

JARI research Journal

2024年
4月号



◆特別寄稿

【エッセイ】	輪島の思い出	p. 1～ (6 p)
	鎌田 実 (研究所長)	JRJ20240401
【研究活動紹介】	金沢大学高度モビリティ研究所との共同研究活動	p. 7～ (8 p)
	北島 創 (自動走行研究部)	JRJ20240402

◆「JARI シンポジウム*」講演より

【講演】	JARI シンポジウム基調講演1： 経済産業省における自動運転の実現に向けた取組 ...	p. 15～ (9 p)
	伊藤 建 (経済産業省)	JRJ20240403
【講演】	JARI シンポジウム基調講演2： 自動運転レベル4の実用化に向けた取り組み ...	p. 24～ (8 p)
	波多野 邦道 (本田技研工業株式会社)	JRJ20240404
【講演】	JARI シンポジウム基調講演3：自動運転の民主化	p. 32～ (9 p)
	加藤 真平 (株式会社ティアフォー)	JRJ20240405

*「JARI シンポジウム 自動運転レベル4の実現に向けて
～様々な角度からみた現在地と今後への期待～」(2024年1月12日)の講演より原稿化

●一般記事

【研究活動紹介】	ペダル踏み間違い時加速抑制装置評価試験の紹介	p. 41～ (5 p)
	堀 徹志 (自動走行研究部)	JRJ20240406

○モビリティ研究会*報告

【調査資料】	実証実験から継続された小型モビリティ事業の現状(いま) —観光地における活用の事例からみる価値と課題— モビリティ研究会調査報告(4) ...	p. 46～ (11 p)
	飯野 信次, 飯田 実, 柴田 英一 (モビリティ研究会*) 中塚 喜美代, 大庭 敦 (JARI ; 新モビリティ研究部)	JRJ20240407

* JARI 外のメンバーと共同で、新モビリティ分野の技術や社会実装等の最新動向の調査・研究を行う JARI 主催の研究会

輪島の思い出*

鎌田 実^{*1}

Minoru KAMATA

このたび、JARI Research Journal でエッセイを載せることになり、その第 1 号を書くように担当から依頼があり、小職が少し思い出話を書くことにします。

今年の元旦に能登地方で大地震があり、大きな被害が出ました。お亡くなりになった方々のご冥福をお祈りするとともに、被災された方々にお見舞い申し上げます。小職は 2014 年から輪島をフィールドとして活動してきたので、特に朝市通りの惨状を見るにつけ、胸が痛みます。

輪島では、ゴルフカート（現地では当初エコカート、後に WA-MO と呼ばれる）の公道走行の実現、ならびに公道での自動運転の実施に取り組みました。その状況等については、国際交通安全学会誌に物語風にまとめたもの¹⁾があるので、参照されると幸いです。

私は、2009 年に、東京大学で高齢者・高齢社会に関する研究を全学横串で運営するような組織：高齢社会総合研究機構を立ち上げ、その初代機構長に着任しました。そこでは、柏や福井といったフィールドにおけるアクションリサーチを実施するとともに、企業約 50 社でジェロントロジーコンソーシアムを構成し、2030 年頃の姿を予想し、そこに至るロードマップの議論を行いました。（その成果については、2 冊の書籍^{2) 3)}にまとめられています）そこでは、私の専門は自動車工学・交通なので、特にモビリティに関する WG の運営には勢力を注ぎ、参加企業も非常に前向きで良い議論ができ、コンソーシアムの発展形のジェロントロジーネットワークにおいては、2012 年秋の合宿を、ヤマハリゾートつま恋で実施し、様々なモビリティの試乗会も実施しました。その翌年からは具体的なアクションをとということで、東日本大震災の被災地でのモビリティ試乗会やモニター実験を行い、さらに柏の葉のマンション群の敷地でゴルフカートの自動運転の実証も実施しました。（後者の写真は、国の未来投資戦略 2017 に自動運転の事例として紹介されています）

そのころ、輪島では商工会議所がゴルフカートを公道で走らせたいが、なかなかうまく進められないでいるという話があり、2013 年後半からヤマハ発動機の担当者と一緒にお手伝いすることになりました。当時の輪島商工会議所の里谷会頭は、市街地にゴルフカートの自動運転を運賃無料で走らせ、横に動くエレベータのようにしたいとの思いを持っており、その実現に向けて動き出していましたが、公道で走らせることはハードルが高く、公道封鎖してデモ的に走らせたり、特区申請をしたりしていましたが、なかなか進んでいませんでした。そこで、関係府省庁とのやり取りの中から、20 km/h 未満であれば道路運送車両法が一部緩和になるので、そこに合うように車両の装備等の対応をしていけば軽自動車のナンバーが取れるのではということになり、それを目指すことになりました。軽自動車検査協会とのやり取りの末、やるべきことが見えてきて、2014 年の秋口には何とかかなりそうという形になりました。

輪島には黒塗り（輪島塗に合わせた）の 2 台、東大が東北の被災地支援用に使う 1 台の合計 3 台が 2014 年 11 月に完成し、無事ナンバー取得ができました。輪島では当初エコカートと呼ばれ、出発式は関係者が集まり盛大に催され、寒くなっていく時期でしたが、熱気に包まれました。（写真 1, 2）商工会議所職員の運転での運行が始まり、翌年には 2 台が追加され、まちづくり会社が運転担当の観光コースも追加されました。当初は地元警察が、そんなに遅い車は交通流を乱すから駄目だと渋っていましたが、後ろ向きのドライブレコーダーを取り付け、東大の学生に分析させたところ、後ろに車が連なる場面はあるものの時間は長くない、また時々左に寄って停車して追い越させれば問題とはならないとの

* 2024年2月5日受理

*1 一般財団法人日本自動車研究所 研究所長、東京大学 名誉教授 工学博士

結果が得られ、納得してもらいました。市民の反応も、当初は遅いので無理な追い越しのケースもありましたが、存在を知られるようになったら、低速走行については理解が得られるようになりました。



写真1 出発式の模様



写真2 ふらっと訪夢前に行くエコカート

次に目指すは自動運転ですが、ゴルフ場では 20 年くらいの実績のある誘導線式の自動運転を実施するには、道路の誘導線を敷かなければならず、磁気ネイルを敷いて自動で動かしたトヨタ自動車の IMTS が軌道法に従うことになり、愛知万博では営業運転されたものの本格的な実用化には進まなかったことが脳裏に浮かび、関係省庁とどのようにやり取りすればいいのかが悩みましたが、まずは非公道で実績を積み、社会的受容性を得てから公道走行を検討するのがいいのではというアドバイスを受け、輪島キリコ会館の駐車場に 200 m ほどの試験線を設けることにしました。大学の研究として科研費から予算を捻出し、2016 年 8 月にお披露目をやることができました。マスコミや市民も多数参加し、自動でカートが動くことに皆さん興味津々で見てくれました。駐車場なので、他の車や歩行者などとの混在下での走行のため、速度は極低速としましたが、柏の葉でのトライアルと同様に特に違和感なく受け止められ、次につながる一歩となりました。(写真3、写真4)



写真3 キリコ会館駐車場での自動運転



写真4 コンセプトカーも自動で走行

公道での誘導線式自動走行は、まず道路に誘導線を敷くことを道路管理者に了解もらうこと、それから交差点や停留所での速度制御をどう考えるか、他車との混在の受容性はどうか、ドライバーの運転介入をどのようにするか、などたくさんの課題がありました。やってみないと分からないのでまずはやっ

てみようと思いきや多数いただき、非公道の実証から半年足らずで12月に1kmの区間の公道自動運転を実現することができました。（誘導線敷設はヤマハ発動機の支援で実現）車両側は、レベル2自動運転として、ドライバ介入により自動が解除されるように、ハンドル関係に手を加えました。（写真5）

このゴルフカートの公道自動運転は日本で初めてのものであり、その後、国交省道路局の道の駅自動運転や経産省のラストマイル自動運転といった実証事業が立ち上がることになり、輪島も後者の対象地の一つとなりました。ラストマイル自動運転事業では、遠隔監視システムを設けることと、LIDARなどで障害物認知を行い自動で減速・停止ができるように進化しました。

国の自動運転実証の動きも2017年頃から活発化しており、同年末には、運転席無人のものが基準緩和で認められるようになり、東京と愛知で第1弾が始まりました。（普通の車で車内に保安要員あり）同様なものを輪島のカートで実施する際に、ラストマイル自動運転事業では車内無人をやりたいということとなり、調整が進められた結果、非常停止ボタンを持った人が自転車に追従するという条件で実施されました。この実証のスタートのテープカットでは、前日に大雪が降り、当日の飛行機が能登空港に降りられず小松空港に到着するというハプニングがあり、私は小松から輪島へレンタカーを飛ばして向かいましたが、担当するプレゼンには間に合わず、同行した国の職員は何とかテープカットに間に合ったという綱渡りも経験しました。（写真6）



写真5 公道での自動運転



写真6 ラストマイル自動運転での車内無人

その後、ラストマイル自動運転事業は軸足を永平寺に移すことになり、輪島は誘導線敷設範囲を広げたくらいで、国の事業は終了し、あとは自主事業でのトライが続くことになりました。国土交通省がグリーンスローモビリティという名称でカートや低速EVバスなどの普及促進を始めたのは2018年のことで、輪島では運転講習を自動車教習所で手伝えることなどがなされました。またヤマハ発動機の支援やトヨタモビリティ基金の助成などで、7人乗り車両の追加がはかられ、2019年には9台で市街地をくまなく走らせられないかといったトライも行われました。これは「のらんけバス」というコミュニティバスが走っていますが、本数が少なく、利用者も少ない割に市の補助金額が大きいので、その金額あれば車両数を4倍に増やし、本数ももっと増やして便利な交通にできるのではないかというコンセプトでの実証で、実施時期が11月と寒くなる頃だったので、利用数は伸び悩みましたが、バス代替の可能性への手ごたえを感じました。（便利になるという高評価がある一方で、エアコンが無いことで夏暑く冬寒いという低評価もあり、なかなか前進することができずじまいでした）（写真7、写真8、図1、図2）



写真7 8台一斉走行（マリンタウンで3方向集結）



写真8 8台一斉走行（ふらっとと訪夢を同時出発）



図1 のらんけバスの路線図（能登輪島観光ポータルサイトより）



図2 一斉走行時のルート（輪島商工会議所 提供）

そして2020年からはコロナ禍となり、運行が休止され、その状態が続き、さらに今回の地震により全くめどが立たない状況になってしまっています。

今後に向けては厳しい状況ですが、輪島でのゴルフカートの一連の動きは、新しいチャレンジなことを行うフロントランナーとしての勢いがあり、それにかかわった私としても非常にいい経験をさせていただきました。そこで得たことを記します。

- 大きなゴールを描いて、その必要性和具体性を常に言い続けると、本当に良いことであれば賛同者がでてくる。
 - 企業の担当者の個性にもよるが、チャレンジなことをやりたいというモチベーションで、無謀と思われることも、検討を続けることで、実現の道が開けることがある。
 - 社会の受容性を得ることは、スタート時にはなかなか難しいこともあるが、思いを持ってやっていると理解者が増え、それが広がっていく。
 - 思いだけで突っ走るのではなく、冷静に議論武装していくことも重要で、ネガティブな意見を言う相手にたいして、粘り強く働きかけをしていくことも重要。
- 一方で、力不足で前進させられなかったことへの反省点も記します。
- 行政は交通対策予算を従前以上の増やすことは厳しいので、その予算範囲内でのモビリティの改変について、粘り強く働きかけができなかった。（9台走行時に十分なアピールができなかった）
 - ゴルフカートの特性上の欠点を補えることを十分できなかった。
 - 市民向けと観光客向けと、両用を狙ったため、どっちつかずになった面もある。
 - 住民への説明会等が不足していて、住民側に浸透していかなかった。

以上、輪島での思い出を記させていただきました。現地の復興には時間がかかりそうですが、何かお手伝いできることがあればやっていきたいと思っています。

文献

- 1) 鎌田: グリーンスローモビリティのこれまでとこれから, IATSS Review, 46巻, 3号, p. 180 - 187 (2022),
[doi:10.24572/iatssreview.46.3_180](https://doi.org/10.24572/iatssreview.46.3_180)
- 2) 東京大学高齢社会総合研究機構: 2030年超高齢未来—「ジェロントロジー」が、日本を世界の中心にする—, 東洋経済新報社 (2010), ISBN: 978-4492223116
- 3) 東京大学高齢社会総合研究機構: 2030年超高齢未来破綻を防ぐ10のプラン—ジェロントロジーが描く理想の長寿社会—, 東洋経済新報社 (2012), ISBN: 978-4492223253

金沢大学高度モビリティ研究所との共同研究活動*

Introduction of Collaborative Research with the Kanazawa University Advanced Mobility Research Institute

北島 創^{*1}

Sou KITAJIMA

我が国の物流や地域交通を支える職業ドライバー不足等の社会課題の解決が期待される自動運転技術の早期実現に向け、金沢大学高度モビリティ研究所と一般財団法人日本自動車研究所（JARI）自動走行研究部は2016年から共同研究を進めている。共同研究開始前の自動運転評価拠点の整備時に金沢大学から有用な知見の提供を受け、これが契機となって本共同研究の枠組みに発展している。本稿では、金沢大学とJARIの関係について3つのPhaseに分けて両者の強みを活かして取り組んできた内容を紹介する。

KEY WORDS: 自動運転、性能評価法、テストコース、公道実証実験、交通流シミュレーション

1. はじめに

2024年元日の「令和6年能登半島地震」では珠洲市・輪島市を中心に甚大な被害が発生し、被災された関係者各位に対して謹んでお見舞いを申し上げます。緊急地震速報を報じる報道映像のなかで珠洲市役所周辺の家屋が倒壊する瞬間を目の当たりにし、公私併せて2010年と2017年の2度に訪れたこともあって極めて大きなショックを覚えた。

地震発生から約10日後の1月12日に石川県金沢市の金沢大学・角間キャンパスにおける講演が予定されていたが、この時期の現地訪問について中止すべきかどうかの判断が迫られた。しかし、自分としてはこのような状況であっても現地に赴いて微力ながら経済活動を応援したいとの思いから予定通りに訪れることを判断した。金沢滞在中にタクシーを利用する機会があり、その際に運転手さんから「元旦の地震で完全に経済がストップしていたところ、中止せずにお越しいただいて本当に感謝しています」との言葉をかけていただいた。筆者が2005年にJARIへ入所するまでは金沢市を含めて石川県を訪れる機会は全くなかったのだが、今では金沢市には年に1回~2回は訪問するようになり、訪問すればするほどその魅力に強く惹きつけられている。

このように変化した理由として、自動運転に関する金沢大学と一般財団法人日本自動車研究所（JARI）の関係性が挙げられる。この関係をあらためて振り返ってみると、2014年頃からJARIに対して日本の自動運転技術開発の加速に資するテストコースを整備する期待が高まったことにたどり着く。経済産業省からのサポートも受けた整備を進めるにあたり、筆者（当時は自動運転に関する知見はほとんど有していなかったが…）は責任者に任命された。どのようなテストコースが望まれているのかを国内エキスパートに聞き取る活動の一環で2015年4月に金沢大学を訪問したことが最初である。JARIでは欧米を中心に海外のテストコースも調査を進めていたが、当時提供いただいた技術的なアドバイスは文献調査や視察では得がたい内容ばかりで、最終的なテストコース整備の基本方針に大いに反映されるほど重要で貴重なものであった。

このような経緯をふまえ、JARIが今後の自動運転に関わる調査・研究を進めるうえでは金沢大学との共同研究が重要であるとの考えに至り、2016年から共同研究がスタートした。本共同研究の当初の目的は、自動運転システムの安全性に関する標準的な試験法を研究することに定め、その後は自動運転の開

* 2024年3月18日受理

*1 一般財団法人日本自動車研究所 自動走行研究部 博士（工学）

発動向等をふまえて研究テーマを適宜設定しながら 2024 年現在も継続している。本稿では、これまでの金沢大学と JARI の関係を 3 つの Phase に分け、それぞれの経緯と得られた成果を紹介するとともに、現在の取組み課題と今後の展望について述べる。

2. 金沢大学高度モビリティ研究所と JARI の関係

(1) 金沢大学高度モビリティ研究所・計測制御研究室の特徴

金沢大学の菅沼 直樹教授が主宰する計測制御研究室は、車載センサやコンピュータを駆使した自動運転技術の研究に 1998 年頃からいち早く取り組んでおり、25 年以上経過した現在も国内外の第一線で活躍を続けている自動運転の代表的なエキスパートである。金沢大学においては研究開発用の自動運転自動車を 1998 年から開発しており、図 1 に示す通りに長期にわたって自動運転に必要なロジック（認識・判断・制御）のさらなる高度化に挑み続けている。



図1 金沢大学自動運転自動車の変遷¹⁾

2015 年 2 月に国内の大学として日本で初めて一般道での公道走行実証実験を石川県珠洲市で実施²⁾したほか、同年 4 月に新学術創成機構・自動運転ユニットを設立して自動運転技術の高度化だけでなく、過疎地における新たな移動手段としての活用を提案し、多くのメディアから注目を集めた。2021 年 4 月に自動運転ユニットの機能を維持しつつ金沢大学の全学的な組織として高度モビリティ研究所（所長：飯山教授，副所長：菅沼教授）を設立し、自動運転技術の研究開発、さまざまな乗り物の高度化、社会実装に向けた課題の整理、高度化された乗り物のさまざまな付加価値の提供を目指した総合的な活動に発展している。さらに、内閣府・経済産業省をはじめとする政府研究開発プロジェクトにも長期にわたって参画し、自動運転実現の政府目標の達成に向けて主に技術面で貢献している。

(2) 計測制御研究室と JARI 自動走行研究部の関係性

計測制御研究室と JARI 自動走行研究部は 2016 年から共同研究を開始し、表 1 のようにさまざまな課題を設定して現在も活動を継続している。前述したように共同研究前の 2015 年に日本の自動運転技術開発を加速するテストコース整備に向けて貴重なエキスパート知見を提供いただいたことが契機となった（Phase 0）。

2016 年から始まった共同研究は 2 つの Phase に分けられ、Phase 1（2016 年～2021 年）は自動運転システムの標準評価法を開発することを目指し、Phase 2（2022 年～）は内閣府 SIP 自動運転プロジェクトで得た知見をベースに JARI が開発中のマルチエージェント交通流シミュレーションを自動運転技術の高度化に活用することを目指して取り組んでいる。

各 Phase の取組み事項の詳細な内容に関して次章以降で紹介する。

表1 金沢大学とJARIの取組み内容一覧（2015年～2024年3月現在）

Phase	取組み内容・研究課題	時期
0	自動運転評価用のテストコース整備に向けたエキスパート知見の提供	2015年度
1	自動運転システムの安全性に係る標準評価法の開発 - 研究用の自動運転車の共同制作 - 公道実証実験で得られた技術課題のリストアップ - 公道実証実験にのぞむ自動運転車の事前テスト法の開発	2016年度 ～ 2021年度
2	マルチエージェント交通流シミュレーションを用いた自動運転技術の高度化 - 自動運転システムとシミュレーションを接続する環境の構築 - 自動運転技術の高度化に資するテスト技法の研究（継続中）	2022年度 ～

3. 日本における自動運転評価拠点としてのテストコースの整備（Phase 0）

JARIの自動運転評価拠点（Jtown）は、産官学連携による自動運転技術の協調領域の課題解決と将来の評価法整備に取り組むため、経済産業省の2016年度の自動走行システム評価拠点整備事業の補助を受けて整備された³⁾。約16万平方メートルの敷地に、雨・霧・日照等の環境条件を再現可能な屋内施設「特異環境試験場」、通信を利用した協調型自動運転システムの実験施設「V2X市街地」、さまざまな交差点形状を再現可能な「多目的市街地」の三つの試験エリアで構成される（図2）。

Jtownの整備方針を策定するために、2015年に菅沼教授から公道実証実験を通して得られた認識・判断・制御のリアルな技術課題とその発生要因の解説をセットで提供いただいた。JARIでは国内の主要なエキスパートに対するヒアリングを継続し、Jtownに求められることを18種類の要素にまとめた（表2）。菅沼教授から提供を受けた技術課題はいずれも具体的かつ明確なものであったために確実に反映することができた。およそ10年前の段階で金沢大学が公道走行可能な水準の自動運転システムを開発し、そのうえで公道走行実績を蓄積していたことの先進性に改めて気付かされる。



* 第69回自動車技術会賞 技術開発賞 受賞

図2 自動運転評価拠点（Jtown）（2017年4月竣工）

表2 自動運転評価拠点 (Jtown) に求められた18要素の一覧

No.	評価ニーズ	内容	No.	評価ニーズ	内容
1		分岐区間／合流区間	10		V2X 技術試験用の設備
2		料金所	11		異なる通信状態の模擬 (電波/GPS 等)
3		多様な曲率のカーブ	12		ジレンマゾーンにおける進入判断
4		多様な角度の交差路	13		さまざまな検出範囲の検証 (死角等)
5		高低差のある交差路	14		他者 (車/自転車/歩行者等) の認識
6		デジタルマップとの差異 (道路工事等)	15		移動ターゲットを用いた評価
7		かすれた白線／標示 (停止線／標示等)	16		降雨条件 (巻き上げ/反射等)
8		特殊な規格の縁石／路面上の穴	17		濃霧条件
9		矢印／電球式／連続する信号機の認識	18		逆光条件

4. 自動運転システムの安全性に係る標準評価法の開発 (Phase 1)

2016 年度からスタートした共同研究では、研究用自動運転車の共同制作 (2016 年度～2017 年度)、公道実証実験に臨む自動運転車の事前テスト法の開発 (2017 年度～2018 年度)、複数の公道実証実験で得られた技術課題のリストアップ・更新 (2016 年度～2020 年度)、高度な認識・判断性能を評価するテスト法の開発 (2020 年度～2021 年度) について取り組んだ。

このうち、2017 年に警察庁が発行した公道実証実験に向けたガイドライン⁴⁾を反映した事前テスト法を共同で開発した際には、金沢大学が珠洲市の公道を走行する前に自動車教習所内で基本的な性能を入念に検証していた取り組みに着目した (図 3, Step 1)。

自動車教習時の仮運転免許のように公道で路上練習が可能な技能を確認する方法が自動運転車にも必要と考え、図 4 のように Jtown 内に場内検定に相当する課題を配置して自動運転システムとテストドライバの対応能力を確認するテスト法を提案した。自動運転システムに対して全ての課題をクリアすることは求めず、図 5 が示すようにシステムまたはテストドライバのどちらかが安全を確保するために適切に準備・対応できるかを重視した点が特徴である⁵⁾。このテスト法は、2018 年の自動車技術会春季大会学術講演会で公表し、公道実証実験をサポートする事前テストサービスとして大学・メーカー等に利用されている⁶⁾。

公道走行前	公道走行後	
Step 1 自動車教習所内を走行	Step 2 公道実証実験 (6.6 km)	Step 3 公道実証実験 (60 km)
 教習所における試験走行 (基本性能を確認)	 珠洲市内の公道走行(1) (旧ルート : 6.6 km)	 珠洲市内の公道走行(2) (鈴ヶ崎ルート他 : 約 60 km)

図3 金沢大学の公道実証実験に至るプロセス (2015年)



図4 JARIの自動運転車の事前テスト課題 (基本レベル)



	パターン 1	パターン 2	パターン 3
車内の状況	システムが適切に対応できる 	ドライバーの適切な介入で対応できる 	システムもドライバーも対応できない
システム	○	×	×
テストドライバー	-	○	×
結果	適切		不適切

図5 自動運転システムとテストドライバーの対応内容の評価

5. マルチエージェント交通流シミュレーションを用いた自動運転技術の高度化（Phase 2）

2022年度から本共同研究は新たな Phase に移行し、シミュレーション技術を活用した自動運転技術の高度化をテーマにした研究に着手し、2024年現在も継続中である。本テーマで活用するシミュレーション技術は、もともとは運転支援・自動運転システム普及時のインパクトアセスメント用のマルチエージェント交通流シミュレーション（以下、JA-Re:sim という）である⁷⁾。JA-Re:sim では、仮想的に再現した道路ネットワークを数百人～数千人のドライバや歩行者といった交通参加者がエージェントとして行動し、エージェント同士の相互作用が積み重なることで現実的な交通流と偶発的な交通事故を再現できる。

特定のエージェントの認識・判断・行動ロジックを開発中の自動運転システムに置き換えることによって、さまざまな状況に対して安全・円滑に走行できるか検証する環境を構築した（図6）。ただし、金沢大学のような基本性能の高い自動運転システムの高度化は単純に置き換えただけでは実現できないことが判明した。そこで、図7に示すように、エージェント同士が遭遇した事故・ニアミス等の危険なシーンを忠実に再現する検証方式と、関与したエージェントの位置・速度・加速度等のバリエーションを拡張した検証方式を組み合わせたテスト技法の研究を進めている⁸⁾。本研究のコンセプト・アプローチは世界的にもユニークであると認識しており、可能な限り早く成果を公表していきたい。

マルチエージェント交通流シミュレーション

自動運転システム(認識・判断・制御ロジック)

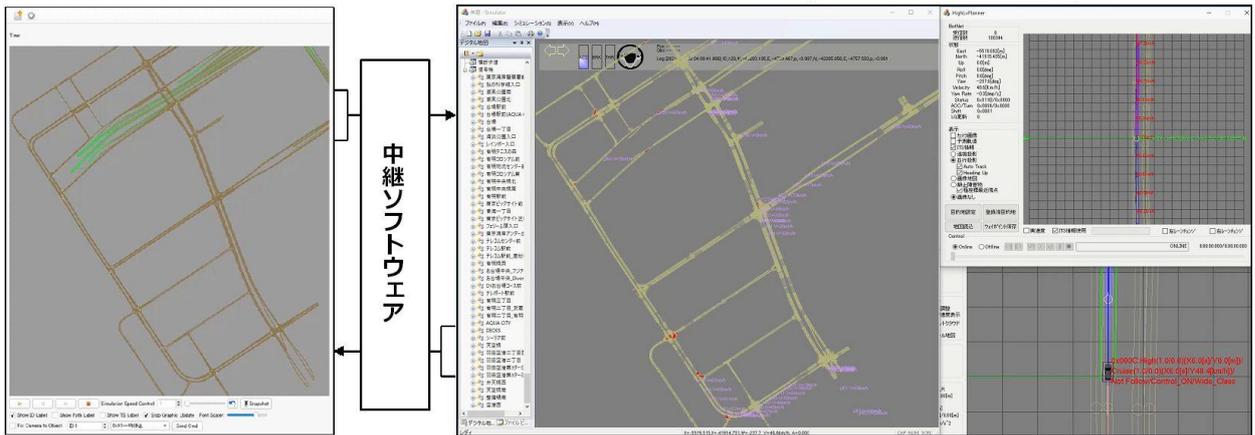


図6 マルチエージェント交通流シミュレーション（JA-Re:sim）と金沢大学自動運転システムの接続環境

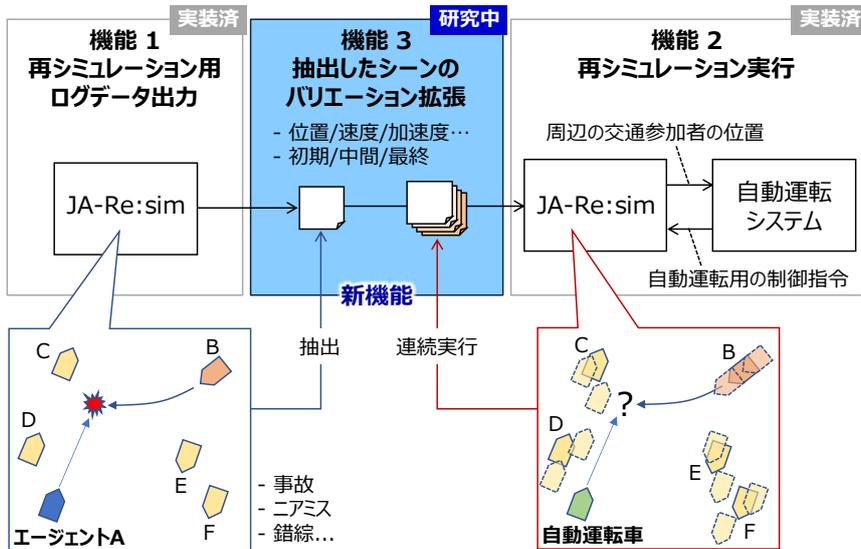


図7 自動運転技術の高度化に資するテスト技法のコンセプト（2023年度の共同研究テーマ）

6. おわりに

本稿では JARI の自動運転研究にとって重要な位置づけで進めている金沢大学高度モビリティ研究所計測制御研究室との共同研究活動について紹介した。自動運転評価拠点の整備に向けたエキスパートヒアリングをきっかけにして、研究用自動運転車の共同制作、公道実証実験に臨む自動運転車の事前テスト法開発、マルチエージェント交通流シミュレーション活用による自動運転技術の高度化等の様々なテーマについて共同研究を進めてきた。現在の研究テーマは金沢大学と JARI の相互の強みを掛け合わせて新たな価値を創出することを目指した取り組みであると考えている。

石川県にまつわるエピソードをまとめて本稿の結びとしたい。2010年5月の大型連休に JARI 同僚とロードバイクで4日かけて能登半島を一周し、このときの金沢・輪島・珠洲・白米千枚田等の風景・体験は素晴らしいものばかりであった(図8)。2017年には当時の永井正夫所長をはじめとする JARI 一行として金沢大学の公道実証実験を視察するために能登空港から珠洲市へと向かった。JARI の出張記録によると筆者は石川県に計10回(金沢9回、珠洲1回)訪問しており、2023年11月には金沢市で開催された自動車予防安全に関する国際会議(FAST-zero'23)で Best Paper Award を幸運にも受賞できた(図9)。

米どころである北陸地方は上質な日本酒が多く、特に菅沼教授ご推薦の「宗玄」は訪問したら確実にオーダーするほど馴染んだ銘柄になっていた。ところが、珠洲市にある宗玄酒造は先日の地震で甚大な被害が発生して事業継続が危機的な状況に陥ってしまった。このような過酷な状況でも関係者は決して酒造再開を諦めることなく、3月13日には第三弾の「復興の酒」を販売している⁹⁾。また、至る所に巨大な亀裂が生じた白米千枚田においても米作り再開に向けて有志が動き出しており、各地で復興に向けて懸命に歩む方々を少しでも応援できるよう本共同研究を引き続き発展させていきたい。

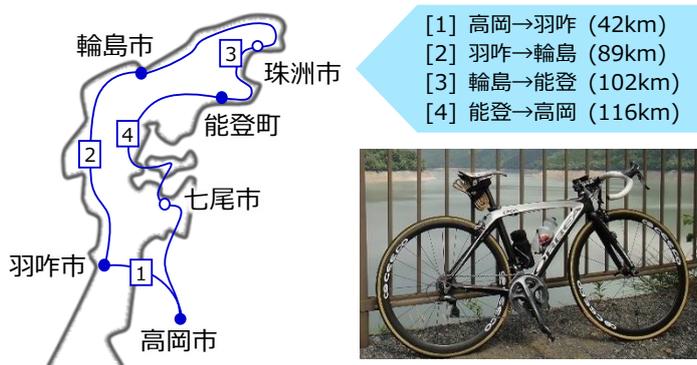


図8 2010年の能登半島一周ルートと筆者愛車(ORBEA ORCA)



図9 [Best Paper Award 受賞](#) (2023年)

参考文献

- 1) 金沢大学高度モビリティ研究所: 菅沼研自動運転自動車の変遷, <https://its.w3.kanazawa-u.ac.jp/car.html>, (参照 2024-3-18)
- 2) 菅沼: 高度な自動走行の実現に向けて～公道における実証実験から～, 法律のひろば, ぎょうせい, Vol. 71, No. 7, p. 16 - 20 (2018), <https://www.fujisan.co.jp/product/2430/b/1692303/>, (参照 2024-3-18)
- 3) 北島 ほか: 日本における自動運転評価拠点のためのテストコースの整備, 自動車技術会春季学術講演会予稿集, No.4 - 17, p. 100 - 103 (2017), <https://tech.jsae.or.jp/paperinfo/ja/content/p201701.019/>, (参照 2024-3-18)
- 4) 警察庁: 自動走行システムに関する公道実証実験のためのガイドライン, (2016), <https://www.npa.go.jp/koutsuu/kikaku/gaideline.pdf>, (参照 2024-3-18)
- 5) 北島 ほか: 公道実証実験にのぞむ自動走行システム搭載車両の安全性の事前テスト方法に関する研究, 自動車技術会春季学術講演会, 文献番号20185340, (2018), <https://tech.jsae.or.jp/paperinfo/ja/content/p201801.340/>, (参照 2024-3-18)
- 6) 自動走行ビジネス検討会: 自動走行の実現及び普及に向けた取組報告と方針 Version 5.0<概要版>, p. 79 (2021), https://www.meti.go.jp/policy/mono_info_service/mono/automobile/jido_soko/pdf/20210430_02.pdf, (参照 2024-3-18)

- 7) 日本自動車研究所: 平成30年度戦略的イノベーション創造プログラム (自動走行システム): 交通事故低減詳細効果見積もりのためのシミュレーション技術の開発及び実証調査報告書, p. 13 - 68 (2019),
https://www.meti.go.jp/meti_lib/report/H30FY/000354.pdf, (参照 2024-3-18)
- 8) 北島 ほか: マルチエージェント交通流シミュレーションを用いた自動走行システムの高度化に資するテスト技法の開発, 自動車技術会秋季学術講演会, 文献番号20236002(2023),
<https://tech.jsae.or.jp/paperinfo/ja/content/p202302.002/>, (参照 2024-3-18)
- 9) 宗玄酒造: 【復興の酒】一緒に『がんばれ! 珠洲 宗玄』第三弾,
<https://sougen-shuzou.com/wordpress/?p=3108>, (参照 2024-3-18)

JARI シンポジウム基調講演 1 :

経済産業省における自動運転の実現に向けた取組*

伊藤 建*1
Takeru ITO

わが国が自動運転分野において産業競争力を確保し、世界の交通事故の削減等、社会課題の解決に貢献するため、官民で取り組みを推進している。本講演では、自動運転レベル4等の先進モビリティサービスの実現・普及を目指す「RoAD to the L4」の実施状況など、経済産業省における自動運転の実現に向けた取り組みや方向性を紹介する。

経済産業省 自動車課の伊藤です。本日はこのような貴重な機会を頂戴いたしまして誠にありがとうございます。私の方からは経済産業省における自動運転の実現に向けた取り組みということで、25分ぐらいですが、ご紹介をさせていただければと思っております。2023年は、参加者の皆様には大変お世話になりました。自動運転の動き、さまざまなことがありました。2023年の5月には第1号のL4の案件となる永平寺町での自動運転移動サービスが運行開始をいたしました。それから11月にはL4コミッティを立ち上げまして、ロボットタクシーの都内での運行開始について議論を始めたところです。それ以外にもさまざまな動き取り組みが進んでいます。そういった最新の状況について改めて私の方からご紹介をさせていただきますので、よろしくお願いたします。

1. 総論

図1 まずは総論ですが、自動運転も含め自動車産業全体として、このデジタル化、DXの動きが非常に進んでいると考えております。まさにデジタル技術、あるいはそれを支えるデータを活用いたしまして、産業競争力上の優位性を確保していくことが、これまで以上に重要になってきていると考えています。大きくは左下にありますように、「供給側の変化」それから「需要側の変化」が起きているということとして、足元で見ますと、電動化の流れの中でアーキテクチャ設計が柔軟化していたり、ソフトウェアの統合化が進んでいると考えています。あるいはユーザー側のニーズとしてエンタメ空間、かっこよさといったものが重視をされているなどの変化もあります。まさにこうしたハードウェアではなくソフトウェア側の重要性が、高まってきていると認識しています。



図1 自動車産業においてDXがもたらす変化

* 「JARIシンポジウム2024 自動運転レベル4の実現に向けて～様々な角度からみた現在地と今後への期待～」(2024年1月12日)の講演より原稿化 2024年3月25日受理

*1 経済産業省

図2 車がスマホ化しているとよく言われております。まさにこうしたソフトウェア・デジタル化に向けた取り組みということで、自動運転も含めまして全体のデジタル化の推進は重要であると考えています。

図3 自動運転の話に戻りますと、意義としては大きくこの3点だと考えています。交通事故の削減、渋滞の緩和といった社会課題の解決の問題ですとか、あとは地方での高齢者等の移動手段の確保といった地域の交通課題への対応、あるいは産業競争力としての自動運転システム、これで大きな付加価値を産んでいく、あるいは関連産業を作っていく、こういったところが意義になってくると考えています。

図4 海外の状況ですが、冒頭申し上げたようなロボットタクシーの動きがアメリカ、それから中国においては進んでいる状況です。アメリカですとサンフランシスコを中心としまして Waymo あるいは GM クルーズのロボットタクシーのサービスが開始している状況です。GM クルーズにつきましては現在、あの大事故に伴う免許の一時的な停止となっていて、原因究明それから改善に向けた取り組みがなされている認識です。中国は、ここには Baidu を例示しておりますが、北京、武漢、そういった大きな都市から近郊のところ、経済特区的なアプローチでレベル4の実装が進んでいるとの認識です。欧州は現状、実証段階だと理解をしておりますので、そういった意味では米中が先行しており、そこにどう日本として、追いつき追い越していくかが、求められていると考えております。

図5 物流のレベル4の状況について、こちらもアメリカや中国の一部都市では商用化配送が始まっていると承知をしています。やはりここも、アメリカや中国が一步リードしているような状況だと認識をしています。



図2 モビリティ分野でのデジタル化の推進

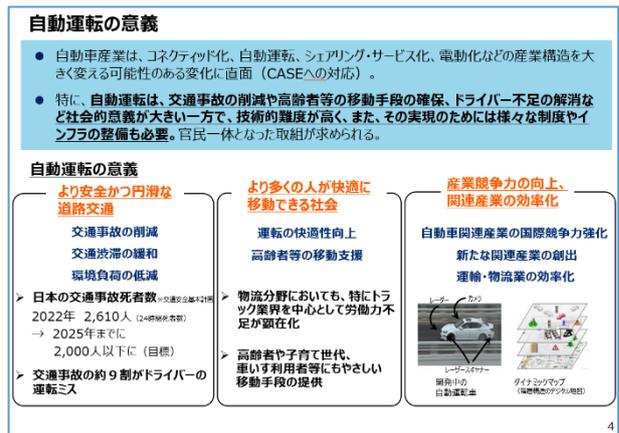


図3 自動運転の意義



図4 <参考>海外プレイヤーによる人流サービスカー実証・実装等の例



図5 <参考>海外プレイヤーによる物流サービスカー実証・実装等の例

図6 自動運転に向けた課題と取り組みとのことで、全体の方針がこのスライドです。大きくはこの4点だと思っております。2023年の4月に改正道交法が施行され、法令上レベル4の公道走行が可能となりました。そういった状況の中で、国内でのレベル4第1号案件として、福井県永平寺町での自動運転移動サービスが2023年5月に運行開始されました。しかし、技術面、社会受容性や事業性の確保、制度面、これらの総合的な取り組みを進めることで、自動運転の社会実装を加速していきたいと考えています。

無人自動運転サービスの社会実装に向けた課題と取組方針

- 自動運転の実装に向けて、①安全・円滑に公道走行可能な技術、②導入のための地域住民の社会受容性の向上、③事業性確保、④制度面、が主な課題。
- 制度面では、2023年4月に改正道交法が施行され、公道走行が可能に。今後、以下の取組を講じることで、レベル4の実装を加速化していく。

<取組方針>

①技術面

- ・引き続き高速道路や公道走行の実証を通じ、安全かつ円滑に走行可能な条件を多様化・拡張
- ・自動運転を含むSDVのコア技術に係る協調領域のあり方

②社会受容性の向上

- ・意欲があり、事業性も見込める自治体・事業者の案件形成を支援
- ・IAD MaaS社会実装に向けた「手引き」を策定、知見共有

③事業性確保

- ・現在取り組んでいるL4プロジェクトにおいて持続可能な形を作り、横展開
- ・導入コスト軽減のため、特に初期段階の自動運転システム開発を支援（R5補正）

④制度面

- ・関係法令に基づき円滑な手続ができるよう、関係省庁・自治体によるサポート枠組を立ち上げ
- ・責任分担のあり方、シナリオ状況下における対応の考え方の整理

図6 無人運転サービスの会社実証に向けた課題と取組方針

2. 自動運転を含むSDVコア技術に係る協調領域のあり方

図7 2番目は先ほど冒頭に申し上げたようないわゆるSDV技術、こういったところについてご紹介します。2023年12月から、これまで自動走行ビジネス検討会として開催してきた検討会を、装いを新たにモビリティDX検討会と名前を改めています。この背景としましては、まさに冒頭申し上げたような、自動運転に限らない形でのソフトウェア化・デジタル化の流れがありまして、少しスコープを広げて、SDVの技術あるいは企業間を跨いだデータ連携、こういったところをスコープに含めて議論を進めております。



図7「モビリティDX検討会」(旧：自動走行ビジネス検討会)について

図8 第1回目のSDV・データ連携WGのスライドをここにお示します。やはりSDVを規定する要素の中でも特に重要だと思われる技術として、ここに6つ記載しています。委員の先生方には、さまざまご指摘ご意見を頂戴しております。2024年の3月末までには、一定の方向性を報告書に取りまとめていきたいと考えています。現時点では、重要であり、なおかつなかなか個社だけでは、これからグローバルな流れを考えたときには難しいところは、やはり協調をして取り組むべきと、この6項目については考えている状況です。

SDVを構成する重要技術(例) 仮説

- **AI**：クルマの設計・開発含むビジネスモデル革新のためのAI活用や、自動運転において現状では技術的に対応が困難な複雑な走行環境におけるAI活用への期待の高まり
→ シミュレーション環境を含め、自動車分野におけるAI活用事例の検討・創出
AI活用のボトルネックとなる計算資源、型式認証におけるAIの扱い 等
- **シミュレーション**：開発・設計の効率化や、自動運転開発における効率的な走行データ収集の観点からの、シミュレーション環境活用の重要性の高まり
→ 高精度なシミュレーションモデル/シナリオデータベースの構築と実際のユースケースにおける活用事例の創出、これらの事例蓄積を通じた将来的な型式認証におけるシミュレーション活用の方向性の検討 等
- **半導体 (SoC)**：高性能化と低消費電力化の両立に向けて、汎用品ではなく用途に特化した専用半導体の重要性の高まり
→ OEMにおけるSoC設計能力の確保、日系SoCサプライヤーによる生産能力の確保 等
- **API/インターフェース**：OS・ミドルウェア・アプリケーション層における開発効率化や新たなプレイヤー参入の促進に向けた開発環境整備の観点からの、APIの標準化・開放の重要性の高まり
→ OS・ミドルウェア・アプリケーション層における必要な領域についてのAPIの標準化・開放 等
- **高精度3次元地図**：車両や走行環境の多様化の中で、自動車専用道路やリアルタイム性が低い静的地図情報に留まる現在の高精度3次元地図について、今後の整備の方向性についての議論の必要性の高まり
→ 一般道の高精度3次元地図の必要性の検討、リアルタイム性をもつ動的情報の必要性の必要性の検討 等
- **ライダーレーダー**：小型化や低コスト化、分解能の向上に向けた技術開発の重要性の高まり
→ ライダーの小型化・低コスト化に向けた光源技術、ライダーの分解能の向上に向けた4D画像レーダー技術、等の開発の方向性の整理 等

図8 SDVを構成する重要技術(例)

図9 海外の動向について簡単にご紹介をいたします。まずAIにつきましては大きくは設計・開発段階でのAIの利活用が進んでいる状況です。自動運転ですと、先ほど申し上げたWaymoなども、自動運転システムの開発にあたっては、こういったAI技術を活用したシミュレーションを利用していると考えております。

図10 それから自動運転ですが、テスラなどはAIに全振りしたような形での自動運転のシステムの構築が進んでいると理解しています。

図11 それからシミュレーションについては、日本ですとSAKURAあるいはDIVPといったような開発環境を、JARI（一般財団法人日本自動車研究所）を中心としましてご用意をしております。こういったものは海外でもかなり同じように進んでおり、SAKURAのシナリオであれば海外とも連携をいたしまして、安全性のシナリオ評価のISO化に取り組んできている状況です。

図12 それから半導体はまさに自動運転も含めた自動車の開発に必要な不可欠な技術だと認識しています。特に高性能の半導体につきましては、オールジャパンで取り組んでいくことが一つ重要ではないかと考えていまして、海外を見ますとテスラなどは内製化を進めている動きもあります。大きくはその個社で内製化をいかに取り組んでいくかとの観点、それから個社ベースだとなかなか対応しきれないところについては協調して共通規格をして調達を図っていく、こういった二方面の取り組みが重要ではないかと考えています。

海外動向①：AI（設計・開発）

- 近年、生成AIを含めたAIを活用することで、業務やサービスの質・効率を向上させる動きがあるが、自動車分野においても、AI活用には多様なユースケースが存在。
- 車両デザイン生成やIVI領域（車載インフォテインメント）への活用、AD/ADASでの認識・判断やそれを鍛えるためのシミュレーション環境の構築等に使われている。

◆ 車両デザイン生成への活用

米「Zinger Vehicles」は、生成AIを用いたデザインされたハイパーカー「Zinger Z1C」を2023年末から納車予定。同じくAI/3Dプリント技術を活用して開発



◆ シミュレーション環境構築への活用

米「NVIDIA」では、自動運転のシミュレーションプラットフォーム「DRIVE Sim」に生成AI技術を活用し、実走データから得られた素材でシミュレーション環境を生成。

- 仮想環境を生成
- シナリオを生成

実走データから走行環境を構築する。リアル世界を拡張し、シミュレーション環境にすることも可能

生成した環境の中で、発生するシナリオイベントも生成。開発業務では、実際の開発でデータが少ないシナリオの生成や難易度も操作が可能



◆ IVI領域への活用

独「Mercedes-Benz」のIVIシステムには、自然言語処理（NLP）とMLを組み合わせた音声認識にAIを使用するパーソナルアシスタントが搭載されており、最近ではChatGPTのAPIも導入



海外動向①：AI（自動運転）

- 自動運転の領域については、従来、物体認識において機械学習やディープラーニングを用いる一方で、それ以外の判断や制御においては、ルールベースの条件分岐によるプログラミングが主流だった。
- その一方で、設計・開発思想が従来OEMとは異なる新たなプレイヤーの出現や、走行環境の拡張・複雑化に伴い、判断や制御においてもAIの活用が進みつつある。特にTeslaは、現状の市販車において、認識・判断・制御すべてにAIを適用させたシステムを構築している。

物体抽出

AI

- 大量のデータを使って学習したDLモデルで、物体の検出・認識、物体が何であるかを判定
- 特徴量（判断基準）を人が設定し、あらかじめ分類した物体のCFに当てはまるかを判定
- いわゆる学習データが必要で、未学習のものでは判定できない。計算量は多いが、AIの方が正確に判定できる

行動予測

AI

- 歩行者の軌道の向きや他の交通参加者の動作も考慮して行動予測
- 歩行者の歩速（m/s）（加速感・減速感）で移動している方向を推定し、それを機軸する歩速として算出
- AIの方がより実際の行動予測が可能

TeslaのAI活用の例

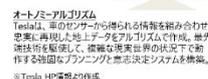
ニール ネットワーク

Teslaは、最先端の学習モデルに活用し、認識・判断・制御の精度を向上させた。Autopilot向けに48のニューラルネットワークをトレーニング。これらのネットワークは、数万台の車両向けにリアルタイムに学習させて学習。ニューラルネットワークを完全な標準化は、70,000GPU（英）の時間が必要とされ、タイムスナップごとに1,000億の異なる予測を出力。



オートミナルシステム

Teslaは、自社のセンサーが取得する情報を組み合わせて、忠実に再現した地上データをアルゴリズムで生成。最先端技術を使用して、複雑な現実世界の状況下で動作する自動運転システムを忠実に地上データを複製。



行動決定

AI

- 限定的な走行環境で、無数の運転行動をふるまうAIトレーニングされたモデルを、独自のソフトウェアで実行
- 特定の事象が起きた場合には、このように動作を行うというルールをあらかじめ設定しておく
- DLベースでの決定により、類似シナリオの分類が可能
- いざいざ想定外の事象への対応についての対応策が必要

運動制御

AI

- End-to-Endのシステム
- 目標とする速度、作業者の意図のため、モーターを制御してブレーキを掛ける、補正を制御
- 行動決定による移動に関する目標値に対して制御を行うため、基本的にルールベースで行うものとされる。

図9 海外動向①：AI（設計・開発）

図10 海外動向①：AI（自動運転）

海外動向②：シミュレーション

● 欧州と米国を中心に、シミュレーションを活用した開発・設計や、安全性評価の取組が進んでいる。

企業	開発・設計					安全性評価				
	中国	EU	ドイツ	オーストリア	米国	中国	EU	ドイツ	オーストリア	米国
中国	Panasonic					CATARC				
イスラエル	Coretelco					HEADSTART				
英国	Infuro					SUNRISE				
ドイツ	Siemens					FESTA				
	IPG Automotive					L3 Pilot				
	aspac					H-Drive				
オーストリア	AVL					Safety Pool				
	Mathworks					MURKICE				
	Applied Intuition					VHM				
米国	Altair					SET level				
	Anyos					INNO				
	Waymo					VTM/AMP				
						IAMTS				
						VOICES				
						Waymo				

図11 海外動向②：シミュレーション

海外動向③：SoC

- 自動車は、パワー・アナログなど、多くの半導体がいられるが、SDVの実現には、ECUを統合しSWの開発・アップデートを容易にすることが必要であり、統合ECUには高性能なSoCが不可欠。
- 高性能なSoCの設計・製造は、NVIDIA・Qualcomm等の一部サプライヤーによる寡占化が進む一方で、高性能化と低消費電力化を両立するには微細化と用途に特化した専用半導体が必要であり、Teslaは、設計の手の内化を進めている。

◆ NVIDIA

- Volvo Carsは、EX90 SUVに、Nvidia Drive Orin SoC2 Drive platform (約20TOPS)を採用し、2024年開始予定
- Mercedes-Benzは、V260 EQに、Nvidia Drive Orin SoC2 Drive Orin SoC (約20 TOPS)を採用し、2024年開始予定
- Drive Orin SoC (約20 TOPS)は、ハイパフォーマンス向けのAI SoCで、自動運転、ADAS、エンターテインメントに最適化




◆ Horizen Robotics

- BYDの中核メーカーを中心に開発されているJourneySは、4.0TOPS/1.28TOPSの性能を誇る
- BMWは、Z世代の顧客層をターゲットにしたBMW iXのプラットフォームに、Horizen RoboticsのSoCを採用し、2024年開始予定




◆ Qualcomm

- GMは、Cadillac Celestic 2023に、Qualcomm SoC Snapdragon Ride L4を採用し、2024年開始予定
- BMWは、BMW iXに、Qualcomm Snapdragon Ride L4を採用し、2024年開始予定
- BMWは、BMW iXに、Qualcomm Snapdragon Ride L4を採用し、2024年開始予定




◆ Tesla

- 2019年に、NVIDIAから開発されたTesla SoCで自社開発の自動運転システムを開発し、2024年開始予定
- 2023年、Teslaは、自動運転システムを開発し、2024年開始予定
- HW4.0は、HW3.0よりも、2倍の性能を誇る
- HW4.0は、HW3.0よりも、2倍の性能を誇る
- HW4.0は、HW3.0よりも、2倍の性能を誇る

図12 海外動向③：SoC

図 13 4 番目が API の標準化です。こちらにつきましては自動運転 ADAS のところで、欧州を中心とした AUTOSAR の標準化がこれまで過去 5 年間ぐらい取り組んできていると認識しております。一方で中国などに目を向けますと、「CAAM-SDV 工作组の取組」が左下にありますが、2020 年頃から ADAS 部分にとどまらない形でかなり広範囲にわたった API の標準化が進んでおります。結果として第三者、サードパーティが参入しやすいような開発環境が整備されており、それが中国の競争力の向上に大きく貢献をしているのではないかと考えています。現在議論をしておりますが、やはりこういった幅広い形での API の標準化、それによって新たなプレイヤーを呼び込んでいく、それが日本にも必要ではないかと考えています。

図 14 5 番目は高精度の地図です。これは SIP の技術の成果を基にして、DMP 社において現在地図を提供している状況です。大きくはテスラのような、地図を不要とし、AI で全てを判断するような開発思想とそれ以外とで分類できるかと考えております。現在はこの地図のさらなる精緻化を図っていきたくと考えておまして、内閣府の予算なども活用して、取り組みを進めている状況です。

図 15 ライダーとかレーダー、こういったセンサー類も自動運転には重要だと考えております。一方でコスト、それから大きさ、こういったものがネックになってきているとの認識です。ここは非常に開発競争が米中でも激しい分野だと理解をしておりますので、その次世代の新たなフォトリック結晶レーザーなども視野に入れながら研究開発の支援を、日本としてもしっかり進めていきたいと考えています。

図 16 それから、付随する論点としまして、データのセキュリティが重要になってまいります。大きくはデータの流通の問題、それからサイバーセキュリティの二つだと考えています。前者については DFFT の観点から越境のデータ移転の円滑化として取り組みを進めています。例えば中国などでは重要データと規定されているものについては自由な越境移転が難しいような状況がありますので、これは政府間でも働きかけを継続している状況です。それから、後者のサイバーセキュリティについては、これはまさに国際基準に沿った形で車両の認証が行われている状況でして、これ

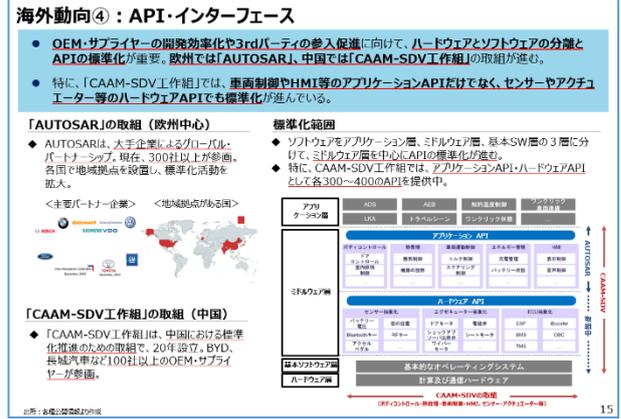


図13 海外動向④：API・インターフェース

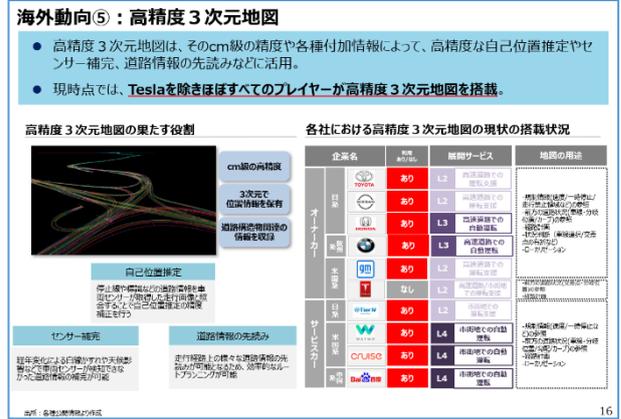


図14 海外動向⑤：高精度3次元地図



図15 海外動向⑥：ライダー・レーダー

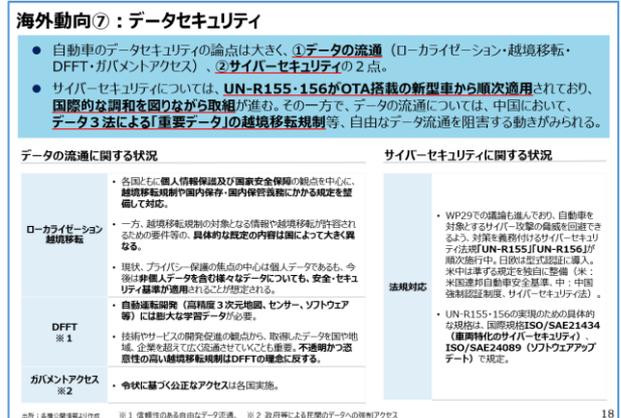


図16 海外動向⑦：データセキュリティ

は100%安全ではなく、常にアップデートしていくことが技術上も重要だと考えておりますので、こういった側面からも議論を進めています。

3. L4 自動運転プロジェクトの進捗状況

続いてはL4のプロジェクトの概要、それから進捗状況などについてご紹介いたします。

図 17 まずは、2023年の11月に成立をいたしました補正予算ですが、レベル4の自動運転システムの開発支援の事業として27億円を確保しております。もうすぐ公募プロセスにかかる予定になっていきますけれども、自動運転のトラックあるいはロボットタクシーのような乗用車のタイプ、こういったところについてのご支援を3分の1あるいは3分の2という形でさせていただく予定です。

図 18 それから社会受容性を高めていく観点からは、やはり取り組む自治体や住民の皆様のご理解・ご協力が必要不可欠になってまいります。そういった観点から、こういった手引きというものを、ご用意をして公表したいと考えております。具体的には認可に係る、必要なプロセスですとか、あとはその役割分担、責任のあり方などについてもここではご紹介をさせていただきたいと作成を進めています。

図 19 ここからは個別プロジェクトのご紹介です。まずは東京都内で2026年1月から開始予定のホンダの、自動運転タクシーサービスです。エリアについては右下の通りでして、これは2023年の11月にL4コミッティにおいて議論を開始している状況です。

モビリティDX促進のための無人自動運転開発・実証支援事業（R5補正：27億円）

- 米中ではロボットタクシーが既に運行開始しており、このままでは日本勢は力負けする可能性。このため、汎用性のある自動運転システム開発支援を加速化することにより、世界を戦える自動運転サービスの確立を目指す。
- ※但し、海外でも巨額の投資を回収するビジネスモデル確立までは至ってならず、いかに競争の激上。
- 物流分野においては、深刻な人手不足から自動運転トラックへの期待大。量産車開発は未だ途上であり、市販車への改造による自動運転機能搭載を支援し、まず新東名高速道路での実装を目指す。大規模な走行データ取得も実施し、大型トラックメーカーの更なる開発にも活用。

事業スキーム（対象者、対象行為、補助率等）

(1) 委託事業
走行データ取得及び解析作業等
国 → 民間企業等

(2) 補助事業
自動走行に伴う車両の改造等
国（定額） → 民間企業等 → 補助（1/3, 2/3） → 民間企業等

図17 モビリティDX促進のための無人自動運転開発・実証支援事業(R5補正：27億円)

AD MaaS社会実装に向けた手引き

- 持続可能な事業としての自動運転移動サービスの社会実装を支援するための事業者・自治体向けの参考書として、今年度中に策定、知見共有。
- 地域の移動課題を踏まえた事業目的の設定段階から持続可能な社会実装段階に至るまで、一貫貫通でプロジェクトに関わる事業者・自治体が把握すべき項目を含めることを想定。

＜社会実装に向けたプロセスのイメージ＞

自動運転移動サービス 導入検討プロセス | 各種法規制許認可プロセス | 社会実装に向けたプロセス

＜手引きの項目＞

(0) 事業目的の設定・期待される効果/付加価値
(1) AD MaaSの枠組み：サービス内容、運行範囲、車両・道路・インフラの仕様
(2) 安全性設計：車両システムの安全性、安全走行戦略、車内乗客安全
(3) 役割分担/責任区分：開発、運行/役割分担、開発・インフラ・設備
(4) 事業成立性検討：初期投資、運営費用、費用回収効果

図18 AD MaaS社会実装に向けた手引き

HONDAの自動運転タクシーサービス

概要

- 2023年10月19日、Honda、GM及びCruiseの3社は自動運転タクシーサービスを2026年初頭に開始する計画をプレスリリース。
- 具体的には、2026年初頭に、東京都心で、数十台からサービスをスタートし、500台規模での運用を見込むもの。
- 26年1月からは台数117台で稼働サービス開始。その後、中央区、千代田区、港区及び目黒区の一部に順次エリアを拡大する計画
- サービスの開始には、各自治体所管する法令との整合性が必須であり、未稼働の内容も含む許認可を必要とする計画。

商業化エリア（案）

図19 HONDAの自動運転タクシーサービス

図 20 それから、自動運転のトラックにつきましては、これはデジタル全総の中で、新東名の駿河湾沼津～浜松間の約 100 キロ区間を 2024 年度に走行を開始するというので、今、詳細の設計を進めている状況になっています。

図 21 それから GI 基金（グリーンイノベーション基金）ですが、これを活用して万博での自動運転の実証も今現在進めている状況です。二つのルートがありまして、会場から駐車場までのルート、それから万博会場の内外の外周道路を運行するルートで、それぞれ大型小型の EV バスを走らせるとのことで、検討を進めている状況です。

図 22 それからこれもバスですが、茨城県日立市の BRT におきまして、レベル 4 の実証として取り組みを進めている段階です。これは BRT でまず走らせて、その上で一般道の方にも拡張をしていくということで、検討を進めている状況です。

図 23 それから千葉県柏の葉におきましては、同様にレベル 4 の自動運転バスについて実証を進めており、ここはインフラ協調を進めていく観点から、こういった交差点のところにセンサー機類をつけることで、路車協調するような形で安全性を高めていくことを進めている状況です。

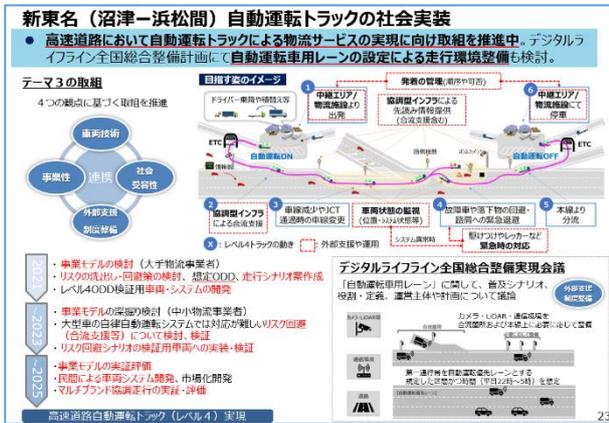


図20 新東名（沼津～浜松間）自動運転トラックの社会実装



図21 大阪・関西万博における自動運転実証について（GI基金）

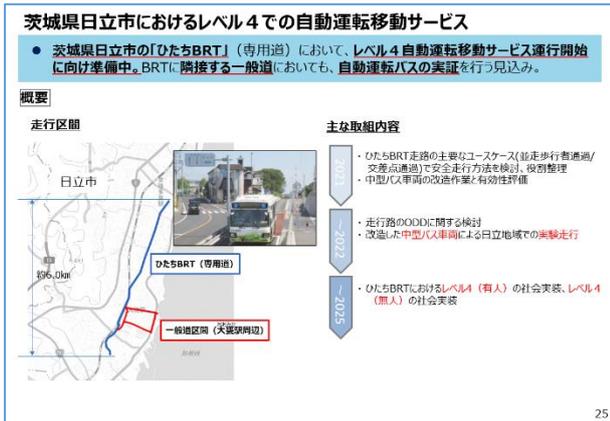


図22 茨城県日立市におけるレベル4での自動運転移動サービス



図23 混在空間におけるレベル4自動運転サービス実現に向けた取組

図 24 それからレベル4 自動運転移動サービスの国内第1号案件として、福井県永平寺町では2023年5月から運行開始しています。しかし、こちらについては現在、事故が発生したということで、運休となっております。元々冬季期間中については運休予定になっていましたので、冬季が明けて春になった段階で、運行の再開を目指しております。現在、運行再開に向けた準備を進めている状況です。事故の原因につきましては、プレスリリースで公表を永平寺町からさせていただいています。ここにつきましてはカメラの学習を増やしていくといったような対応をこれから取っていきたいと考えています。



図24 福井県永平寺町におけるレベル4での自動運転移動サービス

4. 制度面

最後に4点目ですが、制度面についてご紹介いたします。

図 25 制度面については、改正道交法が2023年4月から施行されておりますので、基本的には法令上は、もうすでに手当がされております。ただ許認可手続きについて、複数の関係省庁にまたがっているため、この許認可手続きを円滑に進めるといった観点から、レベル4モビリティ・アクセラレーション・コミッティを立ち上げました。この第1号案件が先ほどのホンダの自動運転、ロボタクのサービスです。こういった新たなサービスについてはこの枠組みを活用しながら案件を増やしていきたいと考えています。

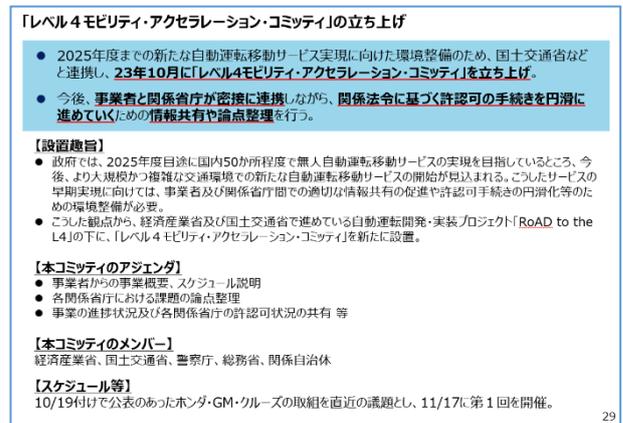


図25 「レベル4モビリティ・アクセラレーション・コミッティ」の立ち上げ

図 26 それからやはり地方の社会受容性、こういったものを引き上げていく、あるいは許認可に係る実際の審査は都道府県ごとにやるといったこともありますので、地方版のL4コミッティも先般、立ち上げることを発表いたしました。これは地元の自治体あるいは関係の行政機関とも連携をいたしまして、順次開催をする都道府県を広げていきたいと考えています。

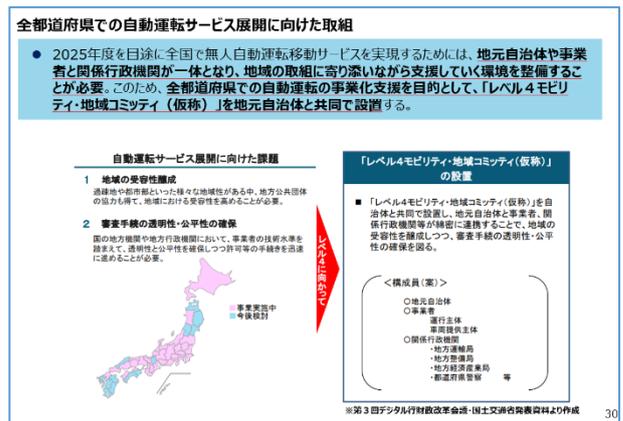


図26 全都道府県での自動運転サービス展開に向けた取組

図 27 それから責任分担のあり方についてデジタル庁を中心に、2023 年末から議論・検討を開始いたしました。具体的にはここにありますような刑事責任あるいは民事行政上の責任のあり方について、それぞれご議論をいただきました。本年 5 月をめどに何かしらの指針、ガイドラインを取りまとめたと考えています。特にこの刑事上の責任についてはさまざまな議論があり、無人のレベル 4 の中でどこまで責任が及んでくるのかは、先例もない中で、非常に整理が難しいと考えており、専門家の法学者の先生方のご意見をいただきながら、しっかりと整理を行っていきたくと考えております。

私からの説明は以上です。本年もよろしくお願いたします。ありがとうございました。

AI時代における自動運転車の社会的ルールの在り方検討SWGについて

- 自動運転車が関わる事故等が発生した場合の責任制度その他の社会的ルールの在り方について、①被害者の十全な救済を確保、及び、②先端技術を用いる自動運転車の責任ある社会実装の推進という観点から、論点（短期的論点、中長期的論点）の整理及び目指すべき方向性について検討を行う。
- 2023年12月に第1回検討会を開催、2024年5月を目途に取りまとめ予定。

■ 想定論点

民事責任と被害の回復	行政上の責任	刑事責任	事故原因の究明を通じた予防的対応、実務的対応
現状 ・運行者責任論（過失論） ・製造物責任（製造物責任法） ・不法行為責任（民法） ・損害賠償責任（民法）	・行政罰（罰則） ・製造物責任（製造物責任法） ・罰則（罰則） ・罰則（罰則）	・車上追突致死傷罪（刑法） ・自動車運転致死傷罪（自動車運転致死傷等処罰法の改正）等 ※協議、合意調整の検討あり	・交通事故調査センター（TACC） ・交通事故調査センター（TACC） ・交通事故調査センター（TACC）
短期課題 ・ガイドライン作成 ・製造物責任等の民事上の責任に限定し、 ・メーカーの追従、製造物のソフトウェアアップデート ・ソフトウェアアップデートの通知、追従等	・製造物責任法、製造物責任法 ・製造物責任法、製造物責任法 ・製造物責任法、製造物責任法	・製造物責任法、製造物責任法 ・製造物責任法、製造物責任法 ・製造物責任法、製造物責任法	・交通事故調査センター（TACC） ・交通事故調査センター（TACC） ・交通事故調査センター（TACC）
中長期課題 ・AI時代の自動運転車の責任のあり方 ・AI時代の自動運転車の責任のあり方 ・AI時代の自動運転車の責任のあり方	・AI時代の自動運転車の責任のあり方 ・AI時代の自動運転車の責任のあり方 ・AI時代の自動運転車の責任のあり方	・AI時代の自動運転車の責任のあり方 ・AI時代の自動運転車の責任のあり方 ・AI時代の自動運転車の責任のあり方	・AI時代の自動運転車の責任のあり方 ・AI時代の自動運転車の責任のあり方 ・AI時代の自動運転車の責任のあり方

■ 運営体制

※ デジタル社会推進会議 モビリティWG傘下のサブWGとして開催

【事務局】
デジタル庁、経済産業省、国土交通省

【オブザーバー】
警察庁、金融庁、消費者庁、法務省

【検討委員会】
民法法・行政法・刑事法の専門家、弁護士、関係する事業者（保険会社、自動車会社等）ほか

※AI時代における自動運転車の社会的ルールの在り方検討SWG 第1回検討会資料より作成 31

図27 AI時代における自動運転車の社会的ルールの在り方検討会SWGについて

JARI シンポジウム基調講演 2 :

自動運転レベル 4 の実用化に向けた取り組み*

波多野 邦道*1

Kunimichi HATANO

本稿は、交通社会の課題解決が期待されている自動運転レベル 4 実現に向けた制度整備の状況や今後の課題、ホンダが進める自動運転タクシーサービスの実用化に向けた取り組みを概説する。

1. Hondaの安全理念と交通事故ゼロに向けた取り組み

ホンダは、創業者である本田宗一郎の安全に対する想いとして「人命尊重」と「積極安全」を受け継いできた。それは、危険だから乗らないとか運転しないのではなく、安全に対して積極的に取り組み、社会を変えていくという姿勢である。

図1 ホンダは、「道を使う誰もが安全でいられる事故に遭わない社会をつくりたい」という安全理念のもと、Safety for Everyone というスローガンを掲げ、さまざまな取り組みを進めている。そして環境・安全ビジョンとして、交通事故死者ゼロ、この先にある「自由な移動の喜び」と「豊かで持続可能な社会」の実現、これを目指していききたいという考えである。

図2 この考えのもと、「2050年 全世界において Honda の二輪・四輪が関与する交通事故死者ゼロ」にすることを目指してゆくことを2021年4月に発表した。この目標は、新興国を含めた全世界で、新車だけではなく、すでに市場に存在する全てのホンダ車および相手歩行者・自転車をも対象とする非常にチャレンジングな目標となっている。

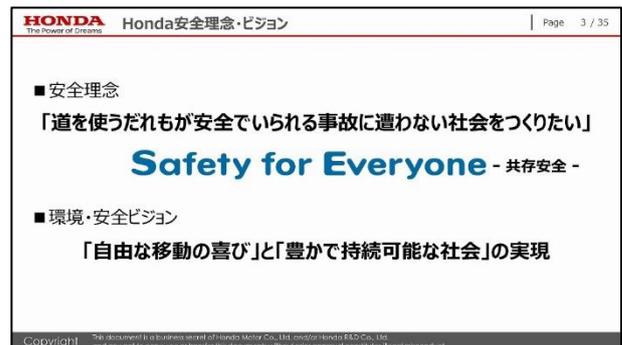


図1 Honda安全理念・ビジョン



図2 新安全目標 (2021年4月)

* 「JARIシンポジウム2024 自動運転レベル4の実現に向けて～様々な角度からみた現在地と今後への期待～」(2024年1月12日)の講演より原稿化

2024年3月4日受理

*1 本田技研工業株式会社

図 3 この目標達成に向けて、中間のマイルストーンである2030年「交通事故死者半減」をHonda SENSING, 安全運転支援および自動運転技術の進化和普及で達成し、2050年に向けては、一人ひとりに合わせた安心を提供する運転時のヒューマンエラーゼロを目指す「知能化運転支援技術」とすべての交通参加者との共存を可能にする人・モビリティ・インフラが通信でつながることで、多様なリスクを回避する「安全・安心ネットワーク技術」を開発すること等が必要になると想定している。

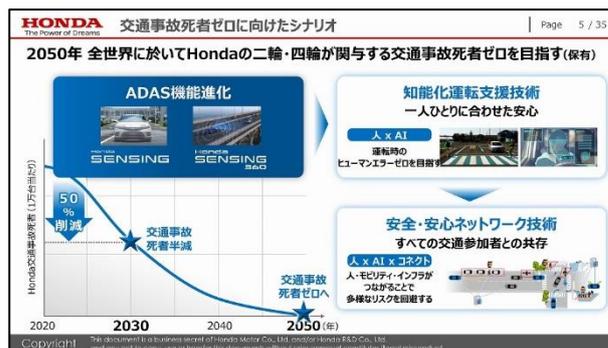


図3 交通事故死者ゼロに向けたシナリオ

図 4 は、安全運転支援および自動運転技術のロードマップを示している。このロードマップは、交通事故ゼロ社会実現に向けて、上から「自動運転」、「運転負荷の軽減」、「事故を回避する技術」、そして「駐車支援や自動駐車」という四つの方向性に必要な技術を進化させてゆくことを示している。その中で、2021年には高速道路渋滞時自動運転レベル3を世界初で実現したHonda SENSING Eliteを発売し、さらにその技術を活用し、普及させた、Honda SENSING 360も発売している。2024年には運転支援機能を拡大させたHonda SENSING 360 プラスの発売も控えている。

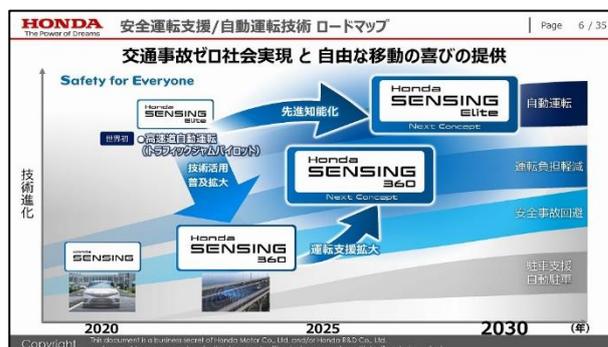


図4 安全運転支援／自動運転技術ロードマップ

図 5 ホンダの安全運転支援および自動運転技術の製品パッケージは主に三つのピラーで構成されている。ベースとなるHonda SENSINGは2030年までに、二輪車の検知機能を加えて、全世界の四輪全機種に展開の展開を目指している。Honda SENSING 360に関しては、自動運転レベル3の実用化で培った技術を活かした機能に加え、より高度な安全運転支援の技術が拡充されていき、今後はこの製品パッケージがホンダの安全運転支援・自動運転の標準的パッケージとなっていくと考えている。Honda SENSING Eliteは自動運転の機能を含む製品パッケージとなり、独自のAIを活用した認知・理解技術により自宅から目的地まで一般道も含めたシームレスな移動を支援することを目指している。



図5 Honda 安全運転支援システム

図 6 こういった技術ロードマップを達成する上で一番重要な技術はAI、人工知能であり、特に一般道という非常に複雑なシーンでパーソナルカーに向けて高度な運転支援や自動運転の機能を提供するというを考えると、複雑化した環境下で走行シーンを認知・理解し、安全に、シームレスに移動を支援するためには不可欠であると考えている。

ホンダはこの領域に独自のAIを用いて対応することを目指し技術開発を進めている。

図 7 自動運転の技術はパーソナルカーとしての進化が進んでいる一方で、サービスカーいわゆる無人の移動サービスの技術進化はパーソナルカーとは異なる進化を遂げることになると考えられている。パーソナルカーが、広範囲な移動に対して対応するのにに対してサービスカーの場合はある程度狭い範囲ではあるが、一般道を含む非常に複雑な走行シーンに対応するため、範囲は狭いものの、人の操作に頼らない、ドライバーが必要ないレベル4の技術求められることになる。

2. 自動運転による新たなモビリティに向けた制度整備

図 8 運転支援・自動運転の技術の進化により将来のモビリティには様々な効果や価値がもたらされることが予想される。利用者の生活圏においては、移動サービスが実現し移動の効率や安全性が高まることが期待され、地域社会においては移動が困難な状況や、モノの移動の課題などが解決されることも予想される。また、世界的に求められるカーボンニュートラルへも貢献できるという効果もある。

図 9 こういった期待に応えるため、日本は官民が連携した自動運転実現に向けた活動によりタイムリーな制度整備が実現し、道路交通法および道路運送車両法が改正され、自動運転レベル3およびレベル4の社会実装の準備を進めてきた。23年4月には特定自動運行の許可制度が新設され、特定条件下での自動運転レベル4の運行が始まっている。これに合わせて道路運送法に関しても運輸規則が改定されるなど、日本は世界に先駆けて、自動運転レベル4の走行環境の整備が進んでいると言える。

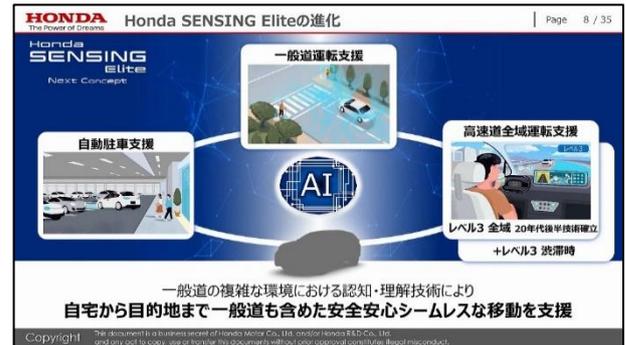


図6 Honda SENSING Eliteの進化



図7 自動運転進化の二つのアプローチ



図8 自動運転の技術がもたらす将来のモビリティ



図9 官民連携によるタイムリーな法制備

図 10 しかしながら、自動運転の共存する交通社会という観点では 制度整備の余地が残されているのも事実であり、自動運転の共存する社会の交通の安全と円滑は道を使うすべての参加者の相互の作用・努力によって実現するのが合理的ではないかと考えられる。つまり、自動運転がどうすべきか？だけでなく、公共インフラや周辺交通参加者がどうあるべきか？も整備してゆかないと真の交通の安全と円滑は達成されないのではないか？ということである。その観点で、レベル 4 を実現するための切り札と思えるのが 公共インフラの整備や交通ルールの徹底などの行動変容を含む走行環境の整備でないだろうか。

図 11 自助の制度整備を充実させる必要のある項目と共助の制度整備が期待される項目がそれぞれあり、さらなる取り組みが期待される。

図 12 前述の様な、自動運転移動サービスの社会実装を目指した制度整備の課題を、三位一体すなわち人と車と交通環境の視点で整理したものがここで示されており、自工会の次世代のモビリティ実装に向けた自動運転 TF という取り組みの中で整理されている。特に赤字の部分に関しては官民連携でさらなる推進を強めてゆきたい項目となる。

3. 自動運転の安全性と社会実装における課題

車両の中に運転手の存在を前提としない自動運転移動サービスの実現に向けてはその安全性を担保してゆくことが重要な課題となる。

図 13 自動運転が安全である、すなわち事故を起こさない。とはどういうことかと言うと

合理的に予見可能で防止可能な人身事故は起こさない。これを段階的に示すことになる。

まず、実環境データを用い事故の可能性があり得る範囲を予見可能性として定め、次に予見可能な範囲の中で論理的に事故に至る場合と回避できる場合の境界線を導き出す。最後にこの境界線に於いて、自動運転が有能で注意深いドライバーよりも優れていることを実機およびシミュレーションなどにより示すこととなる。

制度整備の動向	クルマ	公共インフラ(道路・通信)	人(周辺交通参加者)
道路交通法	・2020年改正(自動運行装置) ・2022年改正(特定自動運行)	・信号情報提供の在り方検討	・2022年改正(地域の理解)
道路運送車両法	・2020年改正(自動運転安全) ・2023年 特定自動運行対応の組自改正	自助の制度整備を充実させる領域	共助の制度整備が期待される領域
道路運送法	・2023年 特定自動運行による輸送事業に関する施行規則改正	・電磁誘導線等の設置緩和	

図10 自動運転の共存する交通社会実現に向けた制度整備の期待値

自助の制度整備を充実させる事例

- ・シナリオ開発への対応→類型化
起こり得るシナリオを類型化し、検証可能な有限範囲化する
- ・機能境界の見極めと共有
シナリオ開発への対応のガイドラインの策定や
困難なシナリオでの検証の呼び出しの取組みの議論
- ・市場で起きた想定外への対応の仕組み
市場投入後に起きる想定外事故の監視や、
想定外事故発生時の原因、基準値を更新出来る仕組みの検討

共助の制度整備が期待される事例

- ・自動運転専用エリアの協定
他の交通参加(歩行者や自転車等)が侵入しないエリア
でのサービスに設定する
- ・自動運転を分離エリアで走行させる
ガードレールの設置、自動運転専用の信号や走行レーン
を設定し他の交通参加者との交通ルートを縮小化する
- ・番号/交通情報の提供
物理的な対応以外に、安全にデジタル情報活用リスク削減
- ・歩行者/自転車の行動変容 促し
歩行者や自転車が交通ルールを厳守する仕組みや
自動運転が不利にならないための整備の検討
- ・地域社会による交通環境の整備や運用の普及
地域の管理による標識の視認性確保、路側の駐車エリア整備など

図11 自動運転の共存する交通社会実現に向けた制度整備の期待値

政策課題	人		クルマ	交通環境	
	利用者/ 周辺の交通参加者	サービス事業者		物理的インフラ	デジタルインフラ
自助の制度整備を充実させる事例	自助の制度整備を充実させる事例		自助の制度整備を充実させる事例	自助の制度整備を充実させる事例	自助の制度整備を充実させる事例
共助の制度整備が期待される事例	共助の制度整備が期待される事例		共助の制度整備が期待される事例	共助の制度整備が期待される事例	共助の制度整備が期待される事例

図12 三位一体の安全対策 役割分担と主要課題の整理

自動運転の安全性の考え方

合理的に予見可能で防止可能な人身事故は起こさない

予見可能: 実環境データ等から対象範囲を抽出

防止可能: 事故回避が可能な範囲

事故は起こさない: システム機能モデルとシステムを比較

検証のプロセス: ISO34502の安全性検証プロセス

実環境データ → 新機能的な機能シナリオ → 論理的な機能シナリオ → 具体的機能的シナリオ → 安全性の評価

図13 自動運転の安全性 - 安全性の考え方と検証のプロセス

図 14 ホンダが 21 年発売した、トラフィックジャムパイロットという自動運転機能において高速道路上での人身事故の形態を分類し、安全性を検証した際の事例を概要として示すと以下のようになる。まず高速道路で 50 km/h 以下のある年の人身事故の統計を形態ごとに分類する。次にすべての分類されたケースが、事故を起こさないために定めた対応のどれかに必ず当てはまることを確認し、最終的に代表的な事項として、「人を見つけたら確実に自動運転を終了する」、「割り込み車両にはドライバー同等以上の回避性能であること」、「工事区間に遭遇したら適切に検出すること」などを実車およびシミュレーションを用いて検証することで安全性が明らかとなる。

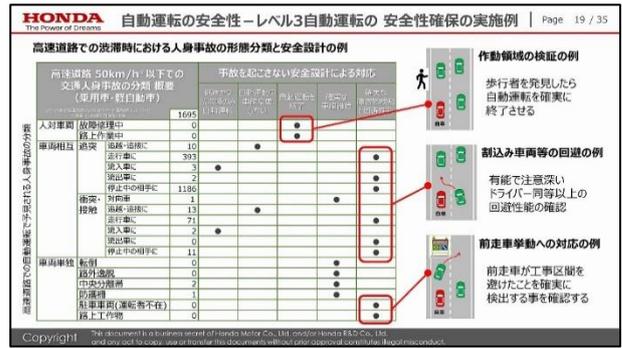


図14 自動運転の安全性
—レベル3自動運転の安全性確保の実施例

図 15 ここに自工会にて JARI (一般財団法人日本自動車研究所) 協力も得ながら検討した一般道での安全性検証シナリオの類型化の事例を示す。高速道路上での自動運転の場合、配慮すべきシナリオは 24 パターン程度だが、自動運転タクシーなどが走行する一般道の場合は相手が四輪車の場合に限ったとしても 58 シナリオあり、相互作用のパラメータの組み合わせを考えると、相当数の検証が必要となる。また、このシナリオは一对一のケースに限定されるため、1 対多のケースや車対人などのケースを考えると検証対象は指数関数的に増えてゆき、いわゆる シナリオ爆発という事態に直面することが予想される。



図15 自動運転が一般道を走行する際の
安全性検証範囲

そのため、実際に一般道での自動運転の安全性を検証する際には、シナリオを類型化しつつ検証の範囲を有限にして行くことが非常に重要となることが予想される。

図 16 安全性を論証するための対象となる範囲や達成基準が整理されたとしても、図に示されるようにジレンマ問題を検討してゆくことがさらに求められる。自動運転車には乗客が乗車しており、飛び出すことが予想される歩行者とどちらを優先すべきか、また、人命を優先して対向車に向かって車線をまたぐべきか、後続車に配慮せず急停車をして良いか、等、安全性やリスク低減という物差しだけでは解決できないケースが数多くある。このようなケースの解決にあたっては社会と対話しどう解決すべきかの合意形成を獲得することが不可欠である。

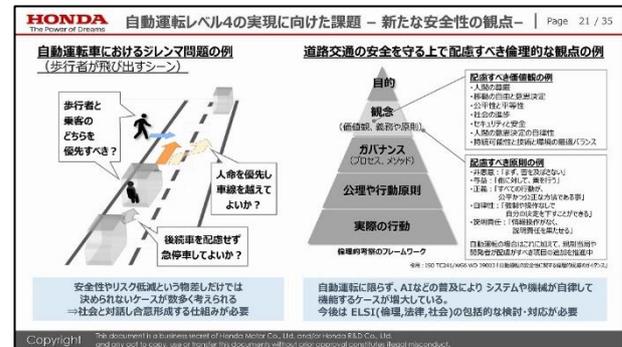


図16 自動運転レベル4の実現に向けた課題
—新たな安全性の観点—

この解決の糸口として国際標準の世界では既に自動運転に関する倫理的な配慮事項の検討が始まっている。ここでは一部の情報を示すにとどめるが、配慮すべき価値観や原理などが議論されている。今後、自動運転に限らずAIなどの普及によりシステムが自律して機能することが増えてくると、ELSI（倫理，法律，社会）を包括した検討対応が必要になってくることが想定される。

このように、自動運転レベル4の実現にはまだまだ取り組まなければならない事柄が多くあり、引き続き官民連携しながら対応してゆくことが期待されている。

図17 ここに自動運転レベル4の安全設計の方針と倫理的な配慮を含んだ課題考察の事例を紹介する。自動運転を設計する際に配慮すべき方針は、工学と倫理を表裏一体として捉えその両立を目指す。その際には設計根拠を明確にすることで、説明可能とすることが重要となる。

前述のジレンマ状況を例にとると、いずれの配慮をしたとしても結果的に設計者だけでは最終的な結論を導き出せず、社会的な受容性を持つ評価基準の策定が無くては成立しないことが想定される。



図17 自動運転レベル4の設計方針と課題考察の事例

図18 自動運転を、設計・製造する側だけでは決められない設計時の配慮事項に対して、デジタル庁は「AI時代における自動運転車の社会的ルールに関する検討SWG」という会議体を設置した。

ここでは事故時の責任の在り方など社会的な受容性の議論を含む検討が進められると予想されることから、自工会からはこの図に示すような内容を報告している。

この報告では、人と車とインフラの三位一体により自動運転の安全を担保する場合にはその機能の分担や責任分解の明確化が重要であり、社会実装後に顕在化する事故の場合には様々なケースが考え得ること、特に注意が必要なのは、システムに瑕疵・欠陥が、運用者には過失がないにもかかわらず、回避できずに事故に至るケースがあり、その場合の責任所在の明確化が必要であるという点が主な論点である。

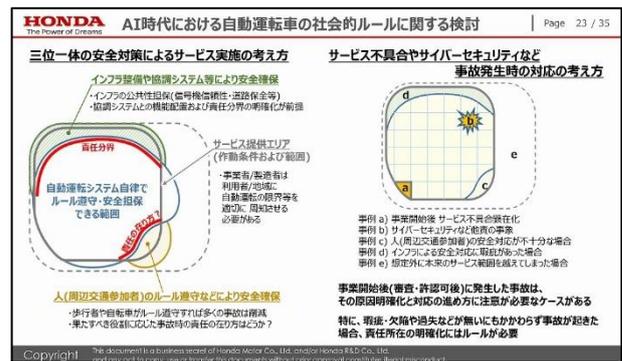


図18 AI時代における自動運転車の社会的ルールに関する検討

図19 自動運転レベル4の社会実装に向けた制度整備の課題を整理すると、ここに示す3つの検討項目

- ・合理的に予見される事故ケースの有限(シナリオ類型化)と回避性能の判断基準の明確化(テスト方法の共通化)
 - ・予見可能の中には欠陥や過失がなくても回避困難で事故になってしまうケースの社会受容基準の策定
 - ・予見困難な事故ケースが実際に起きた際の取り扱いの協議
- これらに対して社会が受け入れられ、法的な整理が進む。ということが重要となる。

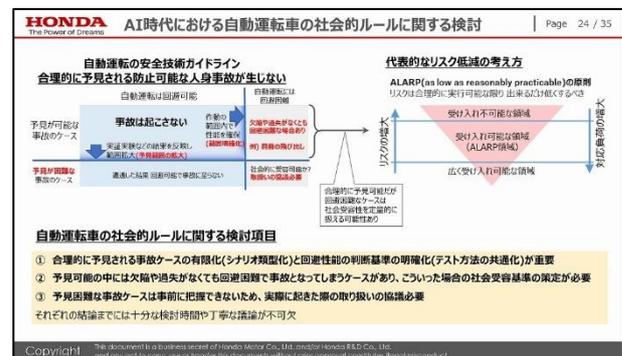


図19 AI時代における自動運転車の社会的ルールに関する検討

4. 自動運転タクシーサービス実現に向けた取り組み

ホンダの自動運転タクシーサービス実現に向けた取り組みを紹介する。

図 20 ホンダは 2023 年 10 月 19 日に北米のクルーズ社、GM 社と共同で自動運転タクシーサービスの提供を担う合弁会社の設置に向けた基本合意を締結したことを発表した。経済産業省および国土交通省は同日、自動運転移動サービスの早期実現に向けて事業者および関係省庁間での連携を促進する枠組みとなる「レベル 4 モビリティアクセラレーションコミッティ」の立ち上げを発表した。



図20 自動運転タクシーサービスの実現に向けた官民連携の活動

図 21 ホンダはこのコミッティと連携し、レベル 4 自動運転を用いて利用者の移動体験を向上させる新しいモビリティの実現を目指してゆく。コミッティではサービス実現に向けた実験を含む対応車両の情報を共有してゆく。まずは、小型の従来型車両で自動運転の技術の適合を進め事業開始にあたっては専用の車両 Origin を用いる予定である。

	Cruise AV	Origin
イメージ		
役割	自動運行装置の走行実証	・自動運転タクシーサービスの提供
用途	運転手乗車による走行検証	・保安員乗車による走行検証 ・無人による無償/有償運行
機能	・運転手による操作が可能 ・自動運行装置相当の制御 ・遠隔監視/支援システムとの連動	・車内に運転手不在（実証中は保安員乗車） ・自動運行装置を用いた特定自動運行 ・遠隔監視/支援システムとの連動 ・ユーザーの乗客による有償サービス
センサー構成	LIDAR/RADAR/Camera/Ultra Sonic/GPS	同左

図21 自動運転タクシーサービス実現に向けた車両（実験を含む）

図 22 自動運転タクシーサービスの提供を予定しているエリアは、サービス開始当初は東京臨海部とし、その後段階的に中央区、千代田区、港区および江東区の一部とエリアを広サービス車両の台数は 500 台まで拡大を予定している。



図22 商業化エリア【案】

図 23 事業化までに必要となる自動運転の許認可の概要は表で示す通り。二つの車両を組み合わせながら段階的に進める予定である。

		Cruise AV 走行検証	Origin 走行検証	サービス検証	商業化
		有人走行検証	有人走行検証	L4 無償運行	L4 有償運行
道路運送車両法	自動車の登録	○	○	○	○
	自動運行装置の走行環境条件付与			○	○
道路交通法	道路使用許可		○	○	○
	特定自動運行許可			○	○
道路運送法					○

図23 事業化までに必要となる許認可の概要

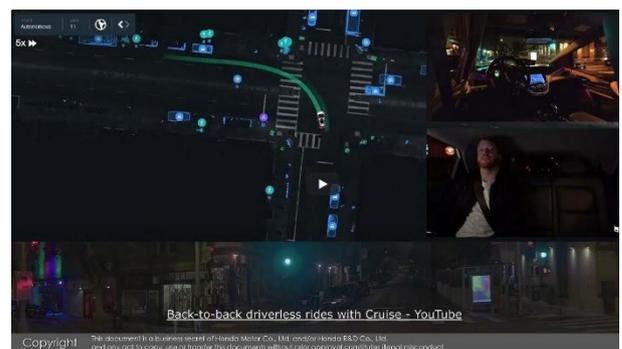


図24 Back-to-back driverless rides whit Cruise (クリックで動画公開先が開きます)

車両には運転車や保安員といった関係者は乗車せず、完全に無人での走行が可能となっていることが確認できる。交差点では信号を自律的に認識し、対向車線の車両や横断歩道の歩行者のみならず、自転車や駐車車両も認識しスムーズな走行が可能となっていることがわかる。

図25 無人の自動運転技術を日本へも導入することを目指し、2022年12月より栃木県宇都宮・芳賀地区にて適合開発をスタートしている。東京などの他のエリアの検証も今後開始する予定である。

実証実験の内容は、高精度地図データの取得に始まり、日本特有の道路標識や路面標示、交通規制などへの対応や四季などの自然環境の変化への対応などがあげられる。

図26 ビデオでは実際の走行の状況が確認できる。国内では、まだ保安運転手が必要なレベルではあるがすでに基本的な走行は可能である。実証を重ねることで、北米と同様に無人での走行が可能となることを目指している。

図27 自動運転タクシーサービスの事業化にあたっての専用車両は、北米GM社のファクトリーゼロという工場ですべてに生産ラインを通して製造した試作車がすでに無人で走行できる状態になっている。非常に新しい走行体験が得られる車両であり、これが近い将来、日本において社会実装されることを期待している。

5. おわりに

図28 ホンダは、社会課題解決に向け様々な技術に取り組んでおり、すべての交通参加者の移動リスクをゼロにすることで、「安全」のその先にある一人ひとりの「安心」を新たな価値として提供し、もっと行動したくなる、温かみのある未来を実現していきたいと考えている。

自動運転タクシーサービスもこの考えに元づく取り組みのひとつであり、ホンダのこれからの活動に理解と期待をいただきたい。



図25 自動運転移動サービスの日本適合を推進



図26 自動運転車両“Cruise AV”の栃木県での公道実証開始
(クリックで動画公開先が開きます)



図27 Cruise Originの日本仕様量産モデル試作車が完成し米国でテスト走行開始
(クリックで動画公開先が開きます)

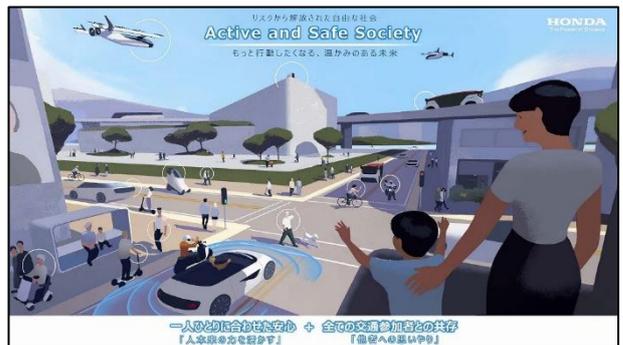


図28 Active and Safe Society

JARI シンポジウム基調講演 3：自動運転の民主化*

The Art of Open Source Reimagines Intelligent Vehicles

加藤 真平*1

Shinpei KATO

世界初のオープンソースの自動運転 OS「Autoware*2」の誕生から約 8 年。安全な自動運転に資するあらゆるテクノロジーを開放し、様々な組織、個人がその発展に貢献できる「Autoware」を中心とした開放的なエコシステムによる「自動運転の民主化」について解説します。

皆さんこんにちは。ティアフォーCEO の加藤真平です。本日は Autoware というオープンソースの自動運転の話をしていきます。Autoware は、先日レベル 4 の自動運転の認可を取得したソフトウェアです。これはアルゴリズムやツールのみでなく、プロセスや評価方法などを含みます。Autoware を使うことは、今後全国でレベル 4 の自動運転の社会実装をする上で、その土台になっていくものと思っています。それでは講演をお聞きください。

図 1 タイトルは「The Art of Open Source Reimagines Intelligent Vehicles」で、日本語で言うと「自動運転の民主化」と言い、ティアフォーが掲げているビジョンです。

図 2 レベル 4 の自動運転は、大きく分けるとハードウェアの部分とソフトウェアの部分に分かれます。レベル 4 の認可の対象となるのは、車両ではなく、ソフトウェアが組み込まれている自動運転システムです。この自動運転ソフトウェアが載ったコンピューター、車両を繋いでいるインターフェース、ユーザーインターフェースも含んだ形で、認可を取ることになります。今日は、車両の中にあるこのシステムの部分とソフトウェアの部分を両方見ていきたいと思います。

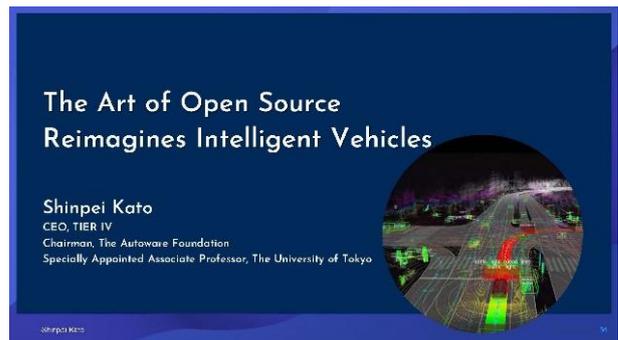


図1 ティアフォーのビジョン「自動運転の民主化」

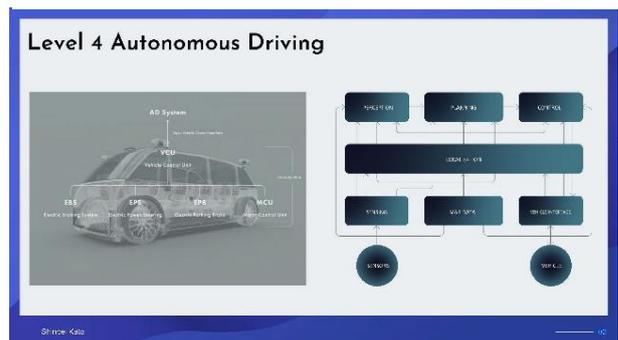


図2 レベル4認可の対象となる自動運転システム

* 「JARIシンポジウム2024 自動運転レベル4の実現に向けて～様々な角度からみた現在地と今後への期待～」(2024年1月12日)の講演より原稿化 2024年2月9日受理

*1 株式会社ティアフォー (TIER IV, Inc.)

*2 Autoware はThe Autoware Foundation の商標です。

図3 これまでティアフォーは、オープンソースの自動運転ソフトウェアを使ってたくさんの車両モデルで自動運転の実験を行ってきました。ロボタクシーの実験では、2年、3年前からしかるべき申請をすれば、一般公道でも運転席に人を乗せないで自動運転の実験ができるようになってきています。お台場では、東京2020オリンピック・パラリンピック仕様のe-Paletteの運行をトヨタと一緒にに行いました。福島県では、地方などで使われていただく目的で、ほぼ同じシステムで廉価版となる車両のモデルを作りました。最近では空港の自動運転バスにも取り組んでおり、中型から大型サイズのバスの開発をしています。日本だけでなく、欧州やアジア諸国、アメリカの専用路では、バスの形は少し違いますが、基本的なシステムを載せており、工場内の搬送も同じようなソフトウェアで自動運転を実現できています。自動運転の小型の配送ロボットや、最近ではレースもあり、これら全てが同じソフトウェア、同じプラットフォームを使って開発できているというところが、自動運転の民主化というビジョン、考え方になります。



図3 様々な車両での自動運転の実験

(画像クリックで動画公開サイトが開きます)

図4 その源になっているのが、Autoware というオープンソースのソフトウェアです。GitHubのURLにアクセスすれば、誰でもダウンロードして使ったり、改造したり、自社のプロダクトに使うことができます。



図4 オープンソースの自動運転OSのAutoware

図5 オープンソースはどれぐらい人気があるかで普及度が測られ、AutowareもGitHubで人気度が測れます。右上にスターボタンがあるので、よろしければこちらを押していただくと、Autowareのコントリビューターの皆さんが喜んで開発に取り組めると思います。

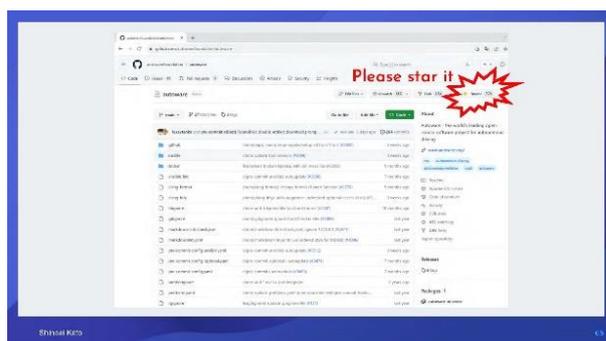


図5 AutowareのGitHubページ

図6 実際に Autoware を使って実現できる自動運転について、ティアフォーは日頃からお台場をテストサイトにして日々実験を行っています。上がカメラの映像で、実際にどういう環境で走行しているのかを示しており、下が Autoware がどのようにこの環境を認識しているのかを可視化したものです。自動運転の品質や精度を細かく測るとかなり深い世界になりますが、現在オープンソースの自動運転ソフトウェア Autoware では、日本に限らず、ほとんどの地域で走れる状態になっているのではないかと思います。バスやトラック、一般車両、自転車など、一般道路上に存在する物体件数は比較的高精度にできています。3次元地図上で自車の走行経路や、制御を引くことなど、基本的な機能がオープンソースのソフトウェアに揃っています。これをベースに、各地域で社会実装を進めるときに、いろいろな方々が開発プロセスを作り、評価をし、最終的に認可を取りに行くことができるようになってほしいと思っており、その土台となるソフトウェアを開発しています。

図7 この土台という点で、オープンソースとプラットフォームが少し似ていますが、オープンソースは非営利団体の The Autoware Foundation という国際業界団体によって管理されており、オープンソースのライセンスに従っています。ティアフォーは、地図作成ツールや機械学習を実行するようなフレームワークなど、オープンソースを活用したプラットフォームをビジネスにしています。ただし、プラットフォーム単体では完成されたシステムではありません。例えばお客様と一緒にバス、タクシー、カーンを開発するとき、要求と要件が固まったときに初めて完成系のシステムになります。これを1から作るよりは、山登りに例えると、オープンソースとプラットフォームを使って五合目から九合目付近まで共通の仕組みで登り、最後の完成されたシステムに求められる要件や機能の開発にリソースを集中できるようにしたいと思っています。



図6 実際の走行環境とAutowareによる認識

(画像クリックで動画公開サイトが開きます)

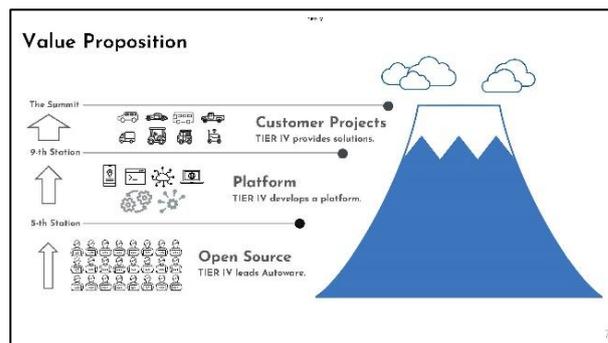


図7 提供価値の組合せ

図 8 自動運転のシステムは、ティアフォー以外にも世界の様々なところで開発されていますが、そのソフトウェアは非公開であり、製造方法や運用方法については基本的にはブラックボックスです。一方で、ティアフォーが実現したい世界は全てがオープンになっているものです。バリューチェーンでいうと、オープンソースのソフトウェアを使って、自動運転車両の開発方法、製造方法、製造された車両の運用方法において、リファレンスデザインやシナリオという考え方を導入し、誰もが開発や運用に携わられるようなエコシステムを構築したいと考えています。

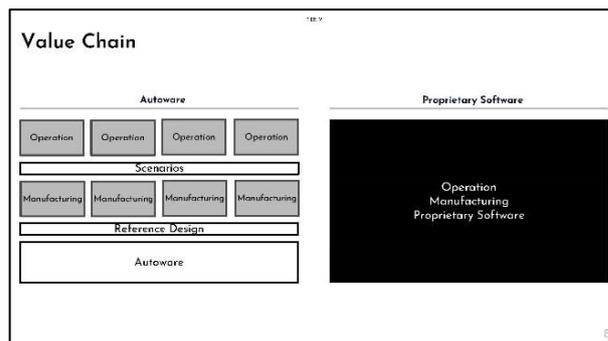


図8 エコシステム化されたバリューチェーン

図 9 これを実現する上で、基になっている Autaware のアーキテクチャが非常に重要です。製造や運用に移行するときに、オープン化されていないと、作った本人たちしか製造や運用ができないことになってしまいます。そうならないように、Autaware をオープンアーキテクチャと呼び、これを国のプロジェクトでグリーンイノベーション基金に採択していただき、9年の計画で進めているところです。簡単に説明をすると、Autaware では、コアな共通の機能の周りに誰でも追加できる付加価値、付加的な機能を個別に用意できるようになっています。これにより、基本的な共通の機能はコアなモジュールから提供される一方で、例えばバスを作るときは A と B の機能にする、タクシーを作るときは F と G の機能にするなど、個別の要求や要件など開発したい機能に応じて選べるようになっています。オープンソースなのでこの選択した機能を改造することができ、最終的にお客様が望む特定のシステムを迅速かつ手頃な価格で提供できるようにすることが、オープンアーキテクチャの目的です。

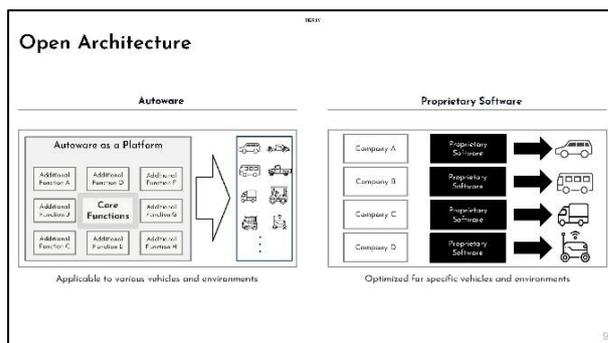


図9 Autawareのオープンアーキテクチャ

図 10 このアーキテクチャを使った開発では、自社で自由に使うこともできますが、ティアフォーではオープンソースの Autaware を活用し、開発運用を効率的に行える仕組みとして DevOps フレームワークを提供しています。例えばテスト、運用、保守から開発に戻す一連のサイクルをクラウドの環境である共通のプラットフォーム上で、共通のフレームワークを使って回せるようにします。そうすることで、特にお客様が環境を構築したり、不具合をチェックするために工数のかかる作業を省くことができ、一体化された共通のフレームワーク上で開発運用を進めることができます。

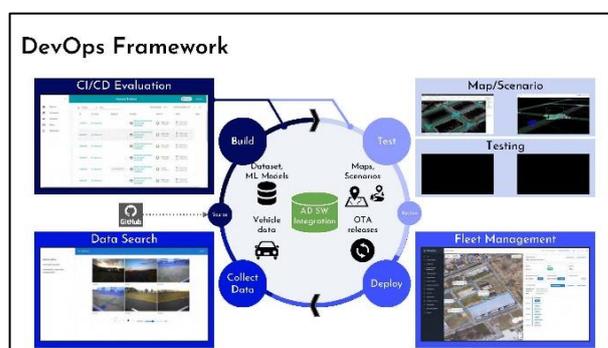


図10 一体化された共通のDevOpsフレームワーク

図 11 この共通の開発運用の例として、カメラを挙げるすることができます。カメラにもさまざまな種類があり、逆光に強いものや暗闇で見えるものなど、異なる性能があります。ティアフォーが提供するカメラでは、Autoware が正常に動作するように、カメラの仕様や設定が正確にテストされています。他にも、センサーフュージョンや、LiDAR とカメラを一体化させるものなどがテストできるようになっているところが、レベル 4 に向けて非常に重要になってきます。このように個別で部品をテストすることもできます。



図 11 ティアフォーが開発する車載カメラ

(画像クリックで動画公開サイトが開きます)

図 12 最近力を入れて取り組んでいるのが、デジタルツインという環境です。ゲームエンジンをイメージすると、ゲームエンジンを使って、実環境の構造物やビル、道路、車両などをサイバー空間上に再構築するものです。このデジタルツインの環境を、ティアフォーが開発している Autoware の基盤である ROS という環境にシームレスに接続できるフレームワークになっています。これにより、人の形を変えたり、整地がわかったり、センサーをコンフィギュレーションしたり、様々なシミュレーションが可能です。



図 12 ティアフォーが注力するデジタルツイン

(画像クリックで動画公開サイトが開きます)

図 13 デジタルツインは実環境と瓜二つのグラフィックスになっています。これを自動運転システムに読み込むと、自動運転システム側では実環境とサイバー空間のどちらで走っているのかわからない状態で、サイバー空間上でもあたかも実環境を走っているかのように動作します。これにより、サイバー空間を使って、実環境で走れるかどうかを事前にチェックすることができます。当然実環境でしか発生しないこともあるので、シミュレーションで全てをテストできるわけではありませんが、このような事前のサイバー空間上でのテストにより、実環境でのテストで大幅に工数を削減することができます。

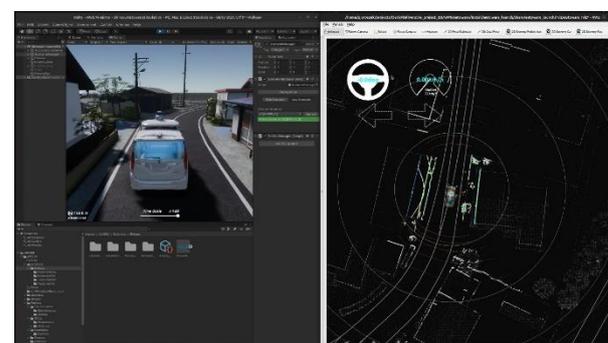


図 13 デジタルツインによるシミュレーション

(画像クリックで動画公開サイトが開きます)

図 14 開発においては、これらのような個々のテストやシミュレーションのツールが提供されています。また、運用しているときのフリートマネジメントのシステムも提供しており、ルートを引いたり、地図を作るものもあります。自動運転車両の状態をリアルタイムでデータに記録し、後から見て、例えばここでは物体検出の精度が少し落ちているなど、必要に応じて開発者がさらに機能を改善していくことができます。

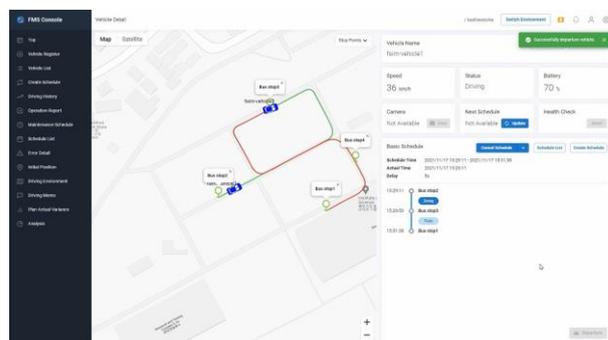


図 14 ティアフォーが提供するフリートマネジメント

(画像クリックで動画公開サイトが開きます)

図 15 さらに、フリートマネジメントを活用して遠隔監視の機能を追加するフレームワークも提供しています。これも一緒に組み合わせると、例えば見守りのサービスも提供することが可能となります。少し前に損保ジャパンが、東京からリモート監視システムを使って、全国各地で走行している自動運転車両の安全安心を見守るサービスの実証をしました。5G を最大限に活用し、東京にいるサポートセンターからも高品質の映像が届き、仮に自動運転車両がこれ以上走れない、何らかの故障で道路上で止まってしまったときもすぐに乗員の方々に対して安全確認などを行えるようになっていきます。ロードサービスのようなアフターサービスも連動しており、例えば車両が壊れてサービスが使えなくなってしまうときは、レッカー車で道路から立ち退いてもらうなどがあります。本当の社会実装に向け、ティアフォーではこのような一連のサービスの実証を行っています。スマートポールを車両だけで認識することはレベル 4 の認可を取得できています。しかし、今後全国各地での様々な条件を考えたとき、例えば電信柱などにセンサーが搭載されていて、そのセンサーが周りの環境を検知して自動運転車両に共有するなど、見通しの悪い交差点などではインフラ側のアプローチが有効かもしれないです。そのようなことも実証してきた経緯があります。

図 16 オープンソースの自動運転ソフトウェアの Autoware では、開発から運用までの一連のプロセスを仕組みとして提供し、このプロセスを効率的に回せるソフトウェアの作りになっています。



図 15 損保ジャパンのサービスを使った実証

(画像クリックで動画公開サイトが開きます)

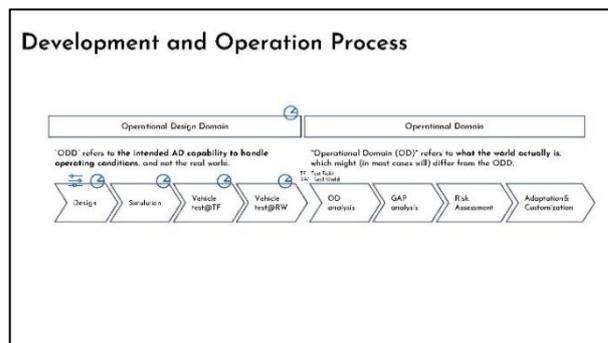


図 16 開発と運用のプロセスを回せるソフトウェアの作り

図 17 まだ準公道の環境ですが，2023 年 10 月に国交省からレベル 4 の自動運転の認可を取得しました。これは車で言うと，ナンバープレートをもっている状態です。今後社会実装でサービスをしていく上では，認可に加えて，人の運転でいう免許証にあたる，道路で車両を走らせていいという許可を取得する必要があります。許可を取得して初めて一般公道でレベル 4 の自動運転ができます。認可を取得していないことには許可も取得できないので，まずは認可を取得できたことは非常に大きなことだと思っています。認可の仕組みの細かいところを見ていくと，複雑ですが，例えば，警察が関わったり，ナンバープレートを取るときにテストをする国交省のローカルの担当のところなど，基本的には走行する環境の自治体に関連した皆様と，こういう条件や環境ではこういう機能を提供すれば認可を取れるのではないかなど，いろいろな話をします。最終的には，中央の政府体の方でワーキングのような形で，有識者の先生方に確認をしていただき，長いプロセスを経て認可を取得できるようになっています。今後このプロセスも効率化していくと聞いているので，2025 年 50 ヶ所，2027 年 100 ヶ所に向けて，機能も充実していかなければいけないですし，このようなプロセスも見直しをかけながら進めていけるといいと思っています。

図 18 レベル 4 の認可を取得したことは，日本だけでなく，世界的にも注目されています。ティアフォーは 2024 年 1 月に世界経済フォーラムでダボス会議に参加しましたが，オープンソースやレベル 4 の取り組みが非常に評価され，日本のスタートアップもグローバルに活躍できるようになってきています。

図 19 レベル 4 の認可は，車両に対してではなく，コンピューターやソフトウェアなど車両に搭載されている特定の自動運転システムに対して与えられます。システムの認可を取ったからといって，次の車両にそのシステムをそのまま利用できるわけではありません。

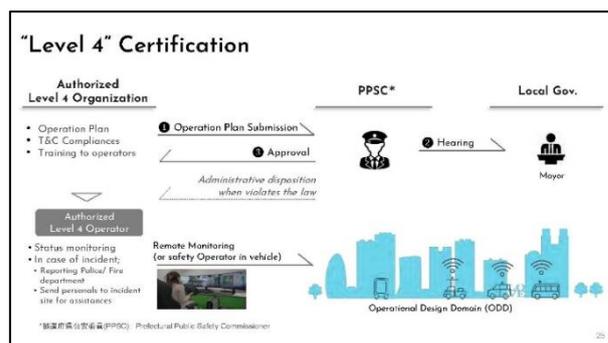


図 17 レベル4自動運転認可の仕組み

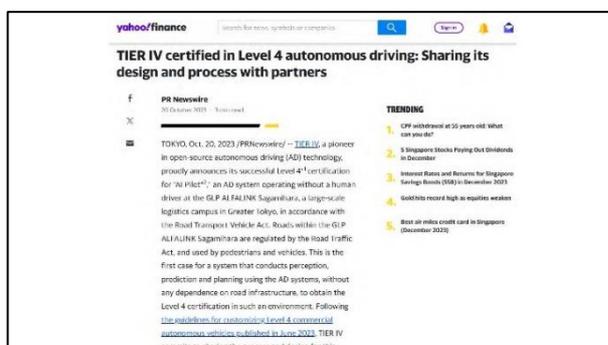


図 18 レベル4認可の海外メディアの取り上げ



図 19 レベル4認可を取得したシステムが搭載された車両

(画像クリックで動画公開サイトが開きます)

図 20 今後、全国各地 50 ヶ所 100 ヶ所に向けて社会実装を進めるために、異なる車両での認可を取得する必要があります。ティアフォーは、長野県塩尻市で走行する中型バスでの認可を取得しようと思っていますが、今日話したような開発から運用にかかるプロセスを同じように繰り返しています。サイバー空間上で中型バスの自動運転の走行をシミュレーションし、検証しています。



図20 長野県塩尻市の中型バスのシミュレーション
(画像クリックで動画公開サイトが開きます)

図 21 右折などは認可を取る上で複雑なロジックが必要になりますが、シミュレーションした上で実環境に車両を持って行き、テストを行います。基本的にシミュレーションで動いているものは実環境でも動くようになっていなければならない必要がありますし、実環境でしか発生しないようなイベントもたくさんあるので、そのようなものは現地に行き、チューニングの作業を行います。最終的にステークホルダーの皆様にご覧いただき、認可を取得できます。路駐回避などは、まだ認可を取得する上でロジックが難しいです。シンプルな単発の路駐回避は大丈夫ですが、二重に路駐回避したり、対向車線に出て路駐回避することは、認可まで行くのがまだ少しチャレンジングだと思っています。

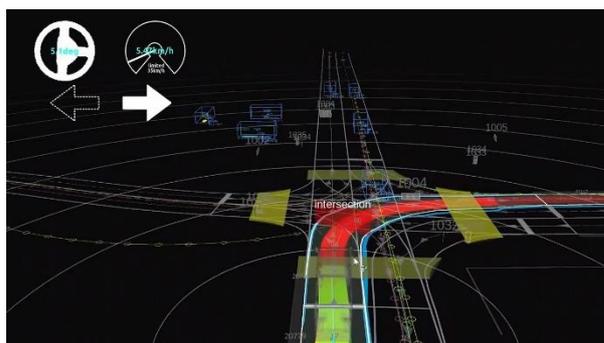


図21 長野県塩尻市の中型バスのシミュレーション
(画像クリックで動画公開サイトが開きます)

図 22 運用においては、当面は乗務員がいます。例えばレベル4で運行しているときに路駐があり、走行環境の条件である ODD (Operational Design Domain) の定義から外れるときには、自動運転機能は維持されますが、一時的に遠隔レベル2に切り替わり、乗務員がその路駐を避けていいという指示を遠隔の操作で送り、その指示が送られた後はまたレベル4に戻るハイブリッドな方法があります。本当に社会実装を進めていく上で、レベル4の認可を取得し、許可を取得した上で、どう乗務員の役割を定義することで、開発側も運用側も最もリーズナブルで効率よく社会実装を推進できるかをこれから議論していけるといいと思っています。



図22 異なるレベルのハイブリッドでの運用
(画像クリックで動画公開サイトが開きます)

図 23 それに向けて、現在ティアフォーでは車両の開発を進めています。量産にはいろいろな規模がありますが、ティアフォーとしては 100 台から 1000 台の規模で生産を目指しています。パートナーの協力を得て拠点となる工場を構えており、バスの製造が始まっています。2025 年、2027 年にかけて国の期待もあると思うので、ティアフォーもこのレベル 4 の自動運転の社会実装に貢献していければいいと思っています。

図 24 私の講演はこれで以上になります。ご清聴ありがとうございました。



図23 パートナーの車両量産の工場



図24

ペダル踏み間違い時加速抑制装置評価試験の紹介*

Introducing a Performance Test of Acceleration Pedal Misapplication Prevention Systems

堀 徹志*1

Tetsuyuki HORI

メディアなどで多く取り上げられる、ブレーキとアクセルの踏み間違いによる事故の対策として、国土交通省と独立行政法人自動車事故対策機構（ナスバ）が推進する自動車アセスメント事業（JNCAP）において、ペダル踏み間違い時加速抑制装置の試験・評価が2018年より開始された。一般財団法人日本自動車研究所（JARI）は当該評価開始から試験の実施を通じて、安全な自動車の開発・普及の一端を担ってきた。本稿では、試験・評価に関するこれまでの活動内容と評価試験の方法について紹介する。

KEY WORDS: 安全, 予防安全, 試験/評価, ペダル踏み間違い, JNCAP

1. はじめに

一般財団法人日本自動車研究所（JARI）は、日本の自動車アセスメント事業（JNCAP: Japan New Car Assessment Program）における試験の実施を通じて、車の安全性を評価および安全な車の開発・普及に貢献している。JNCAPとは、国土交通省と独立行政法人自動車事故対策機構（ナスバ）が一体となって進める、新車販売されている自動車の総合的な安全性能について評価・公表する事業である。1995年から始まった衝突試験では、事故が発生したときの車内の乗員へのダメージを評価し、万が一事故が発生した際の被害を軽減する衝突安全技術の発展に寄与してきた。ここ十年で、事故の発生自体を未然に防ぐ予防安全技術が台頭してきたため、JNCAPでも従来の衝突安全に加え予防安全技術の試験・評価が2014年4月より開始された。ドライバーの不注意などにより、車両や歩行者との衝突リスクが高まったときに自動的にブレーキ制御をする衝突被害軽減ブレーキ（AEBS: Autonomous Emergency Braking System）や自車が車線からはみ出しそうになったときに車線に戻す制御をする車線逸脱抑制装置（LDPS: Lane Departure Prevention System）などの試験・評価が実施されている。本稿では、高齢化が進む日本においてメディアなどでも取り上げられることが多くなってきた、ブレーキとアクセルの踏み間違いに起因する事故に対する予防安全装置、「ペダル踏み間違い時加速抑制装置」について、JARIで実施している評価試験を紹介する。

2. JNCAP試験方法の紹介

2.1 試験導入の経緯

日本のJNCAPに対して、欧州でも同様の目的でEuro NCAPという取り組みが行われている。AEBSの試験・評価などについては、まずEuro NCAPが先行して開発し、JNCAPは日本の事故実態に合わせて試験条件等を変更した上で、試験・評価を行っている。一方、高齢化が進む日本では、高齢者のペダル踏み間違いによる事故が報道で多く取り上げられ世間の関心が高まったことにより、当該装置の評価ニーズが高まったため、JNCAPで試験・評価の開発を行い、2018年に世界に先駆け試験・評価が開始された。

* 2024年3月6日受理

*1 一般財団法人日本自動車研究所 自動走行研究部

2.2 試験方法の概要

JNCAP 試験は、国土交通省が開催する自動車アセスメント評価検討会にて定められた「ペダル踏み間違い時加速抑制装置性能試験方法」¹⁾に基づき行う。ペダル踏み間違い時加速抑制装置性能試験の概略図を図1に示す。ペダル踏み間違いによる障害物との衝突を模擬した Fon（試験自動車が前進するシナリオ）および Ron（試験自動車が後退するシナリオ）の2種類の試験シナリオを実施する。試験用ターゲットに向かって停止した状態からアクセルを踏み込み、試験用ターゲットとの衝突を回避できるか、衝突速度を低減できるかを試験することで、装置の評価を行っている。

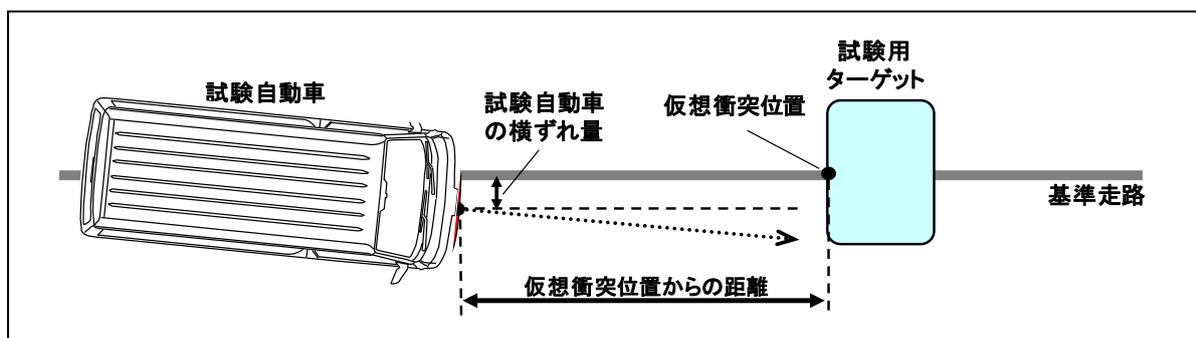


図1 ペダル踏み間違い時加速抑制装置性能試験の概略図 (Fon) ¹⁾

2.3 試験用ターゲット

ペダル踏み間違いによる事故はコンビニなどにぶつかるケースを報道でよく目にする。一方で、交通事故統計²⁾によると、車同士の事故が約8割を占めている。図2に2018年から2020年の間に日本で起きたペダル踏み間違いによる事故件数を示す。なお、図2b)の死亡重傷とは、死亡事故件数と重傷事故件数の合計であり、図2a)の死傷とは、さらに軽傷事故を加えた事故件数である。図2a)の死傷事故件数を見ると、車両相互が8割以上を占めており、コンビニなどの構造物に衝突した場合に分類される車両単独は2割に満たない。試験導入当初から、コンビニなどの構造物よりも小さい車両ターゲットによって「車両相互と車両単独」の両方を代表する評価試験を行っている。一方、図2b)に示すように、死亡重傷に絞って見ると人対車両の割合は相対的に高い。すなわち歩行者との事故は、数は少ないものの被害が大きい傾向が見られる。導入当時は歩行者への対応は技術的に難しかったが、技術の進展に伴い、2023年度からは歩行者ターゲットに対する試験が追加され、「人対車両」の評価が開始された。

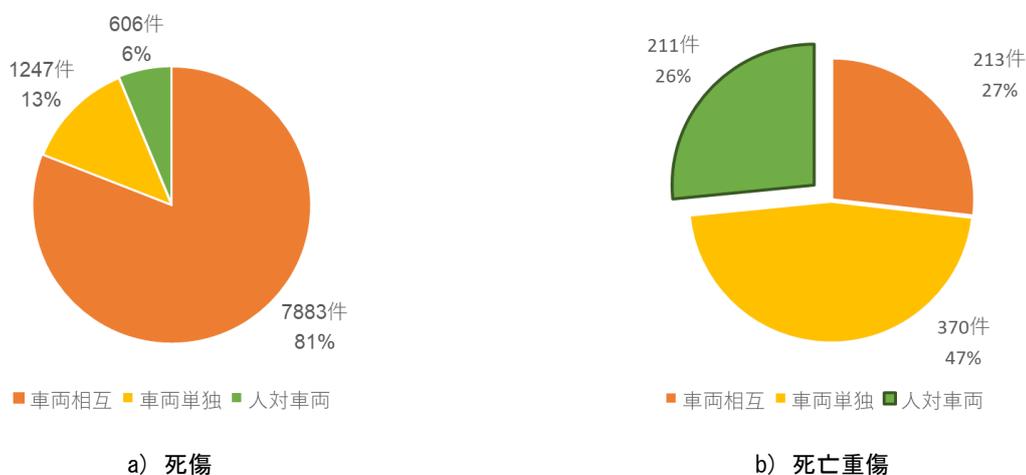


図2 ペダル踏み間違いによる事故件数 (1当軽乗用,普通乗用,2018年~2020年) ²⁾

2.4 試験の成立条件

ペダル踏み間違い時加速抑制装置は、ドライバーがペダルを踏み間違えた時の事故低減を目的とした装置であることから、ドライバーの意図に反して作動することを避けるため、自動車メーカーごとに一定の作動要件が設けられている。なお、オーナーズマニュアルなどに作動要件の概要は示されているが、細かい作動要件までは記載されていない。こうした中、試験では一般的な事故場面でかつ公平な評価をするために、試験成立のための条件が設けられており、不成立の場合は再度試験を実施する。成立条件は表1の通りである。

ブレーキオフ時位置は、試験開始時の試験用ターゲットとの相対距離であり、自動車メーカーが申告した位置（通常 1.00 m）に対して、0.02 m 以内に収まっていないと試験不成立となる。また、アクセルオン時速度は、ブレーキを離してアクセルペダルに最初にタッチしたときの速度であり、0.5 km/h 以下と規定されている。これにより、アクセルが踏み込まれる時点におけるターゲットとの距離が統制される。アクセル踏み込み速度は、緊急制動（ドライバーが危険を感知してブレーキペダルを踏み込む速さ）と同等の速さで間違えてアクセルペダルを踏み込んだと想定し、アクセル開度 0 % から 100 % までの時間が 0.13 s ~ 0.25 s の間と定められている³⁾。最大横ずれ量は、試験用ターゲットと試験自動車との横位置の規定であり、それぞれの中心が 0.10 m 以内でないと試験不成立となる。

表1 試験の成立条件

ブレーキオフ時位置	アクセルオン時速度	アクセル踏み込み速度	最大横ずれ量
±0.02 m	≦ 0.5 km/h	0.13 s ≦ 0.25 s	±0.10 m

2.5 試験機器

試験の成立条件を満たすために、JNCAP 試験で使用する運転操作ロボットなどの機器の搭載状況を図3に示す。ステアリングホイール操作を行うステアリング操作ロボット（図3 a）と、アクセルペダル操作を行うアクセル操作ロボット（図3 b）によって、試験時の車両制御を行う。車両の位置は、GNSS（Global Navigation Satellite System）^{注1)}で測定する。さらに、RTK 方式^{注2)}と IMU ^{注3)}による補正を組み合わせることで、位置精度は 0.02 m 以内、速度精度は 0.1 km/h 以内での測定が可能である。



a) ステアリング操作ロボット部



b) アクセル操作ロボット部

図3 運転操作ロボットの搭載状況

注1) GPS（Global Positioning System）を含む、衛星測位システムの総称。人工衛星から発せられた電波を受信し、現在の位置を特定するシステム。なお、アメリカ合衆国によって運用されるものがGPSと呼ばれる。

注2) 移動しない基準点と観測したい点（試験自動車）を同時に観測し、相対的な移動距離をより精度高く計測する方式。

注3) 角度、加速度を測定するセンサーを用いて演算を行い、測定物（試験自動車）の挙動を出力する機器。

2.6 試験手順

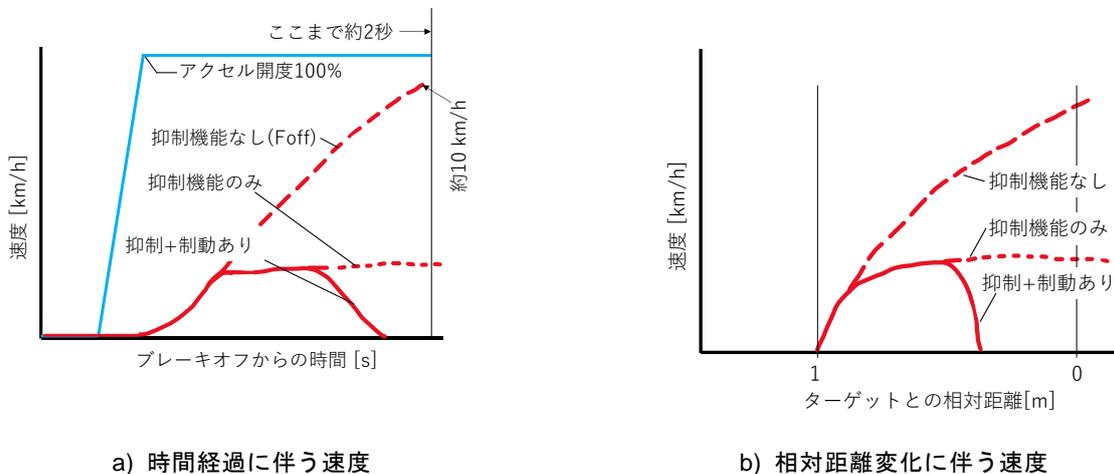
運転操作ロボットを使用して行なった、JNCAP 試験「Fon 対車両」の試験風景を図4に示す。地上に置かれた試験用ターゲットの中心と試験自動車の中央とが合うように、運転操作ロボットがハンドル操作を担い進入する。その際、試験用ターゲット 20 m 手前の位置で一度エンジンを切り、再度エンジンを始動して 1 m の位置までクリープで進入して停止する。その後、試験ドライバーのブレーキオフをきっかけにして、あらかじめ設定された速度で運転操作ロボットがアクセルペダルを踏み込むことで、試験が開始される。位置情報の測定結果を用いて、試験自動車が試験用ターゲットの座標を超えたときは衝突判定となる。衝突判定となった場合は、試験用ターゲットがない状態 (Foff) で、試験自動車単独の 1 m 到達地点の速度を測定する。Foff の結果に対する Fon での速度変化率を算出し、0.3 (衝突エネルギー半減) 以上の速度低下が認められれば抑制判定となる。Fon で衝突判定より前に速度が 0 を下回った場合は、回避判定として試験終了となる。後退シナリオや歩行者ターゲットに対する試験も同様の手順で行う。このように、試験は決められた手順に従って実施されるが、実際に事故が発生する状況では、試験とは異なる様々な状況が想定されるため、必ずしも装置の動作が試験と同じになるとは限らない。



図4 Fon 対車両の試験風景⁴⁾

2.7 結果の一例

試験結果の一例として、図5に試験自動車の a) 時間経過および b) 相対距離変化に伴う速度の計測データのイメージを示す。試験自体は、1 秒から 2 秒程度と短時間である。しかし、加速抑制および制動制御が行われなかった場合、図中破線の示すように速度が徐々に増していき、1 m 進んだ時点で約 10 km/h に到達する。一方、図中実線の例では、一旦速度が上がるものの、装置により減速し、試験用ターゲットまで 0.5 m 程度を残して停止回避している。たとえ 10 km/h だとしても、衝突が発生した場合は報道で目にするような悲惨な状況になることから、このわずかな数秒に対する当該装置の貢献度は非常に大きなものと言える。また、抑制機能のみの場合では、衝突は発生するものの途中から加速が抑制されることで、衝突時の速度が低下し被害を抑えることができる。



a) 時間経過に伴う速度

b) 相対距離変化に伴う速度

図5 計測データのイメージ

3. 今後の見込み

現在、ペダル踏み間違い時加速抑制装置の評価試験は、JNCAPとして日本のみで実施されている。JNCAPの現在の試験法は、駐車場などにおける極低速でのペダル踏み間違いを対象としており、走行中に発生したペダル踏み間違いによる事故はカバーできていない。JNCAPのロードマップ⁵⁾では、走行中に発生したペダル踏み間違い時加速抑制装置の評価への対応の2026年導入を目指し検討が進められている。また、Euro NCAP Vision 2030⁶⁾によると、「Pedal misapplication」として2026年よりペダル踏み間違い時加速抑制装置の試験・評価導入が計画されており、国際的な関心が高まりつつある。さらに、国連WP29において、国際基準化⁷⁾により近い将来すべての自動車に搭載される事が検討されており、先行しているJNCAP試験はますます注目されることが見込まれる。

4. まとめ

本稿では、JNCAPのペダル踏み間違い時加速抑制装置の試験・評価を紹介した。この試験により、抑制機能が正常に作動すれば、車は大きく加速しない、あるいは一旦動き出した直後に停止するといった試験自動車の挙動が示されている。しかし、抑制機能がついていない場合や正常に働かなかった場合、車は約10 km/hで衝突する。試験に基づく結果を参照すると、現実世界においては、報道で目にするような重大な事故に繋がる可能性もあるため、本機能は重要な役割を果たしていると考えられる。読者の方には、ぜひナスバホームページからJNCAPの試験結果をご覧ください⁸⁾、自動車を購入する際、安全性の高い車を探すためにJNCAPの情報を活用していただくと幸いである。JARIとしては、これからも紹介したような正確・公平な試験を確実に実施していく所存である。また、読者には、評価結果だけを見て機能を過信することなく、装置にはそれぞれの作動要件があるため、状況によっては期待される効果が得られない場合もあることを理解いただいた上で、日常の安全運転を心掛けていただきたい。

JARIは直接的な技術開発に携わっているわけではないが、試験機関として正確・公平な試験を行い、その結果が公表されることによって、自動車ユーザーへの情報提供を通じて、今後も自動車メーカーのさらなる技術開発の促進に貢献していきたい。

参考文献

- 1) 独立行政法人自動車事故対策機構（ナスバ）：ペダル踏み間違い時加速抑制装置性能試験方法
<https://www.nasva.go.jp/mamoru/download/R5-13.pdf>, (参照 2024-03-06)
- 2) 公益財団法人交通事故総合分析センター（イタルダ）：ペダル踏み間違いによる事故～事故統計分析から多重衝突の実相に迫る～, ITARDA INFORMATION, No. 139 (2022), <https://www.itarda.or.jp/contents/9350/info139.pdf>, (参照 2024-03-06)
- 3) 国土交通省：ペダル踏み間違い時加速抑制装置の試験・評価法に係わる検討, 平成29年11月29日自動車アセスメント資料4-2, https://www.mlit.go.jp/jidosha/anzen/02assessment/data/h29_2_4_2.pdf, (参照 2024-03-06)
- 4) 独立行政法人自動車事故対策機構（ナスバ）：試験映像, 自動車アセスメント,
https://www.nasva.go.jp/mamoru/assessment_car/detail/242, (参照 2024-03-06)
- 5) 国土交通省：自動車アセスメントロードマップ2023
<https://www.mlit.go.jp/jidosha/anzen/02assessment/data/roadmap.pdf>, (参照 2024-03-06)
- 6) Euro NCAP: Euro NCAP Vision 2030
<https://cdn.euroncap.com/media/74468/euro-ncap-roadmap-vision-2030.pdf>, (参照 2024-03-06)
- 7) GRVA-18-53 Report from the Informal Working Group on Acceleration Control for Pedal Error (ACPE), UNECE/WP.29/GRVA, Informal document (2024), <https://unece.org/sites/default/files/2024-01/GRVA-18-53e.pdf>, (参照 2024-03-06)
- 8) 独立行政法人自動車事故対策機構（ナスバ）, ダイレクト検索, 守る (JNCAP)
<https://www.nasva.go.jp/mamoru/index.html>, (参照 2024-03-06)

実証実験から継続された小型モビリティ事業の現状^{いま}*

—観光地における活用の事例からみる価値と課題—

モビリティ研究会*¹ 調査報告 (4)

飯野 信次^{*2}
Shinji IINO

飯田 実^{*3}
Minoru IIDA

柴田 英一^{*4}
Eiichi SHIBATA

大庭 敦^{*5}
Atsushi OHBA

中塚 喜美代^{*5}
Kimiyo NAKATSUKA

地球温暖化問題や、地方でのモビリティ維持が年々深刻化している。小型モビリティは、小型軽量であり原理的に環境負荷の小さい乗り物であることから、これらの問題解決に寄与する可能性がある。その導入による社会的な影響を検証する実証実験が以前より全国各地で行われてきた。現在、その多くは実装されずに終了しているが、観光地におけるレンタカー用途等、現在も継続されている事業が見受けられる。そこで事業継続できている理由を探るべく、事業に取り組む方にインタビューを実施した。その結果、小型モビリティの話題性や非日常性による観光地の魅力向上への寄与がユーザに評価され、事業者にも認識されていることがわかった。一方、車両本体としては導入コストや維持、充電時間に課題があるが、快適性については観光目的としてはあまり重要視されていないという意見も聞かれた。また事業としては、平日や閑散期の稼働率の低さによる収益性の課題が挙げられた。今後一層の普及には、地域と一体になった小型モビリティの強みをより訴求できる取り組みが必要と考える。

KEY WORDS: 小型モビリティ, 観光, レンタカー事業, モビリティの価値

1. はじめに

人類は長年にわたり、移動するための能力（モビリティ）を拡充してきた。特に産業革命以降、化石燃料をエネルギー源とした多くの動力源が開発され、それらを基に、鉄道や船やバス、近年では飛行機といった大規模輸送機関が商業や産業と共に大いに発展した。その後、政府の政策等によって、個人での移動手段となる自家用車も大いに普及した。またそれら移動体を活用するために必要なインフラである、鉄道路線や高速道路、駅や港湾・空港といった施設もまた整備されてきた。その結果、多くの人々が短時間で気軽に遠方へ移動できる自由を手にしてきた。日本においても、津々浦々にわたり整備されたネットワークにより、移動の自由が享受されている。

一方、これらがもたらした弊害として、化石燃料の大量消費による地球温暖化問題がある。また、国内では長らく少子高齢化および生産年齢人口の減少傾向が継続しており¹⁾、地方公共交通ネットワークの衰退の要因の一つとなっている。さらに、交通事故発生件数における高齢者率の増加²⁾など、モビリティが関係する社会問題も顕在化している。

* 2024年2月29日受理

*1 一般財団法人日本自動車研究所（JARI）が主催しJARI外のメンバーが参加して調査研究を行う研究会
活動の詳細 https://www.jari.or.jp/research-content/mobility/research/57/#anc_a_0

*2 日本発条株式会社

*3 ヤマハ発動機株式会社

*4 萩原エレクトロニクス株式会社

*5 一般財団法人日本自動車研究所 新モビリティ研究部

これらに対し、移動の必要性にあったモビリティ普及・利用により改善できることもある。その1つとして、小型モビリティの利用が考えられる。小型モビリティは小型軽量であることから、原理的に短距離・少人数での移動形態に合う環境負荷の小さい乗り物であり、こうした用途での社会的な利便性を実現できる可能性がある。具体的問題の例として、一部観光地では自家用車やレンタカーが集中し、渋滞や駐車場の確保に苦慮していることがあるが、このような地域に小型モビリティを活用することで、観光地域内の交通を円滑にしつつ、CO₂低減を達成する可能性がある。また、比較的短距離の配送サービスや、地域内住民移動にも活用が期待される。このような観光等の地域周遊や経済効果による、地域活性化、短距離での業務活用や住民モビリティ確保を目指して、多くの実証実験が様々な地域・事業体にて行われている。国の大きな取り組みとしても、2010年ころから全国各地で実証実験が行われた³⁾。しかしながらそれらのうち実装に進み今も使われている事業は限られている。

これらのことから小型モビリティの実装を増やしていくためには、これまでの実験結果を横断的に整理・分析し、モビリティに求められる価値やそれを提供する際の課題を抽出する活動が必要と考えられる。このような考えのもと、2023年度のモビリティ研究会では小型モビリティや自動運転などに代表される新しい乗り物やそれを用いたサービスに取り組まれているプレイヤーへのインタビュー調査を実施した。その結果、小型モビリティを積極的に選択する価値が不明確であること、これらの乗り物やサービスの普及促進には社会的な価値も考慮することが必要と考えられることがわかった⁴⁾。ただしこの活動では小型モビリティの持つ多面的な価値や課題を列挙はしたものの、どのようにすれば実装ができるのかという提案はしていない。

そこで今回、小型モビリティをレンタカー事業として実装している方へインタビューを実施し、実装されているサービス事業の実情や実際に果たしている役割や価値を把握することで、今後の普及のポイントや課題を探ることとした。

2. 調査方法の検討

2.1 調査対象とするモビリティ

2023年度調査では、“小型モビリティ”という言葉を用いて、表1に示す道路運送車両法の車両区分として定められている“超小型モビリティ”と区別して定義した。今回の調査においても、既存の車両区分にとらわれず、“超小型モビリティ”およびそれらと同様の特徴を有する車両を“小型モビリティ”と称して調査対象とした。具体的には、公道走行可能で1名～3名が座って乗車できる、軽自動車以下のサイズの三輪または四輪の車両を想定した。これらは道路運送車両法の区分では、第一種原動機付自転車および超小型モビリティ、側車付軽二輪などが該当する。昨年度調査での区分とは一部が異なる。

この“小型モビリティ”に含まれる車両に共通する点として、従来の車両とは大きく異なる外見や、気軽に利用できる点、小型であることを活かした取り回し性などを特徴として想定し、これらがどのようにユーザや事業体への提供価値につながっているか、調査を行うこととした。

表1. 超小型モビリティの区分⁵⁾

	第一種原動機付き自転車 (ミニカー)	軽自動車		普通自動車 (小型自動車)
		超小型モビリティ (型式指定車)	超小型モビリティ (型式指定車)	
最高速度	60 km/h (道路交通法)	構造上 60 km/h	個別の制限付与	構造上の制限なし
定格出力	0.6 kW 以下	0.6 kW 超	0.6 kW～8.0 kW	0.6 kW 超
長さ	2.5 m 以下	2.5 m 以下	3.4 m 以下	12 m 以下 (4.7 m 以下)
幅	1.3 m 以下	1.3 m 以下	1.48 m 以下	2.5 m 以下 (1.7 m 以下)
高さ	2.0 m 以下	2.0 m 以下	2.0 m 以下	3.8 m 以下 (2.0 m 以下)

2.2 小型モビリティの提供価値に関する調査方法の検討

小型モビリティが提供できる価値については、メーカーや運用事業者・自治体、利用するユーザなど、それぞれの立場によって価値と感ずる部分に違いがあると予想される。そのうち、メーカーや事業者・自治体については昨年度の調査で情報収集ができていることから、本年度は、よりユーザに近いところでの調査を検討した。ユーザに対する提供価値の調査としては、ユーザの声を直接聞くことが最も効率的である。しかし、小型モビリティ普及の状況や、主に BtoB の形態をとる車両販売方法が主であるため、ユーザに直接アクセスする方法は十分な調査サンプル数を確保することが困難と考えられる。そこで小型モビリティを用いたサービスを展開する事業者に質問を行い、そこで得られたユーザの意見や、事業者側から見たユーザへの提供価値などを聞くことを検討した。サービス提供を行う事業者の抽出は、国交省資料「超小型モビリティの今後と成果」³⁾を基に、過去の実証実験の事例のうち、現在もサービスを提供していることを条件とした。

2.3 調査対象の抽出方法の検討および結果

調査対象は前述の国交省資料に掲載の事例（42 事例）とした。事例の一覧を図 1 に示す。記載された事例について、車種と類型（利用目的）を調査し、別に整理した結果を表 2 に、使用された車種を表 3 にそれぞれ示す。これらの事例について、インターネット等を用いて事業の現状の調査を行った。

2. 超小型モビリティ導入・普及に向けたこれまでの取組



- 地域特性を生かした魅力あるまちづくりを通じて、地域振興・観光振興を図る観点や成功事例の創出、国民理解の醸成を目的に補助を実施。
- 先導導入や試行導入の優れた取組みに対して導入費用の 1 / 2 を補助。
(平成25年度から42事例（945台に補助）を創出)

超小型モビリティ導入促進事業

補助対象台数: 945台 (うちコムス708台)

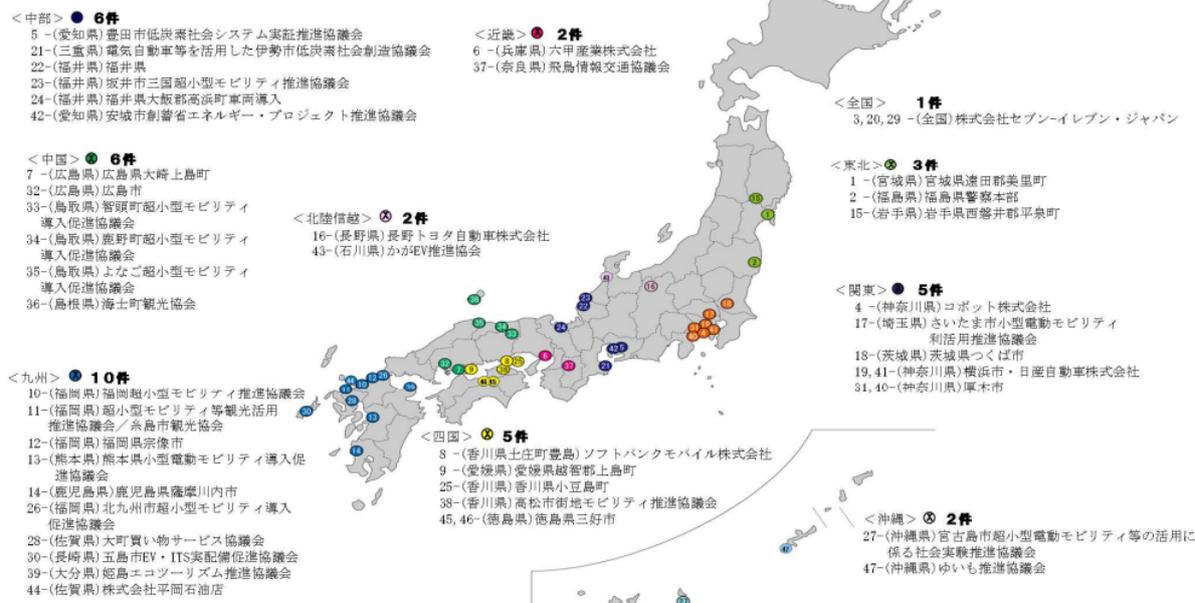


図1 超小型モビリティ導入促進事業における事例³⁾

表2 事例の車種と類型（利用目的）別に整理

車両	実験件数	類型		
		業務利用	日常利用	観光利用
COMS	16	10	4	7
MC-β	3	3	3	3
NMC (New Mobility Concept)	22	10	6	18
コボット	2	0	0	2
ノイエス	1	0	1	0
NTN	1	0	1	1
総数	45	23	15	31

※実験には複数種類の車種を使ったものもあった。

※「業務」は事業体内の移動に利用、「日常」は住民への貸し出し、「観光」は観光客への貸し出しを指す。

表3 「超小型モビリティの成果と今後」の事例にて利用された小型モビリティ

	COMS	NMC	MC-β	コボット	ノイエス プリーブ	NTN:タジマ
外観				写真なし		
	*1	*1	*1		*2	*2
メーカー	トヨタ車体	日産	ホンダ	興和テムザック	ノイエス	タジマ
乗車定員	1名	2名	2名	2名	2名	2名
航続距離	57 km	100 km	80 km程度	30 km	40 km	不明
出力	定格 0.59 kW 最大 5 kW	定格 8 kW 最大 15 kW	定格 6 kW 最大 11 kW	不明	定格 4.4 kW	定格 2.4 kW ×2
提供開始年	2012年	2010年	2013年	2012年	2013年以前	2011年

※写真は、*1:各社 Web サイト・*2:国交省資料⁶⁾より引用

調査の結果、現在、多くの実証実験が終了しているものとみられ、現在も継続が確認できた事業は表4に示す5事業であった。継続率は観光目的が14.3%と高く、次に日常利用が7.1%、最後に業務目的が4.8%であった。この結果から、小型モビリティの特徴が観光レンタカー事業に適合しやすいことが示唆された。そこで、観光レンタカー事業における小型モビリティの提供価値について詳細に調査を進めるため、事業を継続する事業体へのアンケートを検討した。

表4 継続している事業数

	実験件数	類型		
		業務利用	日常利用	観光利用
総数	42	21	14	28
そのうち継続中のもの	5	1	1	4

3. レンタカー事業を行う事業者への調査

3.1 アンケートの作成

2章における実証実験の現状調査結果を基に、モビリティ研究会にて討議を行い、質問としてまとめた。観光レンタカー事業を継続的に営んでいる点から、利用者（ユーザ）からの意見のほか、事業者からの視点による車両に対する感想や観光レンタカー事業固有の特徴などの質問を作成した。質問は大きく5つの大項目に分類してまとめ、その中に個別の質問を設けた。それぞれの大項目及びその設定意図を以下に示す。

項目 a) 小型モビリティ導入の期待・対象・方法について

サービス導入にあたっての想定やモビリティへの期待内容を問う。

項目 b) 利用ユーザについて

主にユーザの車両に対する感想や意見、利用実態などを問う。

項目 c) 運用しているモビリティについて

事業者目線からの車両に対する意見や改善点、維持管理の面での工夫などを問う。

項目 d) レンタカー事業の事業性について

事業性に対する補助の影響や利用料金設定、今後の事業展開などについて問う。

項目 e) 小型モビリティの価値・有用性について

上記質問を総括し、小型モビリティの価値として考えられることを問う。

各区分に含まれる個別の質問を表5に示す。

表5 アンケートにおける質問

項目 a) 小型モビリティ導入の期待・対象・方法について
本サービスについて、どのようなユーザを想定したか。また、現状はその通りになっているか。
導入したモビリティにどのような期待をしていたか。また、その期待にどの程度応えられているか。
導入に際し、国等の補助金はどの程度影響したか。また補助が終了しても（維持コストをかけて）継続しようとした動機は何か。
項目 b) 利用ユーザについて
ユーザの感想・コメント等はどのような内容か。（利用料金、使い勝手、乗車人数、快適性、車両の見た目など）
悪天候時や走行可能ルートなど、利用に関する制限は設けているか。またそれに対するユーザの反応はどうか。
お客様にご利用いただく中で、トラブル（事故・違反等）が発生した事例はあるか。
地元住民（あるいは観光客以外の方）の利用割合はどの程度か。
項目 c) 運用しているモビリティ（車両）について
使用しているモビリティ（機種）の選定理由は何か。（他に選択肢なしも可）
モビリティ（車両）に対する、使用して分かった良かった点、工夫した方がよい点や要望はあるか。
車両のメンテナンス体制はどのようにしているか。修繕維持のコストを抑える工夫等はあるか。
項目 d) 事業性について
レンタカー・シェアリングの利用料金設定はどのようにして決定したか。
車両の稼働率はどの程度か。
小型モビリティレンタルの事業性はどのようにとらえているか。
今後、小型モビリティを利用した事業展開について、何か計画等はあるか。
項目 e) 小型モビリティの価値・有用性について
観光客向けレンタカー以外で、利用されている小型モビリティがフィットするシーンはどのようなケースが考えられるか。
小型モビリティの価値はどのようなところにあると考えられるか。

3.2 アンケートの実施

2章で述べた通り、本アンケートの依頼対象は小型モビリティを用いて観光地におけるレンタカー事業を展開している事業者とした。地域性や異なる車種を利用しているなど、より多様な意見を集めるべく、新たに検索したところ、図4に示すEVトライクと車種は異なるものの「小型モビリティ」の中にも含めることができると考え、「まちづくりなみえ」も調査対象に加えた。アンケートにご対応いただいた事業者・車種及びその想定していた用途を表6に示す。なお、「まちづくりなみえ」においては、図4に示すEVトライク（トライクは、「三輪の乗り物」の意）を使用している。他とは車両タイプが異なるが、非常にユニークな取り組みをしており、前述の事例との比較のため調査対象とした。さらに一部の事業者においてはリモートでのインタビューに対応いただき、モビリティや事業に関する思いなど、詳細な意見をいただくことができた。

表6 アンケート調査にご協力いただいた事業者

	事業者が想定した類型			車種
	業務利用	日常利用	観光利用	
かがEV推進協議会			○	NMC
小豆島			○	NMC
姫島エコツーリズム		○	○	NMC・COMS
まちづくりなみえ			○	e-moⅢ trike



【メーカー】 NET-560
 【乗車定員】 3名
 【航続距離】 40 km
 【モータ】 定格 1.2 kW

図4 レンタル提供中のEV trike（まちづくりなみえ様提供）

3.3 アンケートの結果

以下では、大分類ごとに回答をまとめる。

3.3.1 項目a) 小型モビリティ導入の期待・対象・方法について

ユーザの想定は、属性等を細かく明確にせず、「観光客」という大きな括りでとらえているケースが多い。モビリティに対する期待としては、観光地における二次交通としての活用が想定されていたため、短時間、気軽・気楽、小回りが利くなどの点が共通して挙げられた。短時間利用の例として、チェックインから夕食までの間の時間の利用など、観光用途特有の利用ケースがあることが分かった。このような特徴は、昨年度調査でも同様の意見が挙げられており、小型モビリティによく期待される点であると言える。さらには、小型EVであることによる環境への配慮の点や外見、運転感覚の目新しさ、レンタカーとしての回転率の良さに期待を寄せる意見もあった。一方、社会的には、小型モビリティを大規模に導入しつつ、欧州にみられる施策⁷⁾である市街中心部の制限速度を20 km/h～30 km/hに設定し一般乗用車の流入を制限することによる、渋滞防止や街の活性化も考えられる。しかし、今回アンケートを実施した事業者においては、今のところそのようなことを目的とした事例や期待は聞かれなかった。

国の補助金の影響については、大きく影響したとの回答がほとんどであり、車体購入に補助金を利用したケースが多い。サービス継続の理由については、他の二次交通の手段が少なく有益であるため、などの回答が得られた。また、導入時とは異なる補助金を利用している場合もあった。

以上より、小型モビリティに期待される役割は小型モビリティを特徴づけている部分と一致しており、それらは観光用途でよく活かされていることが分かった。目新しい形状や非日常性も、観光用途においてはポジティブな反応に繋がっている。また、国や自治体による補助が小型モビリティを活用した事業の1つの契機になっているほか、二次交通の維持にも役立っているものと考えられる。

3.3.2 項目b) 利用ユーザについて

表7に、今回アンケートを実施した事業者が使用している車両およびレンタル料金を示す。なお、姫島エコツーリズムにおいては表に記載のない車両も使用しているが、他との比較のため割愛した。ユーザの感想におけるポジティブな内容としては、見た目や運転の楽しさ、爽快さなどが挙げられた。ユーザが普段利用している普通乗用車等とは異なる外見、乗り心地と操作感が、観光という非日常の目的にフィットしていると考えられる。昨年度調査では、日常利用にて目新しく目立つ外見がマイナスに働く場合がある点が指摘されたが、観光用途において、逆に外見はおおむねユーザから好評である。運転感覚は、車種によって普通乗用車と異なる場合があるもののおおむね好評であるが、中には、そういった感覚になじめずに運転をあきらめる人もいる。

表7 各事業者の利用車両と利用料金

事業者	車両	単位時間	料金[¥]
かがEV推進協議会（温モビ）	NMC（2人乗り）	1時間	1,600
		3時間	3,300
小豆島ふるさと村（豆モビ）	NMC（2人乗り）	1日	4,400
		1時間	3,300
一般社団法人 姫島エコツーリズム	NMC（2人乗り）	2時間	5,500
		日帰り	7,700
	COMS（1人乗り）	1時間	2,200
		2時間	3,300
まちづくりなみえ	e-moⅢ trike（3人乗り）	日帰り	5,500
		3時間	3,300
(参考) レンタカー会社A	軽自動車	12時間	6,050~

利用料金については、事業者ごとに料金の差がみられるが、ユーザのコメントとして不満は出ていない。さらに事業者によっては、観光周遊で利用可能なクーポンなどのサービスをセットにしたプランを用意しているケースもある。

エアコンやドアや窓がないため、暑さ寒さなどで快適度が高くない状況もあるが、その点に対する不満はあまり出ていない。どの事業者でも貸出時に快適性については、ユーザによく説明するほか、悪天候時に雨具の貸し出しや無料キャンセル等の対応をとっていることも一因と考えられる。観光ルートや目的地についても事前にユーザに対して、きめ細かく相談・説明を行うほか、ルートの安全性を考慮し、走行エリアに制限を設けるなどの対策をとっているところが多い。これは事故防止のほか、電欠によって走行不能に陥ることを防ぐことが大きな目的となっている。また、高齢者の運転やチャイルドシートを有する子供の乗車には制限があるケースもある。このような対応が奏功しているのか、今回アンケート

トを実施した事業者にて、これまで大きな事故は発生していない。よくあるトラブルとしては、電欠による走行不能が挙げられた。

地元住民の利用については、0 から 1 割以下という回答であり、全体として非常に少ないことがわかった。今回アンケートを実施した事業者では地元住民の利用も可能であり、導入当初は物珍しさで住民に利用されるケースもあったが、継続利用はされてない。導入時の想定目的として日常使用を挙げている事業者もあったが、導入後の実態としては他の導入地と同様、住民の日常使用は非常に少ないとのことだった。

以上より、ユーザからも小型モビリティに対する期待は事業者と似た点であることが分かった。特に非日常体験ができる点は非常に評価が高い。利用料金は事業者によって差があったものの特に不満は出しておらず、かえって、こういった付加価値がユーザに認められているものと考えられる。一方、快適性が低い点に関する不満も出ていないが、こちらは上記の付加価値が大きい点に加え、貸し出す際に、ユーザとよくコミュニケーションをとるなどの丁寧な対応も大きな役割を果たしていると考えられる。

3.3.3 項目c) 運用しているモビリティについて

車両の外見や構造については、項目 b)における目新しさや非日常性がユーザから好評である点を評価する声が聞かれた。事業者によっては、さらに図 5 に示されるような車体へのラッピングを施すことによって車両の見栄えを良くしたり、観光地や特産品を PR したりするケースもある。



図5 ラッピングされた車両の様子⁸⁾

車種の数については、表 7 に示す通り 3 事業者において 1 種類の車両のみの利用となっており、現実として多くない。インタビューにおいても、車種を選択肢の少なさが残念だという声が聞かれた。

乗車人数については、2 名以上を希望する声が多い。さらには、観光のため荷物をある程度搭載することもニーズとして存在する。現状はあまり荷物が積載できないため、荷物が多いユーザは出発地点にて荷物を預ける・回収する必要があるため、片道での利用ができない。この点が乗り捨てなどの利便性向上に向けたサービス展開の妨げになっているとの指摘があった。逆に離島のように出入口が港等 1 か所の場合は、使用開始と終了が必ず同じ場所になるので、そのような地域では親和性が高いと思われる。

小型 EV という面で、環境への配慮や排気ガスを排出しない点がプラスにとらえられる半面、充電時間の長さについての課題も挙げられた。稼働率が高い時期には充電が間に合わず、電欠を心配しながら貸し出すケースがあった。

車両のメンテナンスについては、地元の業者・ディーラーを利用するほか、簡単な部品交換などは自前で対応しているケースもある。長く運用を続けているため、交換修理のノウハウが蓄積されているほか、車体構造が単純である点もメンテナンスに有効に働いている。プラスチックを多用した外装についても、塩害の影響が出にくい点を評価する声が聞かれた。一方で、車種によってはメーカー経由での純正

部品の入手に長い時間を要する、あるいは部品の入手ができなくなるなどの問題が生じている。このため、部品取り用の車体の確保や車両の入れ替えの必要に迫られているところもあった。

車検についても言及があった。超小型モビリティの場合、区分上は軽自動車のため車検が必要となるが、同時に走行速度や航続距離等の制限から走行可能エリアの制限が設けられるケースがある。このため制限エリア外に指定工場がある場合にはキャリアカーを使用して工場まで運搬する必要があり、その分の運搬費が車検に追加となる。また車検の項目についても、既存の軽自動車の区分にあてはめられており、使われ方や性能を考えると過剰ではないかとの意見が聞かれた。

また、インタビューの中で、住民の自家用車としての保有に関する興味深い話もあった。ある事業体において、住民が事業で使用した中古車両を安価に譲ってほしいという要望が寄せられたというものである。このことは日常使用目的で小型モビリティを保有したいという層が一定数存在することを示唆しており、小型モビリティが日常使用目的でも適合する場面があるものと考えられる。ただし、中古車両に対する要望という点を考慮すると、ある程度低価格であることが前提となる。

使用されているモビリティに対する意見を以下にまとめる。主な用途が観光であるため、乗車人数については2人以上で、かつ荷物も積載できることがニーズとして多い。走行距離に対する不満は出ていないが、充電時間が長いという不満がある。これは半日の利用でも充電が必要になるケースがあり、それにより稼働が制限される点を指摘している。このため走行距離を十分長くできれば営業時間中は充電が不要になり、この課題が解決される可能性がある。維持管理の点では、点検・整備やメンテナンスは比較的容易に実施できているが、車検や一部車種の部品入手が困難な点が課題として挙げられた。一方、小型モビリティの1つの特徴である個性的な外見やシンプルな構造については、運用する側からも好意的にとらえられている。

3.3.4 項目d) 事業性について

事業性については、単独事業としての収益性だけを見ると厳しく、運営継続のためには補助金等の果たす役割は大きい。観光における非日常体験を提供するためのアトラクションと割り切って、他事業の収益で運営しているという声も聞かれた。支出については、維持・管理費はそれほど大きくなく、最も大きい支出となる車両導入費用を補助金で負担することができた点が非常に効果的であったとの意見は共通している。また、再生可能エネルギーを用いた充電設備を設け、その電力を充電に利用することでさらにランニングコストを低減している取り組みもあり、エネルギーの購入コスト低減だけでなく、社会課題の解決への取り組みとしても高い評価を受けている⁹⁾。

収入に関して、利用料金については一般のレンタカー料金を参考にしたケースと、その他の実証実験の利用料金を参考にしつつ、実証実験等で検証したケースがあった。表7に示される通り、事業体によっては1時間あたりの利用料金に倍程度の差があるが、料金に関する不満は出ていない。レンタカーに比べて非日常の体験ができる点などが、観光客からは付加価値として認められていることが示唆された。また複数人で乗車可能な車両は、ユーザが割安感を感じているのではないかという意見もあった。利用料金の差に関しては、今回の観光地では小型モビリティ以外の二次交通の有無に差があり、その点が料金設定やそれに対する印象に影響している可能性がある。

稼働率に関しては、観光用途を主眼に置いた事業であり、閑散期や平日の稼働率が非常に低い点が共通した。繁忙期については事業体によって差がみられた。これは他の交通手段の有無が大きな要因として考えられるほか、コロナ禍の落ち込みから回復しきれていないという意見もあった。事業採算性の向上には車両の稼働率上昇が有効とみられ、特に、平日や閑散期に車両を有効に活用する策が重要と考えられる。それには、観光客のみならず住民が利用しやすいサービスとする必要がある。例えば、車両の使用開始・終了が1拠点となっており、居住者は車両を借りるためにその拠点まで移動する必要がある。そもそもモビリティを必要とする住民にとって、この移動は利用促進の大きな阻害要因である。この課題への対応策としては、別の公共交通で居住者が拠点まで移動できるようにするか、住民宅まで車両を配送するなどの工夫も考えられる。ただそれらはいずれも別の工数やコストを生むことであることにも

留意する必要がある。それ以外に、普通乗用車に比べて外見が目立ちやすく、日常使用の足かせになることも考慮する必要がある。この点については、このような車両が地元で根付き、見慣れたものになればあまり問題ではなくなる可能性もある。

以上より、観光用途の小型モビリティのレンタカー事業は、小型モビリティと観光の親和性は高いものの、事業単体としては採算性を成立させることは容易ではない。大きな問題として閑散期や平日の稼働率が非常に低い点が挙げられた。観光用途で稼働していない時に、どのようにして車両を有効活用するかが課題となっている。一方、利用料金は事業者によって設定時の基準が異なり、それが料金の違いとなっている。その地域における他の交通手段との兼ね合いもあるが、一般のレンタカー程度の料金としてもユーザからの不満が出にくい可能性があり、これは観光用途の良い点の1つと言える。今後の事業展開については、回答を得られた事業者で具体的な内容は異なっていたが、小型モビリティの特徴である非日常性や気軽さ、利便性、話題性といった点を観光でさらに活かすという点は共通している。また、住民の日常利用促進を目的とした具体策の検討や試行を進めていくことも重要と考えられる。

3.3.5 項目e) 小型モビリティの価値・有用性について

小型モビリティの価値については、昨年度調査と同様、小型であること、気軽さ、クリーンさなどが挙げられた。これらの価値を活かすことができる観光以外の用途としては、近距離の移動が挙げられた。またエアコンやドアがない小型モビリティの利用によって、過度に快適・便利かつ環境負荷の大きい生活を見直すきっかけになることを期待する意見もあった。一方、昨年度調査と逆の結果になった点は、外見の新しさで、この点が観光における非日常体験に大いに役立っているという意見が、アンケートを実施したすべての事業者から聞かれた。昨年度調査は日常使用に関する内容であったため、外見の目新しさはどちらかというデメリットと捉えられており、用途の違いによってメリットとデメリットが逆転した点は興味深い結果となった。

また一部の導入地域では、小型モビリティ用の電力として、太陽光発電を利用するエネルギー地産地消の取り組みもあった。電力会社との基本契約の電力を小さくすることができることから、事業的にランニングコスト低減効果もある。もちろん発電量が足りない場合には電力会社から買い、蓄電池に充電し安定稼働に対応している。太陽光発電設備導入のイニシャルコストはかかるが、補助金があったことも導入につながったとのことだった。このような取り組みは、地域住民の環境意識向上にもつながっている。CO₂を排出して作った電気を使っていないという誇りを、地域住民が持てるようになっていく。一方、太陽光発電をはじめとする循環型エネルギーは原理的に大出力化には限界があり、産出量が限定される課題がある。これを供給エネルギーの中軸に据えるためには、エネルギー消費を抑制する必要がある。そこで、エネルギー消費量の少ない小型モビリティを積極的に使うことにより、地域の抱える大きな問題である交通確保とエネルギー供給について、ポジティブな効果が期待できる。

4. 終わりに

今回のアンケートから、小型モビリティは、その特徴が観光地における利便性向上や話題性、非日常体験など、観光地の魅力向上や旅行者の満足度に寄与する価値が数多くあることが分かった。さらに、弱点と考えられた外見と快適性の面も、事業者の努力もあり観光目的での使用では大きな問題にはなっていない。一方で、小型モビリティを積極的に用いると同時に、一般乗用車の流入を制限することによる渋滞の防止も考えられたが、今のところそのような事例はなかった。CO₂低減観点では、太陽光発電と組み合わせることで、運用コスト低減につながり、さらに、住民の環境意識向上にもつながった例もあった。こうした取り組みは今後の各地域での脱CO₂推進への意識向上につながる可能性がある。また、車両本体や事業性、運用に関わる課題の存在も明らかになった。現状を以下の通りにまとめた。

車体に対しては、目新しい外見や運転感覚など、非日常性につながっている点が観光用途によくフィットしている点を評価する声が多く聞かれた。一方、要望の強い機能として2名以上の乗員や荷物の積載性、充電時間の短縮が挙げられた。積載性については、技術的な課題はなく現状の車両でもすでにあ

る程度対応できているものもある。充電時間の短縮については、充電速度のアップや電池容量 UP/電費低減により航続距離を延長し充電回数を低減する方法のほかに、交換式バッテリーの利用も有効と考える。交換式バッテリーについては、バッテリーのサブスクリプションを利用すれば、車体導入コストを低減できる可能性も広がる。さらに別な課題として、車両調達の継続性がある。これに対しては、既存メーカーの小型モビリティ事業の継続や新規参入メーカーの存在が必要であり、そのための市場活性化やその仕組みが不可欠である。

小型モビリティを活用したレンタカー事業の事業性については、そのポテンシャルは認められるが、収益性に課題がある。収入増加の手段としては、アンケート結果から観光客向けの利用料金を値上げできる可能性もあると考える。また、モビリティの価値や魅力を向上させる手段として、地域によって異なる他の交通手段の料金との比較を行い、そのうえで近隣観光スポットの割引クーポン発行やラッピングによる広告のような他事業との連携などの取り組みも有効ではないかと考える。

事業性における課題のもう1つの大きな要因は、平日や閑散期の稼働率の低さである。この点については、地元住民の利用を促進する対策が考えられるが、そのための効果的な対策を見つけることができていないのが現状とみられる。対応として、料金や立地なども含めた地元住民の方に対するサービスの総合的な利用のしやすさの他、日常利用における外見の目立ちやすさに代表される心理的な障壁も考慮する必要がある。後者については、このような車両が地元で根付き、見慣れたものになってくればあまり問題ではなくなる可能性もある。

このように、事業性に関わる課題の解決やよりよいサービスとしていくためには、地域と一体になった小型モビリティを活用する取り組み、また地域が小型モビリティを受け入れ支えていくことも必要と考える。

謝辞

本研究では、以下の事業体にアンケート・インタビューへのご協力をいただきました。その結果、取り組んでいる事業だけでなく、地域振興や環境保護などへの皆様の熱い思いにも触れさせていただき、非常に有意義な機会を頂戴することができました。ここに感謝申し上げます。（順不同）

一般社団法人まちづくりなみえ
一般財団法人小豆島ふるさと村 かが EV 推進協議会
一般社団法人姫島エコツーリズム

参考文献

- 1) 内閣府: “高齢化の状況”. 令和5年版高齢社会白書 (全体版) (2023), https://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/w-2023/html/zenbun/s1_1_1.html, (参照 2024-02-29)
- 2) 法務省: 第2節 犯罪の動向 1 交通事故の発生動向, 令和5年版犯罪白書 (2023), https://hakusyo1.moj.go.jp/jp/70/nfm/n70_2_4_1_2_1.html, (参照 2024-02-29)
- 3) 国土交通省 自動車局: 超小型モビリティの成果と今後, 地域と共生する超小型モビリティ勉強会, 第1回勉強会資料1 (2016), <https://www.mlit.go.jp/jidosha/content/001364961.pdf>, (参照 2024-02-29)
- 4) 飯田 他: 日本における小型モビリティの導入・普及の今 —プレイヤーに対するアンケート調査— モビリティ研究会 調査報告 (1), JRJ20240501 (2024), <https://www.jari.or.jp/research-database/detail/?slug=46658>, (参照 2024-02-29)
- 5) 国土交通省: 1. 超小型モビリティの区分, 超小型モビリティについて, https://www.mlit.go.jp/jidosha/jidosha_fr1_000043.html, (参照 2024-02-29)
- 6) 国土交通省 国土交通省自動車局: NTN: タジマ、ブリーブ等の事例, [001364965.pdf \(mlit.go.jp\)](https://www.mlit.go.jp/content/001364965.pdf), (参照 2024-02-29)
- 7) 30km/h – making streets liveable! <https://en.30kmh.eu/why-30kmh-20-mph/trendsetter-cities-for-30-kmh-20mph/>, (参照 2024-02-29)
- 8) 片山津温泉: 公式Webサイト, <https://www.katayamazu-spa.or.jp/>, (参照 2024-02-29)
- 9) 環境省: 旅に出た先の移動もエコにする～大分県姫島で、太陽光発電で走るエコレンタカー, トピックス (2020年2月21日), <https://ondankataisaku.env.go.jp/coolchoice/ecocar/topics/20200221.html>, (参照 2024-02-29)

JARI Research Journal 掲載区分

掲載区分	記載概要
研究速報 Research Report	背景, 目的, 方法, 結果, 考察といった一般的な研究論文の体裁を持った記事。
技術資料 Technical Report	一般的な研究論文の体裁ではないものの, 新たな知見または価値あるデータを報告する記事。
調査資料 Survey Report	他機関より得られた資料, データを元に, 新たな知見を報告する記事。
解説 Review	特定の分野やテーマに関して, 「現状の最新動向」や「研究・開発状況」などをまとめ, 要約・説明する記事。
研究活動紹介 Research Activity	JARI の研究活動を紹介・報告する記事。
トピックス* Topics	JARI の「研究活動」以外の「活動」等についての記事。また上記の分類外の記事。 *トピックス=「話題」「出来事」