

# ダミーカーソル実験における 受動的な探索での自身のカーソル特定

神保 一馬<sup>1</sup> 相澤 裕貴<sup>2</sup> 佐藤 大輔<sup>2</sup> 渡邊 恵太<sup>1</sup>

**概要**：GUI上のカーソルに対して自身のカーソルと感ずる要因はカーソルに対する身体所有感または運動主体感だと考えられる。そこで本研究では、その要因を調べるために受動的な探索によるダミーカーソル実験を行う。受動的なダミーカーソル実験には手とカーソルの動きの同期があるため身体所有感はあるが、自身でマウスの操作をしないため運動主体感はない。そのため、もし受動実験でも「自身のカーソル」を特定できるなら、身体所有感が要因だと考えられる。結果として受動実験でも「自身のカーソル」は特定できた。このことから、自身のカーソルと感ずる要因は身体所有感であると考えた。本稿では、デジタルメディアと人のインタラクション設計における身体性について議論する。

**キーワード**：ダミーカーソル実験、身体所有感、運動主体感、能動/受動

## 1. はじめに

渡邊らは、GUI上のカーソルを「自身の」と感ずる要因を明らかにするためにダミーカーソル実験を実施した。この実験では、画面上に色形が同じで、それぞれ異なる動きをするカーソルを複数表示する。参加者は、その中から「これが自身のカーソルである」と感ずるものを探索する。この結果から、カーソルがマウスと動きが同期していれば、「自身の」カーソルと感ずることが明らかになった[1]。

自己を感ずる概念として、Gallagherは身体所有感(Sense of Ownership)と運動主体感(Sense of Agency)も提唱している[2]。身体所有感とは「これは自分の身体である」と感ずることで、運動主体感は「この行為を引き起こしたのは自分である」と感ずることである。身体所有感は動きの同期で感ずる[3]ことから、渡邊らはダミーカーソル実験において自身のカーソルを特定できるのは、そのカーソルに身体所有感が得られるからだと考えた。一方で、渡邊らはダミーカーソル実験において運動主体感については考察していない。運動主体感はGUI上のカーソルに対しても発生すると考えられている[4]。このことから、ダミーカーソル実験においても自身のカーソルの特定には運動主体感が関与すると考えられる。

そこで本研究では、ダミーカーソル実験において運動主体感が自身のカーソル特定に影響しているのか調べる。そのために運動主体感の無いダミーカーソル実験(受動実験)と運動主体感のあるダミーカーソル実験(能動実験)を構築した。受動実験では、参加者は動くマウスに手を重ねて自身のカーソルを探索するため、身体所有感はあるが運動主体感はない。一方で能動実験では、参加者はマウスを能動的に動かして自身のカーソルを探索するため、身体所有感と運動主体感の両方がある。ダミーカーソル実験に運動主体感が関係あれば受動実験と能動実験で自身のカーソル



図1 ダミーカーソル実験

の特定しやすさに差があると考えられる。

本稿では、受動実験と能動実験の結果からダミーカーソル実験における身体所有感と運動主体感の関係を考察し、デジタルメディアと人のインタラクション設計における身体性について議論する。

## 2. 受動実験の設計

### 2.1 受動マウスシステム

今回我々は、受動実験を行うために佐藤らが開発した受動マウスシステムを用いた[5]。

#### 2.1.1 システム構成

受動マウスシステムの構成を図2に示す。本システムにはXYプロッタ(AxiDraw V3)の先にマウスを取り付けていて、そのマウスの位置をX軸300mm、Y軸200mmの範囲内で制御する。XYプロッタはPCとUSB接続し、Processingを用いてシリアル通信で制御コマンドを送ることで操作する。XYプロッタの駆動時に生じる振動を軽減するため、アクリル板に固定し、底面に複数個のゴム足を取り付けた。XYプロッタの動きについては2.1.2で説明する。

1 明治大学 総合数理学部 先端メディアサイエンス学科  
2 明治大学大学院 先端数理科学研究科 先端メディアサイエンス専攻

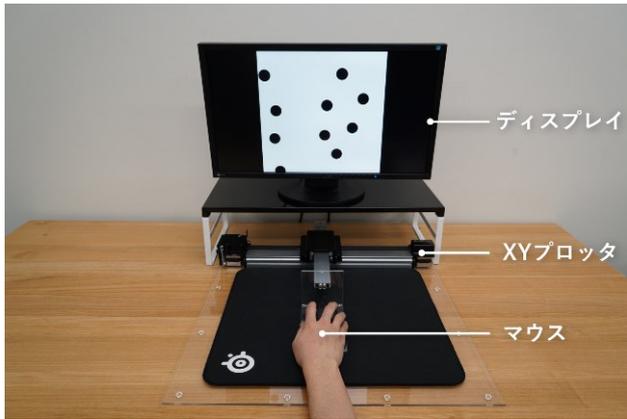


図 2 受動マウスシステム

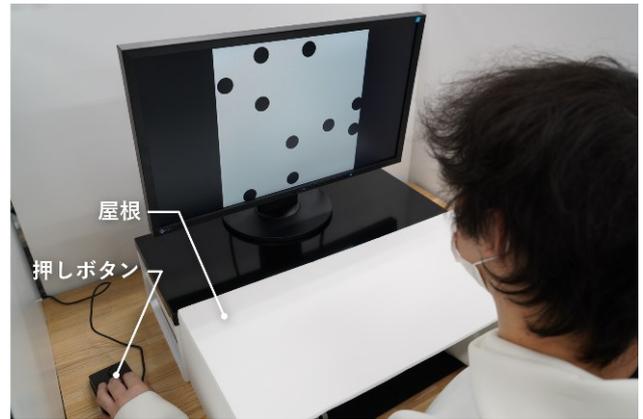


図 3 実験環境

### 2.1.2 XYプロッタの動きの設計

マウスの動きを能動操作に近づけるために、事前に能動操作時の手の動きを記録し、そのデータをXYプロッタで再生した。再生にはプラットフォームが記録している参加者の能動操作時のマウスカーソルの座標データを利用した。

### 2.2 ダミーカーソル実験のプログラム

実験には小川らのダミーカーソルプラットフォーム[6]を使用した。このダミーカーソルプラットフォームではTorusDesktop[7]を採用している。これは端と端が繋がったデスクトップである。例えば、カーソルが画面の右側から画面外へ出ると画面の左側から出現する。またカーソルが画面の上側から画面外へ出ると画面の下側から出現する。

受動実験、能動実験の両方でカーソルは直径 10px の円とし、カーソルの個数は 10 個とする。また、ダミーカーソルの動きは相澤らの回転角アルゴリズム[8]を用いて設計している。回転角アルゴリズムで動くダミーカーソルは、自身のカーソルと移動距離は同じだが移動方向が異なる。

## 3. 実験

受動実験におけるカーソル特定について調べるために受動実験を行い、複数のカーソルの中から自身のカーソルを特定できるかを検証する。また、身体所有感と運動主体感の関係を調べるために、能動実験についても実施して結果を比較する。

### 3.1 タスク

参加者は、受動実験の場合は受動マウスシステムのマウス部分を持って、能動実験の場合は自身でマウスを動かして、マウスと同じ動きをする自身のカーソルを探索する。参加者は自身のカーソルを特定したら押しボタンを押し、特定したカーソルに振られている番号を読み上げる。また操作中はマウスを浮かせないこと、手元の屋根の中を覗きこまないことを指示した。探索の開始から番号の読み上げまでの一連の動作を 1 試行とする。

### 3.2 実験環境

実験機材について以下に示す。

- ・ディスプレイ：EIZO EV2336W-Z,  
サイズ 23.8 インチ,  
解像度 1920 × 1080,  
リフレッシュレート 60Hz
- ・マウス：Rival 650 Wireless

実験環境を図 3 に示す。システム左側に押しボタンを設置した。また、参加者がマウスの動きとカーソルの動きを見比べて自身のカーソルを探索することを防ぐため、屋根を設置して手元が見えないようにした。

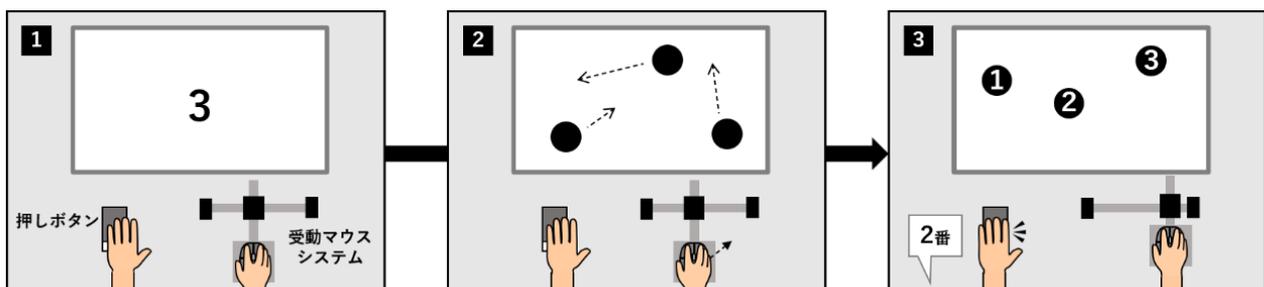


図 4 実験手順

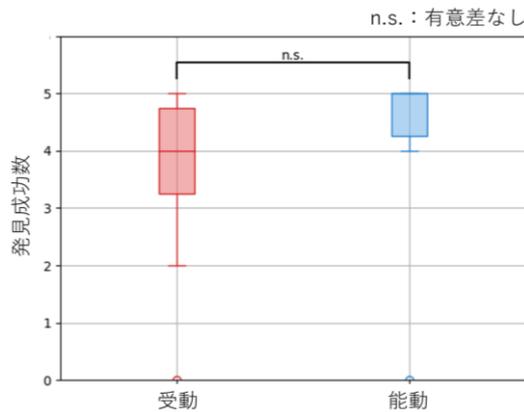


図 5 特定成功数の箱ひげ図

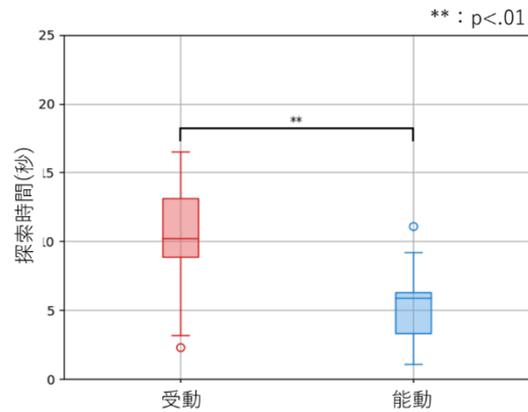


図 6 探索時間の箱ひげ図

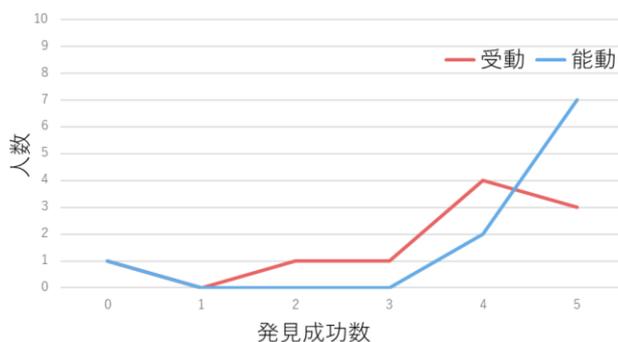


図 7 特定成功数のヒストグラム

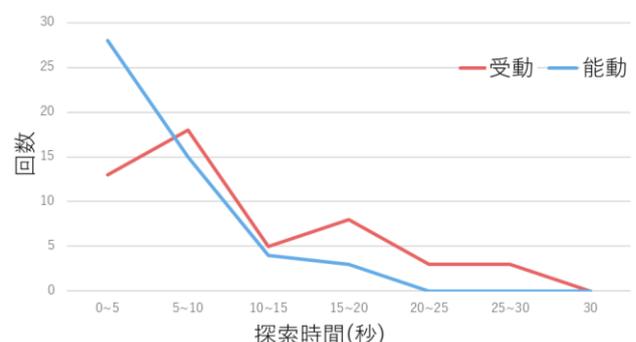


図 8 探索時間のヒストグラム

### 3.3 実験手順

実験手順を図 4 に示す。参加者の半数は受動実験 5 試行、能動実験 5 試行の順番で行った。参加者のもう半分は能動実験 5 試行、受動実験 5 試行の順番で行った。また探索には 30 秒の制限時間を設けた。これは探索時間が長すぎて集中が切れることを防ぐためである。参加者は探索中に残り時間を確認できず、制限時間に達した場合には自動で次の試行に移行する。

### 3.4 評価手法

特定成功数とは 5 試行の中で、自身のカーソル特定に成功した試行の数である。また、制限時間を越えた場合はタイムオーバーとして扱う。探索時間は参加者が探索を開始してから押しボタンを押すまでの時間である。タイムオーバーした際には、探索時間を 30 秒と換算する。実験の評価は、特定成功数と探索時間について行う。

### 3.5 参加者

参加者は 20~23 歳の 10 名 (男性 7 名、女性 3 名) で大学生および大学院生である。全ての参加者は正常な視力あるいは矯正視力を有し、右利きであった。

### 3.6 実験結果

探索方法ごとの特定成功数と探索時間の箱ひげ図 (図 5,6) とヒストグラム (図 7,8) を示す。

図 5 を見ると受動実験では 10 人中 8 人が 5 回中 3 回 (過半数) 以上探索に成功している。図 6 を見ると受動実験の

全試行が 20 秒以内に終了している。また、受動実験と能動実験どちらもタイムオーバーは一度もなかった。

図 7,8 のヒストグラムで正規分布を仮定できないため、特定成功数と探索時間それぞれにおいて探索方法ごとにノンパラメトリックな Wilcoxon の符号順位検定を用いた。

その結果、特定成功数に探索方法による有意差はなかった ( $p > .05$ )。また、探索時間には探索方法による有意差があった ( $p < .01$ )。

## 4. 考察

### 4.1 受動実験における自身のカーソル特定

受動実験において自身のカーソルを特定できることは偶然ではなく、参加者はカーソルとマウスの動きの情報から自身のカーソルを特定できることが分かった。なぜなら受動実験において 10 人中 8 人が 5 回中 3 回以上探索に成功したからだ。

### 4.2 身体所有感と運動主体感の関係

自身のカーソル特定には運動主体感が必要ではないが、あった方がより早く自身のカーソルを特定できると考えられる。受動実験では能動実験よりも探索時間が長かった。能動実験では身体所有感と運動主体感の両方があるが、受動実験では身体所有感はあるが運動主体感はない。よって運動主体感があった方がより早く自身のカーソルを特定できると考えられる。この理由については 5.1 で議論する。

## 5. 議論

### 5.1 操作方法における身体所有感と運動主体感

今回の実験で、能動実験よりも受動実験の方が自身のカーソルを速く特定できたことから、運動主体感があった方が自身のカーソルへの身体所有感が高まると考えられる。これに関して、Liepeltらは運動主体感によって身体所有感が高まると報告している[9]。今回の実験から、GUI上のカーソルに対しても、運動主体感によって身体所有感が高まると考えられる。

### 5.2 本当に自身のカーソルと感じているのか

我々は、ダミーカーソル実験でマウスと同じ動きのカーソルを特定できるのは、そのカーソルに対して「自身の」と感じているからだとして考察している。一方で、あくまでカーソルの動きに身体の動きをマッピングしたことで自身のカーソルを特定できただけで、そのカーソルに身体所有感を感じていないという見方もできる。どちらの要因であるのかを明らかにするために、本当に「自身の」と感じているのか調べる方法として次の2つが考えられる。

1つ目の方法としてリッカート尺度でのアンケートが考えられる。身体所有感の研究では、参加者が「その物体に身体所有感を感じたか」をリッカート尺度で答えて、身体所有感の有無を調べている[10]。

2つ目の方法として、Annaらはゴムの手に対して身体所有感を感じているか調べるために、ゴムの手にナイフを突き刺してそのときの不快度を生体反応から評価した。その結果、身体所有感を感じているとゴムの手にナイフを刺されたら不快度が大きくなることがわかった[11]。ダミーカーソル実験でも自身のカーソルに遅延を加えたり動きを止めたりし、そのときの参加者の不快度を生体反応から評価することで、「自身の」と感じているか調べることもできるかもしれない。

### 5.3 実験環境の問題と改善

本実験では終了後に参加者に受動実験と能動実験どちらの方が難しいと感じたかとインタビューをした。その結果、全員が「受動実験の方が難しい」と答えた。その理由を聞いたところ、「TorusDesktopによって画面端に行ったカーソルが逆の端から出てくることで、自身のカーソルかもしれないと目星をつけていたにも関わらず、そのカーソルを見失った」という答えがあった。このことから実際は、今回の探索時間より早く自身のカーソルを特定している可能性がある。この問題を防ぐために、カーソルが画面の端に行かないように大きな画面を用意したり、カーソルの移動範囲に制限を設けたりするという対策が考えられる。そうすることで、より正確な自身のカーソルを特定するまでの時間を求めることを目指す。

### 5.4 斜めの動きの認知

Appelleらは、斜め効果(Oblique Effect)という現象を明

らかにした[12]。斜め効果は垂直または平行な線に比べ、斜めの線を認知しにくい現象である。また、斜めの動きが認知しにくいという「動きの斜め効果」があることもわかっている[13]。

実験後のインタビューで「どのようにマウスを動かして自身のカーソルを探索していたか」を聞いたところ、動きの斜め効果が自身のカーソル探索に影響しているような回答があった。能動実験では、参加者10人中7人がマウスを斜めに動かさずに、左右または上下に動かすことで自身のカーソルを探索していた。また受動実験では、能動実験で左右または上下にマウスを動かすと回答した参加者のうち5名は、受動実験でマウスが斜めに動いている間は探索が困難だったと回答していた。さらに受動実験、能動実験とともに特定成功数が0回の参加者がいた(図5)。この参加者は能動実験で、マウスを斜めに45°程度の傾きで動かし、同じ傾きで動くカーソルを探すという方法をとっていた。また、受動実験でもマウスの移動と同じ45°程度の傾きと感じたカーソルを選択するという方法をとっていた。これらから、マウスを斜めに動かすと自身のカーソルを特定しづらくなると考えられる。

### 5.5 デジタルメディアと人のインタラクション設計における身体性

今回の実験から、GUI上でのオブジェクトに対しても、受動的な体験から身体所有感が生じることが分かった。4.2で触れたように、身体所有感を感じているゴムの手にナイフを刺したところ、不快度が大きくなることが分かっている。つまり、身体所有感を感じているオブジェクトの体験を自分が体験しているように感じる事が明らかになっている。これらことから、自分が操作していないオブジェクトの体験も、そのオブジェクトに身体所有感を感じていれば、まさに自分がその体験をしているように感じるのではないかと。例えば、受動マウスシステムを用いたブロック崩しを考える。ブロック崩しは、マウスとバーの動きが連動していて、バーにボールをぶつけることで跳ね返し、ブロックを崩していくゲームである。ユーザは受動マウスシステムに手を動かされながらゲーム画面を見ることになり、その手の動きとゲーム内のバーの動きは一致する。これにより、ユーザ自身がバーを操作しているような感覚が生じ、ゲーム画面をただ見ているときよりも没入感を得られる可能性がある。

## 6. おわりに

本研究では受動マウスシステムを設計し、ダミーカーソル実験において運動主体感がない受動的な探索でも自身のカーソルを発見できるか調べた。その結果、受動的な操作でも自身のカーソルを発見できることが分かった。このことから、自身のカーソル発見の要因は運動主体感ではなく身体所有感であることが分かった。また、受動的な探索よ

りも能動的な探索の方が速く発見できた。このことから、運動主体感は必要ではないが、ある方が自身のカーソルを発見しやすいことが分かった。これらの結果から身体所有感や運動主体感との関連や実験環境の問題点、応用などについて議論した。

## 参考文献

- [1] 渡邊恵太, 樋口文人, 稲見昌彦, 五十嵐健夫. 複数プレイヤーカーソルにおける自分自身のカーソル特定. 情報処理学会インタラクティブ論文集, 2013.
- [2] Gallagher, Shaun. "Philosophical conceptions of the self: implications for cognitive science." *Trends in cognitive sciences* 4.1 (2000): 14-21.
- [3] Kalckert, Andreas, and H. Henrik Ehrsson. "The moving rubber hand illusion revisited: Comparing movements and visuotactile stimulation to induce illusory ownership." *Consciousness and cognition* 26 (2014): 117-132.
- [4] 開一夫, 長谷川寿一. ソーシャルブレインズ—自己と他者を認知する. 東京大学出版会, 2009, 76-77p.
- [5] 佐藤大輔, 相澤裕貴, 渡邊恵太. ダミーカーソル環境における受動操作時の自身のカーソル特定と実験システムの構築. 第24回日本バーチャルリアリティ学会大会論文集 2019.
- [6] "DummyCursorPlatform".  
<https://github.com/keitalab/DummyCursorPlatform>, (参照 2020-02-17).
- [7] Huot, Stéphane, Olivier Chapuis, and Pierre Dragicevic. "TorusDesktop: pointing via the backdoor is sometimes shorter." *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*. 2011.
- [8] 相澤裕貴, 渡邊恵太. "ダミーカーソルアルゴリズムがもたらす自身のカーソル発見への影響調査." 研究報告ヒューマンコンピュータインタラクション (HCI) 2019: 1-6.
- [9] Liepelt, Roman, Thomas Dolk, and Bernhard Hommel. "Self-perception beyond the body: the role of past agency." *Psychological research* 81.3 (2017): 549-559.
- [10] Botvinick, Matthew, and Jonathan Cohen. "Rubber hands 'feel' touch that eyes see." *Nature* 391.6669 (1998): 756-756.
- [11] Bauer, Anna, et al. "Mechanical pain thresholds and the rubber hand illusion." *Frontiers in psychology* 9 (2018): 712.
- [12] Appelle, Stuart. "Perception and discrimination as a function of stimulus orientation: the "oblique effect" in man and animals." *Psychological bulletin* 78.4 (1972): 266.
- [13] Smyrnis, Nikolaos, Asimakias Mantas, and Ioannis Evdokimidis. "'Motor oblique effect': perceptual direction discrimination and pointing to memorized visual targets share the same preference for cardinal orientations." *Journal of neurophysiology* 97.2 (2007): 1068-1077.