

令和 4 年度
修士学位論文

オブテックフローによる自己運動方向弁 別における呈示視野の影響

Effects of Visual Field on Discrimination of Heading
from Optic Flow

1255099 岡田 凌

指導教員 繁桝 博昭

2023 年 2 月 28 日

高知工科大学大学院 工学研究科 基盤工学専攻
情報学コース

要 旨

オプティックフローによる自己運動方向弁別における呈示視野 の影響

岡田 凌

視覚の処理においては下視野の優位性が多数報告されている。そこで本研究では、オプティックフローによる左右の自己運動方向の弁別閾についても同様の下視野優位性が見られるか検討した。実験 1 ではオプティックフローの拡大/縮小中心が上視野にあるか下視野にあるかの位置の違いで差が生じるかについて拡大/縮小中心の垂直偏心度ごとに検討した。実験 1 のオプティックフロー刺激自体は上下視野のどちらにも呈示したが、実験 2 では、オプティックフローを上視野/下視野に限定して実験 1 と同様の自己運動方向の弁別閾を検討した。実験の結果、いずれの実験においても下視野の優位性は認められず、左右の自己運動方向の弁別感度では明確な上下視野差は見られないと考えられる。

キーワード オプティックフロー, 自己運動方向知覚, 下視野優位性, 拡大中心, 縮小中心

Abstract

Effects of Visual Field on Discrimination of Heading from Optic Flow

Ryo OKADA

In visual processing, lower visual field superiority has been reported in various studies. In the present study, we investigated whether such a lower visual field advantage is observed in the discrimination threshold of left or right heading direction by optic flow. In Experiment 1, we examined whether the location of the focus of expansion/contraction of the optic flow in the upper or lower visual field caused a difference in the vertical eccentricity conditions. The optic flow stimuli were presented in both the upper and lower visual fields in Experiment 1, but in Experiment 2, we limited the optic flow to the upper or lower visual fields and examined the same direction discrimination thresholds as in Experiment 1. The results showed that the lower visual field was not superior in either experiment, suggesting that there is no clear upper/lower visual field difference in the discrimination sensitivity between the left and right heading directions.

key words Optic Flow, Heading Perception, Lower Visual Field Superiority, Focus of Expansion, Focus of Contraction

目次

第 1 章	はじめに	1
1.1	背景	1
1.2	目的	2
1.3	オブティックフロー	2
1.4	自己運動方向知覚	3
1.5	拡大中心・縮小中心	4
1.6	下視野優位性	4
第 2 章	実験方法	6
2.1	参加者	6
2.2	装置	6
2.3	実験条件	8
2.4	刺激	9
2.5	実験手続き	10
2.6	データの分析	10
2.7	解析方法	10
第 3 章	結果	11
3.1	実験 1	11
3.1.1	拡大フロー条件の自己運動方向弁別閾	11
3.1.2	拡大フロー条件の正答率	12
3.1.3	縮小フロー条件の自己運動方向弁別閾	15
3.1.4	縮小フロー条件の正答率	16
3.2	実験 2	19

目次

3.2.1	拡大フロー条件の自己運動方向弁別閾	19
3.2.2	拡大中心の正答率	20
3.2.3	縮小フロー条件の自己運動方向弁別閾	23
3.2.4	縮小フロー条件の正答率	24
第 4 章	考察	28
第 5 章	まとめ	30
謝辞		31
参考文献		32
付録 A	実験 2 の各参加者の目線データ	35
A.1	参加者 A	35
A.2	参加者 B	36
A.3	参加者 C	37
A.4	参加者 D	38
A.5	参加者 E	39
A.6	参加者 F	40
A.7	参加者 G	41
A.8	参加者 H	42
A.9	参加者 I	43
A.10	参加者 J	44
A.11	参加者 K	45
A.12	参加者 L	46

目次

1.1	オブティクフロー (Gibson, 1950)	3
1.2	上下視野差の検討した実験結果 (He et al., 1996)	5
2.1	VIVE Pro Eye	7
2.2	キーボード	7
2.3	あご台	8
2.4	拡大/縮小中心の下視野呈示条件の例	9
2.5	OF の上視野呈示条件の例	9
2.6	OF の下視野呈示条件の例	9
3.1	拡大中心の自己運動方向弁別閾 (実験 1)	11
3.2	拡大中心で垂直偏心度 5 度の時の正答率 (実験 1)	12
3.3	拡大中心で垂直偏心度 10 度の時の正答率 (実験 1)	12
3.4	拡大中心で垂直偏心度 20 度の時の正答率 (実験 1)	13
3.5	縮小中心の自己運動方向弁別閾 (実験 1)	15
3.6	縮小中心で垂直偏心度 5 度の時の正答率 (実験 1)	16
3.7	縮小中心で垂直偏心度 10 度の時の正答率 (実験 1)	16
3.8	縮小中心で垂直偏心度 20 度の時の正答率 (実験 1)	17
3.9	拡大中心の自己運動方向弁別閾 (実験 2)	19
3.10	拡大中心で垂直偏心度 5 度の時の正答率 (実験 2)	20
3.11	拡大中心で垂直偏心度 10 度の時の正答率 (実験 2)	20
3.12	拡大中心で垂直偏心度 20 度の時の正答率 (実験 2)	21
3.13	縮小中心の自己運動方向弁別閾 (実験 2)	23
3.14	縮小フローで垂直偏心度 5 度の時の正答率 (実験 2)	24

図目次

3.15 縮小フローで垂直偏心度 10 度の時の正答率 (実験 2)	25
3.16 縮小フローで垂直偏心度 20 度の時の正答率 (実験 2)	25
A.1 拡大フローの目線	35
A.2 縮小フローの目線	36
A.3 拡大フローの目線	36
A.4 縮小フローの目線	37
A.5 拡大フローの目線	37
A.6 縮小フローの目線	37
A.7 拡大フローの目線	38
A.8 縮小フローの目線	38
A.9 拡大フローの目線	39
A.10 縮小フローの目線	39
A.11 拡大フローの目線	40
A.12 縮小フローの目線	40
A.13 拡大フローの目線	41
A.14 縮小フローの目線	41
A.15 拡大フローの目線	42
A.16 縮小フローの目線	42
A.17 拡大フローの目線	43
A.18 縮小フローの目線	43
A.19 拡大フローの目線	44
A.20 縮小フローの目線	44
A.21 拡大フローの目線	45
A.22 縮小フローの目線	45
A.23 拡大フローの目線	46

図目次

A.24 縮小フローの目線	46
-------------------------	----

第 1 章

はじめに

1.1 背景

視覚の処理における呈示視野の影響を検討した先行研究では、上視野に呈示するよりも下視野に呈示したほうが輝度、コントラストの感度や注意課題、運動課題の成績などが優れていることが多数報告されている [1, 2, 3]. これらの研究では視野上の限定的な刺激であるが広視野に呈示される刺激についても検討されている. 広視野に呈示されるオプティックフローによる視覚的処理においても、視覚誘導性自己運動感覚 (ベクション) が上視野に呈示するよりも下視野に呈示するほうが強く誘発される [4, 5]. また、前進または後退運動によって生じるオプティックフローの拡大中心や縮小中心は自己運動方向の手がかりとなる [6]. この拡大中心と縮小中心の違いについて検討した研究では、縮小中心より拡大中心に注意が向くことが報告されている [7]. また拡大/縮小中心の呈示視野による違いを検討した先行研究では、下視野の自己運動方向判断のほうが分散が小さいこと [8], 拡大/縮小中心がシフトした場合の検出感度が下視野のほうが高いことが報告されている [9]. しかし、呈示者の影響は刺激の条件に依存し、明確ではなく、左右の自己運動方向弁別が上下の呈示視野によって異なるかについては明らかではなく、注意課題などで上下視野の差が顕著に見られる偏心度の大きい位置においての効果はこれらの先行研究では検討されてない. また、fMRI による研究では、視覚における大域的な処理の上下視野非対称性が両眼視差に選択性のある領域において特に見られていることから [10], 両眼視差のある刺激において上下視野の特性の違いが大きく現れる可能性がある. そこで本研究では、両眼視差のあるオプティックフロー刺激を用いて、左右の自己運動方向弁別における上下の呈示視野の影響について垂直方向の偏心度を

1.2 目的

操作してその影響について検討した.

1.2 目的

本研究では上下の呈示視野の違いについて検討する 2 つの実験を行った. 実験 1 では上下視野全体にオプティックフロー刺激を呈示し, 拡大/縮小中心の上下視野条件と垂直偏心度条件による影響について検討した. 実験 2 では, オプティックフローを上または下視野のみに呈示し, 実験 1 と同様に拡大/縮小中心の上下視野条件と垂直偏心度条件による影響について検討した.

1.3 オプティックフロー

オプティックフローとは観察者の視点が移動しているときに網膜に投影される運動情報であり, 視点の移動速度, 外環境の構造, 奥行きなどを反映する二次元速度場である [11]. オプティックフローは外界の構造や奥行きの情報だけでなく自己の運動情報が含まれると指摘された [12]. また拡大中心が見えない場合でも, 自己直進運動の方向はオプティックフローに含まれるとされている [13]. 視覚から入力された運動情報は, 一次視覚野, MT 野, MST 野を経て処理され则认为られ, 一次視覚野から MT 野そして MST 野に進むにつれて受容野が大きくなっているため, 全体的なオプティックフローの処理は MST 野で行われていると考えられてる [14, 15]. また MST 野にある拡大するオプティックフローに特異的に反応する細胞は追従眼球運動によって修飾される [16].

1.4 自己運動方向知覚

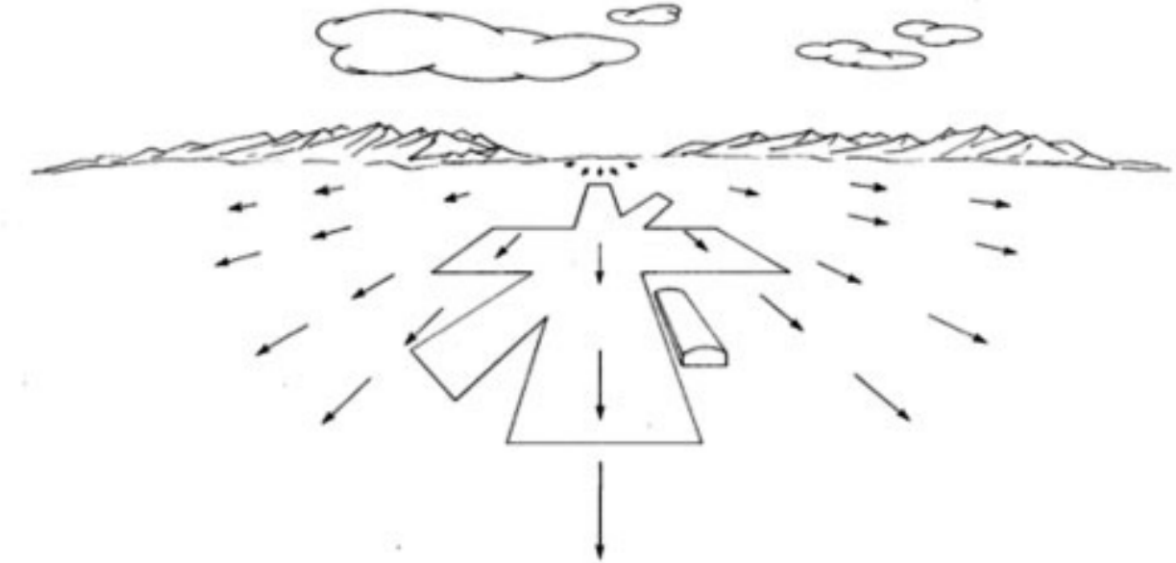


図 1.1 オプティックフロー (Gibson, 1950)

1.4 自己運動方向知覚

Gibson は自己直線運動の方向を安全に行うためには方向の判定に関して 1 deg という精度が必要としていたが, 精度が 5 deg~10 deg であることが示されていた [17, 18, 19]. このような結果から Gibson の仮説に疑問を持たれていたが, Warren らの研究により水平面に平行に自己直線運動をする場合, 垂直面に向かって自己直線運動をする場合, 立体の中を自己直線運動をする場合についての方向弁別精度を測定した. その結果, 自己直線運動の方向弁別精度は 1 deg 以下であることが示され, 過去の精度が低い結果は測定方法が不適切であったので起こったとされている [20]. そのため Gibson が提唱した, 全体的なオプティックフローによって自己直線運動の方向は知覚される仮説は支持されている. 自己が運動するだけでなく, 対象物も運動を行っている. そのため眼球運動を行い対象物を注視する必要がある. この時自己直進運動による拡大オプティックフローが発生し, 眼球運動により並進するオプティックフローが発生する. この場合, 拡大中心は自己直進運動方向ではなく, 注視点に拡大中心が生じる. Warren と Hannon は自己直進運動に対応する拡大のオプティックフ

1.5 拡大中心・縮小中心

ローを呈示し、呈示中に追従眼球運動を行うまたは並進オプティックフローを呈示した場合における自己運動の方向弁別精度を測定した。その結果追従運動した場合における弁別精度は拡大中心を固視した時の弁別精度と同様であったとされ、並進オプティックフローを呈示した場合における弁別精度は垂直面に向かって自己直進運動を行った場合の方向弁別はできなかったが、それ以外では拡大中心を固視した時の弁別精度と同様であったので、奥行きに関する情報が与えられている場合、眼球運動による視覚的な情報を使用することなく運動方向を判断しているとされる [21, 22]。またオプティックフローの持続時間を減らしても自己直進運動の方向弁別精度は低下しない [23]。自己直進運動の方向が中心窩から離れると方向弁別精度が低下する [24]。

1.5 拡大中心・縮小中心

1 点から放射状に広がる運動情報があったときの放射状に広がる点を拡大中心と言い、1 点に集まる運動情報があったときに 1 点に集まる点を縮小中心と言う。

拡大中心と縮小中心の注意の違いについて検討した研究では、拡大中心か縮小中心のどちらかを呈示した場合、拡大中心は注意を向くことが報告されている [7]。また拡大中心と縮小中心を同時に呈示した時も拡大中心に注意を向けることが報告されている [25]。そして課題に関連のない拡大中心が注意を向けることが報告されている [26]。拡大中心は注意を向けることが報告されており、MST 野において拡大するオプティックフローに特異的に反応する細胞が発見されている [27, 28]。

1.6 下視野優位性

下視野は上視野に比べて視覚的な処理が優れている [29]。下視野優位性の研究では、1996 年に He らが上視野または下視野に円形の格子縞を呈示し、その方位を回答する課題を行った。この課題は円形の格子縞が 1 つのみと妨害刺激を左右 2 つずつ呈示するもの、そして格子縞のコントラストを変更していた。結果 (図 1.2) は格子縞が 1 つのみ呈示されるもので

1.6 下視野優位性

は上視野, 下視野両方とも正答率が高かったが, 妨害刺激が左右 2 つずつ呈示する条件では上視野の正答率が約 60% に対して, 下視野の正答率が約 80% と上視野と下視野で大きく正答率が異なることが示されていた [2].

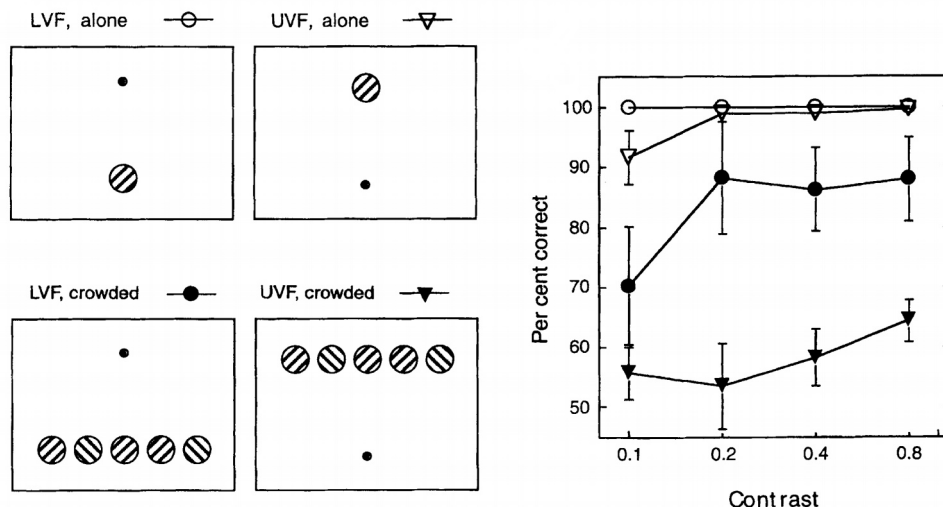


図 1.2 上下視野差の検討した実験結果 (He et al., 1996)

第 2 章

実験方法

2.1 参加者

実験 1 には正常な視力 (矯正を含む) を有する成人男女 10 名が実験に参加した (平均年齢 22.3, $SD = 1.79$, 男性 9 名, 女性 1 名). 実験 2 には正常な視力 (矯正を含む) を有する成人男女 12 名が参加した (平均年齢 21.5, $SD = 2.92$, 男性 11 名, 女性 1 名). 実験 1 と実験 2 は異なる参加者であった.

2.2 装置

刺激の呈示には HMD の VIVE Pro Eye (HTC 社) を使用した (図 2.1). HMD の対角視野は 110 度, 解像度は単眼につき 1440×1600 ピクセル, リフレッシュレートは 90 Hz であった. 刺激の制御にはパーソナルコンピュータ (CPU Intel Core i7-4790 3.60GHz, RAM 8GB, GPU Geforce GTX 1080) を使用し, 刺激の回答には図 2.2 のキーボードを使用し, 参加者の頭が動かないようにするため図 2.3 のあご台を使用した.

2.2 装置



図 2.1 VIVE Pro Eye

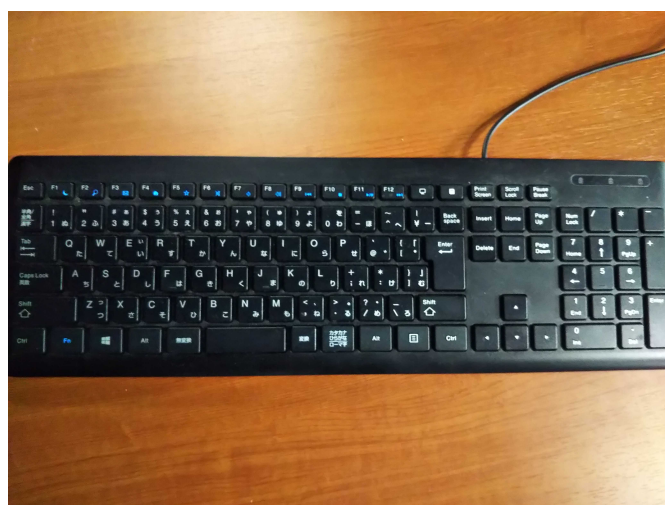


図 2.2 キーボード

2.3 実験条件



図 2.3 あご台

2.3 実験条件

実験 1 ではオプティックフローの拡大または縮小中心の呈示位置の効果について検討するため、拡大/縮小中心を上視野または下視野に呈示する条件を設定した (拡大/縮小中心の上下視野条件). また、上下視野の垂直方向の偏心度の効果を検討するため、拡大/縮小中心の呈示位置の偏心度を 5, 10, 20 deg の 3 水準設定した (垂直偏心度条件). 実験 1 の刺激では上下視野全体にオプティックフローを呈示し、拡大/縮小中心のない側の視野も含めた知覚の特性を検討している. そこで、実験 2 では上/下視野のみに呈示した場合の特性について検討するため、実験 1 の条件に加えてオプティックフローを上/下視野のみに呈示する条件を設定した (OF の上下視野条件).

これらの条件で左右の自己運動方向弁別閾を恒常法により検討するため、実験 1 では拡大/縮小中心の呈示位置を視野の垂直中心線から左右に 0.125, 0.25, 0.5, 1, 2 deg ずらした条件の 5 水準を設定し、実験 2 では呈示視野を上または下に限定したことにより弁別閾の感度の個人差がより大きくなったため、練習試行の結果に基づき参加者ごとに大小 2 種類の

2.4 刺激

左右の偏位条件のいずれかを採用した。練習試行の結果より、10名の参加者は拡大/縮小中心の呈示位置を左右に 1.27, 1.69, 2.25, 3, 4 deg ずらした条件、2名の参加者は 0.95, 1.27, 1.69, 2.25, 3 deg ずらした条件を設定し、恒常法による実験を行った。

2.4 刺激

実験で呈示するオプティックフロー刺激は Unity (ver 2018.1.9f2) で作成した。縦 100 m, 横 100 m, 奥行き 130 m の暗黒の空間に半径 0.25 m の白い球体を 15000 個ランダムな位置に配置し、この範囲内で仮想的なカメラを動かすことによりオプティックフローを表現した。また注視点として仮想的なカメラから前方 10 m の位置に縦 1 deg, 横 1 deg の十字を呈示した。

十字の前後を白い球体が左右のどちらかに通過するかで左右の自己運動方向を判断しないようにするため、カメラから注視点にたいして縦 2 m, 横 2 m の範囲には白い球を呈示しないように設定した。実験 1 の刺激例を図 2.4 に、実験 2 のオプティックフローの上視野下視野条件における刺激例をそれぞれ図 2.5, 2.6 に示す。

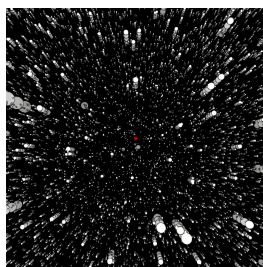


図 2.4 拡大/縮小中心の下視野呈示条件の例

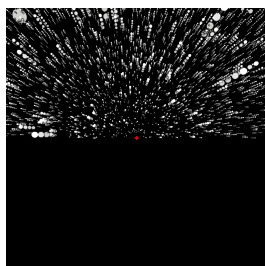


図 2.5 OF の上視野呈示条件の例

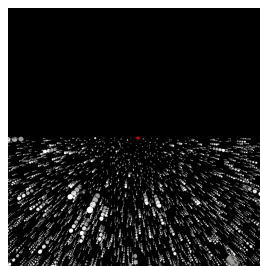


図 2.6 OF の下視野呈示条件の例

2.5 実験手続き

実験参加者は HMD を装着し、いすに座り、あご台の上にあごをのせて頭を固定した状態で左右の自己運動方向の判断課題を行った。オプティックフロー刺激は 0.5 s 呈示され、参加者は刺激により知覚された左右の自己運動方向を右または左の 2 肢強制選択法で回答した、その後 1s のブランクを呈示した。これを 1 試行とし、実験 1 では 1 条件につき 10 試行、計 1200 試行。実験 2 では 1 条件につき 10 試行、計 2400 試行を行った。刺激の呈示順番は擬似ランダムであった。

2.6 データの分析

各参加者の左右の自己運動方向の正答率に対し、データのばらつきを抑えるため、左右の偏位が 0 deg の時に正答率 50% のデータを加えて、正答率 50% ～100% のシグモイド関数でフィッティングを行い、正答率が 75% の時の値をその参加者の左右の自己運動方向弁別閾とした。

2.7 解析方法

統計解析はフリーソフトウェアの R(R x64 4.2.2) を使用して、R 上で動作する anovakun(anovakun version 4.8.5) を使用した [30]。多重比較は Shaffer の方法を使用した。

第 3 章

結果

3.1 実験 1

3.1.1 拡大フロー条件の自己運動方向弁別閾

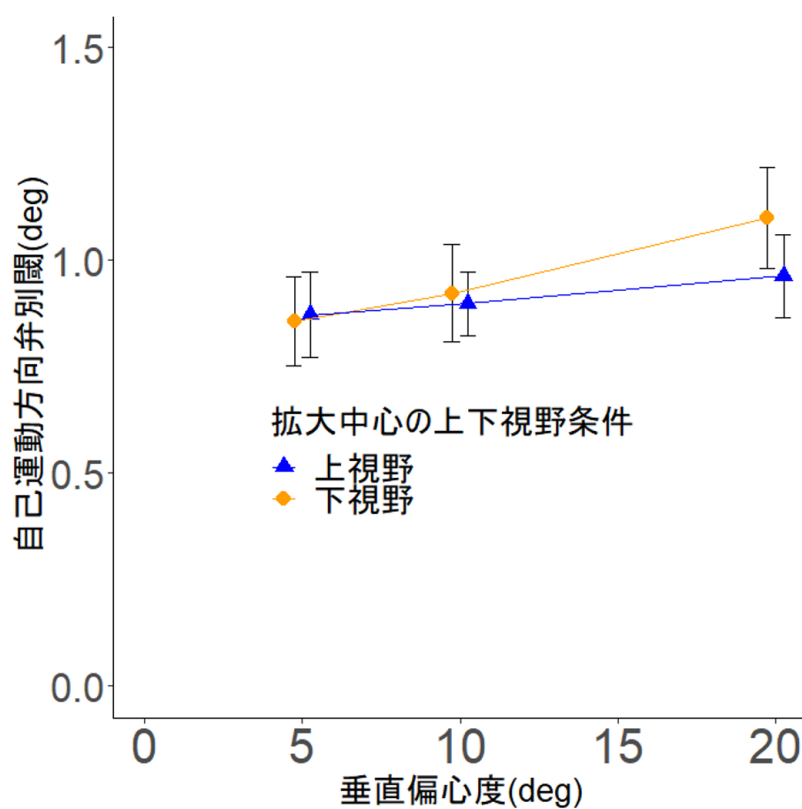


図 3.1 拡大中心の自己運動方向弁別閾 (実験 1)

各条件における左右の自己運動方向弁別閾の平均値を図 3.1 に示す。拡大/縮小中心の上
下視野条件と垂直偏心度の 2 要因分散分析の結果、各条件の主効果及び交互作用は有意では

3.1 実験 1

なかった ($p > 0.05$).

3.1.2 拡大フロー条件の正答率

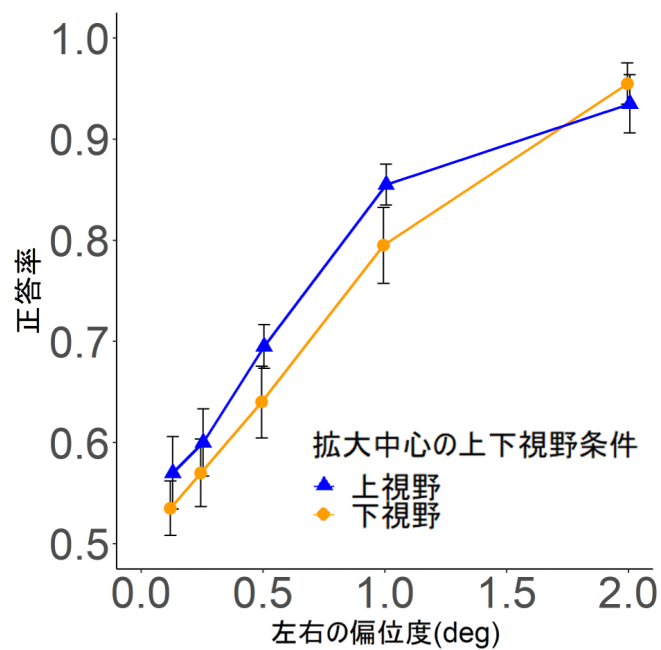


図 3.2 拡大中心で垂直偏心度 5 度の時の正答率 (実験 1)

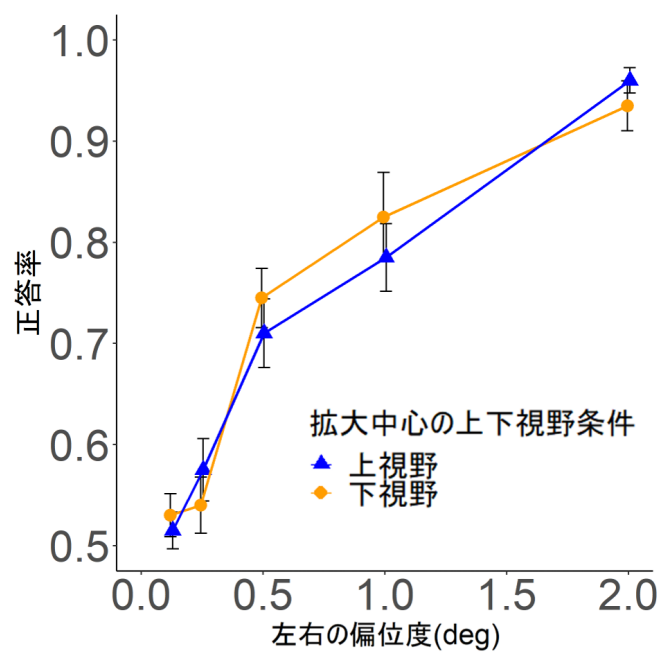


図 3.3 拡大中心で垂直偏心度 10 度の時の正答率 (実験 1)

3.1 実験 1

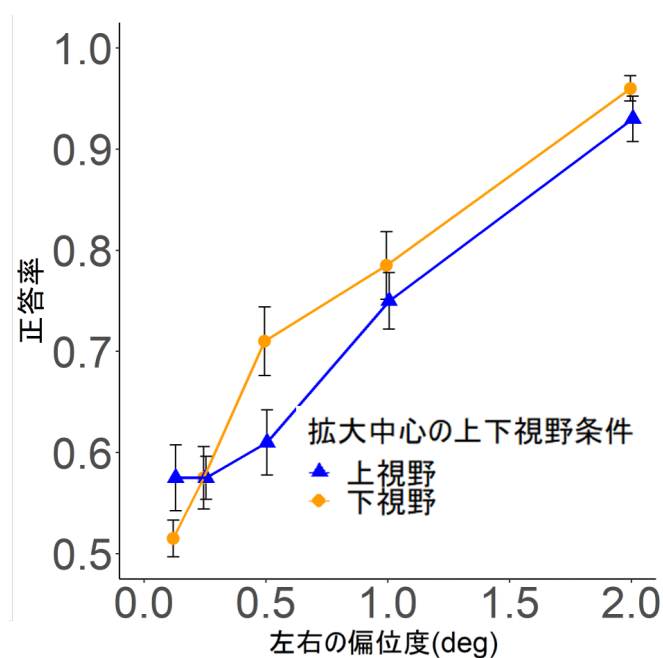


図 3.4 拡大中心で垂直偏心度 20 度の時の正答率 (実験 1)

各条件における垂直偏心度 5 度の時の正答率は図 3.2 に、垂直偏心度 10 度の時の正答率は図 3.3 に、垂直偏心度 20 度の時の正答率は図 3.4 に示す。

垂直偏心度 5 度の時の拡大中心の上下視野条件と左右の偏位度条件の 2 要因分散分析の結果、拡大中心の上下視野条件と左右の偏位条件の主効果が有意だった ($F(1, 9) = 12.19$, $p = 0.0068$, $\eta^2 = 0.0083$, $F(4, 36) = 47.19$, $p < 0.0000$, $\eta^2 = 0.7197$). 拡大中心が上視野の方が下視野より正答率が高かった。多重比較の結果、左右の偏位 0.125 度が 0.5 度, 1 度, 2 度より正答率が低かった ($t(9) = 4.31$, $p = 0.0020$, $t(9) = 7.33$, $p < 0.0000$, $t(9) = 12.32$, $p < 0.0000$). 左右の偏位 0.25 度が 1 度, 2 度より正答率が低かった ($t(9) = 8.44$, $p < 0.0000$, $t(9) = 8.73$, $p < 0.0000$). 左右の偏位 0.5 度が 1 度, 2 度より正答率が低かった ($t(9) = 4.88$, $p = 0.0009$, $t(9) = 15.72$, $p < 0.0000$). 左右の偏位 1 度が 2 度より正答率が低かった ($t(9) = 4.66$, $p = 0.0012$).

垂直偏心度 10 度の時の拡大中心の上下視野条件と左右の偏位度条件の 2 要因分散分析の結果、左右の偏位度条件の主効果が有意だった ($F(4, 36) = 71.29$, $p < 0.0000$, $\eta^2 = 0.7614$). 多重比較の結果、左右の偏位 0.125 度が 0.5 度, 1 度, 2 度より正答率が低かった

3.1 実験 1

($t(9) = 8.04, p < 0.0000, t(9) = 7.69, p < 0.0000, t(9) = 24.89, p < 0.0000$). 左右の偏位 0.25 度が 0.5 度, 1 度, 2 度より正答率が低かった ($t(9) = 5.01, p = 0.0007, t(9) = 6.59, p = 0.0001, t(9) = 16.30, p < 0.0000$). 左右の偏位 0.5 度が 2 度より正答率が低かった ($t(9) = 11.85, p < 0.0000$). 左右の偏位 1 度が 2 度より正答率が低かった ($t(9) = 4.25, p = 0.0022$).

垂直偏心度 20 度の時の拡大中心の上下視野条件と左右の偏位度条件の 2 要因分散分析の結果, 左右の偏位条件の主効果が有意だった ($F(4, 36) = 79.33, p < 0.0000, \eta^2 = 0.7356$). 多重比較の結果, 左右の偏位 0.125 度が 0.5 度, 1 度, 2 度より正答率が低かった ($t(9) = 4.08, p = 0.0028, t(9) = 6.31, p = 0.0001, t(9) = 14.74, p < 0.0000$). 左右の偏位 0.25 度が 0.5 度, 1 度, 2 度より正答率が低かった ($t(9) = 3.96, p = 0.0033, t(9) = 7.09, p = 0.0001, t(9) = 15.54, p < 0.0000$). 左右の偏位 0.5 度が 1 度, 2 度より正答率が低かった ($t(9) = 4.61, p = 0.0013, t(9) = 13.27, p < 0.0000$). 左右の偏位 1 度が 2 度より正答率が低かった ($t(9) = 8.78, p < 0.0000$).

3.1 実験 1

3.1.3 縮小フロー条件の自己運動方向弁別閾

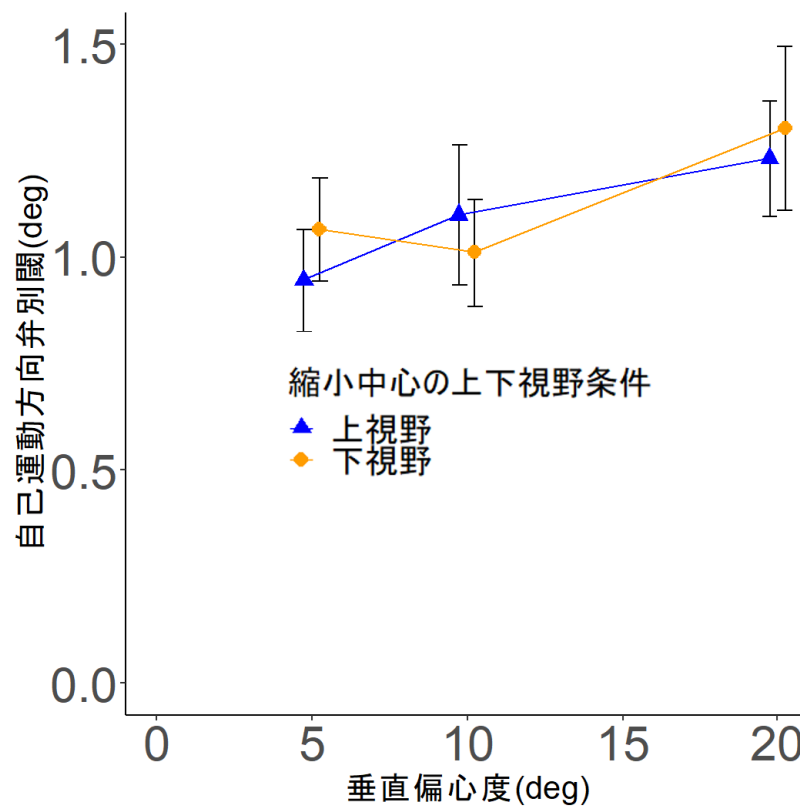


図 3.5 縮小中心の自己運動方向弁別閾 (実験 1)

各条件における左右の自己運動方向弁別閾の平均値を図 3.5 に示す。拡大/縮小中心の上下視野条件と垂直偏心度の 2 要因分散分析の結果、垂直偏心度の主効果が有意であった。多重比較の結果、垂直偏心度 20 deg 条件は 5 deg 及び 10 deg より左右の自己運動方向弁別閾が有意に大きかった ($t(9) = 2.95$, $p = 0.016$, $t(9) = 2.50$, $p = 0.034$)。拡大/縮小中心の上下視野の主効果及び交互作用は有意ではなかった ($p > 0.05$)。

3.1 実験 1

3.1.4 縮小フロー条件の正答率

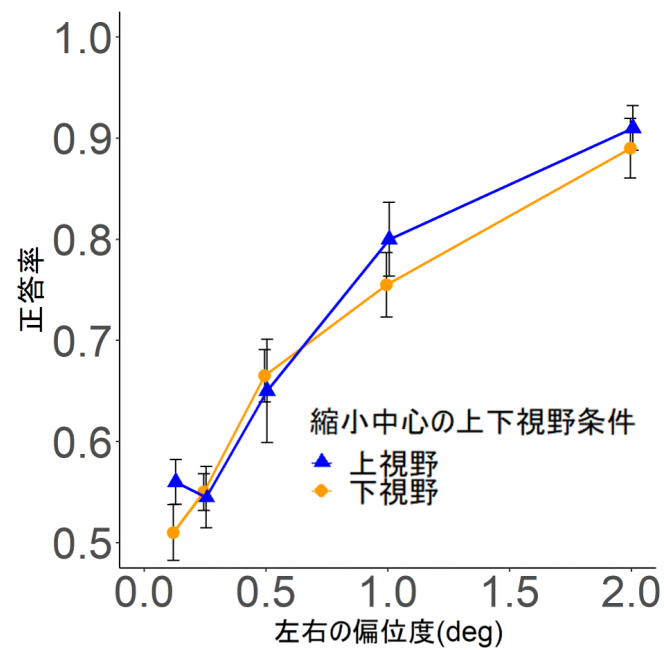


図 3.6 縮小中心で垂直偏心度 5 度の時の正答率 (実験 1)

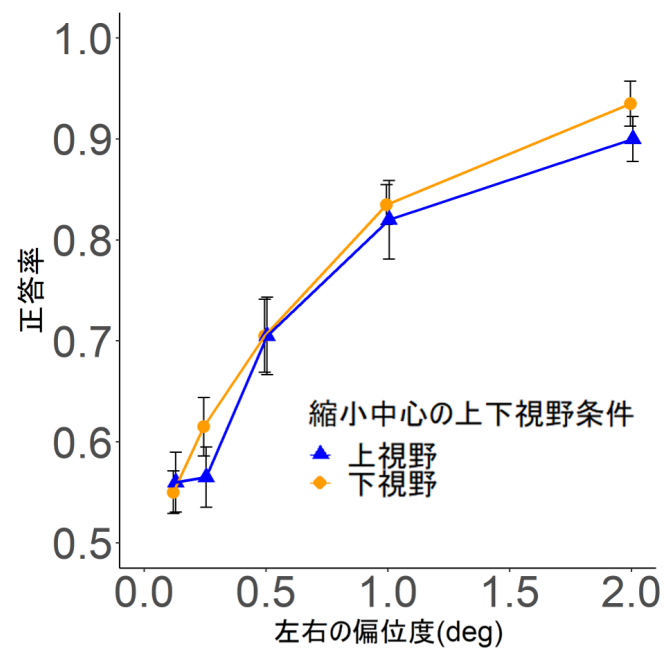


図 3.7 縮小中心で垂直偏心度 10 度の時の正答率 (実験 1)

3.1 実験 1

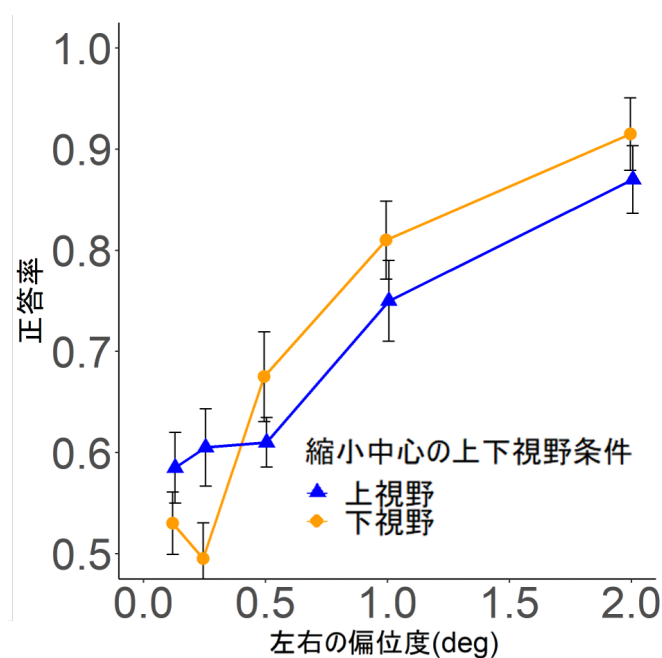


図 3.8 縮小中心で垂直偏心度 20 度の時の正答率 (実験 1)

各条件における垂直偏心度 5 度の時の正答率は図 3.6 に、垂直偏心度 10 度の時の正答率は図 3.7 に、垂直偏心度 20 度の時の正答率は図 3.8 に示す。

垂直偏心度 5 度の時の縮小中心の上下視野条件と左右の偏位度条件の 2 要因分散分析の結果、左右の偏位度条件が有意だった ($F(4, 36) = 37.62, p < 0.0000, \eta^2 = 0.6874$)。多重比較の結果、左右の偏位 0.125 度が 1 度、2 度より正答率が低かった ($t(9) = 5.75, p = 0.0003, t(9) = 8.82, p < 0.0000$)。左右の偏位 0.25 度が 1 度、2 度より正答率が低かった ($t(9) = 7.38, p < 0.0000, t(9) = 13.73, p < 0.0000$)。左右の偏位 0.5 度が 1 度、2 度より正答率が低かった ($t(9) = 3.42, p = 0.0077, t(9) = 7.56, p < 0.0000$)。左右の偏位 1 度が 2 度より正答率が低かった ($t(9) = 4.41, p = 0.0017$)。

垂直偏心度 10 度の時の縮小中心の上下視野条件と左右の偏位度条件の 2 要因分散分析の結果、左右の偏位度条件が有意だった ($F(4, 36) = 55.95, p < 0.0000, \eta^2 = 0.7020$)。多重比較の結果、左右の偏位 0.125 度が 0.5 度、1 度、2 度より正答率が低かった ($t(9) = 4.47, p = 0.0015, t(9) = 9.25, p < 0.0000, t(9) = 16.38, p < 0.0000$)。左右の偏位 0.25 度が 0.5 度、1 度、2 度より正答率が低かった ($t(9) = 3.49, p = 0.0068, t(9) = 6.02, p = 0.0002$),

3.1 実験 1

$t(9) = 10.70, p < 0.0000$). 左右の偏位 0.5 度が 1 度, 2 度より正答率が低かった ($t(9) = 4.50, p = 0.0015, t(9) = 9.47, p < 0.0000$). 左右の偏位 1 度が 2 度より正答率が低かった ($t(9) = 4.63, p = 0.0012$).

垂直偏心度 20 度の時の縮小中心の上下視野条件と左右の偏位度条件の 2 要因分散分析の結果, 左右の偏位条件の主効果と縮小中心の上下視野条件と左右の偏位条件の交互作用が有意だった ($F(4, 36) = 43.68, p < 0.0000, \eta^2 = 0.5779, F(4, 36) = 3.45, p = 0.0174, \eta^2 = 0.0408$). 多重比較の結果, 左右の偏位 0.125 度が 1 度, 2 度より正答率が低かった ($t(9) = 6.92, p = 0.0001, t(9) = 9.63, p < 0.0000$). 左右の偏位 0.25 度が 1 度, 2 度より正答率が低かった ($t(9) = 6.31, p = 0.0001, t(9) = 10.61, p < 0.0000$). 左右の偏位 0.5 度が 1 度, 2 度より正答率が低かった ($t(9) = 4.00, p = 0.0031, t(9) = 11.51, p < 0.0000$). 左右の偏位 1 度が 2 度より正答率が低かった ($t(9) = 4.49, p = 0.0015$). 単純主効果検定の結果, 左右の偏位 0.25 度の時に縮小中心の上下視野条件の主効果が有意だった ($F(1, 9) = 6.26, p = 0.0338, \eta^2 = 0.1984$). 左右の偏位 0.25 度の時に上視野条件が下視野条件より正答率が高かった. また縮小中心の下視野条件の時に左右の偏位度条件の主効果が有意だった ($F(4, 36) = 27.30, p < 0.0000, \eta^2 = 0.6738$). 多重比較の結果, 縮小中心の下視野条件の時に左右の偏位 0.125 度が 1 度, 2 度条件より正答率が低かった ($t(9) = 6.24, p = 0.0002, t(9) = 8.26, p < 0.0000$). 縮小中心の下視野条件の時に左右の偏位 0.25 度が 1 度, 2 度より正答率が低かった ($t(9) = 5.64, p = 0.0003, t(9) = 7.80, p < 0.0000$). 縮小中心の下視野条件の時に左右の偏位 0.5 度が 1 度, 2 度より正答率が低かった ($t(9) = 3.15, p = 0.0117, t(9) = 6.34, p = 0.0001$). そして縮小中心の上視野条件の時に左右の偏位度条件の主効果が有意だった ($F(4, 36) = 20.51, p < 0.0000, \eta^2 = 0.5271$). 多重比較の結果, 縮小中心の上視野条件の時に左右の偏位 0.125 度が 1 度, 2 度より正答率が低かった ($t(9) = 6.24, p = 0.0002, t(9) = 8.27, p < 0.0000$). 縮小中心の上視野条件の時に左右の偏位 0.25 度が 1 度, 2 度より正答率が低かった ($t(9) = 5.64, p = 0.0003, t(9) = 7.80, p < 0.0000$). 縮小中心の上視野条件の時に左右の偏位 0.5 度が 1 度, 2 度より正答率が低かった ($t(9) = 3.15, p = 0.0117, t(9) = 6.34, p = 0.0001$).

3.2 実験 2

3.2.1 拡大フロー条件の自己運動方向弁別閾

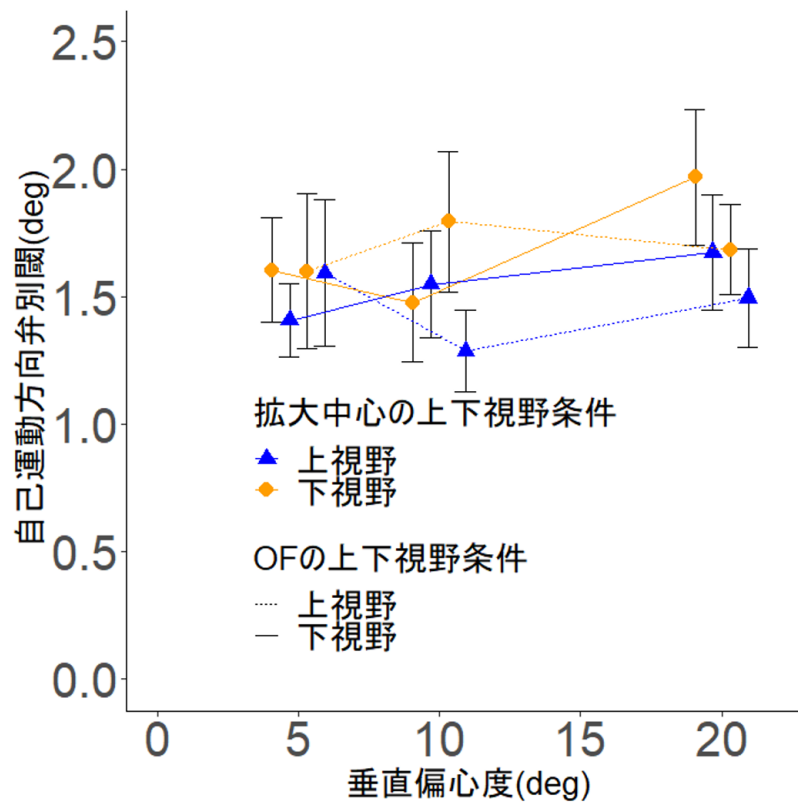


図 3.9 拡大中心の自己運動方向弁別閾 (実験 2)

各条件における左右の自己運動方向弁別閾の平均値を図 3.9 に示す。欠損値のない参加者 7 名のデータで OF の上下視野条件, 拡大/縮小中心の上下視野条件, 垂直偏心度条件の 3 要因分散分析の結果, OF の上下視野条件と垂直偏心度条件の交互作用が有意であった ($F(2, 12) = 7.22, p = 0.0089, \eta^2 = 0.028$)。単純主効果検定の結果, OF の下視野条件において垂直偏心度の主効果が有意であった ($F(2, 12) = 4.29, p = 0.039, \eta^2 = 0.068$)。ただし多重比較の結果による各偏心度条件間の有意差は認められなかった ($p > 0.05$)。

3.2 実験 2

3.2.2 拡大中心の正答率

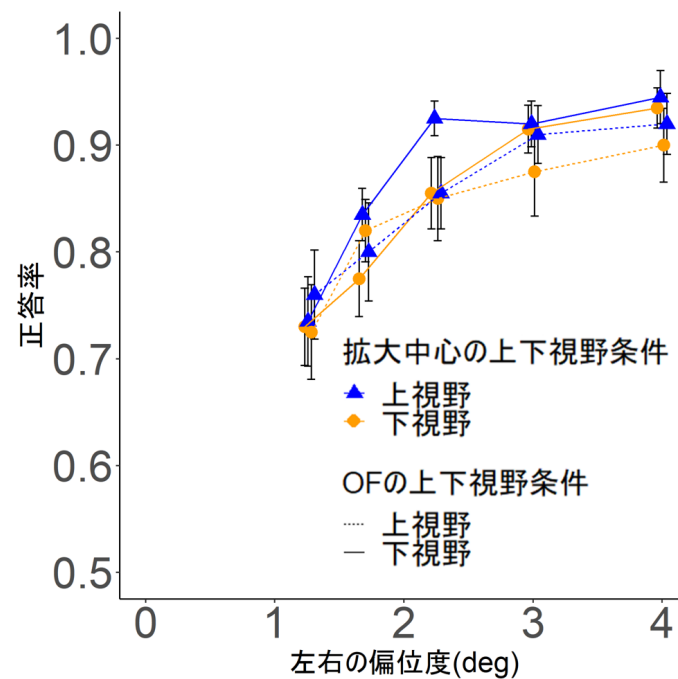


図 3.10 拡大中心で垂直偏心度 5 度の時の正答率 (実験 2)

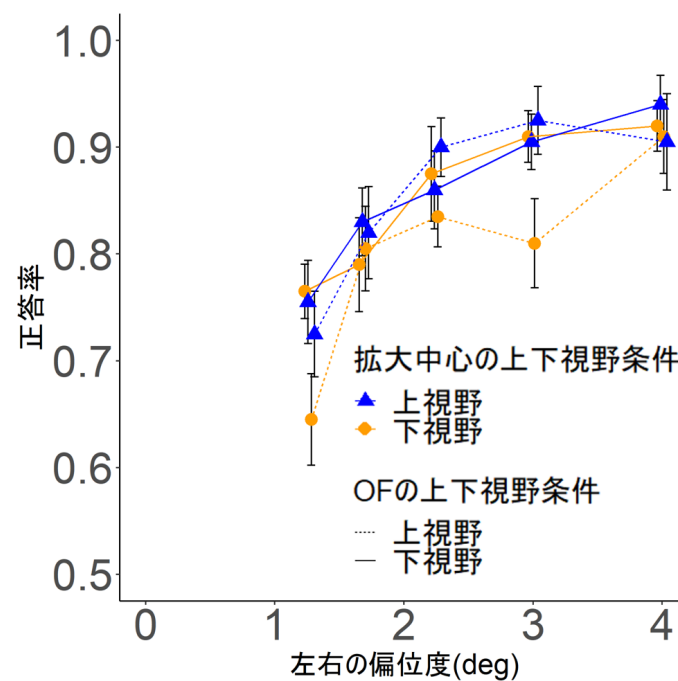


図 3.11 拡大中心で垂直偏心度 10 度の時の正答率 (実験 2)

3.2 実験 2

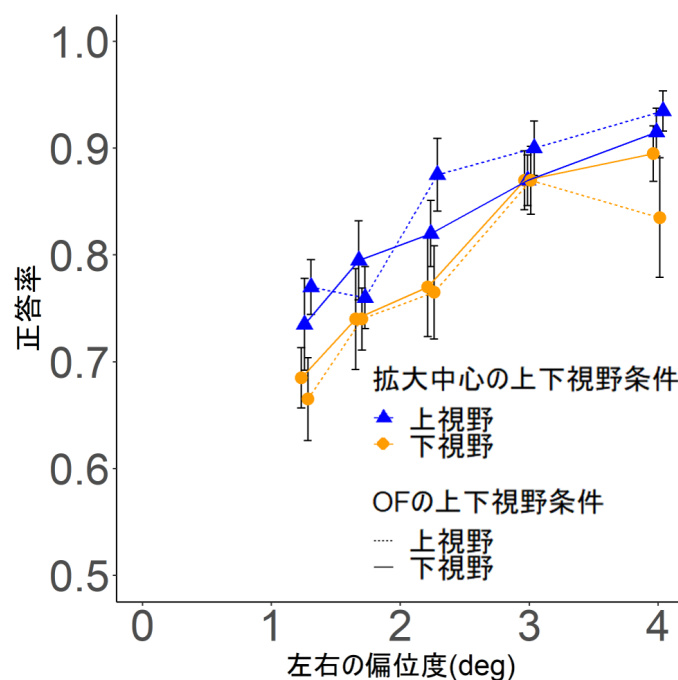


図 3.12 拡大中心で垂直偏心度 20 度の時の正答率 (実験 2)

左右の偏位 1.27 度～4 度の参加者 10 名の各条件における垂直偏心度 5 度の時の正答率は図 3.10 に、垂直偏心度 10 度の時の正答率は図 3.11 に、垂直偏心度 20 度の時の正答率は図 3.12 に示す。

垂直偏心度 5 度の時の OF の上下視野条件と拡大中心の上下視野条件と左右の偏位度条件の 3 要因分散分析の結果、左右の偏位度条件の主効果が有意だった ($F(4, 36) = 29.58, p < 0.0000, \eta^2 = 0.2911$)。多重比較の結果、左右の偏位 1.27 度が 1.69 度、2.25 度、3 度、4 度より正答率が低かった ($t(9) = 3.41, p = 0.0077, t(9) = 7.78, p < 0.0000, t(9) = 6.38, p = 0.0001, t(9) = 6.42, p = 0.0001$)。左右の偏位 1.69 度が 2.25 度、3 度、4 度より正答率が低かった ($t(9) = 4.77, p = 0.0010, t(9) = 5.04, p = 0.0007, t(9) = 5.57, p = 0.0003$)。左右の偏位 2.25 度が 4 度より正答率が低かった ($t(9) = 3.00, p = 0.0148$)。

垂直偏心度 10 度の時の OF の上下視野条件と拡大中心の上下視野条件と左右の偏位度条件の 3 要因分散分析の結果、拡大中心の上下視野条件と左右の偏位度条件の主効果が有意だった ($F(1, 9) = 5.72, p = 0.0404, \eta^2 = 0.0122, F(4, 36) = 27.13, p < 0.0000, \eta^2 = 0.2576$)。拡大中心の上視野条件が下視野条件より正答率が高かった。多重比較の結果、

3.2 実験 2

左右の偏位 1.27 度が 1.69 度, 2.25 度, 3 度, 4 度より正答率が低かった ($t(9) = 4.41, p = 0.0017, t(9) = 6.62, p = 0.0001, t(9) = 7.80, p < 0.0000, t(9) = 8.01, p < 0.0000$). 左右の偏位 1.69 度が 3 度, 4 度より正答率が低かった ($t(9) = 3.38, p = 0.0081, t(9) = 3.91, p = 0.0035$). 左右の偏位 2.25 度が 4 度より正答率が低かった ($t(9) = 3.19, p = 0.0110$).

垂直偏心度 20 度の時の OF の上下視野条件と拡大中心の上下視野条件と左右の偏位度条件の 3 要因分散分析の結果, 左右の偏位度条件の主効果が有意だった ($F(4, 36) = 68.09, p < 0.0000, \eta^2 = 0.2651$). 多重比較の結果, 左右の偏位 1.27 度が 1.69 度, 2.25 度, 3 度, 4 度より正答率が低かった ($t(9) = 3.11, p = 0.0125, t(9) = 10.91, p < 0.0000, t(9) = 11.40, p < 0.0000, t(9) = 15.94, p < 0.0000$). 左右の偏位 1.69 度が 2.25 度, 3 度, 4 度より正答率が低かった ($t(9) = 3.05, p = 0.0137, t(9) = 8.82, p < 0.0000, t(9) = 10.19, p < 0.0000$). 左右の偏位 2.25 度が 3 度, 4 度より正答率が低かった ($t(9) = 4.22, p = 0.0022, t(9) = 6.78, p = 0.0001$).

3.2 実験 2

3.2.3 縮小フロー条件の自己運動方向弁別閾

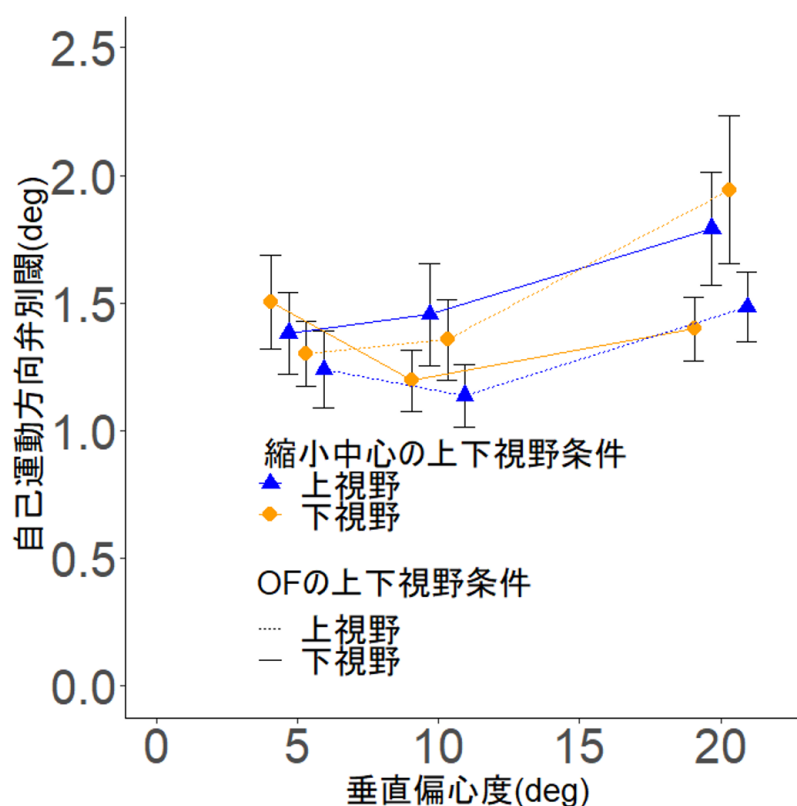


図 3.13 縮小中心の自己運動方向弁別閾 (実験 2)

欠損値のない参加者 10 名による, 各条件における左右の自己運動方向弁別閾の平均値を図 3.13 に示す. OF の上下視野条件, 拡大/縮小中心の上下視野条件, 垂直偏心度条件の 3 要因分散分析の結果, 垂直偏心度条件の主効果が有意であった ($F(2, 18) = 7.25$, $p = 0.0049$, $\eta^2 = 0.078$). 多重比較の結果, 垂直偏心度 20 deg 条件は 5 deg 及び 10 deg より左右の自己運動方向弁別閾が有意に大きかった ($t(9) = 2.65$, $p = 0.026$, $t(9) = 3.84$, $p = 0.012$).

また OF の上下視野条件と垂直偏心度条件の交互作用が有意であった ($F(2, 18) = 3.68$, $p = 0.046$, $\eta^2 = 0.012$). 単純主効果検定の結果, 垂直偏心度 20 deg 条件において OF の上視野条件が下視野より左右の自己運動方向弁別閾が有意に小さかった ($F(1, 9) = 5.75$, $p = 0.040$, $\eta^2 = 0.039$). また OF の下視野条件において垂直偏心度の主効果が有意であった ($F(2, 18) = 3.63$, $p = 0.047$, $\eta^2 = 0.037$). 多重比較の結果, 垂直偏心度 10 deg 条件が 20

3.2 実験 2

deg より左右の自己運動方向弁別閾が有意に小さかった ($t(9) = 3.47, p = 0.007$). また OF の上視野条件において垂直偏心度の主効果が有意であった ($F(2, 18) = 7.78, p = 0.0037, \eta^2 = 0.14$). 多重比較の結果, 垂直偏心度 20 deg 条件は 5 deg 及び 10 deg より左右の自己運動方向弁別閾が有意に大きかった ($t(9) = 3.17, p = 0.011, t(9) = 3.12, p = 0.012$).

さらに OF の上下視野条件と拡大/縮小中心の上下視野条件の交互作用が有意であった ($F(1, 9) = 5.69, p = 0.041, \eta^2 = 0.036$). 単純主効果検定の結果, 拡大/縮小中心の上視野条件において OF の上視野条件が下視野より左右の自己運動方向弁別閾が有意に小さかった ($F(1, 9) = 6.45, p = 0.032, \eta^2 = 0.057$).

3.2.4 縮小フロー条件の正答率

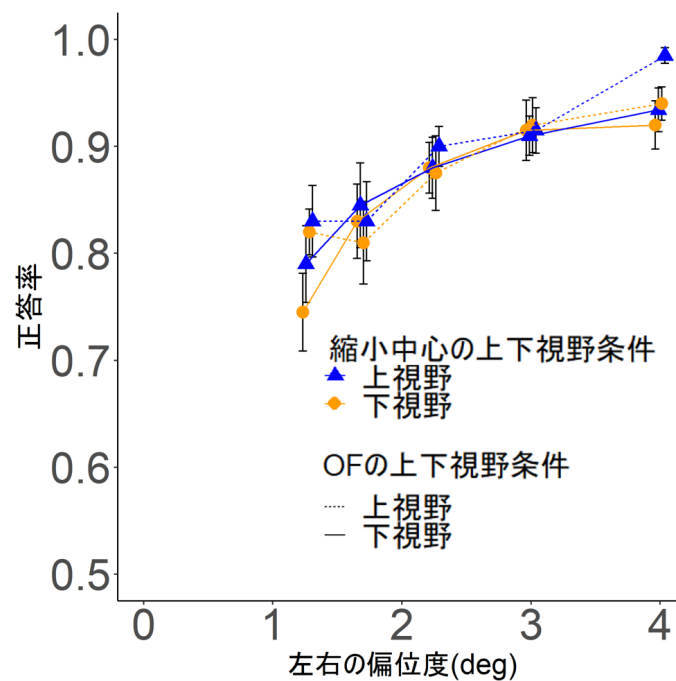


図 3.14 縮小フローで垂直偏心度 5 度の時の正答率 (実験 2)

3.2 実験 2

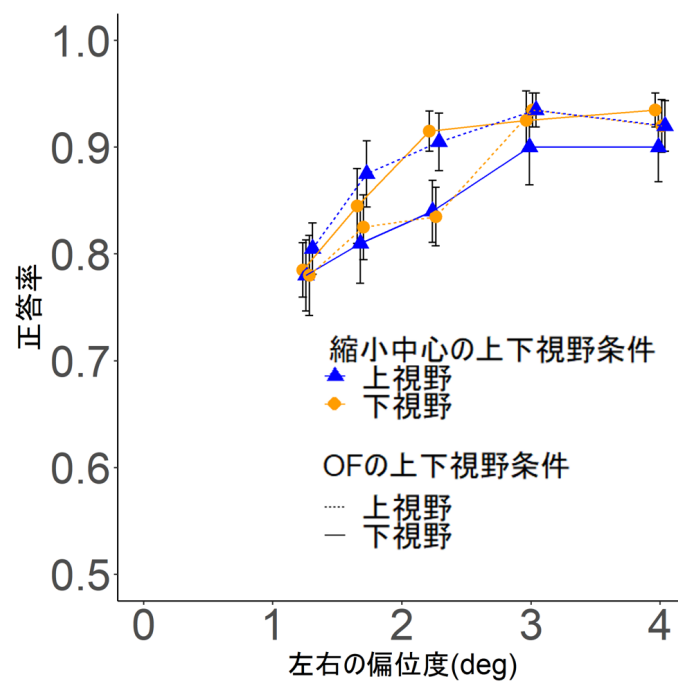


図 3.15 縮小フローで垂直偏心度 10 度の時の正答率 (実験 2)

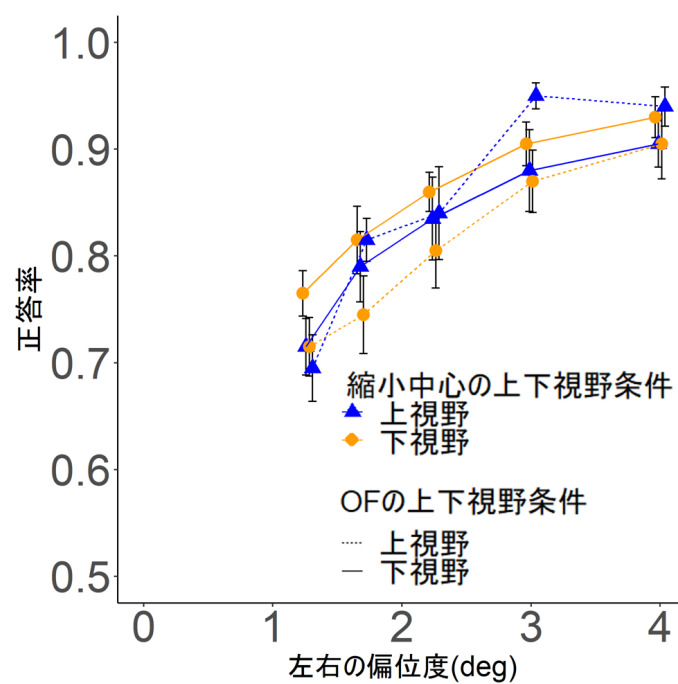


図 3.16 縮小フローで垂直偏心度 20 度の時の正答率 (実験 2)

3.2 実験 2

左右の偏位 1.27 度～4 度の参加者 10 名の各条件における垂直偏心度 5 度の時の正答率は図 3.14 に、垂直偏心度 10 度の時の正答率は図 3.15 に、垂直偏心度 20 度の時の正答率は図 3.16 に示す。

垂直偏心度 5 度の時の OF の上下視野条件と縮小中心の上下視野条件と左右の偏位度条件の 3 要因分散分析の結果、左右の偏位度条件の主効果が有意だった ($F(4, 36) = 21.88, p < 0.0000, \eta^2 = 0.2594$)。左右の偏位 1.27 度が 2.25 度、3 度、4 度条件より正答率が低かった ($t(9) = 5.96, p = 0.0002, t(9) = 6.40, p = 0.0001, t(9) = 7.61, p < 0.0000$)。左右の偏位 1.69 度が 2.25 度、3 度、4 度条件より正答率が低かった ($t(9) = 3.13, p = 0.0122, t(9) = 3.34, p = 0.0087, t(9) = 5.22, p = 0.0005$)。左右の偏位 2.25 度が 4 度より正答率が低かった ($t(9) = 4.48, p = 0.0015$)。

垂直偏心度 10 度の時の OF の上下視野条件と縮小中心の上下視野条件と左右の偏位度条件の 3 要因分散分析の結果、左右の偏位度条件の主効果が有意だった ($F(4, 36) = 21.39, p < 0.0000, \eta^2 = 0.2366$)。多重比較の結果、左右の偏位 1.27 度が 1.69 度、2.25 度、3 度、4 度より正答率が低かった ($t(9) = 3.63, p = 0.0055, t(9) = 5.26, p = 0.0005, t(9) = 7.41, p < 0.0000, t(9) = 6.20, p = 0.0002$)。左右の偏位 1.69 度が 3 度、4 度より正答率が低かった ($t(9) = 7.73, p < 0.0000, t(9) = 3.79, p = 0.0043$)。左右の偏位 2.25 度が 3 度より正答率が低かった ($t(9) = 3.14, p = 0.0119$)。

垂直偏心度 20 度の時の OF の上下視野条件と縮小中心の上下視野条件と左右の偏位度条件の 3 要因分散分析の結果、左右の偏位度条件の主効果と OF の上下視野条件と縮小中心の上下視野条件の交互作用が有意だった ($F(4, 36) = 31.10, p < 0.0000, \eta^2 = 0.3676, F(1, 9) = 5.90, p = 0.0381, \eta^2 = 0.0215$)。多重比較の結果、左右の偏位 1.27 度が 1.69 度、2.25 度、3 度、4 度より正答率が低かった ($t(9) = 3.56, p = 0.0061, t(9) = 4.82, p = 0.0009, t(9) = 8.87, p < 0.0000, t(9) = 8.78, p < 0.0000$)。左右の偏位 1.69 度が 3 度、4 度より正答率が低かった ($t(9) = 4.54, p = 0.0014, t(9) = 5.86, p = 0.0002$)。左右の偏位 2.25 度が 3 度、4 度より正答率が低かった ($t(9) = 4.08, p = 0.0028, t(9) = 4.81, p = 0.0010$)。単純主効果検定の結果、縮小中心の下視野条件の時に OF の上下視野条件の主効果が有意だっ

3.2 実験 2

た ($F(1, 9) = 8.95$, $p = 0.0152$, $\eta^2 = 0.0434$). 縮小中心の下視野条件の時に OF が下視野条件の時に上視野条件より正答率が高かった.

第 4 章

考察

拡大/縮小のオプティックフローによる左右の自己運動方向弁別閾を検討した本研究では、視覚の処理において多く報告されている下視野優位性は認められなかった。一部の条件間で有意な差が見られた場合も、むしろ上視野のほうが左右の自己運動方向弁別閾が小さいという結果であった。また有意な差が認められた場合もその効果量は小さく、いずれも視野の呈示位置の明確な効果は見られなかった。下視野優位性は対象が一般的に地面側にあることにより起こると考えられている。しかし、本実験の対象は拡大/縮小中心であり、拡大/縮小中心の網膜上の位置は進行方向に依存するため、例えば、上視野に拡大中心がある時は車に乗って走行しているときに、スピードメータを見ると拡大中心は上視野にある。そして下視野に拡大中心がある時は車に乗って走行しているときに、信号機を見ると拡大中心は上視野にある。日常生活では拡大中心が上視野にも下視野にも現れるため自己運動方向の弁別において拡大/縮小中心の視野上の呈示位置の明確な効果は見られなかった可能性がある。

実験 1 では拡大/縮小中心の呈示位置の効果を検討したが、オプティックフロー自体は上下視野どちらにも表示されていたため、拡大/縮小中心が上視野にある場合に、下視野のフローの処理が運動方向の判断に影響を及ぼし、明確な上下視野差が生じなかった可能性がある。しかし実験 2 でオプティックフローの呈示視野を上視野または下視野に限定した場合においても下視野の優位性が見られなかったため、この可能性も低いと考えられる。

拡大、縮小フローの違いも明確な差は見られなかったが、縮小フロー条件において特に偏心度条件間の差やオプティックフローと縮小中心の組み合わせによる呈示視野の交互作用が認められた。たとえば垂直偏心度 20 deg の条件が他の偏心度の条件よりも弁別閾が大きい効果が認められた条件は実験 1, 2 のどちらにおいても縮小フローの条件においてのみで

あった。つまり、縮小フロー条件では垂直偏心度が大きくなると自己運動方向の弁別が悪くなるが拡大フロー条件では垂直偏心度が大きくなると自己運動方向の弁別が悪くなるという結果は得られてない。このことより、縮小フローは垂直偏心度の呈示位置に依存する縮小中心の周りにあるオプティックフローを使用して自己運動方向の弁別を行っていたと考える、そして拡大フローは垂直偏心度の呈示位置に依存しない視野上で大域的に処理をして自己運動方向の弁別を行っている可能性がある。ただし本研究の結果においてはその差は明確ではないため、今後の検討が必要である。

実験 2 では、縮小フロー条件でのみ縮小中心の呈示視野とオプティックフローの呈示視野交互作用が見られたそして縮小フローで垂直偏心度 20 度の時の正答率でも縮小中心の呈示視野とオプティックフローの呈示視野交互作用が見られた、これは縮小中心が呈示されている視野にオプティックフローが呈示されたため反対視野に呈示するより自己運動方向の弁別閾が低い結果になったと考える。

今回の実験では 3 次元情報があることにより、オプティックフローの下視野優位性がより見られる可能性があるとして、3 次元情報を付与して実験を行ったが、運動に関連する領域と立体視に関連する領域が別であることが報告されていた [31]。よって 3 次元情報があることにより、オプティックフローの下視野優位性がより見られることはないと考えられる。

第 5 章

まとめ

本研究では多くの視覚的処理において報告されている上下の視野の特性の違いについて、上下視野差がより見られる可能性のある両眼視差のあるオブティックフロー刺激を用いて、左右の自己運動方向の弁別閾を指標として垂直偏心度ごとに検討を行った。実験の結果、左右の自己運動方向弁別においては垂直偏心度にかかわらず、下視野が有意となるような特性は見られなかった。この理由として、拡大/縮小中心が上視野にも現れるので、明確な拡大/縮小中心の下視野優位性が見られなかった可能性がある。

謝辞

本研究および論文の作成においてご指導をいただいた繁樹博昭先生に深く感謝いたします。また、副査を勤めご指導をいただいた篠森敬三先生と中原潔先生に深く感謝いたします。本実験に参加して下さった参加者の皆様に深く感謝いたします。

参考文献

- [1] Previc, F. H. (1990). Functional specialization in the lower and upper visual fields in humans: Its ecological origins and neurophysiological implications. *Behav. Brain Sci.* 13, 519–542. doi: 10.1017/S0140525X00080018
- [2] He, S., Cavanagh, P. and Intriligator, J. (1996). Attentional resolution and the locus of visual awareness. *Nature* 383(6598) 334-7 doi:10.1038/383334a0
- [3] Danckert, J. and Goodale, M. (2001). Superior performance for visually guided pointing in the lower visual field. *Experimental Brain Research* 137(3):303-308 doi:10.1007/s002210000653
- [4] Telford, L. and Frost, B. J. (1993). Factors affecting the onset and magnitude of linear vection. *Percept. Psychophys.* 53, 682–692. doi: 10.3758/BF03211744
- [5] 藤本 花音, 蘆田 宏. (2018). “ベクシヨンの前後異方性における上下呈示視野の効果”, 電子情報通信学会, 62
- [6] Gibson, J. J. (1950) *Perception of the visual world*. Boston: Houghton Mifflin
- [7] Mühlenen, A. and Lleras, A., (2007). “No-Onset Looming Motion Guides Spatial Attention”. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, Vol. 33(6), 1297-1310,
- [8] D’Avossa, G. and Kersten, D. (1996). Evidence in Human Subjects for Independent Coding of Azimuth and Elevation for Direction of Heading from Optic Flow. *Vision Research.* 36(18):2915-2924. doi:10.1016/0042-6989(96)00010-7
- [9] Cheng, X. et al. (2019) “Perceived shift of the centres of contracting and expanding optic flow fields: Different biases in the lower-right and upper-right visual quadrants”, *PLoS ONE*14(3). doi10.1371/journal.pone.0211912
- [10] Nasr, S. and Tootell, R. (2020). Asymmetries in Global Perception Are Represented

参考文献

- in Near-versus Far-Preferring Culsters in Human Visual Corte. The Journal of Neuroscience. 40(2). 355–368,
- [11] 北岡 明佳, (2011). “ 知覚心理学 ”, ミネルヴァ書房
- [12] Gibson, J., (1950). “ VISUAL WORLD ”, OUGHTON MIFFIN COMPANY
- [13] Gibson, J., (1950). “ The Perception of the Visual Field ”, Houghton Mifflin
jBoston
- [14] Tanaka, K. and Sito, H., (1989). “ Analysis of motion of the visual field by direction expansion/contraction, and rotation cells clustered in dorsal part of the medial superior temporal area of the Macaque monkey ”, Journal of Neurophysiology, 62, 62-641
- [15] Orban, G., Lagae, L., Raiguel, S., Xiao, D. and Maes, H., (1995). “ The speed tuning of medial superior temporal(MST) cell responses to optic-flow components ”, Perception, 24, 269-285
- [16] Bradley, D., Maxwell, M., Anderson, R., Banks, M. and Shenoy, K., (1996). “ Mechanisms of heading perception in primate visual cortex ”, Science, 273, 1544-1546
- [17] Llewellyn, K., (1971). “ Visual guidance of locomotion ”, Journal of Experimental Psychology, 91, 245-261
- [18] Johnston, I., White, G. and Cumming, R., (1973). “ The role of optical expansion patterns in locomotor control ”, American Journal of Psychology, 86, 311-324
- [19] Regan, D. and Beverley, K., (1979). “ Visually guided locomotion:Psychophysical evidence for a neural mechanism sensitive to flow patterns ”, Science, 205, 311-313
- [20] Warren, W., Morris, M. and Kalish, M., (1988) “ Perception of translational heading from optical flow ”, Journal of Experimental Psychology:Human Perception and Performance, 14, 646-660
- [21] Warren, W. and Hannon, D., (1988). “ Direction of selfmotion is perceived from optical flow ”, Nature, 336, 162-163

参考文献

- [22] Warren, W. and Hannon, D., (1990). “Eye movements and optical flow”, Journal of the Optical Society of America, A7, 160-169
- [23] W. H. Warren et al., (1991). “On the sufficiency of the velocity field for perception of heading”, Biological Cybernetics, 65, 311-320
- [24] W. H. Warren et al., (1992). “The role of central and peripheral vision in perceiving the direction of self-motion”, Perception and Psychophysics, 51, 443-454
- [25] Rossini, J., (2014). “Looming motion and visual attention”, Psychology and Neuroscience, 7, 8, 425-431
- [26] 樋口 洋子, 井上 聡, 遠藤 照昌, 熊田 孝恒, (2019). “Task-irrelevant optic flow guides attention in visual search”, Attention, Perception, and Psychophysics 1327-1345
- [27] Orban, G. A. et al., (1995). “The speed tuning of medial superior temporal(MST) cell responses to optic-flow components”, Perception, 24, 269-285
- [28] Perrone, J. and Stone, L., (1994). “A model of self-motion estimation within primate extrastriate visual cortex”, Visual Research, 34, 2917-2938
- [29] 西條将樹, 和田裕一, 加藤考義, (1997). “視覚性課題遂行時における上下視野の機能特性 -陰影からの形状復元における上下視野の非対称性-”, 計測自動制御学会, 171
- [30] 井関 龍太, “ANOVA 君”, <http://riseki.php.xdomain.jp/index.php?ANOVA>,
閲覧日: 2023 年 2 月 27 日
- [31] Kennedy, B. et al., (2023). “Two fine-scale channels for encoding motion and stereopsis within the human magnocellular stream”, Progress in Neurobiology, <https://doi.org/10.1016/j.pneurobio.2022.102374>

付録 A

実験 2 の各参加者の目線データ

各参加者における各条件の目線の y 軸のデータの平均値を以下に示す. 左目と右目の y 軸のデータは同じであった.

A.1 参加者 A

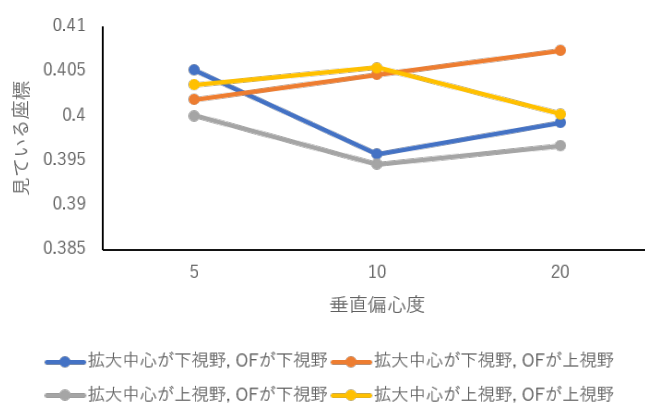


図 A.1 拡大フローの目線

A.2 参加者 B

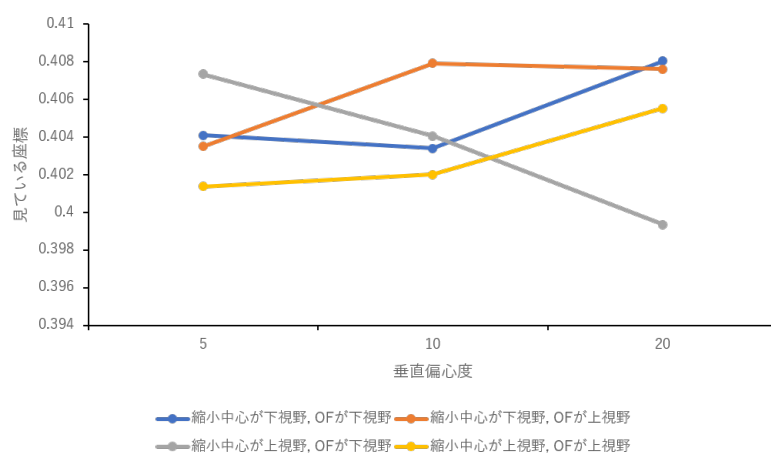


図 A.2 縮小フローの目線

A.2 参加者 B

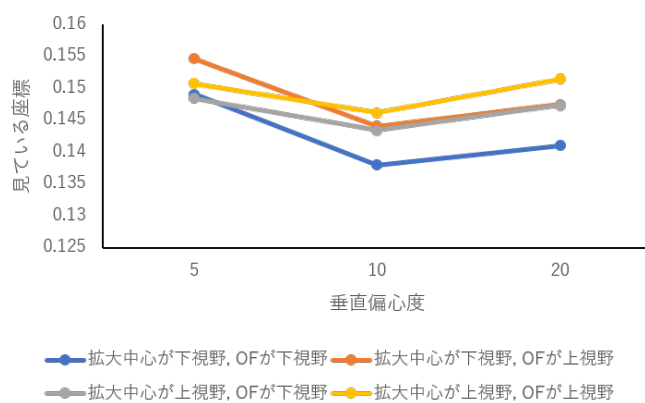


図 A.3 拡大フローの目線

A.3 参加者 C

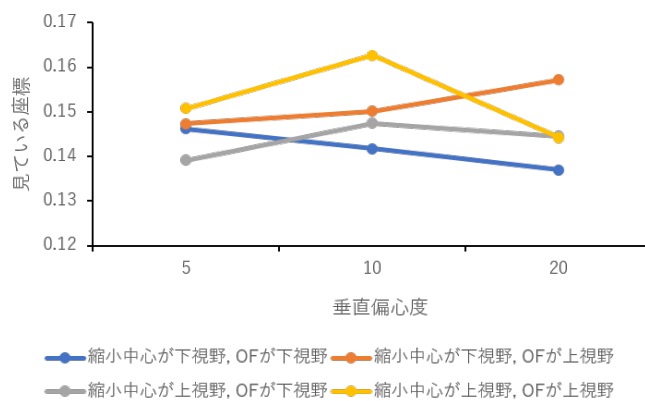


図 A.4 縮小フローの目線

A.3 参加者 C

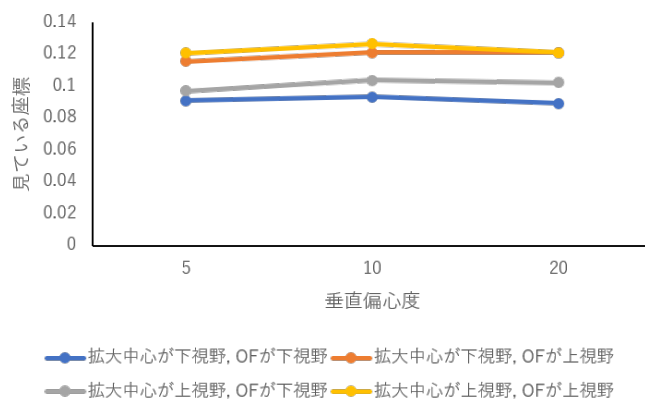


図 A.5 拡大フローの目線

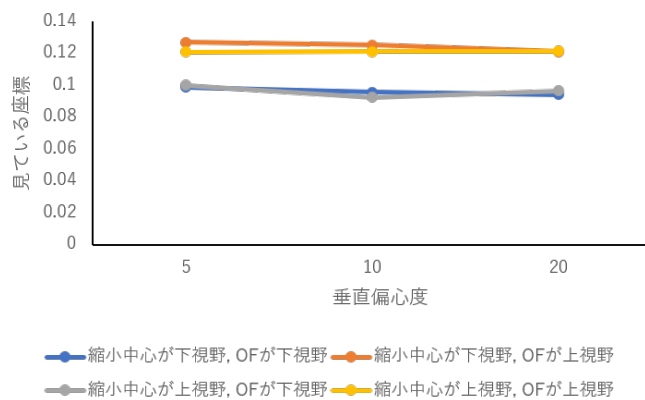


図 A.6 縮小フローの目線

A.4 参加者 D

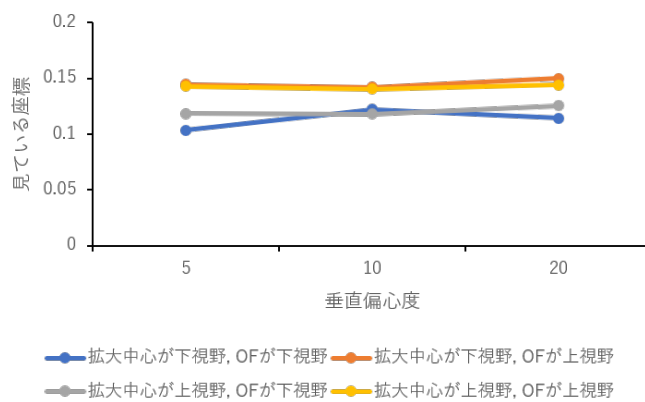


図 A.7 拡大フローの目線

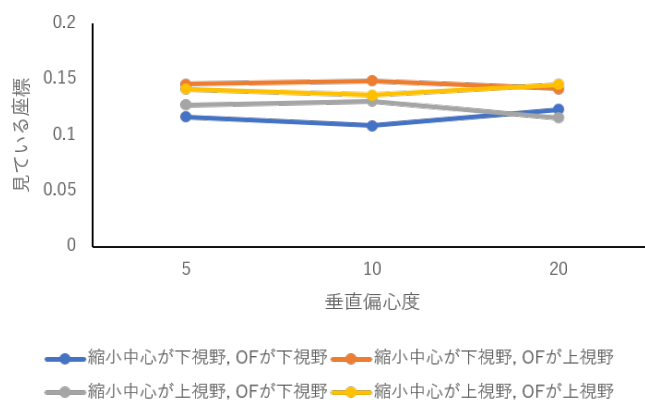


図 A.8 縮小フローの目線

A.5 参加者 E

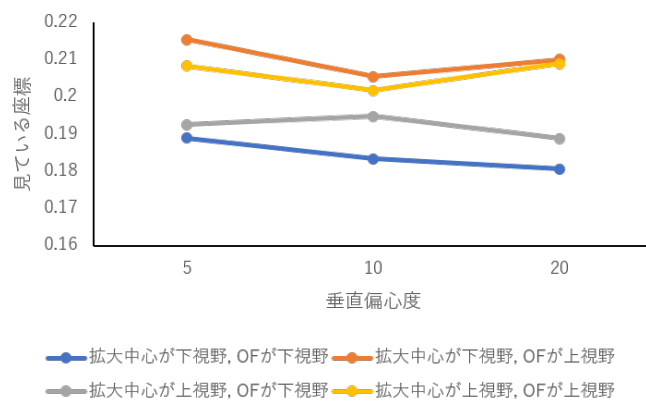


図 A.9 拡大フローの目線

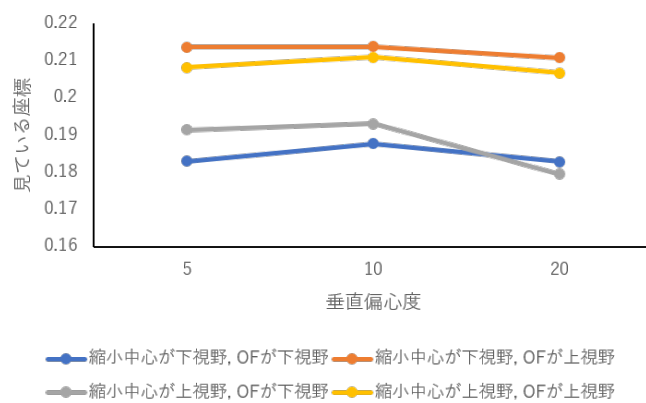


図 A.10 縮小フローの目線

A.6 参加者 F

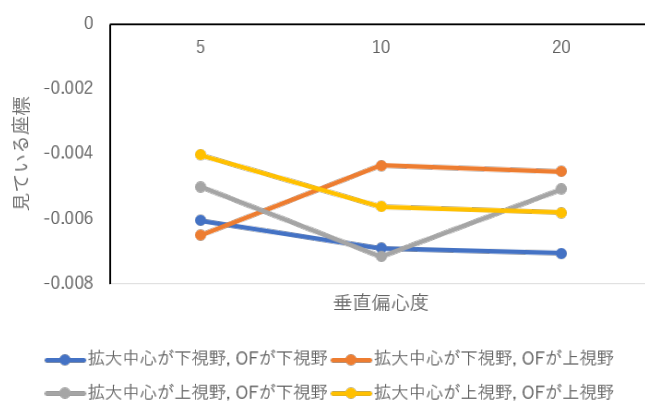


図 A.11 拡大フローの目線

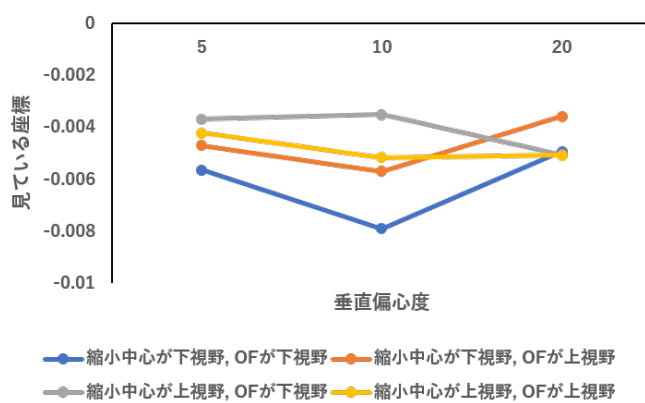


図 A.12 縮小フローの目線

A.7 参加者 G

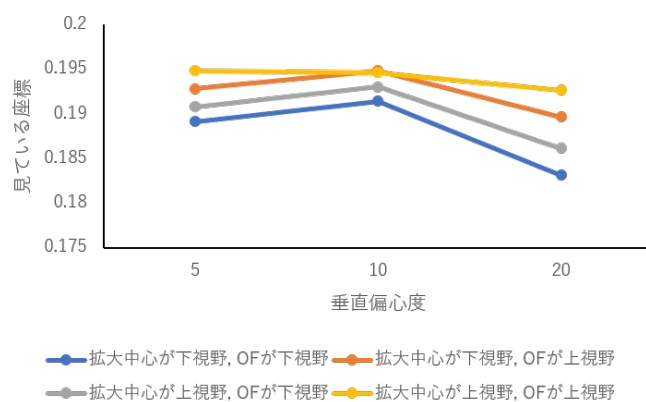


図 A.13 拡大フローの目線

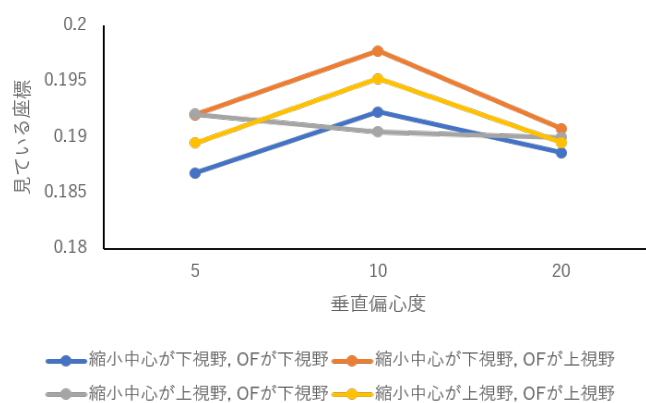


図 A.14 縮小フローの目線

A.8 参加者 H

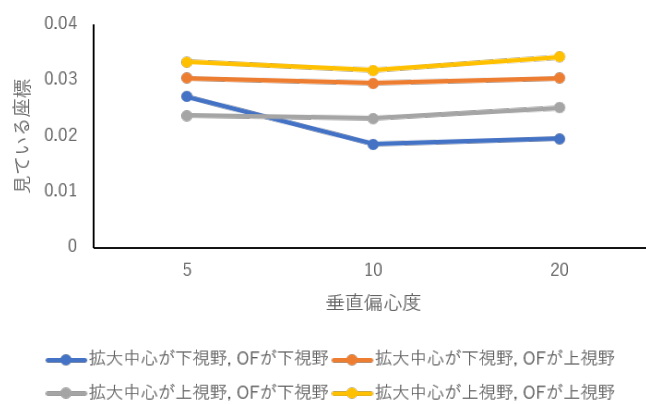


図 A.15 拡大フローの目線

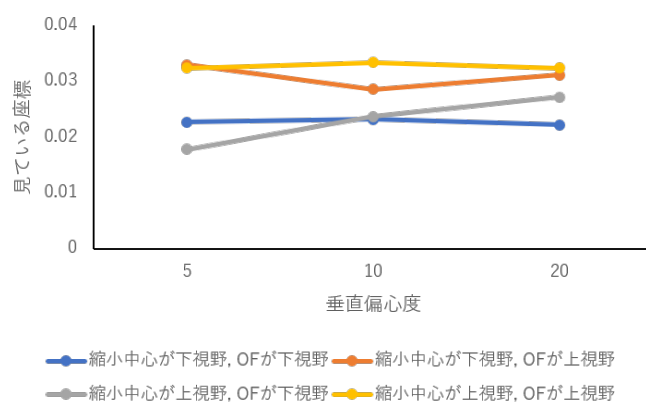


図 A.16 縮小フローの目線

A.9 参加者 I

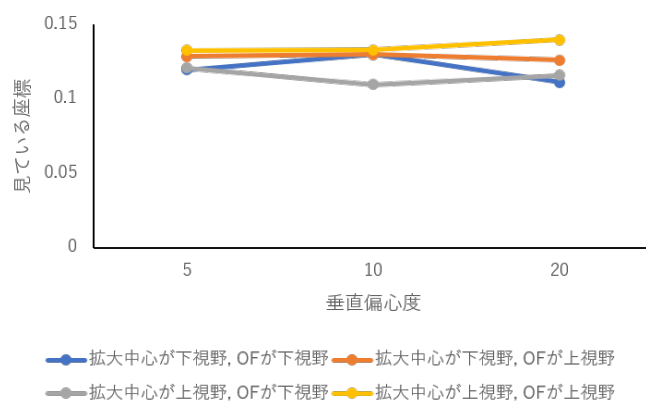


図 A.17 拡大フローの目線

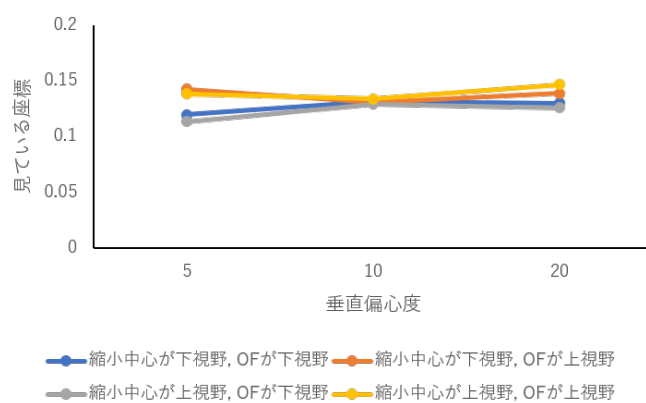


図 A.18 縮小フローの目線

A.10 参加者 J

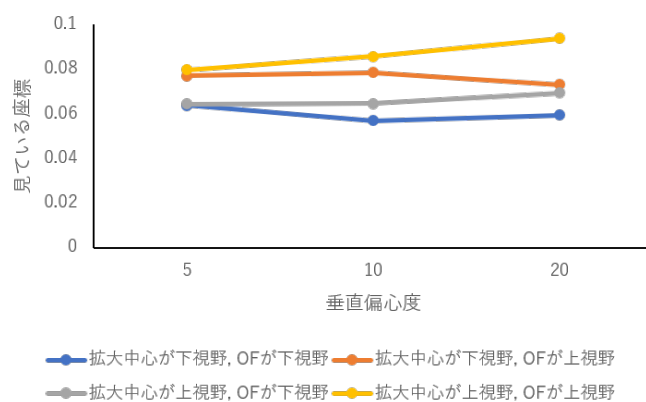


図 A.19 拡大フローの目線

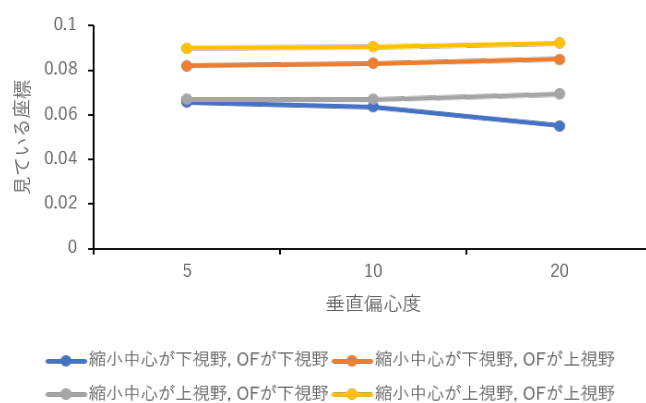


図 A.20 縮小フローの目線

A.11 参加者 K

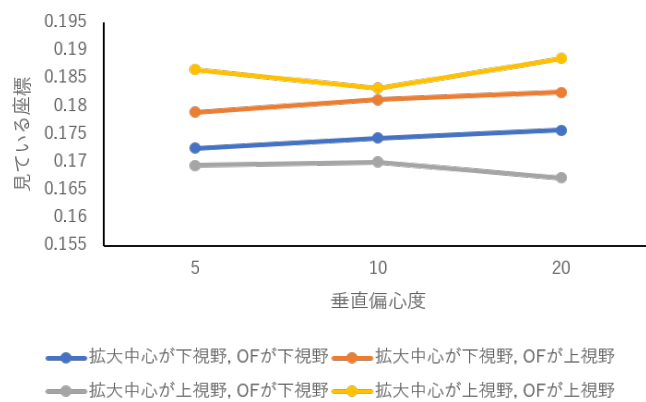


図 A.21 拡大フローの目線

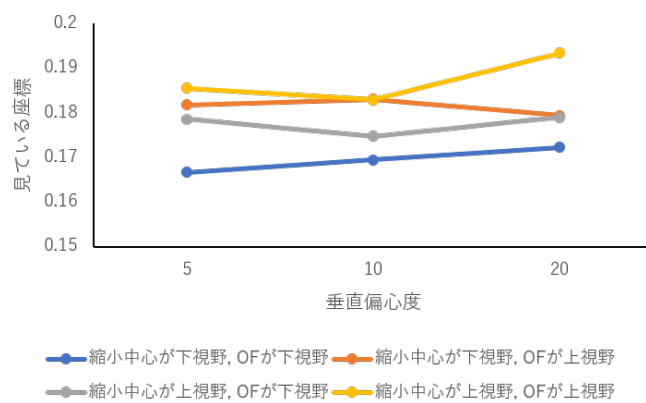


図 A.22 縮小フローの目線

A.12 参加者 L

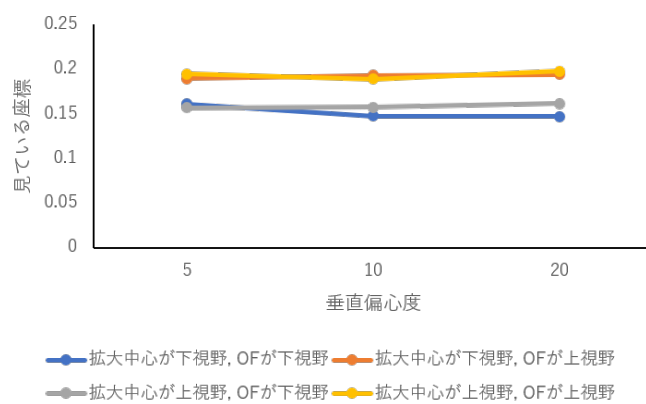


図 A.23 拡大フローの目線

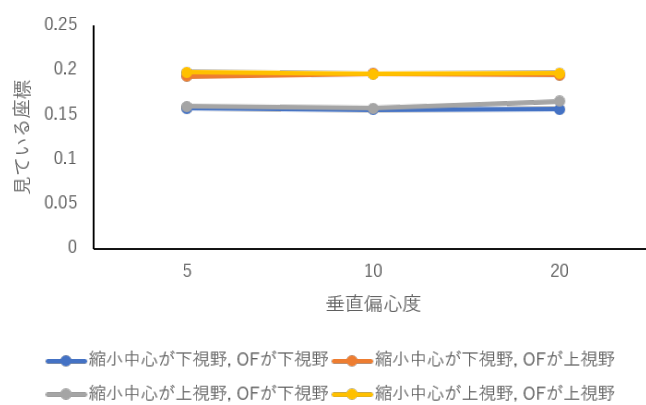


図 A.24 縮小フローの目線