

実験者フレンドリーな ダミーカーソル実験プラットフォームの開発

小川恭典^{†1} 相澤裕貴^{†2} 渡邊恵太^{†1}

概要：遠隔で何かを操作しているとき、自然と操作者は自分が操作している対象を認識している。しかし、遠隔操作においてどのようなプロセスで操作対象を認識しているかはいまだに解明されていない。また、このようなプロセスを解明するための手段としてダミーカーソル実験が行われている。しかし、実験を行うためのシステムは実験者が独自に作成していた。そこで本研究では実験条件を変更可能なダミーカーソル実験のプラットフォームを開発し、公開する。具体的には、(1) パラメータの変更 (2) 生体計測器との連携 (3) ログデータの出力がプログラムの変更なしで可能となっている。

1. はじめに

ビデオゲームやラジコンといった遊びは、自身の身体から離れた対象を遠隔で操作している。なぜ物理的に繋がっていない対象を「自分の」ように操作できるのか、そのメカニズムは明らかになっていない。また、操作対象以外に複数のキャラクターやラジコンが存在していると、突如として操作対象を見失うことがある。このような現象をユーザは不快に感じてしまう。そのためユーザが操作対象を見失わないような設計が必要である。その設計を組み立てるには「自分の」ように操作できるメカニズムを解明する必要がある。我々は、そのメカニズムを特定する手段として、ダミーカーソル実験[1]が適していると判断した。

ダミーカーソル実験では「自分の」という感覚をマウスとカーソルの関係から調査している。ダミーカーソル実験では色形が同一のカーソルをディスプレイに表示し、それらは動きだけがそれぞれ異なる。参加者は、その中から唯一マウスと同じ動きをするカーソルを探索する。この実験の結果、同じ色形のカーソルが複数あっても、マウスと動きが同じカーソルを発見できることがわかった。この結果から、動きが同期したカーソルを「自分の」カーソルと感じたと考察した。さらに「自分の」感のメカニズムを明らかにすべく、我々の研究室では受動操作[2]やアイトラッキング[3]など様々な実験条件を用いたダミーカーソル実験を行ってきた。しかし、我々の研究室のみでその多様な実験条件全てを行うことは難しい。

そこで本研究では、実験者フレンドリーを目指すダミーカーソル実験プラットフォームを開発した(図1)。ダミーカーソルプラットフォームは、GUIでパラメータを操作することで、様々な実験条件のダミーカーソル実験を作成する。プログラムを書く必要がないため非プログラマーである研究者もダミーカーソル実験を設計できる。そういったプラットフォームを開発することで、HCI分野のみならず心理学や認知科学といった分野にもダミーカーソル実験を広める。そして「自分の」感のメカニズムの解明を目指す。

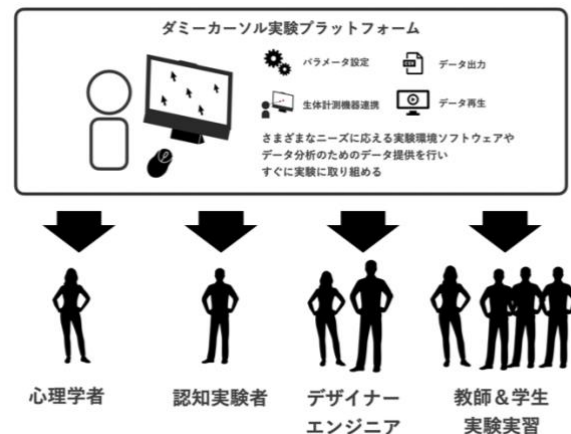


図1 ダミーカーソル実験プラットフォーム

2. ダミーカーソル実験プラットフォーム

ダミーカーソル実験プラットフォームは、実験者が実験を実行しやすくするための仕組みを持つ実験環境である。ダミーカーソル実験プラットフォームには次の5つの特徴がある。

- 1) GUIでのパラメータ変更
- 2) ログデータの出力
- 3) 生体計測器との連携
- 4) 記録の再生
- 5) 統計への利用

それぞれについて詳しく述べていく。

2.1 GUIでのパラメータ変更

このダミーカーソルプラットフォームではGUIで7つのパラメータの値を操作できる。これによってプログラムを変更せず、ダミーカーソル実験を設計できる。例えば、カーソルの遅延時間を0ms, 500ms, 1000ms, 2000msと設定して、遅延時間とカーソル探索との関係を調査できる。

^{†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 先端数理科学研究科 先端メディアサイエンス専攻

表 1 ログデータに記録される値

参加者	カーソル数	主 ID	カーソル ID	カーソル X 座標
カーソル Y 座標	回転角	カーソル直径	ウィンドウサイズ	カーソルの遅延時間
カーソルの速度倍率	記録時の経過時間	視線の X 座標	視線の Y 座標	

2.2 ログデータの出力

実験終了後、実験中のログデータを csv ファイルに記録して出力する。表 1 に記録する値を示す。ログデータの記録は Space キーを押した段階で終了するため、ファイルの一番下に記載された経過時間がカーソル探索時間となる。

主 ID はカーソルに 0 から順に振り当てた値である。主 ID が 0 のデータが自身のカーソルを表す。一方、カーソル ID は実験時に Space キーを押してカーソル上に表示される値である。主 ID はデータを扱う際に自身のカーソルのデータを特定するために使用し、カーソル ID は実験で自身のカーソルを答える際に使用する。

2.3 生体計測器との連携

相澤らの研究[3]では、アイトラッカーのデータと組み合わせ、カーソル探索時の視野範囲とカーソル発見成功率、探索時間の関係について調査している (図 2)。しかし、自身のカーソル探索と参加者の視線との関係にはまだ調査する余地がある。そのため、ダミーカーソル実験プラットフォームはアイトラッカーとの連携ができるようにした。アイトラッカーとの連携には Tobii Pro SDK[4]を使用している。アイトラッカーによって得られた視線の位置情報はログデータとして記録しているため、カーソル探索時の視線の様子を調査する際に活用できる。



図 2 アイトラッカーとの連携

2.4 記録の再生

実験から得られるログデータにカーソルの XY 座標の情報がある。これを利用して参加者がカーソルを動かした軌跡をアニメーションにして出力する。

また、前述したアイトラッカーと連携したダミーカーソル実験を行った場合には、アイトラッカーのログデータから得られる視線情報を用いたアニメーションを出力する。



図 3 カーソルの軌跡の再生

これを利用してカーソル探索中のマウスの動かし方の調査を行うことが可能となり、「自分の」感のさらなる解明が見込まれる。

2.5 統計への利用

この実験で得られたログデータは統計ソフトに使用しやすいよう csv 形式で出力する。統計がスムーズに行えるよう、このプラットフォームの README に統計処理の方法を記載した。対象としているのは Excel と JS-stars という Web 上の無料統計ソフトである。今後は以上の使い方を掲載した Web ページを公開する予定である。

ただし、ユーザが何番のカーソルを答えたかは実験者がメモをする必要があるため、これは今後の課題である。

3. 実験の流れと使用方法

3.1 スタート画面 (図 4 左上)

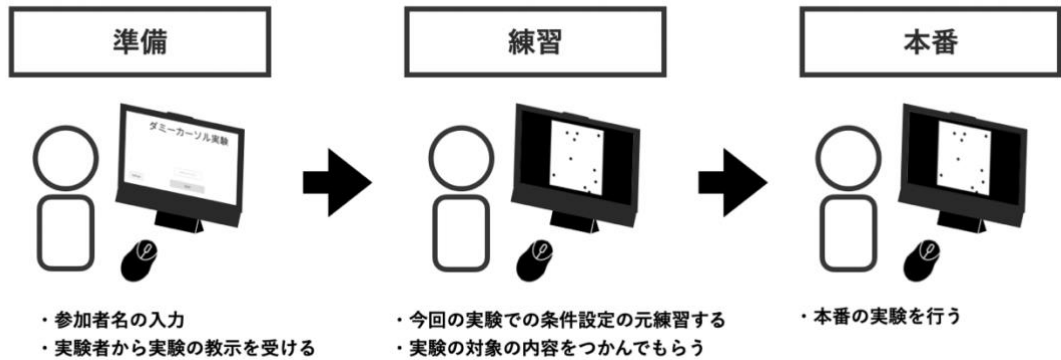
実験を開始する場合にはフォームに参加者の名前を入力し、Start ボタンを押す。パラメータを設定する場合には Settings ボタンを押す。

3.2 設定画面

設定画面 (図 5) では実験に関わる 7 つのパラメータ (カーソル直径、ウィンドウの大きさ、カーソル数、カーソルの遅延時間、カーソル速度、各セッション数、タイムリミット) を設定できる。そのうち、カーソル直径、ウィンドウの大きさ、カーソル数、カーソルの遅延時間、カーソル速度倍率はフォームに値を入力し、Add ボタンを押すことでリストに追加できる。Clear ボタンを押すと、リストに追加されたパラメータを全て削除できる。各セッション数、タイムリミットは値をフォームに入力し、Set ボタンを押すことで変更できる。OK ボタンを押すことでパラメータの設定が完了し、スタート画面に戻る。

また、アイトラッカーとの接続の設定もできる。アイトラッカーと接続した場合には図 5 右下にアイトラッカーの名前を緑色で表示する。一方で、接続していない場合に

実際の実験手順



実験者が可能なこと

- ・パラメータの変更 (カーソル数, 速度, etc.)
- ・連携の設定 (入力デバイス, アイトラッカー)
- ・実験内容についての教示
- ・軌跡データ再生 (カーソル・視線の動き)

図 4 ダミーカーソル実験の流れと実験者が可能なこと



図 5 パラメータ設定の GUI 画面

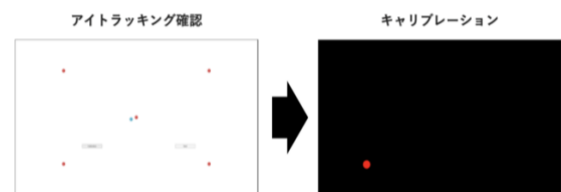


図 6 アイトラッカーと連携すると
キャリブレーションが可能になる

確認する。実験本番に入る前に各パラメータの組み合わせ 1 回ずつの練習を行う。

参加者は自身のカーソルを発見したら Space キーを押し、カーソル上に表示されるカーソル ID を確認する。S キーを押すことで自身のカーソルの色が赤色に変わる。その後、カーソルキーの右を押して次のセッションに進む。練習が全て終わると休憩画面に遷移し、Space キーを押して実験本番に進む。

3.5 実験画面

練習と同様に参加者は自身のカーソルを発見したら Space キーを押してカーソル ID を確認する。なお、実験本番では練習とは異なり自身のカーソルは開示されないため、カーソルキーの右を押して次のセッションに進む。設定した制限時間を過ぎると自動的に次のセッションへ進む。

実験が全て終了するとセッション毎のログデータが記録された csv ファイルを生成し、自動的に終了画面に移る。そのままアプリケーションを終了する場合には esc キーを押す。生成された csv ファイルを元にカーソルを動かした軌跡をアニメーションにして出力する場合は、Replay ボタンを押してログファイル選択画面 (図 7) へ移る。

は”Not Found”の文字を赤色で表示する。アイトラッカーの名前の上にあるチェックボックスにチェックを入れると、ダミーカーソル実験中の視線データを取得する。

3.3 アイトラッキング確認画面

アイトラッカーのチェックボックスにチェックを入れた場合には、アイトラッキングを正しく行えるかを練習の前にこの画面 (図 6) で確認する。青い丸はアイトラッカーが取得した参加者の視線の先である。赤い丸の印に視線を向けてアイトラッキングが正常かを確認する。

うまくアイトラッキングができていない場合は Calibration ボタンからキャリブレーションを行える。キャリブレーションは順に表示される 5 つの赤い円に視線を向けることで完了する。キャリブレーションが終わるともう一度、アイトラッキング確認画面に戻る。アイトラッキングに問題がなければ OK ボタンを押し、練習に進む。

3.4 練習画面

実験本番に入る前に各パラメータの組み合わせ 1 回ずつの練習を行う。参加者は自身のカーソルを発見したら Space キーを押し、カーソル上に表示されるカーソル ID を

3.6 ログファイル選択画面

Select File ボタンを押すとファイル選択ダイアログが表示されるため、再生したいデータが記録された csv ファイルを選択する。その後、Replay ボタンを押すとカーソルを動かした軌跡のアニメーションを再生する。アニメーションが終了すると、自動的に gif ファイルが生成され、ファイル選択画面に戻る。



図 7 ログファイル選択画面

4. 議論

4.1 信頼性

プラットフォームを公開する上で実験環境や得られるデータの信頼性は非常に重要である。過去に MRI のソフトウェアにバグがあり、研究結果が無効になった事件[5]が起こった。このようにバグがあると実験結果の信頼性が失われる。そこで、このプラットフォームをオープンソースソフトウェアにすることでバグの発見と指摘をしやすくする。万が一バグがあっても、原因の発見を容易にすることでプラットフォームの信頼性を高められると考えている。

4.2 OS やライブラリへの依存

前述した信頼性にも関係する話ではあるが、今後 OS やライブラリのアップデートに伴い、このプラットフォームが不具合を起こす可能性がある。そのためプラットフォームのメンテナンスやサポートが必要である。しかし、これをプラットフォーム側だけで補うのは難しい。そこでこのプラットフォームをオープンソースソフトウェア (OSS) にする。これによってプラットフォーム側の負担を減らしつつ、複数人のチェックのもとメンテナンスやサポートを行えるようにする。以上のようにして OS やライブラリの影響によるトラブルを防ぐ。

4.3 実験者にとってのユーザビリティ

本研究ではより多くの実験者がダミーカーソル実験を行えるプラットフォームを開発した。このような実験者のためのツールにおいては実験者にとってのユーザビリティを考慮する必要がある。ダミーカーソル実験プラットフォームの場合は、プラットフォームの汎用性と使用者を選ばない操作性を重視して開発した。今後も実験者にとってのユーザビリティについて模索しつつ、プラットフォームの

アップデートを進める予定である。

4.4 プラットフォームの評価

プラットフォームの評価は、本プラットフォームを利用した研究事例数や論文数が 1 つの評価軸になると考えられる。また、筆者らで本プラットフォームを利用した実験研究をまとめ、どのように実験を行ったかや、実験者へのインタビューなどを追跡することもプラットフォームの評価や、価値を知る上で重要であるだろう。

5. おわりに

本研究では、実験者フレンドリーなダミーカーソル実験プラットフォームを開発した。GUI でのパラメータ変更やログデータの自動出力などにより、非プログラマーの実験者であってもダミーカーソル実験を設計できる。今後はアップデートを重ね、より実験者のユーザビリティを追求していきたい。

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中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ション論文集, 25-31, 2013.
- [2] 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, 2C-02, 2019.
- [3] 相澤裕貴, 渡邊恵太, 樋口文人. ダミーカーソル環境におけるアイトラッカーを用いた自身のカーソル発見プロセスの調査. 第 181 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.
- [4] “Tobii Pro SDK documentation”.
<http://developer.tobii.com/index.html>, (参照 2020-12-15).
- [5] Anders Eklund, Thomas E. Nichols, Hans Knutsson. Cluster failure: Why fMRI inferences for spatial extent have inflated false-positive rates. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 7900-7905, 2016.