

視線は拡大する局所的オプティックフローの外縁に誘導されるのか Is the Gaze Guided to the Outer Edge of Expanding Local Optic Flow?

畑 美緒[†], 加藤 麻樹[†], 三嶋 博之[†]
Mio Hata, Macky Kato, Hiroyuki Mishima

[†]早稲田大学
Waseda University
81plus1.30@akane.waseda.jp

概要

観察者の移動から生じる GOF と、対象の移動から生じる LOF が、それぞれ視覚的探索に与える影響について、実験 1 では一重のリング状の LOF を、実験 2 では球状の LOF を使用し、LOF の肌理の違いによる知覚の変化を検討した。また、実験 2 では GOF の速度が変化することによる効果についても検討した。その結果、一重のリング状の LOF はその輪郭あるいは外側に、球状の LOF はその輪郭に視線を誘導する可能性が示唆された。また、GOF の速度が上がると視覚探索の反応時間が長くなる可能性が示唆された。

キーワード : optic flow (オプティックフロー), visual search (視覚探索), perception (知覚)

1. はじめに

視覚は、人混みをすり抜ける、飛来するボールを掴む等の日常行為を支えている。しかし「見えているはず」であるにも関わらずそれらの行為が苦手な人がおり、また得意な人であっても時には失敗することがある。その原因にはいくつか考えられるが、視覚情報の入力段階における問題として、環境中の情報への注意の配分や、必要な視覚情報を得るための視線運動などがある。移動する動物にとって「動き」の情報は重要である。人間や動物が利用する視覚情報の一つに包囲光配列の変化であるオプティックフロー（以下 OF）がある [1] [2]。OF のうち、特に観察者自身が移動することで生じる大域的な流動を Global Optic Flow（以下 GOF）、観察者以外の対象が移動することで生じる局所的な流動を Local Optic Flow（以下 LOF）と呼ぶ[3] (図 1)。人間においては、点群から構成される OF が観察者の注意または視線を誘導することが知られているが[4] [5]、複数の機能の異なる OF が同時に存在する場合はそれらが相互作用すると考えられる。

本研究は、点群から構成される GOF と LOF をディスプレイ上に重畳させて提示することで、視覚探索課題における両者の相互作用を明らかにすることを目的とする。また、実験 1 では一重のリング状の肌理を持つ LOF（以下、一重の LOF）を、実験 2 では球体表面を模した肌理を持つ LOF（以下、球状の LOF）を使用

し、LOF の肌理の違いによる知覚の変化を検討することも目的とする。さらに実験 2 では GOF の速度を変化させることによる知覚の違いも検討する。

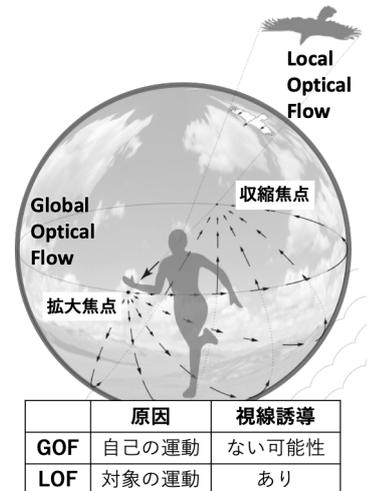


図 1. オプティックフロー知覚

2. 実験 1 : 一重の LOF

本節は、著者らの知見 [6] に基づいている。

実験参加者 実験参加者参加者は 20 名であった。

実験装置・計測項目 顎台で実験参加者の頭部を支持し、大型ディスプレイモニター (55 インチ, ソニー製) で映像刺激を提示した。映像刺激に対して、参加者は Target の弁別を行い、両利き対応マウス (G203, Logitech 製) で応答した。その際、計測項目は Target が出現してから応答するまでの反応時間及び、視線計測装置 (Pupil Invisible, Pupil Labs 社製) で計測した視線運動データであった。

映像刺激 映像刺激は、画面中央の同一円周上に等間隔で 8 箇所配置されたプレイスホルダーのいずれか一つの中に、特定のタイミングで 2 種の数字が呈示された (図 2)。映像刺激の中で、点群を散布した円筒中心を等速で移動する画角を持たせた GOF は画面中央部から継続して発生し、周辺部へと一定加速度で拡大するように見える点群であった。一方、LOF は、一定加速度で拡大する一重のリング状の点群として生成され、

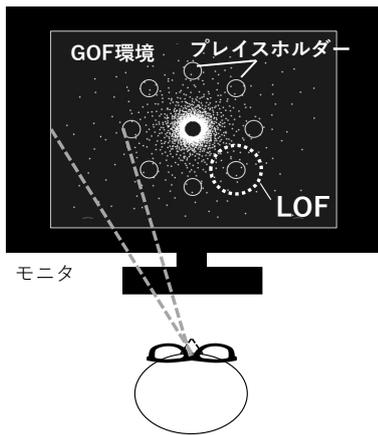


図2. 実験環境

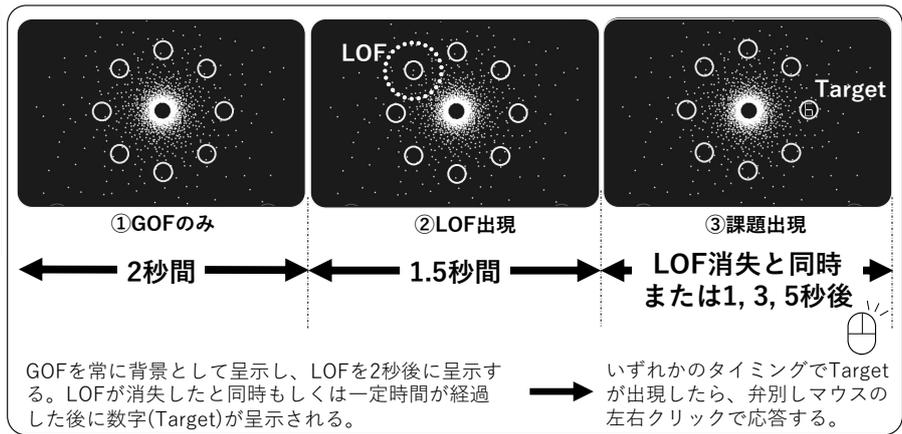
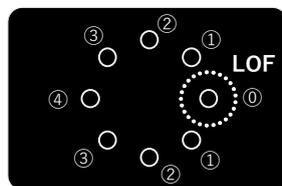


図3. 実験1の流れ

プレイスホルダーの内一つにランダムに呈示された。課題は、プレイスホルダーのいずれかに表示される数字を視覚的に探索し、併別した上で、数字に対応した2つのボタンを可能な限り早く押下することであった(図3)。結果として、映像刺激の要因は「GOFの有無」、LOFが呈示されてから標的が呈示されるまでの「時間差」(4水準: 0, 1, 3, 5s), LOFと標的の呈示位置の「位置関係」(64水準: プレイスホルダーの組み合わせ)であり、128試行を2回反復測定した。



GOFの有無	時間差	位置関係	出現回数
GOF無/有	同時/1s/3s/5s	①	2
		②	4
		③	4
		④	2

図4. 実験1の位置関係の出現頻度

結果 分析において、「位置関係」をLOFの呈示位置から課題発生位置が一致する位置を①とし、以降は距離に近い順に①~④の5水準として扱った(図4)。

反応時間に対する3要因分散分析の結果(表1)、「位置関係」の主効果($F(4, 76) = 4.37, p < .01, \eta^2 = .016$)と、「位置関係」と「時間差」の交互作用が有意であった($F(12, 228) = 3.23, p < .001, \eta^2 = .024$)(図5)。一方、GOFの主効果は有意ではなかった($F(1, 19) = 2.71, p = .116$)。

GOFが視線に及ぼす効果を分析するために、18名分の視線データを利用し、画面の中心からプレイスホルダーまでの距離の半分を半径とした円の内側を「中心部」、その外側を「周辺部」と定義し、エリアごとに視線データの有無を判定した上で、各参加者内で累積した。GOFの有無を要因として、中心部にある視線の個数と周辺部の視線の個数について階層ベイズロジスティック回帰分析を行った[7][8][9]。MCMCサンプリング(iteration = 6000; warmup = 3000; thinning = 1)を

行って事後分布を推定したところ収束を確認し($\hat{R} < 1.02$), このときGOF有無の効果に関する係数の平均値が0.62, 95% Bayesian CI [0.61, 0.63]で、0から十分に離れていることからGOFの効果があること、具体的にはGOF有条件の方がGOF無条件と比べ、視線が中心部に集まっていることが確認された。

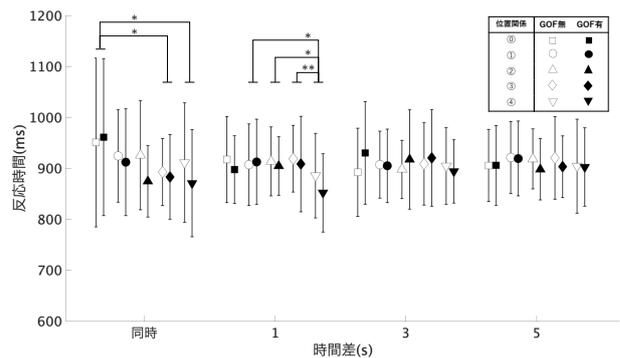


図5. 位置関係・時間差の交互作用

(* $p < .05$, ** $p < .01$ (Holm法)。エラーバーは標準偏差)

表1. 反応時間に対する3要因分散分析結果

Within Subjects Effects				
	df	F	p	η^2
GOF	1	2.71	0.116	0.003
Residual	19			
TI	3	0.77	0.518	0.003
Residual	57			
PR	4	4.37	0.003	0.016
Residual	76			
GOF * TI	3	1.51	0.221	0.004
Residual	57			
GOF * PR	4	1.37	0.252	0.003
Residual	76			
TI * PR	12	3.23	<.001	0.024
Residual	228			
GOF * TI * PR	12	0.62	0.825	0.004
Residual	228			

TI: 時間差(time interval)

PR: 位置関係(positional relationship)

3. 実験2：球状のLOF

実験2は実験1で示唆された結果から、GOFの速度の種類を増やすこと、ならびにLOFの肌理を球状の点群に変えることによる反応時間への影響を明らかにすることを目的としている。実験2-1および実験2-2は予備実験として実施した。

3.1. 実験2-1

実験参加者・実験刺激 参加者は6名であった。映像刺激は、画面中央の同一円周上に等間隔で4箇所配置されたプレイスホルダーのいずれか一つの中に、特定のタイミングで2種の数字が呈示されるものであり、GOFは画面中央部から継続して発生し、周辺部へと一定加速度(3水準)で拡大する点群であった。一方、LOFは、一定加速度で拡大する球状の点群(接近する球体の表面に散布された点群)として生成された。

「GOFの速度」(3水準: 0, 60, 1500 pixel/s)を被験者間要因、LOFが呈示されてから標的が呈示されるまでの「時間差」(5水準: -2, -1, 0, 1, 2s), LOFと標的の呈示位置の(16水準:プレイスホルダーの組み合わせ)の2要因を被験者内要因として、80試行を2回反復測定した(図6)。

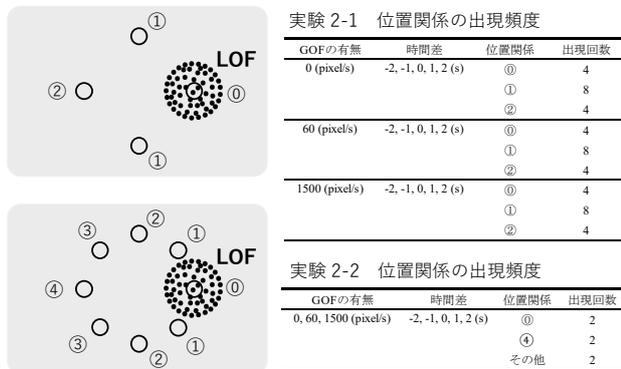


図6. 実験別の位置関係の出現頻度

結果 分析において、「位置関係」をLOFの呈示位置から課題発生位置が一致する位置を①とし、以降は距離が近い順に②・③として3水準として扱った(図6)。反応時間に対する3要因混合分散分析の結果、「時間差」の主効果($F(4, 12)=6.85, p<.01$)、と「位置関係」と「時間差」の交互作用が有意であった($F(8, 24)=3.64, p<.01$)(図7・8)。一方、GOFの主効果は有意ではなかった($F(2, 3)=0.22, p=.813$)。

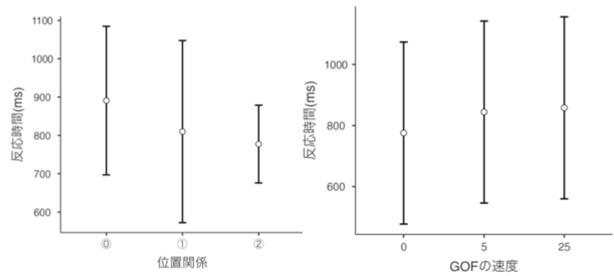


図7. 実験2-1の位置関係・GOFの速度の主効果 (エラーバーは信頼区間)

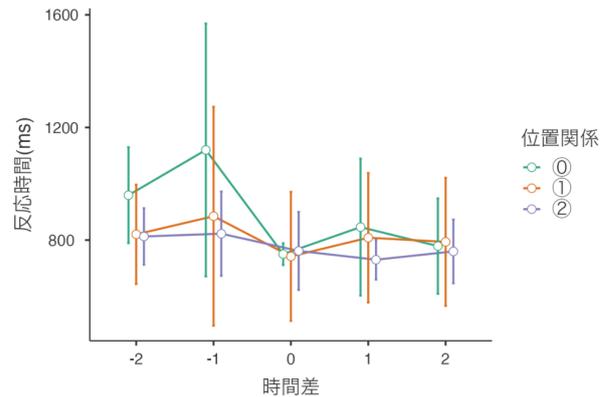


図8. 実験2-1の位置関係・時間差の交互作用 (エラーバーは信頼区間)

3.2. 実験2-2

実験参加者・実験刺激 参加者は2名であった。映像刺激は、画面中央の同一円周上に等間隔で8箇所配置されたプレイスホルダーのいずれか一つの中に、特定のタイミングで2種の数字が呈示されるものであり、GOFとLOFは実験2-1と同様であった。

「GOFの速度」(3水準), LOFが呈示されてから標的が呈示されるまでの「時間差」(5水準), LOFと標的の呈示位置の「位置関係」(3水準: LOFの呈示位置から課題発生位置が一致する位置を①, 対角の位置にあるものを④, ①・④を除いたものをその他とした)の3要因を被験者内要因として、90試行を2回反復測定した(図6)。

結果 反応時間に対する3要因分散分析の結果、位置関係の主効果($F(2, 2)=11611.23, p<.001$)、GOFの速度($F(2, 2)=22.45, p<.05$)、時間差と位置関係の交互作用($F(8, 8)=19.41, p<.001$)、時間差とGOFの速度の交互作用($F(8, 8)=4.53, p<.05$)、位置関係とGOFの速度($F(4, 4)=8.39, p<.05$)時間差と位置関係とGOFの交互作用($F(16, 16)=3.94, p<.01$)が有意であった(図9)。

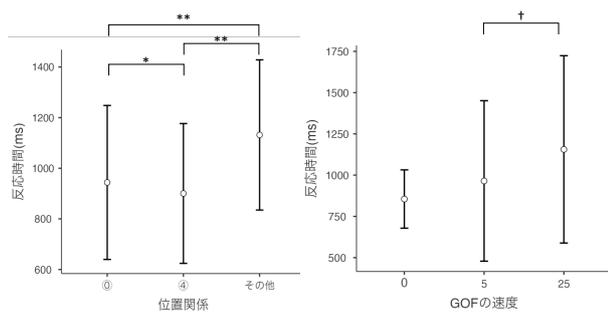


図9. 実験2-2の位置関係・GOFの速度の主効果
(†.05 ≤ p < .10, *p < .05, **p < .01 (Holm法).
エラーバーは信頼区間)

4. 総合考察

4.1. LOFの違いによる効果

実験1について、LOFと標的の呈示位置が一致している位置関係での反応時間が長く、画面中央を挟んで対角となる位置関係での反応時間が短かった。反応時間の短さはその近辺にあらかじめ注意が向いていたことを意味することから、この結果は、LOFがその内側と中心ではなく、その輪郭もしくは輪郭が拡大する外方向に視線を誘導することと、LOFが消失後もその後の1秒程度は外側・輪郭に注意を誘導し、特に、画面内において対角の位置にあるプレースホルダーに視線を誘導することの2点の可能性を示唆する。拡大するLOF先端部への視線誘導効果については、LOFが一重のリング状であったことが影響していると考えられた。

一方、実験2-1では、LOFと標的の呈示位置が一致している場合、時間差が-1秒での反応時間が長くなった(図8)ことから、実験1と異なりLOFの中にも肌理があったとしても、LOFはその中心ではなく外側に視線を誘導している可能性が示唆された。しかし、実験2-2では、位置関係は一致と対角で反応時間が短くなったことから、出現頻度が制限されることで参加者がTargetの出現位置を予測していた可能性がある。このことから、実験2の本実験では、プレースホルダーは8個に維持しつつ位置関係の出現頻度を調整する必要があると考えられる。

4.2. GOFの効果

次に、実験1の視線データについて、参加者の視線は、拡大するGOFが呈示された場合、GOFの存在する画面の中心部により多く分布していたことが確認された。これは、LOFと違いGOFはその中心に視線を誘導することを意味する。一方、実験1・2-1の反応時間に

対してGOFの有無、GOFの速度の主効果がなかったことから、画面中央に視線を誘導するGOFが存在していてもLOFによる視線誘導が生じ、かつ、GOFの存在は視覚探索の時間を大きく遅延させることはなかったと可能性がある。これは、GOFがLOFの効果や参加者による探索活動を阻害はしないことを示唆する結果である。一方で、実験2-2においてはGOFの速度の主効果があることが示唆されたことから、GOFの速度は被験者間計画ではなく、被験者内計画にすることが適切であると考えられる。実験参加者数を増やし、LOFとGOFの相互作用を考察する必要があるだろう。

文献

- [1] Gibson, J.J. (1966). *The Senses Considered as Perceptual Systems*. Houghton Mifflin Company.
- [2] Gibson, J.J. (1979). *The Ecological Approach to Visual Perception*. Houghton Mifflin Company.
- [3] Chardenon, A., Montagne, G., Laurent, M., & Bootsma, R. J. (2004). The perceptual control of goal-directed locomotion: a common control architecture for interception and navigation? *Experimental Brain Research*, 158, 100-108. <https://doi.org/10.1007/s00221-004-1880-7>
- [4] Higuchi, Y., Inoue, S., Endo, T., & Kumada, T. (2019). Task-irrelevant optic flow guides attention in visual search. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 81, 1327-1345. <https://doi.org/10.3758/s13414-018-01646-8>
- [5] von Mühlelen, A., & Lleras, A. (2007). No-Onset Looming Motion Guides Spatial Attention. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 33, 1297-1310. <https://doi.org/10.1037/0096-1523.33.6.1297>
- [6] 畑 美緒・加藤 麻樹・三嶋 博之 (印刷中). 探索における大域的オブジェクトフローと局所的オブジェクトフローの相互作用, *認知科学*, 30(3).
- [7] 久保 拓弥 (2012). データ解析のための統計モデリング入門——一般線形モデル・階層ベイズモデル・MCMC 岩波書店
- [8] 松浦 健太郎 (2016). *Wonderful R 2 StanとRでベイズ統計モデリング* 共立出版
- [9] 照井 伸彦 (2010). シリーズ〈統計科学のプラクティス〉2 Rによるベイズ統計分析 朝倉書店