

都市特性からみるシェア型自動運転車の影響比較

－国内外都市の車両走行距離の変化に着目して－

Comparison the effects of shared autonomous vehicle from city characteristics

-Focus on changes in vehicle travel distance in Japanese and overseas cities-

東達志*・清水宏樹**・高原勇***・谷口守****

Katsushi AZUMA*・Hiroki SHIMIZU**・Isamu TAKAHARA***・Mamoru TANIGUCHI****

In recent years, shared autonomous vehicle (SAV) services have expanded with the expectation of reducing traffic congestion and environmental loads. Nevertheless, SAV might induce greater amounts of traffic from public transportation and instead worsen congestion and environmental loads. The objective of this study is to support the introduction of traffic planning and SAV in a city. This study proposed a new model to calculate changes of travel distance of vehicles by introducing SAV based on population density and car mode shares. Application of this model to national/global cities revealed that 1) in transit-oriented cities such as Tokyo, the travel distance of vehicles might increase because of traffic induced from public transportation. 2) In some car-oriented cities such as Chicago and heavily populated cities such as Taipei, increased travel distance of vehicles can be suppressed or reduced.

Keywords: automated driving, shared mobility, city characteristics, population density, car mode share

自動運転, シェア交通, 都市特性, 人口密度, 自動車分担率

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。この自動運転車は, 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サービス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。本研究ではこの自動運転車によるシェア交通サービスを Shared autonomous vehicle(以下, SAV)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, 燃費の良い走行, 及びシェアリングによる自動車走行距離や自動車台数削減に伴う環境負荷軽減や混雑緩和等が期待されている¹⁾。

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, 技術の実現レベルに加え, 導入地域の都市・交通特性等の観点から混在し, 多くの不確実性があると指摘されている²⁾。例えば, SAVはその利便性の高さから, 公共交通から利用者を奪う等の誘発交通を発生させる可能性がある。加えて, その増大した距離が自動運転によるエネルギー利用や交通流の効率化による効果を上回れば, 結果的に混雑や環境負荷が増大する可能性がある。しかし, どのような都市・交通特性を持つ都市に SAV 導入を導入すれば, 混雑や環境負荷等の課題が緩和されるのかは未だ不明瞭である。

2. 本研究の位置づけ

2-1. SAVの動向

自動運転車を活用したシェア交通サービスは, 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, ライドシェアサービスは, Uber や Grab 等の企業がアメリカや東南アジアにおいて急速にサービスを普及させている³⁾が, ニューヨークでは多くの誘発交通が発生したことで渋滞が深刻化している。また, 我が国では法律的な規制から普及が進んでいないように, ライドシェアに関しては未だ多方面で課題が存在する⁴⁾。

また, 自動運転車を活用した交通サービスも世界各国の都市部で活発化している。たとえばアメリカでは, Lyft や Waymo が完全自動運転車によるタクシーの営業運行を開始しており⁵⁾, 我が国でも中山間地域の道の駅を拠点とした実証実験や, ニュータウンでの自動運転サービスの検討を行っており, 2020年に限定地域でのサービス開始を目指している⁶⁾。上記のように, 国内外及び都心や中山間地域を問わず様々な地域で SAV の普及にむけた動きが進んでいる。

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, SAV 導入が CO2 排出量に与える影響^{7,8)}や混雑及び車両走行距離等の都市の交通状況に与える影響^{9,10)}を分析した研究等が見られる。更に SAV 車両の経路決定モデルを用いて運行効率を分析した研究¹¹⁾や, 需要予測モデルを用いて車両価格等の差異による影響を分析した研究¹²⁾等が見られる。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 が都市の成長及び衰退に与える影響を分析した研究¹⁵⁾等が見られる。

* 学生会員・筑波大学 システム情報工学研究科

**学生会員・筑波大学 理工学群

***正会員・筑波大学 未来社会工学開発研究センター

****正会員・筑波大学 システム情報系

上記の研究より、SAV 導入による環境負荷や都市交通に与える影響を分析した研究は多く見られるが、導入する都市・交通特性の観点から SAV の影響を分析した研究は非常に限られている。SAV は今後世界各地で普及する可能性があるため、幅広く性格の異なる都市を対象にした SAV の影響の把握することが重要である。また、SAV 導入による影響には多くの不確実性が存在するため、何が不確実かを把握したうえで確実な事柄を明確化して伝えることが必要だと指摘されている¹⁰⁾。そのため、技術の実現レベルや費用等の不確実性の全てを考慮するよりも、まず確実に影響要因になると考えられる都市特性と SAV 導入効果の関係性を粗くとも大まかに捉えておくことが喫緊の課題といえる。その際、俯瞰的に多様な都市を対象とすることが必要であるが、世界のすべての都市から詳細なトリップデータ等を得ることは現実的に不可能であるため、多様な都市から共通に入手できる代表的な指標を用いて SAV の影響を把握し、この喫緊の課題に対応することが重要である。

2-3. 研究目的・内容

上記を踏まえ、本研究では今後国内外問わず多様な都市で普及することが期待される SAV の導入効果を都市間で比較することで、導入都市・交通特性を考慮せずに SAV を導入することへの危険性の提言、及び今後多様な都市で 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、本研究では都市特性から SAV の導入効果を算出する SAV の導入効果モデルを提案する。その際、先述したとおり世界のすべての都市から詳細なトリップデータ等を把握し分析することは困難なため、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」を都市特性の指標としてモデルを構築する。また、そのモデルに海外及び国内の主要都市を適用し、多様な都市間で SAV の導入効果を比較する。なお本研究は、既存に行われてきた個別の都市を対象にしたトリップデータを用いて詳細な SAV の運行効率を分析する研究とは明確に目的が異なり、多様な都市を対象に都市特性と SAV の導入による影響の大枠を捉える。

また、本研究で検討する導入効果として、利用者の利便性やエネルギー利用、及び環境負荷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。また、その増減割合を本研究では「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) 過去の個別都市を対象とした研究と異なり、SAV の導入効果と多様な特性を持つ都市間の関係性を、独自のモデルを用いて明らかにした新規性・独自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 は将来的に世界各国、かつ都心及び郊外地域を含め、多様な都市・交通特性を持つ地域で普及する可能性があるため、極めて発展可能性が高い。

3. 使用データ及び分析概要

3-1. SAV の導入効果モデル

本研究では、SAV の導入によって自家用車及び SAV の車両走行距離がどれだけ増減するかをモデルによって表現する。SAV の影響を多様な都市で把握するという喫緊の課題に世界の各都市に統一した形で対応するため、一律に得ることができない個別の都市のトリップデータ等は用いない。本モデルの交通行動及び SAV に関する条件として、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 は将来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、個人では SAV 車両を保有しない。
- 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、鉄道やバス等の乗降場所が決められた公共交通や、徒歩および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) SAV 導入により既存のトリップが SAV に置き換わった場合の影響を把握するため、SAV 導入によって都市ごとの1トリップあたりの移動距離(m_i)は変化しない。また、トリップの発着地はランダムとする。
- 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ライドシェアする者の出発地間の距離は、乗車距離に対して十分に短くと仮定し、本分析では回送距離及び送迎距離は考慮しない。

都市における 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。また、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、交通転換率を、「自家用車以外の交通手段から 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 SAV 導入前後の合計車両走行距離 D_{ib} 及び D_{ia} は下記のように表現される。

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

$$D_{ia} = m_i \{c_i + t(1 - c_i)\} p_i (1 - S_i/2) * (1 - S_i/3) \dots (1 - S_i/n) \quad (2)$$

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_i : 都市 i の1トリップあたりの移動距離 ($m_i > 0$)

t : 交通転換率($0 \leq t \leq 1$)
 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、車両走行距離増減率 B_i は下記のように表される。

$$B_i = (1/c_i)\{c_i + t(1 - c_i)\}(1 - S_i/2) \cdot (1 - S_i/3) \dots (1 - S_i/n) \quad (3)$$

B_i : 都市 i における 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 、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増大する。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、ライドシェアの成立可能性は単一都市のトリップデータを用いることで、経路途中のシェアリング等の詳細な分析ができる可能性がある。しかし、本研究は多様な都市を対象に SAV の導入効果を把握することが目的なため、本分析ではライドシェア成立に最も影響を与えることが指摘されている都市の人口密度を用いて多様な都市のライドシェア成立確率を把握する¹⁷⁾。また、ライドシェア成立には心理的抵抗感が影響することも指摘されているため¹⁸⁾、ライドシェア成立確率 S_i を考慮する際には、利用者のライドシェアに対する許容度を考慮することも重要である。そこで本研究では、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。以上の仮定をもとに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(5)を式(4)に、また式(4)を式(3)に代入することで、SAV 導入による車両走行距離増減率 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 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。本モデルを用いることで「人口密度」と「自動車分担率」が把握できるすべての都市を対象に SAV の影響を把握することが可能である。本研究で得られた結果および都市間の相互関係を最初の

ベンチマークとすることで、今後各都市の個別トリップ条件等を詳しく改訂していくことで、より精度の高い各都市の位置づけが可能となる。

3-2. 分析対象都市及び使用データ

本研究では、海外及び国内の多様な都市特性間で SAV の導入効果を比較するため、本研究では多様な都市・交通特性を持つ都市が調査対象とされている H27 全国都市交通特性調査¹⁹⁾と Mobility in Cities 2015²⁰⁾の対象都市を本モデルに適用する。本データから国内都市の自動車分担率及び海外都市の都市圏人口密度と自動車分担率を取得する。また、国内都市の市街化区域人口密度は H28 都市計画現況調査²¹⁾から取得する。各都市の人口密度は 3.1 ににおける式(5)に代入し、自動車分担率は式(3)に代入する。

なお、分析対象都市は、都市によって都市圏及び市区の広さが異なることに留意する必要がある。対象都市圏の広さを統一する場合は、都市別にデータを整備する必要があるが、本研究では多様な都市特性と SAV 導入効果の関係の大枠を捉えるという目的から、既存の整備されたデータ¹⁹⁾⁻²⁰⁾を用いて分析を行う。また、海外の主要都市と比べて都市規模が小さい人口 50 万人未満の都市、及び国内の非線引きの都市と人口密度または自動車分担率が整備されていない都市は分析対象外としている。

上記を踏まえ、分析対象都市を表-1 に示す。なお、海外都市のうち単一の市が都市圏となっている都市には下線を引いており、分析結果の考察の際に参考にされたい²⁰⁾。

3-3. 分析シナリオ

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。

$$n = 4$$

$$r = 0.5$$

$$\text{maxd} = 300$$

$$\text{mind} = 0$$

表-1 分析対象都市

都市規模	都市名			
	海外都市			国内都市(市区名)
人口500万人以上	シンガポール ロンドン マドリード	ラゴス シカゴ パリ	デリー ソウル 香港	東京23区
人口300万人以上 500万人未満	カサブランカ モントリオール シドニー	メルボルン フェニックス ベルリン	ハンブルク バルセロナ	横浜
人口150万人以上 300万人未満	ローマ ウィーン ストックホルム バンクーバー	台北 ブリズベン ヨーテボリ ミラン	ブダペスト バーミンガム トリノ ドバイ	大阪 名古屋 札幌
人口100万人以上 150万人未満	ミュンヘン チューリッヒ ポートランド	ブリュッセル エルサレム ヘルシンキ	オスロ ブラハ	京都 福岡 さいたま 仙台
人口50万人以上 100万人未満	アブダビ			千葉 鹿児島 北九州

※下線を引いた都市は対称圏域が単一市となっている海外都市を示す

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¹⁸⁾では、見知らぬ人とライドシェアをしても良いかという問いに対して51%の回答者が「Yes」と回答したため、本研究では $n = 0.5$ 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¹⁷⁾結果との差異を小さくするため、かつ最も人口密度が高い香港(255 人/ha²⁰⁾)を含めたすべての都市での分析を可能にするため、人口密度の最大値 $maxd$ は300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 $mind$ 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_i 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 $p_i \geq 1$, $m_i > 0$ を満たす任意の値とする。また、交通転換率は0以上1以下のすべての値を適用できるが、本研究では「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」²⁾を参考に適用する。本調査では、主要国の自動運転車利用意向を調査した研究であり、国によって約10%~40%の利用意向が得られている。本結果から交通転換率は0.1~0.4になると考えられるため、本研究では $t = 0.1$ から0.4まで0.1単位で増加させた場合の車両走行距離増減率 B_i を算出する。

4. SAV 導入効果モデルの適用と都市間比較

本章では、交通転換率 $t = 0.1, 0.2, 0.3, 0.4$ の場合における車両走行距離増減率を都市別に比較する。各交通転換率における車両走行距離増減率をそれぞれ図-1、図-2、図-3、図-4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) 図-1より、 $t = 0.1$ (交通転換率10%)の場合、人口密度が高く、かつ同人口規模の都市のなかで比較的自動車分担率が高い台北

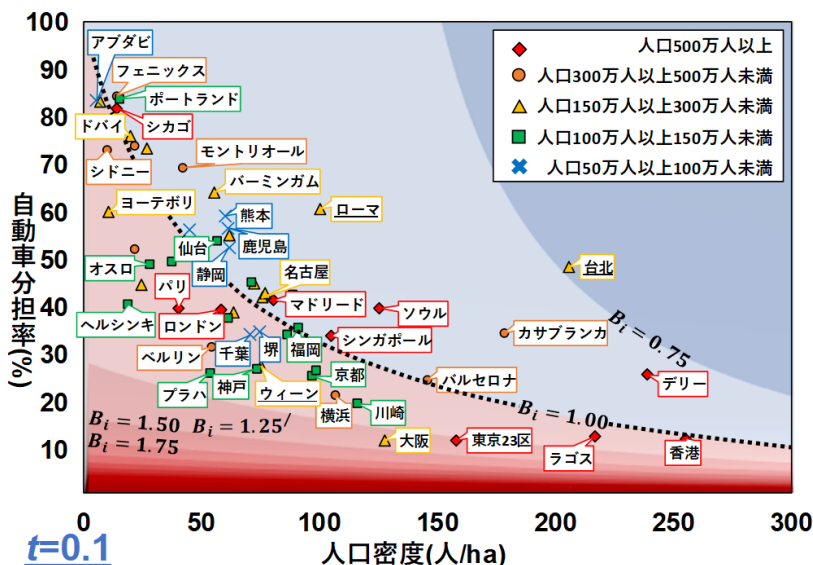


図-1 SAV 導入による車両走行距離増減率($t=0.1$)

北やデリー等で車両走行距離が削減される傾向にある。人口密度が高いため、SAV利用時にライドシェアが多数成立することで車両運行が効率化したためと考えられる。また、同人口密度を持つ都市のなかで比較的自動車分担率が高いため、元々公共交通や徒歩のトリップ割合が少ない。そのため、誘発交通によって新たに生じるSAV利用者数が比較的抑えられ、車両走行距離削減につながっていると考えられる。

- 2) 図-1より、フェニックスやシカゴ等のアメリカの都市や、熊本、鹿児島等の国内の地方都市においても、車両走行距離が削減される傾向にある。自動車分担率が高く元々公共交通を利用して人の割合が少ないため、SAV導入後も誘発交通量が比較的抑えられ、車両走行距離が削減されたと考えられる。
- 3) 1)と同図より、1)2)に対し東京23区やラゴス、香港等の自動車分担率の低い都市では車両走行距離が増大する傾向がある。これらの地域は公共交通が充実した都市、もしくは自動車そのものが普及していない都市であり、SAVに新た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。また、ロンドン、パリ、ヘルシンキ等の欧州の主要都市や川崎、横浜等の東京通勤圏の都市においても車両走行距離が増大する傾向にある。これらの都市も公共交通利用が多いため、SAVへの多大な誘発交通を生み、車両走行距離を増大させたと考えられる。
- 4) 図-2より、 $t = 0.2$ (交通転換率20%)の場合、台北、デリー、カサブランカ、ローマを除くすべての都市で車両走行距離が増大する。多くの都市でライドシェアによって削減される走行距離を、誘発交通によって増大する走行距離が上回り、車両走行距離が増大したと考えられる。
- 5) 図-3及び図-4より、 $t = 0.3$ (交通転換率30%)では台北とローマを除くすべての都市、 $t = 0.4$ (交通転換率40%)では台北を除くすべての都市で車両走行距離が増大する。多くの都市において、SAVが公共交通等から多くの利用者を奪い、車両走行距離が大きく増大させる可能性がある。ただし、台北及びローマは単一

市が圏域となっているため、他の海外都市と比較して人口密度が高くなっている可能性があることに留意が必要である。

- 6) 図-1~図-4より、都市・交通特性によってSAV導入による車両走行距離増減率は大きく異なり、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。自動車移動が中心のアメリカの都市や、人口密度が高い台北やデリーでは車両走行距離が比較的削減される傾向がある。一方、国内の都市は上記の都市と比べて自動車分担率が低く誘発交通量が多いうえ、台北やデリーほどライドシェア成立数が少ないため、車両走行距離が増大する傾向がある。

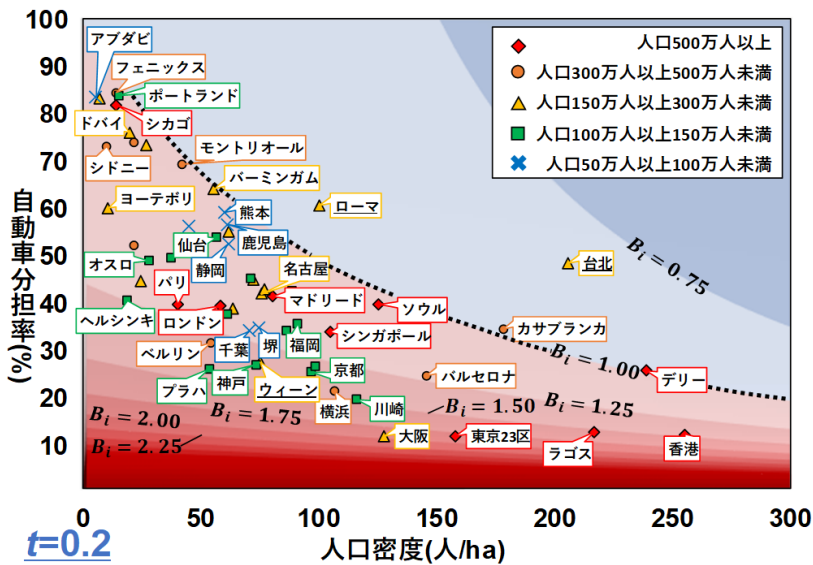


図-2 SAV 導入による車両走行距離増減率($t=0.2$)

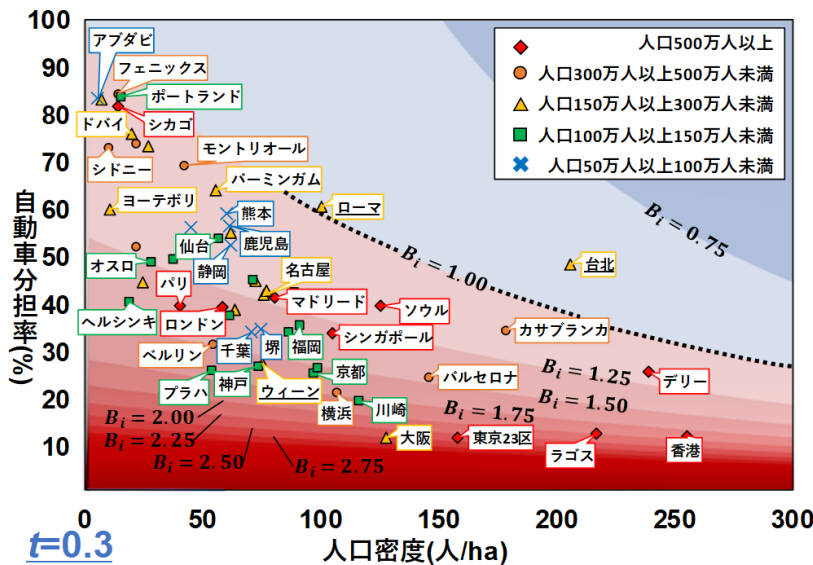


図-3 SAV 導入による車両走行距離増減率($t=0.3$)

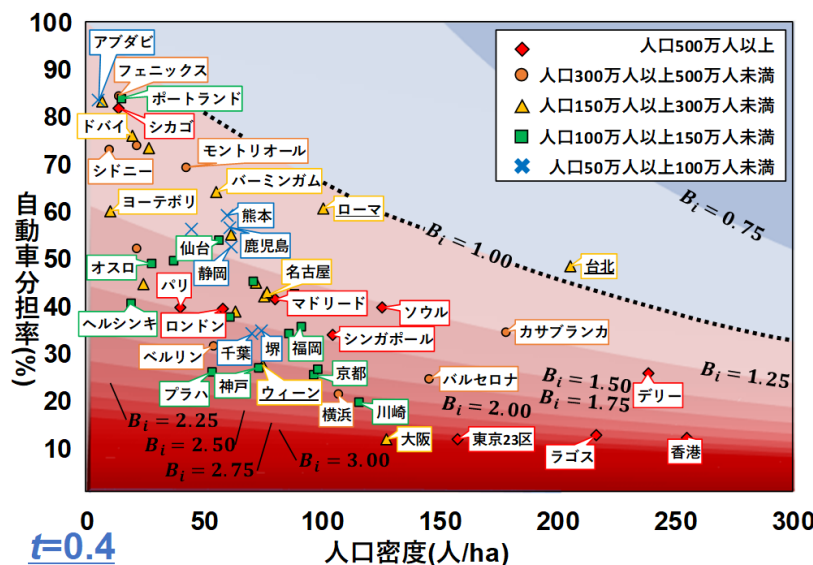


図-4 SAV 導入による車両走行距離増減率($t=0.4$)

5. おわりに

本研究の主な結果を以下に示す。

- 1) 多様な国内外の都市を対象に、都市特性の代表的な指標で、かつ共通に入手できる「人口密度」と「自動車分担率」に基づき SAV 導入による車両走行距離増減率を算出するモデルを提案した。
- 2) SAV 導入による車両走行距離増減率は、ライドシェアが多くなるほど、かつ交通転換率が小さくなるほど削減される傾向がある。
- 3) SAV 導入効果モデルを国内及び海外の多様な性格の異なる 56 都市に適用し、SAV 導入による車両走行距離増減率を把握し比較した。その結果、自動車分担率と人口密度が低い都市で増減率が高く、自動車分担率と人口密度が高い都市で車両走行距離が削減、もしくは増大が抑えられる傾向がある。

多様な都市を対象に SAV 導入による車両走行距離増減率を比較した場合、一部の都市を除き、主要都市への SAV 導入は車両走行距離を増大させる可能性がある。特に国内の主要都市の多くは、同人口規模を持つ他の海外都市と比べて自動車分担率が低い(公共交通利用者が多い)ため、SAV 導入により公共交通から多大な誘発交通を生む可能性がある。その結果、道路混雑や環境負荷増大といった課題を悪化させる危険性がある。そのため、SAV はむやみに普及させてはならず、あくまで自家用車依存の抑制と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。SAV 導入による影響には未だ多くの不確実性が残るが、上記の導入効果を得られるような SAV に関する都市・交通計画を検討する必要がある。

今後の課題として、本分析結果は「人口密度」及び「自動車分担率」の2変数から SAV の影響を都市間で比較しており、単一都市を対象にした詳細なデータを用いた分析結果の精度に至っていない。今後、各都市の詳細なトリップデータを加えていくことで、運行シナリオやライドシェア成立過程を設定し、誘発交通量やライドシェア成立確率をより精度を高く把握していくことは可能である。また、交通転換率や乗車人数、及びライド許容度等の各パラメータの値が変化したことによる影響の検討も今後の発展可能性として考えられる。これら残された少なからぬ課題にも関わらず、トリップデータが整備され

ていない都市を含め、すべての都市を対象に都市構造の代表的な共通指標から SAV の影響を把握し比較できる本分析は SAV 導入効果に関する本質的な誤解を解く上で非常に有用であるといえる。

謝辞

本研究は、トヨタ自動車㈱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ものである。また、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) OECD, Shared mobility – Innovation liveable cities, International Transport Forum, 2016.
- 2) 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.
- 3) Jeremy Bowman, The 4 Most Popular Ride-Sharing Services of 2018, The Motley Fool, Dec 24, 2018, <https://www.fool.com/investing/2018/12/24/most-popular-rideshare-services-of-2018.aspx>, 最終閲覧 2019/8/9.
- 4) シェア経済、成長止まらず——需要と供給、AI が結ぶ、日本経済新聞, 2019/1/5.
- 5) 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 2019/8/9.
- 6) 国土交通省自動車戦略本部 HP, http://www.mlit.go.jp/jidosha/jidosha_tk7_000018.html, 最終閲覧 2019/8/9.
- 7) 上条陽, 羅力晨, トロンコソパラディジアンカルロス, 高見淳史, 原田昇, エージェントベースシミュレーションを用いた自動運転車普及シナリオの評価, 交通工学論文集, Vol.5-2, p.A_142-A_151, 2019.
- 8) Jeffery Greenblatt, Samveg Saxena, Autonomous taxis could greatly reduce greenhouse-gas emissions of US light-duty vehicles, Nature Climate Change, Vol.5, p860-863, 2015.
- 9) 香月秀仁, 東達志, 高原勇, 谷口守, シェア型自走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.I_889-I_896, 2018.
- 10) 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.
- 11) 愛甲聡美, THAITHATKUL Phathinan, 瀬尾亨, 朝倉康夫, アクティビティパターンを与件としたシェアリング車両の最適割り当て問題, 土木学会論文集 D3, Vol.73-5, p. I_1233-I_1242, 2017.
- 12) 古澤悠吾, 溝上章志, 森俊勝, 完全自動運転カーシェアサービスの導入可能性に関するシミュレーション分析, 第 57 回土木計画学研究発表会・講演集, 14-04, 2017.
- 13) 紀伊雅教, 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.I_507-I_515, 2017.
- 14) OECD, Transition to Shared Mobility How large cities can deliver inclusive transport services, International Transport Forum, 2017.
- 15) George Gelau, Ioulia Ossokina, Coen Taulings, Spatial and welfare effects of automated driving: Will cities grow, decline or both?, Transportation Research Part A 121, 277-294, 2019.
- 16) Zmud, J., Williams, T., Outwater, M., Bradley, M., Kalra, N., Row, S., Updating Regional Transportation Planning and Modeling Tools to Address Impact of Connected and Automated Vehicles, Vo.1: Executive Summary, NCHRP Research Report 896, Transportation Research Board., 2018.
- 17) 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.
- 18) 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.
- 19) 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 2019/8/9.
- 20) UITP, Mobility in cities database, November 2015, <https://www.uitp.org/MCID>, 最終閲覧 2019/8/9.
- 21) 国土交通省, H28 都市計画現況調査, <http://www.mlit.go.jp/to-shi/tosiko/genkyou.html>, 最終閲覧 2019/8/9.
- 22) 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 2019/8/9.