

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年5月15日現在

機関番号：13901

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2009～2011

課題番号：21500198

研究課題名（和文）

映像観視時の視覚応答と生体信号応答に関する可視化とモデル化

研究課題名（英文）

Visualization and modeling of responses on visual perception and biological signals while watching video images

研究代表者

工藤 博章 (KUDO HIROAKI)

名古屋大学・情報科学研究科・准教授

研究者番号：70283421

研究成果の概要（和文）：本研究の目的として、映像を視聴している際の視知覚と生体信号の計測を行い、応答を可視化・モデル化することを実施した。視覚応答として、知覚される明るさの勾配の変化が、弁別閾に影響し、周囲の見えに影響を与える要因であることを確認した。3D映像、2D映像、ポータブル機器での再生映像に対して、生体信号を計測し、独立成分分析による信号の解析が、臨場感の時間経過に対して、時間分解能の高い手法であることを確認した。視覚応答と生体信号のモデル化を、独立成分分析の手法により行い、検証を行った。

研究成果の概要（英文）：The aim of this research was to visualize and model the responses on visual perception and biological signals while we watching video images. As a response of visual perception, we obtained a result that the changes of gradation of perceived brightness affected the differential limens and influenced for an appearance around a visual target in the image. We measured the biological signals while watching the video image that was displayed on 3D/2D display or portable device screen. We analyzed the signals by the method based on the independent component analysis (ICA). The method had high sensibility for the temporal change of the presence for a scene in the movie video. We approached the modeling of responses on visual perception and biological signals by using the method of ICA, and verified.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	2,200,000	660,000	2,860,000
2010年度	700,000	210,000	910,000
2011年度	600,000	180,000	780,000
総計	3,500,000	1,050,000	4,550,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学・感性情報学・ソフトコンピューティング

キーワード：映像，視覚，生体信号，可視化，モデル化，心拍変動，独立成分分析，視知覚の場

1. 研究開始当初の背景

近年、大画面のテレビの普及が進んでおり、また、高画質の映像となっている。受像機としては、正方画素で構成されたものが多く市販され、より高精細画像を表示できる環境に

ある。また、近年、立体映像の提示の研究・開発も進められている。

映像視聴に関する研究例として、高臨場感映像の静止画を用いたものでは、HDTVにみられる解像度の変化による臨場感の変化に

着目して、提示映像の解像度と、形容詞対による主観評価値との間の関係を報告がなされている。また、一方では、自身の運動とは別に、映像内の運動する視覚刺激によって自己運動感覚が誘発されることが知られており、高臨場感の映像で誘発される自己運動感覚に関する研究も進められてきている。

この時、自己運動感覚から不快感が生じることがあり、動揺病に類する症状となって現れることがある。このような動画像を対象とした研究例としては、ヘッドマウントディスプレイを利用した際の動揺病の自覚評価、生体信号の計測による動揺病発生時の推定などが行なわれてきており、また、研究代表者らも、再生速度、すなわち、指標の速度変化に対する映像視聴時の自律神経系の生体信号の分析を行っている。

研究代表者らが行ってきた研究では、自律神経系の生体信号の分析を行う手順として、実映像（具体的には、ジェットコースターの映像）を視聴し、生体反応の高いシーンを特定し、その視覚刺激要素の動きを推定し、コンピュータグラフィックスを用いた再現による検証実験のプロセスを経て、分析を行った。

そこで、このような高精細あるいは、立体映像等の映像刺激を観視する際の視覚応答、生体信号の応答について、可視化を試み、モデルを構築することを着想した。

2. 研究の目的

近年、大画面のテレビの普及が進んでおり、また、高画質の映像となっている。受像機としては、正方画素で構成されたものが多く市販され、より高精細画像を表示できる環境にある。このような高臨場感映像が増えつつある現状で、映像を視聴した際に、人間の自律系の信号に代表されるような生体信号を計測して、人間の状態をモニターし、どのような映像の際に、負荷が高いかを調べることは重要である。この際、結果を表す指標として可視化することは、現象をモデル化する上で、重要である。

ここでは、生体信号の計測に際し、視覚刺激を構成する映像内の物体配置と動きに対する視覚応答と生体応答について可視化を行う。また、それに基づきモデル化することを検討することを目的とする。

3. 研究の方法

本研究では、視覚刺激に対する視覚応答の可視化とそのモデル化の課題と、生体信号の計測とそのモデル化に関する課題に取り組む。

(1) 視覚刺激に対する視覚応答

①視覚刺激に対する視覚応答の測定

視覚刺激が周囲へ及ぼす影響を可視化する

ことは、さまざまな条件で、直接測定することによっても可能である。しかし、ここでは、知られている知覚現象のモデルをもとに、場の形成がなされているかを検証する。視覚の受容野のモデルである側抑制機能のモデルに従うものとして、場の計測手法に着目して、場の形成の妥当性の検証を行う。

②画像構成モデル

視覚における受容野のモデルとして、Gabor 関数による基底表現がよく知られている。この関数の概形から、側抑制の効果が現われる。したがって、場の形成要因を検証した上記の測定を説明するのに、適した基底である可能性がある。

ここでは、自然画像を対象にして、独立成分分析の手法を用いて得られた基底について検討する。独立成分分析で得られた基底と Gabor 関数の基底の類似性がこれまでの研究で指摘されている。ここでは、両者の基底の違いについて、エネルギー分布と、スパース性および再構成誤差（コーディングエラー）の客観的指標を用いて、評価を行う。

(2) 生体信号の計測

①心拍信号に現われる応答の分析

自律神経の信号として、心拍信号（ここでは、特に、心拍変動の高周波成分と低周波成分の比(LF/HF)の値)を用いて、交感神経活動を推定することがなされている。この指標の値の時間変化が、映像視聴時の指標として用いることができるかを検討する。特に、時間分解能について、検討を行う。

従来の LF/HF に基づいた手法は、フーリエ基底に基づいたものであり、これに対して新しい指標として、生体信号に対して独立成分分析を行い、これを基底として用いることの可能性を、まず検討する。

次に、指標の評価の一つとして、主観的評価値を映像視聴時に記録したものに基いて分割されたシーンとの一致性と、映像の動きに基づいたシーン分割との一致性を用いて検討する。さらに、比較対象として、連続ウェーブレットの基底に基づく手法、主成分分析で得られる基底に基づく手法との比較を行う。

基底の有効性を確認した後に、表示デバイスに関わる評価の可能性について、検討を行う。

一方、他の生体信号の利用の可能性を検討するために、脳波信号を対象として、上述した実験方法にて検討を行う。

②独立成分分析で得られた基底に基づいた心拍生成モデル

①の分析で、独立成分分析の基底を利用した指標によって自律神経活動の時間変化をよく示すことができるか検討した。

ここでは、独立成分分析で得られる基底を

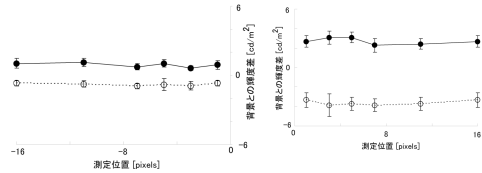
用いて、この線形結合により、心拍変動が生成されるモデルを提案する。生理学的知見に基づいたモデルを検討するため、公開されている生理学的データベースを用いて、モデルの検討を行う。

4. 研究成果

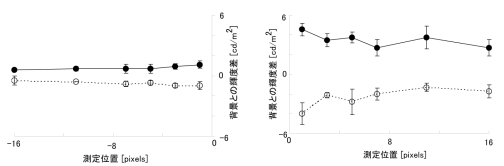
(1) 視覚刺激に対する視覚応答

①視覚刺激に対する視覚応答の測定

視覚モデルの構築に対して、視覚刺激が周囲へ及ぼす影響を可視化するものに視知覚の場が提案されている。視知覚の場は、図形周辺の見えに影響を与える心理学的ポテンシャル場である。これは、指標中での弁別閾の測定と言える。ここでは、側抑制のモデルに基づいて、場を再現することが説明できる可能性を検討した。心理的な明るさの分布を物理的な輝度の分布で制御することにより検証を行った。明るさの勾配の大きさが、指標の位置により変化する分布の場合には、弁別閾の分布が影響を受ける結果を得た(図1)。また、同じ位置で、明るさの勾配の大きさを変化させたところ、勾配が大きくなるに従い、上弁別閾は上昇、下弁別閾は下降する結果を得た(図2)。これらから、明るさの分布の勾配の大きさが、指標中の位置で変化することにより、場が生成されているものと推察した。この明るさの分布は、明暗エッジ境界で、側抑制により知覚される明るさの分布に近いものと考えられる。



(a) 提示指標の分布が一次式(勾配の変化なし)(左:暗,右:明)



(b) 提示指標の輝度分布が二次式(勾配の変化あり)(左:暗,右;明)

図1. 背景との輝度差の分布(1pixel=0.270[mm], 観察距離0.54[m])

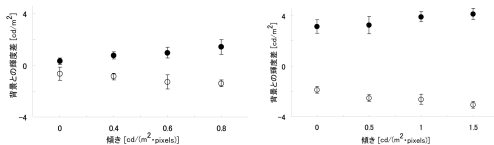


図2. 輝度勾配に対する背景との輝度差

(左:平均輝度が低い場合,右:平均輝度が高い場合)

②独立成分分析で得られた基底に基づいた画像構成モデル

自然画像を学習対象として独立成分分析によって得られた基底と、視覚情報処理のモデルとしてよく用いられる Gabor 関数とを対象にして、エネルギー分布と、スパース性および再構成誤差(コーディングエラー)に基づいて、比較を行った。

エネルギー分布を指標とした場合には、ICA による基底の方がより良い値となり、スパース性と再構成誤差の指標では、それぞれの基底による差異は小さいものであった。

(2) 映像視聴時の生体信号の計測

①心拍信号に現われる応答の分析

最初に、心拍変動データから独立成分分析により学習した基底が、自律神経活動の評価に有効かどうかを検討した。

得られた独立成分分析の基底に対して、基底を複素化するとともに、各基底に対してパワーの期待値の最大となる時間として推定する処理を導入した。

ジェットコースター映像を視聴した時の心拍変動に対して、学習した基底を適用した結果、従来の短時間フーリエ変換を利用した基底よりも、低周波成分の時間変化を捉えるのに有効である可能性を示す結果(図3)および時間特定の性能が高い可能性を示す結果が得られた(図4)。

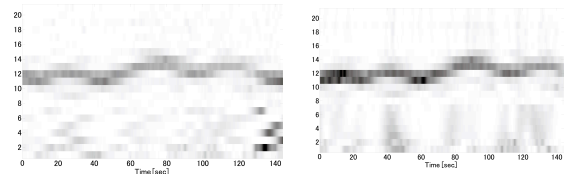


図3. 各 ICA 基底の出力の時間推移(左:パワーの期待の最大となる時刻の考慮なし.右:考慮あり)

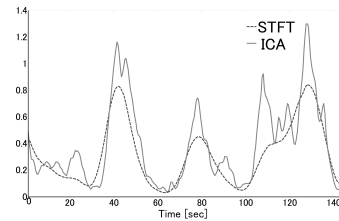


図4. 時間経過に対する LF/HF の値

次に、映像刺激として同一コンテンツを用い、映像提示方式が異なる際の生体信号(心拍変動)と、臨場感に関する主観評価値を同時に計測することを実施した。ポータブルプレイヤー、2次元表示パネル、3次元表示パ

ネルを用いた表示形式の違いを対象とした。最初に、刺激映像を、映像の動きの大小の違いを基にしてシーンを分類した客観的分類と心拍変動との関係性および臨場感の主観評価値による分類と心拍変動との関係性について検討した。心拍変動を示す指標として、独立成分分析による基底、ウェーブレット基底、フーリエ基底によるものとを比較した。その結果、独立成分分析による基底は、従来の短時間フーリエ変換による時間周波数解析による手法よりも、映像刺激に対する心拍変動の反応を詳細にとらえるのに有効である可能性を示す結果を得た(図5,表1)。

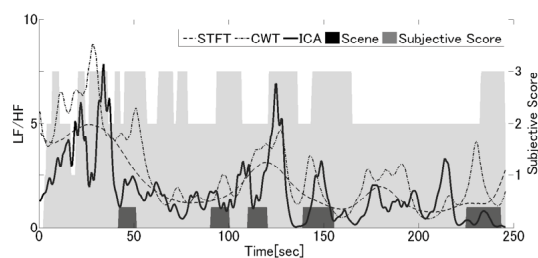


図5. 時間経過に対するLF/HFの値
左軸:LF/HF, 右軸:主観的評価(被験者F/3D表示), 黒い領域は動きに基づいて分割されたシーン

表1. 各基底に対する出力のピークと、動きのあるシーンあるいは主観的評価値のピークとの一致率(AからFは被験者を示す)

	STFT	CWT	ICA
A	4/10 (40%)	14/36 (39%)	13/23 (57%)
B	4/5 (80%)	11/15 (73%)	7/16 (44%)
C	0/2 (0%)	1/5 (20%)	4/8 (50%)
D	4/9 (44%)	11/23 (48%)	14/28 (50%)
E	0/2 (0%)	2/7 (29%)	3/8 (38%)
F	1/4 (25%)	10/18 (56%)	7/17 (41%)

また、主成分分析による基底との比較も試みた。

次に、以上のフーリエ、ウェーブレット、独立成分分析、主成分分析による基底に対して、映像を提示する方式を、3D表示方式、2D表示方式、ポータブル機器での表示方式とした時に、各基底に対して、出力のピークと、動きのあるシーンとの一致、および主観的評価値のピークとの一致について検討を試みた。

一方、映像視聴時の生体信号応答のモデル

化を利用した応用例として、ビデオ映像に対して、映像アーカイブ作成に必要なシーンの特定を、生体信号(心拍)により行う実験を試みた。

次に、映像視聴時の生体信号として、脳波を対象とし検討を行った。まず、微弱電位である脳波での特徴波形を記録するために、波形抽出のための信号処理手法の検討を行った。

映像刺激には、上述の心拍変動を対象としたものと同じコンテンツを用い、プラズマディスプレイを用いて、2D視聴時、3D視聴時の計測を行った。映像視聴と同時に主観評価値を記録し、脳波記録と主観評価値の関係について検討を行い、脳波利用の可能性を検討した。より多くの生体信号との組み合わせ、あるいは特徴抽出処理の改善が望まれる結果であった。

②独立成分分析で得られた基底に基づいた心拍生成モデル

独立成分分析による基底を用いて、心拍変動を支配する自律神経系の機能をモデル化するための心拍の生成モデルについて検討した。公開されている生理学的に基づいてモデルを構築した。

さらに、独立成分分析による基底を用いて、心拍変動を支配する自律神経系の機能をモデル化するための心拍の生成モデルの妥当性の検証を行った。合成信号の入力に対してネットワークの出力系列が独立になるように学習を行った際に、ネットワークで形成されるフィルタバンク(独立成分分析による基底群)の中心周波数とバンド幅の周波数特性が、予測される特性と類似する結果を得た。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計3件)

① Lucena F, Barros A.K, Principe J.C, Ohnishi N, Statistical Coding and Decoding of Heartbeat Intervals. PLoS ONE, 6, 6, e20227, 2011. (査読有)

② 久米拓弥, ファウストルセナ, 工藤博章, 大西昇, 異なる提示方式の映像刺激で生じる心拍変動の独立成分分析を用いた解析, 映像情報メディア学会技術報告, 35, 16, 1-4, 2011. (査読無)

③ A.Cavalcante, F.Lucena, A.K.Barros, Y.Takeuchi, N. Ohnishi, Analyzing differences between Gabor functions and ICA filters learned from natural scenes, Australian Journal of Intelligent Information Processing Systems, 2, 41-45, 2010. (査読有)

〔学会発表〕(計7件)

- ① F. Lucena, M. Kugler, A. K. Barros, N. Ohnishi, Testing Predictive Properties of Efficient Coding Models with Synthetic Signals Modulated in Frequency, 18th International Conference on Neural Information Processing, 2011年11月16日, 上海.
- ② 大谷琢哉, 工藤博章, 松本哲也, 竹内義則, 大西昇, 1チャンネル EEG による事象関連電位 P300 の検出, 平成 23 年度 電気関係学会東海支部連合大会, 2011 年 9 月 27 日, 三重.
- ③ A. Cavalcante, A. K. Barros, Y. Takeuchi, N. Ohnishi, A comparison of coding behavior of ICA filters and Gabor functions, 電子情報通信学会ニューロコンピューティング研究会, 2011 年 3 月 9 日, 東京.
- ④ F. Lucena, A. K. Barros, N. Ohnishi, Emergence of Autonomic Transfer Properties by Learning Efficient Codes from Heartbeat Intervals, 電子情報通信学会ニューロコンピューティング研究会, 2011 年 3 月 7 日, 東京.
- ⑤ 久米拓弥, ファウストルセナ, 工藤博章, 大西昇, 映像刺激で生じる心拍変動の独立成分分析を用いた解析, 電子情報通信学会イメージメディアクオリティ研究会, 2010 年 10 月 29 日, 兵庫.

- ⑥ F. Lucena, N. Ohnishi, A. K. Barros, Y. Takeuchi, A. Cavalcante, Wavelet Entropy Measure Based on Matching Pursuit Decomposition and Its Analysis to Heartbeat Intervals, 17th International Conference on Neural Information Processing, 2010 年 10 月 22 日, シドニー.
- ⑦ 久米拓弥, 工藤博章, 大西昇, 知覚される明るさの勾配が弁別閾に及ぼす影響, 第 3 回イメージメディアクオリティとその応用ワークショップ, 2009 年 9 月 8 日, 千葉.

〔その他〕

ホームページ等

<http://www.ohnishi.m.is.nagoya-u.ac.jp/%7Ekudo/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

工藤 博章 (KUDO HIROAKI)

名古屋大学・情報科学研究科・准教授

研究者番号：70283421

(2) 研究分担者

大西 昇 (OHNISHI NOBORU)

名古屋大学・情報科学研究科・教授

研究者番号：70185338