

# 修士論文

カーブ中の視野映像の動きが  
ドライビングシミュレータ酔いに及ぼす  
影響

平成 24 年度修了

三重大学大学院 工学研究科

博士前期課程 情報工学専攻

百瀬 智英



# 要旨

## 1 はじめに

近年、自動車のドライビングシミュレータが普及し、自動車学校や初心者・高齢者の安全運転講習や違反者講習で用いられている。しかし、シミュレータを操作した際にシミュレータ酔いと呼ばれる乗り物酔いに似た症状を発症し、運転経験が長く豊富な人ほどシミュレータ酔いを起こしやすく、高齢者・違反者講習での弊害が大きい。シミュレータ酔いの原因は、シミュレータで得られる模擬された刺激と、実車での経験情報の矛盾によるものである。シミュレータではカーブ中に映像の動きが大きくこの視覚情報の変化がシミュレータ酔いへ大きな影響を与えていると考えられる。そこで本研究ではカーブ中の視野映像の動きによりベクシオンが異なる事が酔いへ及ぼす影響を検討した。

## 2 実験方法

連続的なカーブを有する仮想空間と周期的な視覚刺激(縞模様のテクスチャと、1秒毎のテクスチャの点滅)を与えるドライビングコースを作成し、刺激位置の異なる4種の映像を用いて実験を行った。

路面に刺激あり(水平映像)、壁面に刺激あり(垂直映像)、路面・壁面共に刺激あり(合成映像)、刺激なしの映像(対照映像)である。これらの映像を被験者にシミュレートさせ、不快感を2件法で評価またそれぞれの映像についての回転運動感覚(Pitch・Yaw)の2種と直線運動感覚(Linear)を0~10の11段階で評価させた。また被験者には視運動を測定するために皮膚電極を貼り付けてもらい、眼電位を計測した。被験者は健康な20代の男女(女性1名)で、刺激生成時間は60秒、総試行回数は232回であった。

## 3 実験結果

不快感を距離尺度した結果、水平映像・対照映像の2条件では不快感が同程度であり不快感はほぼなかった。しかし、垂直映像・合成映像の2条件においては大きく不快感が上昇した。Yawの回転運動感覚では、不快感と同様に路面刺激・刺激なしの2条件において他の2条件に比べて上昇した。Pitchの回転運動感覚はどの条件も低い数値となった。Linear(直線運動感覚)では、Yaw回転と同程度の数値であったが刺激条件による差は見られなかった。

## 4 考察

壁面映像・合成映像では不快感が上昇し、また Yaw 回転の感覚が上昇した。これはカーブ時において垂直面つまり建造物などの高さのある映像は Yaw 回転のベクシオンを引き起こし、シミュレータ酔いの一因となっていると考えられる。しかし、今回の実験では水平映像が与えるベクシオンについては解明が出来なかったため、今後の課題として水平映像とベクシオンの関係が明らかになれば、シミュレータ酔いに最も影響を与えている映像によるベクシオンが解明でき、酔いの改善される呈示方法の開発につながると考えられる。

# 目次

1	序論	4
1.1	はじめに	4
1.2	研究目的	4
1.3	昨年の研究	5
2	ドライビングシミュレータ酔い	6
2.1	ドライビングシミュレータ酔いとは	6
2.2	感覚矛盾説	6
3	ベクシオン	7
3.1	ベクシオンとは	7
3.2	発生原因	7
3.3	症状	7
4	実験	8
4.1	実験概要	8
4.2	被験者	8
4.3	実験システム	9
4.4	実験映像	11
4.5	評価・計測方法	13
4.6	実験手順	13
5	実験結果	14
5.1	不快感, 直線運動感覚	14
5.2	回転運動感覚(Yaw, Pitch)	15
5.3	眼電位	16
6	考察	21

# 1 序論

## 1.1 はじめに

近年、自動車のドライビングシミュレータが普及し、自動車学校や運転者講習で用いられている。しかし、シミュレータを操作した際にシミュレータ酔いと呼ばれる乗り物酔いに似た症状を発症する事がある。特に運転経験が長く豊富な人ほどシミュレータ酔いを引き起こし易いため[1]、高齢者や違反者を対象とした安全運転講習での弊害が大きい。

ドライビングシミュレータ酔いはシミュレータを操作した際に得られる情報と、実車で得た経験情報との差異(矛盾)により生じると言われている。シミュレータ酔いを引き起こす原因となる感覚矛盾の情報は、振動や揺動などの体性感覚の情報、実車で視覚とシミュレータの映像との差異による視覚情報や、前庭感覚などの情報が挙げられる。

## 1.2 研究目的

先行研究では、実車を運転する際に存在する道路の凹凸による振動や、加速・減速時に発生する揺動を、普及型のドライビングシミュレータで模擬する事により不快感(気持ち悪さ)を軽減する効果が期待できた[2][3]。振動・揺動などの運動刺激の変化と同様に、視覚の変化もシミュレータ酔いに影響を及ぼしている。ドライビングシミュレータは車が走行する映像を呈示する事であたかも自身がすすんでいるような自己運動感覚(ベクシオン)を与える。カーブする際に遠心力を知覚させるような視野傾斜を与える事でシミュレータ酔いが抑制されることが示されている。[4]

本研究ではカーブ時の映像の水平面(道路)と映像の垂直面(建造物など)の動きによりベクシオンにも違いがあると推測し、ベクシオンの差異によりシミュレータ酔いにも差異が生まれると考えた。加減速の影響のないように余弦波をベースに連続的なカーブのあるコースを作成し、その映像に周期的な刺激(縞模様のテクスチャ、1秒毎に点滅)を用いる事で一部の映像に注視を促し、視運動から得られるベクシオンを限定させるような映像呈示を行った。また、それらの映像刺激による不快感やベクシオンの強さと、視運動を調査するために眼電位の計測を行った。

これらによりカーブ時における水平映像・垂直映像の動きによるベクシオンが、シミュレータ酔いへ及ぼす影響を検討した。

### 1.3 昨年の研究

昨年の研究では、路面映像のみ、壁面映像のみ、左記の2つのコースの合成映像の計3種類の映像により実験を行った。路面・壁面のみの映像呈示をする事で水平面・垂直面の動きが与える視運動を限定させた。3種の映像それぞれについて不快感(気持ち悪さ)、映像のリアリティー、走行感(実際に車で走っているような感覚)を評価させた。実験の結果、路面のみの映像で不快感が上昇した。よって、水平の視野映像の回転がシミュレータ酔いに影響を及ぼしていると考えられる。しかし、壁面のみの映像でリアリティー・走行感が共に大きく減少したために路面のみの映像との比較が困難な結果となった。そのため両者の比較ができるようにリアリティーが同程度の映像による実験を構築する必要がある。また実際に視運動がどのような動きをしているのかを計測し、被験者が感じている感覚と比較する事が必要と考えられた。

そこで本研究では視運動を限定させるのではなく、注視を促し視運動を誘導する事でリアリティーを同程度になるよう映像を作成した。

また実際に眼電位を測定する事で視運動の定量的測定を行った。

## 2 ドライビングシミュレータ酔い

### 2.1 ドライビングシミュレータ酔いとは

ドライビングシミュレータ酔いは、シミュレータを操作した際に引き起こされる乗り物酔いの一種である。原因は、実車で得られた経験とシミュレータを操作した時の運転感覚の差異や、感覚矛盾などから生じると言われている。[5]

### 2.2 感覚矛盾説

ドライビングシミュレータ酔いの発症原因として様々な説が唱えられているが、中でも最も有力な説が「感覚矛盾説」である。この説は空間感覚、つまり平衡感覚や視覚、非前庭系位置感覚(関節・筋肉などの位置感覚)からの各信号が過去の経験に基づいて予測したものと矛盾するために発症するという説である。ドライビングシミュレータのように自動車が街中を走行しているような映像を見た場合、あたかも自身が動いているかのような感覚が生じることがある。このような視覚情報により自身が動いているような錯覚を体験する事を視覚誘導性自己運動感覚(ベクシオン)と呼ばれている、ベクシオンについては次章で詳しく説明する。ベクシオンが生じていても実際には自分の体は静止しているために、視覚からの情報によるベクシオンと平衡感覚器からの情報が矛盾を起こし不快感が発生する。シミュレータ酔ではこれに加えて、実車から得た経験情報とシミュレータの間での感覚(記憶)矛盾も原因の一つとして存在している。例えば、実車のアクセルやブレーキの効きと比べてシミュレータでは効きが弱く(強く)感じるといった事である。その他にもカーブ時に実車では遠心力が加わることで体が動くが、シミュレータ上ではその感覚を感じられないことなどから起こる過去の記憶との矛盾といったもの等が挙げられる。

### 2.3 症状

酔いの症状として、嘔吐、吐き気、生つば、顔面蒼白、めまい、冷や汗などの症状があらわれる。症状は、数時間で治まることが多いが、1日以上続くこともある。

## 3 ベクシオン

### 3.1 ベクシオンとは

視野の大部分を覆うような広い領域で、視覚情報の視則的な運動を観察した場合に、観察者自身は物理的には静止しているにも関わらず、観察者自身の身体が、視覚情報の運動とは反対に動いているという感覚を得る。この知覚現象をベクシオン(視覚誘導性自己運動感覚)と呼ぶ。典型的な例として、止まっている電車に座っている人が、別の電車が隣のレールで動き始めるのを見ると自身が反対方向に動くような錯覚を感じる事がある。このような知覚現象を応用して、ドライビングシミュレータにおいては、車が走行する道路環境を画面上に呈示することによって観察者があたかも自身が進んでいるかのように感じさせている。

### 3.2 ベクシオンの種類

前進や後退、上昇や加工などの直線的な移動感覚が生じる場合の”直線的ベクシオン(Linear Vection)”と、観察者がその場で回転するような場合の”回転ベクシオン(Circular Vection)”。と呼ばれるものがある。中でも回転ベクシオンは3つの成分で表される。頭部中心を通る鉛直軸を回転中心軸とする”Yaw”，視軸を中心軸にする”Roll”，両耳を結ぶ線を回転軸とする”Pitch”がある。それぞれの回転による誘起されるベクシオンをYawベクシオン、Pitchベクシオン、Rollベクシオンと呼ぶ。本研究では、Linearベクシオン・Yawベクシオン・Pitchベクシオンを評価させた。

## 4 実験

### 4.1 実験概要

本実験は、視野映像の水平面の映像(道路面)の動きと垂直面の映像(建造物など)の動きによるベクシヨンの違いがどのようにシミュレータ酔いに影響を及ぼすものか検討するために行った。異なる仮想空間とコース映像により視野映像にそれぞれ位置の異なる注視を促す刺激を持たせることで、被験者が感じるベクシヨンに差異をもたせる事を狙った映像を用いた。被験者をスクリーンの前方に配置したステアリング入力装置に座らせドライビングコースをシミュレートさせた。映像は周期的な刺激(縞模様のテクスチャと1秒毎にテクスチャの点滅)をそれぞれ変化させ、被験者の不快感、回転運動感覚(Pitch・Yaw)、直線運動感覚(Linear)について計測を行った。また視運動によりベクシヨンの差異が生じると考え、眼球運動の測定のため眼電位を計測した。

### 4.2 被験者

本実験では健康な20代の男女10名(女性1名)を対象とした。被験者には事前に実験方法と予期される影響を説明した。ただし実験に対する潜入感などの心理的影響を避けるために実験で与える映像刺激の情報は知らせず、被験者同士での情報交換をしないように注意した。また重度の酔いが発症した際や被験者が中断を申し出た際にはただちに実験を中断することとした。

被験者は全員、自動車運転免許を有していた。

### 4.3 実験システム

3D 映像システムには反射型偏光方式を採用し、広視野映像を実現するために円筒型スクリーン(図4.3.1)に6 映像(左右眼用各3 映像)を投影することによって1 つの動画像を構成した。描画演算用コンピュータ6 台(Dell Precision T5400)、プロジェクタ6台(SANYO PDG-DXT10GL)と偏光フィルタ、および偏光用円筒大型スクリーン(高さ2.60m, 半径10m の円筒の60 deg円弧の曲面)によって3D 映像を描画した。6 台のプロジェクタからはスクリーンの右側, 中央, 左側をそれぞれ投影するため各位置に右目映像用, 左目映像用の2 台ずつ配置した。被験者の頭部がスクリーン前方約4.0m となるような位置にステアリングコントローラ(logicool 社製DrivingForce GT(図4.3.2)を設置し, 1 台の描画演算用コンピュータ(HP PavilionElite HPE)で制御した。また被験者の臨場感や走行感を高めるために, スピーカー7 台(BOSE55WER)から車の走行音と走行感のある音楽を流して被験者に聞かせた。また被験者には試行中に眼電位計測を行うために皮膚電極を5つ(上下の運動計測, 左右の運動計測の各々2つずつとアースに1つ)顔面に貼り付けてもらい(図4.3.3), A/D変換器を通して計測用のPCで測定をおこなった。被験者に3D 映像以外に与える視覚刺激を少しでも減らすために, 実験室の床, 天井, 窓を黒い布等で覆い, 外からの光やスクリーン以外からの反射光を減らした暗室内で実験を実施した。



図 4.3.1 実験用大型スクリーン



図 4.3.2 ステアリング入力装置

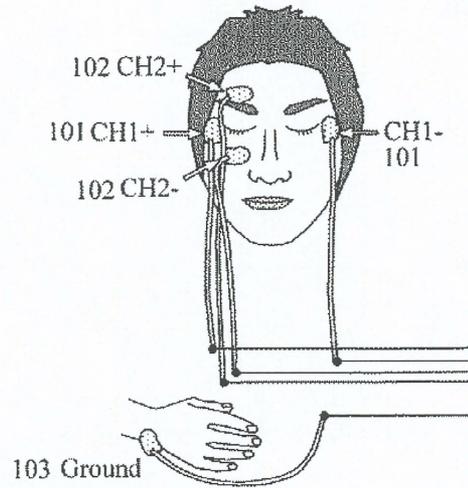


図 4.3.4 眼電位計測の概念図

## 4.4 実験映像

仮想道路を模擬した全長 100m の仮想空間を一区間として作成し、それを並べることでシミュレートコースを作成した。またコースの概形は余弦波をベースに算出し(図 4.4.1)、加減速の必要がない連続的なカーブを有するコースを作成した。コースには概形に沿ってカーブ時の外側に当たる場所に壁面(最高 3m)があり、対向車や他の建造物は存在しない。映像刺激には幅 3m の縞模様(白黒)を模擬したテクスチャが 1 秒毎に黒色が黄色に点滅する映像(図 4.4.2)となっている。水平面によるベクシオンを誘起させるために、道路面に刺激を用いた水平映像(図 4.4.3)、垂直面によるベクシオンを誘起させるために、壁面に刺激を用いた垂直映像(図 4.4.4)、水平・垂直の合成映像(図 4.4.5)、対照条件となる刺激なしの対照映像(図 4.4.6)の 4 種で実験を行った。

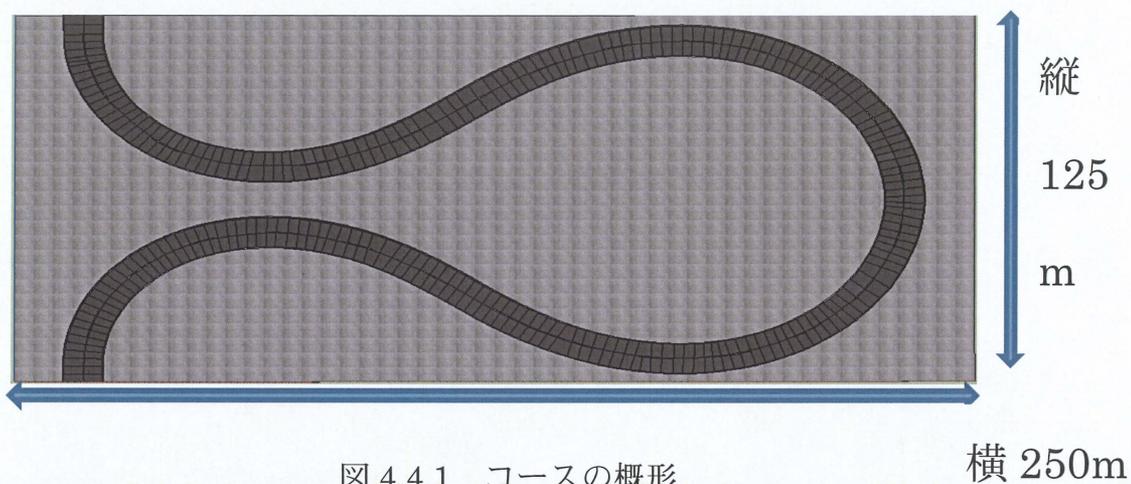


図 4.4.1 コースの概形

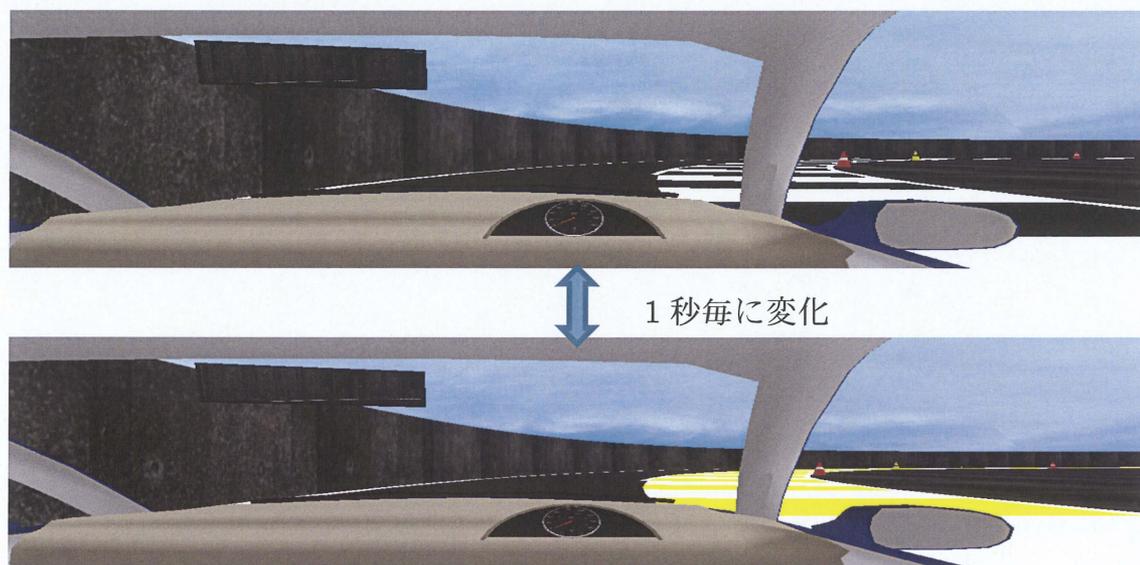


図 4.4.2 点滅による遷移

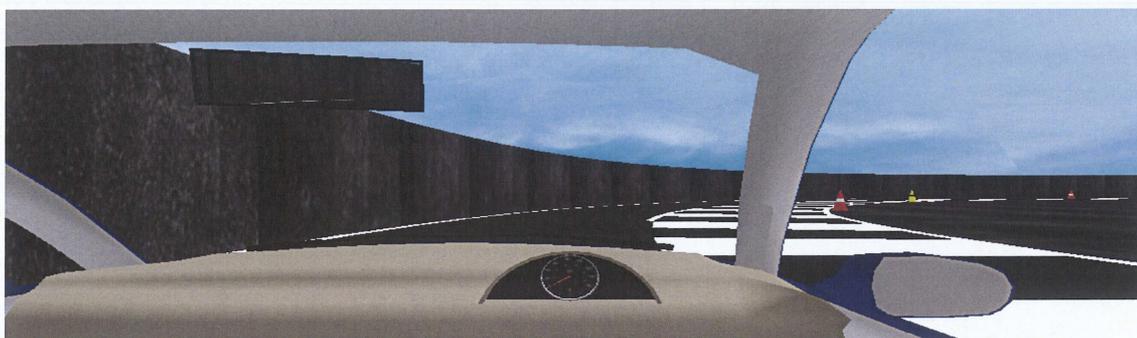


図 4.4.3 水平映像(路面のみに刺激ありの映像)

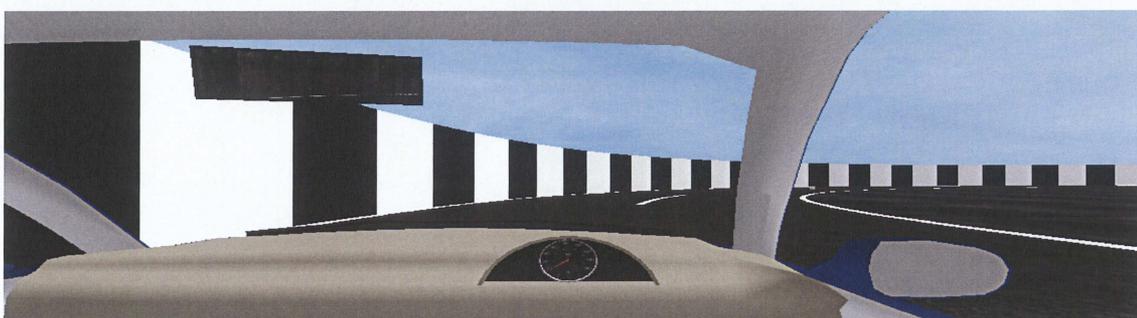


図 4.4.4 垂直映像(壁面のみに刺激ありの映像)

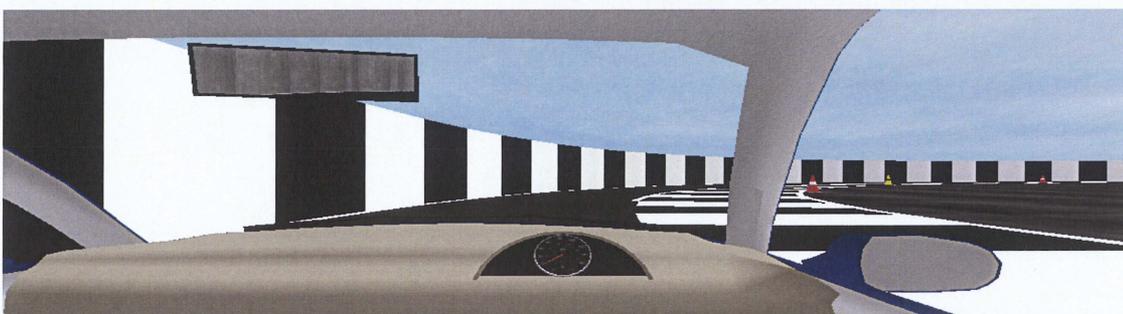


図 4.4.5 合成映像(路面・壁面共に刺激ありの映像)

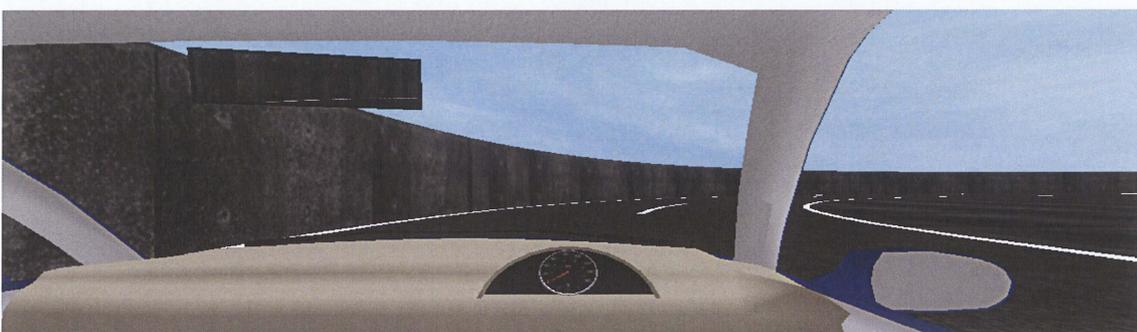


図 4.4.6 対照映像(刺激なしの映像)

## 4.5 評価・計測方法

不快感は「気持ち悪いと感じる感覚」として定義し、連続する2つの映像刺激間での強弱を Thurstone の一対比較法(2件法)で答えさせた。4種の刺激それぞれの組み合わせを比較させ、順序逆順をあわせた12対の比較結果により、各刺激で誘起される不快感を比較判断の法則(ケース V)に基づいて距離尺度化した。

また2つの回転運動感覚(Yaw, Pitch)と直線運動感覚(Linear)の計3項目に関しては、全く感じなければ0、はっきりと強く感じれば10として0~10の11段階の順序尺度で被験者に主観的な評価をさせた。

眼電位は刺激開始10秒前から刺激終了後までを刺激毎に計測を行った。

## 4.6 実験手順

被験者に実験の概要や評価方法を説明した後、被験者をスクリーンから約4m離れた位置にあるステアリング入力装置に座らせ、皮膚電極を貼り付け眼電位の測定が出来ているか確認し、偏光メガネを装着させた。その後実験室内の蛍光灯を消灯した。

1刺激の走行時間を60秒に設定し、30秒の評価時間(静止時間)をはさみ刺激を繰り返し呈示した。7刺激を1セッションとして、1実験で4セッションを実施した。なお、4名の被験者については4刺激1セッションの実験を実施した。また実験の繰り返しによる慣れの影響を防ぐため、1セッション毎に刺激の呈示順を変更した。各セッション間には約2分の休憩時間を設けた。また休憩時には眼電位の測定誤差を減らすために皮膚電極は取り外さず、ステアリング入力装置に座らせたままでの休憩とした。連続する2つの刺激間で「不快感」の一対比較を行わせ、また各刺激に対してYaw回転・Pitch回転・Linearを0~10の11段階で評価をさせた(各セッションの最初の試行は除く)。これらの評価は30秒間の評価時間に被験者に評価シートに記入させた。

4種の刺激が他の刺激と対をなすように順序逆順をあわせた12種の刺激対について各1回ずつ比較を実施した。実験総数は10回で192比較を実施し、総試行数232回であった。

## 5 実験結果

### 5.1 不快感, 直線運動感覚

計測した不快感を距離尺度化したグラフを図 5.1 に示す。距離尺度化にあたって比較判断の法則(ケースV)を適用した。すなわち、各刺激で誘起される感覚の大きさ(高さ・強さ)は正規分布し、そのばらつき(標準偏差)は刺激に依らず等しいと仮定し、モデル化した。その時、比較した刺激間での感覚の差の標準偏差はいずれの刺激対でも等しくなり、各刺激で生じる感覚の標準偏差の $\sqrt{2}$ 倍となる。この感覚の差の標準偏差を単位として、各感覚の距離尺度を定めた。

刺激なしの対照映像に比べて水平映像では差がなかった。一方で、垂直映像と合成映像では大きく不快感が上昇した。この結果からカーブ時での視野映像の動きにおいては、垂直面の映像つまり建造物などの高さのある映像が不快感に影響を与えていると考えられる。

また計測した直線運動感覚(ベクション)の平均値を刺激別にしたものを図 5.2 に示す。どの刺激においても一定以上の評価が得られたが、大きな差はなかった。

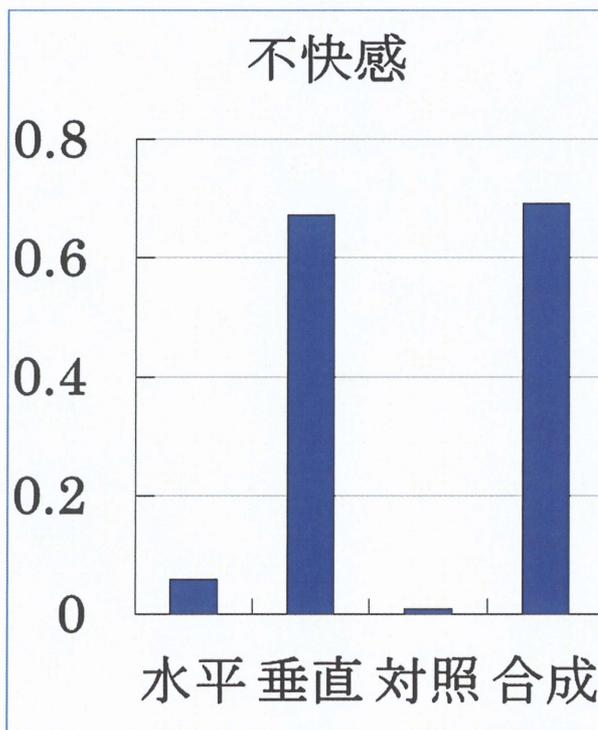


図 5.1 不快感

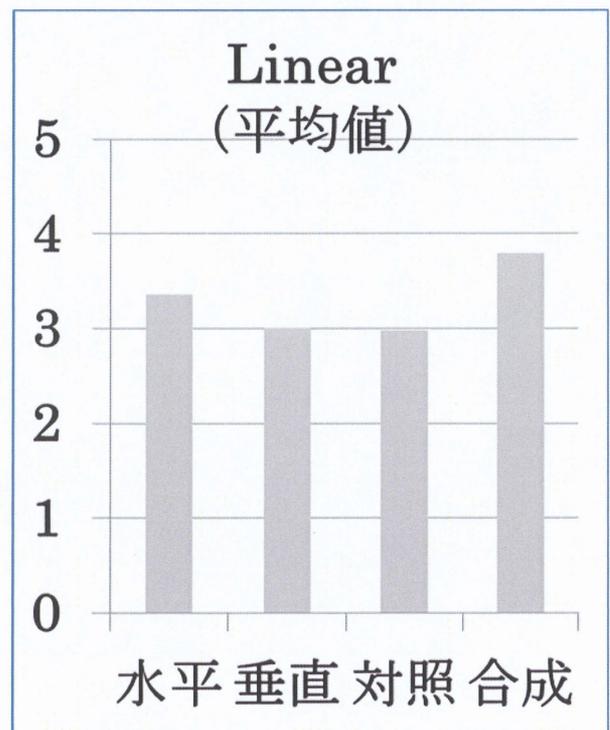


図 5.2 直線運動感覚 Linear(平均値)

## 5.2 回転運動感覚( Yaw 回転, Pitch 回転 )

計測した Yaw 回転の運動感覚(ベクシオン)の平均値を刺激別のものを図 5.3 に, Pitch 回転の運動感覚のものを図 5.4 に示す.

Yaw 回転では本実験の映像は連続的なカーブコースであったので一定以上の値でどの刺激も評価された. なかでも垂直映像・合成映像では他の 2 条件に比べて上昇が見られた. つまり垂直面の映像(高さのある映像)では, Yaw 回転のベクシオンが大きく上昇する結果となった.

Pitch 回転ではどの刺激においても低い評価となった. これは本コースが上下への移動(上り・下りの坂)がない事も影響があると考えられる. また水平映像・合成映像では Yaw 回転程ではないが上昇が見られた. よって垂直面の映像は Yaw 回転が大きく, 水平面の映像は Yaw 回転の感覚が Pitch 回転の感覚より大きい.

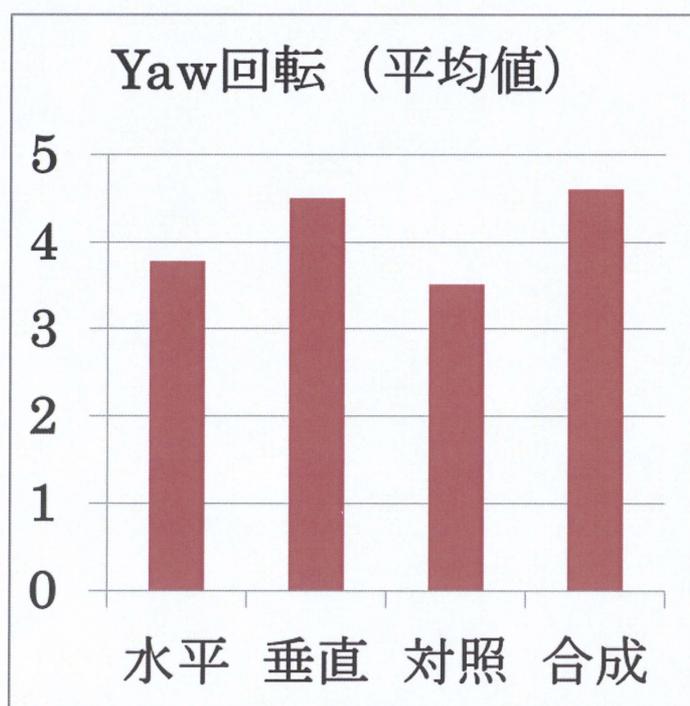


図 5.3 Yaw 回転の運動感覚(平均値)

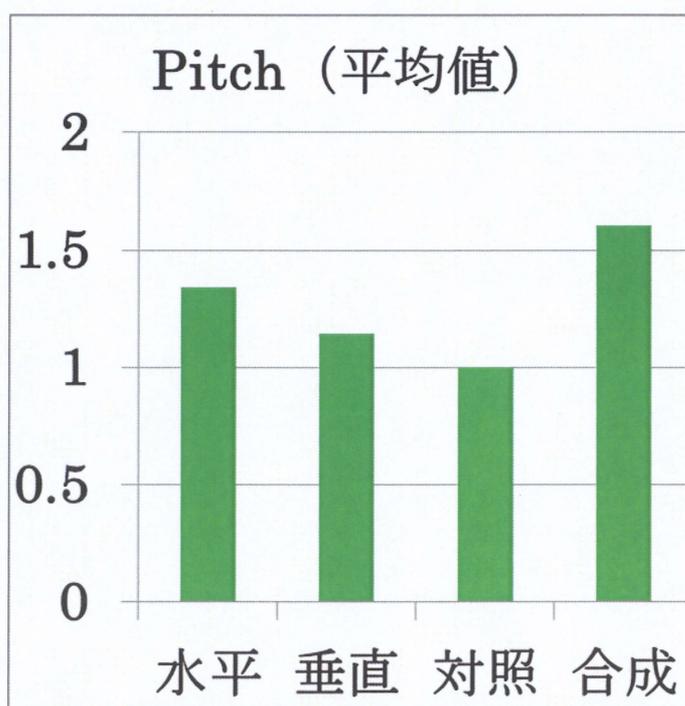


図 5.4 Pitch 回転の運動感覚(平均値)

## 5.3 眼電位

眼電位の計測は試行開始の10秒前から試行終了までの計70秒を測定した。その中で計測から20秒が経過した時点から40秒までの20秒間をグラフ化した。これはシミュレートコース内で最も長いカーブを曲がる時点とほぼ一致するためである。またノイズを除去するために多項式適合法による移動平均で25点平滑化を行った。グラフはある被験者の眼電位を測定したものである。他の被験者のデータに関してはデータ数が多数のため割愛させて頂く。

それぞれのグラフの縦軸は電位を表しており、横軸は時間[秒]を表している。水平眼電は右への眼球運動で+へ、左への眼球運動で-へ変位する。垂直眼電は上への眼球運動で+へ、下への眼球運動で-へ変位する。

次ページ以降に各条件、水平映像の水平方向・垂直方向の眼球運動(図 5.3.1, 5.3.2), 垂直映像(図 5.3.3, 5.3.4), 対照映像(図 5.3.5, 図 5.3.6), 合成映像(図 5.3.7, 図 5.3.8)に関しても同様にそれぞれ眼球運動のグラフを示す。

全ての条件に共通した特徴として、下方向への眼球運動が観察された。これは最大 80km/h で走行可能であるシミュレータであるが、道路交通法に遵守した 60km/h 制限で走行させたための、スピードメータを確認する動作だと考えられる。しかし、垂直方向への眼球運動はそれ以外の特出した眼球運動、図 5.3.2 の 10~20 秒の様に下方向以外の運動はあまり観察されなかった。

水平方向への眼球運動はどの条件においても追跡眼球運動が観測された。中でも、水平映像(図 5.3.1 の 5 秒~10 秒)と対照映像(図 5.3.5 の 10 秒~15 秒)では追跡眼球運動が緩徐であったのに対して、垂直映像(図 5.3.3 の 5 秒~12 秒あたり)と合成映像(図 5.3.7 の 0 秒~10 秒)では他の 2 映像に比べて素早く、細やかな追跡眼球運動が観測された。特に合成映像では顕著に表れていた

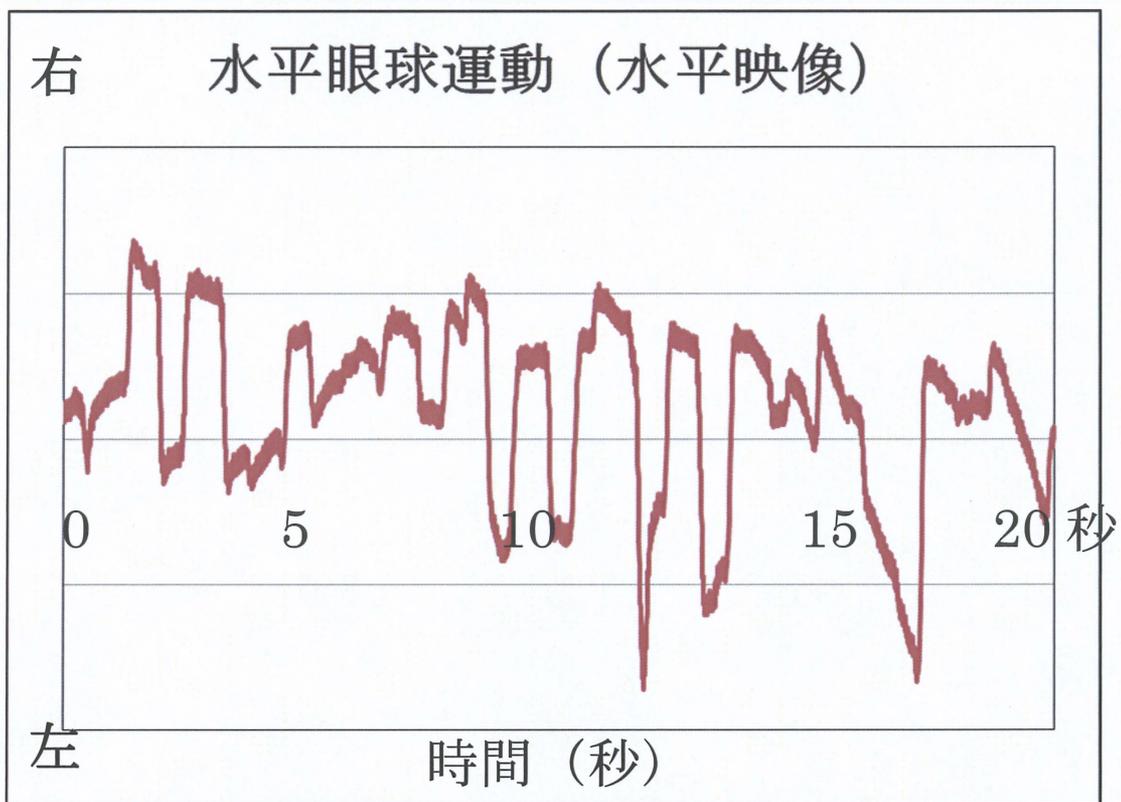


図 5.3.1 水平映像での水平眼球運動

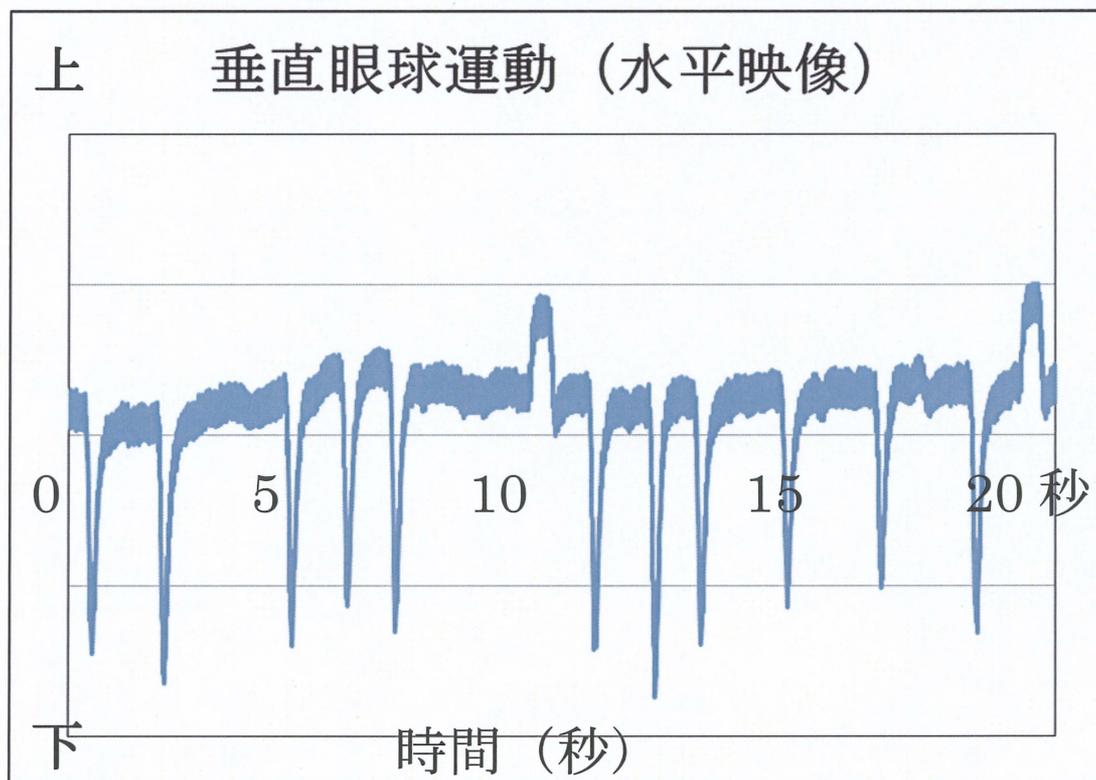


図 5.3.2 水平映像での垂直眼球運動

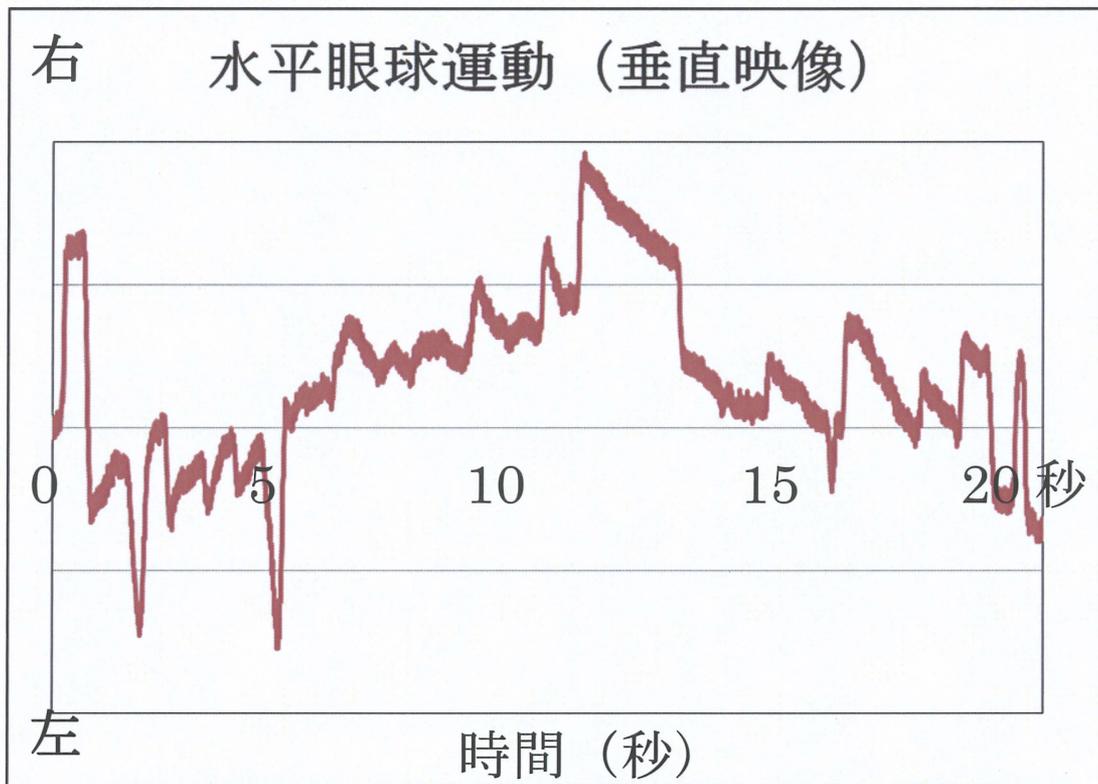


図 5.3.3 垂直映像での水平眼球運動

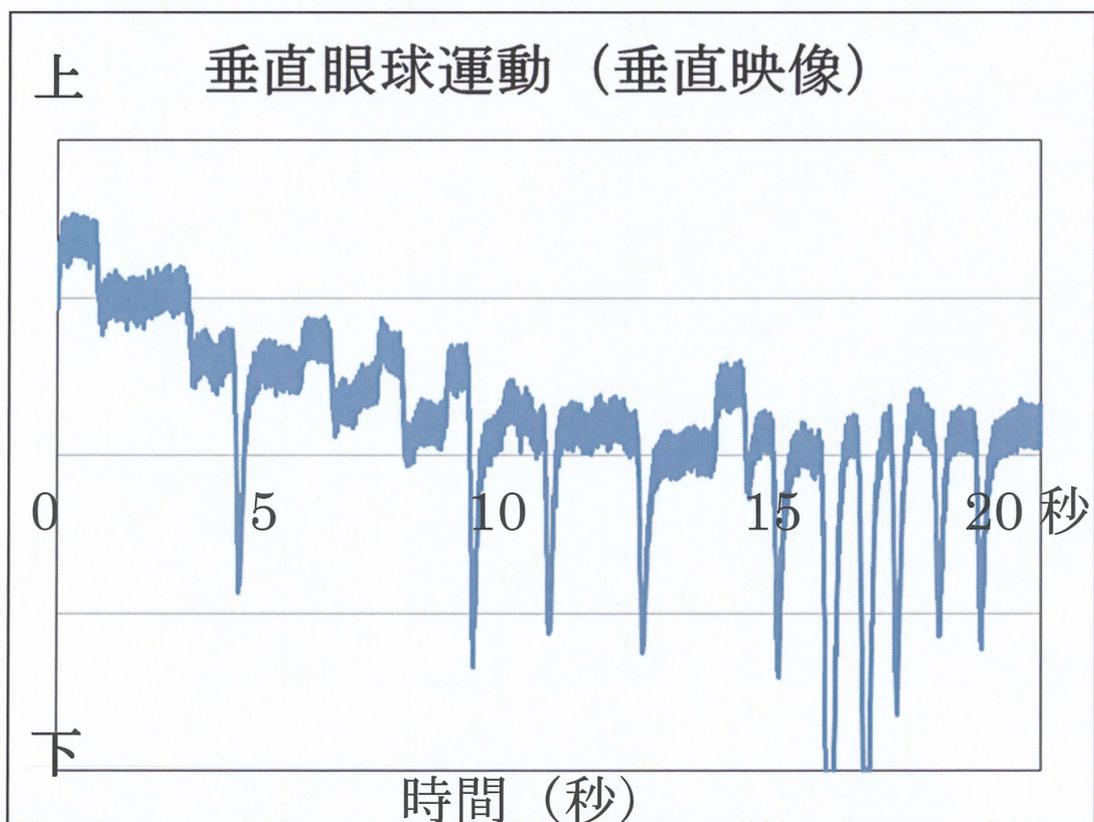


図 5.3.4 垂直映像での垂直眼球運動

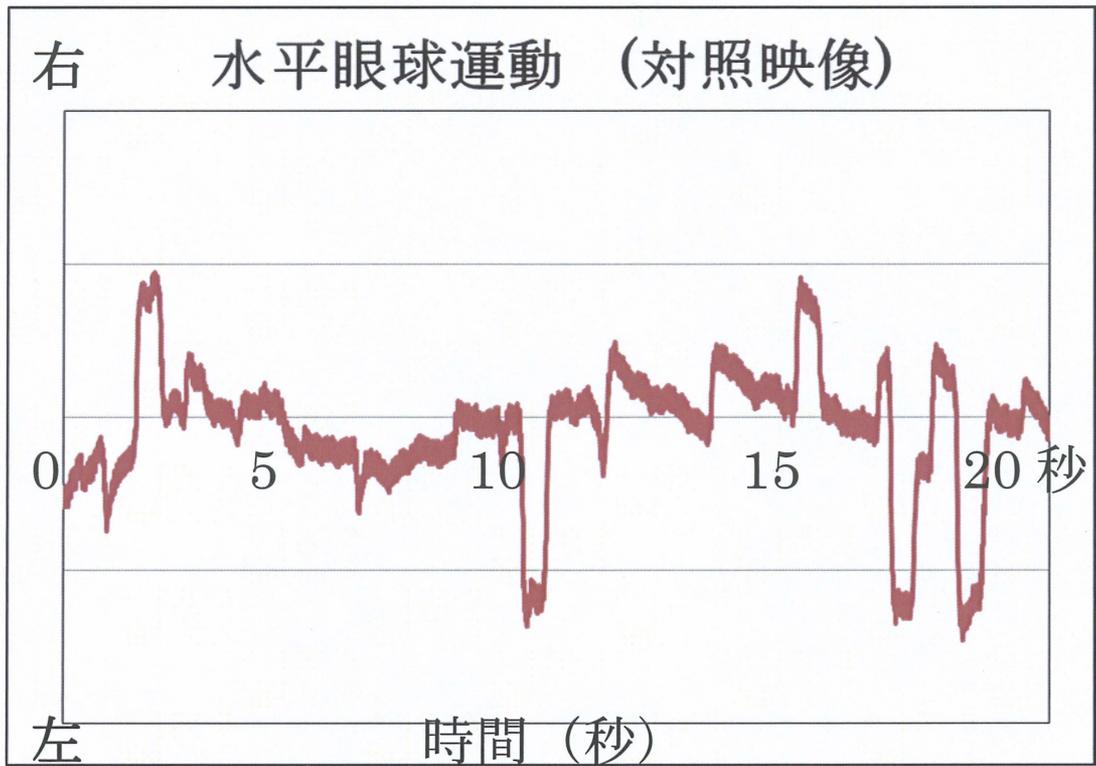


図 5.3.5 対照映像での水平眼球運動

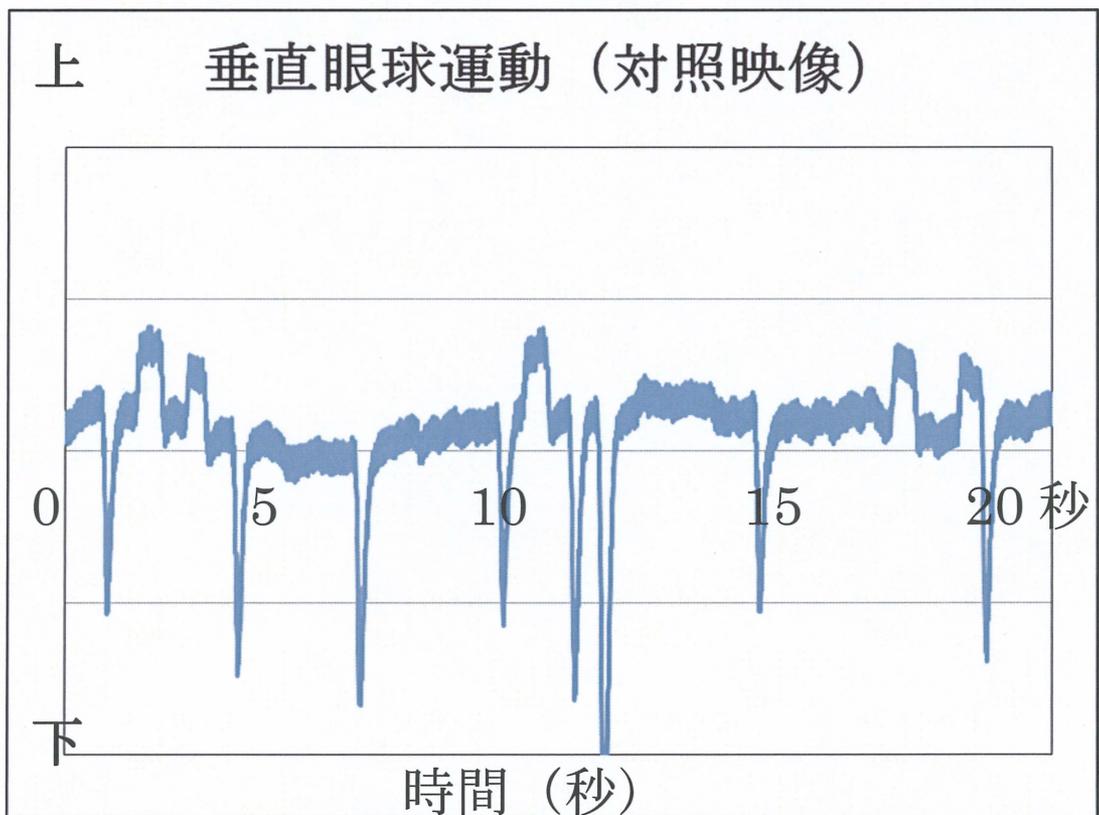


図 5.3.6 対照映像での垂直眼球運動

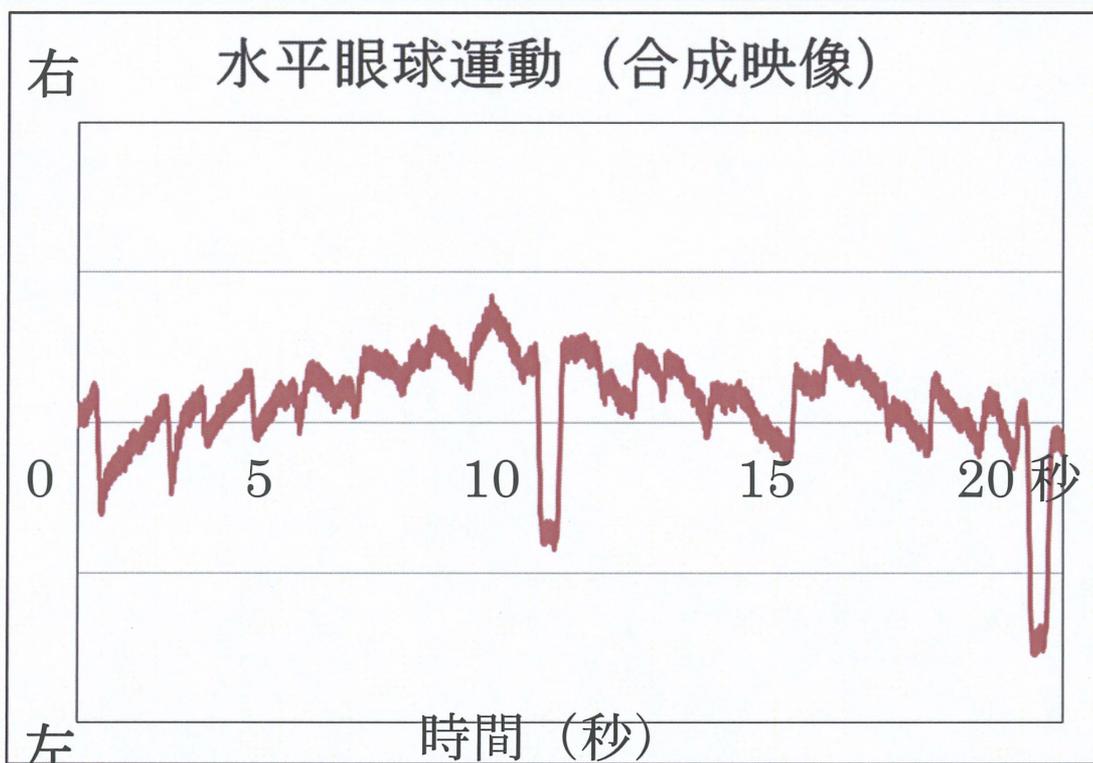


図 5.3.7 合成映像での水平眼球運動

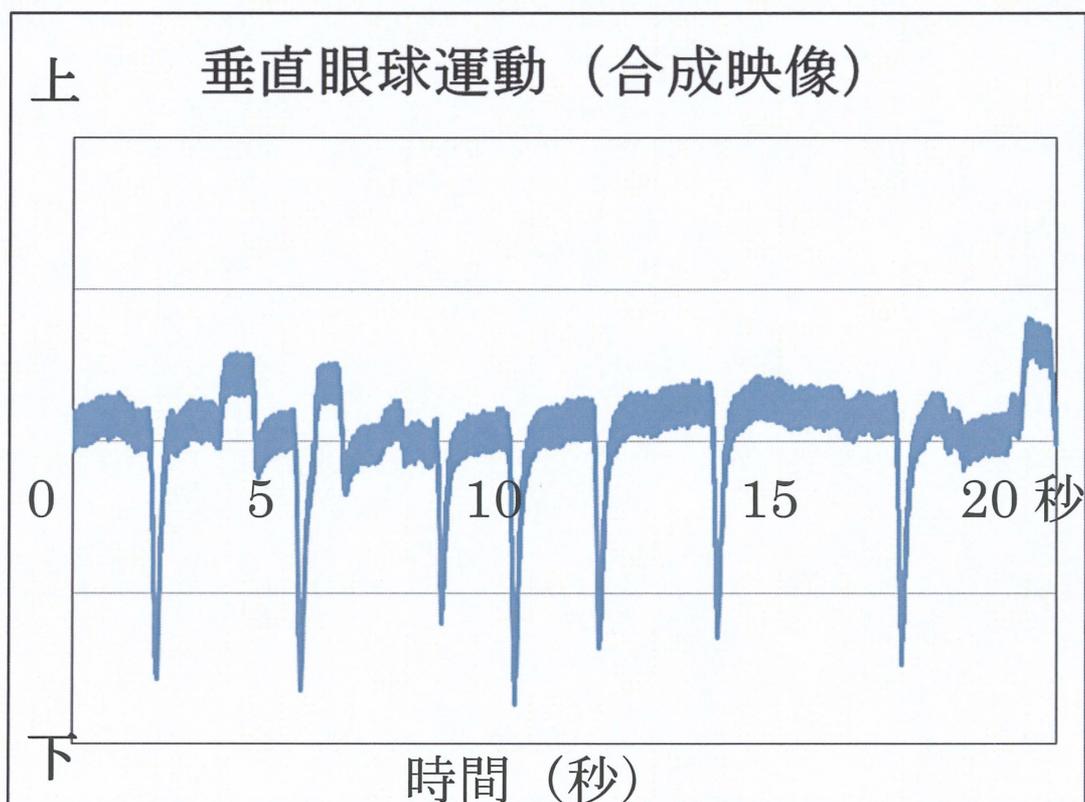


図 5.3.7 合成映像での垂直眼球運動

## 6 考察

本研究では、水平面・垂直面の動きの違いがシミュレータ酔いへの寄与にも違いがあるという仮説の下、カーブ中の視野映像の動き(主に水平映像・合成映像)によるシミュレータ酔いへの影響を検討した。

カーブ時は主に垂直の物体によりYaw回転のベクシオンが上昇し、また不快感も大きく上昇した。これは垂直物体によりYaw回転のベクシオンが強く誘起され不快感が上昇、つまりシミュレータ酔いを引き起こしたと考えられる。

また、わずかながら対照条件に比べて水平映像・合成映像でPitch回転のベクシオンが誘起された。これは水平の物体によりPitch回転のベクシオンが誘起されたと考えられる。しかし、本実験ではベクシオンの強度が低いためにシミュレータ酔いへ及ぼす影響は認められなかった。

Linearベクシオンの強さはYaw回転のベクシオンと同程度ではあるが、カーブ時における視野映像の変化による影響は少ないため、または同程度に影響したと考えられる。

垂直方向の眼球運動はどの条件でもスピードメータの確認動作による運動が特徴として表れていたが、刺激条件による特出した眼球運動は見られなかった。そのためにPitch回転のベクシオンの強度の低さに影響したと考えられる。

水平方向の眼球運動は一定の追跡眼球運動が観測された。このため、垂直映像・合成映像で水平方向のベクシオン即ちYaw回転のベクシオンが誘起され心理学測定においても上昇する結果となったと考えられる。

本研究では水平・垂直それぞれに注視を促す事で、カーブ時に垂直物体の視野映像が酔いに影響を与えている事が示された。しかし、本研究ではPitch回転のベクシオンが弱く、ベクシオン強度のために酔いへ影響がなかったのか、Pitchのベクシオンがそもそも酔いへ影響を及ぼさないのかが解明できなかった事が課題として挙げられる。またYawベクシオンを低減させる映像呈示法により不快感の低減が期待できるため、呈示法を検討する必要がある。

## 謝辞

本論文作成にあたり、有益なご指導、ご助言を賜りました、井須尚紀教授、河合敦夫准教授、本間秀典博士研究員に心からの感謝を申し上げます。また、本研究の実験にご協力いただきました被験者の皆様に深く感謝いたします。最後に、多大なるご協力をいただいた bio 班のみなさまはじめ、人工知能研究室の皆様に深く御礼申し上げます。

## 参考文献

- [1] Crowley JS : Simulator sickness, a Problem for army aviation, Aviat Space Environ Med 58,355-357(1987)
- [2] 王星, 奥田翔, 小澤惇一, 椎名司, 増田修, 河合敦夫, 井須尚紀 : ドライビング・シミュレータ酔の抑制にモーション機能が与える効果, 第8回情報科学技術フォーラム講演論文集, 第3分冊, pp419-420, 2009
- [3] 王星, 奥田翔, 小澤惇一, 椎名司, 増田修, 井須尚紀 : モーション機能がドライビング・シミュレータ酔に与える効果, 宇宙航空環境医学 46 : 85, 2009
- [4] 奥田翔, 小澤惇一, 本間秀典, 井須尚紀 : 視野傾斜を用いたドライビング・シミュレータ酔の抑制宇宙航空環境医学 Vol. 48, No. 4, 2011
- [5] Graybiel A, et al : Diagnostic criteria for grading the severity of acute motion sickness, Aerospace Med 39 : pp453-455, 1968