

## 指差し時の目標指示位置と主観的指示位置の差異

本山 健斗<sup>1</sup> 加納 政芳<sup>1\*</sup> 矢野 良和<sup>2</sup>

Kento Motoyama<sup>1</sup> Masayoshi Kanoh<sup>1</sup> and Yoshikazu Yano<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 中京大学

<sup>1</sup> Chukyo University

<sup>2</sup> 愛知工業大学

<sup>2</sup> Aichi Institute of Technology

**Abstract:** 近年、指差しを用いて、家電などのデバイスを制御する試みや、ロボットと情報を共有するなどの試みが始まっている。このように指差しは、周囲の人と情報を共有する手段の1つとして活用されつつある。ここで、人が指差しを行ったときに、はたして正確に位置を指示できているかという疑問がわく。本稿では、指差し時に目標とする位置（目標指示位置）と実際に指示された位置（主観的指示位置）の差異（誤差量）について調査し、指差し位置の誤差量の推定、および指差しの認知モデルについて考察する。

### 1 はじめに

指差しは、人同士がコミュニケーションを円滑にするための一つの情報手段である。近年、指差しによって、ロボットと人が情報を共有したり、家事や福祉などの人の生活を支援することが注目されている [1]。「これ」「あれ」といった指示語のみで指示するよりも、指差しのジェスチャーを組み合わせることによって、人の意図を認識しやすくなると考える。指差しは、(1) 興味のあるものを教える「共有の指差し」、(2) 思ったものを取ってほしい「要求の指差し」、(3) 質問などに応じた「理解・応答の指差し」の三つに大別される [2]。家電などのデバイス制御や、ロボットとの情報共有では、要求の指差しの認識が重要となる。要求の指差しは人同士においても認識が難しいことがある。遠くのものを取ってほしいときに指差して指示されたとき、全く別のものを取ったり、さらにはどれを指示しているのかわからないといった経験が誰しもあると思う。テレビのリモコン操作においても同様に、適切に操作できない場面があり、文献 [3] では、リモコンによるポインティングは水平方向よりも垂直方向に大きく誤差が生じることが示されている。したがって、指差して指定した物体をロボットに運んでもらおうにも、そもそも指差しの位置がずれていてはシステムの構築が困難となる [5]。そこで本稿では、指差し時に目標とする位置（目標指示位置）と実際に指示された位置（主観的指示位置）の差異（誤差量）について調査する。また、調査結果を基に、指差し位置の誤差量の推定、および

指差しの認知モデルについて考察する。

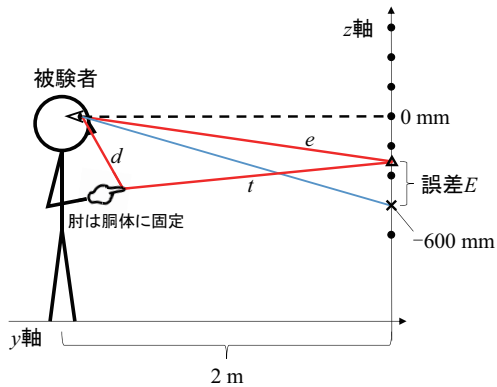
### 2 実験

本実験では、水平方向の誤差は小さいことから、垂直方向の誤差を計測する。図1に実験環境を示す。同図(a)が矢状面 ( $y-z$  平面)、同図(b)が水平面 ( $x-y$  平面) である。被験者は、壁から 2m 離れた場所に直立する。壁には、目標となるマーカを被験者の目線の高さが原点となるように設置する。マーカーは、原点より上方向に 3 点、下方向に 4 点、原点を含めて計 8ヶ所あり、それぞれ 200mm の間隔を設ける。被験者が指差しを行う際には、肘を胴体に固定する。これは、腕の自由度を制限することにより、正確な誤差モデルを推定できると考えたからである。この状態で被験者は、実験者によって指示された位置（目標指示位置） $p$  を指差しするが、このとき被験者によって指差して指示された位置（主観的指示位置） $q$  との誤差  $E$  を以下の式で計測する。

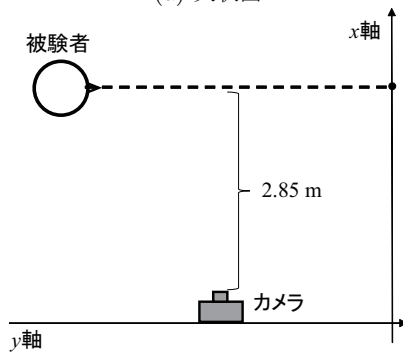
$$E = q - p \quad (1)$$

図1(a)の例では、目標指示位置  $p$  (×マーク) が  $-600\text{mm}$ 、主観的指示位置  $q$  (△マーク) が  $-300\text{mm}$  であり、誤差は  $E = q - p = 300\text{mm}$  となる。なお、主観的指示位置は、人差し指の付け根と指先の 2 点を通る直線と壁との交点とする。誤差の計測は、図1(b)のように、2.85m 離れた位置に設置したカメラで撮影した画像を元に行う。このとき、誤差  $E$  の他に、客観的に計測可能な、目と指先との距離  $d$ 、目と主観的指示位置の距離  $e$ 、指先と主観的指示位置の距離  $t$  も計測する。

\*連絡先：中京大学工学部機械システム工学科  
〒466-8666 愛知県名古屋市中昭和区八事本町 101-2



(a) 矢状面



(b) 水平面

図 1: 実験環境

被験者は、大学生 20 名とし、実験者が指示した目標指示位置をランダム順に 8 か所指す。これを 1 セットとし、一人につき 3 セット実験を行い、平均値を求める。被験者には事前の訓練は行わず、直観で指差しを行ってもらう。

### 3 結果・考察

表 1 に計測結果を示す。同表より、 $-400\text{mm}$ 、 $-600\text{mm}$  の誤差  $\bar{E}$  が小さいことがわかる。これは、固定された肘の位置の正面がほぼ  $-600\text{mm}$  の位置であったことが原因であると考えられる。これらの位置よりも下側、すなわち  $-800\text{mm}$  のときはより下側を指し示し、上側、すなわち  $-200\sim 600\text{mm}$  のときは、上に指す傾向が見られた。しかしながら、標準偏差が大きく、人によるばらつきが大きいといえる。

ここで、説明変数を  $d$ 、 $e$ 、 $t$ 、目的変数を  $E$  として重回帰分析を行った。その結果、VIF の値はそれぞれ  $VIF_d = 2.12$ 、 $VIF_e = 1.83$ 、 $VIF_t = 3.26$  であり多重共線性の問題はなく、修正  $R^2$  は 0.692 であり 1% 水準で有意であった ( $p = 0.0000$ )。表 2 に標準偏回帰係数を示す。このように高い相関が得られたが、実際に回帰式 (誤差の推定式) を用いて推定位置と目標指示位

表 2: 重回帰分析結果

	$\beta$	
$d$	-1.77	**
$e$	0.24	*
$t$	0.33	**
定数項	-162.97	

\*\*: $p < 0.01$ , \*:  $p < 0.05$

置の誤差の平均を求めると  $155 \pm 118\text{mm}$ 、最大誤差は  $496\text{mm}$  であった。このため、この誤差の推定式を用いて小さな物体を指し示す際には、適切に認識できない可能性があると考えられる。

最後に、指差しにおける人の認知モデルについて考察する。今回の実験を通して、我々は次の 2 種類の認知モデルが存在する可能性がある。

1. 手の甲 認知モデル (ローカル座標による認識)
2. 前頭面 認知モデル ( $x$ - $z$  平面座標による認識)

手の甲認知モデルは、自分自身の目があたかも手の甲に存在すると見なす、すなわち手の甲のローカル座標系を用いて指差しを行うモデルである。図 2 に手の甲認知モデルによって指差しを行っていると思われる被験者の典型例を示す。このモデルによって指差しを行う場合、被験者の指の高さと目標指示位置が近いときには誤差が非常に小さくなり、そしてその距離が大きくなったとしても、認知モデルが適切に働いていれば誤差はそれほど大きくはならない。しかしながら、「手の位置の近くのところは指しやすいが距離が遠くなるほど自分がどこを指しているかわからなくなる」といった意見が多く挙げられており、被験者の集中力によって誤差の分散が大きくなるものと推察される。なお、手の甲認知モデルによって指差しを行う人は、肘を固定しない場合、図 3 に示すように、人差し指の付け根と指先の 2 点を通る直線と、目と目標指示位置の直線が一致するように指を指し示す傾向がある。同図では、視野内から正面にある目標指示位置を指し示す際に人差し指が隠れるように指を指している様子を表している。

前頭面認知モデルは、自身の視野内において人差し指の付け根と指先の 2 点を通る直線の延長線上に目標指示位置が存在するように指差しを行うモデルである。図 4 に前頭面認知モデルによって指差しを行っていると思われる被験者の典型例を示す。このモデルによって指差しを行う場合、図 5 に示すように自身の視野内の「2 次元平面において指差しを行う」ため、図 4 のように 3 次元空間内では誤差が常に大きくなる。このモデルによって指差しを行っていると思われる被験者からは、「目標指示位置を指先だけで合わせていた」という意見が得られた。

以上のように、指差しには少なくとも 2 種類の認知モデルが存在すると考えられるため、指差し位置の推

表 1: 計測結果 (3 セットの平均)

目標指示位置 $z$ [mm]	$\bar{d}$ [mm]	$\bar{e}$ [mm]	$\bar{t}$ [mm]	$\bar{E}$ [mm]	$ \bar{E} $ [mm]
600	319 ± 65	2389 ± 204	2272 ± 274	487 ± 370	507 ± 343
400	359 ± 60	2243 ± 153	2107 ± 194	335 ± 317	346 ± 304
200	386 ± 63	2118 ± 236	2003 ± 163	289 ± 306	325 ± 267
0	418 ± 71	2141 ± 106	1896 ± 207	279 ± 315	296 ± 299
-200	459 ± 64	2073 ± 146	1836 ± 87	202 ± 256	260 ± 197
-400	517 ± 69	2113 ± 41	1778 ± 61	87 ± 221	185 ± 150
-600	574 ± 81	2143 ± 122	1777 ± 53	11 ± 306	206 ± 226
-800	638 ± 77	2250 ± 191	1804 ± 68	-150 ± 297	249 ± 220

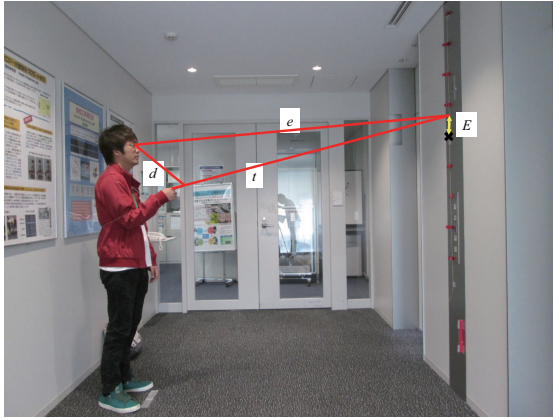


図 2: 手の甲認知モデルの例

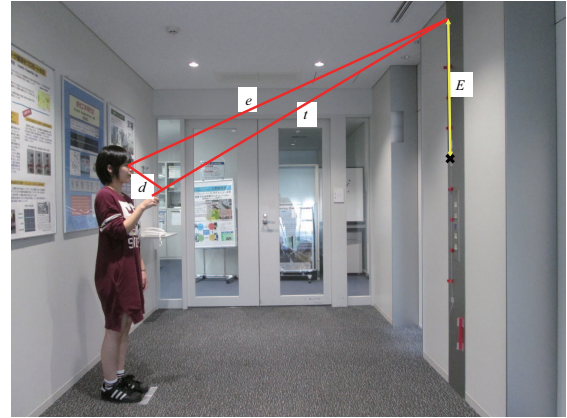


図 4: 前頭面認知モデルの例



図 3: 腕の固定しない場合の指差し (手の甲認知モデル)

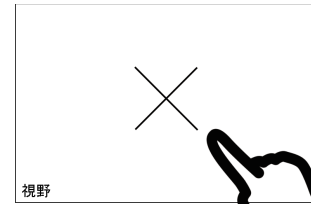


図 5: 腕の固定しない場合の指差し (前頭面認知モデル)

定を行う際には、その人がどちらの認知モデルによって指差しを行っているかをまず推定する必要があると考える。

## 4 おわりに

本稿では、人が指で指示したい目標指示位置と実際に指が指し示す主観的指示位置の矢状面上の誤差を計測した。その結果、指先の高さ目標指示位置の高さが一致しているほど誤差が小さく、離れるほど大きくなることがわかった。また、誤差の推定式を求めた結果、指で指示される物体が小さい場合は推定が難しいものの、概ね良好な推定式が得られた。さらに、被験者の指差しの認知モデルについて考察し、少なくとも手の甲認知モデルと前頭面認知モデルの2種類のモデ

ルが存在する可能性が示唆された。今後は、認知モデルを考慮した誤差の推定式を検討していく。

## 参考文献

- [1] 餅川 穂, 山下 晃弘: 指さし動作による移動ロボットの操作, HAI シンポジウム (2014)
- [2] 中西 由里, 山田 洋子: 乳児の指さしの発達 (3): 指さしの機能・その 2(前言語行動, 発達), 日本教育心理学会総会発表論文集, vol.24, pp.272-273 (1982)
- [3] 川崎 健也, 木村 朝子, 佐藤 宏介, 井口 征士: リモコンの向きと対象方位のずれの解析, ヒューマンインタフェース学会研究報告集, vol.4, no.5 pp.5.85-5.90 (2002)
- [4] 餅川 穂, 山下 晃弘: 指さし動作認識による移動ロボットへの目標地点の指示, FIT2014 (2014)
- [5] 矢野 良和: 指さし動作による指示点の主観位置と客観位置の誤差評価, 第 41 回東海ファジ研究会 (2016)