



ダミーカーソル環境における動的視野制限法を用いた 自身のカーソル探索時の視野範囲調査

Research the Range of the Functional Field of View during Searching Own Cursor
form Dummy Cursors by Gaze-Contingent Visual Masking.

相澤裕貴[†], 渡邊恵太[†]

Yuki AIZAWA and Keita WATANABE

[†] 明治大学 総合数理学部 先端メディアサイエンス学科 (〒164-8525 東京都中野区中野 4-21-1, ev60579@meiji.ac.jp)

概要 : GUI 環境において複数のカーソルの中から同じ動きをするカーソルを探索するダミーカーソル実験がある. この実験から, 同じ色・形のカーソルでも動きだけで自身のカーソルを発見できることが明らかになった. このダミーカーソル実験における視線の動きを解析した研究では, 実験参加者が自身のカーソルを注視せずに発見している様子を観測した. この結果から, ダミーカーソル実験で実験参加者は中心視だけでなく周辺視も用いて自身のカーソルを探索している可能性が考えられる. 本研究では, 動的視野制限法を用いて自身のカーソル探索時の視野範囲を調査し, 実験参加者が周辺視も用いて自身のカーソルを探索していることを明らかにした.

キーワード : ダミーカーソル実験, 動的視野制限法, 有効視野

1. はじめに

渡邊らは, 複数のカーソル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「ダミーカーソル実験」を行った[1]. この実験から, カーソルの動きの違いだけで自身のカーソルを発見できることが明らかになった. しかし, この実験で自身のカーソルを発見するプロセスが明らかになっていない. 相澤らは, ダミーカーソル実験における視線の動きとカーソルの動きの関係を解析することで, 自身のカーソル発見プロセスを調査した[2]. この研究で, 自身のカーソルを探索しているときに中心視だけでなく周辺視も用いている可能性が示唆された. この結果は, 視線の動きを調査しても自身のカーソルを発見する瞬間を特定することができないことを示唆している. また, この研究では中心視で探索していることを前提に実験を計画しているため, 周辺視での探索や発見についての分析ができていない.

そこで本研究では, 自身のカーソル探索時の周辺視の利用についての特徴や影響を明らかにする. また自身のカーソルを探索するときの視野範囲も調査する.

2. 動的視野制限法

動的視野制限法は, 画面全体をマスキングし「窓」と呼ばれる一定の範囲だけを視認可能にする手法である[3, 4, 5]. この手法によって視野が制限された状態でタスクを行うことができる. Seyaらは, 窓の大きさごとのビデオゲームのスコアを記録し, そのビデオゲームで用いた

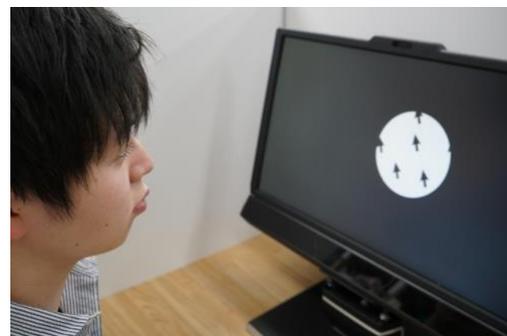


図 1 動的視野制限法を用いたダミーカーソル実験

視野範囲を調査した[3]. もし窓がビデオゲームで用いた視野範囲より小さかった場合, 十分な情報を得られないため, フルスクリーンするときよりビデオゲームのスコアが下がると考えられる. その窓が大きくなるとビデオゲームのスコアが上がり, 窓の大きさがビデオゲームで用いた視野範囲以上になるとスコアが一定になると考えられる. このようにSeyaらは動的視野制限法を用いて, 窓の大きさごとでタスクの成績を比較することで, そのタスクで用いた視野範囲を調査した.

本研究では, 「自身のカーソルを発見する時間」と「自身のカーソルの発見成功率」を窓の大きさごとに評価することで, 自身のカーソルを探索するときの視野範囲を明らかにする (図2). 窓が自身のカーソル探索視野より小さいとフルスクリーンするときより自身のカーソル発見

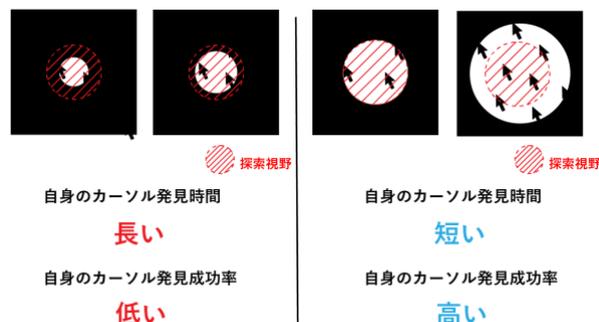


図 2 動的視野制限法の評価方法

仕切りより左が「探索視野より小さい窓」、右が「探索視野と同じ大きさ、またはそれより大きい窓」

時間が長くなり自身のカーソル発見成功率が低くなると考えられる。一方、窓の大きさが探索視野以上であると発見時間と発見成功率がフルスクリーンのとさと同じになると考えられる。

3. 実験

3.1 実験環境

実験機材を以下に示す。

- アイトラッカー：Tobii TX300（計測精度 0.04°）
- OS：Windows10
- ディスプレイ：サイズ 23 インチ、解像度 1920×1080
- マウス：Rival 650 Wireless
- マウスパッド：QCK エッジ

実験アプリケーションは openFrameworks を用いて実装した。実験アプリケーションでは、表示するカーソルの形を直径 10px の円とし、ディスプレイに渡邊らと同じく上下左右ループする Torus desktop [7]を採用した。また、ダミーカーソルの動きに相澤らと同じアルゴリズム [2]を使用した。

3.2 窓の大きさ

動的視野制限法では、窓の半径を「参加者の目とディスプレイとの距離」、「視角の大きさ」から求める。今回の実験では参加者の目とディスプレイとの距離は 60cm とした。そして、はじめにフルスクリーンでダミーカーソル実験を行い、そのあと窓の大きさを 20°、15°、10°、5°、1°と徐々に小さくした。ちなみに 1°は中心視の大きさである [6]。

3.3 実験手順

実験手順を以下に示す。

- 1) ディスプレイ画面に表示されるカウントダウンが終わると実験がスタートする。
- 2) ディスプレイ画面に複数のカーソルが表示され、参加者は一つだけある自身のカーソルを見つけたら、スペースキーを押す。
- 3) 参加者はどれが自身のカーソルであるか、画面上を指し示して実験者に伝える。実験者は正誤を記録する。

今回の実験では、1 分間の制限時間を設けた。これは自身のカーソルを発見できず実験時間が長くなり、ストレス



図 3 実験の様子

を感じた実験参加者が自身のカーソル探索を諦めることを防ぐためである。

スペースキーを押したあと指し示したカーソルが自身のカーソルであった場合を「発見成功」、ダミーカーソルであった場合を「発見エラー」とする。また、制限時間内で自身のカーソルを発見できなかった場合を「発見失敗」とした。

また、今回はカウントダウンが終了したあとの実験開始からスペースキーを押すまでの時間を「自身のカーソル発見時間」とした。自身のカーソル発見時間はソフトウェア上で計測した。

参加者は、窓の大きさごとでダミーカーソル数 5、10、20、50 の 4 パターンでタスクを行った。これを 1 セットとして、参加者は 3 セットタスクを試行した。

3.4 実験参加者

実験参加者は 18~23 歳の 10 名（男性 8 名、女性 2 名）で、主にコンピュータサイエンスを専門とする大学生である。すべて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。

3.5 結果

図5に自身のカーソル発見時間のヒストグラムを示す。図5のヒストグラムは正規分布を仮定できないため、ダミーカーソル数ごとに窓の大きさ間における自身のカーソル発見時間の差をKruskal-Wallis検定で評価した。その結果、4パターンすべてのダミーカーソル数において窓の大きさ間で自身のカーソル発見時間に有意差が見られた ($p < 0.01$)。次にSteel-Dwass検定による多重比較を行った。その結果、4パターンすべてのダミーカーソル数において1°のときとフルスクリーンのときに有意差があった ($p < 0.01$)。この結果と図4から、窓が中心視と同じ大きさのとき、フルスクリーンのときより自身のカーソル発見時間が長くなることが明らかになった。また、5°と他の窓の大きさにも有意差があった（ダミーカーソル数5：5°と15°・フルスクリーン、 $p < 0.05$;ダミーカーソル数10：5°と15°・20°・フルスクリーン、 $p < 0.05$;ダミーカーソル数50：5°と20°、 $p < 0.05$ ）。

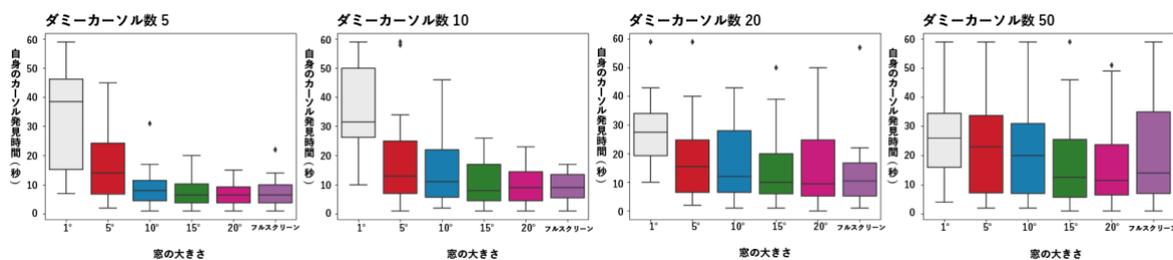


図 4 窓の大きさごとの自身のカーソル発見時間の箱ひげ図

◇は外れ値

表1にそれぞれのダミーカーソル数における30セット (10人×3セット) 中の自身のカーソル発見成功率を示した。表1を見ると、4パターンすべてのダミーカーソル数においてフルスクリーンときの発見成功率が90%以上で、1°のときの発見成功率が40%を下回っていた。また、自身のカーソル発見成功率を一元配置分散分析した。その結果、4パターンすべてのカーソル数において発見成功率に有意差があった (ダミーカーソル数5 : $F(5, 54)=5.6, p<.01$; ダミーカーソル数10 : $F(5, 54)=14.9, p<.01$; ダミーカーソル数20 : $F(5, 54)=5.4, p<.01$; ダミーカーソル数50 : $F(5, 54)=9.1, p<.01$)。次にTukeyのHSD法を用いて多重比較を行った結果、4パターンすべてのダミーカーソル数においてフルスクリーンのとときと1°・5°・10°・15°・20°それぞれのときの間で有意差があった ($p<.05$)。

4. 考察

4.1 自身のカーソル探索時の視野範囲

実験結果で、窓が中心視と同じ大きさ (1°) のときは、フルスクリーンのとときより自身のカーソル発見成功率が低く、自身のカーソル発見時間が長かった。すなわち、ダミーカーソル実験において中心視のみを用いた探索は可能であっても、周辺視も用いたときに比べて発見することが難しいことがわかる。したがって、自身のカーソルの探索と発見には周辺視の利用が重要であることが示唆されたことになる。Helmholtz は、周辺視でもオブジェクトに向けて視覚的注意を向けられることを明らかにしている [8]。このことから、今回の自身のカーソルを発見するタスクにおいても同様に周辺視を利用していると考えてもよいだろう。

そして、10°・15°・20°のときでは、フルスクリーンのときと自身のカーソル発見時間に有意差がなかった。しかし、自身のカーソル発見成功率では、4パターンすべてのダミーカーソル数においてフルスクリーンのときと1°・5°・10°・15°・20°それぞれのときとの間で有意差があった。窓が探索視野以上の大きさであれば、フルスクリーンのときとの間で自身のカーソル発見成功率に有意差がないはずである。つまり、自身のカーソル探索視野は20°の窓より大きい可能性が考えられる。今回の実験で自身のカーソル探索時の視野範囲を特定することはできなかった。今後20°以上の窓を用意して再実験を行う。

4.2 自身のカーソル探索における周辺視の役割

今回の実験結果は、複数のカーソルの中から自身のカー

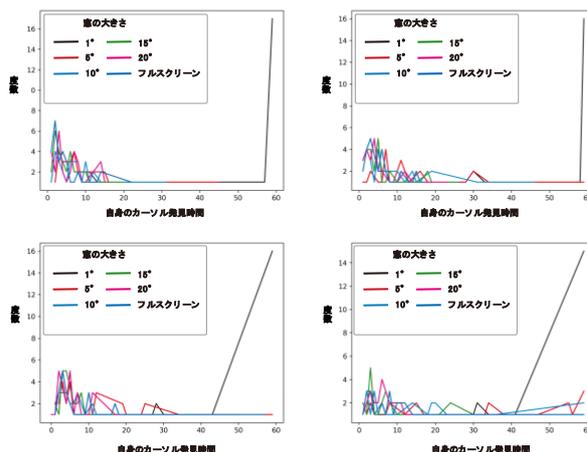


図 5 自身のカーソル発見時間のヒストグラム

表 1 窓の大きさごとの自身のカーソル発見成功率
()内は自身のカーソル発見エラー率

窓の大きさ	ダミーカーソル数			
	5	10	20	50
1°	30% (23%)	27% (20%)	40% (13%)	27% (3%)
5°	80% (17%)	87% (10%)	83% (13%)	83% (7%)
10°	83% (17%)	90% (10%)	90% (10%)	90% (10%)
15°	83% (17%)	93% (7%)	93% (7%)	87% (7%)
20°	73% (27%)	93% (7%)	90% (10%)	90% (7%)
フルスクリーン	90% (10%)	93% (7%)	87% (13%)	87% (13%)

ソルを探索するときに周辺視も利用していることを明らかにした。一方、周辺視は中心視のようにアイトラッカーでは計測できないため、自身のカーソル探索における周辺視の役割や特徴は明らかになっていない。

ダミーカーソル実験において自身のカーソルを発見するには、原則自身のカーソルの「動き」の情報を元に探索するしかない。Hartmannらは、周辺視が中心視より動きに敏感であることを明らかにした [9]。また Christianらの研究で、周辺視が一度に多くのターゲットの動きをモニタリングできることを明らかになった[10]。これらの研究から、周辺視は動きに敏感でかつ複数の対象の動きを同時にモニタリングできることがわかる。実際に、実験後のインタビューにおいて「窓が大きいときの方が多くのカーソルの動きを見ることができたので簡単だった」と述べた参加者がいた。これらのことから参加者が、周辺視を用いて多くのカーソルの動きをモニタリングし、その中から自身のカーソルを探索していることが考えられる。

4.3 自身のカーソル発見エラーと探索視野の関係

窓が小さいときに画面の端に沿って視線を動かしていた参加者がいた。その参加者は実験後のインタビューで「最初は、画面中央ばかりを見ていたせいで画面端にある自身のカーソルに気づかないことがあった。そのため、画面端に注意を向けるように心がけた」と述べた。また他の参加者は、発見エラーを起こした理由として「窓の内にあるカーソルの中から自身のカーソルを探していたため、窓の外にあった自身のカーソルに気づかなかった」と述べた。

自身のカーソルが画面の端にあることで発見エラーを起こすことは、フルスクリーンするときでも発生した。この理由として、フルスクリーンするとき参加者が探索視野内にあるカーソルの中から自身のカーソルを探すため、探索視野外の自身のカーソルに気づかないことが考えられる。そして、探索視野内にある自身のカーソルに似た動きをするダミーカーソルを自身のカーソルだと思い込んでしまった可能性がある。

5. おわりに

本研究では、動的視野制限法を用いることでダミーカーソル実験における自身のカーソル探索時の視野範囲を調査した。その結果、中心視だけでなく周辺視も用いて自身のカーソルを探索していることが明らかになった。今後は、

カーソルの動きの知覚に周辺視を用いているかを調査する予定である。

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オン 2013, (2013).
- [2] 相澤裕貴, 樋口文人, 渡邊恵太: 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オン研究会, (2019).
- [3] Y. Seya and K. Watanabe: *Objective and subjective sizes of the effective visual field during game playing measured by the gaze-contingent window method*, Int. J. Affective Eng., 12, 11–19, (2013) .
- [4] Seya, Y., Sato, K., Kimura, Y., Ookubo, A., Yamagata, H., Kasahara, K., Fujikake, H., Yamamoto, Y., Ikeda, H., & Watanabe, K.: *Effects of Peripheral Visual Information on Performance of Video Game with Hemi-Spherical Immersive Projection Screen*. Proceedings of DiGRA2009, (2009).
- [5] Yokoi, K., Watanabe, K., & Kawai, T: *Dynamic evaluation of distribution of visual attention during playing video game.*, International Conference on Advances in Computer Entertainment Technology 2006, (2006).
- [6] 横澤一彦(著): 視覚科学, 勁草書房, 9 (2010).
- [7] Huot, S., Chapuis, O., and Dragicevic, P: *TorusDesktop: pointing via the backdoor is sometimes shorter*, In Proceedings of CHI '11, pp. 829-838 (2011).
- [8] A.H.C. Van der Heijden: *Selective Attention in Vision*, Routledge, London, (1992).
- [9] Hartmann, E., Lachenmayr, B., Brettel, H.: *The peripheral critical flicker frequency*, *Vision Research*, 19(9), 1019/1023, (1979).
- [10] Christian Vater, Ralf Kredel, and Ernst-Joachim Hossner: *Examining the functionality of peripheral vision: From fundamental understandings to applied sport science*, Current Issues in Sport Science 2, (2017)