

映像酔いが生じている際の自己運動感 のある映像の動きベクトルの特徴

木竜 徹^{*}，神保昌弘^{*}，山田裕史^{**}，板東武彦^{***}

^{*}新潟大学大学院自然科学研究科，

^{**}新潟大学工学部福祉人間工学科，

^{***}新潟大学大学院医歯学総合研究科

社会的背景

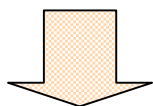
IT, 映像技術, ディスプレイ技術の発達



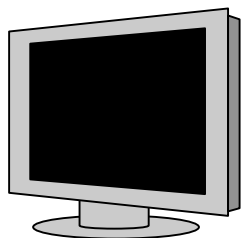
多種多様なデジタル映像

大画面・高画質化

{ 映画, ゲーム,
TV, PCなど



娯楽の充実



懸念される生体への影響

眼精疲労, 光過敏症

近年: *Virtual Reality* 環境

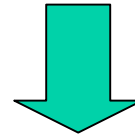
映像酔い (Cybersickness)

早急な原因解明, 対策, および評価法の確立が必要

わかってきたこと

アプローチ

- ・ 実写映像（乗り物体感ビデオ）による映像負荷実験
- ・ 実写映像の動きベクトルを抽出
- ・ 動きベクトルからシミュレーション映像を制作
- ・ シミュレーション映像による映像負荷実験



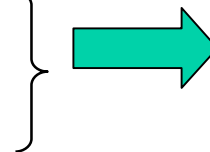
明らかになったこと

動きベクトルの特定の
周波数帯域を持つ
*zoom*成分



自律神経系関連の
生理的指標

- ・ マウンテンバイク
- ・ ボブスレー
- ・ バイクレース



気持ちの悪さ
発汗の増加

目 的

動きベクトルのどのような時間周波数構造が自律神経系活動に影響を与えるのかを特定

方 法

実写映像視聴時の生体信号の解析

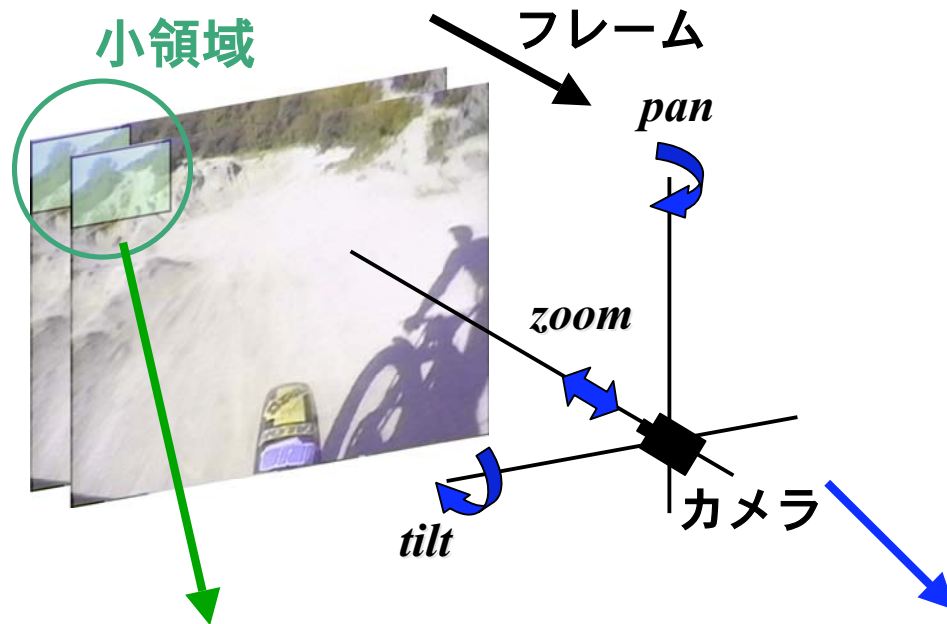


生体が映像によって影響を受けた時刻の特定

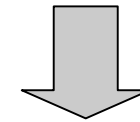


その時刻付近での動きベクトルの時間周波数構造の解析

映像の動きベクトル



画像圧縮に用いられる技術



連続するフレーム間での
ブロック毎の移動量

ローカルな動きベクトル (LMV)

スクリーン内の小領域の動き
(上下左右方向の動き)

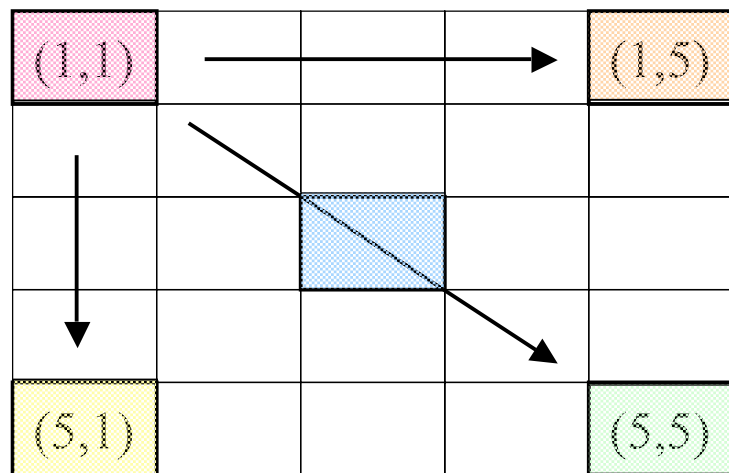
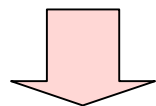
$\left\{ \begin{array}{l} up/down : \text{上下の動き} \\ right/left : \text{左右の動き} \end{array} \right.$

グローバルな動きベクトル (GMV)

カメラ全体の動き

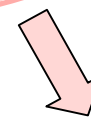
$\left\{ \begin{array}{l} zoom : \text{焦点距離の移動} \\ pan : \text{カメラの横振り} \\ tilt : \text{カメラの縦振り} \end{array} \right.$

動きベクトル (GMV vs LMV) の相関



映像の特徴を調べる

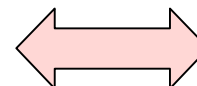
- ・マウンテンバイク
- ・ボブスレー
- ・バイクレース



5×5の25個の
小領域でのLMV

GMV

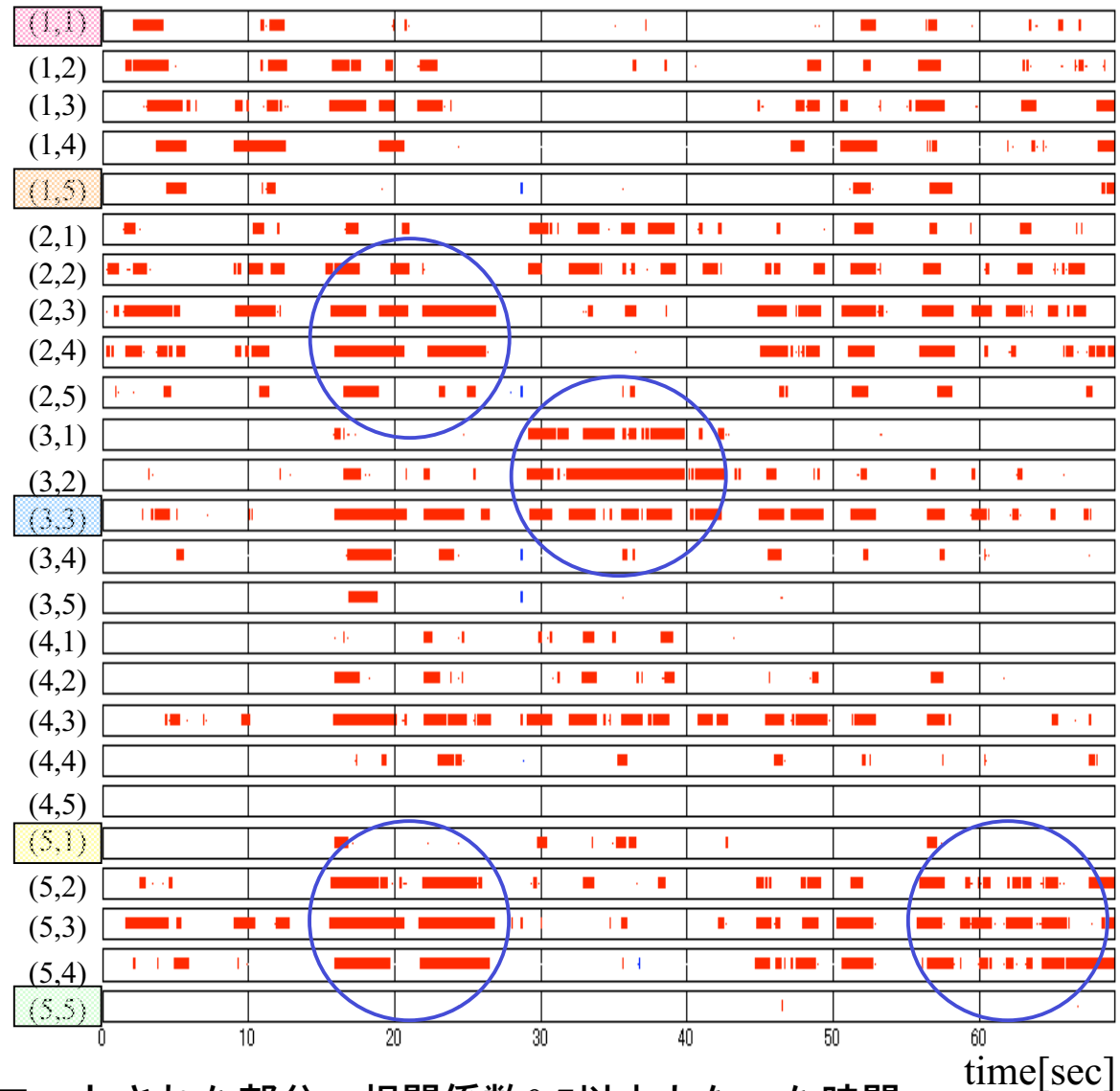
right/left
up/down



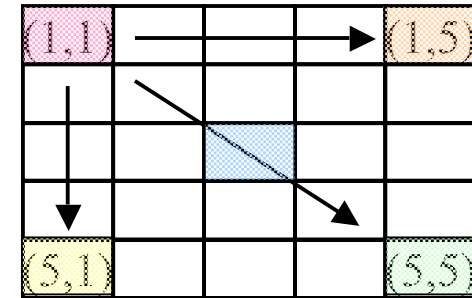
zoom
pan
tilt

相関を求める

相関係数の変化 (ボブスレー : *pan*と*right/left*)



遠景



相関係数の特徴

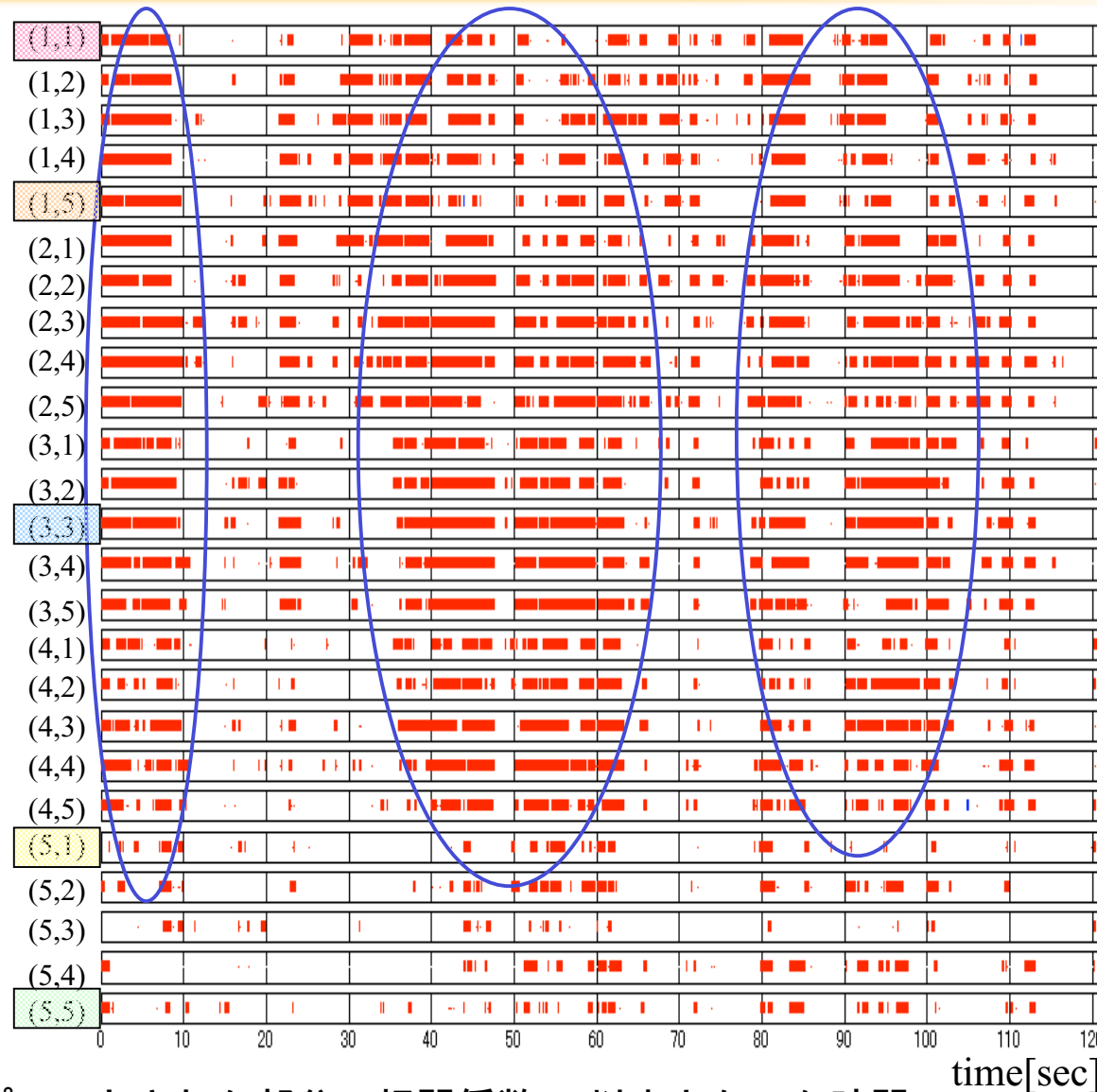
- ・ 時間及び領域
 - 持続時間10秒ほどの強い相関がある区間が4箇所見られた.
 - 時間によって強い相関がある領域が変化.

- ・ その他
 - 他のパラメータでは *tilt* と *up/down* に若干の相関が見られた

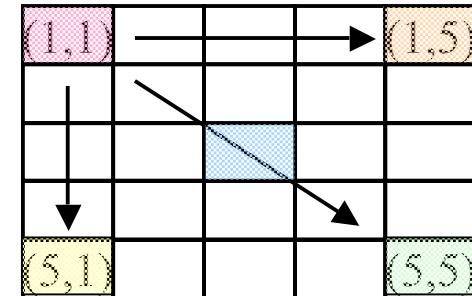
近景

プロットされた部分 : 相関係数0.7以上となった時間

相関係数の変化 (マウンテンバイク : *pan*と*right/left*)



遠景



相関係数の特徴

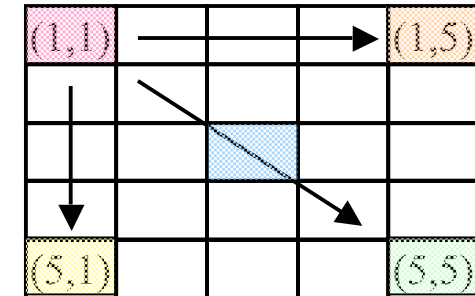
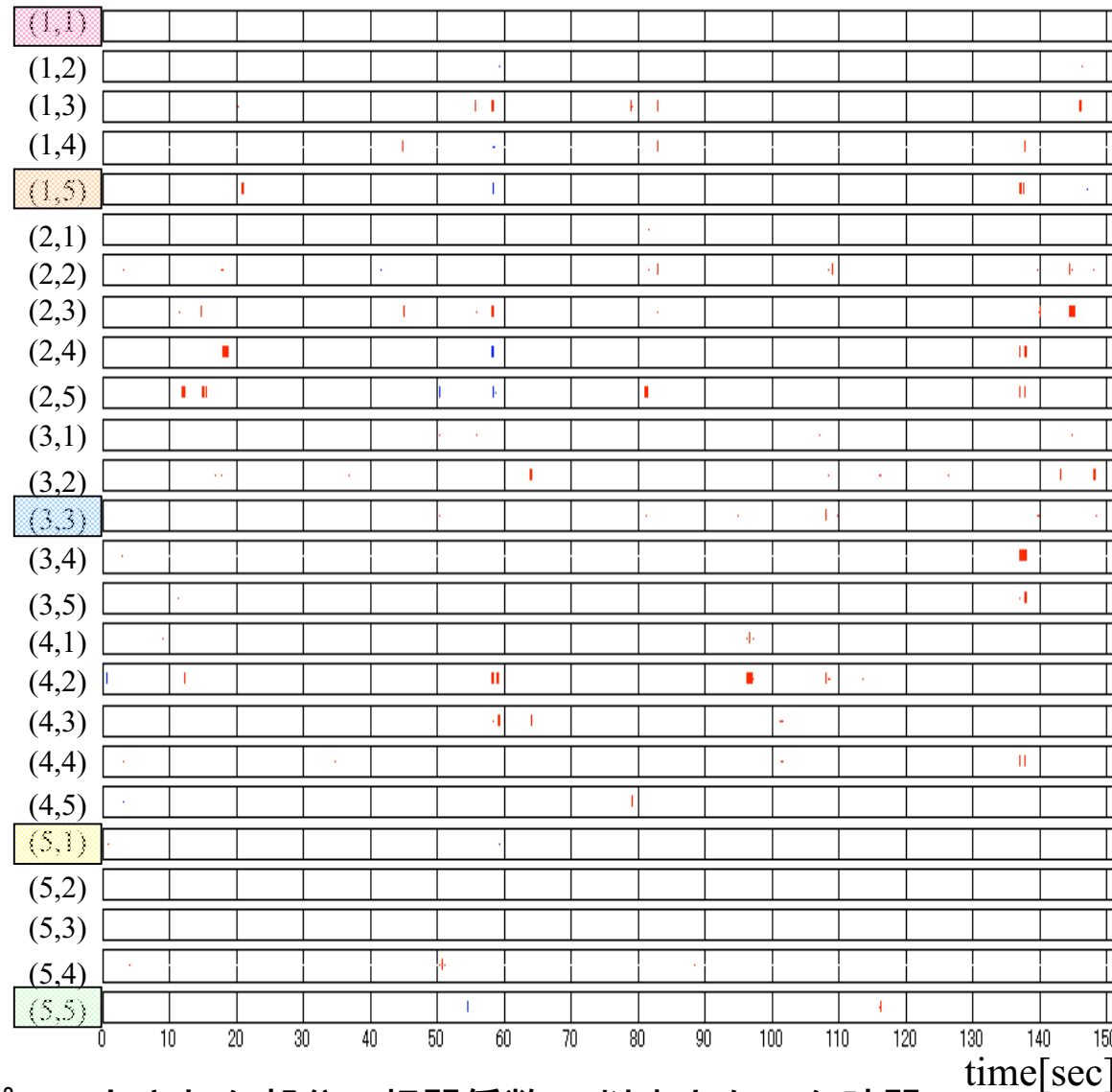
- ・ 時間
 - 画面のほぼ全体にわたって強い相関のある区間が3箇所ある。
- ・ 領域
 - 時間経過に関らず強い相関がある領域は変わらない。
- ・ その他
 - 他のパラメータでは *tilt* と *up/down* でのみ *pan* と *right/left* とほぼ同等の負の相関があった

近景

プロットされた部分：相関係数0.7以上となった時間

time[sec]

相関係数の変化 (バイクレース : *pan*と*right/left*)



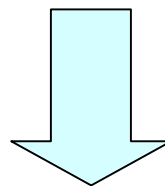
相関係数の特徴

- ・ 時間及び領域
 - どの時間によっても強い相関がある領域は存在しない
- ・ その他
 - 他のパラメータでも *pan*と*right/left*と同様に相関はほとんどなし

プロットされた部分：相関係数0.7以上となった時間

相関係数（GMV vs LMV）の変化より

相関係数の時空間的な変化を求めた結果



相関のあった

- ・ボブスレー
- ・マウンテンバイク

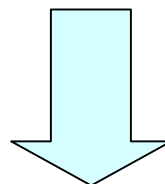
を選択



bobsleigh



mountain-bike

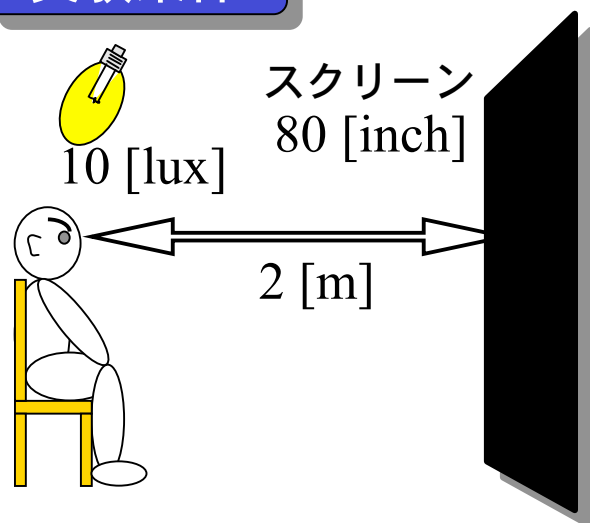


これらの映像の動きベクトルの
時間周波数構造に注目！

実験

新潟大学医学部で実地された
映像負荷実験データ（2002年12月）

実験条件

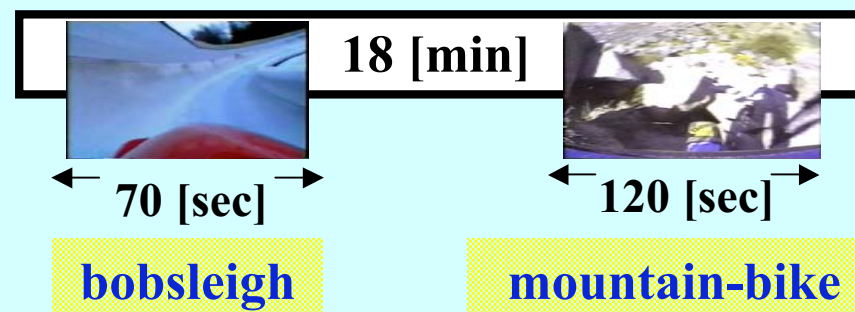


被験者

健康な男性8名，女性2名
年齢 22 ± 1.5 歳

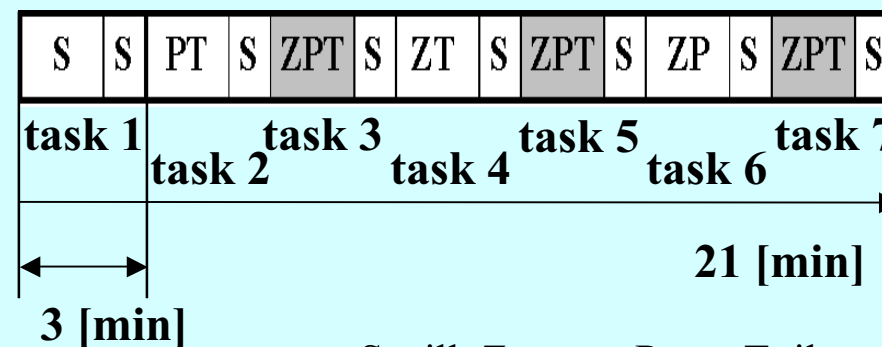
protocol-1:

実写映像実験（乗り物体感ビデオ）



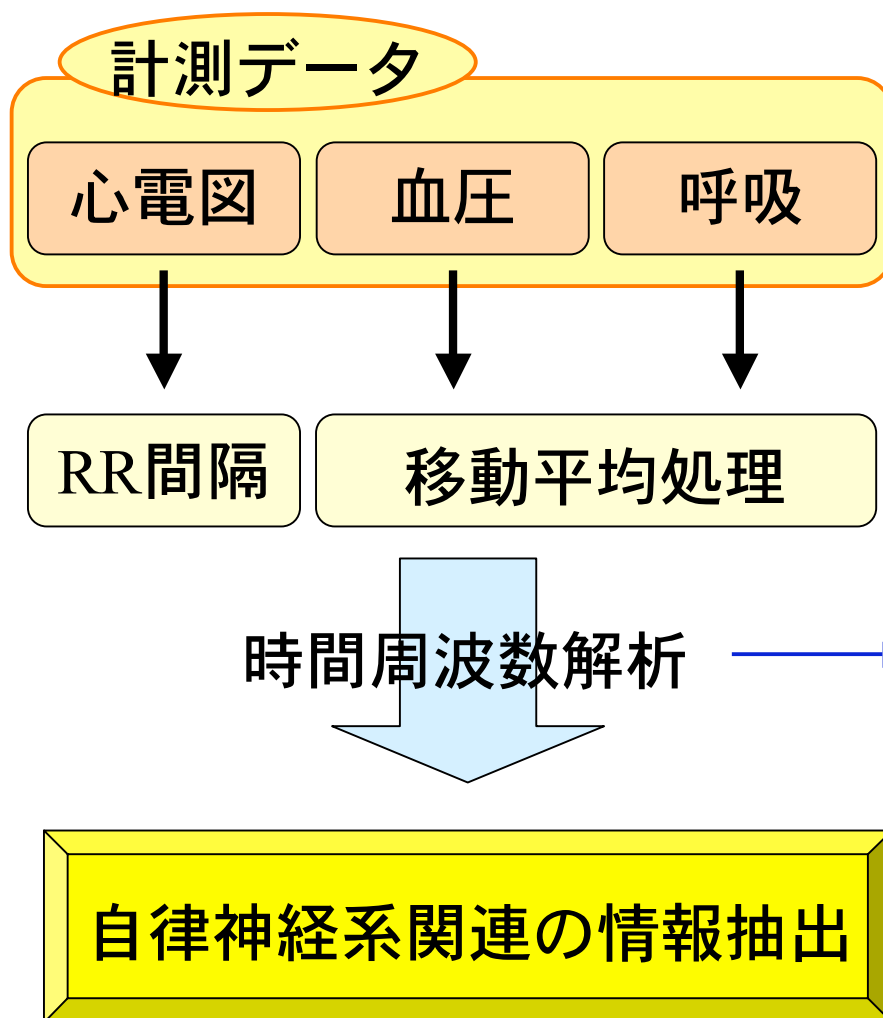
protocol-2:

シミュレーション映像実験
（ランダムドット映像：マウンテンバイク）



S:still, Z:zoom, P:pan, T:tilt

解 析



注目する周波数帯域

HF (高周波成分 : 0.15~0.45 Hz)

⇒ 交感, 副交感神経活動を反映

LF (低周波成分 : 0.04~0.15 Hz)

⇒ 副交感神経活動を反映

連続Wavelet変換

mother wavelet : Gabor関数

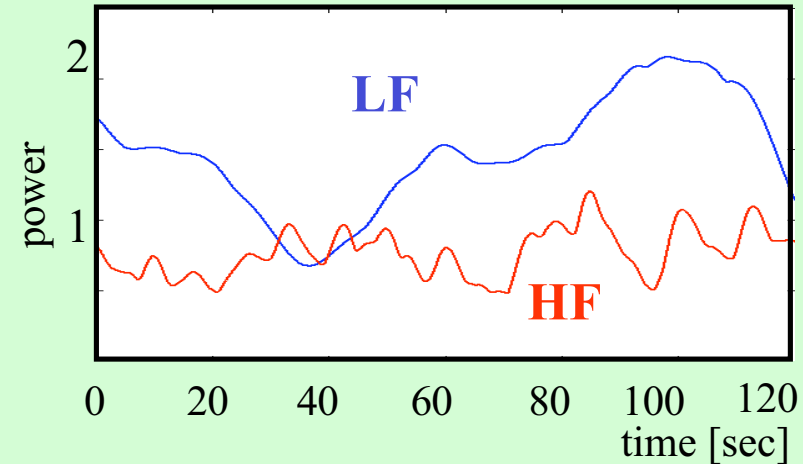
周波数帯域幅 : 0.03~2.00 Hz

- ・ Gaborのパラメータをもとに, 必要とするスケール数を算出.
- ・ log スケール使用.

影響を受けた時刻の特定

心拍変動
(RR間隔)

時間周波数
解析



1. 被験者ごとに映像視聴時全体のLF とHFの平均値
(RR_{LF} , RR_{HF}) を求める

2. 自律神経系活動に影響のある区間の特定

特定条件 : $LF > RR_{LF}$ の120% and $HF < RR_{HF}$ の80%

影響のある区間の条件 : $LF > RR_{LF}$ の120%

3. 自律神経系活動が影響を受け始めた時刻の特定

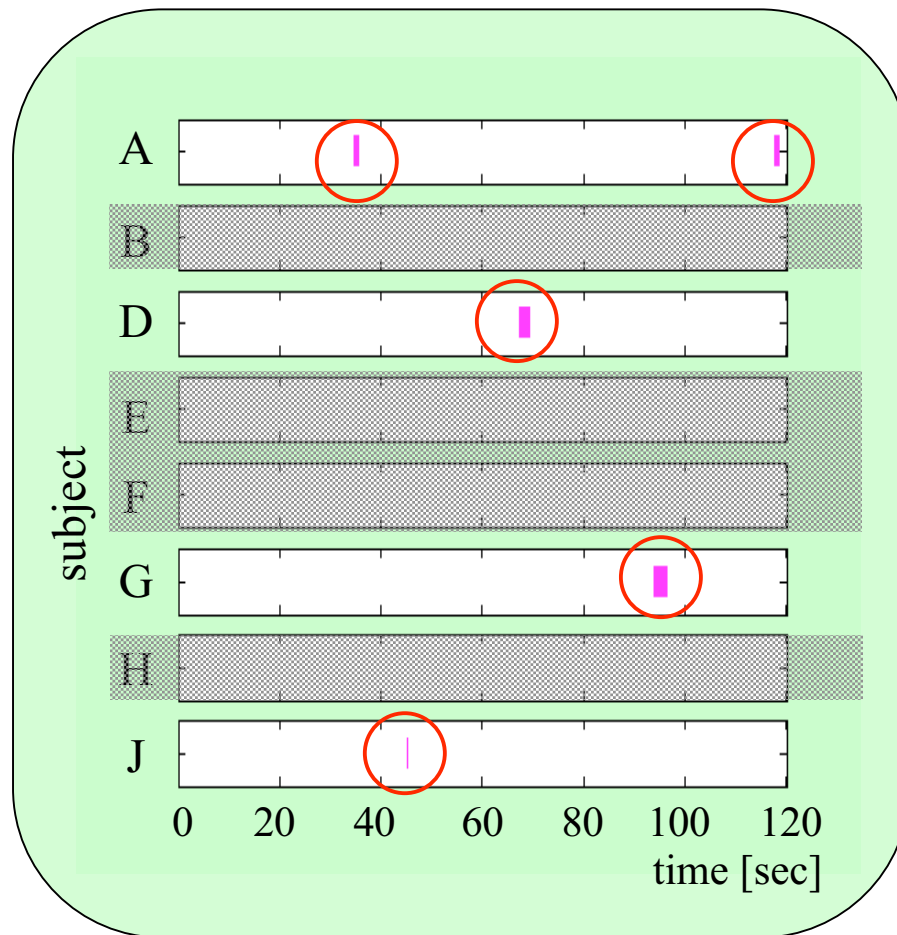
きっかけとなる時刻の条件 : 時間軸を過去に遡って求めたLFの極小点

影響を受けた時刻の特定（例）

マウンテンバイク視聴時

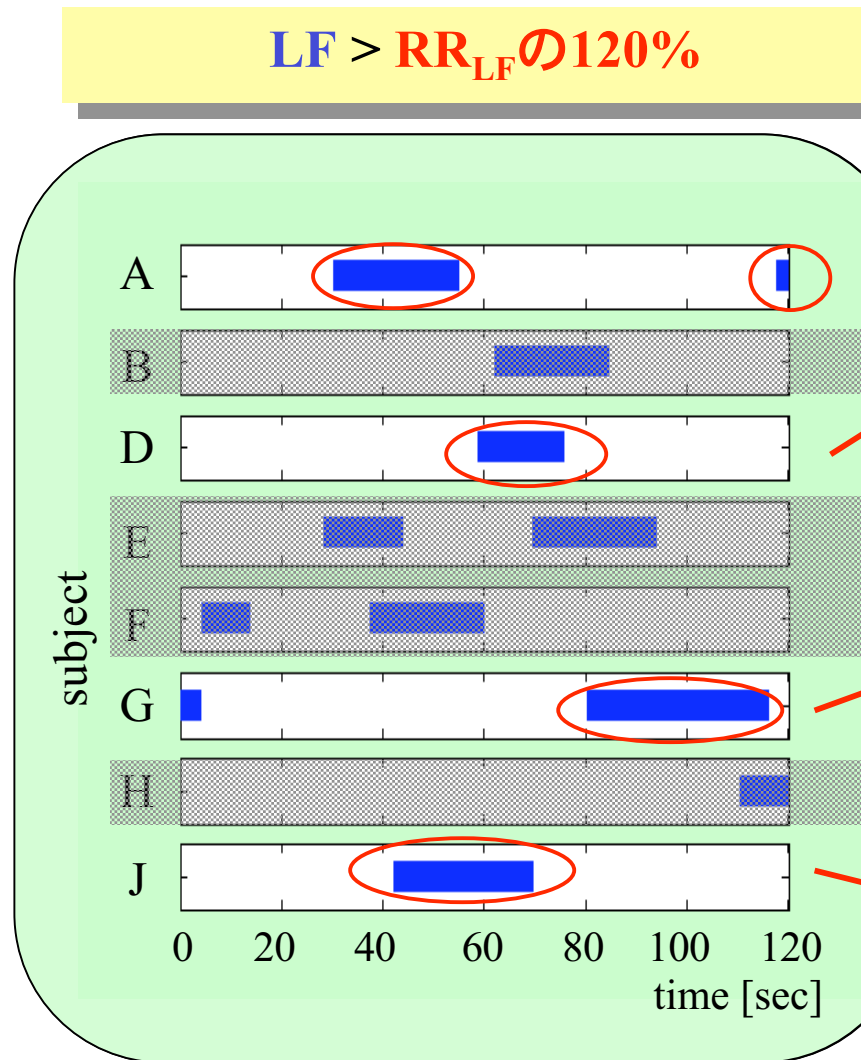
影響を受けた時刻の特定（例）

$LF > RR_{LF}$ の120% and
 $HF < RR_{HF}$ の80%

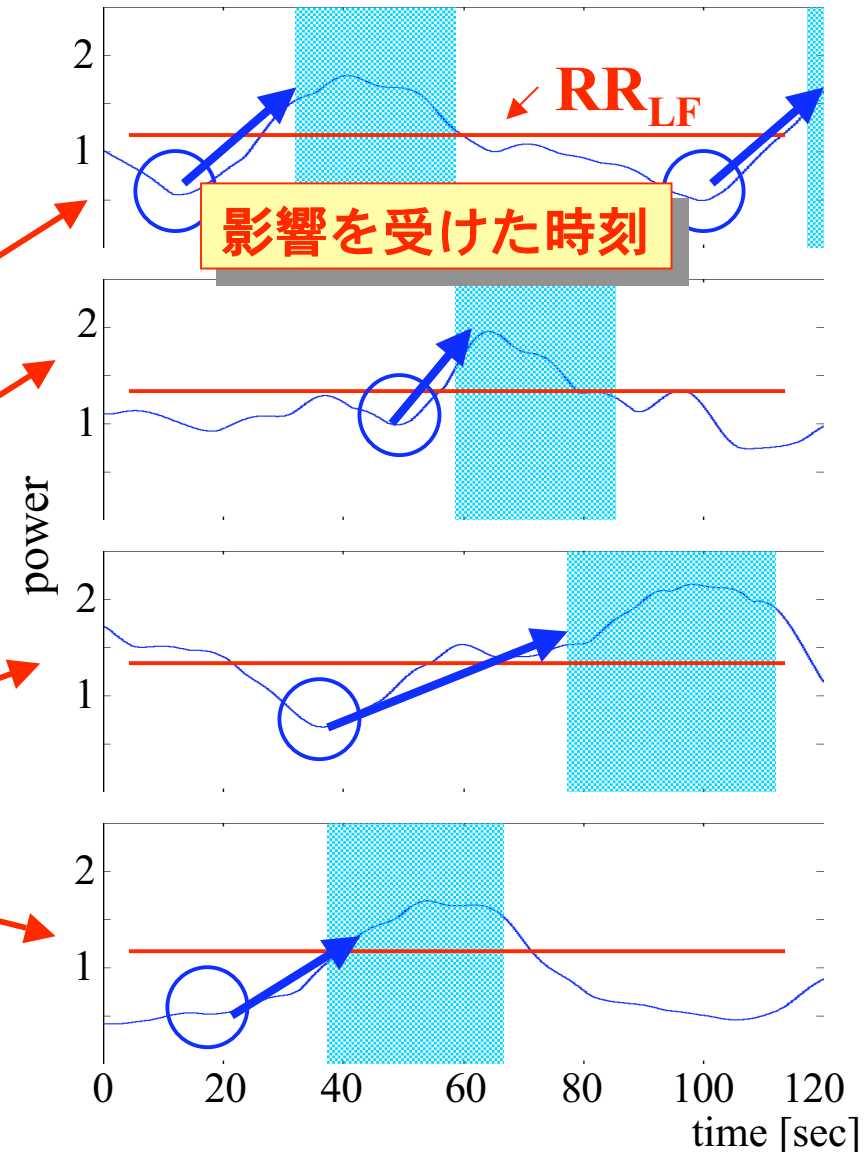


マウンテンバイク視聴時

影響を受けた時刻の特定（例）



マウンテンバイク視聴時



シミュレーション実験結果

ランダムドット映像

task 1		task 2		task 3		task 4		task 5		task 6		task 7	
S	S	PT	S	ZPT	S	ZT	S	ZPT	S	ZP	S	ZPT	S

task 3	subject	G	F	C	D	C	I	B	G
	time [sec]	11.7	47.8	66.9	92.7	104.0	106.7	114.3	115.3
task 5	subject	C	B	I	J	H	E	C	
	time [sec]	14.7	54.2	57.8	90.2	103.3	110.4	118.8	
task 7	subject	J	B	G	D	F	C	G	
	time [sec]	7.1	17.5	66.4	78.4	85.1	86.9	106.2	

生体が影響を受けた時刻は22エポック選択された

動きベクトルの時間周波数構造

動きベクトル

ボトムアップ的なアプローチで算出したGMVを使用

秦泉寺 久美, 石橋聡, 小林 直樹, “カメラモーション抽出によるスプライト自動生成”, 電子情報通信学会論文誌, Vol.J82-D-II, No.6, pp.1018-1030, Jun, 1999.

Gloval Motion Vector
(カメラ全体の動き)

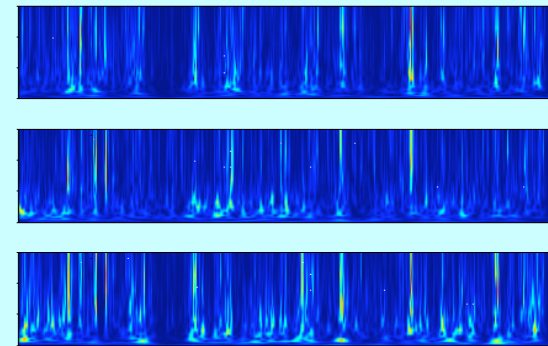
zoom (焦点距離の移動)

pan (カメラの横振り)

tilt (カメラの縦振り)

時間周波数
解析

frequency [Hz]



time [sec]

影響を受け始めた時刻 ± 3 [sec]の区間での
動きベクトルの時間周波数構造を推定

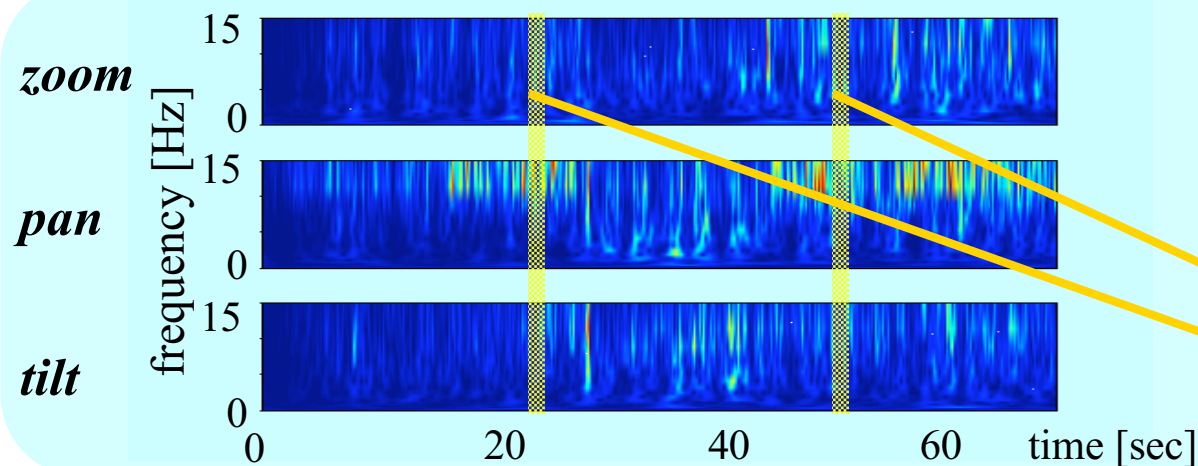
動きベクトルの特定周波数帯域のパワーを算出

動きベクトルの時間周波数構造

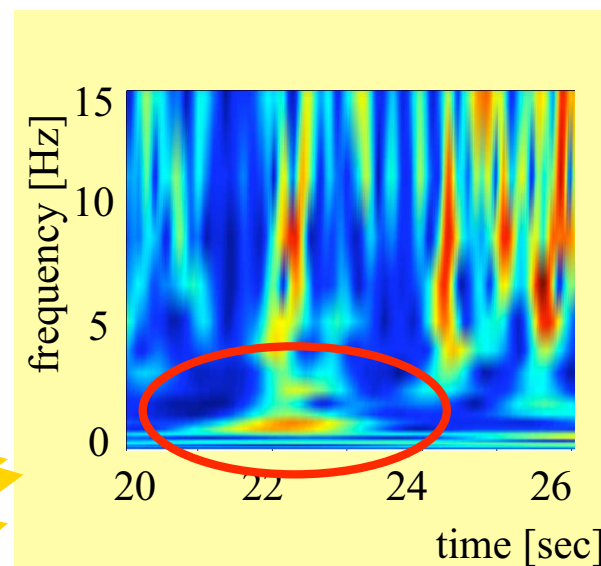


影響を受けた時刻 ± 3 [sec]

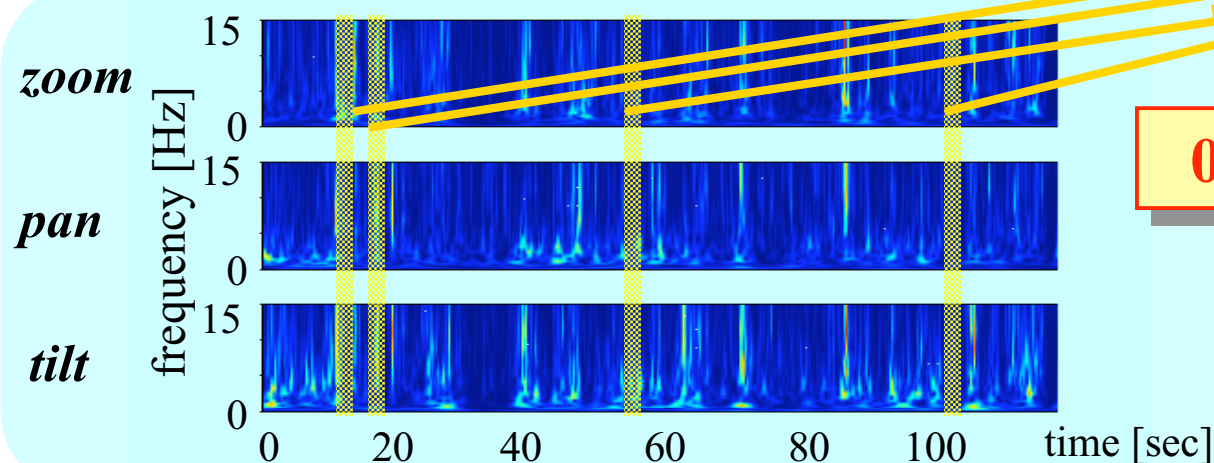
bobsleigh



zoom



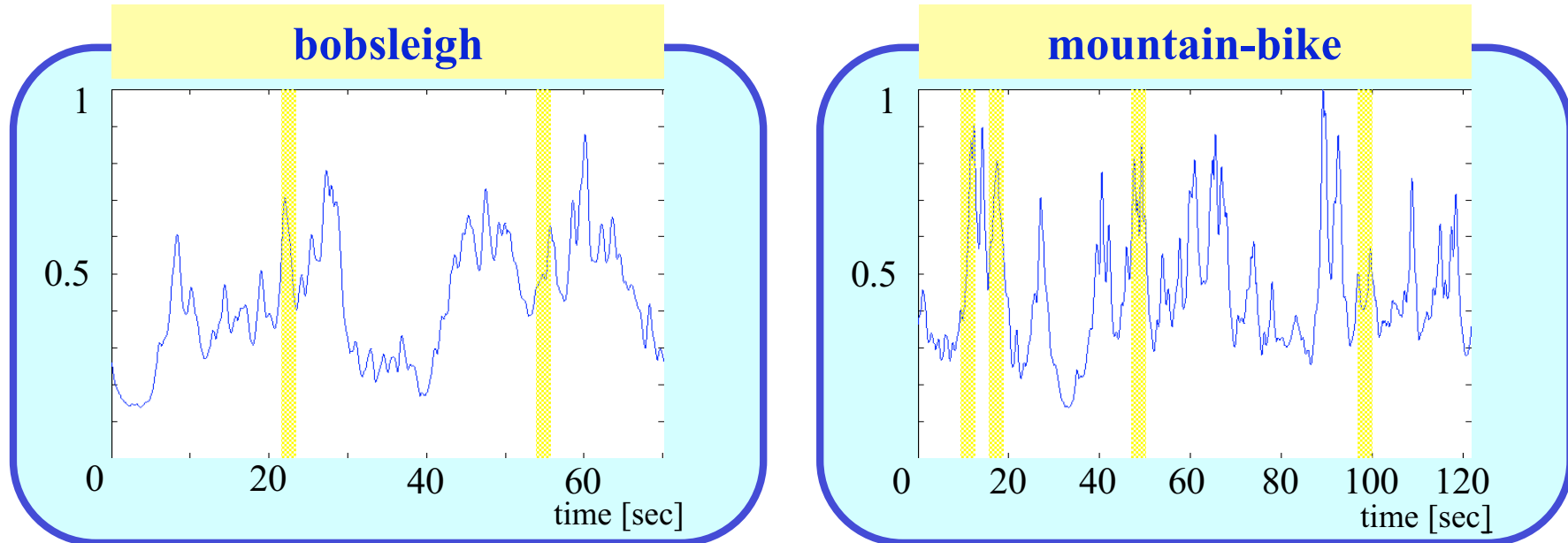
mountain-bike



0.1-3 [Hz]帯域に注目!

**この帯域に絞り
時間周波数解析**

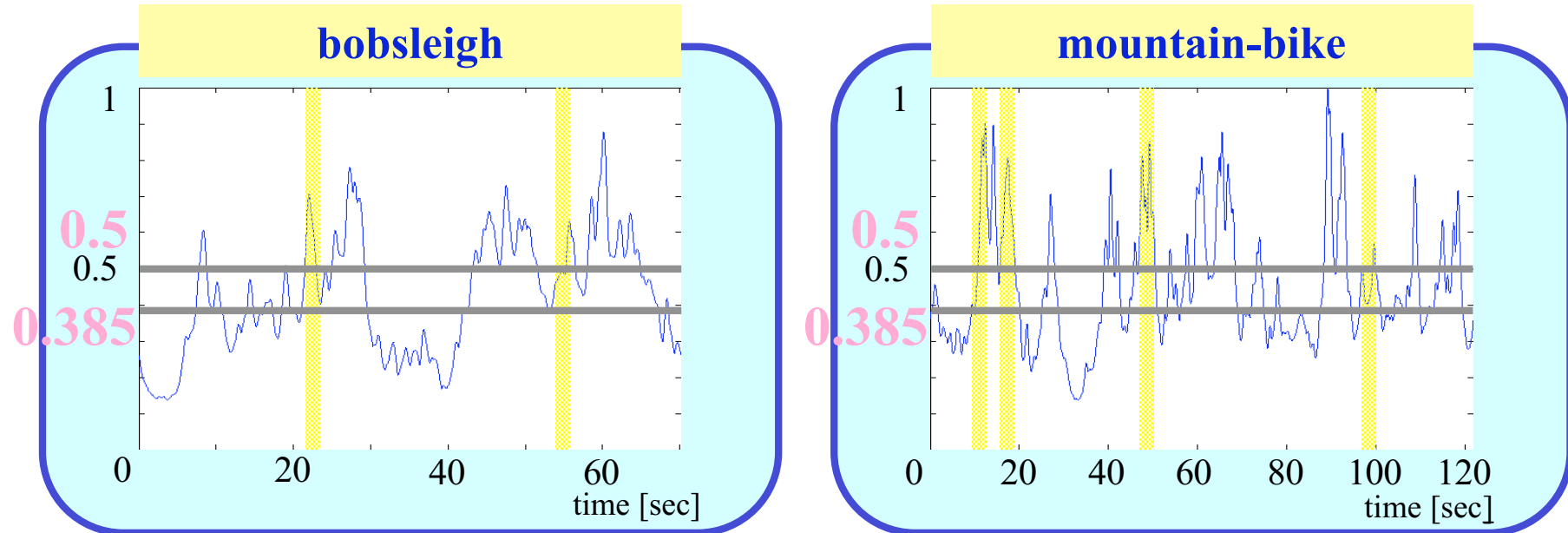
動きベクトルの生体影響区間 (*zoom*)



※上図は*zoom*の0.1～3[Hz]帯域でのノーマライズされたパワー（最大値で正規化）

	bobsleigh	mountain-bike
区間数	5 (b1～b5)	11 (m1～m11)
最大区間長 [sec]	14.17	12.73
最小区間長 [sec]	1.17	2.40
区間長平均 [sec] (標準偏差)	7.57 (5.29)	5.83 (3.13)

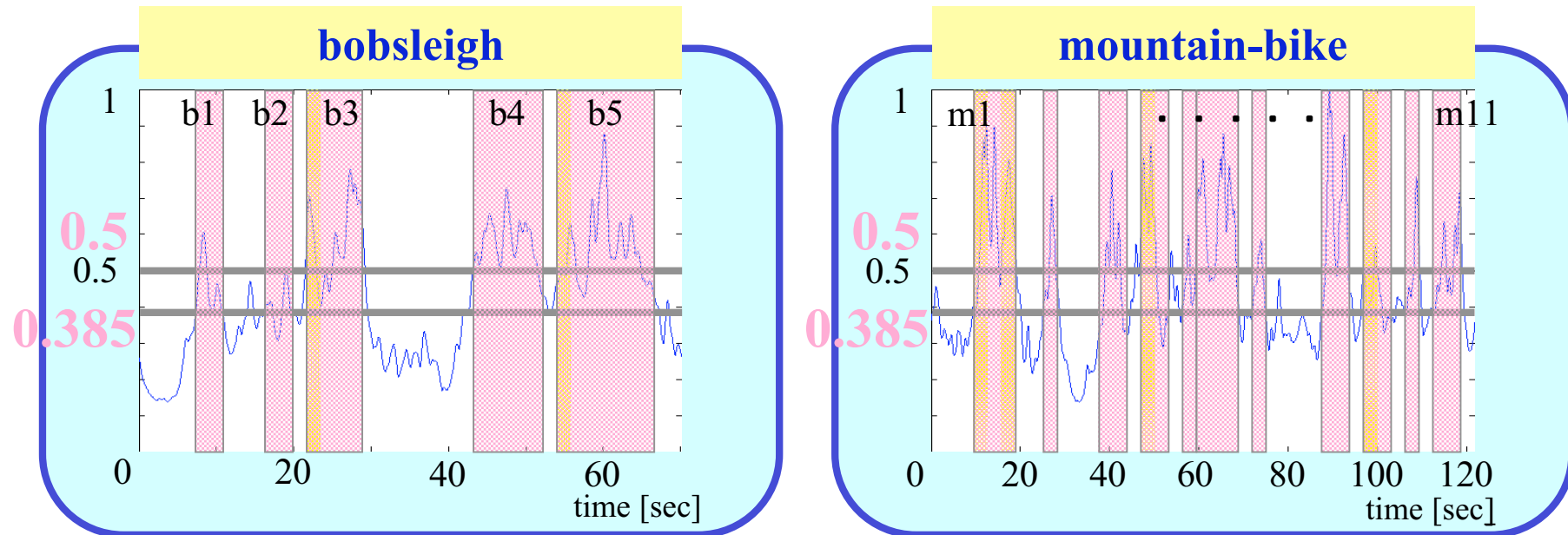
動きベクトルの生体影響区間 (*zoom*)



※上図は*zoom*の0.1～3[Hz]帯域でのノーマライズされたパワー（最大値で正規化）

	bobsleigh	mountain-bike
区間数	5 (b1～b5)	11 (m1～m11)
最大区間長 [sec]	14.17	12.73
最小区間長 [sec]	1.17	2.40
区間長平均 [sec] (標準偏差)	7.57 (5.29)	5.83 (3.13)

動きベクトルの生体影響区間 (*zoom*)



※上図は*zoom*の0.1～3[Hz]帯域でのノーマライズされたパワー（最大値で正規化）

	bobsleigh	mountain-bike
区間数	5 (b1～b5)	11 (m1～m11)
最大区間長 [sec]	14.17	12.73
最小区間長 [sec]	1.17	2.40
区間長平均 [sec] (標準偏差)	7.57 (5.29)	5.83 (3.13)

動きベクトルと生体影響区間の検証

ランダムドット映像

task 1		task 2		task 3		task 4		task 5		task 6		task 7	
S	S	PT	S	ZPT	S	ZT	S	ZPT	S	ZP	S	ZPT	S

生体が影響を受けた時刻22エポックのうち14エポックの時刻で動きベクトルの特定の周波数帯域のパワーが増加していた。

動きベクトルと生体影響区間の検証

ランダムドット映像

task 1		task 2		task 3		task 4		task 5		task 6		task 7	
S	S	PT	S	ZPT	S	ZT	S	ZPT	S	ZP	S	ZPT	S

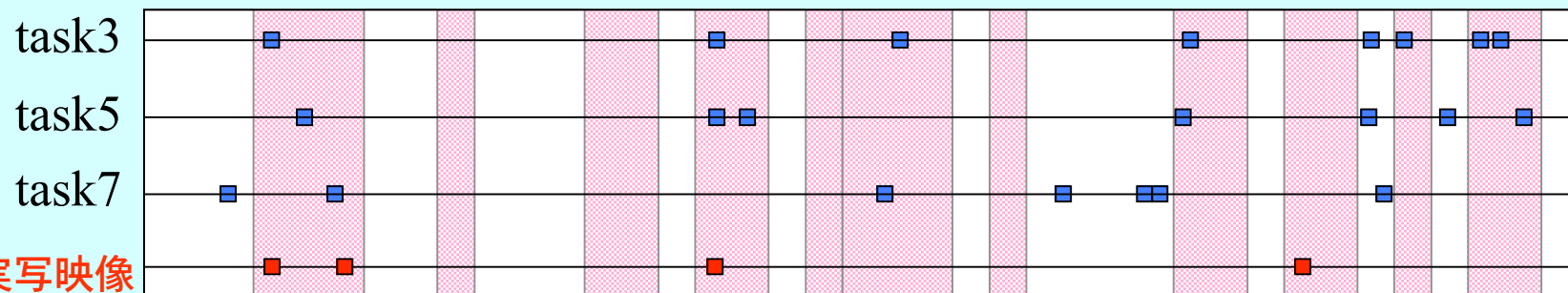
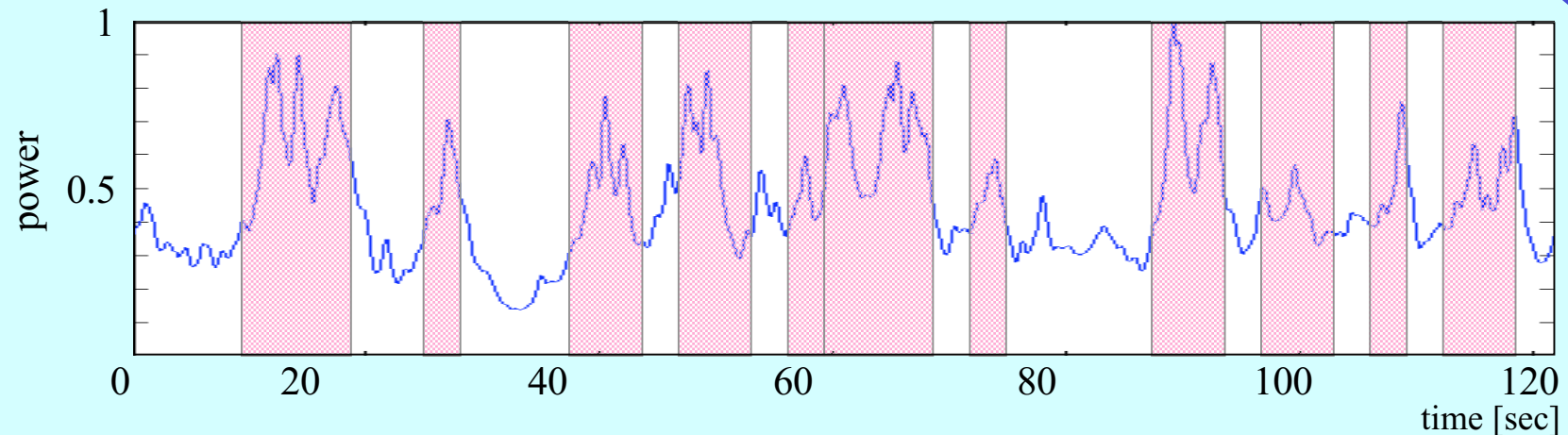
task 3	subject	G	F	C	D	C	I	B	G
	time [sec]	11.7	47.8	66.9	92.7	104.0	106.7	114.3	115.3
task 5	subject	C	B	I	J	H	E	C	
	time [sec]	14.7	54.2	57.8	90.2	103.3	110.4	118.8	
task 7	subject	J	B	G	D	F	C	G	
	time [sec]	7.1	17.5	66.4	78.4	85.1	86.9	106.2	

生体が影響を受けた時刻22エポックのうち14エポックの時刻で動きベクトルの特定の周波数帯域のパワーが増加していた。

動きベクトルと生体影響区間の検証

ランダムドット映像

task 1		task 2		task 3		task 4		task 5		task 6		task 7	
S	S	PT	S	ZPT	S	ZT	S	ZPT	S	ZP	S	ZPT	S



考察

- ◆ 被験者が最も気持ち悪いと感じたマウンテンバイクで相関係数の高い区間が画面全体に見られた。
 - ➡ GMVとLMVの相関が高い区間が画面全体にあることが映像酔いを誘発する要因の一つである可能性
- ◆ *zoom*において瞬間的に有意なパワーが現れただけで、自律神経系活動に影響を与えるとは考えにくい
 - ➡ パワーが大きいだけでなく、パワーの持続時間も自律神経系活動に関係している可能性
- ◆ シミュレーション映像実験で生体に影響を受けた時刻が動きベクトルの映像生体影響区間内に含まれていない場合があった。
 - ➡ 動きベクトル以外の外乱要素の影響？

まとめ

- ▶ 映像刺激視聴時の心拍変動から求めたLF成分とHF成分を用い，生体が影響を受け始めた時刻を推定した．
- ▶ 実写映像とシミュレーション映像による生体信号から生体が影響を受け始めたときの動きベクトルの時間周波数構造を調べた．
- ▶ 動きベクトル（zoom）の0.1～3 [Hz]帯域のパワーがある程度の強さと持続時間を持ったときに，生体が影響を受ける可能性を示した．

今後の予定

- ・ 動きベクトルの特定周波数帯域の統計量の推定
- ・ 全体の経過時間の影響
- ・ 様々な映像の階層における実験→さらなる影響の要因特定