

# 安全運転支援のためのウェアラブルセンサと車載センサによるデータ収集システムの構築

井村 龍哉<sup>1</sup>・森本 哲郎<sup>2</sup>・松本 浩之<sup>3</sup>・西田 純二<sup>4</sup>・鶴 鉄雄<sup>5</sup>・上善 恒雄<sup>6</sup>

<sup>1</sup>非会員 株式会社社会システム総合研究所 (〒 550-0002 大阪市西区江戸堀 1-22-4-503)

E-mail: imura@jriss.jp

<sup>2</sup>非会員 株式会社社会システム総合研究所 (〒 550-0002 大阪市西区江戸堀 1-22-4-503)

E-mail: morimoto@jriss.jp

<sup>3</sup>非会員 みなと観光バス株式会社 (〒 658-0031 神戸市東灘区向洋町東 1-4)

E-mail: minato-kanko@nifty.com

<sup>4</sup>正会員 株式会社社会システム総合研究所 (〒 550-0002 大阪市西区江戸堀 1-22-4-503)

E-mail: nishida@jriss.jp

<sup>5</sup>非会員 上田女子服飾専門学校 (〒 530-0012 大阪市北区芝田 2-5-8)

E-mail: tsuru@uedagakuen.ac.jp

<sup>6</sup>非会員 工博 大阪電気通信大学教授 総合情報学部 (〒 575-0063 大阪府四条畷市清滝 1130-70)

E-mail: jozen@osakac.ac.jp

**概要:** 交通事故の発生要因である運転者の人的要因と車両状態の車両要因、道路状態などの環境要因を総合的に解析することで高齢化が進む社会での危険要素を予測するために、筆者らは運転者の脈波、表情、腕の動きなどのデータをセンシングし、バス車両の走行状態と合わせて分析する仕組みづくりを進めている。また、運転者に装着するセンサーシステムとして運転への影響の少ない非侵襲ウェアラブルセンサーの開発とその他センサー群のデータを集約する車両内センサーノード通信システムを開発した。本報告では、それらを用いた走行実験による運転事例データの収集についての概要を述べる。さらに、ウェアラブルセンサーと車両内センサーノード通信システムについて報告する。

**Key Words :** ウェアラブル, IoT, 生体センシング

## 1. はじめに

### (1) 背景

高齢化社会の進展をひとつの背景として、運転者の身体的・精神的な問題に起因する交通事故が増加しつつある。車両の不調を原因とする事故だけではなく、運転者の身体的・精神的なトラブルや身体能力に起因する事故は後を絶たない。我が国が急速に高齢化社会に突入していく中で、安全で安心な交通サービスの実現のために、車両と運転者の特性、走行する道路インフラの特性を多面的に解析し、安全・安心な運転を支援するためのサービスの開発は社会的に大きなテーマとなっている。警察庁の統計によれば、過去 10 年間に高齢者の運転免許保有者数の増加を背景に、高齢運転者の交通事故が増加しており、交通死亡事故では 65 歳以上が 7 割を超えていると報告されている。

一方でウェアラブルセンサ等のセンサ技術は急速な進歩を遂げ、運転中の運転者の身体的・精神的な状態をリアルタイムに把握することが可能となった。加えて、車両の状態を示す多くのデータが On-Board Diagnostics (OBD) 端末から容易に取り出すことが可能となり、車

両の運動状態の記録もスマートフォン等に実装される GPS や各種センサにより容易に連続観測をすることが可能となっている。

さらに車両の前後等周辺の映像や音の記録のために小型のドライブレコーダを搭載する車両も急増している。

このように車両に搭載されるセンサの高性能化・小型化による普及に比較し、これら多種多様なセンサから得られる情報を収集して解析し、またリアルタイムに事故防止につなげるためのシステムについては、大量かつ高速・短時間処理が可能な通信サービスの提供が行われていないことがハードルとなって、いまだ実用化には至っていない状況にある。

### (2) 目的

本研究開発ではこのような背景のもとで、

1. 走行中車両からのセンサデータの取得と応答処理  
高速化のための階層化クラウド技術を応用した新たな通信システム
2. 車両の中でのウェアラブルセンサ・車両センサ・車両運動センサ等の多種多様なセンサデータの収集のための車両内通信システムの研究開発を行う。さ

らに、これら通信システムの研究開発だけではなく、実用性の高い安全運転の支援を行うための研究開発として、

3. 運転への影響の少ない非侵襲ウェアラブルセンサ技術の開発
4. 安全運転支援システムの構築とその実証実験の4つの分野における研究開発を行うことを目的とする。

この目的に従って、運転者の状態を計測するセンサや車両センサを小型コンピュータと車両内でセンサネットワークを形成することで、運転状況を運転者と車両の総合的な観点で記録・解析する技術と、この車両内センサネットワークがセンターサーバと高速かつ効率的な通信を行うための階層化クラウド技術に関する研究開発を行う。また、運転者の状態を計測するために実用性の高い運転者用のウェアラブルセンサを開発し、OBDII 車両データ、GPS プローブデータと共に、走行中の多種多様なセンサデータを解析するための解析システムの開発を行い、これらを援用して危険を察知した際に高速で車両車載機に通報して対策を要求する車載安全運転支援システムへ発展させることを目標としている。

## 2. 車両内センサノード通信システム

以下に例示するセンサノード群から車両内階層での効率的なセンサデータ収集と、基礎的解析を行うことにより上位階層でのアグリゲーションを効率化するための方式をセンサネットワークのネットワーク基盤を活用して開発と試作を行った。

- 活動センサ
- 脈波センサ
- 脈拍センサ
- 3D 深度センサ
- 眼電位センサ
- 車両センサ

使用したセンサデバイスの詳細は表2の通りである。これらのセンサデバイスは、Bluetooth Low Energy, Wi-Fi の通信モジュールを活用することで車内ワイヤレスネットワークを構成する。車両内センサノード通信システムは、デバイスの対応 OS, 通信方式, SDK の対応する OS を考慮すると図6になる。

走行中はモバイルワイヤレスサービスによりクラウドと接続し、車庫停車時にはバス内データベースから事業所内データベースへ同期する。

### (1) 活動センサ

図1の活動センサでは、加速度、ジャイロ、地磁気の各3軸成分と気圧の10項目を取得するが、これらの

データから、運転手の大まかな運転操作を含む動作に加えて車両の大まかな動きを得る。これにより運転手の運転操作に関するクセを日常的に取得しておき、運転はもちろん乗客対応や連続勤務などによる疲労などによる変化を観測し、危険につながる要因を探り出す。



図-1 活動センサ

### (2) 脈波センサ

脈波センサでは運転手の体調を予測するため、脈拍とその揺らぎ、加えて脈の波形から加速度脈波やカオス解析<sup>1)</sup>でその手がかりを得る。既往研究により自律神経の活性度や緊張度、体組織の健康度を把握するにあたって脈波解析の有効性が観測されている。脈拍の周期はわずか数 Hz ではあるが、脈波波形1周期の細かい変動をどこまで捉えなければならないかは未知数の部分も多い。今回は脈拍変動、脈波のリアプノフ指数<sup>2)3)</sup>、加速度脈波を解析対象とし、脈波センサーとして反射光電式の 200Hz のサンプリング性能を持っているものを採用した。

#### a) 簡易脈波センサ

入手の容易な Arduino UNO R3 と Pulse Sensor を使って、図2のような簡易な脈波センサも作成し、脈波データを取得する実験を行った。この脈波センサを使って取得したのが図3の通りで、青色の線が指先で計測したもので、赤色の方が第七頸椎で計測したものである。どちらの場合も波の極大値が取得できていることがわかる。しかし、一般的に脈波と言うと指先で測定する指尖容積脈波のことを指すように指先で測定したデータの方が脈波の変化が顕著である。

図4は脈波の極大値間の間隔をグラフにしたもので、その間隔を指標とする R-R 間隔 (RRI) は、自律神経系のゆらぎを反映するとされる。

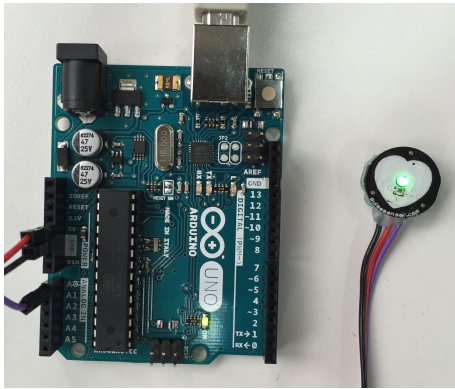


図-2 簡易脈波センサ

ど、運転中の運転者の状態を記録するためには直接的な手段になる。



図-5 顔の特徴点

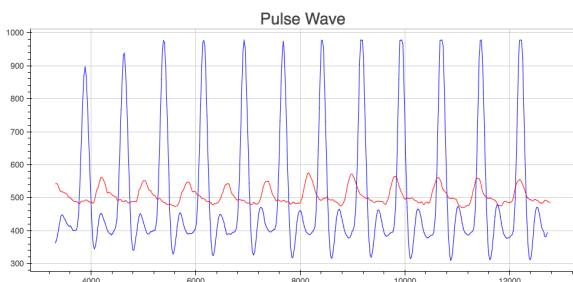


図-3 脈波

#### (4) 眼電位センサ

安全なバス運行のために運転者の疲労をリアルタイムで検知する手段として、ここまで様々なセンサの利用を考えてきたが、最近ウェアラブルデバイスとして効率的なトレーニングなどを目的とした様々な新しいセンシングデバイスが発表されてきた。その中でも JINS MEME は 3 点式眼電位センサにより眼の動きやまばたきを補足することができ、運転者の居眠りを検知する手段として有望視されている。

このデバイスは 1 分間に 1 回の通信を行うスタンダードモードと約 20Hz でデータを取得するリアルタイムモードがある。JINS MEME SDK ではリアルタイムモードのみ開発者向けに公開されている。iOS 8.0 以上のデバイスで取得する項目の詳細は表 1 の通りである。

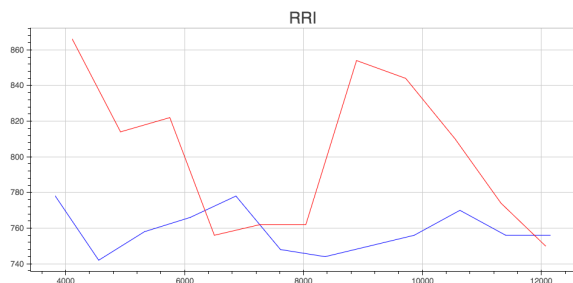


図-4 RRI

#### (3) 3D 深度センサ

RealSense F200 は、顔 78 点の特徴点のトラッキング、手 22 点のジョイントのトラッキングが可能である。Windows 8.1 64bit 以上の PC、USB 3.0、第 4 世代以降の Intel CPU で動作する。Intel RealSense SDK を用いて、3D スキャン、顔検出、顔認識、特徴点、表情、心拍数、顔の向き、視線追跡が可能である。また、内臓マイクによる音声認識が可能で英語、日本語以外にも主要な言語をサポートしている。3D 深度センサでは、トラッキングポイントの座標と特徴量、RGB 画像、Depth 画像を蓄積する。図 5 は、運転中の運転者の顔特徴点である。このデバイスの利用は運転者の疲労や表情な

#### (5) 車両センサ

車両センサからは以下のデータ項目を収集する。

- 車両 ID, 運行路線情報, 運転者情報
- タイムスタンプ
- GPS 緯度経度, 誤差
- エンジン回転数, 車速
- 吸気温度, 外気温度, 冷却水温度, 油温度
- 大気圧, マニホールド絶対圧
- スロットル開度
- ECU 電圧
- 走行距離
- オドメータ, 電源投入時からの積算距離
- 速度計パルス, 電源投入時からの積算

### 3. 非侵襲ウェアラブルデバイス

装着により運転者の運転への影響を最小限にするセンサの研究開発を行う。脈波、脈拍をサンプルとして



表-1 リアルタイムモードで取得できるデータ<sup>4)</sup>

名前	説明
eyeMoveUp	視線が上に動いたかどうかを示す整数値 0: なし 1: 移動検知-小 2: 移動検知-中 3: 逆移動検知-大 4: 逆移動検知-特大
eyeMoveDown	視線が下に動いたかどうかを示す整数値 0: なし 1: 移動検知-小 2: 移動検知-中 3: 逆移動検知-大 4: 逆移動検知-特大
eyeMoveLeft	視線が左に動いたかどうかを示す整数値 0: なし 1: 移動検知-小 2: 移動検知-中 3: 逆移動検知-大 4: 逆移動検知-特大
eyeMoveRight	視線が右に動いたかどうかを示す整数値 0: なし 1: 移動検知-小 2: 移動検知-中 3: 逆移動検知-大 4: 逆移動検知-特大
blinkSpeed	まばたきのスピード (ミリ秒)
blinkStrength	まばたきの強さ
walking	かかとを地面に着いたかどうか, 通常 0, 検出時 1
roll	姿勢を表す角度のうちのロール要素を示す度
pitch	姿勢を表す角度のうちのピッチ要素を示す度
yaw	姿勢を表す角度のうちのヨー要素を示す度
accX	加速度の X 軸の値, -128 ~ 127 の 1byte の整数値
accY	加速度の Y 軸の値, -128 ~ 127 の 1byte の整数値
accZ	加速度の Z 軸の値, -128 ~ 127 の 1byte の整数値
fitError	装着状態, 整数値 0: エラーなし 1: 左鼻パッドエラー 2: 右鼻パッドエラー 3: プリッジエラー
powerLeft	電池残量, 整数値 0: 充電中 1: 低電圧 2: Lv2 3: Lv3 4: Lv4 5: 満充電

表-2 使用したセンサデバイス

センサ (製品名)	取得項目	通信方式	会社
活動センサ (Sensor Medal)	加速度 3 軸 ジャイロ 3 軸 地磁気 3 軸 気圧	BLE	LAPIS Semiconductor
脈波センサ (未定)	脈波	BLE	Rohm
3D 深度センサ (RealSense F200)	顔分析 手指検出 ジェスチャ検出 音声認識など	USB 3.0	Intel
眼電位センサ (MEME ES)	眼電位 加速度 3 軸 ジャイロ 3 軸	BLE	JINS
車両センサ (未定)	GPS 車速 エンジン回転数など	Bluetooth USB	みなと観光バス

技術開発対象とし、必要に応じて視線、脳波、体温、筋電なども計測対象として検討することを含めて、実用可能な形状について機能を研究する。運転者の健康状態把握のために脈波などのセンシングを行うが、運転操作を邪魔するのは本末転倒である。そのため運転者の動作に極力影響を与えないセンサを使用する必要がある。

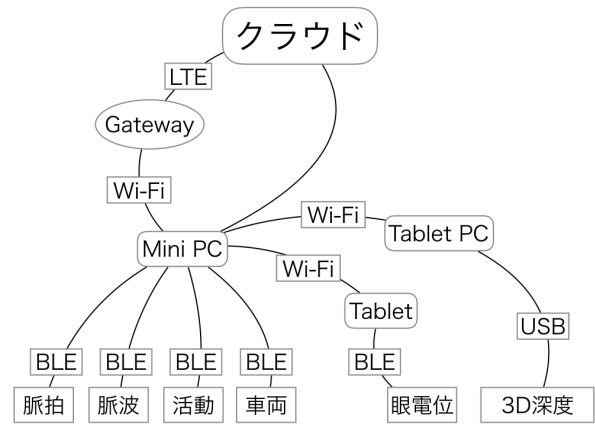


図-6 センサノード

ある。例えば脈波センサでは、指尖容積脈波は自律神経機能の状況を捉えるのに有効とされているが、運転中の運転手の指をセンサで覆うわけにはいかないため、同様のデータ（生体振動）を採取できる適当なセンサの選択が必要である。まず、図7のようなシャツタイプを試作した。表2の脈波センサは、光学式なので体表面に直接接触させる必要がある。センサが離れると測定不能になるのでウェアも密着性を考慮したものを検討しなければならない。何回かの基礎実験から測定誤差を軽減するために、図8のような密着性の高いコンプレッションウェアを使用し、センサの取付位置と個数は、図8のように活動センサ2つを両上腕部の肘近くと脈波センサ1つを第七頸椎の棘突起側を用いることになった。

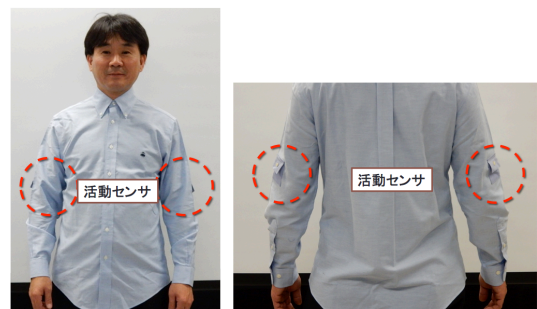


図-7 試作ウェアラブル:シャツタイプ

#### 4. おわりに

本論文では、バス車両情報と運転者の生体情報などのデータを収集するための仕組みとして、車両内ノード通信システムと非侵襲ウェアラブルデバイスについて報告した。今回の実験は阪神間の観光バスと路線バスを運行している「みなと観光バス株式会社」のご協



図-8 試作ウェアラブル:コンプレッションタイプ

力で実験を進めるが、将来的にはこの仕組みを公開し、全国規模でのバス、タクシー、長距離トラックなどにセンシングと警告のための安全運転支援システムを簡便にご利用いただけるようにパッケージ化し、道路・運転情報を収集して大規模運転事例データベース構築、オープンデータとして共有・公開することで運転に関するデータ解析手法の研究を促進する一助となるようにしたい。

## 謝辞

本研究の一部は総務省の「戦略的情報通信研究開発推進事業 (SCOPE)」(受付番号:150201013)の支援を受けて実施された。

## 参考文献

- 1) 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 (建設マネジメント), Vol. 68, No. 1, pp.40-51, 2012
- 2) 今西明, 雄山真弓: “指尖容積脈波から得られる脈拍情報とリアプノフ指数との関係-シミュレーションおよび実験による検討-”, 人間工学, Vol.44, No.Supplement, pp.250-251, 2008.
- 3) 藤田 悦則, 小倉 由美, 落合 直輝, 苗 鉄軍, 清水 俊行, 亀井 勉, 村田 幸治, 上野 義雪, 金子 成彦: “指尖容積脈波情報を用いた入眠予兆現象計測法の開発”, 人間工学, Vol.41, No.4, pp.203-212, 2005.
- 4) 株式会社ジェイエイエヌ: “MemeRealtimeData” [https://developers.jins.com/ja/resource/docs/ios/api\\_ios\\_meme\\_realtime\\_data](https://developers.jins.com/ja/resource/docs/ios/api_ios_meme_realtime_data) 2016.04.22 現在

Development and experiments of a sensor network system for safety driving

Tatsuya IMURA, Tetsuro MORIMOTO, Hiroyuki MATSUMOTO, Junji NISHIDA, Tetsuo TSURU, Tsuneo JOZEN