

先進的運転支援システムに対する評価手法の考察 —ユーザビリティ評価の横断的分析—

Discussion for Evaluation Method toward Advanced Driving Assistance Systems

松林 翔太[†], 前東 晃礼[‡], 三輪 和久[†], 青木 宏文[†], 山口 拓真[†], 鈴木 達也[†]
Shota Matsubayashi, Akihiro Maehigashi, Kazuhisa Miwa, Hirofumi Aoki, Takuma
Yamaguchi, Tatsuya Suzuki

[†] 名古屋大学, [‡] 静岡大学
Nagoya University, Shizuoka University
shota.matsubayashi@nagoya-u.jp

概要

2種類の先進的運転支援システムに対して、主観的評価のひとつである自動化システムのユーザビリティテストを適用し、本指標の汎用性について検討した。実験の結果、ACC実験と教習支援実験では全く同じように因子が抽出された。すなわち、満足度と違和感がひとつの因子に、効率と意図の理解がひとつの因子にまとまった。本指標を現実的なシステムに適用する際の争点について議論した。

キーワード: ユーザビリティ評価 (usability), 先進的運転支援システム (advanced driving assistance system)

1. 導入

1.1 先進的運転支援システムの影響

近年、先進的運転支援システムの開発が進んでおり、一般ドライバがそれらを使用する機会も増えてきている。運転支援システムがドライバに与える影響は、主に3つの観点から評価される。最も一般的な観点はドライバの運転行動に基づく客観的評価である。例えば、システム経験前後の走行速度の差分から、そのシステム使用による安全性の変化が論じられている [1, 2]。また、システム挙動に対する理解の観点から、メンタルモデルの測定も行われている [3, 4]。さらに、主観的評価の観点から、システムに対する信頼性などの測定も行われている [5]。これらの3つの観点を総合的に加味することがシステムの評価には欠かせない。

運転行動の観点では走行速度など汎用性・客観性ともに高い指標が用いられており、逆にメンタルモデルは対象とするシステムに依存するため、その指標や測定手法の汎用性は極度に低い。一方、主観的評価ではシステムを使用する際にユーザが感じた満足度などを

測定するため、様々なシステムに対して共通して用いることが可能である。ただ、幅広く使用するため、その手法をより洗練することもまた必要である。本研究では、主観的評価のひとつである自動化システムのユーザビリティテスト [6] を、運転支援システムに対して実施し、指標の汎用性について検討する。

1.2 自動化システムのユーザビリティテスト

本研究で主観的評価手法として用いるユーザビリティテストでは、「有効さ」「効率」「満足度」に、自動化システムの特徴を考慮した「意図の理解」「違和感」「モチベーション」が追加されている [6]。この開発に際して、コンピュータを用いた路線追従課題が用いられた。この課題で参加者は、キーボードの矢印キーで自車を操作してできる限り正確に路線を追従するよう求められた。またスペースキーを押すことで、操作をいつでもシステムに委任することもできた。この際、システムの経路の表示/非表示、システム追従の正確性高/低、自車の蛇行あり/なし、システム委任のコスト高/低という各状況が設定された。それらの組み合わせ全16通りの状況についてユーザビリティテストを実施した。因子分析の結果、上記6因子が抽出され、全18問のテストが設計された (表1)。

1.3 本研究の目的

本研究では、自動化システムのユーザビリティテスト [6] を実際の運転支援システムに対して実施し、その分析を通して主観的評価手法に関する考察を行う。本ユーザビリティテストをより現実的な運転支援シス

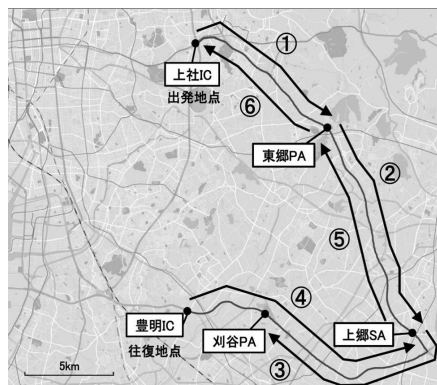


図1 ACC実験概要。[7]より引用。



図2 教習支援実験外観。[1]より引用。

テムで実施した際の因子の抽出結果から、運転支援システムに対する主観的評価手法において今後考慮すべき争点を明らかにすることができる。

2. 方法

以下の2つの先進的運転支援システムを用いた実験で、それぞれユーザビリティテスト [6] を使用した。すなわち、各実験参加者は6項目、全18問の設問に対して5段階で評定を行った。

2.1 ACC実験

参加者20名が愛知県内の高速道路を走行中にACC (Adaptive Cruise Control) を使用し、その後にユーザビリティテストに回答した [7]。このACCは前方車を検出できた場合、前方車との距離を一定に保ちつつ加減速を行い、前方車が検出できない場合は、ドライバーの設定した速度で定速走行を行った。参加者は極力ACCを使用するよう教示し、6つの区間 (図1) を走行後にそれぞれユーザビリティテストに回答した。

2.2 教習支援実験

参加者80名が、ドライビングシミュレータに搭載された運転支援システムを使用し、その後にユーザビリティテストに回答した [1]。このシステムは、事故のリスクを自律的に検出し、ドライバーに視覚的・聴覚的な情報を提示し、ドライバーの減速操作と操舵操作に介入を行うことで安全走行を促す (図2)。情報提示の有無と介入強度の高低により、3種類のシステムが用意された。参加者1名は2種類のシステムを使用し、それぞれユーザビリティテストに回答した。

3. 結果

ACC実験の120件、教習支援実験の160件のデータそれぞれを、先行研究 [6] と同様の最尤法バリマックス回転を用いて因子分析を行った。その結果、ACC実験では4因子が抽出され、第1因子は効率と意図の理解、第2因子は満足度と違和感、第3因子は有効さ、第4因子はモチベーションが該当した。また、教習支援実験でも4因子が抽出され、第1因子は満足度と違和感、第2因子は効率と意図の理解、第3因子はモチベーション、第4因子は有効さが該当した (表2)。

4. 考察と結論

抽出された因子の順序こそ異なるが、ACC実験と教習支援実験では全く同じように因子が抽出された。

満足度と違和感がひとつの因子にまとまった原因は、運転支援システムにおける不自然な挙動は事故の危険性を想起させたためだと考えられる。ACC実験は実車環境で行われ、また教習実験では実際の環境をよく再現した fidelity [8] の高いシミュレーション環境が用意されていた。これらの環境では、システムの不自然な挙動は安全性を脅かし、それゆえ違和感と満足度がひとつの因子にまとまったと考えられる。主観的評価には走行の危険性が大きく影響する可能性がある。

効率と意図の理解がひとつの因子にまとまった原因は、システムの自律的な挙動に対する操作性に起因するものと考えられる。ACC実験においては、システム挙動が予想外であるときも、使いこなせない感覚を持ったと考えられる。一方、教習実験ではそもそもシステムの入切権限が参加者に与えられておらず、操作の主体感 [9] が得にくかったと思われる。もし操作の困難さに起因するなら、長期的な使用で困難さが軽減されれば、効率と意図の理解が別の因子となる可能性がある。

本研究では、ユーザビリティテストを先進的運転支援システムに対して実施することで、現実的なシステ

表1 ユーザビリティテスト設問一覧。(R)は逆転項目を示す。[システム]の箇所はACC実験では「ACC」、教習支援実験では「支援システム」に、[追従]の箇所はACC実験と教習支援実験ともに「運転」に置き換えられた。

項目	設問
有効さ1	この[システム]を使うことで正確に[追従]することができた
有効さ2	この[システム]は[追従]のミスを防ぎしてくれる
有効さ3	この[システム]を使用すれば、[追従]のミスをするのではないと思う
効率1	この[システム]を使いこなすには、誰かのサポートが必要だ(R)
効率2	この[システム]をすぐに使いこなすことができた
効率3	この[システム]を使うことで[追従]が難しくなった(R)
満足度1	この[システム]を使うのは不安だ(R)
満足度2	この[システム]には満足している
満足度3	この[システム]には満足していない(R)
意図の理解1	この[システム]の動きは、誰にも予測できないと思う(R)
意図の理解2	運転中に[システム]の動作を予測することができた
意図の理解3	この[システム]は何をするかわからない(R)
違和感1	この[システム]の動作は滑らかだった
違和感2	この[システム]の動作は自然だった
違和感3	この[システム]の動作はぎこちない(R)
モチベーション1	[システム]の[追従]に任せるより、自分で[追従]する方が楽しい
モチベーション2	この[システム]を使ってみて、もっと自分で[追従]したいと思う
モチベーション3	[システム]に[追従]を任せず、もっと自分で[追従]したいと思う

表2 因子分析結果。設問は表1に対応。太字は因子負荷量が.50以上または-.50以下であることを示す。

設問	ACC	教習	ACC	教習	ACC	教習	ACC	教習
	因子1	因子2	因子2	因子1	因子3	因子4	因子4	因子3
有効さ1	.02	.05	.36	.47	.71	.14	-.09	-.16
有効さ2	.09	.01	.24	.24	.77	.60	-.05	.07
有効さ3	.07	.08	.05	-.15	.84	.77	-.01	.16
効率1	.85	.71	-.04	-.04	-.04	-.08	-.10	-.05
効率2	.78	.51	-.08	.33	.05	-.15	-.14	.07
効率3	.49	.30	.15	.58	.49	-.10	-.28	.09
満足度1	.82	.38	.12	-.02	.16	.28	-.17	-.24
満足度2	.28	-.09	.58	.65	.21	.23	-.29	-.13
満足度3	.18	-.16	.57	.57	.16	.40	-.27	-.02
意図の理解1	.63	.50	.40	-.22	.00	.25	.11	-.02
意図の理解2	.70	.50	.27	.12	.04	.08	.04	.15
意図の理解3	.61	.31	.33	.12	.16	.20	-.04	-.08
違和感1	.01	.07	.80	.69	.15	-.08	-.01	.11
違和感2	.05	.08	.84	.93	.20	-.12	-.04	.11
違和感3	.27	-.12	.77	.84	.10	-.09	-.18	.00
モチベーション1	.00	.08	-.16	-.05	-.24	.10	.80	.70
モチベーション2	-.14	-.25	-.02	.16	.22	.07	.73	.52
モチベーション3	-.09	.09	-.24	-.03	-.20	.09	.84	.95

ムに対する主観的評価において今後検討すべき争点を明らかにした。

文献

- [1] 松林翔太・三輪和久・山口拓真・神谷貴文・鈴木達也・池浦良淳・早川聡一郎・伊藤隆文, (2018) "先進的運転支援システムにおける情報提示と行動介入の認知的・行動的影響に関する検討", 認知科学, Vol. 25, No. 3, pp. 324-337.
- [2] Matsubayashi, S., Miwa, K., Yamaguchi, T., & Suzuki, T., (2019) "Short- and Long-Term Effects of an Advanced Driving Assistance System on Driving Behavior and Usability Evaluation", The Twelfth International Conference on Advances in Computer-Human Interactions (ACHI 2019), pp. 1-6.
- [3] Beggiato, M., & Krems, J. F., (2013) "The evolution of mental model, trust and acceptance of adaptive cruise control in relation to initial information", Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour, Vol. 18, pp. 47-57.
- [4] Aziz, T., Horiguchi, Y., & Sawaragi, T., (2014) "Towards understanding the development of driver's mental model of a Lane Departure Warning system while driving", Journal of Advanced Mechanical Design, Systems, and Manufacturing, Vol. 8, No. 3, pp. 1-12.
- [5] Verberne, F. M. F., Ham, J., & Midden, C. J. H., (2012) "Trust in smart systems: Sharing driving goals and giving information to increase trustworthiness and acceptability of smart systems in cars", Human Factors, Vol. 54, No. 5, pp. 799-810.
- [6] 前東晃礼・三輪和久・小島一晃・寺井仁・鈴木達也, (2017) "自動化システムのユーザビリティ評価アンケートの開発", 電子情報通信学会論文誌 A, Vol. J100-A, No. 6, pp. 240-250.
- [7] 前東晃礼・三輪和久・青木宏文・鈴木達也, (2018) "高度運転支援システムのユーザビリティ評価要因に関する検討", 認知科学, Vol. 25, No. 3, pp. 310-323.
- [8] Noble, C., (2002) "The relationship between fidelity and learning in aviation training and assessment", Journal of Air Transportation, Vol. 7, No. 3, pp. 33-54.
- [9] Polanyi, M., (1967) "The Tacit Dimension", University of Chicago Press (高橋勇夫訳 (2003) "暗黙知の次元", 筑摩書房.).