

4 自動運転のある社会

(1) 地域社会における自動運転移動サービス

中山間地域における 自動運転移動サービス(概要)

坂井康一 (国土交通省道路局)

我が国では、人口減少や超高齢化社会が社会問題となっている。特に中山間地域では高齢化の進行が著しく、人流・物流の確保が喫緊の課題となっている。高齢化が進む中山間地域等での人流・物流を確保するため平成29年より全国18箇所で道の駅等を拠点とした自動運転による移動サービスの実証実験を実施してきた。本稿では、その実証実験で得られた成果や社会実装に向けた課題と今後の取り組みについて概説する。

1 地方部における社会的課題と自動運転移動サービスの意義

我が国では、高齢化が進展する中、交通事故における高齢者による事故の割合が高い一方で、過疎地域などの地方における移動手段の確保やドライバー不足への対応が喫緊の課題となっている。路線バスの廃止路線延長は、平成19年度から平成29年度の間で1万5千キロメートルを超えている。また、ドライバーに関しても、トラックドライバーの約4割が50歳以上と言われているほか、65歳以上の運転免許の自主返納件数が、平成30年では、約40万件にのぼり、平成19年の約2万件から約20倍にまで増加しているなど、高齢化が著しい。特に、中山間地域では、その傾向が顕著であり、高齢化率は35% (平成27年) と全国平均の26%を大きく上回るなど、全国の10年先を行く高齢化に直面している。

自動運転移動サービスには、ドライバー不足への対応を含めたこれらの課題解決に向けて、大きな効果が期待される。

2 地方部における実証実験で得られた成果

(1) 地方部における実証実験の概要

中山間地域をはじめとした全国的な高齢化の課題に対応するため、自動運転技術を用いた自動運転サービ

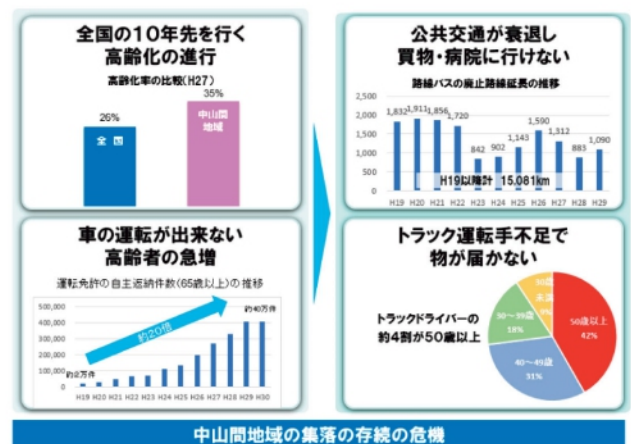


図1 中山間地域の課題と現状

スを導入し、中山間地域における人流・物流を確保することを目標に、「中山間地域における道の駅等を拠点とした自動運転サービスの実証実験」を平成29年9月より実施している。令和3年6月時点で、全国18箇所で実際に自動運転車を走行させ、実証実験を実施し、その中で道の駅「かみこあに」(秋田県)においては、技術面やビジネスモデルに関する実証実験結果を踏まえ、令和元年11月に本格導入され、現在まで1年以上にわたる安全な運行管理、延べ6,000 kmを超える安全な走行を継続しているところである。

更に、「奥永源寺溪流の里」(滋賀県)においても市議会の承認を得て、令和3年4月より本格導入された。(図2, 3, 4)

(1)地域社会における自動運転移動サービス

中山間地域における自動運転移動サービス(概要)



図2 「かみこあに」の走行の様子



図3 「奥永源寺溪流の里」の走行の様子

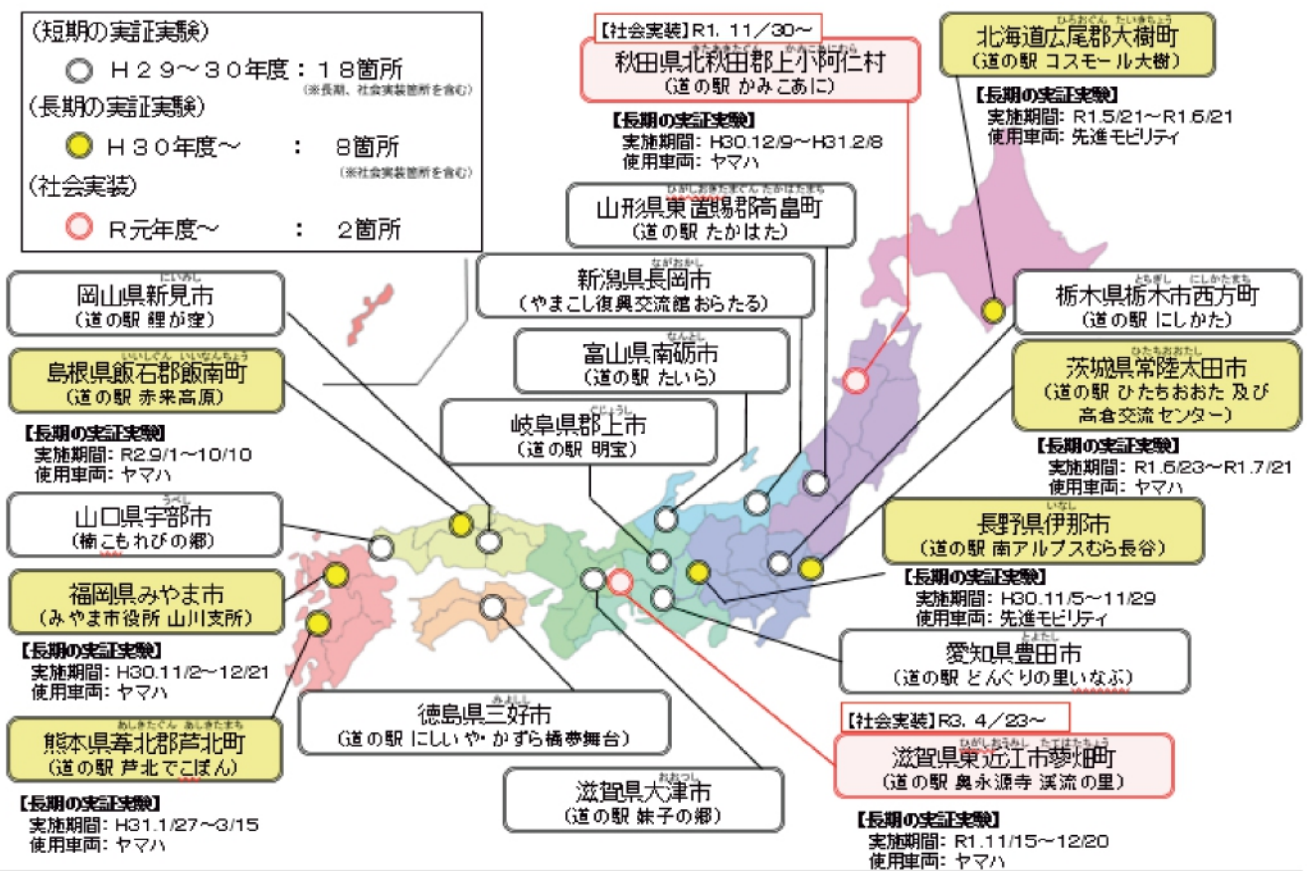


図4 中山間地域の道の駅等を拠点とした自動運転サービス実証実験の実施箇所

(2)各地での取り組み

実証実験では、段階毎に分け、短期実験では、道路構造や他の交通への影響、地域環境(気象・通信条件)、コスト、社会受容性、地域への効果といった技術的検討やビジネスモデルの検討、長期実験では、導入の要否に直結する車両の技術的課題や自動運転車が走行するにあたり必要な道路環境、サービスの持続性等の検討を行い、準備が整ったところから順次、社会実装を行っている。

社会実装した地域では、ビジネスモデルにおける課題の対応やサービスの持続性、道路インフラの維持管理等

の全国への横展開に資する検討を行っている。(図5)

なお、短期実験等では、カート以外の車両でも行っているが、車両費等に必要経費のコスト負担が大きいかことや狭隘区間の走行での安全な走行が困難なことから、社会実装に関しては、現在のところ、カートタイプの車両を使用している。



図5 各地域における取り組み

(3) 自動運転車の技術的課題と対策

全国18箇所の実証実験において、歩行者等の回避や山間部やトンネル内におけるGPS測位不能、降雪・霧等の悪天候によるLiDARの機能低下によって、手動介入が発生し、自動運転が継続できない場面が生じた。それらの技術的課題の抽出・精査を行い、自動運転車が安全で円滑に走行するために、自己位置特定のための道路インフラの自動運行補助施設からの支援の検討を行った。電磁誘導線を用いて走行している道の駅「かみこあに」では、雨や雪等の悪天候時においても、安定した走行を実施している等、有効性が確認された。これらを踏まえ、民間事業者や道路管理者、地方公共団体が自ら設置できるように令和2年11月に自動運行補助施設を道路附属物に位置づける道路法等の改正を行った。(図6)



図6 道路法の改正概要

3 地方部における自動運転サービスの社会実装に向けた技術、事業上の課題と今後の取組

交通量の少ない地方部を念頭においた自動運転サービスの社会実装に向けて、事業を行う上での課題への対応が必要である。

事業を行う上での課題として、道路空間の確保がある。道の駅「かみこあに」では、交通誘導員による通行止め等を行い、自動運転車の専用空間の確保により運転席にドライバーが乗車しない形でレベル4の走行を実現した。しかし、交通誘導員等のコストがかかることから、今後は、交通誘導員等の配置が不要となるような自動運転車の専用空間の確保や路面標示について検討を行う。(図7)

また、採算性の確保も課題であり、外部委託による受付事務等を道の駅職員で行うなど、道の駅との連携による支出圧縮や他事業との連携・新サービス展開による収入の増加が必要である。今後は、地方自治体や関係事業者と連携して、自動運転による移動サービス等を継続的に運営可能なビジネスモデルの構築に必要な調査研究等を実施し、地方部における自動運転サービスを導入する自治体の財政的な受容性を図りつつ、地域間連携の強化など、社会実装に必要な取組を進める。(図8)

(1) 地域社会における自動運転移動サービス

中山間地域における自動運転移動サービス(概要)



図7 道路空間の確保策について



図8 地域間連携の強化

4 さいごに

全国18箇所では実証実験を行い、8箇所では長期実験、2箇所では社会実装を行うとともに、令和2年11月に、自動運行補助施設を道路附属物に位置づける道路法等の改正を行った。

これらの実証実験等により得られたノウハウを活用し、内閣府未来技術社会実装事業と連携した自動運転サービス導入支援事業を実施し、自動運転サービス導入を目指す市町村に対して、実装を見据えた計画策定等の支援を令和2年度より行っている。

令和2年7月15日IT戦略本部決定された「官民ITS構想・ロードマップ2020」では、限定地域での無人自動運転移動サービスについて、2020年までの実現に引き続き、2025年目途に全国普及する政府目標が掲げられているところであり、自動運転の更なる普及を支援していくこととしている。

【執筆者】

坂井 康一・国土交通省 道路局道路交通管理課 ITS 推進室長

自動運転による移動サービスの 実用化に向けた環境整備

加藤宣幸（一般財団法人道路新産業開発機構）

（概要）自動運転による移動サービスや物流サービスの事業化に向けて、まずは現時点の技術レベルで一般道における自動運転による移動サービスの導入が可能な地域として、他の交通が少ない地方部を念頭におき、道路の走行空間の確保、運行管理等の社会実装を行う上での課題を解決する。また、全国への横展開に向け、地方部における自動運転による移動サービスの導入ガイドラインの策定、自動運転車が走行する道路空間の基準の整備等を行う。このため地方自治体や関係事業者と連携して、自動運転による移動サービス等を継続的に運営可能なビジネスモデルの構築を念頭においた検証及び当該検証に必要な調査研究等を実施する。地方部の実証実験については、導入する自治体の受容性も踏まえ、社会実装に必要な部分に限って実施する。そのために地方部における自動運転サービスを導入する自治体の財政的な受容性を図りつつ、地域間連携の強化など、社会実装に必要な取組を進める。

1 はじめに

自動運転サービスの恒久的実施に向けて、限定地域で開始している自動運転サービスを、全国の複数地域に社会実装を実現することを目的とする。また、社会実装初期において、地域の社会課題を解決しつつ、各種実証実験において共通の課題とされてきた走行空間の確保策等を横展開し、事業として軌道に乗るための方策を検討することも目的とする。更に、これまでに策定した自動運転移動サービスに関するマニュアルを適宜更新し、最終目標である自動運転による移動サービス実用化の事例拡大に貢献するものである。

自動運転移動サービスの社会実装については、自動運転による移動サービスや物流サービスの事業化に向けて、まずは現時点の技術レベルで一般道における自動運転による移動サービスの導入が可能な地域として、他の交通が少ない地方部を念頭に置き、道路の走行空間の確保、運行管理等の社会実装を行う上での課題を解決する。また、全国への横展開に向け、地方部における自動運転による移動サービスの導入ガイドラインの策定、自動運転車が走行する道路空間の基準等の整備等を行う。このため、地方自治体や関係事業者と連携して、自動運転による移動サービス等を継続的に運営可能なビジネスモデルの構築を念頭に置いた検証および当該検証に必要な調査研究等を実施するものである。

2 実用化に向けた 検討対象箇所・使用車両について

2.1. 検討対象箇所

本取り組みでは2019年度～2020年度事業の成果を基に、社会実装ユースケースの横展開に資する知見のさらなる蓄積のための評価検証と、その知見を他箇所に適用した場合の課題の洗い出しと対応を行うため、複数の社会実装箇所での評価検証を実施する。

表1 実証実験実施予定箇所

	実施箇所	実施予定	備考
1	地域A	2019年度より継続運営中	
2	地域B	2021年度より社会実装開始予定	
3	地域C	2021年度より社会実装開始予定	
4	地域D	2021年度より社会実装開始予定	
5	地域E	2021年度より社会実装開始予定	
6	地域F	2021年度中技術検証および社会実装に向けたビジネスモデル等の検証を1ヶ月程度実施予定	長期実証

2.2. 使用車両について

本取り組みでは、2018年度～2019年度事業より採用している埋設された電磁誘導線からの磁力を感知して既定ルートを走行（レベル2相当）するカートタイプの車両を用いる。また、前述とは異なる路車連携技術を採用する車両（メーカーにおいて鋭意開発中）の技術検証を行うための長期実証実験も行う。

以下に本事業での取り組みの一部を示す（関係者調整中の事項を含むため、すべての案件や評価検証事項を報告するものではないことに留意いただきたい）。



図1 本取り組みにて使用する車両

3 地域別の取り組み状況

3.1. 地域Aにおける自動運転移動サービス社会実装(継続)

(1) 過年度の取り組み概要

地域Aでは、2017年に短期実証実験(1週間)を実施し、積雪時の坂道走行などの走行性や安全性、道の駅への野菜搬送などの利便性について実験を行った。その後2018年に長期実証実験を2か月実施し、自動運転専用区間の設定や、地元ボランティアによる受付、将来的な運営体制などを検証した。これらの結果を踏まえ、当地域では、2019年11月末より社会実装を開始し、地元NPO運営のもと1年以上にわたり無事故で運行を継続している(2021年3月現在)。

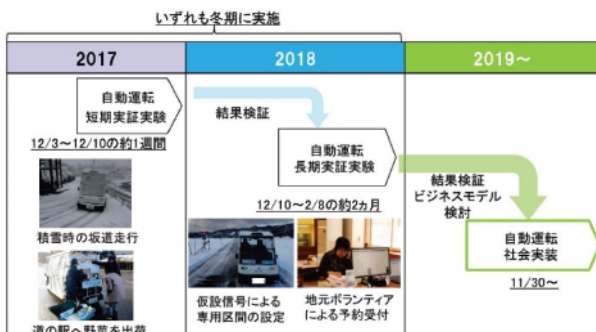


図2 地域Aにおける取り組み概要

(2) 地域内におけるビジネスモデルの検討

地域Aにおいて社会実装後の地元での持続可能な運用体制の構築に向け、地域内の利用特性などを分析するため、表1のとおり地域内の既存の有償運送実施状況を整理した。この結果を踏まえ、運賃設定による収入やダイヤ、ルート等の改善を検討した。

一方で運賃収入のみによる収支の安定化は困難であることから、日常運営は地元ボランティア等で対応し、将来的に道の駅や社会福祉協議会など、既存組織との兼業化により、継続的に地元で運営可能な体制とする必要がある。

事業採算性については、人件費の占める割合が大きいく、毎日の運行から隔日の運行にして運営費用を抑え

表2 地域内における有償運送の実施状況

種類	運営	車両、条件	便数、料金
①有償運送(交通空白)	社会福祉協議会	・乗用車、7人乗 ・電話予約	・朝、昼、夕 ・大人1,000円、小学生500円(片道)
②有償運送(福祉輸送)	社会福祉協議会	・乗用車 ・介護認定・身体障害者手帳を有し、病院送迎・行事参加等に限定	地域内200円 地域外600~2,000円
③過疎地有償運送	NPO	・乗用車 ・地域内の高校生以上、通院者、障害者、妊婦等	入会金200円 年会費800円 を負擔し目的地に応じた料金を支払う
④デマンド型乗合タクシー	各タクシー会社	・乗用車 ・事前予約制、自宅前から出発	大人2,000円 子供1,000円
⑤診療所バス	自治体	・マイクロバス、20人程度	平日のみ1便運行

ることも今後検討しつつ、利用者増加、運賃以外の収入を増やす方策が必要である。

▷ 利用者増加策：新規路線の開拓、観光利用等の外客の誘致等

▷ 運賃以外の収入方策：道の駅等から協力金の徴収、民間企業からの協力、視察・研修ツアーの実施等
車両や電磁誘導線などの故障、交換時や車両保険の支払いなど、まとまった費用が必要なタイミングが今後訪れる。運営する人件費も含めて自治体からの補助など公的な補助制度の改善・創設が必要と言える。一方、現状の地域公共交通施策においては合致する補助制度がなく、一定レベルまでは自助努力するが、過疎・超高齢化の地域では限界がある

そこで収入向上策として、観光地域づくり法人(DMO)との連携による観光メニューの検討、ルートを実験フィールドとして提供することによる企業等からの協力金や広告費等のメニューも検討している。同時に、コスト削減の観点から、車両やインフラの維持管理に係るメンテナンス体制も検討も行っているところである。



図3 収支向上策の検討

(3) 今後の運行方法の検討

地域Aにおける社会実装を約1年半実施した結果、集落間を「ゆっくり」移動する車両として、安全に走行できる、乗り降りしやすい、など、高齢者の移動手段としてのニーズが高いことを確認した。一方で、近距離の利用喚起(例：イベント等)や、定期券利用(例：地域住民は無料)といった利便性を向上させる方策が今後必要である。

また、平日の利用が少ない曜日(例：火・木)の運休や、休日は地域外利用者等の観光ツアー企画の検討を行うこととする。さらに、自動運転の「良さ」を実感してもらった住民がリピーター(概ね約20名)になっており、その方々の口コミ需要の他、沿線集落での市場体験などのPR活動も継続的に実施する必要がある。

(4) 自動運転移動サービスに必要なインフラ維持管理検討

地域Aでは、舗装修繕などへの財源も厳しく、除雪時の舗装剥がれ等の影響もあり、乗り心地の悪化の解消や、電磁誘導線の露呈などへのメンテナンスが必要である。さらに冬期間には屋根からの落雪や堆雪が走行空間(電磁誘導線)を塞ぐと、それを避けて走行しなければならず、追加の除雪が必要になるケースも発生する課題が残る。

また、自動運転移動サービスに必要な、電磁誘導線やRFタグ等は昨年の道路法改正により、道路付属物に指定されていることから、舗装修繕などについては、公的な支援が今後必要と言える。一方で、自動運転のセンサ(RFIDタグ)や電磁誘導線等のメンテナンスは、専門業者の対応が必要のため、今後は地元業者でも対応可能となるための教育研修などが必要である。

(5) 地域Aでの現状の取り組み取りまとめ

地域Aは、我が国において最も少子高齢化が進む豪雪地域である。そこで日本初の自動運転の社会実装を始めた。これまで、地元有志による停留所の設置など、「地元の足」として定着してきている。また地域内の高齢者の移動手段を確保し、買い物やお茶のみ、福祉イベントへの参加など、出歩き支援や健康維持など日常生活を支援しており、これまで移動手段がなかった一人暮らしの高齢者など、特定の方からは喜ばれる一方、乗車人員が増えず採算性が確保できていない。

地域内には高齢者が多いため、今後は乗降時等に軽い介助なども必要になる。

今後は、要望の多いコンビニ、JA、学習センター、隣接集落等への送迎など、利用者の要望に応じたデマンド運用により、リピーターを確保し、高齢者の暮らしのサポート、健康寿命を延ばしていきたい。併せて、他エリアからの誘客の手段として、自動運転の魅力も活かし、村の観光振興や視察、研修ツアーなどにも積極的に取り組んでいく必要がある。

3.2. 地域Bにおける自動運転移動サービスの社会実装に向けた検討

(1) 過年度の取り組み概要

当地域では、2017年に実施した短期実験(5日間)では、主に自動運転車両の技術的な検証を行うことを主眼として、道の駅と集落をつなぐ国道・県道ルートを、バスタイプの車両を用いて走行する実験を実施した。

その後、自動運転サービスを地域に定着させることに主眼を置き、道の駅から集落沿いを走行するルートを、小型のゴルフカートタイプの車両を用いて走行する実験として、2019年11~12月に36日間の長期実証を実施した。

この取り組みを踏まえ、2020年12月より施行された「交通事業者協力型自家用有償旅客運送」制度を活用し、自治体を運営主体とする市町村自家用有償旅客運送事業の枠組みにより、運行を地元ボランティアが担い、地元交通事業者が運行管理を支援する形態で社会実装する予定である。

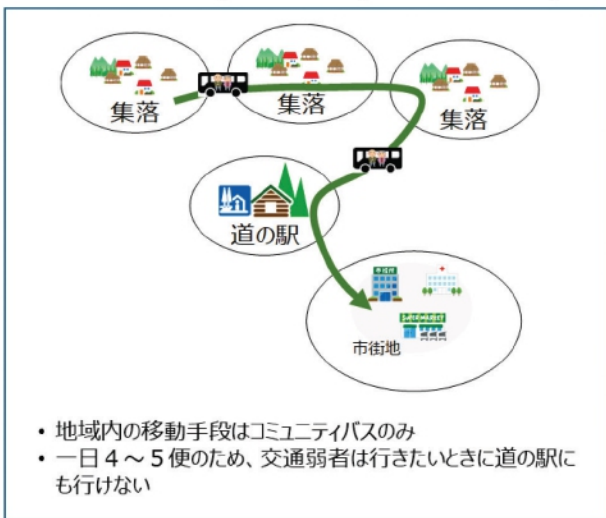
(2) 地域の課題解決に向けた社会実装方針

2020年度は、2021年度の実装開始に向け、実装方針や運営形態、ルート・ダイヤ等を検討し、地域実験協議会に報告して了承を得た。以下にその一部を示す。

社会実装により目指す方向性としては、地域で『シェア』するような移動サービスにより、免許返納等により、移動が困難な高齢者の移動手段を確保することに加え、道の駅までのちょっとした移動は自動運転、道の駅から地域の支所までの移動はコミュニティバスといった使い分けを行うことにより、高齢者の移動の負担を軽減することとしている。

現在は、コミュニティバスで地域の移動をしているが、将来的には、集落から道の駅へは地域で運営する自動運転車両に乗車、道の駅から市街地へはコミュニティバスに乗車というように、道の駅へより気軽に楽しく行ける移動環境を実現したい。

現在の公共交通の状況（コミュニティバス）



将来の方向性（コミュニティバス+自動運転）

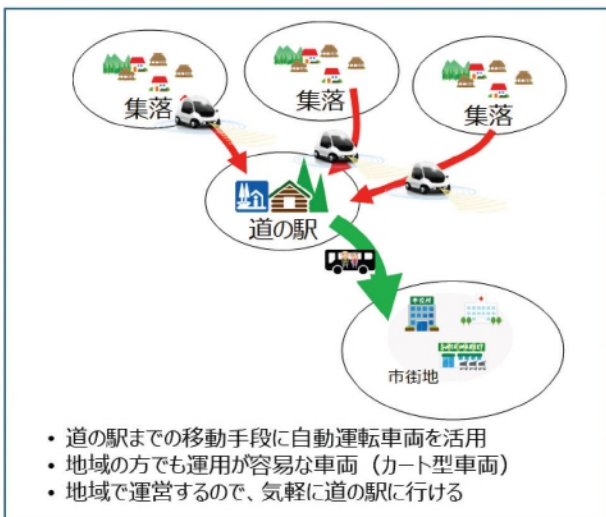


図4 自動運転移動サービス社会実装の方向性

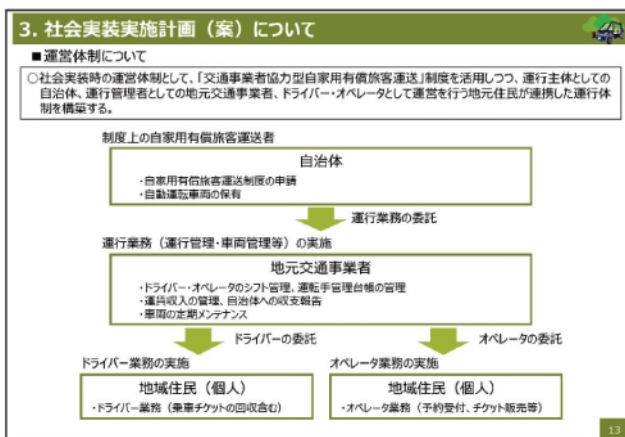


図5 自動運転移動サービス社会実装時の運営体制⁽¹⁾

(3) 想定される利用シナリオの検討

地域Bでは、以下の4つのサービスの実現を目指している。

- 高齢者等を地域拠点である道の駅へ送迎し、高齢者の日常的な生活での移動支援
- 地域の観光資源である紅葉や登山、キャンプ等を目的として地域を訪れる観光客の移動支援
- 貨客混載による道の駅への農産物輸送、道の駅からの商品配送
- コミュニティバスとの乗り継ぎ利用による、地域住民の市街地への外出支援

上記自動運転サービスの実施により安定した運賃収入の確保、その他の収益向上策もあわせながら、自治体からの補填金を極力減らした、継続して、地域が主体的に運営できるビジネスモデル構築を目指している。

併せて、利用者への自動運転サービス利用促進に向け、利用シーンごとに推奨する運行ダイヤ等を示したシナリオを作成した。

①自宅から道の駅への移動手段としての利用

道の駅に買い物や役所機能の利用などで行きたい地域住民、道の駅での出店・出荷者をターゲットとし、買い物に加え、役所機能、出張診療所を兼ね備えた地域拠点（道の駅）への移動手段としての利用を想定した。

自動運転		
A停留所 ⇄	自宅 ⇄	道の駅
12:45 →	乗車 →	13:00
15:55 ←	降車 ←	15:40



- 備考
- 道の駅内施設 ※毎週火曜日休
食堂（10時～17時半※）、直売店（9時半～17時半※）※12月は16時半まで出張診療所（14時～16時※第1・3水曜日のみ）等
 - 道の駅で販売する荷物を輸送する貨客混載サービスも今後検討

図6 自宅から道の駅への移動手段としての利用イメージ

②自動運転サービスとコミュニティバスの乗継利用

コミュニティセンターや東近江市街地に行きたい地域住民をターゲットとし、既存の基幹交通（コミュニティバス）との将来的な役割分担を見据えた乗り継ぎ支援（道の駅での乗り継ぎ）を想定した。

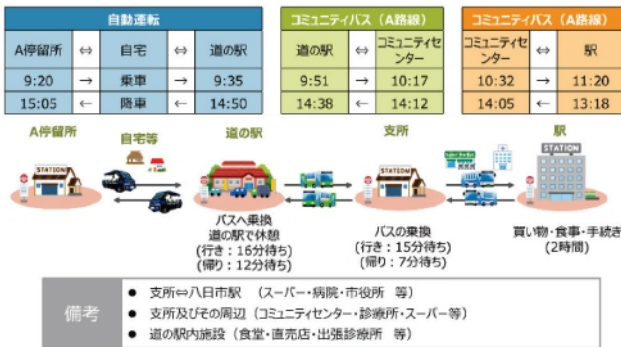


図7 自動運転サービスとコミュニティバス乗継イメージ

③観光客(登山客)の利用

道の駅まで自家用車あるいは公共交通を利用して訪れる登山客(登山口へのアクセス)をターゲットとし、道の駅から登山口まで自動運転車両を使って移動することを想定した。

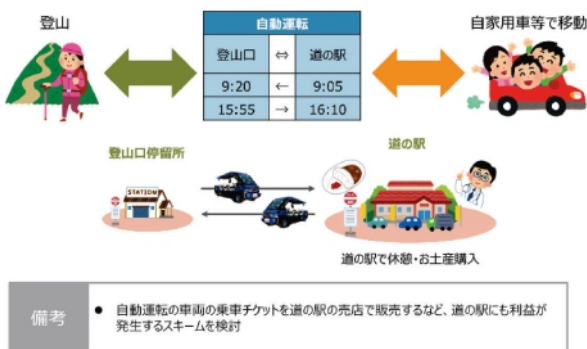


図8 登山客(登山口へのアクセス)の利用イメージ

④道の駅への商品出荷時の利用

長期実験の際にニーズもあった道の駅への出店・出荷者(貨物のみの輸送/出店者自身の移動)をターゲットとし、道の駅で毎週日曜日に実施されている朝市への出荷物の輸送に対して使用することを想定した。(出荷が事前に確認できている場合には運行)

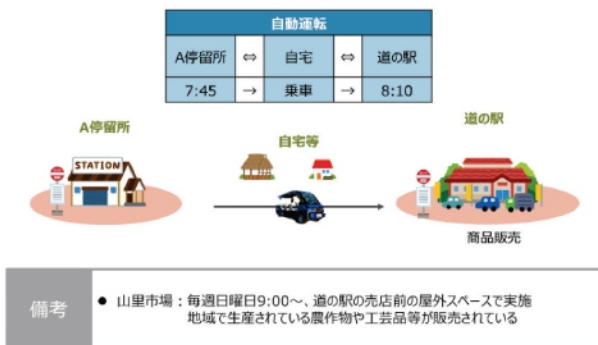


図9 道の駅への商品出荷時の利用イメージ

(4) 料金徴収及び採算性確保について

長期実験時は、燃料代程度の料金を徴収したが、社

会実装では一定の収入を確保する観点から、1乗車あたりの運賃を設定することを予定している。なお運賃は長期実験時のアンケート結果に基づき設定する。

その他、回数券や定期券、一日乗車券といった多様な乗車チケットを用意して、地元の方がより利用しやすいサービスを進める予定である。さらに、貨物輸送について、1回あたりの料金徴収を予定している。ただし、出荷者などが乗車もした際には乗車分の運賃のみとする。

表3 販売予定のチケット一覧

チケットの種類		ターゲット(想定)
多様な乗車チケット	1回利用	● 登山やキャンプ、紅葉等を目的とした観光客
	回数券(6枚)	● 不定期に自動運転車両を利用する地域住民
	定期券(1か月)	● 道の駅までの移動などで定期的に自動運転車両を利用する地域住民
	1日乗車券	● 山里市場での商品の販売状況確認に道の駅と自宅を往復する地域住民
貨物輸送(1回)		● 山里市場に農作物等を出荷する地域住民

※貨物輸送とともに乗車した場合は乗車券のみ支払とする

また、運賃収入だけでは採算性確保は厳しいことから、自動運転車両への広告掲載等、収益向上策についても検討し、自治体からの補填金を極力減らした、地域により自立した運用を目指す。



図10 収益向上施策イメージ

3.3. 地域Cにおける自動運転移動サービスの社会実装に向けた検討

当箇所では、2020年9~10月に長期実証を実施した。

自治体を運営主体とする市町村自家用有償旅客運送事業の枠組みにより、運行を地元ボランティアが担い、地元交通事業者が運行管理を支援する形態で社会実装する予定であり、現在、実装開始に向け準備を進めているところである。

2020年度は、上記実装方針、運営形態等の検討の他、通年運用に向けた冬期（積雪時）の運行や協力体制に関する課題の抽出を行った。

表4 冬期（積雪時）走行検証の実施概要

項目	内容
実施日時	R3.1.29（金）※午前と午後の2回に分けて実施
実施概要	<ul style="list-style-type: none"> ・ルートを短区間に分けて、それぞれを複数回走行 ・駐車場内、公道（連担地、りんご園の急勾配）等を走行し、課題を抽出 ・実施後は、道の駅にて意見交換会を実施 ・車内と車外の人員が適宜入れ変わり、利用者目線の声も抽出
車両装備	<ul style="list-style-type: none"> ・スタッドレスタイヤにチェーンを装着（午前はチェーンを装着、午後はチェーンを外して走行） ・座席に電気ホットマットを設置 ・積雪による防寒対策として、常にビニールを下げた状態で走行
参加者	町、観光協会、地元交通事業者、自治会長、国土交通省、コンサルタント会社（計14名）



図11 試走後の意見交換会実施状況



図12 冬期（積雪時）走行検証実施状況

(5) 雪道走行に関する評価

冬季試走を行った結果、積雪により白線や電磁誘導線等の把握が困難な状況であるものの、雪道での走行に大きな問題は生じなかった。また積雪が浅い時には、スタッドレスタイヤで十分走行できることを確認すると共に、急勾配での緊急の手動介入を想定して、急ブレーキを実施した際も問題なく作動することを確認した。

一方、大雪時には連担地内では、路肩に溜まる雪が走行を妨げる可能性があることから、運行管理者等による連担地内の地元の除雪ルールの設定や、手動走行への適切な切り替え、運休の判断基準の検討を本格運用に向けて検討する必要がある。

(6) 車両環境に関する評価

冬季の車両利用については、「ビニールカーテンだけでは足下から隙間風が入る」「車内の床に雪が入り込む、足下の雪が寒さで凍るなど、足下が滑りやすくなる」等の意見が挙がった。これらに対応するためには、「ビニールカーテンで密閉」「ひざ掛けの貸出や電気ホットマットの設置」「ステップや床等の足下のすべり止め」等の対策が必要である。



図13 車両附属のビニールカーテン設置状況

また、ビニールカーテンを降ろした際に、サイドミラーの視認性が悪いとの意見もあり、安全確保の面からもビニールカーテンを降ろした走行時には、サイドミラーに頼らず、目視確認をする等の運用面でカバーする等の対応を、運行管理者によるドライバーへの指導することとした。

併せて、冬季は利用者の荷物が多いことから、スムーズな乗降のための対策として、今後の本格運用に向けて、傘、厚手の上着、杖等の荷物置き場等の設置の工夫を行うこととした。

(7) 車両性能に関する評価

試走後の意見の中には、「車両そのものは、安定した形状であるため、今後は、乗客の座る位置などの荷重が偏った場合の走行バランス等も検証すべき」「風が

吹いた時の揺れ方が気になるため、どのくらいブレがあるか等の検証が必要」等が挙げられている。現状では通年運行していないため、季節の影響なのか、自動運転車両及びそのタグ等のインフラに関する性能によるものであるかの知見が十分ではない。そこで他地域との情報交換をより一層実施する必要があると言える。

4 まとめ

2018年度以降、地方部における自動運転サービスの社会実装可能なシステムの構築に着手しており、各地域の実証による成果・課題検証を経て、全国展開しうる自動運転サービスのシステム開発を推進してきた。これまでの実証実験成果（知見）を踏まえ、事業終了後を見据え持続的運営に向けた仕組みの構築を目指している。

これまでの成果と課題について、「車両」「運行・サービス」「環境整備（インフラ）」に分類して以下に取りまとめた。

車両については、長期運用に資するメンテナンスやイレギュラーな事象への対応、アフターフォローや関連企業等との連携による効率化等の検証が必要である。また乗客の安心感確保に向けた改修や地域の利用ニーズに応じた活用方法等の検証も必要である。

運行・サービスについては、地域ボランティア等の協力も得て、持続可能なサービス提供・運営体制を構築（道の駅等と連携した兼業化の推進）が必要であり、今後他事業等との連携による利用者の多角化、収入手段の多角化、地域の受容性向上を目指すべきである。

環境整備として、インフラ協調システムについては、異常時や季節、地域変動に対応したインフラの維持管理・更新方法の確立や、磁気マーカによるカートタイプの走行性の確認が望まれる。また道路空間に関しては、地域における安定的な運行空間の維持、管理、路面標示をはじめとする地域協力の安定運用の検証を引き続き実施する必要がある。

【参考文献】

- (1) 道の駅「奥永源寺溪流の里」を拠点とした自動運転サービス地域実験協議会：「社会実装実施計画（案）」(2021)

自動運転サービスの横展開を支える支援システムの開発

渡部康祐、寺本英二（日本工営株式会社）、三田亮平（パシフィックコンサルタンツ株式会社）、加藤宣幸（一般財団法人 道路新産業開発機構）、

（概要）「地方部における自動運転サービス事業」において、地域毎の固有の課題や導入目的の違いを超えて、サービスの導入や実装、運用をよりスムーズに行うための運行支援システムを開発した。最初にアーキテクチャモデルを整理し、機能層について早期の必要性や汎用性などに着目して層別を行い、位置管理、安全管理、予約および乗降管理機能を抽出した。抽出した機能を実現するための要件検討および開発を行い、2つの地域で実際に運用・評価し多くの課題を抽出した。これらの結果を踏まえ、地方の自動運転サービスの運行管理者が容易に展開可能なシステムパッケージを開発した。これはクラウドサーバ上に機能を集約し実装することで、新しい地域への展開や保守を容易にするのに加え、車載機器を統合化して導入時や運用時のコストを抑えるよう配慮している。開発したシステムパッケージをこれまでに3つの地域の自動運転サービスに適用し有効性を確認した。今後はシステムパッケージを全国の自動運転やモビリティサービスに展開する予定である。

1 目的

本研究の目的は、現在社会実装に向けて取り組まれている「地方部における自動運転サービス」事業において、地域毎の固有の課題や導入目的の違いを超え、サービスの導入や実装、運用がより円滑に行われるために必要な支援システムの基本要件やサービス要件、ツールの提供・支援等を行うことである。

高齢化や過疎化など地方に共通した実情を踏まえ、全ての地域において適用できるサービス（運行管理、ロケーション提供、予約システム等）が利用可能になり、地域に寄与できることを想定し、有用なAPIやアプリの要件について検討し、簡易な運用システムを開発したうえで、自動運転サービスの社会実装を進めている地域に実際に適用し評価を行った。

また、これらの結果・成果や得られた課題を踏まえ、地方の自動運転サービスの運行管理者が自動運転サービスの展開を図ることが可能なシステムパッケージの検討・設計及び開発を行った。実験的な利用ではなく、実サービスとして現場で実践可能となるよう、クラウドサービス環境下でのサービスプラットフォームを成立させた。そして、このシステムパッケージを自動運転サービスの実証事業を行う地域において適用し、有効性検証を行った。

2 研究開発の内容

本研究は2019年8月より着手し、サービス・アプリの要件検討および開発、実証実験での活用・評価、地方での導入に向けたシステムパッケージの開発、自動運転サービスの社会実装への適用及び技術的要件の取り纏めを行い、2021年5月末に終了した。以下、各実施内容について説明する。

2.1. リファレンス・アーキテクチャモデルの各層へのマッピング、および検討対象とすべきデータ等の抽出

多様な地域のニーズがある中、一定のサービスレベルを確保しつつ、地方に共通した実情を踏まえ、対象としている全ての地域において適用できる運行支援システム（運行管理、ロケーション提供、予約システム等）を想定し、「機能」、「データ」、「アセット」をリファレンス・アーキテクチャモデルへマッピングするための検討対象・データの抽出を実施した。抽出した機能層、データ層およびアセット層の関係を図1に示す。地方の自動運転サービスには、路線や時刻表を持たず個別に乗客を出発地から目的地に輸送する自家用有償運送タイプと、予め決められた路線と時刻表に沿って相乗りで乗客を輸送するコミュニティバスタイプの2通りが考えられ、運行支援システムに必要な機能やデータもそれぞれに対応できる必要がある。

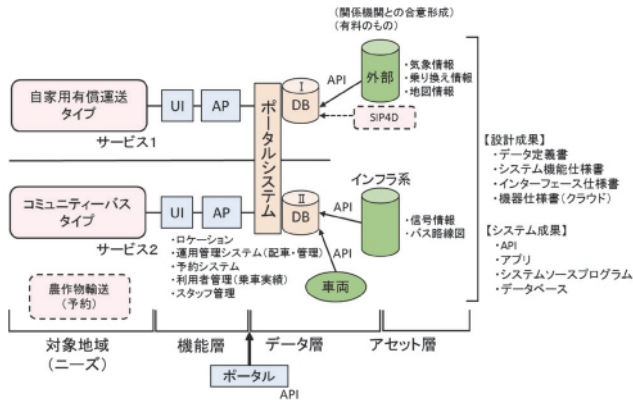


図1 機能層・データ層・アセット層の関係

2.2. 機能実現項目の抽出

地方の自動運転サービスに求められる機能について、地方における早期の必要性や汎用性などに着目し、地域課題やニーズを把握しながら、Stage1～3の3段階に層別した。機能実現項目の抽出結果を図2に示す。最も必要性が高いStage1として、位置管理、車内外映像による安全管理、予約機能および乗降管理機能を抽出し、今回はこれらを優先して要件検討および開発を行った。



図2 機能実現項目の抽出

2.3. 運行支援システムの要件検討と開発

抽出したStage1の機能を実現するため、支援システムの要件検討を行い、自動運転サービスの実証実験を行っている地域で評価するためのシステム開発を行った。

システムの構成を図3に示す。システムは、設置場所によって自動運転車の車内、管理事務所などの事務局、および一般利用者のスマートフォン等の端末の3つの部分から構成される。自動運転車の車内には位置情報（ロケーション）を収集する端末、自動運転車の前方及び車内の画像を撮影し車両監視するカメラ、乗客の乗降を記録するバーコードリーダが搭載されている。管理事務所に設置された事務局のPCで自動運転車の位置とカメラ画像をリアルタイムに見ることで運

行状況を監視し、安全な運行に寄与する。

一般利用者が自動運転サービスを利用するためには、事前に事務局で利用者登録を行い、乗車証の発行を受ける。乗車を予約する時は、利用者はスマートフォンから乗車証に記載された番号（セキュリティコード）を用いてログインし、メニューに従って出発地・目的地等を入力することで予約を行う。高齢者でも簡単に予約ができるよう、メニューの選択項目を少なくし、ボタンを大きく表示するなどの工夫を行っている。また、乗降時に乗車証をバーコードリーダで読み取ることで、システムは利用者がどの停留所で乗降したかを記録する。

事務局PCでは、自動運転車の位置やカメラ画像に加え、利用者からの予約情報や乗降実績、乗車券の購入状況等を表示する。さらに、スマートフォンなどの操作が不慣れた高齢者が電話で乗車予約する際の代理予約機能を備えている。



図3 運行支援システム構成

なお、本運行支援システムでは、予約機能で使用する運行ルート・時刻表などのデータ定義にGTFS-JP（標準的なバス情報フォーマット）を使用している⁽¹⁾。データを標準化された共通フォーマットに従って整備することで、複数の異なる地域の自動運転サービスを、共通のアプリケーションで動作することが可能になる。また、GTFSファイルをオープンデータ化することで、世界中の経路選択サービスから、自動運転サービスの停留所を対象とした経路探索や、他の公共交通機関への乗り継ぎを考慮した乗車予約が可能になり、地域住民の利便性を大幅に向上することができる。

2.4. 社会実装・実証実験での現場運用と評価

開発した運行支援システムを2020年3月から8月まで「道の駅かみこあに」（秋田県小阿仁村）の社会実装事業にて運用し、運行管理者、乗務員、利用者からアン

ケート及びヒアリングを行った。コロナ禍の影響で一
時評価ができない期間があったが、長期間の利用を通
して多くの指摘事項や改善課題を収集した。これらの
課題を解決するための最初のシステム改修を2020年8
月に行うとともに、改修後のバージョンを基に「道の
駅赤来高原」(鳥根県飯南町) 向けの運行支援システム
を開発し、2020年9月~10月の長期実証実験で運用と
評価を実施した。この2つの地域での現場運用を通じて、
運行支援システムの実用化に向けた課題を抽出した。

抽出された課題と対応策について、機能層毎に整理
したものを表1に示す。これらの課題を大別すると、
地方に特有の環境(気候や通信環境)によるものと、
自動運転サービスに関与する人(利用者や運行管理者)
によるものに分けられる。前者については、特に「道
の駅かみこあに」において、冬期の低温や積雪による
不整路面の振動が原因で、長期間利用の間に車載カメ
ラや通信システムの故障が発生したことから、車両へ
の搭載方法や耐環境性を備えた機器選定が重要である
ことを経験した。一方、後者については、主たる利用
者である高齢者のスマートフォン利用が予想以上に少
なく、利用者予約の殆どが事務局への電話予約となり、
スマートフォンによる予約数が伸び悩んだ。また、利
用者だけでなく事務局のスタッフも地元の高齢者が多
く、PC等の操作経験が殆どないため導入に苦労する
ケースが多かった。これらは事前にある程度予想され
ていたが、現場評価においてより一層の対策が必要で
あることが明らかになった。

表1 現場運用で抽出された課題と対応策

分類	課題	対応策
運行管理 (画像・位置)	・通信量が依然多く、通信料が高い ・民間サービスのためセキュリティが心配 ・冬季の低温でカメラ映像が映らなくなる	・通信量のさらなる低減 ・画像サーバを自前で持つ ・低温でも動作する安価なカメラの採用
乗降管理 (車両)	・搭載機器が多く、運転席周辺が混雑 ・乗降管理処理に手間取る場合がある	・複数の端末機能の統合(位置+乗降管理) ・操作をシンプルに、表示をわかりやすくする
予約管理 (事務局)	・電話や窓口での直接予約が多い →代理入力時のユーザー予約との連携不十分 ・事務局スタッフがIT機器に不慣れ ・視光、視察時の対応が不十分	・代理入力とユーザー予約との連携改良 ・事務局ソフトの表示・操作性の改良 ・複数人予約機能追加、運用マニュアルの改善
利用者機能 (スマホ 予約)	・スマホ予約の利用数が伸びない (高齢者のスマホ利用小、PR不足) ・ユーザーの多様な要望に応えられない ・動作が重い、予約できない等	・使い勝手・表示の改善、積極的なPR ・ユーザー要望に応える入出力機能の追加 ・ソフトウェア見直し、性能改善

2.5. 地方での導入を支えるシステムパッケージの開発

「道の駅かみこあに」「道の駅赤来高原」で取り組ん
だ成果を踏まえ、地方の自動運転サービスの運行管理
者が容易に展開可能な「システムパッケージ」を開発
した。これは、単なる実験的なシステムではなく、実
サービスとして適用可能なシステムとして現場で容易
に導入・継続利用できることを念頭において開発した
ものである。以下に特徴を説明する。

①クラウドサーバ、車載機器の機能統合

これまで個別に開発されていた各機能を単一のクラ
ウドサーバ上に集約して実装し、事務局、車載器、利
用者の端末側ではブラウザ上で動作するようにした。
システムの新設、更新を現地へ赴かなくてもクラウド
上で行えるため、新しい地域へのシステムの展開や保
守を容易にした。

また、車載機器についても位置情報、監視カメラ、
乗降管理などの機能を1台の車載器(タブレット)に
統合した。構成部品が減ることで信頼性や搭載性が向
上するとともに、導入時や運用時のコストを抑えるよ
う配慮した。システムパッケージの構成を図4に示す。

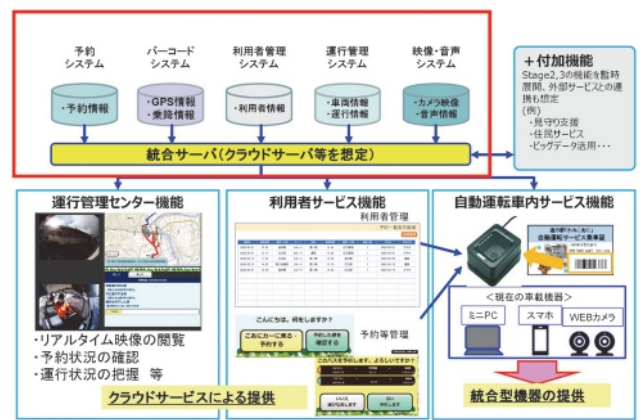


図4 システムパッケージの構成

情報機器に不慣れな地方の利用者や運行管理者にも
使いやすいように、スマートフォンやPCの画面デザイ
ンを改良した。管理者向けのPCの利用者管理・予約管
理機能については、メニューボタンの文字を大きく、ア
イコンや色使いを工夫することにより、直感的に選択で
きるよう改良した。一方、利用者向けのスマートフォン用
画面では、縦長の画面で文字が小さくなる問題があった
ため、文字を大きくして高齢者が読みやすくなるよう画
面を再設計した。改良した画面デザインの例を図5に示す。



図5 画面デザインの改良

③利用者予約、運行管理／乗降管理の改良

従来の利用者予約では、高齢者でも使いやすいようメニュー構成をできる限りシンプルにしていたが、情報機器に慣れた利用者からの要望を取り入れ、1週間先までの予約、複数人予約(上限4人)、往復予約、複数予約時の個別キャンセルの機能を追加し、きめ細かい予約ニーズに対応可能とした。

運行管理／乗降管理では、従来の位置情報、乗降管理に加えて、現在の位置情報と運行ダイヤを比較することで次のバス停の表示や遅れ時間を表示したり、予約情報に基づいて乗降予定者の数を表示したりするなど、運行管理者やドライバーを支援する機能を新たに追加した。また、これらの機能により、GTFSリアルタイム(GTFS-RT)への対応も容易に可能となっている。運行管理／乗降管理の改良を図6に示す。



図6 運行管理／乗降管理の改良

3 自動運転サービス社会実装への横展開

開発したシステムパッケージを各地域の自動運転サービスに展開するため、全国の道の駅を拠点に自動運転サービスの社会実装を進めているSIP自動運転恒久化コンソーシアムと連携し、各地域での実装を担当するメンバと情報交換しながら各地域向けシステムの実装を進めている。

2021年6月現在、既に評価を実施した「道の駅かみこあに」に加え、「道の駅奥永源寺溪流の里(以下奥永源寺)」(滋賀県東近江市)、みやま市役所山川支所(福岡県みやま市)の合計3か所で実装を進めている。ここでは、2021年4月から自動運転サービスを開始した奥永源寺の事例を述べる。

3.1. 奥永源寺でのシステム実装

奥永源寺では、2021年4月の社会実装開始に合わせ

てシステムパッケージをフル導入した。奥永源寺の自動運転サービスのルートを図7に示す。道の駅を起点として山間の集落を通り、鈴鹿十座の登山口(銚子ヶ口)に至る往復約4.4kmのルートであり、1日6便(日曜日は7便)が定時運行される。



図7 奥永源寺 自動運転社会実装ルート図

奥永源寺向けシステムの利用者予約画面の例を図8に示す。奥永源寺では道の駅の営業日である水、金、土、日のみ運行され、月、火、木曜日が運休となるため、予約メニューでは運休日を灰色とし、利用者に分かりやすく表示している。

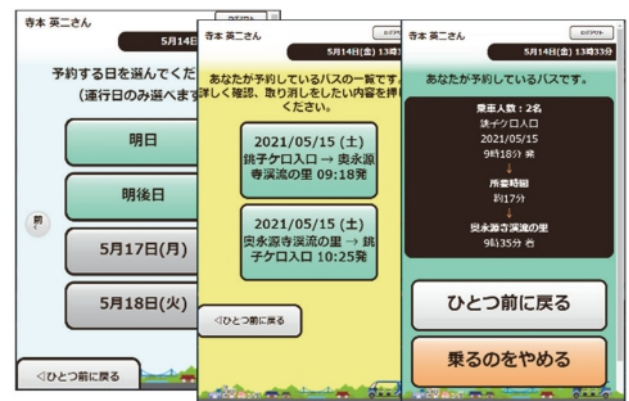


図8 奥永源寺 利用者予約画面

奥永源寺の車載機器の写真を図9に、管理事務所の運行管理システムの写真を図10に示す。4月のサービス開始から現在(6月)までシステムは順調に稼働を続けている。



図9 奥永源寺 車載機器(カメラ、タブレット)

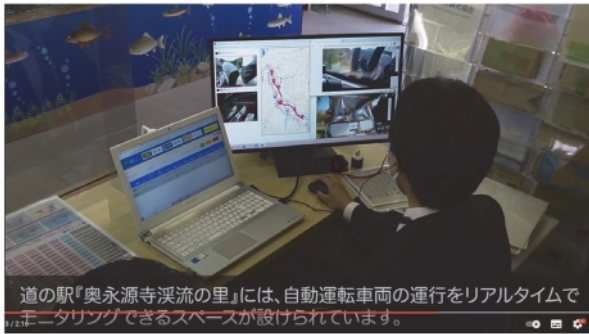


図10 奥永源寺 運行管理システム(事務局)

現在の残存課題は通信である。走行ルートの一部で電波状況が悪く、位置情報やカメラ画像の途切れが発生しているため、通信キャリアや通信装置の変更を検討している。中山間部の自動運転サービスでは、奥永源寺に限らず発生しうるため、地域毎の通信状況にフレキシブルに対応できる必要がある。

4 まとめ

「地方部における自動運転サービス」事業において、地域毎の固有の課題や導入目的の違いを超えて、サービスの導入や実装、運用がよりスムーズに行われるための運行支援システムを開発した。地方の自動運転サービスの管理者が容易に展開可能なシステムパッケージを開発し、これまでに3か所の道の駅を拠点とした自動運転サービスに展開しており、引き続き全国の自動運転サービスに横展開する予定である。

今回開発した運行支援システムは、研究開発メンバー間の協議により、愛称を「もびすけ」と命名された。これは「モビリティ運行管理 (Mobility Scheduling)」の略称であるとともに、地域の移動を「たすける」システムになって欲しい、という期待が込められている。今後は、「もびすけ」を、自動運転や各種モビリティサービスに活用するとともに、発展、継続運用するための体制づくりを進めて行く。

【参考文献】

- (1) 国土交通省 総合政策局 公共交通政策部：静的バス情報フォーマット (GTFS-JP) 仕様書 (第2版), 国土交通省,
<https://www.mlit.go.jp/common/001283244.pdf>,
 (参照 2021.06.27)

4 自動運転のある社会

(2) 自動運転の社会的受容性

社会的受容性の醸成に向けた取組(概要)

荒木雄一，古賀康之（内閣府）

(概要) 自動運転車や自動運転技術を活用した物流・移動サービスの普及を進めていくためには、技術開発、制度整備に加え、社会的受容性を醸成していくことが重要である。SIP自動運転の社会的受容性の醸成活動では、自動運転に関する正しい情報の発信と自動運転の効果の定量化を中心に取り組むとともに、実証実験と連携させつつ、本活動をより効果的に進めるために長期的な視点で幅広いターゲットに向けた活動を行っている。

1 背景及び全体戦略

広く国民が自動運転という新たなイノベーションを受け入れ、安心して使用するようになるためには、自動運転に対する正しい理解を促すとともに、定量化した効果の提示や認知度の向上、さらには保険などの制度整備など多面的な取組が必要である。SIP自動運転では、主に情報発信と効果の定量化に力点を置きつつ、長期的な計画のもと幅広いターゲットに向けた取り組みを進めている。

情報発信に関しては、東京臨海部実証実験と地方部における自動運転移動サービスの実証実験という二つの実証実験と連動させるとともに、対象とするターゲットを明確化しつつ、双方向型の情報発信によるコミュニケーション強化を進めてきた。

また、東京臨海部実証実験に合わせた試乗イベント等を開催するとともに、地方部での移動サービス実証実験と連動したオンラインイベントなどを開催した。加えて関連する省庁のイベントとの連携も積極的に進めている。

一方、効果の定量化では、自動運転の普及による社会的・経済的インパクトを見積もる手法の開発を行うとともに、社会的受容性醸成活動そのものの効果を測定する手法の開発にも取り組んでいる。

2 Web/SNS等による情報発信

社会的受容性の醸成を図る観点から、東京臨海部実証実験の開始に合わせて、一般の市民等への情報発信、理解増進を目的として、2019年10月、「自動運転社会を考えるコミュニティSIP-café^[1]」を開設した。国際ジャーナリストである清水和夫氏による責任編集の下で、SIP自動運転を始め、自動運転に関する動画、一般向けの自動運転の情報をわかりやすく伝える記事、自動運転に造形の深い有識者による一般向けのコラム等を通じて積極的かつ継続的に自動運転に係る情報を配信している。開設以来、SIP自動運転を始め、関係省庁等における自動運転に関連する取組に係る記事を月平均で10程度以上をコンスタントに掲載するとともに、自動運転に詳しいコラムニスト等によるコラム、民間企業等の自動運転の取組等に関する記事を掲載している。

また、自動運転の実現による社会の未来像に関する動画や東京臨海部実証実験の実験参加者の実施内容等に関する動画の作成を始め、東京臨海部や地方部における実証実験、地理系データに関するアーキテクチャに係るポータルサイト(MD communit)やアプリコンテスト(KYOTO 楽Mobi コンテスト)、仮想空間における安全性評価技術(DIVP)など、SIP自動運転の各施策と連動した情報発信も実施している^[2]。また、Twitter、Facebook等のソーシャルメディアと連動して双方向のコミュニケーションを促進している。

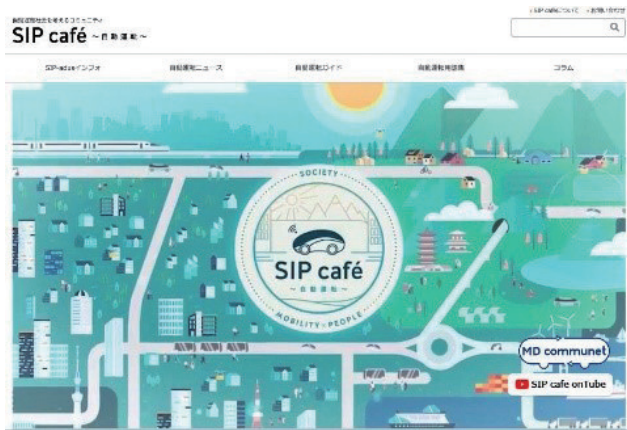


図1 SIP-Caféのウェブサイトトップページ

3 メディア/一般向けイベント

3.1. メディア/一般向けイベント

2020年11月、SIP自動運転の施策間連携を推進するため、東京国際フォーラムにて施策実施者の参加を得て成果報告会を実施した。本成果報告会は、SIP-adus Workshop2020の一環として開催し、英語資料や同時通訳により世界に向けてオンラインでも配信し、内外で1,000名以上が視聴した。

また、2020年10月には、弁護士による『自動運転関連の法律について』法整備ウェブセミナー、2021年3月には、国土交通省自動車局、自動車メーカーの専門家による「自動運転レベル3法改正と技術基準ウェブセミナー」を開催した。

2020年のオリンピック・パラリンピック東京大会に合わせて、東京臨海部実証実験の場を活用して、一般社団法人日本自動車工業会と連携した一般向けの試乗会及び実証実験の成果等に関する展示イベントの開催を予定していたが、新型コロナウイルス感染症の感染拡大の影響を受けて延期することになった。

一方、新型コロナウイルス感染症の影響は受けつつも、2021年3月には、リアル会場とヴァーチャル会場のハイブリッド方式による中間成果発表会とシンポジウム形式のイベントを組み合わせた“未来を変える自動運転ショーケース”を経済産業省及び国土交通省の取組と連携し開催した。

中間成果発表会では、主として自動運転サービスに関わる事業者や技術者を対象としつつ、出来るだけ多くの方に理解できるような形で、SIP自動運転の中間地点における成果を一般に公開した。会場では、信号

情報、合流支援情報、車両プローブを活用した道路交通情報等の交通環境情報の構築と配信に係る技術開発の成果を始め、東京臨海部実証実験や中山間地域における実証実験で使用している車両、仮想空間における安全性評価環境や地理系データの流通ポータル構築等に関する実機や動画による成果展示を実施した。オンラインによるガイドツアーや3Dウォークスルーによるヴァーチャル展示なども試み、新たな生活様式(ニューノーマル)に対応したイベントにできた。

さらに、2021年4月には、東京臨海副都心地域において、メディアを対象として、東京臨海部実証実験参加者9社 約20台の車両提供の協力を得て試乗会を開催した。複数の自動運転車両を同時に試乗できたことから、メディアからも技術や考え方に対する理解が深まったとの評価を得た。

3.2. 市民ダイアログ

市民・地方自治体関係者・関係事業者等との対話型のイベントとして、シンポジウムや市民ダイアログを実施してきた。

特にSIP第2期においては、地域の社会課題解決を主要なテーマとして東京だけでなく、自動運転による社会課題の解決を目指している地方部においても開催した。

2018年12月、香川県小豆郡小豆島町にて「日本の未来図 小豆島～地域で創るモビリティサービス～」、2019年8月、SIP自動運転において実証実験を実施した長野県伊那市にて「ひと・まち・暮らしの未来を支える自動運転の役割～いつまでも住み続けたいまちの実現に向けて～」、2021年1月、群馬県前橋市にて「まちのありたい姿と自動運転」をテーマにそれぞれ開催した。

2021年3月の地域自動運転サミットにおいては、島根県飯南町、福井県永平寺町、秋田県上小阿仁村、沖縄県北谷町、滋賀県東近江市の首長から各自治体の取組と自動運転への思いを語っていただいた。続いて「地域の課題解決」及び「次世代公共交通システムと事業者の取組」として2部構成で、地域において自動運転に取り組むステークホルダー、公共交通事業者、自動運転のベンチャー企業等によるパネルディスカッションを行った。地方の様々なステークホルダーをWebで繋ぐという形式はオンラインならではのイベントとなった。

4 自動運転の効果の定量化

自動運転の技術レベルや普及状況などの動向を踏まえ、自動運転がもたらす効用と潜在リスクについてのオープンな議論の材料を提供することを目的として、自動運転のインパクトの整理・定量化の取組を行っている。

具体的には、経済学の研究者による交通事故や渋滞等の低減効果等の社会経済的なインパクトに係る定量的評価、SIP第1期に開発した交通事故削減効果を推計するシミュレーションの精度向上についての調査研究を行い、一定の結論を得ることができた。また医工連携による視野障害者への運転支援技術の有効性評価等に関する調査研究にも取り組み、高度運転支援システムの効果と運転における視野の重要性を明らかにした。

さらに、社会的受容性活動そのものの効果の測定手法の開発にも着手し、全国を対象として2020年1月、2021年1月に1万人規模のアンケート調査(経済産業省・国土交通省事業と連携)を実施した。継続的に同規模なアンケート調査を、毎年実施することにより、その経年変化を評価するとともに、アンケート調査結果から、社会的受容性のファクター(生活変化、学習、コスト、固有性・技術限界、事故時対応等)の現状を数値化するなどの分析を実施した。また、これまでのアンケート調査に基づき、KPI/KGI指標を作成した。今後も調査結果に基づき経年変化等を調査分析して、社会的受容性の醸成に係る取組を評価するとともに、取組にフィードバックする予定である。

【参考文献】

- [1] 動運転社会を考えるコミュニティ SIP-café <https://sip-cafe.media/>
- [2] S I P自動運転のホームページ <https://www.sip-adus.go.jp/>

【執筆者詳細】

荒木雄一、古賀康之(内閣府 科学技術・イノベーション事務局 SIP自動運転担当)

社会的受容性の醸成に向けた調査と評価

宮木由貴子(株式会社 第一生命経済研究所)

自動運転技術の社会実装においては、技術開発と制度整備に加え、社会的受容性の醸成が不可欠である。消費者の正しい理解と柔軟で適切な対応が、技術の早期かつ有効な活用を促進するとともに、新しい道路交通システムの安全性を担保する。筆者は関係省庁と連携しつつ、数年にわたって自動運転に関する消費者意識調査を受託・実施し、その変化をフォローしながら、いかなる領域にどのような情報をどのように提供することが、効果的な社会的受容性の醸成につながるかを模索してきた。本稿では、これまでのアンケート調査の結果の一部と全国各地での定性情報収集の結果をもとに、①消費者における自動運転に対する意識の停滞、②運転支援技術の利用者における効果体感の低さ、③運転支援技術の利用者における機能理解の不足、④高齢者を中心とするモビリティニーズの高さと技術期待への不連携、④「コスト」「固有性・技術限界」面での低受容度について考察した上で、社会的受容性醸成におけるアクション評価チェックリストを提示し、共創体制の重要性を指摘する。

1 事業遂行フローと調査内容

1.1. 調査の背景と目的

自動運転技術の社会実装に向け、技術開発・制度整備・社会的受容性醸成はその3本柱であり、同時進行で行う必要がある。全国各地で自動運転の実証実験が行われ、技術的な検証や消費者ニーズの模索と共に、関連法の改正・施行など実用化に向けた制度整備が進められる中、利用者である消費者自身の意識喚起と理解は十分といえない実態がある。

第一生命経済研究所では、2016年から経済産業省・国土交通省事業「高度な自動走行システムの社会実装に向けた研究開発・実証事業：自動走行の民事上の責任及び社会受容性に関する研究」に筆者が有識者委員として参画し、この活動に合わせて、同年度より当社内にて、消費者理解を目的とした自動運転に関するアンケート調査を開始した。これをベースに、2019年1月(2018年度)調査からは経済産業省・国土交通省事業として本アンケートの定点実施を開始し、消費者の行動や意識の変化に関する時系列データを収集している。2020年(2019年度)調査では、ジョイント調査として本調査に内閣府SIPの調査項目を加える形で実施した。

さらに、経済産業省・国土交通省事業の一環として地方でのワークショップ(ワールド・カフェ)開催や、全国各地での自動運転の社会的受容性醸成に向けた講

演機会を活かして現地的心声を収集するなど、定性データ収集も実施してきた。

本稿では2021年調査として実施した「第3回自動車・自動運転に関するアンケート調査」を中心に現状を概観し、社会的受容性醸成に向けたアクションにおけるKPI/KGI評価指標の作成・考案と、戦略策定に向けた提案プロセスを考察する。

1.2. アンケート調査の概要

アンケート調査の概要は、以下のとおりである。

■調査対象：全国の18-79歳の男女

24,583名(経産・国交省部分)

うち12,392名(内閣府SIP部分)

■調査時期：2021年1月

経産・国交調査 1/6-11

内閣府SIP調査 1/16-24

■調査方法：インターネット調査

調査は2度にわたって実施し、経済産業省・国土交通省調査として実施した調査サンプル24,583名に対し、内閣府SIP調査として再度調査を実施し、12,392名から回答を得てそれらをマージした。分析は主に18-69歳までで実施し、必要に応じて70代の分析を行っている。

本稿においては、内閣府SIP部分のみならず、上記の調査全体を通じた結果を紹介する。

1.3. 調査項目

調査項目については、内閣府SIP、経済産業省、国土交通省のほか、警察庁、消費者庁の協力・確認も得て作成した。主な内容は以下のとおりである。

【経産・国交省調査部分】

- ・ タイプ別自動運転総合受容度得点
- ・ 自動運転理解度
- ・ 免許有無・クルマ利用状況・利用タイプ
- ・ クルマ保有台数
- ・ 事故・ヒヤリハット経験
- ・ コロナによる交通機関利用変化
- ・ 普段行く場所・手段
- ・ コロナによる外出頻度変化
- ・ 加齢に伴う免許返納
- ・ サポカー・サポカー補助金利用実態
- ・ モビリティ環境
- ・ MaaSへの意識
- ・ 自動運転に関する意識・実態
- ・ 運転支援技術の利用状況・理解度
- ・ 自動運転サービスカーへの期待

【内閣府SIP調査部分】

- ・ 居住地に対する意識
- ・ 自動運転への項目別受容度
- ・ 自動運転普及に向けた理解協力意識
- ・ 具体的な自動運転サービス実現希望
- ・ 普及に向け利用者として行うべきこと
- ・ コロナによる移動制限状況と生活変化
- ・ 生活における移動状況満足度
- ・ コロナ感染拡大回避行動
- ・ コロナ感染拡大回避とクルマの可能性
- ・ ワークスタイル変化の希望(就労者)
- ・ 価値観・行動

* 下線のついたものは時系列項目

- 期待も不安もない無関心層の割合も固定化している。
- ② 現在、運転支援機能を活用している人における、機能搭載の意識や機能活用の度合いは低く、効果体感が弱い。すなわち、イノベーター、アーリーアダプターといった先駆的利用者からの波及効果が期待できない。
- ③ 現在、運転支援機能を活用している人における、各機能の理解度が低い。今後、シェア・サブスクリプションといった形態や、用途に応じた車両選択が行われることが期待される社会において、機能の十分な活用という点のみならず、利用上の安全性の点からも懸念が生じる。
- ④ 高齢者の現在の居住地における居住継続が、モビリティ面からみても課題であり、不安感が高い。高齢期の移動手段確保の観点から、運転免許返納が難しい地域も少なくなく、ドライバー不足も課題となる中、それらのテクノロジーによる解決に対する期待が高くない。
- ⑤ 自動運転の社会実装に関する負荷として「生活変化」「学習」についての受容性はある程度認められるものの、「コスト」「固有性・技術限界」への受容性が低い。

以下では、これらの点についてそれぞれ実態としてのデータを紹介する。

2.2. アンケート調査の結果より

(1) 期待と不安

自動運転の開発・普及による社会の変化に対する期待と不安についての回答をクロス集計したものを、2018年調査から比較したものをみると、多少の数値の上下はあるものの、それらの分布は大きく変わっていないことがわかる。

2018年からみても、国内の自動運転関連については、非常に大きな変化が生じている。技術的なアドバンテージのみならず、制度整備に関しては世界に先駆けて整えられてきた実態があるが、それらは社会的に認識されているとはいえ、「日本は後れをとっている」との見方すらあるのが現状である。

留意したいのは、ここで「不安あり」を減らすことにはあまり大きな意味はないという点だ。むしろ、期待と不安が両立するのは健全な状況であるといえ、新しい技術を社会に浸透させていく上で、一定の不安感を持った上で慎重に進めるのは有効である。期待も不安もないという「無関心層」を今後いかに巻き込み、

2

調査結果からみられた社会的受容性醸成における課題

2.1. 課題

調査結果から、自動運転技術の社会実装に向けた社会的受容性の醸成に向けた課題として、以下の点が挙げられる。

- ① 自動運転の開発・普及による社会の変化に対する期待と不安の分布はこの数年でほとんど変化がなく、

様々な形で課題となることが必至のモビリティについて、自分事ととらえてもらえるかが重要となる。

だとすれば、情報として重要なのは、自動運転の不安を払拭することではなく、まずは今なぜ自動運転がソリューションとして必要なのかという“WHY”の認識と、自動運転とはどういうものかという“WHAT”の理解であると考えられる。

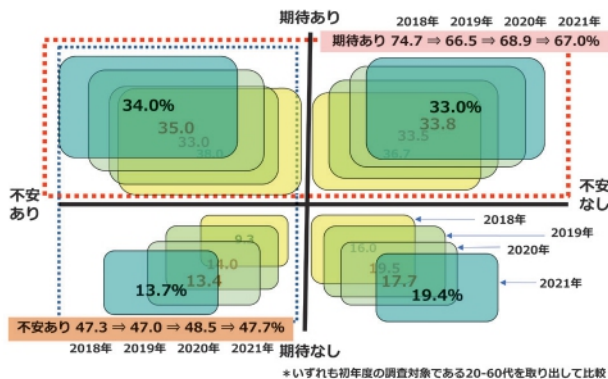


図1 自動運転の開発・普及による社会の変化に対する期待と不安

(2) 運転支援機能の認知度と利用状況

こうした状況の中、その延長上に自動運転があるといえる「運転支援機能」について、消費者はどのようにとらえているのだろうか。

「衝突被害軽減ブレーキ」「ペダル踏み間違い時加速抑制装置」「定速走行・車間距離制御装置」「車線維持支援制御装置」「駐車支援システム」の各機能について「知っている」とする割合は、2019年に比べると2020年・2021年で高い傾向にあるが、大きな伸びは見られない。

また、各機能が搭載された自動車の利用率についても、徐々に伸びてはいるが、大きな変化は見られない。運転免許保有者の24.8%が自身の利用する自動車について「機能がついているかどうか不明」と回答しており、搭載の認識をしていないことも特筆すべき点である。

「衝突被害軽減ブレーキ」「ペダル踏み間違い時加速抑制装置」が搭載されている自動車を利用している人については「機能がついていることを普段認識している」か否かを、「定速走行・車間距離制御装置」「車線維持支援制御装置」「駐車支援システム」が搭載されている自動車を利用している人については「機能を普段利用している」か否かを尋ねたところ、肯定した割合は全体的に4割から6割未満にとどまっており、利用率や搭載への意識はあまり高くないことが確認された。

現在、これらの運転支援機能を活用している人において、機能搭載の意識や機能活用の度合いが低いことは、それらの効果体感が弱いことを意味しており、イノベーター、

アーリーアダプターといった先駆的利用者による周囲への波及効果があまり期待できないことを意味している。

機能	機能を知っている			機能のついた自動車を 利用している			機能を普段 利用している*	
	2019	2020	2021	2019	2020	2021	2020	2021
衝突被害軽減ブレーキ	68.8	73.8	69.9	17.8	18.5	20.7	56.1	56.8
ペダル踏み間違い時 加速抑制装置	49.8	61.1	54.6	7.9	7.5	8.5	56.7	56.0
定速走行・車間距離 制御装置	48.9	54.1	51.1	10.5	10.7	12.1	55.2	51.5
車線維持支援制御装置	44.5	50.6	47.5	7.8	9.1	10.4	52.3	51.8
駐車支援システム	48.2	52.0	49.3	3.9	4.8	5.5	42.5	44.4
どれもない	24.2	20.4	23.4	-	51.7	48.4		
機能がついているか どうか分からない	-	-	-	23.7	24.8			

注:「衝突被害軽減ブレーキ」「ペダル踏み間違い時加速抑制装置」については「機能がついていることを普段意識」

図2 運転支援機能の認知度と利用状況

(3) 運転支援機能の利用者における理解度

さらに、各運転支援機能についての理解度について尋ねた結果をみると、「詳しい説明を受け、理解した」とする人はいずれも3割未満にとどまっており、「詳しい説明を受けたが、あまりよくわからなかった」「詳しい説明を受けたがわからなかった」「詳しい説明は受けなかった」の合計で3~4割を占めている。

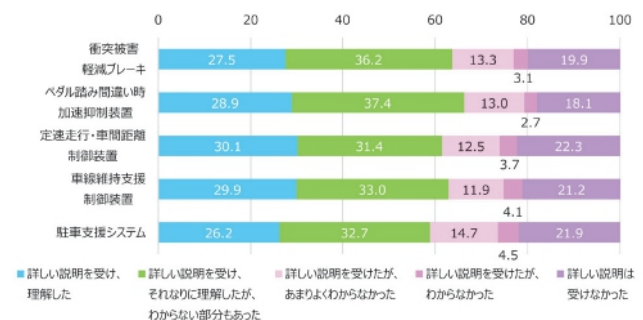


図3 運転支援機能の利用者における理解度

現在、運転支援機能を活用している人における、各機能の理解度が低いことは、今後、シェア・サブスクリプションといった形態や、用途に応じた車両選択が行われることが期待される社会において、機能の十分な活用という点のみならず、利用上の安全性の点からも懸念が生じる可能性があるといわざるを得ない。

(4) 高齢期の移動課題に対する意識

一方で、高齢期の移動課題に対する人々の意識は高い。「高齢期に自由に移動ができることで、生活の質が上がる」(74.1%)、「高齢期に自由に移動ができることで健康寿命が延びる」(69.2%)と考えている人は多い。また、「高齢期は、今住んでいる地域に住み続けたい」(58.2%)と考えている人は高齢になるほど顕著に多いことが確認されている。

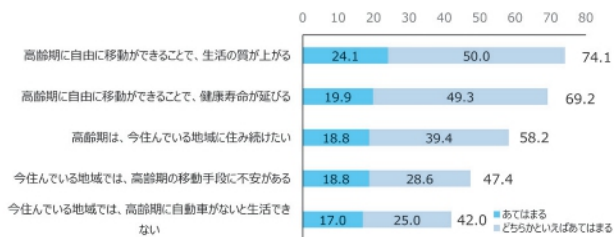


図4 高齢期の移動課題に対する意識

高齢者による運転の安全性が課題となる中で、運転免許の返納が社会的に注目されている。身近に免許返納が必要だと思う人が「誰かしらいる」割合は27.4%を占めており、内訳としては「自分の父親」が31.8%を占めてトップとなっている。免許返納が心配だと思う人の今後についての意見としては、「いかなることがあっても、運転を止めない」「事故や危ない目にあうなど、危険な体験をするまでやめない」「カギや免許証をかくすなど、誰かがむりやり運転を止めさせるしかない」の合計で約3割を占める。一方で、「代替交通機関の確保がされれば返納すると思う」は約2割となっている。

これらの結果をみると、オーナーカーの自動化の機能を高めることで安全性を強化し、個人の運転寿命の延伸をはかると同時に、サービスカーの普及による自家用車の代替移動手段を確保することを平行で進めるなどして、モビリティの多様性を高めていくことが重要であると結論づけられる。

(5)自動運転の「何を受容するのか」を考える

自動運転の社会的受容性を考えるにあたり、消費者が具体的に何を受け入れていくことが求められるのかを考え、以下の①～④のとおり、4つの要素ごとに考察した。

- ① 生活変化：自動運転の普及による様々な生活の変化の受容
- ② 学習：自動運転の普及に向けた学習負荷の受容
- ③ コスト：自動運転の普及における様々なコスト負担の受容
- ④ 固有性・技術限界：自動運転特有の性質や技術の限界・リスクの受容

それぞれについて実態を探ったものが以下の図表となる。これらについては、性別、年代、都市規模などの各属性や状況等によって差がみられており、各結果を俯瞰しながらのアクション提言も行っている。

	受け入れられる	どちらかといえば受け入れられる	どちらかといえば受け入れられない	受け入れられない
自動運転車の安全な走行のために、路上駐車や割り込みを制限するなど、新たなルールを設けること	33.5	53.9	9.8	2.9
自動運転車の安全な走行のために、歩行者・自転車・他の車がこれまで以上に交通ルールに配慮すること	33.7	53.0	10.1	3.2
自動運転バス(公共交通)の利用や乗降において乗客同士が助け合うこと	24.2	58.5	13.2	4.1
自動運転バス(公共交通)の走行ルートやルールについて地域の住民も積極的に検討に関わること	20.4	59.0	16.4	4.3
自家用車ではなく自動運転バス(公共交通)に乗るためにはバス停まで行かなければならないこと	19.7	47.1	24.0	9.1
自家用車を手放して、自動運転バス(公共交通)を使うこと	17.8	36.9	29.7	15.7

図5 生活変化の受容

	受け入れられる	どちらかといえば受け入れられる	どちらかといえば受け入れられない	受け入れられない
自動運転車の「使い方や利用方法」について自動運転を「利用する人」が理解しなければならないこと	34.4	53.3	9.6	2.7
自動運転車の「特徴や限界」について自動運転を	「利用する人」が理解しなければならないこと	34.2	53.8	9.5
	「利用しない人」も理解しなければならないこと	26.8	54.9	14.6
自動運転車の「事故の際の法的な責任」について自動運転を	「利用する人」が理解しなければならないこと	33.0	53.4	10.7
	「利用しない人」も理解しなければならないこと	27.0	53.9	15.1

図6 学習負荷の受容

	受け入れられる	どちらかといえば受け入れられる	どちらかといえば受け入れられない	受け入れられない
自動運転バス(公共交通)を走らせるために税金で道路などの整備を行うこと	16.9	56.4	19.7	7.0
自動運転の自家用車を走らせるために税金で道路などの整備を行うこと	15.9	54.9	21.8	7.4
自動運転の自家用車の購入にあたってこれまでの自家用車に比べて高額になること	12.1	41.0	32.1	14.7
自動運転バス(公共交通)によりバスの便数は増える一方で料金が従来のバスより多少上がる	11.0	41.7	35.1	12.2
自動運転の自家用車の保有にあたってこれまでの自家用車に比べて高額になること	12.1	38.4	33.6	15.9

図7 コスト負担の受容

	受け入れられる	どちらかといえば受け入れられる	どちらかといえば受け入れられない	受け入れられない
自動運転車の判断が、自分が行うであろう判断と必ずしも同じではないこと	16.0	53.4	23.8	6.8
自動運転車の実用化において技術的に100%安全であるということはないこと	18.9	47.8	24.1	9.2
自動運転車は交通ルールを守り法定速度以下で走行したり安全を優先するため、周囲の交通の流れに乗れない可能性があること	14.4	51.8	26.7	7.1
自動運転バス(公共交通)は、安全な走行のためにセンサーによってしばしば停止して安全確認をするなど運転手のいるバスより目的地につくまで時間がかかること	13.2	51.6	27.5	7.7
人の不注意による事故は大幅に減るが自動運転車の誤作動による事故の可能性があること	12.0	39.6	32.7	15.8

図8 固有性・技術限界の受容

この4つの受容性の結果から項目を選別し、それぞれ合成得点を作成したもので、時系列比較を行っている。それによると、生活変化や学習についてはこの2年で受容性が上がっている傾向がみられるが、コストと固有性・技術限界についての受容性については変化が小さい。これまでの調査結果からも、自動運転によ

る社会変化や学習についてはある程度受容したとしても、それによりコスト負担が増えることや自動運転ならではの事故発生の可能性などについては否定的な意見が多く、これらについてどう理解を求めていくかが今後の自動運転の社会的受容性醸成のカギとなることが想定される。

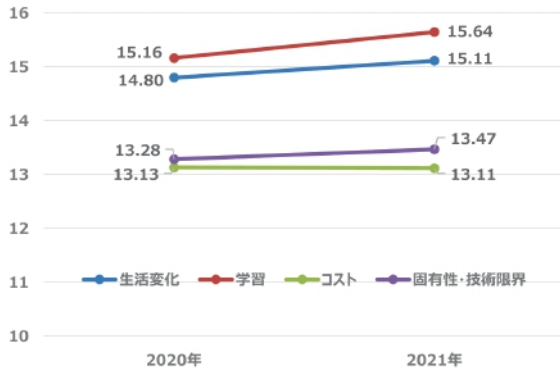


図9 各受容性の時系列変化

3 社会的受容性醸成におけるKPI/KGIをどうとらえるか

3.1. KPI/KGIを定量目標としてたてることの限界

こうした実態を踏まえ、内閣府SIPからの委託事業として、当社では社会的受容性醸成評価のKPI/KGI指標作成を受託し、検討してきた。

自動運転の社会的受容性醸成においては、まずその認知度を上げる必要があるといえる。しかし、認知度の向上と受容性の醸成は必ずしも正の相関関係にあるとは限らず、例えば、情報を得たとしても非受容のスタンスを変えない人もいれば、自動運転についてよく理解しないまま受け入れていた人が、情報を得たことで非受容に転じることもある。

そのため、まずは図10下部のようにPHASE 1として消費者の情報量を増やし、理解度を上げるアクションが必要となるが、その際に理解した上で非受容というスタンスをとる消費者において、どのような要素が受容されどのような要素が受容されていないのかという中味を把握する必要がある。そして、受容されていない要素に対する個別の課題検討をし、対策を講じるなどの解決策を模索する必要がある。その上で、同図のPHASE 2のように、理解した上で非受容という消費者に対しても理解を求め、消費者の積極的な課題解決への関与などを通じて協調する道を模索することが必要となると考えられる。

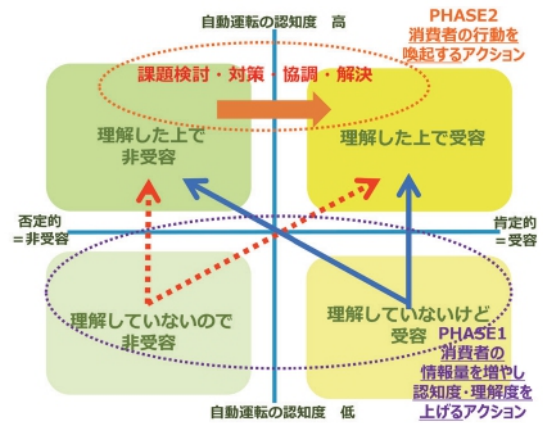


図10 認知度と受容度

こうしたフローを鑑みると、KPI/KGIとして数値目標をたてることには慎重にならざるを得ず、定性目標としてアクションの質を整えていくことが効果的であるとの判断をし、了承を得た。

3.2. 社会的受容性醸成に向けたアクション評価

社会的受容性醸成に向けて行うべきアクションとしては、具体的実施するイベントや情報発信において、その対象を明確にし、その対象に応じた情報の選択、情報の加工、発信メディア選定が不可欠となる。さらにそのベースとして各対象の理解が重要となる。そうした観点を盛り込み、表1のフローとしてプロセスを整理した。各受託者はこのフローに基づいて各アクションを検討するほか、このフローに沿って既に実施したアクションの課題を振り返り、それらの情報を受託者同士で共有する機会を創出した。特に2020年度はCOVID-19による制約が多い中、各事業者が方針転換や新方式を検討したが、それらが共有されたことで課題の抽出とアイデアの共有が積極的に行われた。とかく事業者ごとに独立した作業となりがちな中、こうした媒体を通じて情報交換ができたことは、特にコロナ禍で模索が続いた時期に共創体制を構築する上で有意義であったと感じている。

3.3. 具体的事例からみられる受容性醸成のヒント

こうしたアクションを通じ、将来的に目指す社会的受容性醸成のあり方とはどのようなものなのだろうか。

人口減少や高齢化によりモビリティ課題に直面する自治体として、自動運転をコミュニティに取り入れている茨城県境町の事例からは、いくつかの興味深いヒントが得られている。デザイン性の高い外観の自動運転車は、手段としてのモビリティにプラスアルファの

活動項目(FIX項目)	チェック項目(毎年更新)
1 全体フレームと 個々のプロジェクトにおける 戦略作成・連携 <Frame & Strategy>	1 1. 既存情報・状況・昨年度成果を踏まえ、中・長期的かつ包括的な戦略を立てた上で、年間の活動計画を策定しているか
	2 それぞれのプロジェクトが明確なゴールを見据えたプロセス策定を行っているか
	3 プロジェクト同士が無駄や重複なく連携しているか(網羅性、適切なターゲット選定等)
2 対象・土壌に関する 情報収集・理解 <Target Grasp>	1 社会的受容性を醸成しようとする対象(社会・地域・人など)についての情報収集と理解が事前に十分に行われたか
3 発信情報の選定・編集・加工 <Adaptation>	1 情報発信に向けて、当該対象に合わせた適切な情報選定について検討されたか
	2 情報発信に向けて、当該対象に合わせた適切な編集・加工が行われたか
4 情報発信手段・メディア・場 <Means>	1 当該対象に対して行う情報発信において、適切な情報発信手段・メディア・場が用いられたか
	2 SOCIETY 5.0 視点(フィジカル/バーチャルの融合)は意識されたか
5 体験機会創出・UX <Experience>	1 リアリティのある顧客体験により、当該対象が課題を自分事化する機会を創出できたか
6 フィードバック・双方向性 <Communication>	1 発信情報に対する相手からの反応や対象とのやりとりを通じ、発信情報のインパクト検証ができたか
	2 発信情報に対する相手からの反応や対象とのやりとりを通じ、発信情報の内容・手法に関する改善点発見、新たなアイデア会得につなげられたか
7 情報拡散・社会的関心 <Expansion>	1 活動の内容や発信情報を、マスメディア・SNS等での関連情報拡散につなげられたか
	2 人から人への情報伝達という派生効果を創出できたか
	3 既利用者の満足度向上による「インベーター、アーリーアダプター」としての牽引効果を引き出すことができたか
8 消費者における理解 <Understanding>	1 自動運転・ADAS機能に関する消費者の理解度は向上したか
	2 自動運転・ADAS機能について理解しようとする消費者の内発的な行動を喚起できたか
9 消費・利用行動 <Use>	1 消費者が社会課題や自らの状況を理解し、それを関連商品・サービス・機能の購入に結び付けているか
	2 既に保有している商品・サービス・機能の利用を開始したか
10 消費者における社会的受容度 <Acceptance>	1 消費者が、自動運転導入によって生じる可能性のある要素それぞれを受け入れる姿勢を見せているか ①生活変化 ②学習 ③コスト ④固有性・技術限界

表1 アクション評価シート

価値を創出し、子どもを中心に人と人をつなげる効果を生むなど、自動運転車がモビリティの創出という一義的な効果だけでなく、コミュニティのアイコンとしても機能している。こうした効果は、自動運転と住民の距離を縮め、低スピード走行等の技術的ハードルを心理的に緩和し、乗客のみならず周囲の交通参加者の受容を醸成している。住民によるバス停用地の無償供出や乗降の見守り、路上駐車減少という形で、町民自身が新しいモビリティの技術活用を自ら模索し、育成する姿勢を持つことで、自動運転の技術限界や固有性をカバーしているのである。

また、筆者がオーストラリアのアーミデールで自動運転車を試乗した際にも同様の発見があった。やはり高齢化などの課題を抱える当該地域においても、日常の移動手段としての自動運転の可能性が模索されている。ここで自動運転サービスカーに試乗した際、周囲の車にセンサーが反応することから、ラウンドアバウト(環状交差点)への侵入ができず、数分立ち往生したことがあった。しかしこの状況の自動運転サービスカーに対し、列となった後続車からはクラクションな

どのアクションは特段見られなかった。自動運転車の地域における必要性和、その特性・限界をある程度受け入れているからこそ、こうした動きができるのだろう。

いずれの事例も、なぜ自動運転技術を導入するのか、なぜ課題解決のソリューションとして「自動運転」なのかという“WHY”と、自動運転がどのようなもので何ができる／できないのかという“WHAT”を、それぞれの地域の人がそれなりに理解した上で、内発的に“HOW”を考えているからこそその受容であると考えてよいだろう。こうしたフローをたどることで、アンケート調査結果の部分で指摘したような、社会的受容性醸成における課題の打開に向けた糸口がみえるだろう。

3.4. 研究から得られた示唆

今後の自動運転社会の社会的受容性醸成において、特に課題となる「コスト」と「固有性・技術限界」の受容に向けた示唆を以下にまとめる。

(1) コスト受容について

コストの受容度を上げていくのは容易ではなく、特に高齢者に対してこれまで体験してこなかったコスト負担について理解を求めるのは難しい。自家用車は、単に移動している時だけにその効果を発揮しているわけではなく、例えば駐車場に止まっても、「いつでも乗れる」という心理的安心感や所有欲という側面での消費効果も大きい。よって、自家用車を手放すことにより、コスト負担がなくなった分を、公共交通の費用負担に振り向けるという理屈は、心理的に見て簡単には受け入れられない可能性が高い。

このように捉えれば、新しい移動手段に関するコストを運賃収入だけで回収していくマネタイズモデルは、現実的に難しいと言わざるを得ない。しかし、モビリティの向上にはそれ自体で大きな価値があるといえる。例えばコミュニティの回遊性向上による経済効果に加え、高齢者が移動の機会を喪失しないことによるフレイル予防効果や健康寿命の延伸効果も期待できる。こうした効果が、結果として社会保障費用の低減を実現することまで視野に入れば、移動手段整備に公的資金を用いる根拠ともなるだろう。さらに、モビリティ環境の向上による消費者のウェルビーイング実現などの非財務価値まで含めて捉えれば、社会的に十分に価値があると理解されるケースもあると考えられる。今後、社会的受容性の醸成に向けた文脈形成にあたっては、こうした多面的かつ長期的な視野を試算などによ

て可視化しながら盛り込んでいく必要がある。

(2)固有性・技術限界の受容について

ヒューマンエラーが必然であるように、システムエラーもまた必然といえる。100%の技術というのはあり得ない。しかし、人間に限界のある部分をテクノロジーがカバーすることは可能であり、テクノロジーの限界を人が理解していればそこを人がカバーすることもある程度可能である。消費者が技術の必要性(WHY)と固有性や限界(WHAT)を理解した上で、自ら方法(HOW)を模索し、その限界を補完する動きが期待できる。こうした、消費者による技術限界の補完は、従来の自動車においても、安全管理やシートベルトの着用、制限速度の遵守などといった形で日常的に実施されているものでもあるといえる。

Society5.0は、サイバーとフィジカルを融合させて社会課題の解決に臨む社会とされる。新しいテクノロジーを活用し、その限界や欠点を人間が補うスタイルをとることで、限りなく100%に近いテクノロジーの実現を待つよりも、ずっと早期に社会課題の解決をもたらすことが期待できる。自動運転の社会実装における社会的受容性の醸成とは、そうしたSociety5.0のあり方を体現できるものであると考える。

今後の社会的受容性醸成においては、こうした視点を盛り込みつつ、省庁間の連携、中央と地方の連携、企業間の協調を図りながら、産官学に「民」を加えた形で、生活者にとっての効用を表した自動運転社会のグランドデザインをまず提示すべきである。そのうえで、生活者のウェルビーイングの視点から立体的ソリューションの創出に向けた対話を重ねることが重要であると考えられる。

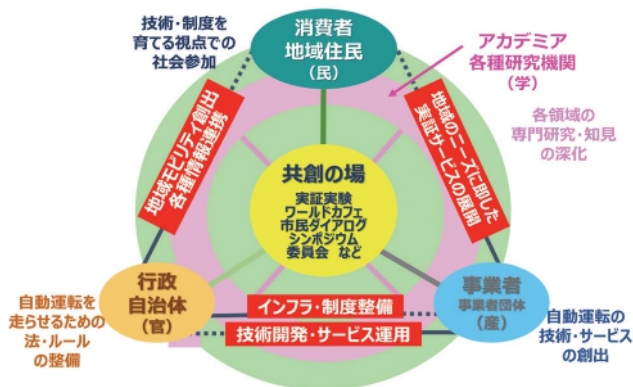


図11 産官学民の共創体制

【参考文献】

- (1) 宮木由貴子：「社会における自動運転の受容に向けてー消費者の主体的な関与による社会課題解決を目指してー」自動車技術、Vol.73, No.2, p.32-38 (2019)

【執筆者詳細】

宮木由貴子・(株)第一生命経済研究所・ライフデザイン研究部長 兼 主席研究員

視野障害を有する者に対する高度運転支援

高橋政代（理化学研究所）、青木宏文（名古屋大学）、伊藤誠（筑波大学）

（概要）本事業は、視野障害者の運転に対して支援システム利用による安全性確保を担保するための方法論を確立し、それを周知啓発することを目標とした。まず、医療機関において、ドライビングシミュレーター(DS)を用いたデータベースを構築し、視野障害特有の事故要因を明確化し、次に事故リスクに対して自動ブレーキや音声支援をはじめとする運転支援システムの支援条件を検討した。それらの結果を用いて、運転支援システムの有用性・有効性について、視野障害者を例として社会や関係各所に広く情報発信し、高度運転支援システムの普及と安全意識を向上することを行なった。特に、簡易型DSの結果をSelf Organizing Map(SOM)解析により、視野障害のパターンと起こしやすい事故の場面を明らかにすることができた。また、簡易型および高精度DSを用いて視野障害者においても、高感度のセンサーと自動ブレーキ、あるいは状況ではなく指示を音声により知らせることにより事故を軽減させることができることを示した。一方で、事故を完全に防ぐことのできない自動ブレーキではかえって事故が増える可能性も見ることができた。さらに簡易型DSの結果を用いて初めての運転外来を2つの眼科施設で開始し、社会への発信を開始した。

以上のように現在の視野障害者の運転という課題を発掘し、それを解決する糸口を提示した。視野障害者の運転に対する当事者及び眼科医の対応の啓発が必要であり、さらにこれらの結果をもって一般社会、産業界、省庁に向け全方向への働きかけが重要である。技術的な解決だけでなく、車の表示やルールなどソフト面も加味して課題解決につなげたい。

1 背景

視覚障害には視力障害と視野障害がある。世界における免許制度を見ると、視力に関しては、欧米では多くは矯正視力0.5以上、カリフォルニア州については0.1以上と視力が高度に低下した場合でも免許取得が可能であるものの視野に関しては基準がある国が多い(米国の34州⁽¹⁾、ヨーロッパの23カ国⁽²⁾)。それに対して日本は視力に関しては厳しく、両眼で矯正視力0.7以上が求められている。しかし、視野に関しては両眼で矯正視力0.7以上、かつ一眼の視力が0.3以上であれば視野検査は行われない。そのため、顕著な視野障害があっても中心視力は比較的末期まで保たれる緑内障患者や網膜色素変性患者では、現在の基準では、運転免許を取得することは十分可能となっている。

日本では緑内障患者が多く40歳以上の20人に1人が罹患しているとされており(多治見スタディ他)⁽³⁻⁵⁾、重症となると様々なタイプの視野障害が存在するが、視野狭窄が何十年もかかってゆっくり進行するため、視野が狭くなっていることを自覚していない患者が多く存在する。國松らは、病院で簡便に検査できるドラ

イビングシミュレーターを用いて15の危険場面で、事故の有無、ブレーキ反応時間を記録することにより視野障害者の運転に関する危険度の研究を行なった。その結果、視野狭窄のある後期緑内障患者36名と年齢と運転時間をマッチングした健常者36名で比較した所、後期緑内障患者での事故率が有意に高かった⁽⁶⁾。

また、網膜色素変性⁽⁷⁾は視野が中心部を残して徐々に狭窄する疾患であるが、医療側は80%の患者に運転しないように説明しているが、13%が自動車を、6%がバイクを運転しており、その内の55%が運転中に何らかの事故を起こした経験があるという調査がある⁽⁸⁾。

しかし、同じ視野障害でも全く事故を起こさない人も多く存在し視線の移動によって視野の狭さをカバーできていると考えられる。法的に運転する権利を持っており、免許がなくなることで生活の基盤を失う人たちに即座に運転を禁止することはできず、危険を説明し説得する困難さに直面している。また視野狭窄による事故という概念はなく警察では全て「前方不注意」として処理されている。視野障害者が運転しているという課題認識がないことは問題である。

平成29年1月から「高齢運転者交通事故防止対策に関する有識者会議」が開催され、高齢者の特性が関係す

る交通事故を防止するために必要な方策について幅広く検討されている。その中で、高齢者に多い視野障害などの対応として、1、視野と安全運転の関係に関する調査研究の実施 2、視野障害に伴う運転リスクに関する広報啓発活動の推進 が提言され、高齢者講習時の視野検査機器を新たに開発する方向で調査研究が進んでいる。

車の運転には認知、判断、動作の3ステップがあると言われるが、認知の前に知覚の段階があり、視覚障害の場合では知覚と認知の段階を切り離して考えることができる。昨今問題となっている認知症の運転では、日本に多い緑内障などの知覚に障害のある場合も含まれていると考えられ、知覚と認知の切り分けがなされていないという問題もある。知覚のみの問題である視野障害者の運転という課題は自動運転のニーズとして日本が世界に先駆けて認識し解決することで、自動運転の導入に寄与することができるかもしれない。

2 目的

医工連携による視野障害-自動車運転の影響及び高度運転支援機能による運転支援効果を明らかにし、視野障害者の安全なモビリティ確保と交通事故低減に資する。

実施者らが開発してきた眼科用簡易ドライビングシミュレーター (S-ナビ) を用いて効率よく視野障害者・健常者の運転行動データを収集し、視野障害部位・程度に応じた視野障害者特有の事故要因を特定する。

また、その結果を活用して、視野障害者にとって真に有用な運転支援機能を明確にしたうえで、その機能を高性能ドライビングシミュレーター上に実装し、その事故低減効果への有効性を検証する。

さらに、視野障害者の運転支援システム利用による安全性確保を担保するための方法を検討し、この課題と解決策を周知啓発する。

3 SIPでの取り組み

3.1. 視野障害者・健常者運転データベース構築

(1) ドライビングシミュレーター (S-ナビ)

視野障害を有する者特有の事故頻度について眼科外来に設置したDS (眼科用に設定した本田技研工業製のHondaセーフティナビGE (Sナビ)) (図1) を用い

て検証した。Sナビではアクセルを踏むことにより速度が上がるが、ハンドルで方向を変えることはできず直進とブレーキのみが操作できる検査である。ハンドルを握ることにより臨場感が得られる。モニタ上に風景と様々な障害物や赤信号など事故を起こしやすい場面が15箇所設定されており(表1)、視野障害により生じやすい事故を検証することができる。

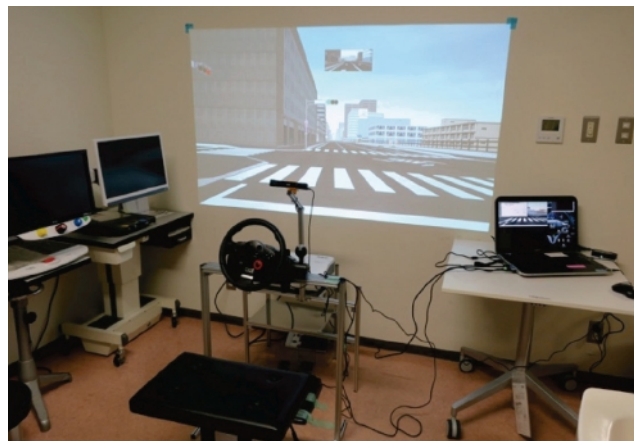


図1 病院に設置した簡易型DS(Sナビ)

2018年度に神戸アイセンター病院、新潟大学、東北大学の3医療機関の倫理審査を経て、2019年2月より本課題の被験者データを収集した。また、研究分担者の異動に伴い、西葛西井上眼科病院も同様にデータ収集を7月より開始した。

研究期間中に神戸アイセンター病院108例、東北大学44例、新潟大学113例、西葛西井上眼科55例が得られた。これに警察庁の調査研究のデータ116例の2次利用と合わせて計436例のデータベースが得られた

番号	自車速度	ハザード
H1	50km/h	赤信号
H2		道路外左から自動車横断
H3		信号交差点对向右折車
H4		道路外右から自動車走行車線合流
H5		赤信号
H6		道路外左から自動車横断
H7		信号交差点对向右折車
H8	40km/h	信号なし交差点左方右折車
H9		赤信号
H10	30km/h	道路外右からシニアカー横断
H11		一時停止標識
H12		信号なし交差点左から自動車直進
H13		信号なし交差点左からシニアカー横断
H14		一時停止標識
H15		信号なし交差点右から自動車直進

表1 走行ハザード

(2) 視野障害者特有の事故要因の明確化

これらの結果についてデロイトトーマツの協力を得て、AIを用いた新しい解析法を開発した。被験者は年齢・性別といった一般的な身体特徴量や、視力・各視野領域の感度といった眼科診察に基づく特徴量、各場面での事故の有無のような運転特性に基づく特徴量など、100次元近い特徴量を持っている。Self Organizing Map (SOM)を用いることで、互いに「似た」被験者が近距離に配置されるような制約条件に基づき、シンプルな特徴量空間（ここでは二次元平面）にマッピングがされる。さらに、マッピング後の被験者をクラスタリングし、互いに特徴の類似する被験者を視野障害のパターン別にまとめて大きくクラスタに分類すると、被験者ごとの特徴差の理解が容易になり、各場面の事故と視野障害のパターンを検討できるようになる(図2)。こうして視野障害に関する臨床所見のクラスタリングを実施したのち、DSシナリオにおいて事故回避ができたか否かの結果を重ねたSOM解析を実施し、視野障害の種類とリスク回避可否について可視化した。



図2 Self Organizing Map (SOM) 解析

例えば、視野障害のパターンと起こしやすい事故の場面の関係を見ると、左から車が一旦止まってその後飛び出す場面2では視野正常の被験者でも事故を起こしやすいのに対し、左から止まらずに出てくる車に関しては下方視野障害の被験者で事故を起こしやすかった(図2)。赤信号を無視する事故は上方視野障害、シナリオの最後近くに出現する場面13では重度の視野障害のみ事故を起こしていた。このように起こしやすい事故が視野障害に紐づけられることとともに、視野障害があっても重度でなければ事故を起こさない場合も多くあることが確認された。

3.2. 事故を低減できる支援条件の明確化

(1) 簡易DSによる検討

視野障害による特有の危険があることを確認し、次にそれら事故を回避、低減するための各支援条件の効果を検討した。まず、眼科用に設定した本田技研工業製のHondaセーフティナビ(眼科用Sナビ)を使用し、65インチディスプレイに表示し、水平視野70度を確保した。視線情報の取得のために、Tobii社製のアイトラッキングデバイスProナノを用い、実験参加者の視線を60Hzで取得する。音声支援システムは実験参加者の左前方スピーカーから発生させた。

実験の参加者は、(1) 普通自動車免許を有し、日常的に運転を行う、(2) 目の病気の既往がない、(3) 裸眼視力(矯正視力)が0.7以上である、3つの条件を満たす成人健常者対象で、以下の各群10名、合計60名である。健常者に視野障害を模擬するために、視野模擬欠損システムを使用した。

アイトラッキングデバイスで取得した視線情報を基に、リアルタイムでマスクを走行画面上に表示した。

- ① 健常者 支援なし
- ② 視野障害模擬 支援なし
- ③ 視野障害模擬 音声ガイド(状況)
- ④ 視野障害模擬 音声ガイド(とるべき行為)
- ⑤ 視野障害模擬 ブレーキ支援(ぶつからない)
- ⑥ 視野障害模擬 ブレーキ支援(ぶつかる場合あり)

ハザード	支援なし		視野障害 +音声支援		視野障害 +ブレーキ支援	
	①なし	②マスク	③状況	④行動	⑤早い	⑥遅い
全て	4/149	6/150	4/150	1/150	0/150	16/149

表2 各支援条件による事故軽減効果(簡易DS)

その結果、音声ガイドについては事故削減に有効であったが、特に状況のみを伝えるのではなく、行動を直接指示する音声の方が効果的なことがわかり、これはSIP-Adus HMI第1期A課題の成果と整合する結果であった。一方で、ブレーキ支援の能力が十分でない場合むしろ事故は増えるという結果であり、ブレーキ支援を過信させない工夫が重要であると思われた。

さらに、支援のタイミングについての検証のため、同様の条件の参加者、22歳から77歳までの男性26名、女性28名の合計54名(平均年齢49.8歳、標準偏差17.9)について同様に視野障害を模擬し、下記の4グループに分け、実験を行った。

- ① 支援なし 13名
- ② 音声ガイドによる注意喚起あり 14名
(とるべき行為を伝える表現, ③よりタイミングが遅め)
- ③ 音声ガイドによる注意喚起あり 13名
(とるべき行為を伝える表現)
- ④ 自動ブレーキによる事故回避支援あり 14名
(ブレーキ作動タイミングが遅く, 場面によっては衝突することもあるタイミング)

本実験では, グループ③では音声ガイドを聞いてから対象物を確認することが多く, グループ①の支援なしより衝突することが少ないという結果となった. 早いタイミングでの音声ガイドによりドライバーが適切な対応を取りやすそうであることがうかがわれた. グループ②では音声ガイドを聞いてから対象物を確認すると衝突してしまう可能性があるタイミングなので, まず音声ガイドを聞いて先にブレーキを踏んで衝突を避け, その後対象物を確認するという事が起きるようになった. また, 自動ブレーキがあると言いながら, ぶつかりうるタイミングの仕様(④)の場合は, むしろ衝突事故が増える可能性も認められた. 以上のことから支援技術の提供とともに, ドライバーの役割についてのリマインドも重要であることが示唆された.

(2) 高精度DS及びシミュレーションを用いた検討

SIP第一期「交通事故低減詳細効果見積りのためのシミュレーション技術の開発及び実証」の成果であるJARIのマルチエージェント交通環境再現型シミュレーション技術を利用して, シミュレーションでは, 視野の角度を3段階(正常眼 140°, 中等度障害 40°, 重度障害 20°), 自動ブレーキのセンサーの検出角度を2段階(普及版 40°, 高級版 140°)に設定し(図3),

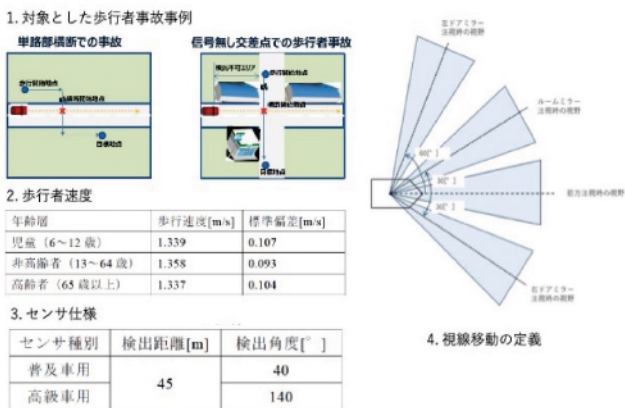
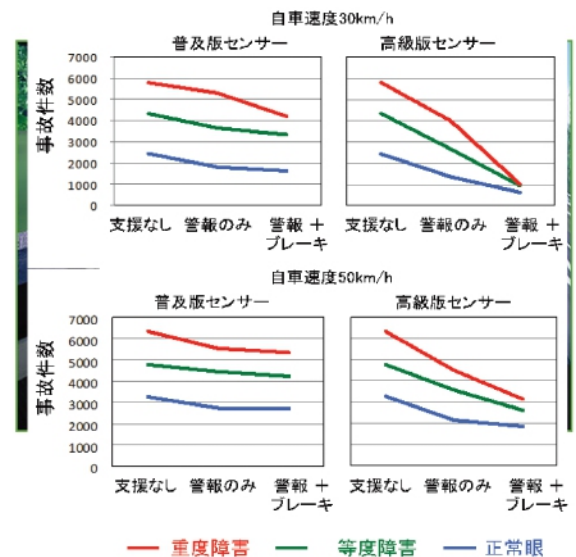


図3 シミュレーション諸条件

仮想空間における交通環境の走行を繰り返した. その結果, 自動ブレーキによって, 特に視野障害を有する

ドライバーの事故が低減すること, さらに, 死亡事故が正常眼・自動ブレーキなしの条件と同等のレベルまで低減する可能性が示された(図4).



次に高精度DS(図5)で得られたドライバーの行動モデルを反映させた上で, JARIのマルチエージェント交通環境再現型シミュレーションを再度実施した. 単路部と交差点(信号あり, 信号なし)を含む交通環境を作成し, 歩行者や車両をランダムに発生させた. 前回と同様に, 視野の角度を3段階(正常眼 140°, 中等度障害 40°, 重度障害 20°)に設定し, 運転支援システムについては, 4種類(警報のみ, 警報+自動ブレーキ × 普及版センサー 40°, 高級版センサー140°)に設定した. それぞれの条件において十分な回数(20万回以上)の走行を繰り返し, 事故の発生件数を集計した. その結果, 自動ブレーキと高級版センサーを組み合わせることで, 視野障害を有するドライバーによる事故が, 正常眼・支援なしの条件と同程度以下まで低減することが確認できた(図6).



図5 NICに設置している高精度DS

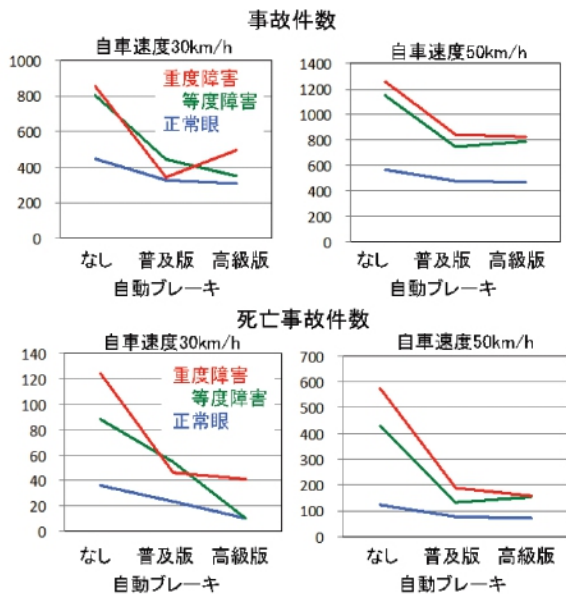


図6 ドライバーの行動モデルを含むシミュレーションの集計結果

3.3. 周知啓発

(1) 視野障害者への周知啓発—運転外来

これらの結果をふまえて、協力機関の西葛西井上眼科病院は2019年7月より、神戸アイセンター病院は2019年12月より世界初の運転外来を開始した(図7)。

運転外来ではDSおよび理化学研究所で開発した視線視野計によるデータ取得後に、医師による外来を実施した。医師からは視野検査および眼科関連検査をもとにDSのリプレイを見ながら危険に対する振り返りを実施した。外来には家族も同席し、心配事や不安に対する助言・指導を行なった。視野障害患者は、多くの場合、自身の視野障害を自覚していない。そのため、ドライビングシミュレータ施行後、リプレイ場面を見ながら、医師が、視野検査結果を示し、照らし合わせながら説明を行うと、初めて自分の運転の危険な場面を理解する。衝突した場面で、進行方向正面を見ながら、コマ送りをして、「車が消えた」「車が見えた」と、自身に見えない場所があることを認知していただく。実際には、視線を動かすことにより、見えない場所をなくし、事故を防ぐよう、助言を行っている。このように、片眼あるいは両眼で、信号、車や人が「消える」ことを知っていただくことが重要である。

将来的には、視野障害部位にあわせて、どのような高度運転支援システムを利用して事故を防ぐのか、助言できるのではないかと考えている。

また、最近では企業から視野障害を持つ従業員に対する対応を確認される場合もあり、企業に向けても視野障害者の運転の危険度、対策をアドバイスしたり周

知する必要も高まるであろう。

これら運転外来はこれまで類を見ないものであったためメディアの注目を集めた。開始早々からテレビ番組に取り上げられ、その後も様々なメディアを通して周知を図っている。

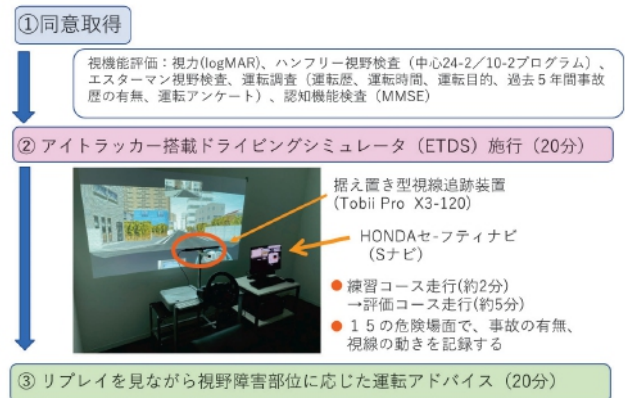


図7 運転外来手順

(2) 健常人や患者家族への周知・啓発—ヘッドマウントディスプレイ

視野障害患者の家族等への視野障害危険性の理解方法の検討

視野障害を有する患者とのコミュニケーション、相互理解をより深めるためには、家族など、患者に近い存在の人々が視野障害とその影響をよく理解することが重要である。

そこで、健常眼を有する人が視野障害を簡易に体験できるシステムの開発を行った。ドライビングシミュレータ上に視野障害マスクをかけ、アイトラッカと連動させることによってその人が注視している点を中心に視野障害を経験させる方式は、時間のかかるキャリブレーションが必要であるため、眼科の外来等で家族の方に「ちょっと試してもらおう」には敷居が高すぎるといった問題があった。

そこで、加速度センサを用いて「目の動きには連動しないが、頭の動きには連動させる視野障害マスク」を、ヘッドマウントディスプレイを用いて提示する方式を開発した。ヘッドマウントディスプレイで描かれる風景は、本田技研製のSナビの走行風景であり、画面中央の半径10度程度の領域のみが見え、周辺は黒く塗りつぶされている(「視野障害で見えない領域は、黒く感じられるわけではない」のであるが、見えない感覚を通常の人にも感じてもらえるように、あえて黒く塗りつぶした)。

必要なハードウェアはPC1台のみであるので、可搬

性にも優れている。2021年3月25、26日に開催されたSIP成果報告会においてデモ展示を行い、体験された来場者の方々からはおおむね好評であった。

4 まとめ

以上、現在の視野障害者の運転という課題を発掘し、それを解決する糸口を提示した。一番身近な課題である眼科内での視覚障害者への理解に関する啓発もまだまだ必要であるが、さらにこれらの結果をもって一般社会や当事者、産業界、省庁に向け全方向への働きかけが重要である。

運転を継続することが危険とされた人の中には安全運転サポート車（セーフティ・サポートカーS）など先進安全技術のサポートがあれば安全に運転できる人が多く含まれる可能性がある。自動運転の技術開発が進んでいる現代、これらの人々の運転を禁止して時代を後戻りするのではなく、障害を乗り越えて生活を広げることが必要なことであり可能な時代が近づいている。自動運転が一般に広がって初めて障害者にも使わせるというのではなく、むしろ最先端の技術を最も必要としているこれらの人に一般の人より優先的に適応することによって、先端技術の恩恵を可視化することが技術を誇る国の方向性であり、自動運転実装の近道でもあると考える。視覚障害というと重篤な失明者だけを思い浮かべ、完全に見えない者に対するレベル4以上の自動運転が必要と考えがちであるが、障害がグラデーションであり、重度のものから中程度、軽度そして晴眼者（正常）まで地続きであることを認識し、軽度から中程度の者にとっては高度運転支援システムがあれば運転が続けられることを理解することが必要である。しかるに現在自動運転のシステム構築がなされようとしているが、これらの技術を最も必要としているロービジョン者障害者を含まない健常者だけを対象としたシステムの構築は片手落ちとも言える。日々危険にさらされながら生活に必要なために運転している視野障害を有する人たちがいる以上、より安全を確保できるように少なくとも安全運転サポート車に対する補助などが喫緊に必要である。

技術的なことだけでなく、白杖のように「視覚障害者が乗車していることを明示する車両」などのソフト面も含めて安全を確保できるようにし、最も必要とし

ている視覚障害者が自動運転の恩恵を受け社会に寄与できるように高度運転支援システムのための公的補助などの体制やシステムを構築し周知啓発を行なっていく必要がある。特に公共交通機関の存在しない地方などでは、それが誰もが認める大義を持った自動運転の実装であり、実用化の近道ではないかと考える

【参考文献】

1. aul G. Steinkuller. Virtual Mentor. American Medical Association Journal of Ethics 2010;938-940. <https://journalofethics.ama-assn.org/article/legal-vision-requirements-drivers-united-states/2010-12>
2. Visual standards for driving in Europe. A Consensus Paper, January 2017 <https://www.ecoo.info/wp-content/uploads/2017/01/Visual-Standards-for-Driving-in-Europe-Consensus-Paper-January-2017....pdf>
3. The Prevalence of Primary Open-Angle Glaucoma in Japanese.: The Tajimi Study Ophthalmology 2004; 111: 1641-1648
4. The Tajimi Study report 2: prevalence of primary angle closure and secondary glaucoma in a Japanese population. Ophthalmology 2005; 112: 1661-1669
5. 日本緑内障学会多治見疫学調査報告書,2012,日本緑内障学会
6. 難病情報センター 網膜色素変性 <https://www.nanbyou.or.jp/entry/196>
7. 松村美代他. 網膜色素変性の医療状況. 臨眼45 : 287-9,1991

交通事故低減等の 社会経済インパクト評価手法の開発

須田義大（東京大学），三好博昭（同志社大学）

（概要）自動運転の社会経済インパクトの評価は、自動運転に対する社会的受容性の醸成、企業経営や政府の政策形成への活用という点で極めて重要である。本稿は、この認識の下、2018年から2021年にかけて実施した「自動運転による交通事故低減等へのインパクトに関する研究」の各種シミュレーション分析について、その手法の概要を紹介することを目的にしている。本稿では、まず、社会経済インパクト評価の基礎となる自動運転車の「普及シミュレーション」の2つのモデル（動学モデルと静学モデル）を紹介した後、この普及シミュレーション結果を用いて実施した「道路交通に与える影響分析」、「交通サービス分野への影響分析」、「産業・社会分野への影響分析」の概要を紹介する。

1 研究の目的と内容

「戦略的イノベーション創造プログラム (SIP) 自動運転 (システムとサービスの拡張) 研究開発計画」(2018年, 内閣府) においては、その研究開発の目標を「自動運転を実用化し普及拡大していくことにより、交通事故の低減、交通渋滞の削減、交通制約者のモビリティの確保、物流・移動サービスのドライバー不足の改善・コスト低減等の社会的課題の解決に貢献し、すべての人が質の高い生活を送ることができる社会の実現を目指していく」としている。

こうした目標の実現に資するために、この研究では、次の2つの目的のために、自動運転の社会経済へのインパクトの評価に取り組んでいる。まず、第1は、自動運転に対する社会的受容性の醸成である。今後、自動運転技術を活用したサービスや車両の実用化及び社会普及を進めるためには、大前提として、社会の自動運転に対する国民の理解が必要である。そして、国民の理解を得るためには、自動運転が、国民生活や日本経済に及ぼす影響を、効用と潜在リスクの両面から定量的に把握しておく必要がある。第2は、政府の政策形成や企業経営に資することである。例えば、自動運転に対する経済的インセンティブ等の大きさや自動運転車の市場投入方法によって、自動運転車の普及スピードやその結果生じる社会経済インパクトにどのような違いが生じるかを把握しておくことは、政府や企業の意思決定にとって極めて重要である。

このような目的意識の下、本研究では、図1に示す研究を実施した。まず、基礎的な情報整理を目的として、自動運転と国際連合が掲げる「持続可能な開発目標 (SDGs: Sustainable Development Goals)」の17の目標、169のターゲットとの関連性を整理し、自動運転の持続可能な社会形成に対する意義を確認した。次に、自動運転車の「普及シミュレーション」を実施し、その結果を、社会経済インパクトを分析する際の共通の基礎的数値として利用する。そして、自動運転の社会経済インパクトを、「道路交通への影響」、「交通サービス分野への影響」、「産業・社会分野への影響」という3つの角度から定量的に分析した。第1の「道路交通への影響」では、「交通事故低減効果の推計」、「交通渋滞削減効果及びCO₂排出削減効果の推計」という2つの分析を実施している。第2の「交通サービス分野への影響」では、「交通制約者及び過疎地等の交通不便地域でのモビリティ確保」、「物流サービスのドライバー不足への対応」、「車の所有と利用、移動に関する

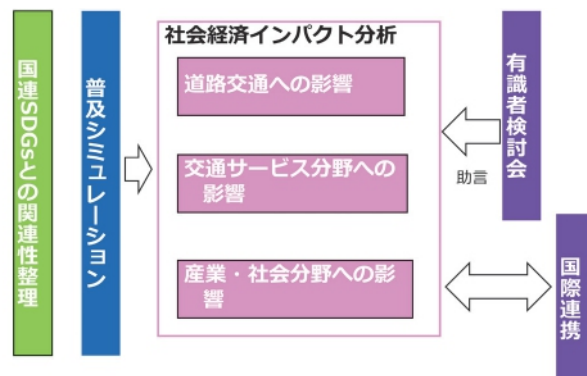


図1 研究の全体像

る消費者の選択構造の変化」について分析を実施している。そして、第3の「産業・社会分野への影響」では、自動運転の日本経済に与える影響を「自動車の保有構造等の変化による自動車産業並びに産業全体への影響」、「生産性の向上への貢献」という観点から分析を実施している。

これらのモデルは次の5つの特色を持ち、広範囲の社会経済インパクトを理論的かつ統合的に分析することが可能である。

- 1) 交通工学・自動車工学の知見と経済学の知見を融合させた文理融合によるモデル構築
- 2) 社会経済環境(人口、GDP等)に関する共通データをシミュレーションの前提条件として統一的に使用
- 3) 消費者の支払意思額(WTP: Willingness to Pay)と生産の学習効果を考慮したマイクロ経済理論に基づく自動運転車の普及シミュレーションモデル
- 4) 様々な普及促進策に対応した自動運転車の普及率推計が可能
- 5) 普及率推計結果を、社会経済インパクト評価の共通データとして活用

本研究の実施にあたっては、工学分野だけでなく広範な分野の有識者で構成される検討会を設置し、本検討会での議論を踏まえながら研究を進めた。また、本研究の内、「自動運転車の普及シミュレーション」「車の所有と利用、移動に関する消費者の選択構造の変化」は、日独連携研究の一環として、ドイツの研究機関と連携しながら研究を進めた。この日独連携研究は、「自動走行技術の研究開発の推進に関する日独共同声明」(平成29年1月12日)に基づき、2019年1月に開催された内閣府と独BMBFとのSteering Committee会議において、社会経済インパクト評価が日独連携研究のプロジェクトと位置づけられたことに基づいている。

以下では、本研究で開発したシミュレーションモデルの機能や考え方に焦点をあてて、プロジェクトの成果を示す。

2 普及シミュレーション

財・サービスの普及をシミュレートする場合によく用いられるモデルは、S字成長曲線モデルである。市

場投入されていない財・サービスに対してこのモデルを適用する場合、類似の財・サービスのケースを参考にしてパラメータを設定する等の方法が採られる。自動運転車についても、いくつかの研究でS字成長曲線モデルを使った普及予測が実施されている⁽¹⁾⁽²⁾が、本研究のようにいくつものレベルの自動運転が併存する状況を想定する場合、こうした方法で設定したパラメータを単純に利用するのは適切ではない。また、S字成長曲線モデルは構造が極めて単純のため、政策措置やOEMの市場投入策が、自動運転車の普及率に及ぼす影響をシミュレーションする際には利用し難い。このため、本研究では、乗用車を対象として独自の普及シミュレーションモデルを構築することとした。

自動運転車の普及を考えた場合、すでにSAE Level 1~4は、導入時期が議論されているが、SAE Level 5の自動運転車は、自動運転が可能な条件に制約がないが故に、実現可能性や実現時期を予測することはできない。こうした点を踏まえ、本研究の普及シミュレーションモデルは、市場投入時期がある程度見通せるSAE Level 4までの自動運転車を対象としてそれらの普及を推計するモデルと、ドライバー不要の自動運転車(SAE Level 4/5相当)の普及を推計するモデルとの2つに分けて構築した。前者は、年次を示しながら自動運転車の普及プロセスを捉える動学モデルとし、後者は、ドライバー不要の自動運転車が実現した際の、定常状態における自動運転車の普及率を推計する静学モデルとした。

普及シミュレーションモデルの構築にあたり、本研究では、自動運転車を表1のような8種類に分類した。この分類は、SAEの自動化レベルと、各レベルの自動運転が利用可能な道路の範囲という2つを組み合わせることで自動運転車を分類したものである。動学モデルでは、運転支援装置の付いていない車を含む自動運転車カテゴリC0から、主要幹線道路においてSAE Level 4の自動運転が可能な自動運転車カテゴリC5までを対象としている。一方、静学モデルでは、人間が車の運転の主体となるSAE Level 2をすべての道路で実現する自動運転車カテゴリL2と、ドライバー不要の自動運転を実現した自動運転車をシミュレーション分析の対象としている。

表1 自動運転車の分類

カテゴリ	高速道路	一般道路	対応技術など	動的モデル	静的モデル
C0	SAE Lv. 1以下	SAE Lv. 1以下	C1を下回る水準	○	
C1	SAE Lv. 1 運転支援	SAE Lv. 1	以下の4つの装置をすべて搭載 ・衝突被害軽減ブレーキ ・ペダル踏み間違い時加速抑制装置 ・車線逸脱警報装置 ・車間距離警報装置	○	
C2	SAE Lv. 2 部分運転自動化	SAE Lv. 1	C1に加え、 ・高速道路におけるLKAS (レーンキープアシストシステム) + ACC (アダプティブ・クルーズコントロール) ・高速道路における自動レーンチェンジ	○	
L2	SAE Lv. 2 部分運転自動化	SAE Lv. 2	C2に加え、 ・一般道におけるLv. 2の運転支援		○
C3	SAE Lv. 3 条件付き運転自動化	SAE Lv. 2	C2に加え、 ・高速道路におけるLv. 3の自動運転 ・一般道におけるLv. 2の運転支援	○	
C4	SAE Lv. 4 高度運転自動化	主要幹線道路における SAE Lv. 3	C3に加え、 ・高速道路におけるLv. 4の自動運転 ・一般道の主要幹線道路におけるLv. 3 ・一般道では、システムを要請に応じて運転操作の引継ぎ (TOR) が発生	○	
C5	SAE Lv. 4 高度運転自動化	主要幹線道路における SAE Lv. 4	C4に加え、 ・一般道の主要幹線道路におけるLv. 4 ・運転操作の引継ぎ (TOR) は発生しない	○	
C6	SAE Lv. 5 完全自動運転車				○

(1) 動学モデル

動学モデルは、乗用車の他、物流サービス(トラック)、移動サービス(バス)を対象に、2015年以降2050年までの5年毎の、C0からC5(表1)の自動運転車の普及台数や走行量を推計するものである。この3つのそれぞれで、推計方法が異なるが、ここでは、乗用車の推計方法を紹介する。

乗用車のシミュレーションでは、まず、各年に必要となる車の保有台数から、前年の台数のうちの残存台数を控除し、その差を各年の新車台数とする。そして、各年の新車台数の自動運転車カテゴリ別の構成は、図2に示すような需要と供給の関係で決定されるという考え方を採っている。

図2の左図の紫色の線は、自動運転車各カテゴリ(表1)に対する賛同率曲線(消費者全体の内、その額で購入してもよいとする消費者の割合)である。この研究では、webアンケートを実施し、自動運転車各カテゴリの機能に対するWTPを2段階2肢選択の手法によって聞いている。賛同率曲線は、このwebアンケート結果をロジスティック回帰分析によって分析して導出したもので、自動運転車各カテゴリについて、オプション価格(自動運転機能の価格)と、賛同率との関係を示している。一方、供給側については、各年の販売価格は、生産の経験曲線効果が働いて決定されるメカニズムを組み込んでいる。

経験曲線効果とは、累積生産量が増加することによって、生産技術が向上し、製品コストが低下する現象を指し、様々な製品で経験曲線効果が確認されてい

る。ここでは、自動運転技術についても同様の関係が成立すると仮定している。

この消費者の賛同率曲線と各年のオプション価格との交点で、自動運転車各カテゴリに対する賛同率、すなわち購入意向を示す消費者の割合が決まるが、自動運転の場合、複数の自動運転車カテゴリが市場に同時に混在する状況となっていることに留意する必要がある。そこで、このモデルでは、自動運転車カテゴリC5, C4, C3, C2と上位の自動運転車カテゴリから順に、賛同率曲線と販売価格に基づき賛同率を求め、対象とする自動運転車カテゴリの賛同率とその上位の自動運転車カテゴリの賛同率との差が、新車台数に占める当該自動運転車カテゴリの割合になると仮定している。なお、自動運転車カテゴリC1以下となった新車は、外生的に設定する割合に基づいて自動運転車カテゴリC0, C1に案分される。

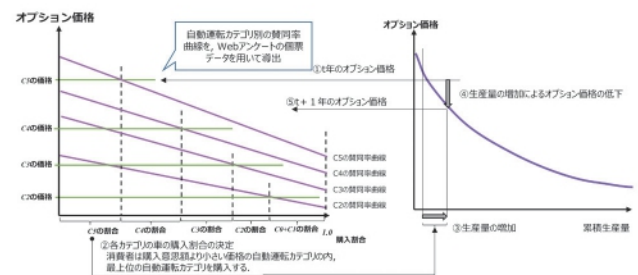


図2 動学モデルの考え方

(2) 静学モデル

静学モデルは、動学モデルとは異なり、乗用車のみを推計対象としており、ドライバー不要の自動運転車(Level 4/5相当)が実現した際の、定常状態における自動車の保有や利用の状況を推計するモデルである。

このモデルでは、自動運転車を利用した自動運転タクシーの他、乗合により料金が安価になる乗合自動運転タクシーの導入を想定し、それらの料金や待ち時間等の様々な要因によって、各交通モードの利用がどのような影響を受けるのかを推計することができる。

このモデルは、「交通サービスに与える影響分析」の内の「車の所有と利用、移動に関する消費者の選択構造の変化」で実施した消費者の交通モード選択に関するwebアンケート調査の結果を利用して構築した。このアンケートでは、図3で示すように6つの交通モードを設定し、平休日別、移動目的別、移動距離帯別に、各交通モードの移動時間や移動費用、乗合を含む自動運転タクシーの配車までの待ち時間が、生活者のモー

ド選択にどのような影響を与えるのかを調査している。静学モデルは、この調査結果を用いて構築した交通手段選択モデルを、そのコア部分として活用している。

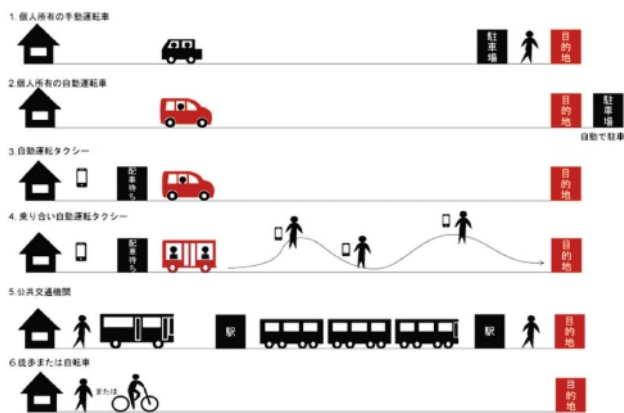


図3 静学モデルにおける交通モード

3 社会経済インパクト分析

3.1. 道路交通に与える影響分析

ここでは、「交通事故低減効果の推計」、「交通渋滞削減効果及びCO₂排出削減効果の推計」の2つを実施している。

(1) 交通事故削減効果

交通事故削減効果は、別施策「自動運転及び運転支援による交通事故削減効果の見える化」から、自動運転車普及による交通事故件数、死傷者数の低減効果の推計結果の提供を受け、ITARDA交通事故マクロデータを利用してこれを補正し、さらに内閣府調査⁽³⁾から得られる人体損傷程度別の経済的損失額を乗じて、その効果を金銭価値化するものである。この別施策のシミュレーションは、本研究の普及シミュレーション(動学モデル)結果を用いて実施されている。

ここで、アクティブセーフティ技術(安全運転支援システム・自動運転等)とパッシブセーフティ技術(エアバッグシステム等)は、社会に生じる便益において大きな2つの違いがある。第1は、両技術共に「自身の人体損傷程度の軽減」をもたらす点は共通しているが、アクティブセーフティ技術には、これに加え、外部経済として、事故の相手方当事者の人体損傷程度の軽減ももたらすという違いがある。第2は、アクティブセーフティ技術利用者には、事故の相手方当事者の人体損傷程度の軽減の裏返しとして、加害者としての心理的な負担(非金

銭的損失)も軽減されるという違いがある。第1の便益は、内閣府調査から得られる交通事故被害者1名当たりの経済的損失額と、自動運転車普及による交通事故被害者数の低減量を用いれば推計することができる。一方、第2の便益については、そもそも、「交通事故被害者1名当たりの加害者の経済的損失額」の数値が存在しないために、計測することができない。加害者になることを回避できるというのは、自動運転の価値を評価する上で極めて重要である。このため、本研究では、加害者としての心理的な負担(非金銭的損失)を、webアンケート調査を利用して新たに推定した。

このwebアンケート調査は、加害者調査と被害者調査で構成されている。加害者調査では、四輪車同士の事故で、自身の運転ミス(自身の過失割合は10を想定)によって相手方(1名を想定)を死亡させる確率を50%(または90%)軽減させるデバイスに対するWTP(1年間の利用料金)を2段階2肢選択方法で聞いている。一方、被害者調査では、四輪車同士の事故で、事故の相手方の運転ミス(自身の過失割合は0を想定)によって自身が死亡する確率を50%(または90%)軽減させるデバイスに対するWTPを聞いている。この分析の結果、両者に対するWTPの中央値には大きな差はないことが分かった。本研究では、この調査結果も取り入れた上で自動運転による交通事故削減効果の金銭価値化を実施している。

(2) 交通渋滞削減効果及びCO₂排出削減効果

自動運転車の追従時や自由走行時、車線変更条件・判断、反応遅れ時間等の挙動特性等の前提条件を設けた上で、将来の交通需要と、普及シミュレーション(動学モデル)で設定した自動運転車の普及率を考慮して、道路上での交通シミュレーションを実施すると共に、自動運転の導入効果についてSIP第1期「地域交通CO₂排出量可視化技術の開発及び実証」で評価された結果を活用し、交通渋滞削減効果とそれによるCO₂排出削減効果を推計した。

具体的には、図4に示すとおり、自動運転の普及を考慮した交通シミュレーションを実施し、渋滞削減量及びCO₂排出削減量の原単位を推計した上で、全国拡大推計を行う二段階の構成としている。

原単位の推計にあたっては、高速道路と一般道路を対象とし、高速道路についてはサグ部での渋滞削減を主に見込むものとして、該当する片側2車線区間及び

3車線区間において交通シミュレーションを実施した。特に3車線区間の選定にあたっては、SIP第1期の「地域交通CO₂排出量可視化技術の開発及び実証」で多くの知見が得られた区間を選定した。また、CO₂排出削減効果の推計にあたっては、EVの普及およびEVの種類ごとのCO₂排出量削減効果の違いについても考慮した推計を試行している。

全国拡大推計にあたっては、高速道路は国土交通省が作成する高速道路の交通状況ランキング(平成30年)の上位30区間を対象として、複数の車間時間、普及率想定別に拡大推計を行った。また、一般道路は、信号交差点を含む一般道路の中でも重要物流道路相当(直轄国道+高規格幹線道路)を対象を絞り、普及率想定別に拡大推計を行った。

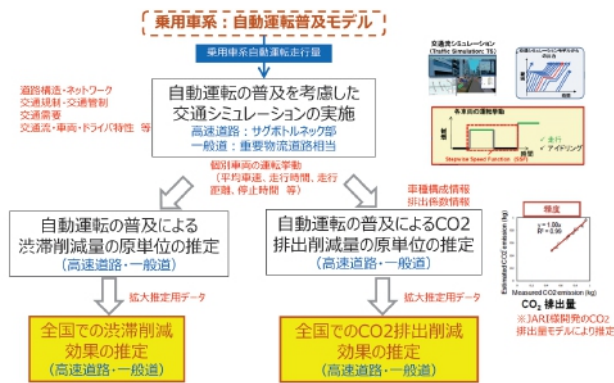


図4 交通渋滞削減効果及びCO₂排出削減効果の推定方法

3.2. 交通サービスに与える影響分析

ここでは、「交通制約者及び過疎地等の交通不便地域でのモビリティ確保」、「物流サービスのドライバー不足への対応」、「車の所有と利用、移動に関する消費者の選択構造の変化」の3つを実施している。「車の所有と利用、移動に関する消費者の選択構造の変化」の成果は2.(2)で紹介したので、「交通制約者及び過疎地等の交通不便地域でのモビリティ確保」、「物流サービスのドライバー不足への対応」について記述する。

(1) 交通制約者及び過疎地等の交通不便地域でのモビリティ確保

中山間地域では住民の少子高齢化や若者の都会への流出、企業の経営悪化とそれに伴う撤退などによって、本来は企業や住民が行うサービスを行政が担っている例が散見される。例えば、交通安全の啓発・広報や防犯パトロールといった業務は、都市部では町内会や地域の住民団体によって行われるが、中山間地域では行

政サービスとして実施されていることも多い。このような行政サービスには多くの労働力や費用が伴うが、企業や住民と同様に、行政においても人材不足が深刻化しているため、現在行政が担っているサービスの持続可能性は高いとは考えられない。そのため労働力と費用を節約し、いかに行政サービスを維持するかが中山間地域における最重要課題の1つであるといえる。本研究では、行政サービスの視点から、中山間地域において自動運転技術がどの分野のどの用途に導入可能であり、どのように活用が期待されるかを、行政サービスのために利用されている自動車の利用実態から検討している。さらに、中山間地域の自治体職員との対話により自動運転技術の導入効果とその課題について考察している。

(2) 物流サービスのドライバー不足への対応

将来時点でのトラックドライバーの供給人数、需要人数を複数のGDP推移前提条件の下で推計し、それらの差分として物流サービスのドライバー不足数を算出した上で、その不足数が、仮定する自動運転車の導入・普及シナリオの下でどの程度解消できるのかについて推計している。

具体的には、まず、物流サービスを担う将来のドライバー供給人数を、年齢階層別トラックドライバー数にドライバーを継続する人の割合(継続率)や、若年層で新規に就労する人の割合(新規ドライバー雇用率)を用いて推計した。次に、将来のトラックドライバー需要人数については、将来GDPから品目計及び品目別の生産額+輸入額を求め、この生産額+輸入額を用いて生成貨物量を推計し、そこから、将来の貨物車輸送トン数、さらに貨物車走行台キロを推計することで推計した。

次に、「官民ITS構想・ロードマップ」(2019)⁽⁴⁾における物流サービスの将来動向を踏まえ、表2の通り、物流サービスにおける自動運転車の普及シナリオを設定し、自動運転で置き換え可能な走行量と自動運転によるドライバー削減可能人数の推計を行った。

最後に、自動運転によるトラックドライバー不足軽減の経済効果を推計した。具体的には、ドライバー不足で輸送能力に制約が生じた場合の生産額+輸入額を基準にして、高速道路を走行する普通貨物車に自動運転を導入し、ドライバー不足が軽減(輸送能力が改善)することによって、生産額+輸入額がどの程度改善するかを推計し、これを経済効果とした。

表2 物流サービスにおける自動運転車の普及シナリオ

シナリオ	2025年	2035年	2040年
1 特定の高速道路（新東名、新名神）において、トラックの完全自動運転（後続車無人隊列走行の設定も実施）	開始	○ 達成	
2 4車線以上の高速道路において、トラックの完全自動運転		○	
3 限定地域（過疎地を中心とする地方部）を対象とした無人自動運転の配送サービス	開始	○ 達成	
4 限定地域（交通量の少ない都市部・都市部郊外を除く地域）を対象とした無人自動運転		○	○
5 一般道路を含む重要物流道路におけるトラックの完全自動運転			○

3.3. 産業・社会に与える影響分析

ここでは、「自動車の保有構造等の変化による自動車産業並びに産業全体への影響」と「生産性向上への貢献」の2つを実施している。

(1) 自動車の保有構造等の変化による自動車産業並びに産業全体への影響

自動運転車の実現には、多くのセンサーやソフトウェアなどの搭載が必要であり、生産に必要な投入物は、従来車とは異なる。本研究では、自動運転化のみならず電動化も考慮し、自動運転化と電動化に必要な自動車の構成部品の変化が、自動車産業や日本経済全体にどのような影響を与えるかを、電動車を対象にした先行研究⁶⁾の手法を参考に、産業連関表を用いて分析している。

具体的には、まず、自動運転化並びに電動化に必要な部品とその部品の産業部門を特定したうえで、自動運転車カテゴリ別・電動化種類別・投入産業部門別に部品コストの増加額ならびに減少額を推計した。次に、この部品コストの情報と普及シミュレーション（動学モデル）から得た自動運転車カテゴリ別・電動化種類別の新車台数から、将来の自動運転化・電動化を考慮した産業連関表の投入係数表を導出した。そして、この投入係数表を用いて、「乗用車部門」、「自動車部品・同付属品部門」、そして、日本の全産業部門を対象にして、自動運転化並びに電動化の生産額や雇用者数に与える影響を分析している。さらに、電動化や自動運転化のコストが変化した場合の感度分析も併せて実施している。

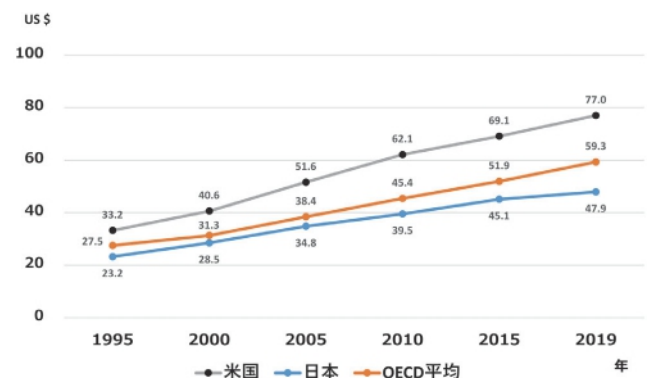
(2) 生産性の向上への貢献

人口減少時代に持続的な成長を達成するためには労働生産性を持続的に高める必要があり、そのためには技術進歩あるいはイノベーションが重要である。図5は、米国、日本、OECD加盟国全体の労働生産性（就業時間1時間当たりの付加価値）を1995から2019年まで示

したものである。これを見ると、1995年には、日本と米国、OECD加盟国全体との間にはそれほど大きな差はなかったが、その後、徐々に差が拡大し、2019年には、日本(47.9 US\$)は、米国(77.0 US\$)の62.2%、OECD加盟国全体(59.3 US\$)の80.8%の水準に止まっている。

この労働生産性を高めるためには、経済学では、資本装備率（労働者1人あたりの資本量）を増加させるか、あるいは、技術進歩あるいはイノベーションにより、全要素生産性（TFP：Total Factor Productivity）を上昇させるかのどちらかが必要とされる。ここでは、自動運転が、日本経済の労働生産性、全要素生産性を高める効果を分析している。一般的に全要素生産性の上昇率を上昇させる要因は、「資本の質の向上」、「労働の質の向上」、「経営効率の向上」等の変化に分類されるが、自動運転が、全要素生産性向上に及ぼす主な要因は、「資本の質の向上」によるものと考えられる。「3.2 (2) 物流サービスのドライバー不足への対応」に示すように、SAEレベル4の自動運転の導入によって、不足するドライバーを自動運転へ代替が可能となれば、これは、まさしく「資本の質の向上」の効果に相当する。本研究では、ここでは、「3.2 (2) 物流サービスのドライバー不足への対応」の結果を用いて、営業用と自家用に分けて、自動運転導入による労働生産性、全要素生産性の上昇を推計している。

一方、「経営効率の向上」の例としては、自動運転タクシーによる貨客混載などが挙げられる。仮に、制度面の条件が整い、旅客運送と貨物運送の双方を提供できるとすれば、自動運転タクシーは、高度な配車システムを利用することによって、人の移動と物の移動を、同一車両で効率的に実現できるようになる。この結果、主に「経営効率の向上」によって、全要素生産性が上昇することになる。



注)単位:購買力平価換算US\$

資料)日本生産性本部「労働生産性の国際比較」の付票8, 9, 10を用いて作成

図5 労働生産性(就業時間1時間当たりの国際比較)

4 おわりに

本稿では、2018年から2021年に実施した「自動運転による交通事故低減等へのインパクトに関する研究」で開発した、自動運転車の普及シミュレーション並びに社会経済インパクト分析の手法の概要を紹介した。今後は、この成果を用いて、具体的に自動運転のもたらす社会・経済への影響を、社会に向けてSIP-adusとして発信していくこととしている。

【参考文献】

- (1) Litman T., Autonomous Vehicle Implementation Predictions :Implications for Transport Planning, Victoria Transport Policy Institute (2018) <http://www.vtpi.org/avip.pdf> (参照 2019.02.02)
- (2) Trommer S., V. Kolarova, E. Fraedrich, L. Kröger, B. Kickhöfer, T. Kuhnimhof, B. Lenz, P. Phleps, Autonomous Driving: The Impact of Vehicle Automation on Mobility Behavior, Institute for Mobility Research (2016) <https://www.ifmo.de/publications.html?t=45> (参照 2021.06.25)
- (3) 内閣府政策統括官(共生社会政策担当)「交通事故の被害・損失の経済分析に関する調査 報告書」(2017) <https://www8.cao.go.jp/koutu/chou-ken/h28/index.html> (参照 2021.05.25)
- (4) 官民ITS構想・ロードマップ2019：
<https://www.kantei.go.jp/jp/singi/it2/kettei/pdf/20190607/siryu9.pdf>
- (5) 間瀬貴之「産業連関表における電動車部門の推計と電動車の生産台数シェア上昇のシミュレーション分析」一般財団法人電力中央研究所社会経済研究所ディスカッションペーパー (SERC Discussion Paper), SERC18001 (2019) <https://criepi.denken.or.jp/jp/serc/discussion/download/18001dp.pdf> (参照 2021.06.21)

【執筆者詳細】

須田 義大・東京大学・モビリティ・イノベーション連携研究機構 (UTmobl)・機構長, 教授・制御動力学
三好 博昭・同志社大学・政策学部・教授・公共経済学

交通事故削減効果の見える化 —シミュレーション精度の向上

大田浩之, 内田信行, 安達章人, 北島創 (一般財団法人日本自動車研究所)

自動運転車及び運転支援車の円滑な導入や利用を促進するためには、社会的受容性を醸成することが必要である。本施策では、交通参加者が各々に、知覚・認知、判断及び操作を行うマルチエージェント型のシミュレーション (SIP 第1期「自動走行システム」施策⁽¹⁾にて開発) を用い、選定したモデル都市の交通環境を再現し、その中にドライバの脇見などの事故発生要因を実装することにより現実の事故発生状況を再現した。また、別施策「自動運転による交通事故低減等へのインパクトに関する研究」より提供される2015年度から2050年度まで5年おきの自動運転(運転支援)システムの普及シナリオを用いて交通事故削減効果の推計を行った。自動運転(運転支援)システムの普及シナリオは車両区分ごとに異なるため、車両区分を細分化し、乗用車、乗合、貨物などの区分ごとに自動運転(運転支援)システムの普及率を設定した。全国規模の交通事故削減効果は、モデル都市を対象としたシミュレーションから算出される交通事故削減割合を用いて交通事故統計データより推計した。

1 施策概要

自動運転技術・運転支援技術の実用化・普及に向けた社会の期待が高揚する中、自動運転車及び運転支援車の円滑な導入や利用を促進するためには、社会的受容性を醸成する必要がある。「官民ITS構想・ロードマップ2019」⁽²⁾においても、「交通参加者においては、自動運転車を利用する、しないに関わらず、自動運転車の使用に関する知識の習得、理解の向上が必要となる。自動運転車に関する正しい知識を通じ、自動運転機能の過信や誤解による事故を防ぐことができ、社会全体の社会的受容性の確保にもつながると期待される」などとされている。

本施策は、交通環境再現型シミュレーションを用いて、本稿4(1)で定義するモデル都市での自動運転技術及び運転支援技術による交通事故削減効果を算出し、自動運転車及び運転支援車の普及率に応じた全国規模での交通事故削減効果を推計し、社会的受容性の醸成に資する成果物を得ることを目指すものである。

2 シミュレーション概要

交通事故削減効果推計の精度を向上させるためには、各交通参加者(ドライバ、歩行者、自転車)のエラー

などの事故要因も含めた行動モデルを可能な限り忠実にシミュレーションに織り込むことが求められる。すなわち、本施策で使用する交通環境再現型シミュレーションは、図1に示すように各交通参加者が、知覚・認知、判断及び操作を自律的に行う主体(エージェント)となり、相互の行動に影響し合うマルチエージェント方式のシミュレーションである。

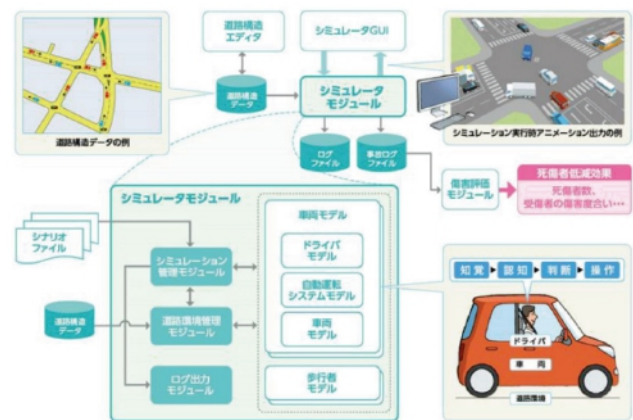


図1 システム構成

図2は、モデル都市(所沢市)におけるシミュレーション実行環境を構築する流れを示している。モデル都市の主要部(幹線道路、鉄道駅、役所・役場等)を含む数km四方のエリアを選定し、そのエリアの衛星写真から道路ネットワークを抽出する(①)。つぎに、国土交通省が5年毎に実施している全国道路・街路交通情勢調査(以下「道路交通センサス」という)のデータに基づいてエリア内の主要な道路の交通量を調査す

る(②)。さらに、ドライバエージェントや歩行者エージェントに、交通事故の要因となるエラー行動を織り込むことにより、交通事故を再現させることができる。その発生地点をシミュレーション内で集計した結果と、都道府県警が公開している実際の事故発生地点(③)を比較することで事故発生状況の再現性を確認することができる。これらによって事故低減詳細効果を見積もるためのシミュレーション実行環境をモデル都市毎に構築することができる。



図2 シミュレーション全体イメージ

3 交通参加者の行動モデル

交通事故削減効果推計の妥当性を高めるために、各交通参加者(ドライバ, 歩行者, 自転車)の行動モデルと自動運転(運転支援)システムモデルを下記の(1)~(3)に示す通り詳細に設定した。

(1) ドライバモデル

本施策では、知覚・認知、判断及び操作といったドライバの行動プロセスを踏まえて作成したドライバモデルを使用した(図3参照)。「知覚・認知」では、ドライバの視線の方向(視野)を考慮し、視野の範囲内に存在する車両・歩行者の位置、速度などの情報を取得するようにした。交通事故の要因の一つである脇見行為については、脇見を行う時間の間隔や脇見の継続時間を設定し、その間の車両・歩行者の位置、速度などの情報取得を停止することで再現した。「判断」では、一例としては先行車との相対速度や車間距離に応じた加減速等を決定し、「操作」にて、判断結果に基づくアクセル・ブレーキ・ステアリング操作を行う。加えて、知覚・認知、判断及び操作の各プロセスにおいて、一定確率でドライバエラーが発生するよう設定した。

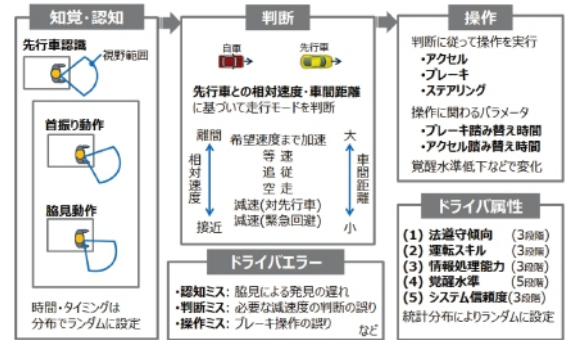


図3 ドライバモデル

(2) 歩行者・自転車モデル

歩行者事故の中で特に死亡事故件数が多い「単路横断の歩行者飛び出し」(図4参照 横断速度及び横断角度を実装)に加え、次に死亡事故件数が多い「交差点横断」を再現できる歩行者モデルを実装した。一定確率で、横断歩道以外の車道を横断する歩行者、歩行者用信号を無視し横断する歩行者や、右左折をする車両のドライバエラーにより歩行者を認知していないなどの要因で「交差点横断」の歩行者事故が発生する。

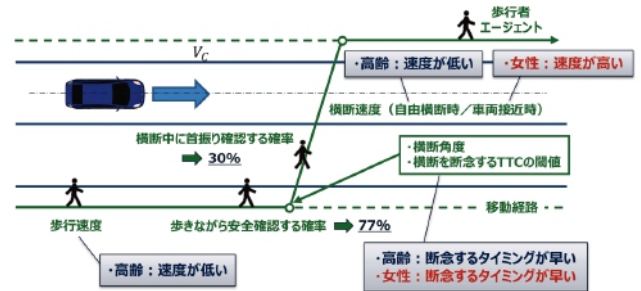


図4 単路横断の歩行者飛び出しモデル

また、自転車モデルに関しては、自転車が交通事故の被害となる場合のみを対象とし、特に交通事故発生件数の多い出会い頭事故、左折巻き込み事故及び右直事故をシミュレーション上で再現した。

(3) 自動運転(運転支援)システムモデル

図5に自動運転(運転支援)システムの作動条件を示す。

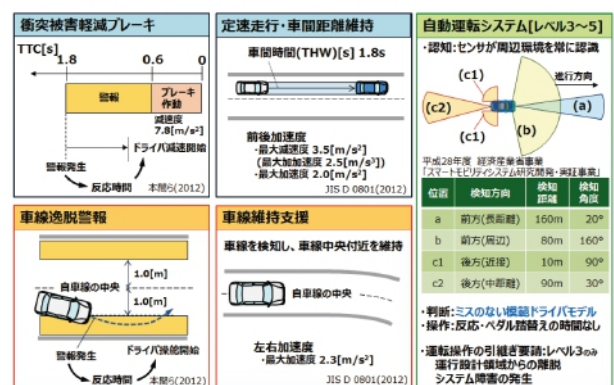


図5 自動運転システムの作動条件

衝突被害軽減ブレーキ機能は、本間亮平ほか⁽³⁾の論文を参照して作動条件を設定した。自車と先行車との車間距離を相対速度で除したTTC (Time to Collision : 衝突余裕時間) が1.8[s]になった場合に警報が発生し、その警報に対してドライバの反応特性を考慮した反応時間が経過した後にドライバエージェントによる減速が始まる。このとき、ドライバエージェントが反応しない場合(例えば、居眠りのような覚醒水準が低い状態)は、TTCの値が減少して0.6[s]になった場合に自動ブレーキが作動するように設定し、自動ブレーキの最大減速度は $7.8[m/s^2]$ とした。定速走行・車間距離維持機能は、日本工業規格(JIS0801)⁽⁴⁾が規定している内容を参照して作動条件を設定した。自車と先行車との車間距離を自車速度で除したTHW (Time Head Way : 車間時間) が1.8[s]になるように先行車との相対速度を制御するように加速・減速が行われる。このとき、規格の規定を参照して、前後方向の加速度の設定値は、最大減速度を $3.5[m/s^2]$ 、最大加加速度を $2.5[m/s^2]$ 、最大加速度を $2.0[m/s^2]$ とした。車線逸脱警報は、自車が走行できる車線の中央から車両の中心が左右に1[m]以上離れた場合に警報が発生し、衝突被害軽減ブレーキと同様の反応特性を考慮した反応時間でドライバエージェントが操舵を始める。車線維持支援機能については、前記の定速走行・車間距離維持機能に関する規格⁽⁴⁾において曲線道路対応能力として規定されている内容を参照して作動条件を設定した。規格では性能クラスをI~IVで分類しており、曲線半径が500[m]まで対応できるものをクラスII、曲線半径250[m]まで対応できるものをクラスIII、曲線半径が125[m]まで対応できるものをクラスIVとしている。本施策で設定する機能はクラスIIIの性能を具備しているものと仮定し、車線を検知して車線中央付近を維持するための左右方向の最大加加速度は $2.3[m/s^2]$ を採用した。

自動運転システムモデルは、ドライバエージェントと同様に、センサによる「知覚・認知」、コンピュータによる「判断」、アクチュエータによる「操作」にて構成した。「知覚・認知」については、経済産業省の施策⁽⁵⁾で検討されたセンサ構成・検知角度・検知距離を参照して、前方(長距離)、前方(周辺)、後方(近傍)、後方(中距離)を「知覚・認知」するようにした。「判断」については、判断エラーが発生しない模範ドライバ相当のモデルで代用し、「操作」についても、ドラ

イバエージェントの場合に考慮される反応時間やペダル踏み替え時間を無くして実装した。

自動運転(運転支援)システムのレベル3自動運転車の運転操作の引継ぎ時の仕様に関しては、すでに実用化されているレベル2運転支援車両のドライバに対する調査・研究を参考に設定した⁽⁶⁾。自動運転システムからの引継ぎ要請は、図6に示すようにODD外となる10秒前になされるものと仮定した。過信ドライバに対しては、自動運転システムから運転操作を引き継がず、その結果、全ての場合でミニマル・リスク・マヌーバー (Minimal Risk Maneuver, 以下「MRM」という。) が引継ぎ要請の発令後10秒後に作動するように設定した。MRMでは、操舵角一定で急ブレーキとならない減速度 ($2.94[m/s^2]$)^{(7),(8)} で減速・停止するように設定した。

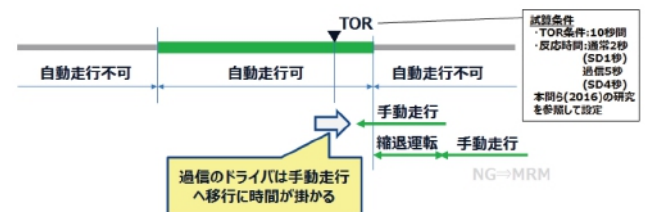


図6 レベル3自動運転車の運転操作の引継ぎ時の仕様

4 シミュレーションデータ作成及びシミュレーション実行条件の設定

車両区分ごとに異なる自動運転(運転支援)システムの普及率でシミュレーションを行うために、モデル都市の選定を(1)、シミュレーションデータの作成及び実行条件の設定を(2)~(8)に示す。

(1) シミュレーションモデル都市の選定

本施策では、代表的なモデル都市を選定し、それらのモデル都市を対象にシミュレーションを実行した上で、その結果に基づき、全国規模の交通事故削減効果の推計を行うこととした。具体的には、「日本自動車工業会 中長期モビリティビジョン検討会:中長期モビリティビジョン(2018)」を参考にして、全市区町村を、都市の規模及び交通事故発生状況の観点から大都市・地方都市・過疎地に分類し、それぞれの分類ごとに最も平均的な特徴を有する市区町村(大都市:埼玉県所沢市、地方都市:茨城県常総市、過疎地:長野県山ノ内町)をモデル都市として選定した(図7参照)。

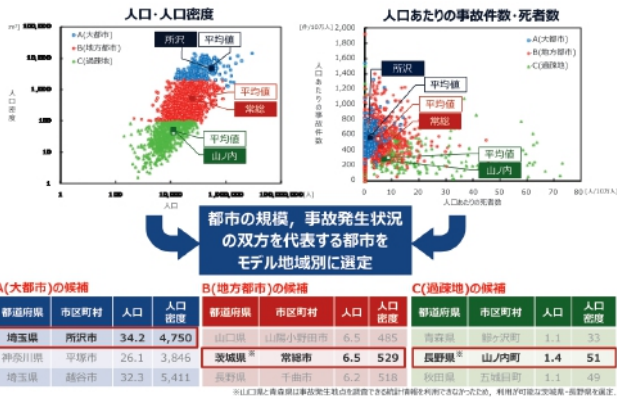


図7 モデル都市の選定



地図データ@Google

図10 シミュレーション対象領域の地図データへの交通規制情報の設定(埼玉県所沢市)

(2) 車両モデルの設定

本施策では、別施策「自動運転による交通事故低減等へのインパクトに関する研究」より提供される普及シナリオに合致した図8に示す車両区分ごとの車両モデルを定義した。

乗合 小型車	小型車	軽四輪車
単位等 数値	単位等 数値	単位等 数値
車長 [m] 6.995	車長 [m] 4.495	車長 [m] 3.650
車幅 [m] 2.065	車幅 [m] 1.745	車幅 [m] 1.665
車重 [kg] 3,710	車重 [kg] 1,310	車重 [kg] 910
乗合 普通車	普通車	軽貨物車
単位等 数値	単位等 数値	単位等 数値
車長 [m] 11.99	車長 [m] 4.910	車長 [m] 4.475
車幅 [m] 2.49	車幅 [m] 1.800	車幅 [m] 2.065
車重 [kg] 13,180	車重 [kg] 1,690	車重 [kg] 350
小型貨物	自動二輪	特種車両
単位等 数値	単位等 数値	単位等 数値
車長 [m] 4.690	車長 [m] 1.990	車長 [m] 4.910
車幅 [m] 1.695	車幅 [m] 0.710	車幅 [m] 1.800
車重 [kg] 2,000	車重 [kg] 167	車重 [kg] 1,690
普通貨物	自転車	
単位等 数値	単位等 数値	
車長 [m] 5.280	車長 [m] 1.850	
車幅 [m] 2.080	車幅 [m] 0.580	
車重 [kg] 2,770	車重 [kg] 20	

図8 車両区分ごとの車両モデル

(3) 交通規制情報の設定

警察庁から提供されたモデル都市の歩行者信号情報を含む信号現示情報及び交通規制情報について、測地系変換(座標変換)を行い、地図データに設定した。(図9, 10参照)



地図データ@Google

図9 信号現示情報の設定地点(埼玉県所沢市の例)

(4) 規制速度・実勢速度の設定

シミュレーションを実行するにあたり、自動運転車は規制速度以下の速度で走行するようにしたが、ドライバ車両は実勢速度に基づいて走行するために、地図の車線情報に図11に示すように規制速度と実勢速度の2つの速度情報を設定した。規制速度については、警察庁より提供された値を設定し、実勢速度については、平成20年度「規制速度決定のあり方に関する調査研究」報告書を参考に設定した。また、図10に示す通り所沢市では、ゾーン30が設定されているため、その内部は、規制速度を30[km/h]に設定した。



図11 道路情報における規制速度と実勢速度の設定

(5) 歩行者・自転車情報の設定

各モデル都市の県警が公開している事故発生状況及び発生地点を調査し、事故が多い地点に歩行者、自転車の走行経路を設定した。また、自転車及び歩行者の交通量の設定に必要な基礎データを取得するために、当該現地で交通量調査を行い、その集計結果を地図データに設定した。(図12参照)

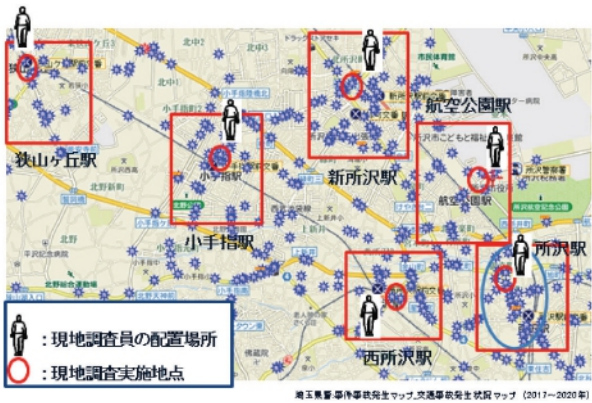


図12 歩行者事故発生地点及び交通量調査地点
地図データ@Google

(6) モデル都市における交通量の設定

本施策では、国土交通省より提示いただいた全国道路・街路交通情勢調査 自動車起終点調査(以下「OD調査」という)と自動車保有台数調査をもとに、車両区分ごとの交通量を図13に示す変換方法にて算出した。

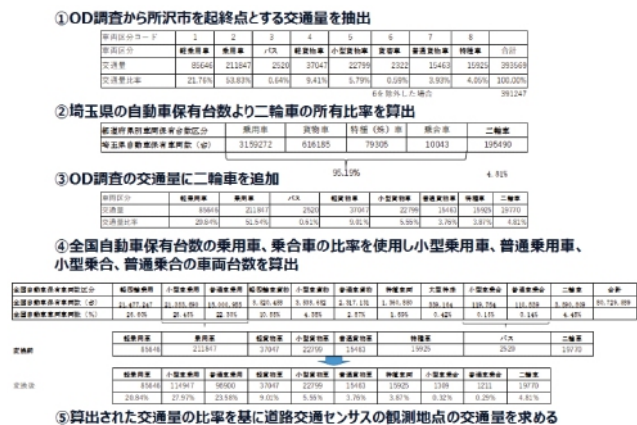


図13 OD調査に基づく交通量按分方法

従来使用していた道路交通センサスでは車両区分が普通車と大型車の2区分であったが、精度向上のために、OD調査における車両区分と自動車保有台数調査における車両区分を参考に、道路交通センサスの交通量を全10区分に按分し、シミュレーションで使用する交通量とした。(図14参照)

注：ODのOは起点(Origin), Dは終点(Destination)を表し、本施策においては、交通参加者(車両, 歩行者, 自転車)のシミュレーション上への出場退場地点を指す用語として用いる。

平成27年度全国道路・街路交通情勢調査 一般交通量調査 箇所別基本表

線番	路線名	交通量観測地点地名 市 区 丁 目 郡 町 字	基幹12時間自動車交通量			24時間自動車交通量		
			上下合計		上下合計			
			小型車 (台)	大型車 (台)	合計 (台)	小型車 (台)	大型車 (台)	合計 (台)
①	463 一般国道4 6 3号	所沢市牛沼437-5	11488	2447	13935	15612	3340	18952
②	463 一般国道4 6 3号	所沢市有楽町14-14	11513	2431	13944	15654	3310	18964
③	463 一般国道4 6 3号	所沢市西所沢2-4-12	8014	1028	9042	10464	1471	11935
④	463 一般国道4 6 3号	所沢市林3丁目54番地7号	23183	2317	25500	31789	4931	36720
⑤	463 一般国道4 6 3号	所沢市東所沢1丁目177番地6号	12698	965	13663	16681	1764	18445
⑥	4 東京所沢線	所沢市北所沢125	11785	1464	13249	15551	2203	17754
⑦	4 東京所沢線		6133	828	6961	8801	1292	10093
⑧	6 川越所沢線	所沢市上野松1286-7	8737	1249	9986	11511	1770	13281
⑨	50 所沢狭山線	所沢市北所沢258番地34号	8719	649	9368	12433	914	13347
⑩	55 所沢狭山線	所沢市上野松190番地元	4926	674	5600	7008	975	7984
⑪	179 所沢青梅線	所沢市所沢1746番地元	8920	1781	10701	12496	2661	15157
⑫	223 狭山ヶ丘停車場線	所沢市西狭山ヶ丘1-2421	7142	1060	8202	9306	1439	10745

平成 27 年度 全国道路・街路交通情勢調査一般交通量調査 集計表 (道路交通センサス 抜粋)

OD調査に基づく交通流(最終シミュレーションに使用)

	軽乗用車	小型乗用車	普通乗用車	小型乗用車	普通乗用車	軽貨物	小型貨物	普通貨物	特種	自転車
合計	20.84%	27.97%	23.57%	0.32%	0.29%	9.01%	5.55%	3.76%	3.87%	4.81%
①	14639	3050	4094	3451	47	43	1319	812	551	567
②	14649	3052	4097	3453	47	43	1320	813	551	568
③	9459	1979	2656	2239	30	28	856	527	357	368
④	25789	5582	7491	6315	85	79	2414	1486	1008	1038
⑤	14353	2991	4014	3384	48	42	1294	796	540	556
⑥	13918	2990	3892	3281	44	41	1254	772	524	539
⑦	7313	1524	2045	1724	23	22	659	406	275	283
⑧	10491	2186	2934	2473	33	31	946	582	395	406
⑨	9841	2051	2752	2320	31	29	887	546	370	381
⑩	5883	1226	1645	1387	19	17	530	326	221	228
⑪	11242	2342	3144	2650	36	33	1013	624	423	436
⑫	8616	1795	2410	2031	27	25	777	478	324	334

OD調査に基づき道路交通センサス情報を按分

図14 所沢市のシミュレーションで使用する交通

(7) 交通事故統計の設定

交通事故総合分析センター(以下「ITARDA」という)より入手した交通事故統計データを、図8で定義した車両区分ごとに変換し再集計を行った。再集計にて求められた事故発生比率をシミュレーションで再現するように実行パラメータを設定した。なお本施策で使用するシミュレーションは、図15に示すITARDAで分類している29の事故類型のうち、赤く示した8種の事故を取り扱っており、事故件数の約70[%]を再現する。

大分類	詳細分類
人対車事故	対面通行中、背面通行中、横断歩道横断中(注)、横断歩道付近横断中、歩道横断付近横断中、その他横断中、路上遊戯中、路上作業中、路上停止中、路上横断、その他
車両相互事故	正面衝突、追突、出会い頭、追越・追抜、追路変更時、すれ違い時、左折時、右折時、横断時、転回時、後追突時、その他
車両単独事故	工作物衝突、駐車車両衝突、路外逸脱、転倒、その他
列車事故	

(注) 但し、交差点での横断歩道横断のみ。

図15 ITARDAにおける事故分類

(8) 普及シナリオの設定

自動運転(運転支援)システムの普及率は、別施策「自動運転による交通事故低減等へのインパクトに関する研究」より提供される普及シナリオに基づいて算出している。別施策による普及シナリオはSAEの運転自動化レベルでの区分ではなく、また普及率ではなく走行距離として与えられるため、各走行距離の比率で自動運転(運転支援)車が普及していると考えて、SAEレベルでの普及率に換算した。(図16参照)ただし、今回提供いただいた普及シナリオにおいてはSAEレベル5に関しては現時点では

予測困難なため2050年度まで普及率0[%]と仮定した。

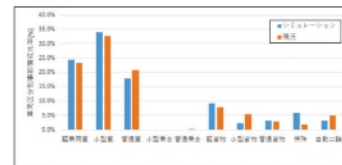
普及シナリオ	走行距離 (km)									
	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050	2050	2050
乗用	1941284200	1543791800	996287200	448214300	152783400	307487400	85041900	4832100		
軽自動車	474417700	481217700	1962919100	1459541900	15980349200	1563288400	1410121700	11987438100		
軽乗用車	0	293208200	40722000	92912000	199939800	62624300	21484400	524100		
乗用車	0	18693900	122891000	13481900	102967800	64437600	40801200	33078900		
軽乗用車	0	0	296139100	149234800	127918300	87476200	419955400	12909400		
乗用車	0	0	42483400	248373300	248373300	427794200	525448960	5223779300		
乗用車	0	0	0	0	0	0	0	0		
合計	241572200	1823076200	392076200	22305069200	21897844400	26258708700	17658161700			

普及シナリオ	各年度ごとの普及率イメージ									
	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050	2050	2050
乗用	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
軽自動車	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
軽乗用車	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
乗用車	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
乗用車	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%

図16 普及シナリオから普及率への変換

(2) 事故発生状況の再現性確認

ITARDAから入手した交通事故統計と各モデル都市で公開されている交通事故発生地点のデータとシミュレーションで発生した交通事故の結果を比較し、交通事故発生比率と交通事故発生地点の観点で、シミュレーション結果と事故実態がほぼ一致していることを確認した。(図18参照)



地図データ@Google 埼玉県警察: 事件事故発生マップ

図18 交通事故発生状況比較(所沢市)

5 シミュレーション結果の確認

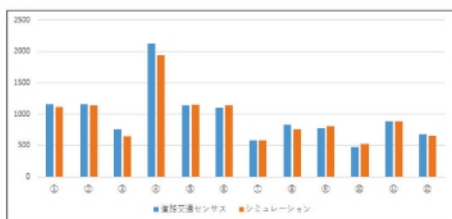
交通事故削減効果の推計は、以下の(1)～(4)のプロセスを経て行われる。(1),(2)は、シミュレーションが現実の交通量や事故を再現できているかの妥当性確認である。

(1) 交通量の再現性確認

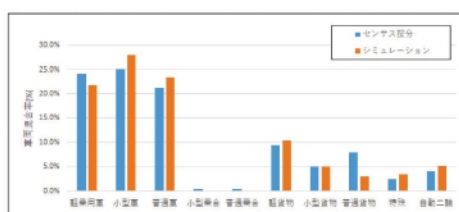
モデル都市(埼玉県: 所沢市, 茨城県: 常総市, 長野県: 山ノ内町)の道路交通センサス観測地点での交通量が現実の交通量と合っていることを、図17に示すように、交通量と車両混在率の2つの観点から確認した。



地図データ@Google



観測地点ごとの交通量比較



モデル都市(所沢市)における車両混在率

図17 観測地点における交通量比較

(3) 自動運転(運転支援)システムによる交通事故削減率の算出

図19は、大都市モデル(所沢市)について、自動運転(運転支援)システムの普及率を用いてシミュレーションを実行した際の、2015年の交通事故件数に対する事故の削減率を算出したものである。

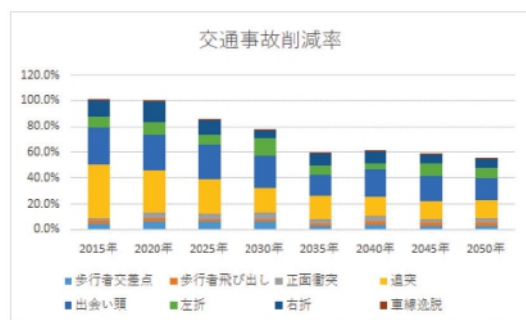


図19 所沢市における交通事故削減係数算出

(4) 全国規模における交通事故発生状況の推計



図20 モデル地域の交通事故件数より全国規模推計

図20は、本稿5(3)と同様な手法に基づき、本施策において設定したモデル都市（大都市，地方都市，過疎地）ごとの交通事故削減率を算出した上で、それぞれが、全国の市区町村におけるモデル地域を代表する値であると仮定し、全国のモデル地域ごとの交通事故発生件数及びそれらを積算することによって全国規模の交通事故発生状況を推計したものである。

の一考察，pp.2(2004):

http://library.jsce.or.jp/jsce/open/00039/200411_no30/pdf/228.pdf

- (9) 平成20年度規制速度決定の在り方に関する調査研究報告書，pp.4-17(2008)

6 おわりに

本施策においては、現実の交通量や事故などの統計データを用いてシミュレーションの妥当性を検証した。また、本シミュレーションをもとに、交通規制情報及び別施策「自動運転による交通事故低減等へのインパクトに関する研究」より提供された自動運転（運転支援）システムの普及シナリオなどの前提条件を設定することによって、システムの導入による交通事故削減効果をより高精度に推計できることを示した。今後、「自動運転による社会・経済に与えるインパクト評価と普及促進策に関する研究」において、社会経済インパクト評価のため、自動運転の普及シナリオごとの交通事故低減効果等の推計を進めて行く。

【参考文献】

- (1) 経済産業省：平成30年度経済産業省委託施策「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」
- (2) 官民ITS構想・ロードマップ2019：
<https://www.kantei.go.jp/jp/singi/it2/kettei/pdf/20190607/siryu9.pdf>
- (3) 本間亮平ほか：前方車両衝突防止支援システムの効果予測：危険の予期が低いドライバの衝突予知警報に対する反応特性，自動車技術会論文集，Vol.43，No.3，pp.769-775，2012
- (4) 日本工業規格：高度道路交通システム—アダプティブ・クルーズコントロールシステム（ACC）—性能要求事項及び試験手順（JIS0801:2012），pp.6-12，2012
- (5) 経済産業省：平成28年度スマートモビリティシステム研究開発・実証事業「安全設計技術の開発」
- (6) Vehicle Owners' Experiences with and Reactions to Advanced Driver Assistance Systems: <https://aaafoundation.org/vehicle-owners-experiences-reactions-advanced-driver-assistance-systems/>
- (7) 橋本成仁：平成26年度交通安全フォーラム 基調講演7，2014：
<https://www8.cao.go.jp/koutu/keihatsu/forum/h26/pdf/kouen7.pdf>
- (8) 樋口恒一郎ほか：ヒヤリハットデータを用いたアウトカム指標