

シェア型自動運転車の普及がもたらす 車両走行距離の変化 —都市特性に着目して—

東 達志¹・高橋 諒²・谷口 守³

¹非会員 筑波大学大学院 システム情報工学研究科 (〒305-0005 茨城県つくば市天王台1-1-1 3F棟1135)
E-mail:s1820436@s.tsukuba.ac.jp

²非会員 筑波大学 理工学群 (〒305-0005 茨城県つくば市天王台1-1-1 3F棟1135)
E-mail: s1611277@s.tsukuba.ac.jp

³正会員 筑波大学教授 システム情報系 (〒305-0005 茨城県つくば市天王台1-1-1 3F棟1134)
E-mail: mamoru@sk.tsukuba.ac.jp

近年、完全自動運転車を活用したライドシェア・カーシェアサービス(以下、SAV)の実現が目指されており、混雑緩和や環境負荷軽減等の効果が期待されている。しかし、SAVは導入都市の特性や普及レベルによっては多くの誘発交通を生み、混雑や環境負荷をむしろ悪化させる可能性がある。そこで本研究は、今後SAVを導入する際の都市・交通計画の一助とすることを目的とし、SAV導入による車両走行距離増減率を人口密度と自動車分担率をもとに算出するモデルを提案した。本モデルを用いて普及レベル別・都市別に車両走行距離増減率を分析した結果、東京23区等の自動車分担率の低い都市では多大な誘発交通を生み、車両走行距離が増大することが示された。さらにSAVの普及レベルが上がった場合、地方都市でも車両走行距離が増大する可能性があることが示された。

Key Words : *automated-driving, share mobility, urban structure, induced traffic, vehicle-kilometers*

1. はじめに

自動運転車の開発、普及に向けた動きが世界各国で活発化しており、利用者が運転の負担を負うことなく目的地まで移動できる完全自動運転車が実現しつつある。

自動運転車は、現在の自家用車のように各個人が保有する場合もあるが、近年普及しつつあるライドシェアリングやカーシェアリングと組み合わせたシェア型自動運転車として利用され、将来の新たな公共交通の1つになることが期待されている。本研究ではこのシェア型自動運転車を SAV (Shared autonomous vehicle) と呼称する。

SAV は公共交通が不十分な地域でのラストワンマイルを補完する役割や、他の交通手段と組み合わせる最適な移動手段を提供する Mobility as a Service の一部としての役割が期待される¹⁾。また、自動運転システムによる燃費の良い走行、及びシェアリングによる走行距離減少や自動車台数削減に伴う環境負荷軽減や渋滞緩和等が期待されている²⁾。

しかし、SAVを導入すれば環境負荷や混雑等の課題が必ずしも緩和されるわけではない。SAVの導入が環境負

荷や混雑等の課題を緩和できるかどうかには、SAVの普及レベルや導入都市の特性等、多くの不確実性があると指摘されている³⁾。例えば、SAVは公共交通から利用者を奪う等の誘発交通を発生させ⁴⁾、結果的に環境負荷や混雑が悪化する可能性がある。またその誘発交通は、SAVを導入した都市の都市・交通特性や、導入したSAVの普及レベルによって大きく異なる可能性がある。

特に、元々自動車分担率の低い都市に高い普及レベルのSAVを導入すれば、その利便性の高さからSAVへの誘発交通量が多大となる可能性がある。また、人口密度が低い都市でライドシェアを導入しても、ODが一致する相手を見つげづらく、車両運行の効率化につながらない可能性もある。

しかし、SAVを導入さえすれば、環境負荷や混雑が緩和されるという期待は多方面で残っており、導入地域の都市・交通特性やSAVの普及レベルの差異が、誘発交通量や車両運行に与える影響が考慮されていないのが現状である。加えて、どのような都市・交通特性を持つ都市がSAV導入によって混雑や環境負荷等の課題が緩和できるのかは未だ不明瞭である。

2. 研究の位置づけ

2.1 SAV の動向

自動運転車を活用した交通サービスは、各国の大手自動車メーカーや交通事業者、及びIT企業が提携して実現を目指す例が多い。たとえばZMPと日の丸交通は、2018年8月より東京都心で完全自動運転タクシーの営業走行の実証実験を行っており⁵⁾、またWaymoやLyftも2018年から完全自動運転によるタクシーの運行を開始している⁶⁾。

また、我が国では民間企業だけでなく、国土交通省が主体となってSAVの実現を目指している。例えば、2017年度より中山間地域の道の駅や、ニュータウンでの多様な自動運転サービスの検討等を行っており、2020年に限定地域でのサービス開始を目指している⁷⁾。

上記のように、都心や中山間地域含めた様々な地域でSAVの普及にむけた動きが進んでおり、将来的には広域的に普及する可能性がある。

2.2 既存研究レビュー

SAVに関する研究は、環境負荷や都市交通に与える影響等数多くなされており、なかには都市構造とSAVの関係性を分析した研究もみられる。たとえば、自動運転車車両の走行システムが環境負荷軽減に与える影響⁸⁾や、SAV導入が車両走行距離やCO2排出量に与える影響を分析した研究⁹⁾¹⁰⁾¹¹⁾がみられる。また、交通手段を適切に組み合わせることで環境負荷を抑制できる可能性を提案した研究¹²⁾等も見られる。

また、都市構造との関係性については、異なる都市規模や都市半径でSAVの運行効率を分析した研究¹³⁾¹⁴⁾や、SAV導入が都市の成長及び衰退に与える影響を分析した研究¹⁵⁾、及び自動運転車が普及した社会における街路の在り方を検討した研究¹⁶⁾等が見られる。また、導入車両台数や待ち時間等の普及レベル別にSAVの影響を分析した研究¹⁷⁾¹⁸⁾も多数存在する。

上記の研究より、SAVの導入が環境負荷に与える影響は、その研究によって改善と悪化双方の結果が見られる。しかし、異なる普及レベルと導入都市・交通特性の両観点からSAVの効果や影響を俯瞰的に検討した研究は見られない。また、都市特性別にSAVの導入効果を分析した研究では、都市規模等は異なっても単一都市圏を対象にしているため、多様な特性を持つ都市を包括して分析しているとは言い難い。そのため、多様な都市へSAVを導入した場合の効果を検討する必要があると考えられる。

2.3 本研究の内容

上記を踏まえ、本研究ではSAVの導入効果や影響を多様な都市・交通特性を持つ都市間で比較すること、またその効果や影響を複数の普及レベルで比較することを通

じて、今後SAVを導入する際の交通計画及び都市計画の一助とすることを目的とする。

上記の目標を達成するために、本研究では都市構造及び交通特性の最も代表的な指標である「人口密度」と「自動車分担率」をもとにSAVの導入効果を表現するSAVの導入効果モデルを提案する。その後、4章では本モデルに実際の都市を適用し、都市別にSAVの導入効果を比較する。また、5章ではSAVの普及レベル別に人口密度とSAVの導入効果の関係性を分析する。

なお、SAVの普及レベルについて、普及レベルが低いとSAVの利用希望者割合が少なく、高いと利用希望者割合が多くなると考えられる。つまり、SAVへの誘発交通量は導入地域の都市・交通特性に加え、SAVの普及レベルの差異に伴うSAV利用希望者割合の影響を大きく受ける。そのため本研究では、既存研究¹⁹⁾で調査された自動運転車利用意向調査²⁰⁾を参考に2つの普及レベル(レベルI, レベルII)を仮定し、その普及レベル間でSAVの導入効果を比較する。また、本調査は自動運転車の利用意向を都市別に調査しており、都市別の利用意向を適用できるという特長も持つ。

なお、本研究で検討する導入効果として、環境負荷やエネルギー利用、及び道路混雑への影響を検討する際に重要な指標と考えられる車両走行距離に着目し、SAV導入によって自動車(自家用車、またはSAV)の走行距離がどれだけ削減、または増大するかを分析する。本研究では、その増減割合を「車両走行距離増減率」と呼称する。

2.4 本研究の特長

本研究は以下の3点の特長を有する。

- 1) SAV導入による車両走行距離増減率と導入都市・交通特性との関係性を、独自のモデルを用いて明らかにした新規性の高い研究である。
- 2) 都市構造の代表的な指標である人口密度と自動車分担率を用いて、全都市のSAVの導入効果を算出できる網羅性、普遍性の高い研究である。
- 3) SAVへの誘発交通量を導入都市・交通特性と自動運転車利用意向の観点から検討し、車両走行距離に与える影響を分析した新規性、信頼性の高い研究である。
- 4) SAVは将来的に多様な都市・交通特性を持つ地域で導入され、かつ時期に沿って多様な普及レベルで導入される可能性があるため、極めて発展可能性が高い。

3. 分析概要

3.1 SAV の導入効果モデル

本研究では、SAVの導入により自家用車及びSAVの車両走行距離がどれだけ増減するかを表すモデルを提案す

る。その際の条件として以下の7つの仮定を置く。

- 1) SAV は全区間完全自動運転で移動する。
- 2) SAV は自家用車に代わる地域全体でシェアされるサービスとして期待されるため、SAV 導入後は個人で自家用車及び SAV 車両を保有しないものとする。
- 3) 都市内の交通手段は「SAV」と「自家用車」、および「その他」の3種類とする。「その他」には鉄道やバス、および徒歩や自転車等が含まれる。
- 4) SAV導入により、自家用車利用者はすべてSAVに転換するものとする。自家用車利用者がSAVではなく、路線や乗降場所が決められた公共交通や、徒歩・自転車に転換する可能性は低いと考えられるためである。
- 5) 都市間で基準を統一するため、トリップの発着地はランダムとし、各トリップの移動距離は同一(m)とする。
- 6) SAVの導入効果と都市・交通特性との関係性を明らかにすることが主眼であるため、車両の燃費や利用料金の変化等は考慮しない。
- 7) 利用者がSAVを利用する際、最も近くに位置するSAV車両が配車される。そのため、本研究では回送距離及び送迎距離は、乗車距離に対して十分に短いと仮定し、本分析では回送距離及び送迎距離は考慮しない。

また、都市 i における SAV 導入前の合計車両走行距離を D_{ib} 、導入後の合計車両走行距離を D_{ia} とする。さらに、都市 i のライドシェア成立確率 S_i を、「乗客を乗せた SAV 車両が他の利用者とライドシェアする(同一の車両を共有する)確率」とし、都市 i の交通転換率 t_i を、「自家用車以外の交通手段(「その他」)から SAV へ転換した(誘発された)人の割合」と定義する。これらの変数を用いると、 D_{ib} 及び D_{ia} は下記のように表現される。

$$D_{ib} = mc_i p_i \quad (1)$$

$$D_{ia} = m\{c_i + t_i(1 - c_i)\}p_i(1 - S_i/2) * (1 - S_i/3) \cdots (1 - S_i/n) \quad (2)$$

D_{ib} : SAV 導入前の合計車両走行距離

D_{ia} : SAV 導入後の合計車両走行距離

c_i : 都市 i の自動車分担率 ($0 < c_i \leq 1$)

S_i : 都市 i のライドシェア成立確率($0 \leq S_i \leq 1$)

p_i : 都市 i で発生するトリップ数 ($p_i \geq 1$)

m : 1 トリップの移動距離($m > 0$)

t_i : 都市 i の交通転換率($0 \leq t_i \leq 1$)

n : 車両の最大乗車人数($n \geq 1$)

D_{ib} は自家用車利用者数に移動距離を乗じた値、 D_{ia} は SAV 利用者数に移動距離を乗じた値に、ライドシェア成立により削減された車両の割合を乗じた値である。

また式(1)、式(2)より、SAV 導入による車両走行距離増減率を B_i とすると、 B_i は D_{ia} から D_{ib} を除した値($B_i =$

D_{ia}/D_{ib})であるから、下記のように表される。

$$B_i = 1/c_i \{c_i + t_i(1 - c_i)\}(1 - S_i/2) * (1 - S_i/3) \cdots (1 - S_i/n) \quad (3)$$

B_i : SAV導入による車両走行距離増減率

式(3)より、SAV 導入による車両走行距離増減率 B_i は、自動車分担率 c_i 、交通転換率 t_i 、及びライドシェア成立確率 S_i に依存する。交通転換率が大きいほど誘発交通が多く発生し、車両走行距離増減率が增大する。一方、ライドシェア成立確率が大きいほどシェアリングが多数成立し、車両走行距離増減率が減少する。

ここで、ライドシェア成立確率 S_i について、ライドシェアは利用者同士の空間的一致が必要なため、人口密度が高いほど多く成立する傾向が示されている²¹⁾。一方、ライドシェアには心理的抵抗感があることが指摘されているため²²⁾、ライドシェア成立確率 S_i を考慮する際には、ライドシェアに対する許容度を考慮する必要がある。そこで本研究では、この2つの観点を簡便化し、人口密度が高くなるほど、かつライドシェア許容度が高くなるほどライドシェア成立確率が大きくなると仮定する。以上の仮定よりライドシェア成立確率 S_i を下記に示す。

$$S_i = r * f(d_i) \quad (4)$$

$$f(d_i) = (d_i - \text{mind}) / (\text{maxd} - \text{mind}) \quad (5)$$

$f(d_i)$: 都市 i の人口密度を正規化する関数

r : ライドシェア許容度($0 \leq r \leq 1$)

d_i : 都市 i の人口密度(人/ha)

maxd : 人口密度の最大値

mind : 人口密度の最小値

式(4)を式(3)に代入することで、車両走行増減率 B_i を人口密度 d_i と自動車分担率 c_i 、及び交通転換率 t_i とライドシェア許容度 r を用いて表現することができる。

3.2 分析対象都市

本研究では、異なる都市特性間で SAV の導入効果を比較するため、多様な都市・交通特性を持つ都市を対象にする必要がある。そのため、本研究では多様な都市が含まれる H27 全国都市交通特性調査²³⁾を用い、調査対象である 70 都市のうち、線引きが行われている 62 都市を対象にする。その分析対象都市を表-1 に示す。

また、H28 都市計画現況調査²⁴⁾から各都市の市街化区域人口密度を取得し、3.1 における式(5)に代入する。加えて、H27 全国都市交通特性調査から各都市の自動車分担率を取得し、式(3)に代入する。

表-1 分析対象都市一覧

都市分類		市区名				
大都市圏核都市 (三大都市圏内の中心都市)		東京23区 京都 広島	大阪 福岡 千葉	川崎 札幌 仙台	横浜 名古屋 北九州	さいたま 神戸
大都市圏 周辺都市 (三大都市圏内 の周辺都市)	人口15万人以上	堺 所沢 宇治	松戸 豊橋 呉	豊中 明石 小田原	岐阜 四日市	奈良 春日井
	人口15万人未満	青梅 千歳 津島	小樽 稲城 大竹	東海 太宰府	泉佐野 塩竈	取手 近江八幡
地方圏中心都市 (三大都市圏以外の中心都市)		熊本 金沢 松江	静岡 高知	鹿児島 盛岡	松山 高崎	宇都宮 徳島
地方圏周辺都市 (三大都市圏以外の周辺都市)		郡山 今治 南国	上越 諫早 安来	弘前 小松	浦添 海南	磐田 総社

3.3 4章の分析シナリオ

4章では、本研究では式(3)~式(5)をもとに、SAV導入による車両走行距離増減率 B_i を算出する。分析の際に用いる変数の値は下記の通りとする。

$$\begin{aligned}
 t_i &= 0.18 \\
 n &= 4 \\
 r &= 0.5 \\
 \max d &= 200 \\
 \min d &= 0
 \end{aligned}$$

交通転換率 t_i は「IoT時代における新たなICTへの各国ユーザーの意識の分析等に関する調査研究」²⁵⁾を参考に適用する。本調査によると、我が国の完全自動運転車を有料でも利用したいと回答した割合が18.2%であったため、 $t_i = 0.18$ を適用する。SAVの最大乗車人数 n は、一般の乗用車を想定するため4人とする。また、自動運転に対する相乗り許容度を調査した既存研究²²⁾では、見知らぬ人と相乗りをしてもよいと回答した者の割合が51%であったため、 $r = 0.5$ を適用する。

また、実際のトリップデータを用いてライドシェア成立割合を分析した既存研究²¹⁾結果との差異を小さくするため、かつ国内で最も人口密度が高い東京都区部(158人/ha²⁴⁾)を含めた全国の都市を分析可能にするため、人口密度の最大値 $\max d$ は200とする。加えて、人口密度1人/ha未満の都市でも分析を可能にするため、都市人口密度の最小値 $\min d$ を0とする。

なお式(3)より、都市 i で発生するトリップ数 p_i 及び1トリップの移動距離 m は、車両走行距離増減率 B_i には依存しないため、両変数はそれぞれ $p_i \geq 1, m > 0$ を満たす任意の値とする。

3.4 5章の分析シナリオ

5章では、SAVの普及レベルの違いが車両走行距離増減率に与える影響を分析する。SAVの普及レベルが変わることは、導入地域が同一にもかかわらず、SAV利用希

望者割合が変化し誘発交通量を増減させることを意味するため、本研究では既存に調査された自動運転車利用意向調査²⁰⁾をもとに2つの普及レベルを仮定する。

表-2に利用意向調査の概要を示す。本調査では、全国から選定した47市の居住者に対して、自動運転車の利用意向を5段階評価(「とても利用したい」「やや利用したい」「どちらともいえない」「あまり利用したくない」「全く利用したくない」)で調査している。

本研究では、自動運転車を「とても利用したい」と回答した者のみの割合を「普及レベルI」の利用意向割合、「とても利用したい」と「やや利用したい」と回答した者の割合を「普及レベルII」の利用意向割合と定義し、SAVの普及レベルの差異を表現する。つまり、普及レベルIは「とても利用したい」者だけがSAVに誘発される普及レベル、普及レベルIIは「やや利用したい」者でもSAVに誘発されるほどの普及レベルである。上記の利用意向割合を式(3)の交通転換率 t に代入することで、都市別かつ普及レベル別の車両走行距離増減率 B_i を算出できる。

ただし、調査対象都市のうち線引きがなされていない8都市は、市街化区域人口密度が取得できないため分析対象外とする。加えて、本利用意向調査は都市によってサンプル数が少ないため、利用意向を正確に把握できていない都市が含まれている可能性がある。そのため、本研究では自動運転車の利用意向で5段階すべての評価が揃わなかった3都市(稲城、諫早、海南)も分析から除外し、合計36都市(3,200サンプル)で分析をすすめる。

また普及レベルの影響をより明確化するため、36都市の車両走行距離増減率と人口密度との関係性を回帰式によって表現する。また、普及レベルに加え、最大乗車人数 n もSAVのサービスレベルを検討するうえで重要な指

表-2 既存の自動運転車利用意向調査²⁰⁾の概要

調査対象	18歳以上の楽天リサーチ会員(3,500サンプル)				
調査方法	Webアンケート				
調査期間	2015年10月28日~10月30日				
分析対象都市	全国から選定した計47市				
主な調査項目	・個人属性[性別・年齢・免許保有・運転状況等] ・自動運転利用に関する意識[自動運転車の利用意向等]				
分析対象都市	都市類型	市区名			
	大都市圏核都市	東京23区 広島	京都 仙台	福岡	名古屋
	大都市圏周辺都市 (人口15万人以上)	松戸 小田原	宇治 呉	明石 豊橋	奈良
	大都市圏周辺都市 (人口15万人未満)	太宰府 泉佐野 小樽	青梅 近江八幡 千歳	津島 塩竈 大竹	取手 東海 (稲城)
	地方圏中心都市	松山 金沢	熊本	徳島	盛岡
	地方圏周辺都市	浦添 (白杵) (長門) (海南)	総社 (小谷部) (湯沢)	南国 (山梨) (亀山)	磐田 (伊那) (人吉) (諫早)

0) 内の都市は本分析では対象外

標と考えられるため、本章ではSAVの最大乗車人数を4種類(2人, 4人, 6人, 8人)想定する。ただし、乗車人数が増えるに従いODの一致が難しくなるため、本研究ではあくまで各乗車人数で運行できたという仮定のもとで分析していることに留意が必要である。

4. SAV導入による車両走行距離増減率の都市間比較

本章では、都市別にSAV導入による車両走行距離増減率を把握する。その分析結果を図-1に示す。横軸は人口密度 d_i 、縦軸は自動車分担率 c_i であり、両変数に対応した車両走行距離増減率 B_i を0.25間隔でグラフ中に示している。車両走行距離増減率 B_i が1.00未満の場合、SAV導入により車両走行距離が削減され、1.00を超える場合はSAV導入により車両走行距離が増大する。各図より以下の点が読み取れる。

- 1) 東京23区や大阪市等の大都市圏核都市、及び大都市圏の周辺に位置する稲城市や所沢市等では車両走行距離が増大する傾向がある。これらの地域は自動車分担率が低く、公共交通からSAVに転換するトリップ数が多いため、車両走行距離が増大すると考えられる。
- 2) 宇都宮市等の地方圏中心都市や浦添市等の地方周辺都市では、車両走行距離が削減される傾向がある。地

方都市は自動車分担率が高いため、公共交通を利用するトリップや徒歩の割合が少ない。そのため、誘発交通によって新たに生じるSAV利用者数が比較的少なく、車両走行距離削減につながっていると考えられる。

- 3) 図-1～図-4より、自動車分担率が高いほど、かつ人口密度が高いほどSAV導入によって車両走行距離が削減される傾向がある。ライドシェアを多く成立させて効率的な車両運行を行うこと、及び誘発交通量を抑えることが車両走行距離を削減させるにあたって重要であると考えられる。

5. 普及レベル別にみるSAV導入による車両走行距離増減率

本章では、既存研究¹⁹⁾における自動運転車利用意向調査²⁰⁾を用いて、普及レベル別の車両走行距離増減率を示す。また、複数の最大乗車人数で比較することで、乗車人数の変化による影響も併せて把握する。

初めに、普及レベル別の利用意向割合を表-3に示す。普及レベルIの場合、大都市圏核都市や大都市圏周辺都市の一部では10%前後に対し、地方圏周辺都市では利用意向割合が30%を超える都市がみられる。一方、普及レベルIIの場合、多くの都市で利用意向割合が50%を超え、特に地方中心都市や地方周辺都市において利用意向割合が

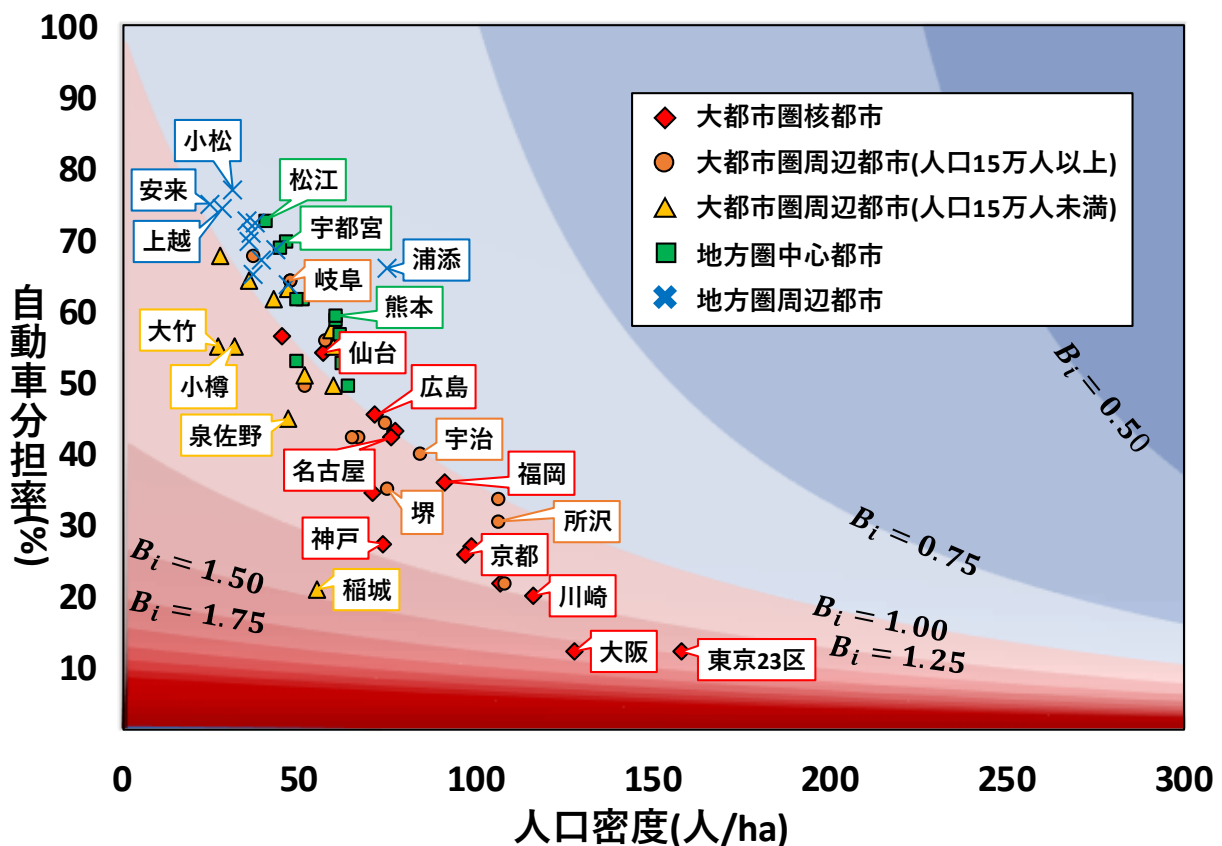


図-1 都市別の SAV 導入による車両走行距離増減

60%を超える都市が多くみられる。

上記の利用意向割合を誘発交通量の割合として式(3)の交通転換率 t_i に適用する。表-3で示した36都市を対象に算出した人口密度と車両走行距離増減率 B_i の関係性を表す回帰式を示す。最大乗車人数2人、4人、6人、8人時における人口密度と車両走行距離増減率の関係性をそれぞれ図-2、図-3、図-4、図-5に示す。これらの図から以下の点が読み取れる。

1) 図-2より、人口密度が高くなるほど車両走行距離増減

率が高くなる傾向がある($R^2 = 0.80, 0.90$)。シェアリングが成立することによる車両走行距離の削減分よりも、誘発交通による同距離の増大分が上回り、結果的に人口密度が高い都市ほど車両走行距離が増大する。

2) 1)と同図より、普及レベルが上がる(I→II)ことによる車両走行距離への影響は、人口密度が高い都市ほど大きくなるのがわかる。普及レベルが上がることによるSAVへの誘発交通量が、人口密度の高い都市ほど多いためと考えられる。つまり、人口密度が高い大都市部

表-3 普及レベル別の自動運転車利用意向(交通転換率 t_i)

都市分類	大都市圏核都市				大都市圏周辺都市 (人口15万人以上)				大都市圏周辺都市 (人口15万人未満)				地方圏中心都市				地方圏周辺都市			
	市区		普及レベル		市区		普及レベル		市区		普及レベル		市区		普及レベル		市区		普及レベル	
		I	II		I	II		I	II		I	II		I	II		I	II		
都市別 利用意向 (交通転換率)	東京23区	16.7%	45.8%	松戸	22.8%	55.7%	太宰府	16.7%	50.0%	松山	20.4%	53.9%	浦添	21.4%	64.3%					
	京都	21.0%	52.7%	宇治	34.8%	60.9%	青梅	28.3%	65.2%	熊本	27.4%	59.5%	総社	25.0%	65.6%					
	福岡	21.4%	51.2%	明石	8.3%	41.7%	津島	22.2%	51.1%	徳島	21.6%	60.8%	南国	37.5%	54.2%					
	名古屋	20.6%	51.5%	奈良	25.1%	57.5%	取手	15.6%	53.3%	盛岡	25.2%	60.7%	磐田	31.3%	63.6%					
	広島	18.7%	55.4%	小田原	23.9%	54.3%	泉佐野	13.0%	58.7%	金沢	24.2%	58.8%	小松	22.6%	58.1%					
	仙台	27.1%	54.8%	呉	23.0%	50.0%	近江八幡	17.4%	45.7%				上越	30.4%	64.1%					
				豊橋	26.5%	59.6%	塩竈	25.7%	57.1%				安来	26.3%	52.6%					
							東海	24.4%	57.8%											
							小樽	12.1%	42.4%											
							千歳	21.4%	50.0%											
							大竹	22.2%	51.9%											

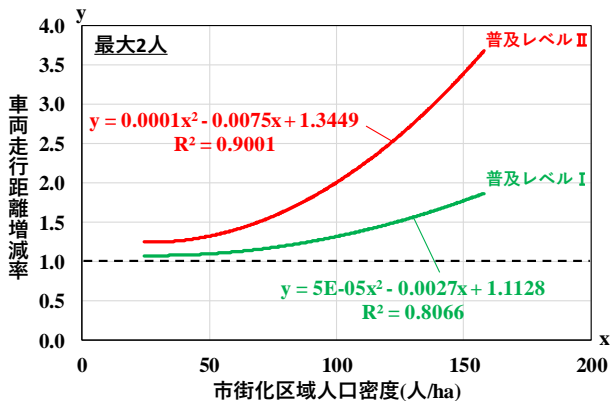


図-2 普及レベル別のSAV導入による車両走行距離増減率 (最大乗車人数2人)

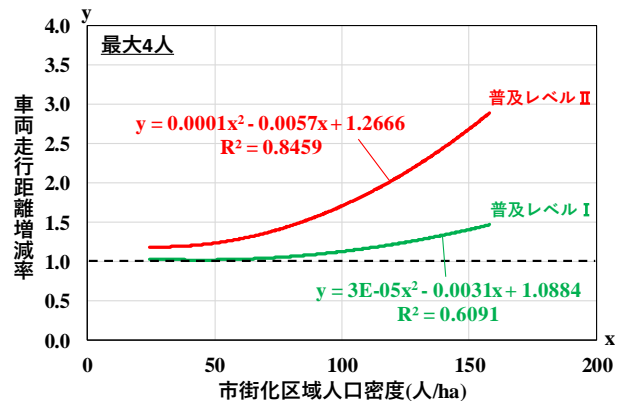


図-3 普及レベル別のSAV導入による車両走行距離増減率 (最大乗車人数4人)

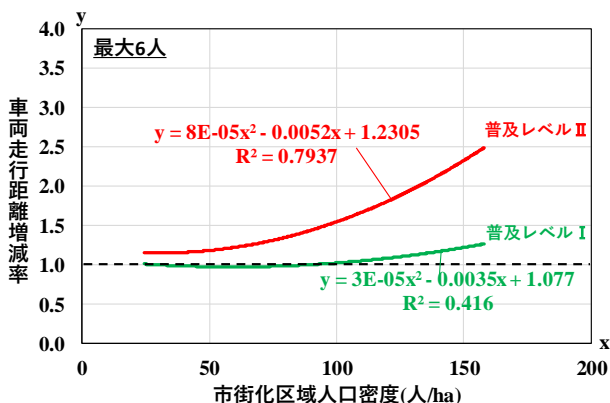


図-4 普及レベル別のSAV導入による車両走行距離増減率 (最大乗車人数6人)

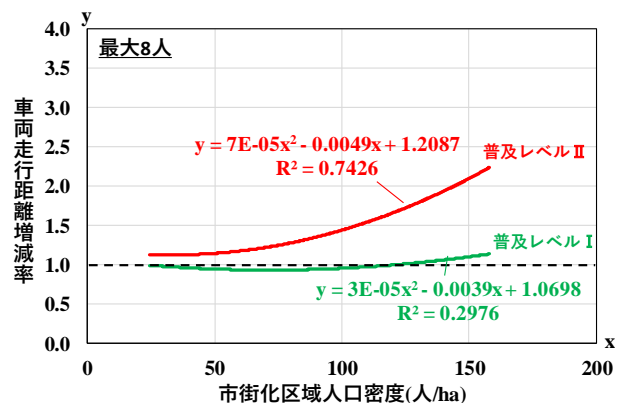


図-5 普及レベル別のSAV導入による車両走行距離増減率 (最大乗車人数8人)

へ高い普及レベルのSAV導入は、結果的に車両走行距離を大きく増大させる可能性ある。

- 3) 図-3より、最大乗車人数が4人の場合、最大乗車人数2人時と比べて車両走行距離の増大が抑制されることがわかる。乗車人数増加によるライドシェアの増加が影響していると考えられる。
- 4) 図-4より、最大乗車人数6人の場合、普及レベルIの人口密度50~75(人/ha)周辺で車両走行距離が削減されていることがわかる。ライドシェアによる車両走行距離の削減分が誘発交通量による同距離の増大分を上回った結果、車両走行距離の削減につながっている。
- 5) 図-5より、最大乗車人数8人の場合、人口密度と車両走行距離増減率の関係性が比較的弱くなったことがわかる。特に普及レベルIの場合は人口密度と車両走行距離増減率の関係性はほとんどみられない。ライドシェアによる車両走行距離の削減分と誘発交通量による同距離の増大分が相殺されていると考えられる。しかし、普及レベルIIの場合は1)~4)と同様に人口密度が高くなるほど車両走行距離増減率が高くなる傾向がある。

6. 結論

本研究の主な結果を以下に示す。

- 1) SAV導入による車両走行距離増減率を、都市特性の代表的な指標である「人口密度」と「自動車分担率」をもとに算出するSAV導入効果モデルを提案した。
- 2) 都市間で車両走行距離増減率を比較した結果、自動車分担率が低い大都市圏都市で増減率が高く、自動車分担率が高い地方都市において増減率が低くなる(増大が比較的抑えられる)傾向がある。
- 3) 普及レベルの差異が車両走行距離増減率に与える影響は、人口密度が多い都市ほど大きくなる。また、最大乗車人数が多くなるほど車両走行距離の増大が抑えられる傾向がある。ただし、車両走行距離が削減される普及レベルと最大乗車人数の組み合わせは、非常に限られることも示された。

上記より、SAVは導入地域や導入形態を適切に考慮しなければ、現状より車両走行距離が増大する可能性がある。特に東京23区や大阪市等の大都市圏核都市に導入すると、その利便性の高さから公共交通から多大な誘発交通を生み、結果的に道路混雑や環境負荷増大といった課題を悪化させる可能性がある。また、SAVの普及レベルが上がることで、誘発交通量を更に増加させ、地方都市を含めたすべての都市で車両走行距離が現状より増大する可能性がある。

そのため、SAVはあくまで自家用車依存を抑制し、かつシェアリングを促進することで環境負荷や道路混雑を

軽減すること、及び公共交通が少ない地域への交通手段の補完等を目的として導入されるべきである。上記の導入効果を得られるようなSAVの導入地域や導入形態を検討することが、今後のSAVを踏まえた都市・交通計画に必要となると考えらえる。

今後の課題として、ライドシェア許容度等の各変数が変化したことによる影響を分析すること等が挙げられる。たとえば、ライドシェアがより許容されるようになれば、シェアリングの促進により車両走行距離がより削減される可能性がある。そのため、今後各変数値の適切な設定方法を検討する必要がある。

謝辞：本研究は、トヨタ自動車(株)との共同研究「これからの社会システムとモビリティの在り方研究」の一環として実施した。加えて、JSPS科学研究費(17H03319)の助成を得た。この場を借りてお礼申し上げる。

参考文献

- 1) 総務省、情報通信統計データベース、次世代の交通
- 2) MaaS, http://www.soumu.go.jp/menu_news/s-news/02tsushin02_04000045.html, 最終閲覧 2019/2/26.
- 3) OECD, Shared mobility - Innovation liveable cities, International Transport Forum, 2016.
- 4) Wadud, Z., MacKenzie, D. and Leiby, P., Help or hindrance? The travel, energy and carbon Impacts of highly automated vehicles, Transportation Research Part A: Policy and Practice, Vol. 86, pp. 1-18, 2016.
- 5) 太田勝敏, 自動運転時代の都市と交通を考える, IBS Annual Report 研究活動報告 2017, <https://www.ttri.or.jp/machi/pdf/20170913-2machiben.pdf>, 最終閲覧 2019/2/26.
- 6) ZMP, 自動運転の実用化へ, <https://www.zmp.co.jp/vision>, 最終閲覧 2019/1/14.
- 7) 46 Corporations Working On Autonomous Vehicles, CB Insights, September 4, 2018, <https://www.cbinsights.com/research/autonomous-driverless-vehicles-corporations-list/>, 最終閲覧 2019/2/26.
- 8) 国土交通省自動運転戦略本部 HP, http://www.mlit.go.jp/jidosha/jidosha_tk7_000018.html, 最終閲覧 2019/2/26.
- 9) Barth Matthew, Boriboonsomsin Kanok, WU Guoyuan, The potential role of vehicle automation in reducing traffic-related energy and emissions, 2nd IEEE International Conference on Connected Vehicles and Expo, p. 604-605, 2013.
- 10) 谷本圭志, 川村周平: 無人運転技術を用いた車両共有システムの導入に伴う環境影響に関する分析, 社会技術研究論文集, Vol. 6, pp. 68-76, 2010.
- 11) effery Greenblatt, Samveg Saxena, Autonomous taxis could greatly reduce greenhouse-gas emissions of US light-duty vehicles, Nature Climate Change, Vol.5, p860-863, 2015.
- 12) D. Fagnant, K.M. Kockelman, Preparing a Nation for Autonomous Vehicles: Opportunities, Barriers and Policy Recommendations, Transportation Research Part A: Policy

- and Practice Vol.77, p.167-181, 2015.
- 13) Robert Cervero, Mobility Niches Jitneys to Robo-Taxis, Journal of the American Planning Association, Vol. 83, No.4, pp. 404-412, 2017.
 - 14) OECD, Transition to Shared Mobility How large cities can deliver inclusive transport services , International Transport Forum, 2017.
 - 15) 紀伊雅敦, 横田沙加, 高震宇, 中村一樹, 共有型完全自動運転車の普及に関する基礎分析, 土木学会論文集 D3, Vol.73, No5, p.1_507-1_515, 2017.
 - 16) George Gelauff, Ioulia Ossokina, Coen Teulings, Spatial and welfare effects of automated driving: Will cities grow, decline or both?, Transportation Research Part A 121, 277–294, 2019.
 - 17) NACTO , Blue print for autonomous urbanism, Designing city edition, Module1, fall 2017.
 - 18) Ana T. Moreno, Andrzej Michalski, Carlos Llorca, Rolf Moeckel, Shared Autonomous Vehicles Effect on Vehicle-Km Traveled and Average Trip Duration, Journal of Advanced Transportation Vol.2018, 8969353, 2018.
 - 19) 香月秀仁, 東達志, 高原勇, 谷口守, シェア型自動運転車による自動車利用変化—空走時間発生による交通負荷への影響, 土木学会論文集 D3, Vol.74, No.5, pp.1_889-1_896, 2018.
 - 20) 香月秀仁, 川本雅之, 谷口守, 自動運転車の利用意向と都市構造の関連分析—個人の意識・交通行動に着目して, 都市計画論文集, Vol51-3, p.728-734, 2016.
 - 21) 未来のクルマ利用に関する調査, CD-ROM, 2015.
 - 22) 香月秀仁, 東達志, 谷口守, 郊外間交通へのシェア型自動運転車の導入可能性—トリップの時空間特性・個人属性の観点から—, 都市計画論文集, Vol.52-3, 2017.
 - 23) Prateek Bansal, Kara M. Kockelman, Amit Singh, Assessing public opinions of and interest in new vehicle technologies: An Austin perspective, Transportation Research Part C, Vol. 67, P.1-14, 2016.
 - 24) 国土交通省, H27 全国都市交通特性調査, www.mlit.go.jp/toshi/tosiko/toshi_tosiko_tk_000033.html, 最終閲覧 2019/1/14.
 - 25) 国土交通省, H28 都市計画現況調査, <http://www.mlit.go.jp/toshi/tosiko/genkyou.html>, 最終閲覧 2019/1/14.
 - 26) 総務省, IoT 時代における新たな ICT への各国ユーザーの意識の分析等に関する調査研究, http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/linkdata/h28_02_houkoku.pdf, 最終閲覧, 2019/2/18.

(2019. ?. ??受付)