

生理指標を用いてドライバーのカーブ曲線に おける心理的負担の計測と安全性の検討

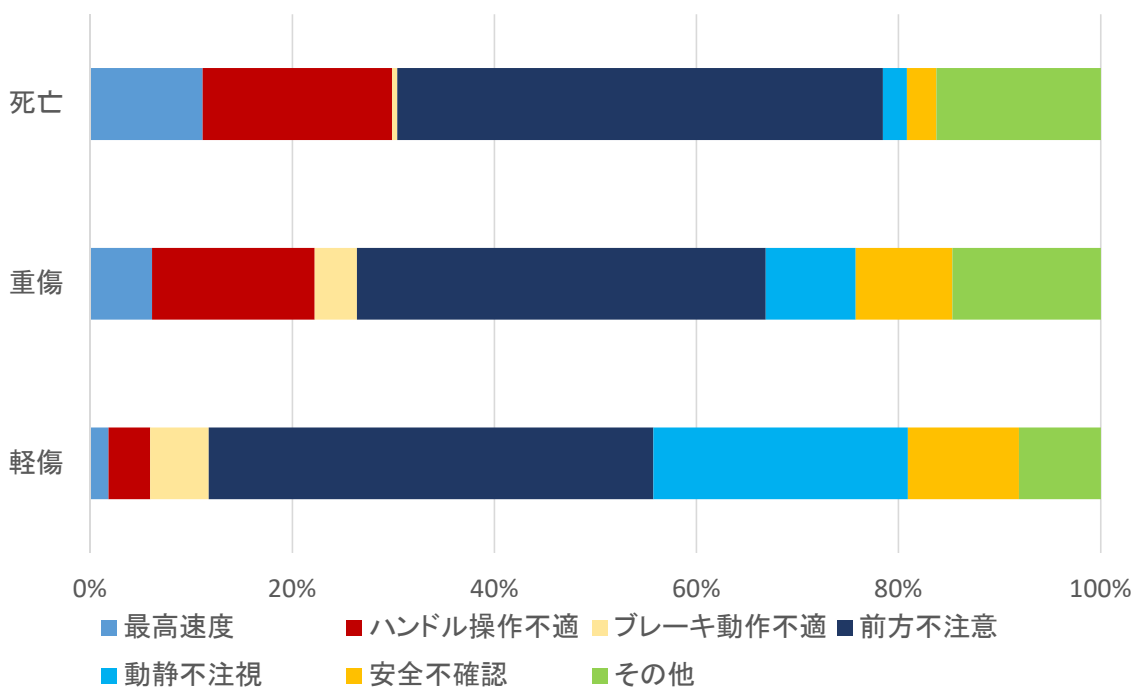
計画マネジメント 皆川研究室

担当教授 皆川 勝

学生氏名 奥田 知貴

研究背景

年々、交通安全への関心が高まり、事故の件数は減少傾向にあるものの、高速道路での死亡事故は平成21年から増加傾向にある。このため、交通事故防止策を考えることは今後も重要である。



平成25年中の交通事故の発生状況(警察庁調べ)

判断遅れや操作ミスは、大半が単独事故であり
運転者の行動が主な要因となる場合が多い

事故原因の大半を占めるヒューマンエラーは
ドライバーの心理や生理が関係する

道路環境の向上を検討する際、生理指標を
用いた研究が行われているものの数少なく、
生体情報による評価も十分に確立していない

研究背景

交通工学の分野でも、カーブ区間の事故率は直線区間と比較して高いと言われている。

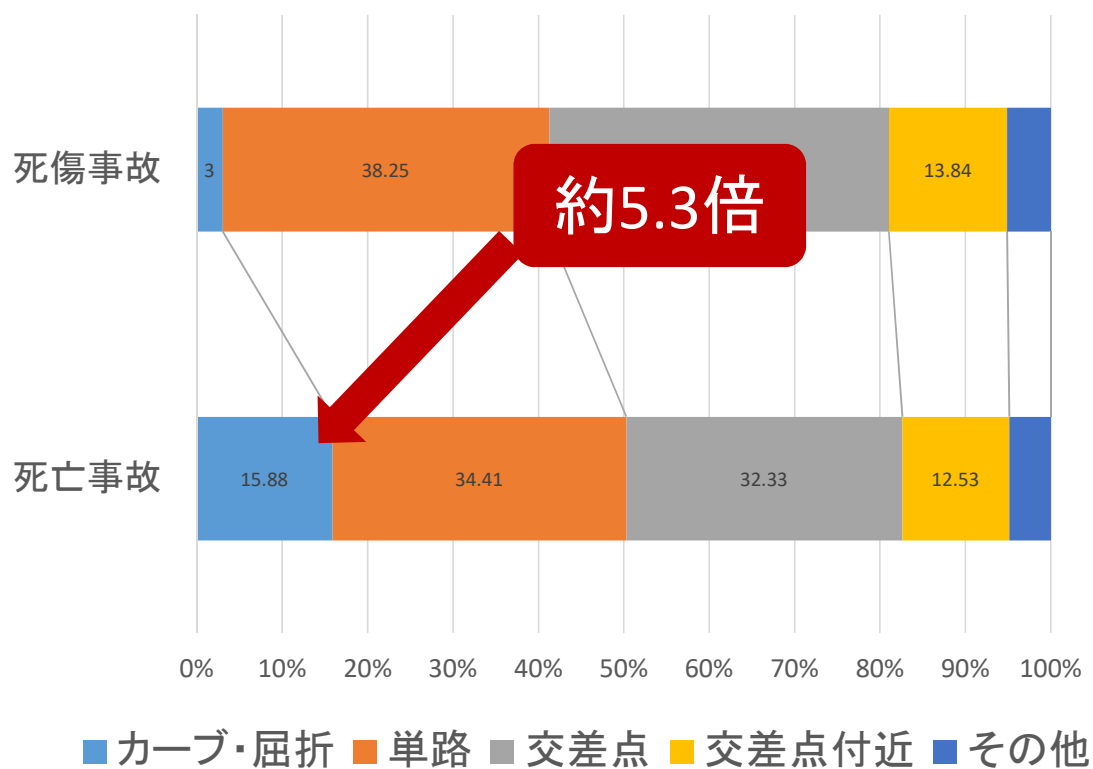


図2 発生地点別の発生状況構成率(平成25年度)

カーブの区間は直線に比べて短く、郊外に多いため、交通量が少なくカーブでの事故は全体の3.0%となっている

しかし、死亡事故の構成率が約16%と高くなる

カーブでの事故は傷害が重くなりやすいことなど事故対策の面からカーブでの事故は重要である。

調査対象地点の選定

道路線形等の交通環境とドライバーの行動の関係を明確にするために、道路間環境が比較的単純化されている高速道路を対象とする。

順位	地点名	路線名	総事故件数(件/年)
1	参宮橋カーブ	4号新宿線(上り)	181
2	北の丸TN	都心環状線(内回り)	122
3	内苑第一カーブ	4号新宿線(下り)	99
4	神田橋JCT	都心環状線(内回り)	97
5	新宿カーブ	4号新宿線(上り)	96
6	用賀本線料金所	3号渋谷線(上り)	95
7	汐留Sカーブ	都心環状線(内回り)	92
8	長福本線料金所	4号新宿線(上り)	91
9	大井本線料金所	湾岸線	90
10	箱崎橋カーブ	6号向島線(下り)	83

平成15年度首都高速交通事故データ(首都公団調べ)



図-3 首都高速4号新宿線上りルート(永福～外苑)

参宮橋カーブ

- 半径88mの急カーブ
- 一日約4.7万台*の交通量
- 2003年度には181件の事故が発生(事故率と併せて首都高速内ワースト1)

首都高4号新宿線を調査対象地点とする

生理指標

生体情報の生理的な変化を測定する際に用いられる方法
心電図,脳波,脈波,唾液,体温,心拍,筋電図,血圧,発汗など

生理指標を心理事象ごとに見られるので,どのような心理的活動の時にどんな生理的活動が見られるかを確認することができる。



被験者の身体の声をきくことができる

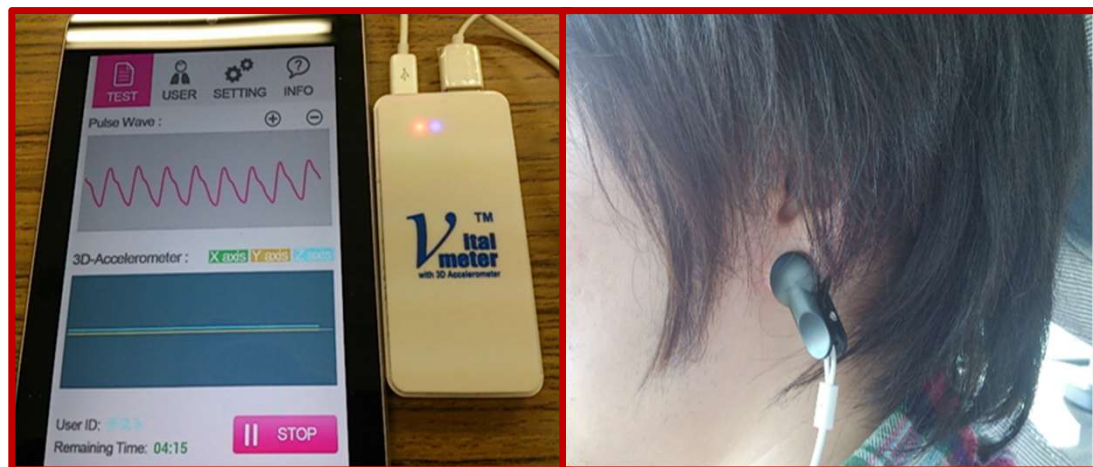
本研究では,外部環境による人体の反応を観察するのに適していると言われている
生体脈波を利用してドライバーの負担を評価する

脈波について

血液の流入によって生じる容積変化を波形としてとらえたものを脈波といい、血管運動反応をとらえる。脈波は中枢から末梢にいたる血行動態に関して多くの情報を含んでいる。間接的に心電図R-R間隔と同様の意味を持つ情報が得られるとされている。

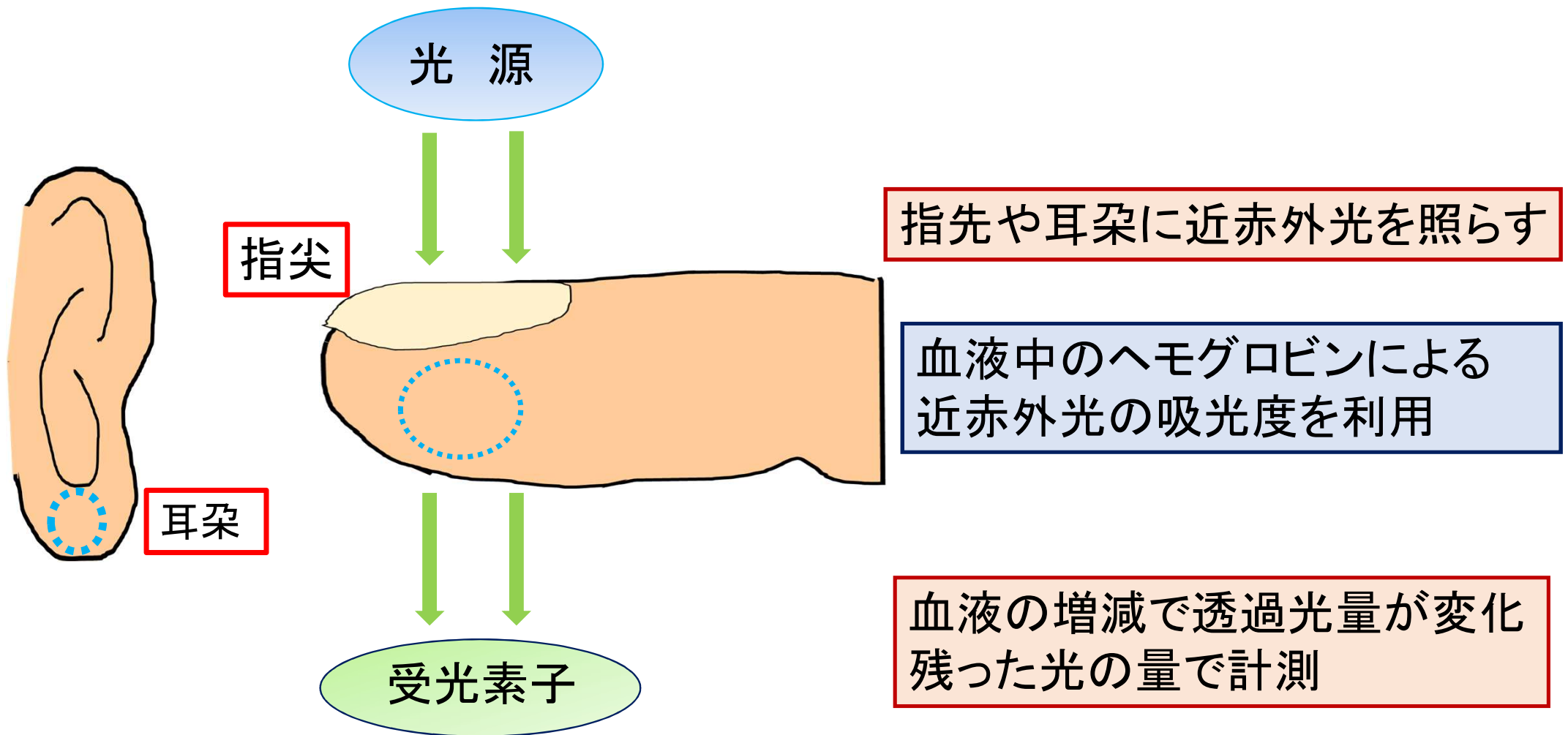
脈波測定装置

株式会社TOAS研究所製「Vital meter」



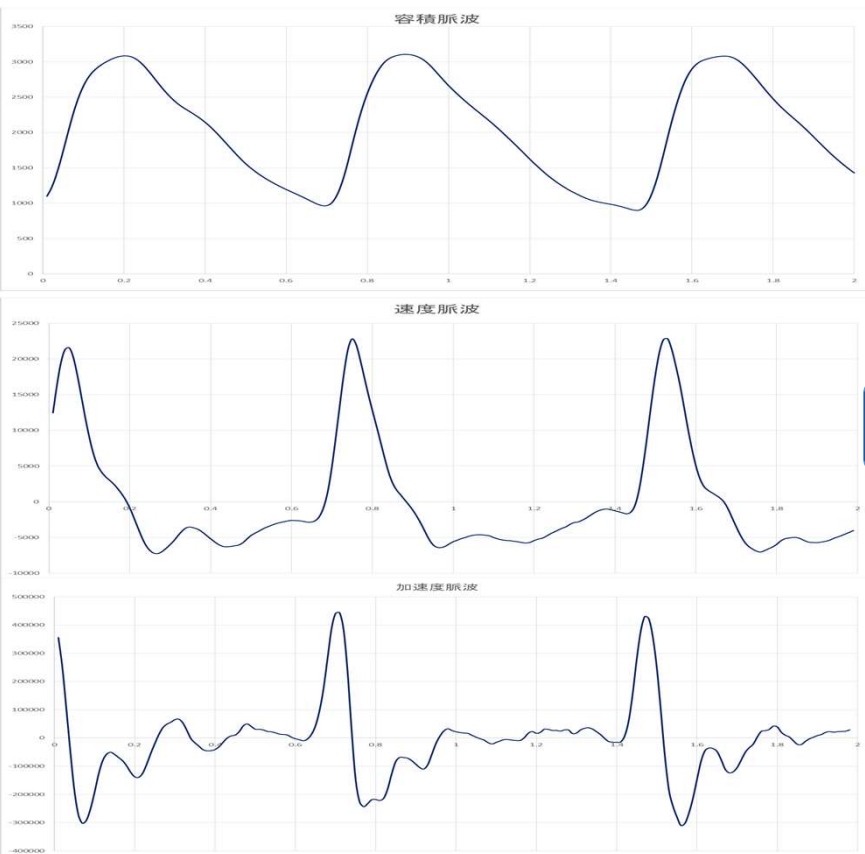
- Vital meterは容積脈波 (PPG) の測定が可能
- Vital meterは容積脈波 (PPG) の測定が可能
- 容積脈波を二回微分波形としたものが加速度脈波である

脈波の測定原理について



加速度脈波について

PPGは得られたデータをグラフ化しただけでは、不明瞭・不安定で単調な波形であるため、これを二回微分した「加速度脈波 (APG: acceleration plethysmogram)」を用いて解析する



容積脈波

微分

加速度脈波

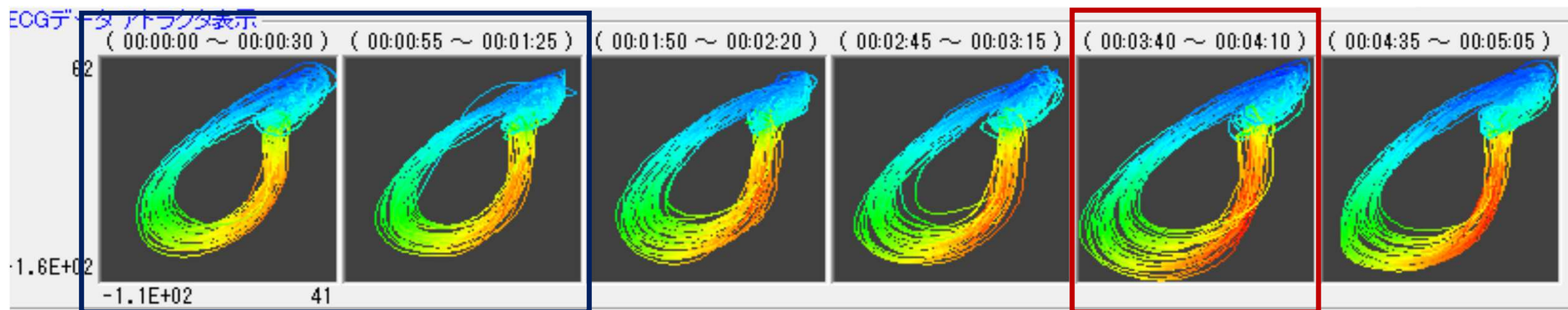
微分

速度脈波

波形の起伏にとぼしく、変曲点を評価することが困難であるといった問題点がある。

リアプノフ指数

脈波の波形は時間が経過するにつれある決まったアトラクタと呼ばれる幾何学構造となる
アトラクタの軌道の複雑さを表す指標をリアプノフ指数と呼ぶ
生体状態が安定時には脈波が安定しているため小さい値を示す



生体状態が安定時

生体状態が不安定時

本研究ではリアプノフ指数もドライバーの負担の指標として考える

測定結果

測定結果

測定結果

測定結果

測定結果

考察

- 被験者の追加
- 走行試験後のデータの解析
- 評価方法の検討
- 負担がより大きい地点の構造的特性の分析
- 被験者Cの結果よりOD式安全テストを行い特性別に分ける

参考文献

財団法人国際交通安全学会:人間の環境情報処理から見た交通事故多発地点の原因解析,平成11年3月

西脇正倫・岩倉成志・安藤章:長距離トリップに伴う運転ストレスの測定,土木計画学研究・論文集, No.18, No.3, pp.439-444, 2001年9月

屋井鉄雄 内田智也 大橋正樹: . 高速道路走行における心理的負担の計測と安全性評価に関する研究,平成12年度都市計画論文集, pp541-546

原田隆郎,横山功一:生体脈波を用いた道路の乗り心地評価に関する基礎的研究,土木学会論文集, F4, Vol68, No.1, 40-51, 2012

警察庁平成25年度交通事故統計

ご清聴ありがとうございました

自律神経機能とストレス

自律神経

交感神経

- 活動している時
- 緊張している時
- ストレスを感じている時にはたらく

活動・緊張・ストレスの神経

逆の働き

副交感神経

- 休息している時
- リラックスしている時
- 眠っている時にはたらく

修復・休息・リラックスの神経

両者のバランスによって健康が成り立ち、ストレスがかかると交感神経が過剰に働きバランスが崩れる

被験者のデータ整理

各種設定

データ保存設定

データ保存先フォルダ

パラメータ設定

バンドパスフィルタ

PPG データ

ON OFF

上限周波数 Hz

下限周波数 Hz

加速度データ

ON OFF

上限周波数 Hz

下限周波数 Hz

PPGデータ 心拍変動計算 (LF, HF)

RR検出モード

ECGmonitor 検出結果使用

PPG波形より検出

ピーク ボトム

検出幅 点

スライド計算条件

1区間データ幅 秒

スライド幅 秒

外れ値処理を行う

カオス計算(リアプノフ指数・エントロピー・アトラクタ)

計算対象データ

PPG データ

加速度データ

スライド計算条件

1区間データ幅 秒

スライド幅 秒

リアプノフ指数

発展時間 点

超球サイズ

近傍点数 点

アトラクタ表示

1画面表示数 秒

視線角度 X軸

Y軸

バンドパスフィルタ

必要な範囲の周波数のみを通し,他の周波数は通さない

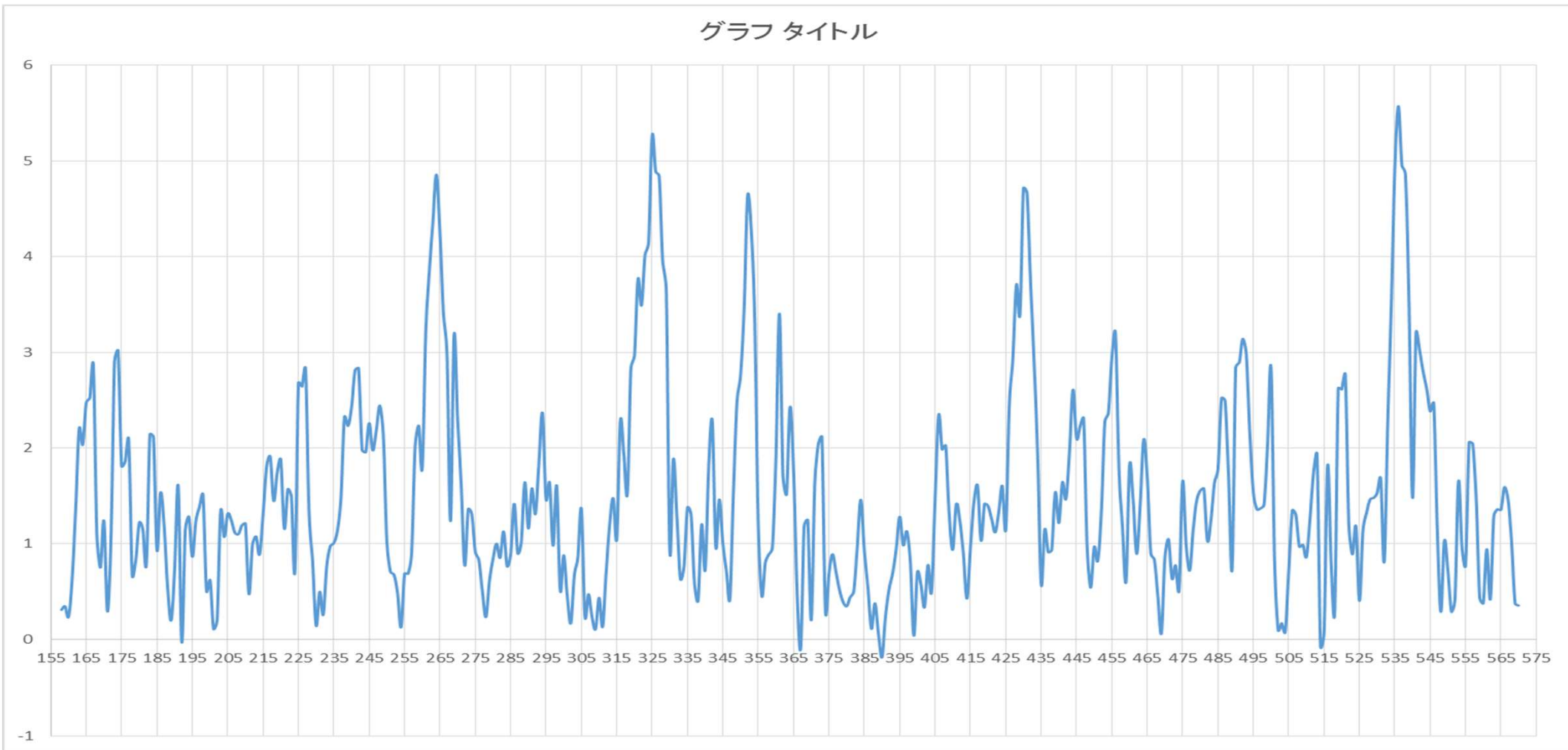
微分方法

被験者のデータ整理

被験者のデータ整理

被験者のデータ整理

グラフ タイトル



被験者のデータ整理

失敗例

時間	TP	HF	LF	VLF	LF/HF	Log(TP)	log(HF)	log(LF)	log(VLF)	Log(LF/HF)	LFnorm	HFnorm		
332	65.1847	5.7275	33.4163	24.7275	5.8344	4.1772	1.7453	3.509	3.2079	2.0106	85.3681	14.6319	19.8132	78.0089
333	67.1497	1.3478	36.4263	29.1853	27.0272	4.2069	0.2984	3.5953	3.3737	12.0466	96.432	3.568	11.6738	78.2899
334	59.7267	0.841	33.4404	25.1024	39.7614	4.0898	-0.1731	3.5098	3.223	-20.2722	97.5467	2.4533	9.3257	78.2962
335	42.906	0.1356	27.1849	15.3742	200.4901	3.759	-1.9981	3.3027	2.7327	-1.6529	99.5037	0.4963	4.3425	78.1136
336	51.0517	20.2373	5.5026	1.8322	0.2719	3.9328	3.0075	1.7052	0.6055	0.567	21.3777	78.6223	6	179.8101
337	34.9312	0.0798	27.6923	7.1038	346.8355	3.5534	-2.5277	3.3212	1.9606	-1.3139	99.7125	0.2875	4.7738	81.9903
338	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	37	200.4269
339	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	37	200.4269
340	206.12	43.2546	153.1678	9.4686	3.5411	5.3285	3.7671	5.0315	2.248	1.3357	77.9788	22.0212	8.5795	84.0752
341	137.5063	64.7732	66.3622	4.8223	1.0245	4.9237	4.1709	4.1951	1.5733	1.0058	50.6059	49.3941	22.8577	82.8444
342	128.1134	57.8064	62.9427	6.7325	1.0889	4.8529	4.0571	4.1422	1.9069	1.021	52.1268	47.8732	10.3579	83.1958
343	128.1134	57.8064	62.9427	6.7325	1.0889	4.8529	4.0571	4.1422	1.9069	1.021	52.1268	47.8732	10.3579	83.1958
344	40.5273	1.6576	2.8833	35.5179	1.7395	3.702	0.5054	1.0589	3.57	2.0954	63.4965	36.5035	9.592	80.1454
345	26.112	0.7203	1.3367	23.5754	1.8556	3.2624	-0.328	0.2902	3.1602	-0.8847	64.9812	35.0188	10.2951	80.4077
29	791.6056	371.9043	358.3796	30.0201	0.9636	6.6741	5.9186	5.8816	3.4019	0.9937	49.074	50.926	40.2544	80.7079
30	828.5968	400.4645	362.6212	26.0393	0.9055	6.7197	5.9926	5.8934	3.2596	0.9834	47.5204	52.4796	39.3681	80.7834

被験者のデータ整理

失敗例

時間	TP	HF	LF	VLF	LF/HF	Log(TP)	log(HF)	log(LF)	log(VLF)	Log(LF/HF)	LFnorm	HFnorm		
332	65.1847	5.7275	33.4163	24.7275	5.8344	4.1772	1.7453	3.509	3.2079	2.0106	85.3681	14.6319	19.8132	78.0089
333	67.1497	1.3478	36.4263	29.1853	27.0272	4.2069	0.2984	3.5953	3.3737	12.0466	96.432	3.568	11.6738	78.2899
334	59.7267	0.841	33.4404	25.1024	39.7614	4.0898	-0.1731	3.5098	3.223	-20.2722	97.5467	2.4533	9.3257	78.2962
335	42.906	0.1356	27.1849	15.3742	200.4901	3.759	-1.9981	3.3027	2.7327	-1.6529	99.5037	0.4963	4.3425	78.1136
336	51.0517	20.2373	5.5026	1.8322	0.2719	3.9328	3.0075	1.7052	0.6055	0.567	21.3777	78.6223	6	179.8101
337	34.9312	0.0798	27.6923	7.1038	346.8355	3.5534	-2.5277	3.3212	1.9606	-1.3139	99.7125	0.2875	4.7738	81.9903
338	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	37	200.4269
339	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	37	200.4269
340	206.12	43.2546	153.1678	9.4686	3.5411	5.3285	3.7671	5.0315	2.248	1.3357	77.9788	22.0212	8.5795	84.0752
341	137.5063	64.7732	66.3622	4.8223	1.0245	4.9237	4.1709	4.1951	1.5733	1.0058	50.6059	49.3941	22.8577	82.8444
342	128.1134	57.8064	62.9427	6.7325	1.0889	4.8529	4.0571	4.1422	1.9069	1.021	52.1268	47.8732	10.3579	83.1958
343	128.1134	57.8064	62.9427	6.7325	1.0889	4.8529	4.0571	4.1422	1.9069	1.021	52.1268	47.8732	10.3579	83.1958
344	40.5273	1.6576	2.8833	35.5179	1.7395	3.702	0.5054	1.0589	3.57	2.0954	63.4965	36.5035	9.592	80.1454
345	26.112	0.7203	1.3367	23.5754	1.8556	3.2624	-0.328	0.2902	3.1602	-0.8847	64.9812	35.0188	10.2951	80.4077
29	791.6056	371.9043	358.3796	30.0201	0.9636	6.6741	5.9186	5.8816	3.4019	0.9937	49.074	50.926	40.2544	80.7079
30	828.5968	400.4645	362.6212	26.0393	0.9055	6.7197	5.9926	5.8934	3.2596	0.9834	47.5204	52.4796	39.3681	80.7834

被験者のデータ整理

失敗例

時間	TP	HF	LF	VLF	LF/HF	Log(TP)	log(HF)	log(LF)	log(VLF)	Log(LF/HF)	LFnorm	HFnorm		
332	65.1847	5.7275	33.4163	24.7275	5.8344	4.1772	1.7453	3.509	3.2079	2.0106	85.3681	14.6319	19.8132	78.0089
333	67.1497	1.3478	36.4263	29.1853	27.0272	4.2069	0.2984	3.5953	3.3737	12.0466	96.432	3.568	11.6738	78.2899
334	59.7267	0.841	33.4404	25.1024	39.7614	4.0898	-0.1731	3.5098	3.223	-20.2722	97.5467	2.4533	9.3257	78.2962
335	42.906	0.1356	27.1849	15.3742	200.4901	3.759	-1.9981	3.3027	2.7327	-1.6529	99.5037	0.4963	4.3425	78.1136
336	51.0517	20.2373	5.5026	1.8322	0.2719	3.9328	3.0075	1.7052	0.6055	0.567	21.3777	78.6223	6	179.8101
337	34.9312	0.0798	27.6923	7.1038	346.8355	3.5534	-2.5277	3.3212	1.9606	-1.3139	99.7125	0.2875	4.7738	81.9903
338	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	37	200.4269
339	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	37	200.4269
340	206.12	43.2546	153.1678	9.4686	3.5411	5.3285	3.7671	5.0315	2.248	1.3357	77.9788	22.0212	8.5795	84.0752
341	137.5063	64.7732	66.3622	4.8223	1.0245	4.9237	4.1709	4.1951	1.5733	1.0058	50.6059	49.3941	22.8577	82.8444
342	128.1134	57.8064	62.9427	6.7325	1.0889	4.8529	4.0571	4.1422	1.9069	1.021	52.1268	47.8732	10.3579	83.1958
343	128.1134	57.8064	62.9427	6.7325	1.0889	4.8529	4.0571	4.1422	1.9069	1.021	52.1268	47.8732	10.3579	83.1958
344	40.5273	1.6576	2.8833	35.5179	1.7395	3.702	0.5054	1.0589	3.57	2.0954	63.4965	36.5035	9.592	80.1454
345	26.112	0.7203	1.3367	23.5754	1.8556	3.2624	-0.328	0.2902	3.1602	-0.8847	64.9812	35.0188	10.2951	80.4077
29	791.6056	371.9043	358.3796	30.0201	0.9636	6.6741	5.9186	5.8816	3.4019	0.9937	49.074	50.926	40.2544	80.7079
30	828.5968	400.4645	362.6212	26.0393	0.9055	6.7197	5.9926	5.8934	3.2596	0.9834	47.5204	52.4796	39.3681	80.7834

走行実験の実施(被験者4名)
被験者のデータ整理
合同中間の概要書

今月の成果

走行実験の実施(被験者4名)
被験者のデータ整理
合同中間の概要書

今月の成果

走行実験の実施(被験者4名)
被験者のデータ整理
合同中間の概要書

今月の成果

走行実験の実施(被験者4名)
被験者のデータ整理
合同中間の概要書

生理指標の評価指標

時間領域での解析は,対象データを時系列に配列するだけで,容易に信号の変化を観測できる。

反面,信号の性質を詳細に分析する成分分析には向いていない。

周波数解析

脈波について

血液の流入によって生じる容積変化を波形としてとらえたものを脈波といい、血管運動反応をとらえる。

脈波は、用意に測定が可能で自律神経機能と関係する

特徴

1. 脈波を計測することで疲労の評価が可能

脈波を二回微分した加速度脈波を解析すると
A,b,c,d,e波の成分からなる

さらに、低周波成分/高周波成分の比は
自律神経機能バランスの評価が可能

