

42. シェア型自動運転交通 “Shared-adus” 導入による駐車時空間削減効果

Down size of parking spatiotemporal spaces by Shared mobility with automated driving

香月秀仁*・東達志**・高原勇***・谷口守****

Hideto Katsuki*, Katsushi Azuma**, Isamu Takahara***, Mamoru Taniguchi****

Recently, car use faces with disruptive innovation like shared mobility and automated driving. With fusion to these technologies, we can create new mobility service “Shared-adus”. Shared-adus is expected to be future mobility service in suburban area. We can operate Shared-adus with fewer vehicles than today, and we can cut down parking spatiotemporal spaces. In this study, we focus on effects of down size of parking spatiotemporal spaces by Shared-adus. Results shows the following. 1) Shared-adus can cut down 70% of parking spatiotemporal spaces in operation area. 2) The reduction of parking spatiotemporal spaces tends to increase in densely populated area. 3) The reduction rate of parking spatiotemporal spaces tends to increase in industrial district, decrease in business district.

Keywords: shared mobility, automated driving, person trip survey, parking spatiotemporal space

シェア交通, 自動運転車, パーソントリップ調査, 駐車時空間

1. はじめに

近年に入り、自動車利用を取り巻く環境が大きく変化しつつある。その1つとして、シェアリングエコノミーの浸透に伴う車両のシェア利用(車両を共同利用する「カーシェア」、同一車両に乗り合う「ライドシェア」)が挙げられる。自家用車を保有する場合よりも低コストで移動出来るため、近年利用者数が増加傾向¹⁾にある。加えて、自動運転技術の発達と共に自動走行レベル Lev.3 以下の部分自動運転車が発売される等、自動運転化への流れ²⁾が進みつつある。将来的には利用者の運転が不要となる完全自動運転車の実用化も想定されており、この完全自動運転車の利用形態については、マイカー利用に加えて冒頭で述べたシェア形式の活用方法も併せて検討が進められようとしている³⁾。

自動運転車両によるシェア交通(以下、Shared-adus)は、車両を無人回送させて効率的にトリップ需要に対応し、必要な車両数を節約する⁴⁾ことが可能である。必要な車両数が節約されれば駐車車両によって消費されていた空間が削減され、結果的に街中の駐車スペースの節約に繋げられると考えられる。つまり、Shared-adus の導入は人々の交通行動に留まらず、導入地域における土地利用に影響を及ぼす可能性があり、その影響を地域特性と併せて把握することで、Shared-adus 導入を見据えた都市・交通計画の検討に際する参考情報を提供できると考える。

これらを踏まえ、本研究では将来的な Shared-adus 導入を見据えた都市交通計画の検討の参考情報に資することを目的とする。この目的の達成のため、駐車車両が消費する空間に時間軸の概念を掛け合わせた「駐車時空間」を用い、Shared-adus の導入による駐車時空間消費と地域特性との関係性を明らかにする。なお、Shared-adus の車両による道路空間の消費については既存研究⁵⁾で検討されている。

2. 研究の位置づけ

2.1 Shared-adus の経緯と現状

1. で述べたように、Shared-adus はシェアモビリティおよび自動運転という要素技術の発展とともに注目を集めるようになった交通サービス形態である。実用化には至っていないものの、米国の Waymo⁶⁾や Uber⁷⁾、オランダの Amber Mobility⁸⁾、日本の DeNA⁹⁾等の IT 企業がその実用化に向けた取り組みを進めている他、我が国では国土交通省が交通基盤の弱い中山間地域における実証実験¹⁰⁾を実施している。これらの取り組みは限定的な地域もしくは敷地内で行われているものの、Shared-adus は将来的に広域的な運行が想定される。このため、実証実験の実施が難しいような広域的な運行による影響を把握することの意義は大きいと考える。

2.2 既存研究レビュー

Shared-adus の要素であるシェアモビリティについて、カーシェア¹¹⁾およびライドシェア¹²⁾のそれぞれについて多くの研究蓄積が見られ、近年に入って自動運転車両の導入に関する検討も盛んに進められている。この中でも Shared-adus のような自動運転車両によるシェアモビリティの導入について、国内においては車両の走行時間に着目したもの⁵⁾¹³⁾、普及可能性の関心に着目したもの¹⁴⁾¹⁵⁾、人および車両の同時経路最適化に着目したもの¹⁶⁾、トリップ属性および地域特性とライドシェア成立⁴⁾および道路空間消費⁵⁾の関心に着目したもの、Mobility as a Service(MaaS)の構成要素として Shared-adus に類する交通サービスの適用性を検証したもの¹⁷⁾等が見られる。また国外においても、ニューヨーク・シンガポールの2都市に導入した場合の運行効率の検証¹⁸⁾や、公共交通機関の充実したリスボン都市圏への導入効果と既存交通機関との連携の検証¹⁹⁾等が行われている。

*正会員 独立行政法人都市再生機構 (Urban Renaissance Agency)

**学生会員 筑波大学大学院 システム情報工学研究科 (University of Tsukuba)

***正会員 筑波大学 未来社会工学研究センター (University of Tsukuba)

****正会員 筑波大学大学院 システム情報系 (University of Tsukuba)

上記の研究において、Shared-adus およびそれに類する交通サービスの導入効果を地域特性と合わせて検討したものは限定的であり、特に本研究で対象とする駐車時空間の削減効果と地域特性の関係性については未だ解明されていない。また、導入対象の空間としては仮想的な空間、もしくは一定の公共交通基盤が整った都市部が主となっており、現状で自動車交通に依存しており、将来的な自動運転車の利用意向が高い²⁰⁾とされている地方部での検討が少ない。

2.3 本研究の内容

上記の既存研究および研究目的を踏まえ、本研究では Shared-adus 導入による駐車時空間消費量の変動を、導入地域の地域特性と合わせて把握を行う。なお、Shared-adus は既存の自動車トリップを代替する交通手段として適用性が高いと想定されることから、郊外地域を分析対象地とすることが望ましい。これを踏まえ、導入地として茨城県南地域を導入対象地とし、同地域内の交通行動が包括的に把握可能な交通行動データを用いて分析を行う。

なお、本研究では想定する社会の具体年次は設定せず、あくまで現状の社会状況および交通状況の場合に Shared-adus が導入された場合の影響を検証するものである。

2.4 本研究の特長

本研究の特長を以下に示す。

- 1) 将来の郊外地域における主要交通手段の一つになり得る Shared-adus の導入を対象とし、実際の郊外地域を想定した有用性の高い研究である。
- 2) 駐車車両による空間消費量を「時空間消費量」という観点から算出している独自性を有する。
- 3) 将来の駐車政策や都市・交通計画を抜本的に改変する可能性を秘めた研究であり、極めて発展可能性が高い。

3. 分析概要

3.1 本研究で想定する Shared-adus の概要

本研究における Shared-adus は、誰もが利用可能という条件を満たす自動運転レベルの設定が求められる。また、Shared-adus は自動車依存度の高い郊外地域における面的な交通サービスとしての導入が適切と考えられ、ゆえに公共交通でカバーしづらい小規模需要に対応しやすいキャパシティの車両が望ましいと考える。以上を踏まえ、本研究で想定する Shared-adus は以下5点の特徴を有する。

- 1) 車両の自動走行性能は Lev.5 (SAE レベル) とする。
- 2) 利用者は代表交通手段として乗用車・バス・タクシーで移動しているトリップとする。
- 3) 乗車可能人員は2人まで乗車可能なものとする。
- 4) 車両は個人所有ではなく対象地域全体で共有する。
- 5) 到着保障時間を15分²¹⁾とする。

ここで「到着保障時間」とは、現状のトリップパターンから Shared-adus に転換したトリップに生じる到着時間の遅れの最長時間を意味する。

表1 使用データ一覧

データ概要	データ出典	備考
自動車・バス・タクシー利用トリップデータ	東京都市圏パーソントリップ調査データ (平成20年調査)	[個人・世帯属性] 年齢/性別/自動車保有状況 [トリップ属性] 平日1日における発生トリップの発着地/発着時刻/移動手段/移動目的
自動車旅行速度データ	GIS道路ネットワークデータ ²²⁾	各小ゾーンを通過する一般道路における自動車平均旅行速度を道路距離に応じて按分
人口	国勢調査データ (平成22年調査) ²³⁾	町丁目ごとに集計された人口を小ゾーン単位で再集計して使用
土地利用細分メッシュデータ	国土数値情報ダウンロードサービス ²⁴⁾	可住地面積・農用地面積・林地面積の算出に使用

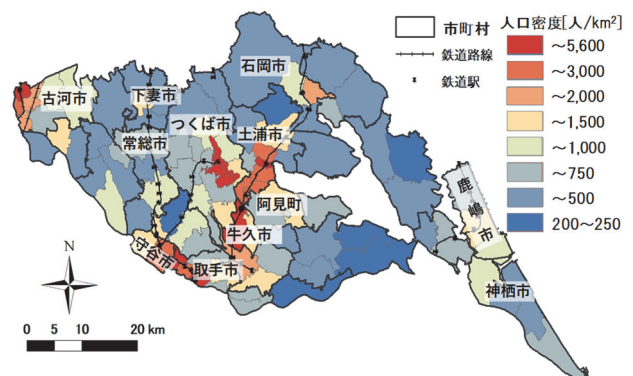


図1 分析対象地の概要と人口密度

3.2 使用データ概要

本研究で使用する交通行動データおよび地域特性データを表1に示す。本研究では実在のトリップパターンを広域地域で把握可能な交通データの使用が必要であり、これらの情報がセットとなった東京都市圏パーソントリップ調査データ(以下、「PT データ」)を使用する。

なお、Shared-adus は都市郊外部における移動の際に利用するサービスであること、多様な地域特性と駐車時空間の削減効果との関係を見るという観点から、都市部から農村部まで多様な地域特性を包含し、自動車依存度が高い茨城県南地域を対象地域とする。対象地域の概要を図1に示す。

また、Shared-adus は対象地域内での運行を想定するため、茨城県南地域内外を行き来するトリップは本研究における分析対象外とする。

3.3 ゾーン内における位置情報の考慮

以降、具体的な分析方法は既存研究⁴⁾に記載しており、ここではその概要について説明する。PT データにおいて把握可能な位置情報の最小単位は小ゾーン(1つ以上の町丁目の集合体)であり、より詳細な位置情報は把握できない。また、各ゾーンの大きさが均一でなく、分析に際してはゾーンの大きさに応じて補正をかける必要がある。

これらを踏まえ、分析に際しては車両がゾーン内の移動に要する基準時間として「到達可能時間:RT」を設定する。

算出式を(1), (2)に示す. この指標はゾーンの可住地面積: dz_i が小さいほど, またゾーンにおける自動車平均旅行速度: v_i が速いほど値が小さくなる指標である.

$$RT_i = \beta \cdot d_i / v_i \quad \text{cf. } \beta = 1.4 \quad (1)$$

$$d_i = \sqrt{dz_i / 3.14} \quad (2)$$

RT_i : ゾーン i における到達可能時間(分)

β : 直線距離から道路距離への補正係数²⁵⁾

d_i : ゾーン i と同面積の円の半径²⁶⁾

v_i : ゾーン i における自動車平均旅行速度

dz_i : ゾーン i の可住地面積

3.4 ライドシェア成立条件

ライドシェアの成立には, 同時間帯において同一方向に複数のトリップが生じているという, トリップの時空間一致が大前提となる. 本研究においてライドシェアが成立する条件(基本条件)を式(3)~(5)に示す. これは2者の発着ゾーンが同一で, 2者の出発時刻の差が小さいことを意味する. なお, 2者の存在するゾーンの面積の大小によって2者間の距離の期待値は異なり, ゆえにライドシェア成立の確実性に影響を及ぼすと考えられる. そこで, このような2者間の距離の期待値を, ライドシェア成立に関するマッチング抵抗として考慮するため, ライドシェア成立確率: RRS を設定する. 算出式を式(6)に示す. これは2者の出発時刻の差: G を3.3において設定したゾーン毎の到達可能時間: RT_i で除した値であり, 出発時間差が到達可能時間以上となる場合は1とする. この仮説の考え方としては, 2者の出発時刻の差が大きければ車両が2者間を移動出来る確実性が高まり, またゾーン面積が小さければ2者間の距離の期待値は短くなりライドシェアが確実に成立しやすいという論拠に基づいている.

$$TOD_a = TOD_b \quad (3)$$

$$0 < WL \leq G \leq WH \leq 15 \quad (4)$$

$$G = TS_b - TS_a \quad \text{cf. } TS_a < TS_b \quad (5)$$

$$RRS = \begin{cases} G/RT_i & (G \leq RT_i) \\ 1 & (G > RT_i) \end{cases} \quad (6)$$

TOD_n : トリップ n の出発地-到着地[OD]

WL, WH : トリップの出発時刻の差の最短, 最長時間(分)

G : 2者の出発時刻の差(分)

TS_m : トリップ m の出発時刻(分)

RRS : ライドシェア成立確率

3.5 配車条件の設定

3.4の条件でライドシェア成立の確認を行った後, 各トリップに対して配車を行う. 配車の際, その発地に稼働可能な車両が存在する場合は既存車両を配車し, 該当する車両が存在しない場合は新規車両を配車すると仮定する. ここで「稼働可能な車両」とは, 前の乗客を目的地(ゾーン i)に

運んだ後, ゾーン i において次の乗客のもとに移動するまでに十分な時間が経過している車両のことである. 本研究ではこの時間について, 3.3で設定したゾーン毎の到達可能時間(RT_i)を採用している. また, 車両の待機(駐車)場所について, 新規車両はその日の最初の乗客の発地ゾーンで待機(駐車)しており, 既存車両については, 乗客 A を輸送した車両は次の乗客 B を輸送するまで, 乗客 A の着地ゾーンで待機(駐車)していると仮定する. なお, 本研究内ではゾーンを越えた車両の再配置は行わないと仮定する. 具体的には, ゾーン i に存在する車両は, 同じゾーン i 内に存在する利用者のみを輸送する. この理由として, ゾーンを越えた車両の再配置は空送時間の増大を招き, 結果として環境負荷を増大させる懸念があるため¹³⁾である.

3.6 駐車時空間消費量の算出

本研究では Shared-adus 導入による影響について, 駐車車両が消費していた時空間: 駐車時空間消費量の変動に着目する. 駐車時空間消費量の算出式を式(7)に記す. これはゾーン内で駐車を行った車両の台数と駐車時間を積算したものである. また, 各ゾーンにおける駐車時空間消費量を合計することで分析対象地全体の値が算出される.

$$PSS_i = \sum_a^n TP_{ia} \quad (7)$$

PSS_i : ゾーン i における駐車時空間消費量(台・時間)

TP_{ia} : ゾーン i における車両 a の駐車時間(時間)

n : Shared-adus 運行に必要な車両数(台)

3.7 想定する運行方式

Shared-adus は「自動運転」「シェアモビリティ」という2つの要素技術が掛け合わさった交通サービスであり, ゆえに両要素の個々の影響およびそれらが掛け合わさることによる影響を把握することが望ましいと考える. そこで以下4つの運行方式を想定し, 運行方式毎に各種の評価を行う. [①BAU]: ライドシェア成立や Shared-adus 導入を想定しない運行方式(現状). 自動車利用者は自家用車を保有しており, 「自動車の運転者数」と「必要車両数」が一致する. 運行方式毎の評価を行う際の基準となる運行方式である. [①RS]: 手動運転の車両の想定で, ライドシェアが成立する運行方式. ①と同様に, 自動車の運転者が車両を保有していると仮定する. ライドシェアについては, 3.4で設定したライドシェア成立条件に加えて「2者のいずれかが運転免許および車両を保有している」という条件に該当する2者においてライドシェアが成立すると仮定する.

[②SA]: ライドシェアが成立しない Shared-adus を導入した場合の運行方式. 3.5で設定した条件を基に配車を行う.

[③SA_RS]: ライドシェアが成立する Shared-adus の導入を想定する場合の運行方式. 3.4のライドシェア成立条件に基づいてライドシェアの成立確認を行い, 3.5の配車条件を基に配車を行う.

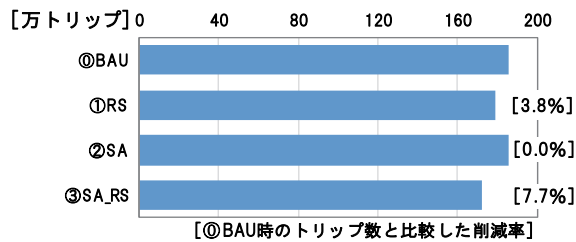


図2 各運行方式におけるトリップ数

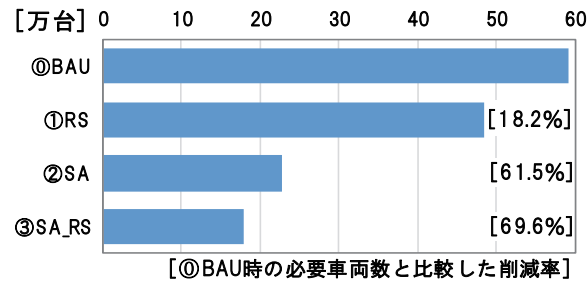


図3 運行方式毎の必要車両数

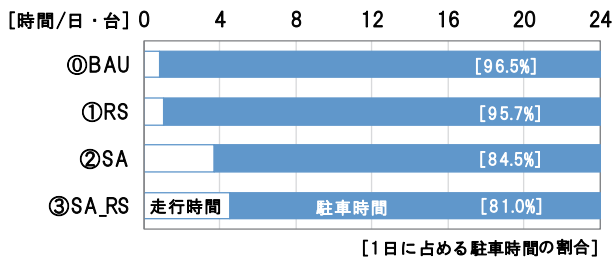


図4 運行方式毎の1日当たり車両走行・駐車時間

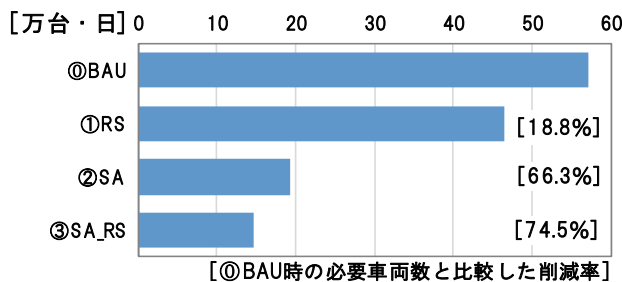


図5 運行方式毎の駐車時空間消費量

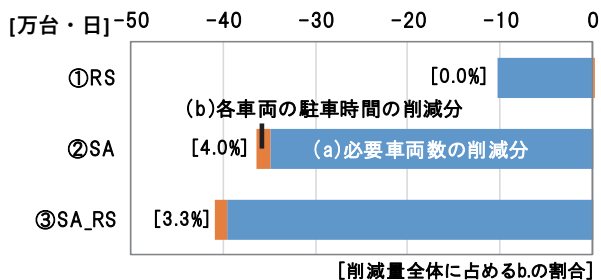


図6 駐車時空間削減量の内訳[①BAU比]

4. 各運行方式における基礎的統計量

3.6の運行方式に基づき、導入に伴う地域全体への影響を把握する。始めに、基礎的な統計量として各運行方式におけるトリップ数を図2、必要車両数を図3、1日あたりの車両走行・駐車時間を図4に示す。これらの図から読み取れることを整理すると以下の3点となる。

- 1) 図2より、ライドシェアの成立する①③を見ると、①と比較して10%未満のトリップ削減である。
- 2) 図3より、①BAUと③SA_RSを比較すると約70%の必要車両が削減されることが分かる。
- 3) 図4より、①BAUと比較して③SA_RSでは1台あたりの駐車時間は約3.5時間削減されている。この理由として③においては①と同数近いトリップを①BAU比で約3割程度の車両で輸送するため、車両1台あたりの走行時間が増加したためである。

5. 運行方式毎の駐車時空間削減効果

各運行方式における駐車時空間消費量を図5に示す。図5より、①BAUと比較すると①RSで約19%、②SAで約66%、③SA_RSで約75%の駐車時空間を削減出来ることが分かる。なお、この削減量の内訳としては以下2つの要素が考えられる。1つ目は「(a)必要車両数の削減」によるもので、2つ目は「(b)各車両の駐車時間の削減」によるものであり、それらの内訳を図6に示す。図6より、①～③のどの運行方式においても、駐車時空間消費の削減量において必要車両数の削減の影響が大きいことが読み取れる。この理由として、4.の結果も踏まえ①BAUと③SA_RSに着目すると以下のように考えられる。

- 1) ①BAUにおいて各車両は1日平均で約23.2時間駐車しており、③SA_RSにおいてはこのような車両が約70%削減されている。これが図6の(a)に相当する。
- 2) 残りの約30%の車両(③SA_RSにおける必要車両)については、①BAUと比較すると駐車時間が約3.7時間削減されている。これが図6の(b)に相当する。
- 3) ①BAUにおける必要車両台数をNとすると、(a)の削減分は16.2×N(台・時間)、(b)の削減分は1.1×N(台・時間)となり、(b)と比較して(a)の削減分が大きいことが分かる。

6. 駐車時空間削減効果の地域間比較

5.で把握した駐車時空間の変動について、地域特性との関係性を明らかにする。小ゾーン毎の駐車時空間消費量について、①BAUの場合を図7、③SA_RSの場合を図8、①BAUを基準とした③SA_RSに駐車時空間削減量を図9、削減率を図10に示す。これらより以下の点が読み取れる。

- 1) 図1の人口密度と図7・図8を照らし合わせると、人口密度が高い地域で駐車時空間消費量が多い傾向がShared-adus導入の前後で共通している。これは、利用者母数が多い地域でトリップ需要が大きく、結果として車両が集まりやすいという意味で妥当な傾向と考える。
- 2) 削減量の観点で見ると、図9より①BAUで消費量が多

い地域では削減量も大きくなる傾向が見られる。1)でも述べた通り、このような地域は比較的人口密度が高く、都市的土地利用が進んだ地域と推察される。

- 3) 削減率の観点で見ると、図 10 より小ゾーン毎で一定程度の削減率の差が生じていることが分かる。加えて、人口密度が同程度の地域間でも削減率が異なっており、人口密度以外の要因が削減率に影響していると考えられる。

小ゾーン単位で把握した上記の傾向について、類似した地域タイプ毎に集計を行うことで、駐車時空間の変動に及ぼす要因を把握する。地域の分類に際しては、トリップパターンに影響を与えると考えられる「人口」「用途地域」「農林面積」「事業所密度」「交通行動」に関する 25 変数を用いて主成分分析を行い、得られた 7 つの主成分軸の主成分得点を用いてクラスター分析を行うことで 6 つの地域分類を設定した(詳細は既存研究⁴⁾を参照)。分類結果を図 11、各地域分類の概要について表 2 に示す。大まかに A から E に向かうに連れて都市的土地利用から農林系の土地利用が支配的となる地域分類であり、F は大規模工業団地を有する地域分類である。①BAU および③SA_RS の場合における、各地域分類に属する小ゾーンにおける平均の駐車時空間消費量および削減率を図 12 に示す。また、③SA_RS における地域分類毎の時間帯別車両稼働率を図 13、各地域分類を着地とする内外トリップに占めるライドシェアトリップの割合を図 14 に示す。これらから以下の点が読み取れる。

- 消費量の観点で見ると、図 12 より A および F における消費量が Shared-adas 導入前後で共通して大きい。A は研究学園都市、F は工業団地とそれぞれ業務地域としての性格が強く、昼間人口密度の高さや、図 13 より通勤ピーク時間帯と比較して日中オフピーク時間帯における車両稼働率が比較的小さく、日中の駐車車両の割合が比較的高いことが原因と考えられる。
- 削減率の観点で見ると、図 12 より F における削減率が最も高い。表 2 より F は着地ベースでの内々トリップ割合が最も大きく、地域外からの車両流入が比較的に少ない。加えて、図 14 を見ると、F は着地ベースでの内外トリップに占めるライドシェアトリップ割合が約 25% と最も高い。これは、他地域から F に属する小ゾーンに向かうトリップの多くが集約されたことを意味する。結果として F に流入する車両数の減少に繋がったことが想定される。1)で述べたように F では日中オフピーク時間帯における車両稼働率は比較的低いが、トリップ集約による車両流入の抑制で高い削減効果が生じた。
- 一方で、削減率が最も低い A に着目すると、表 2 より着地基準での内々トリップの割合が最も低く、A 以外の地域から流入する車両数が多いことが読み取れる。加えて同じく内々トリップの割合が低い B と比較すると、図 13 より B では日中オフピーク時間帯における車両稼働率が他の地域分類と比較して高い。これは A と逆の傾向であり、オフピーク時間帯における車両の稼働状況が削減率に影響を及ぼしていることが示唆された。

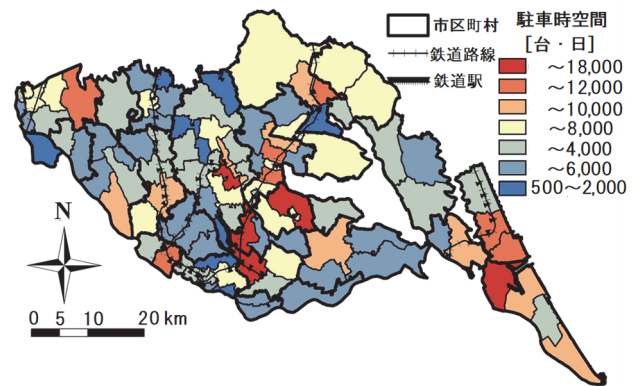


図 7 小ゾーン毎の駐車時空間消費量(①BAU)

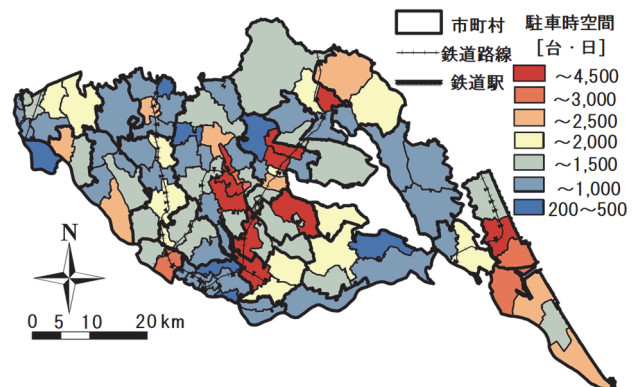


図 8 小ゾーン毎の駐車時空間消費量(③SA_RS)

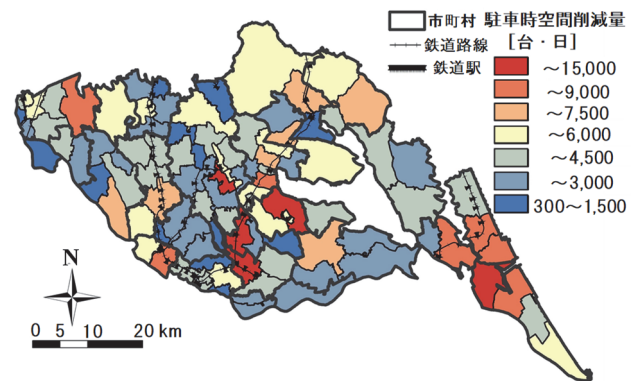


図 9 小ゾーン毎の駐車時空間削減量(③SA_RS)

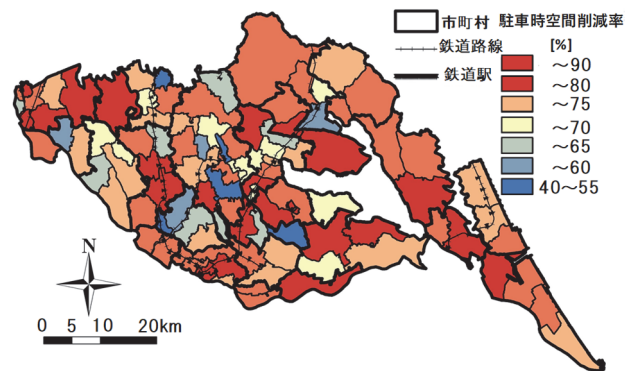


図 10 小ゾーン毎の駐車時空間削減率(③SA_RS)

表2 地域分類の概要

地域分類	概要	内々トリップ割合[%]*
A.若年層都市地域	国立大学および多くの研究機関が立地し人口密度、生産年齢層割合が高い地域分類。	22.2
B.多世代都市地域	人口密度が比較的高く、Aと比較すると高齢者を含む世帯が比較的多い地域分類。	26.5
C.住居系地域	事業所密度が比較的小さく、地域内における活動の割合が比較的小さい地域分類。	33.9
D.郊外住工地域	事業所密度が比較的小さく、住居系および工業系の用途地域が入り混じった地域分類。	36.5
E.農林地帯	人口密度が比較的低く、農林地の割合が比較的高い地域分類。	44.3
F.工業地域	工業専用地域の占める割合が高い、工場が集積して立地している地域分類。	47.3

*各地域分類に属する小ゾーンを単位として着地基準で集計した値

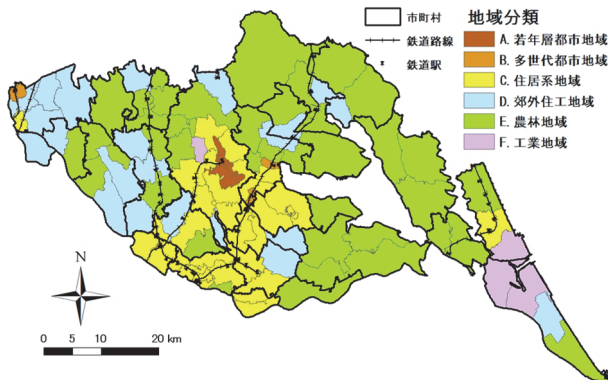


図11 茨城県南地域における地域分類

		①BAU	③SA_RS	削減率
A.若年層都市地域 (N=3)	①BAU	68.2%		
	③SA_RS			
B.多世代都市地域 (N=4)	①BAU	75.4%		
	③SA_RS			
C.住居系地域 (N=29)	①BAU	75.3%		
	③SA_RS			
D.郊外住工地域 (N=23)	①BAU	72.7%		
	③SA_RS			
E.農林地帯 (N=40)	①BAU	75.1%		
	③SA_RS			
F.工業地域 (N=4)	①BAU	78.3%		
	③SA_RS			

※N値は各地域分類に属するゾーン数

図12 地域分類毎のゾーン当たり駐車時空間消費量

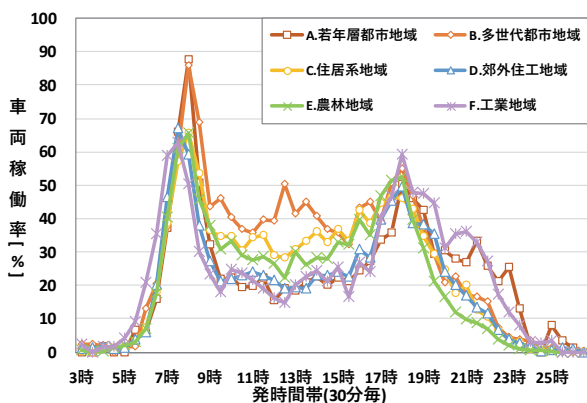
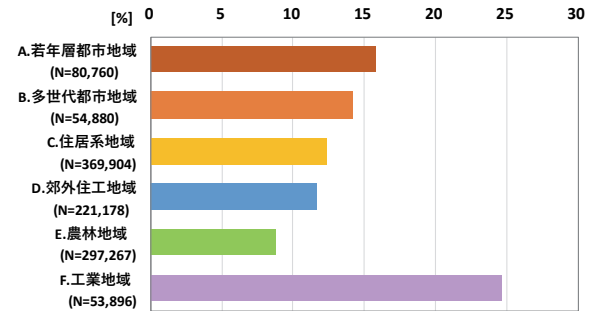


図13 地域分類毎の時間帯別車両稼働率_発地基準 (③SA_RS)



※N値は各地域分類に属する小ゾーンを着地とする内外トリップ数

図14 各地域分類を着地とする内外トリップにおけるライドシェアトリップ割合(③SA_RS)

7. おわりに

本研究では郊外間における将来的な交通手段になりうる Shared-adus の導入に伴う、駐車時空間消費量の削減効果について、地域特性との関係も併せて把握を行った。主な結果として、1) 導入地域全体では現状と比較して約75%の駐車時空間が削減できる、2) 人口密度が比較的高い地域において駐車時空間の消費量および削減量は大きくなる、3) 駐車時空間の削減率には他地域からの車両流入の程度が影響しており、ライドシェア成立による車両流入の抑制効果が大きな工業地域における削減率がもっとも高い、4) 他地域からの車両流入が多く、かつ日中オフピーク時間帯における発生トリップ数がピーク時間帯と比較して小さい地域においては削減率が比較的小さくなるということを示した。これらより、都市的土地利用が比較的進んでいると想定される人口密度が高い地域において、引き続き駐車空間の必要性が残るという結果を示した。このような地域は郊外都市圏における中核地域と想定され、同地域に向かうトリップが単純に Shared-adus に転換すると、車両の偏在による日中の駐車車両の増加が懸念される。このため、このような中核地域に向かうトリップは乗り換え拠点等で乗員容量の大きな車両に集約を図ることで、流入する車両数を抑制するといった運行方針が検討される。

一方でこの運行方針の場合には、乗客が Door to Door で目的地に到着できるという利便性との間でトレードオフ関係が生じてしまう。実際の運行時においては、このようなトレードオフ構造を考慮し、両者のバランスを鑑みることが重要と考えられる。加えて、Shared-adus の導入による影響は本研究で検証した時空間的影響のみならず、従来発生しなかった車両の空送に伴う環境負荷への影響を生む可能性があり、導入に先立ってこれらの影響の総合的な考慮が求められると考える。

この際、本研究のような広域地域での導入検討を所与とし、各地域内における土地利用や施設配置等、より詳細なスケールでの影響評価も併せて行うことが望ましいと考える。たとえば、待機（駐車）している Shared-adus の車両をゾーン内のどこに駐車しておくのかという具体的な駐車空間の検討については、Shared-adus のような交通手段が普及

する前段階において行われる必要がある。このような検討は駐車空間のみならず道路空間のデザインにも大きな影響を及ぼす可能性がある。将来の都市空間を検討するためにも極めて重要で発展可能性の高い検討課題であると考えられる。

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ありかた研究」の一環として実施したものである。加えて、国土交通省関東地方整備局が実施した東京都市圏パーソントリップ調査データを使用する機会を得た。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) 市丸新平：シェアリング時代の自動車交通ビジネス—次世代カーシェアから TNC まで—, デザインエッグ株式会社, 2014.
- 2) 内閣府：戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)自動走行システム研究開発計画, http://www8.cao.go.jp/cstp/gaiyo/sip/keikaku/6_jidousoukou.pdf, 最終閲覧 2018.04.
- 3) Robert Cervero: Mobility Niches: Jitneys to Robo-Taxis, Journal of the American Planning Association, Vol.83, No.4, pp.404-412, 2017.
- 4) 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, No.3, pp.769-775, 2017.
- 5) 香月秀仁・東達志・谷口守：自動運転車によるシェア型交通導入の影響分析—MaaS 時代を見据えた一考察—, 土木計画学研究・講演集, Vol.56, P39, 2017.
- 6) Waymo HP, <https://waymo.com/>, 最終閲覧, 2018.04.
- 7) Uber HP : Self-Driving Ubers, <https://www.uber.com/cities/pittsburgh/self-driving-ubers/>, 最終閲覧. 2018.04.
- 8) Amber Mobility HP, <https://www.driveamber.com/>, 最終閲覧.2018.04.
- 9) DeNA AUTOMOTIVE HP, <https://dena-automotive.com/>, 最終閲覧.2018.04.
- 10) 中山間地域における道の駅等を拠点とした自動運転サービス実証実験 HP, <http://www.mlit.go.jp/road/TTSj-html/automated-driving-FOT/index.html>, 最終閲覧.2018.04.
- 11) たとえば, 古澤悠吾, 溝上章志, 中村謙太, 普及過程を考慮したカーシェアリングシステムの運用シミュレーション分析, 土木計画学研究論文集 D3 (土木計画学), Vol.73, No.5, pp. I_1003- I_1012, 2017.
- 12) たとえば, Phathinan Thaitatkul, Toru Seo, Takahiko Kusakabe, Yasuo Asakura: A Passengers Matching Problem in Ridesharing System by Considering User Preference, Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, Vol.11, 2015.
- 13) 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.
- 14) 山本真之・梶大介・服部佑哉・山本俊行・玉田正樹・藤垣洋平：自動運転車によるシェアカーの普及に関する研究, 第 53 回土木計画学研究発表会, 2016.
- 15) 紀伊雅敦, 横田彩加, 高震宇, 中村一樹：共有型完全自動運転車両の普及に関する基礎分析, 土木計画学研究論文集 D3, Vol.73, No.5, pp. I_507- I_515, 2017.
- 16) 愛甲聡美・Phathinan Thaitatkul・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, 土木計画学研究論文集 D3, Vol.73, No.5, pp. I_1233- I_1242, 2017.
- 17) 藤垣洋平・高見淳史・Giancarlo Troncoso Parady・原田昇：大都市圏向け統合モビリティサービス：Metro-MaaS の提案と需要評価-自動運転車によるオンデマンドバスと既存公共交通の将来的な統合を目指して-, 都市計画学会論文集, Vol.52, No.3, pp.833-840, 2017.
- 18) Marco Pavone: Autonomous Mobility-on-Demand Systems for Future Urban Mobility, In: Markus Maurer, J. Christian Gerdes, Barbara Lenz, Hermann Winner (eds) : Autonomes Fahren. Springer Vieweg, Berlin, Heidelberg, pp.387-404, 2015.
- 19) International Transport Forum : Transition to Shared Mobility -How large cities can deliver inclusive transport services-, <https://www.itf-oecd.org/sites/default/files/docs/shared-mobility-liveable-cities.pdf>, 最終閲覧.2018.04.
- 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属性との関係分析—個人の意識, 交通行動に着目して— 都市計画論文集, Vol.51, No.3, pp.728-734, 2016.
- 21) 社会資本整備審議会都市計画・歴史的風土分科会・都市計画部会都市交通・市街地整備小委員会：集約型都市構造を支える公共交通の実現に向けて, 2006.
- 22) esri ジャパン：ArcGIS Geo Suite 道路網 2016.
- 23) 総務省統計局：平成 22 年国勢調査, <http://www.stat.go.jp/data/kokusei/2010/index.htm>, 最終閲覧.2018.01.
- 24) 国土交通省国土政策局：国土数値情報ダウンロードサービス, <http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/>, 最終閲覧.2018.01.
- 25) 腰塚武志・小林純一：道路距離と直線距離, 都市計画論文集, Vol.18, pp.43-48, 1983.
- 26) 土木学会編集：交通需要予測ハンドブック, 技報堂出版, 1981.