

計測自動制御学会東北支部 第 291 回研究集会(2014.10.23)

資料番号 291-10

光電容積脈波を用いた 3D 映像酔い検出の研究

A study on detection of 3D motion sickness with Photo-plethysmography

○中山春希, 上杉悠気, 水沼充, 横山道央

○Haruki Nakayama, Yuki Uesugi, Mitsuru Mizunuma, Michio Yokoyama

山形大学

Yamagata University

キーワード:3D 映像(3D scenography)、3D 映像酔い(3D motion sickness)、
光電容積脈波(Photo-plethysmography)

連絡先:〒992-8510 山形県米沢市城南 4-3-16

山形大学大学院 理工学研究科応用生命システム工学専攻 横山道央

Tel:0238-26-3315, E-mail:yoko@yz.yamagata-u.ac.jp

1. はじめに

近年、映像技術の進歩により 3D 映画を始め、3D 映像を用いたゲーム機、テレビなど個人が手軽に 3D 映像を体感する機会が増えつつある。一方、3D 映像視聴中や視聴直後に 3D 映像酔いという生体への影響が問題となっており、3D 映像視聴時に非侵襲、非拘束で常時生体信号を計測し、3D 映像酔いの兆候をとらえ、報知するシステムの開発が望まれている。著者らは指尖光電容積脈波を常時計測し、周波数特性を求め 3D 映像酔いを検出、報知するシステムの開発を目指している。

ここでは、指尖光電容積脈波を計測し求めた周波数特性から 3D 映像酔いに似

た不快感付近で変化した 3D 映像酔いの指標について報告する。

2. 3D 映像酔い

2.1 3D 映像酔いとは

3D 映像視聴中に生じる吐き気や頭痛、目眩など不快な症状は 3D 映像酔いと呼ばれており、3D 映像酔いの症状は動揺病とほぼ同様である^{[1]~[3]}。動揺病のメカニズムとして、実際の感覚情報と、中枢神経内に蓄積されている感覚情報のパターンの相違により、新しく中枢神経内で感覚情報のパターンへ組替えがおけると同

時に動揺病が発生する(感覚不一致説)、視覚情報や前庭器官に対しての刺激を脳が毒であると勘違いすることによって動揺病が発生する(Poison Theory 説)、不安定な姿勢が長時間持続することにより動揺病が発生する(Postural Instability Theory 説)の3つが提唱されている^[1]。

2.2 計測手法

3D 映像が生体に対してどれほどの影響を与えるかを計測する手法として、実験前後にアンケート調査を行う心理学的計測と心電図などによる生理学的計測がある^[4]。

本研究では心理学的計測と生理学的計測の両手法を採用し、心理学的計測として実験直後に実験参加者に対してのアンケート調査を行い記録し、生理学的計測として指先光電容積脈波の計測を行う。

2.3 3D 映像による自律神経への影響

3D 映像による視覚刺激が自律神経系にストレスを与え、交感神経に影響を及ぼし吐き気、目眩などの自律神経系症状を引き起こす^[3]。すなわち 3D 映像酔いはストレスの一種であり、自律神経系に影響を与える。

自律神経系は互いに拮抗的に作用する交感神経と副交感神経からなっている。交感神経は身体的なストレスに曝された時に活発に活動する神経であり、心臓、血管に作用する。それにより心拍数の増加、血管の収縮による血圧の上昇がみられる。

副交感神経は休息と消化活動を行う神経であり、睡眠時、安静状態時に最も活

発に活動している。副交感神経が有意に働いている時は、血圧、心拍数、呼吸数は減少する。

2.4 自律神経系の評価法

自律神経系の評価法の1つとして心電図の R-R 間隔(RRI)の時系列変動(心拍変動)の周波数特性から求める指標により評価する方法がある^[5]。また指先光電容積脈波の P-P 間隔(PPI)の時系列変動(脈拍変動)の周波数特性から求める指標により評価する方法もある^[6]。

2.5 3D 映像酔いの先行研究

3D 映像酔いの評価として Mayer 波帯域の心拍数と血圧の相互相関係数の最大値を用いた研究^[7]や、2D 映像視聴と 3D 映像視聴を行い輻輳眼球運動、SSQ、CFF を比較する研究^[8]がある。

3. 生体信号解析指標

3.1 光電容積脈波

光電容積脈波とは心臓の収縮、弛緩に伴う血液の容積変化を LED とフォトトランジスタにより、光電流に変換し計測した波形である(図 1)。測定部位は指先と耳朶などがあり、本研究では指先光電容積脈波を用いる。

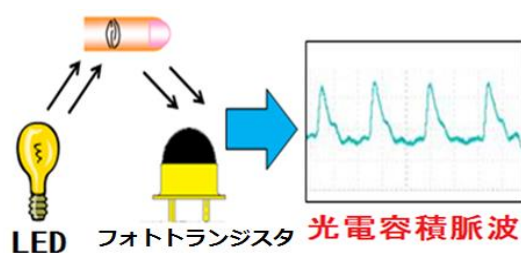


図 1 光電容積脈波

3.2 自律神経系指標

RRI(心拍間隔)、PPI(脈拍間隔)を周波数解析することにより、周波数特性が算出される。ここで0.04~0.15Hzに現れるPSDをLF(Low Frequency)、0.15~0.4Hzに現れるPSDをHF(High Frequency)とする。HFは副交感神経が活発のとき値が増加し、LFは交感神経、副交感神経が活発の時、値が増加するのでLF成分とHF成分の比を取ったLF/HFを交感神経の指標としている^[6]。

心拍変動をRRIより測定し、RRI時系列データを、3次元スプライン補間、再サンプリングし、フーリエ変換を施し周波数解析を行う(図2)。そのとき現れるLFをここでは LF_{RRI} 、HFを HF_{RRI} とする。また、PPIをRRIと同様に周波数解析する(図2)。そのとき現れるLFをここでは LF_{PPI} 、HFを HF_{PPI} とする。 LF_{PPI} 、および HF_{PPI} は LF_{RRI} 、 HF_{RRI} と相関が高い^[8]。その他に光電容積脈波波形そのものに対して直接周波数解析(Direct Frequency Analysis)する方法も存在する^[9]。

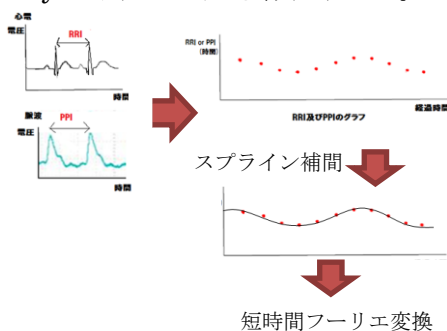


図2 周波数特性算出過程

3.3 3D映像酔いの指標

3D映像視聴実験において、PPIの周波数解析より得られた HF_{PPI} 、 LF_{PPI}/HF_{PPI} を用いて $HF_{PPI}-LF_{PPI}/HF_{PPI}$ の散布図を

3D映像酔いの指標にする報告がある^[10]。また、光電容積脈波に対して直接周波数解析を行い現れたLFを LF_{DFA} 、HFを HF_{DFA} 、脈拍数由来の高調波成分(第一高調波(H_1)、第二高調波(H_2)、第三高調波(H_3)...)とし、ストレス評価の指標とする報告がある^[9]。本研究ではこの LF_{DFA} 、 H_1 を3D映像酔いの指標として用いる。

4. 3D映像酔い評価実験

4.1 概要

本実験では3D映像酔いの指標を検出するために、実験参加者はSONY製HMZ-T3Wのヘッドマウントディスプレイ(以下、HMD)を装着し3D映像を視聴する実験を図3に示すような実験プロトコルに沿って行った。図4に実験システムを示す。

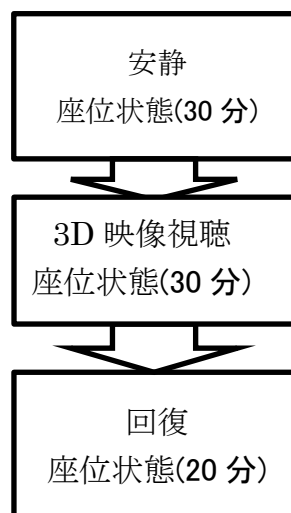


図3 実験プロトコル



図 4(a)実験システム(写真)

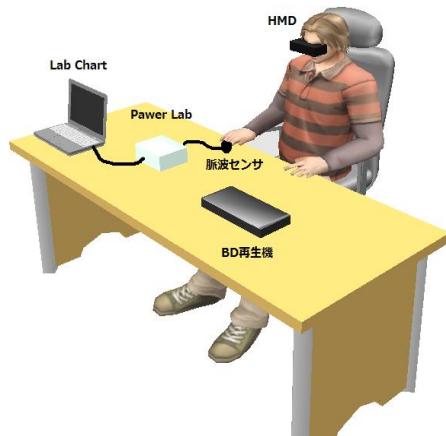


図 4(b) 実験システム

4.2 実験参加者

実験参加者は3名(A(21歳・男性)、B(21歳・男性)、C(22歳・男性))で実験を行った。

4.3 視聴 3D 映像

視聴する 3D 映像として一般の映像ソースで、動きが激しい部分の 30 分間を視聴した。

4.4 計測方法

脈波センサ(IR Plethysmograph , MLT1020FC)を右手人差し指に装着し指先光電容積脈波を PowerLab 4/26 (ADINSTRUMENTS, ML846)で計測し

た。

4.5 解析方法

計測した指先光電容積脈波を MATLAB (R2009a) を使用し周波数解析を行い、 LF_{DFA} の時間積算である LF_{DFA} 積算値、 H_1 の時間積算である H_1 積算値を算出した。本研究では積算時間を 10 分間とした。

5. 結果・考察

実験後のアンケート結果より実験参加者 A が 3D 映像酔いに近い不快感を示し、実験参加者 B、C は不快感を示さなかった。

図 5~図 10 に算出した LF_{DFA} 積算値、 H_1 積算値を示す。

図 5~図 10 より実験参加者 A が 3D 映像視聴中に 3D 映像酔いに近い不快感を示した箇所の LF_{DFA} 積算値、 H_1 積算値が共に安静時の最大積算値に比べ上昇し、不快感を示し続けた回復時でも両積算値が共に安静時の最大積算値より大きい値をとる傾向が見られた。

以上より、3D 映像酔い評価実験において LF_{DFA} 積算値と H_1 積算値の組み合わせ評価が 3D 映像酔い指標の評価に有効である可能性が示された。

6. おわりに

指先光電容積脈波を用いて 3D 映像酔いの指標検出を試みた結果 3D 映像視聴時に 3D 映像酔いに似た不快感を示した実験参加者について指先光電容積脈波を

解析し得られた LF_{DFA} 積算値、 H_1 積算値が共に安静時での最大積算値に比べ上昇し、不快感を示していた箇所では両積算値が共に安静時の最大積算値より大きい値である傾向が見られた。3D 映像酔いの指標として LF_{DFA} 積算値と H_1 積算値の組み合わせ評価が有効である可能性が示された。

今後は実験参加者を増やし検証を行い、3D 映像視聴時における指尖光電容積脈波の周波数特性の他パラメータ及び複数のパラメータによる組み合わせ評価についても検討したい。

参考文献

- [1]財団法人イメージ情報科学研究所，“ゲームソフトが人間に与える影響に関する調査報告書”，2003.
- [2]川村祐太，佐野啓介，小玉博也，角田尚貴，渋谷優輝，河内祐樹，堀江悠介，山田光穂，“2D 映画と 3D 映画視聴時における輻輳眼球運動、SSQ、CFF の分析”，東海大学紀要(情報通信学部)，Vol.5,No2, pp.17-22, 2012.
- [3]飯島淳彦，“視覚刺激と自律神経系”，シンポジウム「自律神経系とめまい」，Equilibrium Res, Vol71(3), pp.194-199, 2012.

[4]氏家弘裕，渡邊洋，“立体映像における両眼網膜像差が映像酔いに与える影響”，映像情報メディア学会技術報告，ITE Technical Report, Vol.35,No15, pp.2-4, 2011.

[5]木竜徹，小林直樹，飯島淳彦“映像酔い”，電子情報通信学会誌，Vol.96.No1, pp.36-40, 2013.

[6]佐々木真彦，中野真哉，高梨宏之，王鋒，長南征二，御室哲志，“脈拍によるストレス評価に関する検討”，第 244 回計測自動制御学会東北支部第 244 回研究集会資料番号 244-1, 2008.

[7]杉田典大，吉澤誠，田中明，阿部健一，山家智之，新田新一，“血圧-心拍数間の相互相関を用いた映像刺激の生体評価”，電子情報通信学会信学技報，pp.31-34, 2001.

[8]下樋浩二，笹部哲也，田島世貴，渡辺恭良，“疲労の生理学的計測:加速度脈波”，医学のあゆみ Vol.228,No6, 2009.

[9]上杉悠気，水沼充，横山道央“光電容積脈波波形を用いたストレス評価の研究”，第 75 回応用物理学会秋季学術講演会，20a-C7-8, 2014.

[10]園原温志，趙勝一，水沼充，横山道央“生体計測用広帯域フィルタの設計・実装と生体信号”，電気学会電子回路研究会資料，ECT-13081, pp.11-15, 2013.

解析結果

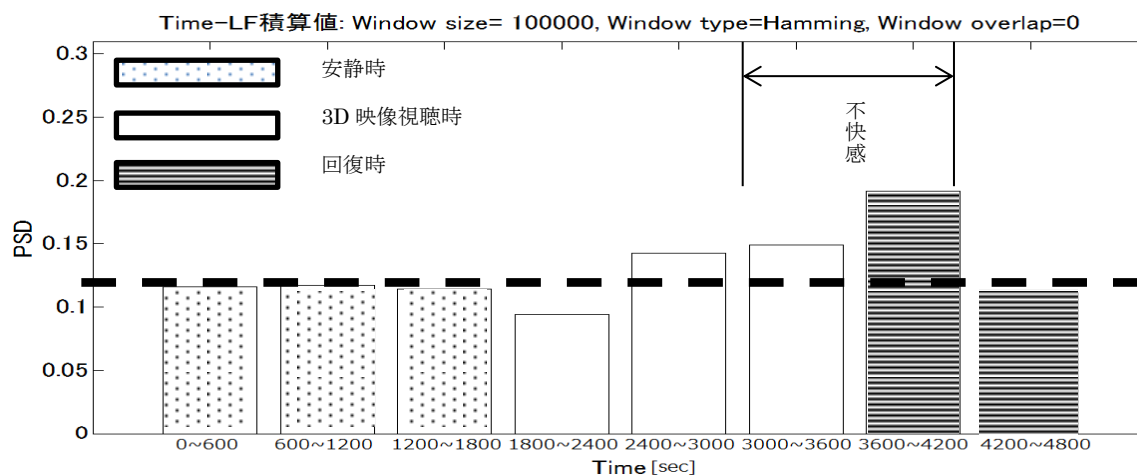


図5 実験参加者 A の LFDFA 積算値

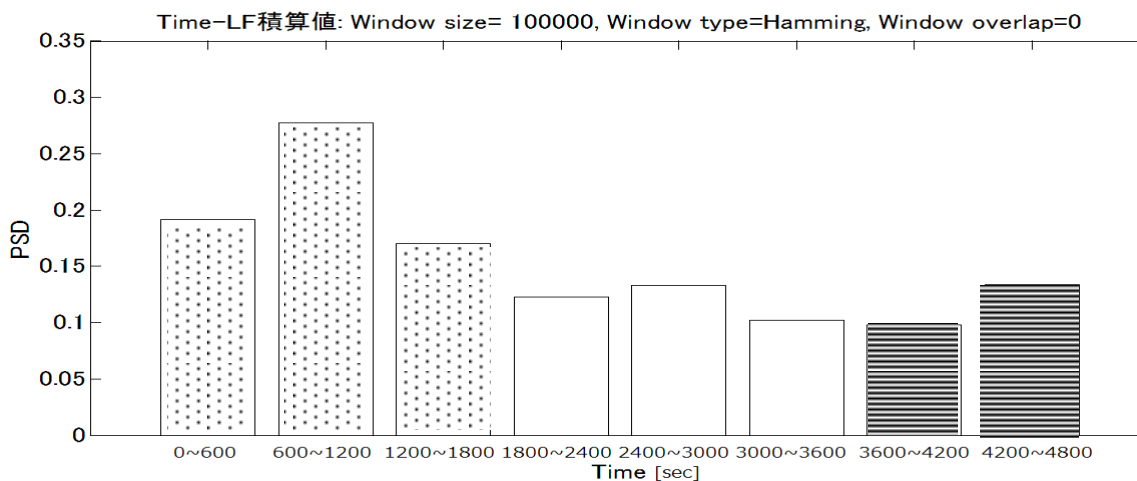


図6 実験参加者 B の LFDFA 積算値

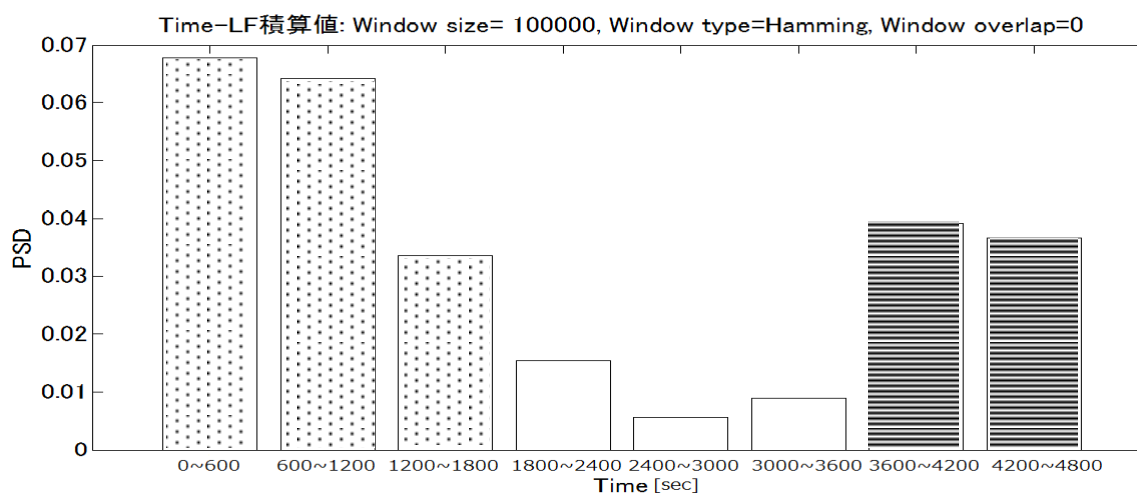


図7 実験参加者 C の LFDFA 積算値

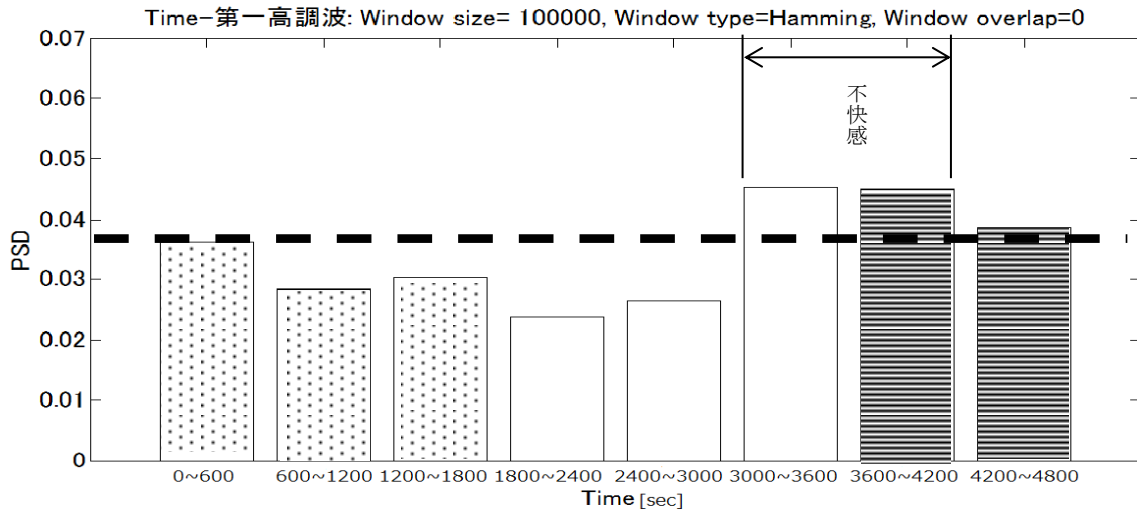


図 8 実験参加者 A の H_1 積算値

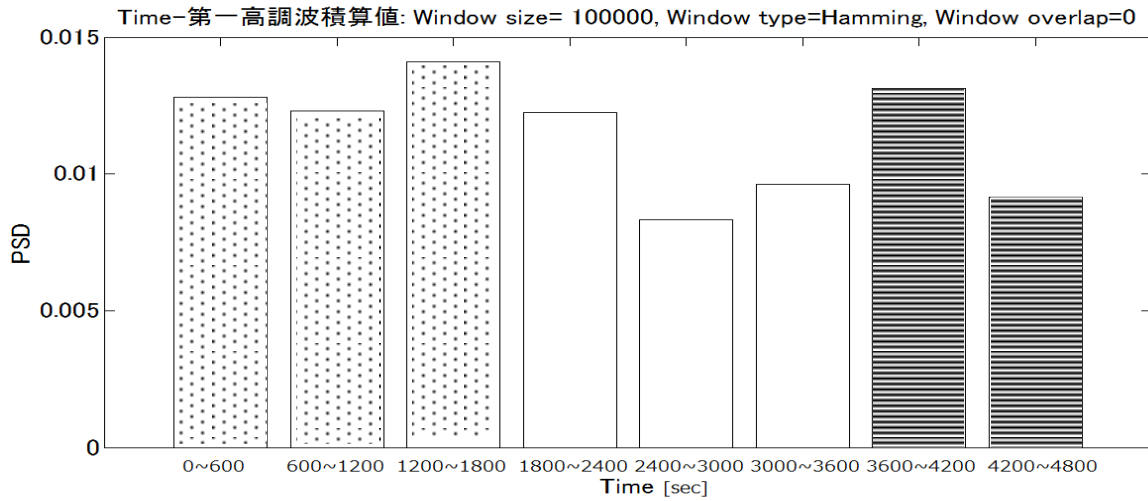


図 9 実験参加者 B の H_1 積算値

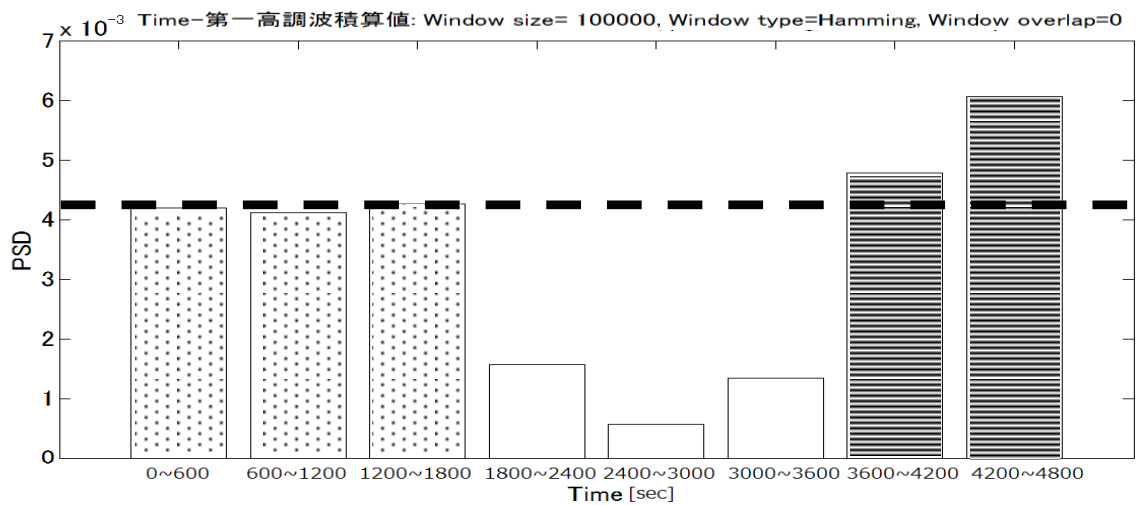


図 10 実験参加者 C の H_1 積算値