

脈拍データを使い 風を当てる安全運転支援システムの開発

堤野理貴¹ 伊藤淳子¹ 宗森純¹

概要：近年、安全運転支援システムの発展が著しい。しかし既存の安全運転支援システムの中には、運転者の状態に応じて冷静にさせるシステムは少ない。本システムは、運転者の脈拍数を計測することで運転者の興奮状態などを検知し、風を当てることで冷静さをたもつことのできる安全運転支援システムをめざす。

キーワード：煽り運転、安全運転支援システム、脈拍数、風

1. はじめに

近年、安全運転支援システムの発展が著しい。主に自動車側の制御として、衝突を回避するような自動ブレーキ機能などが開発されている。一方、運転者側の安全運転に関する研究では、自動車運転時に加減速や車線変更時に心拍数が上昇するという研究がある[1]。そこで心拍数に着目し、運転中に上昇する心拍数を抑えることができれば、安全運転支援システムとして使用することが可能ではないかと考えた。

心拍数の変動に関する実験の一つに室温変化による心拍と温熱感との関連に関する研究がある[2]。これは自動車内の室温での実験である。室温を上昇させた後は心拍数が上昇し、室温が低下した後は心拍数が低下する。つまり室温を下げ、体を冷やすと心拍数が低下することがわかる。

開発したシステムを用い、脈拍数が上昇した場合に風を当てた場合、ランダムに風を当てた場合、および風を当てない場合の3種類の実験を行う。これを実験1とする。風を当てる前後の脈拍数の比較とアンケート結果を比較し、脈拍数の上昇に対する風を当てることの効果を検証する。

廣田らの虚偽返答時の心拍数および心拍変動[3]では、興奮後にすぐ心拍数が上がらずに10~15秒ずれることが報告されている。今までの電動ファンを使用した実験1では、ストレスを感じた後に風を当てている可能性がある事が分かった。

そこで、ネットで結合された2台の自動車シミュレーターを用いて、煽り運転でイライラする状態を引き起こす実験を行い(これを実験2とする)、脈拍数の変化とイライラした瞬間からのズレを分析する。

2. 提案システム

本システムは、脈拍センサーを用いて、運転中のドライバーの状況を確認するものである。自動車の運転を疑似体験できるように、ドライブシミュレータのアプリとして実験1ではプレイステーション3(ソニー)²のグランツーリスモ

6(ポリフォニー・デジタル)³、実験2ではプレイステーション4(ソニー)²のThe Crew2(ユービーアイソフト)⁴を使用し、両実験でハンドルコントローラーのG29(logicool)を使用する。脈拍センサーは耳に挟む形状のものである(図1)。脈拍センサーのデータの受信、電動ファンの作動範囲の制御をWindows PCで行うことを可能にするためArduinoを使用した電子回路を開発した(図2)。LG G Watch R(LG)は心拍数が比較的正確に取得できるスマートウォッチである[4]。本システムで取得した脈拍数とLG G Watch Rで取得した脈拍数は比較的近似しており、本システムで取得したデータの信頼性も高い。

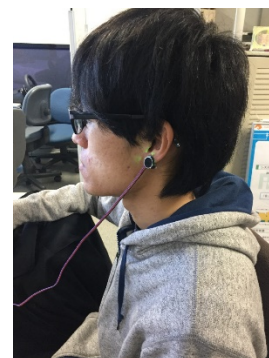


図1 耳に装着した心拍センサー

Figure 1 Heart rate sensor worn on the ear.

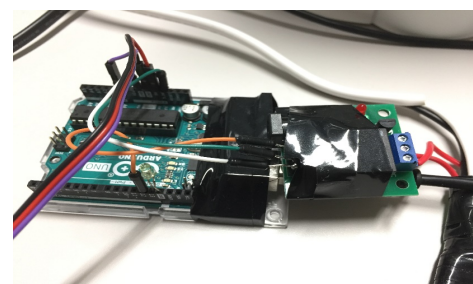


図2 Arduinoを使用した回路

Figure 2 Circuit using Arduino.

¹ 和歌山大学
Wakayama University

² プレイステーション3, 4はソニーの登録商標である。

³ グランツーリスモ6はポリフォニー・デジタルの登録商標である。

⁴ The Crew2はユービーアイソフトの登録商標である。

3. 実験 1

運転時の脈拍の変動を検知し風を送ることで、脈拍数が高い状態から低い状態にできるかを調べるため、脈拍数がある値以上の場合に身体に風を当てる場合と、風をランダム(手動)に当てる場合、および風を当てない場合の3種類の実験を行い、それぞれの結果を比較する。ランダムに当てるといのは、被験者には見えない場所にあるスイッチを用い、手動で電動ファンを作動させる。その場合の作動回数は、各被験者のシステム有りの実験でシステムが作動した回数に合わせる。

3.1 実験環境

本システムの開発時に、電動ファンの適正作動範囲を調べるため、上限と下限について、安静心拍数の中央値を元に3つのデータ「安静時+5拍/分～安静時+30拍/分」、「安静時+10拍/分～安静時+30拍/分」、「安静時+15拍/分～安静時+30拍/分」をそれぞれ作製し、本実験と同じ流れで実験を行った。

たとえば安静時 70 拍/分の人では、「安静時+10 拍/分～安静時+30 拍/分」では 80 拍/分から 100 拍/分の間で電動ファンが作動する。この実験の被験者は3人である。実験結果は表1のようになる。

表 1 電動ファン範囲別平均作動回数

Table 1 Average number of operations by electric fan range.

電動ファン作動範囲	平均作動回数
安静時+5拍/分～安静時+30拍/分	2.6
安静時+10拍/分～安静時+30拍/分	8.3
安静時+15拍/分～安静時+30拍/分	2.3

表1より、最も作動回数が多かった「安静時+10拍/分～安静時+30拍/分」の範囲を実験1と実験2にて使用する。

3.2 実験概要

実験1の被験者は、和歌山大学の学生9名(男性8名、女性1名)である。被験者全員が普通免許所有者である。実験では、それぞれ脈拍センサーを耳に装着したまま実験を実施した。実際にゲーム(グランツーリスモ6)をプレイする前に、5分間の安静時間を取りその後脈拍数を計測する。30秒間隔で5回計測し、脈拍数の中央値を取る[5]。そこで得られた中央値に10拍/分の数値を加算し、電動ファンが作動する下限とする。電動ファンの作動上限は、下限に20拍/分の数値を加算したものとする。ゲームはそれぞれの実験で、始めに3週の練習を行い操作に慣れ、その後本システムを用いる場合とランダムに風を当てる場合、および本システムを用いない場合で2周ずつ走行して実験終了とした。

各実験の直後にアンケートを実施した。図3は実験1の様子である。

様子である。



図3 実験1の様子

Figure 3 State of the experiment 1.

3.3 実験結果と考察

実験中の被験者の脈拍数の変化を解析した。同じ被験者でシステム有りと風なしの場合を比較したとき、システム有りの場合にファンが回った時の前後30秒とコース上の同じ場面にて、風なしの場合の脈拍の変化を表示する(図4)。図4の二つの実験(システム有無)の脈拍の変化を、対応のあるt検定で分析したところ、風なしの場合に比べシステム有りでは $p < 0.01$ の有意差が見られた。

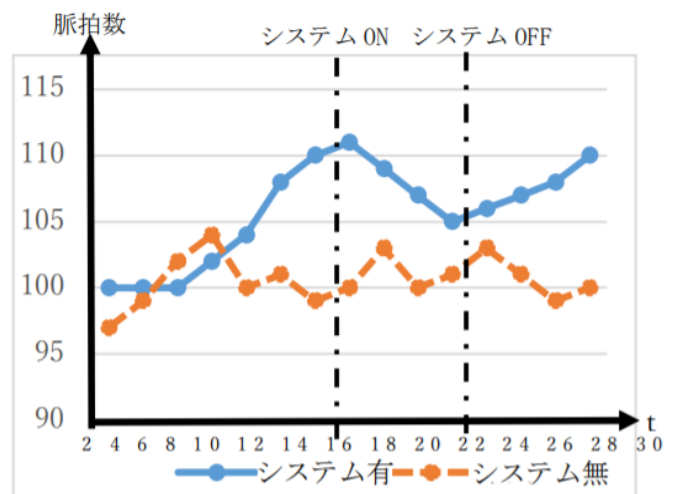


図4 脈拍数の比較

Figure 4 Comparison of pulse.

次に、システム有りとランダムにスイッチを入れた場合のファンのON・OFF前後の脈拍の全体の結果を表2に示す。いずれもファンの回転前30秒と回転後30秒とを比較したものである。本システムを使うとt検定で5% ($p < 0.05$)で有意差があった。また、表2に書いていないが、本システム有りと無しではt検定で1% ($p < 0.01$)で有意差があった。また、ランダムにファンを回した際はON・OFFで脈拍に有意差が無いことが分かった。

実験のアンケート結果を表3～表6に示す。クラスカルウォリス検定を用い、有意差があるかを調べた。「(風を当てられて)興奮を抑えることができた」、「(風を当てられて)冷静になった」、の2つの質問については $p < 0.01$ で有意差が見られた(表3)。

表4と表5より「(風を当てられて)気分が良くなった」の質問では、システム有りとなしでは $p < 0.01$ の有意差が見られたが、ランダムとなしでは $p < 0.05$ の有意差が見られた。つまり、システム有りの方がランダムに比べ気分が良くなりやすいことがわかる。

表3より、 $p < 0.01$ が見られたのは、「(風を当てられて)興奮を抑えることができた」、「(風を当てられて)冷静になった」の2つの質問についてである。これにより、本システムを用いた実験において、電動ファンにより風を当てる実験と電動ファンを使用しない実験の値には有意差があると認められる。ゆえに、本システムを使用して、心拍数が上昇したときに風を身体に当てた方がシミュレーター上での運転時に興奮を抑え、冷静になるといえる。

シミュレーターとして使用したグランツーリスモ6やハンドルコントローラーなどはおおむね使いやすいということが分かった。なお、耳に装着する心拍センサーは痛くない人と痛いと感じる人で差が出た。実験で使用した電動ファンの風力と動作するタイミングは適切であり、風によって運転に支障はほとんどなく、集中がそがれることも少なかった。

電動ファンを用い、風を当てる実験において、5段階評価のアンケートをノンパラメトリック検定であるスピアマンの順位相関係数を用いて相関を調べた。相関係数は0.0～0.2で「ほとんど相関がない」、0.2～0.4で「弱い相関がある」、0.4～0.7で「中程度の相関がある」、0.7～1.0で「強い相関がある」とする。

「風を当てられ気分がよくなった」と「本システムを使ってもう一度プレイしたいですか」のアンケート項目の回答の間には0.787の正の強い相関があった。心拍数が上昇しているときに風にあたり気分がよくなるほど、複数回プレイすることへのストレスが軽減されていると推測される。

表2 脈拍の変化(拍/分)

Table 2 Change in pulse (beat / minute).

被験者	システム有		ランダム	
	回転前	回転後	回転前	回転後
A	92	85	90	85
	102	85	108	86
	99	84	86	84
	110	89	69	82
	96	87	89	90
	95	84	82	78
B	98	83	83	84
	105	97	92	97
	100	95	103	101
	102	96	105	108
	103	97	103	101
	101	93	98	100
C	105	98	103	107
	94	78	109	110
	88	83	77	86
	95	80	83	82
	96	83	86	83
	89	77	112	118
D	90	86	90	86
	91	76	80	82
	85	73	86	84
	88	71	90	90
	91	82	83	82
	83	73	88	88

E	103	84	83	84
	99	88	89	88
	100	91	100	101
	103	92	93	91
	104	91	94	91
F	90	83	80	83
	96	87	86	87
	90	88	80	81
	91	87	81	87
	95	86	85	86
G	92	88	91	89
	91	85	89	88
	90	79	83	82
	95	84	88	85
	92	81	81	81
	90	86	80	82
H	96	87	80	82
	92	84	88	84
	106	88	89	88
	98	89	85	82
I	95	86	90	89
	92	83	91	89
	90	84	89	90
	91	79	88	86
	89	80	90	91
	88	81	88	84

表 3 アンケート結果 1

Table 3 Questionnaire result 1.

質問項目	システム有	ランダム	風なし	検定
(風を当てられて)興奮を抑えることができた	3.6	3.6	2.5	**
(風を当てられて)冷静になった	3.6	3.5	2.4	**

表 4 アンケート結果 2

Table 4 Questionnaire result 2.

質問項目	システム有	風なし	検定
(風を当てられて)気分がよくなった	3.9	2.8	**

1:非常に同意しない, 2:同意しない, 3:どちらでもない,
 4:同意する, 5:非常に同意する
 検定 (有意確率 p) **: p < 0.01, *: p < 0.05

表 5 アンケート結果 3

Table 5 Questionnaire result 3.

質問項目	ランダム	風なし	検定
(風を当てられて)気分がよくなった	3.1	2.8	*

1:非常に同意しない, 2:同意しない, 3:どちらでもない,
 4:同意する, 5:非常に同意する
 検定 (有意確率 p) **: p < 0.01, *: p < 0.05

表 6 より, 本システムならびに本システムで使用した脈拍センサーは運転に支障をきたすことは少なかったと考えられる。

表 6 アンケート結果 4

Table 6 Questionnaire result 4.

質問項目	平均値	中央値	最頻値
耳に装着する脈拍センサーは痛かった	2.6	2	2
風を当てられて集中が削がれた	2.5	2	2

1:非常に同意しない, 2:同意しない, 3:どちらでもない,
 4:同意する, 5:非常に同意する

3.4 実験 1 まとめ

本研究では, 脈拍データを使い風を当てる安全運転支援システムの開発を行った。本システムを利用し風を当てた場合と, ランダムに風を当てた場合, および本システムを利用せず全く当てなかった場合で比較実験を実施した結果, 以下のことが分かった。

(1)風を当てる場合と, 風を当てない場合を比較して, 興

奮を抑えることができたと感じ(p<0.01), 冷静になり(p<0.01), 気分が良くなる(p<0.05)と感じた。

(2)風が当たることともう一度ゲームをプレイしたいと感じることには, 強い相関(0.781)があった。

(3)同じ画面で本システムを使用した場合と使用しなかった場合とを比較すると, 使用した場合, 脈拍数の減少に有意差があった(p<0.01)。

(4)ゲーム全体で本システムを使用した場合とランダムに風を当てた場合とを比較すると, 本システムを使用した場合, 脈拍数の減少に有意差があった(p<0.05)。本システムを使用した場合と使用しなかった場合を比較すると, 使用した場合, 脈拍数の減少に有意差があった(p<0.01)。

(5)アンケート結果より風を当てると興奮を抑え, 冷静になると感じられたが, 特に脈拍数に基づいて風を当てると気分がよくなると感じられた。

これらより, 脈拍数が高いときに風を当てると脈拍数が下がり, その結果, 興奮が抑えられ, 冷静になり気分が良くなったと感じると推測できる。

4. 実験 2

実験 2 の手順としては, オンラインで合流し, 目標地点を設定する。これは WAYPOINT として自動的に相手と共有することができ, ルートも同じものが共有される。目標地点までの目標時間を設定し, そのルート上に予め煽られる側の 1 台を配置する。その車両が後ろから来る車両(被験者)を常識の範囲内で妨害する。被験者にはイライラした場合に, ハンドルに装着したスイッチを押す(図 5)。これにより, 被験者がイライラした時の脈拍数を記録し実際に電動ファンが作動する範囲(安静時+10 拍/分~安静時+30 拍/分)とのズレを確認する。表 1 より, 最もシステムの作動回数が多かった「安静時+10 拍/分~安静時+30 拍/分」の範囲を使用する。



図 5 ハンドルに装着したスイッチ
 Figure 5 Switch attached to the handle.

4.1 実験概要

本実験の被験者は、和歌山大学の学生 12 名(男性 10 名, 女性 2 名)である。被験者全員が普通免許所有者である。実験ではそれぞれ脈拍センサーを耳に装着したまま実験を実施した。実際にゲーム(The Crew2)をプレイする前に、5 分間の安静時間を取りその後脈拍数を計測する。30 秒間隔で 5 回計測し、脈拍数の中央値を取る。実験の直後にアンケートを実施した。図 6 と図 7 は実験 2 の様子である。2 人はオンラインでマッチングすることによって離れた場所に居ても同時に実験を行うことができる。図 8 は実験 2 のイメージ図である。

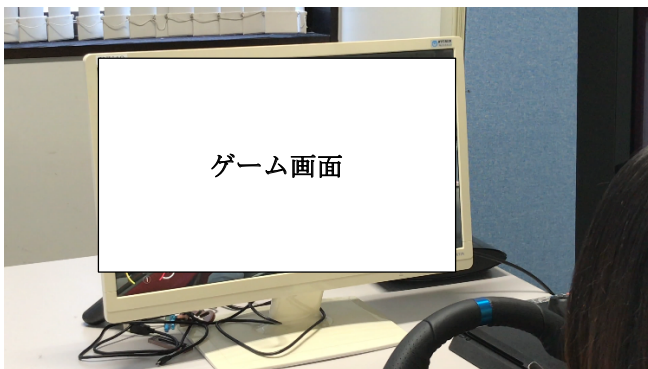


図 6 実験 2 の様子(煽られる側)

Figure 6 State of the experiment 2(The side to be tailgated).

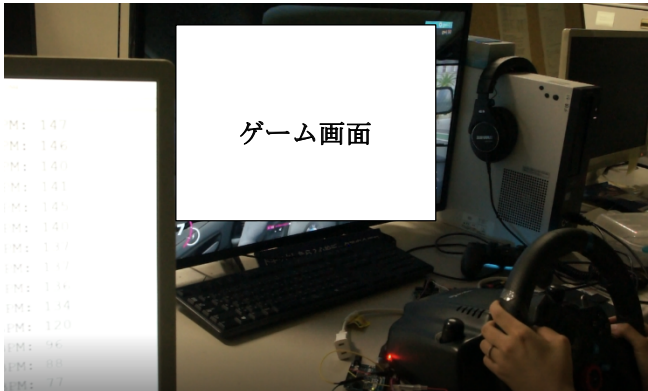


図 7 実験 2 の様子(煽る側)

Figure 7 State of the experiment 2(tailgating side).

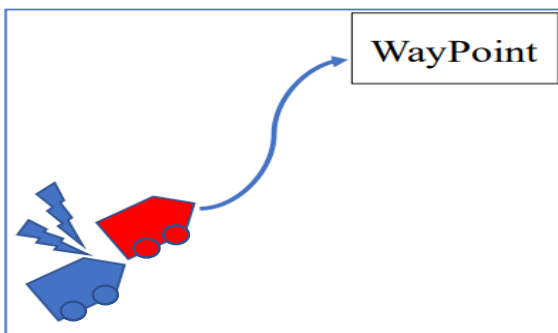


図 8 実験 2 のイメージ図

Figure 8 Image of Experiment 2.

4.2 実験結果と考察

全被験者がイライラを感じてボタンを押した回数と脈拍数が安静時+10 拍/分~安静時+30 拍/分に上昇するまでの各被験者の平均時間(秒)を表 7 に、被験者 A の結果の一部を図 9 に示す。

表 7 被験者全体の結果

Table 7 Results for the entire subject.

被験者	ボタン使用回数	ボタン使用後上昇まで(秒)
A	19	9.3
B	20	11.4
C	23	10.7
D	22	11.8
E	17	12.2
F	16	12.0
G	24	10.1
H	18	14.2
I	24	9.8
J	26	8.7
K	24	7.1
L	25	7.3
平均	21.5	10.4

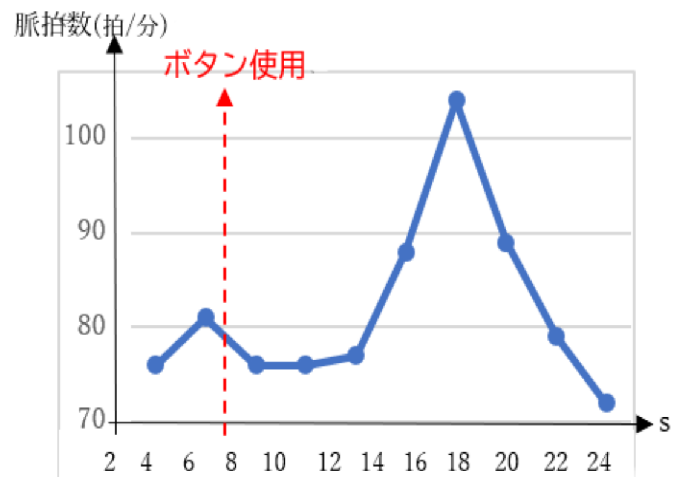


図 9 被験者 A の結果の一部

Figure 9 Part of the result of subject A.

図 9 のように、イライラボタンを使用した時から脈拍数が上昇するまでズレが確認された。被験者全体ではボタンを押してから実際に脈拍数が上昇する(安静時+10 拍/分~安静時+30 拍/分になる)まで平均で 10.4 秒もの時間がかかることが分かった。イライラボタンの使用回数は平均 21.5 回、システム稼働範囲になった時間は平均 214 秒と十分あり、今回の実験では前回よりデータを長期にわたって取得できた。アンケート結果を表 8 に示す。

表 8 アンケート結果

Table 8 Questionnaire result.

質問	平均値	中央値	最頻値
実験中イライラしたか	4.8	5	5
イライラした際に脈拍数が上昇したと感じたか	4.9	5	5
実験の時間は適正だったか	3.8	4	4
ボタンは忘れず使用できたか	5.0	5	5
イライラした際に約何秒後に脈拍数が上がったと思うか(秒)(0秒・5秒・10秒・15秒・20秒)	8.3(秒)	10(秒)	10(秒)

4.2 実験 2 まとめ

イライラ状態での脈拍数の変化とずれを確認した。イライラした時から脈拍数上昇まで平均 10.4 秒のズレが確認された。アンケート結果もほぼ同じである。シミュレーターで使用するアプリを変更し前回より長時間実験を行うことができた。

4. 今後の予定

今後はこれらの実験結果を考慮に入れ、実験 2 のイライラを引き起こす実験に関して、何も妨害しない実験、妨害のみを行う実験、妨害が起こり脈拍数が上がった時に風を当てる実験を行い、風の効果を検証する。まだ 2 名しか実験を行っていないが、その 2 名のアンケート結果を表 9, 表 10, 表 11 にそれぞれ示す。この結果をもとにアンケート項目を実験 1 のものと合わせ、さらに被験者を増やして実験を進める予定である。

表 9 アンケート結果(妨害なし)

Table 9 Questionnaire result(No interference).

質問	平均値	中央値	最頻値
実験中に脈拍数は上昇したと感じたか	1.0	1	1
実験中にイライラしたか	1.0	1	1
実験の時間は適正だったか	3.5	3,4	3,4

表 10 アンケート結果(妨害のみ)

Table 10 Questionnaire result(Interference only).

質問	平均値	中央値	最頻値
実験中に脈拍数は上昇したと感じたか	4.0	4	4
実験中にイライラしたか	3.5	3,4	3,4
妨害の回数は多かったか	4.0	4	4
実験の時間は適正だったか	3.0	3	3

表 11 アンケート結果(妨害+風)

Table 11 Questionnaire result(Interference + wind).

質問	平均値	中央値	最頻値
実験中に脈拍数は上昇したと感じたか	3.0	3	3
実験中にイライラしたか	3.5	3,4	3,4
風を当てられて冷静になったか	3.5	3,4	3,4
妨害の回数は多かったか	3.0	3	3
実験の時間は適正だったか	3.0	3	3

参考文献

- [1] 今村裕也, 坂本省吾: 心拍変動における時動車運転時の心理的負担の定量的評価, 土木計画学研究, pp.44-47 (2011).
- [2] 横山暁, 伊東敏夫: 室温変化による心拍と温熱感との関連に関する研究, CK テクニカルレビュー編集委員会, pp.48-52 (2016).
- [3] 廣田昭久, 横田賀英子, 和田純一郎, 渡辺昭一, 高澤則美: 虚偽返答時の心拍数および心拍変動, 日本鑑識科学技術学会誌, pp.33-53, (2000).
- [4] Phan.D, Siong.L.Y, Pathirana, P.N., and Seneviratno, A: Smartwatch : Performance evaluation for long-term heart rate monitoring, IEEE 2015 International Symposium on Bioelectronics and Bioinformatics (ISBB), pp.144-147 (2015).
- [5] 三宅晋司: 商品開発・評価のための生理計測とデータ解析ノウハウ—生理指標の特徴、測り方、実験計画、データの解釈・評価方法, 日本人間工学会 PIE 研究部会, (2017).