

歩行者・自転車・自動車向け交通安全支援システムの試作

○多田 昌裕*¹

キーワード：安全支援システム 歩行者 自転車 自動車

1. はじめに

超高齢社会を迎えたわが国では、多くの高齢者が健康で就労意欲も高く、地域とのつながりを保ちつつ生活している。内閣府の調査によれば、ほぼ毎日外出している人のうち72.9%が生きがいを感じているのに対し、外出頻度が週に1日以下の人では52.3%に落ちる¹⁾。外出の機会が減ることは高齢者のコミュニティ内での孤立につながりかねない。それに加えて、高齢者にとって生きがいのある生活の維持を図る上でも、外出機会の確保は重要な課題である。

一方、現在のわが国は高齢者が安心して外出できる交通社会とは言い難い。昨年の交通事故死者数を見ると、その過半数を高齢者が占めている。自動車に着目すると、総事故件数は減少傾向にあるが、65歳以上の高齢運転者による事故件数は減少傾向に無い。さらに、歩行中、自転車乗用の死者を年齢層別にみると、いずれも高齢者が最も多い²⁾。超高齢化が今後も続く予測される状況の中、高齢者が安心して外出できる社会を実現するためにも、高齢者向けの交通安全支援技術の開発は重要である。

昨年の事故のうち、74.7%がヒューマンエラー（なかでも安全不確認が30.7%と最多）が原因で発生しており、自転車、歩行者に違反があるケースも多い²⁾。それゆえ、事故を未然に防ぐという観点からは、歩行中、自転車乗用中、自動車運転中のどの交通場面にも対応可能な形で人の交通行動を直接的に計測し、ヒューマンエラーの生起を早い時点で検出することが重要となる。しかしながら、自動車の分野では、先進運転支援システム（ADAS）やITSなど車両挙動や周辺交通状況の計測に基づく安全運転支援システムは多く開発されてきたものの、人を直接計測する技術開発に関しては居眠り検知など少数にとどまっている。

全国1,200人の中高齢者の歩行行動をウェアラブルセンサで計測した先行研究では、年齢とともに斜め横断する人の割合が増加すること（50歳代では全体の18.7%、80歳代では全体の43.6%）、斜め横断する人ほど安全確認をしないなどリスクの高い行動をとる傾向があることが明らかになっている³⁾。同様に、高齢の自転車乗用実態の調査においても、特に免許を保有していない高齢者は交差点などにおいて周辺の安全確認をしないなど、事故リスクを高める行動をとる傾向にあることが示唆されている⁴⁾。しかしながら、自転車、歩行者に向けた安全支援システムの研究は浜岡らによる取り組み⁵⁾などがあるものの、いまだそ

の数は少ない。

以上の背景のもと、筆者らは自動車だけでなく、歩行者、自転車も網羅した高齢者向け交通安全支援システムの開発に取り組んでいる。本稿では、システムのコンセプトおよび概要について述べる。

2. 提案システムのコンセプト

筆者らは、自動車運転中だけでなく、歩行中、自転車乗用中にもリアルタイムに行動を計測し、事故リスクが高まる場面で適宜安全アドバイスを提供できる交通安全支援システムのコンセプトを提案している。

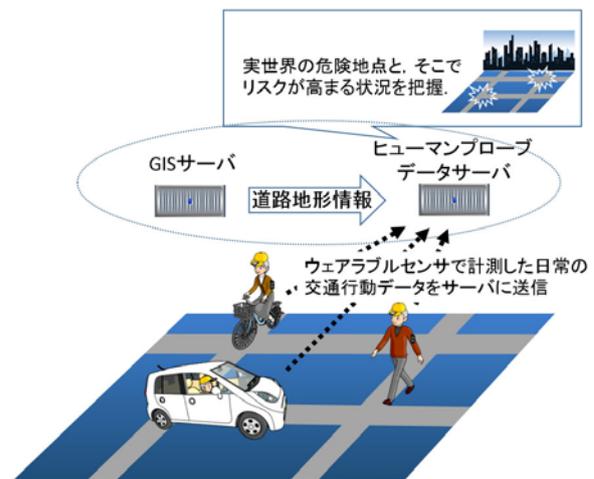


図1 提案システムのコンセプト（事故リスクが高まる箇所を検出するためのヒューマンプローブ技術）

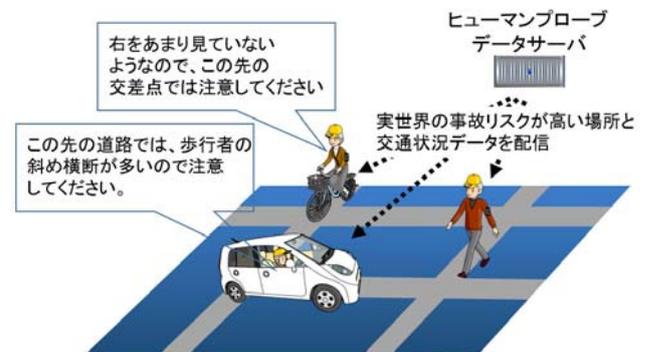


図2 提案システムのコンセプト（リアルタイム安全アドバイス提供技術）

提案コンセプトでは、(1)ウェアラブルコンピューティング技術を用いた日常の交通行動を網羅的に計測可能な人間行動センシング技術、(2)実世界における人の交通行動に基づき、事故リスクが高まる状況や場所を把握するためのヒューマンプロブ技術、(3)歩行者、自転車、自動車、それぞれに合わせたリアルタイム安全アドバイス提供技術、を組み合わせた安全支援システムの開発を目指している。以降では、各技術の概要を紹介する。

3. 装着型センサを用いた人間行動センシング技術

筆者らは、アイカメラを用いて公道上で高齢自動車運転者の視線を計測・分析する試みを進めてきた^{6),7)}。しかしながら、アイカメラは人の視線移動を高精度に計測可能な一方、装着負荷が高く、また運転者が注視していた対象物の判別は目視で行う必要があるなど、日常的な安全運転支援用途で使用するには困難が伴う。

そこで、筆者らは装着型のモーションセンサ（3軸加速度・角速度センサ）を用いて自動車運転者の安全確認行動に伴う首振り行動を計測し、安全確認動作の生起を80%以上の精度（アイカメラデータ比）で検出できる技術の開発に取り組んできた⁸⁾。さらに、この技術を自動車教習所指導員の安全運転知識の体系化技術と組み合わせ、事前に設定しておいた交差点において、自動車運転者の技能を予防安全の観点から自動で評価するシステム“Objet”を開発している⁸⁾。このシステムは、装着型センサで計測した安全確認行動データと、GPSで記録した車両の位置情報データを運転終了後に分析し、評価対象交差点において事故のリスクを下げるような運転行動ができていたのかを予防安全の観点から評価するものである。Objetは日本で唯一公安委員会から認定（認定教育3・6号課程）を受け、高齢者が免許更新時に受講を義務付けられている法定高齢者講習の現場で利用されており、これまでに3,000人以上の高齢者の運転技能を計測・評価した実績がある。

Objetは自動車事故原因の最多を占める運転者の安全不確認行動を検出することが出来る。しかしながら、自動車運転行動と、自転車乗用中、歩行中の交通行動は、移動速度、視距、道路上の位置など様々な要因が異なることから、自動車運転者向けの行動計測手法を自転車乗用者や歩行者にそのまま適用できるとは限らない。

自転車乗用中、歩行中の安全確認行動をモーションセンサで計測可能かを検証するため、本研究ではアイカメラとモーションセンサを併用した実験を行った。

3.1 実験概要

実験では、東大阪市内の一般道路上に設定したコース1.3km（図3）を10名の大学生（いずれも男性）に自転車と徒歩でそれぞれ1周してもらい、アイカメラ（ナックイメーラテクノロジーEMR-9）とモーションセンサ

（ATR-Promotions TSND121）を用いて自転車乗用中、歩行中の安全確認行動を計測した。モーションセンサは、図4に示すように、アイカメラの帽子のつばの部分に装着した。本研究では、コース中で特に生活道路の交差点といった事故リスクが高いと考えられる地点14箇所に着目し、そこでの安全確認行動を解析対象とした。14箇所の地点の内訳は丁字路が6箇所、十字交差点が7箇所、信号交差点が1箇所である。

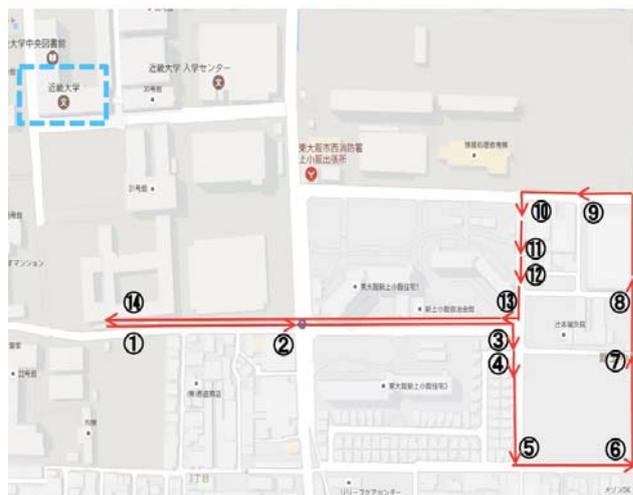


図3 実験で走行したコース（出典：Google Map）



図4 モーションセンサの装着位置（破線内）

3.2 解析手法

アイカメラで計測した視線座標データから周辺への安全確認行動とみなせる注視がどれくらい行われているか抽出した。なお、本研究では文献⁹⁾の知見を援用し、視線座標が連続して165msec以上停留している場合に注視が行われていると判定した。

モーションセンサデータの解析では、25Hzで計測した各実験参加者の頭部挙動データを時間積分して、ヨー角がある一定の閾値を超えた場合に安全確認が生じたとみなした。なお、今回は実験的に閾値を20degに設定した。

3.3 自転車乗用中の安全確認検出精度

アイカメラデータの解析の結果、自転車乗用中、解析対

象とした 14 箇所において 221 回の安全確認とみなせる注視が認められた。一方、モーションセンサデータからは 196 の安全確認候補が検出された。これら 196 の安全確認候補のうち、アイカメラで確認された安全確認と一致したのは 179 候補であった。すなわち、モーションセンサによる自転車乗用中の安全確認の検出精度は適合率 91.3% (179/196)、再現率 81.0% (179/221) であった。

3.4 歩行中の安全確認検出精度

次に歩行中の安全確認の検出精度について検証する。アイカメラデータの解析の結果、歩行中、解析対象とした 14 箇所において 258 回の安全確認とみなせる注視が認められた。一方、モーションセンサデータからは 258 の安全確認候補が検出された。これら 258 の安全確認候補のうち、アイカメラで確認された安全確認と一致したのは 218 候補であった。すなわち、モーションセンサによる歩行中の安全確認の検出精度は適合率、再現率ともに 84.5% (218/258) であった。

以上のように、自転車乗用中、歩行中、いずれの交通手段を用いた場合でも、モーションセンサで計測した頭部挙動データから安全確認行動の生起を 80%以上の精度で検出できることがわかった。今回は単純な閾値処理により、頭部挙動データから安全確認の生起の有無を判定したが、今後 Objet と同様の機械学習手法を用いることで、精度の向上が期待できると考えられる。

4. 行動センシングに基づくヒューマンプローブ技術

これまで筆者らが開発してきた運転技能評価システム (Objet) では、評価対象交差点での運転行動をもとに、各人の運転技能を評価している。その際、評価対象交差点は事前に人手で設定しておく必要があった。

近年、車両に搭載したカーナビゲーションシステムや ETC 車載機によって、様々な車両の挙動データを計測、交通ビッグデータとして収集し、実世界中の事故リスクが高まる地点の検出を試みるプローブカーの取り組みが広く行われている^{10)~13)}。ただし、プローブカーでは、車両加速度など車両側のデータしか計測・収集しておらず、ヒューマンエラーの原因となる人の行動データの計測・収集は考慮されていない。

一方、人が持ち歩く携帯端末やウェアラブルセンサなどを用いて、実世界における人の行動データを計測・収集するプローブパーソン、ヒューマンプローブが近年注目されている^{14)~17)}。本研究では、ヒューマンプローブの考え方を取り入れ、実世界における安全確認行動を含めた人の交通行動データを計測・収集する仕組みの開発を行った。具体的には、人が常に持ち歩くと期待されるスマートフォン (Android 端末) 上に、モーションセンサデータや GPS データをリアルタイム解析し、サーバへとデータ送信するソ

フトウェアプラットフォームを構築した。これにより、歩行中、自転車乗用中、自動車運転中のどの交通場面においても人の交通行動データを計測・収集するヒューマンプローブが可能となった。

こうして収集した交通行動データを解析することにより、人の行動データに基づいて実世界中の事故リスクが高まる地点を検出し、後述の運転技能評価を行う評価対象交差点として自動設定する事も可能になると考えられる。

5. リアルタイム安全アドバイス提供技術

2 章で述べたように、筆者らは自動車運転中だけでなく、歩行中、自転車乗用中にも、事故リスクが高まる場面でリアルタイムに安全アドバイスを提供できる交通安全支援システムの実現を目指している。そこで本研究では、Objet による運転技能の評価結果をリアルタイムに音声による安全アドバイスとして提供する機能を、4 章で述べた Android 端末上で動作するソフトウェアプラットフォームに実装した (図 5)。



図 5 リアルタイム安全アドバイス提供システム

運転技能評価尺度は Objet と同一であり、(1)安全確認すべき方向 (左側/右側)、(2)安全確認の回数、(3)安全確認の角度、(4)安全確認の持続時間、(5)安全確認のタイミング、(6)車両通過速度、である。上記評価尺度の達成度に基づく評価の結果、運転行動に改善すべき点があった場合は、その内容に応じて音声による安全アドバイスをリアルタイムに提供する。

筆者らはリアルタイムに安全アドバイスを提供するシステムのプロトタイプ (ノート PC 上にシステムを実装したもの) を京都府の山城自動車教習所で実施している法定高齢者講習同等講習に試験的に導入し、72 名の高齢者を対象に実証実験を行った¹⁸⁾。実証実験の結果、リアルタイムに安全アドバイスを提供することにより、(1)高齢運転者が運転行動を改善しようとする意識の向上に一定の効果があること、(2)運転行動が安全である場合、その旨をリアルタイムに通知することにより、運転者が以降も安全な運転行動を継続する動機付けを図る上で、一定の効果が期待できること、が分かった¹⁸⁾。

6. まとめ

本稿では、自動車だけでなく、歩行者、自転車も網羅した高齢者向け交通安全支援システムのコンセプトおよび概要について述べた。提案システムでは、ウェアラブルコンピューティング技術を用いた人間行動センシング技術により、歩行中、自転車乗用中、自動車運転中のそれぞれの場面に対応した交通行動の計測を行っている。このセンシング技術に基づき、高齢者自動車運転者に対してリアルタイムに安全アドバイスを提供することにより、運転行動を改善しようとする意識の向上に一定の効果があることが分かった。

今後は、歩行者、自転車も網羅した高齢者向け交通安全支援システムの開発を進めるとともに、自動車教習所や地域の交通安全運動と連携して、システムの有効性を検証するための実証実験を行っていきたい。

謝辞

本研究は JSPS 科研費若手研究(A)JP16H05871 の助成を受けた。

[参考文献]

- 1) 内閣府, 平成 26 年度高齢者の日常生活に関する意識調査結果, 2015.
- 2) 警察庁, 平成 29 年中の交通事故の発生状況, 2018
- 3) 多田 昌裕, 高齢歩行者の行動特性調査と交通安全教育手法の検討, 交通安全教育, Vol. 50, No. 9, pp.6-18, 2015.
- 4) 多田 昌裕, 岡田 昌也, 蓮花 一己, 装着型センサを用いた高齢運転者・自転車・歩行者の行動特性分析, 生体医工学, Vol. 54, No. 3, pp. 129-134, 2016.
- 5) H. Hamaoka, T. Hagiwara, M. Tada, K. Munehiro, A Study on the Behavior of Pedestrians when Confirming Approach of Right/Left-Turning Vehicle while Crossing a Crosswalk, Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, Vol. 10, pp. 2109-2122, 2013.
- 6) 多田 昌裕, 飯田 克弘, 阪本 浩章, 安 時亨, 蓮花 一己, 高齢者の高速道路本線料金所における運転行動解析, 交通科学, Vol. 47, No. 1, pp. 3-9, 2016.
- 7) 日置 幸希, 多田 昌裕, 飯田 克弘, 岡田 昌也, 蓮花 一己, アイカメラを用いた高齢者の一般道における運転行動解析, 交通工学論文集 (特集号 A), Vol. 4, No. 1, pp. A_1-A_7, 2018.
- 8) M. Tada, H. Noma, A. Utsumi, M. Segawa, M. Okada, K. Renge, Elderly Driver Retraining Using Automatic Evaluation System of Safe Driving Skill, IET Intelligent Transport Systems, Vol. 8, Issue 3, pp. 266-272, 2014.
- 9) 福田 亮子, 佐久間 美能留, 中村 悦夫, 福田忠彦, 注視点の定義に関する実験的検討, 人間工学, Vol. 32, No. 4, pp. 197-204, 1996.
- 10) 森村 哲郎, 悠輔 谷澤, 山崎 慎也, 井手 剛, 統計的機械学習を用いたプローブカーデータからのヒヤリハット発生形態の推定, 自動車技術会論文集, Vol. 43, No. 2, pp. 573-578, 2012.
- 11) 橋本 浩良, 水木 智英, 高宮 進, プローブデータを利用したボトルネック交差点とその影響範囲の特定方法, 土木学会論文集 D3, Vol. 70, No. 5, pp. I_1159-I_1166, 2014.

- 12) 牛木 隆匡, 日下部 貴彦, NGUYEN Xuan Long, 朝倉 康夫, 交通容量低下を考慮したプローブカーデータによる突発事象検出手法, 土木学会論文集 D3, Vol. 70, No. 5, pp. I_1147-I_1157, 2014.
- 13) 尾高 慎二, 吉井 稔雄, 神戸 信人, ETC2.0 データを用いた生活道路における事故リスク算定手法, 交通工学論文集 (特集号 A), Vol. 4, No. 1, pp. A_246-A_251, 2018.
- 14) 羽藤英二, 小島英史, 森三千浩, 鈴木明宏, 行動文脈ロガーの開発と評価, 土木計画学研究・講演集, Vol. 30, 2004.
- 15) 戸辺 義人, ヒューマンプローブ: 人をセンサとして使う, 情報処理, Vol. 56, No. 9, pp. 858-860, 2015.
- 16) 生富 直孝, 浅田 拓海, BOONMEE Chawis, 有村 幹治, 避難訓練プローブデータを用いた津波避難計画立案支援ツールの構築, 土木学会論文集 D3, Vol. 72, No. 5, pp. I_331-I_339, 2016.
- 17) 松島 敏和, 橋本 浩良, 高宮 進, スマートフォンによるプローブパーソン調査の高度化に向けた移動手段判別手法の開発, 土木学会論文集 D3, Vol. 71, No. 5, pp. I_547-I_558, 2016.
- 18) 小坂田 光, 多田 昌裕, 岡田 昌也, 蓮花 一己, リアルタイム安全アドバイスシステムの高齢運転者講習への応用, 交通工学論文集 (特集号 A), Vol. 4, No. 1, pp. A_187-A_195, 2018.

*1 近畿大学理工学部情報学科 准教授 博士 (工学)