

令和2年度 修士論文発表

視線追跡機能付きHMDを用いた 眼位異常検出

令和3年2月1日

宮崎大学 大学院 工学研究科 工学専攻 情報システム工学分野

T1903029 池田 拓矢

指導教員 棕木 雅之 教授

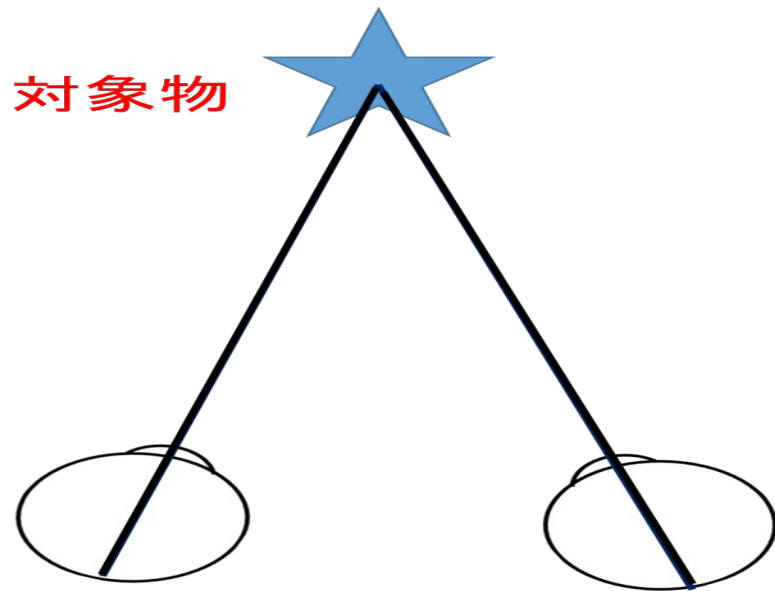
研究背景

斜視・斜位：眼位異常の一種

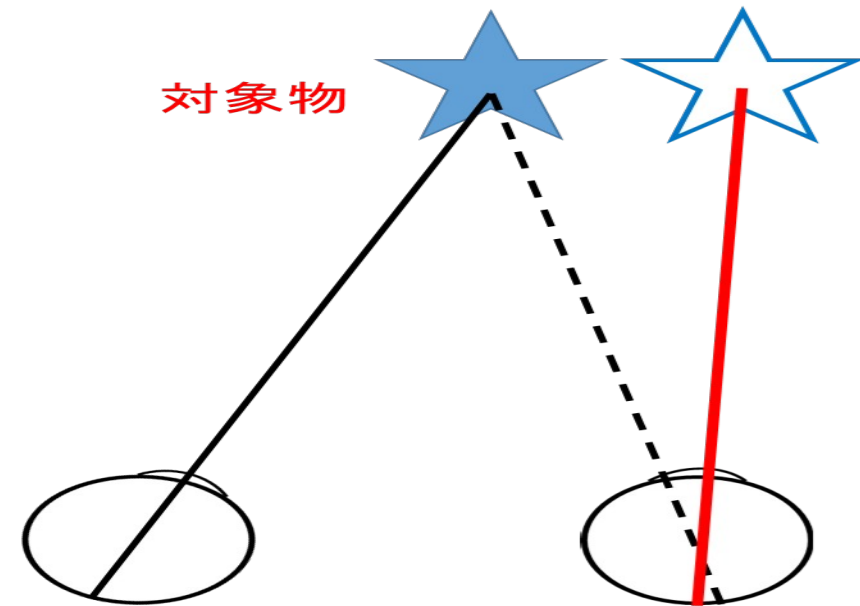
眼精疲労や弱視の原因

斜視とは

両眼で物を見たときに、片方の眼がずれており、一つに見れない
病気



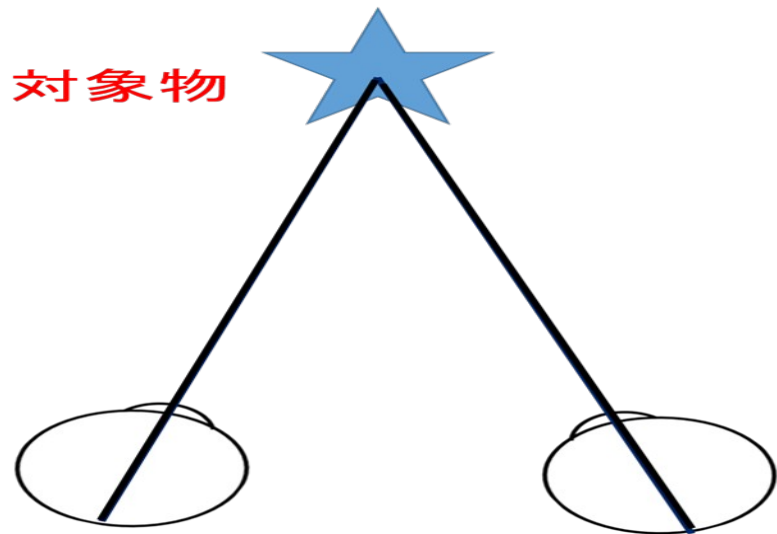
正位の場合
(対象物を1つとして見れる)



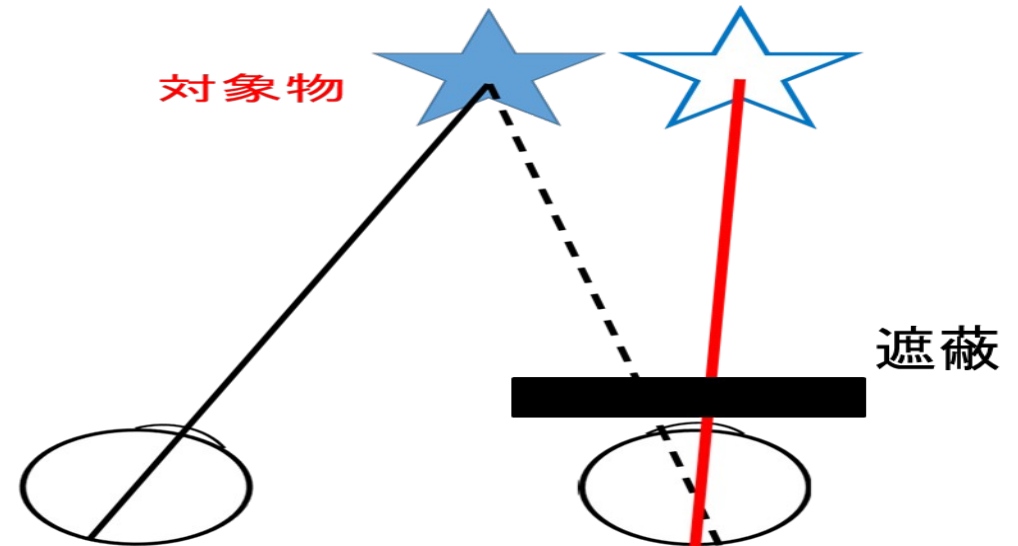
斜視の場合(例:外斜視)
対象物が2つにダブって見えてしまう

斜位とは

両眼で物を見たときに異常はないが
片眼の視線が遮られるとその眼が本来と違う方向を向く



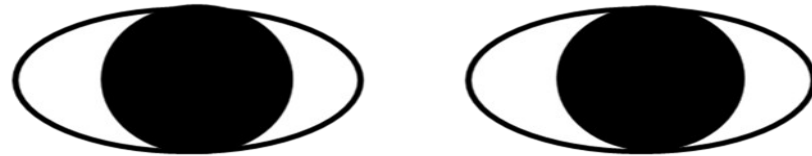
斜位 (視線が遮られていないとき)
異常はないように見える



斜位 (視線が遮られたとき)
遮蔽された眼がずれる

斜視・斜位とは

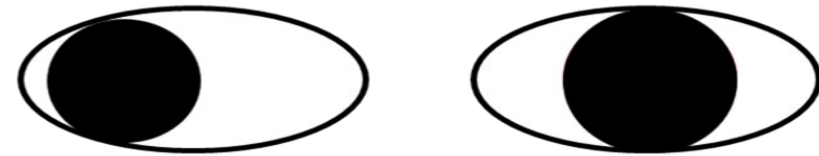
正位(異常なし)



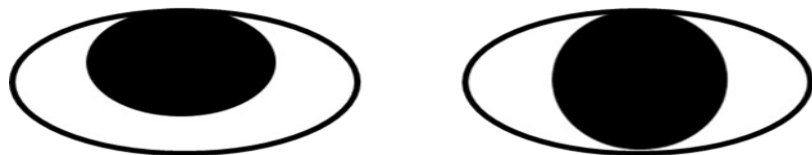
内斜視



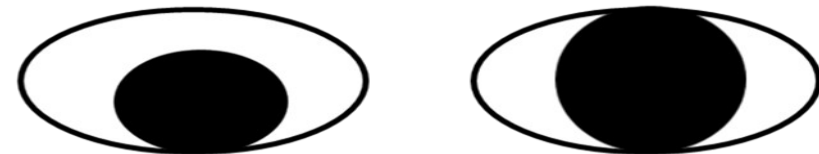
外斜視



上斜視



下斜視



研究背景

斜視・斜位の早期発見への要望

- 放っておくと眼精疲労や弱視の原因となる
- 視機能が発達する3歳程度で発症すると治しにくい
- スマホ等の普及により急性的に斜視を引き起こす人が多い

検査を行う有資格者の不足

- 3歳児検診にさえ事欠く程に有資格者不足
- 自動化の例が少ない

研究の目的

斜視・斜位を調べる検査の自動化

- 眼位異常を調べる検査 Cover-Testを自動化
- 視線追跡機能付きHMDを使用
- 仮想環境下でCover-Testを自動化+定量

Cover-Test (カバーテスト)

片眼を遮蔽したときの眼の動きで斜視と斜位を鑑別する検査手法



カバーテスト

[小児眼科 | 名古屋市眼科 | 鈴木眼科クリニック名東 \(suzukigankameito.com\)](http://suzukigankameito.com) より引

用

Cover-Test (カバーテスト)

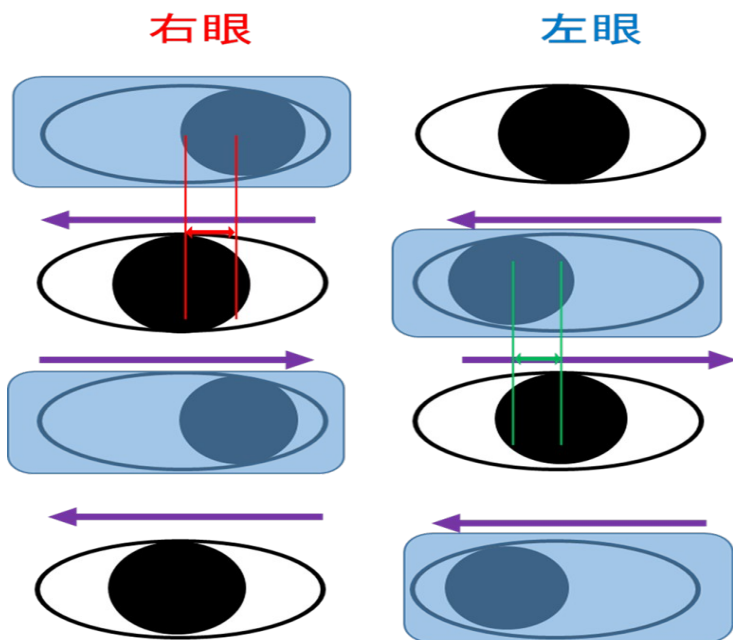
検査の種類

- ACT (Alternating-Cover Test、交代遮蔽試験)
- CUT (Cover-Uncover Test、遮蔽-除去試験)

Cover-Test (カバーテスト)

ACT
片眼を交互に遮蔽

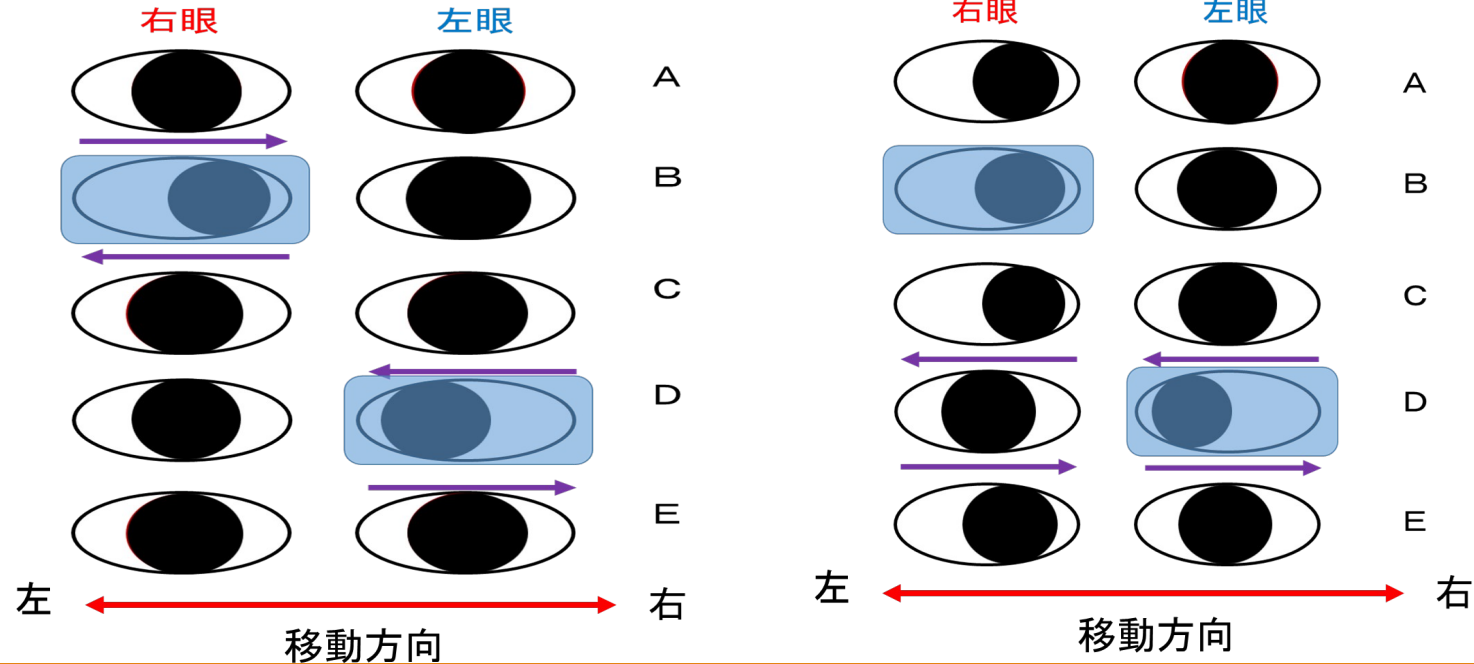
例：内斜視(位)



CUT
遮蔽/除去を繰り返す

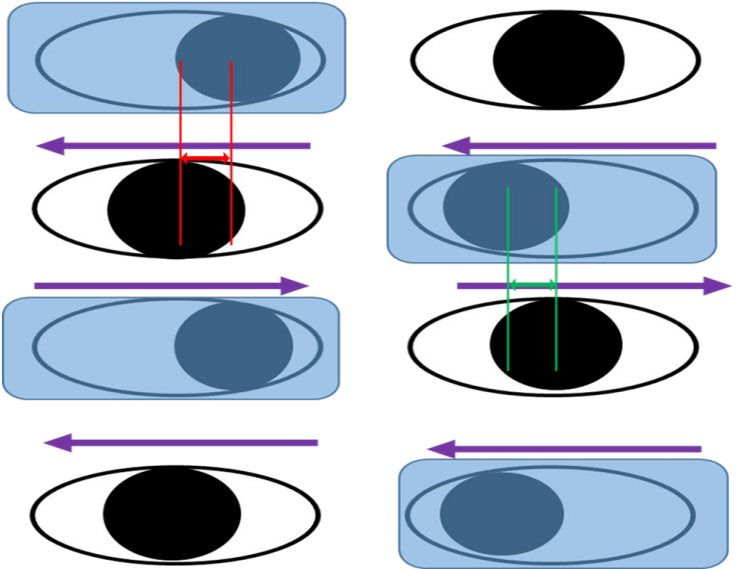
例：

右眼内斜視

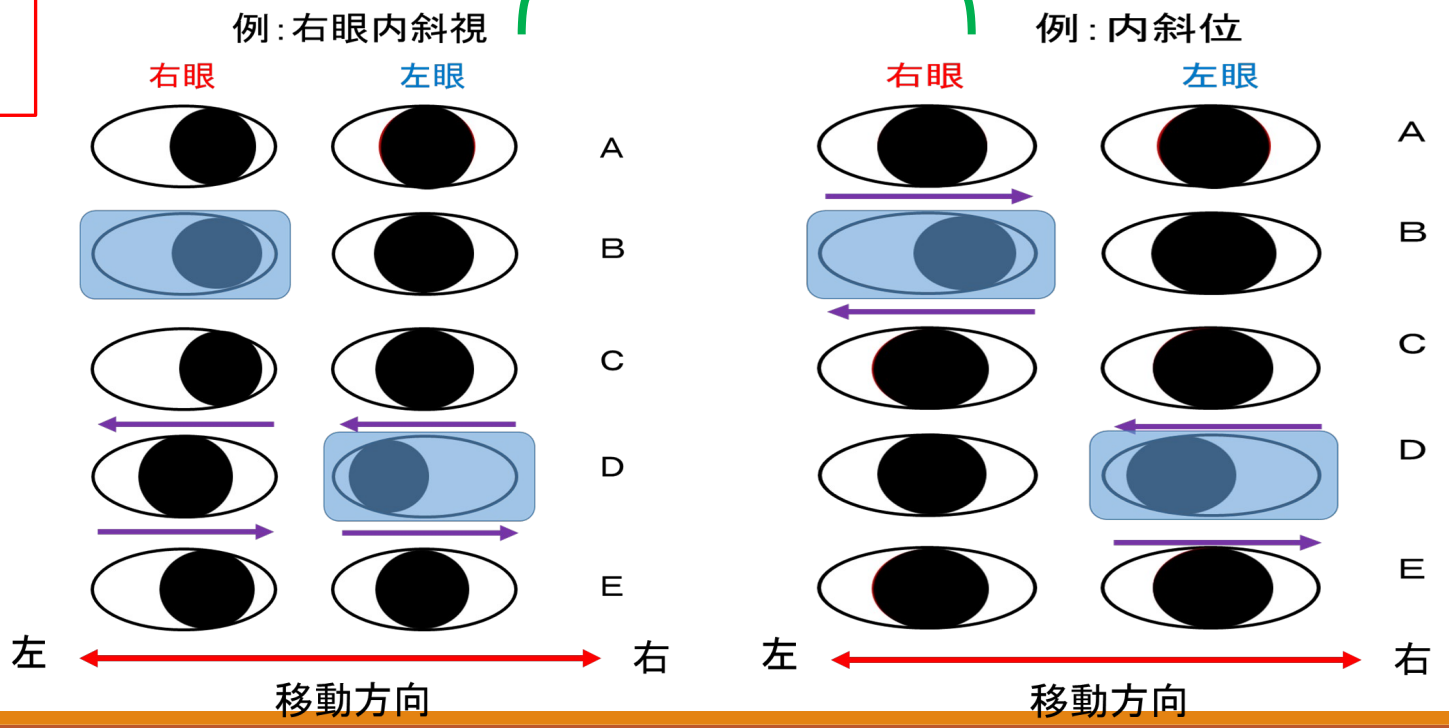


Cover-Test (カバーテスト)

ACT
 正位/斜視・斜位の鑑別
 (斜視か斜位の確定は不能)



CUT
 正位/斜視/斜位の鑑別



Cover-Test (カバーテスト)

本来は定性的 (斜視斜位があるかないか) 検査

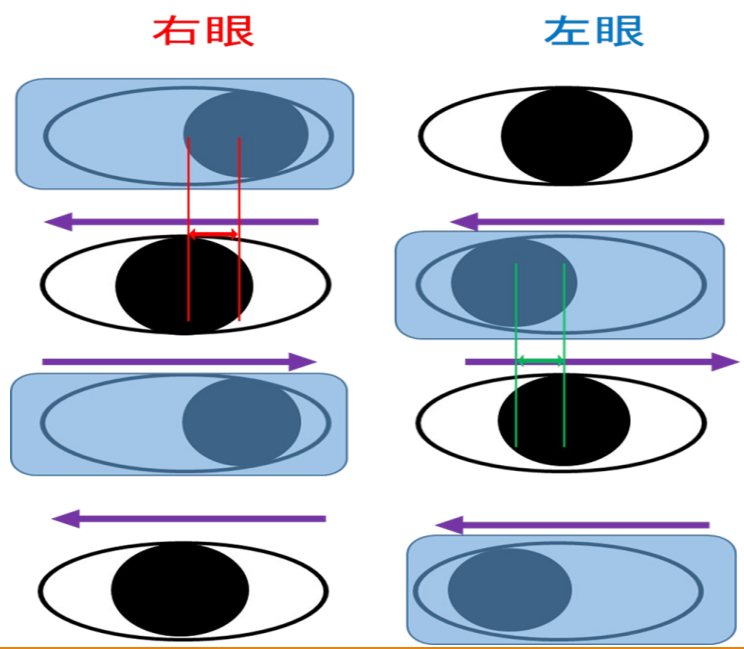
提案システムでは定量化 (斜視斜位がどれだけあるか) も行う

Cover-Test (カバーテスト)

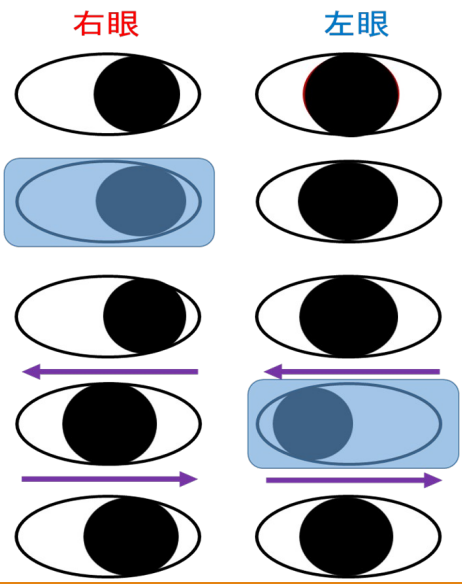
ACT
 斜視・斜位すべて含めた全偏位量

CUT
 斜視量・斜位量それぞれ

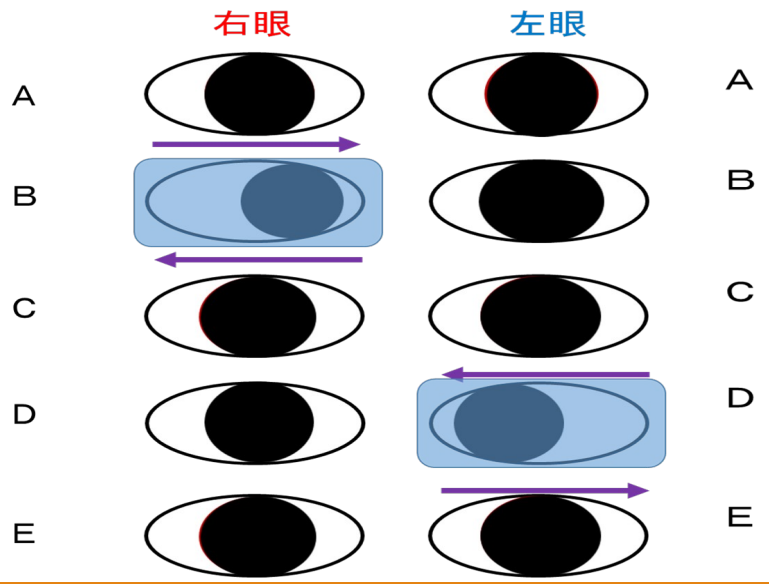
例：内斜視(位)



例：右眼内斜視

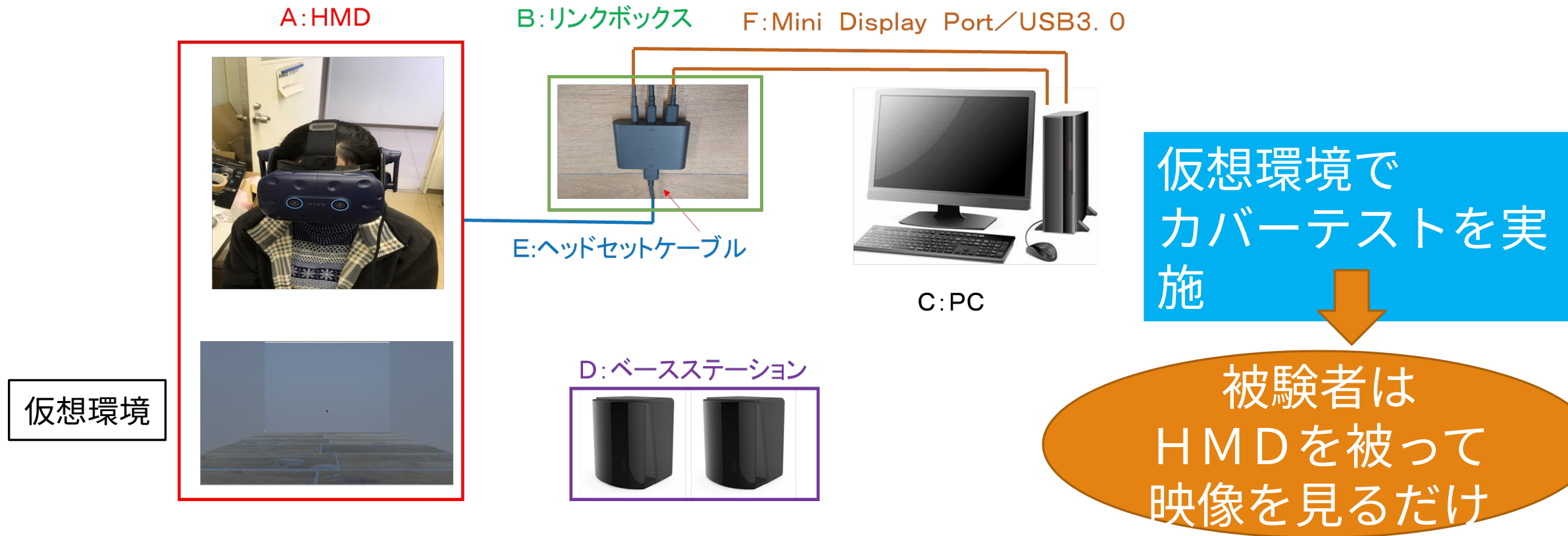


例：内斜位



左 ← 移動方向 → 右左 ← 移動方向 → 右

システム構成



利点：省スペースでの検査の実施・被験者の負担の軽減

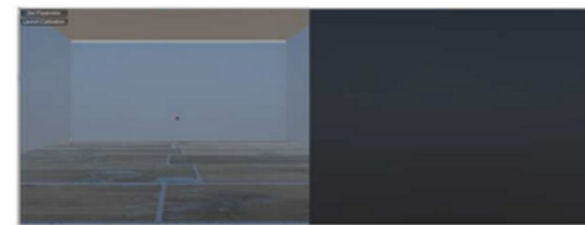
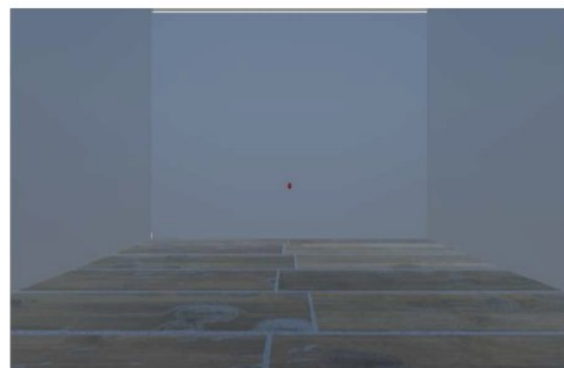
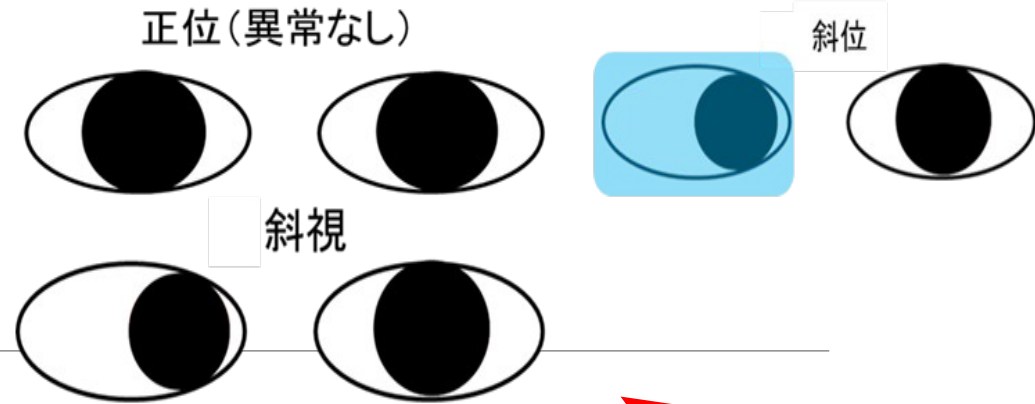
視線追跡機能付きHMD

HTC社製「VIVE Pro Eye」

- 仮想環境を立体的に提示可能
- 映像提示中の眼の動きを取得



システムの流れ



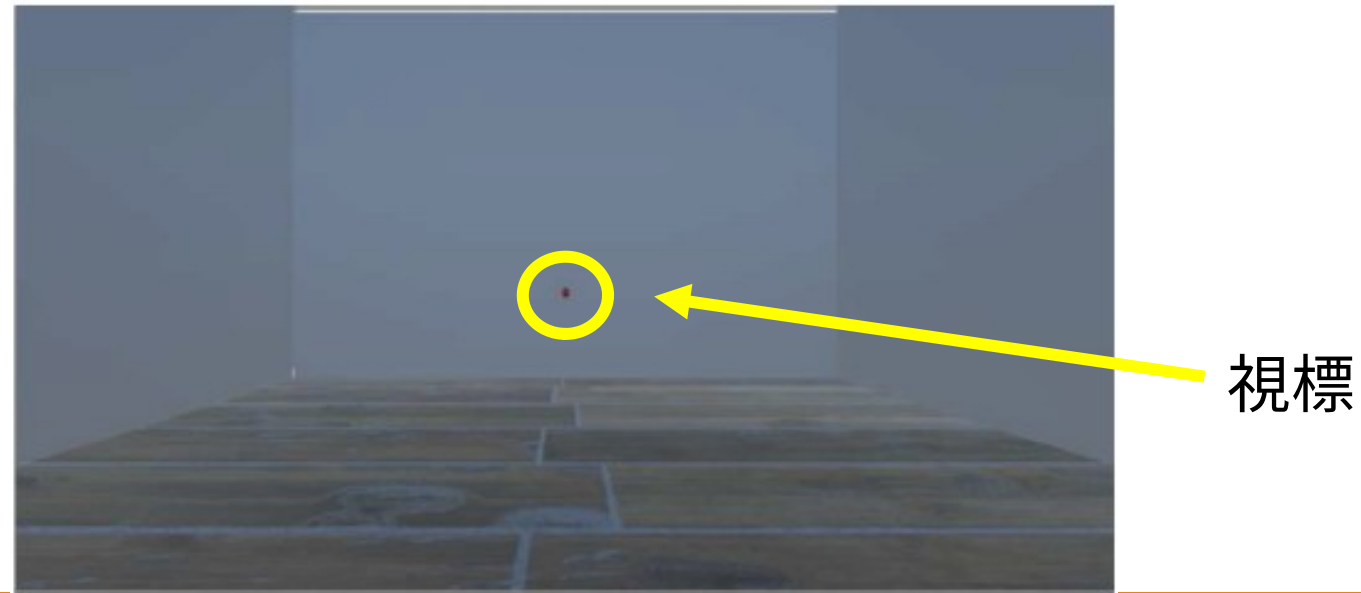
映像の提示

開遮蔽

判定

映像の提示

- 仮想環境に検査室を作成
- 5 m先に視標を提示
- 視標を見ている際の眼の動きを取得



開遮蔽

- 眼前に遮蔽物を置くことで片眼を遮蔽
- A C T及びC U Tの方法に倣って眼を開放・遮蔽

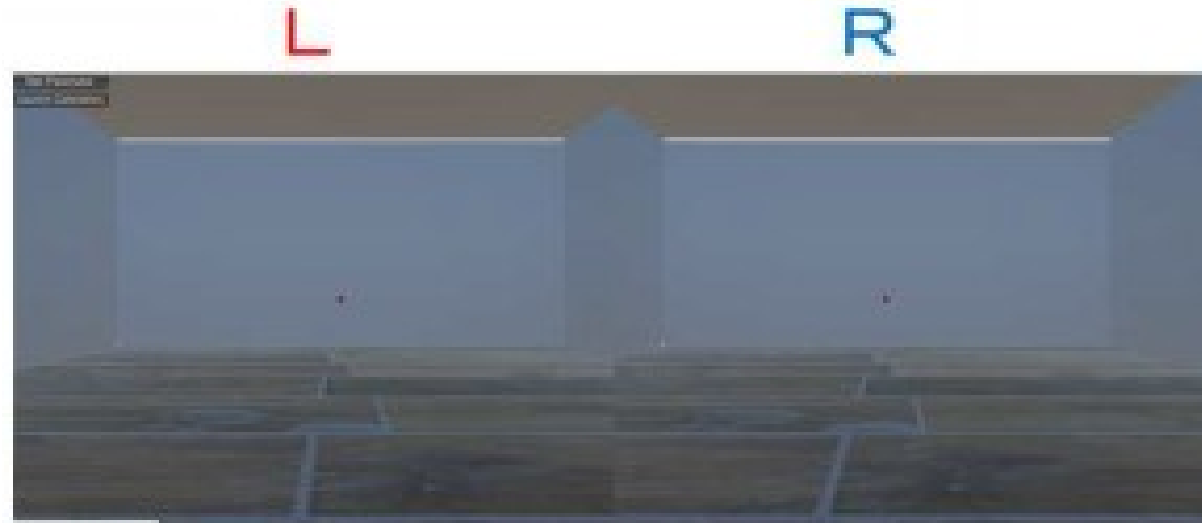
【両眼開放時】



開遮蔽

- 眼前に遮蔽物を置くことで片眼を遮蔽
- A C T及びC U Tの方法に倣って眼を開放・遮蔽

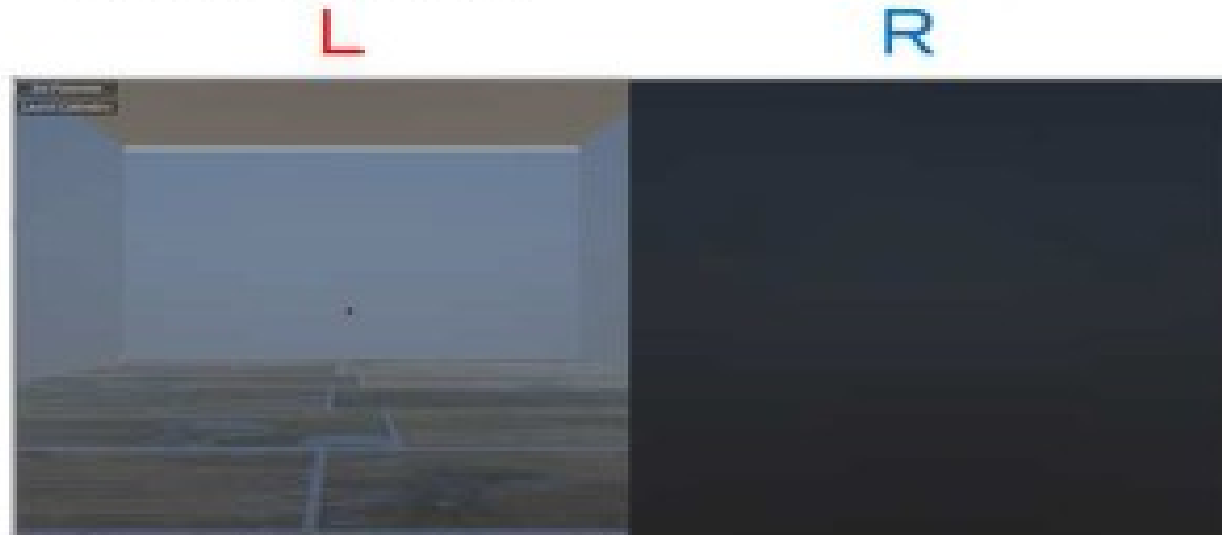
【両眼開放時】



開遮蔽

- 眼前に遮蔽物を置くことで片眼を遮蔽
- A C T及びC U Tの方法に倣って眼を開放・遮蔽

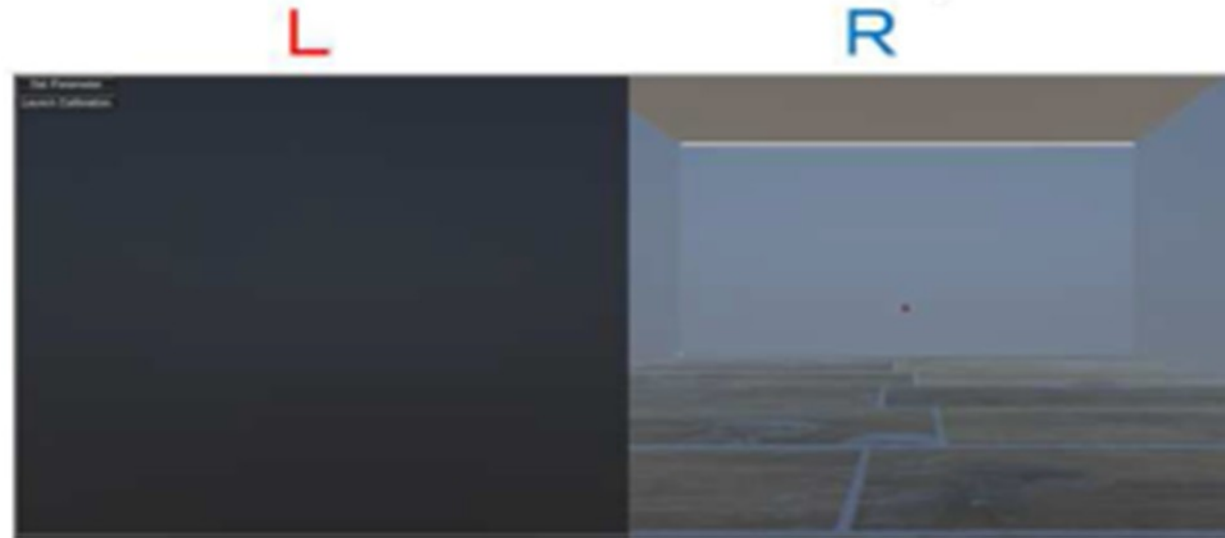
【右眼遮蔽時】



開遮蔽

- 眼前に遮蔽物を置くことで片眼を遮蔽
- A C T及びC U Tの方法に倣って眼を開放・遮蔽

【左眼遮蔽時】



異常量の判定

取得した眼の動きを基に異常量を判定

提案システムでは、A C TとC U Tを実装

本発表ではA C Tのみ発表

A C Tにおける検査手順

開遮蔽の推移

両眼開放



右眼遮蔽・左眼開放

4回繰り返

左眼遮蔽・右眼開放



両眼解放



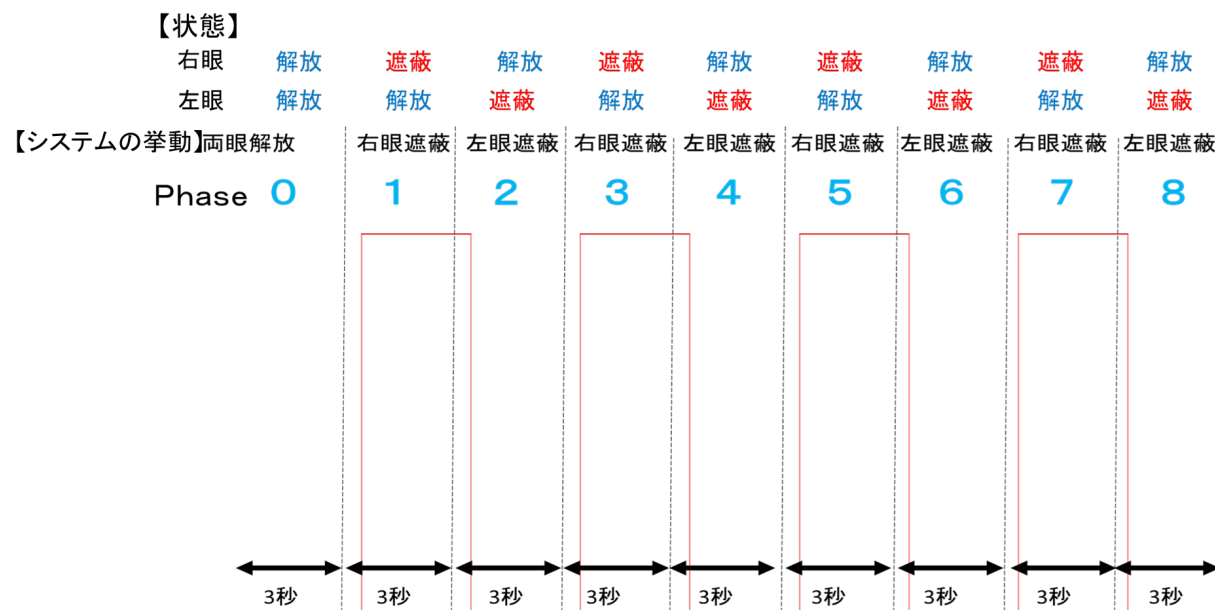
終了

Phase0

Phase1~8

Phase9

各開遮蔽状態は3秒ずつ継続
早い順からPhase0,Phase1...と名付ける



A C T の異常量の判定

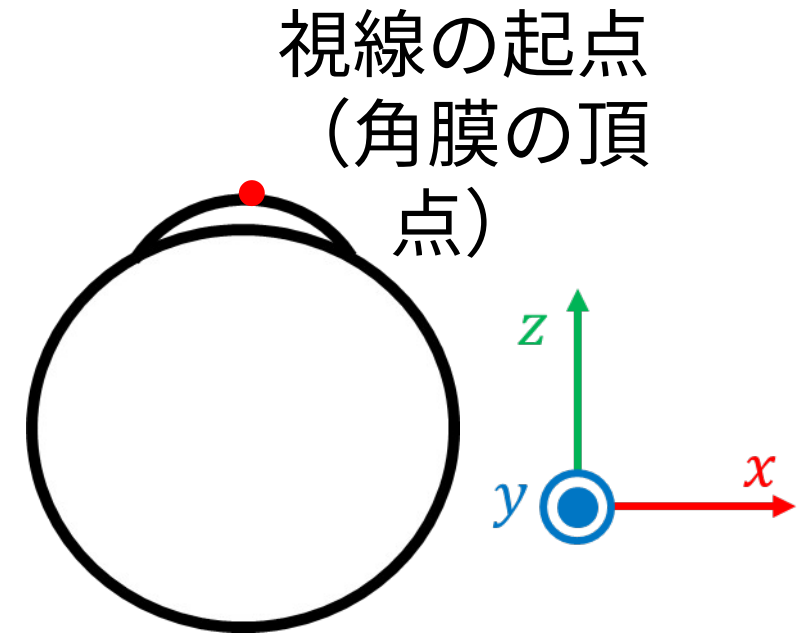
- (1) 眼球データの取得
- (2) 潜時の影響の補正
- (3) プリズム量の計算
- (4) ずれの方向の判定

(1) 眼球データの取得

視線追跡機能を用いて眼球データを取得

視線の起点座標の三次元座標を取得

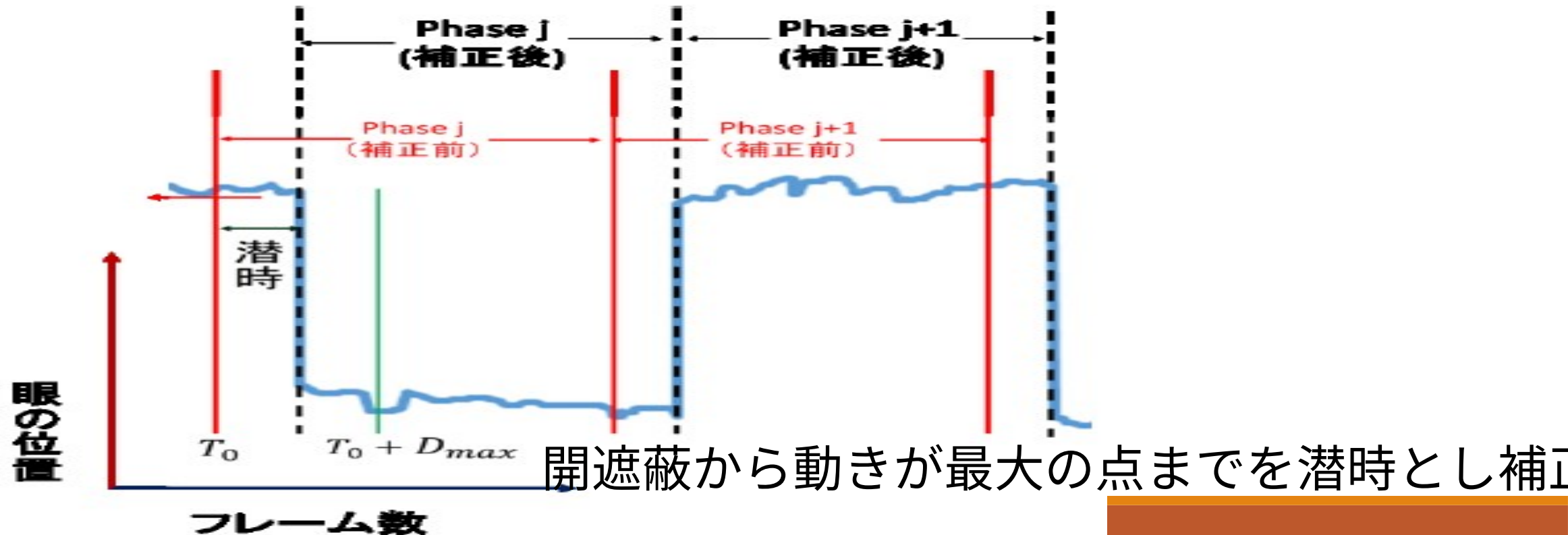
そのうち、 (x,y) 座標のみを使用→眼球データ



(2) 潜時の影響の補正

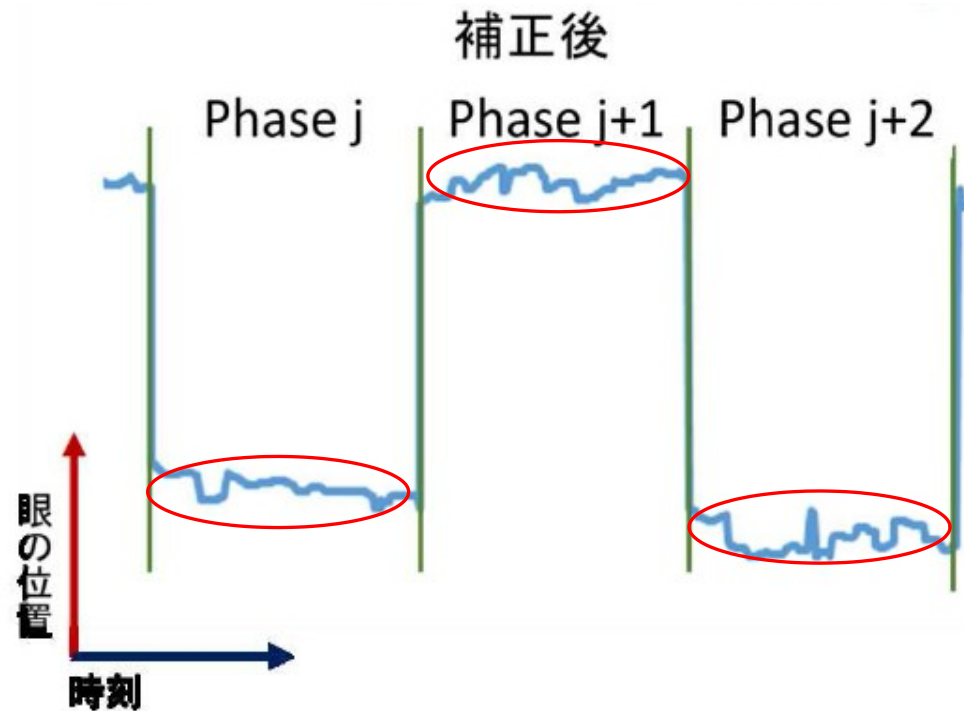
潜時：刺激を受けた際の反応の遅れ

各Phaseの開遮蔽のタイミングに対する潜時の補正



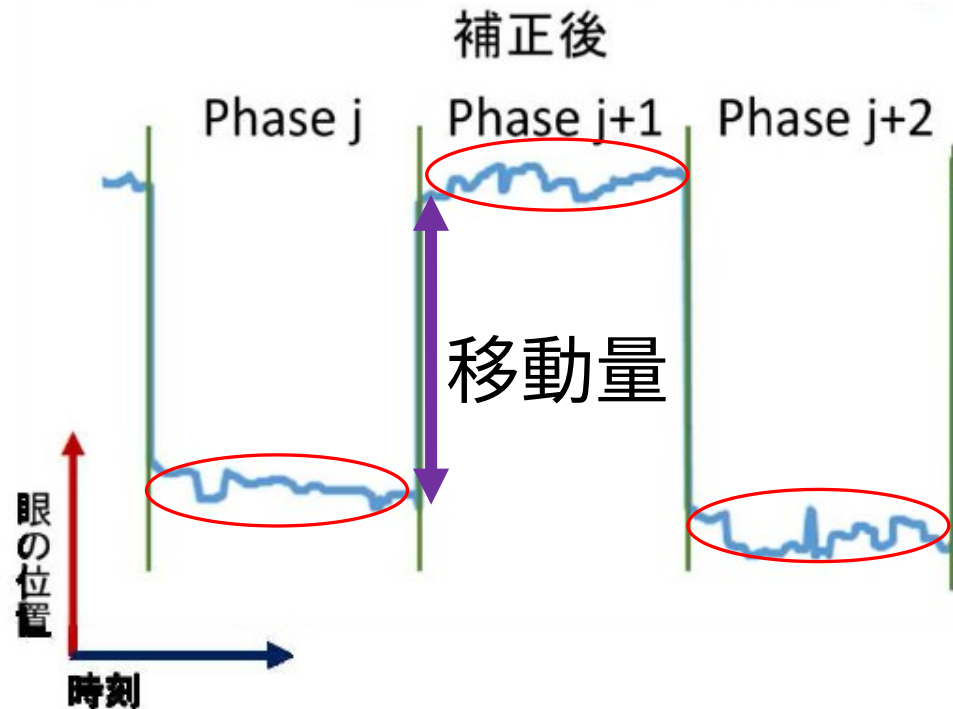
(3) プリズム量の計算 (1 / 3)

各Phase内における眼の位置の平均値 (赤丸内の平均値) を求める



(3) プリズム量の計算 (2 / 3)

移動量として、前後のPhaseの平均値の差を求める

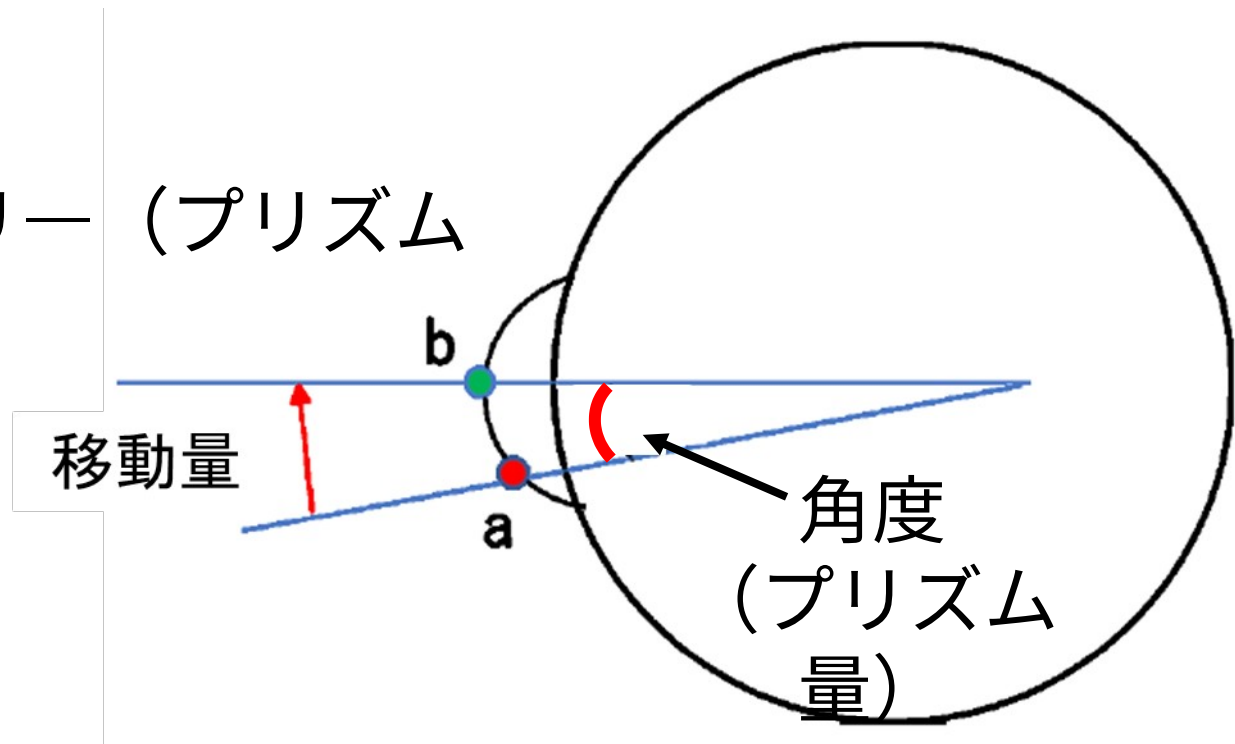


(3) プリズム量の計算 (3 / 3)

移動量から、ずれの角度 (プリズム量) を求める

$$1 \triangle = 0.57^\circ$$

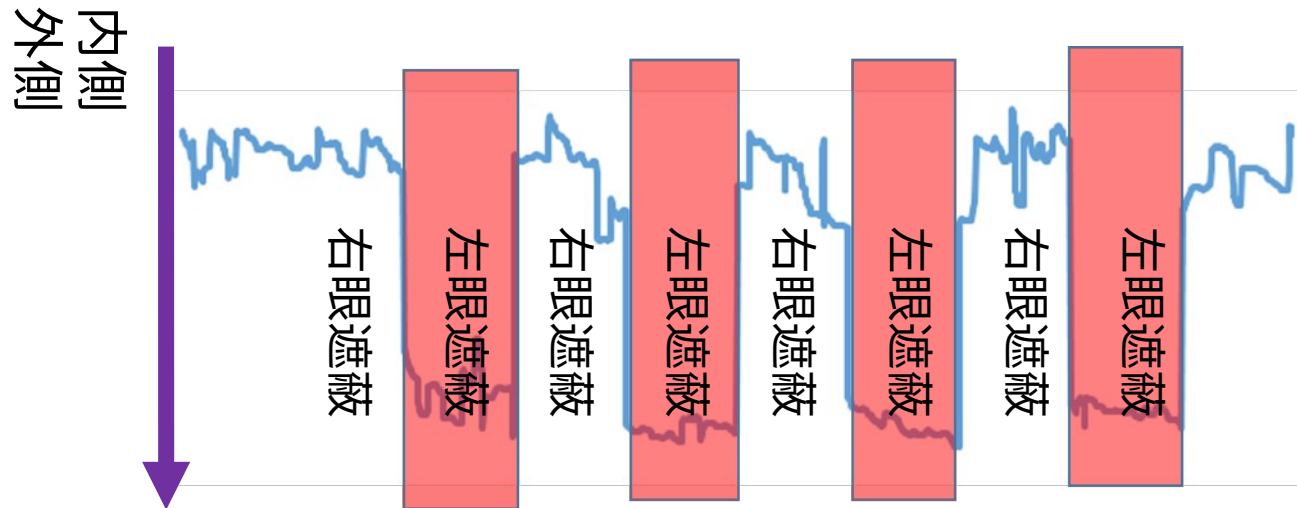
\triangle : プリズムジオプトリー (プリズムの単位)



(4) ずれの方向の判定

左眼を基準とする

遮蔽時の動き：外向き⇒外斜視（位）、内向き⇒内斜視（位）



実験の目的

提案システムの精度評価

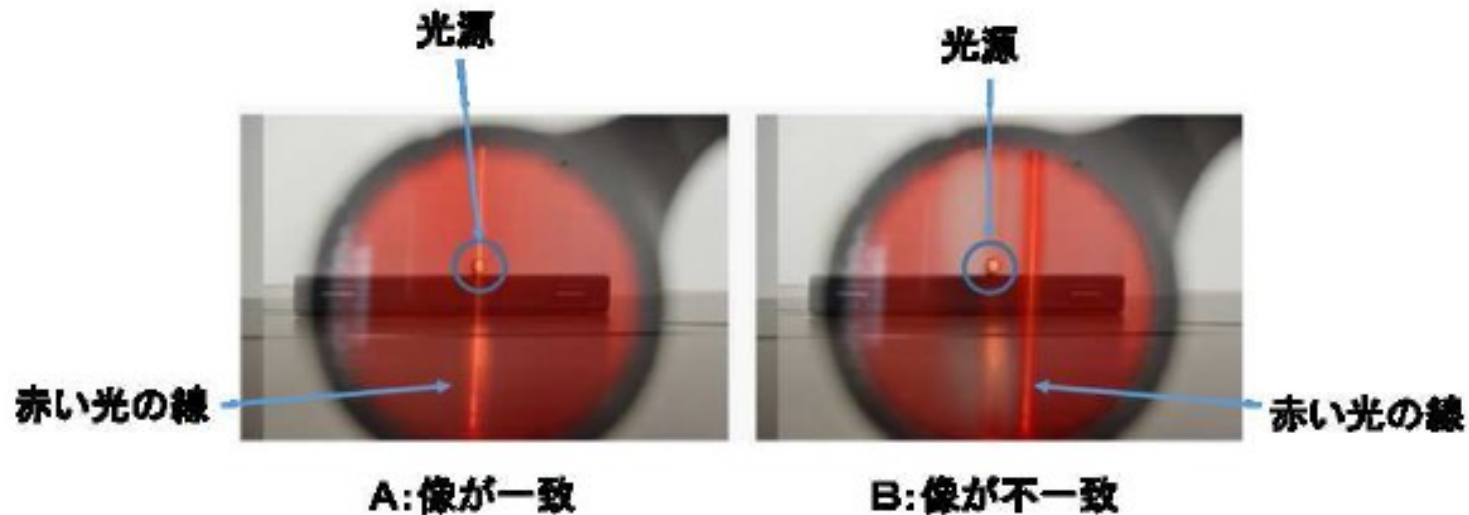
被験者：宮崎大学工学部 学生・職員 16名

1. Maddox 小桿を用いた定量的眼位検査(以後、Maddox 検査と略記)
2. 提案システムで A C T 検査 (全偏位量をMaddox検査と比較)
3. 提案システムで C U T 検査 (斜視量+斜位量=全偏位量としMaddox検査と比較)

Maddox検査

斜視の程度を測る検査（定量検査）の1つ

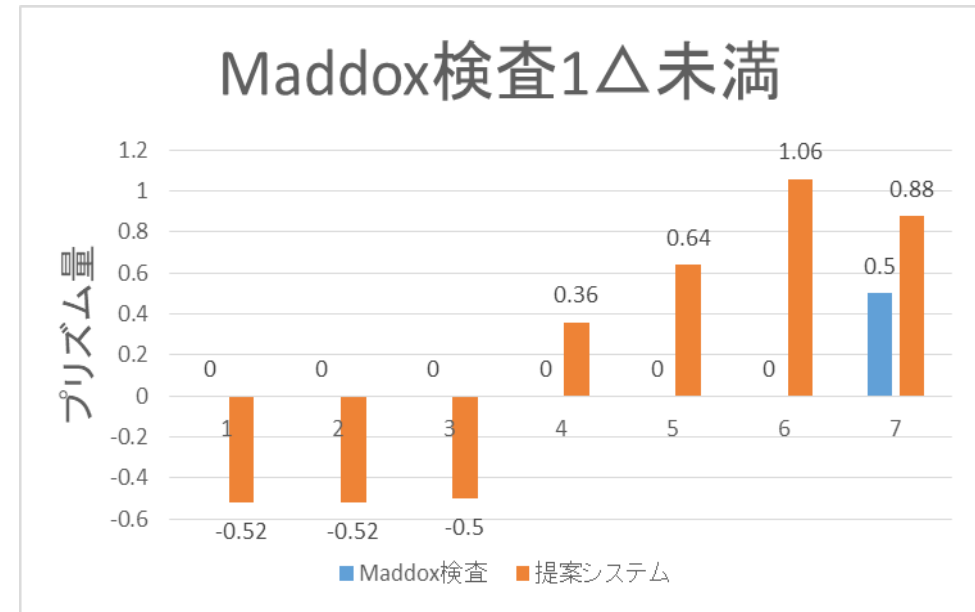
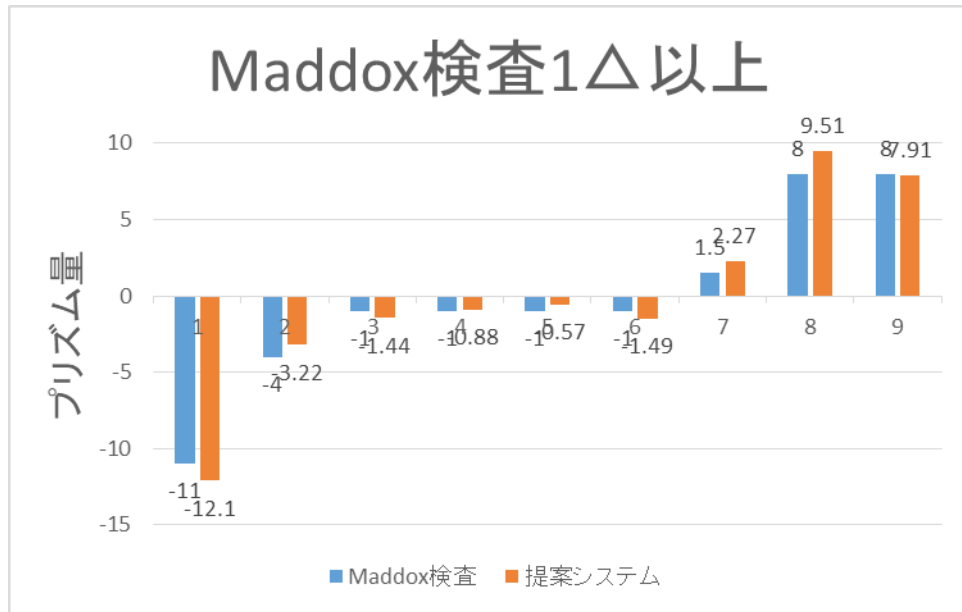
- 光源をMaddox小稜を通して見る
- 像の一致不一致で程度を測定
- ずれの程度をプリズム量（ Δ ）で評価



実験結果

A C T (水平方向)

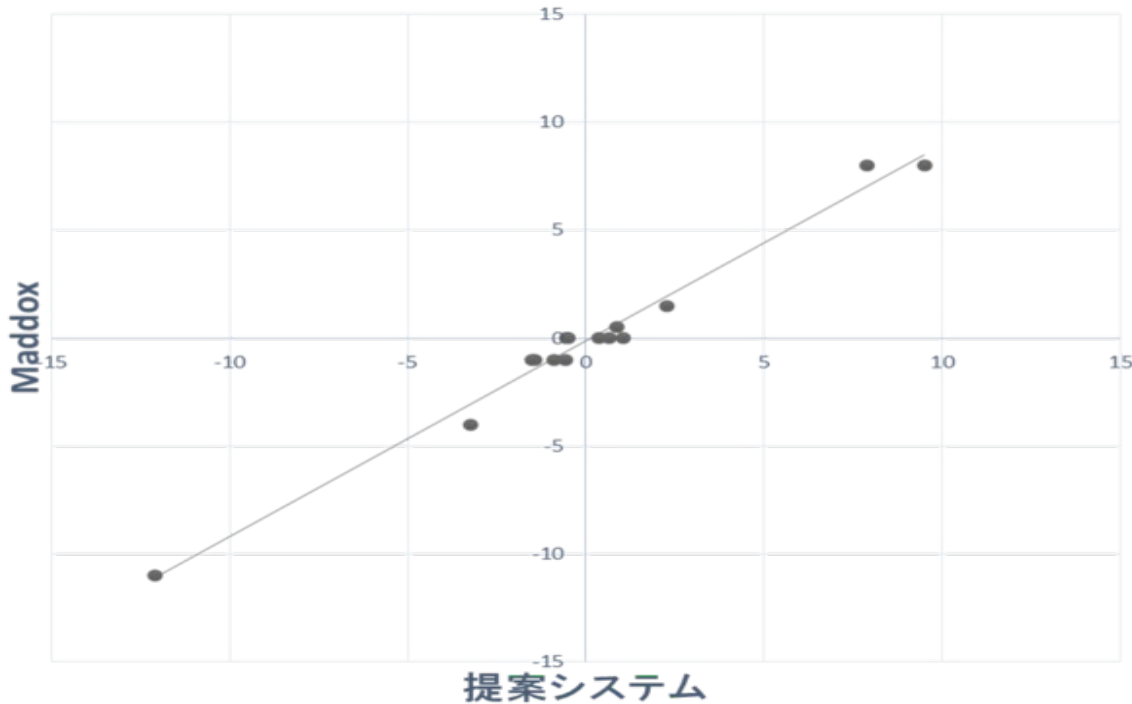
＋：内斜視 (位) －：外斜視 (位)



実験結果

A C T 水平方向 (内外斜視 (位))

提案システム-Maddox (水平方向)

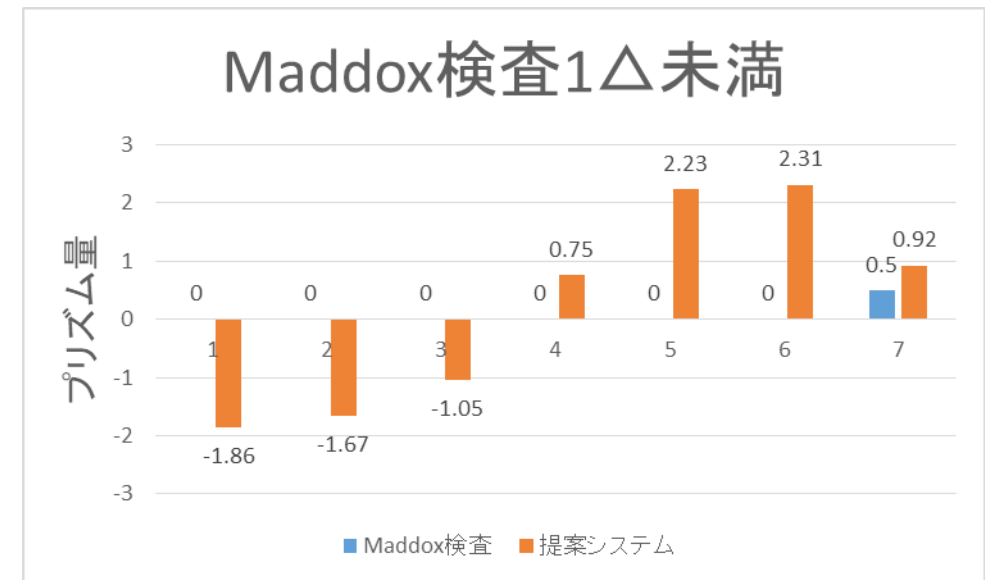
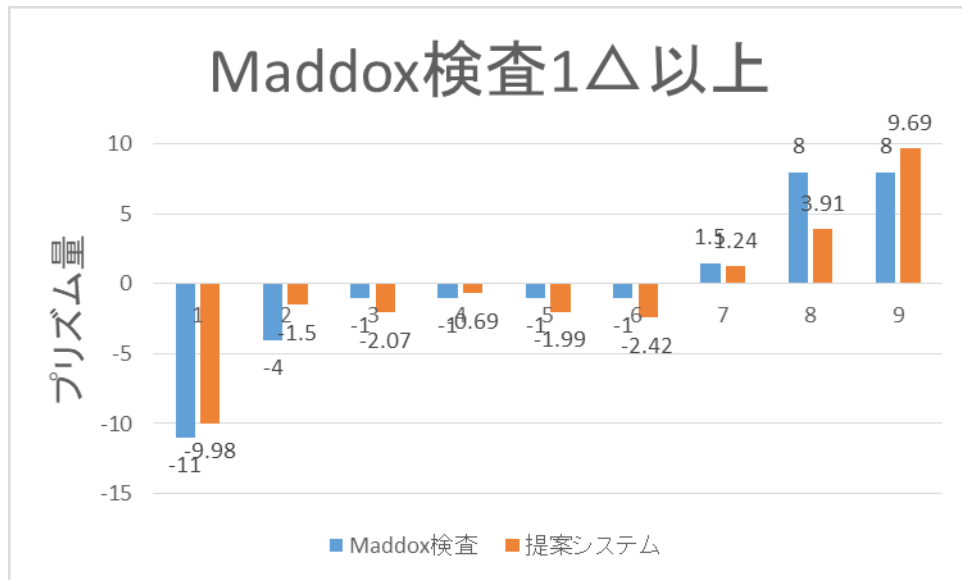


平均誤差	0.61△
相関係数	0.956 (非常に強い相関)
p値	2.11×10^{-4} ($p < 0.01$ 有意差なし)

十分な検出精度が得られた

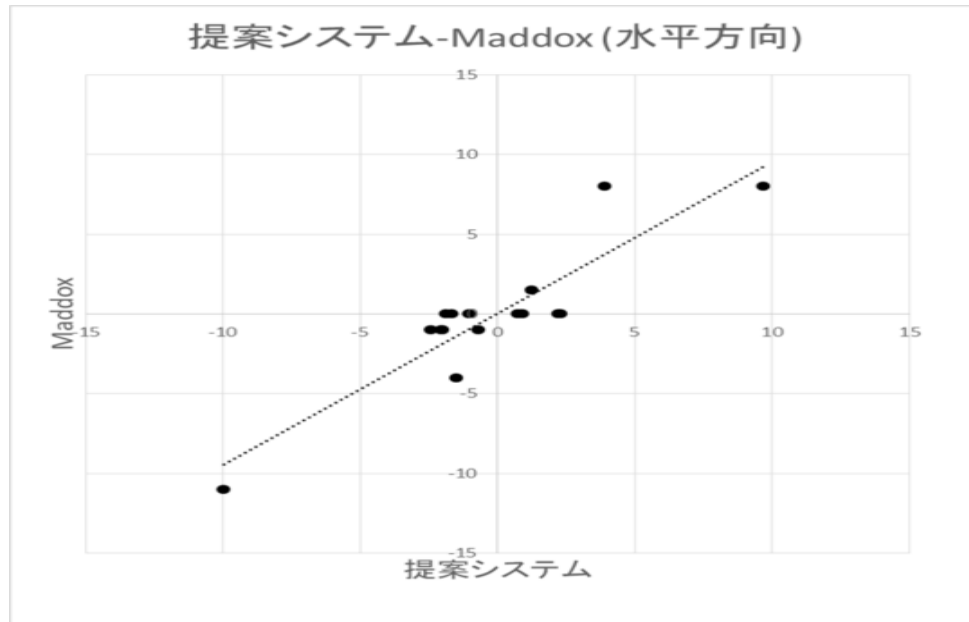
実験結果

CUT 水平方向 (内外斜視 (位))



実験結果

CUT 水平方向 (内外斜視 (位))

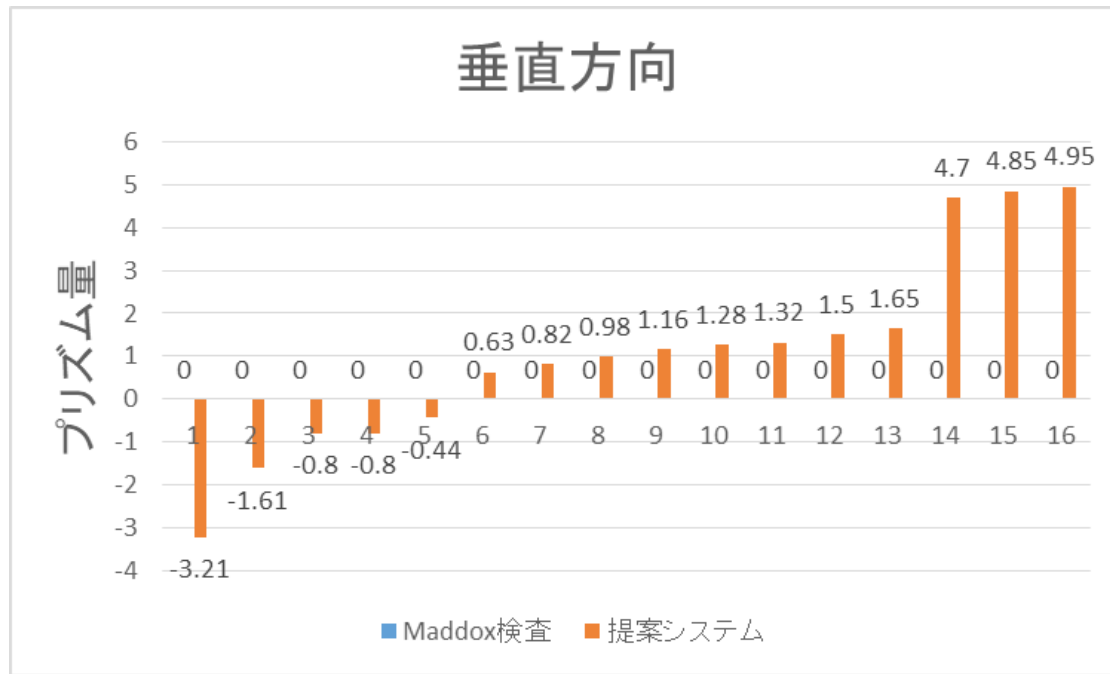


平均誤差	1.50△
相関係数	0.810 (強い相関)
p値	1.71×10^{-3} ($p < 0.01$ 有意差なし)

強い相関が得られたが
精度はACTに劣る

実験結果

A C T 垂直方向（上下斜視（位））



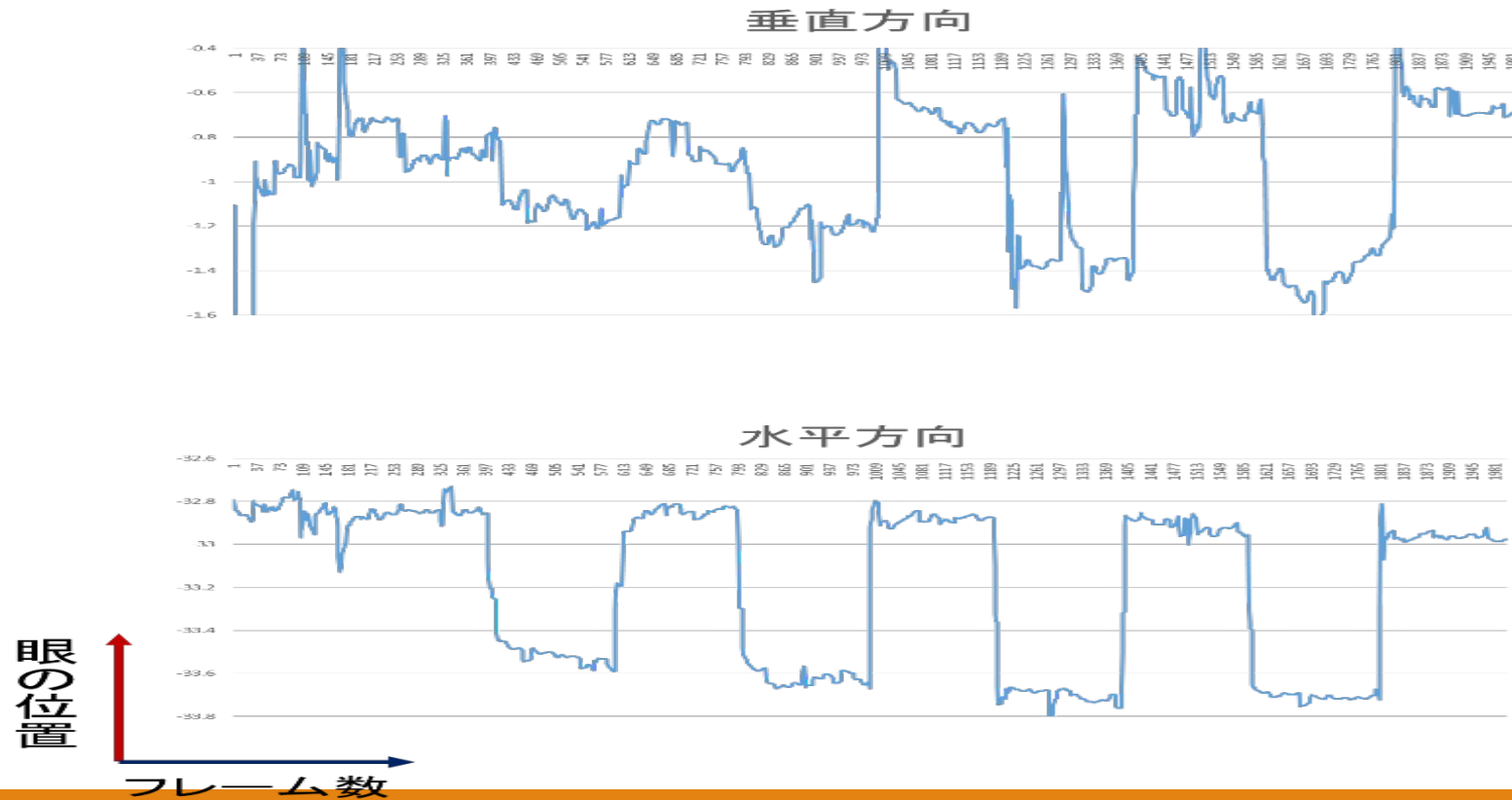
平均誤差

1.92△

異常がないにも関わらず
異常と判定している

実験結果

水平方向の動きが垂直方向に加算されてしまう



まとめ

HMDを使った斜視斜位検査の自動化を実施した

- 水平方向に対しては高い精度が得られた
- 垂直方向に対しては精度が悪かった

今後の課題

- 垂直方向と水平方向の動きの分離

ご清聴ありがとうございました

終わり

CUTにおける検査手順

システムにおける開遮蔽の推移

両眼開放

↓

右眼遮蔽

↓

右眼開放

↓

左眼遮蔽

↓

左眼解放

↓

終了

Phase0

Phase1・5・9

Phase2・6・10

Phase3・7・11

Phase4・8・12

Phase13

各開遮蔽状態は3秒ずつ継続し、
早い順からPhase0,Phase1...と名付ける

CUTの異常量の判定

- (1) 眼球データの取得
- (2) 潜時の影響の補正
- (3) プリズム量 (斜視量) の計算
- (4) プリズム量 (斜位量) の計算
- (5) ずれの方向の判定

見ているところ

