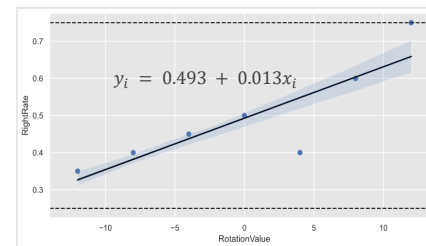
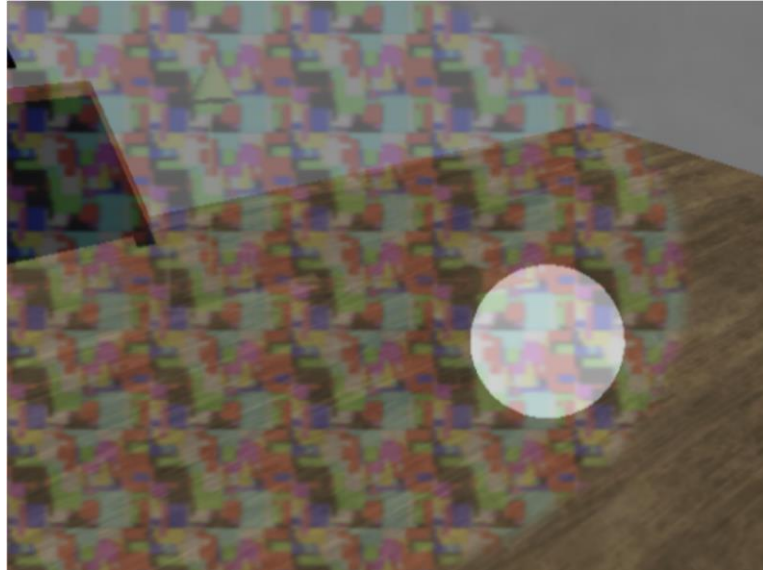


両眼視野闘争を用いたRedirected Walkingの検討

中西研究会 秋学期最終発表会. 2021/1/26. 奥谷哲郎

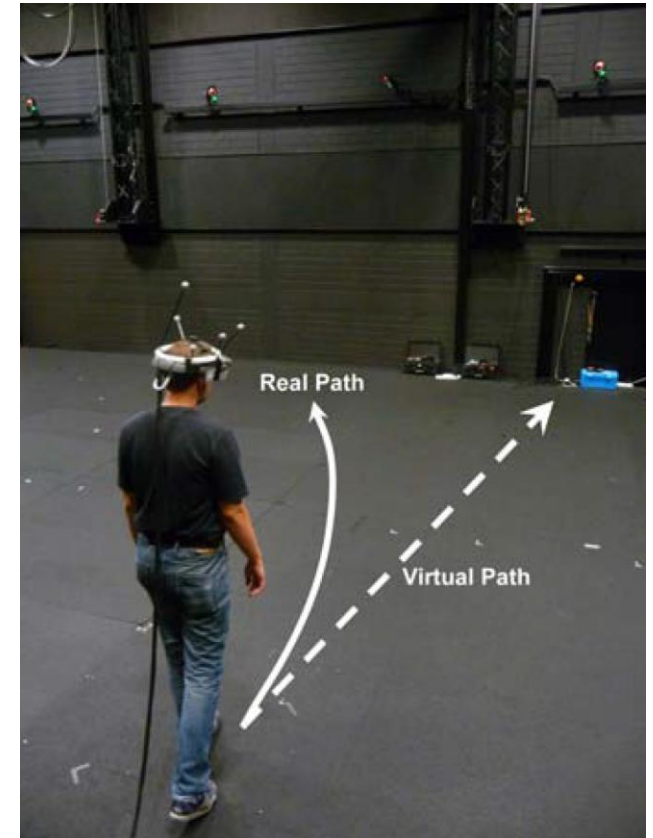
1. 概要

- 両眼視野闘争を用いて片目の視覚映像の知覚を抑制することでRedirected Walkingを実現する手法について検討した
- ヨー一軸回転における検出閾値を調べる実験を実施した



2. 背景

- VR体験において歩行感覚の提示は臨場感を増強させる
- しかし、物理空間の大きさによる制約を受ける
- → **Redirected Walking (RDW)**[1]
 - 移動量を錯覚させて実空間よりも広い空間を歩き回っているように感じさせる技術
 - 物理空間とバーチャル空間における並進・回転量比率の対応関係を変化させる
 - Ex. 実際は曲がって歩いているのに直進しているように感じる
 - Ex. 5m四方の部屋が20m四方の部屋のように感じる



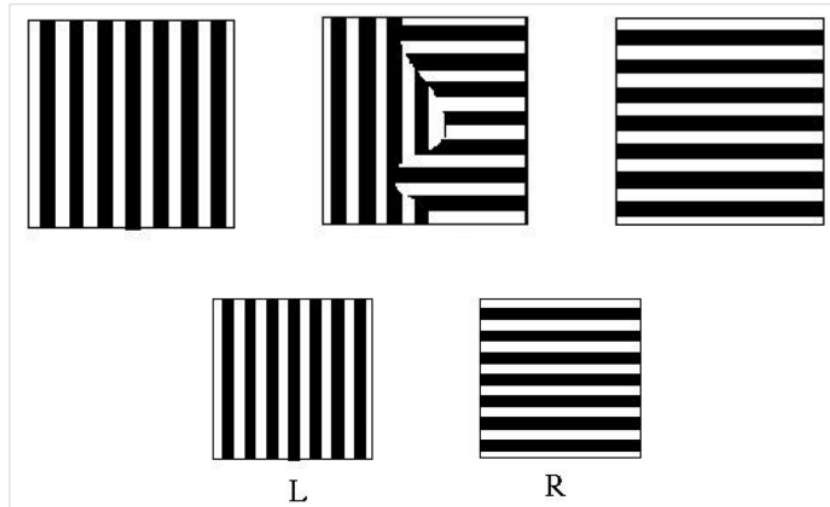
2. 背景

理想的なRDWに求められる要素[2]

- **Imperceptible**
 - 並進や回転を気づかれないようにすることが重要
 - 変化に対する検出閾値を調べる研究が行われてきた
- Safe
- Generalizable
- Devoid of Unwanted Side Effects

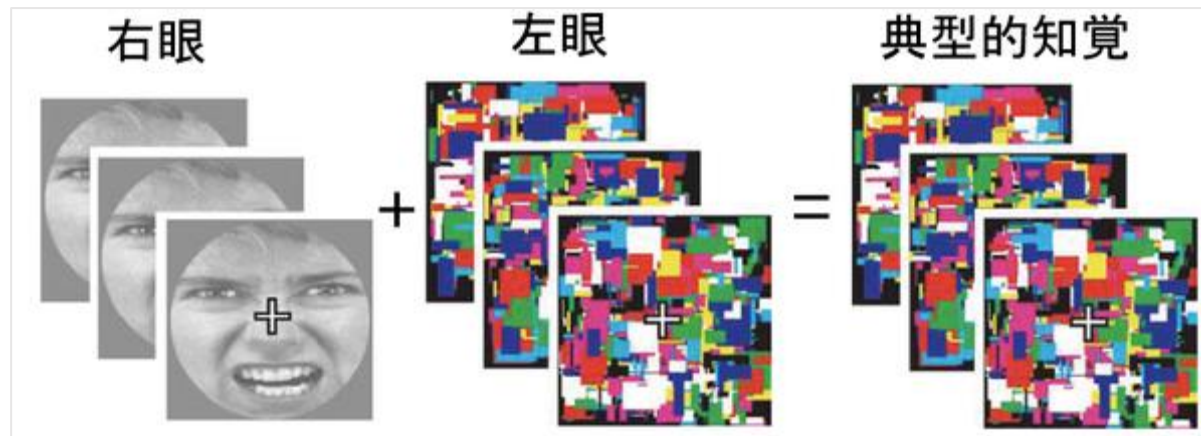
2. 背景

- 両眼視野闘争 (Binocular Rivalry: BR)
 - 左右の目でそれぞれ異なる視覚図形を見た場合、どちらか一方の図形が知覚される、あるいはそれらが合成されて見える状態が、時間経過とともに切り替わる現象
- 確率論的な性質に依存するため交代周期の精密な制御は困難
 - しかし、ある程度は交代のタイミングをコントロール可能



2. 背景

- 連続フラッシュ抑制 (Continuous Flash Suppression: CFS)
 - 短時間で激しく変化するハイコントラスト図形を片目に呈示した際に、もう片方の目に呈示された視覚図形が長時間 (1分あるいはそれ以上の時間) 抑制される現象
- →CFSを用いて視界が**並進・回転する瞬間をマスクすれば**, その操作に気づきづらくすることができるのではないか

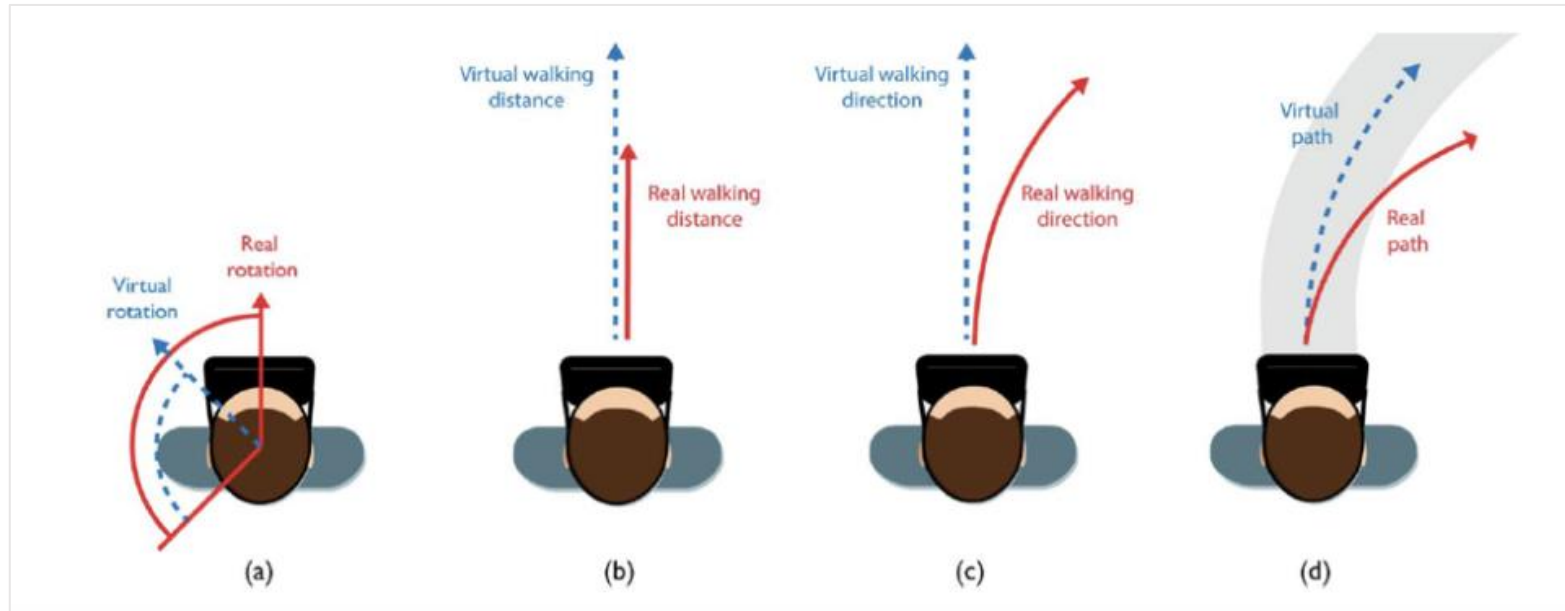


3. 目的

- **CFSによって制御された両眼視野闘争**を用いて、視界の**並進・回転運動をマスク**することで、その変化に対する判断を曖昧にしたり、気づきづらくすることができるのではないか
- ヨ一軸回転における検出閾値を明らかにする
= 何度までなら回転させても気づかないか

4. 関連研究

- RDWの種類[2]
 - わずかな並進・回転を毎フレーム連続的に適用する=**continuous**
 - 変化盲を利用して離散的な並進・回転を適用する=**discrete**



Rotational Gain	回転	移動・回転の 上乗せ
Translation Gain	並進	
Curvature Gain	直進	移動・回転の 新規生成
Bending Gain	曲折	

4. 関連研究

- 提案手法は離散的な回転を行うもの
- 大きなVR空間を小さな物理空間にマッピングするためには、複数の排他的なRDW手法を組み合わせる必要があると示唆されている[3]
- 回転の適用方法
 - 離散的な回転を新規生成する
 - 連続的な回転に離散的な回転を上乗せする
 - 歩行中に気付かれずに適用可能な回転量は $1-3^{\circ}/s$ [4]と小さい

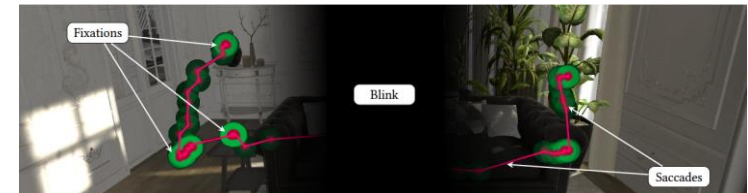
[3]E. A. Suma, G. Bruder, F. Steinicke, D. M. Krum and M. Bolas. A taxonomy for deploying redirection techniques in immersive virtual environments. 2012 IEEE Virtual Reality Workshops. 2012, p.43-46.

[4]F. Steinicke, G. Bruder, J. Jerald, H. Frenz and M. Lappe. Estimation of Detection Thresholds for Redirected Walking Techniques. IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics. 2010, vol.16, no.1, p.17-27.

4. 関連研究

変化盲を利用したdiscreteなRDW手法

- 視覚の短時間な阻害によってその前後に生じた変化を見落とす現象
- サッケード[5]やまばたき[6]を利用したもの
- ISIで300msの間視界をブラックアウト
→バーチャル空間における速さ知覚（並進量）を変調[7]
- 視界の外にあるドアの向きを90度回転させても気づかない[8]
- メリット
 - 大きな変化量を適用できる
- デメリット
 - 生理現象の高度なセンシングが必要
 - 複雑なリダイレクションアルゴリズムが必要
 - 個人の行動に依存する



[5] Qi Sun et al. Towards virtual reality infinite walking: dynamic saccadic redirection. ACM Trans. Graph. 2018, vol.37, no.4, Article 67.

[6] Albert Ng et al. In the blink of an eye: investigating latency perception during stylus interaction. Proceedings of the CHI '14. 2014, p.1103–1112.

[7] Bruder G et al. Tuning self-motion perception in virtual reality with visual illusions. IEEE Trans Vis Comput Graph. 2012, vol.18, no.7, p.1068–1078.

[8] E. A. Suma et al. Leveraging change blindness for redirection in virtual environments. IEEE Virtual Reality Conference. 2011, p.159–166.

4. 関連研究

提案手法のメリット

- 個人のランダムな生理現象に依存しないので，高精度なセンシングが不要 (Generalizable)
- 観察者の頭部の運動を必要せず，任意のタイミングで半強制的に操作を適用できるので，汎用性が高い (Generalizable)
- 抑制されるのは片目の映像だけなので，常に視界が見えている (Safe)
- 物体が視界に入っているとしてもその座標や角度を操作できる

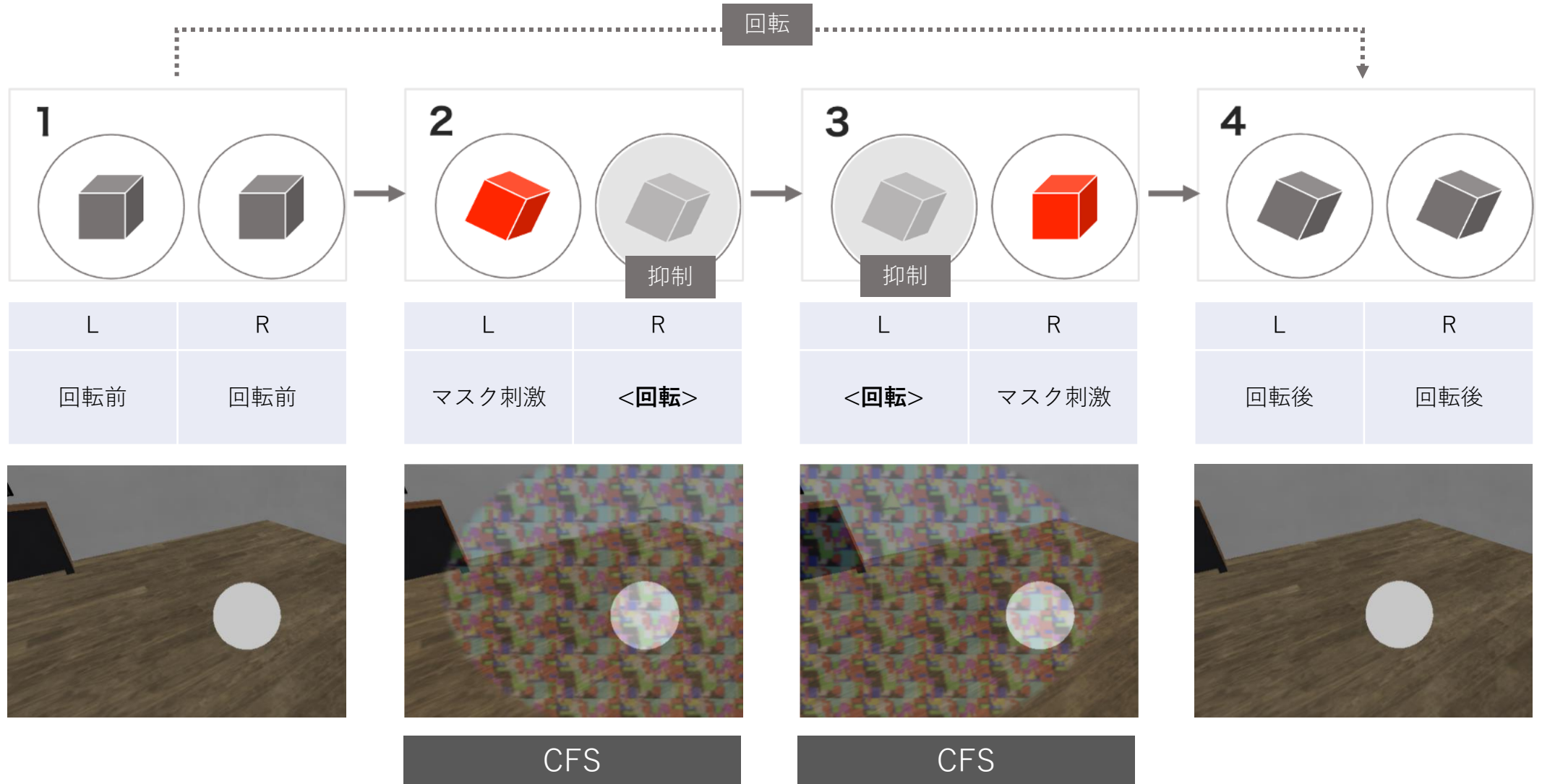
Imperceptible	△
Safe	○
Generalizable	○
Side Effects	△

5. 提案手法

提示図形と抑制の関係

左右の提示図形

視野のイメージ



6. 実験

Purpose

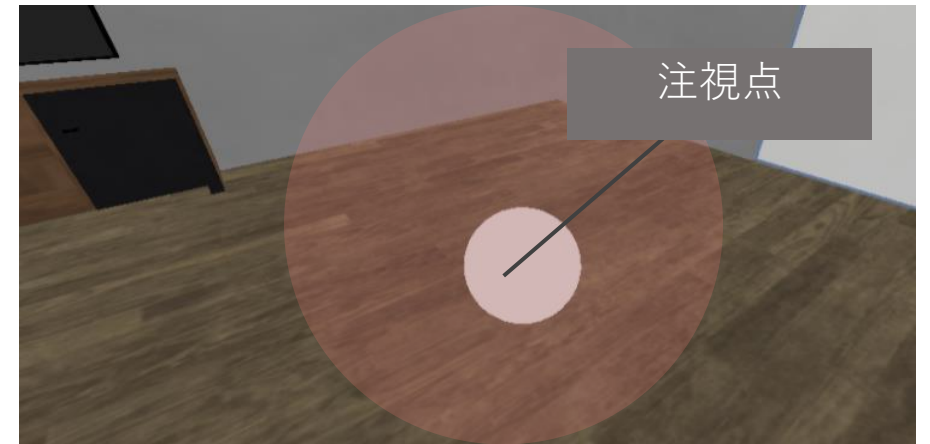
- 気づかれずに適用可能なヨ一軸回転の大きさを明らかにする

Material

- 被験者：4名
- 軸 {y} * 回転量 {0, ±4, ±8, ±12}° * 試行 {5}
- 恒常法

6. 実験

- CFSに用いるマスク刺激：ハイコントラストのモンドリアン図形
- 左右の目が抑制される順番は試行ごとにランダムで決定
 - それぞれ1秒間にわたってモンドリアン図形が提示される
- 中心視野よりも周辺視野のほうが変化に気づきづらい[9]
 - →マーカーを見るように指示することで注視点を床面に固定



6. 実験

Procedure

- 毎回ランダムに初期角度を設定
- 回転前後2秒に電子音を再生
- 終了の合図の後，部屋が回転した方向をコントローラーで回答する
 - 2AFC課題（右or左）

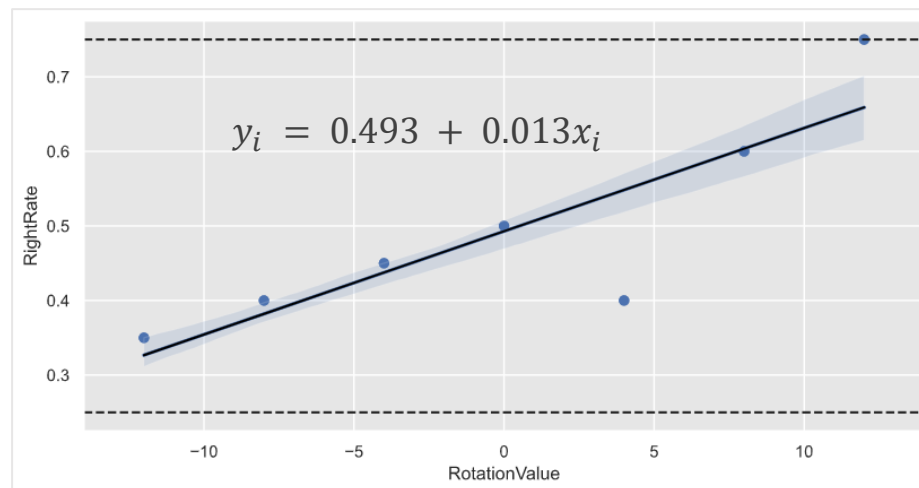


実験中の片目の映像

6. 実験

Result

- 一元配置分散分析
 - 回転角度によって右を回答する回数の母平均に差がある
- 検出閾（検出確率75%）：(-17.5, 18.5)
 - 1回につき18°程度までなら視界が回転しても気付かない
 - …が、あまりにも大きすぎる

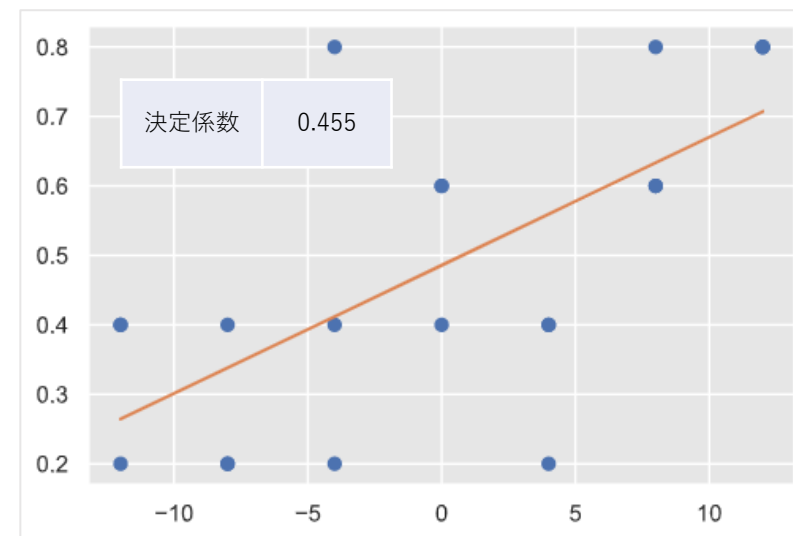
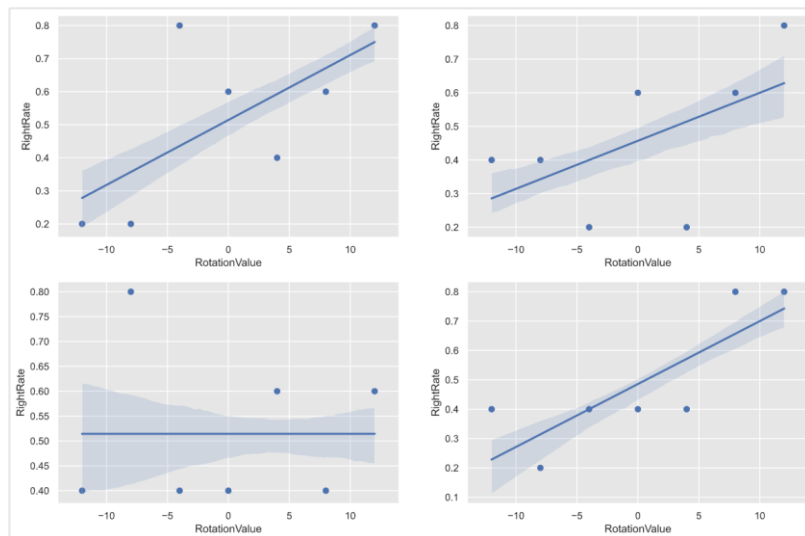
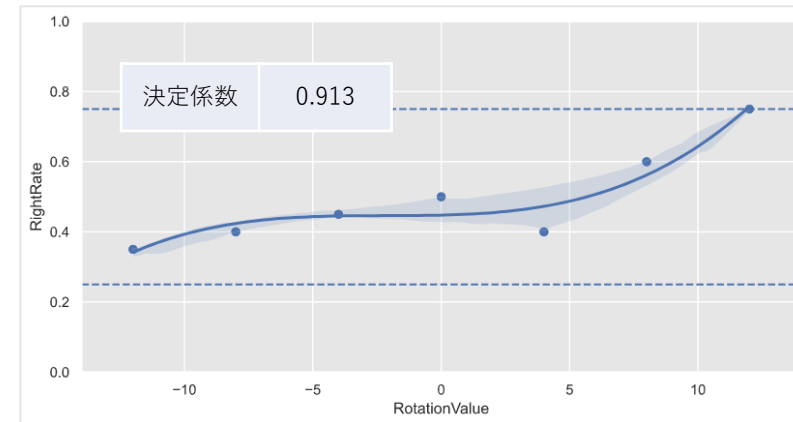


F値	5.00
p値	0.0062 < 0.05

独立変数	「右」の回答率
従属変数	回転角度
決定係数	0.732
p値	0.014 < 0.05

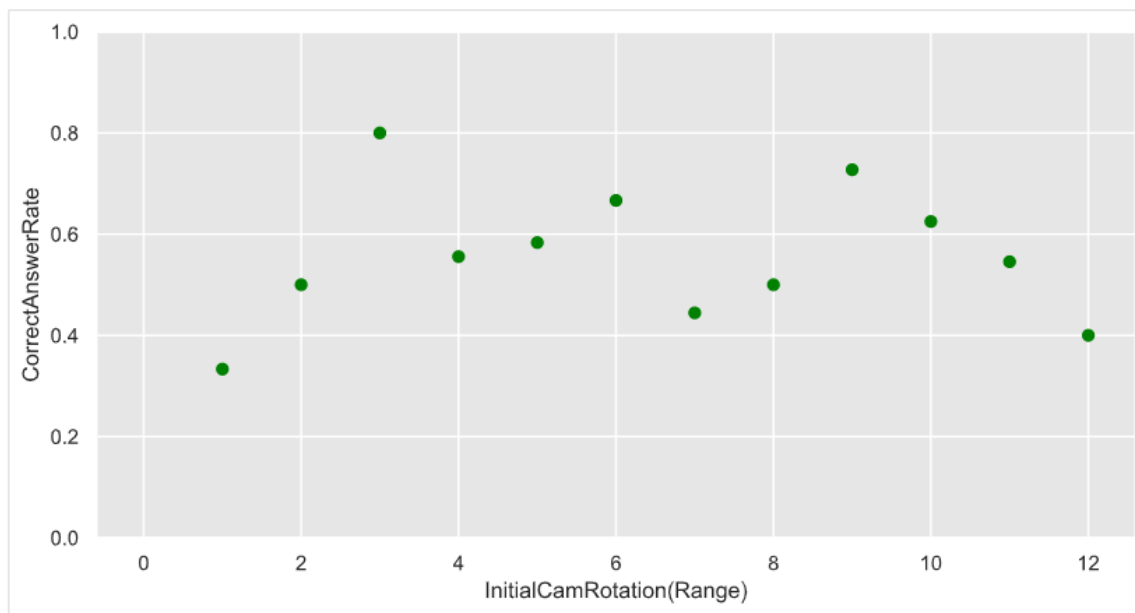
6. 実験

- 多項式近似 (3次)
 - 検出閾 (検出確率75%) : (-14.3, 11.8)
- 試行ごとのばらつきが比較的大きい
- 試行数・水準の不足と大きな個人差が影響



6. 実験

- 正答率が比較的高い初期角度(30° 刻み)
 - ソファ・テーブル・テレビが同一視野内に収まる
 - キッチン台の左端がある部屋の角
- 視野内の物が多いと変化により気づきやすくなる可能性



7. 議論

- 回転量の調整
- 実験手続きの改善
 - 被験者が静止した状態で実施している例は少ない
 - target-retrieval taskの実施
 - より動的なタスク→初期角度による影響や小さな回転量における判断の不安定性を解消
- 回転を分割することで閾値を上げる

7. 議論

その他の（視覚抑制の）興味深い応用先

- invisibleなベクション刺激
- 物理世界における無意識的なナビゲーション・歩行ルート誘導
- 触覚に応用
 - 一つの物体を様々な形状に錯覚させる

8. 結論

- 両眼視野闘争を用いて片目の視覚映像の知覚を抑制することでRedirected Walkingを実現する手法について検討した
- ヨー一軸回転における検出閾値を調べた

