

都市部基幹バスの自動運転導入に伴う環境基盤整備と交通課題解決

前橋市 政策部 交通政策課 細谷 精一
飯塚 弘一

1. はじめに

わが国では、いわゆる団塊の世代と言われた昭和 22 年～24 年生まれの人たちが 65 歳以上の高齢者となり、この数年で 70 歳代を迎えるなど超高齢社会の進展は加速度的になっている。昭和 40 年代ごろからのモータリゼーションの進展に合わせて、運転免許証の保有者も増え、団塊の世代を含む昭和 22 年度～26 年度生まれ(平成 28 年度末時点での 65 歳～69 歳)の運転免許証保有率は男性 90.2%、女性 64.5%、平均で 77.0%となっており、その年代以前生まれ、(同 70 歳～74 歳)の平均 62.7%、(同 75 歳～79 歳)の平均 46.6%、(同 80 歳以上)の平均 20.1%を大きく上回っており、この世代から急速に運転免許保有率が高まったことがわかる¹⁾。

一方、65 歳～74 歳は、運転免許証を継続して保有することを再考する年代でもある。運転免許証自主返納件数は平成 29 年には 423,800 件であり、平成 20 年度の 29,150 件の 14.5 倍である。このうち、平成 29 年度の年齢ごとの構成率を見ると、65 歳以上が 95.5%、70 歳以上が 84.0%で、75 歳以上の 59.9%と比較すると、65 歳～74 歳が運転免許証自主返納を行う者が増える年代といえる²⁾。

これまで運転免許証を保有していた者が自主返納を行うと、主な交通手段であった自家用車という移動手段を失うこととなる。都道府県別の 1 人当たりの自家用車保有率で群馬県は第 1 位、都市別の保有率で前橋市が第 6 位という状況を踏まえると³⁾、群馬県内及び前橋市内で、自家用車という移動手段を失う事はより深刻である。内閣府の調査で、安心して運転免許証を返納できるようにするために重要なことという問いには、前橋市のような中規模都市では、「電車やバスなどの公共交通機関の運賃割引・無償化」が 71.3%、「地域における電車、バス路線などの公共交通機関の整備」が 62.2%と鉄道やバスなど、公共交通の充実を望む意見が高い比率を占めている⁴⁾。このことから、さらなる高齢化の進展に備えて、鉄道よりも整備に時間がかからず、より細かな交通ネットワークを形成できる乗合バスの確保・充実が必須といえる。

しかし、乗合バスの運転者数は年々減少傾向にあり、バス事業者は深刻な運転者不足に陥っており⁵⁾、そのことから黒字路線の減便を行わざるを得ないケースも存在する。例えば、西日本鉄道は、平成 30 年 3 月から、黒字路線の深夜帯について、人員不足を理由に終バスの繰り上げによる減便を行った。⁶⁾それらを踏まえた現在の状況では、乗合バスの充実を図ることは難しいといえる。

そこで前橋市では、これらの課題解決のために、群馬大学と日本中央バス株式会社と自動運転によるバスの実証実験についての協定を締結した。本稿はその概要と今後の計画、自動運転バスを社会に実装するための 5G を含めた情報インフラ活用案について述べる。

2. 自動運転技術の現状

自動運転と一口に言っても、その技術のアプローチは様々である。また、技術の定義・レベル分けについても様々な考えが存在するが、政府は官民 ITS 構想・ロードマップ 2017 で、レベル分けを変更し、新たに官民 ITS 構想・ロードマップ 2018(以下、ロードマップ 2018)でも表1のように

表 1 自動運転技術の定義(官民 ITS 構想・ロードマップ 2018 等を基に作成)

| レベル | 概要 |
|------|-----------------------------|
| レベル0 | 運転自動化なし(運転者が全てを制御) |
| レベル1 | 運転支援(システムが前後・左右いずれかの制御を実施) |
| レベル2 | 部分運転自動化(運転者による監視・介入が前提) |
| レベル3 | 条件付運転自動化(システムの介入要求時に運転者が対応) |
| レベル4 | 高度運転自動化(限定領域で全てをシステムが制御・対応) |
| レベル5 | 完全運転自動化(無制限に全てをシステムが制御・対応) |

定義の概要が示された。このことから、本稿では、ロードマップ 2018 でのレベル分けを基に述べる。

現在、いわゆるサポカー及びサポカーSは、自動運転技術を活用した車両といえ、この定義に基づくと、レベル1ないしレベル2であるといえる。この技術のうち、自動ブレーキ機能については、平成28年の新車登録率は66.2%に上り⁷⁾、自動運転の要素技術が国民に受容されつつあるといえる。

また、政府は今後について、自家用車の自動運転システムの市場化のサービス実現期待時期として、レベル3を2020年目途、高速道路でのレベル4を2025年目途としているが⁸⁾、レベル5についての言及はない。なお、移動サービスについては、レベル4を2020年までに限定地域での無人自動運転移動サービスの実現が見込まれるとしている。

3. 前橋市での実験の背景

群馬大学は、これまでも群馬県桐生市などで自動運転の実証実験を行ってきた。同大学の実験の特徴は、レベル4を目指すことに特化してきたことである。これについて小木津は、「はじめて通る道で標識などをめれなく認識するのは非常に難易度が高い。一方でいつも同じルートを通るバスや地域を限定したタクシーであれば、その地域をしっかりと学習すれば、間違った判断をする確率は極めて低くなるため」としている⁹⁾。

前橋市でも、レベル4以上の実用化が実現しなければ、はじめに述べた乗合バスの運転者不足などの課題を解決することはできない。これらのことから、実験については、既存の乗合バス路線への社会実装に向けたレベル4での自動運転を目指したものとすることとした。

4. 実証実験の概要

前橋市と群馬大学、日本中央バスは、平成29年10月20日付けで「自動運転実証実験事業の実施に関する協定書」を締結した。協定に基づく実証実験の路線(シャトル線)の概要は表2及び図1のとおりである。

今回の実証実験は、遠隔あるいは無人運転ではなく、大型二種免許の有資格者が車内の運転席に搭乗し、システムにはオーバードライブ(運転者の介入がいつでも可能で介入時には運転者の操作が優先される)機能を搭載しているため、表1に当てはめれば、レベル3に極めて近いレベル2による実験である。営業路線として、運賃收受を行いながら実験を行うことが大きな特徴で、国内で初の事例となる。

この区間で実証実験を行うこととなった理由の一つが、このシャトル線の経路そのものの特徴にある。その特徴は第1に同路線は2つの駅間を結ぶ2点間輸送を目的としており、途中にバス停が存在しないこと。第2に運行距離が1kmと短距離であること、第3に右左折が最小限であること。第4に信号を含む交差点が中央前橋駅前を含めて5カ所と少ないこと、第5に経路上の2カ所に歩道橋が整備されており歩行者との交差が避けられること、第6に前橋駅と国道50号の間はバス専用レーンがあることなどである。

警察庁が平成28年5月に定めた、「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」を考慮すると、前橋市内では上記に上げた特徴から、当該区間が実証実験に適した区間であると判断できる。

また、もう一つの理由として、前橋市の交通ネットワークの課題が

表2 実験路線の概要

| | |
|--------|-----------------------|
| 区間 | JR 前橋駅～上毛線中央前橋駅 |
| 距離 | 約 1 km |
| 所要時間 | 約 10 分 |
| 運賃 | おとな 100 円 |
| 運行間隔 | 概ね 30 分に 1 本 |
| 実験関係者 | 前橋市 群馬大学 日本中央バス |
| 車両内運転者 | 有り |



図1 実験区間(赤線のルート)

存在する。図 2 に見られるとおり、前橋市の中心部には、JR 前橋駅と上毛電鉄中央前橋駅の二つの鉄道駅が存在する。しかし、この二つの駅間が約 1km 離れており、鉄道同士が結節していないため、交通ネットワークとしてのネックとなっている。そこで、両駅を結ぶためにシャトル線を運行しているが、自動運転を導入することで、運転者不足がさらに進展した場合にもネットワークを確保できると期待される。

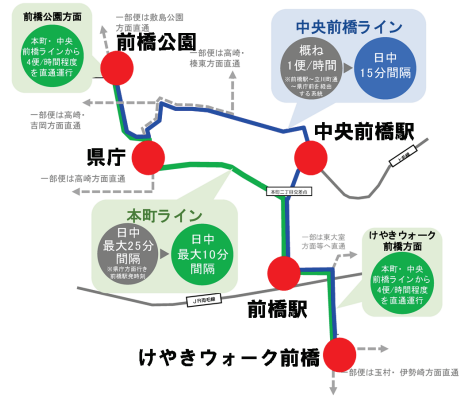


図 2 都心幹線のルート

また、同区間は前橋市地域公共交通網形成計画で、都心幹線に定められた経路の一部分に該当する¹⁰⁾。都心幹線は都心内の主要施設を結び、中心市街地の回遊性を高めることで活性化を図るとしている。そのために運行時間帯の拡充も含め検討することとしているが、運転者不足の現状を踏まえると時間帯拡充は容易ではない。そこで、レベル4での自動運転バスを導入することで、都心部の交通利便性と回遊性を確保し、周辺部とを結ぶバスなどと結節させることで、前橋市の交通ネットワーク全体を再構築することができると考えられる。

つまり、この区間での実証実験は、都市部基幹的バスで自動運転を社会実装できるかという実験であると言える。

なお、この都市部基幹的バスについても、「都心アクセス線・都市フリンジ線」「都心循環線」「拠点内回遊線」の3種類が想定されるが¹¹⁾、今回のケースは「都心循環線」ないし「拠点内回遊線」の性格を持つものといえ、同様の課題を持つ地方の中規模都市についても応用できる可能性がある。

5. 実証実験の実施体制

4. で述べたとおり、この実証実験の関係者は、前橋市と群馬大学、日本中央バスであり、この三者で協定書を締結した。協定の概念図は図 3 のとおりである。実証実験を行うシャトル線は、前橋市が日本中央バスに運行を委託している路線バスである。このため、前橋市と日本中央バスとの間には、すでに運行委託契約に基づく関係が成立している。そこに、自動運転バス車両及び技術を保有している群馬大学が参画し、当該路線での実証実験の実施主体としている。なお、NTT データ株式会社は群馬大学と別途共同研究を行っており、協定の枠外ではあるが、実験に参加している。



図 3 協定の概念図

なお、この協定では、三者について、それぞれの役割分担を明確化している。前橋市の役割としては、シャトル線という実験フィールドの提供、警察や道路管理者などの公共機関のほか沿線自治会との調整、実験についてのマスメディア等への情報発信を分担している。運転者が搭乗する形でのレベル2での自動運転走行については、公道実証実験か実走行かを問わず現行法上可能で、許可も不要とされているが¹²⁾、実験をスムーズに行うにはこれらの関係機関との調整は必要不可欠である。

表 3 公道実証実験の役割分担

| 実施主体 | 役割 |
|--------|------------------------------------|
| 前橋市 | 実験フィールドの提供、公共機関等関係機関との調整、情報の発信等 |
| 群馬大学 | 本件事業に関わる技術監修及び実証実験の実施、その他関連する事業等 |
| 日本中央バス | 運行に関する支援及び車両運転者等の提供、車両運転に関する技術の提供等 |

さらに、沿線自治会等地域住民への調整・説明はさらに重要である。実証実験に関わらず、社会実装という意味で自動運転システムを導入するには、導入の機運醸成と社会的受容性の確保が前

提であり¹³⁾、現在、表 3 の役割分担のフレームは有効に機能しているといえる。

6. 実証実験のスケジュール

本実験のスケジュールは図 4 のとおりである。本年6月には、1カ月かけて自動運転機能を搭載したバスで手動

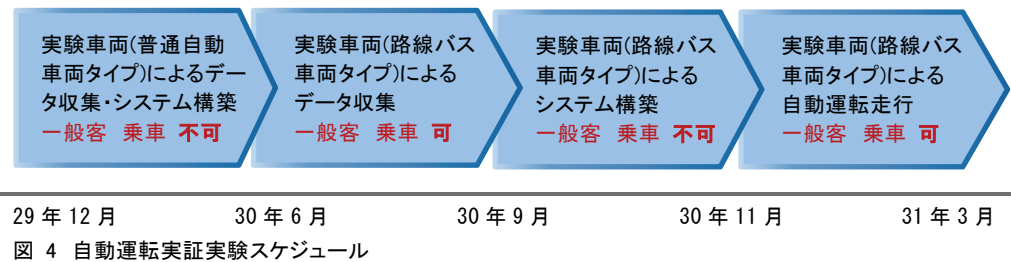


図 4 自動運転実証実験スケジュール

運転(レベル0)を行いながら、道路環境等のデータ収集を行った。図5のとおり自動運転の実証実験であることを明示しながらの運行であったが、この間に利用者から車両への違和感等の意見はなく、車両自体への社会的受容性は一定程度認められた。9月には収集したデータを基に乗客を乗せない形で自動運転(レベル2)を行い、11月には乗客を乗せた形で営業路線としてレベル2の自動運転の実証実験を行う予定である。



図 5 自動運転実証実験車両

7. 自動運転を進展させるための今後の課題とインフラ整備

自動運転の社会的受容性をさらに確保するには、安全性をより確実なものにする必要がある。しかし、そのためには車両側のみで安全性を担保するには、現時点では限界があると考えられる。加藤は「より安全な自動運転を実現するには、自動運転に対応した交通インフラの構築も重要」としている¹⁴⁾。路車間通信をはじめとした、車両と周辺環境が協調して、自動運転車両を運用していく必要がある。車両からは死角となる位置の道路をはじめとした環境変化について、信号や標識等に設置したカメラやセンサー等から取得したデータを車両と共有することで環境変化にも対応

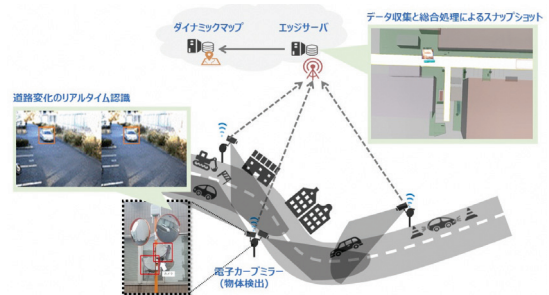


図 6 情報通信研究機構が構築した知的交通インフラ(出典:同機構ホームページ)

でき、安全性も担保されうる。例えば、情報通信研究機構では、図 6 のようにカメラやセンサーを内蔵した電子カーブミラーを設置し、取得した情報を無線通信でサーバーに伝送した上で、高度地図データベース(ダイナミックマップ)を生成する実験を行った¹⁵⁾。このダイナミックマップを車両と共有すれば、道路環境の変化などを事前に把握し、減速や障害物に対する回避行動などを早期に行うことができ、より安全性を高められる。

この実験は第5世代移动通信システム(5G)を想定して IEEE802.11ac(高速で大容量通信が可能な無線 LAN 規格の一つ)を活用した実験となっている。5G の特徴は、超高速で多数同時接続が可能であること、超低遅延であることとされている。電子カーブミラーなどから得た情報を活用するには、大容量の伝送が可能な通信システムも必要になる。これらの必要条件は5G の特徴と一致する。

自動運転を進展させるには、路車間協調等道路周辺のセンサー類のインフラ整備と同時に、5G などの超高速通信網の整備も必要となると考えられる。

8. 情報インフラとしての5G とその活用

先に、5G インフラの整備の必要性について述べた。5G については、路車間協調だけでなく、他の面でも自動運転に必須な通信網になると思われる。

国土交通省のまとめた、「自動運転車の安全技術ガイドライン案」(以下、ガイドライン案)では、自動運転車の安全性の要件として、自動運転の継続が困難になった場合には最終的に車両を自動で安全に停止させること、レベル4に用いられる自動運転車両にあつては運行管理センターから車内の状況が監視できるカメラ等や非常停止時に運行管理センターに自動通報する機能等を備えることなどとされている。

仮にシステムによって車両が自動停止し、自動運転への復帰が困難な場合、停止した場所が運行管理センターから遠隔地であることも想定される。自動運転車両が路線バスであったとすると、早期に乗客の安全を確保するには、運行管理センターから運転者が遠隔地である停止場所に向かってから、すべての処理を行うという形態をとることは現実的ではない。運行管理センターから遠隔操作でより安全な場所へ退避させた上で、乗客の救助や車両の処理を行う形となろう。

その場合、自動運転車と運行管理センターの間では通信が必要となるが、大容量の情報をリアルタイムで伝送する必要が生じる。当然、遠隔操作する際に安全を確保しながら移動するには、情報の遅延は極力少なくする必要がある。現在普及している4G(LTE)でも、理論値として無線接続開始までが100ミリ秒(0.1秒)、データ転送遅延が片道5ミリ秒で往復10ミリ秒(0.01秒)と比較的低遅延だが、基地局間の通信や端末のデータ処理、データの圧縮・伸長などがボトルネックとなり、現実的には通信遅延が最大1秒程度となっている^{16)・17)}。1秒の遅延は、時速40kmで約11mの誤差に相当し、安全性の確保には、この通信遅延を短縮することが極めて重要となる。

5Gについては、通信遅延が理論値で1ミリ秒(0.001秒)程度といわれているが、現在の4Gと同様にボトルネックは抱えている。しかし、5Gには低遅延のほかに、4Gの100倍の10Gbpsという超高速通信という特性がある。通信速度が向上し、大容量の通信が可能になることで、情報の圧縮率を減らすことが期待でき、このデータ処理にかかる遅延を低減することができる。つまり、緊急時のバックアップも含め、5Gは自動運転に必要なインフラといえる。

また、5Gの多数同時接続という特徴についても、自動運転を社会に実装させる上で大きなメリットをもたらすと考えられる。安全な自動運転の実現には、各所に多数のセンサー類を設置し、得られた情報を漏れなく、即座に自動運転車へ伝送あるいはダイナミックマップに反映させる必要がある。4Gなどの現状の通信では、大規模イベントなどで多くの人々が密集した際に、通信ができない、あるいは通信がしづらくなる現状もある。5Gでは、現状の100倍密集した状況でも円滑な通信が可能となり、多数のセンサー類から様々な情報の確実な伝送が可能となる。

加えて、レベル4での自動運転が実現した際の無人自動運転の移送サービスについては、ガイドライン案に示されているとおり、運行管理センターから車内の状況が監視できるカメラ等を備えることが要件となる。とすれば、運行管理センターに監視を行う要員を配置する必要がある。しかし、自動運転車が1台のみの場合、監視要員1対車両1の監視となり、当初の自動運転の導入目的である運転者不足は解消できない。複数台での自動運転車の運用が行え、1対nの監視となって初めて自動運転が交通課題解決に寄与することとなる。5Gの超高速、多数同時接続、超低遅延という特徴を活用することで、自動運転のメリットを最大化できる。

以上から道路環境のインフラ整備と合わせ、情報インフラ整備も今後の自動運転の進展に必須といえる。

なお、前橋市は平成30年5月10日にNTTドコモと連携協定を締結した。協定では、社会課題の解決に向けたICTインフラの地域における利活用方法の検討に関することも連携事項にあり、5G等により新たな課題解決について検討することも含まれていることから、自動運転の社会実装の素地は整いつつあるといえる。

9. ICTを活用した最適な交通サービスの提供

本題とは逸れるが、前橋市とNTTドコモとの連携協定には、ICTを活用した社会基盤整備に関することも連携事項にあり、AI(人工知能)を活用した地域交通網の最適な運用も含まれる。

現在、特定地域内で運行されているデマンド交通や、今後の導入を検討している公共交通不便地域でのデマンド型地域内交通の導入にあたって、図7のようにAI等を活用して効率的な配車を行うことができれば、交通全体の利便性が向上するとともに、公共交通体系の持続性も確保しやすくなると考えられる。人口集積地でない地域における高齢者を中心とした住民の移動の足確保という交通課題についての解決策の一つと考えられ、自動運転による基幹的バスの導入と合わせて、交通ネットワークの形成に役立つものと思われる。



図7 AIを活用した最適配車のイメージ(NTTドコモの配車アプリのイメージ)

10. おわりに

以上述べたとおり、自動運転や5G、AIなどのICTを活用して公共交通の課題を解決することは、人口減少社会にあって公共交通網、ひいては都市そのものの持続性を確保することに繋がる。ICTを活用してスマートシティを目指すことが、まちそのものの「暮らしやすさ」となり、まちの活力を維持していくことに資する。

前橋市の例でいえば、ICTを活用したスマートシティは、図8のようにコンパクトシティ・プラス・ネットワークの典型例ともいえ、人口減少社会で同様の地方都市の参考となろう。

最後に、ICTを活用してスマートシティを目指す最大の目的は、個人の生活の質(QOL: Quality of Life)の向上が目的であり¹⁸⁾、常に生活者の視点からその導入の是非を検討することが、行政に求められることになる。

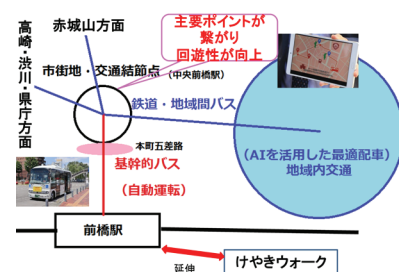


図8 前橋市のICTを活用したスマートシティのイメージ

【参考文献】

- 1) 内閣府:交通安全白書,平成29年度版,pp.83-84,2017.6
- 2) 警察庁:運転免許統計,平成29年度版,申請による運転免許の取消件数の年別推移,pp.18,2018.3.
- 3) 自動車検査登録情報協会ホームページ:<http://www.airia.or.jp>
- 4) 内閣府:運転免許証の自主返納制度等に関する世論調査,ホームページより
- 5) 日本バス協会:『運転者不足問題』に対する今後の対応方策について,バス事業をめぐる情勢,pp5-6,2008,3
- 6) NHK:おはよう日本,平成30年6月8日放送分より
- 7) 国土交通省:自動運転戦略本部,第4回会合参考資料,pp15,2018.3
- 8) 高度情報通信ネットワーク社会推進戦略本部・官民データ活用推進戦略会議,官民ITS構想・ロードマップ2018,pp28,2018.6
- 9) 小木津武樹:ニュートンプレス,ニュートン,AIが加速させる自動運転技術,pp36,2018.8
- 10) 前橋市:前橋市地域公共交通網形成計画,pp121,2018.3
- 11) 国土交通省:第2回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,資料3,pp17.2018.3
- 12) 高度情報通信ネットワーク社会推進戦略本部・官民データ活用推進戦略会議,官民ITS構想・ロードマップ2018,pp46,2018.6
- 13) 高度情報通信ネットワーク社会推進戦略本部・官民データ活用推進戦略会議,官民ITS構想・ロードマップ2018,pp54-57,2018.6
- 14) 加藤真平:ニュートンプレス,ニュートン,AIが加速させる自動運転技術,pp37,2018.8
- 15) 国立研究開発法人情報通信研究機構ホームページ:<https://www.nict.go.jp/press/2018/05/16-1.html>
- 16) ITmedia Mobile:最近話題の「5G」一体何ができるようになるの?,2018.05,<http://www.itmedia.co.jp/mobile/articles/1805/27/news009.html>
- 17) 愛知県:平成29年度愛知県における自動運転関連の施策,pp4,2018.3
- 18) 国土交通省:スマートシティの実現に向けて【中間とりまとめ】,pp21,2018.8