

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 4 日現在

機関番号：32409

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2013

課題番号：23500528

研究課題名(和文) 操作を伴う3次元映像における生体への悪影響の定量的解析に関する研究

研究課題名(英文) Quantitative evaluation method for visual discomfort due to stereoscopic interactive video

研究代表者

小林 直樹 (KOBAYASHI, Naoki)

埼玉医科大学・保健医療学部・教授

研究者番号：40523634

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,200,000円、(間接経費) 1,260,000円

研究成果の概要(和文)：操作を伴う3次元映像の生体影響について、生体信号とともに視聴者の動作や操作に着目した評価指標を提案し、妥当性を検証した。その結果、心電図のRR間隔変動に呼吸信号を加えた評価モデルの構築し、生体信号の主成分分析を用いた評価指標を提案、操作影響を受けにくい生体指標を確立した。加えて、3Dの画面ひずみと視線位置との関係の検討、映像の大局的動きベクトルと操作時の重心移動影響の検討を重ねた。その結果、操作を伴う3D映像における生体指標および重心移動パラメータの重回帰分析による客観指標を提案し、ゲームなどに慣れないグループに対しての客観指標として利用できる可能性を示すことができた。

研究成果の概要(英文)：Objective evaluation method for visual discomfort, especially visual induced motion sickness (VIMS), due to stereoscopic interactive video such as 3D games was studied in this project. I proposed bio-signal index that use principal component analysis (PCA) of RRI component, that is RR intervals on electrocardiograms (ECG), and respiration signal (RESP) component. By experimental investigation, I established the index that is not depends on operations. In the next step, I investigate two kinds of studies. One is a study of relationships between eye tracking on stereoscopic video including distortion, and another is impacts of body motion and global motion vector (GMV) on VIMS of interactive video. Finally quantitative index using multiple regression analysis of the bio-signal index and parameters calculated by body-motion is proposed. The results indicate that the index is able to reflect the objective evaluation factors for non-game-experts on VIMS of stereoscopic interactive video.

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：人間医工学 医用生体工学・生体材料学

キーワード：3次元映像 映像酔い 生体信号処理 インタラクティブ映像 大局的動きベクトル

1. 研究開始当初の背景

3D映画、TVや3Dゲーム等3次元映像コンテンツに接する機会が増加している。3次元映像ではVR酔いや3次元映像特有の疲労といった悪影響が強くなることが予測され、特に操作を伴う場合の踏込んだ検討はほとんど進んでいない。3次元映像の普及および安全性確保のため、客観的指標に基づく悪影響の評価および対処策の検討が急務である。

2. 研究の目的

本研究は、ゲーム等の操作を伴う3次元映像特有の生体影響について、視聴者の動作や操作を考慮し、映像酔いおよび疲労等の悪影響との関連を、生体信号を用いて客観評価し、これらの悪影響を低減して安全性を高める技術を明らかにすることを目的としている。

3. 研究の方法

(1) 操作を伴う3次元映像視聴時の生体影響モデルの提案および生体指標の検討

本検討では操作時においても安定して得られる生体指標をめざし、操作毎に異なる映像差に依存せず、映像酔いに伴う自律神経影響が現れる複数の生体信号から算出する生体指標の検討を行った。ここでは、生体信号として、心電図のR-R間隔変動(RRI)および呼吸信号(RESPI)を用いた実験的検証を行う。

(2) 奥行きを含む映像の動き(GMV)の生体影響の検討

本検討では、ステレオ映像における映像の動き(GMV)に伴う映像酔いの影響を解明するため、左右の画像がひずみによって不一致を発生させ、映像に伴う視線の動きとそれに伴う生体影響の関係を評価する検討を検証実験により行う。

(3) 操作を伴う3次元映像視聴時における重心移動が与える生体影響の検討

従来検討において、操作時には、単純に映像視聴する受動映像に比較して、映像酔いが少ないことが検証されている。操作時においても個人差の少ない生体指標の構築に向け、操作による重心移動と映像酔いの関連に着目し、操作を伴う映像による生体影響を実験的に検討する。

(4) 操作の影響を考慮した3次元映像視聴時の映像酔い客観指標の確立

自律神経系生体信号(RRI、RESP)から得られる生体指標に、重心移動の影響を考慮した映像酔い指標を提案し、客観指標として、主観評価との関係性を評価検証する。

4. 研究成果

(1) 操作を伴う3次元映像視聴時の生体影響モデルの提案および生体指標の検討

① 生体影響モデル

操作を伴う視聴時においては同じ映像での生体影響を測定することが不可能である。映像の影響を1回の操作で精度良く得るためには、複数の生体信号を測定し、各信号共通に表れる変動を多変量解析により抽出することが有効である。

本検討では、図1の生体影響モデルに基づき生体信号(RRI、RESP)測定し、得られた時系列生体信号に対して主成分分析を用いて、操作に影響されない生体指標を求めた。

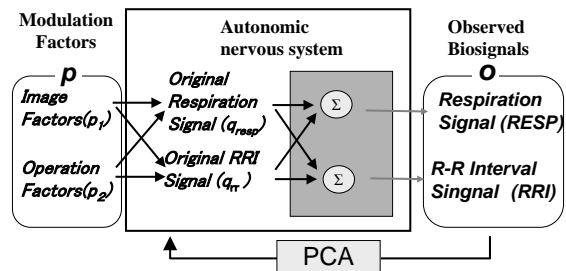


図1. 操作を伴う視聴時の生体影響モデル

② 操作を伴う映像視聴時の生体指標

主成分分析の結果得られた、RRIの要素が高い主成分得点score(rr)に対して、時間周波数解析を行い、HF成分(0.15-0.45Hz)・LF成分(0.04-0.15Hz)を求め、LF/HFを算出し、閾値1.5以上を超えた時間をscore(rr)の生体影響区間 $\Delta I_{LF/HF(score(rr))}$ とする。

② 検証結果

検証実験では、図2に示す実験系において、生体信号とともに、主観評価(SSQ: Simulator Sickness Questionnaire)およびGMVとの関係から操作時の映像と受動映像の生体影響の違いを明らかにするとともに、定量的指標としての妥当性を検証した。被験者は20代の健康者22名(男性18人、女性4人)である。

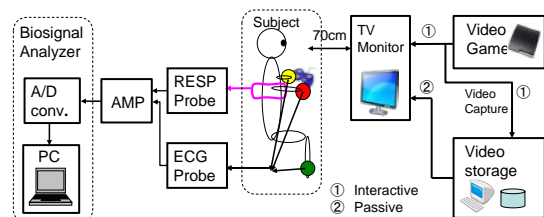


図2. 検証実験の概要

図3は、操作を伴う映像視聴時のSSQと受動映像時の生体影響区間 $\Delta I_{LF/HF(score(rr))}$ とSSQとの関係を表したものである。従来のRRIからのLF/HF比から求めた場合に比べてばらつきは大きく改善され、操作の有無に関係なく回帰曲線は有意( $p < 0.05$ )となる。また、検定の結果、2つの回帰直線の係数に有意差はなく操作の有無に影響されない生体指標となることが示された。

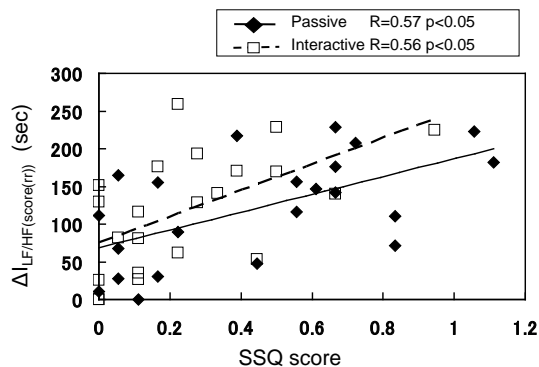


図3. score(rr) による評価指標とSSQ

(2) 奥行きを含む映像の動き (GMV) の生体影響の検討

3次元映像では、2次元映像の画面の動きに加えて、ステレオ視の視差が加わるため、3次元視聴の快適さにより映像酔い等の生体影響が異なると推定される。ここで画面の動きは、画面全体がカメラ操作で得られる大局的動きベクトル(GMV)により定量化する。GMVはpan, tilt, zoomの要素を含んでいる。本検討では、右画面の右辺が短くなる変形を行い、視線が右に行くほど左右画像の不一致が起こる評価画像(図4)を用いて、3次元映像の快適さと生体影響の関係を実験検証した。ここで、ひずみの大きさがNormal(0%)、Pattern1(ひずみ率0.3%)、Pattern2(0.6%)、Pattern3(2.8%)、Pattern4(4.2%)となる5種類について検証した。被験者には画面上でpanするCG映像を視聴してもらい、視線検出と同時に心電図の測定を行う。生体影響は心電図のRR間隔変動から得られるLF/HF成分により評価した。

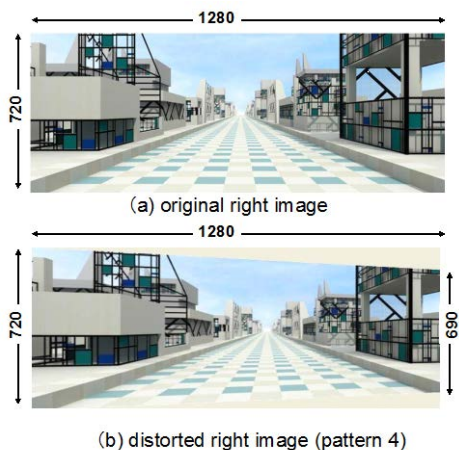


図4. 左右ひずみのある映像

図5は、ひずみの大きさに対して、LF/HF比が1.5以上になる生体影響時間を示したもので、変形の大きな画面においては、生体影響時間が増加する傾向が得られた。一方、大きな変形(ひずみ量3.8%以上)となり立体視不能となる場合(図中丸印)には生体影響が減る傾向となった。図6(a)は、右へのPAN、(b)は左へのPANにおける生体影響の時系列

変化を示しているもので、右PANでは生体影響は減る傾向にあり、左PANに対応しては生体影響が増加する傾向が得られた。この時、視線は画面の移動方向とは反対に移動しており、左PANでは画面ひずみの大きい右方向に視線が移動する際に、生体影響が増加する傾向があることがわかる。このことから、視線移動による画面中の局所的左右の不一致により、同一画面でも生体影響に差が生ずる可能性が示された。

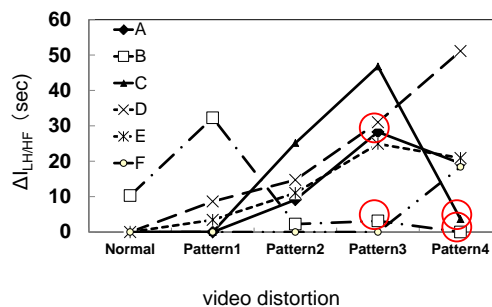


図5. 左右ひずみの程度と生体影響

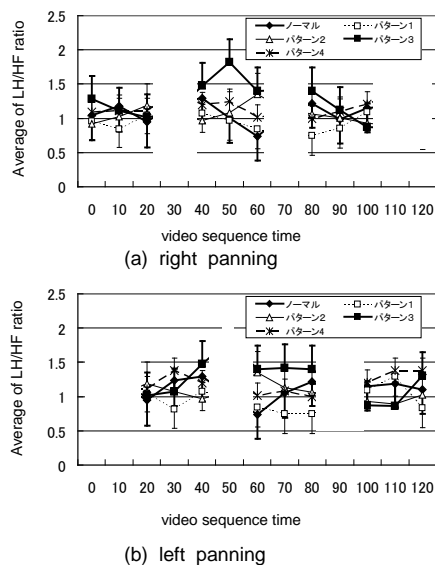


図6. panによる視線の動き方向と生体影響

(3) 操作を伴う3次元映像視聴時における重心移動が与える生体影響の検討

本検討では、インタラクティブ映像を視聴した場合と同じ映像を受動的に視聴した場合における生体信号(RRI、RESP)および重心移動と主観評価値(SSQ)を実験測定する。測定された生体信号から得られる生体指標、画面の動きと重心移動の相関から得られる指標および主観評価値を求め、その関係に着目して映像酔い指標の評価を行った。

重心移動(x軸)の波形(Wx)と画像のGMV(pan)の波形の例を図7に示す。この例で示されるように、ハンドル操作時にはPanに対応した波形が得られている。

PanとWxの相互相関の最大値(C-Peak)と

SSQ との関係を図 8 に示す。また、C-Peak と生体影響時間  $\Delta I_{score(rr)}$  との関係を図 8 に示す。ここで、青色でプロットされた群は通常の被験者群で、臙脂色でプロットされている群は類似したゲームを、日常的に 3 時間以上プレイしている被験者群である。

まず通常の被験者は SSQ との pan と重心移動と SSQ に相関が得られた。一方、生体影響と pan と重心移動間には相関は得られていない。スキルのある被験者では、SSQ や生体影響時間は相関の強さに関わらず低い値である。

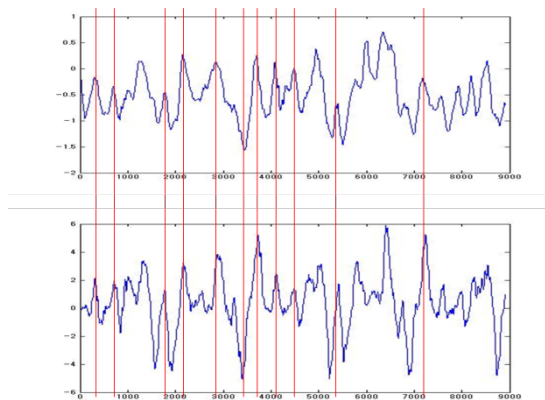


図 7. 重心移動(x 軸) と GMV (pan) の波形

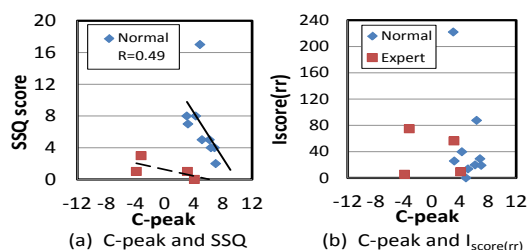


図 8. pan と重心移動(x 軸)の相関の強さ(c-peak)と SSQ および生体影響時間との関係

本研究では、インタラクティブ映像において、従来の心電図の RR 間隔 (RRI) および呼吸動作 (RESP) の生体信号に加えて、重心移動から得られる指標の生体影響について実験的に明らかにした。その結果通常のユーザにとっては、ハンドル操作などの自然な操作において、GMV と重心移動の相関関数の最大値が SSQ との相関が観測された。今後、従来の生体指標に本指標を加えて、より個人差を給した精度の高い指標を作ることのできる可能性が示された。

#### (4) 操作の影響を考慮した 3 次元映像視聴時の映像酔い客観指標の確立

検討(1)の結果得られた自律神経系生体信号(RRI, RESP)から得られる、操作の影響を受けない生体指標に検討(2)(3)の結果得られた重心移動の影響を示す項目(重心とGMVとの相互相関の最大値および時間差)を説明変数として加え、重回帰分析によりSSQに対応する映像酔い指標を求めた。その結果ゲームに慣れ

ているグループを除くと、重相関 $R=0.7$ の高い相関が得られ、操作を伴う3次元映像における客観指標として利用できる可能性を示すことができた。

#### 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 1 件)

①小林直樹、濱田雅美、時系列生体信号の主成分分析を用いたインタラクティブ映像酔い定量化、日本生体医工学会誌、査読有、Vol. 51、No. 1、2013、pp. 17-23、[https://www.jstage.jst.go.jp/article/jsmbe/51/1/51\\_17/\\_article/-char/ja/](https://www.jstage.jst.go.jp/article/jsmbe/51/1/51_17/_article/-char/ja/)

〔学会発表〕(計 3 件)

① N. KOBAYASHI、T. SAIGO、Impact of body motion with active participation on visual induced motion sickness of interactive video、The 4th International Symposium on Visual Image Safety (VIMS2013)、Talk 2、2013 年 9 月 4 日、Strartford Upon Abon、England.

②小林直樹、濱田雅美、インタラクティブ映像における多変量生体信号を用いた映像酔いの定量化、生体医工学シンポジウム 2012、2-3-02、pp. 111、2012 年 9 月 12 日、大阪市

③N. KOBAYASHI、Y. KITAJIMA、A study of relationships between eye tracking and biomedical influences n stereoscopic video including mismatch of right/left images by distortion、第 51 回日本生体医工学会大会、01-11-5、2012 年 5 月 10 日、福岡市

#### 6. 研究組織

(1) 研究代表者

小林 直樹 (KOBAYASHI、Naoki)  
埼玉医科大学・保健医療学部・教授  
研究者番号：4 0 5 2 3 6 3 4