システム同定を用いた自己運動感を ともなう映像が与える自律神経活動の予測

小林 倫丈†, 木竜 徹† , 板東 武彦‡

†新潟大学大学院自然科学研究科
‡新潟大学大学院医歯学総合研究科

はじめに

アミューズメントやシミュレータなどで利用されている自己運動感をともなう映像は生体に悪影響を与えることがあり, 時々ニュースなどで注目される. 臨場感や現実感のある映像を安全に利用するためには悪影響を未然に防がなければならない.

目的

自己運動感をともなう映像を視聴した際の生体影響を予測し, 映像酔いなどの悪影響を事前に検出する手法を検討する.

映像から受ける自己運動感の定量化

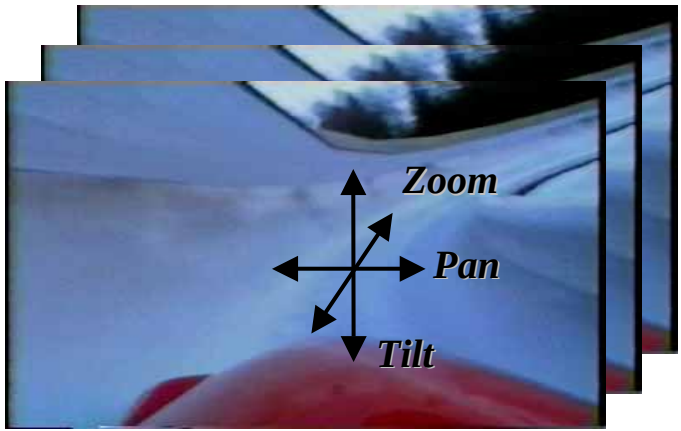
映像の動的特徴を定量的に評価する方法としてMPEG-4等の画像圧縮等で用いられているグローバルモーションベクトル（GMV）に着目した.

GMV（Global Motion Vector）

***Zoom*：焦点距離の移動**

***Pan*　：横方向の移動**

***Tilt*　：縦方向の移動**



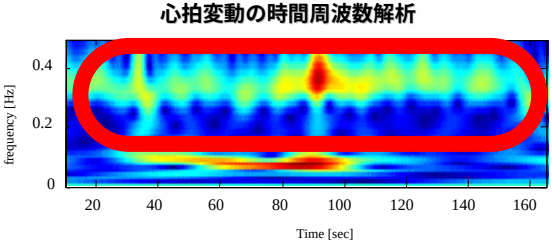
スプライトを用いたボトムアップ的なアプローチ[1]により求められたものを使用

[1] 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D-Ⅱ, J82-D-Ⅱ, No.2：251/271, 1999

映像が与える生体影響の定量化

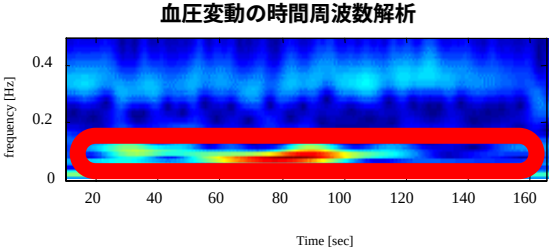
自己運動感をともなう映像が与える代表的な悪影響に映像酔いがある．映像酔いは乗り物酔いのような症状が見られる自律神経疾患であり，その評価には様々な自律神経系の生体信号が用いられている．

RSA (Respiratory Sinus Arrhythmia)



呼吸性洞性不整脈
心拍変動の0.16～0.5Hz付近の周波数成分
副交感神経活動を反映

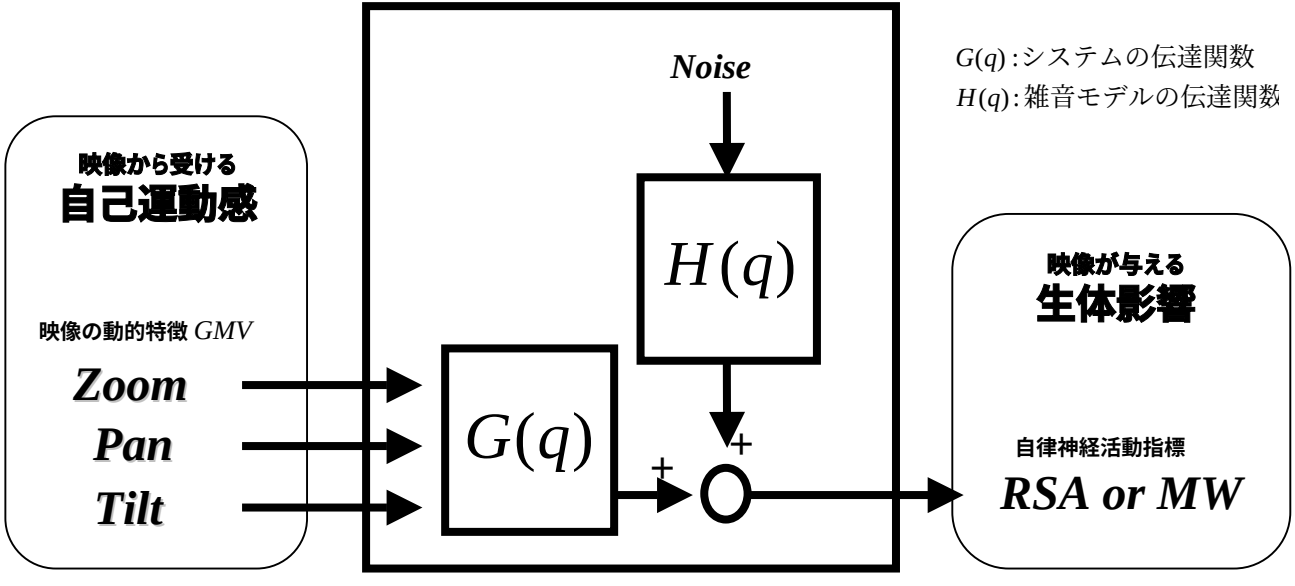
MW (Mayer wave)



血圧変動の0.04～0.15Hz付近の周波数成分
交感･副交感神経活動を反映

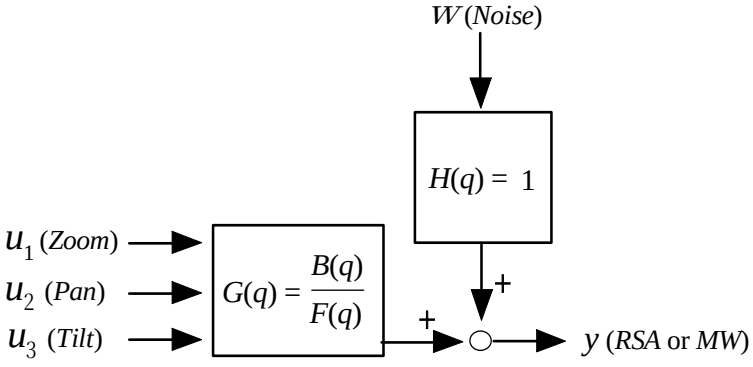
生体影響予測モデル

映像から受ける自己運動感と映像が与える生体影響との関係を，GMVパラメータZoom，Pan，Tiltを入力，自律神経活動指標RSA，またはMWを出力とする，3入力1出力の線形離散時間モデルで近似する



線形離散時間モデル

OE (Output Error) モデル



$u(t)$:入力
$y(t)$:出力
w:白色雑音
$G(q)$:システムの伝達関数数
$B(q), F(q)$:シフトオペレータqの多項式

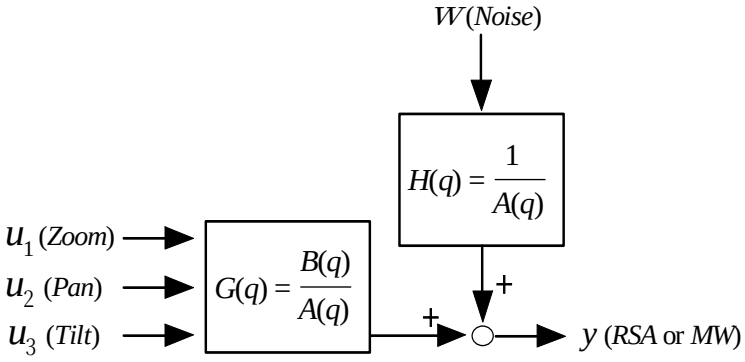
OEモデルの1段先出力予測値

$$\hat{y}(t) = G(q)u(t)$$
$$u(t) = [u_1(t),\ u_1(t),\ u_1(t)]^T$$

OEモデルの1段先出力予測値 $\hat{y}(t)$ は
入力 $u(t)$ のみによって求められる

OEモデルはGMVのみでRSA，MWを予測することができ，視聴させる映像のGMVを入力することで視聴中に予測されるRSA,MWをシミュレーションすることができる

ARX(Auto-Regressive eXogeneous) モデル



$u(t)$:入力
$y(t)$:出力
w:白色雑音
$G(q)$:システムの伝達関数
$H(q)$:雑音モデルの伝達関数
$A(q), B(q)$:シフトオペレータqの多項式

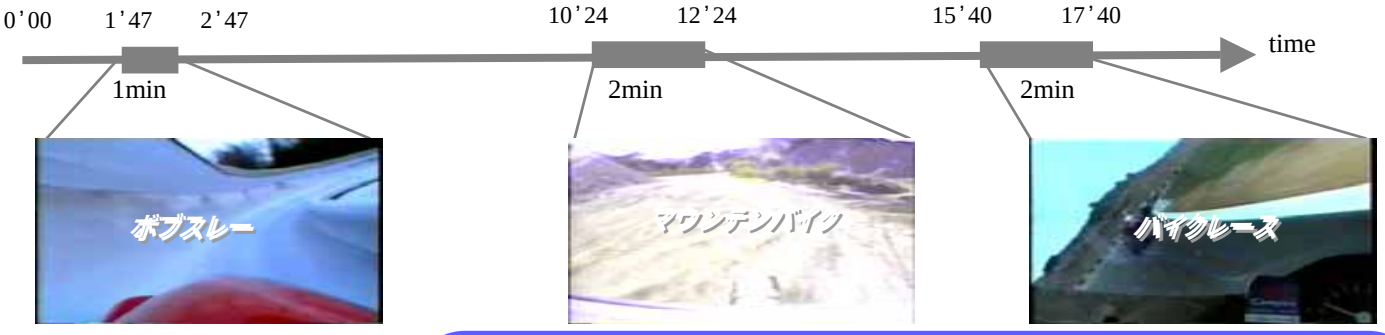
ARXモデルの1段先出力予測値

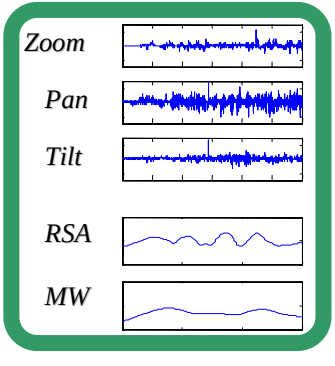
$$\hat{y}(t) = [1 - H^{-1}(q)]y(t) + H^{-1}(q)G(q)u(t)$$
$$u(t) = [u_1(t),\ u_1(t),\ u_1(t)]^T$$

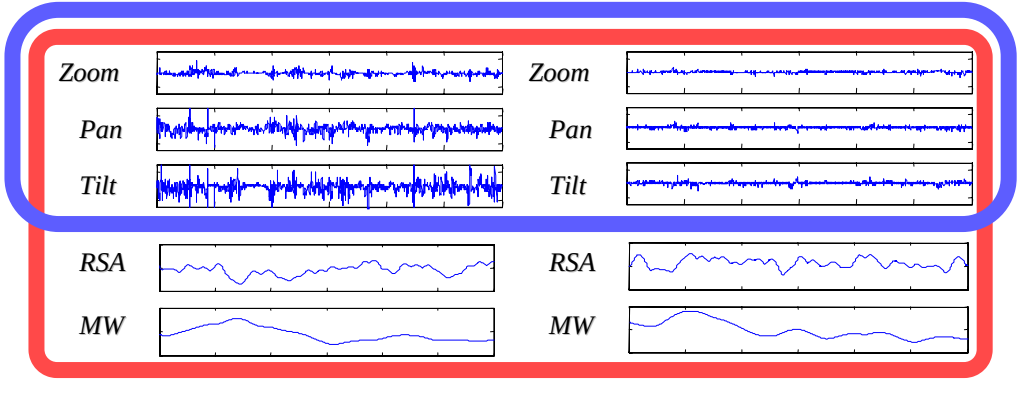
ARXモデルは
線形予測モデルである

ARXモデルはオンライン予測が可能であり，提示映像のGMVと映像視聴中に計測されるRSA,MWから，その後のRSA，MWをオンラインで予測することができる

生体影響予測までの流れ







手順1

ボブスレーのGMVと視聴中のRSA,MWを用いて，ARXモデルとOEモデルを構築する

手順2

マウンテンバイク，バイクレースのGMVを用いて，OEモデルによりRSA，MWのシミュレーションをする

手順3

マウンテンバイク，バイクレースのGMVと視聴中のRSA,MWを用いて，ARXモデルによりRSA，MWを予測する

システム同定

1. むだ時間推定

ボブスレー60秒間のデータに対し, 前半部30秒間をモデル構築用データ,後半部30秒間をモデル検証用データする. 出力2次,入力2次,むだ時間1～10[sec]のARXモデルにおいてクロスヴァリデーションを適用し,AIC (赤池情報規範) により最適なむだ時間を決定する.

2. OEモデル同定

ボブスレー60秒間の入出力データを用いて **1**.で決定されたむだ時間をもつ入力2次のOEモデルを推定する.

3. OEモデルによるシミュレーション

マウンテンバイク,バイクレースの入力データを2.で推定されたOEモデルに入力しそれぞれシミュレーションする.

4. ARXモデル同定

ボブスレー60秒間 のデータに対して,1.で決定されたむだ時間をもつ出力2次,入力2次のARXモデルを推定する

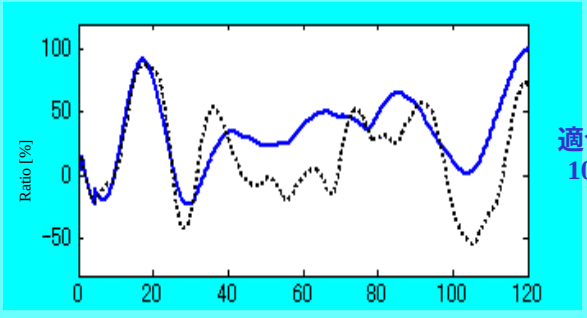
5. ARXモデルによる予測

マウンテンバイク,バイクレースの入出力データを4.で推定されたARXモデルに入力しそれぞれ3秒先を予測する.

OEモデルによるRSA，MWのシミュレーション結果

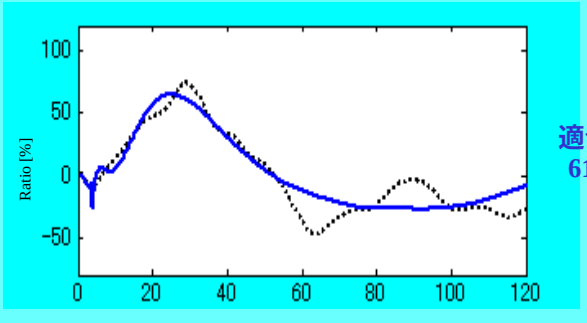
マウンテンバイク視聴時

RSA



適合度
10.23

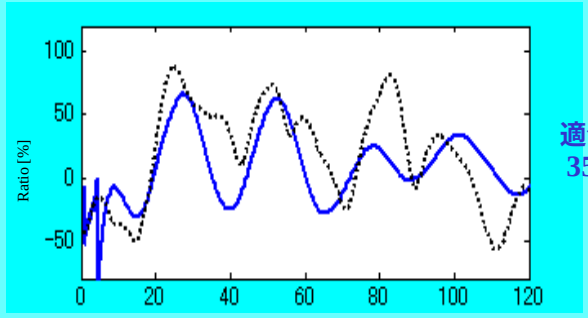
MW



適合度
61.97

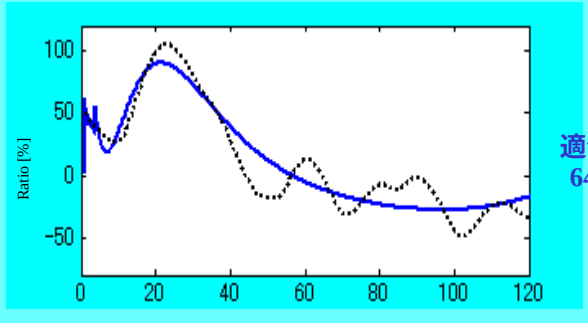
バイクレース視聴時

RSA



適合度
35.39

MW



適合度
64.83

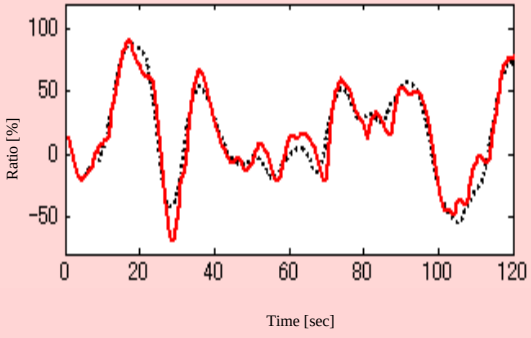
シミュレーション値　　実測値

安静時3分間のRSA，MW平均値を基準（0%）とした

ARXモデルによるRSA，MWの3秒先予測結果

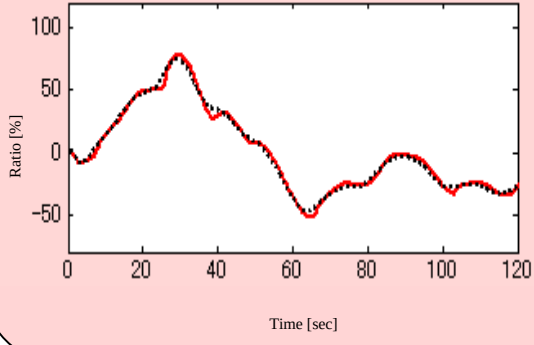
マウンテンバイク視聴時

RSA



適合度
71.86

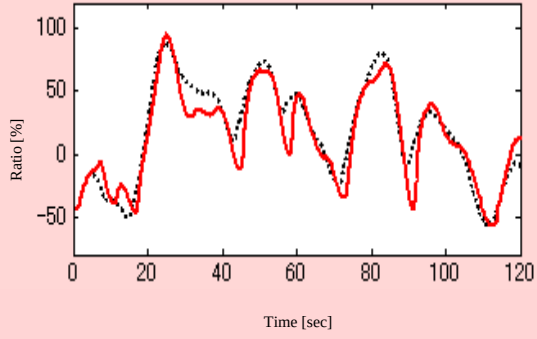
MW



適合度
91.02

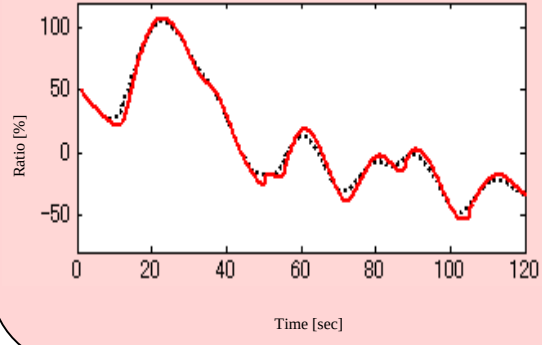
バイクレース視聴時

RSA



適合度
64.85

MW



適合度
89.57

実測値　　推定値

適合度：実測値と推定値の差の平均2乗値の平方根

まとめ

- 提示映像のGMVから，OEモデルを用いてRSA，MWをシミュレーションし，自己運動感をともなう映像が与える自律神経活動を事前にシミュレーションできる可能性を示した.

GMVを使った映像評価システム

- 映像視聴中のRSA，MWSAと提示映像のGMVから，ARXモデルを用いて数秒後のRSA，MWを予測し，自己運動感をともなう映像が与える自律神経活動を予測できる可能性を示した.

GMVを使った映像酔い予測システム

今後の課題

- オプティカルフローを用いたモデルとの比較
- RARXモデルによる実時間予測
- 一般化OEモデルの構築とそれを用いた映像評価
- 実際のフィールドでの生体影響予測実験

謝辞

本研究は社団法人電子産業技術産業協会からの委託によるものである