し推定基準の分布が異なることが確認された。例えば、左眼利きは左手で指差しを行った場合は常に左眼を用いた方が推定精度が高く、右眼利きは右手で指差しを行った場合は常に右眼を用いた方が推定精度が高い。これは仮説 1.1, 1.2, 1.3 の検証結果とも一致して

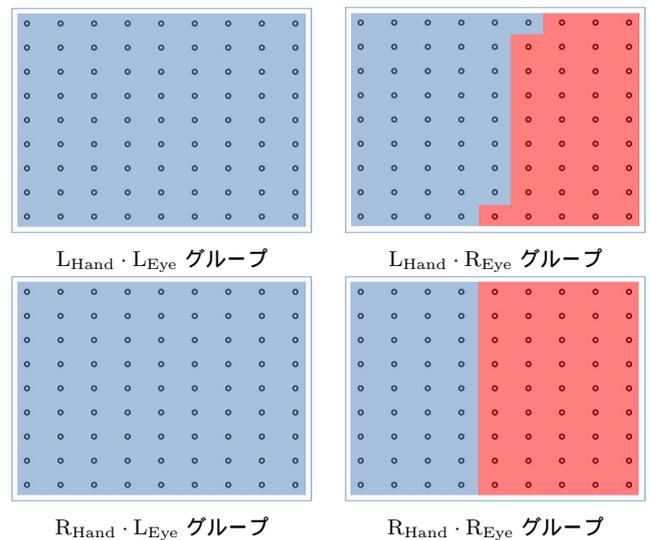


図 9 lh/le と lh/re の比較。青く囲まれたターゲットは lh/le の精度が高く、赤く囲まれたターゲットは lh/re の精度が高い。

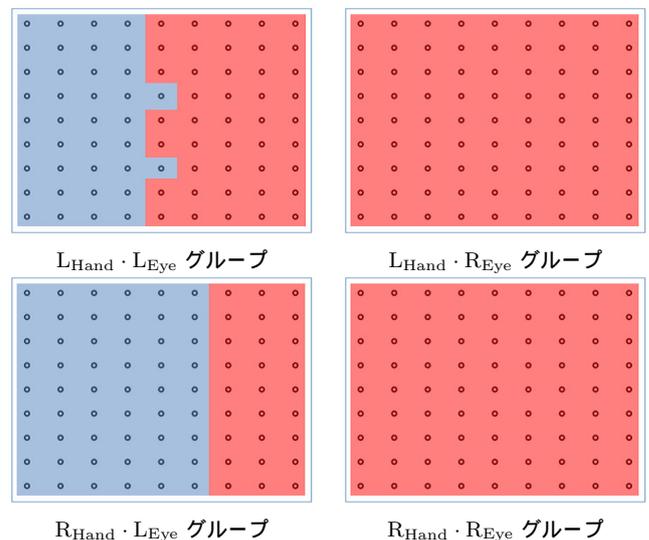
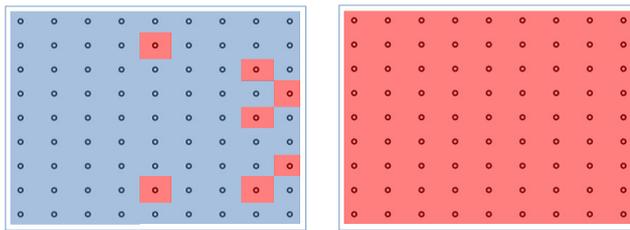


図 10 rh/le と rh/re の比較。青く囲まれたターゲットは rh/le の精度が高く、赤く囲まれたターゲットは rh/re の精度が高い。

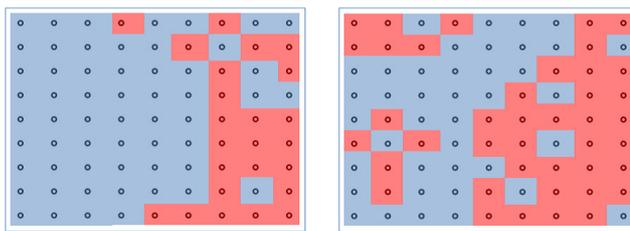
いる。

検証により、指差し動作において、利き手の違いによる差異は確認されなかったが、利き目の違いによる差異は確認された。また、本実験結果で示されたように、利き眼側の手を用いる場合と非利き眼側の手を用いる場合で指差し動作が異なることも示された。



左手指差し 右手指差し

図 11 被験者 A ( $L_{\text{Hand}} \cdot L_{\text{Eye}}$ ) の推定基準の分布例．青く囲まれたターゲットは左眼を基準とした推定精度が右眼を基準とするより高く、赤く囲まれたターゲットは右眼を基準とした推定精度が左眼を基準とするより高い．



左手指差し 右手指差し

図 12 被験者 B ( $R_{\text{Hand}} \cdot R_{\text{Eye}}$ ) の推定基準の分布例．青く囲まれたターゲットは左眼を基準とした推定精度が右眼を基準とするより高く、赤く囲まれたターゲットは右眼を基準とした推定精度が左眼を基準とするより高い．

#### 4.1 特異な傾向を示した被験者

被験者の中に、他の被験者と異なる傾向をした者が2名存在した．その被験者 A ( $L_{\text{Hand}} \cdot L_{\text{Eye}}$ )、被験者 B ( $R_{\text{Hand}} \cdot R_{\text{Eye}}$ ) の推定基準の分布を図 11、図 12 に示す．

被験者 A の分布は左手で指した場合に左眼を基準とした方の推定精度が高く、右手で指した場合に右眼を基準とした方の推定精度が高くなっている．このことから、被験者 A は指差ししている手に影響された動作をしていると考えられる．

被験者 B の分布は左手、右手のどちらの場合も左側のターゲットには左眼を基準とした方の推定精度が高く、右側のターゲットには右眼を基準とした方の推定精度が高い．このことから、被験者 B は the hole-in-the-card test では右眼と判定されるが、実際は両眼利きの可能性が高いと考えられる．ただし、随所で精度が高くなる目が変わっており、優位な目の切り替わりが安定していない可能性も考えられる．

## 5. おわりに

本研究では、利き手・利き眼の異なる4つのグループに対して指差し課題を用いた実験を行い、利き手・利き眼の違いが指差しに与える影響について検証を行った．その結果、指差しの横方向の誤差についてグループ間に有意差が確認され、利き眼の違いによって指差しが異なることを確認した．今後の課題として、さらに被験者を増やして詳細

な実験を行う他、特異な傾向の調査、ターゲット位置の3次元化などがあげられる．また、インタフェースへの応用などのために、肘を伸ばさない状態での指差しについても調査を行う必要がある．

## 参考文献

- [1] Vogel, D. and Balakrishnan, R.: Distant Freehand Pointing and Clicking on Very Large, High Resolution Displays, *UIST 2005*, pp. 33–42 (2005).
- [2] Sato, S. and Sakane, S.: A human-robot interface using an interactive hand pointer that projects a mark in the real work space, *ICRA 2000*, pp. 589–595 (2000).
- [3] Nickel, K. and Stiefelhagen, R.: Pointing Gesture Recognition based on 3D-tracking of Face, Hands and Head Orientation, *ICMI 2003*, pp. 140–146 (2003).
- [4] Khan, A. Z. and Crawford, J. D.: Ocular Dominance Reverses as a Function of Horizontal Gaze Angle, *Vision Research*, Vol. 41, No. 14, pp. 1743–1748 (2001).
- [5] Brain, W. R.: Visual disorientation with spatial reference to lesions of the right cerebral hemisphere, *Brain*, Vol. 64, pp. 244–272 (1941).
- [6] Soechting, J. F. and Flanders, M.: Sensorimotor Representations for Pointing to Targets in Three-dimensional Space, *J. of Neurophysiology*, Vol. 62, No. 2, pp. 582–594 (1989).
- [7] Yoshida, C. and Inui, T.: Transformation process of the visuomotor memory representation of a target in far space after body rotation, *Psychologia*, Vol. 47, No. 2, pp. 79–95 (2004).
- [8] Wang, J. and Sainburg, R. L.: The Dominant and Non-dominant Arms are Specialized for Stabilizing Different Features of Task Performance, *Experimental Brain Research*, Vol. 178, pp. 565–570 (2007).
- [9] Henriques, D. Y. P., Medendorp, W. P., Gielen, C. C. A. M. and Crawford, J. D.: Geometric Computations Underlying Eye-hand Coordination: Orientations of the Two Eyes and The Head, *Experimental Brain Research*, Vol. 152, pp. 70–78 (2003).
- [10] Quartley, J. and Firth, A. Y.: Binocular sighting ocular dominance changes with different angles of horizontal gaze, *Binocul Vis Strabismus Q*, Vol. 19, No. 1, pp. 25–30 (2004).
- [11] McManus, I., Porac, C., Bryden, M. and Boucher, R.: Eye-dominance, Writing Hand, and Throwing Hand, *Laterality*, Vol. 4, No. 2, pp. 173–192 (1999).
- [12] Cui, Y. and Hondzinski, J. M.: Gaze tracking accuracy in humans: Two eyes are better than one, *Neuroscience Letters*, Vol. 396, No. 3, pp. 257–262 (2006).
- [13] Crawford, J. D., Medendorp, W. P. and Marotta, J. J.: Spatial Transformations for Eye-Hand Coordination, *J. of Neurophysiology*, Vol. 92, No. 1, pp. 10–19 (2004).
- [14] Nielsen, J. A., Zielinski, B. A., Ferguson, M. A., Lainhart, J. E., and Anderson, J. S.: An evaluation of the left-brain vs. right-brain hypothesis with resting state functional connectivity magnetic resonance imaging. *PloS one*, Vol. 8, No. 8, e71275, (2013).