

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 27 年 5 月 20 日現在

機関番号：13901

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2012～2014

課題番号：24500200

研究課題名(和文) 車載ネットワーク信号を用いた異常運転行動の検出

研究課題名(英文) Driver risk evaluation using driving signals recorded from in-vehicle network

研究代表者

宮島 千代美 (Miyajima, Chiyomi)

名古屋大学・情報科学研究科・助教

研究者番号：90335092

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,100,000円

研究成果の概要(和文)：車載ネットワークとスマートフォンを用いて、これまで特殊なセンサを搭載した実験車両を用いなければ収録が困難であった運転行動データを容易に収録可能な小型の運転行動記録装置を開発した。同一ドライバーの運転を複数の車種で収集し、車種の違いによる運転行動の変化について調査した。その結果、車種が異なってもドライバーのペダル操作量の時系列パターンや分布には一貫性が見られることが分かった。また、収録した加速度等の運転信号からドライバーの運転の危険度を評価する実験を行った結果、危険性評価結果は車両の特性に依存するものの、ドライバーの相対的な危険性評価結果には、一貫性が見られることが分かった。

研究成果の概要(英文)：A driving data recording system was developed using an in-vehicle network and a Smartphone. The developed system is more versatile than an instrumented vehicle because it is portable and can be easily used on various types of vehicles. We focused on how driver behavior changes when drivers operate different types of vehicles, and recorded driving data using the developed system. We analyzed the driver behavior characteristics and conducted some comparative experiments using the driving data recorded on different types of vehicles. Although differences in the characteristics of driving signals were observed for the different types of vehicles, consistent individual characteristics were observed for each driver, regardless of the type of vehicle being driven. Some driver risk evaluation methods were also applied to the recorded data. The results showed that drivers displayed consistently safer or less safe driving behavior, regardless of the type of vehicle being driven.

研究分野：運転行動信号処理

キーワード：運転行動 車載ネットワーク スマートフォン 危険性評価

## 1. 研究開始当初の背景

我々はこれまで、多種センサを搭載した実験車両を用いて千人規模の運転行動データを収集し、収集したデータを用いて、様々な運転行動信号処理の研究を行った。実験車両には十数種類のセンサを搭載しており、運転中のドライバ・車両・環境の情報を同期収録することが可能である。しかし、データ収集に利用できる車両は実験車両に限られるという問題があった。そこで、様々な車両から容易にデータを記録可能な可搬の運転信号記録装置の開発が必要であると考えた。

近年、自動車は電子制御化が進み、CANと呼ばれる車載ネットワーク上に、速度・アクセルペダル位置・ステアリング角・瞬間燃費・ウィンカ状態等の信号が流れるようになり、比較的新しい年式の車両については、運転席足元の OBD-II ポートにアクセスすることによって、これらの信号を取得することが可能となった。一方、近年急速に普及したスマートフォン端末には、GPS、ジャイロ、カメラ等が搭載されており、スマートフォン自身が位置・加速度・映像等のセンサともなりうる。つまり、スマートフォンで CAN 信号を受信し、スマートフォン側で取得可能な信号と併せて記録することで、小型の運転信号記録装置が構成できると考えた。

## 2. 研究の目的

車載ネットワークの一つである CAN とスマートフォンを用いて、これまで特殊なセンサを搭載した実験車両を用いなければ収録が困難であった運転行動データを容易に収録可能な小型の運転信号記録装置を開発する。また、CAN で取得したペダル操作位置信号は、これまで実験車両にセンサを取り付けて収録していたペダル踏力信号とは物理的に性質が異なるため、これらの信号の関係についても明らかにする。また、開発した信号記録装置を用いて同一ドライバの運転行動を複数の車種で収集し、車種によって運転行動信号がどのように変化するか、あるいは一貫性が見られるかについて調査する。また、収録した運転信号からドライバの運転の危険度を評価し、車両による危険性評価結果の違いについて考察する。

## 3. 研究の方法

### (1) 運転信号記録装置の構築

CAN 信号を Bluetooth もしくは USB 接続により OBD-II ポートからスマートフォン端末に送信・記録するための収録ソフトウェアを Android OS 上で構築する。前方映像、所望の CAN 信号、スマートフォンで記録される加速度・車両の姿勢・GPS 等の各種信号をリアルタイムで確認するため、信号の閲覧機能も付加する。信号の値とともにスマートフォン時刻をタイムスタンプとして記録することで、スマートフォン及び CAN の信号と

の同期をとり、不等間隔の信号から等間隔の信号を補間できるようにする。また、CAN 上の各信号の ID とフォーマット等を型式・年式ごとのプロファイルとして CSV 形式で作成し、上記 Android OS のソフトウェアでプロファイルを読み込むことで、収録中の信号の波形、信号の受信状況等を確認できるようにする。

### (2) 運転信号および危険性評価結果の比較

同一ドライバが同一のコースを異なる車両で運転した際の運転データを収集し、運転信号の性質の違いを調査する。また、取得した運転信号を用いてドライバの運転行動の危険性を評価する。評価する項目は、発進時の加速の度合い、カーブや右左折時のハンドル操作の危険度、操作の滑らかさ等とする。例えば、発進時の加速の度合いは、速度と区間最大加速度との 2 次元平面上で求めた回帰直線の y 切片を求めることで推定する。危険なハンドル操作の割合は、加速度と速度から走行経路の曲率半径を推定し、曲率半径と速度との関係に基づいて定量化する。運転操作の滑らかさは、加速度の一次微分である jerk を求め、jerk の分散が小さいほど滑らかであると判断する。

## 4. 研究成果

### (1) 複数車種による運転データ収録と分析

CAN とスマートフォンを用いた運転信号記録装置を構築し、ハイブリッド車や電気自動車を含め、7 種類の車両を用いて、15 名のドライバの運転データを記録した。記録した信号の例を図 1 に示す。上から、ペダル操作量（正：アクセル，負：ブレーキ）、車速度、3 軸加速度を表している。

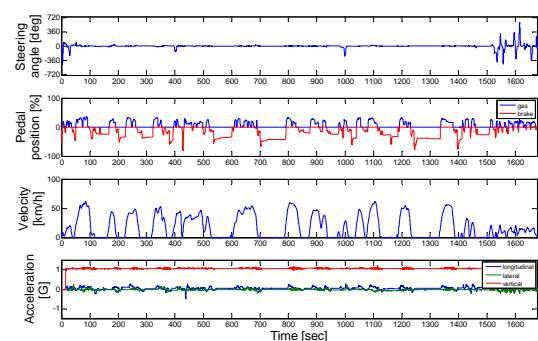


図 1: 運転信号記録装置で記録した信号の例

図 2 は、3 名のドライバがそれぞれ異なる 3 種類の車両を運転した際の、アクセルペダル操作量の時系列信号を比較している。図より、車種が異なっても、ドライバのペダル操作パターンには一貫した個人性があることがわかる。ドライバ X は、どの車でも比較的滑らかなペダル操作パターンを示しているのに対し、ドライバ Y は、矩形波のような操作パターンを示し、ドライバ Z は、小刻

みに操作量を変化させる傾向にある。

図3は、2名のドライバーが2種類の車両を運転した際のアクセルペダル操作信号の相対頻度を示している。ペダルの物理的構造や、操作信号から制御信号への解釈の違いなどから、車種間で分布の違いは見られるが、車種が異なっても、ドライバーが同じであれば、分布の概形が類似することがわかる。

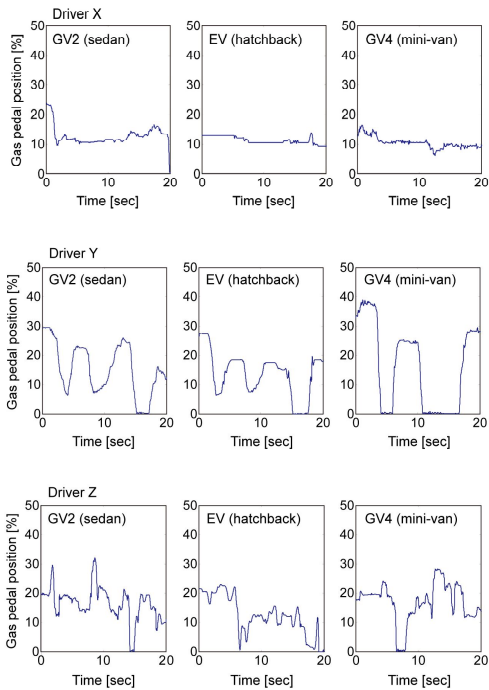


図2: 3名のドライバーが3種類の車両を運転した際のアクセルペダル操作量の時系列信号

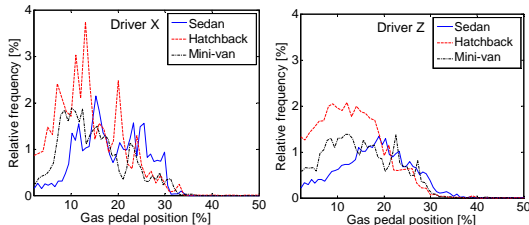


図3: 2名のドライバーが3種類の車両を運転した際のアクセルペダル操作信号の相対頻度

## (2) ペダル踏力と操作量の関係の調査

我々はこれまで、CAN からペダル操作信号を取得できない実験車両を用いてペダル操作信号を記録していたため、ひずみゲージをペダルに外付けしてペダル踏力[N]を計測・記録していた。本運転信号記録装置ではCAN からペダル操作量を取得するが、踏力と操作量は物理的に信号の性質が異なる。そこでこれらを同時収録し、信号の関係を調査した。

図4は、アクセルペダル踏力と操作量の時系列信号を示している。図5(上)アクセルペダルを最大まで踏む・離すを繰り返した際の、アクセルペダル踏力とCAN から得たア

クセル操作量の信号の関係、図5(下)は、アクセルペダルを最大踏み込み量の約1/4~1/2の間で踏む・離すを繰り返した際の、信号の関係を示している。図4,5から、踏力と操作量の間には、ヒステリシスの関係が存在し、踏力の方がより微細なドライバーのペダル操作行動の情報を含んでいることがわかった。

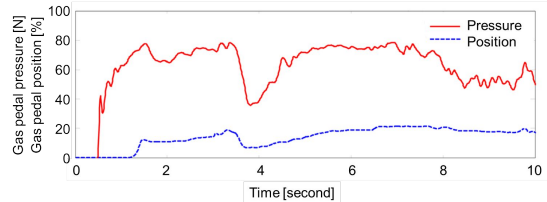


図4: アクセルペダル踏力と操作量の比較

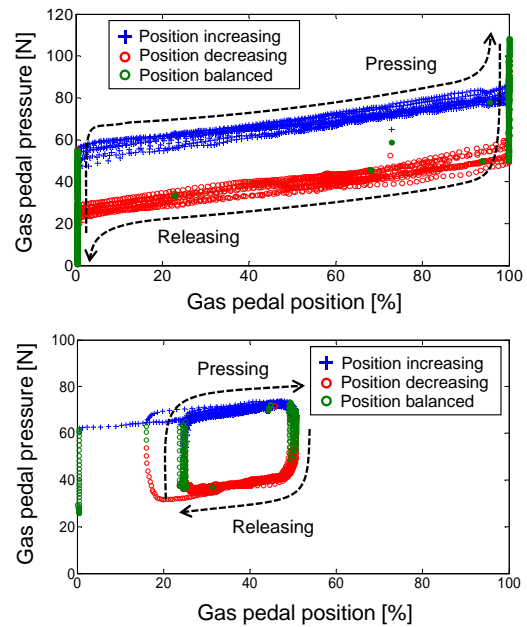


図5: 踏力と操作量のヒステリシス曲線

## (3) 複数車種による危険性評価結果の比較

開発した運転信号記録デバイスを用いて、同一ドライバーの運転データを複数種類の車両で収集し、ドライバーの運転の危険性を評価した。評価に用いた車種は、ガソリン車4車種(GV1~GV4)、ハイブリッド車2車種(HV1, HV2)と、電気自動車1車種(EV)の計7車種である。15名のドライバーのうち6名(D01~D03, D13~D15)の評価結果を表1~3に示す。セルの色が濃いほど、運転が危ない・あるいは滑らかでないことを表している。

表1は、発進時の加速の度合いを示している。表より、GVはHVやEVに比べて、発進時の加速の度合いが大きく、ドライバーD13~D15はD01~D03に比べ、加速の度合い大きい傾向にあることがわかる。

表2は、危険なステアリング操作の割合を示している。例外はあるものの、ドライバー間

の相対的な危険性にはある程度の一貫性が見られた。一方、車両による違いははっきりとは観測されなかった。

表3は、前後・左右加速度から求めた合成 jerk の分散を示している。分散が小さいほど操作が滑らかであると考えられる。相対的な jerk の分散の大きさについても、表1の発進時の加速の度合いと同様の傾向が見られた。

表1: 発進時の加速度 [G]

ID	GV1	GV2	GV3	GV4	HV1	HV2	EV
D01	0.14	0.17	0.17	0.12	0.13	0.10	0.11
D02	0.13	0.15	0.16	0.12	0.11	0.09	0.11
D03	0.19	0.25	0.20	0.14	0.14	0.12	0.10
D13	0.28	0.25	0.24	0.18	0.20	0.16	0.16
D14	0.26	0.30	0.26	0.20	0.21	0.17	0.19
D15	0.29	0.25	0.27	0.22	0.20	0.18	0.19

表2: 急なハンドル操作の割合 [%]

ID	GV1	GV2	GV3	GV4	HV1	HV2	EV
D01	4.0	2.1	0.0	0.0	1.7	1.9	1.8
D02	3.9	0.0	3.5	2.4	3.8	8.5	1.6
D03	3.5	4.8	1.8	5.7	5.0	0.0	1.9
D13	6.1	9.8	6.8	4.0	6.0	4.0	2.2
D14	8.2	7.6	11.9	6.5	5.7	3.2	7.5
D15	16.9	8.9	8.0	9.7	11.7	10.9	8.5

表3: 前後左右方向の jerk の分散

ID	GV1	GV2	GV3	GV4	HV1	HV2	EV
D01	0.94	0.94	0.88	0.79	0.72	0.74	0.59
D02	0.85	0.95	0.87	0.71	0.75	0.79	0.66
D03	1.29	1.74	1.60	1.28	0.86	0.92	0.81
D13	3.19	1.96	1.73	1.27	1.73	1.53	1.35
D14	2.14	2.11	2.27	1.63	1.73	1.61	1.68
D15	2.35	2.22	2.14	1.56	1.79	1.55	1.71

本研究では、CAN とスマートフォンを用いた運転信号記録デバイスを開発し、同一ドライバーによる複数車種の運転データを記録し、信号の違いや危険性評価結果の違いについて比較した。その結果、信号の性質は車種に依存するものの、車種が異なっても、ドライバーの運転操作パターンの個人性や相対的な危険度には一貫性が見られることが分かった。一方で、異なる車種では、ドライバーの運転行動の危険性評価を同じ尺度で一概に

比較することは難しく、車両の特性の違いを吸収するような評価尺度も必要であることも分かった。

## 5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計5件)

Y. Li, C. Miyajima, N. Kitaoka, and Kazuya Takeda, "Evaluation method for aggressiveness of driving behavior using drive recorders," IEEJ Journal of Industry Applications, 4 (1), pp. 59-66, Jan. 2015. DOI:10.1541/ieejia.4.59

Y. Li, C. Miyajima, N. Kitaoka, and Kazuya Takeda, "Driving scene retrieval with an integrated similarity measure using driving behavior and environment information," IEEJ Transactions on Electronics, Information and Systems, Vol. 134, No. 5, pp. 678-685, May 2014. DOI: 10.1541/ieejieiss.134.678

P. Angkititrakul, C. Miyajima, and K. Takeda, "Stochastic mixture modeling of driving behavior during car following," Journal of Information Communication Convergence Engineering, Vol. 11, No. 2, pp. 95-102, 2013. DOI: 10.6109/jicce.2013.11.2.095

C. Miyajima, P. Angkititrakul, and K. Takeda, "Behavior signal processing for vehicle applications," APSIPA Transactions on Signal and Information Processing, Vol. 2, pp.1-14, Mar. 2013. DOI: 10.1017/ATSIP.2013.2

K. Takeda, C. Miyajima, 他 9 名, "Self-coaching system based on recorded driving data: Learning from one's experiences," IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, Vol. 3, No. 4, pp. 1821-1831, Dec. 2012. DOI: 10.1109/TITS.2012.2205917

[学会発表](計18件)

宮島千代美, "運転行動の個性の分析と評価," 愛知県 ITS 推進協議会 ITS 産学行政交流会, 2014 年 12 月 17 日(愛知県・名古屋市)

宮島千代美, "車載ネットワークとスマートフォンを連携した ITS 技術," 自動車技術会中部支部第 5 回技術講習会, 2014 年 12 月 5 日(愛知県・名古屋市)

坪井優幸, 宮島千代美, 武田一哉, 北岡教英, "スマートフォンによる CAN 信号のブラインド推定," 計測自動制御学会システム・情報部門学術講演会 2014, 2014 年 11 月 23 日(岡山大学(岡山県・岡山市))

Y. Li, C. Miyajima, N. Kitaoka, and K. Takeda, "Measuring aggressive driving

behavior using signals from drive recorders,” Proc. IEEE-ITSC 2014, Oct. 2014 (Qingdao, China)

坪井優幸, 宮島千代美, 北岡教英, 武田一哉, “スマートフォンを用いた車載ネットワーク運転信号の推定,” 電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会, 2014年9月9日, (中京大学(愛知県・名古屋市))

宮島千代美, 武田一哉, “大規模運転データに基づく運転行動の理解とモデル化,” 日本ロボット学会第32回学術講演会, 2014年9月4日(九州産業大学(福岡県・福岡市))

M. Mori, C. Miyajima, T. Hirayama, N. Kitaoka, and K. Takeda, “Use of driver gaze information for detecting risky lane changes,” Proc. 2014 RISP International Workshop on Nonlinear Circuits, Communications and Signal Process., Mar. 2, 2014, (Honolulu, Hawaii)

M. Mori, C. Miyajima, N. Kitaoka, and K. Takeda, “Comparison of lane change behavior of expert and non-expert drivers,” Proc. FAST-zero '13, Sept. 25, 2013 (Nagoya, Japan)

P. Angkititrakul, C. Miyajima, and K. Takeda, “Prediction of context-dependent deceleration behavior,” Proc. FAST-zero '13, Sept. 25, 2013 (Nagoya, Japan)

C. Miyajima, H. Ishikawa, M. Kaneko, N. Kitaoka, and K. Takeda, “Analysis of driving behavior signals recorded from different types of vehicles using CAN and Smartphone,” Proc. FAST-zero '13, Sept. 23, 2013 (Nagoya, Japan)

Y. Li, C. Miyajima, N. Kitaoka, and K. Takeda, “An integrated similarity measure for driving scene retrieval using driving behavior and environmental information,” Proc. FAST-zero '13, Sept. 23, 2013 (Nagoya, Japan)

C. Miyajima, H. Takeshita, H. Ishikawa, N. Kitaoka, and K. Takeda, “Measuring driving behavior on different types of vehicles,” SICE Annual Conference 2013, Sept. 16, 2013 (Nagoya, Japan)

M. Mori, C. Miyajima, T. Hirayama, N. Kitaoka, and K. Takeda, “Modeling driver gaze and vehicle operation patterns to estimate long-term risk levels of driving behavior,” Proc. DSP In-Vehicle 2013, Sept. 2013 (Seoul, Korea)

M. Mori, C. Miyajima, T. Hirayama, N. Kitaoka, and K. Takeda, “Analysis of lane change maneuvers based on driver gaze and vehicle operation behavior,”

International Conference on Driver Distraction and Inattention 2013, Sept. 2013 (Gothenburg, Sweden)

宮島千代美, “大規模運転データに基づくドライバ個性のモデル化とドライバリスク評価,” ITS シンポジウム 2012, Dec. 2012 (愛知県立大学(愛知県・長久手市))

M. Mori, C. Miyajima, P. Angkititrakul, T. Hirayama, Y. Li, N. Kitaoka, and K. Takeda, “Measuring driver awareness based on correlation between gaze behavior and risks of surrounding vehicles,” Proc. IEEE-ITSC 2012, pp. 644-647, Sept. 2012 (Anchorage, Alaska)

P. Angkititrakul, C. Miyajima, and K. Takeda, “Analysis and prediction of deceleration behavior during car-following using stochastic driver-behavior model,” Proc. IEEE-ITSC 2012, pp. 1221-1226, Sept. 2012 (Anchorage, Alaska)

P. Angkititrakul, C. Miyajima, and K. Takeda, “An improved driver-behavior model with combined individual and general driving characteristics,” 2012 IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV'12), pp. 426-431, June 2012 (Madrid, Spain)

〔図書〕(計2件)

Y. Li, R. Nakagawa, C. Miyajima, N. Kitaoka, K. Takeda, “Content-based driving scene retrieval using driving behavior and environmental driving signals,” in Smart Mobile In-Vehicle Systems –Next Generation Advancements, G. U. Schmidt et al. eds., Springer, Chapter 14, pp. 243-256, 2013.

Y. Nishiwaki, C. Miyajima, N. Kitaoka, and K. Takeda, “A stochastic signal model for predicting the vehicle trajectory at lane change,” Digital Signal Processing for In-Vehicle Systems & Safety, J. Hansen, et al. eds., Part C, pp. 271-282, Springer, 2012.

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

宮島 千代美 (MIYAJIMA, Chiyomi)  
名古屋大学・大学院情報科学研究科・助教  
研究者番号: 90335092

### (2) 研究分担者

北岡 教英 (KITAOKA, Norihide)  
徳島大学・大学院ソシオテクノサイエンス  
研究部・教授  
研究者番号: 10333501