

都市と交通

通巻120号

巻頭言：都市における自動運転の実装

名古屋大学 未来社会創造機構 モビリティ社会研究所
教授 森川 高行…………… 1

特集：今後の自動運転の実装に向けて

1. 総論
～群馬大学 次世代モビリティ社会実装研究センター
副センター長 小木津 武樹…………… 2
2. 各論
◆都市交通における自動運転の社会実装に向けて…………… 4
◆ニュータウン分科会中間とりまとめ…………… 7
◆基幹的なバス分科会の取組み…………… 9
3. 取組事例
◆前橋市における自動運転バス実証実験の歩み…………… 11
◆大津市における自動運転実装に向けた取組み…………… 13
◆神奈川中央交通株式会社における
自動運転バスの社会実装に向けた取組み…………… 15
◆自動運転における高精度地図の活用
～ダイナミックマップ基盤株式会社…………… 17

公益社団法人 日本交通計画協会
編集協力 国土交通省都市局街路交通施設課



丘陵住宅地を走行する中型自動運転バス（沼津市）



ミニバン型乗用車の自動運転実証実験（沼津市）
(写真提供: 小木津武樹)



ベルンEZ10 (仏、easy MILE社)



低速電動小型バス「eCOM-10」(グリーンスロー
モビリティ)の自動運転実証実験（大分市）
(写真提供: 小木津武樹)



びわ湖大津プリンスホテルを出発する
中型自動運転バス（大津市）



中央前橋駅を出発する自動運転バス（前橋市）

巻頭言

都市における自動運転の実装

名古屋大学 未来社会創造機構 モビリティ社会研究所
教授

森川 高行



1. 現実的な自動運転の活用へ

自動運転の記事が新聞に掲載されない日はないという数年前の「自動運転バブル」とも言うべき時期は過ぎ、最近ではオーナーカーにせよサービスカーにせよ、現技術レベルでの実装に向けた現実的な取組みが主流になってきた。運行設計領域（ODD）を選ばないレベル5完全自動運転の夢は持ちつつも、そこに至る途中段階の技術をさまざまな社会課題解決に活かそうという動きである。これはカーメーカーによるオーナーカーよりも、さまざまな社会課題解決に直接取り組むサービスカーの自動運転化において顕著である。

現時点での日本の一般道での自動運転はすべてレベル2以下である。政府の定義によるとこれは自動運転ではなく、運転支援に相当する。しかし、オーナーカーに装備されているレベル2（たとえばACCと車線逸脱防止）と違い、サービスカーでのレベル2公道実証実験は、ほとんどのタスクをシステムが行うが、車線変更や右折などの高度な判断が必要な局面でドライバーが介入するという、ODD内ではドライバーレスとなるレベル4を間近な視野に入れた取組みになっている。

レベル4になれば、運転者不足に直面しているサービスカー運営者には大きな恩恵になることは明らかであるが、現時点でのレベル2相当でも役に立つと考えている。それは、ドライバーの運転タスクを大きく軽減でき、運転にさほど自信のない高齢者や主婦でもサービスカーのドライバーになれる可能性を高めるからである。さらに、人の判断が必要な局面が少なくなれば、それを遠隔操作で行うことによって一人の遠隔操作者が複数のサービスカーを運転できることになる。

そうすると、自動運転サービスカーが現時点で目指す方向は、いかにドライバーの介入を少なくするかということと、サービス向上のためにいかにODDを広げられるかということになる。

2. 一般道でのレベル4への道

一般道における現在のレベル2自動運転サービスカーでのドライバー介入を減らすには、大きく2つの方向性がある。1つ目は、運転知能の改善である。ここにはセンサー類の機能向上も含まれる。たとえば、障害物検知にレーザーキャナー（LIDAR）を使う場合は、長い測定距離と高い測点密度が求められる。運転知能の「判断」ソフトウェアの向上には、実証実

験の蓄積による人工知能の高度化が必要になる。これらの情報技術的課題は技術開発により次第に解消されていくであろうが、完全自動運転レベル5にいつ到達できるかは依然不明である。

人の介入を減らすもう1つの方向性は、自動運転車を取り巻くインフラとの協調や周辺交通参加者の協力を求めることである。たとえば、右折時の対向直進車とのギャップ判断や、右左折時の横断者とのコンフリクト判断で人の介入を要することが多い。信号交差点でこの介入を減らすには、青矢時のみ右折できる現示に切り替えたり、歩車分離の現示を採用したりすることが有効である。もっと基本的なところでは、単路部で歩車分離、つまり物理的に隔離された歩道を設置することで自動運転車は格段に走りやすくなる。

周辺交通参加者の協力という点での最もわかりやすい例は、違法路上駐車禁止の徹底である。自動運転による路上駐車車両の回避は意外に困難で、ドライバーの介入を要することが多いので、駐車禁止の徹底は非常に有効である。緊急車両並みにとまでは言わないが、自動運転車を優先して走行させてくれるルールが徹底されれば、コンフリクト判断での介入は激減するであろう。その他、道交法の特例となろうが、信号なし横断歩道で歩行者が横断するときはその旨を自動運転車に伝える情報通信装置を導入すれば、横断歩道付近での通行者の行動予測判断が大きく軽減されるであろう。

3. 社会実装されるためには

さらに、レベル2～4自動運転のサービスカーが社会実装されるためには、2つの課題がある。1つ目はビジネスモデルがあること、つまり経済的合理性である。運転者または運転支援者が1台に一人ずつ乗っている場合には、その人件費が現在のドライバーのそれより安く済み、その人材が比較的容易に見つけられることが求められる。そのためには、二種免許免除などの措置により、高齢者や主婦が担いやす環境を作ることが有効である。

次に社会的受容性の課題がある。上記のような自動運転車は、当面は手動運転車のようにスムーズに走行することはできない。また、インフラの調整により手動運転車に若干の不便を強いることもあろう。このような状況が受容されるためには、自動運転サービスカーが社会的便益をもたらすことを示し、社会に理解され、浸透させなければならない。

1

総論

群馬大学 次世代モビリティ社会実装研究センター 副センター長 小木津 武樹

1. はじめに

近年、自動運転の社会実装に向けた活動が世界的に加速しています。カーメーカーの動きにおいては、本田技研工業株式会社のレジェンドという車種でSAE自動運転レベル3での市販が開始されたことをはじめ、オーナーカーに高度な自動運転関連技術を取り入れる流れが着実に進んでいます。これらの技術は、交通事故、渋滞、運転手負荷といった交通課題の解決を目的に、今後も運転支援の延長線上として徐々に進化させる自動運転関連技術の研究開発の軸となるでしょう。

他方、特に日本においては並行して、地方部の公共交通の弱体化とオーナーカー依存という別の交通問題の解決が求められています。これは、日本の少子高齢化、地方過疎化といった社会的課題に端を発しています。地方部では、元々オーナーカー依存が高い傾向があり、公共交通機関の発達が十分でない土壤にありましたが、少子高齢化や過疎化の影響で、公共交通のドライバーへの若い成り手が減り、さらなる減便や路線縮小が続いている状況です。加えて、高齢化による運転能力の低下から、免許を手放さざるを得なくなることで、移動手段を失ってしまう状況も増えつつあります。いわば地域交通の弱体化のスパイラルに陥っているのです。

そうした中、弱体化のスパイラルを断つために、乗り合いタクシーやオンデマンド、MaaSや自動運転といったさまざまな技術やサービスが提案され、実験されています。その中でも自動運転技術は、減少するドライバーの代替として機能できることから、問題の根本的解決が期待できる技術として注目されています。自動運転以外の技術はいわばドライバーの効率的活用的手段であり、ドライバーの減少が進めばいずれ限界を迎える可能性があります。自動運転の場合、おそらくいくつかの制約はありますが、ドライバーが減少しても稼働し続けることができます。

筆者は、こうした自動運転技術の魅力に注目し、2004年から自動運転システムの研究開発に携わり始めました。2016年12月には国立大学法人群馬大学に次世代モビリティ社会実装研究センターが設立され、自動運転プロジェクトの統括として、技術開発のみならず、社会実装に向けた導入モデル構築を検討してきました。2020年7月には日本モビリティ株式会社が設立され、自動運転の社会実装に向けたビジネスモデルの構築に視野を広げ活動を進めています。

そこで本稿では、筆者の最近の取組みの中から見えてきた、自動運転の社会実装に向けた課題と解決策のうち、実証実験に焦点を当てて論じます。

2. 実証実験の実績と効果と課題

これまで筆者は、国立大学法人群馬大学に次世代モビリティ社会実装研究センターが設立されることをきっかけに、自動運転の技術研究のみならず、社会実装に向けた導入モデルの構築をするべく、公道での実証実験を推進してきました。大学の理工学部がある群馬県桐生市での2016年10月からの実証実験を皮切りに、2021年7月現在延べ60事例ほどの実証実験を全国の自治体や交通事業者と連携して実施しています。実証実験を実施することでさまざまな知見を得ることができましたが、ここではその中の2つについて取り上げます。

1つ目が、公道で自動運転を本格的に導入することを考える場合、“走行しやすい”場所とそうでない場所があるということです。一般的に自動運転は山間地域の方が走らせやすいというイメージがありますが、これは厳密には正しくありません。自動運転の走りやすさを決める因子は、車両因子、道路環境因子、地域社会因子の3つに分けられると筆者は考えます。車両因子は、車両そのものの特性（車幅や車長等）と車載する自動運転システムのセンサやアルゴリズム等に起因するものです。自動運転システムのセンサをGNSS（Global Navigation Satellite System）を用いるのか、LiDAR（Light Detection And Ranging）を用いた三次元高精細地図とのマッチングを用いるのか、はたまた電磁誘導線を敷設して追従制御を行うのかによって、自動運転の走りやすさを決める因子は異なります。

道路環境因子は、自動運転で走行させようとする道路およびその周辺環境に起因するものを指します。公道であるか閉鎖空間であるかの区別に始まり、車線数や車線幅、歩者分離状況、自転車との混在状況といった、自動運転の走りやすさを決めるさまざまな因子はその道路環境に存在し、また複雑に関係し合います。

地域社会因子は、その自動運転を使った移動サービスを利用するユーザー、あるいはその自動運転を走行させる路線周辺の住民の受容性に関する因子を指します。いかに技術的に自動運転が走らせやすい環境であったとしても、そ

れに関係する人々が許容するか否かは別の問題であり、このことを無視してはなりません。また、地域社会因子は自動運転に対する受容性だけでなく、交通サービスとしての受容性も含まれるため、その地域の交通の成り立ちによって、地域ごとに因子やその影響度は異なります。

このように、“走りやすさ”を決定する因子は多岐にわたり、山間地域であっても走りにくい場所もあれば、市街地においても走りやすい場所もあるため、自動運転を本格的に導入するにあたっては、先入観に囚われず評価することが肝要であると筆者は考えています。

2つ目は、実証実験を実施することにより、自動運転の導入機運醸成の効果があるということです。これまで延べ60事例の実証実験で合計1万件近くのアンケートに対する回答があり、自動運転車両に試乗する前後で、試乗後の方が自動運転に対する不安感が解消する有意な傾向があることが明らかになっています。これは先に述べた地域社会因子を改善する効果にもつながることから、各地域において自動運転の実証実験を行うことは有効であると筆者は考えます。

一方で、自動運転の本格実装にあたっては、単に機運醸成のための実証実験を行うだけでは十分ではありません。もちろん、多くの関係者や地域住民に対して自動運転に触れてもらう機会を創出し、地域社会因子を高めることは大変重要なことです。しかしながら、車両因子や道路環境因子への考慮をせずに実験を設計し実行してしまうと、その後の本格導入に向けた検討をしたときに、技術的な限界や導入コストの問題で現実性を失い、継続が難しくなる場合があります。これはいわば実証実験自体が目的化しているという状態であると言えるため、本格実装に向けて、自動運転の“走りやすさ”を決定する因子をバランスよく考慮し実証実験を検討し直す必要があると筆者は考えます。

3. 自動運転の導入は「街づくり」として捉える

先に述べた自動運転の“走りやすさ”を決定する因子からもわかるように、自動運転による移動サービスを導入するにあたっては、自動運転を「車づくり」ではなく「街づくり」と捉えた方が良いことがわかります。単に自動車の最先端の技術の取り込みのみに囚われ、高度で複雑な自動運転システムを構築するよりも、自動運転の走りやすい街づくりを進めることで、自動運転システムはより単純に構築でき、それにより高い信頼性や低いコストが実現できる可能性があります。そのためには、各地域における自動運転の“走りやすさ”を決定する因子による影響を調査分析した結果と、交通におけるニーズの両面を判断材料として、選択と集中により段階的に自動運転と親和性の高い街を作っていくことが、自動運転の本格導入プロセスとして合

理的なのではないかと筆者は考えます。

たとえば、車両因子については、走行させたい路線に対して車幅の影響が大きい場合は、一回り小さい車両で運用できるかをニーズと照らし合わせて検討するべきであるし、自動運転のセンサでGNSSによる測位の影響が大きい場合は、別のセンサやアルゴリズムで補うことによるコストの変化も併せて検討するべきです。道路環境因子では、走行させたい路線の歩者の分離状況の影響が大きい場合は、歩道の拡張やガードレールの敷設といった対応策を道路管理者が実施できるか検討するべきであるし、走行させたい路線の死角の影響が大きい場合は、道路側にセンサを敷設して自動運転車両と通信させる仕組みの導入が可能か検討するべきです。そして、上記2つの技術的因子に加え、自動運転導入により街に対して変化を与えることに対して、地域社会因子の影響が大きいことも求められます。地域社会因子の影響を小さくするにあたっては、自動運転の実証実験による導入機運の醸成のほかに、技術に対する理解を深める説明イベントなどを実施することが考えられます。

以上のように、今後本格的な導入が進む中では、「自動運転の導入検討＝実証実験」という従前の考え方だけでは十分ではなく、実証実験は自動運転の導入検討における手段の一つとして位置づけられることとなるでしょう。今後は、各地域における自動運転を“走りやすさ”を決定する因子を網羅的に調査分析した上で、交通のニーズとの両面で候補となる路線を導き出すことが基本となります。その上で実証実験は、地域社会因子の影響の低減や、車両因子や道路環境因子に対する技術的改善策の妥当性評価の位置づけで活用されることとなるだろうと思われま

4. おわりに

冒頭に示した日本の社会課題の深刻化を受け、今後は自動運転による移動サービスの検討はますます活発になることが予想されます。自動運転の技術はこれからも継続して進化し続ける中で、自動運転が走りやすい街を形成することは、その技術のポテンシャルを引き出す上で重要な因子になり続けると筆者は考えます。ドライバーの確保という制約から解放される唯一の手段である自動運転による移動サービスは、路線バスをはじめとした旅客のみならず、物流、そして新たなサービスの創出にも大きな影響を与えるでしょう。逆に言えば、自動運転が走りやすい街はより便利になる一方で、そうでない街はドライバーの確保という制約によって伸び悩み、街の魅力の格差につながる可能性もあります。街づくりは一朝一夕には成し得ないことは、おそらく自動運転に関しても同じことが言えますので、全国の各地域で今のうちから少しずつでも導入の検討が広がってほしいと筆者は考えています。

2-1 都市交通における自動運転の社会実装に向けて

国土交通省 都市局 街路交通施設課

1. はじめに

交通事故の削減、地域公共交通の活性化、渋滞の緩和、国際競争力の強化等の自動車及び道路を巡る諸課題の解決に大きな効果が期待される自動車の自動運転について、G7交通大臣会合、未来投資会議等の議論や産学官の関係者の動向を踏まえつつ、国土交通省としての的確に対応するために、平成28年12月に国土交通大臣を本部長とした国土交通省自動運転戦略本部を設置しました。

都市局においては、将来的な自動運転の活用に向けて、自動運転の普及が都市構造・都市交通や交通施設にどのような影響を及ぼすかを抽出・整理し、都市にとって望ましい自動運転技術の活用のあり方を検討するために、平成29年11月に有識者からなる「都市交通における自動運転技術の活用方策に関する検討会」を設置しました。

また、今後の都市交通課題に対する自動運転の活用について実務的な見地から検討するために、検討会の下に「ニュータウン分科会」「基幹的なバス分科会」を設置し、実証実験の実施に向けた検討等を行っています。

2. 「都市交通における自動運転技術の活用方策に関する検討会」での検討概要について

検討会において、平成29年度は、まずは、都市における自動運転に関する有識者ヒアリング等を実施し、今後の検討の方向性について議論しました。平成30年度は、国内外の研究成果等をもとにした自動運転の導入による都市への影響等について定性的・定量的にするとともに、自動運転社会の都市交通施設等の望ましい姿を議論しました。令和元年度は、自動運転の導入により想定される都市への影響等について、より具体的に議論を進めるため、駅前広場をはじめとする交通結節点に焦点を当て、その将来像や整備方策等について検討しました。

3. 次世代の交通結節点等の実現に向けた段階的な整備方策に関する検討

(1) 交通結節点の類型と将来像の検討

令和2年度は、令和元年度の検討結果をもとに、目指すべき次世代の交通結節点の将来像を明確にした上で、進展する自動運転技術及び関連技術の動向を整理しました。なお、検討にあたっては、交通結節点の中でも、特に自動運転普及が早期に影響すると想定される駅前広場に焦点を当てました。

① 賑わいタイプの交通結節点（駅前広場）

大都市近郊中心駅のような賑わい創出に重点を置く交通結節点を「賑わいタイプ」としました。賑わいタイプは滞在・賑わいに主眼を置いた交通結節点のあり方であり、ユースケースとしては、駅周辺を含めた賑わい活動が挙げられ、駅前の空間配分としては環境空間がメインとなり

図ー1 都市交通における自動運転技術の活用方策に関する検討会

- 自動運転技術の進展は都市に対して正負両面の側面があると考えられ、移動の概念や都市構造等に影響を及ぼす可能性がある。
- 今後、自動運転技術が進展し、自動運転が普及していくことを見据え、都市における自動運転の活用方策の検討や、適切に対応できる環境づくりの推進が必要である。

- 技術開発の動向を踏まえつつ、自動運転技術の普及が都市に対して与える影響を抽出・整理し、自動運転技術を活用するために、以下の二つの観点から検討を行う。

① 自動運転技術の都市への影響可能性の抽出・整理と対応についての検討

- 都市施策との関係について
- 都市交通との関係について
- 交通施設との関係について

検討会

座長：森本教授
(早稲田大学)

- ・自動運転の都市施策・都市交通・交通施設への影響可能性の抽出・整理
- ・課題整理と対応方針のロードマップの整理
- ・自動運転を活用した施策推進方策の検討

② 今後の都市交通に関する課題を踏まえた自動運転技術の活用についての検討

- ニュータウンにおける高齢者の移動の円滑化
- 公共交通（基幹的なバス、BRT等）や端末交通等におけるサービス向上

分科会

・ニュータウン分科会
座長：森本教授
(早稲田大学)
・基幹的なバス分科会
座長：森川教授
(名古屋大学)

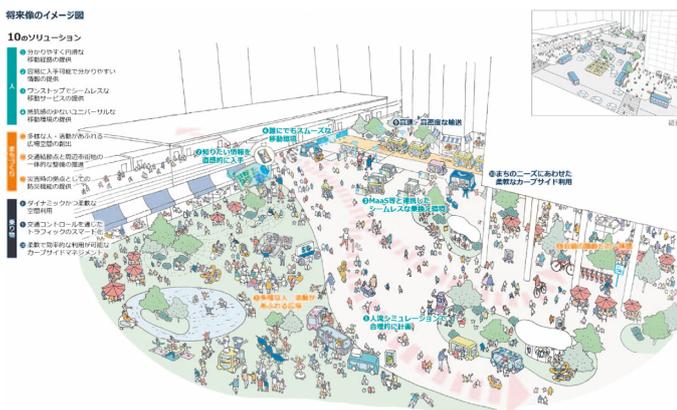
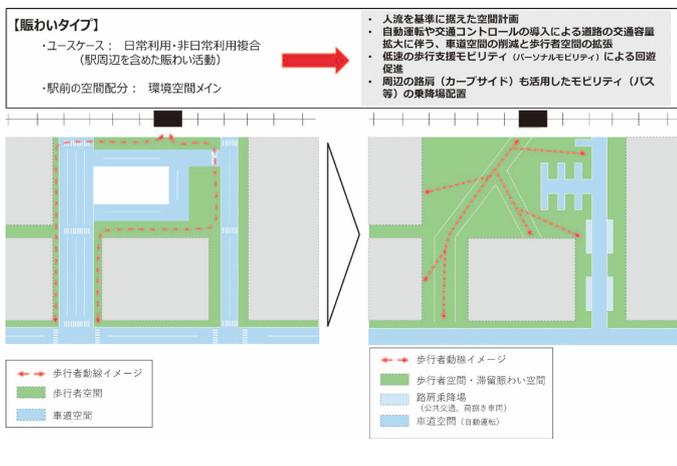
- ・ニュータウン・基幹的なバスの課題の整理
- ・課題解決に向けた自動運転の活用方策の検討
- ・実証実験の実施に向けた検討

ます。すなわち、環境空間中心で交通空間を最小化した広場のような空間が賑わいタイプになります。賑わいタイプにおいては、人流を基準に据えた計画を行い、自動運転や交通コントロールの導入をすることで、道路の交通容量を拡大し、それによって車道空間を削減し、歩行者空間を拡張することが重要です。そして、歩行等の低速での移動がメインとなることから、低速の歩行支援モビリティ（パーソナルモビリティ）による回遊促進も望まれますと想定されます。また、周辺の路肩（カーブサイド）も活用したモビリティ（バス等）の適切な乗降場の配置によって、環境空間を創出する工夫が必要となります。これらをまとめたイメージ及び将来イメージを図-2に示します。

②移動タイプの交通結節点（駅前広場）

郊外住宅地に立地する駅のような人々の円滑な移動に重点を置く交通結節点を「移動タイプ」としました。移動タイプは通勤・通学をする人々の円滑な移動を主眼に置いた交通結節点のあり方であり、駅前の空間配分としては賑わいタイプと比べて、交通空間がメインとなります。すなわち、フレキシブルに交通空間と環境空間とを使い分ける広場のような空間が移動タイプになります。移動タイプでは、効率的な交通空間計画を行うことが重要であり、ピーク時における高い移動需要に応えることのできる駅前広場が望ま

図-2 「賑わいタイプ」の交通結節点イメージ



れます。そして、オフピーク時にはフレキシブルに空間利用を転換し、オフピーク時にも無駄のない空間計画をすることも想定されます。また、周辺街区も活用したモビリティ配置を行い、公共性の高いモビリティは駅前に侵入可能となるような計画も考えられます。これらをまとめたイメージ及び将来イメージを図-3に示します。

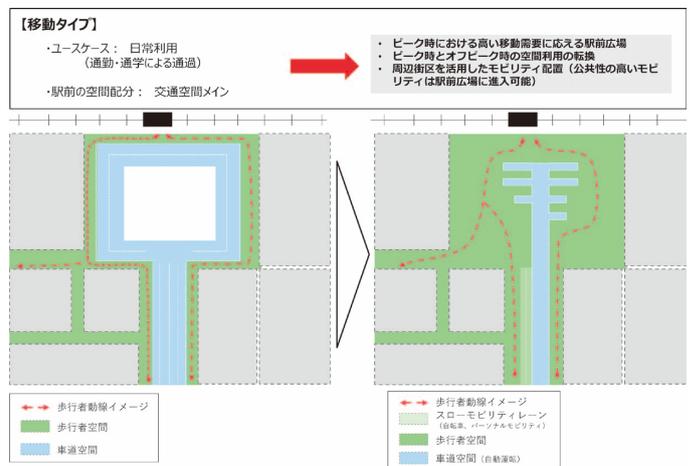
(2) 中期（混在期）における都市像の想定

段階整備について検討するにあたっては、自動運転と一般車両が混在する中期のあり方を明確にすることが必要です。そこで、過年度の検討や既往文献等を踏まえ、一定程度の自動運転車両の普及が想定されている2020年代から2030年代あたりの時期を中期（混在期）とし、表-1の通り自動運転に関連する都市像を想定しました。

表-1 中期（混在期）における都市像等

都市像	自動運転像	モビリティ像	交通施設像
<ul style="list-style-type: none"> コンパクトネットワークの都市構造を推進、引き続き駅は人の集まる拠点 自動運転車の利用増大により、走行台キロは増加傾向が予想されるが、プライシングによる交通需要コントロールが可能で、通過交通など駅前広場周辺の道路への不要な車両の流入がない状況 	<ul style="list-style-type: none"> 駅前広場へのアクセス道路は自動運転車両の走行が可能状況 駅前広場内においても自動運転車両と非自動運転車両が存在 中期では自動運転走行区間の歩道と車道は分離 自動運転の普及が進むと車間距離が縮小（交通容量の拡大） 	<ul style="list-style-type: none"> 走行台キロの増加を抑制するため、バス等の公共交通は引き続き存続 自動運転の普及が進み、幹線路線は除き、バスの車両サイズの小型化が進む 駅端未交通手段として自転車とともにパーソナルモビリティ（座位型/立位型/ハンドル有無）の普及が進む 	<ul style="list-style-type: none"> 自走式の路外駐車場で、オートバレーパーキングが実装される 街なかの乗降スポットの整備

図-3 「移動タイプ」の交通結節点イメージ



(4) 段階的な整備方策の検討

中期における駅前広場における段階的な整備方策を「賑わいタイプ」と「移動タイプ」のそれぞれに対して検討しました。まず、「賑わいタイプ」では、環境空間の確保を図り、都市の拠点形成のために必要な賑わい、防災等の機能を確保し、幹線バスなど輸送密度の高い交通手段を確保しつつ、歩行者と分離して自動運転の走行空間を確保します。長期では、自動運転の完全普及に伴い、交通空間を最小化した環境空間中心の広場を形成します。

一方、「移動タイプ」では、環境空間の拡張を図りつつ、歩行者と分離して自動運転の走行空間を確保していきます。長期では、自動運転の完全普及に伴い、フレキシブルに交通空間と環境空間を使い分け、さらなる環境空間の拡張を図ります。これらをまとめたものを図-4、5に示します。

図-4 「賑わいタイプ」の段階的な整備方策の検討案



ソリューション(中期)		関係者	取り組むべき課題
人	分かりやすく円滑な移動経路提供	歩行空間整備	道路管理者、周辺街区
	ユニバーサルな移動環境の提供	情報発信	交通事業者、MaaS関連事業者、自治体
	容易に入手可能で分かりやすい情報提供	予約・決済	交通事業者、MaaS関連事業者、自治体
乗り物	交通コントロールを通じたトラフィックのスマート化	自動運転走行空間	自動運転バス事業者、既存公共交通事業者、通信事業者、道路管理者
		隔地プール	交通事業者、駐車場事業者、自治体、周辺街区
づま	多様な活動があふれる広場空間の創出	環境空間整備	道路管理者
	災害時の拠点としての防災機能提供	沿道環境整備	周辺街区

図-5 「移動タイプ」の段階的な整備方策の検討案



ソリューション(中期)		関係者	取り組むべき課題
人	分かりやすく円滑な移動経路提供	歩行空間整備	道路管理者、周辺街区
	ユニバーサルな移動環境の提供	情報発信	交通事業者、MaaS関連事業者、自治体
	容易に入手可能で分かりやすい情報提供	予約・決済	交通事業者、MaaS関連事業者、自治体
乗り物	交通コントロールを通じたトラフィックのスマート化	自動運転走行空間	自動運転バス事業者、既存公共交通事業者、通信事業者、道路管理者
		隔地プール	交通事業者、駐車場事業者、自治体、周辺街区
づま	周辺市街地との一体的な整備の推進	沿道環境整備	周辺街区
		沿道環境整備	周辺街区

4. 次世代の交通結節点等の社会実装に関する検討

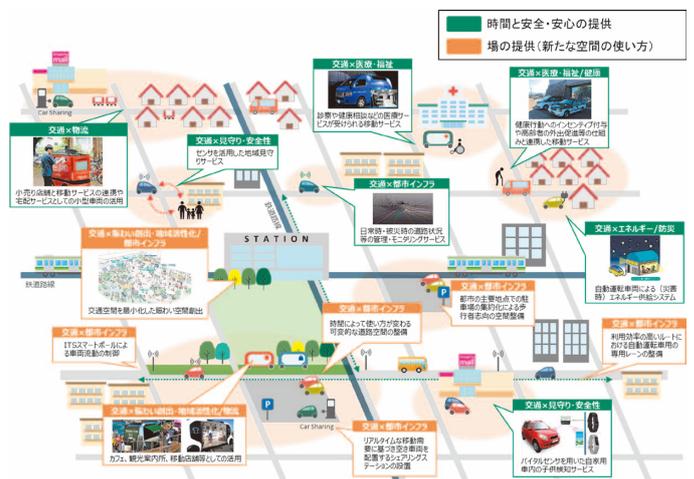
次世代の交通結節点の社会実装にあたっては、現状の社会情勢及び変化を適切に捉えた上で推進する必要があります。そこで、人々のQoL (Quality of Life) に着目し、交通結節点等の実装について検討を行いました。関係者へのヒアリング結果を踏まえ、自動運転技術を含む交通とICTの組み合わせによるQoLを高めるサービスにつながる視点を抽出し、交通との組み合わせによるサービスメニュー例としてまとめたものを図-6に示します。

今後、こうしたサービスの展開により、「時間と安全・安心の提供」「場の提供 (新たな空間の使い方)」を目指していくことや、得られるデータを活用して都市や交通の計画・整備・運営に役立てていくことが重要です。

5. おわりに

今後も引き続き、ICTに関する新技術や官民データ、都市アセット等と自動運転技術の組み合わせによる都市の生

図-6 自動運転を活用したICTサービスメニュー例



活サービス向上に関する事例収集及び社会実装に向けた課題整理を関係者間の連携等の観点から行うとともに、課題解決のための方策を検討します。また、自動運転技術の社会実装に向けたまちづくりに関する課題整理を行い、QoLの向上に資するまちづくりのあり方及び自動運転技術を活用した都市の効率化についても検討していく予定です。

2-2 ニュータウン分科会中間とりまとめ

国土交通省 都市局 市街地整備課

1. はじめに

我が国では、高度経済成長期等において大都市圏への人口集中に対応するため、大都市の郊外部を中心に、計画的に大規模な住宅市街地（以下、「ニュータウン」）が開発されました。ニュータウンは、歩車分離された道路や広い公園など質の高いインフラが面的に整備され、次世代に残すべき優良な資産である一方、施設の老朽化や空き家の発生、急速な高齢化及び人口減少の進展を背景に地域の活力の低下等の問題を抱えています。特に、移動に着目すると、ニュータウンは中心市街地から離れた丘陵地に立地していることが多く、バス等の基幹的な公共交通の本数の減少や地区内の高低差により、徒歩移動や自家用車の運転が困難な高齢者や子育て世代などの移動手段の確保が課題となっています。このような背景から、国土交通省都市局では、都市交通における自動運転技術の活用方策に関する検討会・ニュータウン分科会において、ニュータウンの再生に向け、移動課題を解決する上で都市交通のあり方、都市交通における自動運転技術の活用について検討を行ってきました。

本報告では、近年、端末交通の移動課題の解決に向け実証実験が進められている端末交通サービスの導入や自動運転技術の活用について着目し、その効果や検討すべきポイントについて示します。

写真-1 丘陵地に立地しているニュータウン



2. 端末交通サービス導入に向けた検討のポイント

(1) 運行サービスの内容

端末交通サービスのルートの設定にあたっては、住民の

細やかな移動ニーズを把握し、既存の公共交通へのアクセシビリティが低い地域や、移動の目的地となる施設へのアクセシビリティを踏まえた適切かつ柔軟な走行ルートの設定が重要になります。使用する車両によっては走行ルート等が制限され、すべての移動ニーズをカバーすることが困難な場合があるため、端末交通サービスからバス等の基幹交通への乗り継ぎを考慮することが有効と考えられます。

(2) インフラの整備・利活用

端末交通サービスにおいて低速の車両を用いた場合、回送時も一般車両の円滑な交通流を阻害しないように、幹線道路の走行を避けることが望ましい場合があります。この場合は、地区内や運行ルート近傍に駐停車・転回スペースを確保することが有効と考えられます。地区内の駐車場の空き区画などの低未利用地や民有地を活用することも効果的です。

(3) 持続可能な運営体制の構築

端末交通サービスを持続可能な公共交通とするためには、端末交通サービスを運営する主体や組織づくりにおいて、従来の行政主導ではなく、地域の担い手が主体的に参加できるような仕組みづくりが効果的であると考えられます。また、行政も関係者協議等の場面で適切な支援を行うなど、組織運営のサポートを行うことが有効です。加えて、運賃以外の収入を得る工夫や、他の交通サービス等と連携を行うMaaSを導入するなど、補助金のみに頼ることなく事業採算性を向上させる工夫をすることが重要です。

3. 自動運転技術活用に向けた検討のポイント

(1) 自動運転技術に対応した車両

近年では既存の車両とは異なり、ハンドル等が搭載されていない自動運転技術に対応した専用車両も登場しており、既存の車両と比べてルートや転回スペースの制約が緩和される可能性も考えられます。

(2) 交通安全性の確保

自動運転技術の導入効果としては、交通事故の低減や、渋滞の緩和・解消、交通弱者への対応などが期待されていますが、特に、公共交通への自動運転技術の導入は、無人運転化により運転手が不要となるため、運行経費の削減や人手不足の解消といった効果が期待されています。しかし、現状の自動運転技術では、一般車両との混在空間において、

主に駐停車車両の回避のために多くの手動介助が発生しています。自動運転車両の走行する専用空間の確保等や路面標示による注意喚起、地域組織による駐停車禁止の交通ルールづくり等に取り組むことも効果的と考えられます。また、運転手が担うと想定されるサービスが利用者の増加や満足度向上につながる可能性を考慮し、有人によるサービスの価値も併せて検討することが重要です。

(3) 社会受容性の向上

自動運転技術の普及の初期段階では、特に安全性の観点で利用者からの自動運転技術そのものへの不安が大きいと考えられます。自動運転技術の実証実験では、技術的な検証に加えてインフラ、環境、コスト、地域への効果、社会受容性についても検証が実施されており、中でも社会受容性については、実証実験によって受容性が向上する効果も確認されています。そのため、実証実験や広報等を通じ、自動運転技術が住民や利用者を受容される工夫も有効と考えられます。また、自動運転技術のような新技術は、導入必要性やルール作り等の検討に住民が主体的に参加することで当事者意識が醸成され、社会受容性の高まりや末端交通サービスを支える環境づくりにつながると考えられます。

写真-2 郊外住宅地の
小さな公共交通の取組み



横浜とみおかーと実証実験 (写真提供: 横浜国立大学)

4. 今後の検討

(1) 歩行者空間の活用

末端交通サービスに使用される車両は低速かつ小型であることが多く、一般的な車両と比べ歩行者との親和性が高いと考えられます。現時点では、法制度上の課題や安全性確保の観点から課題がありますが、それらの解決に向け歩行者専用空間におけるさまざまな実証実験が行われているところです。立体的な歩行者専用道路が整備されているニュータウンにおいては、商業施設が歩行者専用道路に近接して

立地していることが多く、将来的には歩行者専用道路の活用により利用者の利便性が向上することが考えられます。

写真-3 歩行者専用空間を走行する車両



丸の内仲通り

(2) その他の施策との連携

末端交通サービスの導入だけでなく、活用されていない駐車場や空き商業施設等の空間の利活用や福祉サービス等との連携による地域コミュニティの振興を図ることも考えられます。

昨今のコロナ禍において非接触サービスへの注目が高まり、無人配送ロボット導入の検討も進んでいます。同時に、自動運転技術に限らず、新技術や官民データの利活用で地域の課題解決を目指す、スマートシティの取組みも進んでいます。将来的には、人の移動のみならずモノの輸送についても併せて検討し、たとえば末端物流を無人配送ロボットが担うことで人出不足を解消したり、長時間の徒歩が困難な高齢者等に対して買い物後の荷物をロボットが持ち運ぶ等、スマートシティの取組みにおける物流関連施策と末端交通サービスを連携することで高齢者の外出を促進する等の効果が期待されます。

5. おわりに

ニュータウン分科会では、平成30年度から令和2年度にかけて10地区での実証実験を調査し、中間とりまとめとしてポイント集を作成しました。国土交通省ホームページで公開しておりますので、参考にしてください。

写真-4 空きスペースを活用したシェアサイクルの導入

■大阪



UR都市機構

■京都



2-3 基幹的なバス分科会の取組み

国土交通省 都市局 街路交通施設課

1. はじめに

平成29年度に設置した「都市交通における自動運転技術の活用方策に関する検討会」（本誌P.4～6参照）では、将来的な自動運転の活用に向けて、「自動運転技術の都市への影響可能性の抽出・整理と対応についての検討」と「今後の都市交通に関する課題を踏まえた自動運転技術の活用についての検討」を主な検討事項としています。

このうち後者の検討にあたっては、同検討会のもとに「ニュータウン分科会」と「基幹的なバス分科会（座長：森川高行教授（名古屋大学）」を設置し、実務的な見地から効率的に検討を行っています。

ここでは「基幹的なバス分科会」の取組みについてご紹介します。

2. 「基幹的なバス分科会」の検討方針について

(1) 「基幹的なバス」について

本分科会においては、「基幹的なバス」の対象として、都市の軸となる路線（都心アクセス線、都市フリッジ線）、都心循環線、拠点内回遊線を想定しています。

基幹的なバスは、新交通・路面電車とともに、コンパクトプラスネットワークを形成する都市の軸となる交通機関であり、バリアフリー対応や輸送容量の強化などの高度化がさらに求められています。

(2) バス交通を取り巻く課題について

前項で述べたとおり、基幹的なバスはコンパクトシティを支える都市交通として重要な役割を担っていますが、バス交通全体を取り巻く状況は厳しく、次のようなさまざまな課題があります。

- 路線バスの輸送人員はピーク時に比べ半減
- 需要が集中する都市部等では朝夕のピーク時に速達性や定時性が低下
- 多くの事業者が赤字経営
- 運転手の高齢化と担い手不足 など

(3) 自動運転の活用等による課題への対応の可能性について

これらの課題を踏まえながら、都市の軸となる公共交通機関として基幹的なバスに求められるニーズに対応するためには、さまざまな視点からの検討が必要となります。

本分科会では、各課題を分類した上で、「自動運転技術

の活用」や「基幹的なバスに関する技術の高度化」による課題への対応の可能性について整理しました（表-1）。

表-1 基幹的なバス交通の課題と課題解決に向けた自動運転技術の活用や基幹的なバスに関する技術の高度化の可能性

基幹的なバス交通の課題	課題解決に向けた方針	課題解決に向けた方策	課題解決に向けた自動運転技術の活用
①輸送ニーズへの柔軟な対応	定時性、速達性の向上	・狭幅員での専用走行空間の確保 ・乗降の平準化	・狭幅員の車線での走行 ・精度の高い車線維持 ・運行指令による速度調整
	高需要区間、路線での輸送力強化	・輸送ニーズに対応した柔軟な運行	・高精度の隊列走行
	乗降時間の短縮化	—	・精度の高い正着制御
②多様なサービスニーズへの対応	乗り心地の向上	・スムーズな走行	・信号表示と連動した加減速 ・路車間通信
	容易な乗降など利用者利便の向上	・ユニバーサルデザイン	・精度の高い正着制御
③持続安定的な事業の運営	事業効率の向上	・路線維持確保 ・車両基地運用の柔軟化	・精度の高い駐車機能 ・ドライバーレス運転機能
	人材確保と人材活用の柔軟化	・高度な運転支援実現	・高度な運転支援機能や遠隔監視機能 ・ドライバーレス運転機能
	車内外の安全性のさらなる向上	・車内、車外事故の抑制	・自動運転技術による高度で安定した制動や加減速 ・自動運転下における乗降確認、着席確認等の安全確認技術
課題解決に向けた基幹的なバスに関する技術の高度化			
①輸送ニーズへの柔軟な対応 路上駐停車への影響低減（センターリザーベーションなど）、乗降の短時間化（信用乗車方式、車外料金収受方式など）、パスロケーションシステムの高度化、PTPS など			
②多様なサービスニーズへの対応 車両のセンサーや制動機器類の高度化、バス車内のフルフラット化や乗降口・車内通路の幅広化、わかりやすい案内 など			
③持続安定的な事業の運営 都市内物流システム等と連携した車両基地等施設の運用、高度な運転や遠隔監視を支援する路車間や車車間通信 など			

(4) 分科会における検討の方向性について

基幹的なバス交通の課題への対応の可能性の整理を踏まえ、本分科会では自動運転技術の実現に向けて、下記の取組みを進めていくこととしました。

①先行的取組みによる効果検証

- 社会実装が比較的早期に実現される可能性が高い拠点内回遊型の低速走行のバスについて、実証実験を通じた技術的な課題や導入効果、影響等の検証の実施
 - ・池袋駅周辺での実証実験の実施（項目3参照）など
- 都市の軸となる路線や都心循環型のバスなどについて、専用走行空間での実証実験の実施に向けた必要条件の検討の実施 など

②導入機運の醸成

- 地方公共団体やバス事業者等が定期的に情報共有を図る場となる会議の開催（項目4参照）

③自動運転技術導入環境の整備

- 自動運転導入により期待される効果が発揮されるような交通施設のあり方の検討 など

3. 池袋駅周辺での 実証実験・シミュレーションについて

ここでは、本分科会の取組みの1つである池袋駅周辺での実証実験、実証実験をもとにしたシミュレーションの概要についてご紹介します。

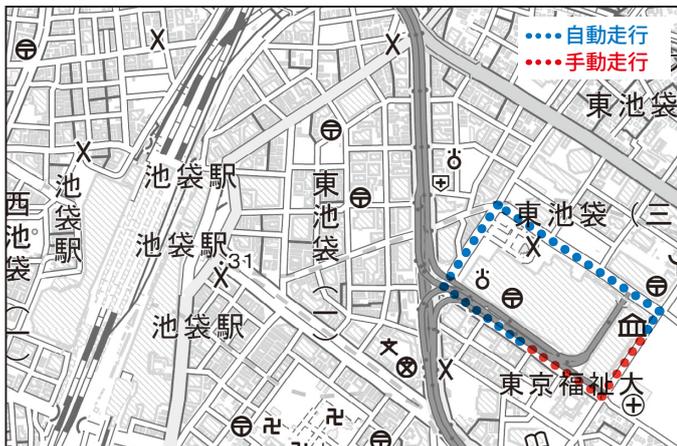
(1) 実証実験について

実証実験の概要は、次のとおりです。

- 期 間：令和元年12月13日(金)～14日(土)
- 実施内容：乗客なしの走行と試乗者を乗せた走行を実施
- 車 両：eCOM-10（自動運転車両）
- 走行延長：約1km（1周）
- 試乗便数：12便（試乗者数：112人）
- 実験協力：群馬大学
- 実施場所：図-1のとおり



図-1 実証実験の実施場所



出典：国土地理院地図をもとに作成

(2) 実証実験の結果を踏まえたシミュレーションについて

実証実験の結果、駐停車車両が自動運転車両の走行やバス停への停車に影響を与えていたことが確認できました。

この結果を踏まえ、令和2年度に、駐停車車両の台数・位置の変化や、旅行速度・車間距離等の自動運転バスの精度の違いが走行性に与える変化を確認するためのシミュレーション（協力：早稲田大学 森本研究室）を行いました。結果は、表-2のとおりです。

表-2 シミュレーションの結果

確認事項	検証結果
①自動運転バスの走行が一般車両に与える影響（自動運転バスの走行がある場合・ない場合の違い）	一般車の旅行速度や通過時間に影響はないが、急減速回数や車線変更回数、追従の発生等の影響が生じることを確認した。
②駐停車の影響（駐停車の条件を変化させた場合の違い）	自動運転バスの旅行速度等は大きな違いがないが、一般車では旅行速度の低下が生じた。 自動運転バス、一般車ともに車線変更が増加し、追従が生じる等のスムーズでない走行が生じている。

③バス停形状による影響（バス停の形状を変化させた場合の違い）	<ul style="list-style-type: none"> ・テラス型では、自動運転バスのスムーズな走行・停車に寄与している。 ・ストレート型に比べ、一般車では急減速回数が増加するなどスムーズでない走行が見られ、特にテラス型では影響が大きい。
④駐停車両位置による影響（各バス停形状にて、駐停車両の位置を変化させた場合の違い）	<ul style="list-style-type: none"> ・設定等に課題はあるものの、バス停前後に駐停車車両がない、もしくは遠い状況になるとスムーズな発着に寄与することを確認できた
⑤走行車線による走行性の変化（第1車線・第2車線からのバス停へのアプローチによる違い）	<ul style="list-style-type: none"> ・テラス型では自動運転バス、一般車ともに第2車線を走行する方がスムーズな走行であることを確認したが、ストレート型、バスベイ型では大きな差が見えない状況であった。
【検証結果のまとめ】 <ul style="list-style-type: none"> ○自動運転バスの走行により一般車の急減速や車線変更、追従等の事象が生じることを確認 ○駐停車の増加やバス停形状の変更によっては、一般車の走行への影響があることを確認 ○一方、諸条件変更による自動運転バスの走行への大きな影響は見られず、交通量や一般車の規定に沿った走行、自動運転車両の挙動のスムーズさなどが要因と推察 ○自動運転車両の挙動設定、空間設定を見直して再度検討を行うことも必要と考える 	



4. 導入機運の醸成に向けた取組みについて

本分科会においては、導入機運の醸成も取組みの大きな柱の1つです。下記の目的のもと、これまで計6回の情報交流会、講演会、セミナーを開催しています。

【開催の目的】

- 基幹的なバスへの自動運転技術等の新たな技術活用の有効性に関連する情報（開発状況、実験実施状況など）を広く共有し、基幹的なバスでの新技術を導入した運用を促進する。
- 自治体、交通事業者、メーカーなど、多様な立場の参加者から意見を伺い、基幹的なバスへの新たな技術の導入・普及に関する課題・問題と解決策の展望を示すとともに、参加者相互に技術情報を交換できる場を作る。

5. おわりに

令和2年度に実施したWebでの機運醸成に向けた会議では、全国各地から多数の方にご参加いただき、自動運転に対する関心が高まってきていることが確認できました。

令和3年度は、引き続き、継続的な導入機運・社会受容性の醸成に向けた取組みを進めるとともに、自動運転バスに関する技術動向の調査・検討を進めています。

また、ウォークアブル空間と親和性の高い自動運転技術のあり方の調査・検討も、併せて実施しているところです。

3-1 前橋市における自動運転バス実証実験の歩み

前橋市 未来創造部 交通政策課

1. はじめに（本市の特徴・交通課題）

本市は群馬県中南部に位置する県庁所在地で、人口は約33万人、北には雄大な赤城山がそびえ立ち、市内西部には利根川、市街地には広瀬川が流れる自然豊かな都市です。

本市は非常に住みやすい都市として評価をいただいておりますが、近年、高齢化の進展に伴い、移動手段の充実が求められる中、大きな課題が生じています。それは、本市が極めて自動車依存の強い都市であるということです。群馬県では自動車保有率が高く（1人当たりの自動車保有台数全国1位）、本市も例外ではありません。交通機関の利用率でも自家用車が75%を占め、鉄道・バスの利用率は3.5%に留まっています。

バスの利用者数は近年微増で推移してきましたが、採算の取れない路線が委託路線として市の補助金によって運行を維持しており、その補助金は年々増加し続け、年間3億円を超えるまでに至っています。今後は人口減少に伴い税収が減少することが想定される中で、バス路線維持にかかる費用は増加しており、高齢化進展による一定の需要は見込めるものの、バス事業者に対しての補助金の増加は大きな課題となります。

そこで本市は、過度な車社会から脱却し、公共交通主体の社会へ転換を目指すこととし、地域公共交通の活性化及び再生に関する法律に基づいた持続可能な交通体系となるよう、前橋市地域公共交通計画を策定し、ネットワークの再編及び利便増進策を進めています。これらを進める中で、バス事業者においては、利用者の減少のみならず、将来的な運転手不足が深刻であり、今後は運転手不足に起因した減便や廃線が起り得るという課題が浮き彫りになってきました。

この運転手不足という課題解決のカギとなるのが「自動運転技術の導入」です。平成28年、国立大学法人群馬大学が次世代モビリティ社会実装研究センターを設立し、本格的に自動運転技術の研究を始めたこともあり、実際に営業運転しているバスによる、公道での実証実験を実施する運びとなりました。

2. 実証実験の概要

このような背景のもと、実証実験の実施主体である前橋市、群馬大学、日本中央バスの3者により、平成29年に協定を締結し、自動運転バスの実装に向けて取り組むこととしました。以下に、過去3ヵ年における実証実験の内容を記します。

(1) 1年目の実証実験概要

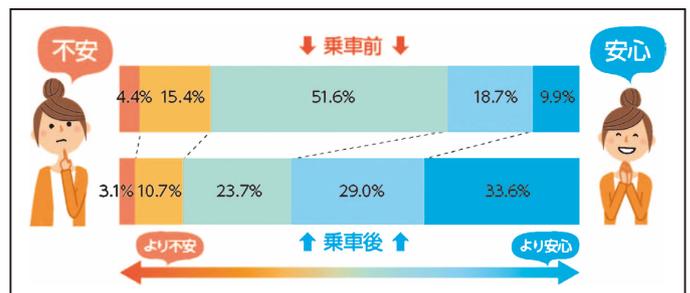
1年目の実証実験は平成30年12月から平成31年3月まで約4ヵ月間、区間は上毛電鉄中央前橋駅からJR前橋駅間のシャトルバスで、約1kmを通常ダイヤのまま車両だけ群馬大学所有の自動運転仕様の車両に変更して実施しました。営業路線で運賃収受を行いながら長期間、自動運転を行うものとして全国発の取組みとなりました。

実証実験を行う上では、「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」に基づき、警察や道路管理者、地元自治会等に対して実施計画の事前説明や公道データの収集、ドライバー講習を実施する必要があります。

初年度はまず、公道で自動走行を実施したことに加え、アンケート調査や市民説明会を行い、自動運転バスがどれだけ社会的に受け入れられるか、社会受容性の調査を実施しました。

アンケート調査では、普段シャトルバスを利用していない人の利用が75%であり、回答者の50%が自動運転バスを目的として乗車していたことがわかりました。期間中は通常運転日と比較し、自動運転日の乗車人員が増加し、アンケート結果とあわせ、自動運転に関する関心が見受けられ

図－1 自動運転バス乗車前後の印象比較



る結果となりました。乗車前後で自動運転バスに関する印象の変化もあり、乗車の結果、安心感が増加していることもわかりました（図-1）。

市民説明会では、自動運転技術の導入に関して肯定的な意見がほとんどであり、市民からの自動運転バスによる移動手段の充実に対する期待がうかがえました。

(2) 2年目の実証実験概要

2年目の実証実験は令和2年1月から3月の約2ヵ月間、上毛電鉄中央前橋駅からJR前橋駅に加え、市内の大型ショッピングセンターである「けやきウォーク前橋」までの約2.3kmで実施しました。一般車両との混在化における完全自動運転であるレベル4を実現するためには時間がかかるという認識から、遠隔型自動運転バスの導入を目指すこととし、車両2台を同時に運行させ、区間を延伸し、より複雑な路線で遠隔管制室において1人のオペレーターが2台を同時に監視操作する際の課題を検証しました（写真-1）。

写真-1 2台同時走行の実証実験



遠隔監視操作をする際の課題として、車両に取り付けたカメラとセンサーの情報を見てオペレーターが判断する中で、道路の形状の理由から右折時に対向車が直前まで把握できないという課題が浮き彫りになりました。

(3) 3年目の実証実験概要（写真-2）

3年目の実証実験は、令和2年2月15日から2月28日までのうち10日間、区間は1年目と同様に上毛電鉄中央前橋駅からJR前橋駅間で実施しました。令和4年度の遠隔型自動運転導入に向けた課題解消のための実証実験として位置付けました。

具体的には、前年度の実証実験において課題となった遠隔監視操作における対向車の把握を解決すべく、道路側にカメラ・センサーを設置し、遠隔管制室に映像等を送信し

ました。

かつ、中央前橋駅周辺を5G通信環境にし、遠隔管制室へのデータ送信を遅延なく鮮明な映像で監視できるようにしました。

あわせて、車両内をドライバレスにした場合の決済手段を想定し、顔認証技術の検証をしました。乗客管理や属性に応じた運賃決済を想定し、事前登録時にマイナンバーカードと紐づけも行いました。

写真-2 3年目の実証実験の様子



路側カメラ

顔認証



遠隔管制室

3. 課題と今後の展望

本市では、市民の移動手段の充実を目的に、ある程度路線バスの需要のある都市部において、一般車両と混在させて自動運転バスを導入しようとしています。そのためには、安全走行のためのリスクを軽減していく必要があります。

今後は、運転席無人による自動運転バスの社会実装を実現するため、これまでの公道実証実験で生じた課題を整理し、走行レーンの敷設や路側のカメラ・センサーの設置、人の乱横断や駐車車両をなくす仕組み等、社会実装のための具体的な対策について検討し、実装に向けた方向性を明確にしていく予定です。そして、遠隔型自動運転バス導入により、バス事業者の運転手不足という課題を解決し、地域の公共交通を維持できるよう進めていきたいと考えています。

3-2 大津市における自動運転実装に向けた取り組み

大津市 建設部 地域交通政策課 主査 長谷川祐介

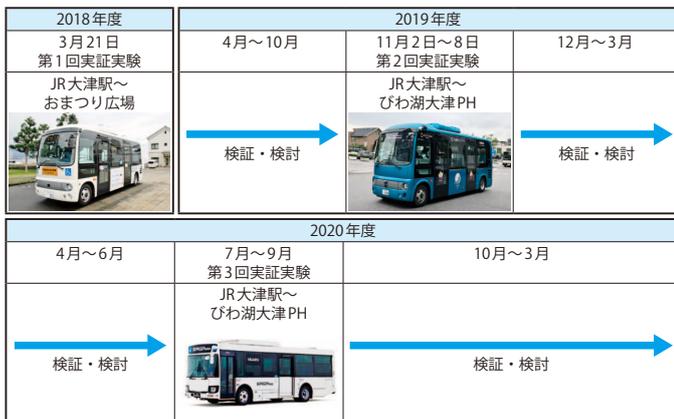
1. はじめに

大津市では、道路交通渋滞の解消や、交通事故の削減及び環境保全等を目的として、マイカーから公共交通への利用転換を推進しています。しかしながら、公共交通の中心的役割を担う路線バスは、少子高齢化に伴う人口減少、運転手不足、新型コロナウイルス感染症等の影響により、減便や路線の廃止が続いていることもあり、超高齢社会における新たな移動手段確保を目的に、自動運転技術に着目し、早期実装に向けて取り組んでいます。

2. 自動運転実装に向けた工程

大津市では、2018年6月29日に京阪バス株式会社と、「次世代型モビリティ（自動運転技術）の研究に関する協定」を締結し、これまで3回にわたり実証実験に取り組んできました。今回は、主に3回目となる2020年度実証実験の取組内容についてご紹介します。

図-1 大津市における自動運転実装に向けた工程



3. 2020年度の実証実験の内容

本実証実験は、経済産業省・国土交通省の事業を受託した国立研究開発法人産業技術総合研究所が公募した事業について、京阪バス株式会社及び大津市が事業者として選定され実施したもので、これまで2回の実験で用いてきた小型自動運転バスよりサイズアップした中型自動運転バスを活用するとともに、運賃を徴収することにより事業採算性

の実証を行いました。また、これまでの実験で課題となった、運行経路上でのGPS受信不良に対応する磁気マーカとの連携や、信号や電車踏切との連携など技術的な検証、NFCタグ／スマホによるキャッシュレス決済としての非接触型モバイル乗車券にも取り組みました。主な実験内容については下記の通りです。

- ・実験期間：2020年7月12日(日)～9月27日(日)
- ・9時発(往・第1便)～19時16分発(復・第10便)
- ・車両：先進モビリティ車両(いすゞ・ERGA mio)使用
- ・最高速度：40km/h
- ・自動運転化レベル2
- ・緑ナンバーを取得し、運賃を徴収(片道大人210円)
- ・非接触型モバイル乗車券(NFCタグ／スマホによるキャッシュレス決済)
- ・磁気マーカとの連携(一部区間)
- ・信号(8ヵ所)及び電車踏切(1ヵ所)の連携
- ・車内見守り

4. 運行区間

本実証実験の運行区間は、2回目の実験と同様に、JR大津駅からびわ湖大津プリンスホテルまでとしました。この路線であれば、運賃収入以外の収益が期待でき、バス運行の収支採算性が確保できるのではないかとという仮説を立てたからです。その理由は、路線沿線に琵琶湖ホテル及びびわ湖大津プリンスホテルが立地しており、両ホテルが独自でホテルとJR大津駅間のシャトルバスを運行していますが、その固定費が課題となっており、自動運転バスとホテルの共同運行が実現し、その固定費を削減することができれば、自動運転バスへの運行負担金として一定負担いただくこと

図-2 実証実験路線図



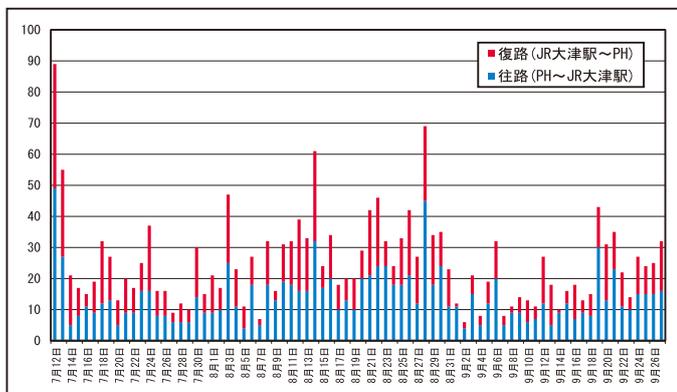
が期待できると考えたからです。さらに、大津市が進めているなぎさ公園周辺魅力向上プロジェクトやMICE推進事業等、賑わい創出事業との連携により、この路線で行政からの補助金に依存しない民間主体の持続可能なビジネスモデル成立による自動運転実装を目指しています。

5. 実証実験結果

(1) 乗降客数（日毎）

本実証実験における乗降客数を図-3に示します。7月12日～9月27日で計1,968人乗車（1便あたり約1.3人）と、新型コロナウイルス感染症の影響を受け、想定を大幅に下回る結果となりました。

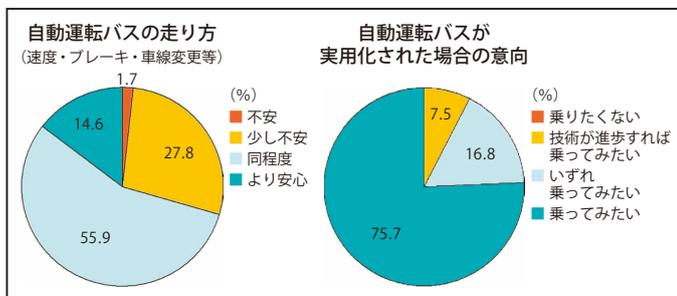
図-3 本実証実験における乗降客数



(2) アンケート結果

本実証実験におけるアンケート結果（抜粋）を図-4に示します。実験参加者については、70.5%が普通のバスと「同程度」もしくは「より安心」、75.7%が実用化後も「乗ってみたい」と回答され、これらは2回目の実証実験と同様の傾向であることから、これらの実証実験を通じて、地域住民の自動運転バスへの理解が深まったと考えられます。

図-4 アンケート結果（抜粋）



6. 課題

本実証実験ではさまざまな課題が見出されました。

(1) 設定ダイヤに対する自動運転慢性的な遅延

手動運転を参考にダイヤを設定しましたが、カーブの通過速度の遅さ等の理由から約3～5分の慢性的遅延が生じました。

表-1 設定時間と自動運転における所要時間比較

設定	自動運転
16分	19～21分

びわ湖大津プリンスホテル～JR大津駅までの所要時間

(2) 接触事案の発生

本実証実験中に、2度の事故が発生いたしました。いずれも軽微な事故でしたが、現時点での技術レベルにおいては、機械誤差に対する道路幅員の余裕がない箇所があることなどの課題があることがわかりました。

- ・事案① 7月25日 縁石接触
びわ湖大津プリンスホテル18:00発便
- ・事案② 8月30日 歩道柵接触
びわ湖大津プリンスホテル14:30発便

(3) 運転手からの意見

本実証実験に参加した3名の運転手からアンケートをとったところ、GPSの受信感度向上やズレを生じた場合の通知システム、急ブレーキや急ハンドルの改善等について意見がありました。

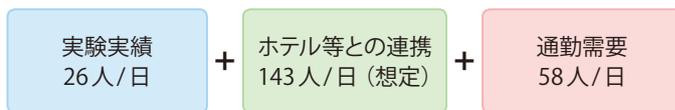
(4) 信号・踏切連携

信号・踏切連携導入により手動介入は少なくなりましたが、運転手からは違和感があるとの意見がありました。

(5) ビジネスモデル

レベル4車両で、運転手なし添乗員あり（大型二種免許無）想定で、本実験と同様の運行をした場合、事業採算性確保には1日224人乗車が必要となりますが、今回の実験乗降客数では足りない状況です。一方で、ホテル等との連携や、通勤需要を取り込むことができれば、採算性が確保できる可能性があることについて確認いたしました。

図-5 採算性確保に向けた数値目標



利用想定人数：227 > 必要人数：224

(6) その他

その他にも、駐車車両の追い越し時には手動介入が一定必要であることや、GPSと磁気マーカの切替時等で乗り心地が不自然な箇所があるなどの課題が確認されました。

7. 今後の方向性

大津市としては、今回の実証実験で見出された課題を踏まえて、京阪バス株式会社と連携し、引き続き検討を進めることにより、早期の自動運転実装を目指してまいります。

3-3 神奈川中央交通株式会社における自動運転バスの社会実装に向けた取り組み

神奈川中央交通株式会社 運輸計画部 自動運転推進担当

1. はじめに

神奈川中央交通株式会社は、神奈川県ほぼ全域および東京都の一部にて路線バスを運行しておりますが、高齢化の進展、交通不便地域における移動手段の確保、運転士不足などさまざまな課題を抱えています。また、地域を取り巻く社会環境が大きく変化する中で多様化するニーズにいつそうきめ細かく対応していくことが必要であり、こうした課題に対する解決策のひとつとして自動運転バスの実現が期待されています。

当社においては、2019年2月に多摩ニュータウン、2021年2月に横浜市栄区において公道での自動運転バスによる実証実験を実施し、自動運転バスの社会実装に向けた検証を実施してまいりました。

本稿では、直近の取り組みである横浜市栄区での自動運転バス実証実験についてご紹介します。

2. 横浜市郊外住宅地の現状

横浜市は、経済成長期の住宅開発が丘陵地や高台にも及んだことにより郊外住宅地では高低差の大きいまちが形成され、そのような地域の多くは半世紀の時を経て高齢化の進展が顕著となっています。なかでも栄区は市内でも高齢化率が高く、生活を営む上での移動サービスがますます必要な状況です。一方、運転士不足や利用者減少により今後の路線バスサービス提供における持続性に課題を抱えていることから、当社と自治体にて高い問題意識を共有している地域のひとつとなっています。

3. 横浜市栄区における自動運転バス実証実験

前述のような背景から、横浜市栄区において中型自動運転バスの実証実験を実施しました。

(1) 実証実験の概要

本実証は、経済産業省・国土交通省の事業を受託した国立研究開発法人産業技術総合研究所より当社がバス運行事

業者に選定され実施したもので、自動運転バス実用化に必要な技術や事業環境等の整備を目的として、最先端技術の検証に加え、地域内移動手段としての可能性に関する検証を行いました。

本実証の概要は以下のとおりです（表-1）。

表-1 実証実験の概要

期 間	2021年2月9日～3月5日
走行経路	桂山公園～庄戸～上郷ネオポリス～桂山公園（約6km）
停留所数	起終点含め10ヵ所
運行計画	1日6便（9:30～16:30）
実験車両	いすゞ自動車製「エルガ ミオ」改造
乗車定員	26名（着席のみ） ※車検証上の定員は56名
最高速度	30km/h
運 賃	無料

本実証においては、2021年2月9日から3月5日の期間に、全102便運行しました。走行経路としては、商業施設など生活利便施設が集積する桂山公園停留所を起終点とし、庄戸や上郷ネオポリスなど住宅地内8ヵ所の停留所を経由する循環ルートにて走行しました（図-1）。

図-1 走行経路

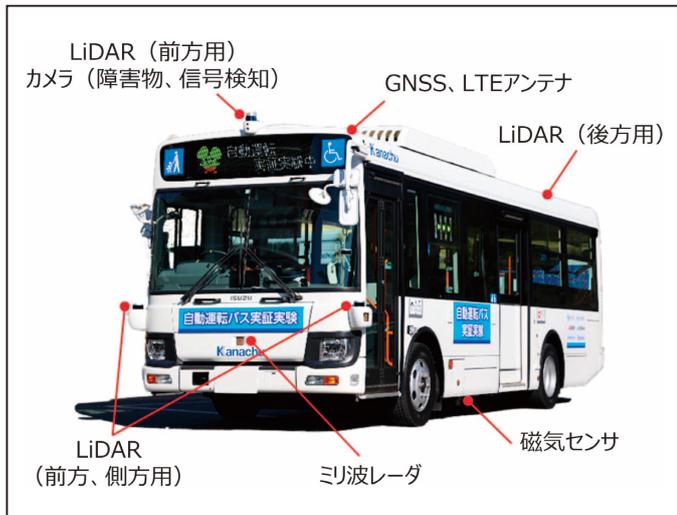


出典：国土地理院地図をもとに作成

使用した車両は、いすゞ自動車製の中型バス「エルガ ミオ」に先進モビリティ株式会社が各種センサ、アンテナ、自動操舵装置、自動アクセルおよびブレーキを取り付ける等の改造を行ったものです（図-2）。自動走行に必要な自己位置認識についてはGPSをメインとしていますが、GPSが受信しにくい箇所においては、路面に一定間隔に

埋設した磁気マーカによる路車協調によって自動走行しました。

図-2 本実証で使用した自動運転バス



本実証の特徴としては、基本的な自動走行だけでなく、自動走行補助インフラによる路車協調や運転士不在を想定した旅客サービス、安全確保に関する取組みを多く組み込んでいる点にあります。

(2) 自動走行補助インフラの活用

まず、自動走行補助インフラとしては、GPS不感区間での磁気マーカ活用に加え、信号現示情報の受信による信号通過可否の判断、無信号かつ見通しの悪い交差点への路側センサ設置による対向車情報取得などにより安全に交差点を通過するための取組みを行いました。また、狭隘交差点での安全な離合を目的として、対向車向けに自動運転バス接近表示器を設置しました(写真-1)。

その結果、本実証においては走行距離ベースで9割以上を自動で走行することができましたが、一部区間での路上駐停車車両や工事区間の回避等については運転士による手動介入にて対応しました。これらの課題に対しては今後の

写真-1 狭隘交差点通過時の様子



自動運転技術の向上に期待することはもちろんのこと、自動走行可能な環境を整える意味で地域の受容性向上も必要です。また、路車協調を行うことで早期の課題解決も見込めるため、自治体のほか、道路管理者や交通管理者などのご理解・ご協力も必要になってきます。

(3) 運転士不在を想定した旅客サービス

運転士の業務は、運転だけでなく旅客の案内や運賃支払の確認、車内安全確保、事故など有事の初期対応など多岐にわたっています。そこで、旅客サービスのシステム化に向けた取組みとして、遠隔での車内監視システムや遠隔監視者と旅客のコミュニケーションツール、将来の運賃収受を見据えた顔認証システム、フロアセンサによる旅客行動検知システムなどの各種センサやシステムを車内外に設置しました(写真-2)。

それぞれのシステムは、異なる環境下ですでに実用化されている技術もありますが、バスに应用する場合には機能面や精度面で多くの課題や改善点が見受けられました。今後はそれらの課題解決に取り組むとともに、緊急時対応体制やシステム化、サービス水準等についても検討していく必要があります。

写真-2 遠隔監視の様子



4. おわりに

本稿では、直近に実施した横浜市栄区での自動運転バス実証実験を取り上げ、取組内容についてご紹介しました。自動運転バスの実用化に向けては、走行面だけでなく、現在、運転士が担っている安全性の確保や旅客サービスなどのあり方についても議論をさらに深めていく必要があります。また、自動運転バス導入に対する自治体や地域の受容性向上も不可欠です。

当社は、引き続き自動運転バスの実用化に向けて運行実績を積むとともに知見の蓄積に取り組んでまいります。

3-4 自動運転における高精度地図の活用

ダイナミックマップ基盤株式会社 執行役員（事業企画担当） 雨谷広道

1. はじめに

2019年に日産自動車株式会社から、世界初のインテリジェント高速道路ルート走行を可能とする「ProPILOT 2.0」を搭載するスカイラインが日本において発売され、その後、世界初の自動運転レベル3を実現した本田技研工業株式会社の「Honda SENSING Elite」、トヨタ自動車株式会社の「Advanced Drive」と、高速道路においてハンズオフドライビングを可能とする自動運転レベル2以上のシステムを搭載した車両が販売されています。このいずれのシステムにおいても高精度かつ3次元で道路情報を表現するHigh Definition (HD) マップデータ（図-2）が搭載され、安全・安心なドライビングに重要な役割を果たしており、今後は搭載車両が拡大していくとともに、このシステムが稼働可能なエリアが高速道路から都市部も含む一般道路へと拡大していく見込みです。本稿では、HDマップデータの役割やデータ整備の現況と今後の見込みなどについて説明いたします。

2. 自動運転におけるHDマップデータの役割

HDマップデータは、人が読む地図ではなく機械が読む地図であるという利用目的から、地球上の特定のObjectを、実際の座標値とcmレベルの位置誤差で、かつ3次元でデータ上において表現している点が特徴となります。これにより、①車両に搭載されるセンサーの覆域外にある複雑な道路形状や勾配、合流車線情報を提供する「先読み情報」、②経年変化による白線のかすれや天候影響などのセンサー検知の限界を補完する「センサー補完情報」、③車両が自車位置を車線単位で特定するために、センサーから見た特定のObjectに関する位置情報を提供する「高精度自己位置推定リファレンス情報」等の情報をADAS（Advanced Driving Assistant System）に提供する役割を担っており、各種システムにおいてはGNSSや各種センサー情報と組み合わせて利用されています。また、今後の実装が期待される自動運転システム（レベル4）については人の操作が介在しないシステムとなることから、車両が自らの周囲環境を正確に把握することが求められ、センサーの高性能化に対する要求が高まるとともに、HDマップデータに対する要求精度も高まっていくものと考えています。

一方で、「交通規制や工事情報／事故や渋滞／歩行者や信

号情報」など刻々と変わる膨大な動的情報と、高精度3次元位置情報（路面情報、車線情報、3次元構造物）等の静的情報を組み合わせたマップデータはダイナミックマップと称されていますが、HDマップデータはこのうち静的情報に相当するデータであり、さまざまな動的情報・準動的情報・準静的情報の配信等に際してもそれぞれの情報に対する位置のリファレンス情報となる役割も担うものと考えられています。

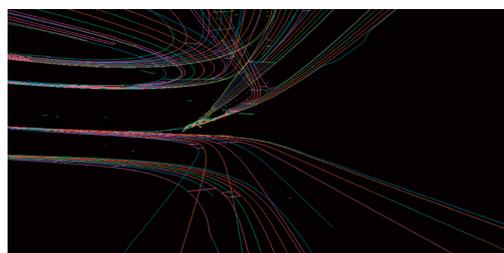
3. HDマップデータの特徴と課題

3次元でcm級の位置精度を有するデータを取得する技術は、地球表面上の点の関係位置を決めるための技術である「測量技術」に依っており、データ収集に際しては車両に計測用の各種センサーを搭載したMobile Mapping System (MMS)を用いることが一般的です。このMMSを搭載した車両を走行させながら、Lidarで道路周辺情報をスキャンして点群データ（図-1）を取得することで、デジタル空間上に実際の道路とほぼ同一形状・寸法の道路データを表現します。その上で、このデジタル空間上の道路データを素材として、自動運転に必要なさまざまな情報を抽出してデータベース化することでHDマップデータ（図-2）は生成されます。安全運転支援システムで利用される場合には、全国の高速道路・自動車専用道路や国道といった長い距離を低コスト・短期間で取得することが求められますので、IT技術を多分に取り入れた自動化ツールの開発も進められており、これ

図-1 点群データ



図-2 HDマップデータ



らのことを踏まえると、このHDマップデータは人間が古代エジプトの時代から綿々と歴史を紡いできた測量技術と現代のIT技術の組み合わせにより実現しているものと言えます。

このように、HDマップデータは今後の安全な交通環境の構築に貢献する一方で、リアルタイム性という点で課題も存在します。現状では、道路工事等で白線や標識等のObjectの位置が変わった際に、その変化に対応してHDマップデータをアップデートする必要がありますが、そのアップデートには数ヶ月の時間を要しています。その最も大きな要因としては「HDマップデータの更新に必要となる、工事後の道路変化情報をタイムリーに把握する手段が存在しない」という点にあります。道路管理会社や自治体においては工事発注情報等が存在する一方で、それらはHDマップデータの更新に必要な内容を把握する目的で作成されている情報ではないことから、現状ではそれらの情報を整理し直すことが必要であり、その作業にはシステムの見直しに繋がるような大きな仕組みの変更が必要となると考えられています。そのため、異なる方法での変化情報収集技術の確立に向けた取組みが進められており、その一つが、車載センサー情報を用いた道路変化情報の特定技術の開発となります。この技術の確立により、車両に搭載したカメラやLidarで取得した工事前後の情報を比較し、変化のみをAI技術や機械学習技術を用いて機械的に抽出することが可能となることが期待されており、HDマップデータの課題克服に一步近づくものと考えています。

4. HDマップデータ整備の現況と今後の見込み

現時点では、自動車会社が販売する量産車両向けのHDマップデータは日本国内の高速道路・自動車専用道路を対象として整備・提供されています。世界を見ると、日本に先駆けて北米で2017年よりHDマップデータの量産車搭載が始まっており、今後、高速道路・自動車専用道路におけるハンズオフドライビングを実現する車両数が拡大していく一方で、高速道路と接続する一般道路においても現行のADASを高機能化する自動車会社の動きも見て取れており、安価でデータカバレッジの広いHDマップデータに対するニーズがグローバルで生起してきています。その中で、日本では2023年を目途に主要道路（国道等）の整備が進む予定ですが、その後のさらなる整備エリア拡大については社会のニーズに応じて進められることになると考えています。他方、都市のスマートシティ化やスーパーシティ化を進める動きが高まる中で、ICT（Information and Communication Technology）の基盤となる道路周辺のデジタルツイン化に資するデータとして、HDマップデータやそのベースとなる点群データを市区町村単位で整備するニーズも高まってきており、特定の市

区町村におけるデータ整備が進む中で、主要道路（国道等）と繋がることで、エリア間における移動の利便性が更に向上するものと考えています。

5. 都市インフラとしてのダイナミックマップ

今後、高齢化が進む社会においては、自動車のみならず、人の作業をサポートする手段として自動モビリティの活用が進むものと考えられています。そのような中で、公道に限らず、歩道・建物内・空域などにまたがって、人とモビリティが安全に混在する都市空間を構築することが必要になると考えられており、特にフィジカルな空間に存在するさまざまなモノや情報を、人やモビリティ（クルマ、PMV、AGV、ドローン等）が共通で理解することを可能とするデジタル情報に対するニーズも高まるものと考えています。ダイナミックマップはその役割を果たすことができる唯一無二のポテンシャルを秘めていると考えており、さらには、構造物を必要としないデジタルインフラデータである特性から環境保全への貢献にも繋がることを踏まえると、まさにSDGsを体現するものです。これらのことから、ダイナミックマップは「安全・共通インフラ・SDGs」の三方良しを実現し、「安全」「環境との調和」「活力の創出」「個性・魅力ある空間の構築」という将来の都市が求められる機能を実現するインフラとして相応しく、今後のさらなる発展が期待されます。

6. おわりに

ダイナミックマップ基盤株式会社は、ADASと自動運転システム（レベル4）のどちらにも共用可能なHDマップデータをグローバルで提供する唯一の日本企業となります。現状では高速道路・自動車専用道路から主要道路にデータ整備エリアを拡大していく計画ですが、都市内における交通事故削減・交通弱者に対する交通手段の提供、自動モビリティの活用による労働力削減等にも共通の理念を持つ自治体様や企業様とのアライアンスの下で積極的に貢献してまいりたいと考えており、弊社によるデータ整備資金がソーシャルローン原則に適合したソーシャルファイナンスであるとの第三者からの評価もいただいていることから、その期待に応えてまいります。

また、日本のスマートシティやスーパーシティで構築する新たなHDマップデータの活用方法を、海外の都市にも展開して日本国内のみならず世界中の人々の生活の利便性向上に日本から貢献することができたら望外の喜びです。このような取組みを、国・自治体・民間企業の方々と進めることのできる日が来ることを期待しております。

令和2年版 — 待望の大幅改訂!! —

街路交通事業 事務必携

■内容見本

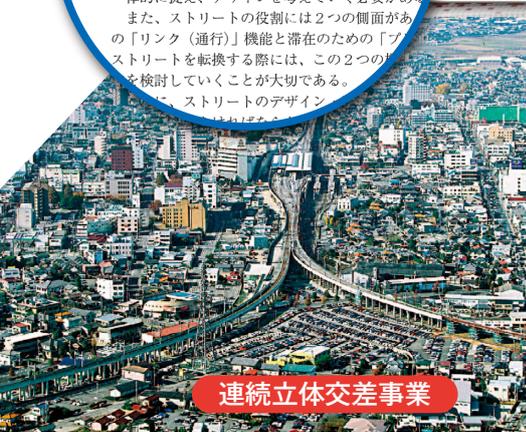
2. ストリートの基本的考え方

2-1 ストリートを構成する要素

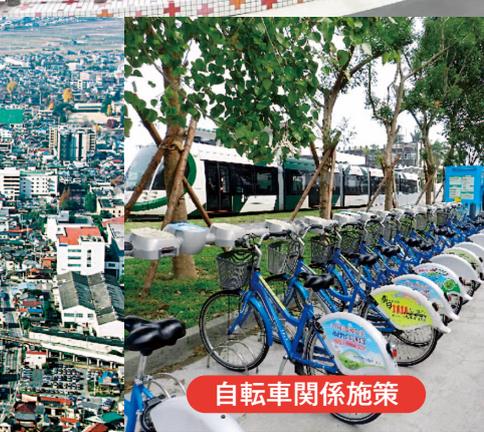
ストリートの改変にあたっては、都市を構成し、人や物の流れである「交通」を併せて考えて、さらに、街路を単に路面上だけでなく、沿道等も間全体、すなわち「囲み空間（エンクロージャー）」一体的に捉え、デザインを考えていく必要がある。また、ストリートの役割には2つの側面がある。「リンク（通行）」機能と滞在のための「プラットフォーム」機能とを兼ねる。ストリートを転換する際には、この2つの機能を検討していくことが大切である。



人中心の街路空間



連続立体交差事業



自転車関係施策



都市・地域総合交通戦略

街路交通施策に関する最新の予算・法制度を網羅した手引書

令和2年10月発行
684頁 A5版 価格：7,500円(税・送料別)

購入方法：東京官書普及株式会社HPよりご注文ください
右記QRコードからも注文できます

収録内容：第1章 街路交通施設に関する事業と支援制度
 第2章 街路事業の基本的事項
 第3章 街路交通施設に関する事業の執行
 第4章 街路交通施設の分野別（街路事業のテーマ別推進）

