

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 11 日現在

機関番号：11501

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2011～2013

課題番号：23650413

研究課題名(和文)3D映像酔いセンシングシステムの研究

研究課題名(英文)A study on 3-D motion sickness sensing system

研究代表者

横山 道央(YOKOYAMA, Michio)

山形大学・理工学研究科・准教授

研究者番号：40261573

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,300,000円、(間接経費) 690,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、発光ダイオード(LED)を用いた小型光電脈波センサを用いて、三次元(3D)立体映像の視聴における映像酔いを検出する手法を確立し、新しい小型映像酔いセンシングシステムとして開発することを目的とした。映像酔い指標の解析・導出は、実際に3D映像ソフト視聴中の被験者から指尖光電脈波信号を取得し、脈拍間隔と脈波信号の周波数解析から算出した交感/副交感神経に関する指標と、さらに脈拍数変動とを組み合わせる事で映像酔い成分指標を抽出した。複数被験者の視聴体験後の感想と照合し、酔い発生とほぼ同時点で検出できており、同指標が3D映像酔い成分の抽出に有効であると考えられる。

研究成果の概要(英文)：The compact LED finger photo-plethysmograph sensor module has been developed for investigating detection of 3-Dimensional motion image sickness. The measured photo-plethysmography pulse signals in addition to fluctuation of pulse have been analyzed among very-low-frequency-band spectrum. Several experimental results under 3-D movie appreciation have shown that 3-D motion sickness seems to appear when low-frequency spectrum and pulse fluctuation change rapidly. Accordingly, it is found that the finger photo-plethysmograph sensor module is effective for detecting the 3-D motion sickness.

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：健康・スポーツ科学・応用健康科学

キーワード：ストレスマネジメント 光電センサ 映像酔い

1. 研究開始当初の背景

近年、3Dテレビをはじめとして映画ソフトやゲーム機に至るまで、電機メーカー・映像ソフトメーカー側では3D映像が視聴できる機器を普及させるべく、様々な関連製品が市場に出回ってきている。しかし、比較的以前より知られている映像酔いなどの悪影響についてはその対策が急務であるが、機器の取扱い説明書の中で「脳での立体視体験の少ない子供（15歳未満）への使用禁止」や「長時間の視聴には休憩をいれるよう」推奨しているにすぎない。（「3Dコンソーシアム・シンポジウム」2010年7月27日 於：東京農工大）このため、商品が普及してきたこの時期にこそ、3D視聴者のリアルタイムな体調変化に合わせたより実効的な3D映像酔い対策を講じる必要がある。

研究代表者らは、既にLEDを用いた光電容積脈波センサを用いた健康管理システムを試作開発しており「指尖脈波センシング→マイコン信号処理→無線伝送→遠隔PCにて統計処理・表示」といった一連のシステムを実現するハードウェア及びソフトウェアの開発実績をもち（2010年秋季応用物理学会第71回学術講演会 15a-P6-26、9月15日）、また信号処理部に関して、血液中のヘモグロビンの酸素量に由来する光電容積脈波信号には、脈・呼吸・連続血圧等の種々の成分が含まれる事が知られており、独立成分分析(ICA)法により観測脈波成分から呼吸成分を精度よく抽出する事に成功した。（第29回日本シミュレーション学会7-5、2010年6月19日）この光電脈波からICAを用いて成分分析する応用として、統計的処理と組み合わせる事によって2次元画像酔いに関する生体影響を評価する研究がなされており、2Dではあるが画像酔いに関する信号を解析できる事が分かっている。（東北大学 阿部 誠ほか「光電容積脈波を用いた映像酔いの生体影響評価」ヒューマンインターフェース学会論文誌、10(2)、p.199、2008年；文献1）しかし、データ計測後に別途コンピュータにデータを移して処理を行っており、また3D画像酔いに関しては未着手である。従って、ほぼリアルタイムに近い高速処理のできる小型

3D映像酔いモニタリングシステムはまだ存在しない。この点が3D映像酔い対策が未整備な点に影響しているとも言える。そこで、LED脈波センサに信号処理・統計的処理を施して3D映像酔いを簡易的に検出し、将来的には視聴者に適宜警告するような小型システムとして開発する事は、現在普及しつつある3D機器の視聴においてユーザ側での健康面の不安が解消されるといった大きな社会的インパクトを与え得るとの考えに至った。

2. 研究の目的

本研究では、発光ダイオード(LED)を用いた小型の光電脈波センサを用いて三次元(3D)立体映像の視聴者における映像酔いを検出する手法を確立し、新しい小型センシングシステムを開発する事を目的とする。最近急激に普及しつつある3D画像であるが、その視聴における悪影響が以前より懸念されつつも対策はまだ遅れている中で、商品販売だけが先行している。研究代表者らが現在まで研究開発中のLED光電脈波センサを発展させ、計測後段の信号処理により3D映像酔いに関する生体信号を検出する手法を開発する。次に、小型で高速信号処理を行える簡易型モニタリングシステムとして試作実現する。小型化実現により、被験者に負担やストレスを与えることなく実際の3D視聴環境下での生体信号モニタリング実証実験評価・対策が可能になると期待される。

3. 研究の方法

本研究では、平成23年度から25年度までの3年間で大きく次の2つの項目を研究開発した。

(1) 周辺部含む小型プロトタイプシステム作製。

簡易グローブタイプに装着できる程度の小型基板にシステムを作製する。LED脈波センサ部・信号処理部によるセンサモジュールを基に周辺部と併せて1枚の小型基板に実装し、プロトタイプとして新規システムを試作実現する。実際に装着実験を行い、安定動作に向けて改良を加える。

既に開発している指尖脈波計測システムを用いて被験者に3D映像を視聴してもらいながら脈波測定し、得られた脈波信号を周波数解析・複合分析し、被験者の感想と合わせて3D映像酔い特有の成分を抽出する指標を決定する。

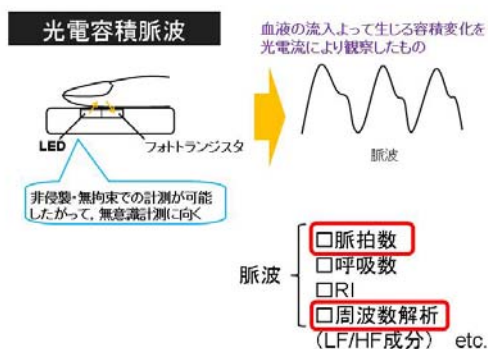
現有の指尖脈波センシングシステムは小型化が必須であるため、最新の低電圧動作小型マイコンを数センチ四方に搭載した新たなセンサモジュールを本研究で購入し、そのプログラミング手法やハードウェア実装手法を習得する。併せて、周辺部の作り込みも行う。新規マイコン部におけるソフトウェア開発としては、解析プログラムをC言語でプログラミングし、実装・検証する。センサ部・周辺部のハードウェア開発としては、フィルタ部などの電子部品素子値を現有の回路シミュレータ(SPICE)を用いて最適設計し、ノイズ除去・安定した計測動作を図る。

(2) 周波数解析と複合分析を用いた3D映像酔いに関する生体信号検出法の確立。

3D映像モニタリング実験と被験者の感想とを通して、指尖光電脈波信号から3D映像酔いに関する信号成分を抽出する手法を開発する。2D映像酔いに関する評価手法を参考にし、周波数解析を基にして映像酔い指標を検討する。その後、精度の向上と解析速度の向上を図る。

4. 研究成果

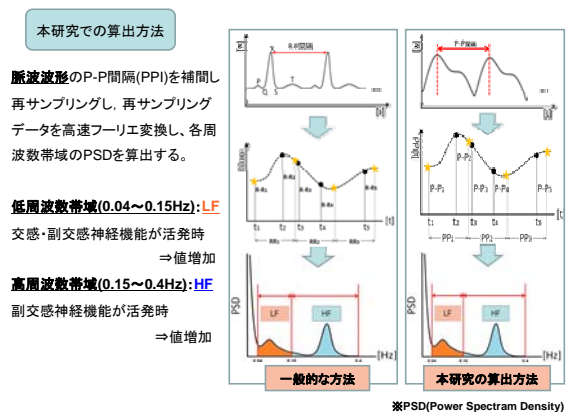
(1) LED光電指尖脈波センサ部・広域フィルタ信号処理部によるセンサモジュールを1枚の小型基板に実装し、プロトタイプとして試作実現した。まず、映像酔い成分抽出に有効と考えられる、脈拍間隔の低周波数帯信号スペクトルの周波数解析をおこなえる



ように広帯域フィルタを設計し、LED光電指尖脈波センサ、マイコン基板と共に小型化実装した。次に簡易グローブ型測定装置に装填し、解析にかかる指尖脈波が安定して測定できる事を確認した。(学会発表②~⑤)

(2) 次に、試作測定装置を用いて3D映像視聴実験をおこないつつ被験者の指尖より脈波を計測し、さらに視聴後にアンケート調査により映像酔いの程度を聞き取った。(学会発表①) なお本実験においては山形大学倫理委員会の審議を経た後におこなっている。

取得した指尖光電脈波測定信号より周波数解析をおこない、低周波域のパワースペクトル密度成分LFおよびHFをそれぞれ算出した。さらに脈拍変動と合わせて評価する事で、映像酔いに特有の変化点が現れる事を確認した。映像酔い指標の算出過程を以下に順次示す。まず、取得した計測脈波信号をサンプリング・補完して周波数変換する。



ここで、脈拍間隔から算出するLF, HF成分からHFを横軸、LF/HFを縦軸にとったものは散布図モデルといわれており、交感・副交感神経の状態を表す指標とされている。

<散布図モデル>

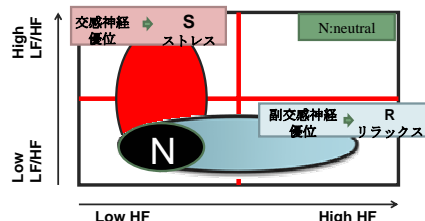


図: 心拍RRIによる時間変化におけるHF-LF/HFの散布図モデル

Ex: 自律神経系指標の時間推移からみた映像酔いの評価: 外山 寛, 木竜 徹, 岩城 護, 飯島 教彦: 2009

本研究では脈波から算出されたLF, HFを用いて散布図モデルを扱う

脈拍数及び自律神経系指標を用いた ストレス解析方法の提案

<N,R - S状態遷移時系列配置図の提案>

作成方法

- ① 実験より取得した脈波Dataを下図のように時系列順に等間隔に分割し、各分割データからLF, HFを算出

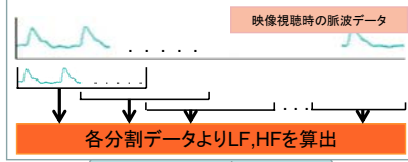


図: Data分割法

時系列脈波データをある時間間隔の窓で分割し、随時周波数変換を行う。その結果を基に散布図を描き、時系列ごとのデータの位置の推移（ニュートラルN、リラックスR領域とストレスSとの移動）に着目する。

<N,R - S状態遷移時系列配置図の提案>

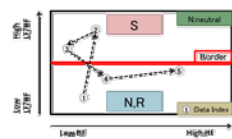
- ②①で取得した複数個の自律神経系指標データ(HF, LF/HF)から散布図を作成



- ③②の散布図のプロットデータを図のように時系列順に結び

Border値算出

ストレス負荷(3D映像酔い)を感じた被験者の脈波データを用いて算出
各被験者の脈波全時系列データの高速フーリエ変換よりLF_{Border}及びHF_{Border}を算出 その比よりBorder値を算出



次に、その推移をベクトルで表した上で1本1本のベクトルを時間軸に並べる。

<N,R - S状態遷移時系列配置図の提案>

- ④③から、図のような各ベクトルブロック図、及び各ベクトルブロックにおける始点から終点への状態遷移情報を抽出

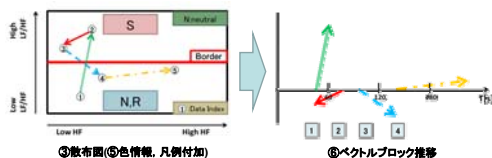


- ⑤各ベクトルブロックにおける始点から終点への状態遷移情報を色情報及び凡例によって視覚化

状態遷移	色情報	凡例
NR → NR	青	一点静止
NR → S	赤	二重線
S → NR	緑	二重線
S → S	赤	二重線

<N,R - S状態遷移時系列配置図の提案>

- ⑥④よりベクトルブロック推移を作成
各ベクトルブロックは時間情報もち、時間軸に等間隔で配置



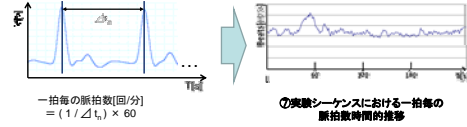
③散布図⑤色情報、凡例付加

⑥ベクトルブロック推移

そのようにして得られたベクトル推移図と、脈拍の変動とを並列にあわせて図示する。

<N,R - S状態遷移時系列配置図の提案>

- ⑦ 速度脈波波形より一毎の脈拍数を算出し、実験シーケンスにおける一毎の脈拍数時間的推移を作成



最後に、散布図でのベクトルがストレスS領域へ向かい且つ留まるポイントと、脈拍変動が急激に変化したポイントが近接する点を見出し、指標とする。

実際に被験者に装着し3D映像視聴測定試験をおこなった結果、複数被験者において「映像酔い」の感想が出された部分で「酔い」指標の変化点が見出された。

N,R - S状態遷移時系列配置図を用いた ストレス評価実験

<実験概要>

映像視聴によるストレス評価の手法を用いる

<実験内容>

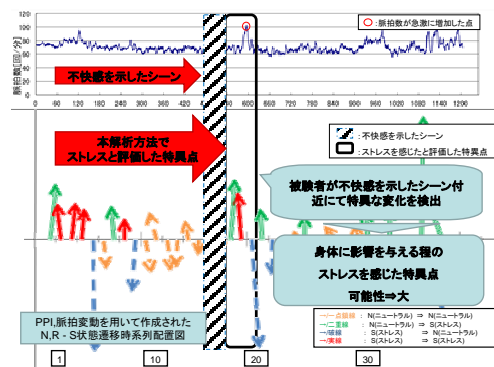
映像コンテンツ
・トランスフォーマー ダークサイドムーン3D
冒頭20分

- ・映像視聴時脈波Data取得
- ・映像視聴後に不快感を示したシーンをアンケートにて回答



解析情報

- 脈波Data時系列切り出し時間: 1分間
- 脈波Data終了時間: 30秒
- サンプル周波数: 1kHz
- 高速フーリエ変換(窓関数): ハミング窓



以上の結果より、本研究において光電指尖脈波測定と信号解析により3D映像酔い成分の抽出の可能性が示された。今後は検出の精度を高めていき、小型映像酔い検出ならびに警告システムに発展させていく予定である。

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)

[学会発表] (計5件)

①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・実装と生体信号解析、電気学会電子回路研究会、(東大寺文化センター、2013年10月3日)、ECT-13-081

②横山道央、「ヘルスケアエージェントシステムの開発」第1回 ICE Cube Center 研究会／第67回精密工学研究所シンポジウム「群知能シリコンの創生とソリューション研究推進ーセンサとネットワーク、情報活用の現状と課題ー」平成24年11月20日、東京工業大学すずかけ台キャンパス 大学会館2階 異種機能集積研究センター

③Michio Yokoyama and Seung-Il Cho、
Development of Healthcare Agent System、ISCA 25th International Conference on Computer Applications in Industry and Engineering (CAINE 2012), New Orleans, Nov 14-16, 2012, WS105, pp.111-114

④横山道央、高橋雄太、根本優紀、水沼 充、
光電脈波センサモジュールを用いたユビキタス体調管理システムの開発、第73回応用物理学会学術講演会、2012年9月12日、愛媛大学

⑤Michio Yokoyama、Development of eco-friendly and ubiquitous health-care system、Proc. of Int. Symp. on Applied Informatics (IIAI ISAI 2012)、May 26-27, 2012, Yamagata, JAPAN (Keynote Address)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

横山 道央 (YOKOYAMA, Michio)

山形大学・大学院理工学研究科・准教授

研究者番号：40261573