

高感度圧力センサの多点観測による自動車運転手の無拘束生体情報計測システム

町田 拓也† 鎌木 崇史† 栗原 陽介†

青山学院大学 理工学部 経営システム工学科†

1. はじめに

近年、自動車事故の発生件数は減少傾向にあるのに対し、ドライバーの健康状態に起因する事故は、増加傾向にある。自動車運送事業者の国土交通省への報告件数は、平成 15 年に 51 件であったが、平成 24 年には 143 件となっている。バス、タクシー、トラック事業者における健康起因事故は、重大事故に繋がりがやすく大きな問題である[1]。また、交通事故（死傷事故）全体の 9 割以上は、発見の遅れ、判断の誤り、操作の誤りといった運転者のヒューマンエラーが関連して発生している。これらを踏まえた上で、ドライバーの生体情報計測を利用することで事故を未然に防ぐことができると考える。このような背景のもと、ドライバーの生体情報計測による研究が行われている。カメラでドライバーの顔を撮像し、瞬き検出により覚醒度を推定する研究[2]。自動車のステアリングを利用して運転手の脈波を測定し体調急変化を予測する研究[3]。圧力センサを用いた運転手の生体情報を計測する研究[4]。着座センサにより計測した脈波から眠気を推定する研究[5]。などがある。これらはサングラスをしていると瞬きが検出できないということや、ステアリングを両手で握っている間しか測定できないといった制約がある。そこで本研究では無拘束でドライバーの生体情報を取得するシステムを提案する。

2. 提案システム

Fig. 1 に提案システム全体の流れを示す。本研究では低周波を観測するための圧力センサを用いる。具体的には Fig. 2 で示すように双指向性マイクロフォンを用いて密閉空間を作ることによって低周波領域の感度を上げる。

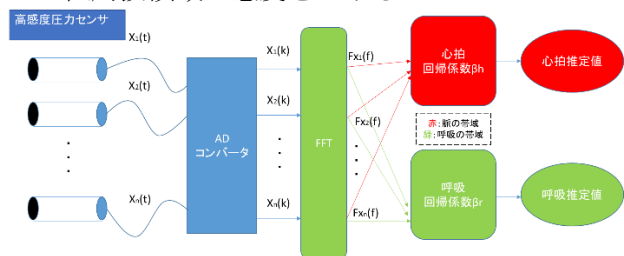


Fig. 1 提案システムの概要

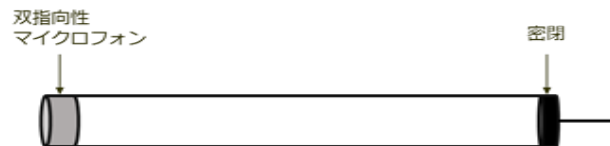


Fig. 2 センサの仕組み



Fig. 3 硬い板で挟んだセンサ

本研究では自動車のシート状に用いるために高感度圧力センサをベースとしたチューブ型の方法を使用する。また、Fig.3 で示すようにチューブ型高感度圧力センサの上下を硬い板で挟み込むことでチューブ内の振動の逃げ場を少なくして、より感度を高める作りになっている。

下にエアチューブ内の圧力のモデル式を示す。

t : 時間 [s]

A_r : 呼吸の振幅の係数 A_h : 脈拍の振幅の係数

f_r : 呼吸の周波数[Hz] f_h : 脈拍の周波数[Hz]

$N(t)$: 自動車走行に伴うノイズ

$M(t)$: 体動

とするとエアチューブ内の圧力 $p_n(t)$ は

$$p_n(t) = \sum_{i=1}^N A_r^{(i)} \sin(2\pi i f_r t) + \sum_{i=1}^N A_h^{(i)} \sin(2\pi i f_h t) + N(t) + M(t)$$

と表すことが出来る。呼吸および脈波は完全な sin 波ではないので、特性を表すために高調波を含めたものとする。

本研究では周波数上での高調波を含めた情報を用いて線形回帰を行うことで脈拍数と呼吸数の推定を行う。測定した $p_n(t)$ をフーリエ変換した振幅スペクトラムを $A_n(f)$ とする。

呼吸と脈拍の回帰係数をそれぞれ $\hat{\beta}_r$, $\hat{\beta}_h$ とすると、注目する周波数 f での振幅推定値 $\hat{A}_r(f)$, $\hat{A}_h(f)$ はそれぞれ

$$\hat{A}_r(f) = \sum_{j=1}^m \left\{ \sum_{i=1}^n \hat{\beta}_{rj_i}(f) F_j(f_i) \right\}$$

$$\hat{A}_h(f) = \sum_{j=1}^m \left\{ \sum_{i=1}^n \hat{\beta}_{hj_i}(f) F_j(f_i) \right\}$$

と表すことが出来る。ただし、 f のとりうる範囲を呼吸においては 0.2~0.8Hz, 脈においては 0.

8~1.5Hz にする．呼吸数と脈拍数の推定値はそれぞれ

$$\hat{F}_r(f) = \operatorname{argmax}_f \hat{A}_r(f) \times 60$$

$$\hat{F}_h(f) = \operatorname{argmax}_f \hat{A}_h(f) \times 60$$

で求まる．

3. 実験

本研究では高感度圧力センサ3本を運転シートの背面，1本を座面に一定の間隔をあけて設置して運転する．呼吸数，脈拍数のリファレンスとしてそれぞれ呼吸バンド（ミュキ技研 腹部センサ II Alice5DIN），パルスオキシメータ（東京デバイスズ IWS920）を使用する．計測デバイスは低周波アンプ（PRIMO MX4836 8ch）で増幅したのち，ADコンバータ（contec AI-1608AY-USB）でサンプリング間隔10msec，±10Vを16bitで量子化する．

被験者は20代男性で1540秒（約20km）を計測する．得られたデータのうち，前半の770秒を回帰係数 β_r ， β_h の推定に用い，後半の770秒を35区間に分割して評価を行う．評価方法として，提案手法とリファレンスとの絶対誤差を求める．

比較のため文献[4]で提案された時間領域での回帰手法についても同じデータで評価を行う．

4. 結果

下のFig.4に周波数上での，4つのうち1つのセンサ，推定スペクトル，正解データの波形，ピーク周波数を示す．

Fig.5に脈拍数，呼吸数の絶対誤差の推移を示す．それぞれ□，*でマークされている．

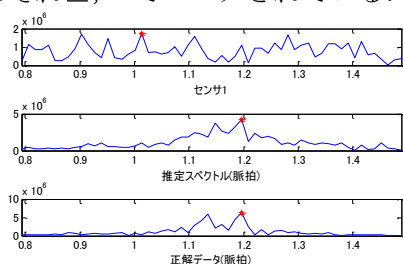


Fig.4 周波数上での波形比較

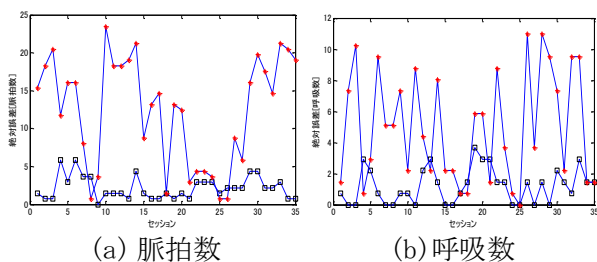


Fig.5 絶対誤差

提案手法の脈拍数，呼吸数の絶対誤差の平均は2.2拍，1.27拍となり標準偏差の平均は1.5拍，1.0拍となった．文献[4]の手法では絶対誤差の平均はそれぞれ15.1拍，5.1拍となり，標準偏差の平均は9.17拍，3.63拍となった．

5. 考察

Fig.3の結果から多点観測し，周波数上での線形回帰を行うことで，正解データに近い値を推定できていることが分かる．また，Fig.5を見ると脈拍数，呼吸数ともに，ほとんどのセッションで文献[4]の手法と比較して高い精度で推定できていることが見て取れる．ただ，絶対誤差の最も大きな個所では脈拍数は6拍，呼吸数は4拍ずれているので，今後は推定制度を上げていきたい．今回の推定精度が悪かったセッションは体動が多いことや，座る姿勢が悪かったことが考えられる．そのため，そのような要因に左右されないようなセンサへの改善が課題である．

参考文献

- [1]警視庁交通局「平成26年中の交通事故の発生状況」(2014)
- [2]中野倫明ほか「居眠り検知のためのまばたき検出と覚醒度推定」, IEICE 技術研究報告, パターン認識・理解, 95(44), pp. 73-80, (1995)
- [3]小谷卓也「日経エレクトロニクス 兼 デジタルヘルス Online <http://techon.nikkeibp.co.jp/article/NEWS/20130326/273292/?rt=ocnt>」
- [4]石井絵奈ほか「自動車走行時のドライバーの生体情報計測とノイズレベルの検討」, 電子情報通信学会総合大会講演論文集A, p210 (2015)
- [5]金子成彦ほか「ドライバーの覚醒低下警告・防止に向けた技術開発」 IATSS Review, 38(1), pp. 57-63 (2013).
- [6] Y. Kurihara, et al. “Development of Sensing Device to Detect Persons Hiding in a Car”, IEEE Sensors J., 11(9) pp. 1872-1878 (2010).

Unconstrained Bio-signal Measurement System by Multipoint Observation with High-sensitivity Pressure Sensors While Car Driving
Takuya Machida, Takashi Kaburagi,
Yosuke Kurihara (Aoyama Gakuin University)