

実装にむけた先進的技術やデータを活用した
スマートシティの実証調査（その3）

報 告 書

【つくばスマートシティ協議会】

令和3年9月

国土交通省 都市局

目次

1	はじめに	2
(1)	都市の課題について	2
(2)	コンソーシアムについて	6
2	目指すスマートシティとロードマップ	8
(1)	目指す未来	8
(2)	ロードマップ	14
(3)	KPI.....	15
3	実証実験の位置づけ	16
(1)	位置情報分析による交通需要の把握.....	17
(2)	遠隔モニタリングを備えた自動運転車による拠点間移動.....	18
(3)	パーソナルモビリティの安心・安全性の実証実験.....	19
4	実験計画	20
(1)	位置情報分析による交通需要の把握.....	20
(2)	遠隔モニタリングを備えた自動運転車による拠点間移動.....	24
(3)	パーソナルモビリティの安心・安全性の実証実験.....	29
5	実験実施結果	33
(1)	位置情報分析による交通需要の把握.....	33
(2)	遠隔モニタリングを備えた自動運転車による拠点間移動.....	42
(3)	パーソナルモビリティの安心・安全性の実証実験.....	49
6	横展開に向けた一般化した成果	57
(1)	位置情報分析による交通需要の把握.....	57
(2)	遠隔モニタリングを備えた自動運転車による拠点間移動.....	57
(3)	パーソナルモビリティの安心・安全性の実証実験.....	58
7	まちづくりと連携して整備することが効果的な提案	59
(1)	スマートシティの取組みを整備に活用することが効果的な設備	59
(2)	設備の管理、運用にかかる留意点.....	60
(3)	地域特性に合わせた提案	61

1 はじめに

(1) 都市の課題について

茨城県は、平野部が多く可住地面積は県土の 2/3 (40 万 ha) を占め全国第 4 位、道路実延長は北海道に次いで全国第 2 位である。自家用乗用車の保有台数の割合は全国 4 位 (0.695 台/人) である一方、人口 1 万人あたりの鉄道総延長は全国 41 位 (1.5 km) であることから、日常の移動における自動車依存度が高く、中心市街地における渋滞の緩和や過疎地域における公共交通の維持、移動手段の確保等、自動車事故対策などが喫緊の課題となっている。

つくば市においては、自動車の交通分担率が約 6 割と自家用車への依存度が高く、先に述べたような渋滞緩和や自動車事故対策に加え、中心市街地の賑わいや回遊性の低下も課題となっている。また、つくばエクスプレス (TX) 沿線では人口が増加しているものの、周辺地域では人口減少や少子高齢化が進んでいることに伴い、高齢者の身体機能の低下等による移動の制約や危険、過疎地域の公共交通の維持についての問題が生じるなど、つくば市は、茨城県が抱える構造的問題の多くを内包している。

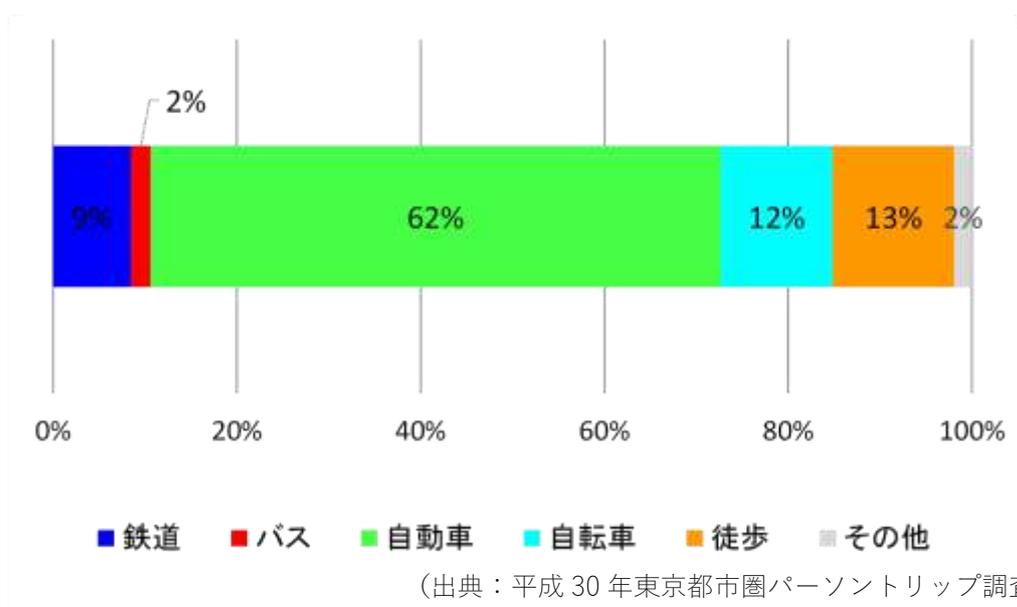
このため、つくばスマートシティ協議会では、令和元年度につくばスマートシティ実行計画を策定し、筑波大学をはじめ 29 の国の研究機関と約 2 万人の研究者が集積する「筑波研究学園都市」を実証フィールドとし、AI や IoT 等の先端技術の社会

実装にいち早く取り組むことで、自動車依存度が高い地方都市における、モビリティを中心とした課題解決方策を「つくばモデル」として構築し、つくば市をはじめ、茨城県の各地域が抱える課題解決を目指すこととした。

つくばスマートシティ実行計画において、問題解決に向けて取り組む課題は、「中心部の交通渋滞防止」「持続可能な地域公共交通網の構築」「高齢者等の交通弱者の移動手段確保と外出促進」の3項目である。

課題① 中心部の交通渋滞防止

つくば市は、市内総面積の85%が可住地であり、また、集落や商業施設が分散していること、鉄道網が未発達であることなどから、自動車依存率が高く、自家用車の交通分担率は6割にのぼる。



つくば市の交通分担率

そのため、中心市街地やT X沿線新興市街地では渋滞が慢性化している。また、渋滞や交通事故の多発地点についての対策は発生後の事後対応に留まっており、渋滞や交通事故の根本的な要因は把握できていない。そのため、交通事故や渋滞の発生要因を解明し、渋滞・事故防止策を講じることが課題となっている。

課題② 持続可能な地域公共交通網の構築

つくば市民に対するアンケート調査¹によると、「公共交通が便利で、自動車がなくても生活できるまち」を望む人が約6割である一方で、現状の地域公共交通の満足度は3割程度にとどまっている。そこで、つくば市では民間路線バスの補完として、「つくバス」・「つくタク」の運行を行い、バス停圏域300mにおいて高齢者人口の58%をカバーする取組みを行っている。

しかしながら、「つくバス」については、運行時間帯、運行本数に対する満足度が低く利用促進につながらない、「つくタク」については、収支率割合が6.6%（令和元年度実績値）と低く、公共交通としての事業継続性が低いという問題がある。そのため、「つくバス」・「つくタク」について、公共交通としての最適化と事業継続性の向上を図る必要がある。

¹ 令和元年（2019年）度市民意識調査

課題③ 高齢者等の交通弱者の移動手段確保と外出促進

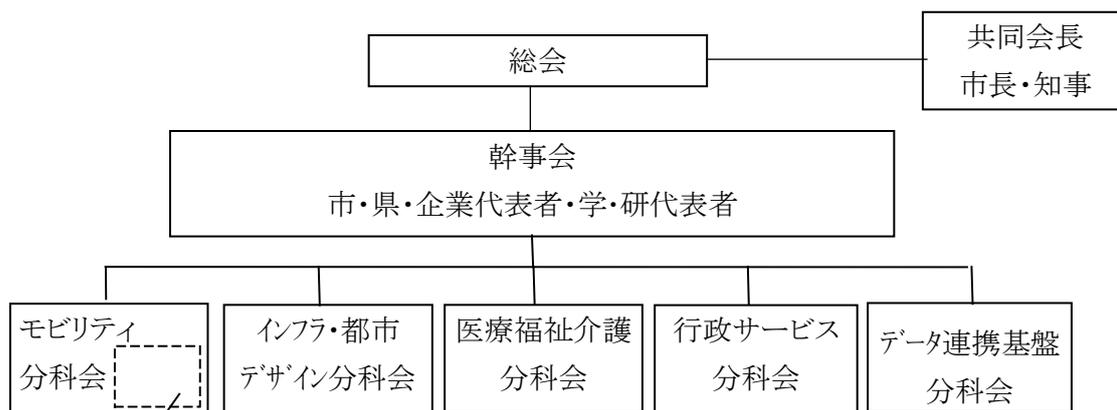
つくば市における高齢化率は19%であり、現在も増加傾向にある。このような中であっても、高齢者の8割は元気な高齢者であり、半数以上の高齢者が健康づくり活動や趣味のグループ活動の機会があれば参加したいと考えている。一方で、年齢が高くなるほど外出を控える傾向にあり、後期高齢者では22%の方が外出を控えているという調査結果がある。また、住宅団地等においては、コミュニティの希薄化も進んでおり、外出意欲の低下につながっていることから、高齢者の社会参画、生きがいつくりの支援が求められている。そこで、高齢者等交通弱者の移動手段を確保し、外出促進に繋げていく必要がある。

(2) コンソーシアムについて

AI や IoT 等の先端技術を活用した次世代モビリティを社会実装し、自動車依存度が高い地方都市におけるモビリティを中心とした課題解決方策「つくばモデル」を構築することを目的に、令和元年6月に、筑波大学、茨城県、つくば市、関係企業等から構成されるつくばスマートシティ協議会を設立した。

設立当初、会長には茨城県知事が就任し、計11機関で発足したが、令和2年度には、会長を茨城県知事とつくば市長の共同代表体制にするとともに、モビリティ分野に限らず、地域が抱える様々な分野の地域課題の解決に先端技術を活用してくため、協議会内に、モビリティ、インフラ・都市デザイン、医療福祉介護、行政サービス、データ連携基盤の分科会を設置し、自治体はもとより、企業や大学も含めて、地域課題やターゲット、課題解決の方策、都市機能向上の方策等の掘り起こし、企業からの技術提案等を行い、つくばスマートシティで実装する技術やサービスの検討を行っている。

なお、本調査においては、モビリティ分科会に属する会員により体制を構築し、実証実験を実施した。



・会員：計 66 機関（令和 3 年 7 月末時点）

企業 56、大学・研究機関 5、社団・財団 3、自治体 2

構成員	主な役割
KDDI 株式会社	全体の企画調整、進捗管理、全体評価 通信インフラ提供、広報
株式会社 KDDI 総合研究所	自動運転遠隔監視システムの提供、 通信環境の調査及び整備
損害保険ジャパン株式会社	自動運転走行ルートのリスクアセスメント、自動運転車両の提供
アイサンテクノロジー株式会社	3次元地図データ作成
株式会社ティアフォー	自動運転システムの提供、走行支援
国立大学法人筑波大学	実証実験の企画・運営、関係者の調整、評価
関東鉄道株式会社	公共交通自動運転化の検討、バス利用データの提供
つくば市	実証実験の企画・運営、関係者の調整、評価とりまとめ
茨城県	実証実験の企画・運営

2 目指すスマートシティとロードマップ

(1) 目指す未来

「高齢者や障がい者など誰もが安心・安全・快適に移動できるまち」をつくば市の目標としている。



将来イメージ図

つくば市の課題を解決するため、以下の方向性で取組みを推進する。

課題	課題解決に活用する主なデータ・技術	取組みの方向性
中心部の交通渋滞防止	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 【活用データ】 ・交通流データ 【活用技術】 ・交通流予測技術 	交通流の最適化による渋滞等の事前予防
持続可能な地域公共交通網の構築	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 【活用データ】 ・人流データ 【活用技術】 ・スマートフォンアプリ、カメラ映像からの人流情報の計測技術 ・人流情報から待ち時間コストを最小化する運行計画の算出技術 	公共交通の利用促進に向けた運行サービスの実充実
高齢者等の交通弱者の移動手段確保と外出促進	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 【活用データ】 ・顔画像データ 【活用技術】 ・顔認証技術 ・顔認証とバス乗降、医療機関の受付・決済、各種施設の入館などとの連動技術 	公共交通の利便性向上による高齢者等の外出促進
	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 【活用データ】 ・屋内外環境情報(地形データ・気象データ) ・脳神経、身体、生理系情報 ・行動、動作、移動系情報 【活用技術】 ・歩行者信号情報発信システム ・「人」+「サイバー・フィジカル空間」を一体的に扱う革新的サイバニクス技術 	ラストワンマイルの安心・安全な移動手段の提供

課題解決に活用する技術と取組みの方向性の全体像は以下のとおり。



取組みの全体像

【取組みの概要】

取組み① 交通流の最適化による渋滞等の事前予防

- ・ 交通流のデータを取得する。
- ・ 交通渋滞の要因を分析し、解決につながる交通制御を図り、交通渋滞の解消を目指す。
- ・ 集めたデータの分析結果に基づき、自動車交通量の予測手法を開発し、今後のデータ取得エリアの拡大によりその精度を高める。
- ・ 自動車交通量の予測に基づき、最適な交通制御のあり方を検討する。

交通流計測



AI 分析による渋滞の未然防止

取組み② 公共交通の利用促進に向けた運行サービスの充実

- ・ 交通流データ・人流データの取得

交通流データ：交通系 IC カードの利用者データや、つくバスのロケーションシステムなどを活用し取得する。

人流データ：携帯電話会社が持つ移動データの利用や GIS データを取得できるアプリを開発・普及させることで取得する。

- ・ 筑波大学サイバニクス研究センターのスーパーコンピュータ等を活用して集めたデータを分析する。



- ・分析結果から、自動車からの乗り換えを含めた公共交通需要を推計し、ダイヤの最適化にいかす。
- ・交通需要の少ない地域においては、地域と連携した運行や市民主体で運行する交通サービスなど、地域特性を踏まえ、ニーズに細やかに対応できる新たな交通サービスの検討にいかす。

取組み③ 公共交通の利便性向上による高齢者等の外出促進

- ・顔認証技術を用いて、高齢者等が気軽に手ぶら

で外出できる仕組みを構築する。

(バス乗降、施設受付、決済など)



- ・高齢者の通院にかかる実態（移動手段、時間、頻度、滞在時間など）、IT リテラシーの実態（スマホ利用、顔認証の受容性など）を調査し、そのニーズを探るとともに、実証実験により顔認証の認識率等の技術検証を進める。
- ・実証実験を踏まえて顔認証技術を用いた新たなサービス展開を模索する。
- ・とりわけ、顔認証と見守り機能（顔認証をした際に指定の登録先に位置情報等を通知する機能）を結び付けたサービスの提供や、医療機関における顔認証の活用可能性を検討する。
- ・なお、医療機関での活用については、個人情報の保護ならびに誤認証を排除でき

る仕組みの構築が必要であり、公共交通機関や他機関において、実装に向けた信頼性の検証を進めつつ検討する。

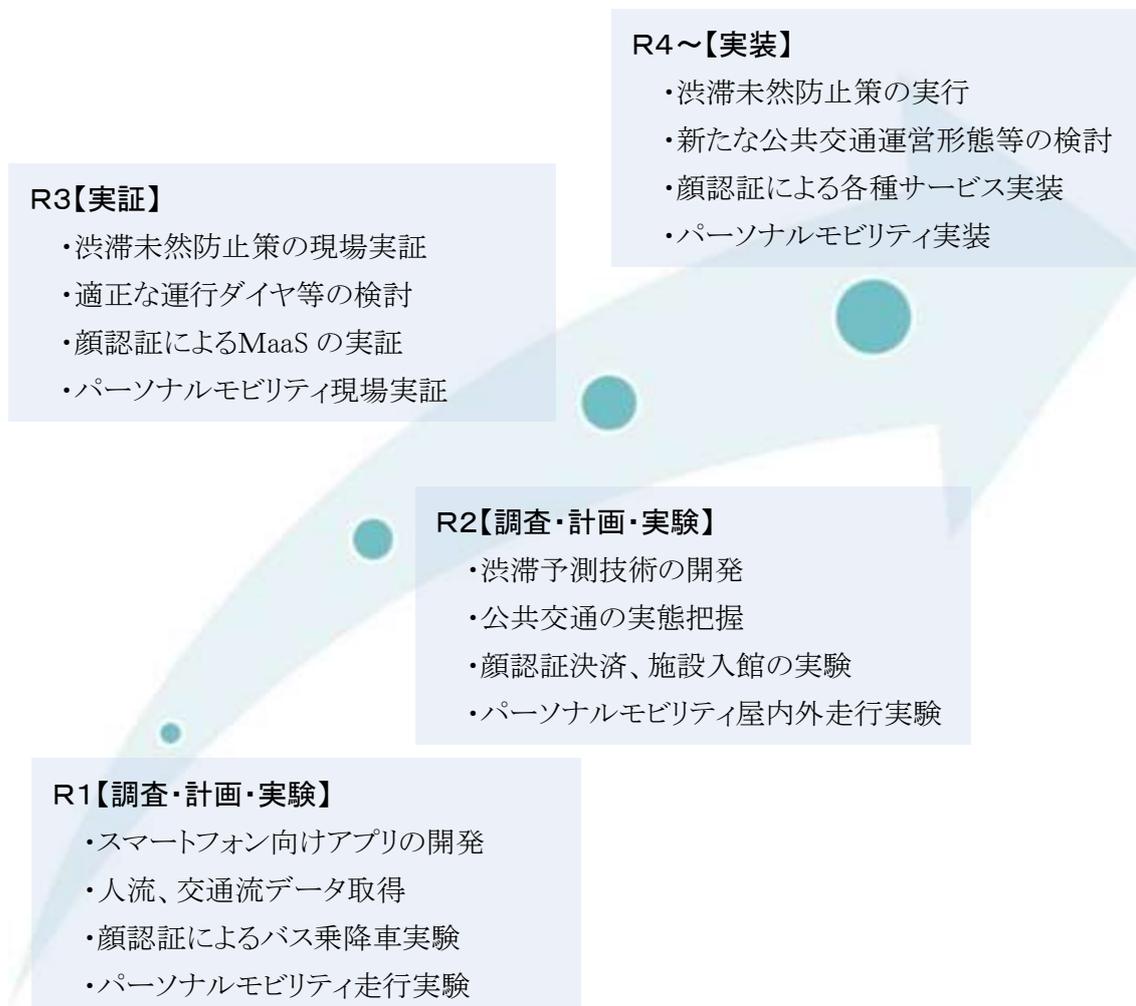
取組み④ ラストワンマイルの安心・安全な移動手段の提供

- ・公共交通を補完する移動手段（パーソナルモビリティのシェアリング等）の実装を図り、交通弱者のためのラストワンマイルの充実を目指す。
- ・具体的には、生体情報異常検知システム等を備えた安全なパーソナルモビリティ、歩行者信号情報システムと連動した小型モビリティの実装を図る。



(2) ロードマップ

4つの取組みのロードマップは以下のとおり。



(3) KPI

3つの課題「中心部の交通渋滞防止」「持続可能な地域公共交通網の構築」「高齢者等の交通弱者の移動手段確保と外出促進」の解決に向けて取り組むこととしている事業の成果を測る指標として、以下3つのKPIを設定している。

KPI項目	現状値	目標値(達成年度)
日常利用する交通手段が自家用車である人の割合	85.8% (2019年度)	83.5% (2024年度)
高齢者が安心して住み続けられる環境が整っていると感じる人の割合	31.4% (2019年度)	34.4% (2024年度)
スマートシティの推進に係るプロジェクトの利用者満足度	- % (2019年度)	47.2% (2024年度)

<選定理由>

KPI① 日常利用する交通手段が自家用車である人の割合

公共交通の利便性向上（MaaS等）や小型モビリティの実装など、交通弱者が利用できる自家用車以外の移動手段の整備状況を評価する指標として設定。

KPI② 高齢者が安心して住み続けられる環境が整っていると感じる人の割合

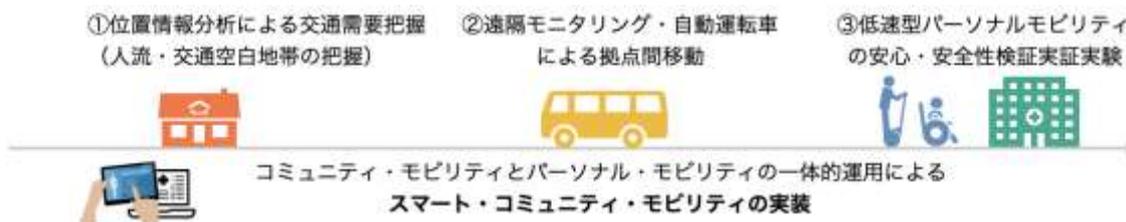
高齢者のまちづくりに対する評価の指標として設定。

KPI③ スマートシティの推進に係るプロジェクトの利用者満足度

人流・交通流データ等の活用、顔認証技術や小型モビリティ等の先端技術の社会実装などスマートシティの全体の取組みを住民目線で評価する指標として設定。

3 実証実験の位置づけ

交通・歩行弱者を含む人々の移動を促進し、自立した生活を支えるため、コミュニティバス、路線バスや乗合タクシーなどの地域交通（コミュニティ・モビリティ）と、歩行弱者も利用可能な低速型パーソナルモビリティを連結し、配車サービスのデータ連携による一体的な運用を通じ、ラストワンマイルの安心・安全な移動を含めた移動を提供する「スマート・コミュニティ・モビリティ」サービスの実現を目指し、本実証実験は、以下の3つの取組みによる「スマート・コミュニティ・モビリティ」サービスの実現可能性を検証する。



(1) 位置情報分析による交通需要の把握

- 実証実験を行う技術・サービスのロードマップ内の位置づけ

交通流の最適化や公共交通の利用促進、ラストワンマイルの安心・安全な移動手段の提供を実現するため、パーソナルモビリティ等の新たなモビリティを活用したスマートシティ実装が重要なアプローチとして考えられ、それらの最適な運行モデルを構築するための手段として交通の実態把握が必要となる。

- ロードマップの達成に向けた課題

位置情報分析において、時間あたりの移動量の大きさから、移動手段（自動車／電車／徒歩）の判別が可能となるが、自動車における移動種類（自家用車／バス／タクシー）の分類を行うためには各運行サービスの利用実績データの取得が必要となる。

- 課題解決に向けた本実証実験の意義・位置づけ

データ分析によるつくば市の交通空白地帯（公共交通機関と比較し自家用車の利用が多い居住エリア）にコミュニティ・モビリティ等の適切な移動手段を提供するスマートプランニングの実現を目指すために、本実証ではスマートフォンの位置データ（GPS データ）に公共交通の利用データを組み合わせた移動実態の分析を行い、スマートプランニングにおける利用可能性の検証を目的として実証実験を実施する。

(2) 遠隔モニタリングを備えた自動運転車による拠点間移動

- 実証実験を行う技術・サービスのロードマップ内の位置づけ

交通弱者の公共交通の利用促進や安全・安心な移動手段を確保し外出機会を促進するスマートシティの実装を目指し、車依存度が高い特性を持つつくば市において、自動運転技術やパーソナルモビリティ等を連結した新たな交通サービスを実現することにより、交通実態に合わせたスマートな公共交通の実装を目指す。

- ロードマップの達成に向けた課題

自動運転車の実装においては技術面のみでなく、どのような車両監視体制等を整備するか等の運用面における検討も必要となる。

- 課題解決に向けた本実証実験の意義・位置づけ

本実証では、遠隔モニタリングを搭載した自動運転車を実際に公道で走行、試乗を実施することで、つくば市での自動運転車の実用可能性を検証する。また、コミュニティバス等の地域交通と、歩行弱者も利用可能な低速型パーソナルモビリティを連結し、一体的な運用によってラストワンマイルの安心・安全な移動を含めた移動を提供する「スマート・コミュニティ・モビリティ」サービスの実証を行うものであり、将来の整備に向けた技術面及び運用面に関する課題の把握を目指す。

(3) パーソナルモビリティの安心・安全性の実証実験

- 実証実験を行う技術・サービスのロードマップ内の位置づけ

外出及び一人で買い物をするといった自立生活が妨げられる高齢者や障害者といった歩行弱者のため、コミュニティ・モビリティのバス停・タクシープールから公共・商業施設への移動手段として新しい低速型パーソナルモビリティを実装し、ラストワンマイルの充実を目指す。

- ロードマップの達成に向けた課題

低速型パーソナルモビリティにおける乗員の安全性に関する議論と比較し、街区における歩行や自転車で移動する一般の住民の安心性に関する検証は多くなく、低速型パーソナルモビリティが周囲の人々にとっても安心・安全かつ有効な移動手段であることを検証する必要がある。

- 課題解決に向けた本実証実験の意義・位置づけ

つくば市のモビリティロボット実証実験エリアやペDESTリアンデッキを活用し、異なるパーソナルモビリティでの検証により、乗員の立位・座位姿勢に応じて周囲人物流が異なることを確認するとともに、周囲歩行者視点における安心性を検証する。

4 実験計画

(1) 位置情報分析による交通需要の把握

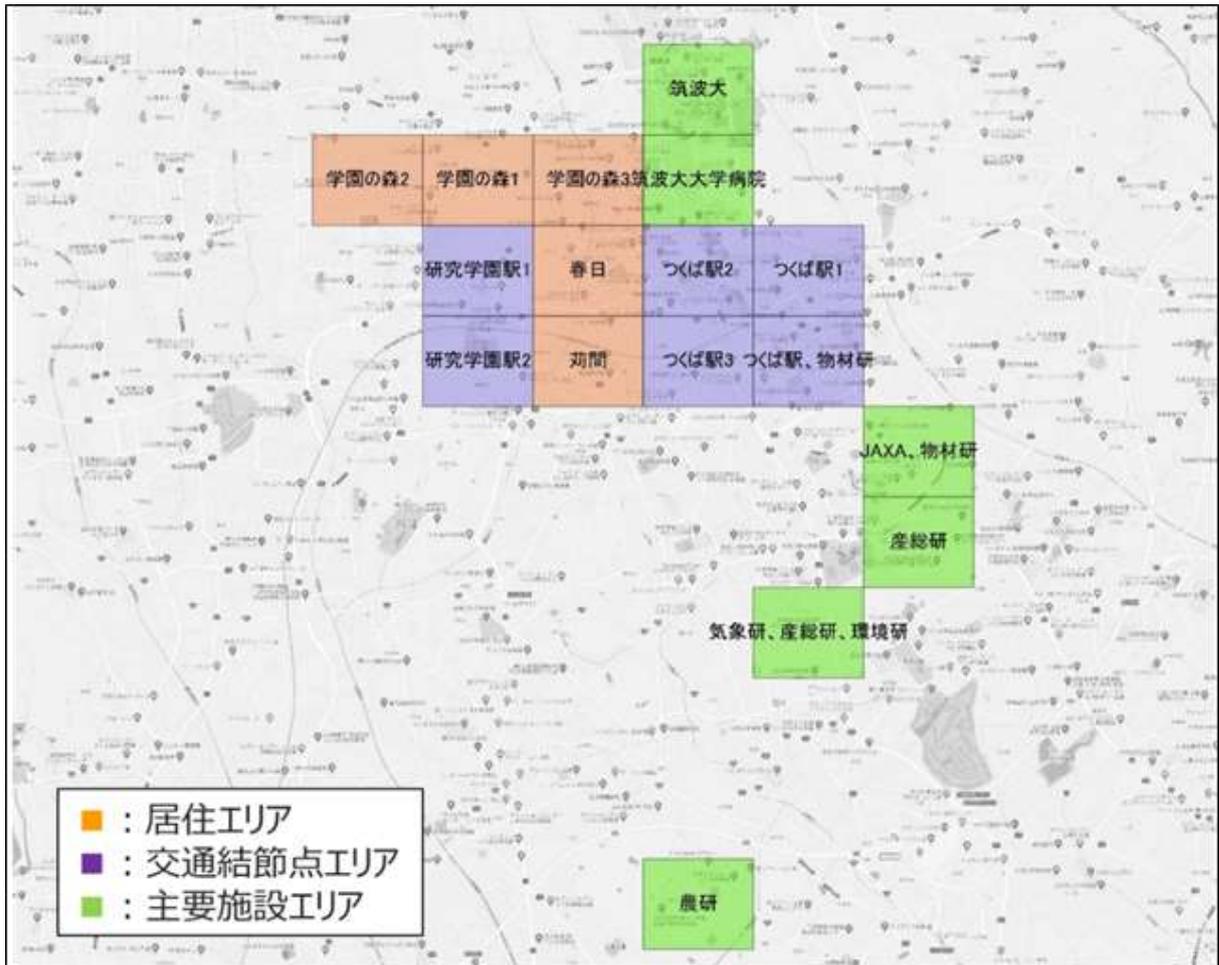
- 実験で実証したい仮説

つくば駅と周辺の居住エリアをつなぐ交通手段として、公共交通機関と比較し自家用車の利用が多い居住エリアを明らかにする。自家用車での移動が多いエリアは公共交通などの代替の移動手段が少ないエリアであると想定されるため、当該エリアに対して適切な移動手段（コミュニティ・モビリティ自動運転車等）を提供することが重要であることを明らかにする。

- 実験内容・方法

つくば市のコミュニティバス利用データ（つくバスにおける利用実績）、公共交通のバス利用データ（交通事業者における利用実績）及びスマートフォンの位置データ（GPS データ）を組み合わせることにより、交通手段別（自家用車／バス／徒歩）の推定移動人数を算出する。

調査エリアは、過去のパーソントリップ調査等において交通対策の重点エリアとしている居住エリア（5 エリア）、交通結節点となるつくば駅・研究学園駅エリア（6 エリア）、主要施設エリア（6 エリア）の合計 17 エリア（1 エリアあたり 1km 四方のメッシュ型）とする。



位置情報分析 調査エリア

また、分析の対象期間については新型コロナウイルスの感染拡大に伴う1回目の緊急事態宣言後となる「2020年10月1日から同年10月31日まで」の1ヶ月間の移動データを平日と休日、さらに時間帯として朝ピーク（6時から8時59分まで）、オフピーク（9時から15時59分まで）、夕ピーク（16時から18時59分まで）の3つに区分して分析を実施する。期間の選択においては、大学等の長期休暇の影響の少ない10月を選択した。

● 仮説の検証に向けた調査方法

KDDI 株式会社が市販するデータを含むモバイル位置データ及びつくばスマートシティ協議会に参画する交通事業者の協力によるバス利用データ〔コミュニティバス（つくバス）及び公共交通のバス利用データ〕を組み合わせ、つくば市の移動実態を可視化する。具体的には、特定エリアにおける出発地・目的地間の移動総量及び交通手段別の移動量をモバイル位置データから把握する。

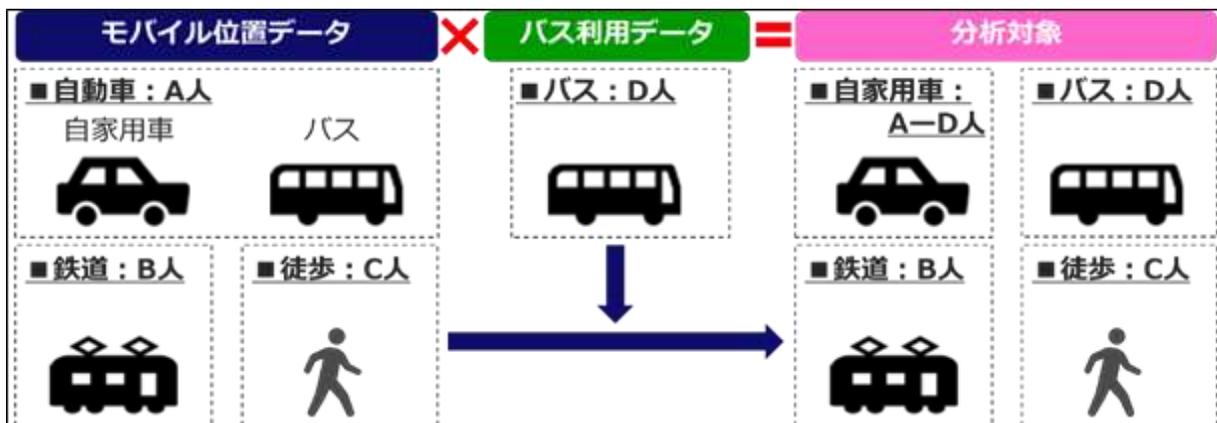
モバイル位置データは、高精度・高頻度の取得が可能な「GPS データ」と、多くのサンプル数を取得可能な「基地局データ」の2種類をそれぞれ組み合わせて取得する。なお、利用するデータについてはプライバシー保護のため個人が特定できないよう加工を施している。



	GPSデータ	基地局データ
位置情報の種類	高精度、高頻度GPSログ	基地局ログ
メッシュサイズ	125m～（来訪判定などは10m～） 10mメッシュ/赤エリア 施設に該当する範囲の厳密な指定により、宇宙センター来訪者の正確な抽出が可能	250m～ 500mメッシュ/赤エリア
データ頻度	最短数分～15分に1回 数十回以上のログを記録し移動経路を把握可能	1時間に1回 ログの記録回数は1～2回のみ移動経路の把握困難
サンプル数	数百万	数千万（*移動総量の把握に適している）

モバイル位置データの分類

また、移動分析の考え方として、自家用車の移動結果はモバイル位置データによって分析された自動車利用数から、実際のバス利用データを差し引くことによって算出を行う。なお、バス利用データは、ICカード実績データから分析に必要な最低限の項目を抽出・集計されたつくば市のコミュニティバス「つくバス」及び関東鉄道の利用実績であり、対象期間におけるバス停の乗降状況から分析を実施する。



自家用車・バスの考え方

(2) 遠隔モニタリングを備えた自動運転車による拠点間移動

- 実験で実証したい仮説

公共交通の利用促進に向けた運行サービスの充実に向けて、運転手不足への対応と歩行弱者の移動支援のため、自動運転車による拠点間移動と低速型パーソナルモビリティがシームレスに連携したラストワンマイルも含めた公共交通による移動を行うモデルケースの有効性を検証する。また、自動運転車に設置したカメラ映像の遠隔地への配信、移動中の見守り・サポートサービスを付加することにより、安全・安心なモビリティ手段を提供できることを検証する。

- 実験内容・方法

自動運転車と低速型パーソナルモビリティ（自動運転車椅子）を連結し、住宅地から最終目的地までを移動するモデルケースを検証する。



走行イメージ図

自動運転の走行ルートとして、過去の交通量調査結果や市民からの要望、後述する本実証で実施した位置情報による分析結果に鑑みて、居住エリアである「みどり公園」から筑波大学附属病院のルート（走行距離：約 2.4km）で自動運転車による走行を行う。

運行本数は 1 日 5 回（実証期間の全 2 日間で計 10 回の走行）実施し、自動運転レベル 2 で走行する。



走行ルート

なお、安全な走行のため、走行時は後続車 1 台を伴走させる。運行計画書の策定、ドライバーが介入するシチュエーションの策定や緊急時の連絡体制網の整理を実施する。また、新型コロナウイルス感染症対策として、換気実施と毎回の走行後に座席のアルコール消毒を徹底することで安全を確保する。

車両は自動運転用に車両改造を行った、トヨタ自動車社製の JPN タクシー（1台、車両サイズは全長 4,400mm、全幅 1,695mm、全高 2,276mm[ルーフトップユニット含む]）を使用する。



自動運転車両

遠隔モニタリングでは、車両に搭載したカメラから取得した映像を無線通信技術（4GLTE）により、別途設置した遠隔監視卓（縦 1,200mm、横 1,700mm、高さ 1,350mm[ディスプレイ装着時]）へ伝送する。



遠隔監視卓

本実証では、遠隔監視卓を到着地点である筑波大学附属病院内の会議室に設置し、有線 LAN からインターネットへ接続、車両から伝送された映像を受信し、ディスプレイへ投影することでモニタリングを行う。なお、遠隔監視卓は次世代通信技術（5G）を活用した自動運転車両の遠隔制御も可能な仕様となっているが、本実証においては 4GLTE を活用したモニタリングに限定し、遠隔制御は行わないものとする。

また、本実証ではタブレット端末を助手席の後ろに設置して車内にいる乗客の見守りが可能なコミュニケーション環境の整備を行うとともに、車両の位置情報を同期することでパーソナルモビリティへの乗換えサポートを円滑に実施できる環境を整備する。

さらに、到着地点である筑波大学附属病院のロータリーに待機している補助員が、見守りタブレット端末を介して得られる乗客の状況を把握し、到着後に速やかにパーソナルモビリティへ乗り換え可能な連携の実装を行う。



車内見守り用タブレット端末



パーソナルモビリティ

● 仮説の検証に向けた調査方法

公共交通の利用促進に向けた運行サービスの充実に向けて「スマート・コミュニティ・モビリティ」の評価や課題を乗車後のアンケート等を通して明確化する。

【アンケート調査票】

アンケート

1. ご乗車になった感想を教えてください。

2. ご乗車になって気になった点はございますか？
はい いいえ

3. 「はい」とお答えになった方に質問です。気になった点は具体的にどのような点ですか？

4. 自動運転、及びパーソナルモビリティについて安心、安全に関する満足度を教えてください。
(10段階)
5 6 7 8 9 10

5. あなたはスマート・コミュニティ・モビリティを使った移動サービスをご家族やご友人にお勧めしたいと思いますか？(10段階)
5 6 7 8 9 10

6. 上記の理由を教えてください。

7. 今回の実証実験では、自家用車による人の移動量が多い学園の森を出発地に設定いたしました。つくば市内のエリアにおいて、より移動サービスの拡充が必要と感じる地域がございましたら教えてください。(自由記述)

8. 次世代モビリティの社会実装に向けた期待や改善点がございましたら教えてください。(自由記述)

また、自動運転車に設置した高精度なカメラ映像を安定的に遠隔地に配信するため、走行ルートにおける通信環境を調査する。

(3) パーソナルモビリティの安心・安全性の実証実験

- 実験で実証したい仮説

バス停から公共・商業施設への移動等のラストワンマイルの移動手段としてパーソナルモビリティを社会実装するにあたり、パーソナルモビリティが周囲の人々にとっても安心・安全かつ有効な移動手段であることを明らかにする。

- 実験内容・方法

視聴覚・運動機能に障害のない乗員が操作するパーソナルモビリティ（車椅子1台、シルバーカー1台）を使用する。いずれも約15m～20m程度の実験区間1、実験区間2におけるペDESTリアンデッキ上で走行（時速6km以下）させ、パーソナルモビリティとすれ違う歩行者の動作を計測するとともに、すれ違い後、アンケート調査を行う。

使用するパーソナルモビリティの仕様

- サイズ、重量
 - ・ 全長：1.2 m 以下
 - ・ 全幅：0.75 m 以下
 - ・ 全高：1.2 以下
 - ・ 重量：60 kg 以下
- 走行速度
 - ・ 最高速度：6 km/h 以下



左図：車椅子
(WHILL 株式会社)



右図：シルバーカー
(スズキ株式会社)



パーソナルモビリティの実験区間

- 仮説の検証に向けた調査方法

アンケート調査については、パーソナルモビリティの信頼性（安全性）及び安心性に関する計 12 項目を 5 段階評価する聞き取り形式とする。

アンケート調査票を次頁に示す。

アンケート調査票（1枚目）

パーソナルモビリティに関するアンケート調査

Y/E

F/M

この乗り物（車椅子相当）の信頼性について、以下の問いに答えて下さい。

信頼性：そう思わない（否定側）1点 -- そう思う（肯定側）5点

1. 自分が歩いているとき、この乗り物を意識しましたか？

1 2 3 4 5
 — — — —

2. 自分が歩いているすぐ横をこの乗り物が通り抜けるとき、怖いと感じますか？

1 2 3 4 5
 — — — —

3. 自分が気をつけていれば、この乗り物との事故を回避できそうだと思いますか？

1 2 3 4 5
 — — — —

4. 歩行者である自分が、この乗り物とぶつかったとします。被害は大きいと思いますか？

1 2 3 4 5
 — — — —

5. 乗っている人はこの乗り物をうまく操縦できそうだと思いますか？

1 2 3 4 5
 — — — —

6. この乗り物は速そうだと思いますか？

1 2 3 4 5
 — — — —

7. この乗り物は予測できない動きをしそうだと思いますか？

1 2 3 4 5
 — — — —

アンケート調査票（2枚目）

この乗り物（車椅子相当）が以下のように走行するのであれば、その安心感は変化（向上）するかどうか、答えて下さい。

安心感： 1点（向上しない） -- 5点（向上する）

1. 歩道の端を走行する。

1 2 3 4 5
 — — — —

2. 歩道の幅に合わせて速度を制限する。

1 2 3 4 5
 — — — —

3. 常に歩行者以下の速度（6km/h以下）で移動する。

1 2 3 4 5
 — — — —

4. 歩行者より速く移動するが、歩行者に近づくと減速する。

1 2 3 4 5
 — — — —

5. 歩行者に近づくとアラーム音が鳴る。

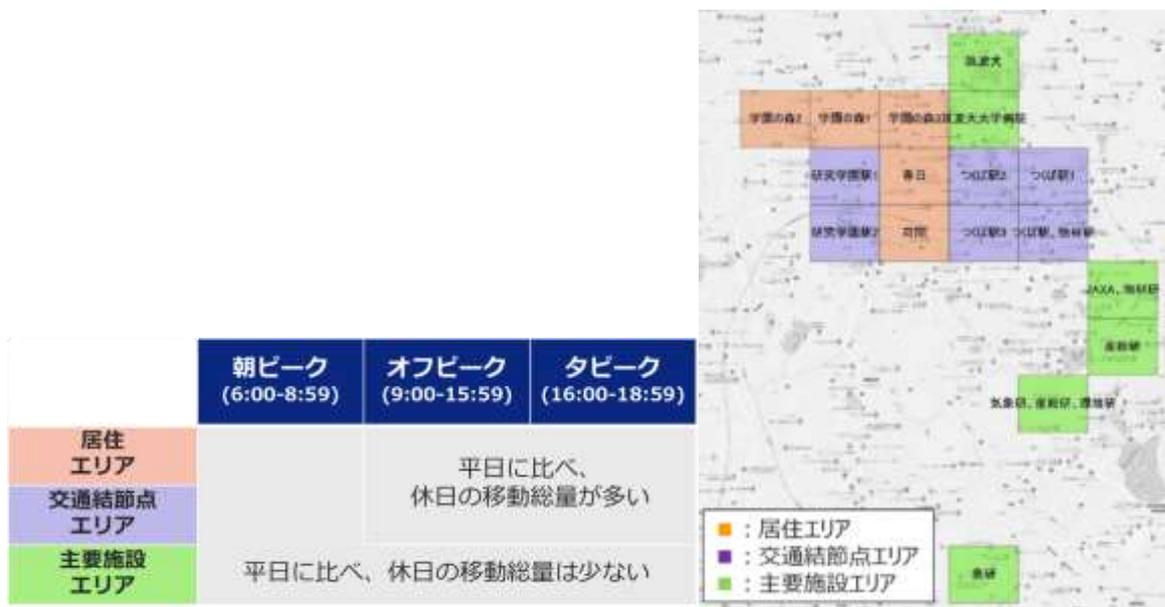
1 2 3 4 5
 — — — —

5 実験実施結果

(1) 位置情報分析による交通需要の把握

- 実験結果

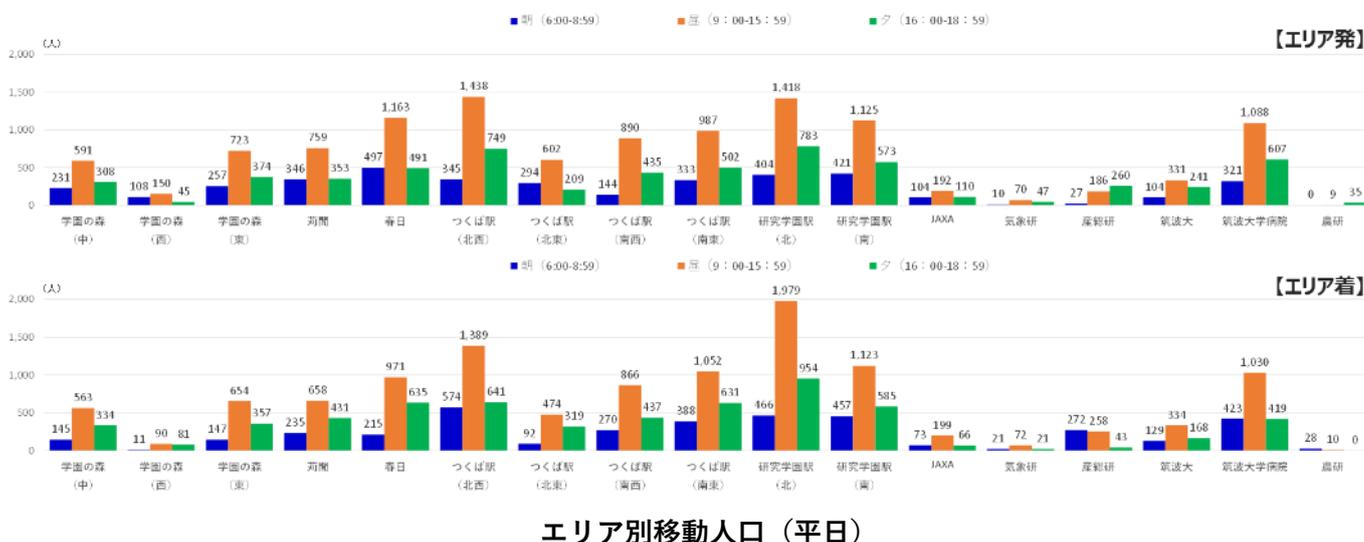
調査対象となる 17 エリア内を移動する人の移動量と交通手段別の移動実態の分析結果を行った。エリア毎の移動総量の平日・休日比較を行ったところ、全てのエリアにおいて一様に朝ピークは平日に比べて休日の移動総量が少ない一方、居住エリア及び交通結節エリアにおいてオフピーク及びタピークは平日に比べて休日の移動総量が多いことが分かった。また、移動手段については平日休日時間帯を問わず、どのエリアも一様に自家用車利用による移動が主となっている。



移動総量に係る平日休日比較

● 分析

エリア別移動人口の平日・休日詳細を以下の図で示す。平日の移動人口は「つくば駅（北西）」や「研究学園駅（北）」の駅周辺エリアを中心に移動量が多い傾向が見られた。また、発着別では、「研究学園駅（北）」は到着数が多く、主な目的地となっているエリアであることが考察される。



エリア別移動人口（平日）

単位：人/日

	学園の森 (中)	学園の森 (西)	学園の森 (東)	河間	春日	つくば駅 (北西)	つくば駅 (北東)	つくば駅 (南西)	つくば駅 (南東)	研究学園駅 (北)	研究学園駅 (南)	JAXA	気象研	産総研	筑波大	筑波大学病院	農研	
学園の森 (中)	128	0	29	0	5	0	40	12	6	74	33	0	0	0	0	0	32	0
学園の森 (西)	16	80	0	0	0	0	11	11	10	36	19	0	0	0	0	0	5	0
学園の森 (東)	24	0	132	0	28	0	55	8	15	20	14	0	0	17	18	58	0	0
河間	5	0	7	309	58	6	36	28	13	43	108	0	6	19	0	17	0	0
春日	21	0	23	70	279	7	121	20	30	55	50	6	0	23	10	56	5	0
つくば駅 (北東)	4	0	0	8	0	255	39	26	88	11	9	6	6	44	12	30	11	0
つくば駅 (北西)	9	0	30	11	45	13	287	27	43	25	18	6	0	27	14	77	0	0
つくば駅 (南西)	0	0	0	8	3	8	27	76	38	10	13	6	0	21	0	10	0	0
つくば駅 (南東)	6	0	5	0	8	33	54	43	362	18	16	27	9	53	7	42	12	0
研究学園駅 (北)	31	11	8	29	24	4	31	33	30	397	156	13	0	17	0	17	0	0
研究学園駅 (南)	20	0	7	100	26	0	25	36	26	154	466	0	0	16	0	11	0	0
JAXA	0	0	0	0	0	0	13	8	50	0	0	46	0	25	0	8	0	0
気象研	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	71	10	0	0	0	0	0
産総研	0	0	0	0	0	0	0	0	9	0	0	9	0	57	0	9	0	0
筑波大	0	0	8	0	0	6	25	0	0	5	9	0	0	0	161	51	0	0
筑波大学病院	9	0	30	9	18	15	97	18	30	15	12	0	0	0	68	406	0	0
農研	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	36	0

* ● : 80人以上、■ : 100人以上、■ : 200人以上、■ : エリア内

エリア間の時間帯別移動人口（平日朝ピーク）

単位：人/日

	宇都宮(中)	宇都宮(西)	宇都宮(東)	河間	春日	川口(北東)	川口(北西)	川口(南西)	川口(南東)	現代学館(北)	現代学館(南)	JAXA	気象研	産総研	筑波大	筑波大学病院	農研
宇都宮(中)	472	21	66	22	46	10	40	23	24	259	52	0	0	3	0	25	0
宇都宮(西)	23	166	7	0	5	0	3	6	8	73	21	0	0	0	0	4	0
宇都宮(東)	78	0	546	15	88	7	164	35	33	100	28	0	0	0	60	115	0
河間	22	0	17	863	120	8	44	74	31	215	196	0	7	6	0	19	0
春日	57	0	108	136	806	21	221	63	61	259	102	10	0	21	15	89	0
川口(北東)	9	0	11	12	27	562	82	62	200	41	14	14	7	29	19	75	0
川口(北西)	45	0	138	39	227	69	1,362	119	121	116	58	14	7	19	50	416	0
川口(南西)	26	0	23	78	56	60	115	653	270	91	53	15	14	24	8	52	5
川口(南東)	24	0	27	27	53	176	116	222	1,240	93	49	55	13	58	12	57	5
現代学館(北)	177	51	84	130	149	23	84	85	57	2,242	505	11	5	10	14	33	0
現代学館(南)	46	18	18	185	91	8	50	57	43	582	1,823	4	0	6	0	17	0
JAXA	0	0	0	0	11	7	7	12	68	9	0	358	7	68	0	3	0
気象研	5	0	0	0	8	3	3	17	18	9	0	268	7	0	0	0	0
産総研	0	0	0	0	5	8	13	15	37	12	3	76	12	560	0	5	0
筑波大	14	0	48	0	17	8	62	11	15	28	8	0	0	0	868	120	0
筑波大学病院	37	0	107	14	68	66	385	62	66	92	28	0	0	7	156	1,548	0
農研	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	6	0	0	0	0	288	0

* ■ : 160人以上、■ : 200人以上、■ : 400人以上、■ : エリア内

エリア間の時間帯別移動人口（平日オフピーク）

単位：人/日

	宇都宮(中)	宇都宮(西)	宇都宮(東)	河間	春日	川口(北東)	川口(北西)	川口(南西)	川口(南東)	現代学館(北)	現代学館(南)	JAXA	気象研	産総研	筑波大	筑波大学病院	農研
宇都宮(中)	187	13	28	10	30	8	23	12	11	139	29	0	0	0	0	5	0
宇都宮(西)	9	80	0	0	0	0	0	0	0	31	5	0	0	0	0	0	0
宇都宮(東)	50	3	245	7	45	5	70	18	27	62	13	0	0	0	25	49	0
河間	12	0	6	364	75	0	19	35	23	81	90	0	0	0	0	12	0
春日	24	0	46	73	426	10	95	26	28	91	51	0	0	0	10	37	0
川口(北東)	0	0	0	6	13	281	37	26	83	12	9	0	0	0	0	23	0
川口(北西)	34	5	79	34	139	45	508	59	80	66	38	8	0	3	31	128	0
川口(南西)	19	8	21	45	39	33	44	204	95	47	42	0	10	4	6	22	0
川口(南東)	12	0	20	26	38	98	58	86	569	52	31	26	6	10	10	29	0
現代学館(北)	93	35	43	84	107	24	47	39	40	1,013	230	0	0	4	14	23	0
現代学館(南)	27	9	15	109	55	6	22	26	29	255	699	0	0	0	6	14	0
JAXA	5	0	0	0	7	5	7	13	41	13	5	123	0	14	0	0	0
気象研	0	0	0	0	0	5	5	11	22	4	0	85	0	0	0	0	0
産総研	0	0	10	12	17	33	22	23	70	19	11	32	5	143	0	6	0
筑波大	15	0	32	0	16	8	38	13	16	23	9	0	0	0	272	71	0
筑波大学病院	34	8	57	25	54	35	149	44	54	51	22	0	0	8	66	601	0
農研	0	0	0	0	0	4	5	6	12	8	0	0	0	0	0	0	57

** ■ : 80人以上、■ : 100人以上、■ : 200人以上、■ : エリア内

エリア間の時間帯別移動人口（平日タピーク）

また、休日の移動人口については、発着ともにつくば駅（南東）が最も多い状況

であった。



エリア間移動人口（休日）

単位：人/日

	学園の森 (中)	学園の森 (西)	学園の森 (東)	刈間	春日	つくば駅 (北東)	つくば駅 (北西)	つくば駅 (南西)	つくば駅 (南東)	研光学園駅 (北)	研光学園駅 (南)	JAXA	気象研	産総研	筑波大	筑波大学病院	農研
学園の森 (中)	673	30	91	16	59	21	29	47	36	403	82	0	0	0	16	26	0
学園の森 (西)	38	281	0	0	0	0	0	0	0	125	10	0	0	0	0	0	0
学園の森 (東)	134	0	573	23	109	0	108	38	39	185	41	0	0	0	28	64	0
刈間	37	0	20	969	195	15	51	78	47	291	269	0	0	0	0	21	0
春日	74	0	151	177	1,237	23	243	127	81	453	136	0	0	0	0	51	0
つくば駅 (北東)	27	0	8	19	57	828	97	102	283	70	23	0	0	10	0	61	0
つくば駅 (北西)	53	0	77	55	265	78	1,054	118	163	165	55	0	0	0	32	168	0
つくば駅 (南西)	47	0	41	98	103	91	124	420	220	158	70	9	12	24	0	25	0
つくば駅 (南東)	48	0	38	44	91	204	157	233	1,448	141	52	57	17	33	0	36	0
研光学園駅 (北)	291	64	152	130	196	15	103	142	105	3,167	542	0	0	13	29	23	0
研光学園駅 (南)	76	0	37	224	156	9	34	77	48	709	1,358	0	0	0	0	14	0
JAXA	0	0	0	0	0	10	0	19	72	28	0	159	0	18	0	0	0
気象研	15	0	0	0	18	0	0	19	16	21	0	221	0	0	0	0	0
産総研	0	0	0	0	0	0	0	35	29	12	0	12	0	191	0	0	0
筑波大	23	0	25	0	29	0	46	23	18	54	17	0	0	0	633	83	0
筑波大学病院	33	0	76	19	71	38	190	57	42	75	36	0	0	0	107	1,008	0
農研	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	81

* ■ : 160人以上、■ : 200人以上、■ : 400人以上、■ : エリア内

エリア間の時間帯別移動人口（休日朝ピーク）

単位：人/日

	学園の森（中）	学園の森（西）	学園の森（東）	刈間	春日	つくば駅（北東）	つくば駅（北西）	つくば駅（南西）	つくば駅（南東）	研究所（北）	研究所（南）	JAXA	気象研	産総研	筑波大	筑波大学院	農研
学園の森（中）	133	0	18	0	0	0	0	0	0	67	19	0	0	0	0	0	0
学園の森（西）	17	108	0	0	0	0	0	0	0	26	0	0	0	0	0	0	0
学園の森（東）	37	0	119	0	24	0	32	0	12	24	0	0	0	0	0	24	0
刈間	11	0	0	388	61	0	15	22	0	34	133	0	0	0	0	0	0
春日	13	0	28	53	303	0	65	13	29	45	29	0	0	0	0	0	17
つくば駅（北東）	0	0	0	0	0	345	34	13	58	0	0	0	0	0	0	0	15
つくば駅（北西）	0	0	22	0	49	14	258	18	18	16	0	0	0	0	0	42	0
つくば駅（南西）	0	0	0	0	0	17	16	77	34	0	13	0	0	0	0	0	0
つくば駅（南東）	9	0	0	0	0	37	23	40	421	11	0	14	0	0	0	0	0
研究所（北）	30	14	0	13	21	0	0	0	8	438	138	0	0	0	0	0	17
研究所（南）	16	0	0	154	20	0	12	0	13	165	542	0	0	0	0	0	0
JAXA	0	0	0	0	0	0	0	0	48	0	0	50	0	0	0	0	0
気象研	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	54	0	0	0	0
産総研	0	0	0	0	0	0	0	0	9	0	0	0	0	58	0	0	0
筑波大	0	0	0	0	0	0	18	0	0	0	0	0	0	0	188	77	0
筑波大学院	15	0	16	0	0	15	54	0	17	15	0	0	0	0	39	372	0
農研	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	27

* ■：80人以上、■：100人以上、■：200人以上、■：エリア内

エリア間の時間帯別移動人口（休日オフピーク）

単位：人/日

	学園の森（中）	学園の森（西）	学園の森（東）	刈間	春日	つくば駅（北東）	つくば駅（北西）	つくば駅（南西）	つくば駅（南東）	研究所（北）	研究所（南）	JAXA	気象研	産総研	筑波大	筑波大学院	農研
学園の森（中）	276	25	44	16	30	0	28	26	15	222	50	0	0	0	0	0	16
学園の森（西）	15	128	0	0	0	0	0	0	0	52	0	0	0	0	0	0	0
学園の森（東）	62	0	312	11	57	0	71	16	24	90	15	0	0	0	19	31	0
刈間	0	0	16	458	100	0	24	51	37	141	124	0	0	0	0	0	0
春日	31	0	59	111	593	26	114	46	53	216	106	0	0	0	13	32	0
つくば駅（北東）	0	0	0	0	22	393	45	38	104	13	0	0	0	0	0	29	0
つくば駅（北西）	21	0	42	29	155	38	455	57	69	87	21	0	0	0	15	102	0
つくば駅（南西）	21	0	20	65	54	35	66	195	124	87	46	0	0	17	0	21	0
つくば駅（南東）	15	0	0	27	39	97	55	120	671	66	29	34	12	18	0	27	0
研究所（北）	138	41	89	125	162	17	59	112	78	1,695	350	0	0	0	23	33	0
研究所（南）	34	0	9	117	74	0	24	30	24	327	751	0	0	0	0	0	0
JAXA	0	0	0	0	0	0	0	0	23	0	0	79	0	0	0	0	0
気象研	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	101	0	0	0	0
産総研	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	78	0	0	0
筑波大	0	0	19	0	17	0	15	0	21	25	0	0	0	0	226	61	0
筑波大学院	17	0	31	0	53	26	93	27	35	44	18	0	0	0	52	495	0
農研	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	47

* ■：80人以上、■：100人以上、■：200人以上、■：エリア内

エリア間の時間帯別移動人口（休日タピーク）

● 考察

位置情報分析の結果、各エリア間の移動量を可視化でき、平日休日ともにつくば駅・研究学園駅の周辺エリアにおける移動量が多いことが考察される。移動手段として自家用車利用が多いことが実態として分かるが、混雑する箇所、時間帯及び出発地等詳細を分析することで混雑しにくい経路、時間帯及び移動需要の大きい地域を把握できる。そこを活用できる AI オンデマンドバス等住民の利便性の向上に資する公共交通を走行させることで自動車からの利用移行を促し、公共交通利用の拡大に効果をもたらすと考えられる。

今回の実証実験において自動運転車の走行ルートを検討するにあたり、筑波大学附属病院の平日移動人口の多さに着目し、平日朝ピークにおける居住エリアと筑波大学附属病院の移動状況を分析した結果を以下の図で示す。



居住エリアの移動状況 (平日朝ピーク)

筑波大学附属病院との移動割合が多い居住エリアとして「学園の森（東）」が該当することが分かり、他のエリアと同様に自家用車での移動が主となっていることが分かった。

以上のことから、自家用車利用を主とした「学園の森（東）」エリアから実際に移動量が多い筑波大学附属病院までの走行ルートを対象として自動運転車の走行を計画することにより、住民の利便性の向上につながる可能性が分かり、公共交通の利用実績データ及びモバイル位置データを基にした位置情報分析を恒常的に活用することで需要予測ができ、分析、データに基づいて適切な移動手段を適用するスマートプランニングへの利用可能性が検証された。

- 技術の実装可能な時期、実装に向けて残された課題

つくば市の交通空白地帯をコミュニティ・モビリティの整備により適切な移動手段を提供するスマートプランニングの実現には、限定的なエリアを短期間で調査するのではなく、中・長期的な計画が必要と考える。つくば市の課題についてバス利用データやモバイル位置データを活用し利用実態を把握し、どの道がどの時間帯に混雑するか等具体的に可視化を行い、実態を踏まえた課題解決の為の施策を検討することで、公共交通のルート変更やダイヤ改正、デマンド交通の活用等の具体的施策を検討・実施し、課題解決につながっているか検証を行う PDCA を中・長期的に

回すことで適切な具体的施策を適切なタイミングで行うことができる。今回は、17 エリア内の分析を実施したが、さらに効果的な施策を検討するためにはつくば市全域の分析とともに、1km メッシュより細分化したエリアでの分析が必要となる。同様に、本実証では「2020 年 10 月 1 日から同年 10 月 31 日まで」の 1 ヶ月間の分析を実施したが、より長い期間での分析が必要となる。

将来的なスマートシティの実現及び医療 MaaS 等の社会実装に向けた具体的なエリアの移動データ実装化に向けては、継続的に公共交通の情報を取得し、モバイル位置データと組み合わせて分析する仕組みやデータ連携基盤（プラットフォーム等）の作成・整備が課題となる。

2030 年頃のありたき未来を先行実現するスーパーシティ型国家戦略特区に係るつくば市の構想「つくばスーパーサイエンスシティ構想」においても、先端的サービスとして、スマート・コミュニティ・モビリティを位置付け、高齢者や障害者等の移動弱者の外出促進や自家用車依存からの脱却を目指し、パーソナルモビリティの社会実装などラスト・ファーストワンマイルをカバーする交通網の高度化とそれらを最適に組み合わせ利便性をさらに高める革新的な MaaS の検討を進めることとしている。このため、本実証による位置情報分析結果を踏まえたより有用性のある位置情報の規格化と、その規格に基づいたサービス提供前後の状況をスナップショット的に切り取り、本協議会のモビリティ分科会で評価したうえで、データをつくば

市に適宜共有し、スマート・コミュニティ・モビリティのPDCAサイクルを回していく。

(2) 遠隔モニタリングを備えた自動運転車による拠点間移動

● 実験結果

つくば市の移動実態に合わせた自動運転走行を行い、パーソナルモビリティと連結した運用による安全・安心な拠点間移動の実現可能性についてアンケート調査を行い、満足度や今後の実装に向けた課題の検討項目についてヒアリングを行った。

自動運転走行実験概要

実験日時：令和3年2月27日（土）、28日（日）の2日間

①10：00～、②11：00～、③13：00～、④14：00～、⑤15：00～

各日計5回2名ずつ乗車で実験

対象者：夫婦（年代別）等の実際に利用が想定される層をモニターで実施

（有効回答数16名）

アンケート結果について、移動体験に関する安全・安心に関する満足度を伺ったところ、推奨者（8以上）が4名（全回答数の25%）と高い評価が得られた。また、NPS評価（Net Promoter Score：ネットプロモータースコア）においては、75.0（100から▲100のスコアリング）の高い評価が得られた。

● 分析

利用者へのアンケート調査の結果、自動運転車両のスムーズな運転技術による快適性や周囲の車両に合わせた速度で移動できることに対する前向きな評価が最も多く得られた。また、スマート・コミュニティ・モビリティを使った移動サービスが有用であるとの評価が得られた。

<自動運転及びパーソナルモビリティについて安心、安全に関する満足度を教えてください。> (10段階評価、有効回答数：16名)

⑤－1名 ⑦－4名 ⑧－7名 ⑨－3名 ⑩－1名

<スマート・コミュニティ・モビリティを使った移動サービスをご家族やご友人にお勧めしたいと思いますか。> (10段階、有効回答数：16名)

⑤－1名 ⑦－2名 ⑧－4名 ⑨－4名 ⑩－5名

また、自動運転車の利用にあたって気になった点についてヒアリングを行ったところ、ブレーキの強さや、直進時の加減速が見られたことに対する回答があった。

次頁にアンケートへの回答（原文）を示す。

走行ルートにおける通信環境について、4GLTE 環境においても走行時の映像が途切れることなく安定して遠隔監視卓に伝送されていることを確認した。

ご乗車になった感想を教えてください。

- ・ 安心して乗れた。
- ・ 思ったよりスムーズな運転だった。
- ・ 想像以上にスムーズでびっくりした。いわれなければ自動運転と気付かないと思った。
- ・ レベル2でここまで来ていることに感銘を受けた。
- ・ 楽しかった。思ったよりスムーズだった。
- ・ 普通の運転すぎて驚いた。
- ・ お天気に恵まれ、気持ちよく乗車できた。
- ・ 自動運転車が実際に走っているのに感動した。
- ・ 安心して乗れる。将来の自動運転車が楽しみになった。
- ・ テレビで観ていたような未来が目の前に動いている感動があった。
- ・ スムーズな発進・停止だった。アクセルワークが良い感じ
- ・ 予想よりもスムーズな乗り心地で満足した。
- ・ 素晴らしい自動運転。スムーズだった。
- ・ 非常にスムーズな運行だった。スピードも速くて驚いた。

あなたはスマート・コミュニティ・モビリティを使った移動サービスをご家族やご友人にお勧めしたいと思いませんか？(10段階)

上記の理由を教えてください。

- ・ やはり自分で運転できない時代に向けてトライすべき技術だと思います。(7)
- ・ 安心感を体験すれば普及していくと思います。(8)
- ・ 他の交通の突発的な動作に自動運転が対応できるか不安である。(5)
- ・ 他人に勧めるにはまだ責任を持ってないから。(8)
- ・ 実用性を感じる。(9)
- ・ 想像以上のクオリティ。ニーズがあると思う。(9)
- ・ 認知機能の衰えた高齢者には必要と思う。(10)
- ・ 完成度が上がっているし、実用化に向けて頑張ってもらいたい。(9)
- ・ 他のエリア（人混み多め、道路脇の自転車）も乗ってみたいとわからないから。
自動運転技術は高齢者や車の運転が苦手な人にとって希望の星。(9)
- ・ 十分に安定しているが、新しいからこそ細かいところまで気になるところがある。(7)
- ・ 足の不自由な方はとても便利だと思うから。(8)
- ・ 未来を感じられるから (10)
- ・ 人手不足の解消 (10)
- ・ 高齢者、障害者等には非常に便利 (10)

(注記) 理由の記載がなかった利用者が2名いたため、回答数は14となっている。

- 考察

居住エリアと施設をつなぐ自動運転車を走行し、パーソナルモビリティと連携した統合サービスの実装可能性について、アンケート結果から「安心して乗車でき、他の人にも薦めたい。」と思った利用者が多く、つくば市の住民に受け入れられる可能性が高いことがわかった。アンケートにおいて安全・安心面での高い評価が得られたことについては、自動運転車両の走行技術に加えて、車内見守りによるコミュニケーション環境を整備したことが、乗客の不安解消に一定の効果があったと考えられる。

- 技術の実装可能な時期、実装に向けて残された課題

運用面において、安全性の維持のために出発地に2名、到着地に1名の常時補助員を配備して実施し、人の介助での乗り換えによってモビリティ同士が連携されている状況であったが、社会実装に向けての課題として、補助員がいなくても実装可能なシームレス化を行い、パーソナルモビリティが自動で連動して到着地点に配車されるような仕組みを整備（システム化）する必要がある。また、専用レーン等の道路環境の整備といった、パーソナルモビリティとの連動に適した環境整備についても今後検討が必要である。

スマート・コミュニティ・モビリティの実装について、本実証では筑波大学附属病院への拠点間移動を実施したが、移動を要するユースケースについてつくば市の

交通課題と合わせてより具体的に検討することで、持続可能な社会実装につなげていく必要がある。移動に関するつくば市の問題としては、都市と郊外の二極が挙げられる。つくば市は、茨城県で最も可住地面積が広く、道路総延長も約 3,700 kmに及び県内一位となっている。つくばエクスプレス沿線には、子育て世代を中心に若年層の流入が進み、大型のショッピングセンターや医療機関が集積している。市内中心部には生活に必要な都市機能が備わっている一方、郊外では少子高齢化が著しく進展し、さらには、スーパーの撤退など過疎化が進んでいる。すなわち、高齢者にとっては、買い物や医療機関受診のために長距離を運転せざるを得ない状況にあると言える。このような状況で、つくば市では、最上位計画である「つくば市未来構想」において、郊外と中心地区を公共交通で結ぶ「ハブアンドスポーク構想」を提唱し、コミュニティバスやデマンドタクシーなどの導入を進めてきたところである。しかしながら、市内の交通分担率や高齢者の免許返納数に大幅な変化が見られないことを踏まえると、住民の多くが公共交通よりも自家用車の方に利便性を感じているものと推察される。市民の行動変容につなげる手段がなかなか見いだせない中、つくば市が進める「つくばスーパーサイエンスシティ構想」においても、先端的服务として、スマート・コミュニティ・モビリティを位置付けている。パーソナルモビリティの社会実装などラスト・ファーストワンマイルをカバーする交通網の高度化とそれらを最適に組み合わせて利便性をさらに高める革新的な MaaS の

検討を進めることとしており、市の抱える問題を抜本的に解決するゲームチェンジャーとして期待されているところである。そのため、本協議会は、つくば市と連携し、本事業で得られた成果を当該先端的サービスに取り入れ、規制改革と一体的に推進することで、自家用車の利便性を超える新たな移動手段の確立を目指していく。

また、完全自動運転の実現のためには、技術面においては、より大容量、低遅延性のある通信基盤が必要になるため、これらを考慮した自動運転の走行環境の整備を今後行っていく必要がある。

(3) パーソナルモビリティの安心・安全性の実証実験

- 実験結果

ペDESTリアンデッキ上を走行するパーソナルモビリティと、すれ違う約 100 名の歩行者の動作を計測するとともに、そのうち歩行者 70 名に対してアンケート調査を行った。

パーソナルモビリティの安心性・安全性検証概要

実験日時：令和 3 年 8 月 2 日 8 時～12 時、15 時～18 時

天気：晴れ

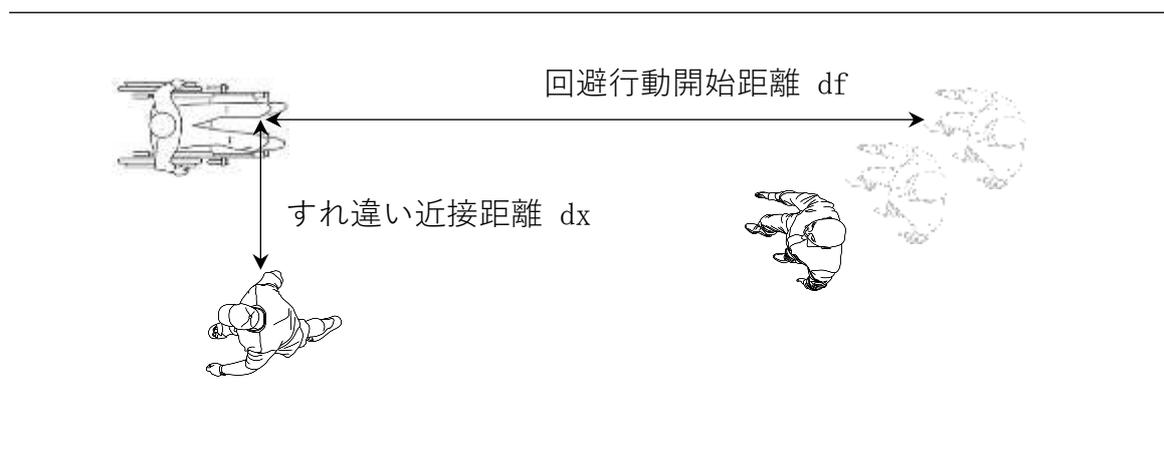
平均気温：25.3°C、最高気温：35.0°C

ペDESTリアンの幅員：約 5 m



パーソナルモビリティ検証の様子（つくば市ペDESTリアンデッキ）

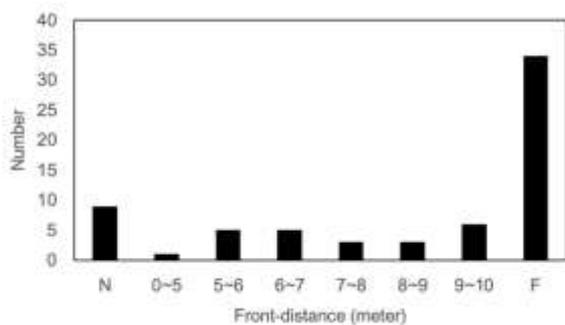
各パーソナルモビリティは、10 m以上離れた所定の位置から、時速6 kmの速度で直進走行を始める。これに対し、歩行者がモビリティの経路から離れるように自身の経路を変更する様子を確認する。以下の図に示す通り、モビリティの直進方向から経路を変更し始めた際の距離を回避行動開始距離として、 df とする。なお、5 m以内になるまで経路を変更しない場合は、安全に留意するためにモビリティ側で経路を変更し、歩行者を避けるようにする。また、上記いずれの場合においても、モビリティ側方からどの程度の距離ですれ違い行動を行っているかについて確認する。この距離をすれ違い近接距離 dx として、分布を求める。なお、乗員の両脚の間に備えたセンサの位置をモビリティの基準となる原点とする。



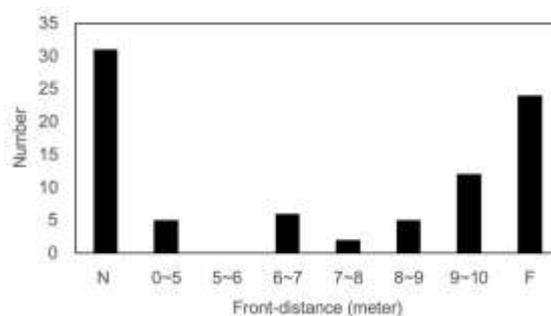
回避行動開始距離とすれ違い近接距離の定義について

● 分析

各パーソナルモビリティ（車椅子1台、シルバーカー1台）において、以下の通りの分析を行った。



シルバーカー

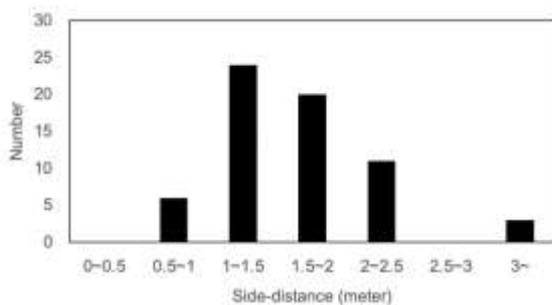


電動車椅子

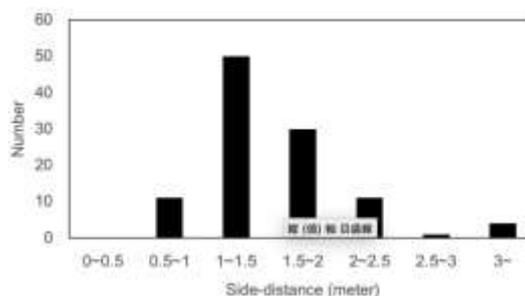
シルバーカー(左)と電動車椅子(右)に対する回避行動開始距離 (df) (n=67, 84)

F: 対向歩行者は、10 m以上の距離で進行方向を変化させ、回避行動を取った。

N: 対向歩行者は、明示的には進行方向を変えなかったため、5 m以内の範囲にてモビリティ側で進行方向を変化させた。



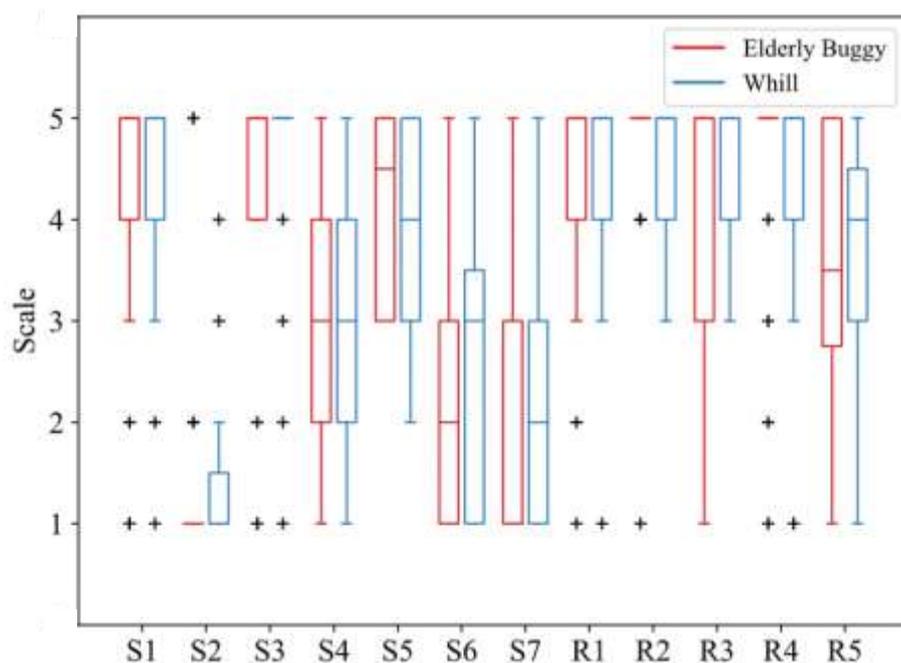
シルバーカー



電動車椅子

シルバーカー(左)と電動車椅子(右)に対する側方通過近接距離 (dx) (n=46, 105)

アンケート調査は、信頼性と安心感の2つの観点から実施した。



信頼性・安心感に関するアンケート調査の結果（横軸は質問項目）

1) 信頼感について

ほぼ全ての歩行者は、自分が歩いているとき、この乗り物を意識しており、自分が歩いているすぐ横をこの乗り物が通り抜けるとしても、怖いと感じていないという結果が得られた。また、自身が気をつけていれば、この乗り物との事故を回避できそうだと判断している。なお、本アンケートを取得した年代によっても、その差は大きくなかった。

その一方、モビリティの認知については問題がなかったが、この乗り物と衝突

する場面での被害予想、およびモビリティの動作の予測可能性については、個人差が大きいことが明らかになった。

2) 安心感について

安心感については、以下の4項目について、歩行者からの評価が高かった。

R1.歩道の端を走行する。

R2.歩道の幅に合わせて速度を制限する。

R4.歩行者より速く移動するが、歩行者に近づくと減速する。

一方、以下の項目については、一定の評価はあるものの、評価が高いとはいえない結果となった。

R3.常に歩行者以下の速度（6km/h以下）で移動する。

R5.歩行者に近づくとアラーム音が鳴る。

● 考察

回避行動開始距離（df）については、シルバーカーと電動車椅子と比較から明確な差があることから、歩行者による認知が異なることが想定される。信頼性については、歩行者はすれ違いの際に十分にモビリティを意識していること、またそれを

怖いと感じていないという結果が得られている。シルバーカー、電動車椅子のいずれも一般的なモビリティであり、4つの車輪があることから安定性は認識されると想定される。これより、「車椅子であれば自分から避けない」「車椅子側が避けるであろう」「シルバーカーは、予め避ける」といった行動原理によっていることから、このようなモビリティに対する認知の差が回避行動開始距離の差にあらわれていると考えている。

一方、側方通過近接距離（dx）については、電動車椅子の方が近接距離を通過しているという結果が得られた。この1~1.5mは、モビリティの中心から歩行者の最も近接している点までの距離であることを鑑みてみても、元々の想定より短かった。

信頼感に関するアンケート調査については、概ね想定通りの結果が得られた。幅広い年代の対象者より、すれ違う際に乗り物を意識していること、怖いと感じていないという結果が得られた。これより、乗り物との事故を回避できそうであるという対象だと判断されたといえる。

しかしながら、モビリティと衝突する場面での被害予想に個人差が大きいことが明らかになった。これは、今回の実験においては十分な数が得られなかったため、統計的に有意な議論はできないが、高齢者や子連れといった回避行動が難しい方が想定される。

また、安心感については、一般的な指標である端の走行、速度制限により、安心感が向上するという結果が得られている。なお、「歩行者より速く移動するが、歩行者に近づくと減速する」という点の評価が高かった。常に歩行者以下の速度（6km/h以下）で移動する、という点の評価が高くならなかったことから、歩行者が周囲にいない場合には、速く動作することについて、一定の社会的受容性があるものと想定される。

- 技術の実装可能な時期、実装に向けて残された課題

パーソナルモビリティについては、着座して移動する形態である車椅子・シルバーカーでの検証を行った。小児から高齢者まで多くの対象で検証を行うことができたため、一般的な評価が可能な結果が得られたと考えている。幅員が5m程度であったが、定量的なデータにより1~1.5mの近接距離ですれ違うところを見ると、より狭い幅員（3mなど）においても同様の結果が得られることが想定される。その一方、歩行者は概ね1名もしくは2名のグループに対する検証であったため、親子連れや集団行動（複数人による行動）に対する検証が限られているため、より多様な住民に対する調査を行うことが望ましい。

今回の提案であるスマート・コミュニティ・モビリティは、バス停等からのラストワンマイルをパーソナルモビリティで移動し、屋内外をシームレスに移動するこ

とができることから、つくば医療 MaaS として、筑波大学附属病院との連携のもと、社会実装に向けて活動を続けていく。

なお、先述したように、つくば市では、「つくばスーパーサイエンスシティ構想」を掲げ、スマート・コミュニティ・モビリティを先端的サービスとして実装していくこととしている。具体的には、つくば市が抱える都市と郊外の二極化を是正するために、ラスト・ファーストワンマイルもカバーした高齢者や障害者にもやさしいユニバーサルな交通網の高度化と、それらをサイバー空間上で結合し、シームレスな移動手段として提供することで、市民の自家用車依存からの脱却につなげる行動変容を促していく。また、パーソナルモビリティに係る先端的サービスとして、自動走行機能を有するパーソナルモビリティによるシェアリングサービスを実装していくこととしている。本協議会では、つくば市の「つくばスーパーサイエンスシティ構想」と連携して規制改革と一体的に推進し、本事業の成果を当該先端的サービスの実装に役立てていく。

6 横展開に向けた一般化した成果

(1) 位置情報分析による交通需要の把握

本実証において、調査対象となる 17 エリア内を移動する人の移動量と交通手段別の移動実態の分析調査を行った。本調査は携帯電話の位置情報をもととする市販のデータを用いているため、つくば市と同程度以上の規模を持つ都市においては、同様の分析として横展開を行うことが可能である。

持続可能性の観点からは、データや分析費用を賄うための収益の捻出が必要となる。また、役割、体制の観点からは、バス会社などの地域の交通事業者の協力などにより位置情報のデータを補足するデータの提供を協力いただくことにより、精度向上につながる。

(2) 遠隔モニタリングを備えた自動運転車による拠点間移動

移動体験に関する安全・安心に関する満足度を伺ったところ、推奨者（8 以上）が 4 名（全回答数の 25%）と高い評価が得られた。また、NPS 評価においては、75.0（100 から▲100 のスコアリング）の高い評価が得られた。つくば市と同じように自動車による移動が多い地域においては、同様の結果が得られる可能性が予想される。持続可能性の観点からは、自動運転車の運行を行うための費用について、サービス提供による収益若しくは市町村の支援により維持可能かを見極める必要がある

る。また、役割、体制の観点からはバス会社などの地域の交通事業者に運行管理の役割を協力いただくことで、既存の交通とのすみ分けなどスムーズな運行が可能となる。

(3) パーソナルモビリティの安心・安全性の実証実験

今回行ったパーソナルモビリティの実験は、病院入口から受付部までの検証及びペDESTリアンデッキでの検証を行った。バス・タクシー等とパーソナルモビリティを連結させる試みは、実験参加者から一定の評価を得たものと考えられる。これらは、介護福祉施設や、公共施設にも横展開することが可能であるため、高齢者を含む交通弱者に対する移動手段を提供するための取り組みに横展開可能であると考えられる。

7 まちづくりと連携して整備することが効果的な提案

(1) スマートシティの取組みを整備に活用することが効果的な設備

高齢者や障がい者等の交通弱者を含む誰もがより安全・安心して移動することができるスマート・コミュニティ・モビリティをすすめるにあたり、拠点間の移動を自動運転で実施するためには車両側の自動運転機能が実用化されることと同時に、自動運転精度を高度化するためのセンシング機能など、インフラ側が備えるべき機能の検討も必要である。具体的には、信号機に信号情報の発信機能を備え、自動発信、自動停止といった車両側の自動制御機能との連携を図る、街路灯などにセンシング機能を設け、周囲の混雑状況、路面状況などの環境情報を車両側へ送信する、安全な道路空間のためのインフラ側の高度化が考えられる。

また、つくば市の中心市街地には、パーソナルモビリティの利用に適した総延長約48kmのペDESTリアンデッキ（歩行者自転車専用道路）があり、施設内での利用だけでなく、公道（屋外）での利用も可能である。パーソナルモビリティの利用が普及すると、中心市街地の回遊性が高まり、賑わいが創出されることが期待され、また、中心市街地内の移動が自家用車からパーソナルモビリティに転換することで渋滞緩和も期待される。パーソナルモビリティを普及させるためには、個人所有だけでなくシェアリングサービスを提供することが効果的であり、周辺部の居住者や来訪者も中心市街地の移動手段として利用できるようになるためには、シェア

リングステーションやパーソナルモビリティを充電できる設備の設置が必要である。それらをすすめることにより、つくば市が「スーパーシティ」構想で提案している自動走行機能を有するパーソナルモビリティのシェアリングサービス、バスやタクシーの運行情報とのデータ連携によるパーソナルモビリティの連動配車サービス等と連携していく。

データ活用の観点においては、市販されているスマートフォンの位置情報データ及び性年代属性データ等を組み合わせることで目的地への来訪者の人流分析を行い、継続的に運行サービスの需要分析を行うスマートプランニングが重要である。これらの分析データは人流情報の基礎データとして運行サービスの提供地域の検討として利用すると共に、まちづくりや公共交通の見直し等に利用が見込めるものとなる。スマートシティの実現に向けては、人流情報の基礎データを継続的に取得し、いつでも活用可能とするデータ連携基盤（プラットフォーム）の整備が有用である。

(2) 設備の管理、運用にかかる留意点

前述の自動運転やパーソナルモビリティを普及させるにあたっては、例えば信号情報の発信やセンシングした環境情報を発信する際の仕様等、各種仕様の標準化が必要である。また、インフラ等の設置費用、維持管理に係るランニングコストの行

政側の負担やマネタイズの仕組みなど解決すべき課題もあり、慎重な検討を要する。

(3) 地域特性に合わせた提案

つくばスマートシティ実行計画における「持続可能な地域公共交通網の構築」に向けた公共交通の利用促進に向けた運行サービスの充実について、本実証で有用性が明らかになった、交通空白地帯に対して拠点間移動手段（バス等）とラストワンマイルの移動手段（パーソナルモビリティ等）を組み合わせ整備する「スマート・コミュニティ・モビリティ」サービスの実装をすすめていく。

次年度以降について、「スマート・コミュニティ・モビリティ」の社会実装に向けて、拠点間移動のユースケースについて具体的に検討し、広域かつ高精度な位置情報解析を行うとともにルート最適化 AI の適用による優先順位付け等による効率的なモビリティ環境や、異なるシェア・モビリティを接続して住宅地から施設までのシームレスな移動の実現や施設の受付連動等を行う MaaS アプリ等による利用者の利便性の向上を検討し、利用者へのサービス提供に向けて実際の利用環境に近い状況で一定期間実証を行い、事業性・必要性を確認していく。そして、交通・歩行弱者を含む人々の移動を促進し、自立した生活を支えるための持続可能な地域交通網の提供を目指していく。

実装にむけた先進的技術やデータを活用したスマートシティの実証調査（その3）
報告書

【つくばスマートシティ協議会】

令和3年9月
国土交通省 都市局

〒100-8918 東京都千代田区霞が関2-1-3
TEL：03-5253-8111（代表） FAX：029-5253-1589