

## スマートフォンを用いた運転支援システム開発の検討 -運転挙動弁別可能性の検討-

鷺見海王<sup>†1</sup> 岡本幸大<sup>†1</sup> 鈴木麻里<sup>†1</sup> 渡邊晃<sup>†1</sup> 中野倫明<sup>†1</sup> 山田宗男<sup>†1</sup>

近年, 小型で軽量ながらも高度な機能を有するスマートフォンが急速に普及している. スマートフォンには, GPS, 加速度, 角速度などの高精度なセンサが搭載されており, 通信機能にとどまらず, センシングデバイスとしての活用も可能である. 本研究は, スマートフォンに搭載されているこれらのセンサを用いて, 自動車の運転挙動およびドライバの運転パフォーマンスを検出・評価し, 自身の運転能力を自覚させることで事故を未然に防ぐことが可能なシステムの検討を行うものであり, 安価で簡便な車載システムの実現を目指す. 本稿では, GPS, および角速度センサの情報に基づいて, 運転パフォーマンスの評価に不可欠な停発車, 右左折, 直進などの各種運転挙動を弁別可能な手法について検討を行うと共に, 実車両による検証実験の結果について示す.

### An examination of driving support system using a smart phone -A research to find out effective methods to detect driver behavior-

Kaio SUMI<sup>†1</sup> Yukihiro OKAMOTO<sup>†1</sup> Mari SUZUKI<sup>†1</sup> Akira WATANABE  
Tomoaki NAKANO<sup>†1</sup> Muneo YAMADA<sup>†1</sup>

#### 1. 目的

我が国では少子高齢化が急速に進んでおり, 2011年には65歳以上の高齢者の人口は過去最高の2,975万人に達した. 総人口に占める65歳以上人口の割合(高齢化率)は23.3%にも及び, まさに超高齢化社会を迎えている. 今後も高齢者の増加が予想されており, 2060年には高齢化率が39.9%に達し, 2.5人に1人が65歳以上, 4人に1人が75歳以上の高齢者になると推計されている[1]. また一方で核家族化も進行しており, 一人暮らしの高齢者が高齢者人口に占める割合は, 1980年には男性4.3%, 女性11.2%であったのに対し, 2010年には男性11.1%, 女性20.3%と徐々に増加している. この高齢者世帯(2人または独居)の増加および少子化の影響は, 高齢者の徘徊行動や孤独死, 高齢者介護人数不足による介護負担の増加など, 深刻な社会問題となっている. また, 高齢者の都内交通事故死者数は全体の39.3%を占めている. 高齢者ドライバの8割が自身の運転技術に自信があると答えているのに対し, その家族の6割は運転技術の低下を認識し運転をやめてほしいと思っているといったアンケート結果も得られている[2]. この評価の齟齬から, 高齢者が自身の運転技術の低下に対して無自覚であることが推察される. 以上のことから, 高齢者は自宅だけでなく, 歩行中や運転中などの外出中においても容易に事故に遭遇する危険性を有しており, いつでもどこでも見守ることができるシステムの構築が必要とされている.

近年, 小型で軽量ながらも高度な性能を有するスマートフォンが急速に普及している. スマートフォンは, GPS, 加速度, 角速度などの高精度なセンサが搭載されており, 通信機能にとどまらず, センシングデバイスとしての活用も可能である. そこで, スマートフォンを利用して使用者の状態および行動状況を詳細に把握し, 遠隔から見守ることが可能な統合生活支援システム TLIFES (Total LIFE Support system) が提案された[3]. TLIFESでは, 高齢者, 子供, 若い女性, 医療患者, 障害者などの性的弱者, 交通弱者などを総じて弱者と定義し, 社会全体で弱者を見守り支援することが可能なシステムの構築を目指している. 本研究の目的は, TLIFESが想定する見守りシチュエーションの一つである自動車運転におけるスマートフォンを用いた運転支援システムの実現である.

自身の運転能力に対して, 正確に把握できている人は少ない. 特に高齢者は加齢に伴い運転能力が低下し, この運転能力低下に対して, 無自覚のまま運転することが原因で事故を引き起こしていることが考えられる. 運転事故を未然に防ぐためには, 自身の運転能力を自覚させ, 能力に合った運転を心がけることが極めて重要である. そこで, スマートフォンに内蔵されている各種センサを用いて運転パフォーマンスを評価し, 自身の運転能力を自覚させるシステムを検討する. 本検討では, 運転パフォーマンスを評価するための前提として, 停止, 直進およびカーブなどの各種運転挙動の検知とその危険レベル(ふらつき度合や運転挙動における危険度合など)の評価可能性について検討を行う.

<sup>†1</sup> 名城大学 大学院理工学研究科

## 2. TLIFES

図1にTLIFESの構成を示す。TLIFESでは、スマートフォンの通信機能とセンサ機能を活用し、見守られる側(弱者)と見守る側(家族、かかりつけ医など)が情報を共有し、社会全体で支援することができるシステムを提案している。スマートフォンから、弱者の位置情報、行動情報、健康情報、運転情報などをインターネット上の管理サーバに送信し、データベースを蓄積する。蓄積された情報は、パソコンやスマートフォンからいつでも閲覧することが可能であり、弱者の状態を常に把握することが出来る。このシステムでは、スマートフォンの操作の煩わしさを解消するため基本的に不要のシステムとなっている。

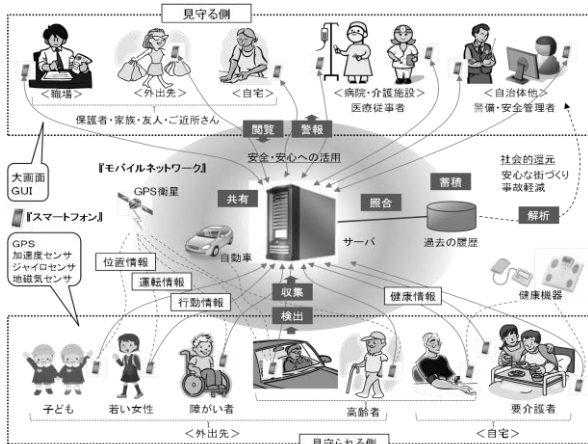


図1 TLIFESの構成

## 3. スマートフォンのセンサ情報

図2にスマートフォンに搭載されているセンサの一例および3軸の座標系を示す。本検討では、スマートフォンユーザーの状態および行動を強く反映すると考えられる加速度センサ(3軸)、角速度センサ(3軸)、およびGPSから取得した速度による検討を行った。

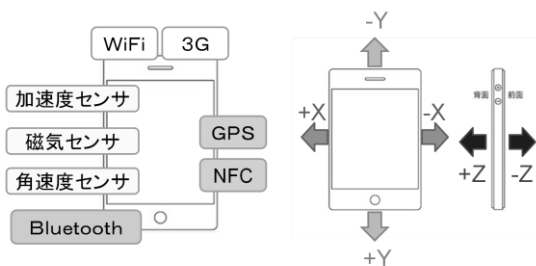


図2 搭載センサの一例および3軸座標系

## 4. 運転支援システム

図3にスマートフォンの車載方法を示す。フロントガラスにスマートフォン専用のアタッチメントを用いて固定するだけの簡単な構成となっている。また設置方向としては、各種センサデータを精度良くかつ一意に取得するため、X軸正方向を重力と平行に、Z軸方向を車両の進行方向と平行になるように設置する。



図3 車載方法

ドライバの運転パフォーマンスを評価するためには、運転行動の危険性を検出・評価する必要がある。また、運転行動の危険性は運転挙動(直進状態やカーブ状態)によっても大きく異なることが考えられる。そこでまず、センサデータから運転挙動を弁別し、各運転挙動の危険判定を行う。また、各運転挙動の危険レベルを評価し、その頻度から総合的に運転パフォーマンスの評価を行う。

## 5. 各種運転挙動に対するセンサデータの検証

ドライバの運転挙動(停車、直進、カーブなど)を検出するためには、各挙動に対するセンサデータの特徴を把握する必要がある。そこでまず、GPSによる自車速度と角速度センサの情報に基づき、停止、直進、右折およびふらつき各挙動に対するセンサデータの特徴を確認した。また、ふらつき行動は、一般的な運転行動ではなく、危険行動の一例として確認を行った。なお、各挙動のセンサデータは一連の運転挙動から抜粋している。

### 5.1 停止

図4に停車時の自車速度および角速度の時間推移を示す。両者ともに、0[km/h]および0[rad/s]で安定に推移しており、突発的な変動も見られない。

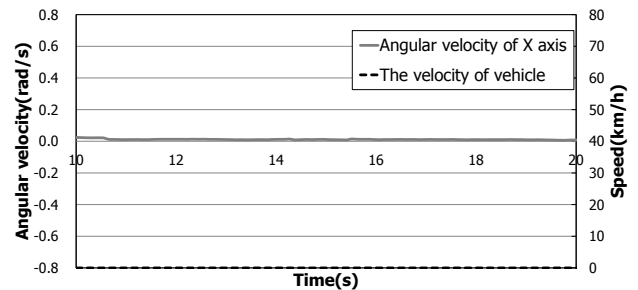


図4 停止時のセンサデータ

### 5.2 直進

図5に直進走行時の自車速度および角速度の時間推移を示す。角速度に着目すると、定速直進走行ではほとんど変化がなく安定しており、停車時と同様であることがわかる。停車時との違いは速度を有していることであり、両者を参照することで、停車状態と直進状態の弁別が可能であることがわかる。

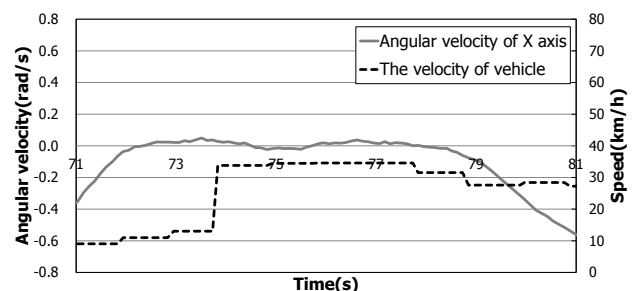


図5 直進時のセンサデータ

### 5.3 右折

図6に右折時の自転車速度および角速度の時間推移を示す。自転車速度に着目すると、直進時と同様にある一定以上の速度を有しており、停車状態との弁別が可能である。一方、角速度は右折に伴って大きく負の方向へ変化しており、この値の変化によって直進との弁別が可能であることがわかる。

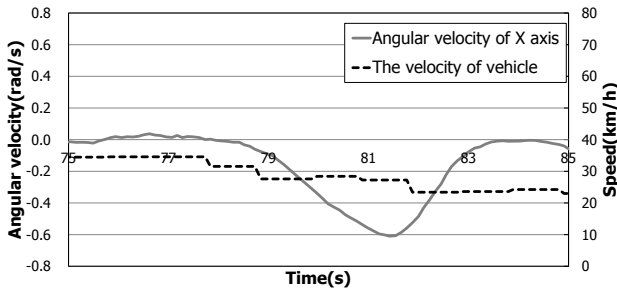


図6 右折時のセンサデータの時間推移

### 5.4 左折

図7に左折時の自転車速度および角速度の時間推移を示す。自転車速度に着目すると、直進時と同様にある一定以上の速度を有しており、停車状態との弁別が可能である。一方、角速度に着目すると、右折時とは対照的に大きく正の方向へ変化しており、この方向によって左折との弁別が可能であることがわかる。

以上をまとめると、速度によって停車時との弁別、角速度の値およびその方向（正負）によって右左折と直進を弁別することが可能であることが示唆された。

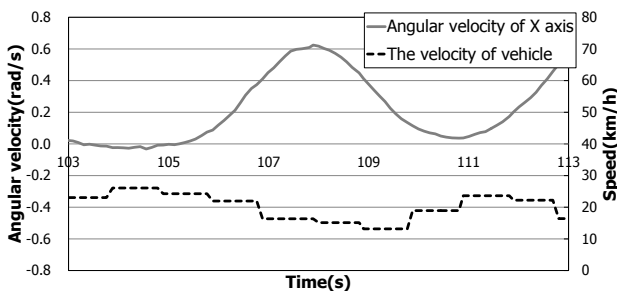


図7 左折時のセンサデータの時間推移

### 5.5 蛇行

図8に故意に蛇行運転をした際の自転車速度および角速度の時間推移を示す。角速度に着目すると、蛇行の特徴が如実に反映されており、特に、右左折時の変化と比べて3分の1程度の小さな振幅で、且つ周期的な性質を有することが確認でき、この特徴に基づくことで他の運転行動との弁別が可能であることがわかる。

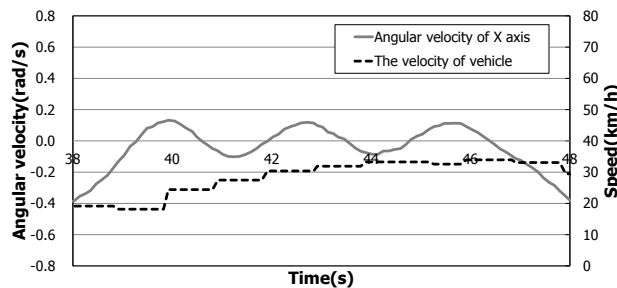


図8 蛇行時のセンサデータの時間推移

## 6. 運転挙動判別アルゴリズム

前節で検討した、各挙動に対するセンサデータの特徴に基づいて、運転挙動弁別アルゴリズムの検討を行った。図9に今回提案する弁別アルゴリズムの概略を示す。

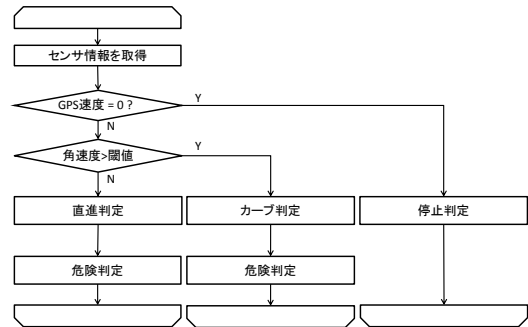


図9 運転挙動弁別アルゴリズム

本検討アルゴリズムは、自転車速度および角速度に基づくものであり、スマートフォンから得られたセンサ情報を閾値処理する簡便な弁別アルゴリズムとなっている。

また、運転挙動は停止、直進、およびカーブの3パターンに大別している。右左折を区別せずカーブとしてまとめた理由は、最終的な目的は運転挙動における危険度合を評価することが主であり、細かな運転挙動を弁別することではないため、より簡便なアルゴリズムとすることで弁別精度とリアルタイム性に重きを置いた。弁別閾値としては、図4から図8の結果に基づき、自転車速度:0(km/h)、角速度:0.1(rad/s)に設定した。なお、センサデータの取得間隔は、角速度:0.1(s)、速度:1(s)である。

## 7. 検証実験

今回提案した運転挙動弁別アルゴリズムによる検知可能性について検証実験を行った。検証に際しては自動車教習所を利用し、停止、直進、およびカーブを含む簡単な運転コースを設定し、一連の運転動作に対して本提案アルゴリズムを適用することで検証を行った。また運転挙動の真値として前方シーンの動画撮影も併せて行った。さらに検証には危険運転も併せて行い、通常運転時のセンサデータと比較することで、危険行動検知可能性についても検証を行った。

## 8. 検証結果

図10は検証結果の一例を示しており、実際の運転挙動に対して精度よく弁別が可能であることが検証された。

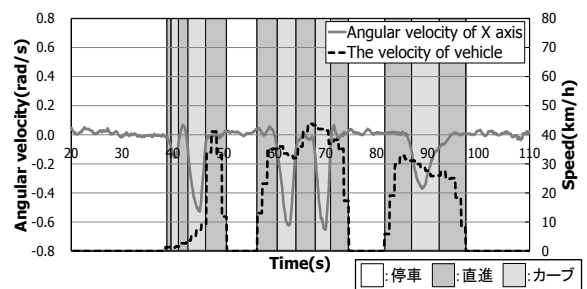
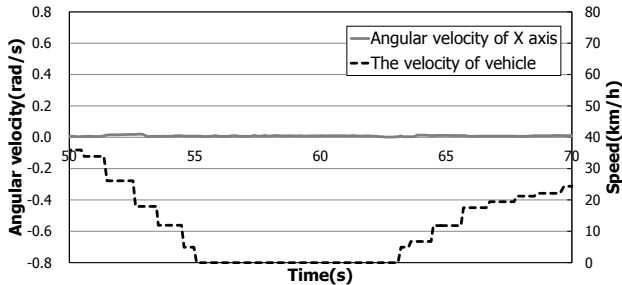
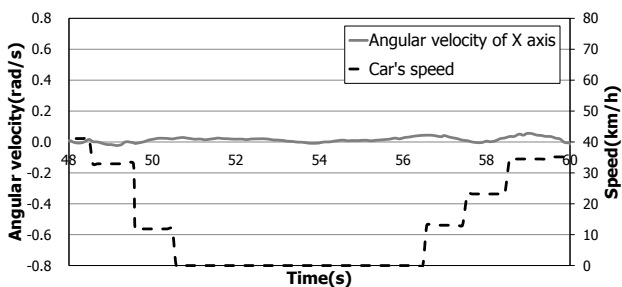


図10 弁別結果

図 11 に通常走行と危険走行における停止および発車時の自転車速度と角速度の時間推移を示す。まず停止時に着目すると、通常走行(50s~55s)と較べて危険走行(48s~51s)の方が、速度の減速率が極めて大きいことがわかる。発車時においても同様に、通常走行(63s~70s)と較べて危険走行(56s~60s)の方が、速度の加速率が極めて大きくなっており、危険走行時の急停車・急発進の様子が明確に伺える。



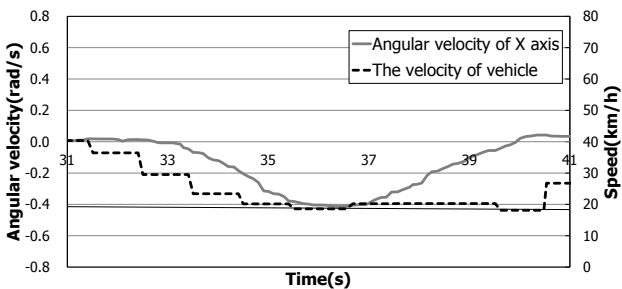
(a) 通常走行時のセンサデータの時間推移



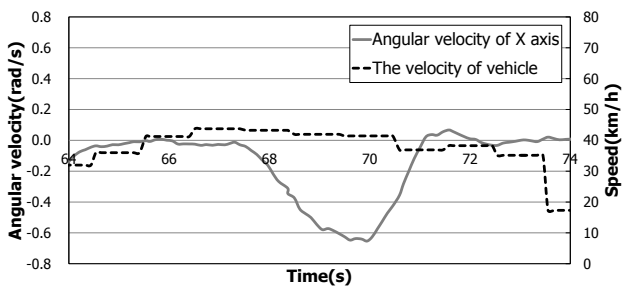
(b) 危険走行時のセンサデータの時間推移

図 11 各走行状態時の停止および発車挙動の差異

図 12 に通常走行と危険走行におけるカーブ時の自転車速度と角速度の時間推移を示す。両者の角速度の挙動を比較すると、通常走行時に比べて危険走行時のカーブ挙動は、角速度の変化率および絶対値が極めて大きくなっていることが確認できる。また速度においては、通常走行時におけるカーブ挙動では減速を伴うのに対して、危険走行時の場合においては速度がほとんど変化しないことが確認でき、両者の危険度合の違いが明確に示唆されている。



(a) 通常走行時のセンサデータ



(b) 危険走行時のセンサデータ

図 12 各走行状態時のカーブ挙動の差異

以上のことから、同一挙動であっても、速度および角速度の変化率が異なる様子が明確に確認でき、上述の特徴に基づく危険度合の評価可能性についても示唆された。

## 9. むすび

本研究の目的は、統合生活支援システム TLIFES が想定する見守りシチュエーションのひとつである自動車運転に着目し、スマートフォンを用いた運転支援システムを実現することである。提案する運転支援システムは、スマートフォンに搭載されている各種センサによりドライバーの運転パフォーマンスを評価し、自身の運転能力を再認識させることで事故を未然に防ぐことを目的としている。本検討では、運転パフォーマンス評価に必要な不可欠な運転挙動の判別および各挙動における危険度合の評価手法について検討および検証を行った。運転挙動判別では、各運転挙動に対するセンサデータの特徴について比較検討し、その結果から角速度および GPS による速度情報に基づいた簡便かつリアルタイム性を重視した弁別アルゴリズムを提案した。その有効性を実車両で検証した結果、前方シーンを撮像した動画と判別結果は良好に一致しており、本提案手法の有効性が検証された。さらに、通常走行と危険走行における停車、発車およびカーブ挙動の比較を行った結果、自転車速度および角速度の両者においてその変化率に危険度合が反映されることが確認された。以上の結果から本提案アルゴリズムによる運転行動弁別の可能性が示唆され、また、急停車、急発車、および急カーブなどの危険行動判別の可能性が示唆されたと共に、その変化率から危険度合の評価可能性についても確認された。

## 謝辞

本研究の一部は、総務省 戦略的情報通信研究開発推進事業 (SCOPE) の研究助成により行われた。

## 参考文献

- 1) 「平成 24 年版 高齢社会白書」、内閣府  
[http://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/w-2012/gaiyou/s1\\_1\\_1.html](http://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/w-2012/gaiyou/s1_1_1.html) (2012)
- 2) 国土技術センター：「認知症高齢者とまちづくり」
- 3) 大野 雄基：弱者を遠隔地から見守るシステム TLIFES の提案と実装, IPSJ SIG Technical Report, Vol. 2012-CDS-3 No. 2, pp. 1-8, (2012)