

安全論証の観点からの自動運転に対する社会受容性調査*

Social Acceptance of Autonomous Driving Based on Safety Assurance

馬場 厚志
Atsushi BABA

兼原 明美
Akemi KANEHARA

西井 克昌
Katsuyoshi NISHII

Social acceptance of autonomous driving is a challenging problem, whereas international rulemaking regarding safety assurance of autonomous vehicles (AVs) is in progress. One issue in evaluating the social acceptance of AVs is how to make realistically imaginable survey questions regarding how this new technology might change the everyday lives of users. Another issue is how to distinguish between “agree” and “agree in general but disagree in case of my risk,” known as a Not-In-My-Backyard (NIMBY) problem. To address these issues, this paper investigated the social acceptance of AVs by conducting a user survey based on foreseen accidents of AVs from the point of view of safety assurance.

Key words :

Electronics and control, Autonomous driving, Social acceptance, Safety assurance

1. まえがき

安全で自由なモビリティ社会の実現を目指して、自動運転の実用化に向けた動きが活発になっている。自動運転の実用化にあたっては、そのルール作りや社会受容性などの観点からも大きな課題がある¹⁾²⁾。

ルール作りの観点では、安全論証の分野などで、自動運転の安全性を保証するための技術的な議論が、国連の基準や ISO などの国際標準化の2つの軸で進んでいる³⁾。たとえば、安全とは何なのか、その安全をどのレベルまで担保すれば良いのか、そのためにどのような評価を行えばよいのか、といったことが議論されている。しかし、いわゆるトロッコ問題のように、

純粋に技術的な側面だけでは安全性の基準を決められず、社会の中での自動運転の位置づけも含め議論を進める必要がある。

トロッコ問題とは「ある人を助けるために他の人を犠牲にするのは許されるか？」という倫理学上の問題である。自動運転の場合には、どのように行動しても衝突が避けられない状況でどう判断すればよいか、という点が論点となる⁴⁾。この自動運転のトロッコ問題については、たとえば、森田ら⁵⁾が日本でのインターネットアンケート調査を行い、Bansalら⁶⁾の米国での同様の調査と比較をしている。研究では、自動運転車両 (Autonomous Vehicles, AVs) に対するユーザの購買行動とトロッコ問題に対する倫理的価値観の傾向に

差異があることから、自動運転が社会的なジレンマになりうることを示している。

一方、トロッコ問題だけでなく、自動運転の社会受容性を評価する取り組みも進んでいる。Wang や Taniguchi ら⁷⁾⁸⁾の研究では、自動化レベルごとの賛否意識の違いや、日本・英国・ドイツの各国ごとの受容性評価の比較、個人のリスク許容度による受容性への影響などについて論じている。また、Fleischer ら⁹⁾は、自動運転の社会導入の側面から個人の期待値や関連する規制緩和等の必要性を聞く調査を行い、遠い将来の理想よりも、規制緩和などユーザ自身にとってより身近な近い将来の変化が、自動運転に対する賛否意識の形成に影響を与えていることを示した。

従来の研究の結果から、自動運転が実現した社会への賛否をユーザに問うときの課題として、以下の2点が挙げられる。

- ・ 新しい技術であり実体験がないことなので、AVsがあることによる、ユーザ自身の行動の変化を適切に想像してもらうことができない。
- ・ ユーザ自身に不利益がなければ容認するという態度、いわゆる、Not-In-My-Backyard (NIMBY) では、実質的に受容していることにならない。

すなわち、ユーザに対して、自動運転が導入された場合に、その社会の一員としてユーザ自身が払わなければならないコスト (デメリット) や負うべき責任を具体的にイメージしてもらう必要がある。特に、安全論証で線引きしようとしている安全の基準では、トロッコ問題の例のように AVs が関わるすべての事故を防止できるわけではない。そのため、総論的な賛否では、正確な社会受容性の評価にはならず、技術的な観点で進む安全論証の議論の方向性を見誤る可能性がある。

本研究では、AVs に対する総論的な賛否に加えて、AVs が関わる可能性のある交通事故ケースを提示して賛否を問うことで、社会受容性をより正確に把握することを試みる。特に、ユーザがイメージのしやすい、交通違反が原因で起きる交通事故ケースを提示しながら賛否を問うことで、AVs が社会に存在することによるユーザ自身が負うべき責任を理解したうえで賛否を回答する方法について、妥当性を検証する。

2. 目的

2.1 調査の前提

調査を実施するにあたって、安全論証の基準化や国際標準化の状況を鑑みて、AVs について以下のような前提をおく。

- ・ AVs は積極的に交通違反を犯さない。
- ・ AVs は事故発生のきっかけを作らない。

すなわち、やむを得ない状況で結果的に交通違反になる以外には、交通違反を犯さないのが AVs であり、その結果として、交通事故の「原因」にはならないとする。

ここで、一般に交通事故の当事者順位は「過失の軽重」によって決まる原則があり、必ずしも最初に交通違反を犯した側が第一当事者になるわけではない。しかし、本研究の前提において、AVs の関係する事故が起きる場合には、相手側の交通違反などが原因となるため、交通違反を犯した相手側をもっとも過失の重い「第一当事者」と呼び、以降、過失の重い順に「第二当事者」「第三当事者」と呼ぶことにする。なお、後述するようにアンケート調査にあたっては、「過失割合」や「第一当事者」などについては言及せず、違反内容と交通事故状況の説明のみで回答してもらうようにした。

2.2 仮説と調査目的

調査にあたっての作業仮説を以下のようにおく。

- ・ 交通違反を犯した第一当事者との衝突を回避した結果、AVs が第三当事者に衝突し、第三当事者が死亡した場合は、状況に関係なく、AVs は第二当事者でも容認されないのではないか？
- ・ 第一当事者が交通違反を犯した結果、AVs と第一当事者が衝突し、第一当事者が死亡した場合は、AVs は容認されるが、第一当事者が「誰か」と「どんな交通違反か」で、容認レベルが変わるのではないか？

これらの仮説に基づき、本研究では、「交通事故死者数が激減する等のメリットのみの説明下での AVs の社会導入の容認レベル」とも比較しながら、「AVs が第二当事者で、第一 or 第三当事者が死亡」という交通事故の可能性が、ユーザの「AVs の社会導入」の容認レベ

* (社)自動車技術会の了解を得て、「2024 年春季大会学術講演会前刷集」より転載

ルに与える影響を明らかにすることを目的とする。

3. 方法

3.1 調査対象・期間

2節で述べた仮説と調査目的を検証するため、日米独でのWeb回答方式によるアンケート調査を実施した。各国での調査対象・調査期間をTable 1に示す。

今回、いずれの調査でも、マイカーの有無は問わないものの、運転免許を保有し、1年に1回以上運転している人を対象とした。これは2節で述べたように、AVsを同じ道路を走行する一員として認識してもらい、AVsと手動運転車が混在する世界をイメージしながら回答してもらうためである。漠然とした賛否ではなく、「もし不幸にしてAVsが絡む事故が起きたとき、自分はAVに乗っているかもしれないし、手動運転しているかもしれない」ということを考えたときにAVsが受容されるのか、を明らかにすることを指した。

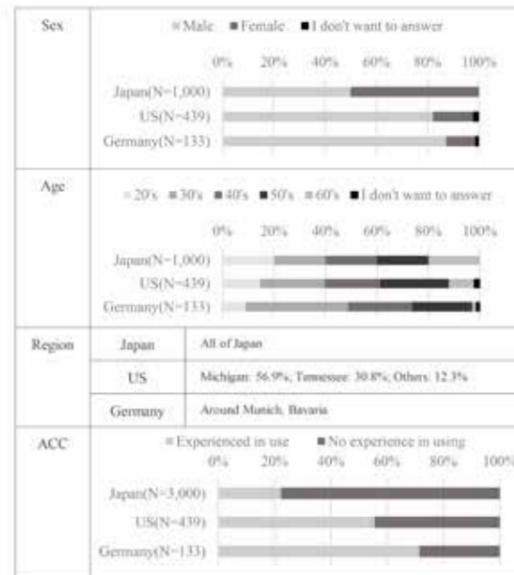
調査実施の都合から、日本での調査会社を通じたユーザ調査と、米独での運転免許を所持する弊社拠点従業員を対象とした調査の2つに分けた。日本での調査では、サンプルを各年代・性別で均等に割り付けを行った。また、米独での調査では、Table 2に示す回答数と構成比となった。このため、特に各国の結果の共通点や相違点を考える上では、サンプルの質的・量的な違いを考慮する必要がある。

Table 1 Survey samples, regions, and periods

	Japan	US	Germany
Survey Samples	20 to 60s with a driver's license (driving at least once a year)	DENSO Group employees with driver's license	
	1,000s(*1) × 3Group (*2)	439s(*4)	133s(*4)
Regions	All over Japan(*3)	Base locations (*5)	
Periods	September 2022	April 2023	

*1 For 1,000 samples, 10 cells of men and women in their 20s and 60s were evenly distributed by 100 samples (*3).
 *2 To reduce the response load, three groups of subjects were prepared.
 *3 100 samples were drawn from all over Japan in accordance with the regional distribution of driver's license monitors managed by the research company.
 *4 Number of valid responses collected (the composition of sex/age is described below).
 *5 Details below.

Table 2 Survey samples' attributes



3.2 調査項目

各国の調査で共通して、Table 3に示す調査項目とした。AVsの容認レベルの調査では、①で比較のベースとなるAVsの基本的な容認レベル、②でAVsが第二当事者となる交通事故ケースを踏まえた容認レベル、を順に問うことで、AVsの関わりうる交通事故を具体的にイメージしながら回答できるように設計した。容認レベルの回答は、11段階のリッカート尺度を用いて、0%（反対）から100%（賛成）の10%刻みからの選択方式とした。

Table 3 Survey structure

[Issue]	Understanding the acceptable level of social adoption of AVs
#1	Understanding the acceptable level of social introduction of AVs under explaining the benefits of decreasing the number of traffic accidents. (Understanding the base of comparison.)
#2	Understanding the acceptable level of social introduction of AVs based on accidents description that AVs are the second party to traffic accident.
[Attributes]	Age, gender, ownership of own car, usage of ACC

3.3 交通事故ケースの選定

Table 3 - ②のAVsが第二当事者となる想定をした交通事故の内容をTable 4に示す。選定した交通事故ケースは、いずれも手動運転でも典型的に起きる事故であり、人ではないAVsの判断により第一または第三当事者が死亡することが許容されるか、ということ

を問うた。なお、交通事故ケースEは2019年5月8日に大津市で起きた園児死傷事故を参考に、交通事故ケースHは日本ならではの事故としてそれぞれ選定した。また、米独での調査では、回答負担低減のため交通事故ケースC、D（自転車）、H（横隊者）は割愛した。

Table 4 Traffic accident cases

No.	Traffic accident case	First party	Branch of the first party	Deaths		Survey	
				US	Germany	US	Germany
A-1	Head-on accident	Car	Signal Ignored	✓	✓	✓	✓
A-2			Intrusion without passing	✓	✓	✓	✓
B-1	Head-on accident	Car	Signal Ignored	✓	✓	✓	✓
B-2			Intrusion without passing	✓	✓	✓	✓
C-1	Head-on accident	Bicycle	Signal Ignored	✓	✓	✓	✓
C-2			Intrusion without passing	✓	✓	✓	✓
D-1	Head-on accident	Bicycle	Signal Ignored	✓	✓	✓	✓
D-2			Intrusion without passing	✓	✓	✓	✓
E-1	AD car straight ahead	Car	Entering the intersection without notice (straight ahead first)	✓	✓	✓	✓
E-2	The opposite turn right *3		Entering the intersection without notice (straight ahead first)	✓	✓	✓	✓
F-1	Collision with a pedestrian crossing	Pedestrian	Signal Ignored	✓	✓	✓	✓
F-2			Crossing other than a pedestrian crossing	✓	✓	✓	✓
G-1	Collision with a pedestrian crossing	Pedestrian	Signal Ignored	✓	✓	✓	✓
G-2			Crossing other than a pedestrian crossing	✓	✓	✓	✓
H-1	Collision with a person lying down	Person lying down	Recumbent	✓	✓	✓	✓
H-2			Recumbent	✓	✓	✓	✓

*1 first party
 *2 third party
 *3 "turn left" in US and Germany

3.4 アンケート画面

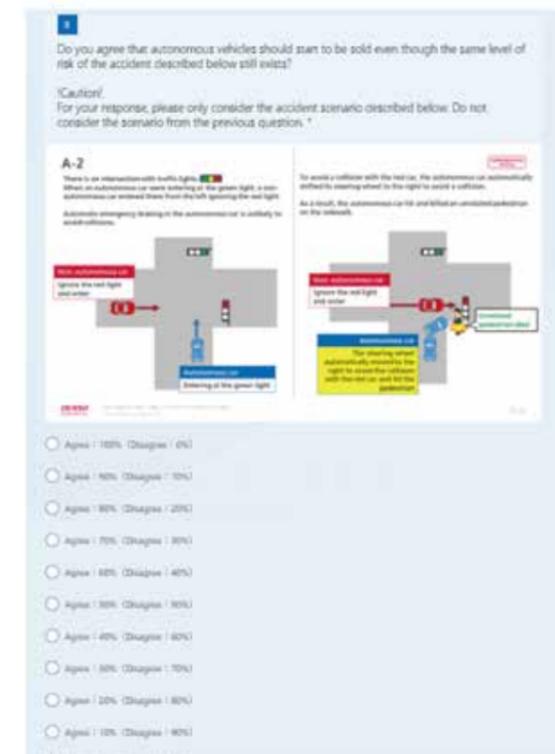


Fig. 1 Sample of questionnaire

具体的なアンケート画面の例をFig. 1に示す。図のように交通事故ケースは文章とイラスト（鳥瞰図）で説明することで、回答者に状況を理解してもらえるようにした。また、回答者には設問ごとの交通事故ケースのみを考慮して回答するよう注意書きを添える工夫をした。なお、右側・左側通行の別や信号機の色など、各国の交通事情に合わせて、交通事故ケースの意味合いが変わらない範囲でカスタマイズしている。

4. 結果

4.1 各国ごとの賛否の平均

全体的な容認レベルを把握するために、日本での調査結果について、0%から100%までの11段階の回答の平均を取った結果をFig. 2に示す。図では、平均値としてみたときの賛成割合の高い順に各交通事故ケースを並べ替えている。

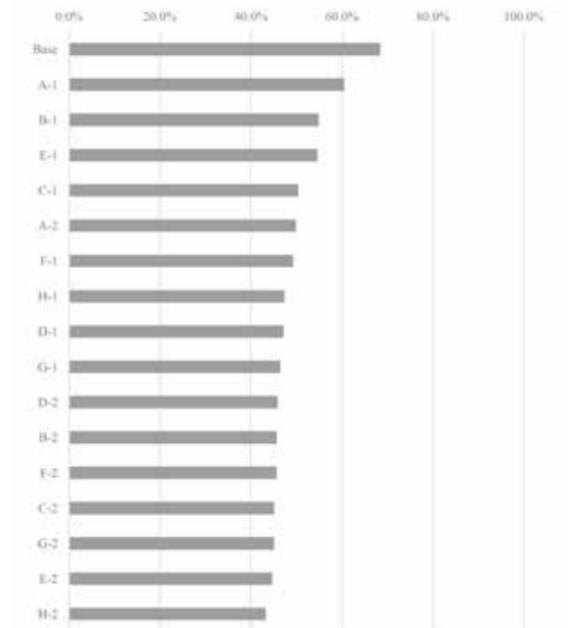


Fig. 2 Average agreement in Japan

また、同様にFig. 3には、日米独の3か国共通で実施した10個の交通事故ケースについて、賛成割合の高い順に並べ替えて図示した。この場合、賛成割合の高い順は日本と他の2か国で一部異なっていたので、米独での順位に合わせた。

特集

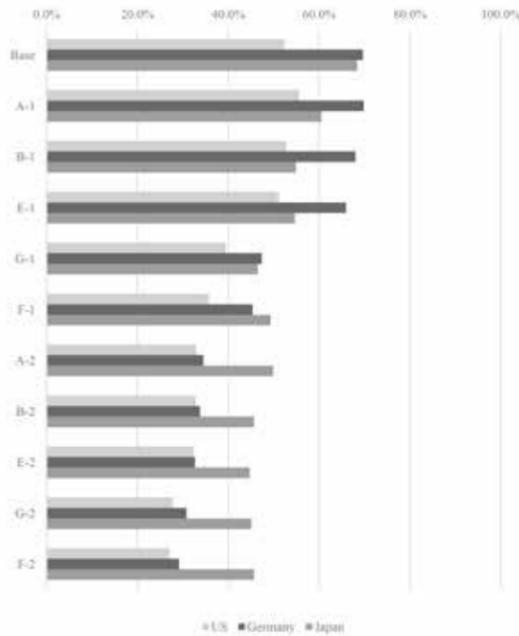


Fig. 3 Average agreement comparison among Japan, US, and Germany

4.2 各国ごとの度数分布

Fig. 4, Fig. 5, Fig. 6 に各国ごとのより詳細な回答結果として、各交通事故ケースごとの相対度数を表したグラフを示す。ただし、11段階のリッカート尺度か

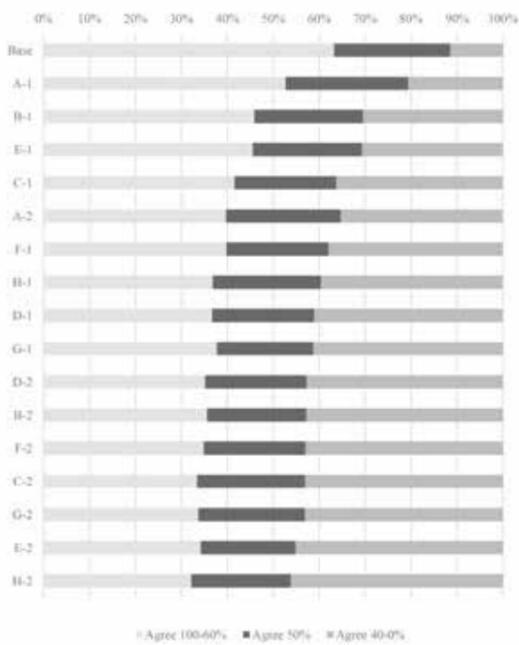


Fig. 4 Relative frequency of agreement in Japan

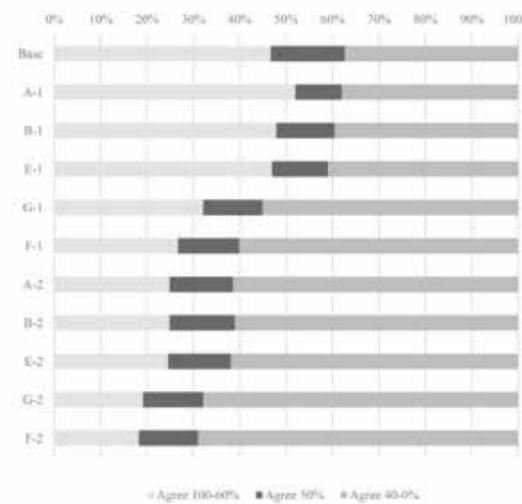


Fig. 5 Relative frequency of agreement in US

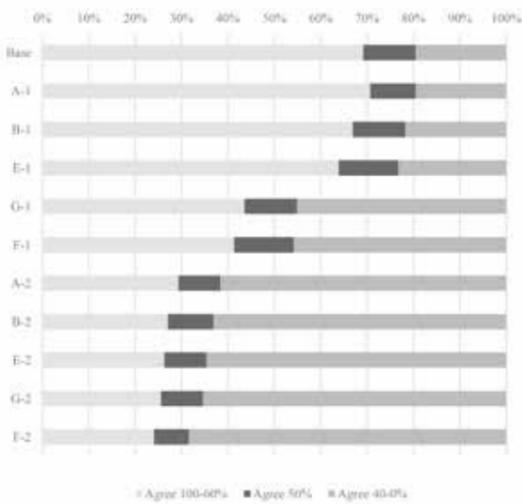


Fig. 6 Relative frequency of agreement in Germany

ら簡略化して、賛成（100-60%と回答）と、どちらでもない（50%と回答）、反対（40-0%と回答）の3段階として図示した。

5. 考察と結論

5.1 日米独での共通点

Fig. 2, Fig. 3 で示したように、第一当事者／第三当事者死亡のそれぞれの中で、自転車や歩行者の横断歩道以外での横断（D, G）のような相対的に遭遇頻度の高い項目が下位にあり、かつ、これらの項目は第一当事者／第三当事者死亡の差異が小さい。このこと

から「よく遭遇するケースなので AVs にも事故を確実に回避してほしい」と考えつつも、よく遭遇するからこそ事故回避の難しさを理解して、回答に迷うユーザの姿が浮かび上がる。

また、各国とも第一当事者死亡のケースが上位を占め、ほとんどのケースにおいて、無関係な第三当事者の死亡につながるような AVs の回避行動は受け入れられにくいと結論づけられる。例外的に、日本において、第一当事者が「四輪」で原因が「信号無視」の場合は賛成が反対を上回っている。相手の四輪車の信号無視という通常は想定しにくい事態に対しては、AVs に対しても酌量の余地が残されているといえる。

さらに、各国とも、第一当事者が四輪の場合に比べて、自転車や歩行者などの交通弱者（Vulnerable Road User, VRU）の場合は容認レベルが低い。交通違反したのが VRU 本人だったとしても、VRU は守るべき、という大原則の存在がわかる。

まとめると、AVs が交通事故の第二当事者になる可能性がある場合の社会導入の容認可否は「自転車である第二当事者が自動運転ではなく、もし自分自身が運転していたとしたら」という観点で、以下のような判断基準であると考えられる。

1. よく遭遇する違反ケースでは、相手が悪くても「かもしれない運転」で気をつけなければならない。
2. 原則的に第三者が被害を受けるのは許容できないが、遭遇頻度が低い違反ケースでは受け入れる余地がある。
3. 違反ケースの遭遇頻度にかかわらず、たとえ違反したのが VRU であっても、VRU は守られるべきである。

5.2 日米独での相違点

Fig. 4, Fig. 5, Fig. 6 の結果から明らかになった日米独の考え方の違いを示す。Fig. 4 に示す日本では総論賛成の人が多く、個別ケースで反対に回る人が多い傾向であるが、一番の特徴は「どちらでもない」を選ぶ人が多いということである。米独と違い、一般ユーザを対象とした調査になっている点は大きいですが、今後の自動運転の動向次第で、この層が賛否のどちらにも

振れうることは留意すべきである。

Fig. 5 に示すアメリカでは、総論反対の人が一定数存在し、首尾一貫してすべての質問に「反対」になっている。そのため、ベースとなる自動運転への賛否の平均値を押し下げている。コメントでは「信用できない」という言葉が上がり、そもそも、機械を信用していない傾向にあることが推測される。

Fig. 6 に示すドイツでは、総論賛成の人は多いが、第三当事者死亡のケースや VRU のケースで反対に回る人が多い。自己責任のドライな考え方が一方で、VRU に対しては個人の責任を追及しないウェットな考え方もあるためと推測される。

6. むすび

AVs に対する総論的な賛否に加えて、AVs が関わる可能性のある交通事故シーンを提示して賛否を問うたことで、総論賛成・各論反対のようなユーザの受容の傾向を細かく把握することができた。これにより手法の妥当性を確認できた。

今回の調査において見えてきた AVs の関わる交通事故に対しての賛否の判断基準は、調査仮説を裏付けるものであった。すなわち、交通ルールを遵守する AVs の普及にともない、AVs 関連の交通事故が発生したとしても、AVs でない車の交通違反によって起きた交通事故であれば、AVs が批判の対象とはならないことが考えられる。ただし、交通ルールの遵守が難しい VRU はこれには当てはまらないため、AVs の社会導入が容認されるためには VRU への手当てが必要と考えられる。

今後の課題として、定量的な評価による規定因の特定が挙げられる。そのためには、米独の調査対象の拡大が必要である。また、今回は、人間ドライバーが遭遇する典型的な交通事故ケースを題材にその賛否を問うことにより社会受容性を見る試みであった。しかし、人間ドライバーが起こさない AVs 特有の事故をどのように抽出し、どのようにユーザに想像して賛否を考えてもらうか、という点は大きな課題となる。

参考文献

- 1) 横山利夫, 波多野邦道, 小沢浩一郎, 樋山智, 小高賢二: 自動車業界における自動運転実用化に向けた取り組み, 学術の動向, Vol.25, No.5, p.17-21 (2020)
- 2) 日本ロボット学会監修: 自動運転技術入門 AI × ロボティクスによる自動車の進化 (2021)
- 3) 馬場厚志: 自動車分野における自動運転の安全論証 (〈特集〉IT 技術・自動運転技術が担う交通安全), 日本機械学会誌, Vol.125, No.1241, p.13-16 (2022)
- 4) H.S.M. Lim, A. Taeihagh: Algorithmic Decision-Making in AVs: Understanding Ethical and Technical Concerns for Smart Cities, Sustainability 11, No.20, 5791 (2019)
- 5) 森田玉雪, 馬奈木俊介: 自動運転車が生み出す需要と社会的ジレンマ, RIETI Discussion Paper Series, Vol. 18-J-004 (2018)
- 6) P. Bansal, K.M. Kockelman, A. Singh: Assessing public opinions of and interest in new vehicle technologies: An Austin perspective, Transportation Research Part C: Emerging Technologies, Vol.67, p.1-14 (2016)
- 7) Z. Wang, 谷口綾子, M. Enoch, P. Ieromonachou, 森川高行: 自動運転システムに対する賛否意識の日英比較分析—リスク認知に着目して, 土木学会論文集 D3 (土木計画学), Vo.75, No.5, p.I_191-I_200 (2019)
- 8) A.Taniguchi, M.Enoch, A.Theofilatos, P.Ieromonachou: Understanding acceptance of autonomous vehicles in Japan, UK, and Germany, Urban, Planning and Transport Research, Vol.10, No.1, p.514-535 (2022)
- 9) T. Fleischer, M. Puhe, J. Schippl, Y. Yamasaki: Public Expectations Regarding the Longer-term Implications of and Regulatory Changes for Autonomous Driving: A Contribution to the Debate on its Social Acceptance, IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV), p.1268-1273 (2022)

著者



馬場 厚志

ばば あつし

セーフティシステム開発部 博士 (工学)
先進安全アプリの開発に従事



兼原 明美

かねはら あけみ

セーフティシステム開発部
先進安全システムの使用実態やニーズ調査に従事



西井 克昌

にしい かつよし

セーフティシステム開発部
先進安全システムのドライバ支援技術の開発に従事