

空間視の際の両眼の注視点

松永・早見・綾の研究による

1

本論文の目的

眼球運動計測を通して、

- 1) 人の空間視特性、および、
脳の活動水準を明らかにする。
- 2) 本研究の成果を、
情報システム構築に役立てる。

2

本論文の概要

- 1章. 序論(研究の背景)
- 2章. 眼球運動計測法
および
眼球運動特性の検討
- 3章. 注視点と効き目、非効き目の視線
および
3次元視点測定法の検討
- 4章. 眼前部映像分析による
脳の活動水準の測定法の開発
- 5章. 総論

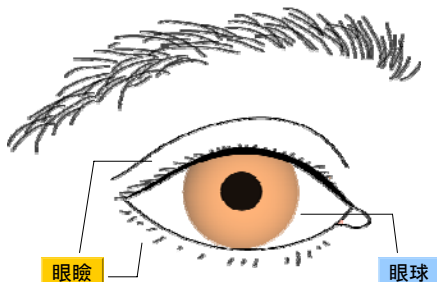
3

第1章 序論

- 眼球について
- 眼球運動の計測方法について
- 本論文の流れ

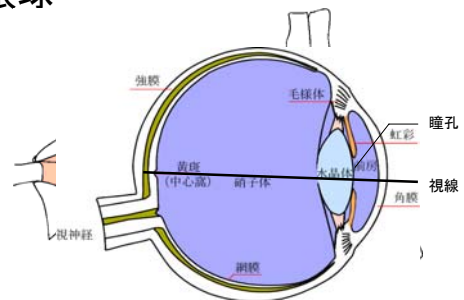
4

目の外観



5

眼球



6

眼球運動

単眼性運動(第2章)

垂直運動(ϕ)
水平運動(θ)
回旋運動(ψ)

両眼性運動(第3章)

同側性運動

異側性運動(輻輳開散運動)

7

眼球運動の計測技術

映像法

瞳孔 角膜反射像

非接触
非侵襲
高精度

EOG法

塩化銀電極

生体アンプへ

強膜反射法

発光素子 → 受光素子

サーチコイル法

磁場勾配

磁場勾配

コイル内蔵コンタクトレンズ

8

情報システム
(人工現実感システム, 交通システム)

人

眼球運動
計測装置

情報機械系

人を取り込んだ情報システムの実現

9

注視課題

心理・生理的な状態

注視方向

注視距離

覚醒水準

精度が重要

眼球運動 表出

計測

⇄

推定

眼球運動の計測によって注視行動を知る。

10

注視方向の推定

- 背景
- 瞳孔中心法
- 平面モデルと楕円体モデル
- 実験と考察

11

眼球運動計測による注視方向の推定

- 注視方向を計測によって客観的に得る技術は, 将来のロボット技術に応用することができ, 人間の環境認識の仕組みを探る上でも有用である。

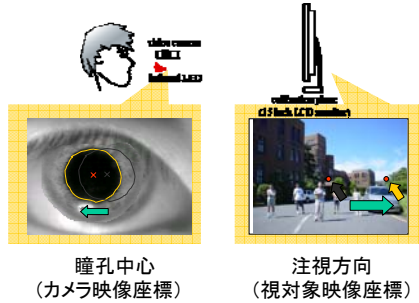
しかし, 現在の技術は計測値と主観的な注視方向との間のズレをなくすことには成功していない。

⇓

注視方向の推定精度を高めることはできないか?

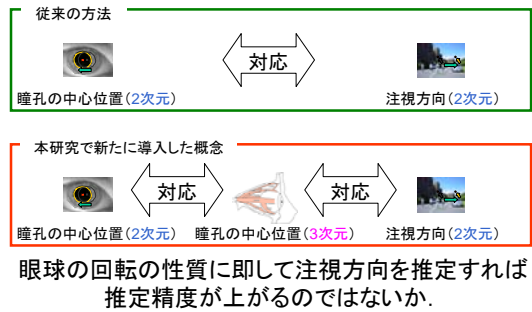
12

瞳孔中心法による注視方向の推定



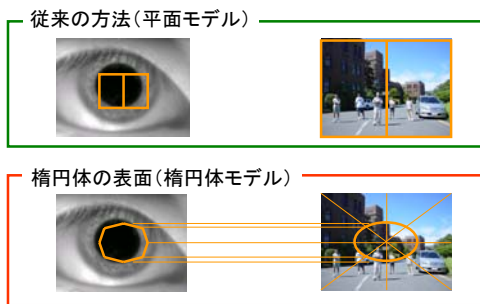
13

眼球の回転モデルの導入



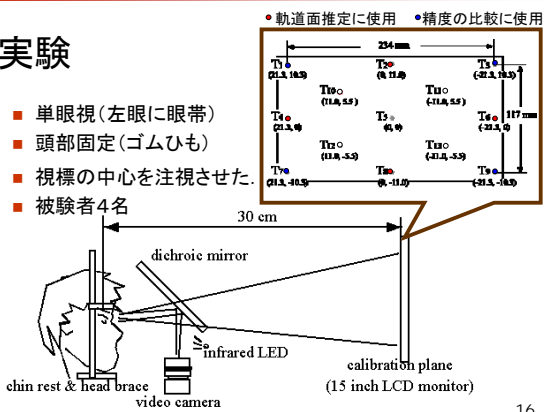
14

平面モデルと楕円体モデル



15

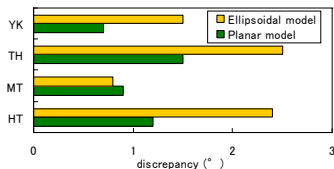
実験



16

結果

注視方向の推定精度



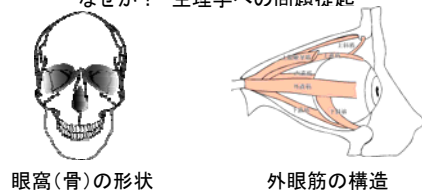
- 楕円体モデルよりも平面モデルのほうが注視方向を精度良く推定できる。

17

考察

注視点の推定方法としては楕円体モデルよりも従来の平面モデルのほうが優れている。

なぜか？ 生理学への問題提起



18

結論

- 注視方向は：
楕円体モデルより
平面モデルの方が
高い精度で推定できる。

19

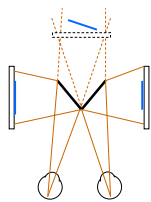
注視距離の推定

- 背景
- 輻輳と注視距離
- 利き目
- 視線の収束点

20

立体映像呈示装置 (Stereoscopic Display)

- バーチャルリアリティ(人工現実感)の
基本技術



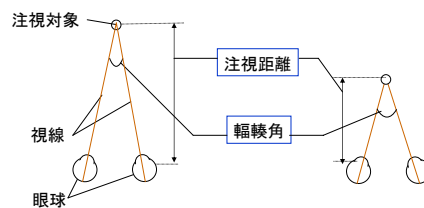
奥行感の正確な再現は難しく、
バーチャルリアリティ技術の成否の
カギとされている。

奥行知覚：
両眼視差，運動，輝度，大きさ，
経験的な知識などが影響する。

21

輻輳角による注視距離の推定

- 注視距離が近くなると、輻輳角は増加する。



両眼の視線の計測で注視距離を推定できる。

22

注視距離推定技術の応用例

- 視線入力装置



入力画面

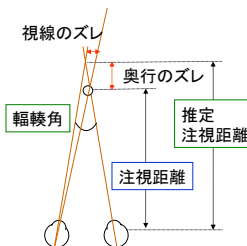
奥行のある
キーボード

空間内の注視点(注視点)は距離と方向によって決定される。

本章 前章

23

視線のズレ

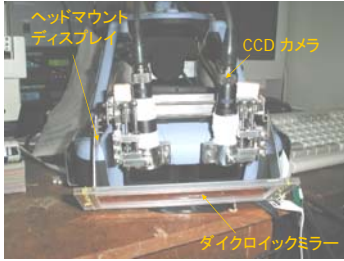


- 両眼の視線を測定した結果、両眼の視線の交点と注視対象の間にはズレがあった(井谷 修士論文 2000;早見ら, 200X)。

- 利き目と視線の関係を知ることによって注視距離の推定精度は向上するのではないか。

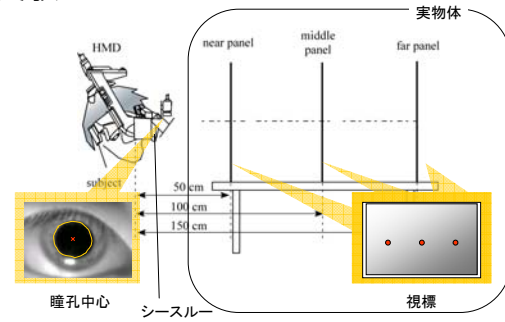
24

眼球運動計測装置



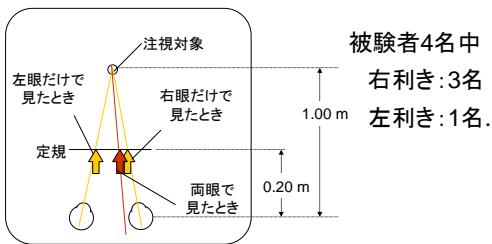
25

実験



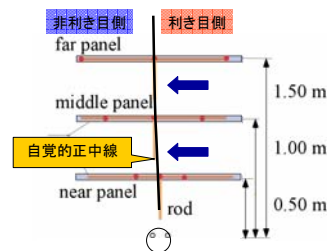
26

利き目の検査



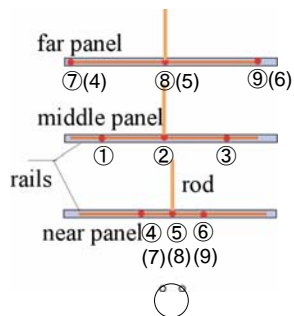
27

視標の位置の調整



28

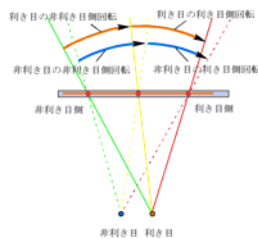
測定



29

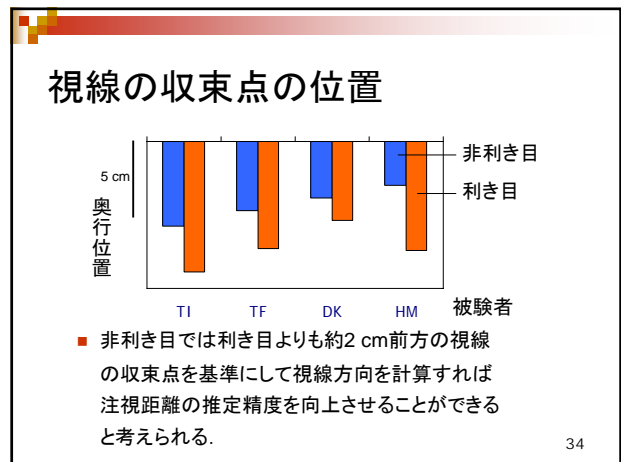
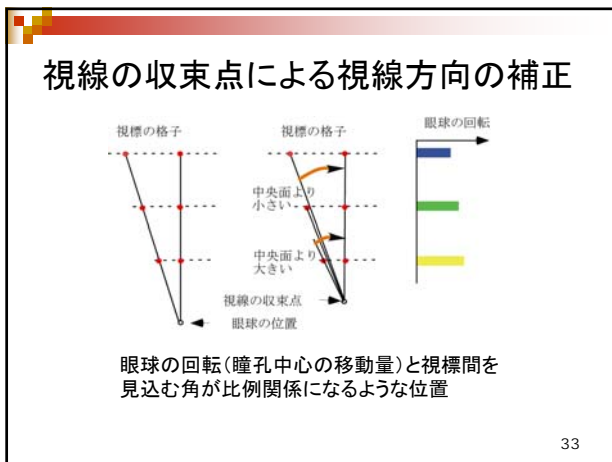
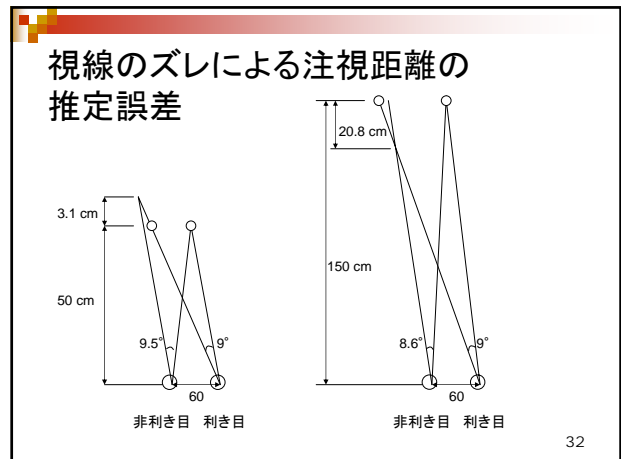
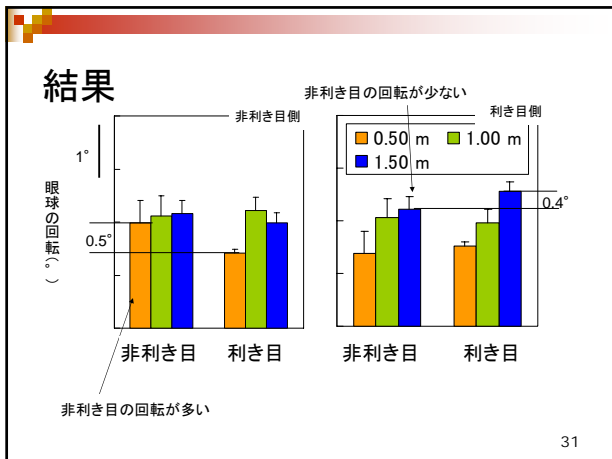
分析

- 両眼視で注視方向を変えたときの、利き目と非利き目それぞれの眼球の回転を比較した。



- 視標は9° 間隔に配置
- 中央面を基準として較正を行った。

30



結論

- 眼球運動計測による注視距離の推定においては、非利き目の視線が注視対象からやや外れていることを考慮した視線の収束点による補正を加えれば精度を向上できると考えられる。

47



眼前の物体を両眼で注視する時

眼球を注視対象に向け、左右眼球の網膜像を融合させて像を知覚する。



両眼で物を見るとき一方の目が優位に物体の位置をとらえていない場合があった。

37

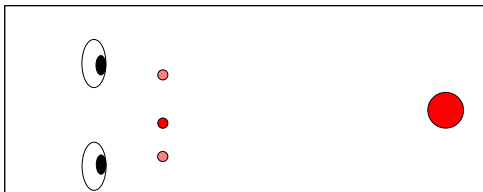
利き目について

- 利き腕や利き足のように物を見るときに優位に働くほうの目である

注視方向の精度について利き目は優位に働くのか？

38

利き目の測定



両眼で観察したときに遠視標と重なる近視標の位置(両眼視一致近指標位置)が、左右眼それぞれの単眼視一致近視標位置のどちらに近いかを調べた。

39

予備実験結果

被験者の眼前に設置された物体注視時の利き目、非利き目の注視方向を測定した。



被験者が正確な奥行き情報を必要とする場合視線方向の精度は変化するか？

40

実験1 実空間における奥行き知覚の必要な作業における左右眼の視線の方向

41

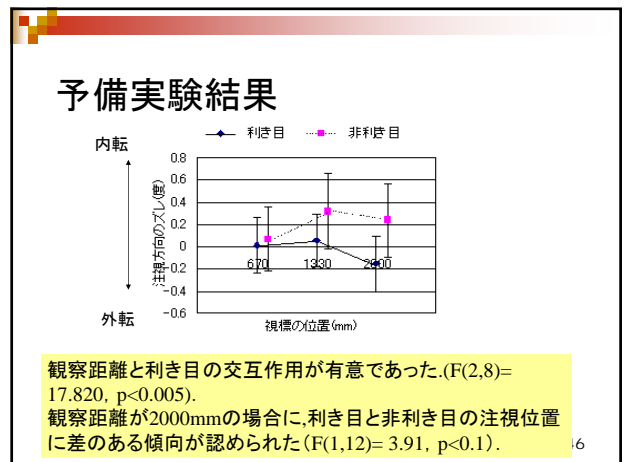
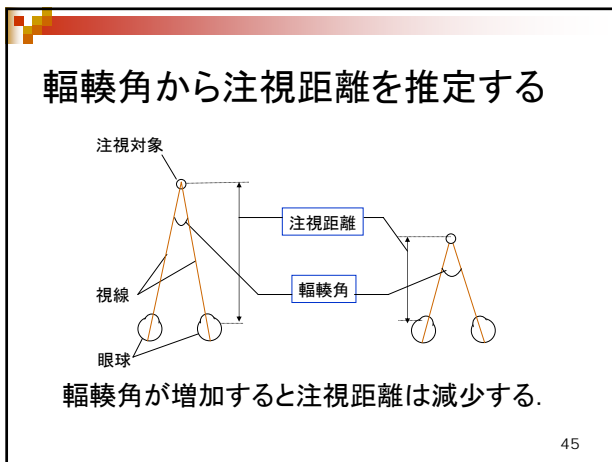
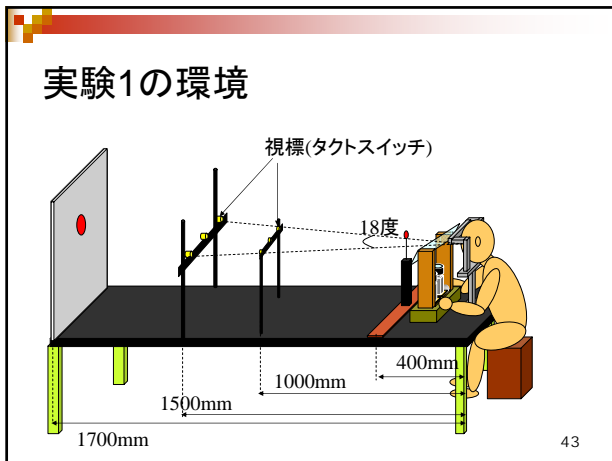
実験1の目的

精度の高い奥行き情報の必要な作業の場合は、漠然と対象物を注視する場合と比較し、両眼とも、正確に対象を捉えていると予測される。

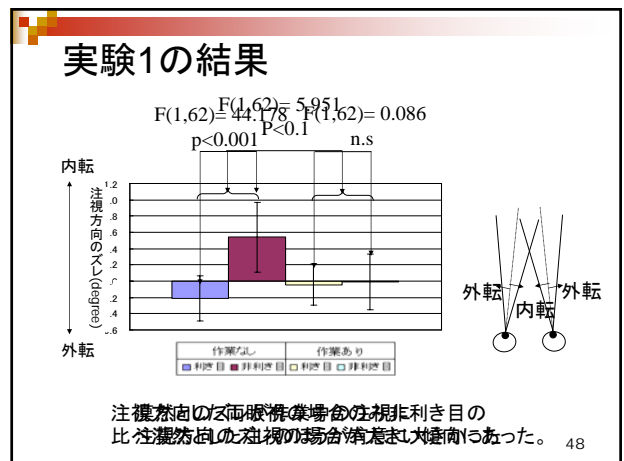


単に物体を注視する場合と、棒で物体を押下しながら注視する場合の眼球の向きを比較した。

42



- ### 実験1の内容
- 被験者
 - 20代~30代の男子大学生と男子大学院生の4名
 - ・右利き目 1名
 - ・左利き目 3名
 - 測定項目
 - 視線方向
 - 測定回数(各注視方法)
 - 2(距離別) × 3(方向) × 4(視標の順序) × 2(繰り返し) = 48試行
- 47



実験1の考察

漠然と物体を注視した場合

利き目,非利き目の注視方向の有意なズレの差は漠然と物体を注視したときにのみ



精度の高い距離情報が必要でない場合の両眼視においては,人の脳は情報処理負荷を小さくしようとして,利き目の情報を主に処理していると推測される。

49

実験1の考察

距離感の必要な作業下での注視の場合

作業下での注視の場合においては,注視方向のズレは小さい。



物体の押下作業では,より精度の高い奥行き情報を得ようとして両眼とも正確に注視対象に視線が向けられている。

50

実験2 仮想空間における奥行き知覚の必要な作業における左右眼の視線の方向

51

実験2の目的

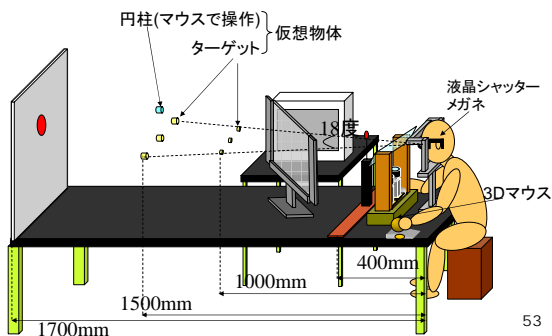
精度の高い奥行き情報の必要な作業の場合は,漠然と対象物を注視する場合に比較し,両眼とも,正確に対象を捉えていた



人工現実感空間で作業がある場合,ない場合の注視におけるそれぞれの視線方向を比較した

52

実験2の環境



53

実験2の内容

- ・ポインティング作業
人工現実感空間で視標を注視しながら円柱を3Dマウスで操作しターゲットに接触させる

被験者

20代の男子大学生と男子大学院生の4名

- ・右利き目 2名
- ・左利き目 2名

測定回数(各注視方法)

2(距離別) × 3(方向) × 4(ターゲットの順序) × 2(繰り返し)
=48試行

54

作業画面

3Dマウスで円柱を操作し
視標の真上から押下させる

55

実験2の結果

$F(1,62) = 8.815$
 $P < 0.01$

注視方向のズレが作業中の注視に
比べ漠然と注視する場合が有意に大きかった

56

実験2の結果

$F(1,62) = 39.062$ $F(1,62) = 2.384$
 $P < 0.001$ $n.s$

漠然とした両眼視の場合のみ非利き目の
注視方向のズレのほうが有意に大きかった

57

実験2の考察

- 結果
 - 実物体での実験と同じような結果が得られた。
 - 仮想現実感空間においても
 - ・ 視線方向の精度は距離感の必要な作業においてあがる
 - ・ ただ注視する場合において非利き目の精度は悪くなる

↓

脳の情報処理付加を減少させている

58

運転作業

常に前方を注視することが要求される。

障害物, 赤信号,
停止標識等

➡

ブレーキペダル
踏下

注視機能は働いているか、それとも働いていないのか？

2, 3章

↑

本章

↑

↓

覚醒水準の推定

59

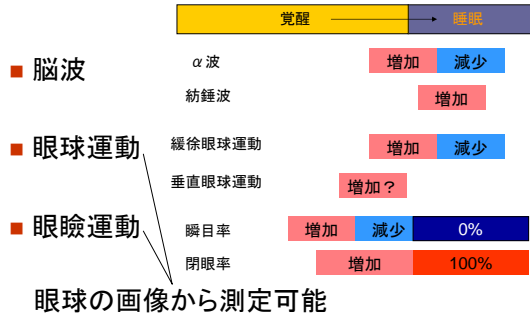
覚醒水準の推定技術の応用

- 自動車の安全システム
 - 高い覚醒水準
 - 十分な進行方向空間を保持できる。
 -
 - 低い覚醒水準
 - 十分な進行方向空間を保持できない。
 -

覚醒水準の低下を自動的に、しかもできるだけ短時間の分析で検出できれば交通事故を防止できる。

60

覚醒水準の生理指標



61

覚醒水準の生理指標

■ 脳波・眼球運動・眼瞼運動
上記のいずれも、高い精度・短時間の分析には成功していない。

● 眼前部映像による分析を試みる。

62

実験

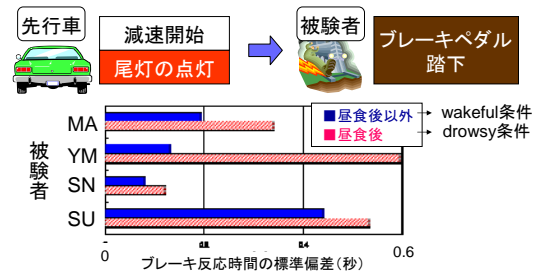


■ ドライビングシミュレータ上の直線道路の運転(1回約15分)を昼食後とそれ以外の時間帯(昼食前または夕食前)に行わせた。
■ 被験者4名

ブレーキ反応時間と眼球画像を記録した。

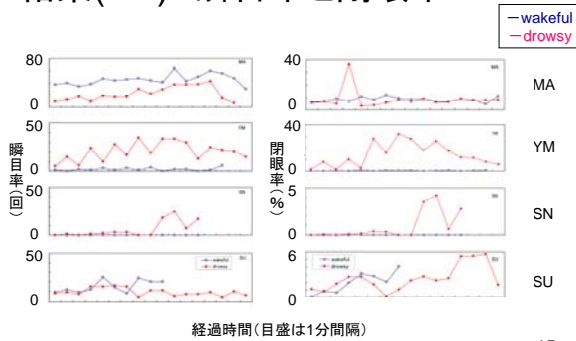
63

ブレーキ反応時間



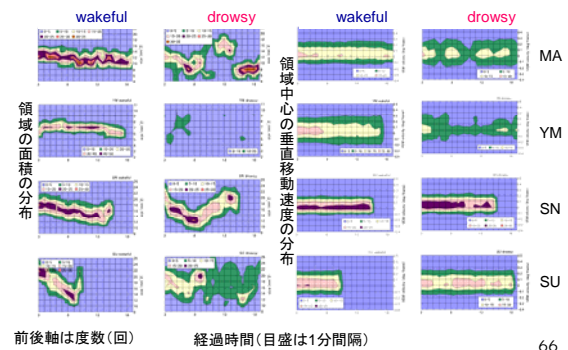
64

結果(1/2) 瞬目率と閉眼率

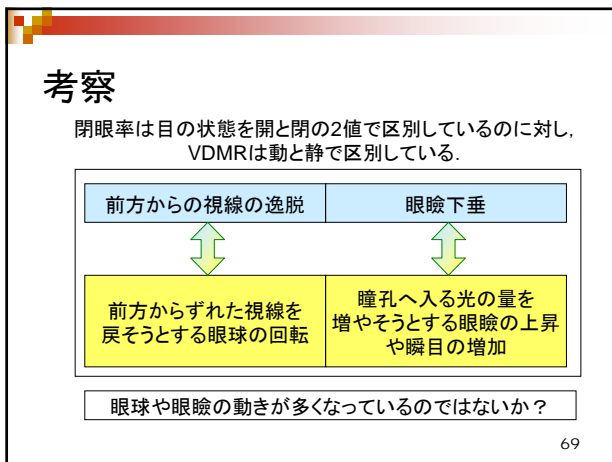
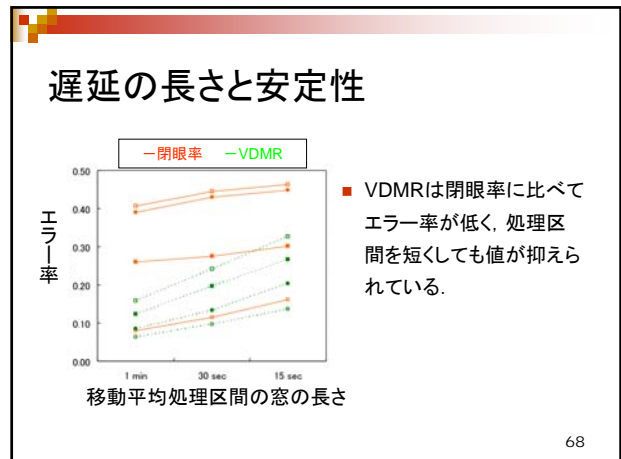
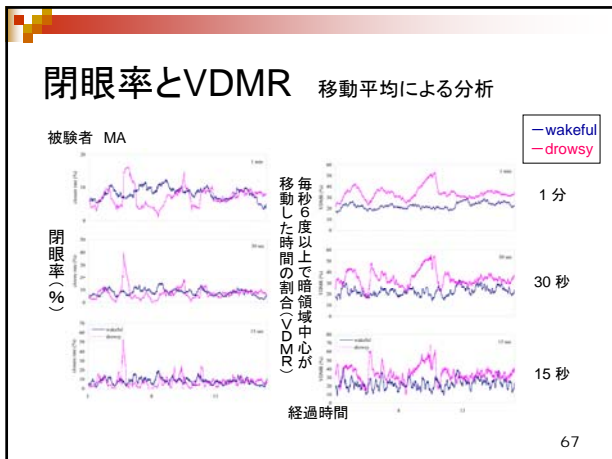


65

結果(2/2) 暗領域の面積と中心の垂直移動速度



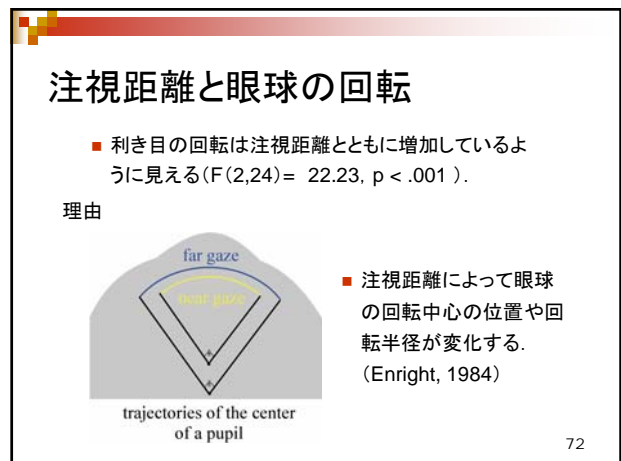
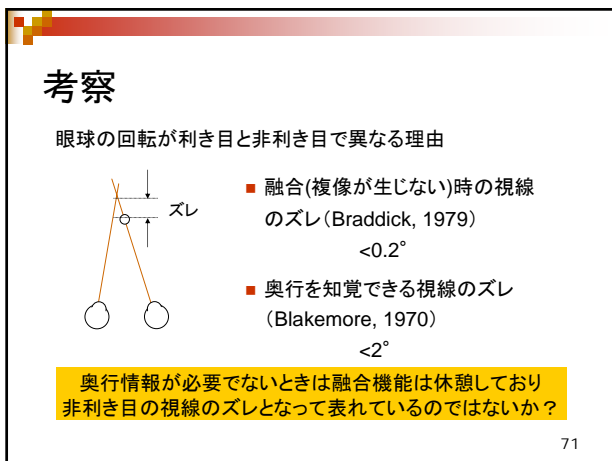
66



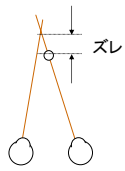
第4章の結論

- 暗領域の中心の移動速度の分析は、覚醒水準の低下を短い遅延で検出し得る指標として有望である。

70



眼球の回転が利き目と非利き目で異なる理由



- 融合(複像が生じない)時の視線のズレ (Braddick, 1979) $<0.2^\circ$
- 奥行を知覚できる視線のズレ (Blakemore, 1970) $<2^\circ$

奥行情報が必要でないときは融合機能は休憩しており非利き目の視線のズレとなって表れているのではないか？

73

覚醒水準を表す眼球・眼瞼運動

緩徐眼球運動 水平方向の遅い回転

垂直眼球運動 垂直方向の速い回転

瞬目率 一定時間内に発生した瞬目の回数

閉眼率 一定時間内に目が閉じている時間の割合

74

(成果)

眼球運動の計測

眼球運動の性質 角張った軌道面
非利き目のズレ
低覚醒水準時の運動

人の心理・生理的な状態

注視課題遂行時の注視対象 精度良く
覚醒水準 推定できる

人工現実感システム ———— 交通システム ————

75