

ドライバエージェントの支援効果とドライバ特性の関係性分析

Analysis of Relationship between Effectiveness of Support of Driver Agent and Driver Characteristics

基村 竜晟^{*1} 堀本 大翔^{*1} 田中 貴紘^{*2} 岡田 将吾^{*1}
Ryusei Kimura Hiroto Horimoto Takahiro Tanaka Shogo Okada

^{*1}北陸先端科学技術大学院大学 ^{*2}名古屋大学
Japan Advanced Institute of Science and Technology Nagoya University

ドライバエージェント (DA) はドライバの運転行動を変化させることで交通事故を減少させることができるが、画一的な支援方法では幅広い特性のドライバの行動を変化させることは難しい。本研究では、個人に合わせた DA を開発するために DA の支援によるスピード違反や急加減速に関する運転行動の改善について分析した。分析の結果、いくつかのドライバ特性によっては支援の効果に違いがあることが分かり、ドライバ特性に合わせた支援は運転行動をより効果的に改善できる可能性があることを示した。

1. はじめに

近年、安全運転を促進し交通事故を減少させるドライバエージェント (DA) がいくつかの研究によって提案されている [Lee 22]。しかし、提案されているエージェントの多くは様々なタイプのドライバがいるにもかかわらず、全てのドライバを同じ方法で支援している。この画一的な支援のアプローチは DA の支援の効果やドライバの満足度を制限する可能性がある [Yi 19]。一方で、個々のドライバに適合したエージェントは、幅広いドライバの要求を満たし、支援の効果を高める可能性がある。

これまでに、田中らは交通事故のリスクが高い状況において、人型のロボットがドライバの運転評価に基づいてフィードバックを行う DA システムを開発してきた [Tanaka 18]。この DA システムはドライバの安全を優先し、ドライバの運転や集中を妨げない形でロボットの発話・動作を通じてドライバにフィードバックすることを目的としている。[Tanaka 18]で行われている支援としては、ドライバが一時停止標識で止まったり、歩行者や駐車車両を避けたりするように、運転操作に関する注意喚起や運転の修正提案を DA が行うといったものである。しかし、既存のシステムでは、すべてのドライバに対して同じようにフィードバックが行われており、ドライバの特性の違いによってフィードバック効果はどのように異なるかは不明である。例えば一時停止標識付近での注意喚起の頻度を高めることは、一時停止標識に違反しがちなドライバには効果的かもしれない一方で、煩わしく感じるドライバはシステムを停止させる可能性もある。

本研究の目的は、ドライバ特性に合わせて効果的なフィードバックを提供できるような個人に適合した DA の開発に向け、人間と DA のインタラクションによってもたらされる運転行動の改善を分析することである。

いくつかの研究で、DA に対する嗜好や受容性とドライバ特性の関係性が分析されている。Cramer ら [Cramer 08] は、統制の所在 (Locus of Control) が高いドライバは低いドライバよりも、エージェントの指示に従うべきであるとアンケートで報告する傾向があることを示した。Li ら [Li 20] は、ドライバの怒りに関する特性によって、運転中の怒りの介入システムに対する嗜好や態度が異なることを示した。宮本ら [Miyamoto 21] は、ドライバの性格特性 (誠実性) と DA の発話に対する評

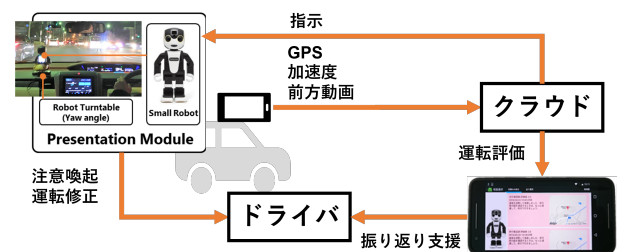


図 1: ドライバエージェントシステムの概要図。

価の間に関連性があることを発見した。これらの先行研究によりドライバ特性によって、DA に対する態度やインタラクションによって生まれる DA への印象が異なることが明らかになった。これらの研究で測定された DA への嗜好や受容性は、質問に対する被験者の回答に基づいている。DA を受容することは運転行動が改善されるための重要な要因ではあるが、それが実際に運転行動を改善させるとは限らない。本研究では、日常の運転の中で収集された運転データを用いて、運転行動の改善について分析する。

また本研究では、ドライバの心理的な側面をとらえた質問紙である Driving Style Questionnaire (DSQ) [Ishibashi 07] の結果をドライバ特性として使用する。DA の支援がドライバにどのような影響を与えるかは、性別や年齢などのデモグラフィックな属性とも関連しているかもしれない。しかし、性別や年齢が同じであっても運転に対する態度や意識は異なることが [Ishibashi 07] では指摘されている。そのため、DA の支援によるドライバの行動変容の分析に用いるドライバ特性としては DSQ が適していると考えられる。

2. データセットとドライバエージェント

2.1 データセット

本研究では、名古屋大学未来社会創造機構から提供されたデータセットを用いて分析を行う。データセットには 50 人のドライバの計 5578 回の運転セッションのデータが含まれている。ドライバの年齢は 20 代から 60 代である。運転データは普段から運転を行っているドライバの日常的な運転から得られたものであり、走行経路・時間といった運転環境や、運転の頻度はドライバによって異なっている。走行中は DA はドラ

表 1: DSQ 項目と各項目に関する質問.

	DSQ 項目	質問
(1)	運転スキルへの自信	渋滞しているときの車線変更は苦手だ。 車幅感覚に自信がある。
(2)	運転に対する消極性	所要時間があまり変わらないときは、車よりもバスや電車を使う。 車で移動するとき、裏道ではなく、できるだけ信号のある整備された広い道を選ぶ。
(3)	せっかちな運転傾向	割り込まれることをあまり気にせず、車間距離を十分にとる。 車線変更してでもできるだけ前に行きたい。
(4)	几帳面な運転傾向	徐行、一時停止などの運転操作を確実に行う。 車線変更や交差点などでは、安全確認を慎重に行う。
(5)	信号に対する事前準備的な運転	先の信号を見て、かなり先からスピードを落としたり、速めたりする。 先の信号に引っかからないように速度調節する。
(6)	ステイタスシンボルとしての車	車は移動手段でとにかく走ればよいと思う。 車が自分のステイタスである（カッコいい車がいい）と思う。
(7)	不安定な運転傾向	悩みなど問題を抱えたとき、運転に身が入らないことがある。 気分の良し悪しなどによって、車の運転がおろそかになったり飛ばしたりする。
(8)	心配性的傾向	歩行者をひいてしまわないか、いつも心配している。 自分が車の事故を起こすことを気にしている。

イバの前方に取り付けられており、スマートフォン（AQUOS sense2 SH-M08）によって走行中のグローバル・ポジショニング・システム（GPS）、加速度、前方方向の動画が運転データとして取得された。走行距離が 1km 未満、走行時間が 3 分未満、また一部データの欠落のあるデータは除外し、4087 回の運転データを用いて分析を行う。本実験は、日本の運転免許を持つ被験者全員が実験への参加に関してインフォームド・コンセントを提供することに同意し、名古屋大学未来社会創造機構の倫理審査委員会の承認を得て実施した。

2.2 ドライバージェント

エージェントには、コミュニケーションロボット（RoBoHoN, Sharp Co., Ltd）を使用した。DA システムの概要を図 1 に示す。DA は注意喚起と運転振り返りの二種類の支援を行う。

注意喚起は運転中の支援であり、危険な運転行動をドライバに知らせ、改善させることを目的としている。支援内容は自動車教習所の指導員を対象とした調査で得られた知見を基に作成されており [田中 17]、一時停止標識での正確な停止を促したり急加減速や法定速度オーバーを防止するためにエージェントは発話や動作を行う。本研究での分析では、急加減速と法定速度オーバーに対する支援の効果に着目する。急加減速はスマートフォンから得られた加速度データに基づいて検出される。加減速が 1.3G を超えると、エージェントは「わっ」と発話し、両腕を少し上げる動作を行う。法定速度オーバーは GPS データから取得した車の速度と道路の法定速度に基づいて検出される。車速が法定速度を 15km/h 以上超過した場合には音声と動作の両方で減速を促す。エージェントは法定速度オーバーに関する注意喚起を行った後、5 分間は法定速度オーバーを検出しても注意喚起を行わない。

運転振り返りは運転終了後に毎回、スマートフォンを通して行われる。ルールベースの判定基準を用いて、システムは良かったシーンと悪かったシーンを評価し、それらのシーンの振り返りをドライバに提供する。フィードバックには運転に関する評価値とアドバイスコメント、GPS データに基づくマップ情報、録画された映像が含まれている。振り返り支援の詳細は [Tanaka 18] に記述されている。

2.3 運転スタイルチェックシート

DA の支援効果とドライバ特性の関係を調べるために、心理的な運転スタイルに関する質問紙である DSQ をドライバに実施し、その結果をドライバ特性として使用する。DSQ は表 1 の 16 個の質問によって構成されており、最終的には 1 から 4 点の範囲の値をとる 8 項目の指標が算出される。それぞれの項目は 2 つの質問と関連しており、2 つの質問の平均値が項目の点数となる。否定形で問われるものなどいくつかの質問に関しては点数を逆転させて項目の点数を計算した。本研究では、被験者から取得された DSQ 項目の得点は偏りなく広く分布していることが確認された。

DSQ は実際の運転行動よりも、日常的な運転に関する態度、志向、考え方に焦点を当てた質問紙であるため [Ishibashi 07]、DSQ は DA による支援の受容性に関連すると考えられる。さらに、[Kimura 23] では、DSQ の得点は運転データから推定できることが示されており、DSQ をドライバに答えてもらわなくても、DA の個人適合のためのパラメータを運転から獲得できる可能性がある。

3. 分析と結果

DA からのフィードバック支援の効果と DSQ との関連について分析を行う。この分析では DA の支援によるドライバの運転行動の変化に焦点を当てる。

3.1 長期的な運転行動の改善

長期的な運転行動の改善について評価を行う。各運転セッションのパフォーマンスの指標として、1km ごとの法定速度オーバーまたは急加減速イベントの回数を算出する。次に、これらの指標を運転セッションの日付順に並べ、ドライバごとに、運転セッションの指標と運転セッションの番号のピアソンの相関係数 (r) を計算する。この r の値が小さければ、法定速度オーバーまたは急加減速イベントの回数は運転を重ねるにつれて減少し、運転行動は改善されたと解釈することができる。最終的に、この r の値を DSQ の高群と低群と比較し、支援の効果と DSQ との関連を調べる。DSQ の高群と低群は各項目の中央値を用いて、中央値以上の得点のドライバを高群、中央値未満の得点のドライバを低群とした。各群の r の平均

表 2: 長期的な支援効果 (r) と、各群に対しての 1 群の Wilcoxon 符号順位検定、高群と低群の r の平均値に対してのマン・ホイットニーの U 検定の p 値。

DSQ 項目	法定速度オーバー					急加減速				
	高群		低群		差	高群		低群		差
	r	p	r	p		r	p	r	p	
運転スキルへの自信	0.027	0.374	-0.029	0.814	0.980	-0.133	0.014	-0.124	0.068	0.910
運転に対する消極性	0.096	0.003	-0.160	0.064	0.003	-0.092	0.052	-0.207	0.008	0.434
せっかちな運転傾向	-0.039	0.627	0.079	0.020	0.115	-0.128	0.016	-0.134	0.073	0.991
几帳面な運転傾向	0.004	0.538	0.031	0.575	0.731	-0.180	0.001	0.021	0.831	0.122
信号に対する事前準備的な運転	-0.007	0.751	0.082	0.176	0.639	-0.121	0.010	-0.167	0.074	0.702
ステイタスシンボルとしての車	0.021	0.501	-0.007	0.507	0.849	-0.070	0.096	-0.241	0.005	0.132
不安定な運転傾向	0.032	0.260	-0.016	0.756	0.140	-0.134	0.017	-0.125	0.083	1.000
心配性的傾向	0.035	0.106	-0.017	0.744	0.274	-0.207	0.004	-0.043	0.179	0.104

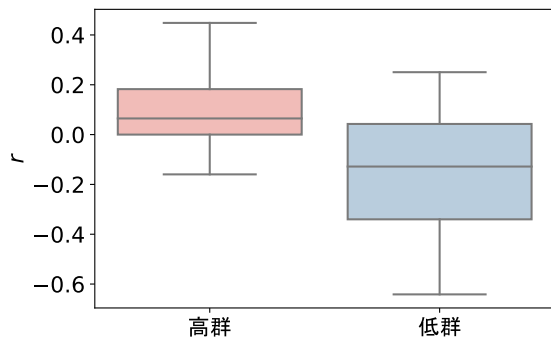


図 2: 運転に対する消極性の高群と低群の法定速度オーバーに関する r の値。

値に対して 1 群の Wilcoxon 符号順位検定を行い、高群と低群の r の平均値に対してマン・ホイットニーの U 検定を行った。表 2 はこれらの検定の p 値を示している。0.05 よりも小さくなった p 値には下線が付してある。

分析の結果、法定速度オーバーに関して、運転に対する消極性の高群とせっかちな運転傾向の低群で r の平均値に有意差が見られた。さらに、運転に対する消極性の高群と低群の r の平均値の差について有意差が見られた。図 2 の箱ひげ図は運転に対する消極性の高群と低群に含まれるドライバーの r を示している。高群は法定速度オーバーが減少しない傾向にある一方で、低群は減少している傾向にあることが分かる。

急加減速については、DSQ の 8 つの高群と 2 つの低群において r の平均値に有意差が見られた。しかし、高群と低群の間で r の平均値の差に有意差がある DSQ 項目はなかった。ほとんどの群で r の値は負であり、法定速度オーバーに比べて小さい値となった。几帳面な運転の低群においてのみ r の値は正であった。

3.2 一時的な運転行動の改善

DA による支援を受けた直後の運転行動の変化は、運転行動の改善が DA の支援によって引き起こされ、DA とドライバーのインタラクションがうまくいっていることを示す。そこで、運転行動の一時的な改善、すなわち、支援を受けた直後の法定速度オーバーの継続時間に着目し分析を行う。ドライバーは法定速度オーバーに関する警告を受容すると、法定速度を守るために速度を下げようとする。2.2 章で述べたように、エージェントは法定速度オーバーの警告を伝えた後、5 分間は法定速度オーバーに関する警告を再び行わない。したがって、一時的な運転

表 3: 支援を受けた後のスピード違反の平均継続時間と、高群・低群の比較のためのマン・ホイットニーの U 検定の p 値。

DSQ 項目	μ_{high}	μ_{low}	Diff (p)
運転スキルへの自信	7.200	13.152	0.004
運転に対する消極性	8.068	10.752	0.213
せっかちな運転傾向	8.910	9.225	0.573
几帳面な運転傾向	9.230	8.457	0.618
信号に対する事前準備的な運転	8.795	10.114	1.000
ステイタスシンボルとしての車	9.145	8.804	0.732
不安定な運転傾向	9.710	8.057	0.875
心配性的傾向	9.861	8.064	0.390

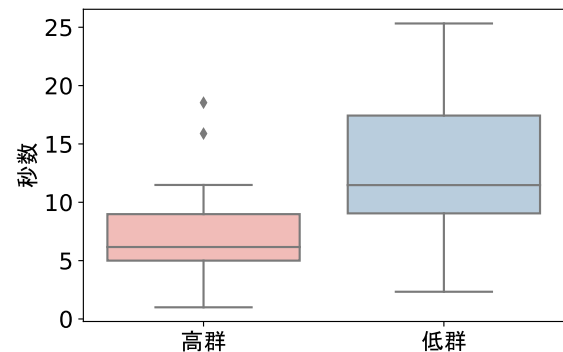


図 3: 運転スキルへの自信の高群と低群における、支援を受けた直後の法定速度オーバーの平均継続時間。

行動の変化の分析では、各運転セッションでの最初の法定速度オーバーに関する警告を受けた直後の運転データを使用し、ドライバーごとの継続時間の平均値を分析対象とする。

支援を受けた後の法定速度オーバーの平均継続時間を高群・低群間で比較するためにマン・ホイットニーの U 検定を行った。表 3 は DSQ の高群と低群の支援を受けた直後の法定速度オーバーの平均継続時間と U 検定の p 値を示している。0.05 よりも小さくなった p 値には下線が付してある。運転スキルへの自信の高群と低群の比較においてのみ有意差が認められた。図 3 は運転スキルへの自信の高群と低群の法定速度オーバーの平均継続時間の平均値の箱ひげ図である。運転スキルへの自信の高群の平均継続時間は低群よりも小さい傾向にあった。

4. 考察

実験の結果、いくつかのDSQの項目によって、DAの支援による運転行動の改善効果が異なることが示された。

法定速度オーバーの長期的な運転行動の改善に関しては、運転に対する消極性の高群と低群の改善度の差が最も大きく、低群の r の平均値は負であったが、高群の r の平均値は正であり、運転行動は改善しなかった。この結果からは、運転に対する消極性が高いグループの運転行動を改善させるために、異なる支援のアプローチを行う必要性が示唆され、ドライバの運転に対する消極性のレベルに応じた支援が有効であると考えられる。

急加減速の長期的な運転行動の改善に関しては、DSQスコアの高群と低群の間に有意な改善効果の差は認められなかった。この結果は、ほとんどの群で一定の支援効果があったために生じたと解釈できる。一方で、几帳面な運転傾向の低群の r の平均値は正であり、運転行動は改善されなかった。几帳面な運転傾向の低群のドライバの運転行動が改善されなかった要因としては、エージェントの支援に注意を向けなかったことやスマートフォンでの振り返り支援を無視したといったことが考えられる。もし、このようなドライバがいた場合に、支援の頻度を増やして運転行動を改善してもらうことは単純な考えうる解決策の一つではあるが、ドライバがエージェントを不快に感じれば、エージェントの使用を停止してしまう可能性がある。このような支援を無視するドライバの運転行動をどのように改善するかは難しい問題である。

法定速度オーバーの一時的な運転の改善、つまりエージェントによる支援を受けた後の法定速度オーバーの継続時間については、運転スキルへの自信の高群・低群の間で継続時間の差が最も大きかった。したがって、運転スキルへの自信が低いドライバに対しての支援方法を変化させることで支援の受容性と改善の効果が增加する可能性がある。運転スキルへの自信が高いドライバの法定速度オーバーの継続時間が短くなった要因として、運転スキルへの自信が支援を受け入れる余裕につながった可能性がある。

さらに、長期的な運転行動の改善に関しては法定速度オーバーに対する支援よりも、急加減速に対する支援の方が効果的であった。法定速度オーバーはスピードメータを見ればドライバ自信で容易に確認できるが、急加減速は意識しにくい。そのためドライバは意識的に速度超過を起こしている一方で、急加減速は無意識に行われている能性がある。エージェントやスマートフォンからの支援は、ドライバに自らの運転行動を意識させることで無意識に起こる運転行動を改善しやすい可能性が高いと予測できる。

5. まとめ

本研究では、ドライバ特性によって異なるドライバエージェントの支援効果を分析した。特に、法定速度オーバーや急加減速に関して長期的・一時的な運転行動の改善に着目した。その結果、支援の効果はいくつかのDSQの得点によって異なることが明らかになり、運転行動をより効果的に改善させるためには個人に合わせた支援を提供することが重要であることが分かった。今後はなぜこのような支援効果の違いが生じたのかを、さらなる実験を通して探り、個人に適合する運転支援システムの実現に向けて、運転行動が改善されなかったドライバに対する支援の方法を提案する必要がある。

参考文献

- [Cramer 08] Cramer, H., Evers, V., Kemper, N., and Wielinga, B.: Effects of autonomy, traffic conditions and driver personality traits on attitudes and trust towards in-vehicle agents, in *2008 IEEE/WIC/ACM International Conference on Web Intelligence and Intelligent Agent Technology*, Vol. 3, pp. 477–482IEEE (2008)
- [Ishibashi 07] Ishibashi, M., Okuwa, M., Doi, S., and Akamatsu, M.: Indices for characterizing driving style and their relevance to car following behavior, in *SICE Annual Conference 2007*, pp. 1132–1137IEEE (2007)
- [Kimura 23] Kimura, R., Tanaka, T., Yoshihara, Y., Fujikake, K., Kanamori, H., and Okada, S.: Estimating Driver Personality Traits From On-Road Driving Data, *IEEE Access*, Vol. 11, pp. 93679–93690 (2023)
- [Lee 22] Lee, S. C. and Jeon, M.: A systematic review of functions and design features of in-vehicle agents, *International Journal of Human-Computer Studies*, Vol. 165, p. 102864 (2022)
- [Li 20] Li, S., Zhang, T., Liu, N., Zhang, W., Tao, D., and Wang, Z.: Drivers' attitudes, preference, and acceptance of in-vehicle anger intervention systems and their relationships to demographic and personality characteristics, *International Journal of Industrial Ergonomics*, Vol. 75, p. 102899 (2020)
- [Miyamoto 21] Miyamoto, T., Katagami, D., Tanaka, T., Kanamori, H., Yoshihara, Y., and Fujikake, K.: Should a driving support agent provide explicit instructions to the user? Video-based study focused on politeness strategies, in *Proceedings of the 9th International Conference on Human-Agent Interaction*, pp. 157–164 (2021)
- [Tanaka 18] Tanaka, T., Fujikake, K., Yoshihara, Y., Yonekawa, T., Inagami, M., Aoki, H., and Kanamori, H.: Driving Behavior Improvement through Driving Support and Review Support from Driver Agent, in *Proceedings of the 6th International Conference on Human-Agent Interaction*, HAI '18, p. 36–44, New York, NY, USA (2018), Association for Computing Machinery
- [Yi 19] Yi, D., Su, J., Hu, L., Liu, C., Quddus, M., Dianati, M., and Chen, W.-H.: Implicit personalization in driving assistance: State-of-the-art and open issues, *IEEE Transactions on Intelligent Vehicles*, Vol. 5, No. 3, pp. 397–413 (2019)
- [田中 17] 田中 貴紘, 米川 隆, 青木 宏文, 山岸 未沙子, 高橋 一誠, 稲上 誠, 金森 等: 高齢者を含むドライバの一時停止交差点通過時の運転行動と生体機能の分析, *自動車技術会論文集*, Vol. 48, No. 1, pp. 147–153 (2017)