

小さな拠点における都市機能確保に資する 機能搭載型自動運転車(ADVUS)の活用可能性 —医療サービスに着目して—

御手洗 陽¹・東 達志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 (〒305-8573 茨城県つくば市天王台1-1-1)

E-mail: s1920508@s.tsukuba.ac.jp

²非会員 筑波大学大学院 システム情報工学研究科 (〒305-8573 茨城県つくば市天王台1-1-1)

E-mail: s1820436@s.tsukuba.ac.jp

³正会員 筑波大学教授 システム情報系社会工学域 (〒305-8573 茨城県つくば市天王台1-1-1)

E-mail: mamoru@sk.tsukuba.ac.jp

非都市部において、日常生活に最低限必要な都市機能を集約させる「小さな拠点」の整備が目指されているが、人口減少等により、それらの維持・形成が困難なケースが存在する。そこで本研究は自動運転車に都市機能を搭載し、無人で移動・営業を行う機能搭載型自動運転車“ADVUS”の導入による小さな拠点での都市機能の供給手段を提案し、医療サービスを対象に住民の小さな拠点の実行動と利用意向の比較を通じて、ADVUSの小さな拠点への配置によって顕在化する利用意向を分析した。その結果、1)実行動以上に小さな拠点への利用意向が存在し、ADVUSによる都市機能の一時配置により小さな拠点が利用される可能性を示した。また、2)住民の医療サービスの利用頻度から、一台のADVUSで複数の小さな拠点間を移動しサービスを提供できる可能性を示した。

Key Words : compact village, regional structure, shopping refugees, travel behavior survey, automated-driving

1. はじめに

近年、内閣府「まち・ひと・しごと創生本部」¹⁾が実施する地方版総合戦略において、非都市部を対象に「小さな拠点」の形成が目指されている。これは非都市部における、日常生活に必要な「食料品・日用品の小売店」や「診療所」、「福祉施設」、「市役所支所等の役場の窓口」といった諸機能（以下、都市機能）の集積と、集落から小さな拠点への交通手段を確保することで、非都市部での日常生活とコミュニティを維持することを目的としている。しかし、人口減少が著しい過疎地域等では、後背圏人口が減少することで、小さな拠点に都市機能が立地できなくなることも少なくない。加えて、魅力のある拠点を形成するには複数の業種がまとまって立地することが重要であるが、実際に多様な都市機能を一つの小さな拠点に集約することが難しい。その結果、一部の機能が立地しているだけでは小さな拠点が利用されないケースが存在し²⁾、それが小さな拠点の消滅に繋がり、非

都市部での日常生活やコミュニティが維持できなくなる可能性がある。また、小さな拠点に都市機能が立地していないために、やむを得ず他のエリアで目的を果たしている住民も多く存在し、住民の小さな拠点に対する利用意向に見合った都市機能が立地していない可能性がある。なお、移動販売の形態でローカルなニーズをきめ細やかに満たそうとしても、深刻なドライバー不足が一因となって十分なサービス供給ができていないという現実もある。

上記のような小さな拠点における都市機能の不足への対応策として、近年のモビリティイノベーションの活用が挙げられる。その代表例として、自動運転車に都市機能を搭載し、それらを無人で運転させ営業を行う機能搭載型自動運転車（以下、「ADVUS」(Automated Driving Vehicle with Utility Services)）の実現が期待される。これは、トヨタ自動車株式会社が2018年1月に2018 International CESにて発表した「e-Palette Concept」³⁾をはじめ、複数の企業で開発が進められている。主な用途として、自動運



図-1 ADVUS の車両のイメージ³⁾

転による荷物や食料品の配達、移動中のサテライトオフィス、病院への送迎とその時間内での事前診察等のサービスが提案されており、都市に高い利便性をもたらすことが期待される。しかし、ADVUS の無制約な導入は、既に立地している都市機能と競合することで、既存の都市機能を撤退させる可能性がある。

そこで本研究では、小さな拠点における都市機能不足に対応するための ADVUS の活用可能性を、住民が都市機能を実際に利用する場所と本来利用したい場所の乖離から検討する。それにより、小さな拠点に立地していない都市機能を確保することで、どれだけの住民に対して小さな拠点を利用できる環境を与え得るかを把握する。

2. 本研究の位置づけ

(1) ADVUSの開発動向

代表例として挙げたトヨタ自動車株式会社では 2018 年 1 月に「e-Palette Concept」³⁾を発表したのを皮切りに、同年 10 月にはソフトバンク株式会社との戦略的提携に合意し⁴⁾、Mobility as a Service (MaaS) 事業における需要と供給の最適化を目指している。また、同年 8 月に行われた Graduate-Level Research in Industrial Projects for Students (GRIPS)-Sendai 2018⁵⁾において、e-Palette を用いたモビリティプラットフォームの検討を行っており、実務・学術の両面から e-Palette 導入の試みを行っている。また、ドイツの Volkswagen AG は同年 6 月の：Centrum der Büro- und Informationstechnik (CEBIT)において「セドリック・アクティブ」のコンセプトモデルを発表しており⁶⁾、移動小型店舗への応用も提案されている。さらに、いくつかのベンチャー企業も自動運転による移動販売を試みており、米 robomart 社は 2018 年 1 月に 2018 International CES にて食料品を自動運転車に乗せ販売を行う Robomart を発表している⁷⁾。また、米スーパーマーケットチェーン Kroger は、自動運転スタートアップの Nuro と共同でアリゾナ州スコッツデールにおいて、自動運転車による食料品配達の実証実験を開始する⁸⁾など、実用化への準備がなされている。

以上のように ADVUS の実社会への実装に向けた動きは見られるが、食料品販売業のみに着目した従来の移動販売車の範疇を超えていない。ADVUS の本来の特徴である、ICT を活用し、利用者の需要に合わせて無人かつ自律的に様々な都市機能を供給できるといった特色を活かした検討はまだ全くなされていない。

(2) 既存研究レビュー

非都市部におけるサービス提供に関する研究として、上述の小さな拠点の観点からは、その客観的評価⁹⁾や自動運転を見据えた実態把握¹⁰⁾がなされている。しかし、都市機能の立地の促進や撤退の防止といった住民の利便性の向上を目指した検討はなされていない。また、非都市部での生活を支援する移動販売のサービスの効果¹²⁾や需要¹⁴⁾について検討した研究がみられる。一方、今後の実現、普及が見込まれる ADVUS は、自動運転や無人でのサービス提供だけでなく、ICT 技術を用いることで、住民の意向に合わせて必要な時に必要なサービスを自律的に移動・提供することが想定されている。これにより ADVUS が時間を限定して営業し、かつ複数の小さな拠点を巡回することで、これまで都市機能の立地が難しかった小さな拠点にもサービスを提供できる可能性がある。そのため、ADVUS のように利用意向に合わせて営業時間や場所を柔軟に変えることを考慮していない既存の移動販売等に関する研究成果を、ADVUS に直接適用するだけでは不十分と考えられる。

一方で、自動運転技術が普及した社会を見据えた研究として、ライドシェア・カーシェアサービス(SAV)の普及過程¹⁵⁾や、SAV を MaaS の一要素として適用性を検討したもの¹⁶⁾、また、導入による環境負荷¹⁷⁾や車両の削減量¹⁸⁾といった、その効果を分析した研究がみられる。しかし、これらは「人の輸送」について着目したものであり、本研究で提案する自動運転技術を用いた都市機能の提供は検討されていない。

(3) 本研究の内容

2.(1)及び2.(2)を踏まえ、本研究では、モビリティイノベーションの一つであるADVUSを活用した、非都市部の中でも特に過疎地域の小さな拠点における都市機能の供給手段についての参考情報を得ることを目的とする。上記の目的を達成するために、本研究では、まず小さな拠点におけるADVUSの導入形態を仮定する。その後、その導入可能性を満たすために最も重要な要素である住民の利用意向に着目する。具体的には、ある都市機能について、実際にその都市機能を利用している場所（以下、実行動）と本来その都市機能を利用したい場所（以下、

利用意向)との乖離をアンケート調査から把握する。これにより、住民の小さな拠点に対する利用意向がどれだけ存在するかを把握し、その利用意向を満たすためのADVUSの活用方法について検討を行う。また、ドライバー無しで拠点を巡回できるADVUSの特性を踏まえ、複数の小さな拠点に対する利用意向を重ね合わせることで、ADVUSによる複数の小さな拠点での都市機能の供給手段を検討する。

(4) 本研究の特長

本研究の特長は以下の通りである。

- 1)自動運転車に都市機能を搭載した(ADVUS)の地域での活用法を初めて検討する新規性の高い研究である。
- 2)都市機能が立地していない小さな拠点に対して、ADVUSによる都市機能の供給手段を示している。そのため、施設撤退などの問題を抱える過疎地域にとって極めて有用な取り組みである。
- 3)小さな拠点への利用意向を実際の現地調査を通じてきめ細かく捕捉した信頼性の高い研究である。
- 4)本研究の考え方や得られる成果は、今後大きく伸長するモビリティ・イノベーションの流れに少なからぬ波及効果を及ぼすことが期待され、発展可能性が極めて大きい。

3. 使用データ・分析概要

(1) 本研究におけるADVUS及び小さな拠点の考え方

本研究では、ADVUSを以下の通り定義する。

- 1)自動運転(SAE¹⁹⁾レベル5とし、無人で移動する。
- 2)決済に関わるFintech技術を搭載し、無人営業を行う。
- 3)車両に搭載する機能は、食料品や日用品の小売店、飲食店、診療所、役場の窓口など、小さな拠点への集約が望まれる都市機能を適宜搭載することが可能である。また、本研究では小さな拠点を「日常生活に必要な都市機能である「食料品・日用品の小売店」や「診療所」、「福祉施設」、「市役所支所等の役場の窓口」を集積した地区」と定義する。

以上より、本研究ではADVUSの導入形態を、小さな拠点に不足している日常生活に最低限必要な都市機能をADVUSで補完するものと定義する。この導入形態の提案については、以下の理由からなるものである。

- 1)小さな拠点において、現状不足している都市機能の確保を目指す場合、実際に施設を新設したり、他地域から移転することは難しい。しかし、現状は実店舗が立地しない地域であっても、営業日時の短縮や無人営業によるコストの圧縮、及び複数の小さな拠点を移動するADVUSの一時的な配置により都市機能を提供でき

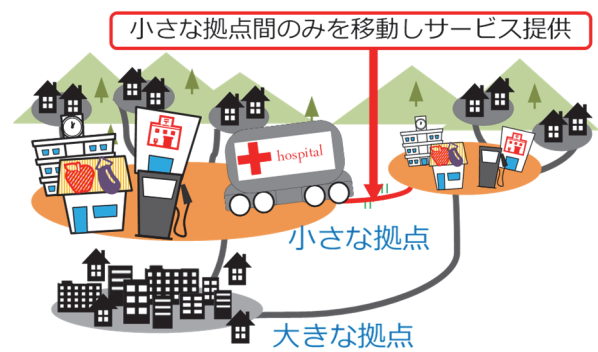


図-2 本研究におけるADVUS導入形態

る可能性がある。

- 2)上記に挙げた都市機能のうち、ある都市機能が存在しないがために小さな拠点が利用されないという課題がある。それに対し、ADVUSにより不足する都市機能を供給することで住民が小さな拠点を利用できる環境が整う。さらに、もし小さな拠点に配置したADVUSが住民に利用されれば、同じ小さな拠点に立地している他の都市機能も併せて利用される可能性があり、他の都市機能の存続が一層容易になることが期待される。
- 3) ADVUSの無制約な導入は既存の施設との競合が発生し、それらの撤退を招く危険性がある。また、営業を行う道路や空地を過度に占有することで、渋滞などの問題を引き起こす恐れがある。加えて、ADVUSへの需要が増大した場合、必要車両台数の増大などコストの増大が想定される。そのため、ADVUSの導入に際しては、都市内におけるADVUSの車両台数や搭載する業種の制限といった規制・計画や、ADVUSを配置できるようなインフラが整っている場所への導入が必要である。

なお、本研究は日常生活に不可欠な都市機能を小さな拠点に供給する手段としてのADVUSの活用可能性を検討しているが、本稿では都市機能の一例として「医療サービス」を取り上げる。医療サービスを例に挙げるのは、以下の理由からなるものである。

- 1) オンライン診療等²⁰⁾の技術開発が進められており、医師が存在せずとも無人で医療サービスを提供できる可能性がある。
- 2) 自宅への導入が難しい検査機器や医療に付随する薬局販売といったサービスをセットで提供できる可能性がある。なお、このようなサービスは自宅でのオンライン診療では対応できないものである。
- 3) 前述の通り、医療サービスの利用者が少ないような小さな拠点でも、利用意向に合わせた短時間の配置及び複数の小さな拠点を自動運転で移動し診療を行うことで医療サービスを提供できる可能性がある。

(2) 調査対象地域

対象地域には市街化区域から中山間地域（過疎地域）まで地域属性を幅広くカバーしている茨城県常陸太田市を取り上げる（図-3）。当該市は2004年4月に4市町村が合併して成立し、調査対象年次である2015年時点で約5.2万人が居住している。なお、市内は同図に示す通り、公民館を基準とする19の地区に分かれている。そのうち市役所が立地する地区1は市の中心市街地であり、市街化区域に設定されている。また、地区6、地区9、地区13~19は中山間地域であり、地区10~19は過疎地域となっている。この常陸太田市では非都市部において設定が進む「小さな拠点」の設定はなされていないが、合併前の地区10、地区15、地区18は旧役場周辺であり、現在の市役所支所が存在し、「地区拠点」として設定されている²⁰。以上より、地区10、地区15、地区18の市役所支所周辺は小さな拠点に相当すると考え、本研究では「地区10、地区15、地区18の市役所支所の周辺」を小さな拠点²⁰とした。

(3) 使用データと分析概要

本研究では、常陸太田市の住民を対象にアンケート調査²⁾を実施した。調査の概要を以下に示す（表-1）。加えて、図-4に地区別・年齢階層別の回答者数を示す。本調査より、住民が実際に医療サービスを利用する場所への行動（実行動）と医療サービスを利用したい場所

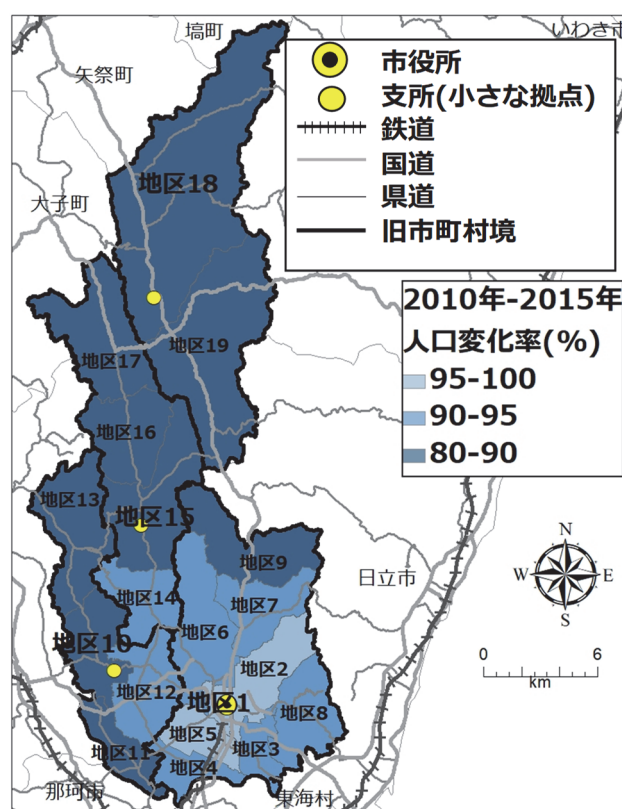


図-3 常陸太田市の概要

（利用意向）を把握する。実行動については、住民の目的的地である具体的な病院名に加え、交通手段や頻度について質問を行っている。本研究では、利用者が回答した病院名をもとに地区単位でトリップ数の集計を行っている。また、利用意向については、「医療サービス」の利用を希望する場所を「近隣で利用したい・支所の周辺で利用したい・中心市街地で利用したい・市外で利用できればいい・利用しなくてもよい」の5件法かつ単一回答で質問している。そのうえで、実行動と整合させるため、「近隣で利用したい」を「居住する地区(自地区)内での利用意向」、「支所の周辺で利用したい」を「小さな拠点での利用意向」、「中心市街地で利用したい」を「地区1での利用意向」としている。なお、「小さな拠点での利用意向」については、住民は合併以前に属していた市町村(図-3参照)の旧役場が立地する小さな拠点の利用を希望していると仮定する。さらに住民の実行動及び利用意向を分析するため、地区毎に住民を年齢階層・性別で分け、拡大係数を算出・適用した。また、住民の医療サービスへの実行動、及び利用意向把握のため、同目的のODを地図内で可視化する。以上を踏まえ、医療サービスにおける地区*i*から地区*j*への実行動の割合を式(1)に、地区*i*から地区*j*への利用意向の割合を式(2)に定義した。

$$RO_{ij} = O_{ij}/T_i \quad (1)$$

RO_{ij} : 医療サービスにおける地区*i*から地区*j*への実行動の割合(%)

O_{ij} : 地区*i*から地区*j*へ向かう医療サービスへのトリップ数

T_i : 地区*i*を発地とする実行動のトリップ数

※ $i=j$ の場合は地区*i*内での実行動の割合となる

$$RH_{ij} = R_{ij}/N_i \quad (2)$$

RH_{ij} : 医療サービスにおける地区*i*から地区*j*への利用意向の割合(%)

H_{ij} : 地区*i*から地区*j*内の中心市街地・支所での医療サービスの利用意向者数

N_i : 地区*i*に居住する回答者数

※ $i=j$ の場合は同地区内への利用意向の割合となる

また、以上の式から算出した実行動の割合 RO_{ij} から利用意向の割合 RH_{ij} を差し引いたものを「実行動と利用意向の乖離 D_{ij} 」とし、式(3)に定義する。

$$D_{ij} = RO_{ij} - RH_{ij} \quad (3)$$

D_{ij} : 医療サービスにおける地区*i*から地区*j*への実行動及び利用意向の乖離

D_{ij} が正の値を示す場合は住民の利用意向以上に地区*i*

表-1 アンケート概要²⁾

項目	内容
対象地域	常陸太田市(茨城県)
配布・回収	郵送配布・郵送回収 ※町丁目毎層別抽出
実施期間	2015/9/15~10/23
配布部数	3,418世帯
回収部数	1,832世帯・8,571人
世帯回収率	53.6%
質問項目	1.生活サービス(買い物・医療・金融)における 主な利用施設・頻度・交通手段・所要時間 2.20種類の生活に欠かせない施設の利用希望圏域 3.祭等の参加状況 4.個人・世帯属性

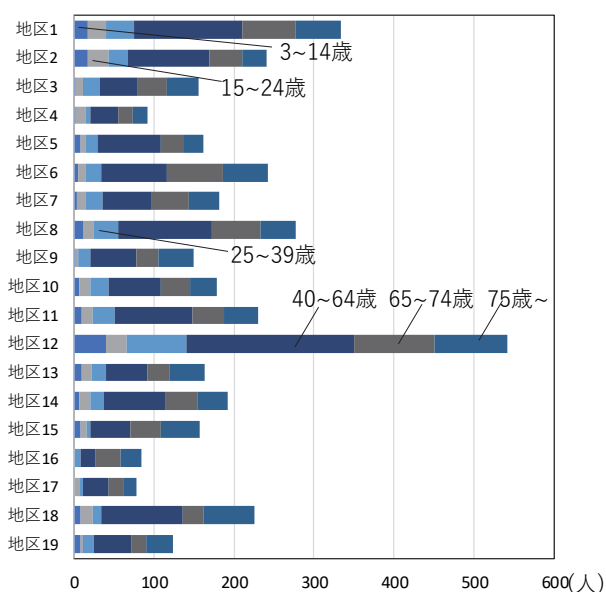
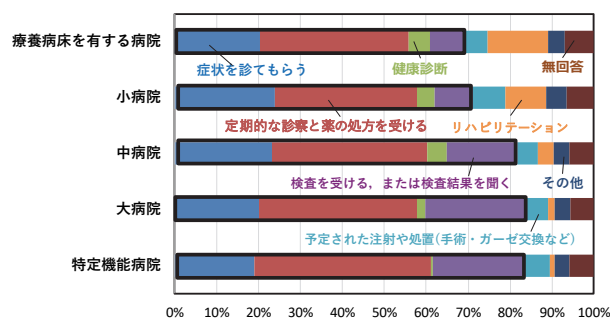


図-4 各地区のアンケート回答者数

が利用されている、すなわち「医療サービスの利用において、地区*i*が仕方なく利用されている」一方で、 D_{ij} が負の値を示す場合は利用意向から見ると地区*i*の実際の利用が少ない、すなわち「医療サービスの利用において、地区*i*を利用したいのに出来ていない」ことを示している。

加えて、ADVUSの自動運転・無人営業という長所を活かせば、複数の場所で営業することが可能になると考えられる。そのため、本研究では小さな拠点での医療サービスの利用意向を持つ者を対象に、医療サービスの実際の利用頻度を把握し、複数の小さな拠点での営業についての検討を行う。また、ADVUSの配置が想定される小さな拠点の施設立地状況や駐車場の整備状況等を示し、ADVUSの配置及び運用方法のイメージを提示する。

なお、図-5に示す既存の調査²⁴⁾より、病院への来院目的の8割以上が症状を「診てもらう」、「定期的な検診や薬の処方」といったオンライン診療でも対応が可能になると考えられている医療行為であり²³⁾、これらの治療

図-5 既存調査²⁴⁾における来院目的の割合

はADVUSのように無人で営業する場合でも提供することが可能であると考えられる。一方で、来院目的のなかでもADVUSに搭載できないような大きな手術や特別な機器を必要とするケースは比較的少ないと考えられる。ただし、実際には手術などの大規模な設備や人員を要する治療も存在し、それらの治療を希望する医療行動はADVUSで賄うことは出来ない。そのため、本研究で算出した乖離 D_{ij} をそのまま「ADVUSによって満たすことができる利用意向者数」に適用すると過大集計となる要素がある。一方、オンライン診療の普及が進むことにより、居住地に滞在したまま可能になる治療も含まれると考えられるため、上記の乖離 D_{ij} を同利用意向者数に適用すると過少集計になる要素も含んでいる。本研究では両要素が相殺するものと仮定し、住民の利用意向と実行行動の乖離 D_{ij} を「ADVUSによって満たすことができる利用意向者数」として考察を進める。ただし、今後両要素の影響や医療のオンライン化等の発展をより深く検討することで、本分析の精度を高められる可能性がある。

4. 住民の実行動と利用意向の乖離

図-6に地区*i*から地区*j*への実行動の割合 RO_{ij} 、図-7に利用意向の割合 RH_{ij} 、図-8に実行行動と利用意向の乖離 D_{ij} を示す。これらより、以下の点が読み取れる。

- 1) 図-6より、住民の実行動は、中心市街地である地区1に集中している。また、小さな拠点を含む地区15、地区18についても周辺地区からの流入が見られる。それに対し、小さな拠点を含む地区10については、他地区の住民による利用が見られず、小さな拠点に必要な医療サービスが十分確保されていないと考えられる。
- 2) 図-7より、地区1周辺の地区では、地区1の中心部への利用意向が高く、自地区での利用意向は低いことが分かる。また、地区10、地区15、地区18の小さな拠点について、自地区及び周辺の地区からの利用意向が存在することが分かる。特に、図-6の結果から医療サービスが不足していると考えられる地区10においても、医

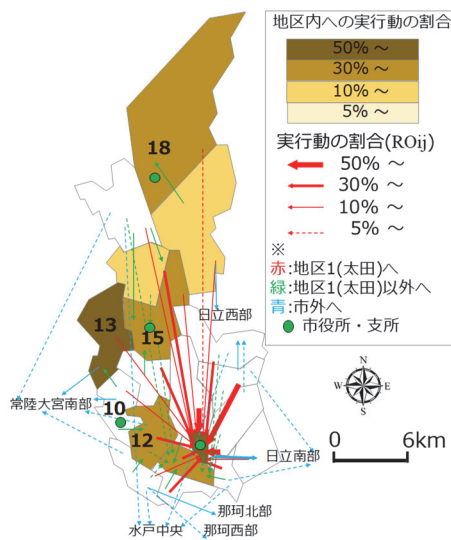


図-6 医療サービスの実行動の割合

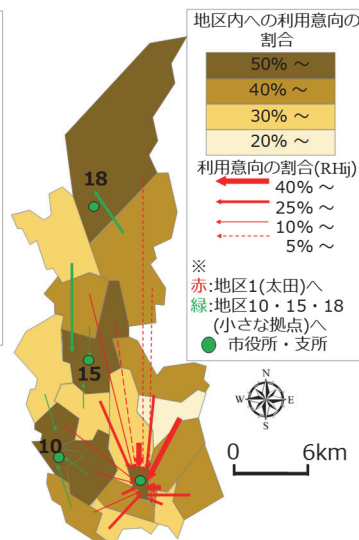


図-7 医療サービスの利用意向の割合

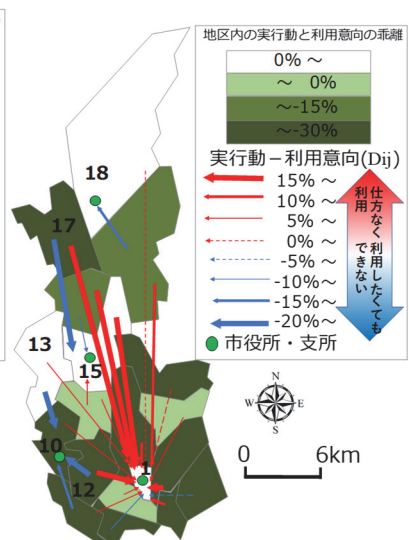


図-8 実行動と利用意向の乖離

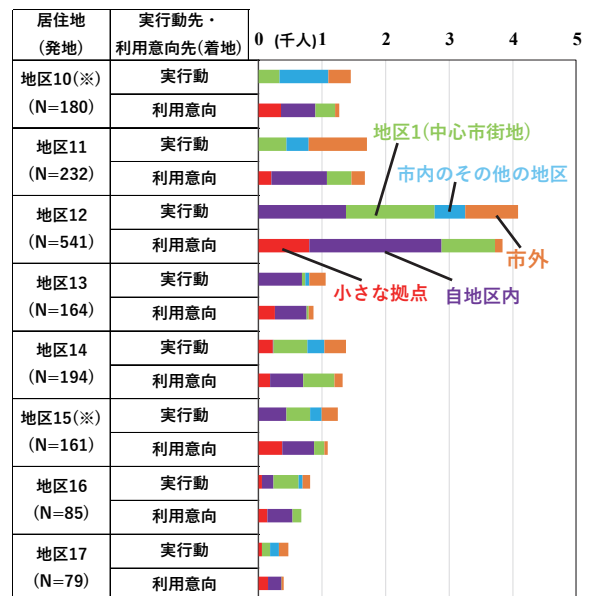
療サービスの利用意向が存在することが明らかになった。

- 3) 図-8より，中心市街地である地区1で実行動が利用向を大きく上回っており(D_{ij} が正の値)，多くの地区の住民が地区1を「仕方なく」利用していることが考えられる。
- 4) 3)と同図より，医療サービスを提供する都市機能が立地していない地区10の小さな拠点及び地区15の小さな拠点では，実行動以上に利用意向が高い。つまり同拠点は「医療サービスを利用したくてもできない」小さな拠点と考えられるため，ADVUSにより医療サービスを供給すべき小さな拠点になると考えられる。

5. ADVUSの導入形態の提案

前章より，小さな拠点を「利用したくてもできない」状況にあることが示された地区10及び地区15の小さな拠点に加え，3章において同拠点を利用することが想定されると述べた，旧市町村に属する地区10~17の住民の実行動先及び利用意向先を図-9に示す。本図より以下の点を読み取れる。

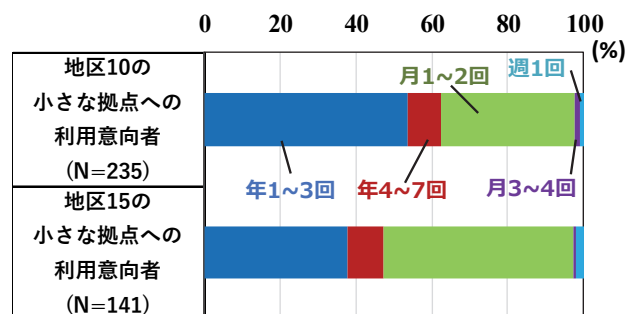
- 1) 図-9より，地区10，地区11では，常陸太田市内での利用より市外での利用が多いことが分かる。隣接する常陸大宮市へのアクセシビリティが高いことが原因だと考えられる。
- 2) 1)と同図より，すべての地区において自地区内と小さな拠点での利用意向が半数以上を占めている。また，地区15では，小さな拠点での利用意向が実行動を200人程度上回っている。そのため，同拠点到ADVUSを配置することで，居住者の利用意向に見合った医療サービスを確保できる可能性がある。



(※)の地区は市役所支所が立地する地区

※N値は回答者数，棒グラフの値は拡大後の人数を指す

図-9 地区10~17に居住する者の医療サービスの実行動先及び利用意向先



※N値は回答者数，棒グラフの値は拡大後の人数を指す

図-10 小さな拠点での医療サービスの利用意向を持つ者のサービス利用頻度

続いて、地区10、地区15内の小さな拠点で医療サービスの利用意向を持つ者のサービス利用頻度を図-10に示す。本図より以下の点が読み取れる。

- 1) 図-10より、地区10の小さな拠点ではおよそ37%が、地区15の小さな拠点ではおよそ52%が月1回以上の定期的な病院受診を必要としている。
- 2) 1)と同図より、地区10内の小さな拠点での利用意向を持つ者の55%、及び地区15内の小さな拠点での利用意向を持つ者の38%は、年に数回の利用に留まることが分かる。

以上より、実際に医療サービスを提供する都市機能を固定的に立地させることは、十分な利用者が見込めず難しい恐れがある一方、ADVUSを派遣し診察時間を週に1回や1日の内午前中等の形で絞り、地区10・15の小さな拠点を移動しながら営業することで、医療サービスを確保できる可能性がある。

続いて、ADVUSの具体的な配置場所を検討するために地区10・15内の小さな拠点における市役所支所の周辺の概況を図-11、図-12に示す。なお、これらの概況図は国土地理院がWeb上に公開している航空写真のうち、最新のものをを用いる。これらより以下の点が読み取れる。

- 1) 図-11より、地区10の小さな拠点へのADVUS導入を検討した場合、地区10の小さな拠点の駐車場面積は航空写真から約6,700m²ほどと考えられる。また図-12より、地区15の小さな拠点の駐車場面積は航空写真から約6,400m²ほどと考えられる。ADVUS1台の車両面積は8~14m²と想定されており³⁾、駐車場の容量の観点からはADVUSの配置と利用者の駐車に要する十分な面積が確保できると考えられる。
- 2) 両図及び電子電話帳2015²⁷⁾、各施設のWebページ^{28)・30)}より、地区10・15の小さな拠点の施設の立地・営業状況を見ると、小さな拠点において立地が望まれる²⁹⁾小中学校や幼稚園などの教育施設、郵便局、蕎麦屋や食堂といった飲食店、電器店といった商店、農業協同組合が存在する。これらの施設の多くは平日の日中に営業していることから、平日の日中にADVUSを活用して医療サービスを供給することで、例えば、受診機会に併せて食事を取ることや、公共施設での健康増進運動と併せて検査を行うなど、小さな拠点の利用機会の増加や周遊性の向上が期待できる。

6. おわりに

本研究の主な結果を以下に示す。

- 1) 小さな拠点での都市機能の確保のために、自動運転車に都市機能を搭載した機能搭載型自動運転車(ADVUS)の導入形態を提案した。

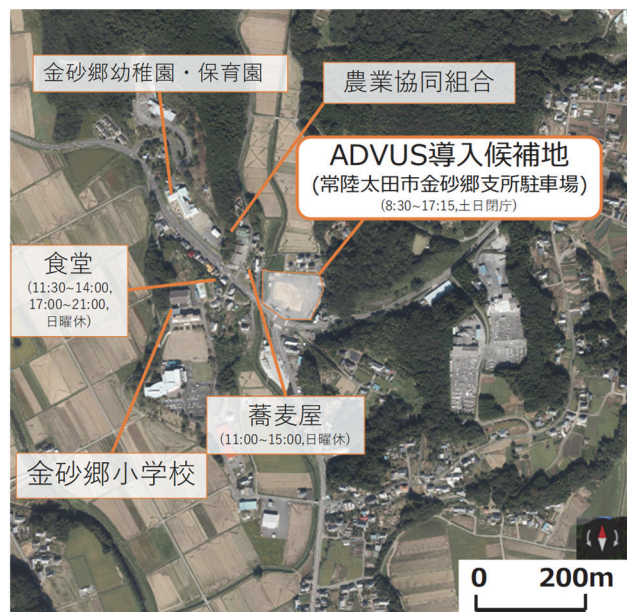


図-11 地区10の小さな拠点の概況（国土地理院の空中写真²⁹⁾（2012年撮影）を加工し作成）



図-12 地区15の小さな拠点の概況（国土地理院の空中写真²⁹⁾（2004~2007年のいずれかの年に撮影）を加工し作成）

- 2) 小さな拠点へのの実行動と利用意向の乖離から、小さな拠点への利用意向が存在することが示された。
- 3) 小さな拠点への利用意向と利用頻度の観点から、小さな拠点で医療サービスを受受できない定期受診者が一定数存在することを明らかにし、その利用者に対してADVUSによるサービスの供給手段を示した。

上記の結果より、ADVUSによる都市機能の提供により住民の小さな拠点への利用意向を満たすことができる可能性を示した。また、非都市部のみならず、都市部においても高齢化や人口減少の影響から店舗の撤退が進む地域が存在しており、本研究で提案したADVUSの導入

により都市機能の確保が期待できる。

なお、ADVUSの利用法については、モビリティ・イノベーションの技術開発や普及の程度によって提供可能である業種やサービスの提供方法が変化すると考えられる。また、本研究では常陸太田市を対象にADVUSの利用法を検討したが、非都市部の状況は小さな拠点の形成状況や居住地である集落、及び小さな拠点間の距離等、地域を取り巻く状況は様々であり、各地域の状況を踏まえた効率的なサービス提供方法を考えていく必要がある。また、本研究では住民の利用意向をもとに小さな拠点でのADVUSによる都市機能の確保について検討を行ったが、データの制約から住民が「いつ」施設を利用し、また利用を希望しているか等の情報は考慮していない。加えて、本研究では医療サービスの実行動向及び利用意向を対象に分析を行ったが、すべての医療サービスをADVUSによって代替することは難しい。このため、自由に動き回ることが可能であるADVUS活用の観点から、「どの拠点」に「いつ」配置するか等の情報や、今回把握できなかった品揃え等の都市機能を詳細に把握した上で、ADVUSの導入計画を検討していく必要がある。

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。また、JSPS 科学研究費(17H03319)の助成を得た。加えて、第 59 回土木計画学研究発表会においては東京工業大学屋井鉄雄教授、東京大学加藤浩徳教授をはじめとして、多くの方から有益な助言をいただいた。この場を借りてお礼申し上げる。

参考文献

- 1) 内閣官房まち・ひと・しごと創生本部：施策等、小さな拠点の形成，<https://www.kantei.go.jp/jp/singi/sousei/about/chiisanakayoten/index.html>（最終閲覧 2019/6/19）
- 2) 山根優生，森尾淳，谷口守：道路ネットワークに着目した「小さな拠点」の利用実態と立存可能性—茨城県常陸太田市における住民の交通行動を例に—，都市計画報告集，Vol. 15, pp. 87-92, 2016.
- 3) トヨタ自動車ニュースリリース：トヨタ自動車，モビリティサービス専用 EV “e-Palette Concept” を CES で発表，<https://global.toyota.jp/newsroom/corporate/20508200.html>（最終閲覧 2019/6/19）
- 4) トヨタ自動車ニュースリリース：ソフトバンクとトヨタ自動車，新しいモビリティサービスの構築に向けて戦略的提携に合意し，共同出資会社を設立，<https://global.toyota.jp/newsroom/corporate/24747176.html>（最終閲覧 2019/6/19）
- 5) IPAM (Institute for Pure & Applied Mathematics): Graduate-Level Research in Industrial Projects for Students (GRIPS)-Sendai 2018, <http://www.ipam.ucla.edu/programs/student-research-programs/graduate-level-research-in-industrial-projects-for-students-grips-sendai-2018/?Tab=sponsors-and-projects>（最終閲覧 2019/6/19）
- 6) 日本経済新聞：VW，サーファー向け自動運転車を提案，<https://www.nikkei.com/article/DGXMZO31620260R10C18A6TJ2000/>（最終閲覧 2019/6/19）
- 7) Robomart, Inc., <https://robomart.co/index.html>（最終閲覧 2019/6/19）
- 8) The Kroger Co. Press Release: Kroger and Nuro Partner to Pilot Autonomous Delivery, <http://ir.kroger.com/file/Idex?KeyFile=394048391>（最終閲覧 2019/6/19）
- 9) 山根優生，森本瑛士，谷口守：「小さな拠点」が有する多義性と「コンパクト+ネットワーク」政策がもたらすパラドクス，土木学会論文集 D3, Vol. 73, No. 5, pp. I_389-I_398, 2017.
- 10) 森尾淳，河上翔太：中山間地域における「小さな拠点」の成立可能性の検討に関する基礎的研究—小さな拠点と周辺地域の人口動態分析—，都市計画論文集，Vol. 50, No. 3, pp. 1297-1302, 2015.
- 11) 大橋一仁，高橋清，有村幹治，大場光希：広域自動運転公共サービス導入に向けた小さな拠点実態把握に関する研究，第 59 回土木計画学研究発表会・講演集，135, 2019.
- 12) 伊勢昇，湊絵美：買い物支援サービス導入による買い物における外出頻度の変化に関する研究，交通工学論文集，Vol. 3, No. 2, pp. A_68-A_75, 2017.
- 13) 土屋哲，谷本圭志，倉持裕彌：移動販売サービスによる買い物環境の改善効果に関する研究—中山間地域における実証分析を通して—，農村計画学会誌，Vol. 35=Special_Issue, pp. 201-206, 2016.
- 14) 谷本圭志，土屋哲，長曾我部まどか：移動販売のサービス水準に着目した店舗選択に関する実証研究，都市計画論文集，Vol. 52, No. 3, pp. 429-434, 2017.
- 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，土木学会論文集 D3, Vol. 73, No. 5, pp. I_507-I_515, 2017.
- 16) 藤垣洋平，高見淳史，トロコンソ パラディ ジアンカルロス，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，都市計画論文集，Vol. 52, No. 3, pp. 833-840, 2017.
- 17) 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, 2009.
- 18) 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.
- 19) 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 2019/6/19）
- 20) 常陸太田市：合併まちづくり計画—新市建設計画—，http://www.city.hitachi-ota.ibaraki.jp/data/doc/1247303258_doc_40.pdf（最終閲覧 2019/6/19）
- 21) 国土交通省：国土形成計画，http://www.mlit.go.jp/kokudoseisaku/kokudokeikaku_fr3_000003.html（最終閲覧 2019/6/19）
- 22) 国土交通省：都市構造の評価に関するハンドブック

- の策定について, http://www.mlit.go.jp/toshi/tosiko/toshi_tosiko_tk_000004.html (最終閲覧 2019/6/19)
- 23) 厚生労働省: オンライン診療の適切な実施に関する指針, <https://www.mhlw.go.jp/content/000534254.pdf> (最終閲覧 2019/10/24)
- 24) 厚生労働省: 平成 29 年受療行動調査(確定数)の概況, <https://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/jyuryo/17/kakutei.html> (最終閲覧 2019/10/24)
- 25) 国土地理院: 地図・空中写真閲覧サービス, <https://mapps.gsi.go.jp/maplibSearch.do#1> (最終閲覧 2019/10/24)
- 26) 国土地理院: 地理院地図, <https://maps.gsi.go.jp/> (最終閲覧 2019/10/24)
- 27) 日本ソフト販売: 電子電話帳 2015, <https://www.nipponsoft.co.jp/products/bltypesp20/> (最終閲覧 2019/6/19)
- 28) 常陸太田市: 公共施設案内, <http://www.city.hitachiota.ibaraki.jp/page/dir000128.html> (最終閲覧 2019/10/27)
- 29) 日本郵政グループ: 郵便局・ATM を探す, <https://map.japanpost.jp/p/search/?&cond200=1&> (最終閲覧 2019/10/27)
- 30) 常陸太田市観光物産協会: <http://www.kanko-hitachiota.com/> (最終閲覧 2019/10/27)

(Received June 21, 2019)
(Accepted January 14, 2020)

AUTOMATED DRIVING VEHICLE WITH UTILITY SERVICE FOR MAINTAINING FACILITY OF “COMPACT VILLAGE” —FOCUSING ON MEDICAL SERVICE—

Akira MITARAI, Katsushi AZUMA and Mamoru TANIGUCHI

“Compact Village” aims at maintaining a living environment in rural areas by aggregating facilities. However, it is difficult because of population decline and withdrawal of facilities. Results of this study suggest how to maintain a “Compact Village” with Automated Driving Vehicle with Utility Service “ADVUS” applied to grocery stores and medical facilities in automated driving vehicles that operate unmanned. Additionally, we compare the numbers of people executing behaviors and their usage intention for users at medical institutions. Those results lead to estimates of the numbers of people who can be expected to use “ADVUS” in a “Compact Village”. Results show that people want to use a medical facilities in a “Compact Village” more than in a central area, but many people use a medical facilities in central areas. If “ADVUS” is deployed in a “Compact Village”, more people will use it than use it now.