

体表脈波を用いた集中力判定に関する研究

○石引純平*, 高田一**, 松浦慶総**

(*横浜国立大学大学院工学府, **横浜国立大学大学院工学研究院)

A study on the determination of concentration by the aortic pulse wave

Junpei Ishibiki*, Hajime Takada**, Yoshifusa Matsuura**

(*Graduate School of Engineering, Yokohama National University

**Faculty of Engineering, Yokohama National University)

1. はじめに

ドライバが長時間運転することにより、疲労が生じ眠気や集中力の低下が引き起こされる。そのような体調の変化による事故を未然に防ぐために体調測定の研究はなされているが、ドライバへの負担が大きいことや、装置が大がかりであるという問題点が挙げられている。ドライバへの負担が少なく、簡便な装置として、背中から大動脈の様子を観測できる体表脈波(以後 APW と呼ぶ)が注目されている。APW は眠気や飲酒の検出として利用されてきているが、他にも多くの情報を持ち、さまざまな可能性が期待される。そこで本研究では集中力の低下に着目し、APW を用いて集中力の低下を検出する手法を確立することを目的とする。

2. 実験方法

本研究では、集中力を維持させるようなタスクを継続して行い、その間の APW と集中力を判定する指標を測定した。実験はタスク前後に安静状態を 5 分間、タスクの練習を 1 分間、タスクを 30 分間行い、被験者は 20~30 代の男性 10 名に依頼した。

2.1 実験装置・測定項目

実験装置の概略図を図 1 に示す。

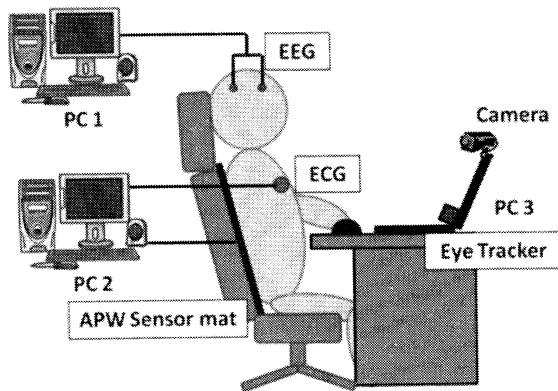


図 1 実験装置概略図

実験では生理指標として APW、脳波、心電図、視線を測定し、その他にタスク終了時に行った主観評価の

アンケート(NASA-TLX 等)、顔画像を記録した。脳波、心電図は交感神経、副交感神経との相関が確認されており、集中力を定量的に示す指標として用いる。予備実験から集中力が低下した際、視線の動きが単調となり、移動量が小さくなることが確認されたため、集中度の指標として用いる。

APW は背部とシートの上に設置したセンサマットから 200Hz で測定した。脳波は国際 10-20 法に従って 5 か所に電極を付け、インピーダンスが 10kΩ 以下の状態で測定した。心電図は 3 点誘導法に従い測定したのから R 波の間隔(R-R interval)を算出した。

2.2 実験用タスク

タスクには図 2 に示す数探索タスクを用いた。10×10 マスの中から目標となる数を探し、マウスでクリックする。正解すると目標となる数が新たに設定される。また、マスの位置を覚えてしまわないように 10 個見つけることにマスをランダムにリセットするようにした。練習では 1 分、本タスクでは 30 分の制限時間内でできる限り多くのタスクをこなすことを被験者に指示した。

53	48	82	91	93	98	71	18	83	64
43	62	59	97	92	15	57	1	74	51
38	72	17	10	29	87	25	45	22	32
44	40	37	6	85	20	3	61	70	99
49	9	39	27	69	95	78	79	56	50
88	2	34	65	55	12	36	96	94	21
60	80	41	14	66	73	76	81	63	47
8	77	75	4	11	52	100	42	5	13
89	19	35	84	67	31	54	26	16	33
28	7	58	24	90	30	86	68	23	46

74 time: 7

図 2 数探索タスク

3. 実験結果

3.1 タスク達成度

PC 上で目標となる数をクリックした瞬間の時刻を記録し、タスク達成の頻度をタスク達成度とする。タスク達成から次のタスク達成までの時間をタスク達成間隔とする。個人差をなくすため、1 分間のタスクの練習時のタスク

達成時間の平均を集中しているときの基準 T_0 [s] とする. 30 分のタスクの中で達成間隔が $2T_0$ [s] 以上のときを集中できていないとき, $1.5T_0$ [s] 以内にタスクを 3 回達成できたら集中できているときとした. 達成間隔が $2T_0$ [s] 以上の時を図 3, 図 4 に示した.

3.2 脳波

サンプリング周波数 500Hz で計測した脳波について 4096 点で高速フーリエ変換を施し, θ 波(4~8Hz), α 波(8~14Hz), β 波(14~34Hz)の帯域に分割し, それぞれの帯域の面積を算出した. 高速フーリエ変換は 1 秒ずつ移動させながら行うことでパワースペクトル密度の時系列データを取得し, 安静状態の平均で無次元化した. その結果の例を図 3 に示す. β 波が突出している時刻において, 被験者は座り直しやあくびなど気持ちの切り替えやタスクに再び集中しなおすと考えられる動作が確認された. したがって, この時刻より数秒以上手前の時刻からは集中力が低下している状態であると考えられる. この時間帯を非集中状態と仮定する.

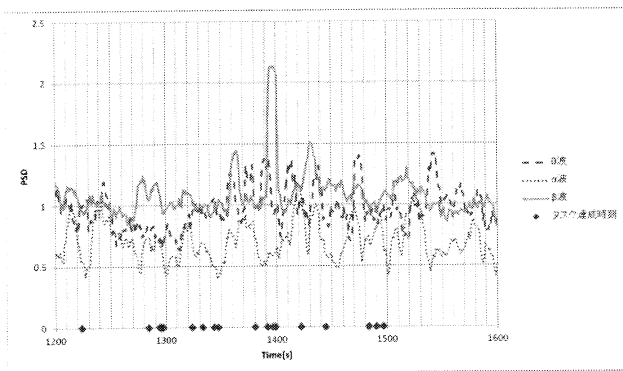


図 3 高速フーリエ変換後の脳波

3.3 APW

サンプリング周波数 200Hz で計測した APW について 2048 点で高速フーリエ変換を行い, 脳波同様 1 秒ずつずらして時系列データを算出した. タスク中の顔画像, 脳波, タスク達成度と比較し, 集中が切れていると思われる時刻付近で大きな変化を示すものを抽出した. その中でも最もタスク達成度の非集中状態に変化の大きい 2.34Hz を使用する. その一部を図 4 に示す.

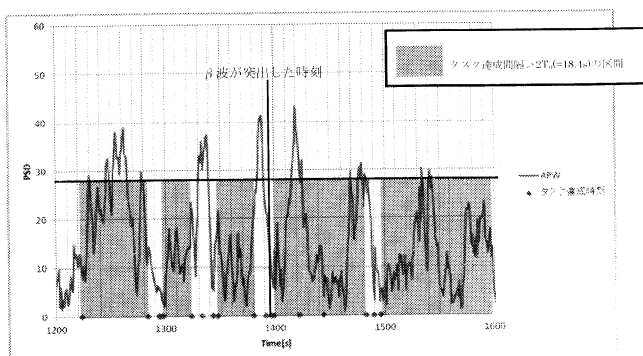


図 4 APW の 2.34Hz 成分

閾値を安静状態の APW の 2.34Hz 成分の平均とし, それを超えた時点を中心とした時間帯とする. 図 4 において, 脳波の β 波帯域成分が突出している時点の 5~20 秒前で閾値を超えている. この時点では集中力が低下しており, その後集中しなおしたため脳が活発となり β 波が優勢になったものだと考えられる. また, β 波が増加した直後に APW の 2.34Hz 成分が減少していることが確認できる. このことから, 集中しなおすことで APW の 2.34Hz 成分が減少したと言える.

4. 検証

被験者 1 名の 30 分間のタスクに関して, タスク達成度により集中状態と非集中状態の時間帯を抽出し, それぞれの時間帯で APW の 2.34Hz 成分が閾値を超えているかどうか検証した結果を表 1 に示す. 表 1 は 2×2 クロステーブルであり, これにフィッシャーの直接確率法を用いた. 両側検定を行い, 有意確率 $P=0.015$ であった.

表 1 タスク達成度と APW による集中度判定の比較

		APWによる判定	
		非集中状態	集中状態
タスク達成度 による判定	非集中状態	24	13
	集中状態	2	8

($P=0.015$)

表 1 より, 有意水準 5% 未満であり, 差があることが示された. したがって, APW の 2.34Hz 成分は集中力の低下を検出する指標として有効である可能性を見出すことができた.

4. 参考文献

- 1) 内川竜一他: 「APW(体表脈波)の超低周波成分を用いた運転中の自覚眠気検出に関する研究」第 45 回人間工学会中国四国支部大会 P.112, 2012
- 2) 延廣良香他: 「心部揺動波の超低周波変動を用いた状態推定法」第 43 回人間工学会中国四国支部大会 P.103, 2010
- 3) 前田慎一郎他: 「非拘束センサによるドライバの状態推定技術の開発」日本機械学会第 11 回「運動と振動の制御」シンポジウム講演論文集 P.403 No.09-30, 2009

[連絡先]

石引純平
 横浜国立大学大学院工学府
 〒240-0067 神奈川県横浜市保土ヶ谷区常盤台 79-1
 e-mail : ishibiki-junpei-bk@ynu.ac.jp