

# 動きベクトルのパラメータ変化 による生体影響評価

野村 恵里\* , 木竜 徹\* , 中村 亨弥\*\* , 板東 武彦\*\*\*

\*新潟大学大学院自然科学研究科,

\*\*新潟大学脳研究所統合機能研究センター,

\*\*\*新潟大学医歯学総合研究科

# 背景

## IT, 映像技術の発展

### 多種多様なデジタル映像

いつでも容易に  
入手可能



テレビ, 映画, ゲーム,  
携帯電話 など



楽しみの提供

娯楽の充実化



### 懸念される生体への影響

眼精疲労 (1960代)

液晶ディスプレイ,  
3D映像 など



ポケモン事件 (1997)

光過敏症



VR における  
映像酔い

「Cybersickness」



# 映像酔いの評価方法

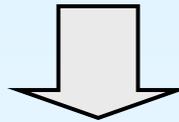
## 映像酔いの誘発原因

- ・ 視覚情報と前庭感覚との不一致説
- ・ 過去と現在における感覚情報の不一致説

Reason J.T., Brand J.J. , “Motion Sickness”, Academic Press, London, 1975.

Kolasinski E.M. “Simulator Sickness in Virtual Environments”,

<http://www.cyberedge.com/4a7a.html>, 1995.



## ★ 現状の問題点

酔いの原因は  
明確でない

原因と結果に対する  
実験的証拠がなく、  
推論のみ

映像酔いに対する  
評価方法は  
確立されていない



# 従来の評価方法

## 先行研究

映像が自律神経系に与える影響の動きベクトルによる定量的評価法の提案

### これまでの成果

- ・ 動きベクトルと血圧との相関が高い。
- ・ 動きベクトルの周波数成分の変動(高↔低)が影響。

南保洋子ら, “自己運動感を伴う映像の動きベクトルによる生体影響”, 第17回生体・生理工学シンポジウム論文集, pp.143-144, Sep.2000

### 問題点

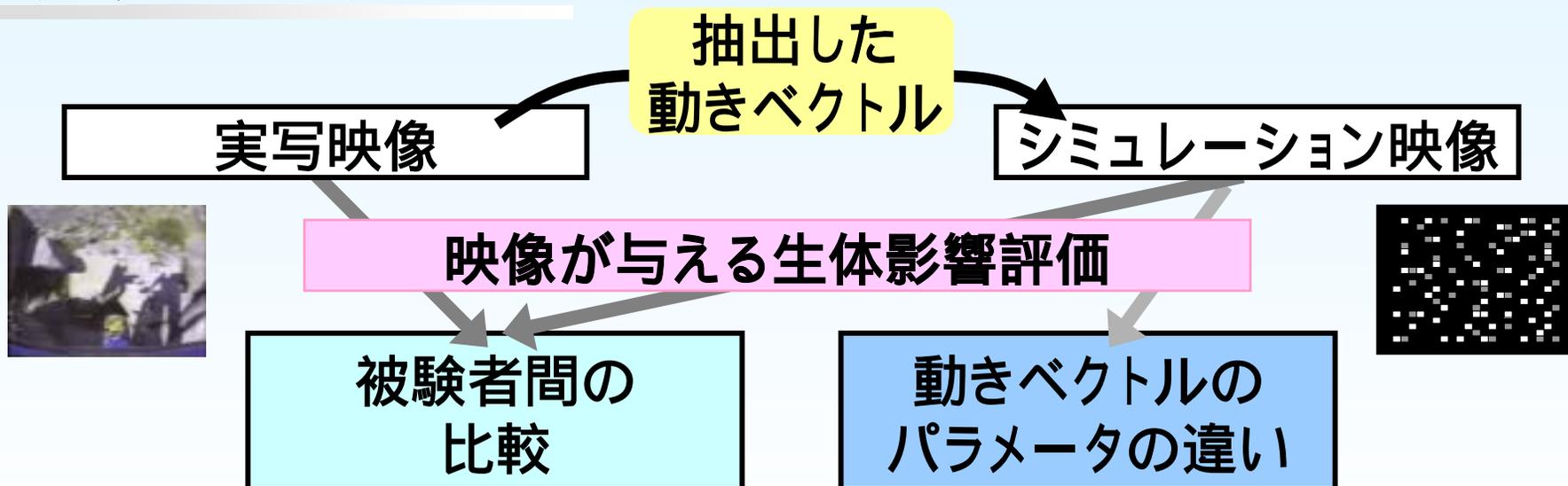
- ★ 動きベクトルと生体信号との相関係数について
  - ・ 相関係数の大小と酔いの程度は比例しない。
  - ・ 血圧と動きベクトルの変動が類似している可能性。
- ★ 個人差について
  - ・ 被験者間の比較が困難。



# 目的

- ★ 実写映像, シミュレーション映像が生体に与える影響
  1. 被験者間の比較から評価
- ★ シミュレーション映像が生体に与える影響
  2. 動きベクトルのパラメータの違いから評価

# アプローチ



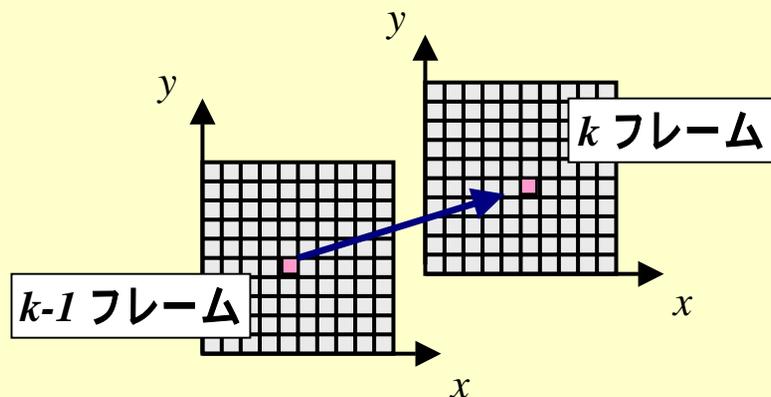
# 映像の動きベクトル

動きベクトル : 連続するフレーム間における移動量 .

## ★ *Local motion vector( LMV )*

各ブロックごとの動き

25(  $5*5$  )個の小領域に  
分割して使用 .



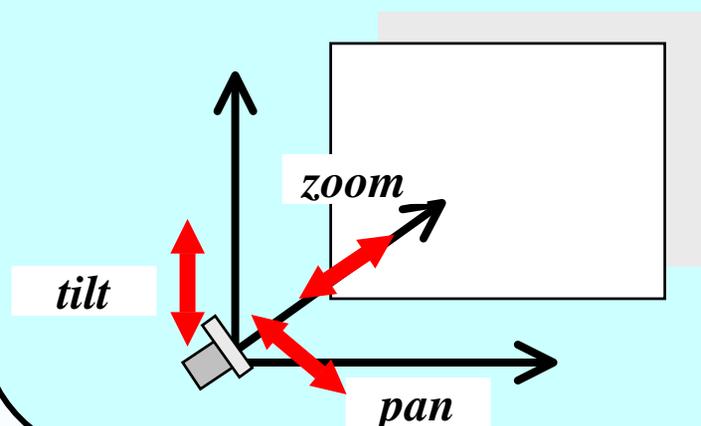
解像度 :  $368*288$  [pixel]  
ブロックサイズ :  $8*8$  [pixel]  
ブロックを4 [pixel]ずつシフト .

## ★ *Global motion vector( GMV )*

カメラの動き  
( 画面全体の動き )

### *GMV*のパラメータ

*zoom* : 焦点距離の移動  
*pan* : カメラの横振り  
*tilt* : カメラの縦振り



# 視覚刺激用実写映像

## 乗り物体感ビデオ ( 車搭載カメラから撮影 )

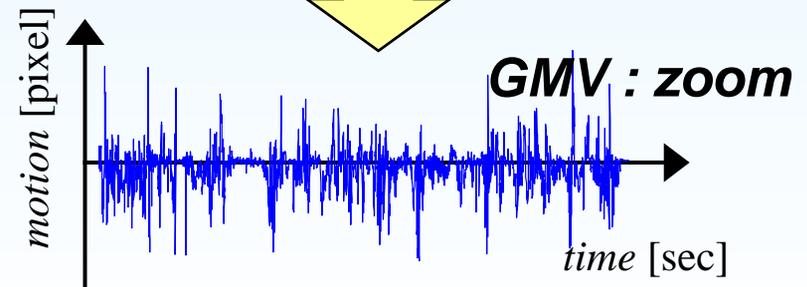
1. パラシュート
2. ボブスレー
3. ボート
4. ゴーカー
5. ハンググライダー
6. 海
7. **マウンテンバイク**
8. カーレース
9. バンジー
10. 飛び込み
11. バイクレース

酔いを訴えた  
被験者  
最も多い



南保洋子ら, “自己運動感を伴う映像の動きベクトルによる生体影響”,  
第17回生体・生理工学シンポジウム論文集, pp.143-144, Sep.2000

動きベクトルの抽出



# 視覚刺激用シミュレーション映像

★視覚刺激システム (*VSG2/5 Cambridge Research Systems*)  
を用いて制作.

図形パターン : ランダムドット

・輝度

・密度

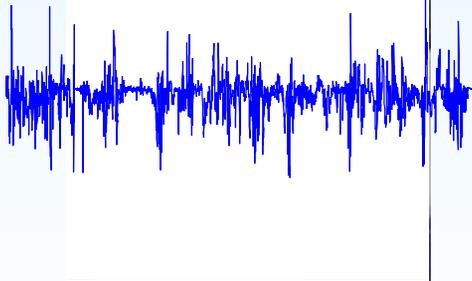
視覚刺激システムにおいて、以下のパラメータを設定.

ドット平面 1 : ドット数 200 , 大きさ 3\*3 pixel

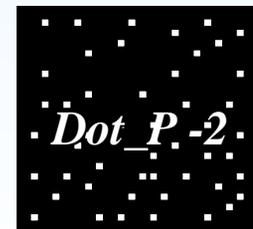
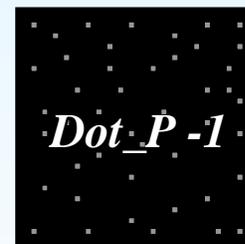
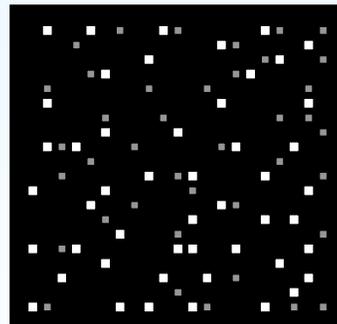
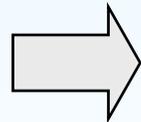
ドット平面 2 : ドット数 250 , 大きさ 4\*4 pixel

・動き ... マウンテンバイク映像と同じ動きベクトル使用.

抽出した  
動きベクトル



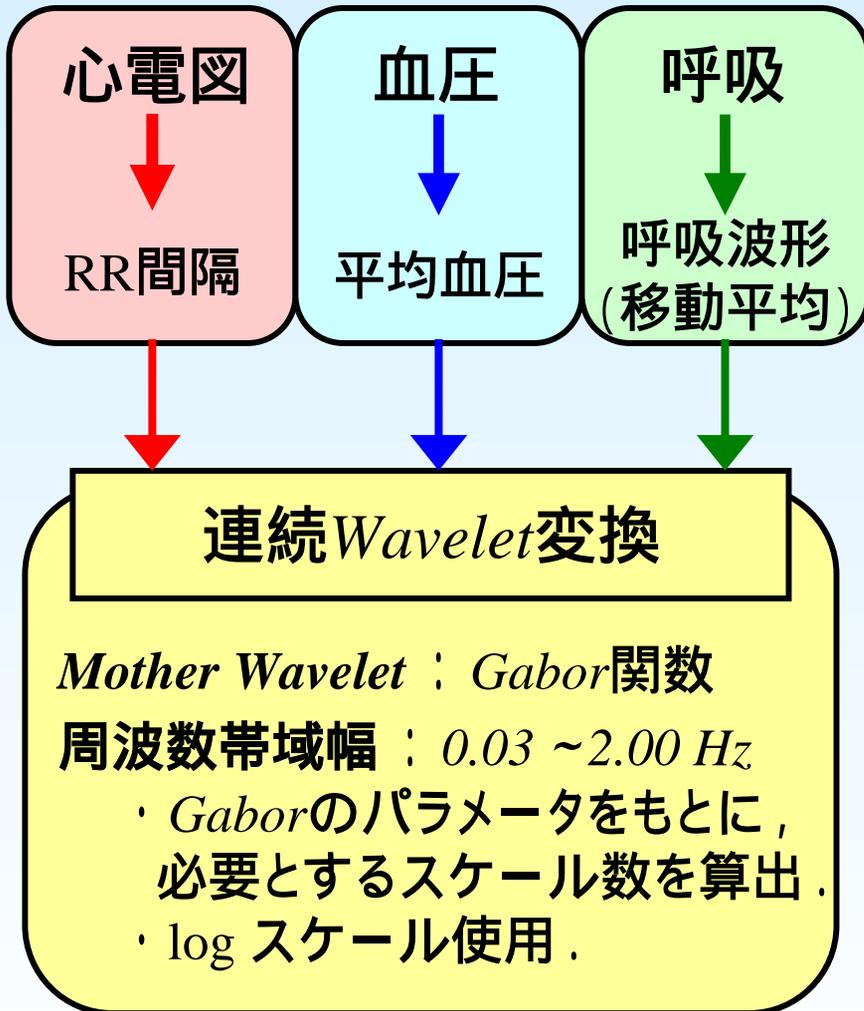
シミュレーション映像



奥行き感

# 生体信号からのパワースペクトルの算出

## 生体信号



## 注目する周波数帯域

自律神経系に関連ある  
と思われる帯域に注目.

早野順一郎ら, “心拍変動と自律神経機能”, 生物物理,  
Vol.28, no.4, pp.32-36, 1998.

HF (高周波数成分: 0.16 ~ 0.45 Hz)

**RR. HF** : RR間隔

**Resp. HF** : 呼吸性 HF

LF (低周波数成分: 0.04 ~ 0.15 Hz)

**RR. LF** : RR間隔

**BP. LF** : 血圧性 LF

# パワー比率と最大パワー平均値の算出

## 自律神経系の指標

*RR.HF* : RR間隔

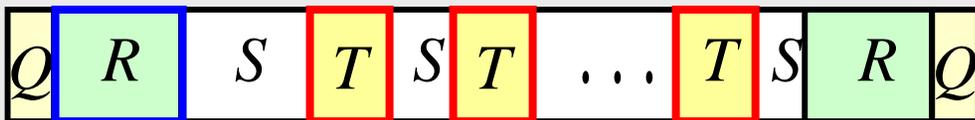
*Resp.HF* : 呼吸性 HF

*RR.LF* : RR間隔

*BP.LF* : 血圧性 LF

## ★規格化パワー時系列

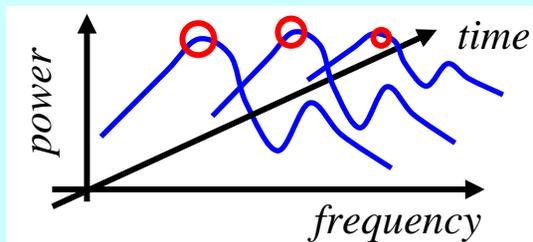
映像視聴前 安静3分間の  
平均値を基準に規格化.



*Q* : questionnaire , *R* : rest , *S* : still , *T* : task

## ★最大パワー平均値

パワーの最大値を時刻毎に  
求め、映像提示2分間の  
平均値を算出.



$$\text{normalized power} = \frac{\text{映像視聴時のパワー時系列}}{\text{安静時パワーの平均値}}$$

被験者間の比較  
から評価

動きベクトルのパラメータ  
の違いから評価

# 実験条件

## 使用する視覚刺激

実写映像 : 乗り物体感ビデオ  
シミュレーション映像 : ランダムドットパターン

ただし, 両映像とも無音.

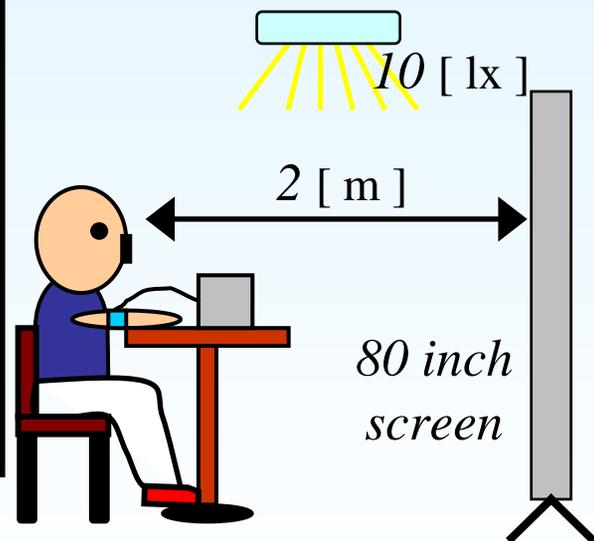
## 計測データ

心電図 : 胸部双極誘導  
血圧 : トノメトリ法 (左手橈骨動脈)  
呼吸 : チューブ式センサ (腹部, 胸部)  
発汗 : カプセル換気法 (左手母指球)

- ・ 増幅度 26 dB
- ・ 帯域幅 0.53 ~ 1 kHz
- ・ サンプリング周波数 1 kHz
- ・ 量子化ビット 16 bit

## 被験者

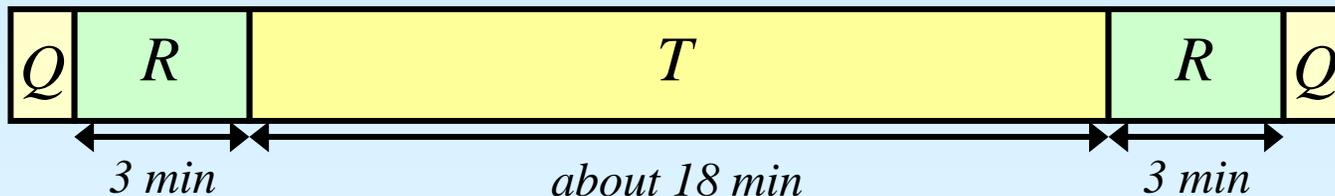
健全な男性8名, 女性2名  
(平均年齢  $22.5 \pm 1.5$  歳)



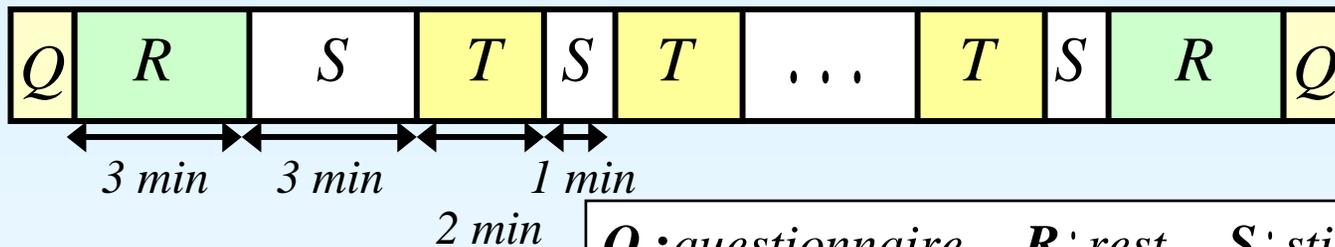
新潟大学大学院医歯学総合研究科で行われた実験 (Nov.2002)

# 実験プロトコル

## ★ 実写映像 ( *protocol 0* )



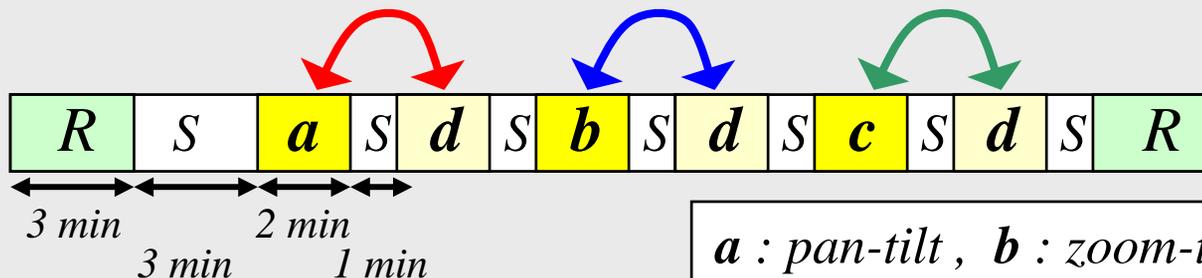
## ★ シミュレーション映像 ( *protocol 1 ~ 5* )



*Q*:questionnaire , *R*:rest , *S*:still , *T*:task

### (例) *protocol 2*

GMV(Global Motion Vector)パラメータ間の比較



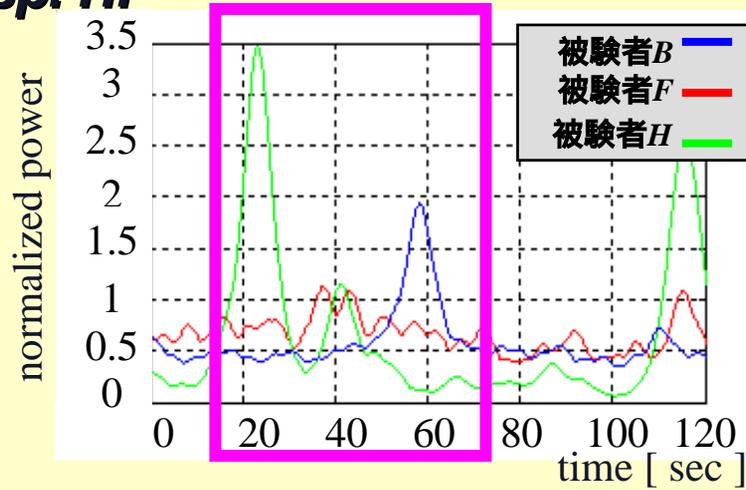
*a* : pan-tilt , *b* : zoom-tilt ,  
*c* : zoom-pan , *d* : zoom-pan-tilt

# 実写映像による影響

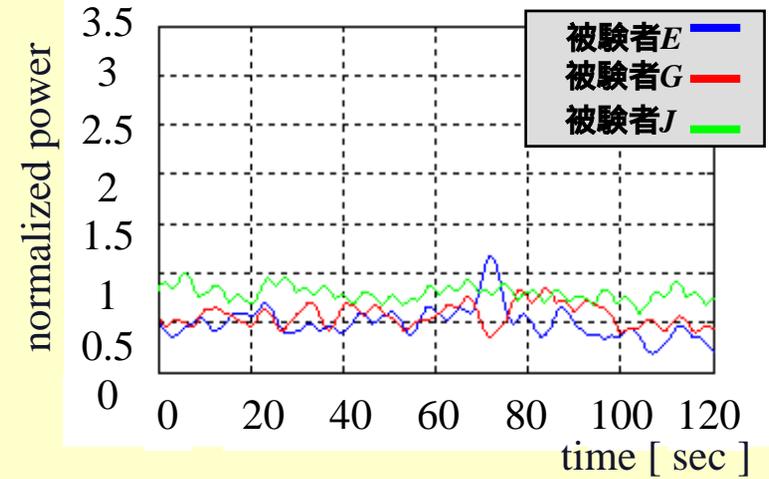
# —規格化パワー時系列—

## ★ 被験者間の比較

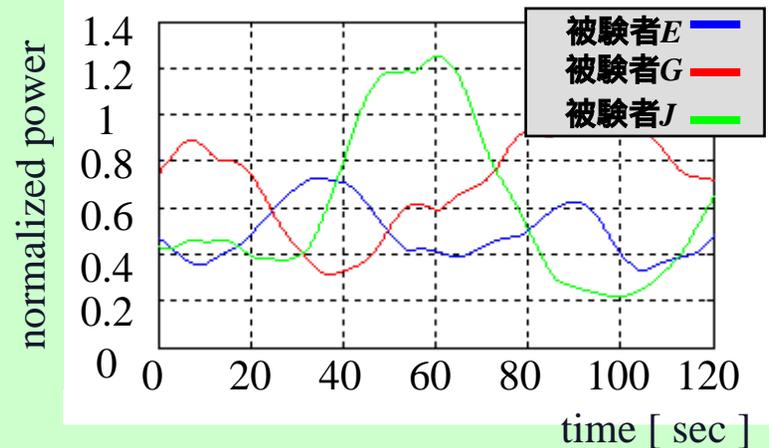
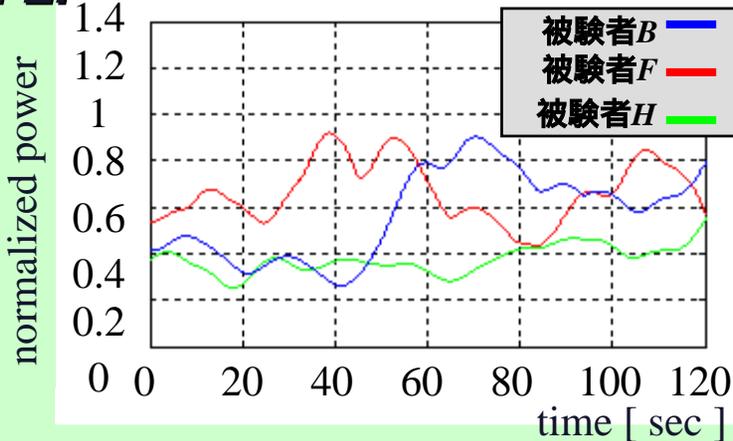
### Resp. HF 酔ったグループ



### 酔わなかったグループ



### BP. LF



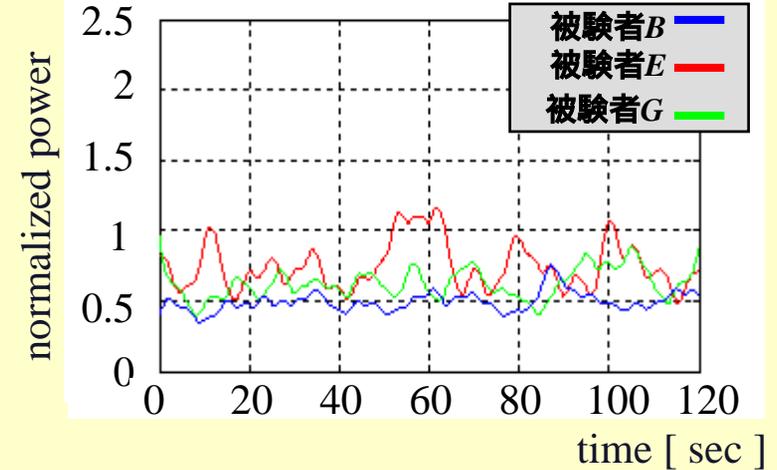
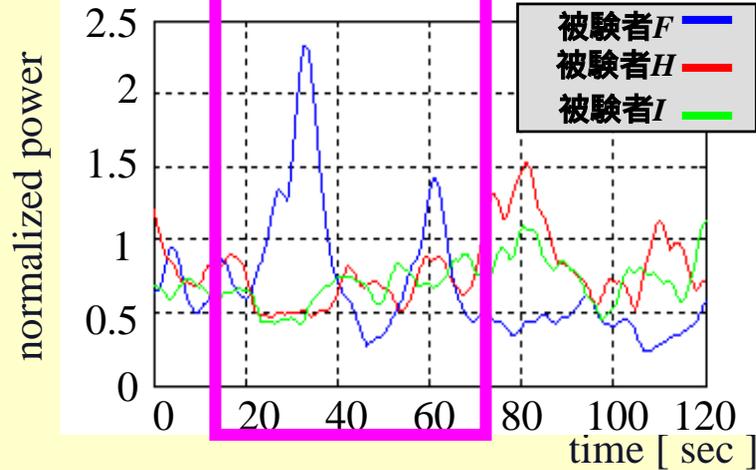
# シミュレーション映像による影響

★ 被験者間の比較

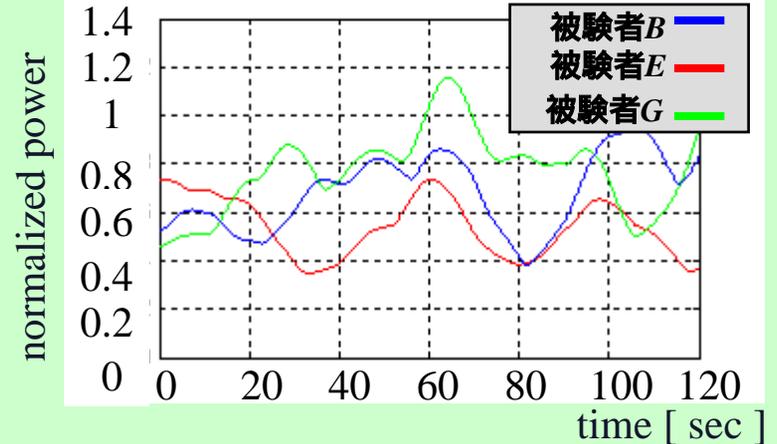
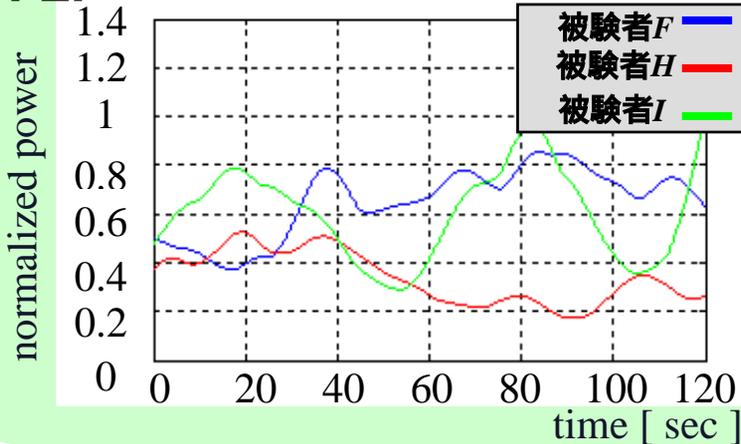
—規格化パワー時系列—

Resp. HF 酔ったグループ

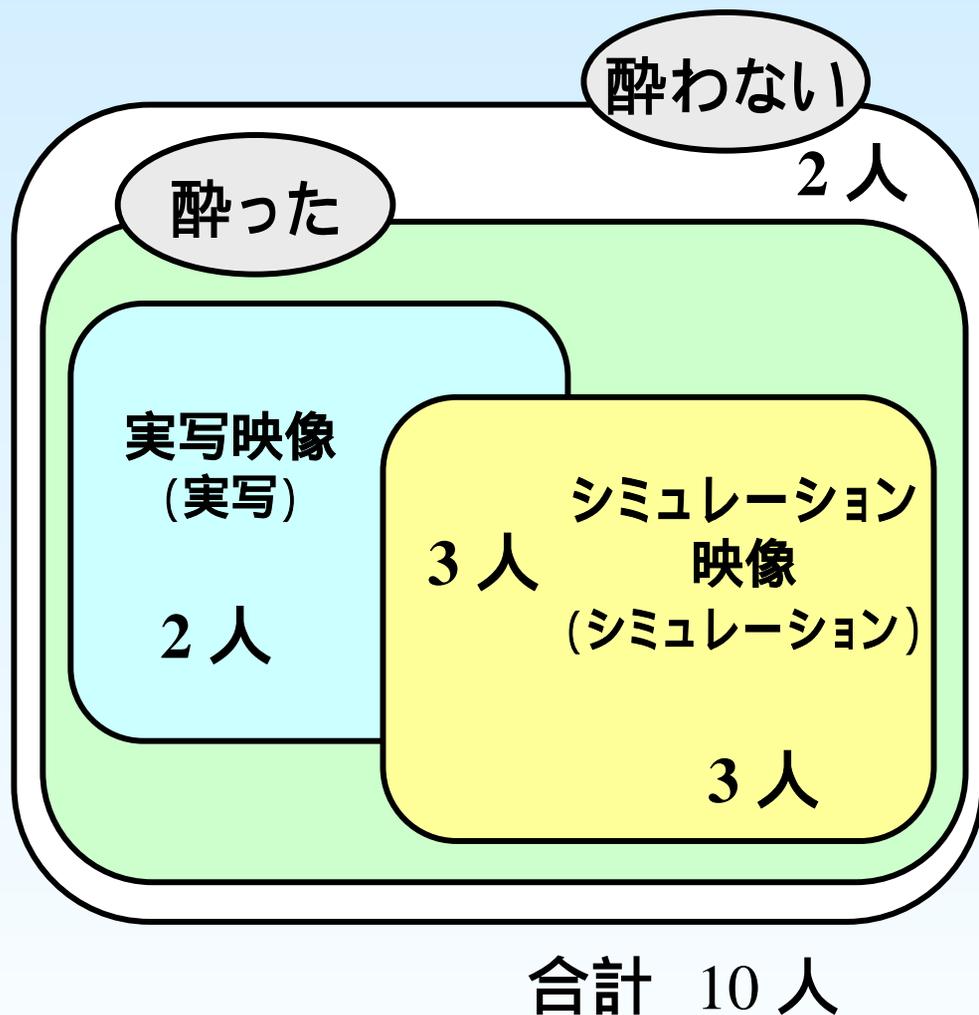
酔わなかったグループ



BP. LF



# 映像視聴後のアンケート調査結果



## 各被験者の酔いの有無

被験者	A	B	C	D	E
実写		×	×		
シミュレーション	×			×	
被験者	F	G	H	I	J
実写	×		×	×	
シミュレーション	×		×	×	×

…酔わない , × …酔った

# 考察 —被験者間の比較から評価—

## ★ 実写映像とシミュレーション映像による影響

酔いを訴えたグループでは…

規格化パワー時系列

*Resp. HF* →

約20 ~ 70 secの区間 において  
変動 大 … 呼吸の乱れ

しかし、

- ・ 正確な酔いの時点 決定困難
- ・ 主観評価により酔いの有・無判断



自律神経系の  
指標の変動

被験者間の比較により評価  
“酔い”とはなにか

動きベクトルのパラメータの違い  
から評価

酔いの原因を追求

# 動きベクトルのパラメータによる影響

—最大パワー—平均値—

## ★ 動きベクトルのパラメータの違い

各被験者の映像提示2分間における最大パワー平均値を算出。  
 < 自律神経系の各指標 (Resp. HF / RR. HF / RR. LF / BP . LF) に対して >



被験者	A	B	D	G	I
pan-tilt	0.67	0.87	0.66	0.82	0.78
zoom-pan-tilt 1回目	0.73	0.86	0.72	0.73	0.86
zoom-pan-tilt 2回目	0.71	0.70	0.73	0.84	0.66
zoom-pan-tilt 3回目	0.77	0.73	0.70	0.84	0.70

ただし、小数点第2位未満 四捨五入。

[ a.u. ]

# 動きベクトルのパラメータによる影響

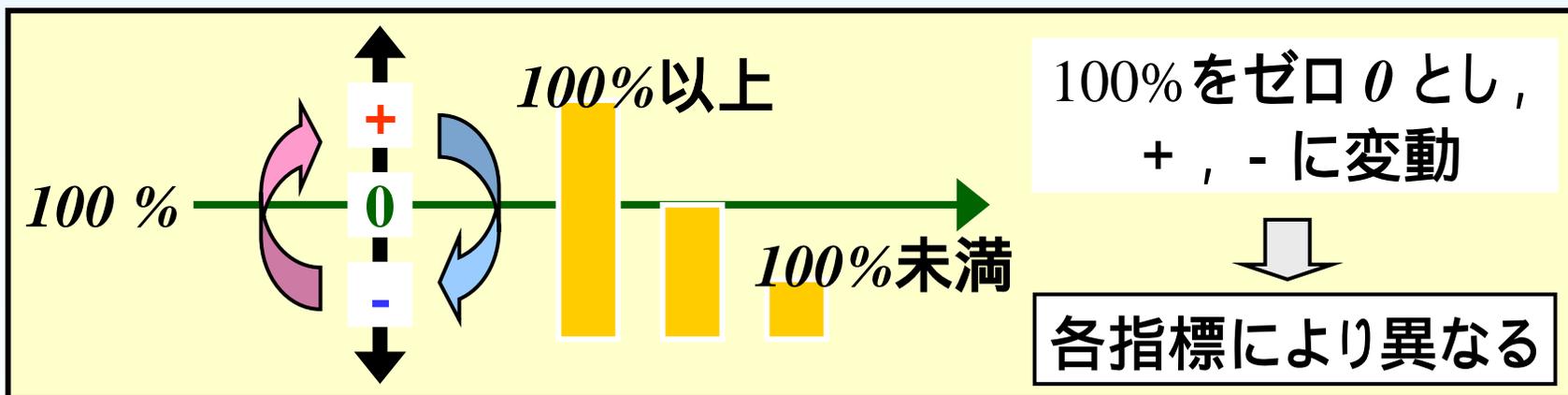
★ 最大パワー変化率 - 最大パワー変化率による評価 -

$$V = \frac{A \text{ あり のときの最大パワー平均値}}{A \text{ なし のときの最大パワー平均値}} \times 100$$

A : 動きベクトルのパラメータ (例: *zoom*, *pan*, *tilt*)

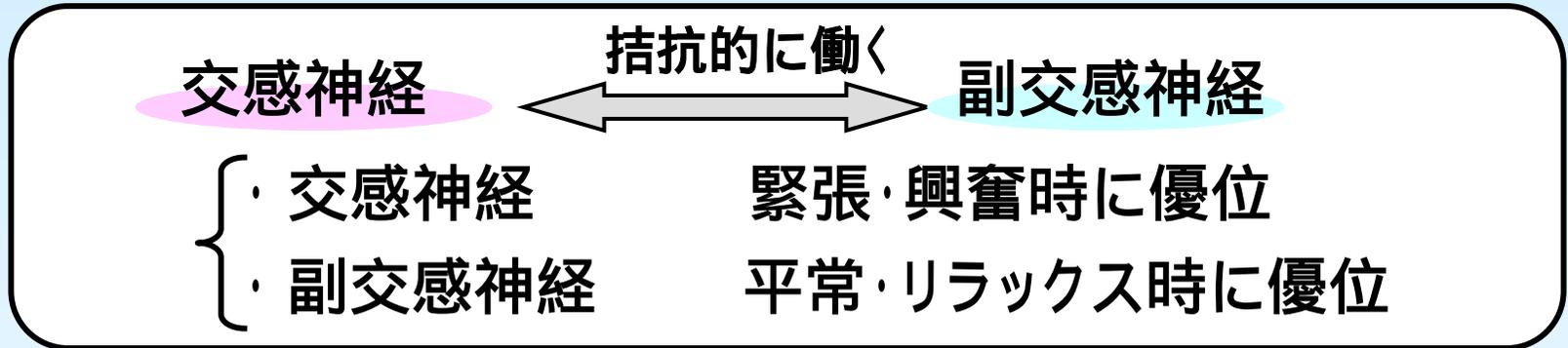
A を加えた際の自律神経系への影響を評価

100 % をしきい値とし, 交感神経・副交感神経優位を判断.



# 各自律神経系の指標における評価の判断

## ★ 自律神経系



佐藤 昭夫ら, “ストレスの仕組みと積極的対応”, 藤田企画出版株式会社, pp.9-13, 1993.

自律神経系の指標	交感神経優位の場合	
呼吸 HF成分( <i>Resp. HF</i> ) 血圧 LF成分( <i>BP. LF</i> )	100% 以下 100% 以上	HF成分 呼吸リズム ⇨ 副交感神経反映
RR間隔 HF成分( <i>RR. HF</i> ) LF成分( <i>RR. LF</i> )	100% 以下 100% 以上	LF成分 血圧調節系のリズム ⇨ 交感神経反映

南谷 晴之, “疲労とストレス”, バイオメカニズム学会誌, Vol. 21, No. 2, pp.58-64, 1997.

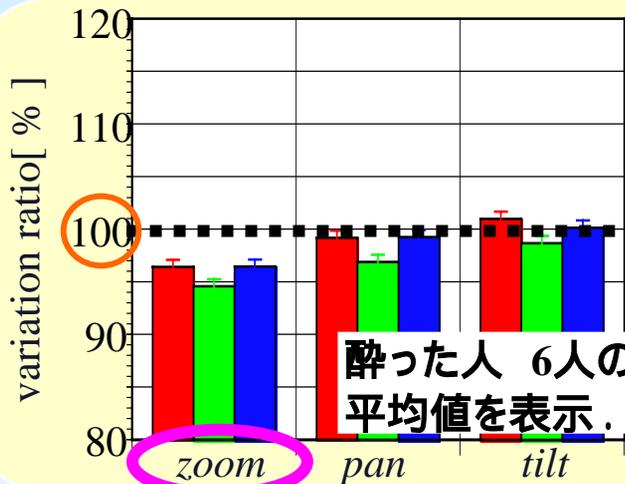
# 動きベクトルのパラメータによる影響

## - 最大パワー変化率の比較 -

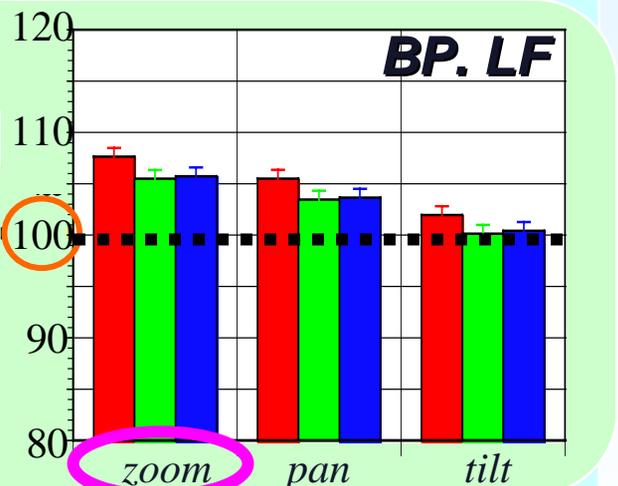
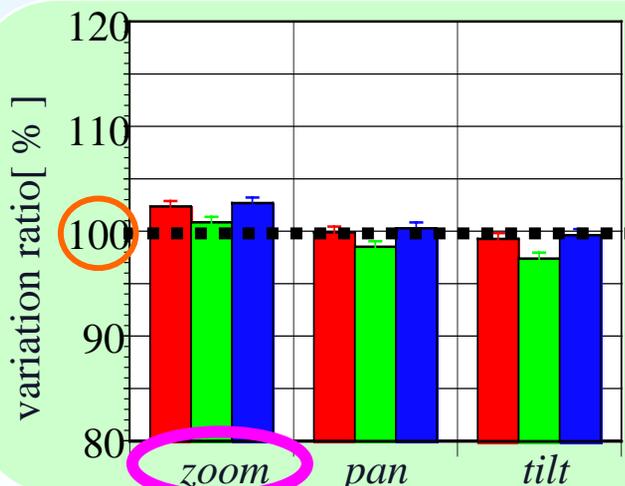
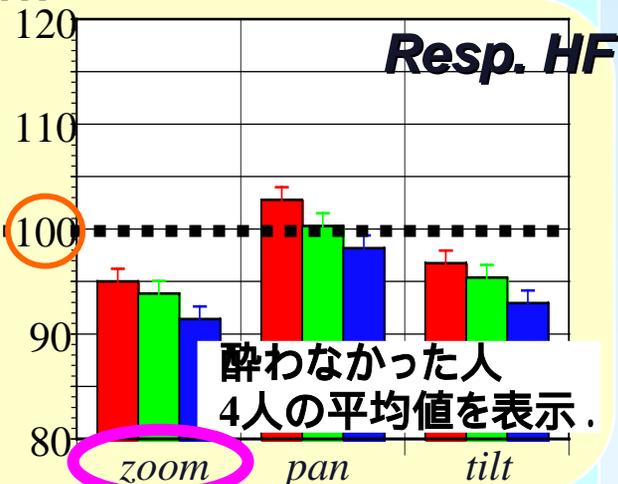
### Protocol 2



### 酔ったグループ



### 酔わなかったグループ



# 考察 -動きベクトルのパラメータの違いから評価-

## ★シミュレーション映像による影響

zoom を加えた場合に…

最大パワー変化率

<i>Resp. HF</i>	→	100%以下	交感神経優位
<i>BP. LF</i>	→	100%以上	

緊張・興奮状態にあり



各パラメータにおいて…

**zoom** →  
(カメラの焦点距離)

最大パワー変化率 … 変動 大

生体に影響を与えるパラメータである可能性

# まとめ

- ★ 実写映像から動きベクトルの抽出
- ★ シミュレーション映像制作 (抽出した動きベクトル使用)
- ★ 被験者間の比較から評価

実写映像視聴時の生体影響

シミュレーション映像視聴時の生体影響

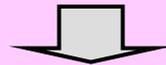
- ★ 動きベクトルのパラメータの違いから評価

シミュレーション映像視聴時の生体影響

結果

動きベクトルのパラメータの一つである *zoom*

(カメラの焦点距離)



生体に何らかの影響を与えている可能性

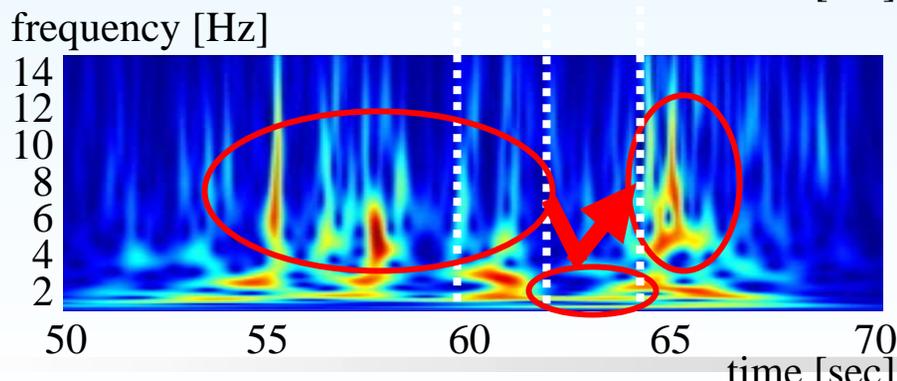
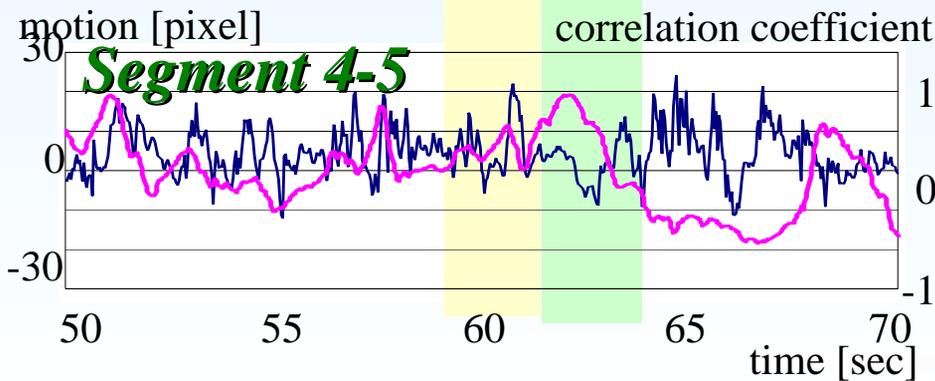
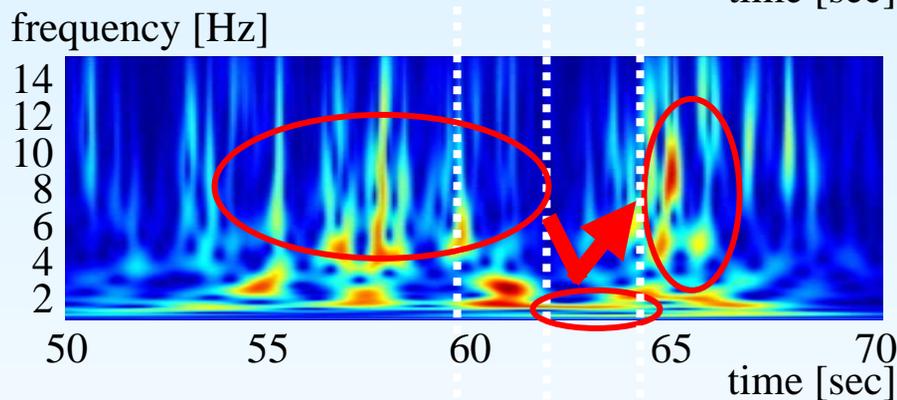
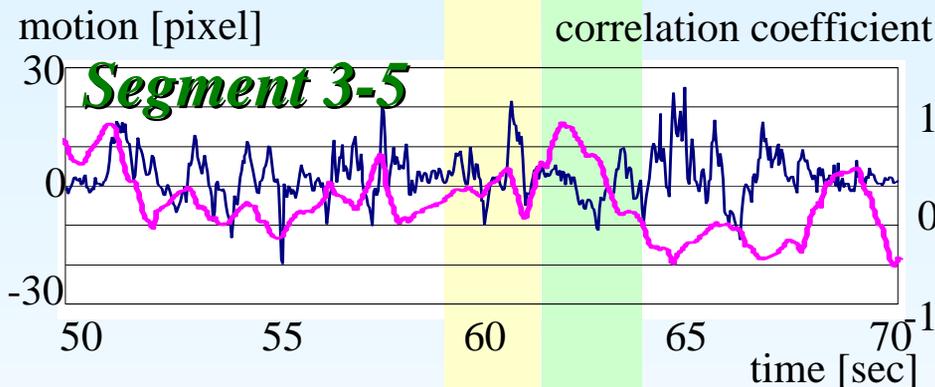
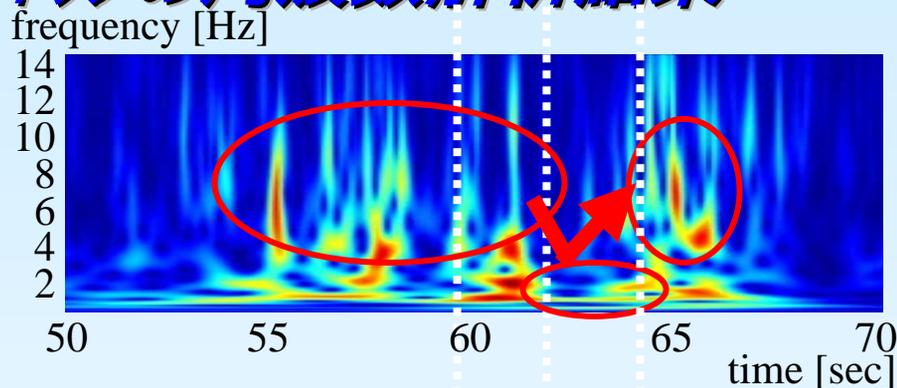
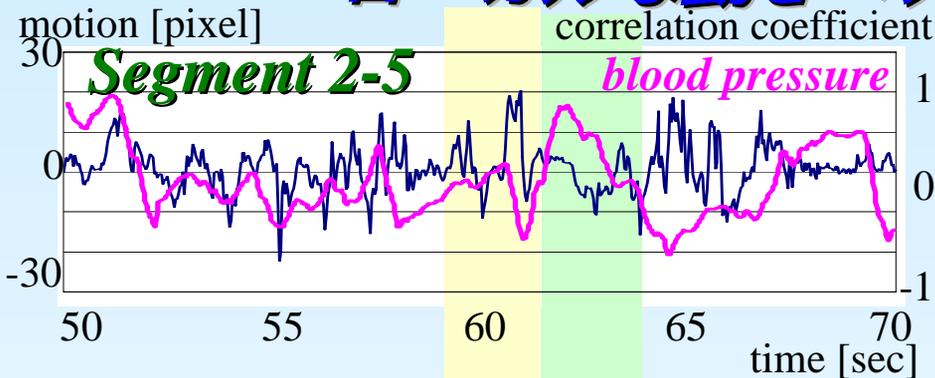
## 今後の課題

- ・ プロトコル再設定
- ・ 新たなシミュレーション映像の制作
- ・ 被験者数の追加
- ・ 新たな解析手法の提案



# 先行研究による成果

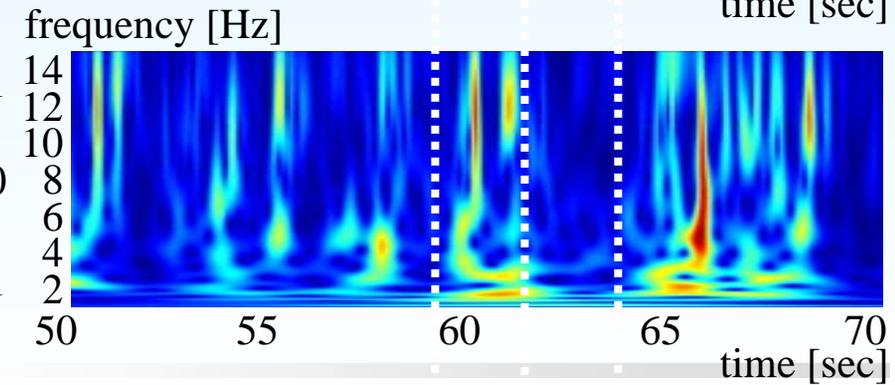
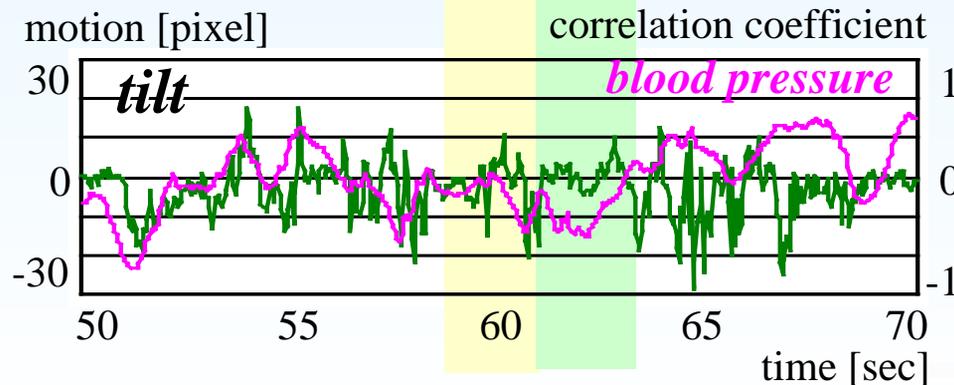
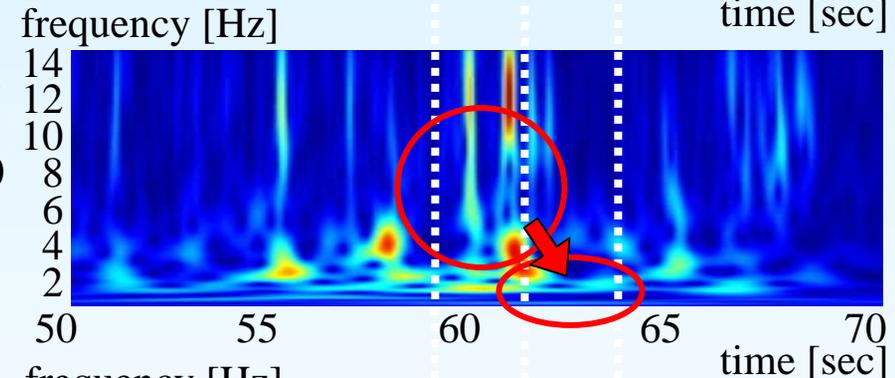
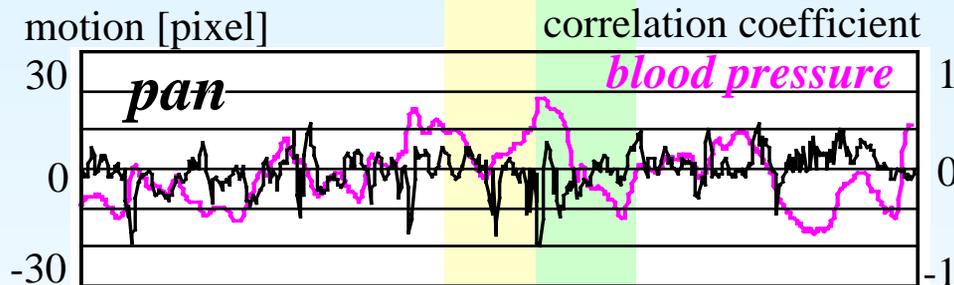
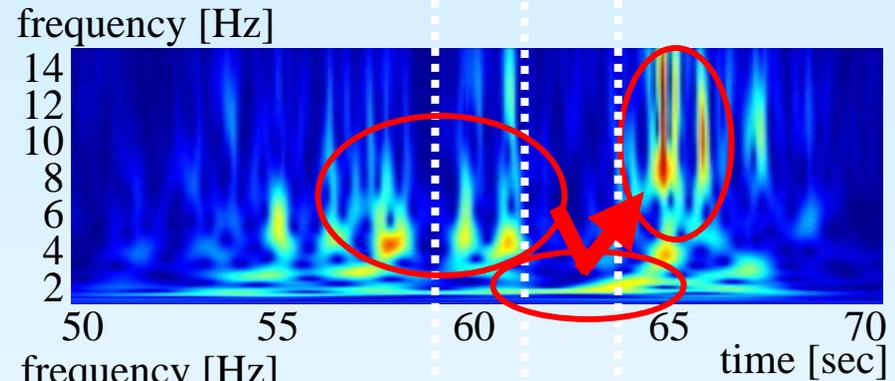
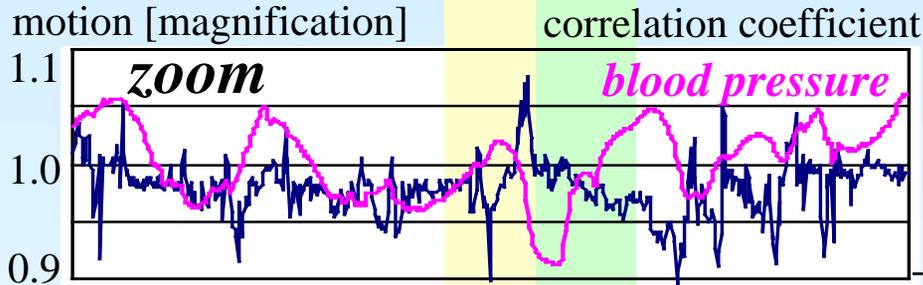
## - ローカルな動きベクトルの周波数解析結果 -



# 先行研究による成果

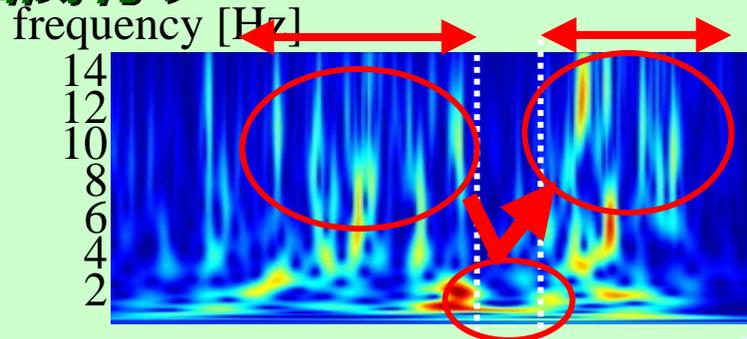
## - グローバルな動きベクトルの周波数解析結果 -

区間長3秒(900 frame), シフト長1 frame

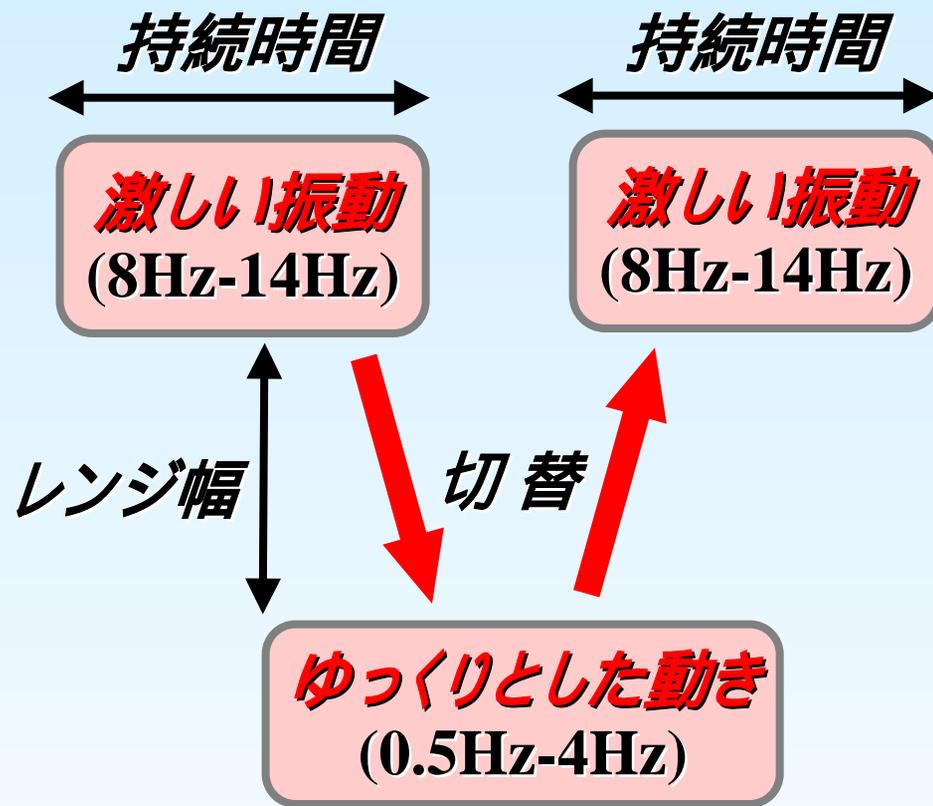
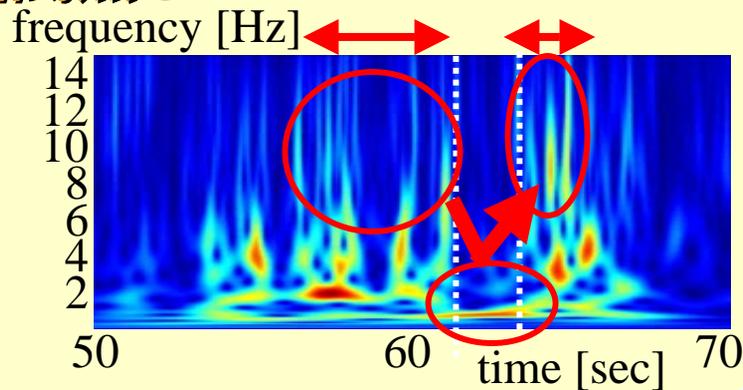


# 先行研究による成果

相関有り



相関無し

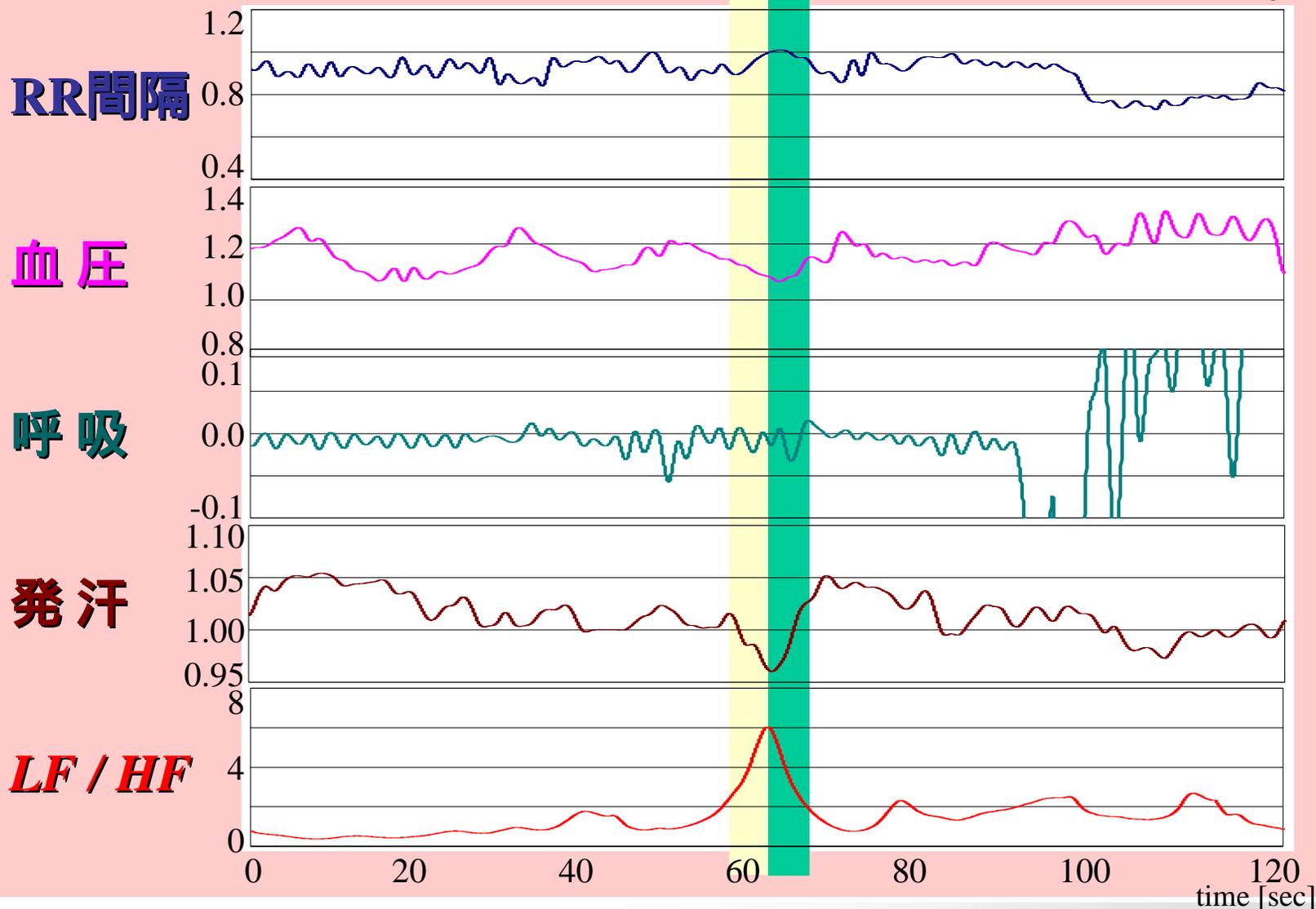


動きベクトルの急激な周波数の切り替わりが  
生体に影響を与えている可能性  
切替 周波数の切り替わるレンジ幅と持続時間が影響

# 生体信号

マウンテンバイク映像視聴時

Subject O



# 血圧と動きベクトルとの相関係数

## 血圧と動きベクトルとの相関係数

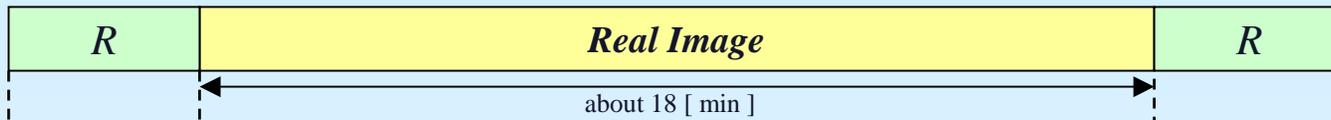
マウンテンバイク視聴時

Subject		Local motion vectors ( right / left )			Local motion vectors ( up / down )			Global motion vectors		
		distant view	center view	near view	distant view	center view	near view	zoom	pan	tilt
life-style related diseases	A	-0.6 (1.1)	-0.5 (0.4)	-0.4	0.5 (0.0)	0.6 (0.4)	0.4	0.8 (3.1)	-0.6 (1.0)	0.8 (1.5)
	B	0.5 (0.2)	0.5 (0.6)	0.6 (1.5)	-0.5 (0.2)	-0.6 (0.9)	0.4	0.7 (1.6)	0.6 (1.0)	0.8 (2.5)
	C	0.7 (1.4)	0.7 (0.6)	-0.6 (0.7)	-0.6 (0.8)	-0.8 (1.5)	-0.5 (0.2)	-0.9 (4.4)	0.7 (2.0)	-0.9 (2.8)
	D,E,F	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
normal	O	-0.6 (0.6)	0.6 (0.6)	0.5 (0.1)	-0.6 (0.6)	0.8 (1.3)	0.6 (0.2)	0.8 (2.2)	-0.7 (1.9)	0.9 (2.7)
	P	-0.5 (0.5)	0.6 (0.7)	-0.5 (0.5)	-0.6 (0.2)	0.7 (1.2)	-0.6 (0.2)	0.7 (1.3)	-0.7 (2.1)	0.7 (1.1)
	Q	-0.5 (0.2)	0.6 (0.3)	0.7 (1.6)	0.6 (0.7)	0.7 (1.2)	0.7 (0.2)	0.8 (2.0)	0.6 (0.6)	0.8 (1.9)
	R	0.4	-0.5 (0.7)	-0.7 (1.4)	-0.5 (0.2)	-0.5 (0.3)	0.5 (0.2)	0.8 (1.9)	-0.6 (1.0)	0.8 (1.6)
	S	0.5 (0.5)	0.5 (0.1)	-0.6 (1.8)	-0.6 (1.4)	-0.7 (1.2)	0.6 (0.1)	-0.6 (1.5)	-0.6 (1.7)	0.7 (1.2)

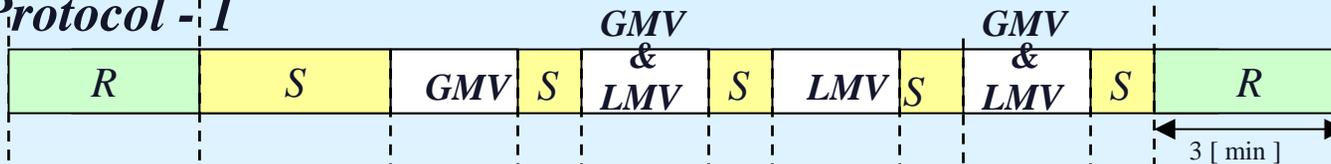
相関係数  $|r|$  の最大値, ( )内は  $|r| > 0.5$ を満たす時間 (sec)

# 実験プロトコル

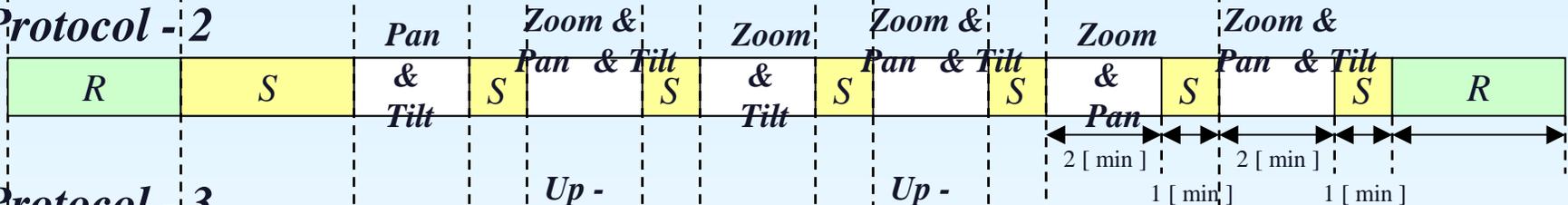
## Protocol - 0



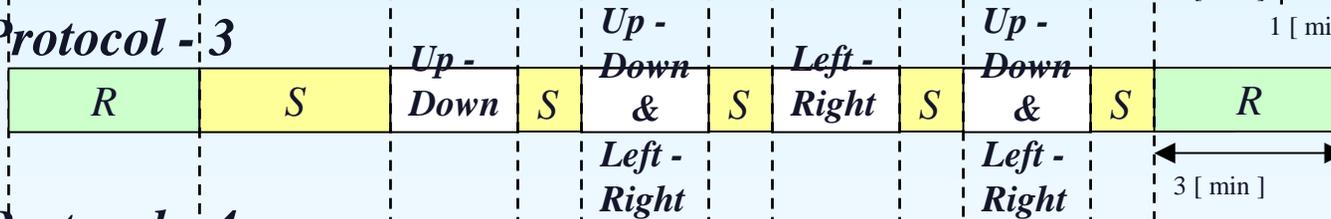
## Protocol - 1



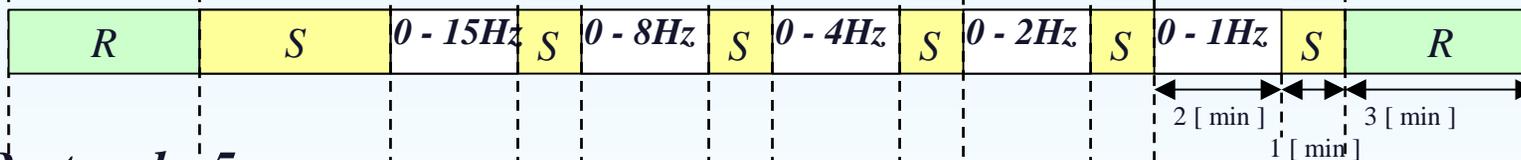
## Protocol - 2



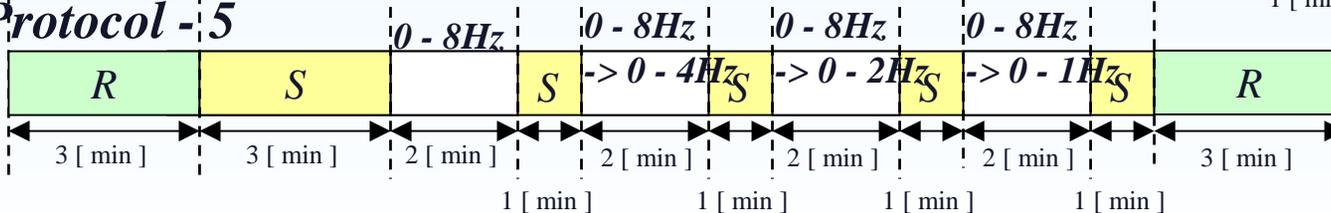
## Protocol - 3



## Protocol - 4



## Protocol - 5



# 規格化パワー時系列について

安静時 3分間

- ・RR間隔
- ・平均血圧
- ・呼吸波形(移動平均)

連続Wavelet 変換

0.03 ~ 2.00 Hz (周波数帯域幅)  
におけるパワースペクトル

全サンプルの平均値  
(サンプリング周波数 30 Hz)

規格化パワー時系列の分母

映像視聴時 2分間

自律神経系の指標  
(パワースペクトル)

- ・RR.HF (RR間隔)
- ・RR.LF (RR間隔)
- ・BP.LF (平均血圧)
- ・Resp.HF (呼吸波形(移動平均))

各指標  
( RR.HF / RR.LF / BP.LF / Resp.HF )  
のパワースペクトル

規格化パワー時系列の分子

# 安静時パワースペクトルの平均値

## 実写映像視聴前 安静時

被験者	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
呼吸波形	2.14	2.07	1.92	2.10	2.03	2.22	2.01	1.72	1.98	1.88
RR間隔	2.19	2.34	2.23	2.12	2.00	2.15	2.12	1.77	1.61	2.19
平均血圧	2.01	1.81	1.83	2.26	1.85	2.40	1.99	1.94	1.46	1.66

[ a.u. ]

## シミュレーション映像視聴前 安静時

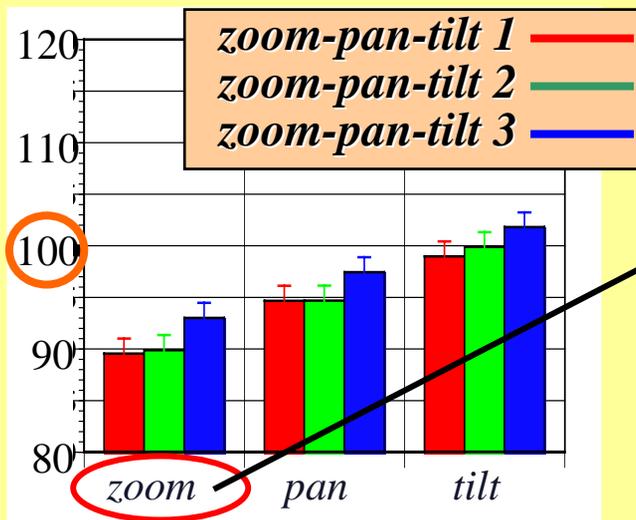
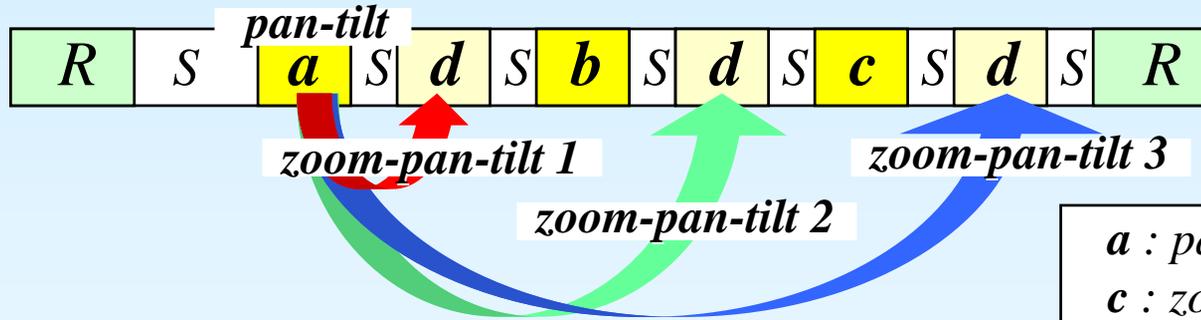
被験者	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
呼吸波形	2.20	2.02	2.02	1.93	2.14	2.34	1.89	2.00	2.20	1.95
RR間隔	2.32	1.94	1.98	2.05	1.97	2.37	2.15	1.79	2.06	1.48
平均血圧	2.01	2.00	2.13	1.83	1.28	1.68	2.05	2.44	1.41	2.11

ただし、小数点第2位未満 四捨五入。

[ a.u. ]

# プロトコルと最大パワー変化率との関連

★ シミュレーション映像視聴時における生体影響を動きベクトルのパラメータの違いから比較・評価.



最大パワー変化率  $V$

最大パワー平均値  $M$

$$V = \frac{\text{zoom あり のときの } M}{\text{zoom なし のときの } M}$$



$$V = \frac{\text{zoom-pan-tilt}(1,2,3) \text{ のときの } M}{\text{pan-tilt のときの } M}$$

# 最大パワー変化率の特性

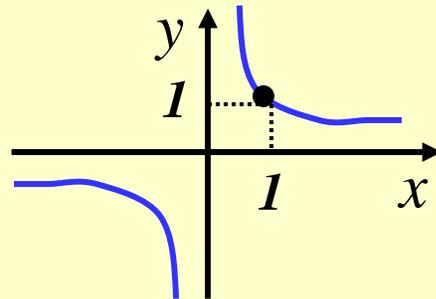
★ 
$$V = \frac{\text{A あり のときの } M}{\text{A なし のときの } M} \times 100$$

A: 動きベクトルのパラメータ  
M: 最大パワー平均値

- ・ A を加えたときの変化を見るため

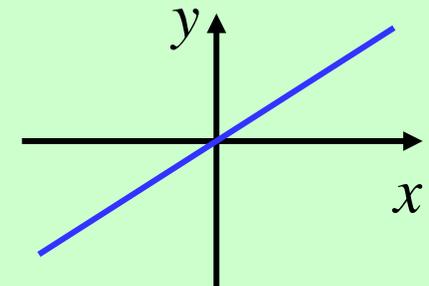
(分子) = 1 とすると,

$$y = \frac{1}{x}$$



- ・ 変化を大きくとらえやすい
- ・ 1 を境に変化

$$V = \frac{\text{A なし のときの } M}{\text{A あり のときの } M} \times 100$$



- ・ 分母の変化なし  
安定している

(分母) = 1 とすると,

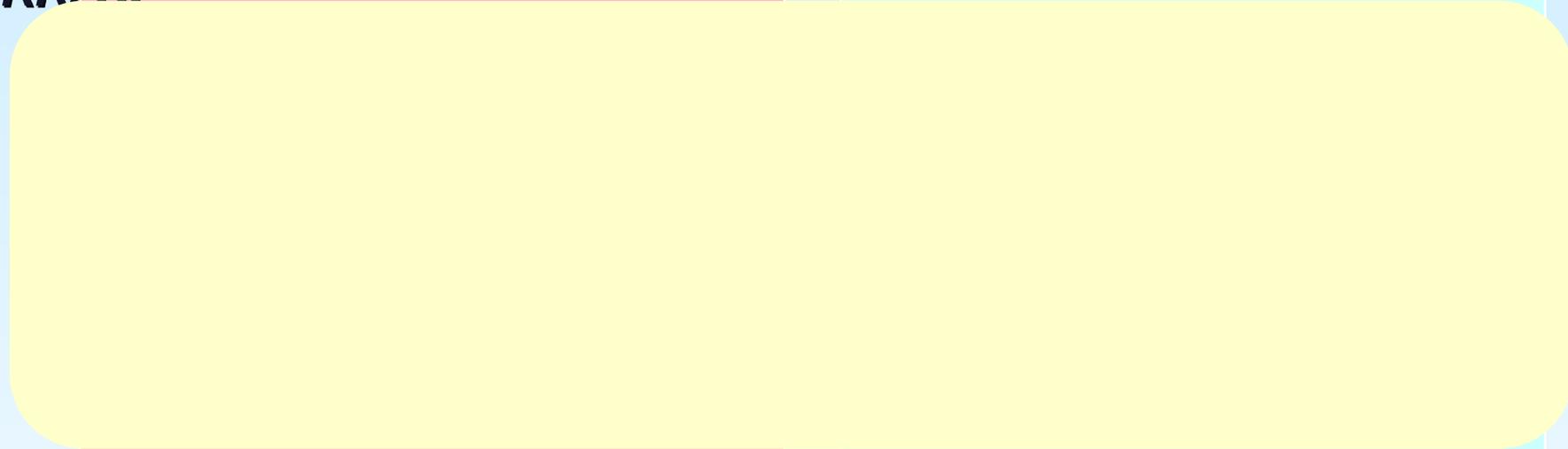
$$y = x$$

- ・ 変化をとらえにくい

# 実写映像による影響 —規格化パワー時系列—

RR\_HF 酔ったグループ

酔わなかったグループ



RR\_LF

# 実写映像による影響2

## —規格化パワー時系列—

Resp. HF 酔ったグループ

酔わなかったグループ

BP LF

# 実写映像による影響 2 -規格化パワー時系列-

RR\_HF

酔ったグループ

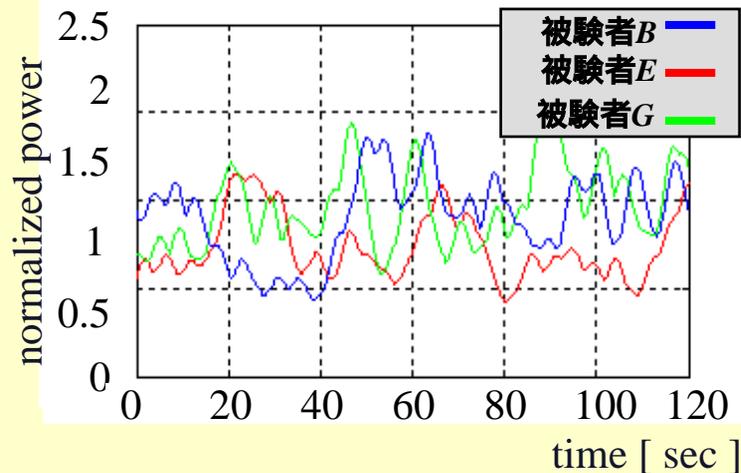
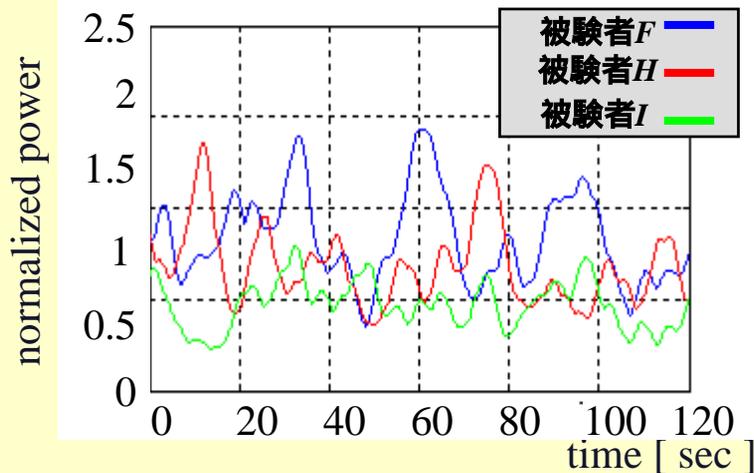
酔わなかったグループ

RR\_LF

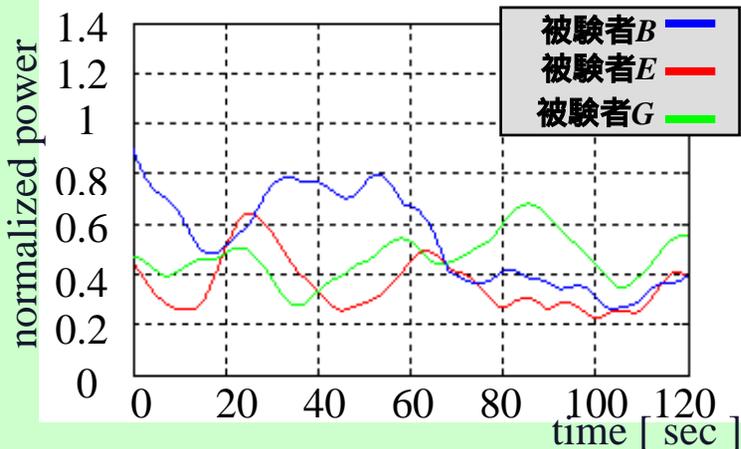
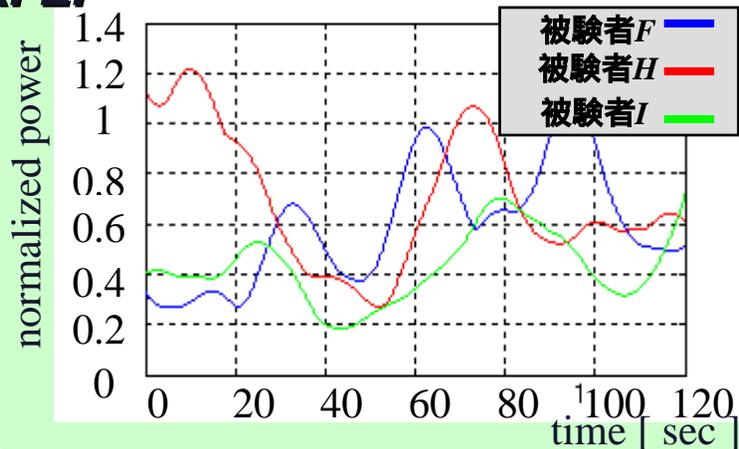
# シミュレーション映像による影響

## —規格化パワー時系列— 酔わなかったグループ

## RR. HF 酔ったグループ

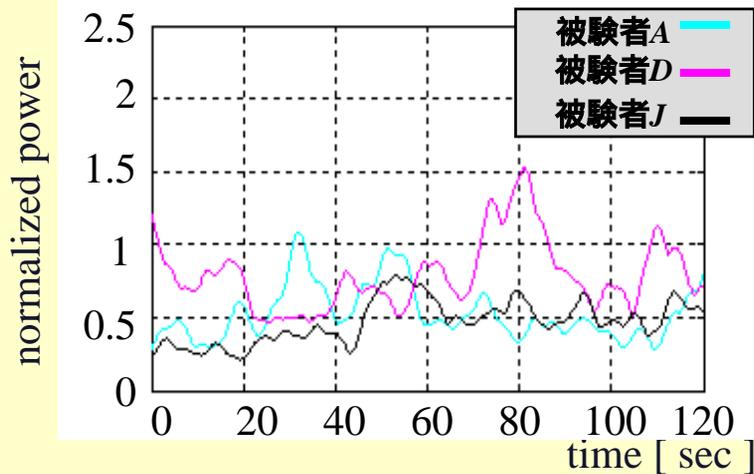


## RR. LF

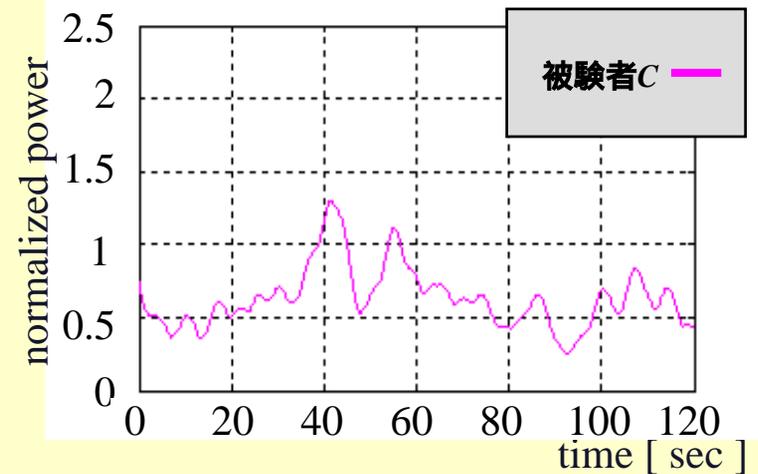


# シミュレーション映像による影響 2

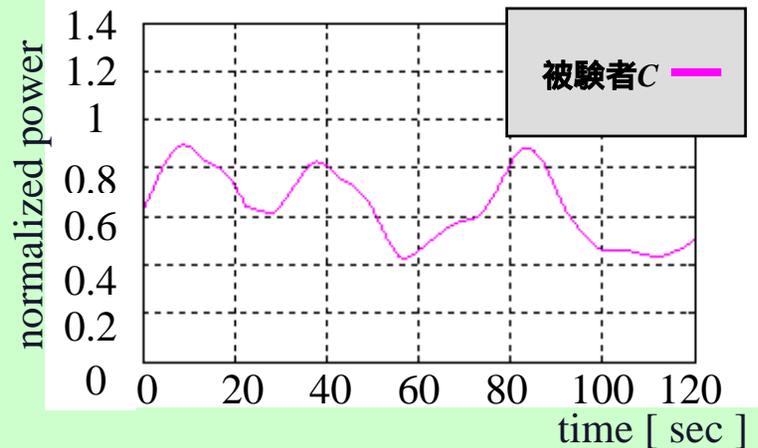
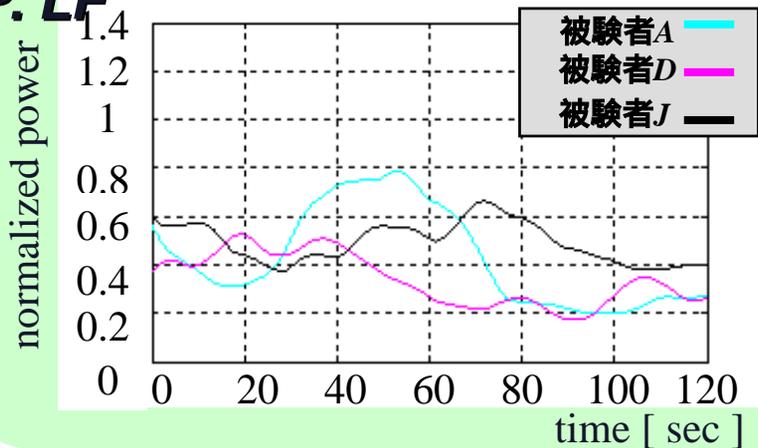
## Resp. HF 酔ったグループ



## 規格化パワー時系列 酔わなかったグループ



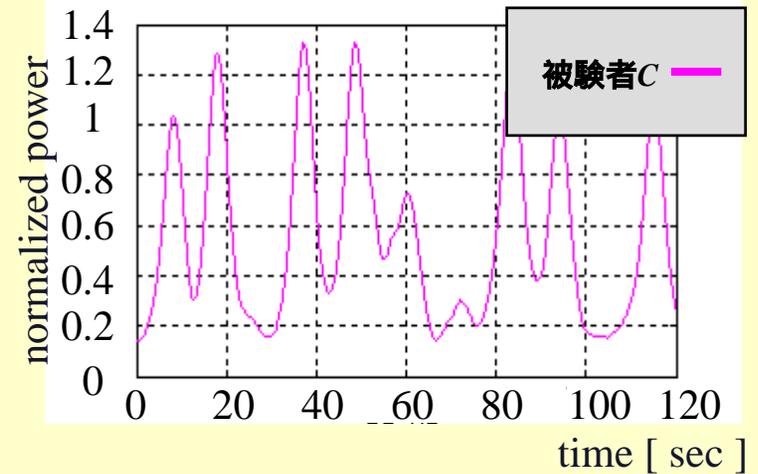
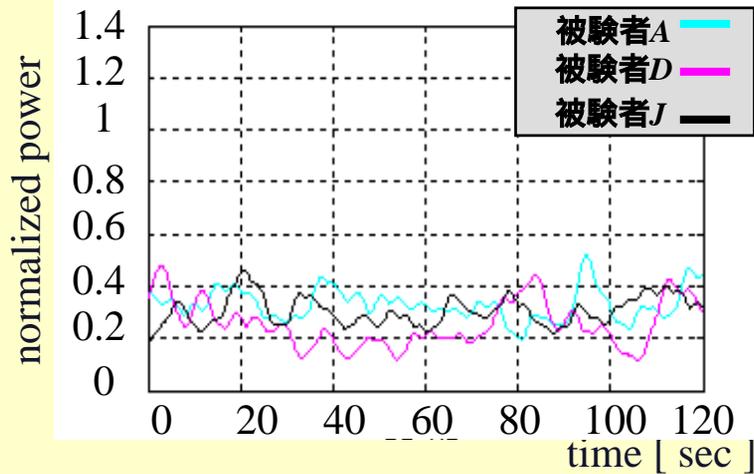
## BP. LF



# シミュレーション映像による影響 2

## —規格化パワー時系列— 酔わなかったグループ

## RR. HF 酔ったグループ



## RR. LF

