

4. 安全運転支援のためのドライバ行動の計測・認識に関する研究

機械工学系 助教 秋月 拓磨, 広島工業大学 教授 章 忠

4-1 はじめに

近年、健康起因による交通事故が増えている。とくに運転中の体調急変や意識喪失による事故は、本人だけでなく他者への被害も大きい。このような事故を防ぐために、呼吸や心拍などのバイタル情報を日常的に計測して、ドライバの体調急変の兆候を早期に捉えることが重要である。その中で本報告では、ドライバの心身状態を簡便・安価に把握する方法として、小型の加速度センサを用いた呼吸計測の方法について検討を行なった。なお、本報告は著者らの論文[1]の一部を加筆・変更したものである。

4-2 装着型センサを用いた運転中の呼吸数推定

運転中の呼吸計測については、呼吸に伴うドライバの胸部や腹部の動きを、画像やミリ波等の無線電波を用いて捉える非接触方式と、シートやシートベルトに内蔵された感圧センサやひずみセンサを用いた接触方式がそれぞれ検討されている。しかし、これらの手法はいずれも計測設備を車両内に設置する車載式の計測方法といえる。一方、乗車中だけでなく、その前後でも連続的に呼吸情報を計測・収集できれば、運行前後の健康管理や体調の把握にも役立てられる。本報告では、着脱が容易で拘束感の少ない小型の加速度センサを用いた装着式の計測方法に着目する。

(1) 呼吸数推定手法

小型の加速度センサを腹部に装着すると、呼吸に伴う体表面の振幅変化を加速度値として記録できる。記録した加速度波形を周波数解析し、振幅スペクトルが最大となる周波数位置 (Peak Frequency; 以下, PF) を抽出することで呼吸周期が求まる。しかし、加速度センサの出力波形には呼吸運動のほか、体動や車両振動による加速度も含まれており、呼吸運動に対応するPFを一意に決めることが難しい。この課題に対して本研究では、図4-2-1に示す解析手順を提案する。

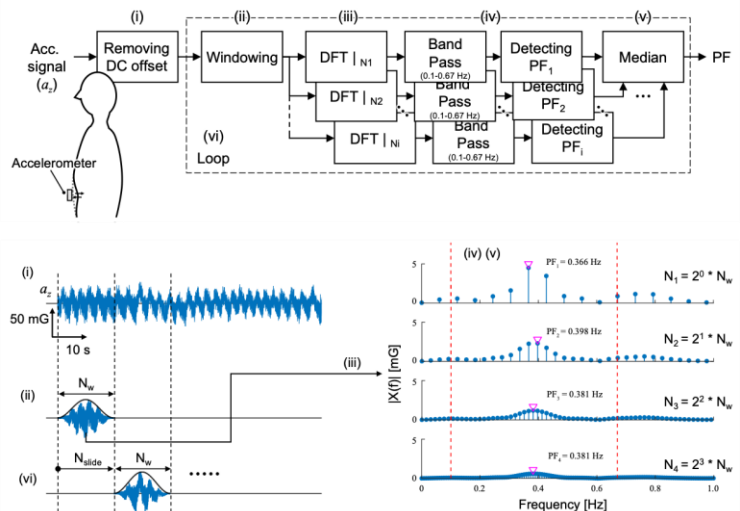


図4-2-1：加速度波形からのピーク周波数検出の流れ[1]

従来手法では、ピーク周波数を抽出する際に単一の周波数分解能でピークを検出することが一般的である。しかし、運転中の姿勢変化などの体動の影響がある場合には、呼吸以外の振動成分を誤って検出してしまうケースがある。この課題に対して、図4-2-1の方法では、従来手法を拡張し複数の周波数分解能でピーク検出を行う。

(2) 検証実験

実験には、普通自動車免許を保有し日常的に運転を行なっている7名の健常成人(男性4名, 女性3名, 平均26.6歳, SD8.92歳)が参加し、実験前に書面によるインフォームド・コンセントを得た。参加者の呼吸数の変化を調べるため、主課題として単調運転作業を設定し、ドライビングシミュレータ (Forum8社製 UC-Win/Road; 以下, DS) 上に高速道路を模した片側3車線の直線状のコース(約7.0km)を作成した。コースの中央車線上に、80km/hの一定速度で走行する車両1台を生成し、参加者の車両の

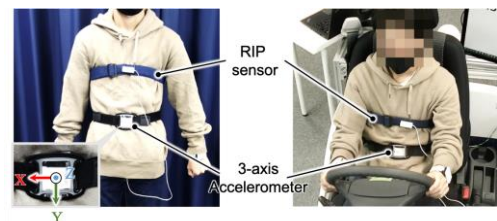


図4-2-2：センサの配置(左)と計測実験の様子(右) [1]

前方に配置した。参加者にはこの前方車両を追い越すことなく追従して走行するように指示した。DS上で5分間の習熟走行を行なったのち、本走行では4分間の走行を1試行とし、参加者1人当たり計10試行を行なった。試行間には3分間の休憩を設けた。

計測項目として、加速度センサ（ATR-Promotions社製TSND151）は、センサ本体を伸縮式ベルトケースに入れて、これを参加者の腹部（へそ部）に装着した（図4-2-2）。加速度センサの測定値は、サンプリング周期1msでA/D変換して、計測された3軸加速度値（ ax, ay, az ）をセンサ内蔵メモリに記録した。リファレンスとして、呼吸計測で従来広く利用されている誘導式呼吸センサ（PLUX社製BioSignalPlus；以下、RIPセンサ）を参加者の胸部（みぞおち部）に装着し、加速度センサと同時に測定を行った（図4-2-2）。

(3) 結果と考察

加速度センサとRIPセンサのそれぞれの出力波形から呼吸のPFを抽出し、呼吸数を求めた結果を図4-2-3に示す。同図内の(a)-(d)は、DFT（離散フーリエ変換）の点数をそれぞれ $2^0 \times N_w$, $2^1 \times N_w$, $2^2 \times N_w$, $2^3 \times N_w$ で固定してそれぞれPFを抽出した場合、一方(e)は、(a)-(d)で得られたPFの中央値を採用した場合（図4-2-1の方法）の結果を表す。ただし、 $N_w=2^{14}$ 点（約16.4秒分）である。(a)-(e)のいずれの場合でも、加速度センサとRIPセンサとの間に正の相関が認められ、このうち(e)が他よりも僅かに高い相関を示した（ $r=0.6938$, $p<0.001$ ）。また、両センサで測定した呼吸数のRMSE（平均二乗平方根誤差）は、本実験の条件下では(e)の場合に3.93回/minで最小となった。

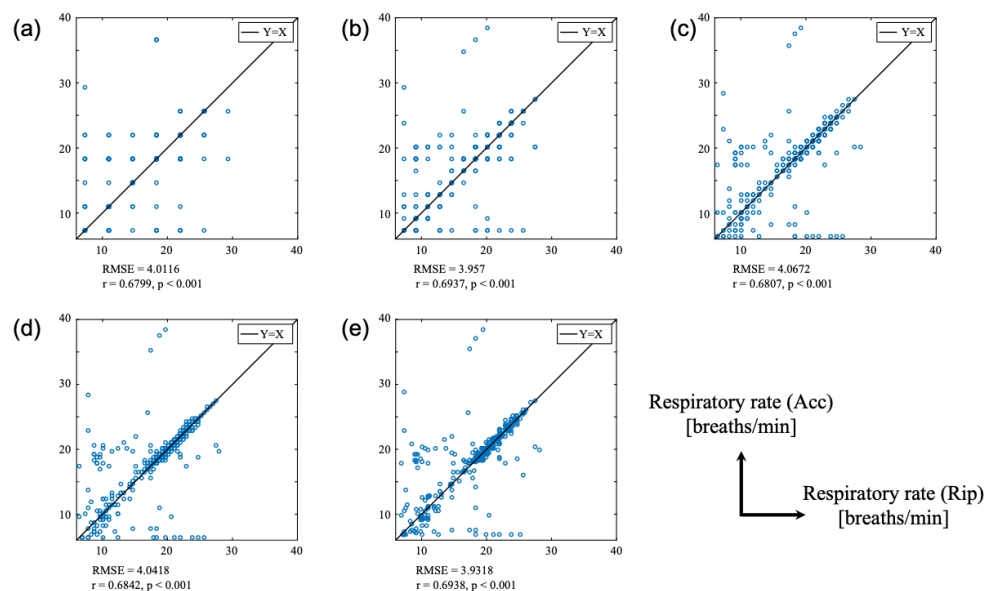


図4-2-3：ピーク周波数（PF）に基づく呼吸数推定の結果。横軸はRIPセンサの波形から、縦軸は加速度センサの波形から、それぞれPFを抽出し呼吸数に換算した [1]

4-3 おわりに

本報告では、小型の加速度センサを用いた呼吸数計測の方法を検討した。具体的には、ドライバの腹部に加速度センサを装着し、その出力波形を複数の周波数分解能で周波数解析することにより、呼吸運動に伴うピーク周波数を精度よく検出することを試みた。提案手法とリファレンス（誘導式呼吸センサ）で呼吸数の計測結果を比較したところ、両センサ間のRMSE（平均二乗平方根誤差）は3.93回/minであった。これらの結果をもとに、ドライバの腹部に装着した加速度センサの波形から、提案手法を用いてドライバの呼吸数をおおむね把握可能であることを示した。

(参考文献)

- [1] 秋月拓磨, 高橋弘毅, “装着型加速度センサを用いた運転中の呼吸数計測手法の検討”, 知能と情報 (日本知能情報ファジィ学会論文誌), Vol.35, No.1, pp.538-542 (2023).