

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和元年6月16日現在

機関番号：34419

研究種目：若手研究(A)

研究期間：2016～2018

課題番号：16H05871

研究課題名(和文) 歩行者・自転車・自動車を網羅した高齢者向け交通安全支援技術の開発

研究課題名(英文) Real-time Safety Advice System for Pedestrian, Cyclists and Drivers

研究代表者

多田 昌裕 (TADA, Masahiro)

近畿大学・理工学部・准教授

研究者番号：40418520

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 5,600,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、ウェアラブルコンピューティング技術とセンサネットワーク技術を組合せ、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高齢者向け交通安全支援技術の開発を行った。大規模実証実験を通じ、リアルタイムに安全アドバイスを提供することにより、高齢者の交通行動の改善に一定の効果があることが明らかとなった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、自動車だけでなく、歩行、自転車といった日常生活で頻繁に用いられる交通手段における交通行動を網羅的に計測し、それぞれの交通手段に合わせた安全支援を行うシステムを提案した。これは、従来自動車のみに偏っていた安全支援システムの適用範囲を大きく広げる先駆的な試みである。本研究の成果は、超高齢化社会における高齢者の安全な外出機会を確保し、いわゆる元気高齢者がいつまでも社会との関わりを持ち続け、健康であり続けられる社会の実現に寄与することができると考えられる。また、高齢者が健康であり続けることは、結果として高齢者の医療費の抑制につながるなど、その波及効果は大きいと考えられる。

研究成果の概要(英文)：In this study, we developed a real-time safety advice system for pedestrians, cyclists and drivers using wearable computing technology and sensor network technology. Our system measures one's scanning behavior while waking/cycling/driving by wearable sensors and detects his/her risky behavior from the view point of active safety. By evaluating measured driving behavior based on driving instructors' safety driving knowledge, our system provides safety driving advice in real time. Through a large-scale demonstration experiment, we confirmed that our system can improve elderly pedestrians'/cyclists'/drivers' behavior by providing safety advice in real time.

研究分野：交通情報学

キーワード：交通安全 運転評価 人間行動センシング 歩行者 自転車 自動車

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

健康寿命が世界一であるわが国では、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持ちながら生活している。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。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への第一歩であり、高齢者の医療費抑制という観点からも、高齢者の健康づくりにつながる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く、昨年の交通事故死者数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は唯一増加傾向にある。さらに、歩行中、自転車乗用中の死者を年齢層別にみると、いずれも高齢者が最も多い。今後も人口の高齢化の進展が見込まれる状況においては、高齢者が安心して外出できる交通社会実現のためにも、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、75%が安全運轉義務違反、すなわちヒューマンエラーが原因で発生しており、その中でも安全不確認が原因の事故が最多となっている。また、自転車、歩行者に違反があるケースも多い。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、自動車運轉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、衝突被害軽減ブレーキなど車両挙動や周辺交通状況の計測に基づく安全運轉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。その上、自転車、歩行者に関しては、そもそも安全支援システムの研究例自体が稀少である。

2. 研究の目的

昨年の交通事故死者数の過半数は高齢者であり、歩行中、自転車乗用中の死亡事故も多い。本研究では、ウェアラブルコンピューティング技術とセンサネットワーク技術を組合せ、自動車運轉中だけでなく、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高齢者向け交通安全支援技術の開発を行う。具体的には、(1)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)計測した交通行動データから、実世界で事故リスクが高まる場所、状況を抽出する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状況適応型のリアルタイム安全アドバイス提供技術、を開発し、超高齢化社会において高齢者が安心・安全に外出できるよう支援することを目指す。

3. 研究の方法

研究代表者は、これまで装着型のモーションセンサ(加速度/角速度センサ)を取り付けた帽子をかぶるだけで、自動車運轉者の安全確認行動の生起を80%以上の精度(アイカメラデータ比)で検出できる人間行動センシング技術を開発してきた。さらに、この技術を自動車教習所指導員の安全運轉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、自動車運轉者の技能を予防安全の観点から全自動で評価するシステム“Objet”を開発してきた。本研究では、これまでの研究成果を発展させ、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技術の開発を行う。

人間行動センシング技術に関しては、まず歩行者、自転車の行動特性を把握した上で、自動車向け人間行動センシング技術を拡張し、スマートフォン上にセンシングプラットフォームを構築する。ヒューマンプロブ技術に関しては、研究代表者が保有する大規模な交通行動データを解析し、実世界で事故リスクが高まっている場所、状況の把握を行う。これらの研究成果を取り纏め、事故リスクが高まる場所・状況下で歩行者、自転車、自動車、それぞれの利用者に対して、リアルタイムに安全アドバイスを提供するシステムを開発し、実証実験で有効性を検証する。

4. 研究成果

(1) 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の開発

本研究では、自動車運轉者の安全確認行動計測技術を歩行者、自転車向けに拡張するため、アイカメラを用いて、歩行中、自転車乗用中の視線移動データを計測し、ウェアラブルセンサで計測可能な行動(安全確認に伴う首振り行動など)との関連性を調査した。具体的には、一般道路上に設定したコース1.3kmを10名の実験参加者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জ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。アイカメラデータの解析では、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、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(今回は20degに設定)を超えた場合に安全確認行動が生じたとみなした。

自転車乗用中の安全確認行動に関しては、アイカメラデータからは221回の安全確認行動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の安全確認行動候補が検出され、そのうちアイカメラで確認された安全確認行動と一致したのは179候補であった(適

合率 91.3%, 再現率 81.0%)。

歩行中の安全確認行動に関しては、アイカメラデータからは 258 回の安全確認行動とみなせる注視が、モーションセンサデータからは 258 の安全確認行動候補が検出され、うちアイカメラで確認された安全確認行動と一致したのは 218 候補であった(適合率 再現率ともに 84.5%)。

以上の結果を基に、本研究では、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人間行動センシング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ブが可能となった。

(2) 実世界で事故リスクが高まる場所、状況を抽出するヒューマンプロブ技術

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ブカーの取り組みが広く行われている。ただし、プロブカーでは、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。そこで、本研究では人間行動センシングプラットフォームなどを用いて計測した実世界の歩行中・自転車乗用中・自動車運転中の交通行動データをもとに、実世界で事故リスクが高まる場所、状況の把握を試みた。

自動車運転者に関しては、装着型モーションセンサで計測した 674 人分の高齢者の公道上運転行動データをもとに、高齢者が事故リスクの高い行動をしがちな場所の抽出を試みた。自動車教習所指導員の安全知識をもとに予防安全の観点から運転行動を自動評価するシステム *Objet* で、高齢者の運転行動データを解析した結果、高齢者は一時停止規制のない無信号交差点を曲がる場面の運転評価が低い (100 点満点中 39.8 点) 一方で、一時停止規制のある交差点を曲がる場面では比較的運転評価が高い (同 56.9 点) ことが分かった。次に、高齢者の自動車運転行動特性をより詳細に把握するため、高齢者 24 名、非高齢者 14 名の公道運転時の視線をアイカメラで計測したデータの解析を行った。その結果、生活道路上の交差点クロスマークや交差点を示す注意喚起標識などが存在しない無信号交差点において、高齢者は非高齢者と比べて安全確認が有意に少ない傾向にあることが分かった (高齢者の右確認回数は平均 0.96 回 ($SD=0.75$), 非高齢者は平均 1.43 回 ($SD=0.64$), $t(36)=1.69$, $p<.1$)。また、交通量が多く一度に様々な対象物を注視する必要がある場面においても、高齢者は非高齢者と比較すると安全確認が有意に少なかった (高齢者の右確認回数は平均 2.13 回 ($SD=1.75$), 非高齢者は平均 3.86 回 ($SD=2.68$), $t(36)=2.02$, $p<.05$)。このことから、高齢者は一時停止規制があるなど当該箇所における交通事故リスクの存在が知覚しやすい場所においては安全確認行動をする一方で、そうでない場所では安全確認行動が少なくなることが示唆される。以上より、高齢自動車運転者向けに安全アドバイスを提供すべき場面として、生活道路上の無信号交差点および交通量が多い交差点が抽出された。

歩行者、自転車乗用者の行動に関しては、10 名の実験参加者の公道上の安全確認行動をアイカメラを用いて計測・解析した。その結果、歩行者、自転車乗用者は交差点を右左折する場面では周辺への安全確認をする傾向がある一方で、特に無信号交差点を直進する場面において、安全確認が不十分である傾向が認められた。それに加えて、駐車場の出入り口など、道路端を走行することが多い歩行者・自転車乗用者にとって車両との接触リスクが高まる箇所において、十分な安全確認が出来ていない傾向が明らかになった。

(3) 歩行者、自転車、自動車向けリアルタイム安全アドバイス提供システムの開発

4(1)、4(2)の研究成果に基づき、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 (以下、本システム) の開発を行った。具体的には、*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(1)で構築した人間行動センシングプラットフォーム上に実装した (図 1)。



図 1 リアルタイム安全アドバイス提供システム

運転技能評価のアルゴリズムは *Objet* と同一であり、事前に設定しておいた評価ポイントにおいて、(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)車両通過速度の項目ごとに運転行動を評価し、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。本システムの有効性を評価するため、本研究では 免許更新時の高齢者講習現場での実証実験、 職業運転者向け安全運転講習現場での大規模実証実験、 歩行者・自転車向けの実験、を行った。以下、それぞれの実証実験の結果概略を述べる。

(3-) 免許更新時の高齢者講習現場での実証実験

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本システムを試験的に

導入し、リアルタイムに安全アドバイスを提供することで運転者の行動が安全方向に変容するかの検証を行った。講習において、本システムを用いた講習を実験群、従来のObjetを用いた講習を対照群とし、両群の運転技能評価結果の比較・検討を行った。実験参加者は、70歳～74歳の日常的に運転している高齢者72名（男性36名、女性36名）である。参加者72名の中から無作為に選んだ36名（男性19名、女性17名）を実験群、残りの36名（男性17名、女性19名）を対照群としてそれぞれに講習を受講してもらった。

講習では、各群の実験参加者が三人一組となって同時に車両に乗車し、京都府南部の公道上に設定した2.9kmコースを1回ずつ順番に走行する。コース上には生活道路の無信号交差点をはじめとして評価ポイントを4箇所設定した。評価ポイントを通る際、実験群では音声による安全アドバイスをリアルタイムに提供する一方で、対照群では一切の音声アドバイスを提供しなかった。本研究では、実験群、対照群ともにObjetによる同一の評価アルゴリズムを用いて各参加者の総合評価得点および各評価ポイントにおける得点を算出し、その平均点を両群で比較した（図2）。図2に示すように、両群の実験参加者の総合評価得点（全評価ポイント平均）は、実験群が69.7点（SD=13.82）であったのに対し、対照群は53.2点（SD=15.66）と、実験群のほうが有意に高くなった（ $p < .01$ ）。

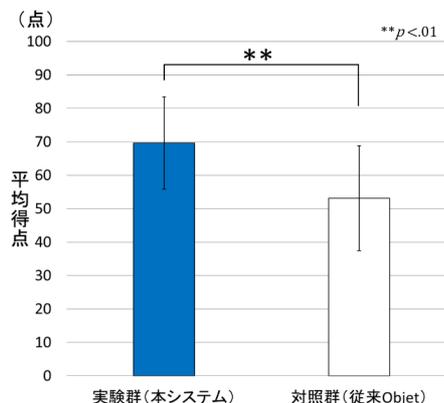


図2 両群の総合評価得点の比較

次に、ある評価ポイントで行われた運転評価・フィードバックの結果が次の評価ポイントの結果にどのように影響したのか、リアルタイムに安全アドバイスを提供することの効果について検討するため、 n 番目の評価ポイントと $n+1$ 番目の評価ポイントの運転評価得点を比較する。本システムでは左右それぞれの安全確認得点（100点満点）をA～Eの5段階に分類し、この5段階評価の結果をもとに安全アドバイスを提供している。本研究では、運転行動に問題がないA評価と、安全確認に問題があると考えられるC評価以下に着目し、アドバイス提供後の運転行動の変化を調べた。表1、表2はそれぞれ実験群、対照群の実験参加者の「 n 番目の評価ポイント」における左右安全確認行動が「A～E評価」であった時、「 $n+1$ 番目の評価ポイント」の安全確認行動の評価がどのように変化したのか、その度数分布を表したものである（36人×3パターン）。

表1 実験群の運転評価の変化

		n+1番目の評価ポイント					
		A	B	C	D	E	計
n番目の評価ポイント	A	52	9	6	4	0	71
	B	4	4	3	2	0	13
	C	8	2	4	1	0	15
	D	5	2	2	0	0	9
	E	0	0	0	0	0	0
	計	69	17	15	7	0	108

表2 対照群の運転評価の変化

		n+1番目の評価ポイント					
		A	B	C	D	E	計
n番目の評価ポイント	A	23	8	3	5	2	41
	B	11	1	2	4	0	18
	C	6	3	3	4	1	17
	D	14	5	0	3	1	23
	E	5	2	1	1	0	9
	計	59	19	9	17	4	108

「 n 番目の評価ポイント」においてA評価を受けた後、「 $n+1$ 番目の評価ポイント」においても継続してA評価を受けた割合は実験群で73.2%(52/71)、対照群で56.1%(23/41)と、実験群の方が対照群に比べて有意に高い傾向が認められた（ $p < .1$ ）。このことから、運転行動がAであることをリアルタイムに通知することによって、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。一方「 n 番目の評価ポイント」においてC以下と評価された後、「 $n+1$ 番目の評価ポイント」において、それよりも悪いD評価以下を受けた割合は実験群で4.2%(1/24)、対照群で20.4%(10/49)と、実験群の方が対照群に比べて有意に低い傾向であった（ $p < .1$ ）。このことから、運転行動の改善を促すアドバイスをリアルタイムに提供することによって、その後の運転行動の改善に一定の効果が期待できることが分かった。

(3-) 職業運転者向け安全運転講習現場での大規模実証実験

免許更新時の高齢者講習現場での実証実験に引き続き、本研究では近畿地方のとある運輸事業者を対象とした安全運転講習に本システムを導入し、高齢者を含む282名を対象とした大規模実証実験を実施した。講習は4年以上職務を続けている職業運転者を対象に4人1組で実施

し、近畿地方の公道に設定した約 3.2km のコースを 1 回ずつ順番に走行する手順を、午前、午後の 2 回行った（一人当たり 2 回走行）。今回は、コース上に 6 箇所の評価ポイントを設定し、評価ポイントを通過するたびにリアルタイムに安全アドバイスを提供した。

実証実験の結果、「n 番目の評価ポイント」において A 評価を受けた後、「n+1 番目の評価ポイント」においても継続して A 評価を受けた割合は 64.8% であり(1044/1611)、(3-)の実証実験と同様、運転行動が良好であることをリアルタイムに通知することが、運転者が以降も安全な運転行動を継続する動機付けの一助になることが分かった。同様に「n 番目の評価ポイント」において C 以下と評価された後、「n+1 番目の評価ポイント」において、それよりも悪い D 評価以下を受けた割合は 10.5%(56/532)と、改善を促す安全アドバイスの提供が運転行動の改善に効果を示すことが分かった。

(3-) 歩行者・自転車向けの実験

歩行者・自転車向けの安全アドバイス提供の有用性を検証するため、実験参加者 9 名に公道上に設定した全長約 1.5km のコースを自転車走行・歩行してもらった。コース中には 7 箇所の評価ポイントを設定し、自転車・歩行ともにアドバイス提供がある条件とない条件で 1 回ずつ、計 4 回の走行を行った。全走行終了後には、提供されたアドバイスの妥当性を問うアンケートに回答してもらった。

歩行時・自転車走行時のアドバイスなし条件においては総合得点平均がそれぞれ 61.7 点、68.1 点という結果となった。本研究ではこの参加者のうち、アドバイスなし条件での総合点数が 70 点以下の参加者(自転車 7 名、歩行者 6 名)を改善が必要な群とみなし、アドバイス提供を行うことで行動に改善が認められるかを検討した。その結果、リアルタイムにアドバイス提供する事で、自転車走行時は平均 4.6 点 ($SD=13.46$)、歩行時は平均 9.8 点 ($SD=12.52$)の改善が認められた。また、事後に実施したアンケートにおいて、「システムによる情報は有用か」を 5 件法(5.0: 最良~1.0: 最悪)で問うたところ、自転車での平均点は 4.33 点、歩行では 4.55 点であった。以上の結果より、リアルタイムにアドバイスを提供することで、自転車乗用中・歩行中の安全確認行動の改善に一定の効果があることがわかった。

< 引用文献 >

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。

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.

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 6 件)

大谷 眞弘、多田 昌裕、日置 幸希、岡田 昌也、アイカメラを用いた高齢バス運転手の公道上運転行動解析、交通工学論文集(特集号 A)、査読有、Vol.5、No.2、2019、A_73-A_79
DOI: https://doi.org/10.14954/jste.5.2_A_73

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)、査読有、Vol.4、No.1、2018、A_1-A_7
DOI: https://doi.org/10.14954/jste.4.1_A_1

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)、査読有、Vol.4、No.1、2018、A_187-A_195
DOI: https://doi.org/10.14954/jste.4.1_A_187

大谷 眞弘、多田 昌裕、岡田 昌也、アイカメラを用いたバス運転手の公道上運転行動解析、交通工学論文集(特集号 A)、査読有、Vol.4、No.1、2018、A_294-A_301
DOI: https://doi.org/10.14954/jste.4.1_A_294

中西 誠、多田 昌裕、飯田 克弘、蓮花 一己、安 時亨、山田 憲浩、高齢運転者の高速道路事故多発地点における安全確認とリスク認知特性の検討、交通心理学研究、査読有、Vol.32、No.1、2017、1-17

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、査読有、Vol.47、No.1、2016、3-9

[学会発表] (計 7 件)

多田 昌裕、歩行者・自転車・自動車向け交通安全支援システムの試作、日本建築学会第 41 回 情報・システム・利用・技術シンポジウム、2018

西田将之、多田昌裕、Kinect を用いた安全運転支援アドバイス提供の試み、映像情報メディア学会サマーセミナー2018、2018

中西 賢汰、多田 昌裕、高齢ドライバの公道上における運転行動特性分析の試み、情報処理学会第 79 回全国大会、2017

川口 祐平、多田 昌裕、蓮花一己、運転技能自動評価システムを用いた高齢者安全運転教育の効果検証の試み、情報処理学会第 79 回全国大会、2017

小坂田 光、多田 昌裕、リアルタイム安全アドバイス提供システムを用いた高齢運転者講習の試み、情報処理学会第 79 回全国大会、2017

原 将人、多田 昌裕、測域センサを用いた歩行者・自転車の錯綜リスク評価手法、計測自動制御学会第 26 回 インテリジェント・システム・シンポジウム、2016

小坂田 光、多田 昌裕、Android 端末を用いたリアルタイム安全運転アドバイス提供システムの試作、映像情報メディア学会サマーセミナー2016、2016

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 0 件)

取得状況(計 0 件)

〔その他〕

多田 昌裕、日置 幸希、飯田 克弘、岡田 昌也、蓮花 一己、視線計測技術を用いた高齢者の一般道における運転行動分析、画像ラボ、Vol.29、No.9、2018、66-70

多田 昌裕、人間行動センシング技術に基づく高齢者の運転特性分析、車載テクノロジー、Vol.5、No.6、2018、67-70

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。