

ダミーカーソル実験におけるゲームゲームパッドを用いた自身のキャラクタ特定への影響

山岸丈留¹ 相澤裕貴² 渡邊恵太¹

概要：ユーザはビデオゲームでは手元のゲームパッドを用いて画面内のキャラクタを操作する。キャラクタは色形が特徴的であり、どれが自分のキャラクタであるかを理解し操作する。一方でそれでも自身の操作するキャラクタを見失うことがある。渡邊らはカーソルの色形が同じであっても、マウスと動きが同期すればダミーの中から自身のカーソルを特定できることを示した。この実験結果の知見はゲームキャラクタの特定性の向上に応用できると考えられる。しかし、ダミーカーソル実験ではマウスを利用しているため、ゲームパッドにおいてはこのような動きの同期による特定性は明らかでない。そこで本研究では、ゲームパッドを用いてビデオゲームでよく用いられる3種類の操作方法(ボタン長押し・ボタン連打・スティック)とマウスでダミーカーソル実験を行い、ゲームパッドにおける「自身の」カーソルの特定の特徴について調べる。実験の結果、ゲームパッドにおいても動きの同期があれば「自身の」カーソルが特定できることがわかった。このことから、ビデオゲームにおいても、ユーザの手とキャラクタの動きの同期があれば、「自身の」キャラクタを特定できると考察した。

キーワード：ダミーカーソル実験、ゲームパッド、動きの同期

1. はじめに

ビデオゲームにおいてユーザは、手元のゲームパッドを用いて画面内のキャラクタを操作する。キャラクタは色形が特徴的であり、ユーザはどれが自分のキャラクタであるかを理解し操作する。しかしながら、時々自分が操作しているキャラクタがどれであるか見失うことや、勘違いして他のキャラクタを自分の操作しているキャラクタだと感じてしまうことがある。たとえば、大乱闘スマッシュブラザーズ*1やマリオカート*2の対戦時など、画面上に複数のキャラクタが存在し密集したときに、こうした現象が起こる。自分のキャラクタの見失いや勘違いを起こさないように、吹き出しラベルの付与や、色や形をより特徴的に構成することで差別化できるかもしれないが、ラベルはゲームの世界観や風景、色の形の調整はキャラクタ性に影響してしまう。

渡邊らは、ダミーカーソル実験[1]を考案し、色や形が同じカーソルであってもマウスと動きが同期すればダミーの中から自身のカーソルを分別できることを示した。この実験結果の知見はこうしたキャラクタの特定性の向上にも応用できると考えられるが、ダミーカーソル実験ではマウスを利用しているため、一般的なゲームで用いられるゲームパッドにおいては、このような動きの同期による特定性は明らかでない。

そこで本研究では、ゲームパッドを用いてビデオゲームでよく用いられる3種類の操作方法(ボタン長押し・ボタン連打・スティック)とマウスでダミーカーソル実験を行い、ゲームパッドにおける「自身の」カーソルの特定の特

徴について調査する(図1)。そして、ゲームにおけるキャラクタ認識に動きの情報が影響するかを考察する。



図1 ゲームパッドを用いたダミーカーソル実験

2. 実験システム

2.1 実験プログラム

画面上に同じ色形のカーソルを20個表示する。それぞれのカーソルは独立して動く。参加者は、その中に1つだけゲームパッドの操作と同じ動きをする自身のカーソルを探索する。ダミーカーソルの動きのアルゴリズムは、相澤らが考案した回転角アルゴリズムを採用した[2]。この回転角アルゴリズムは、自身のカーソルとダミーカーソルの移動距離は同じだが、移動角度が異なる。

画面上に表示するカーソルは1辺が30pxの正方形とした。また、先行研究[1,2]と同じく画面はTorus Desktop[3]を採用した。これは端と端が繋がったデスクトップである。

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

*1 大乱闘スマッシュブラザーズ(2018), Nintendo,
<https://www.smashbros.com>

*2 マリオカート8 デラックス, (2017), Nintendo,
<https://www.nintendo.co.jp/switch/aabpa/index.html>

2.2 操作方法

ゲームパッド (図2) の操作方は、ビデオゲームで用いられる3種類 (ボタン長押し, ボタン連打, スティック) を採用した。それぞれの操作方法とオブジェクトの動きの関係について紹介する。



図2 ゲームパッド

1) ボタン長押し

ボタン長押しは、ゲームパッドの十字キーを右手親指で操作する。この操作では、ボタンを押している間カーソルが1フレーム毎に30px移動する。

2) ボタン連打

ボタン連打は、ゲームパッドの十字キーを右手親指で操作する。この操作では、ボタンを1回押すとカーソルが30px移動する。

3) スティック

スティックは、ゲームパッドの右スティックを右手親指で操作する。この操作では、360°移動できる。スティックの傾きの大きさに比例してカーソルの速度も大きくなり、最大で1フレームあたり30px移動する。

3. 実験

本章では、ダミーカーソル実験においてゲームパッドを用いた3種類の操作方法でも自身のカーソルを特定できるか調べる。また、それらとマウスを使った場合の自身のカーソルの特定しやすさを比較する。

3.1 実験環境

実験に使用した機材を以下に示す。

- ・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
- ・マウスパッド : Ock マウスパッド 63004
- ・ゲームパッド : Nuyoo PS4 ゲームパッド 有線
- ・手元を隠す屋根
- ・ボタン

ゲームパッドやマウス操作時に、参加者の手を隠すための屋根を設置した。これは、参加者が自身の手の動きとカーソルの動きを見比べて、カーソルを探索するのを防ぐためである。実験環境を図3に示す。



図3 実験環境



図5 ダミーカーソル実験における1試行の手順

3.2 実験手順



図4 実験時の参加者の手元
実際は屋根を設置して実験した。

図4のように、参加者は右手でマウスまたはゲームパッドを持ち、左手はボタンに添えて実験を行う。

実験手順を図5に示す。

- 1) 画面上に3秒間のカウントダウンを表示する。
- 2) カウントダウンが終わると、画面上に複数のカーソルを表示し、参加者は1つだけある自身のカーソルを探索する。
- 3) 自身のカーソルを見つけたら、左手のボタンを押す。ボタンを押したら、カーソル上に番号を表示する。参加者は自信のカーソルだと思った番号を実験者に伝える。実験者は正誤を記録する。

手順1から3までを1試行とする。参加者は4種類の操作方法ごとに10セットずつ、合計40試行のタスクを行った。ゲーム操作方法の順番はランダムにした。今回の実験では、参加者の目とディスプレイの距離を60cmとし、マウスやゲームパッドを浮かさないように指示した。

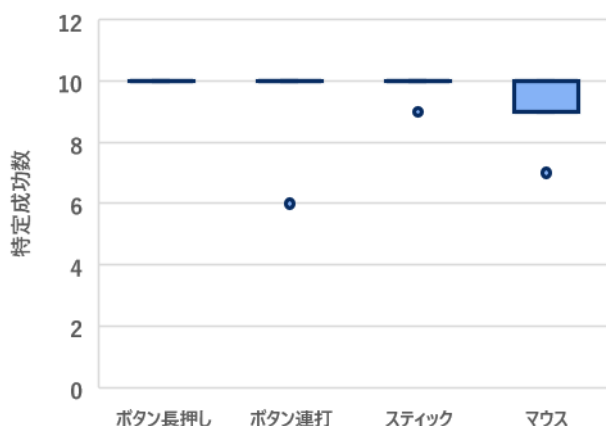


図6 特定成功数の箱ひげ図

3.3 評価方法

今回は、ゲーム操作方法ごとの特定成功数と探索時間とから自身のカーソルの特定しやすさを調べる。参加者が答えたカーソル番号が自身のカーソル番号と一致していたら「特定成功」、異なる場合は「特定失敗」とする。手順2のボタンを押すまでの時間を「探索時間」とし、ソフトウェア上で計測した。自身のカーソルが特定しやすいときは、特定成功数が多く探索時間が短くなる。一方で、自身のカーソル特定が難しいときは、特定成功数が少なく探索時間が長くなる。

3.4 参加者

参加者は19~21歳の12名(男性9名、女性3名)の大学生である。全ての参加者は正常な視力または矯正視力を持っており、右利きであった。

4. 結果

図6に特定成功数の箱ひげ図、図7に探索時間の箱ひげ図を示す。図6に示す通り、12人中10人の参加者はすべての操作方法で10試行中9試行以上特定成功した。また図7に示すように、40秒以内に探索時間を終了している試行が多い。

図8に特定成功数のヒストグラムを示す。図8のヒストグラムは正規分布を仮定できないため、操作方法における特定成功数の差をFriedman検定で評価した。その結果、操作方法における有意差はなかった($p>.05$)。Steel-Dwass検定による多重比較も行ったが、どの条件間においても有意差がなかった($p>.05$)。

図9に探索時間のヒストグラムを示す。図9のヒストグラムは正規分布を仮定できないため、ゲーム操作方法における特定成功数の差をFriedman検定で評価した。その結果、ゲーム操作方法における有意差があった($p>.05$)。一方で、Steel-Dwass検定による多重比較を行った結果、どの条件間においても有意差はなかった($p>.05$)。

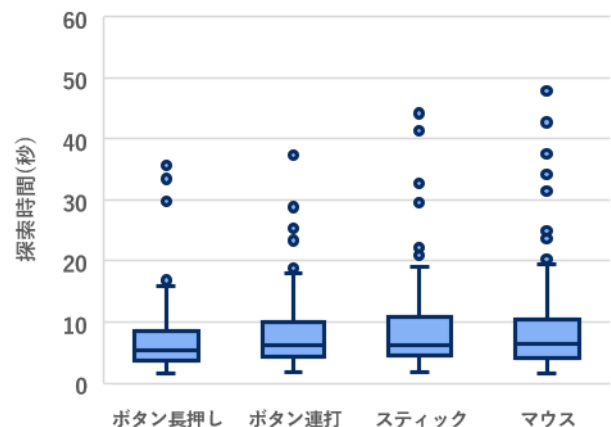


図7 探索時間の箱ひげ図

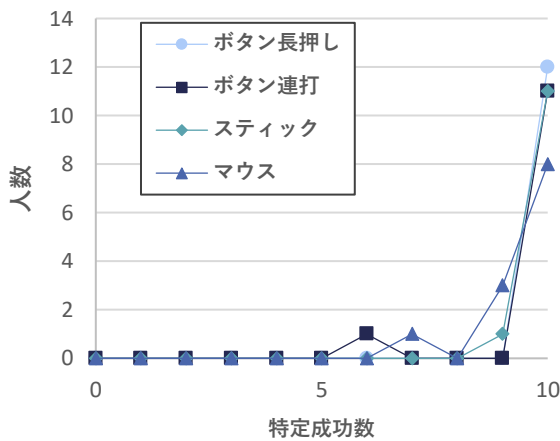


図8 特定成功数のヒストグラム

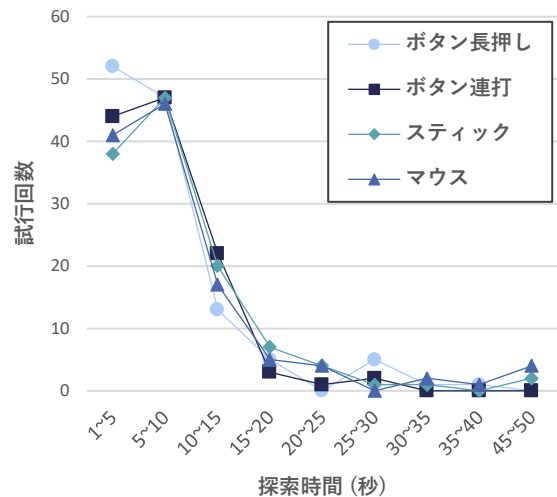


図9 探索時間のヒストグラム

5. 考察

5.1 「動き」の同期があればゲームパッドを用いた操作でもキャラクタを特定できる

図6に示す通り、12人中10人の参加者はすべての操作方法で10試行中9試行以上特定成功した。また図7に示すように、40秒以内に探索時間を終了している試行が多い。このことから、この4つの操作方法は「自身の」カーソルを特定できるといえる。このことから、ビデオゲームにおいてもキャラクタの「動き」の情報は、自身のキャラクタを認識する要因であると考えた。この理由については6.1節で議論する。

5.2 カーソルの位置が、探索時間に与える影響

今回の実験の結果、どの操作においても探索時間が30秒以上の試行があった。30秒以上の試行におけるカーソルの軌跡を調べた結果、主に2種類の特徴があった(図11)。

- 自身のカーソルが画面端の方で動いている。
- 自身のカーソルが画面外を通じて画面両端を交互に移動している。

画面端のキャラクタを特定できない原因として、参加者の視線の位置が考えられる。インタビューの結果、実験参加者は主に画面の中心を見ながら自身のカーソルを探索していた。画面の中心を見ているときは、画面端にあるカーソルは注視されない。

2)の現象は、画面の端と端につながった繋がったTorus Desktop特有の現象である。カーソルが画面両端を交互に移動している場合は、参加者の視線も画面両端を交互に動かさないと自身のカーソルを見つけれない。これらの結果、自身のカーソルを特定するのに時間がかかったと考えられる。

6. 議論

6.1 自身のキャラクタと感ずる要因

図6に示す通り、ほとんどの参加者はすべての操作方法で10試行中9試行以上特定成功した。また図7に示すように、40秒以内に探索時間を終了している試行が多い。この結果から、実際に身体とキャラクタの動きが違っていても、自身のカーソルが特定できたと考える。その理由として、頭の中でイメージしている動きと同じであれば「自身の」カーソルと感ずることが考えられる。Braunらは、自身の運動イメージと同じ動きをするロボット手を「自身の手」と感ずることを明らかにした[4]。ダミーカーソル実験においても、自分のイメージした動きと同じ動きをするカーソルを自身のカーソルと感ずっていたと考えられる。我々はビデオゲームにおいても、自分のイメージした動きと同じ動きをするキャラクタに対して、自身のキャラクタと感ずられると考えた。

6.2 斜めの動きは知覚しづらい

ボタン操作は上下または左右の4方向しか移動できないのに対し、スティックとマウスは移動方向に制限がない。それにも関わらず、参加者全員が真右に動かして自身のカーソルを探索し、自身のカーソルの見当がいたら真上に動かして本当に自身のカーソルか動きを確認していた。

これは、斜めの動きが認知しづらいという経験則が参加者にあったからであると考えた。実際に認知科学の分野でも、斜め効果(Oblique Effect)が存在する[5]。「斜め効果」とは、生活体の斜め方位の刺激の認知が一般に垂直、水平に比べて劣ることである。これは静止画のみならず、運動課題においても存在する[6]。参加者これらの経験則や知見から、スティックやマウスのように斜めに移動できる操作方法であっても、自身のカーソルの移動を知覚しやすい上

下または左右のみにしていた可能性がある。また、自身のキャラクタを斜めに動かすとイメージした動きと一致しづらいため、そのキャラクタに対して「自身の」と感じにくくなる可能性が考えられる。

6.3 自身のキャラクタを見失う原因

今回の実験の結果から、動きの同期によってユーザは自身のキャラクタを特定できることを示した。動きの情報で自身のキャラクタを特定できるならば、動きの情報で自身のキャラクタを見失う可能性がある。自身のキャラクタを見失う原因として考えられるものの中で、動きが関係するものを以下に記述する。

1) 操作イメージと他のキャラクタの動きの一致

6.1 節でイメージした動きと同じ動きのキャラクタに対して自身のキャラクタと感じると考えた。今回の実験ではカーソルの動きが独立しているが、マルチプレイゲームでは自身のキャラクタと他のキャラクタと同じ動きをすることがある。このとき、ユーザはどちらのキャラクタも自身のキャラクタと感じてしまう。そのため、他のキャラクタを自身のキャラクタと間違えてしまい、本当の自身のキャラクタを見失うと考えられる。

2) 斜め方向への操作

6.2 節でも述べたとおり、自身のキャラクタを斜めに動かすと、それを「自身の」と感じにくい可能性が考えられる。このことから、キャラクタを斜めに動かしたときに自身のキャラクタを見失っている可能性がある。特に自身のキャラクタが斜めに移動し、他のキャラクタやエフェクトと被って見えなくなったときに、見失いやすいと考えられる。

3) 自身のキャラクタを操作できないとき

マルチプレイゲームでは、キャラクタが吹っ飛ばされているときや壁にぶつかっているときなど、自身のキャラクタを操作できないときがある。このとき、ユーザのイメージした動きと自身のキャラクタの動きが一致しないため、「自身の」と感じなくなり、自身のキャラクタを見失うことが考えられる。

6.4 自身のキャラクタを見失わない方法

本節では 6.3 節であげた自身のキャラクタを見失う原因を改善する方法について議論する。

「1) 操作イメージと他のキャラクタの一致」と「2) 斜め方向への移動」は、ゲームのカメラ位置を工夫することで解決できる。1 章で紹介した自身のキャラクタを見失いやすい大乱闘スマッシュブラザーズやマリオカートでは、複数のキャラクタが画面内に点在している。一方で Splatoon^{*3} では、必ずカメラの中心に自身のキャラクタが配置しているため、他のキャラクタが同じ動きをしていたとしても自身のキャラクタを見失わない。

「3) 自身のキャラクタを操作できないとき」を防ぐ方法

として、ゲームパッドが操作者へ動きのフィードバックをすることが挙げられる。先行研究では、自身が操作しなくても身体と同じ動きのオブジェクトに「自身の」と感じることがわかっている[7,8,9,10,11]。そのため、自身のキャラクタが操作できなくてもそれと同じ動きをゲームパッドでフィードバックすれば、「自身の」と感じ続けられると考えられる。実際に Youngbo らが開発したゲームパッドは、自身のキャラクタが敵に吹っ飛ばされると、その方向にスティックを倒してユーザにフィードバックしている[12]。このデバイスを用いることで、自身のキャラクタを操作できないときにも「自身の」と感じ続けられると考える。

6.5 操作方法と自身のカーソルの感じやすさ

今回の実験は、自身のカーソルを発見できるのはそれを「自身の」と感じているからだという前提がある。しかし、「自身のキャラクタを発見できる」と「自身のキャラクタを感じる」は異なる可能性がある。

それを検証するために自身のカーソルの感じやすさを定量的に測定する必要がある。Botvinick らは、RHI (ラバーハンドイリュージョン) によって人工の手に身体的所有感を感じることを明らかにした[13]。さらに Bauer らは、身体所有感を持った人工の手にナイフを刺して、そのときの不快度を生体反応から評価した[14]。その結果、本当の手ではなくても身体所有感があれば、ナイフを刺されたときに不快度が増すことが明らかになった。また別の先行研究では、VR 空間上の仮想手足においても同様の現象が起こることがわかっている[15,16]。そこでダミーカーソル実験でも自身のカーソルに遅延を生じさせたり、爆発のエフェクトを入れたりした際の不快度を生体反応から評価することで、本当に「自身の」カーソルと感じているか検証できると考えた。

7. おわりに

本研究では、ゲームパッドを用いてビデオゲームでよく用いられる 4 種類の操作方法 (ボタン長押し・ボタン連打・スティック・マウス) でダミーカーソル実験を行い、ゲームパッドにおける「自身の」カーソルの特定の特徴について調査し、ゲームにおけるキャラクタ認識への影響を考察した。実験の結果、ゲームパッドと自身のカーソル動きの同期があれば、自身のカーソルを特定できることがわかった。

参考文献

- [1] 渡邊恵太, 樋口文人, 稲見昌彦, 五十嵐健夫. 複数ダミ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誌, 25-31,2013.
- [2] 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特定への影響調査. 第 184 回ヒューマンコンピュータインタラクション研究発表会, 2019.
- [3] Huot, Stéphane, Olivier Chapuis, and Pierre Dragicevic.

*3 Splatoon, (2017), Nintendo,
<https://www.nintendo.co.jp/wiiu/agmj/festival/1/index.html>

- "TorusDesktop: pointing via the backdoor is sometimes shorter." *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*. 2011.
- [4] Braun, Niclas, et al. "Embodied neurofeedback with an anthropomorphic robotic hand." *Scientific reports* 6.1 (2016): 1-13.
- [5] Appelle, Stuart. "Perception and discrimination as a function of stimulus orientation: the "oblique effect" in man and animals." *Psychological bulletin* 78.4 (1972): 266.
- [6] 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.
- [7] 佐藤大輔, 相澤裕貴, 渡邊恵太. ダミーカーソル実験における受動操作時の自身のカーソル特定. 研究報告ヒューマンコンピュータインタラクション(2019).
- [8] 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.
- [9] Shimada, Sotaro, Yuan Qi, and Kazuo Hiraki. "Detection of visual feedback delay in active and passive self-body movements." *Experimental brain research* 201.2 (2010): 359-364.
- [10] Kalckert, Andreas, and H. Henrik Ehrsson. "Moving a rubber hand that feels like your own: a dissociation of ownership and agency." *Frontiers in human neuroscience* 6 (2012): 40.
- [11] “身体所有感と操作感の動的関係に関する VR 実験”. http://www.ias.sci.waseda.ac.jp/GraduationThesis/2016_summary/1w130204_s.pdf, (参照 2021-2-18).
- [12] Shim, Youngbo Aram, et al. "FS-Pad: Video Game Interactions Using Force Feedback Gamepad." *Proceedings of the 33rd Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology*. 2020.
- [13] Botvinick, Matthew, and Jonathan Cohen. "Rubber hands 'feel' touch that eyes see." *Nature* 391.6669 (1998): 756-756.
- [14] Bauer, Anna, et al. "Mechanical pain thresholds and the rubber hand illusion." *Frontiers in psychology* 9 (2018): 712.
- [15] Hägni, Karin, et al. "Observing virtual arms that you imagine are yours increases the galvanic skin response to an unexpected threat." *PloS one* 3.8 (2008): e3082.
- [16] Tieri, Gaetano, et al. "Body visual discontinuity affects feeling of ownership and skin conductance responses." *Scientific reports* 5.1 (2015): 1-8.