

自動運転バスの導入

2022.10

経済新人会 金融研究部 G班

酒井 遥香

島田 和薫

中川 碧翼

新村 直也

林 和佳奈

目次

I. 導入

II. 現状分析

III. 問題意識

IV. 政策提言

参考文献

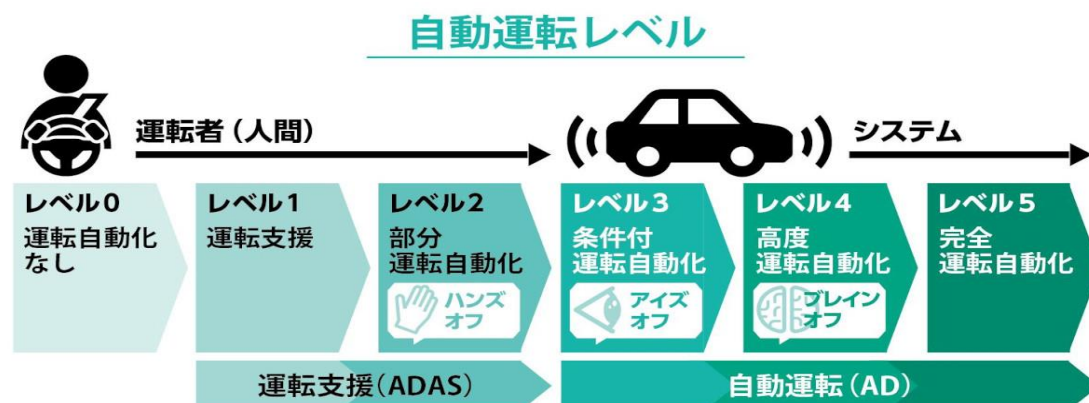
I. 導入

・自動運転とは

近年では自動運転車という言葉を目にする機会が多い。日本でも実用化が近づいていると言われている。自動運転とは、車両の操縦や制御を人の助けを借りずに機械が自律的に行なうシステムである。自動運転車の中核である自動運転技術には様々な技術が必要とされるが、特に重要なものは位置特定技術、認識技術、予測技術、プランニング技術であると一般的に言われている。位置特定技術は車両がその時点で走行あるいは駐車している位置を特定する技術である。認識技術は、周囲の歩行者や自動車、障害物を把握する技術である。予測技術は歩行者や自転車の飛び出しなどによる事故を予見する技術である。プランニング技術は、認識技術で周囲の状況を把握した上でビッグデータを基に最も安全なルートを算出する技術である。

・自動運転のレベル

自動運転は、その段階に応じて5つのレベルに分けられている。レベル1は加速、ハンドル操作、制動のいずれかをシステムが行う状態で、レベルが上がるにつれてシステムが運転で担う領域が広がり、レベル4になるとあらかじめ設定された運行設計領域内ではシステムが常に運転するようになる。日本では2022年4月19日、このレベル4を許可する制度を含めた改正道路交通法が衆議院で可決され、成立した。年内にもこの法律の一部が施行され、公道でのレベル4の自動運転が可能となる見通しである。現在日本では多くの自動運転バス運用実験が行われているが、その大半が将来的にレベル4での実用化を目指している。つまり、自動運転バスの運用は、法律面では間もなく完成することになる。



出典：パーソルテクノロジースタッフ 自動運転のレベル分けとは | レベル0~5までの定義と車種一覧

表 自動運転レベル

| 分類 | 概要 | 責任関係等の区分 | 左記を実現するシステム | |
|---------|------------------|--|-------------|----------|
| 情報提供型 | ドライバーへの注意喚起等 | ドライバー責任 | 安全運転支援システム | |
| 自動制御活用型 | レベル1 単独型 | 加速・操舵・制動のいずれかの操作をシステムが行う状態 ドライバー責任 | 安全運転支援システム | |
| | レベル2 システムの複合化 | 加速・操舵・制動のうち複数の操作をシステムが行う状態 ドライバー責任 ※監視義務及びいつでも安全運転できる態勢 | 準自動走行システム | 自動走行システム |
| | レベル3 システムの高度化 | 加速・操舵・制動を全てシステムが行い、システムが要請したときのみドライバーが対応する状態 システム責任（自動走行モード中） ※特定の交通環境下での自動走行（自動走行モード） ※監視義務なし（自動走行モード：システム要請前） | | |
| | レベル4 完全自動走行 | 加速・操舵・制動を全てシステムが行い、ドライバーが全く関与しない状態（限定領域内） システム責任 ※全ての行程での自動走行 | 完全自動走行システム | |
| | レベル5 完全自動走行 | 加速・操舵・制動を全てシステムが行い、ドライバーが全く関与しない状態（無制限） システム責任 ※全ての行程での自動走行 | | |

- 注1) いずれのレベルにおいても、車両内ドライバーは、いつでもシステムの制御に介入することができる。
- 2) ここで「システム」とは、車両内ドライバーに対置する概念であり、単体としての自動車だけでなく、それを取り巻く当該自動車の制御にかかる周辺システムを含む概念である。
- 3) レベル3では、自動走行モード中においては車両内ドライバーには監視義務は発生しないことが想定されている。このため、レベル3の実現にあたっては、社会需要面の検討を含めて、その制度・体系について検討していくことになる。
- 4) レベル4においては、これまでの世界的に理解されている、車両内ドライバーを前提とした“自動車”の概念とは異なるものになり、自動車あるいは移動サービスに係る社会は大きく変化することが考えられる。このため、レベル4の導入を検討するにあたっては、このような自動車が道路を無人で走行する社会の在り方、社会受容面の検討を含めて、その制度・体系について検討していくことになる。

出所:国土交通省 都市局

II. 現状分析

・市場規模

富士キメラ総研の2022年8月3日の発表によれば、自動運転技術を搭載している車両の世界での生産数は、2022年では見込みでレベル2が3608万台、レベル3が3万台、レベル4～5が9万台となっている。2030年にはレベル2が6176万台、レベル3が580万台、レベル4～5が433万台と爆発的に拡大する見通しとなっている。

■自動運転レベル2以上車両の世界市場(生産台数ベース)

| | 2022年見込 | 2030年予測 | 2045年予測 |
|--------|---------|---------|---------|
| レベル2 | 3,608万台 | 6,176万台 | 6,166万台 |
| レベル3 | 3万台 | 580万台 | 2,847万台 |
| レベル4/5 | 9万台 | 433万台 | 2,051万台 |

出所:富士キメラ総研

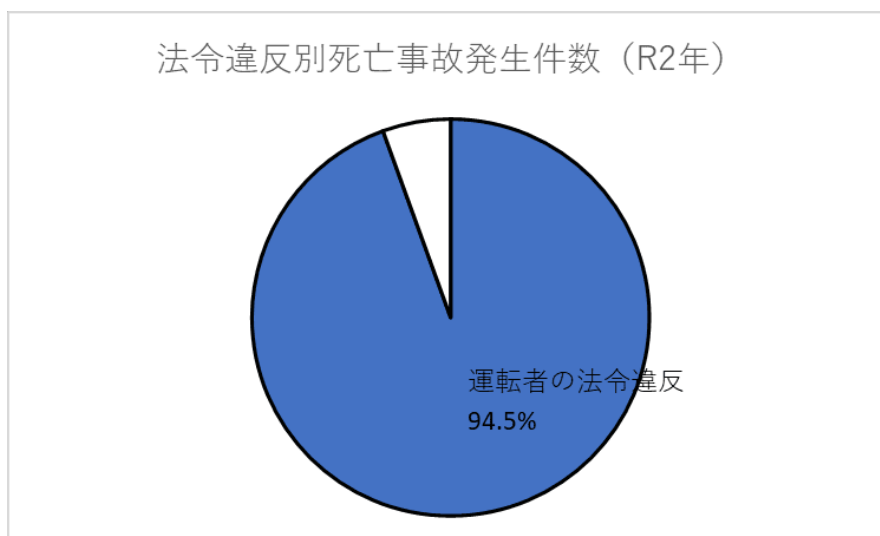
・自動運転導入推進のインセンティブ

各国の自動車産業での自動運転開発に向けた活発な動きや、日本でも完全自動運転実現に向けた公道実験が行われている。以下に挙げる3つの効果がこの自動運転に対する期待を加熱させている。

【1】交通事故の減少

令和2年段階で交通事故により2839人が死亡。

2784件のうち、94.5%は運転者に起因している。



道路形状別交通死亡事故発生件数 (令和2年) 参考

自動ブレーキ、車線維持、速度管理といった自動運転技術導入により、運転者のミスに起因する事故の防止が期待される。

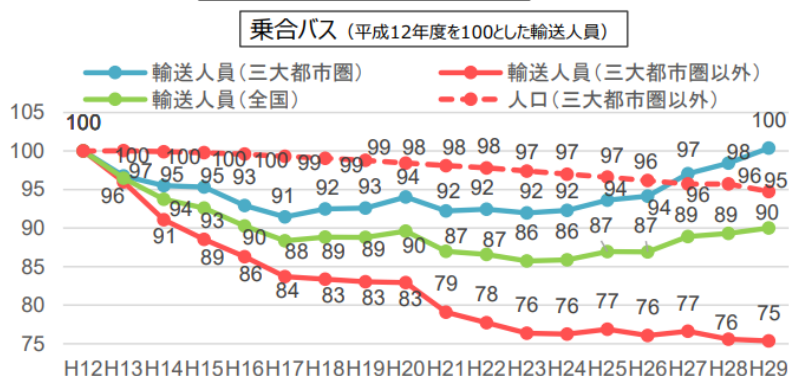
【2】渋滞の解消・緩和

渋滞により、経済活動の阻害（運送効率の低下など）が発生している。自動運転による車間距離の調整、不必要な加減速を抑止することにより渋滞の防止が期待される。

【3】少子高齢化への対応

少子高齢化により、トラックなどの運転者が減少している。それに伴い、路線バスの日当たりの運行回数の減少が起こっている。

バスの輸送人員の減少



※「三大都市圏」とは、埼玉県、千葉県、東京都、神奈川県、愛知県、京都府、大阪府、兵庫県を指す
 (出典)「総務省統計局人口推計」「自動車輸送統計年報」より国土交通省総合政策局作成

路線バスの廃止路線キロの推移

| 年度 | 廃止路線キロ |
|--------|---------------|
| 2007年度 | 1,832 |
| 2008年度 | 1,911 |
| 2009年度 | 1,856 |
| 2010年度 | 1,720 |
| 2011年度 | 842 |
| 2012年度 | 902 |
| 2013年度 | 1,143 |
| 2014年度 | 1,590 |
| 2015年度 | 1,312 |
| 2016年度 | 883 |
| 計 | 13,991 |

※高速バス・定期観光バスを除く、
 代替・変更がない完全廃止のもの

出典：国土交通省総合政策局地域交通課令和元年 9 月 9 日

公共交通の補完による高齢者の移動手段の確保が期待できる。

・日本政府による自動運転バス導入状況

先に示した日本での自動運転に関する公道実験は政府主体で行われてきた。2016 年度から国土交通省は経済産業省と連携し、最寄駅等と最終目的地を自動運転移動サービスで結ぶ「ラストマイル自動運転」¹の実証実験を、小型カートや小型バスを用いて実施している。

2020 年段階では、中型自動運転バスによる実証実験を行う 5 地域のバス運行事業者等を選定し、2020 年度の実証実験の実施を進めている。

※中型自動運転バスの実証実験を行う地域、バス運行事業者等、実証期間

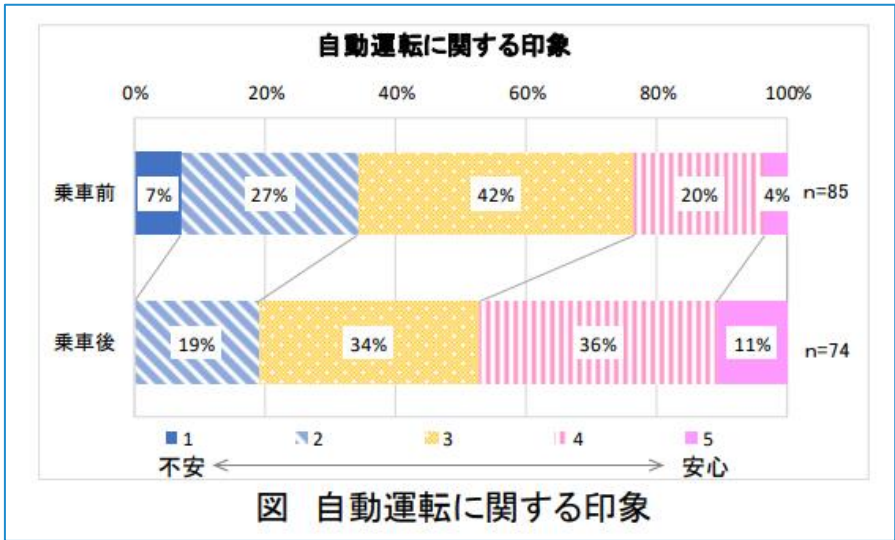
| 実証実験を行う地域 | バス運行事業者等 | 実証期間（予定） |
|-------------|-------------|-----------------|
| 滋賀県大津市 | 大津市、京阪バス（株） | 7月12日～9月27日（予定） |
| 兵庫県三田市 | 神姫バス（株） | 7月20日～8月23日（予定） |
| 福岡県北九州市・苅田町 | 西日本鉄道（株） | 9月上旬～11月下旬※ |
| 茨城県日立市 | 茨城交通（株） | 10月上旬～来年3月上旬※ |
| 神奈川県横浜市 | 神奈川中央交通（株） | 12月上旬～来年3月上旬※ |

出典：国土交通省 中型自動車運転バスの実証実験概要とバス運行事業者による地域実証

・試乗車（利用者）の意見

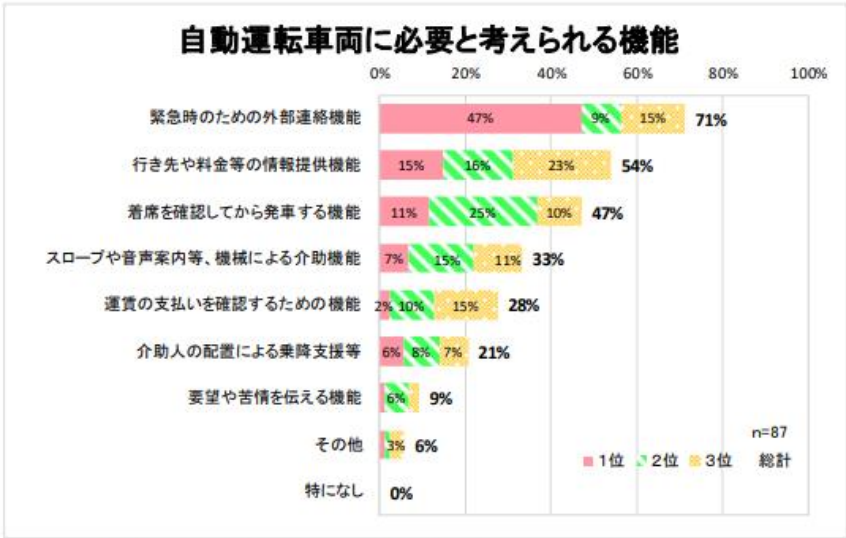
以下のアンケートの結果をまとめたグラフを見ると自動運転走行に関しては、普段のバスと同程度以上の意見を持つものが多いことがわかる。アンケートの結果から安心と答えた割合が乗車後のほうが高いことから民衆の自動運転に対する認識と現段階での自動運転に関する技術力に差が生じていることが読み取れる。

¹ 目的地までのワンマイル程度の狭く限定された範囲内を自動運転（レベル3・4）で移動するサービス



出典：基幹的なバスにおける自動運転導入に関する検討 中間とりまとめ

外部連絡機能への需要が高いことから民衆の自動運転に対する不安感が読み取れる。



出典：基幹的なバスにおける自動運転導入に関する検討 中間とりまとめ

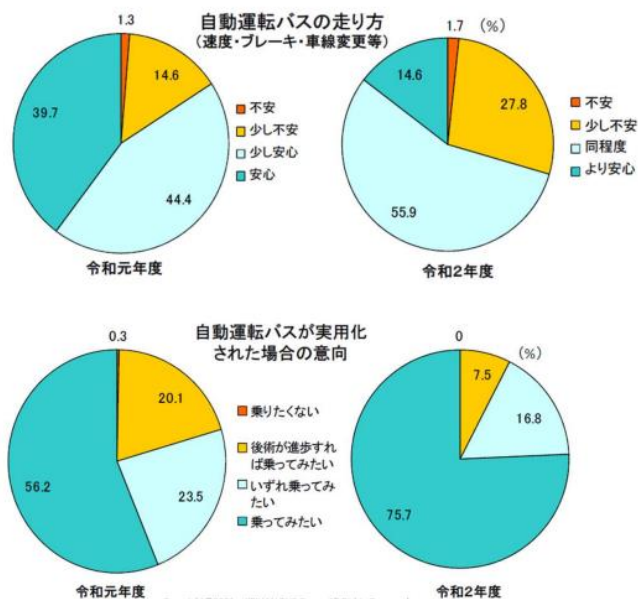


図 大津市での自動運転バスの走行性に対する意見・自動運転バスが実用化された場合の意向

出典：基幹的なバスにおける自動運転導入に関する検討 中間とりまとめ

| |
|--|
| 2019年8月26日：名古屋大学が所有する「ゆっくり自動運転」車両が接触事故 |
| 2020年3月10日：BOLDLYの自動運転バスが都内で物損事故 |
| 2020年8月30日：産総研の実証実験で接触事案 |
| 2020年12月14日：再起動忘れが原因で自動運転バスがガードレールに接触 |

出典：自動運転LAB 自動運転車の事故（2022年最新版）

令和元年に対し、令和二年のほうが民衆の不安感が多いのは国内の数か所で発生した自動運転の事故が原因であると言える。逆に、令和元年の時点の民衆の不安感が少ないのは自動運転というものに対する知識が少なかったことに付随すると考えられる。

Ⅲ.問題意識

現状分析の章において、自動運転技術の搭載車両が世界的に普及する見込みであること、国内でも自動運転車の導入を推進するインセンティブが高まっていることを明らかにした。さらに、日本国内で路線バスの人員不足による廃線が相次いでおり、廃線になった路線を自動運転バスの運行で復活させることが政府主導で行われている状況を示した。この章では、現在日本で懸念されているバス路線の減少で生じる不利益について、

1. 三大都市圏における不利益
2. 三大都市圏以外の地方における不利益

の2点の問題意識について説明し、これらが実際に自動運転バスの導入のインセンティブになっていることを証明する。なお、三大都市圏とは千葉、武相（東京三多摩地区、埼玉県及び神奈川県）、京浜（東京特別区、三鷹市、武蔵野市、調布市、狛江市、横浜市及び川崎市）、東海（愛知県、三重県及び岐阜県）、京阪神（大阪府、京都府（京都市を含む大阪府に隣接する地域）及び兵庫県（神戸市及び明石市を含む大阪府に隣接する地域））を指す。

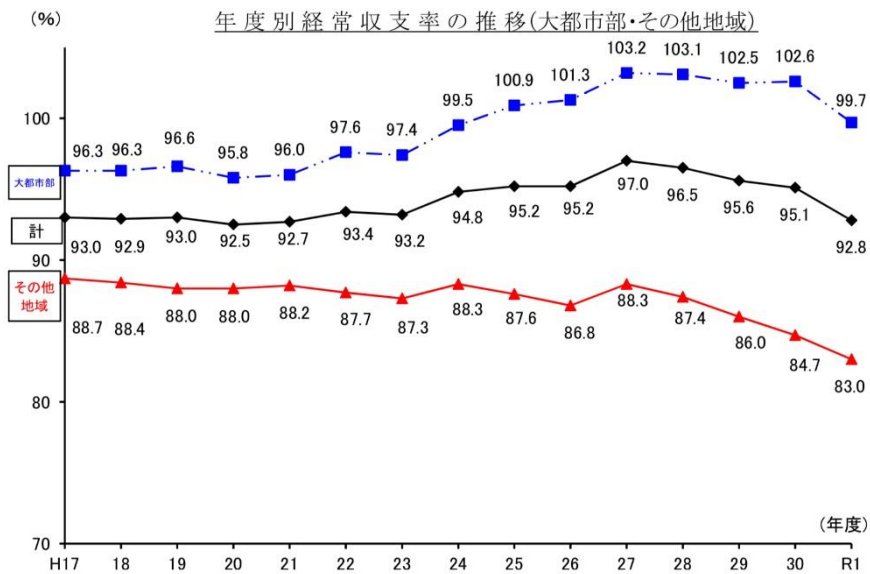
1. 三大都市圏における不利益

特に鉄道網が集中して電車の遅延や運行停止が頻発する三大都市圏では、そのような事態になった時にバスが代替交通手段となることも多い。バスが電車の代わりの役目を果たしている訳である。よって、バス路線が続々と廃線になると鉄道網が機能不全に陥った時に代替手段であるバスによる輸送が困難となり、交通麻痺になる恐れがある。また、国土交通省によるとバスの運転手の有効求人倍率は全業種のその平均の2倍以上ある上に輸送人員数は近年増加傾向にあるため、深刻な人手不足に陥っている。以上より廃線となりそうな路線に自動運転バスを導入して廃線を食い止めることは適切であると言える。

2. 三大都市圏以外の地方における不利益

都市圏以上に少子高齢化が進行しており、運転手不足などの原因で廃線が多くなってしまっている。岐阜県だけでも、平成13年の10月初めから令和3年の9月末までの20年間で218本のバス路線が廃線になっており、平均にして1年間で10本以上の路線が廃線になっていることになる。同様の理由で廃線となる鉄道もあり、自家用車を持たない人や免許を返納した高齢者の交通手段を確保する必要性は依然として高い。また、そもそも都市部よりも急速に人口が減少する地方では運転手不足はより深刻で

ある。さらに、下図に示すように三大都市圏（青色）では年度別経常収支率が平成 17 年から令和元年の全ての年で 95% を超えるなど極めて高水準なのに比べ、三大都市圏以外の地域（赤色）では年度別経常収支率が 90% を上回っている年がゼロであり、また国土交通省によると令和元年度の地方バス事業者の赤字率は約 87% とかなり収益的に厳しいことがわかる。これからも収益率の低い路線から次々と廃線になっていくことが予想される。以上のことを踏まえると、三大都市圏以上に特にこの地域で自動運転バス導入による廃線回避が重要となる。



出所：国土交通省

IV.政策提言

この章では問題意識を踏まえたうえで三大都市圏を除く地方での自動運転バスを実施するために地方公共団体に補助金を割り当てることを提言する。はじめに、なぜ三大都市圏を提言の対象地域から外したかだが、先の問題意識の章でも述べた通り三大都市圏でのバス事業は地方ほど改善が急務ではないためだ。また、レベル3の自動運転を実施するためにはその他の交通が煩雑でなく、想定外の危険の少ない場所が望ましい。また、地方では高齢者の足となる鉄道交通手段が少なく、バス路線を整備することの社会的意義が大きい。従って対象地域を三大都市圏を除く地方に限定した。

次に、支出する補助金はどのように使用されるものであるかを説明する。次の表は国土交通省が作成した自動運転バスを実際にある都市で走らせた場合の予算検証事例である。

| 参考 試算根拠（支出） | | |
|-------------|---|--|
| 項目 | 一般車両の場合 | 自動運転車両の場合 |
| 人件費 | <ul style="list-style-type: none"> 乗務員1名、オペレータ1名の費用 乗務員：9,600円※1 × 365日 = 3,504,000円/年 オペレータ：時給900円※2 × 8時間 × 365日 = 2,628,000円/年 ※1 「当該地域のタクシー会社」に対するヒアリングに基づく運転手の日単価 ※2 当該地域の事務職求人時給（H30.12） | <ul style="list-style-type: none"> 乗務員1名、オペレータ1名（有償ボランティアを想定）の費用 平均時給720円※1 × 0.75※2 × 8時間 × 365日 × 2名 ※1 「第1回 運営協議会における合意形成のあり方検討会」、「自家用有償旅客運送の現状等について」より ※2 837円（当該地域 職種別ノ求人賃金・求職者希望賃金情報（常用・パート）、一般事務員H29.12）に対する1,110円（全国平均時給・毎月勤労統計調査H29）の比率 |
| 減価償却（車両費） | <ul style="list-style-type: none"> 車両購入費350万円※1、耐用年数10年に対する定率法による償却試算 ※1 大型ワゴン車（ガソリン車）で試算 | <ul style="list-style-type: none"> 車両購入費395万円（被牽引車50万）、耐用年数10年に対する定率法による償却試算 |
| 燃料費・電気代 | <ul style="list-style-type: none"> ガソリン代：年間走行キロ ÷ 燃費 × ガソリン価格 = 21,900km ÷ 9km/L × 151.3円/L日※1 ※1 市場価格（経済産業省 資源エネルギー庁 石油製品価格調査） 年間走行キロ21,900km、路線延長6km × 5往復 × 365日 | <ul style="list-style-type: none"> 電力使用料：実験実績（往復1.48kw/h） × 5往復 × 365日 × 電力単価25円/kWh※1 ※1 当該地域の事業会社実績を参照 |
| 運行管理システム費 | <ul style="list-style-type: none"> デマンドシステム運営費（サーバ費用）：50,000円/月 × 12か月 遠隔監視機材レンタル費：10,000円/月 × 12か月 | |
| 諸経費 | <ul style="list-style-type: none"> 諸経費キロ単価※1 29.47円/km（「2016年度版日本のバス事業」の原単価を使用） ※1 85.98円/km（諸経費の原単位） × 119.75円/km（当該路線の営業収入） ÷ 349.39円/km（当該地域の営業収入） 年間走行キロ21,900km、路線延長6km × 5往復 × 365日 | |
| 車両修繕費 | <ul style="list-style-type: none"> 修繕費キロ単価※1：7.93円/km（「2016年度版日本のバス事業」の原単価を営業収入で補正） ※1 21.75円/km（修繕費の原単位） × 119.75円/km（当該路線の営業収入） ÷ 349.39円/km（当該地域の営業収入） 年間実走キロ21,900km、路線延長6km × 5往復 × 365日 | |
| 利子 | <ul style="list-style-type: none"> 車両購入費に係る借入金350万円に対する元利均等方式による試算 | <ul style="list-style-type: none"> 車両購入費に係る借入金395万円に対する元利均等方式による試算 |
| 減価償却（電磁誘導線） | — | <ul style="list-style-type: none"> インフラ整備費4,800万円※1、耐用年数25年に対する定額法による償却試算 ※1 キロ400万、法定の送電用地中電線路（25年）で試算 |

出典：国土交通省『自動運転サービスの採算性の検証事例』

この表によると、自動運転バスは非自動運転バスに対し車両購入費とインフラ整備費が増加するものの、乗務員の業務負担が軽減されるため人件費が削減する。また、自動運転バスを電気自動車・水素燃料車であると仮定している場合、燃料コストも削減できる。そこで、インフラ整備費用を民間バス会社が負担することは困難なので補助金で賄うべきだと考える。具体的にインフラ整備とは、道路に電磁誘導線を敷設する等である。上記の表で

はバスの路線を片道6キロメートルとして計算しているためキロ単位当たりの敷設費用を400万円として往復で4800万と試算している。

最後に、実際に自動運転バスを実施した際の経済効果を試算したいところだが、自動運転車はIT産業と自動車産業が掛け合わされてできた新たな産業であり電子部品の項目がまだ存在しないため直接経済効果の産業関連表からよみと読み取ることは困難であると名城大学の機械振興協会経済研究所の太田研究員は論文で述べている。従ってここでは自動運転バスを導入することの経済効果となりうるものを挙げるに留める。

考えられる直接効果

- ①事故の減少に伴う直接効果
- ②人件費削減に伴う直接効果
- ③インフラ投資に伴う直接効果
- ④バス会社の設備投資に伴う直接効果
- ⑤自動運転バスそのものが観光対象となることに伴う経済効果

考えられる負の効果

- ①不要となるバス部品に伴う効果
- ②事故が起きてしまった際の効果

参考文献

自動運転ラボ. 「自動運転に必須の 7 技術まとめ！位置特定技術、AI 技術、予測技術など」.
https://jidounten-lab.com/y_1298

MOBY. 「自動運転「レベル 4」の車、道交法改正で 2022 年に解禁される？」.
<https://car-moby.jp/article/news/latest-technology/self-driving-level-4-car/>

MONOist. 「自動運転の市場調査、レベル 3 は 2045 年に 2800 万台、LiDAR は金額ベースで 3.5 兆円」.
<https://monoist.itmedia.co.jp/mn/articles/2208/04/news070.html>

国土交通省. 「中型自動運転バスによる実証実験を開始します 9」.
https://www.mlit.go.jp/report/press/jidosha07_hh_000345.html, (参照 2022-10-4)

国土交通省. 「ラストマイル自動運転車両システムのガイドラインを策定しました！
～地域の移動手段確保に資する自動運転車両の早期実用化に向けて～」.
https://www.mlit.go.jp/report/press/jidosha07_hh_000346.html, (参照 2022-10-4)

国土交通省. 「基幹的なバスにおける自動運転導入に関する検討 中間とりまとめ」.
<https://www.mlit.go.jp/toshi/content/001475302.pdf>, (参照 2022-10-4)

国土交通省. 「自動運転をめぐる動き」.
<https://www.mlit.go.jp/common/001155023.pdf>, (参照 2022-10-4)

国土交通省. 「地域交通をめぐる現状と課題」.
<https://www1.mlit.go.jp/policy/shingikai/content/001311082.pdf>, (参照 2022-10-4)

自動運転ラボ. 「自動運転車の事故（2022 年最新版）」.
https://jidounten-lab.com/y_1615, (参照 2022-10-4)

内閣府. 「第 1 章 道路交通事故の動向」.
https://www8.cao.go.jp/koutu/taisaku/r03kou_haku/zenbun/genkyo/h1/h1b1s1.html, (参照 2022-10-4)

国土交通省. 「自動運転サービスの採算性の検証事例」.

<https://www.mlit.go.jp/road/ir/ir-council/automatic-driving/pdf06/02.pdf>

国土交通省. 「基本的なバス分科会からの報告資料」.

<https://www.mlit.go.jp/toshi/content/001389997.pdf>

太田志乃. 「カーエレクトロニクス部品の国内需要に関する試算」. 産業学会研究年報.

https://www.jstage.jst.go.jp/article/sisj/2021/36/2021_77/_article/-char/ja/