

早期の社会実装を見据えたスマートシティの実証調査

(その4)

調査報告書

【つくばスマートシティ協議会】

令和4年3月

国土交通省 都市局

目次

1 はじめに	1
(1) 都市の課題について	1
(2) コンソーシアムについて	4
2 目指すスマートシティとロードマップ	6
(1) 目指す未来	6
(2) ロードマップ	10
(3) KPI	11
3 実証実験の位置づけ	12
(1) 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	12
(2) ロードマップの達成に向けた課題	13
(3) 課題解決に向けた本実証実験の意義・位置づけ	14
4 実証計画	15
(1) MaaS アプリやルート最適化 AI の活用による病院行きデマンドタクシー	15
(2) 生体認証による病院事前受付	29
(3) 自動運転パーソナルモビリティによる患者の安心、安全な搬送	32
5. 実証実験結果	37
(1) MaaS アプリやルート最適化 AI の活用による病院行きデマンドタクシー	37
(2) 生体認証による病院事前受付	58
(3) 自動運転パーソナルモビリティによる患者の安心、安全な搬送	63
6. 横展開に向けた一般化した成果	74
(1) 医療 MaaS の取り組み	74
(2) 個別技術の導入について	75
7. まちづくりと連携して整備することが効果的な提案	79
(1) スマートシティの取り組みを整備に活用することが効果的な設備等	79
(2) 設備の管理、運用にかかる留意点	80
(3) 地域特性に合わせた提案（つくば市での社会実装について）	81

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(1.5km)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課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、公共交通網が未発達であることなどから、車依存率が高く、自動車の交通分担率は6割にのぼる。(図1)

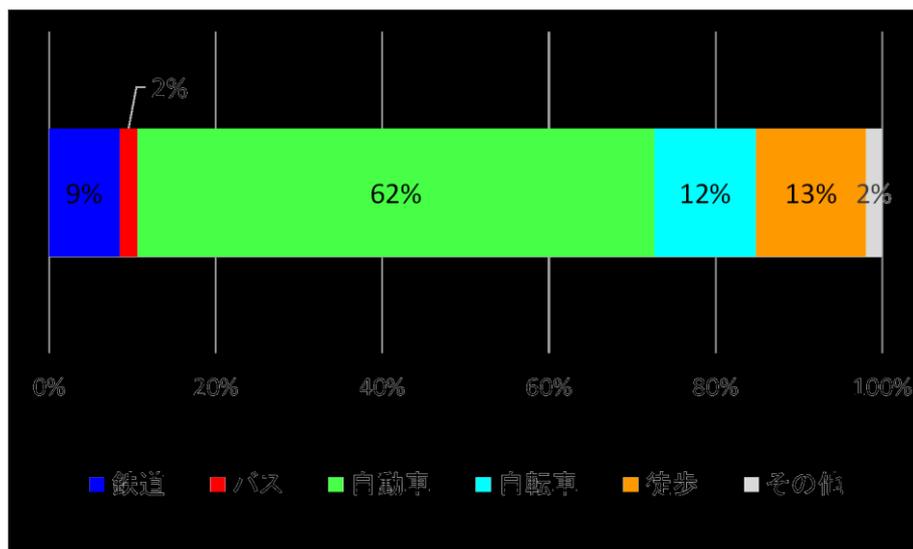


図1 つくば市の交通分担率

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8割である一方で、現状の地域公共交通の満足度は2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%をカバーする取組を行っている。(図2) 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6.8%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。

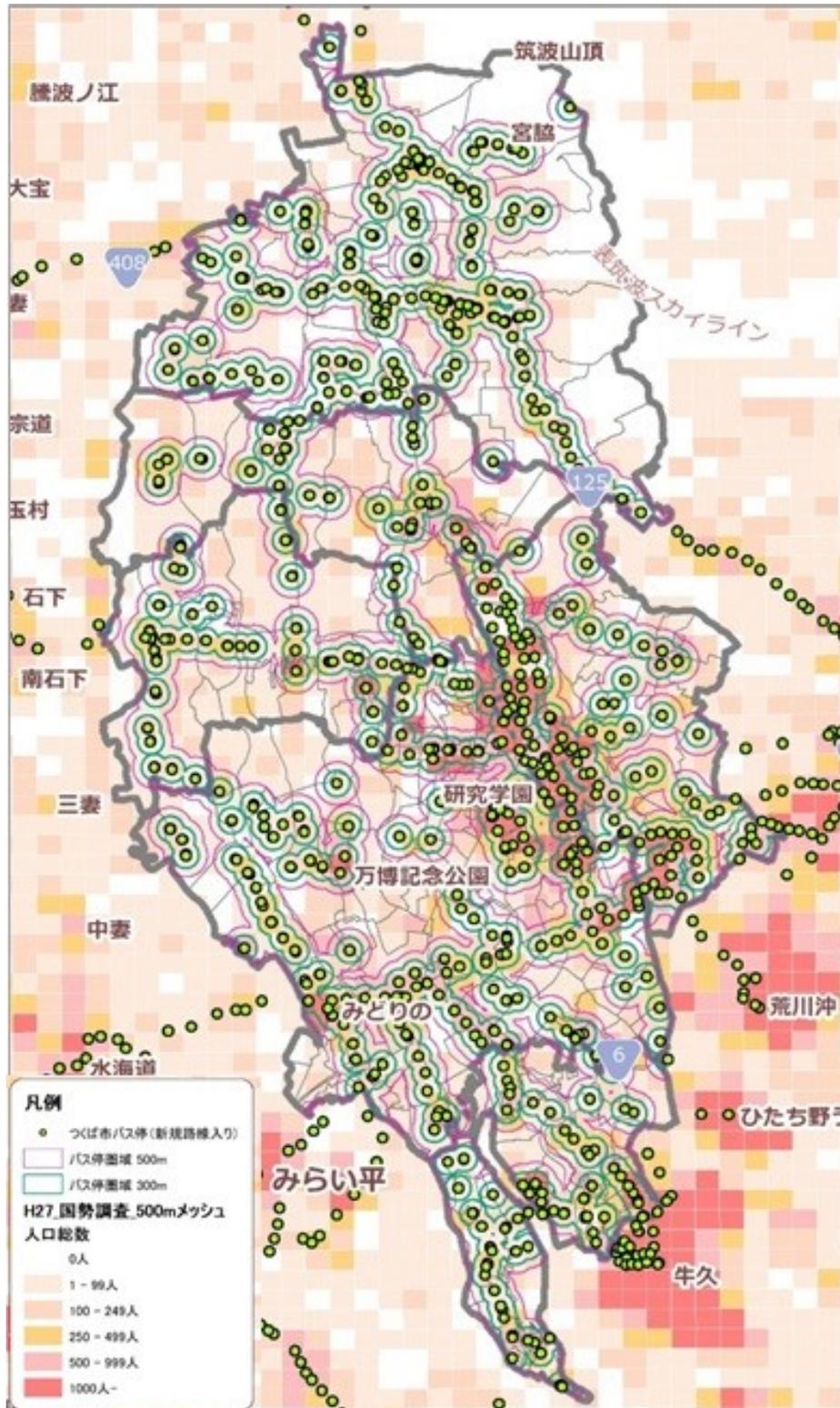


図2 つくば市のバス停圏域カバー率

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 19.2%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。

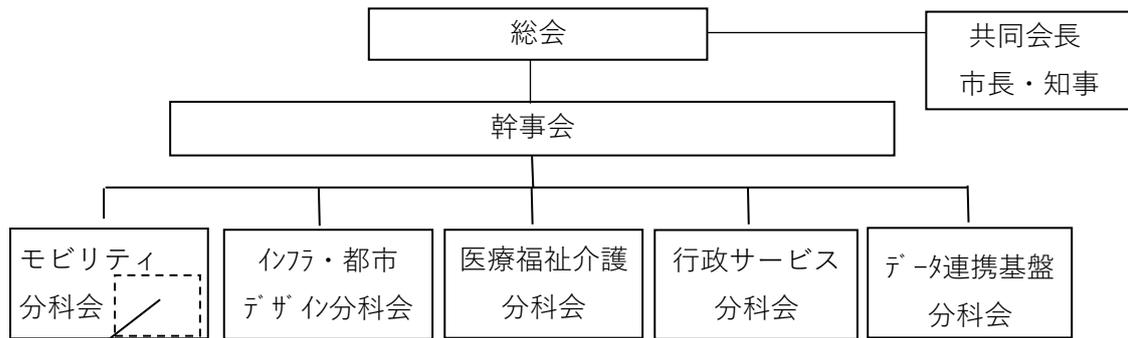
また、住宅団地等においては、コミュニティの希薄化も進んでおり、外出意欲の低下につながっていることから、高齢者の社会参画、生きがいつくりの支援が求められている。そこで、高齢者等交通弱者の移動手段を確保し、外出促進に繋げていく必要がある。

(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いくため、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 75 機関（令和 4 年 2 月末時点）

企業 64，大学・研究機関 5，社団・財団 4，自治体 2

	構成員		主な役割
つくば医療 MaaS	茨城県、つくば市、筑波大学		全体の企画調整、進捗管理 全体評価、取りまとめ
	(1) MaaS アプリやルート最適化 AI の活用による病院行きデマンドタクシー	KDDI(株)	MaaS アプリ及びデマンドタクシーの活用
		(株)KDDI 総合研究所	デマンドタクシーを含む交通施策検討に向けた人流推定分析
	(2) 生体認証による病院事前受付	日本電気(株)	生体認証による病院事前受付 ※筑波学園病院にて実施
	(3) 自動走行モビリティによる患者の安心、安全な搬送	WHILL(株)	自動走行モビリティによる患者の搬送
		三菱電機(株)	カメラ映像解析による人流解析技術の活用
		筑波大学 (筑波大学附属病院)	実証フィールドの提供 受容性調査、効果検証

実証実験協力

筑波学園病院・筑波メディカルセンター病院・つくば総合健診センター・筑波記念病院
筑波総合クリニック

図 3 つくば医療 MaaS 実証実験実施体制

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」



図4 将来イメージ図

課題解決のため、以下の方向性で取組を推進する。

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	【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	【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充実
高齢者等の交通弱者の移動手段確保と外出促進	【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
	【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

図5 課題解決に活用する主なデータ・技術と取組みの方向性

課題解決に活用する技術と取組の方向性の全体像は以下のとおり。



図6 取組の全体像

【取組の概要】

取組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。

取組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、個人情報保護の観点から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

つくばスマートシティ実行計画で掲げている全体のロードマップは以下のとおり。

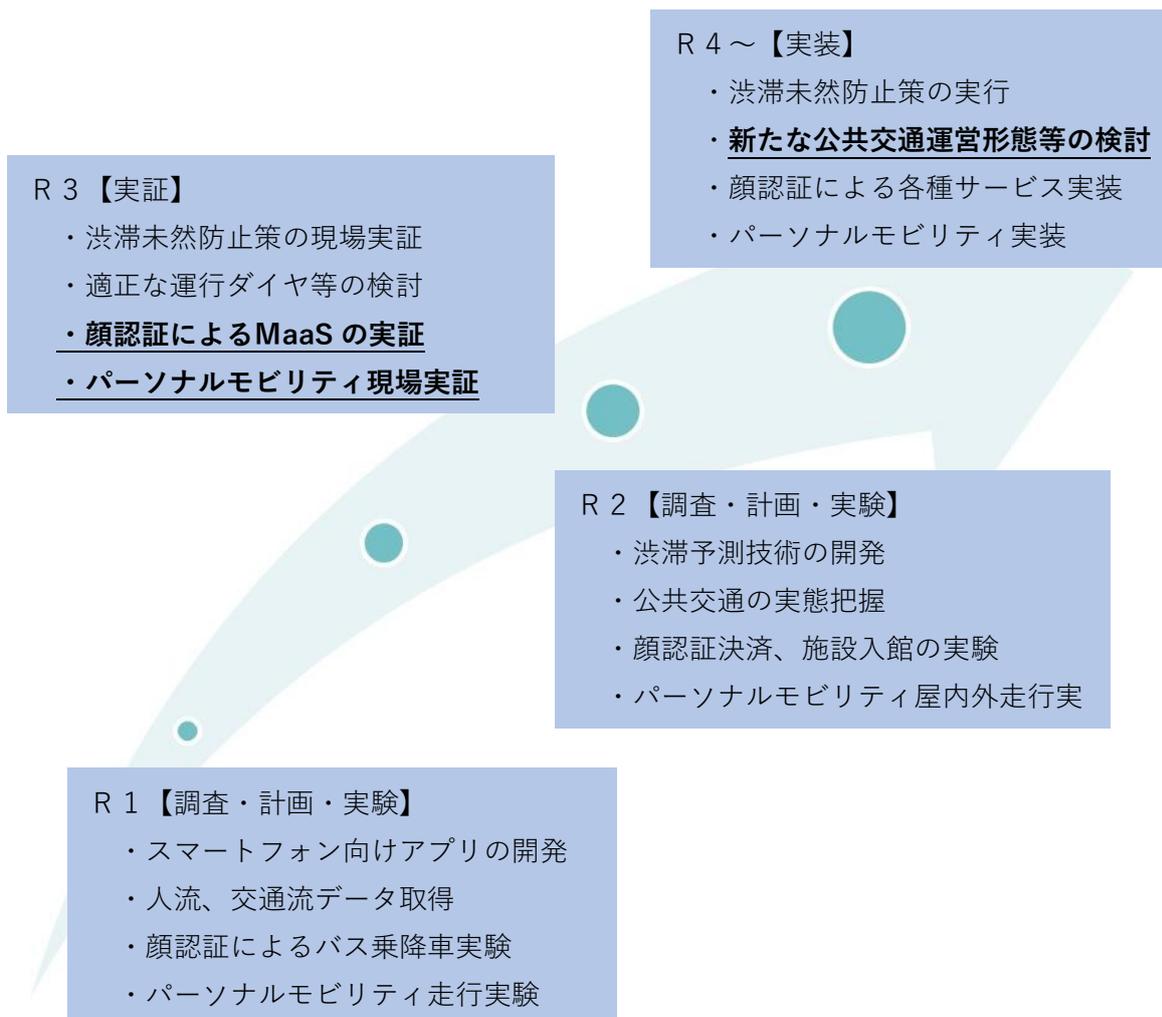


図7 つくばスマートシティ実行計画のロードマップ

(3)KPI

(1)に示した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事業の成果を測る指標として、つくばスマートシティ実行計画では、以下3つのKPIを設定している。(表1)

目標の達成年度は、実行計画の策定から5年後の2024年度とし、いずれのKPIも「つくば市民意識調査」において数値を把握する。

表1 つくばスマートシティ実行計画のKPI

KPI項目	現状値 (2019年度)	目標値 (2024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)

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。本指標が2011年度と2019年度の8か年で2.3%減少しているのに対し、2024年度の5か年後には更に2.3%減少させる。

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

本事業の主要なターゲットである高齢者のまちづくりに対する評価の指標。2015、2017、2019年に実施した市民意識調査において、「そう思う」「どちらかといえばそう思う」の回答割合が30%前後であり、そこから3%増加させる。

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。2017年の市民意識調査における『「科学のまち」であることの恩恵を感じている』かとの問いに対し「ある」「どちらかといえばある」「わからない」の回答割合を足しあげた割合を目指す。

3. 実証実験の位置づけ

(1) 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

今回、実証実験を行う技術・サービスは、高齢者や障害者、子供も含めて誰もが安心・安全かつスマートに移動できるまちづくりを実現するため、病院への通院というユースケースについて、公共交通機関の利便性の向上及び小型モビリティを活用した移動支援を目的とするものであり、以下の赤点線部分に該当する。

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	【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	【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充実
高齢者等の交通弱者の移動手段確保と外出促進	【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
	【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

図8 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

(2) ロードマップの達成に向けた課題

ア 新たな公共交通運営形態等の検討

これまでの実証実験において、交通流データや人流データの解析により、公共交通の需要把握についての検証を行い、つくば市中心部において、特に自動車による移動が多く、公共交通が不足していると考えられる地区を特定して、新たな公共交通の手段として、自動運転タクシーによる移動実証を実施したところである。

ドライバー不足などの課題解決のためには、自動運転タクシーの導入は有効な手段であるが、運行区間を定めずに行う完全自動運転（Level5）の実現に向けては、まだまだ技術的、制度的に解決すべき課題が多く残されている。

他方、公共交通機関の少ない地域ニーズにこたえる交通サービスとして、つくば市ではデマンドタクシーサービス（「つくタク」）に取り組んでおり、多くの市民の足として活用されている。しかしながら、当該事業は市による財政負担の割合が大きく、持続可能性に問題がある。持続可能性を高めるためには、乗客の利便性を向上させるとともに、乗合率が向上する仕組みを検討することが必要であり、MaaS アプリの活用や、AI の導入によるルートの最適化など、乗合率と運行効率を向上させる仕組みと、これによるビジネス性などを検討して、デマンドタクシーサービスを自走可能なものに近づけていくことが課題である。

また、これまでに実証を行った人流データの解析においては、分析メッシュが1 km と大きかったことから、大まかな方向性のデータを得ることはできたものの、ピンポイントの施設への移動情報を得ることは難しかった。新たな公共交通の検討に、人流データを活用していくためには、つくば市全域について、さらに細かいメッシュにより分析を行い、詳細な移動情報を取得することが必要であるが、広範囲に詳細な分析を行うためには、多額の費用がかかることが問題である。そのため、位置情報データに直接的に計測したカメラ等の画像データから取得した人流データを組み合わせるなどして、コストの増大を抑えつつ広範囲の詳細データを得る手法を開発することが課題である。

イ 顔認証による MaaS の実証

公共交通の利用促進に向けた運行サービスの充実のため、これまでの実証実験において、顔認証技術を用いたバスの乗降における技術的な検証や、受容性の検討、移動情報を活用したバス路線の選定などについて検討を行ってきた。この中で、データ連携基盤の活用や、通信環境の改善、逆光への対応や、ターゲットとする人物の特定など、技術的な課題や、魅力的なコンテンツや、見守りなどの安心、安全に向けたサービス、高度な個人認証を必要とする場面での活用など、公共交通への導入に併せて、顔認証技術により連携させるサービスの検討が課題であることが分かってきた。

他方、医療機関における顔認証の活用可能性を検討することとしていたものの、これまでのところ、医療機関内の情報システム（医療情報システム）への接続が困難であること等から、実証実験の実施には至っておらず、医療情報システムと連携し、実患者のデータを利用しながら、利用者の受容性や利便性、医療従事者の事務労力の軽減や本人認証の有効性を検討することが残された課題である。

ウ パーソナルモビリティの現場実証

これまでに、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的に、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を用いて、屋内外の走行実験を進めてきたところである。

更なる移動支援のためには、施設内外において、目的地への自動走行が有効であると考えられるが、これまでのところ、自動走行については検討が行われておらず、自動走行の技術的な面及び、利用者、実装者の受容性を検討することが課題である。

また、これまでに実証を実施してきた、サイバニックモビリティにおいては、乗車人員の状態異常を検知することで安全に停止するモビリティの提供により、利用者本人の安心、安全を高める取組を行ってきたところであるが、周辺の混雑状況など、モビリティが安全に走行できる状態を把握する周辺環境に対する安心、安全を高めることが課題として残されている。

(3)課題解決に向けた本実証実験の意義・位置づけ

これまでにつくばスマートシティ協議会においてスマートシティ実行計画の実装に向けて実施してきた個々の実証実験は、実証したい手法や技術が先行しているきらいがあり、ニーズやユーザーサイドの声の反映が不足している側面があった。また、新たな技術の実装に当たっては、マネタイズが困難であり、具体的なユースケースの確定や、継続的な事業を可能とする資金調達、ビジネスモデルの確立などが必要であるが、そういった、持続的なサービスとして実装していくための検証も不足していた。

そこで本年度は、つくば市内でも高齢化率の高い、宝陽台地区、小田地区を中心に、住民の声として挙げられていた、病院への通院、受診をユースケースとして、病院を目的地とする AI オンデマンド乗合タクシーと院内自動走行パーソナルモビリティによるシームレスな移動及び顔認証を活用した通院、受診により、利用者や介護者、医療従事者の負担軽減や、AI オンデマンド乗合タクシーの事業性を検討する実証実験に取り組んだ。

4 実証計画

(1) MaaS アプリやルート最適化 AI の活用による病院行きデマンドタクシー

ア MaaS アプリ及びデマンドタクシーの活用

(ア) 実験で実証したい仮説

持続可能な地域公共交通網の構築という課題を解決するためには、公共交通の利用促進に向けた運行サービスの充実が重要となる。そこで、相乗り型の AI デマンドタクシーを走行させて自宅付近から病院までの移動を行い、交通弱者の移動の利便性向上、送迎等の家族負担軽減につながる安全・安心なモビリティ手段を提供できることを検証した。

また、比較的高齢者が多く住むエリアにおいてつくばスマート医療送迎アプリ(以下、本アプリ)での乗車予約が有効な手段として成立するかについての検証、並びに相乗り型 AI デマンド型タクシーの事業採算性を検証した。

(イ) 実験内容・方法

デマンドタクシーの走行エリアはつくば市北部小田地区から南部宝陽台地区の間を対象エリア(図9)とし、同地区に在住する住民を対象モニターとした。

住民が本実証において用意する MaaS アプリから登録する予約に応じて AI が最適ルートを計測し、AI でマッチング(図10)された住民が相乗りで

各乗降地点(主に自宅付近、又は病院施設)へ移動する。

車両は2台用意し、1台はつくば駅北部の大曾根タクシー本社営業所、もう一台はつくば駅南側の学園中央営業所を予約が入っていない際の待機場所とし、北部・南部の住民(モニター)からの予約に柔軟に対応することとした。

運行時間は平日 7:30~16:30(昼間は車両毎に 11:30~12:30、12:30~13:30 を休憩時間)、土曜日 7:30~13:00(昼間休憩なし)とし、日曜祝日を除く約1ヶ月間(1月17日から2月14日まで)の運行を行った。なお、車両の座席数の関係から、1台あたり、最大3名までの相乗りについて受付可能とした。

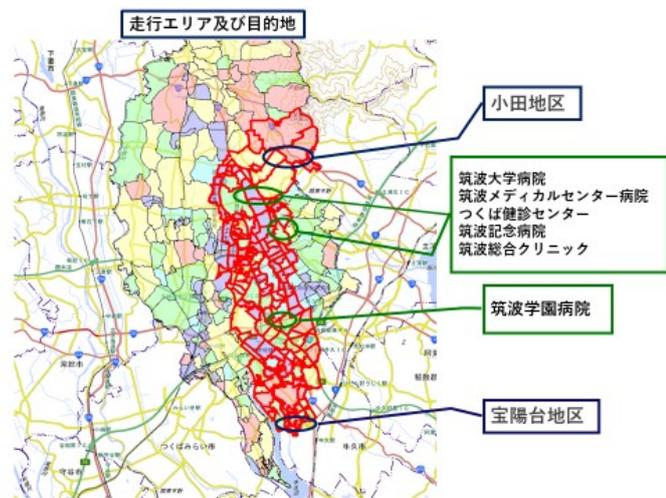


図9 実証エリア

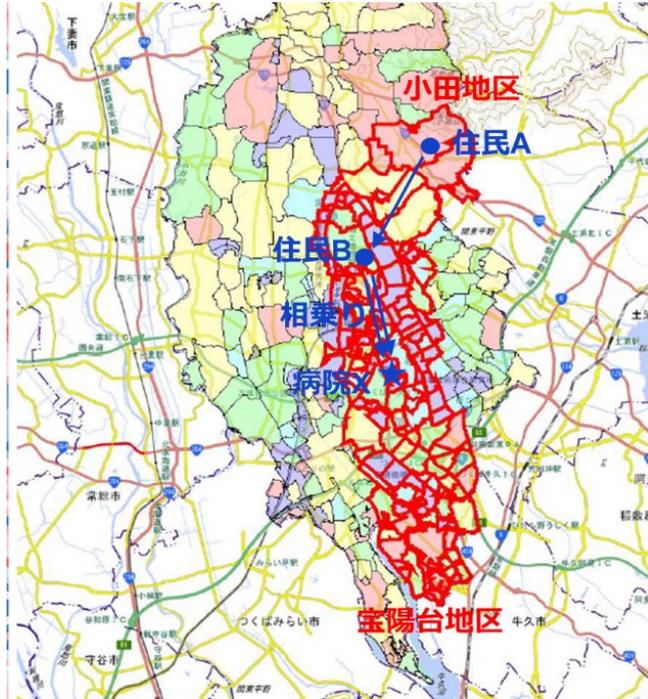


図 10 AI によるマッチングイメージ

MaaS アプリ(つくばスマート医療送迎アプリ) (図 11) には、オンデマンドの乗車予約等の基本機能に加え、病院に隣接した店舗で利用可能なクーポン機能を付与した。オンデマンドの乗車予約は、自宅付近と病院間のみを出発地・目的地として選択可能であり、6 日先まで予約可能とするものとした。予約時刻の設定は、「今すぐ」乗車、及び乗車時刻又は降車時刻を指定した予約が選択可能なものとした。また付き添いも含め複数名の乗車予約ができるようにした。



図 11 MaaS アプリの画面例

作成した MaaS アプリは、iOS 及び Android に対応しており、令和 4 年 1 月 7 日よりマーケットに公開した。つくば市内の住民には、アプリの名称・ダウンロード用 QR コードなどを含むチラシを配布(病院内設置等)するとともに、小田・宝陽台地区にて住民説明会を実施(図 12)し、実証実験概要の説明に加え、アプリの説明・ダウンロードのご案内を行い、認知拡大・利用を促進した。



図 12 住民説明会の様子

MaaS アプリでの予約や、車内に設置されたドライバーアプリ(図 13)での運行記録の情報を元に、ユーザーのデマンドタクシー利用実績を分析するとともに、サービス利用後の降車時にユーザーアンケートを実施し、定量/定性的なデータを取得した。

実証実験の目的地として、「つくタク」の目的地上位 10 位に入る 6 病院・健診センター、及びクーポン提供店舗として病院敷地内の 5 店舗に協力いただいた。(表 2)



図 13 ドライバーアプリの画面例

表2 デマンドタクシーの目的地及びクーポン提供店舗

目的地（病院）	クーポン提供店
筑波大学附属病院	ヤマザキ Y ショップ
筑波学園病院	（筑波大学附属病院内けやき棟 12 階売店）
筑波メディカルセンター病院	タリーズコーヒー筑波大学附属病院店
つくば総合健診センター	筑波大学附属病院 A 棟 3 階一般食堂
筑波記念病院	レストランほうしゅん(筑波記念病院敷地内)
筑波総合クリニック	生活彩家 筑波記念病院店

なお、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確保に努めた。

(ウ)仮説の検証に向けた調査方法

オンデマンドサービスが地域における持続可能な交通手段として社会実装ができるか、ユーザーアンケート（次ページ）や運行アプリからの実績、利用者からの問い合わせ等を通じ、実装する際の課題抽出や住民のニーズ、利用環境等の把握を行った。

9. 今後、デマンドタクシーがサービス化される場合、どのくらいの金額なら利用したいと思いますか？
- 300 円以下 301 円~500 円 501~700 円 701~900 円 901~1,100 円
1,101~1,300 円 1,301~1,500 円 1,500 円以上 無料でも利用しない
10. 月額定額制の料金があれば利用したいと思いますか？
- 利用する 利用しない どちらともいえない
11. このサービスがアプリ(スマートフォン)で支払いできるとしたらいかがですか？
- とても便利 便利 どちらともいえない 使わない わからない
12. 相乗りは発生しましたか？
- 発生した 発生していない
13. 本実証実験に関するご意見があればお聞かせください。
 ()

イ デマンドタクシーを含む交通施策検討に向けた人流推定分析

(ア)実験で実証したい仮説

つくば市内を複数のエリアに分割し、相互の移動状況を明らかにする。高齢者が多く居住するエリアや人口密集エリアにおいては、交通手段含めた詳細分析を行うことで、高齢者の移動(外出)サポートの可能性や居住者の多いエリアの移動代替手段としての可能性等を検討する。これらにより、地域限定で実施するデマンドタクシーの他エリアでの需要や運行先需要含め、つくば市の地域公共交通計画策定等に有用な知見が得られることを実証する。

将来的な施策検討においては、詳細な地域公共交通計画策定等のために、つくば市全域での詳細分析が必要だが、GPS 位置情報では詳細な行動が分析しづらい場合や、位置情報許諾者数が少ない為に個人情報保護の観点から推定分析が難しいことも想定される。そこで、部分的に精度の高い GPS 以外の情報と GPS 位置情報を組み合わせることで、人流推定分析の適用可能な範囲を広げると共に高度化ができることを実証する。

(イ)実験内容・方法

a 人流推定分析

au スマートフォン利用者のうち、利用許諾のある匿名加工された位置情報データを用い、予め定めたエリア単位又はエリア間で移動状況を推定分析した。

○分析エリア

つくば市及び隣接する牛久市の一部とした。(図 14、表 3)

分割するエリアの最小単位は 250m 四方のメッシュ型 (5 次メッシュ) であり、5 次メッシュを複数組み合わせ、小学校区や特別区域、病院等のエリアを定義する。図 1 は、つくば市及び牛久市の定義エリアを地図上で示したものであり、表 1 は各エリアの定義 (エリア No や種別、名称等) である。

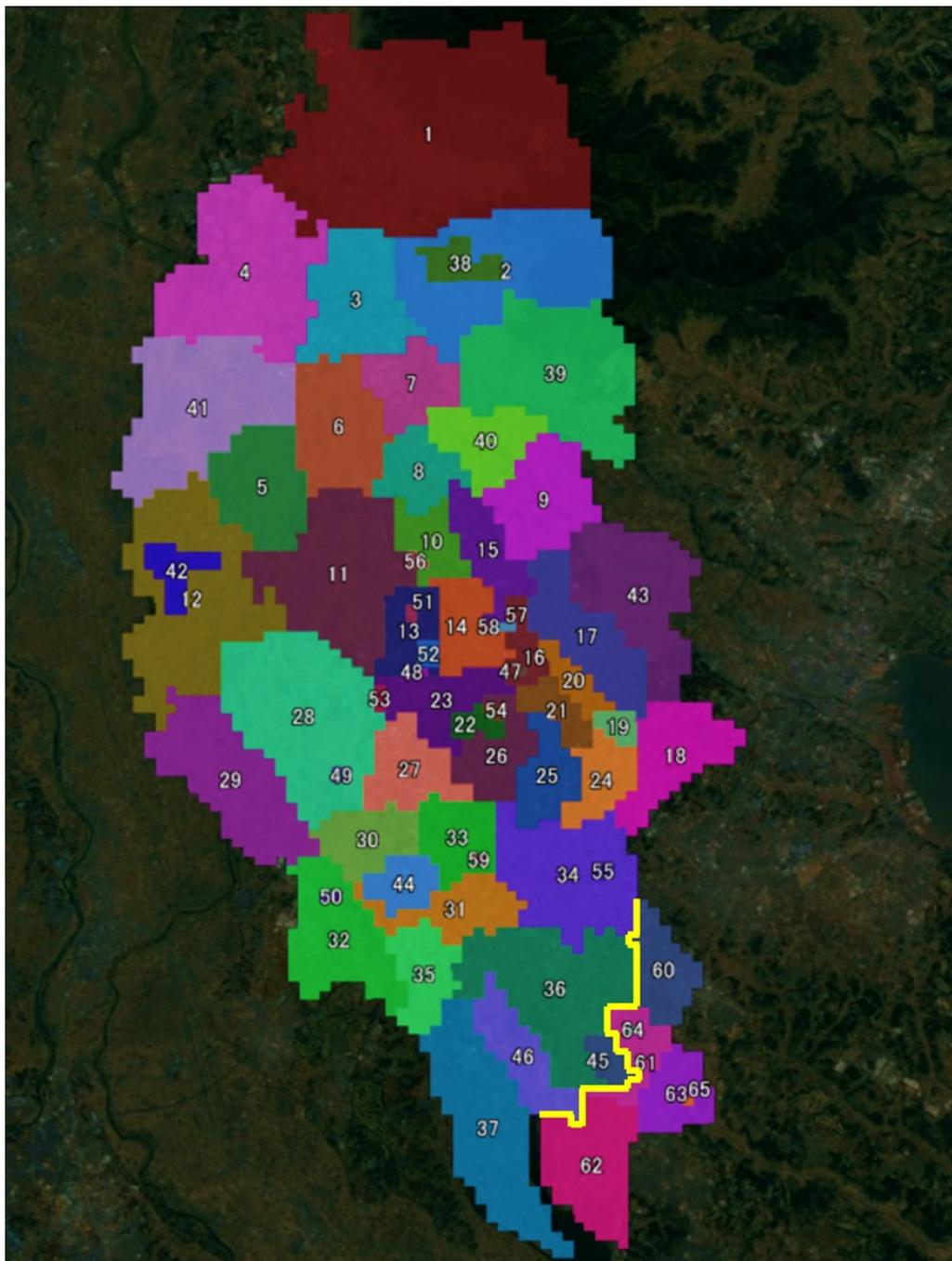


図 14 分析エリア (黄色ラインはつくば市と牛久市の市境)

表3 分析エリアの定義

エリア No.	市	種別	名称
0	—	—	定義エリア外（圏外）
1	つくば市	小学校区	筑波小+菅間小+田井小
2	つくば市	小学校区	北条小
3	つくば市	小学校区	田水山小
4	つくば市	小学校区	作岡小
5	つくば市	小学校区	今鹿島小
6	つくば市	小学校区	前野小
7	つくば市	小学校区	大曾根小1（※北）
8	つくば市	小学校区	大曾根小2（※南）
9	つくば市	小学校区	栗原小
10	つくば市	小学校区	要小
11	つくば市	小学校区	沼崎小
12	つくば市	小学校区	上郷小
13	つくば市	小学校区	春日学園義務教育学校1 （※学園の森義務教育学校）
14	つくば市	小学校区	春日学園義務教育学校2
15	つくば市	小学校区	吾妻小1（※北、筑波大学）
16	つくば市	小学校区	吾妻小2（※南）
17	つくば市	小学校区	九重小1+九重小2（※九重小）
18	つくば市	小学校区	桜南小
19	つくば市	小学校区	並木小
20	つくば市	小学校区	竹園東小
21	つくば市	小学校区	竹園西小
22	つくば市	小学校区	松代小
23	つくば市	小学校区	葛城小
24	つくば市	小学校区	東小
25	つくば市	小学校区	二の宮小
26	つくば市	小学校区	手代木南小
27	つくば市	小学校区	柳橋小
28	つくば市	小学校区	島名小
29	つくば市	小学校区	真瀬小
30	つくば市	小学校区	谷田部小1(北)
31	つくば市	小学校区	谷田部小1(南)

32	つくば市	小学校区	谷田部小 2 (※みどりの義務教育学校)
33	つくば市	小学校区	小野川小 1 (※谷田部中学校区)
34	つくば市	小学校区	小野川小 2 (※谷田部東中学校区)
35	つくば市	小学校区	谷田部南小
36	つくば市	小学校区	荃崎第一小
37	つくば市	小学校区	荃崎第二小
38	つくば市	特別区域	北条
39	つくば市	特別区域	小田(小田小含む)
40	つくば市	特別区域	大曾根+大曾根小 3
41	つくば市	特別区域	吉沼(吉沼小含む)
42	つくば市	特別区域	上郷
43	つくば市	特別区域	栄(栄小含む)
44	つくば市	特別区域	谷田部
45	つくば市	特別区域	高見原
46	つくば市	特別区域	宝陽台(荃崎第三小含む)
47	つくば市	駅	つくば駅
48	つくば市	駅	研究学園駅
49	つくば市	駅	万博記念公園駅
50	つくば市	駅	みどりの駅
51	つくば市	商業施設	コストコホールセール つくば倉庫店
52	つくば市	商業施設	イーアスつくば
53	つくば市	商業施設	山新グラusstageつくば
54	つくば市	商業施設	ララガーデンつくば
55	つくば市	商業施設	イオンモールつくば
56	つくば市	病院	筑波総合クリニック+筑波記念病院
57	つくば市	病院	筑波メディカルセンター病院
58	つくば市	病院	筑波大学附属病院
59	つくば市	病院	筑波学園病院
60	牛久市	小学校区	牛久 1
61	牛久市	小学校区	牛久 2
62	牛久市	小学校区	牛久 3
63	牛久市	小学校区	牛久 4
64	牛久市	病院	牛久愛和総合病院
65	牛久市	病院	つくばセントラル病院

○分析対象期間

利用するデータは新型コロナウイルス感染症拡大前及び染症拡大中の変化を見るため、2019年10月～11月、2020年10月～11月を対象とした。

これらの時期を選定したのは、教育機関の長期休暇やゴールデンウィーク、年末年始等、特別な人の移動が比較的発生しづらい時期と考えられる為である。

○分析概要

次の2種類の分析を行う。

分析① つくば市移動状況分析：つくば市全体の人の移動状況を可視化

分析② 特定エリア詳細分析：特定エリアについて移動手段等、より詳細に分析
共通する分析の仕様を表4に示す。

表4 分析仕様（分析①、②共通の定義）

項目	定義
分析サイズ	5次地域メッシュ（250mメッシュ）
分析対象期間	コロナ影響無：2019年10月～11月 コロナ影響有：2020年10月～11月
時間帯区分	朝：4時00分00秒～9時59分59秒 昼①：10時00分00秒～12時59分59秒 昼②：13時00分00秒～16時59分59秒 夜：17時00分00秒～23時59分59秒
年代区分	～34歳、35～49歳、50～64歳、65歳以上、不明（データなし） ※パーソントリップ調査区切りをベースに生活変化に合わせた設定
性別	男性、女性、不明（データなし）
トリップの定義	15分以上の滞在地点の間を結ぶ移動を1トリップ（手段トリップ*）とする。 *) https://www.mlit.go.jp/crd/tosiko/pt.html
自宅の定義	個々の移動ログデータに基づいて、KDDIが自宅と推定したメッシュ（「自宅メッシュ」と呼ぶ）
外出の定義	自宅メッシュ外に1日に15分以上滞在すること。 より具体的には、自宅メッシュをO（Origin）とし、自宅メッシュ以外をD（Destination）としたトリップにおいて、Dに15分以上滞在したトリップを外出と見なす。
交通手段	徒歩（又は自転車）、車（バス、自家用車、自動二輪等）、電車、高速道路

【分析① つくば市移動状況分析】

○分析目的

つくば市の小学校区をベースとした各エリア間の移動滞在状況を年代、時間帯別に可視化し、移動の実状を把握する。本分析結果を元に、つくば市にて公共交通網との整合性等を確認し、移動状況分析が将来の交通網計画策定に活用可能であることを実証する。

○分析仕様

au スマートフォン利用者の内、利用許諾のある匿名加工された位置情報データを用い、以下の仕様に従い推定分析する。

○分析地域（対象者）

トリップの出発地又は目的地の少なくともいずれか一方が表 3 の定義エリア内に存在する全ユーザ。自宅メッシュの場所（定義エリア内外）は問わない。なお、つくば市の分析エリアが関わらないトリップ（牛久市内の移動や、牛久市と定義エリア外の移動など）は対象としない。

○OD（トリップ）の分布

エリア別、年別、性年代別、平休日種別、時間帯別の行先エリア（トリップ数と割合）を集計する。なお、同一メッシュ内移動は除く（外出と見なさないため。同一エリア内移動は含む）。例えば、エリア A⇒B⇒C という移動があった場合、エリア A⇒B へのトリップ 1 件とエリア B⇒C へのトリップ 1 件がそれぞれカウントされる。

【分析② 特定エリア詳細分析】

○分析目的

高齢者居住者の多いエリア、若年世帯の多いエリア等、つくば市が集中的に施策を講じたいエリアを抽出し、詳細な移動状況を把握する。これらのエリアについては、移動滞在状況に加え、外出率や外出時の移動手段も推定分析を行うことで、つくば市の地域公共交通計画策定等に加え、コミュニティ施策等にも活かしていくことが可能であることを実証する。

○分析仕様

au スマートフォン利用者のうち、利用許諾のある匿名加工された位置情報データを用い、以下の仕様に従い推定分析する。

○分析地域（対象者）

「自宅メッシュ」が属するエリアが特別区域（表 3、エリア No. 38～46）のいずれかであるユーザを分析対象とする。

○外出率

自宅エリア別、年別、性年代別、平休日別、時間帯別の外出率（%）を算出する。

<外出率の定義>

外出があったユニークユーザ数 / 全ユニークユーザ数

(例えばある日に 100 人中 50 人が外出した場合、その日の外出率は 50%)

○外出先の分布

自宅エリア別、年別、性年代別、平休日別、時間帯別の行先エリアの分布（トリップ数と割合）を集計する。自宅エリア（自宅メッシュが存在するエリア）別に、目的地の分布を集計する。

例えばあるユーザーがある日、自宅エリア X ⇒ エリア A ⇒ エリア B ⇒ エリア A ⇒ 自宅エリア X のように移動した場合、当該ユーザーは、エリア A への移動を 2 回、エリア B への移動が 1 回あったとして、集計する。このとき、同一エリアへの移動が複数回（上記例におけるエリア A）あっても全て数え上げる。また、自宅へ戻る動き（上記例における最後の自宅エリア X へ戻る移動）については、ほぼ必ず発生し支配的な目的地となってしまうため、カウントしない。

なお、同一メッシュ内移動は除く（外出と見なさないため。同一エリア内移動は含む）

○外出先への移動手段分布

自宅エリア別、年別、性年代別、平休日別、時間帯別、移動先エリア別、移動手段を集計する。出発地は自宅メッシュのあるエリアに限定する。カウント対象はユニークユーザ数やトリップ数ではなく、利用回数とする（1 トリップで複数の乗物を使うこともあるため）。

また、同一メッシュ内移動は除く（外出と見なさないため。同一エリア内移動は含む）。

b データ取得範囲と分析可能範囲

つくば市・牛久市（一部）に出発地又は目的地が含まれる移動（トリップ）のみを検出・分析するものとし、分析①の行先エリア、分析②の出発エリア・行先エリアに集計対象として含まれる「定義エリア外（エリア No.0 で定義）」はこれを満たす場合に限定される。具体的には図 15 の通りである。

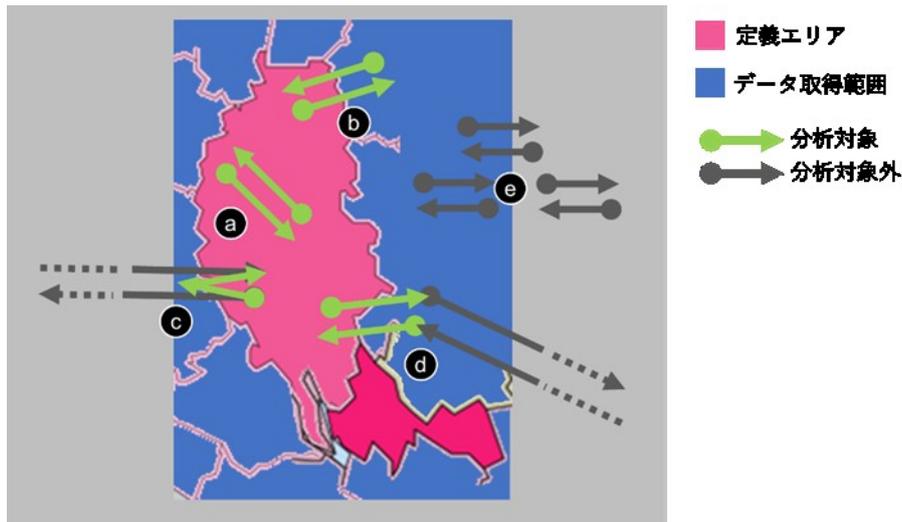


図 15 分析可能範囲

- a. ■ 定義エリア内の移動：○分析対象
- b. ■ 定義エリア内外を跨ぐが、■ データ取得範囲内の移動：○分析対象
- c. 最終目的地や出発地が■ データ取得範囲外：△行先はデータ取得範囲内にあるように検出される（図中、灰色で示した移動が、緑色で示した移動であるように検出される）が、分析対象
- d. 最終目的地や出発地が■ データ取得範囲外だが、途中、■ データ取得範囲内で 15 分以上留まっている移動：△データ取得範囲内に限り、分析対象
- e. ■ 定義エリア外に閉じた移動：×分析対象外

ウ 人流推定高度化

交通量調査の結果と au スマートフォン利用者の内、利用許諾のある匿名加工された位置情報データを組み合わせることで、人流推定の精度向上が可能であることを検証した。

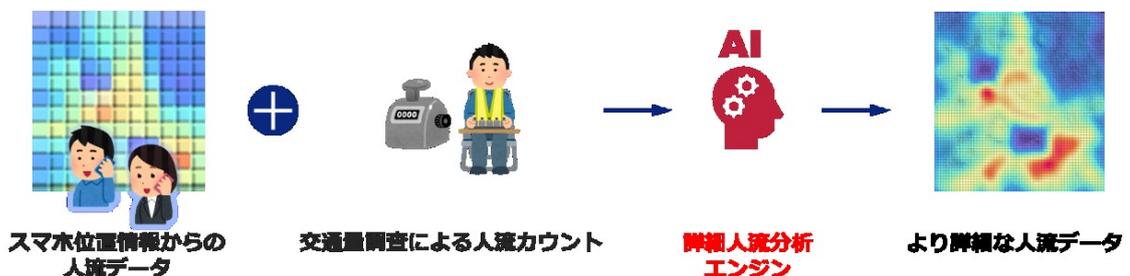


図 16 人流推定高度化検証 実施イメージ

○検証方法

可視化（目視）による定性評価と推定精度の定量評価の 2 つの観点で評価を実施。

(ア)定性評価（可視化）

高度化を行わない場合（人流推定分析）と行う場合（人流推定高度化）の双方について、推定された人流のヒートマップを地図上に重畳表示し、目視にて比較検証した。なお、計算量の観点から、可視化範囲は下記に定義した範囲内に限定した。当該エリアは交通量調査の調査地点全てのほか、つくば駅、イースつくば、筑波大学附属病院を内包した。（図 17）



図 17 定性評価（可視化）範囲

(イ)定量評価（推定精度検証）

交通量調査の 9 箇所の計測地点のデータを用いた交差検証を行った。具体的には、9 箇所のうち 8 箇所を訓練データとして AI モデルを訓練し、残る 1 箇所の交通量を推定することを 9 パターン繰り返し（9 分割交差検証）、正解交通量と推定交通量の決定係数 R^2 （推定モデルの当てはまりの良さを示す指標、0~1 で表され大きいほど当てはまりが良い）を確認した。

a 実施概要

- 調査手法 : 調査員（常時観測 2 名）によるカウンターを用いた人手観測
- 調査項目
 - ・歩行者・自転車の通行量
 - ・時間別（10 分単位）、方向別、乗り物別（徒歩・自転車）（自動車はカウントしない）
- 調査地点 : 計 9 地点（図 18）
- 調査期間 : 2022 年 1 月 25 日~27 日、2 月 1 日~3 日

(7:00~19:00、平日 6 日間 (3 日間×2 週))



図 18 計測地点配置図

(2)生体認証による病院事前受付

ア. 実験で実証したい仮説

本項目では、顔認証技術の活用により、2つの課題「① 病院来院時の受付レスの実現による院内滞留時間の削減」と「② 顔認証による患者本人確認の実現による医療安全の向上と職員負荷軽減」の解決に向け、検証データを収集し、これらのデータを元に、あらかじめ定義した設定値に照らし、施策の有効性を定量化して、「顔認証を用いた医療 MaaS」事業モデルが上記の2つの課題に対し、有用であることを実証する。

イ. 実験内容・方法

「病院来院時の受付レスの実現による院内滞留時間の削減」と「顔認証による患者本人確認の実現による医療安全の向上と職員負荷軽減」を実現するため、「顔認証を用いた医療 MaaS」事業モデル(図 19)を仮説と設定し、実証実験を通じデータを収集/分析することで検証を行う。

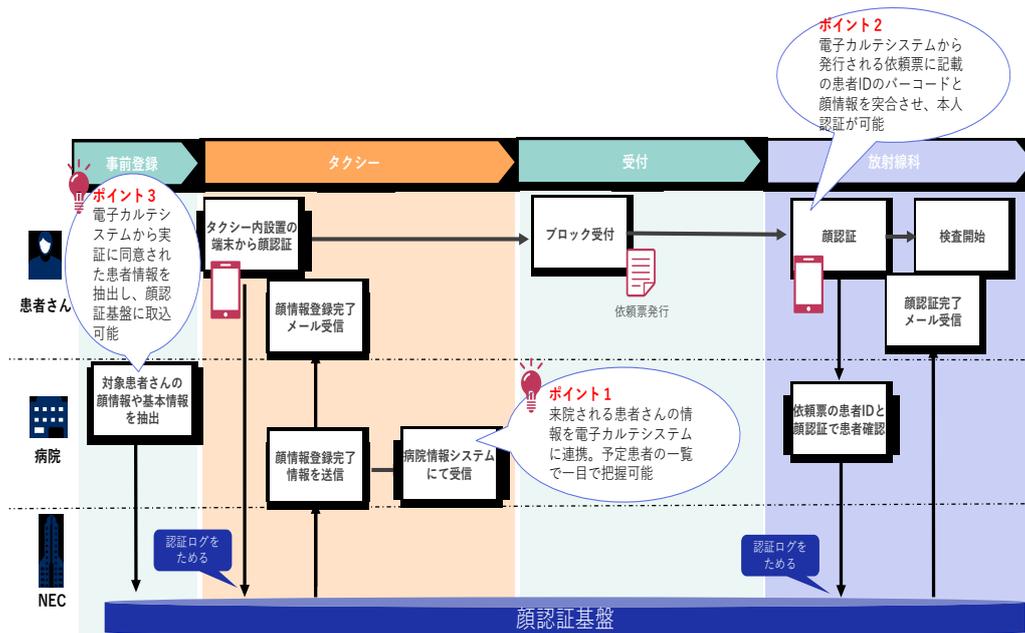


図 19 「顔認証を用いた医療 MaaS」 事業モデル

「顔認証を用いた医療 MaaS」 事業化モデルは、以下の事業構造を基本とする。

- I 患者は登録された自身の顔情報等の個人情報を用いて、タクシー乗車時や病院の検査等での受付時に顔認証を実施することで、院内での滞留時間の削減やシステムでの確実な本人確認による安心感を得る
- II 病院は患者の院内滞留時間の削減や本人確認のシステム化により、患者満足度の向上や職員の業務負荷の軽減を行う
- III 事業者は顔認証のシステムと、病院情報システムの連携を実現することにより、今後新たな患者サービス、病院サービスの提供を促進する

ウ. 仮説の検証に向けた調査方法

本実証実験においては、「A 病院来院時の受付レスの実現による院内滞留時間の削減」と「B 顔認証による患者本人確認の実現による医療安全の向上と職員負荷軽減」の2つの実証施策により、検証データを取得、分析することで事業化モデルの検証を行う。

(ア)実証実験内容

○対象病院：筑波大学附属病院と筑波学園病院

○実証実験の期間：令和4年1月17日から令和4年2月14日まで（28日間）

a 病院来院時の受付レスの実現による院内滞留時間の削減

対象患者の氏名や顔情報を登録し、タクシーに設置するタブレット端末で、患者が乗車時に顔認証で本人確認を実施する。その情報を病院情報システムと連携させることで、通常来院したい際に 再来受付機に並んで受付行為を行う時間を削減する。

b 顔認証による患者本人確認の実現による医療安全の向上と職員負荷軽減

来院後、検査等を実施する場合、検査室等に本人が向かい、受付で本人確認を実施するが、その際に受付に設置のタブレット端末で患者が顔認証で本人確認を実施することで、医療安全と職員の負荷軽減を目指す

(イ)システム構成

a 「病院来院時の受付レスの実現による院内滞留時間の削減」と b 「顔認証による患者本人確認の実現による医療安全の向上と職員負荷軽減」を実現するためのサービス提供は日本電気株式会社により以下に示すシステムを本実証用に準備をする。

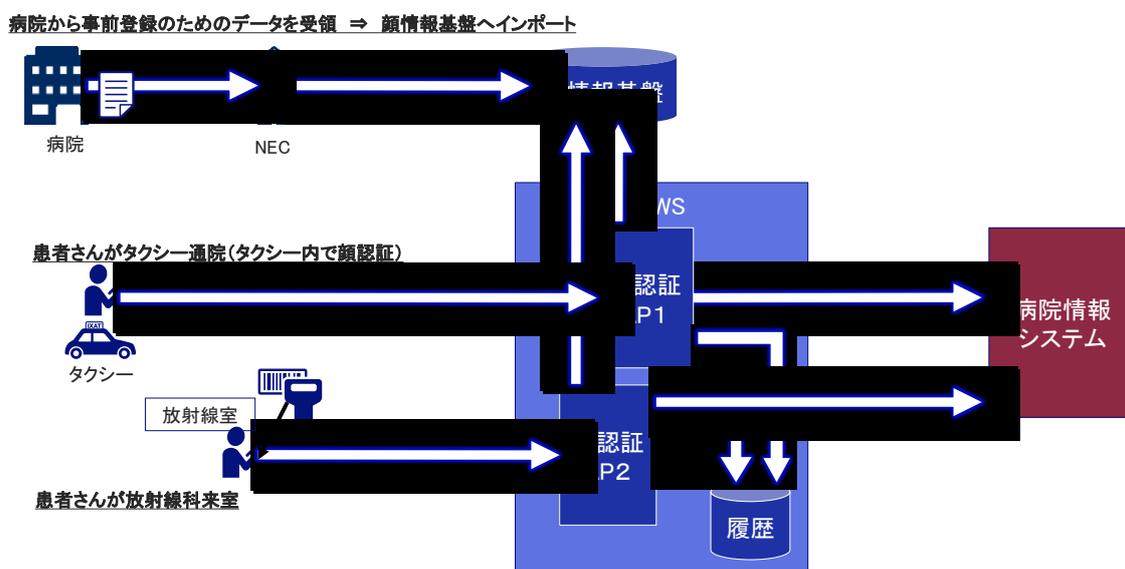


図 20 実証実験のシステム構成

(ウ)データ取得項目

a 顔認証の認証精度

- ・ タクシー乗車時及び病院内受付での顔認証の可否を含めたログ情報

b ユーザー満足度

- ・ アンケートにより患者及び医療従事者の満足度を調査

(エ)データ分析

当初の予定では、年代別に患者自身がタブレットで顔認証を行うことが実際の運用として可能かを分析すること、院内滞在時間の改善を定量的に分析することを想定していたが、新型コロナウイルス感染症の影響もあり、実証に参加可能な患者が少ないこと、タクシーに乗り合わせた来院を患者に推奨できないことなど、可能な限り密にならない対応が求められた。

(オ)実施内容に対する目標値

① システム精度の確認（顔認証ログより）

No	項目	目標値		実測値	備考
1	タクシーでの顔認証	認証率	95%以上		
2	診療受付での顔認証	認証率	95%以上		

② ユーザー体験の向上（患者アンケートより）

No	アンケート項目	目標値		実測値	備考
1	顔受付の使い勝手 （5段階）	4以上評価	70%以上		
2	体感待ち時間の改善 （5段階）	4以上評価	70%以上		
3	今後期待したい機能				

③ 病院側オペレーションの改善（筑波学園病院アンケートより）

No	アンケート項目	目標値		実測値	備考
1	事前受付による業務改善 （5段階）	4以上評価	70%以上		
2	本人確認のシステム化による改善 （5段階）	4以上評価	70%以上		
3	後期待したい機能				

(3)自動運転パーソナルモビリティによる患者の安心、安全な搬送

ア 自動運転パーソナルモビリティによる患者の搬送

(ア)実験で実証したい仮説

タクシー等で来院した外来患者が、出入口付近に設置してある自動運転モビリティに乗り、患者自身が予め設定してある行き先（例えば、受付カウンター、診察室、お薬窓口、会計等）を選択して目的地に向かうことで、医療従事者の負担軽減と患者の病院施設使用の満足度向上が同時に達成できる。

(イ)実験内容・方法

○実証実験期間： 2022/1/17～2022/2/14 （ルート1：月・火・木、ルート2：水・金）

○自動運転走行ルート

ルート 1： 整形外科前～外来受付前（図 21-1）

ルート 2： 外来受付前～①正面玄関前、②タリーズコーヒー前、③整形外科前（図 21-2）

○被験者（患者）選定方法

ルート 1： 筑波大学附属病院の整形外科医が選定した患者を対象

ルート 2： 筑波大学附属病院医療支援課スタッフが声掛けし同意を得た患者を対象

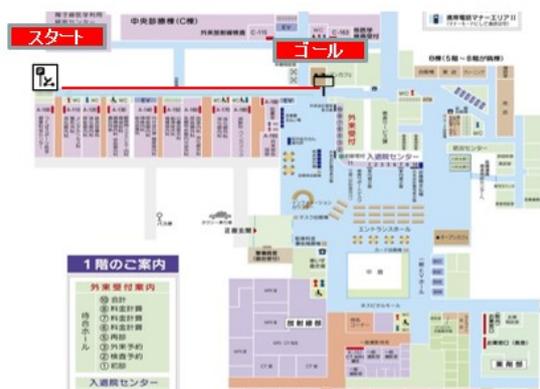


図 21-1 ルート 1



図 21-2 ルート 2

(ウ)仮説の検証に向けた調査方法

定量的な調査として、予め実証実験前後 1 週間での対象エリアにおける医療従事者による患者への車椅子プッシュサービス（患者が移動する際に車いすを押すサービス）の回数や患者への病院内の案内/付き添いの回数を調査し、実証実験中に、上述の回数がどれだけ削減されたかを測定する。

定性的な調査として、実証実験中に乗車した患者の意見、実験に対する医療従事者の意見を参考に、どれだけ負担が軽減されたかをアンケートにより測定する。

イ カメラ映像解析による人流解析技術の活用

(ア)実験で実証したい仮説

自動運転パーソナルモビリティによる安心・安全な移動手段を提供する際に施設内にある防犯カメラによるサポートの有用性を検証する。

(イ)実験内容・方法

自動運転モビリティの走行ルート上に防犯カメラを設置し、人流と混雑解析技術による影響度合いの測定と見える化を実施して調査する。

a 走行ルートとカメラ設置

走行路上にある病院廊下と各診察窓口廊下との結合点が画角に入るようにカメラを設置した。なお、自動走行試験は下図ルート以外にも暫定的に実施されたが、カメラを設置するのが難しく、カメラ映像解析は本ルート上のみを対象とした。

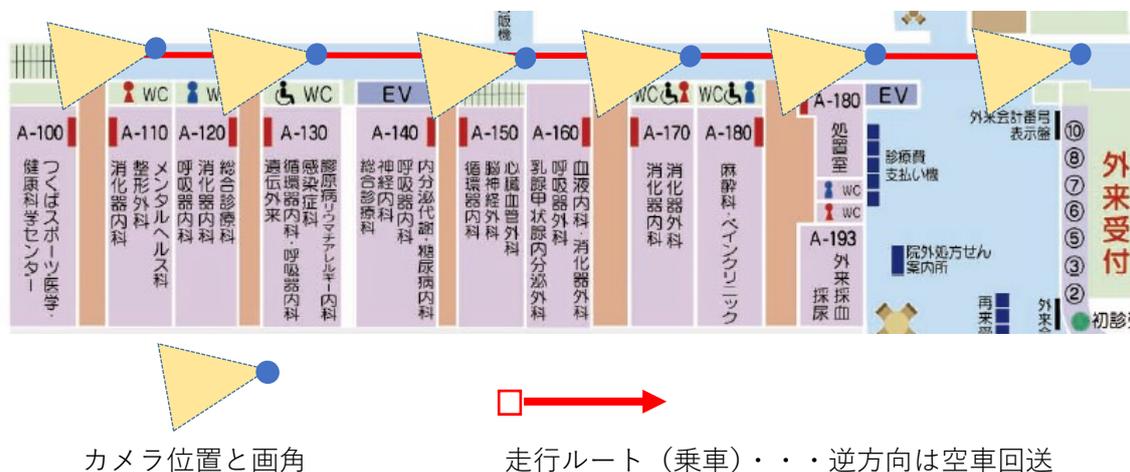


図 22 走行ルートとカメラ設置

b 仮説の検証に向けた調査方法

(a) 人流解析技術を使った周囲への影響度の測定

録画映像に基づいてカメラの画角を一定サイズのセル(50cm 四方)に分割し 5×14 セル(約 2.5m×7.0m)の画角内の単位時間あたりの混雑度と人流ベクトルを測定する。これにより自動運転パーソナルモビリティの非走行時/走行時の人流への影響を確認する。なお、今回の実証実験では有人の自動走行(左から右)時を調査対象とした。

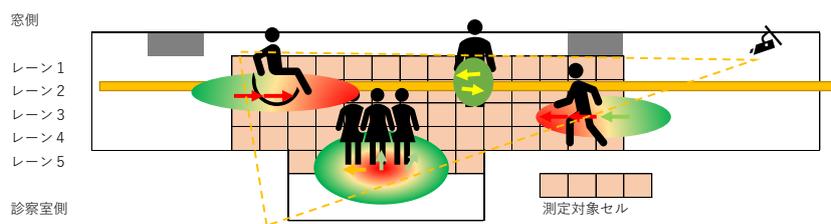


図 23 混雑状況の測定エリア

【比較ポイント】

1)カメラ1~カメラ6のエリア単位での混雑度の比較

2)走行ルート/非走行ルート※1上の混雑度※2

※1 モビリティの自動運転は中央のレーン2とし、レーン1/3/4は非走行ルートとした。

※2 時間帯、曜日毎のモビリティの自動走行時と非走行時の混雑度の変化量を測定した。

(b)混雑状況による複数ルートからの安全な走行ルートの決定

設置する6ヶ所のカメラを3カメラずつに分けAルート/Bルートに分けるとともにレーン毎の混雑状況の比較を行ない、より混雑していないルートをAIが選択することができるかの検証を行う。

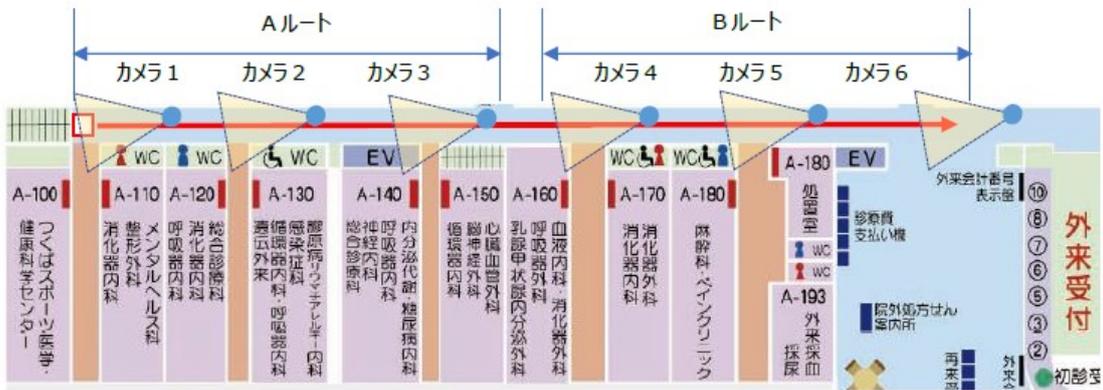


図 24 仮想による複数ルートの選択

(c)アンケートによるモビリティ利用者への安全性の把握

自動運転モビリティに乗車頂いた患者様にアンケートを実施し、走行路上のカメラにより見守りが精神的な負担になったか否かを確認した。

【利用者へのアンケート項目】

- 1)防犯カメラは気になりましたか
- 2)混雑を避けるルートがあると遠回りでも利用したいですか。
- 3)利用した日時と混雑の状況を教えてください。



カメラ設置例

カメラ設置場所 (A棟 1F 廊下)

図 25 カメラの設置例

(d)医療従事者への周囲への情報提供ニーズの把握

医療従事者には、録画映像にもとづく混雑や人流の状態を確認してもらい、混雑解析を使った安全対策のニーズを調査した。

【病院スタッフへのアンケート項目（選択式+自由回答）】

- 1)院内の防犯カメラの映像は見たことがありますか。
- 2)院内で車いすの患者や台車の走行時に危ないと思ったことはありますか。
- 3)（デモ画像を見てもらいながら）タブレットやスマホで混雑状況や車いすや台車の走行状態がわかると院内での事故対策に役立つと思いますか。
- 4)インターネット等で院内の混雑状態や混雑予測を天気予報のような形で通院患者に提供すると混雑緩和や危険防止につながるとと思いますか。

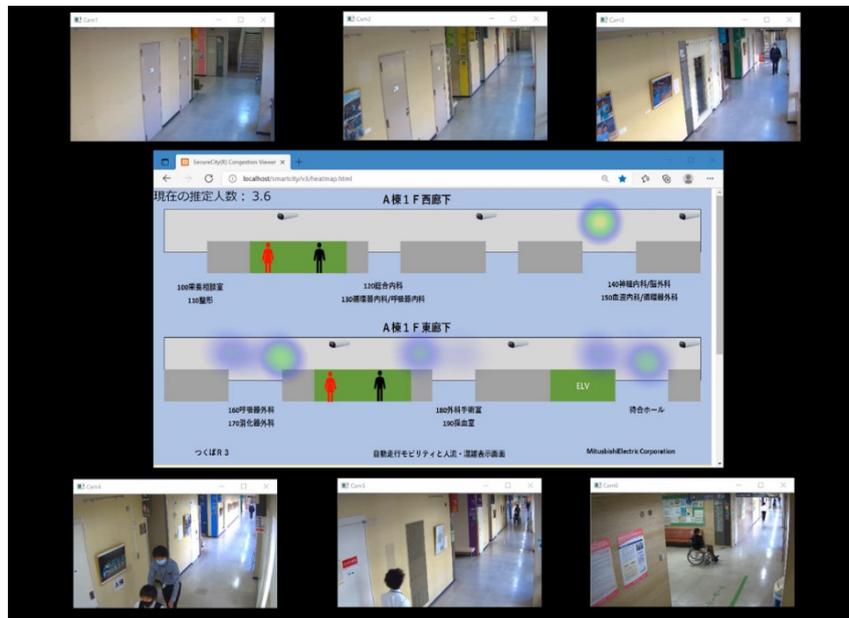


図 26 院内の混雑表示画面例（三菱電機社員による模擬映像）

5 実証実験結果

(1) MaaS アプリやルート最適化 AI の活用による病院行きデマンドタクシー

ア MaaS アプリ及びデマンドタクシーの活用

(ア) 実験結果と分析

スマートシティ実行計画の目標である「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」の実現に向け、デマンドタクシーに対する利用実績把握やアンケート調査を行うことで、満足度から見るユーザーの受容性や今後の実装に向けた課題の洗い出しを行った。

利用実績について以下項目の結果から、エリア毎の利用頻度やよく利用されるルート等を分析し、今後の利用可能性及び実装エリアを検討する。

【実証実験概要】

実験日：令和4年1月17日（月）～2月14日（月）日曜祝日を除いた24日間

運行時間：平日7時30分～16時30分、土曜日7時30分～13時

【実証期間中の MaaS アプリの利用に関する主要な統計情報】

- ・デマンドタクシー利用数：226件（9.42件/営業日）
※往復の場合は、往路・復路をそれぞれ1件として計算。
- ・デマンドタクシー乗車人数：329人（13.7人/営業日、1.46人/一乗車）
- ・相乗りが発生した乗車件数：26件（相乗り発生率 0.115）
※一組で一回の相乗りと数えた場合、相乗り発生回数は13回
- ・デマンドタクシーの予約数：355件
※キャンセルや日時変更等で最終的に乗車に至らなかった場合も含めた予約件数
- ・アプリ DL 数: 269件（Android 130件、iOS 139件）
※いずれも最大値を確認した日の DL 数
- ・クーポン利用数: 17件

a 日別のデマンドタクシー利用数

日別のデマンドタクシー利用数は、平日は1日あたり5～20件の利用があり、午前中のみ運行となる土曜日は1～4件の利用に留まった。（図27）週別にみると、実証実験の後半になるに従って増加傾向（1日あたりの利用者数は、第1週目より順に7.5人、10.8人、7.8人、9.9人、20.0人）にあった。

b 時間帯別のデマンドタクシー予約数

時間帯別のデマンドタクシーの予約数について、予約全体のうち、230件（全体の64.8%。本データの集計が1時間単位のため、08:00～17:00の間を運行時間内として計算）が運行時間内の予約であり、残りの35.2%が運行時間外の予約であった。（図28）運行時間外の予約については、スマートフォンを通じて予約が出来ることの恩恵

と考えられる。また、乗車時刻指定(今すぐ乗車も含む)、降車時刻指定別の予約数は、それぞれ 304 件(全体の 85.6%)、51 件(全体の 14.4%)であった。運行時間外の予約はやや降車時刻指定の割合が高くなっていた。一方で、病院からの移動と思われる 15、16 時台は全件が乗車時刻指定であった。

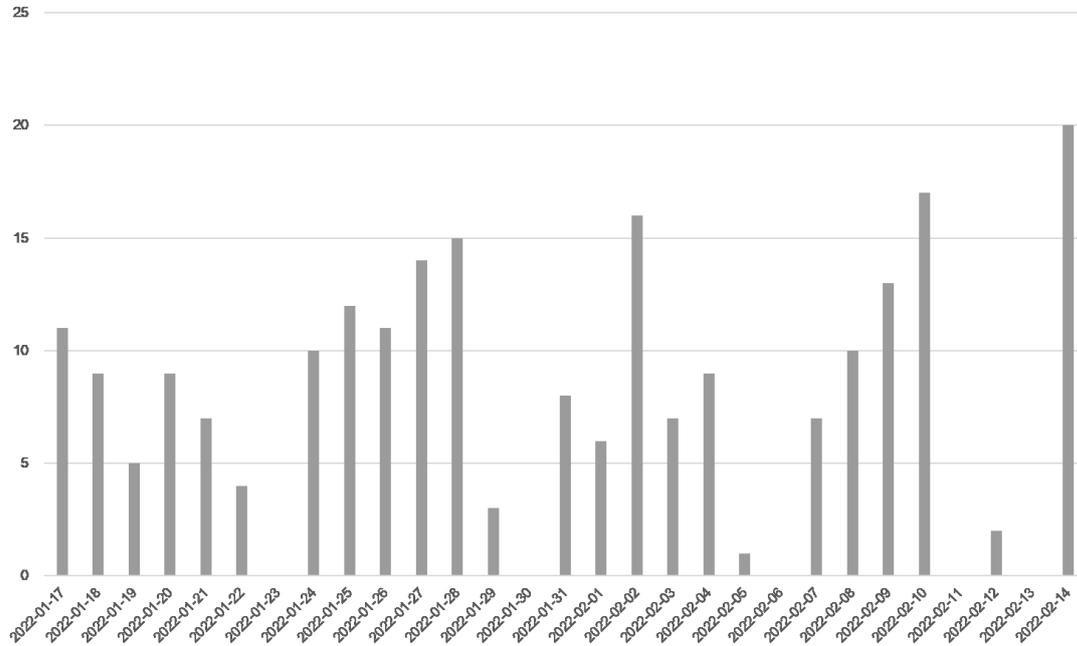


図 27 日別のデマンドタクシー利用数

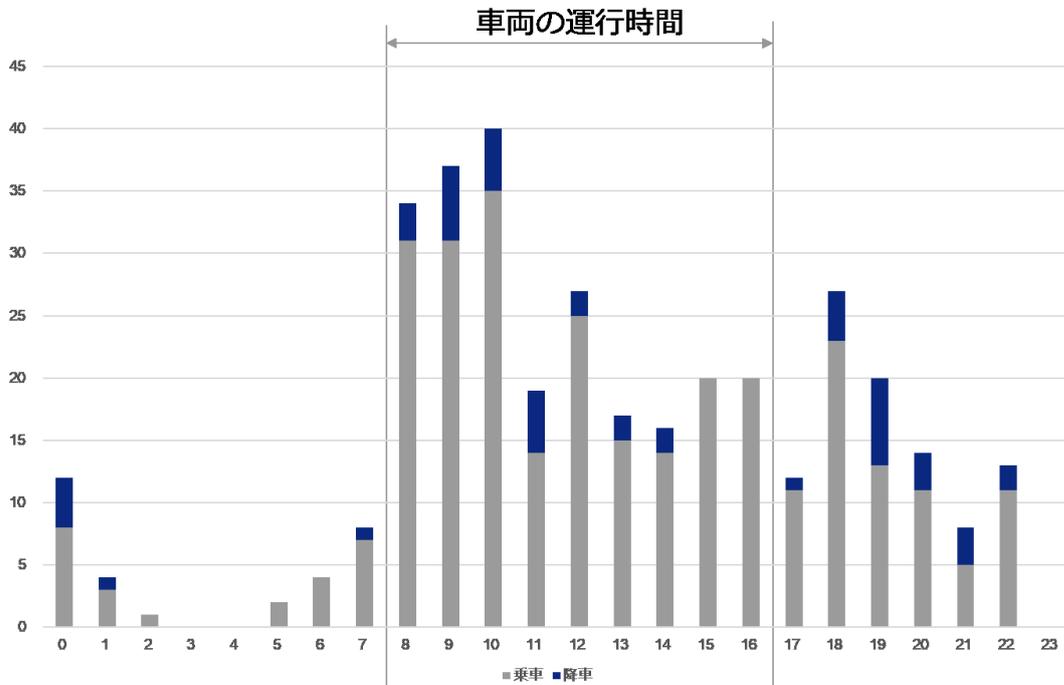


図 28 時間帯別のデマンドタクシー予約数

c ユーザー別のデマンドタクシー利用数

ユーザー別のデマンドタクシー利用数について、ユニークユーザーは70名であり、そのうち37名(52.8%)までが2回以下の利用であった。一方で、7名(10.0%)は8回以上の利用であり、繰り返し利用されている方も一定数いることが確認された。(図29)

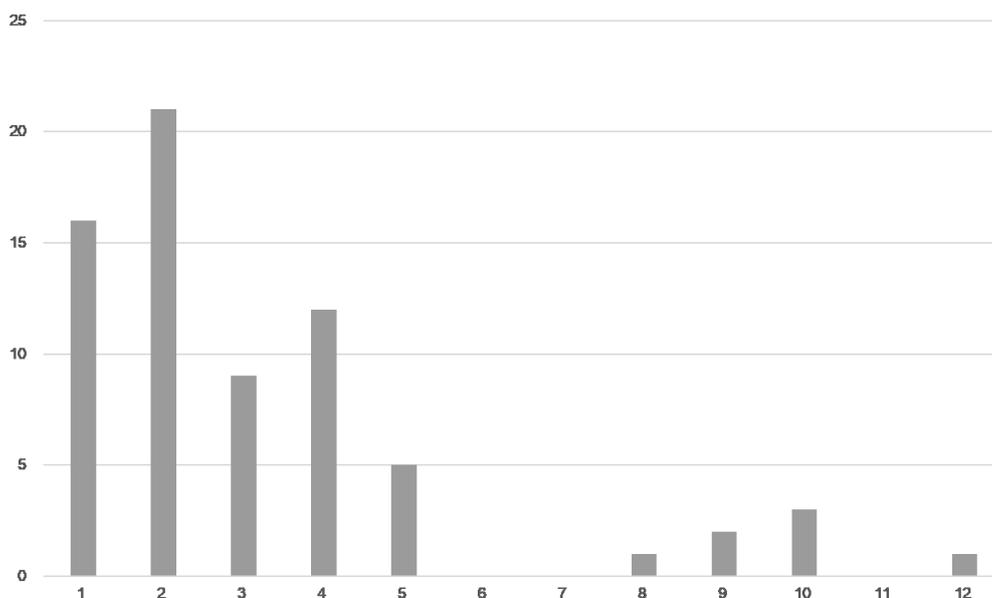


図29 ユーザー別のデマンドタクシー利用数

d 地域単位・病院単位のデマンドタクシー利用数

地域単位、病院単位のデマンドタクシー利用数について、利用者の居住地区は、竹園などの実証実施した病院に近い地区からの利用が多かったが、病院から遠い宝陽台地区からの利用も一定数見られた。(図30) 病院としては、筑波大学附属病院が最も多かった。筑波大学附属病院に隣接した医療機関を利用した方も、目的地として筑波大学附属病院を指定された方がいる可能性がある。

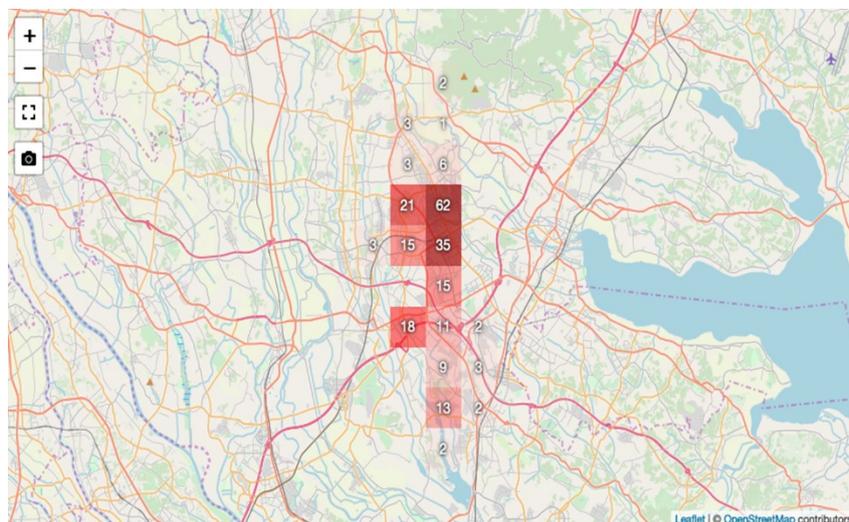
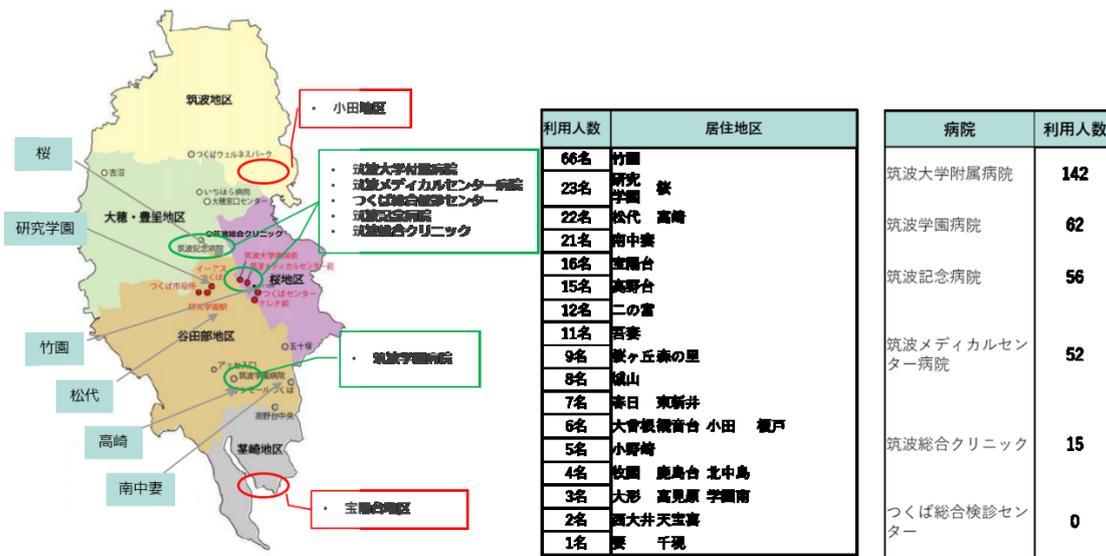


図 30 地域単位・病院単位のデマンドタクシー利用数

e 相乗り乗車成立数

相乗りについては、デマンドタクシー利用数全体 226 件のうち、26 件(11.5%)において発生した。日別にみると、1 日の利用数が多い日に相乗りが発生する傾向にあり、1 日の利用数が 10 件以下の日(計 15 日)において相乗りが発生した日は 1 日のみ(6.7%)であった。1 日の利用数が 11 件以上だった日(計 9 日)のうち、7 日(77.8%)は相乗りの発生があった。(図 31) このことから、デマンドタクシーの利用数が多い日は、相乗りが効果的に機能していること、つまり利用数と相乗り数は相関があることが確認された。

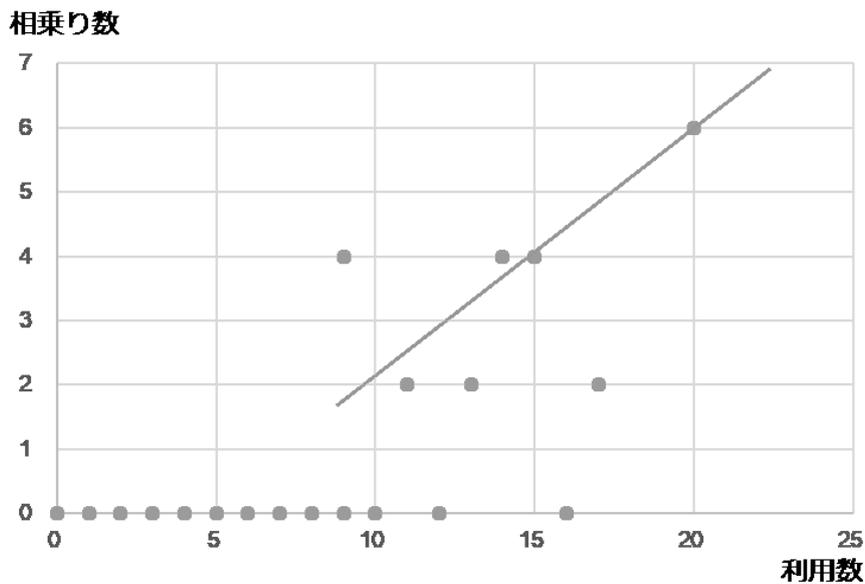
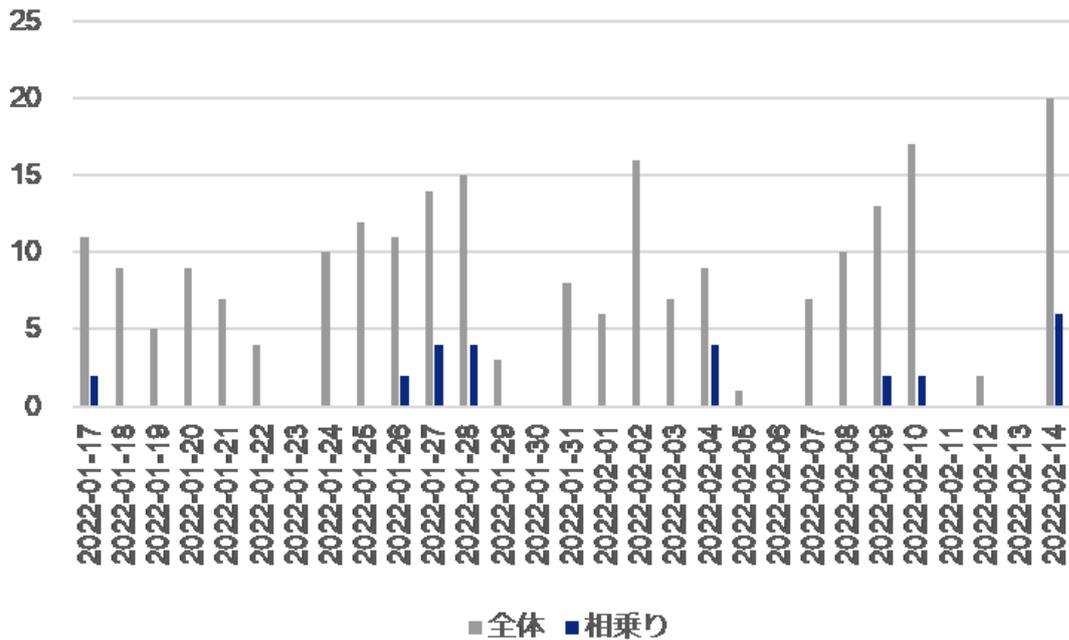


図 31 相乗り乗車成立数

f クーポン利用数

クーポンについては、実証期間中、1回以上デマンドタクシーを利用した者のみが利用できるという条件で運用を行った。店舗毎のクーポンの利用回数については、下記表6の通りであった。通院時に店舗を利用する人の割合が多くなかったため、利用数は上がらなかったものと思われる。

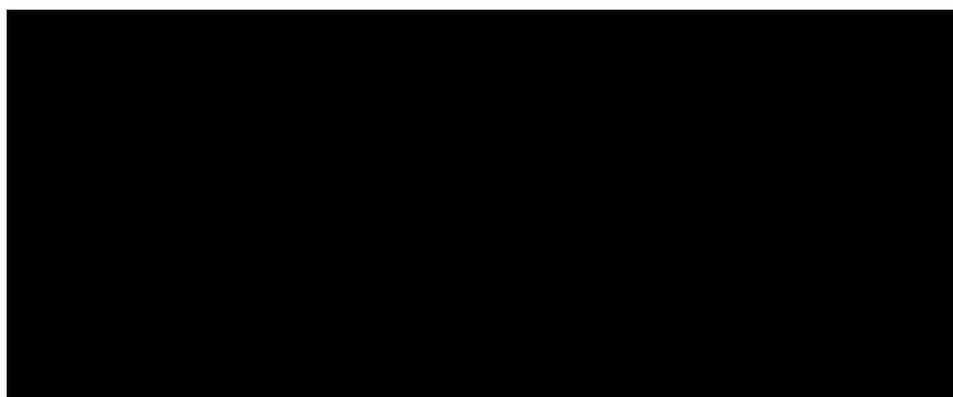
表6 クーポン利用数

店舗名	利用数
ヤマザキYショップ けやき棟12階売店(筑波大学附属病院内)	5
タリーズコーヒー筑波大学附属病院店	6
筑波大学附属病院A棟3階一般食堂	2
レストランほうしゅん(筑波記念病院敷地内)	1
生活彩家 筑波記念病院店	3

g MaaS アプリに関する問合せについて

MaaS アプリに関して、問合せ窓口として、①つくば実証実験事務局（アプリ画面より KDDI 総合研究所のメールアドレスへのメール送信が可能）、②つくばスマートシティ協議会事務局（つくば市役所 スマートシティ戦略室）（チラシに電話番号を掲載しており電話による問合せが可能）の二つを設けた。問合せ件数は、①が 10 件、②が 51 件（来庁 7 件、電話 43 件、FAX1 件）であった。電話での問合せの方が、利便性が高いと感じているユーザーが多いことが確認された。問合せ内容としては、アプリの使い方に関するコメントや問合せが多いこと、電話予約できなかったことへの不満があったことが確認された。（表 7）一方で、サービスの継続やサービス範囲の拡大を望む声も見受けられ、サービスへの期待が高いことが確認された。

表7 問い合わせ内容



h アンケート結果

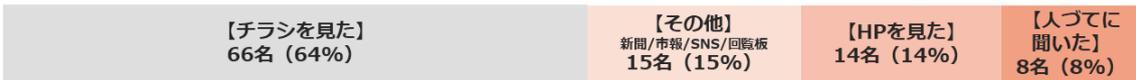
アプリ満足度、デマンドタクシー満足度及び有償時の利用意向を把握し、つくば市での実装に見合った料金設定や優先度の高いエリアの選定、及びアプリ仕様の設定検討に活用するため、アンケートを取得した。

利用者へのアンケート調査の結果、デマンドタクシーが家族負担や移動への不安を軽減させるモビリティとして前向きな評価を多く得られた。また、アプリの使い勝

手向上により、特に高齢者自身や高齢者世代を親に持つ別居家族への更なる利用意向へつながることもわかった。一方、相乗り同乗者を送迎することによる時間の不確定さに対する意見や、目的地や時間拡大の要望も寄せられた。

有償化した場合のサービス受容性についてヒアリングを行ったところ、病院送迎ならではの意見も多く、恒常的に負担なく利用できる料金設定への希望が多かった。また、アプリによる決済完結の期待度が高いこともわかり、今後のサービス仕様に変化する機能としての期待値が高い結果となった。(図 32)

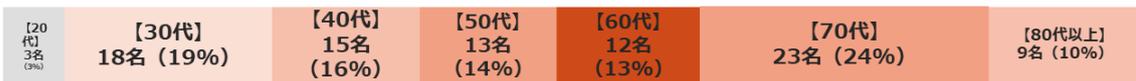
実証実験を知ったきっかけ (回答数 : 103 複数回答あり 無記入:2)



家族構成 (回答数 : 89 無記入 : 5)



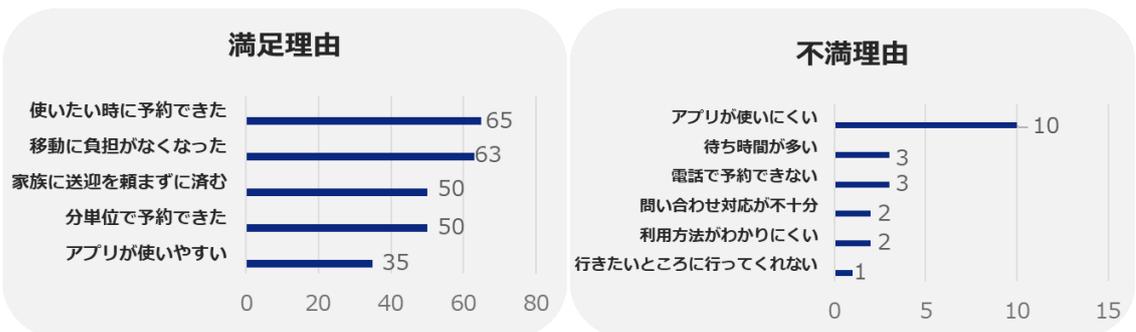
年齢 (回答数 : 93 無記入 : 1)



免許 (回答数 : 91 無記入 : 3)



デマンドタクシーを利用した感想 (回答数:94 無記入:2)



利用意向 (料金設定回答数 : 104 複数回答あり 無記入 : 9 アプリ支払い回答数 : 85 無記入 : 9 サブスク回答 : 88 無記入 : 6)

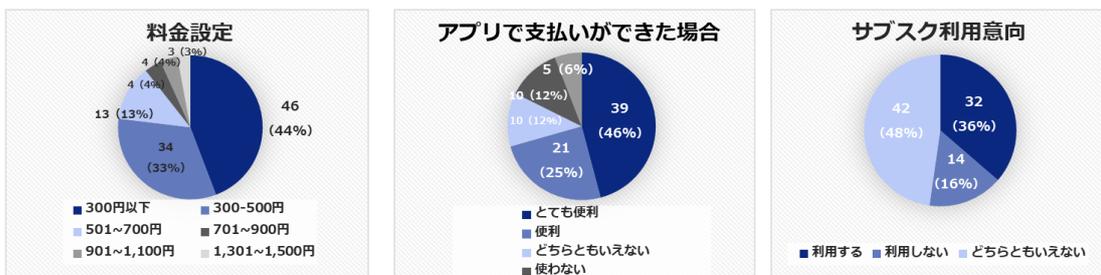


図 32 アンケート結果 (回答者数 94 名 各項目無記入、及び複数回答あり)

○その他アンケートに寄せられた意見

ご意見

【サービス全体】

- ・とても便利で大変助かる。ぜひ実現化してほしい（声多数）
- ・高齢者にはありがたいサービス・高齢の両親の為に役に立つと思うのでぜひ導入してほしい（声多数）
- ・このようなサービスが普及すれば高齢になっても安心して暮らせる街になると思う
- ・免許を所持しているが、返納することを先々考えている。その時には移動手段が公共交通機関しかなくなる為、このようなサービスがあると望ましい。
- ・車を持っていない為、助かる
- ・相乗りの場合、予約時間に間に合うか心配
- ・サービス時間の拡大（特に夕方の終了時間）を希望
- ・行先を増やしてほしい（他の病院や市役所等）
- ・子供が一人で安心して利用できるようにしてほしい

【アプリについて】

- ・とても便利。予約するとすぐに来た。
- ・診察終了後帰宅時に「今すぐ」で予約ができ、助かった。事前予約が不要なところが良い。
- ・時間通りに迎えに来て助かった。アプリ上で分単位で予約可能を確認できるので便利だった
- ・地図で家を指定しているので家を説明なくわかってもらえて便利
- ・つくタクは予約が複雑でとれないこともある為、今回の予約システムはとても便利だと思う
- ・ちゃんと予約が取れているのが不安だったので、アプリ表示等でわかるようにしてほしい
- ・アプリ上でタクシーの位置がわかると助かる
- ・アプリ利用マニュアルが欲しいと思う
- ・一人暮らしや高齢者のみの方はアプリ利用のハードルが高く今回のサービスが利用しづらいかもしれない

【料金について】

- ・ぜひ公共交通機関の1つとして使いやすく低料金で続けてほしい
- ・金額は走行距離で変動しても可能
- ・通院が多く、料金が安ければ利用したい
- ・障害者、妊婦、高齢者のタクシー利用補助券でも支払えるようにしてほしい
- ・親は子の送迎で働けない為、児童発達支援や放課後デイサービス利用者が使えるような移動支援が欲しい
- ・タクシー手配が不便なエリアでは、ビジネスユースであれば料金は高くても使う

(イ) 考察

a デマンドタクシーの利用実績について

今回の実証実験では、車両2台を用いて、1日あたり9.42件の利用、デマンドタクシー利用件数226件に対し、相乗り率（相乗りが発生した乗車件数/デマンドタクシー利用件数）が11.5%であった。結果に示したとおり、1日当たりの利用件数の増加に比例し、相乗り率も向上していることから、利用数を増加させることができれば、相乗り率の向上が期待される。

b MaaS アプリについて

今回の実証実験では、MaaS アプリによる予約のみを対象とした。高齢者のアプリの利用が難しいのではないかとの想定があったが、結果として、60歳代以上の利用者数が全体の47%を占めた事から、高齢者にも十分に受容性があったものと考えられる。

一方で、アプリの操作性に関しては多数のコメントが寄せられており、予約できたことを分かりやすく示すUIや、車両の現在地・到着予定時間などの情報などがあると望ましいという意見があった。

c 店舗クーポンについて

今回の実証では、一部の病院併設店舗を対象にクーポン提供の実験を行った。しかしながら、デマンドタクシー利用数の 1/4 程度(57 件程度)の利用を見込んでいたものの、利用数は 17 件に留まった。店舗との調整に時間を要したことから、デマンドタクシー実証の住民周知時期に合わせることができず、周知が十分ではなかったことに起因すると想定される。

d アンケート結果について

(a)評価全般

○当該実証実験の推奨者数（満足/やや満足）…アンケート有効回答数：92

自宅付近と目的地を AI を用いたデマンドタクシーで走行することについての実装可能性について、アンケート結果から「スムーズに乗車でき、利便性が高い」と評価した利用者が多く、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満足度の高い評価が得られたことについては、AI でのマッチングやルート最適化を行うことにより、これまでの人手によるルート設定では不可能だった直前の予約や、分単位での予約が可能となり、利用者の利便性が向上したことが要因に挙げられる。加えて、期間を通して固定化されたドライバーが運行することにより、ドライバーとユーザーの間での良いコミュニケーションが醸成できたことも不安解消効果に繋がり、高評価につながったと考えられる。

MaaS アプリによる配車を通じ、事前予約に加え即時性のある予約や分単位の予約等、柔軟性のあるデマンド予約が可能であったことが高評価につながっており、予約時間に囚われずユーザーの生活スタイルに合わせて利用可能なモビリティとして受け入れられる可能性が高いと思われる。

次点では、家族による送迎を含む移動の負荷を軽減・回避できたことが挙げられている。自身の免許返納検討や高齢の家族の送迎に対する不安を払しょくできることに関する評価意見が複数確認されていることもあり、当該の課題を解決することにより、高齢者などの交通弱者の外出促進に寄与できると考えられる。

<満足度の高い理由> ※高評価票数：264

1 位：使いたい時に予約ができた（65 票）

2 位：移動に負担がなくなった（63 票）

3 位：分単位に予約が出来た/家族に送迎を頼まずに済む（50 票） ※同数

また、送迎での自動車利用での渋滞発生の抑制にも一定の効果が期待できる。

一方で、不満理由としては、大半がアプリの使い勝手（ユーザビリティ）に関する意見であった。特に送迎時のタクシー位置情報に関する意見が多く、アプリ上でのタクシーの動きや迎車場所を確認できないことから、乗車時に混乱する人が一定数見受けられた。このことが不満理由につながっていると想定される。

<不満度の高い理由> ※不満票数：22

1位：アプリが使いにくい（10票）

2位：電話で予約ができない/待ち時間が長い（3票） ※同率

<目的地について>

今回の実証実験は、病院への通院というユースケースに絞り込み、つくば市が実施しているデマンドタクシー「つくタク」の目的地上位10位に入る病院に限定して、目的地を設定した。一方で、アンケートでは、市役所等公共施設や商業施設等目的地の選択肢拡大の要望もあった。ユーザーの利用意向や交通流解析の結果などを踏まえながら、段階的に目的地を拡大することで、利用者数増につながると考えられる。

<価格受容性>

価格受容性調査の結果、500円以内の料金希望が多い結果となった。地域単位・病院単位のデマンドタクシー利用数（図30）、及びアンケートに寄せられた意見を踏まえると、今回の実証実験では近距離移動が多かったことも一つの理由として考えられる。

1,000円以上の料金設定でも許容できる旨の回答も複数あり、一律の料金設定ではなく、距離やエリアによって料金を変動的に設定しても受け入れられる可能性がある。その際には、利用料金についてわかりやすくするため、アプリ上での料金確認、決済ができるシステムなどの導入も必要であろう。

(ウ)技術の実装可能な時期、実装に向けて残された課題

時期について、既に複数の事業者がAIを活用したオンデマンドモビリティの実装を実現しており、技術的にはすぐにでも社会実装が可能である。ただし、効率的な配車を実現するためには、エリアにおける交通渋滞情報等との連携も必要不可欠となる。

事業継続性の観点においては、需要と供給のバランスが重要であり、タクシーの調達にかかる費用を上回るサービス利用料収入が必要不可欠となる。そのためには、適切な料金設定や需要性のあるエリア選定を行い、ユーザー認知及び利用促進の工夫が必要となる。

一方で、現在の道路運送法上の規定では、自動認可運賃制度により、運賃幅が設定されているが、タクシー事業者と連携のもとオンデマンドモビリティを実装する際には、時間制運賃ではなく、定額運賃による運行を可能にする、運営主体と事業者の間の取り決めにより運賃を決定できるなどの規制の緩和についても検討が必要ではないか。

また、ユーザーからのサービス利用料収入のみではなく、商業施設との連携（クーポン）による送客モデルなど、新たな収益源の創出を検討することも事業継続性の観点で重要となる。収益性向上の観点から、予約受付センターを最小限の体制とするために、

電話ではなくアプリからの予約環境を整備する必要がある。デジタルデバイド解消の観点からも、高齢者がスマートフォンを利用し、本サービスの予約等を簡単に実施できるよう支援する方法（スマホ教室の開催、並びにアプリ利用説明の実施など）も併せて検討する必要がある。

イ デマンドタクシー含む交通施策検討に向けた人流推定分析

(ア)実験結果と分析

a 人流推定分析

(a)地域限定で実施するデマンドタクシーの需要

移動データをもとに、各病院を含むエリアを目的地とした移動情報を分析したところ、ほぼ半数は隣接するエリアからの来院者であることが分かった。（図 33）

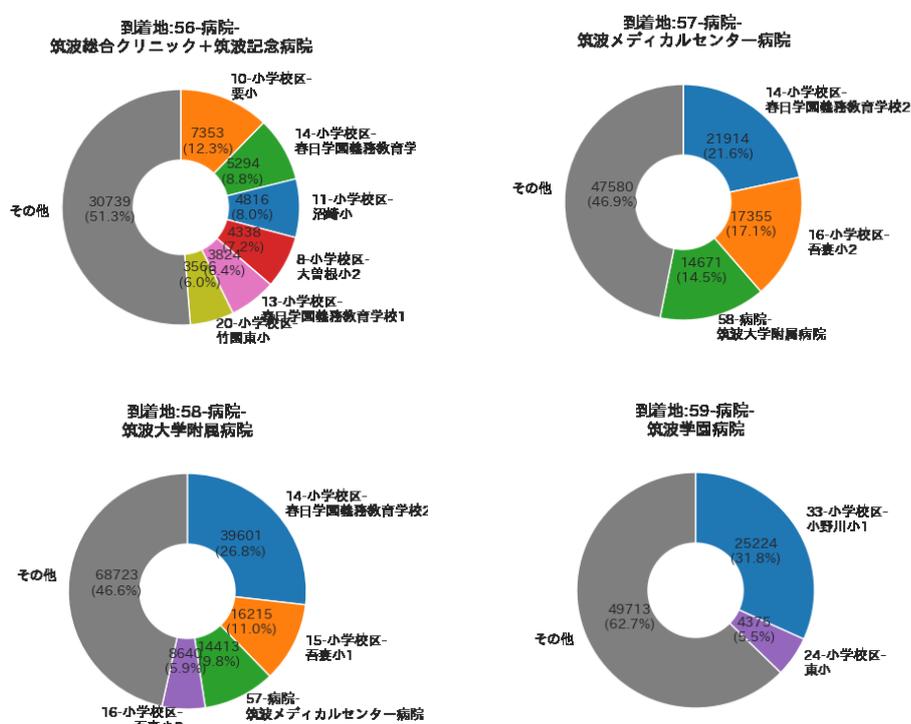


図 33 病院を含むエリアを目的地とした移動情報

今回の実証実験においては、ユースケースを医療 MaaS と定め、高齢化率の高い地域を中心に、様々な住民が活用できるよう、目的地とする病院を「つくたく」目的地の上位 10 位に入る病院と定め、利用者の対象エリアは幅広に設定した。しかしながら、MaaS アプリの利用者情報や移動情報データを分析した結果、いずれも近隣エリアからの来訪者が多いという結果を示していた。

移動データの分析は、医療従事者の移動も含まれることから、利用者（患者）のみ

のデータを示すものではないことに注意が必要であるが、医療従事者も含めた病院に往来する者をデマンドの利用者と想定すると、医療MaaSとしてデマンドタクシー事業を展開する際には、つくば市全域を対象とするよりも、病院を中心とした複数のエリアに分けて展開する方が効率的である可能性が示唆された。

(b)つくば市の地域公共交通計画策定等に有用な知見が得られることの実証

○つくば市における移動需要の可視化

トリップ発生量の多い出発地・目的地の組み合わせ上位 50 件を図 34 及び図 35 に示す。なお、エリア A→B とエリア B→A のトリップ量はほぼ等しい（対称）ことがデータから明らかとなったため、それらを合算した「エリア A・B 間のトリップ量」の上位 50 件を算出している。また、エリア内の移動（エリア A→A）は除外した。

結果によれば、上位 3 件は 2019 年・2020 年ともにエリア 16（小学校区-吾妻小 2）⇔エリア 21（小学校区-竹園西小）、エリア 13（小学校区-春日学園義務教育学校 1）⇔エリア 52（商業施設-イーアスつくば）、エリア 18（小学校区-桜南小）⇔エリア 24（小学校区-東小）であった。

2019 年から 2020 年にかけての総トリップ量の減少にも関わらず、一部では同水準のトリップ量を維持している区間が確認された。具体的には、エリア 24（小学校区-東小）⇔エリア 25（小学校区-二の宮小）は 23 位から 8 位に（産総研などの研究所間の移動や、洞峰公園の絡む移動が含まれると見られる）、エリア 36（小学校区-荃崎第一小⇔エリア 45（特別区域-高見原）は 20 位から 9 位（市街地への移動のため買い物等だと思われる）、エリア 45（特別区域-高見原）⇔エリア 61（小学校区-牛久 2）（同）は 22 位から 13 位に、それぞれ順位が上昇していた。

一方で、トリップ量が急落している区間もいくつか確認された。例えば、エリア 8（小学校区-大曾根小 2）⇔エリア 40（特別区域-大曾根+大曾根小 3）は 9 位から 22 位に（自粛影響の可能性あり）、エリア 15（小学校区-吾妻小 1）⇔エリア 16（小学校区-吾妻小 2）は 13 位から 23 位に（筑波大学生自体がない、あるいは移動の減少と考えられる）、エリア 9（小学校区-栗原小）⇔エリア 15（小学校区-吾妻小 1）は 17 位から 32 位に（同）、エリア 32（小学校区-谷田部小 2）⇔エリア 50（駅-みどりの駅）は 11 位から 26 位に、それぞれ順位が下降していた。

また、上述の結果を地図上にプロットしたものを図 36 に示す。上位 50 件の出発地・目的地エリアの位置関係について、トリップ総量が多いほど太い赤線で示している。2019 年と 2020 年を比較した結果、2020 年は、エリア 1（小学校区-筑波小+菅間小+田井小）⇔エリア 8（小学校区-大曾根小 2）や、エリア 1⇔エリア 38（特別区域-北条）、エリア 11（小学校区-沼崎小）⇔エリア 12（小学校区-上郷小）⇔エリア 42（特別区域-上郷）、エリア 9（小学校区-栗原小）⇔エリア 17（小学校区-九重小 1+九重小 2）といった、市の周辺部の流量が増加するなどの変化が起きた一方、

上位 20 位の変化はほとんどなく、安定した移動需要があることがわかった。

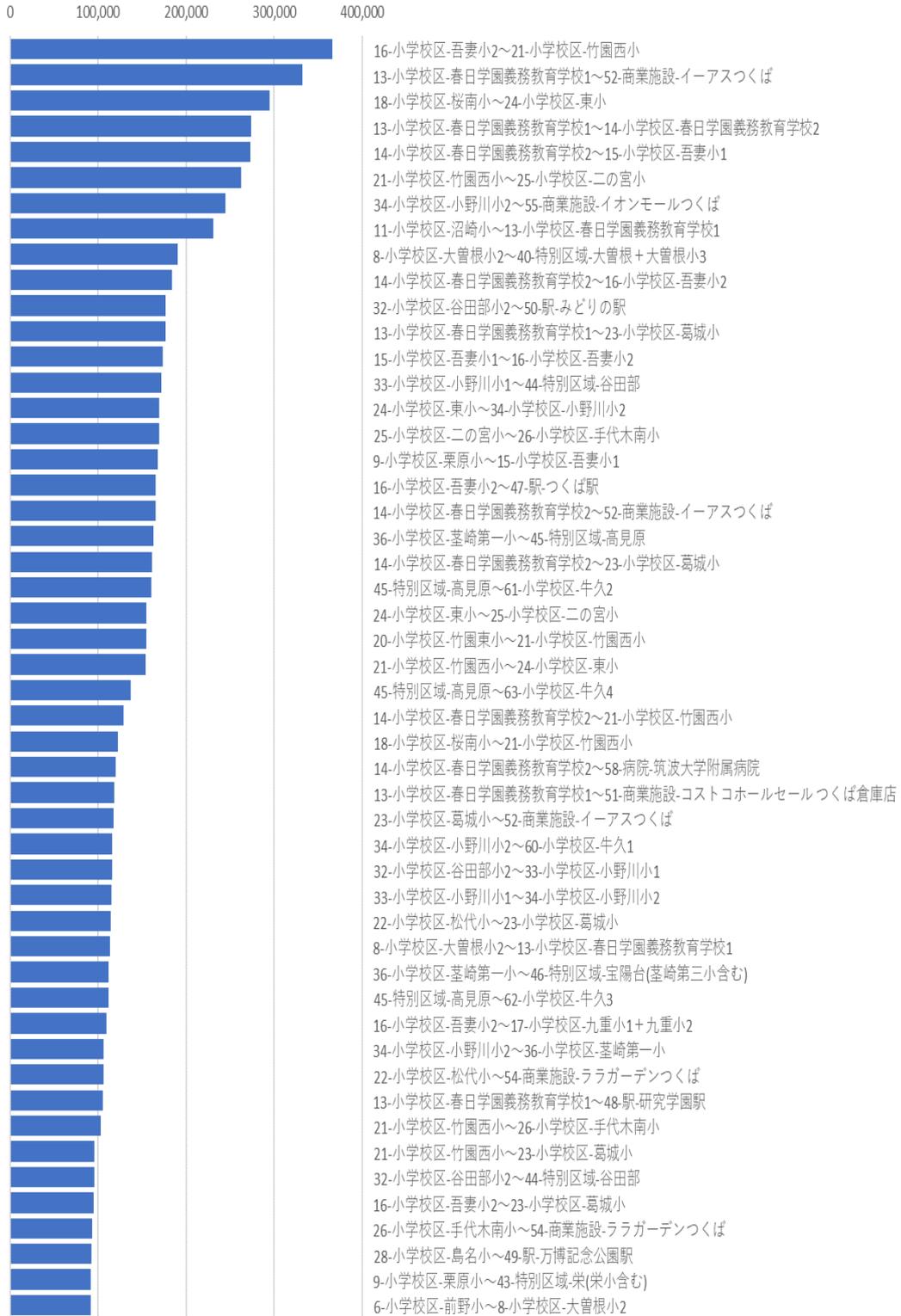


図 34 トリップ量上位 50 件 (2019 年)

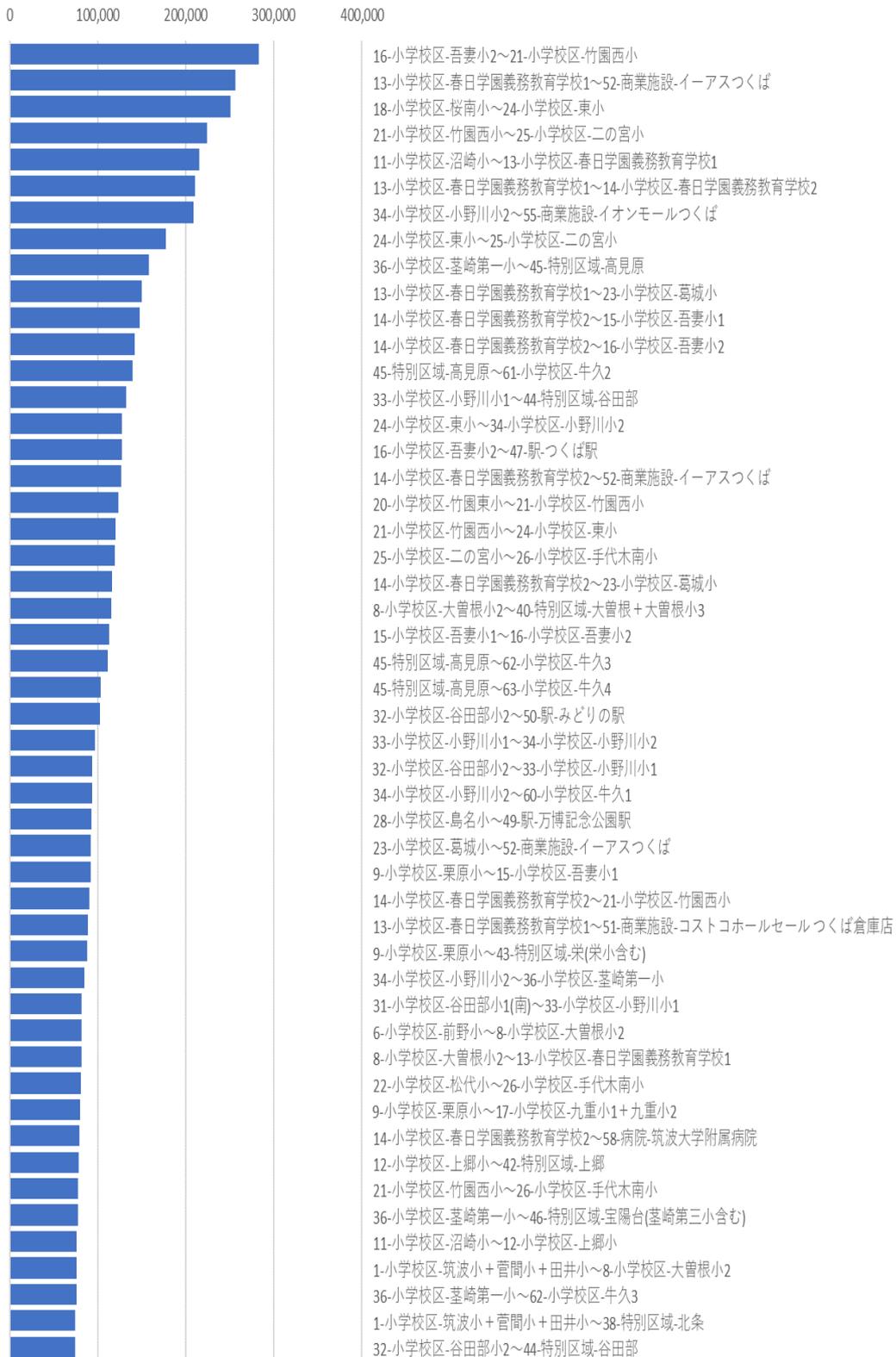


図 35 トリップ量上位 50 件 (2020 年)

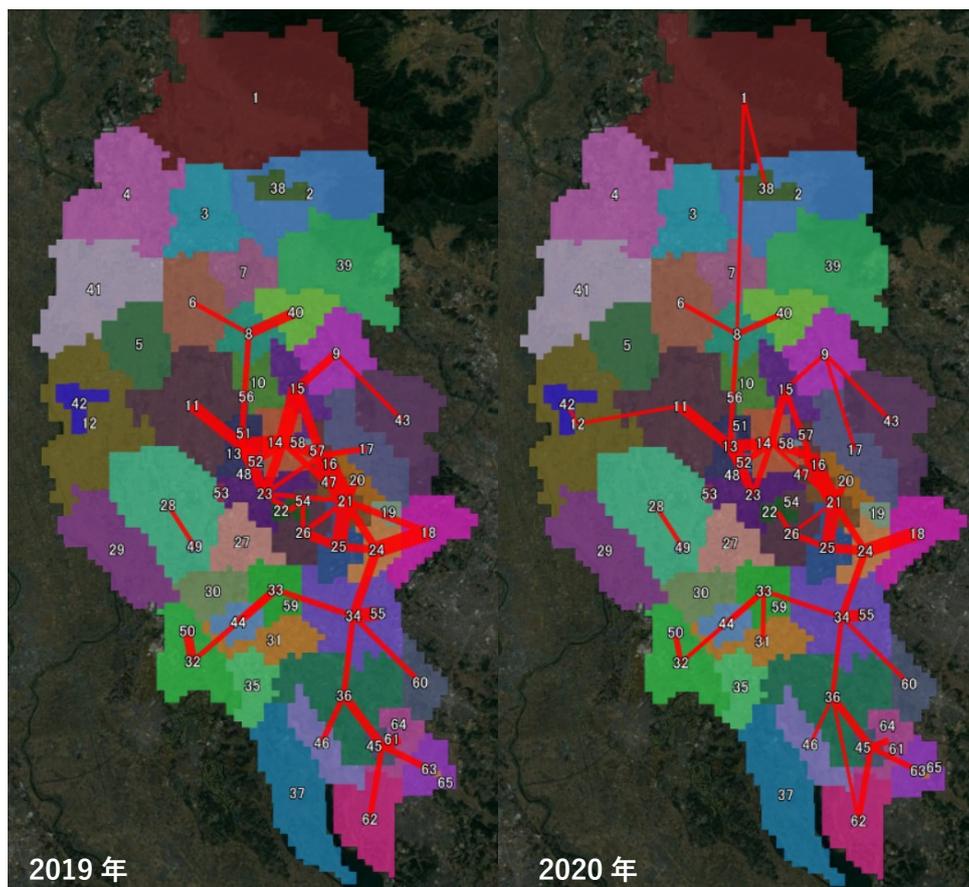


図 36 つくば市における移動需要の可視化

図を見ると、いくつか移動の中心的なエリアがあることが分かる。それらのエリアを中心にタクシーの運行エリアを設計するなど、新たな施策の発想にもつながる。

また、本実証においては、新型コロナウイルス感染症の影響を考慮する観点から、2019年及び2020年のデータを取得したが、これらを比較することで、移動に変化が起きていることが分かる。

例えば、図 36 を見ると、2019年から2020年にかけてエリア 9 からエリア 17 への移動が増加していることが分かる。推測にはなるが、エリア 17 には2020年9月に大型物流拠点が開業しており、この施設に勤務する者などの移動が新たに発生したものではないかと想像される。移動情報の分析は、このような短いスパンでの移動需要の変化をとらえるため、タクティカルアーバニズムのようなニーズを柔軟にとらえて施策を改善していく手法に有効に用いることができる。

今回設定した、詳細な分析を行いたい地区である、特別区域の中で、特に需要が多いエリアはエリア 45（特別区域-高見原）とエリア 46（特別区域-宝陽台）であり、高齢者の割合が高い両エリアにおいても移動需要自体は小さくないことが明らかとなった。また、最南部に位置する両エリアのいずれも、移動需要の約半数は市外への移動であり、うち1割前後は牛久市への移動であった（図 37）。

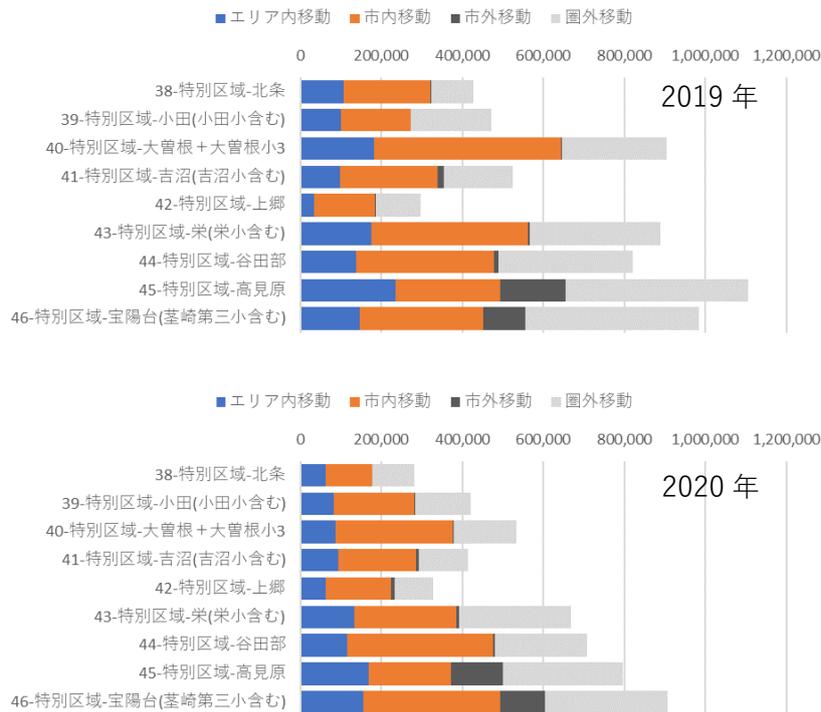


図 37 エリア別トリップ発生量

また、これらの特別区域の移動手段について見ると、牛久駅のあるエリア 62（小学校区-牛久 3）が関連する移動を除いては、ほぼ自動車と徒歩から構成されていることが可視化された。（図 38）特に南部の地域においては、行き先をつくば市内に限定せず、一部、市外の生活圏に目的地を拡大することが重要であることが分かる。一方で、そのためには、近隣市町村の公共交通活性化協議会等との調整が必要になる。

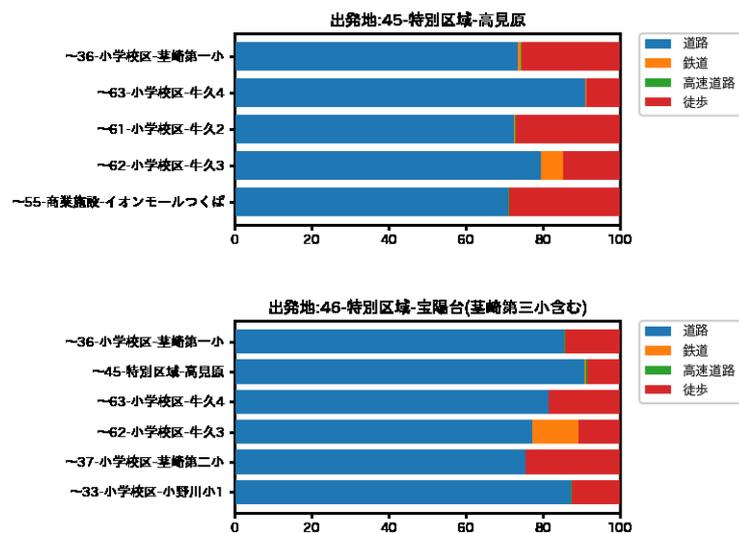


図 38 特別区域 45 及び 46 の移動手段の可視化（2020 年）

また、今回の検証においては、移動手段において、自家用車とバス区別をつけることができていない。より正確なデータとして交通施策に役立てるためには、自家用車による移動情報を区別する手法が必要である。他の事例では、バスロケーションデータや、バス乗降に用いるICカードデータ情報からバスの利用を推測し、反映させている事例もある。また、自動車メーカーでは、自動車の走行記録をデータとして取得しているものもあり、このようなデータを組み合わせて自家用車による移動を明確にすることで、さらに詳細な分析を行うことができ、交通施策の立案に生かすことができると考えられる。

(c)高齢者等の外出促進に向けて

高齢者の外出促進について、65歳以上の外出率が高いエリア40（大曽根地区）、エリア41（吉沼地区）、エリア42（上郷地区）（表7（b））における、外出の目的地を移動データから分析すると、行き先の上位地区にはスーパーマーケットやホームセンター、ドラッグストアなど、生活用品の購入先となる店舗が集中する隣接エリアであった。（図39）デマンド交通による外出促進を促すためには、今回示されたような生活用品購入先の集中するエリアを目的地にすることが有効であることが示唆された。また、こういった施設に隣接する形で、高齢者等の生きがいつくりの活動を展開する設備等を設置することも有効と考えられる。

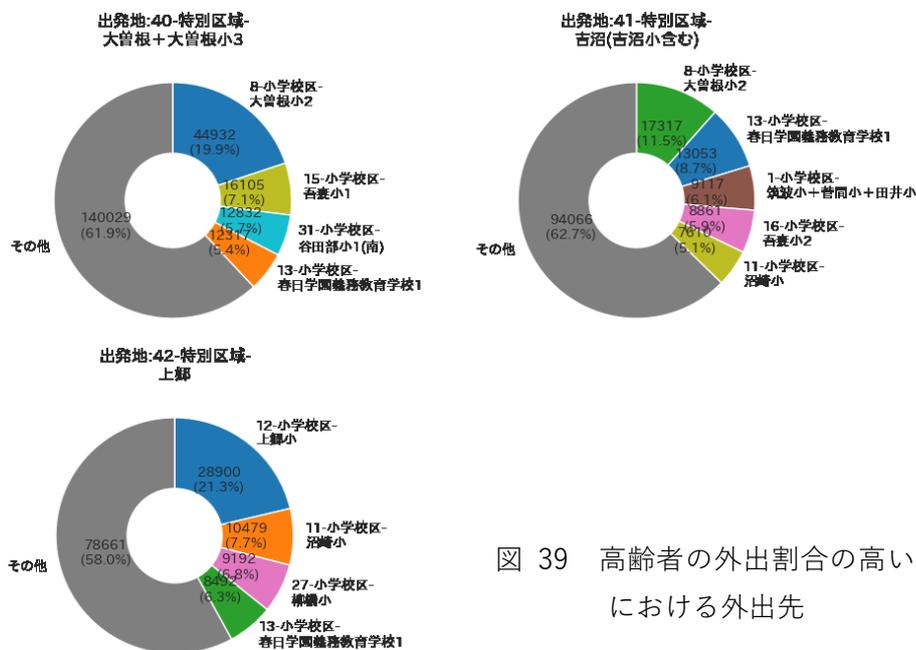


図 39 高齢者の外出割合の高い地域における外出先

表7 特別区域における年代別の外出率

(a 2019年、b 2020年、c 2019年と2020年の差)

エリア名	-34	35-49	50-64	65-	全年齢
38-特別区域-北条	18.6%	51.5%	55.4%	44.3%	46.8%
39-特別区域-小田(小田小含む)	4.9%	37.0%	28.3%	40.7%	30.8%
40-特別区域-大曽根+大曽根小3	41.3%	66.4%	57.1%	46.7%	56.8%
41-特別区域-吉沼(吉沼小含む)	53.6%	25.3%	51.2%	79.5%	47.8%
(a) 42-特別区域-上郷		29.1%	48.6%	37.2%	36.1%
43-特別区域-栄(栄小含む)	63.9%	40.0%	40.7%	56.6%	43.5%
44-特別区域-谷田部	18.0%	37.5%	51.0%	24.8%	36.3%
45-特別区域-高見原	53.8%	45.1%	47.5%	56.7%	48.6%
46-特別区域-宝陽台(荃崎第三小含む)	49.2%	42.1%	29.6%	43.5%	40.0%

エリア名	-34	35-49	50-64	65-	全年齢
38-特別区域-北条	32.6%	49.8%	54.8%	38.2%	47.2%
39-特別区域-小田(小田小含む)	37.1%	47.6%	48.8%	44.0%	45.8%
40-特別区域-大曽根+大曽根小3	56.6%	70.9%	68.5%	47.8%	60.8%
41-特別区域-吉沼(吉沼小含む)	44.4%	47.4%	56.9%	51.7%	52.8%
(b) 42-特別区域-上郷	24.0%	57.0%	58.5%	59.0%	55.7%
43-特別区域-栄(栄小含む)	39.6%	49.7%	51.0%	47.4%	46.6%
44-特別区域-谷田部	29.1%	54.5%	54.1%	37.7%	46.4%
45-特別区域-高見原	58.1%	51.2%	59.2%	51.0%	54.3%
46-特別区域-宝陽台(荃崎第三小含む)	20.8%	54.8%	52.2%	48.5%	50.6%

エリア名	-34	35-49	50-64	65-	全年齢
38-特別区域-北条	0.14	▲ 0.02	▲ 0.01	▲ 0.06	0.00
39-特別区域-小田(小田小含む)	0.32	0.11	0.20	0.03	0.15
40-特別区域-大曽根+大曽根小3	0.15	0.04	0.11	0.01	0.04
41-特別区域-吉沼(吉沼小含む)	▲ 0.09	0.22	0.06	▲ 0.28	0.05
(c) 42-特別区域-上郷		0.28	0.10	0.22	0.20
43-特別区域-栄(栄小含む)	▲ 0.24	0.10	0.10	▲ 0.09	0.03
44-特別区域-谷田部	0.11	0.17	0.03	0.13	0.10
45-特別区域-高見原	0.04	0.06	0.12	▲ 0.06	0.06
46-特別区域-宝陽台(荃崎第三小含む)	▲ 0.28	0.13	0.23	0.05	0.11

○コロナ禍の影響の可視化

コロナ前の2019年とコロナ禍に入った2020年を比較した結果、つくば市内を出発地とした発生トリップ総量は約18%減少しており、全体として移動自粛の影響が確認された。その度合いは一様ではなく、個別のエリアで見ると減少量の多い地域(例えばエリア15(小学校区-吾妻小1)で約50%減少)も含まれていた。一方で、外出率の観点ではほぼ横ばいか微増で、牛久市の病院への移動も約2%減に留まっており、コロナ

禍によって、生活に必要な最低限の外出（通院、買い物等）に絞って活動する傾向にあるものと考えられる。また、市全体を見た場合、エリア 1（小学校区-筑波小+菅間小+田井小）⇔エリア 8（小学校区-大曾根小 2）や、同エリア 1⇔エリア 38（特別区域-北条）、エリア 11（小学校区-沼崎小）⇔エリア 12（小学校区-上郷小）⇔エリア 42（特別区域-上郷）、エリア 9（小学校区-栗原小）⇔エリア 17（小学校区-九重小 1+九重小 2）など、絶対量としてはあまり多くはないものの、トリップ量の上位 50 件の面的な広がりが拡大していることが見られた。一方で、上位 20 位の変化はほとんどなく、上位に位置するエリア間の移動には、安定した需要があることがわかった。

ウ 人流推定の高度化

(ア)定性評価（可視化）の結果

図 40 に従来法、図 41 に人流推定高度化による可視化結果を、それぞれ示す。従来法は 250m メッシュ単位での推定となるため、人口の集中しているエリアについてその対象となる施設がどこであるかがはっきりしない。一方で、高度化による推定結果では、イーアスつくばや筑波大学附属病院、ホテル日航東京といった施設単位での人口集中が確認できる（本手法では、入力データとして地点名や施設属性といった地図情報は用いていない）。人口があまり多くない場所についても同様に、地図上のマーカーに沿って人の集まりが生じていることが判別できた。

本技術の活用により、従来は人口や誤差の観点で GPS のみでは分析が難しい地域であっても、細かなメッシュ粒度で人流の可視化・分析が可能となることがわかった。実際に導入する際には手動による交通量調査ではなく、人流計測機能を有するスマートポール等の設置が考えられるが、交通量調査の計測地点（図 17）以外も含めて人流の詳細化ができていることから、限られた設置数であっても、広域での人流の詳細化の実現が期待できる。



図 40 従来の方法による可視化の結果

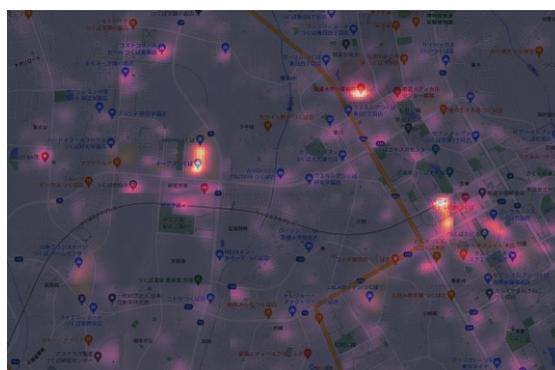


図 41 人流推定高度化による可視化の結果

(イ)定量評価（推定精度検証）の結果

9つの計測地点における正解人口と推定人口の決定係数 R^2 は、従来法で 0.380、人流推定高度化で 0.741 であり、人流推定高度化により、推定精度を大きく改善できていることが確認できた。

(ウ)考察

a 観測データ数と分析目的に照らした分析仕様の決定

人流分析のデータソースであるスマートフォン位置情報は、au 契約者のうち位置情報提供に許諾したユーザーに限られ、実際の地域人口より少ないため、分析時に日本人口分布に基づく拡大推計を実施している。分析ではエリアや性年代別、時間帯別等に分割して行うため、条件によっては、元のデータ数が 0 人の分析区分が発生した。この場合は拡大推計が行えないため、そのような区分が生じないような区分設計（エリア・性年代区分の定義）が必要となる。

エリア定義については、当初 94 エリアで分けられていたが、各エリアの滞在者のユニークユーザ数を簡易集計した上で、人数が少なく性年代で分割した際に 0 人の区分が発生するリスクが高いエリアについては統合・廃止を行い、65 エリア（表 3）にまとめた。

同様に性年代の区分についても、当初はパーソントリップ調査に準拠した 5 歳刻みの 17 の区分を想定していたが、0 人の区分が生ずる懸念を踏まえ 6 の区分に統合した後、実際の分析結果を見て、最終的に現在の 4 区分に統合した。今回の実証実験から、移動データを交通施策等に生かすためには、分析で明らかにしたい内容を事前によく検討し、その為に必要な仕様を定めることが重要である。

b エリア定義の方法について

各エリアの領域の定義については、小学校区や中学校区に準拠する場合は国土交通省が国土数値情報として公開している*シェイプファイルが利用可能であるが、今回のように独自のエリア分けを行う場合は、別途ポリゴン（多角形を構成する各点の緯度経度）又は地域メッシュコードで定義する必要がある。しかし、複雑なエリア形状の多数の頂点座標を取得したり、つくば市の 4,000 以上に及ぶ 5 次地域メッシュコードを全てリストアップしたりすることは現実的ではない。そこで今回は、Google Earth 上に前述の小学校区のシェイプファイルをベースモデルとして表示し、その上に別途画像ベースで作成したエリア定義マップを重畳表示し、小学校区からの差分に注目して手動で必要箇所の地域メッシュコードを確認する方法で対応した。今回の人流推定に限らず、交通政策検討の基礎情報としてのエリア設計やその定義の組織間でのやりとり・確認のために、標準的なビューアやエディタが整備されることが必要である。

c より詳細な人流可視化の可能性

今回の人流分析にあたっては、人口が少なく十分な位置情報データが得られないエリアについては事前に統合したエリアを定義した。特に、病院や駅といった施設レベルでの移動需要を推定する場合にはエリアの範囲は小さくせざるを得ず、結果として来訪者の多い主要施設以外は今回の分析対象から除外せざるを得ない状況があった。これに対して、GPS 位置情報以外の交通量調査データを併用した人流推定高度化の検証結果によれば、イーアスつくばのような主要な施設以外にも、施設レベルでの人流の濃淡が可視化できる可能性が確認された。今回詳細な人流の可視化を実施したのは限定的なエリアのみであるが、交通量調査の計測地点以外も含めて可視化が行えていることから、実際の導入の際にも、多数の計測地点を設けることなく、広い範囲の詳細な人流の可視化ができる見込みが得られた。将来的にはこの技術を用いることによって、よりきめ細かな粒度での移動需要を可視化し、交通政策の検討に活かすことができると考えられる。

(2) 生体認証による病院事前受付

ア 実験結果と分析

(ア) 実証実験の結果

①システム精度の確認（筑波学園病院顔認証ログより）

No	項目	目標値		実測値	備考
1	タクシーでの顔認証	認証率	95%以上	95.1%	データ数：41
2	診療受付での顔認証	認証率	95%以上	96.3%	データ数：27

②ユーザー体験の向上（疑似患者アンケート結果（3名）より）

No	アンケート項目	目標値		実測値	備考
1	顔受付の使い勝手 （5段階）	4以上評価	70%以上	100.0%	
2	体感待ち時間の改善 （5段階）	4以上評価	70%以上	33.3%	
3	ブロックでの顔受付の 使い勝手（5段階）	4以上評価		100.0%	
	顔認証を活用した今後の 病院サービスとして 期待するもの				
3	①顔認証での診療費等 決済サービス			42.9%	
	②病棟等の面会時の入 退室管理			14.3%	
	③急搬送時の個人情報 確認			28.6%	
	④診票の事前作成の管 理			14.3%	

※その他として「予約状況の確認」「マイナンバーカードとの連携でカードレスサービスの実現」との要望あり



図 42 タクシー車内での顔認証による病院受付 図 43 診療科受付での顔認証による本人確認

③病院側オペレーションの改善（筑波学園病院様アンケート（19名）より）

No	アンケート項目	目標値	実測値	備考
1	タクシー乗車時の時間が分かることにより患者の来院予定が分かるメリット（5段階）	4以上評価	70%以上	84.2%
2	再来受付機を通らず直接診療科のブロックに進めることのメリット（5段階）	4以上評価	70%以上	94.7%
3	本人確認を顔認証で行うことのメリット	4以上評価		94.7%
4	顔認証を活用した今後の病院サービスとして期待するもの ① 顔認証での診療費等決済サービス ② 病棟等の面会時の入退室管理 ③ 急搬送時の個人情報確認 ④ 診票の事前作成の管理			26.5% 34.7% 22.4% 16.3%

※ その他として「出勤管理への活用」の要望あり

④将来的な顔認証導入について（筑波学園病院患者アンケート（207名）より）

No	アンケート項目	目標値	実測値	備考
1	顔写真提供の抵抗感なし		73.0%	
2	顔写真での事務手続きのメリット		31.8%	
	① 診察券の代わりになると良い		12.4%	
	② 支払いが顔認証でできると良い		25.4%	
	③ 受付機・保険証確認機の代わりになると良い		24.9%	
3	顔写真を活用した今後の病院サービス			
	① 顔認証での診療費決済サービス		23.2%	
	② 病棟などの面会時の入退室管理		23.7%	
	③ 救急搬送時の個人情報確認		25.3%	
	④ 問診票の事前作成の管理		20.1%	

(イ)実証実験の分析

新型コロナウイルス感染症の影響もあり、実証内容を一部変更することとなったが、実際の患者や医療従事者に運用の中で利用してもらい、目標値に対する検証を行うことができた。加えて、200件以上の患者へのアンケートを行うことにより、顔認証への抵抗感の有無や今後の事業への期待についても把握することができた点は実用化に向けて大きな収穫だったと考える。

a システム精度の確認

認証率について、目標値は達成することができたが、数件の認証エラーが見られた。マスク着用の上での運用においても問題ないことは確認できた一方で、該当システムへの顔の写し方、視線の固定など、患者自身で運用する際にはエラーが発生する可能性があり、よりユーザーが使いやすいシステムの検討が必要であることが明らか

になった。

b ユーザー体験の向上

新型コロナウイルス感染症拡大の影響等により、疑似患者による調査数は少なくなった。このような中で、使い勝手については極めて高い評価を得られたが、一方で、当初想定していた、「受付待ち時間の改善」については、筑波学園病院においては、すでに待ち時間の短縮の取り組みを進められていたこともあり、大きな改善につながらなかった。

また、アンケートの回答として、決済サービスや救急搬送時の個人情報の確認、その他、予約状況の確認やマイナンバーカードとの連携によるカードレスサービスの実現等の要望もあり、今後、他の病院等へ展開を図る中で、導入先施設や患者のニーズを確認しながら、ニーズを満たすシステム構成や、費用対効果を検証し、さらに実証を重ねる必要がある。

c 病院側オペレーションの改善

医療従事者 19 名に対するアンケートの結果、当初想定した通り、患者の来院予定が分かることや、再来受付機を通らずに診療科に進めること、本人確認を顔認証システムで行えることに対してメリットを感じる者は多く、想定していた目標値を大きく上回った。また、その他として、出勤管理への活用という要望も見られた。これらのアンケート結果から、顔認証システムによる受付、個人認証は医療従事者にとって期待が大きく、十分に普及し得るものと考えられる。

d 将来的な顔認証導入について

筑波学園病院に通院する患者 207 名に対してアンケートを行った結果、7 割以上の患者が、顔認証用の顔写真の提供に抵抗感はないと回答した。顔情報という機微な情報を扱うにあたり、有益な知見である。一方で、3 割弱の患者は抵抗感を示していることから、顔写真の提供に対するリスクイメージよりも利便性が上回るよう、より機能を向上させていく必要がある。

アンケートの中では、診察券の代わりになることのほか、救急搬送時の個人情報確認や保険証等の代わりになること、病棟などの入退室管理、診療費の決済サービスなどに顔認証を使用することが望まれており、スムーズな情報連携ができるシステムを構築し、今後さらに実証を重ねていく必要がある。

e 持続可能性の観点からの考察

本実証においては、期間及び機能範囲を限定してセキュリティ対策を講じることで、目標を達成することができた。一方で、持続可能性を考慮した場合、システムの導入やランニングコストを考えると、更なる費用対効果や、実証実験の結果に記載し

たような、患者・病院職員の満足度の向上に繋がるようなサービス・取り組みの追加を行うことが必要である。

f 役割体制の観点

本仕組み自体は実証実験の結果にもあるように、「顔認証での診療費決済サービス」や「救急搬送時の個人情報確認」などのサービスへの発展が望まれている。これらの取り組みに発展させるには、1病院の情報のみで運用することよりも、地域などより広い範囲で運用することにより大きな効果が得られると想定される。そのため、顔情報など機微な情報を扱うことから、その情報取得の促進や管理を行う役割・体制を明確にすることが求められる。

(3)自動運転パーソナルモビリティによる患者の安心、安全な搬送

ア 自動運転パーソナルモビリティによる患者の搬送

(ア)実験結果と分析

a 定量評価

病院に対する聞き取り調査等により、車椅子プッシュサービスが多いルートについて調査を行った結果、今回の実証実験に使用したモビリティが走行できない屋外（正面玄関～駐車場）が多く、数値での比較が困難であり、本実証における定量的な評価は断念した。

b 定性評価

(a)患者に対するアンケート結果

- ・自動運転の乗り心地については5段階評価のうち57.8%が最高評価、24.1%が4評価となっており、約8割の患者から4以上の高評価を得た。
- ・危ないと感じた場面については、72%が「ない」という回答であったが、混雑時等においてモビリティと歩行者との接近があった際に、危ないと感じた患者が複数いた。
- ・次回以降の利用希望について5段階評価のうち、4以上の回答が8割以上を占めた。
- ・満足度については、5段階評価のうち6割が最高評価、約2割が4評価となっており、約7割以上が4以上の評価であった。

(b)医療従事者に対するヒアリング結果

- ・自動運転モビリティの導入により車椅子プッシュサービス負担軽減に繋がるかを聞き取った結果、約7割が「効果がある」と回答した。
- ・自動運転モビリティの設置については、バッテリー交換やサービス準備等の負担があるものの、あったほうがよいという回答が5割を占めていた。
- ・一方で、整形外科前の狭い廊下や混雑したエリアでは自動運転モビリティが走行できず（障害物検知機能により人を検知してモビリティが停止する）、運用には一定の課題があるとのコメントがあった。
- ・今回の実証実験の対象者は「ある程度歩行可能だが長距離歩行が困難な患者」と設定したが、そういった患者は少ないのではないかという意見があった。

(イ)考察

定性評価においては、患者の利用満足度調査結果が概ね良好であったことから、施設利用満足度は一定程度向上したものと推察され、また、医療従事者や病院関係者へのヒアリングの結果、負担軽減について「効果あり」との回答が7割を占めていたことから、医療従事者の負担軽減には繋がるものであると考えられる。

また、先進的な技術導入や実証実験に使用したモビリティのメディアへの露出もあり、医療従事者や病院関係者、患者からの注目度も高かったことから、一定程度の満足度に繋がったものと思われる。

一方で、今回実証に用いたモビリティは、障害物に対し停止はするものの、回避行動をとることがないため、通路の狭いルートや混雑したエリアでは、病院関係者による介入が必要となることから、必ずしも病院関係者の工数削減に繋がるとは言えない場合がある。また単一フロア内での移動だけでは利便性が低いことも明らかになった。

(ウ)技術の実装可能な時期、実装に向けて残された課題

通路の狭いルートや混雑エリアでの走行時の工夫や技術開発、多層階移動のための技術開発や運用の工夫をすることで、より利便性の向上を目指す必要がある。

モビリティが使用可能な大きさのエレベーターが用意され、施設内のエレベーターシステムとの連携が可能とれば、フロア間の移動もできる可能性があり、複数フロアや長距離の移動を要する診療科、検査室間の移動などが可能になれば、より利便性が向上し、病院における導入メリットも高まる。

また混雑した環境下においてもスムーズで安全、安心な走行を実現できれば、大型商業施設やコンベンションセンターといった広い施設環境における導入も期待される。

これらの施設に導入が加速されると、高齢者や足の不自由な方にとっての住みよいまちづくりができ、また彼らの外出意欲にも繋がることから、引きこもりの防止による、外部コミュニティとの接触、コミュニケーションの増加、軽度の運動等の副次効果も期待される。

一方で、上記開発には時間を要することから、まずは導入できる施設やエリアから段階的に導入を進めながら、導入施設のニーズ等をとらえながら、開発を行っていく必要がある。実装に向け、導入予定病院等との検討を進め、サービスを継続する中で、病院スタッフや利用者から出てきた要望をもとに、複数階層の移動や片道みの自動運転走行等の仕様を実装していくことが望ましい。

イ カメラ映像解析による人流解析技術の活用

(ア)実験結果と分析

実証実験期間（1/17~2/14）中の外来診療時間（平日 9:00~17:30）の6台のカメラの録画映像を使って分析を行った。外来の患者は、午後にくらべ午前中の利用が多く、混雑度も高い。また、患者へのアンケートは、自動運転モビリティに乗車した患者に協力頂いた。

a エリア別の混雑の状況

利用期間中 52 人の患者によるご利用があった。時間帯別、曜日別の利用状況について以下の表にまとめる。また、この表には自動運転モビリティの平均走行時間、モビリティの障害物検知等による停止回数（映像で確認）とエリア別の混雑状態を併せて示している。さらには、自動走行試験実施中と自動走行を実施していない際の混雑度の比較も合わせて行った。

表 12 利用時間帯別混雑状況（エリア別）自動走行試験あり

利用時間帯	利用者数	走行時間	停止回数	エリア別混雑度の平均							エリア別混雑度のピーク					
				カメラ1	カメラ2	カメラ3	カメラ4	カメラ5	カメラ6	合計	カメラ1	カメラ2	カメラ3	カメラ4	カメラ5	カメラ6
9:00-11:00	10	0:03:50	5.1	1,195	1,043	1,312	2,159	3,249	1,882	10,841	888	220	504	588	768	392
11:00-12:00	14	0:03:38	3.9	1,108	1,281	1,180	1,553	2,559	1,788	9,468	676	940	572	872	904	600
12:00-13:00	3	0:03:44	3.0	781	1,085	1,037	1,708	1,891	1,537	8,040	572	800	104	388	476	212
13:00-14:00	6	0:03:35	2.2	444	752	1,401	1,711	1,846	1,674	7,828	312	216	236	388	648	220
14:00-15:00	8	0:03:34	1.8	674	1,252	1,082	1,321	1,472	1,370	7,169	332	916	432	444	576	756
15:00-16:00	9	0:03:31	2.1	449	848	752	919	1,022	1,243	5,232	296	816	124	348	92	192
16:00-17:00	2	0:03:15	1.5	244	728	384	586	602	830	3,374	24	188	32	32	36	172
全体	52	0:03:39	3.2	815.3	1062.2	1102.8	1513.8	2062.2	1582.8		191.4	233.9	137.7	217.6	305.1	153.5

表 13 利用時間帯別混雑状況（エリア別）自動走行試験なし

利用時間帯	利用者数	エリア別混雑度の平均							自動走行試験ありとの差異	エリア別混雑度のピーク					
		カメラ1	カメラ2	カメラ3	カメラ4	カメラ5	カメラ6	合計		カメラ1	カメラ2	カメラ3	カメラ4	カメラ5	カメラ6
9:00-11:00	6	2760.0	1920.0	1900.0	2956.0	4664.0	2132.0	16,332	+5,491	580	696	296	780	688	788
11:00-12:00	6	1,402	1,559	1,034	1,520	2,546	1,420	9,481	+13	1,308	904	320	508	640	284
12:00-13:00	2	1836.0	1218.0	888.0	2004.0	2134.0	1448.0	9,528	+1,488	428.0	812.0	76.0	376.0	896.0	188.0
13:00-14:00	3	1,880	536	932	1,304	1,343	1,196	7,191	- 638	1,400	352	184	200	320	268
14:00-15:00	5	1,582	1,381	694	1,578	1,142	1,008	7,385	+217	740	912	360	536	476	96
15:00-17:00	3	264	1,928	644	672	1,552	1,832	6,892	+1,660	24	748	44	40	356	436
全体	26	1620.7	1423.6	1015.4	1672.4	2230.0	1506.0			+805	+361	- 87	+159	+168	- 77

平均では午前中 9:00~12:00 までの混雑度が高く、特にカメラ5のエリア（検査室前）が混雑していることがわかるが、ピークで見るとカメラ5に加えてカメラ1やカメラ2のエリアも混雑しており、診察前後で人が滞留する場所であると推察される。また、そのような場合には、自動運転モビリティの走行時間や停止回数も午前が総じて多くなる傾向がみられた。

混雑度の平均を自動走行の有無で比較を行ったところ、自動走行により混雑度は総じて下がっており、周囲の人々が自動運転パーソナルモビリティに対して積極的に回避行動を行ったことが推察される。

表 14 利用曜日別混雑状況（エリア別）・自動走行試験あり

利用曜日	利用者数	走行時間	停止回数	エリア別混雑度の平均						
				カメラ1	カメラ2	カメラ3	カメラ4	カメラ5	カメラ6	合計
月	31	0:03:41	3.8	1,159	988	1,198	1,636	2,375	1,690	9,047
火	4	0:03:34	1.3	245	1,127	768	1,183	1,739	1,464	6,525
木	11	0:03:43	2.5	285	1,431	1,087	1,649	1,711	1,484	7,647
金	6	0:03:28	2.2	352	921	705	827	1,129	1,013	4,947
全体	52	0:03:39	3.2	2,042	4,467	3,758	5,295	6,954	5,651	

エリア別混雑度のピーク						
カメラ1	カメラ2	カメラ3	カメラ4	カメラ5	カメラ6	
888	940	572	712	904	756	
168	220	68	444	536	156	
292	916	504	588	716	200	
244	596	296	872	356	116	

表 15 利用曜日別混雑状況（エリア別）・自動走行試験なし

利用曜日	利用者数			エリア別混雑度の平均							自動走行試験ありとの差異
				カメラ1	カメラ2	カメラ3	カメラ4	カメラ5	カメラ6	合計	
月	3			2,257	907	1,147	2,044	2,725	1,551	10,631	+1,584
火	9			1,429	1,552	1,115	1,624	2,487	1,359	9,566	+3,041
木	7			1,245	1,248	958	1,768	1,868	1,562	8,649	+1,002
金	6			1,410	806.7	534.7	930.0	1,272.0	1,005.3	5,959	+1,011
全体	25			6,341	4,514	3,754	6,366	8,352	5,477		
				+4,299	+47	-3	+1,072	+1,398	-174		

エリア別混雑度のピーク						
カメラ1	カメラ2	カメラ3	カメラ4	カメラ5	カメラ6	
536	516	292	780	688	200	
1,400	904	320	536	896	436	
636	912	296	508	544	788	
812.0	576.0	360.0	316.0	540.0	284.0	

また、曜日による混雑度の違いを確認した。(表 14、15) 週明けの月曜日の混雑度が高く、週末にかけて混雑度が減少していくことが示された(水曜日は自動走行が別ルートで実施されたため比較対象外)。曜日別で見た場合においても、自動走行試験時の方が混雑度は下がることが示され、自動運転モビリティに対し、周囲の人々が積極的な回避行動をとっているということが示唆された。

b 混雑状況による複数ルートからの安全な走行ルートの決定

今回の検証ではBルートが受付側にあり、またAルートの診療科に向かう患者もBルートを通るため必然的にBルートの混雑度が高くなるという結果が予想された。そこで、走行レーンによる混雑度の分析を実施した。以下に自動走行試験をしていない際のルート及びコース別の混雑度の状況を時間帯と曜日別に集計した結果を示す。(表 16、表 17)

表 16 利用時間帯別混雑状況（走行コース別）

利用時間帯	利用者数			Aルート混雑度の平均						時間帯別混雑比較
				レーン1	レーン2	レーン3	レーン4	レーン5	合計	
9:00-11:00	6			1,206	620	719	571	513	3,630	<
11:00-12:00	6			1,555	647	685	778	329	3,995	<
12:00-13:00	2			808	510	684	1,390	550	3,942	<
13:00-14:00	3			1,089	773	520	843	123	3,348	<
14:00-15:00	5			1,689	756	602	493	171	3,711	<
15:00-17:00	3			832	607	736	271	387	2,832	<
全体	26			7,179	3,913	3,947	4,345	2,073		

Bルート混雑度の平均						
合計	レーン1	レーン2	レーン3	レーン4	レーン5	
6,649	1,005	1,544	1,584	1,561	955	
5,486	1,056	1,246	1,343	1,090	751	
5,586	1,546	1,160	1,274	572	1,034	
3,843	667	1,035	1,081	527	533	
3,806	735	852	949	678	592	
3,224	409	685	705	573	851	
	5,418	6,522	6,936	5,002	4,717	

表 17 利用曜日別混雑状況（走行コース別）

利用曜日	利用者数			Aルート混雑度の平均						A Bルート混雑比較
				レーン1	レーン2	レーン3	レーン4	レーン5	合計	
月	3			1,200	711	813	883	704	4,311	<
火	9			1,629	725	708	807	257	4,126	<
木	7			1,527	657	570	379	318	3,451	<
金	6			573	548	629	687	315	2,751	<
全体	25			2,100	1,205	1,199	1,066	633		

Bルート混雑度の平均						
合計	レーン1	レーン2	レーン3	レーン4	レーン5	
6,320	1,165	1,379	1,463	1,559	755	
5,470	1,146	1,188	1,290	848	998	
5,198	718	1,317	1,285	1,105	773	
3,273	587	738	870	617	461	
	1,306	2,055	2,155	1,722	1,233	

混雑状況については、予想通り A ルートよりも B ルートの方が総じて混雑度が高かった。レーン別にみると、A ルートでは窓側のレーン 1 の混雑度が高いのに対し、B ルートでは廊下中央のレーン 2、レーン 3 が混雑する傾向にある。録画映像を目視で確認すると、診察前後の患者が窓側で待機していることがわかった。自動走行試験時も窓側で待機している患者の車いすに自動運転パーソナルモビリティの停止センサーが反応し、停止するケースが多かった。このような結果から、A ルートでは今回走行したレーン 2 よりも診察室側のレーン 3 を使用するとよりスムーズに走れることが推察され、大きなルートの変更のみならず、同一ルート上の走行レーンを変更することで混雑を回避し、スムーズな搬送につなげることができる可能性が示唆された。

c アンケートによる利用者及び周囲への情報提供ニーズの把握

(a)利用者アンケート結果

<アンケート 1：防犯カメラが設置されていることについて>

自動運転モビリティに乗車した患者に対して行ったアンケートの結果、「防犯カメラの存在が気になる」という意見はみられなかった。(図 44) 防犯カメラの設置が天井であり自動運転パーソナルモビリティ利用者の視界が低いことや、社会的にも防犯カメラが違和感のないものとして受け入れられていることなどが考えられる。

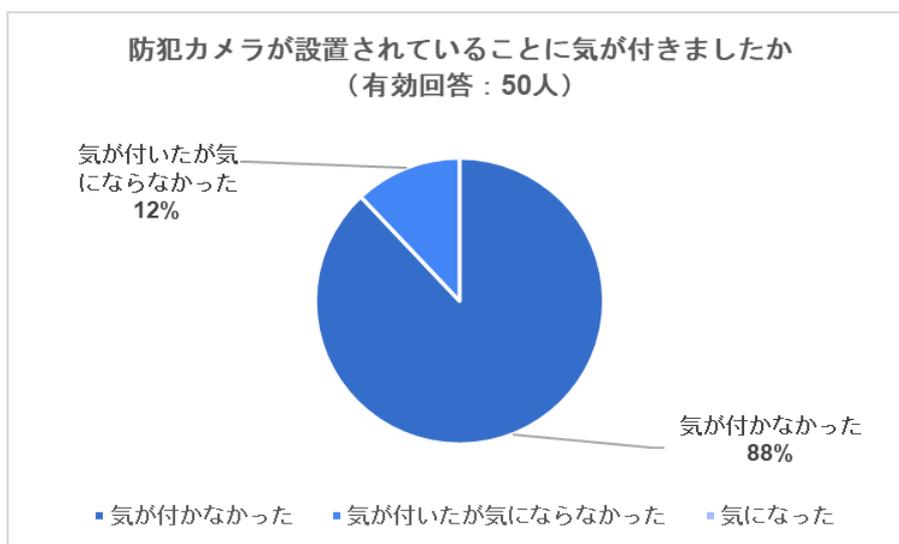


図 44 防犯カメラが設置されていることについてのアンケート結果

<アンケート 2：混雑を避けるルートの選択について>

混雑時の他のルート選択については、半数以上の人が高回りをしてでも混雑を避けたいという意見であり、ルート選択のニーズが一定数あることがわかった。(図 45) 他のルート選択を希望された方の走行時の混雑度の平均をみると、大きな差異はないものの混雑度が高い場合に比べ、低いほうが代替ルート我希望するという結果となっ

た。また、同時に利用者に「自動走行体験において“危ないと感じたことがあるか」というアンケートを行った結果、アンケートの結果と、車いすの停止回数、各エリアでの混雑度には相関がみられた。(表 18、表 19)

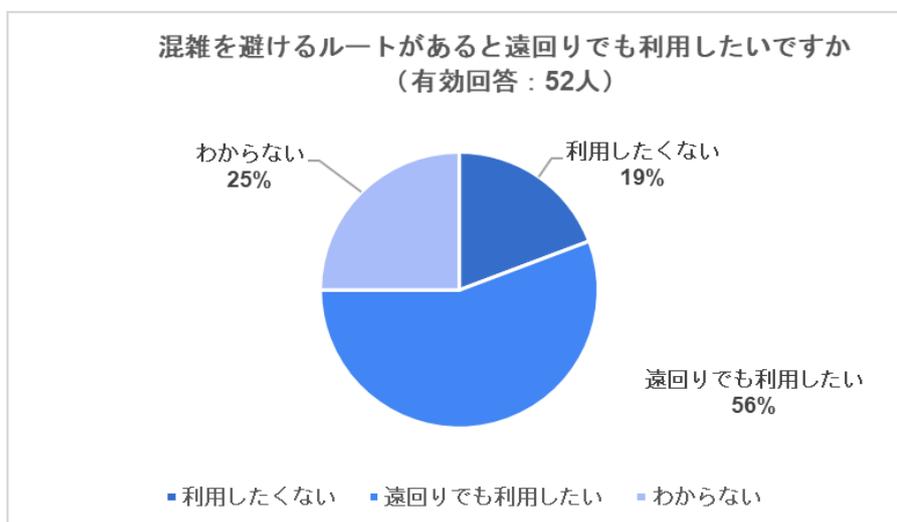


図 45 混雑を避けるルートについてのアンケート結果

表 18 利用者が危険を感じた際の混雑度との関係

危ないと感じた場面はありましたか?	利用者	車いす走行時間	車いす停止回数(目視)	エリア別混雑度の平均					
				カメラ2	カメラ3	カメラ4	カメラ5	カメラ6	合計
はい	26	0:03:43	3.9	1,192	1,142	1,628	2,228	1,609	8,674
いいえ	25	0:03:36	2.3	947	1,027	1,381	1,809	1,491	7,422

表 19 混雑を避けたルート選択の要望に関する混雑度との関係

混雑を避けたルートを利用したい	利用者	車いす走行時間	車いす停止回数(目視)	エリア別混雑度の平均					
				カメラ2	カメラ3	カメラ4	カメラ5	カメラ6	合計
はい	28	0:03:39	2.9	1,039	1,093	1,489	1,950	1,461	7,949
わからない	13	0:03:40	4.0	1,108	911	1,557	2,215	1,585	8,186
いいえ	10	0:03:41	2.7	1,118	1,292	1,490	1,976	1,761	8,210

<アンケート 3：混雑度に関する利用者の主観と解析データの関係>

利用者の主観による混雑度について、自動運転モビリティの停止回数との間に相関があった。また、混雑状況に対するアンケートの回答ごとに見ると(表 20)、カメラごとの混雑度の平均値のうち、最大となる数値が高いほど、利用者が混雑していると感じるということがわかる。一方で、ルート全体を網羅した画像解析による混雑度(表 20 の合計)とは一致しておらず、利用者はルート全体の平均的な混雑度ではなく、ある一点の混雑の状況により、混雑を感じるということが推察された。

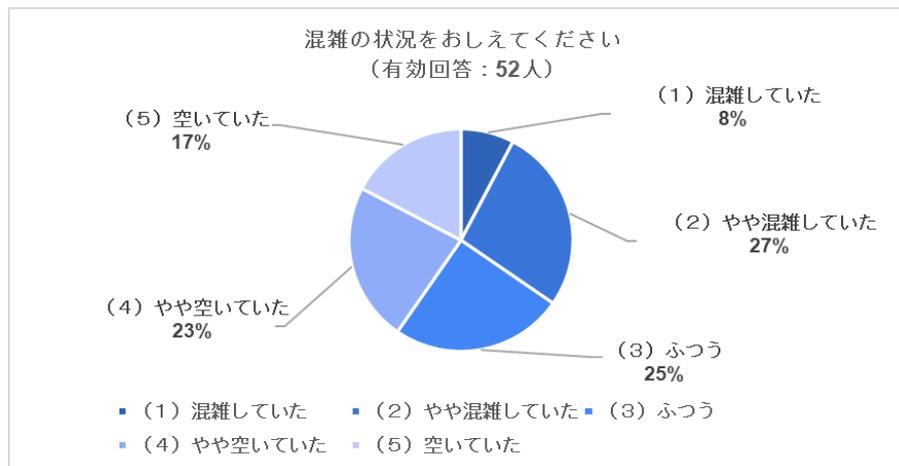


図 46 混雑状況に関するアンケート結果

表 20 混雑度に関する利用者の主観と防犯カメラの画像解析による混雑度の比較

混雑の状況を教えてください	利用者	車いす走行時間	車いす停止回数(目視)	エリア別混雑度の平均					
				カメラ2	カメラ3	カメラ4	カメラ5	カメラ6	合計
1	4	0:03:49	5.0	1,436	1,692	3,588	4,544	2,360	16,052
2	14	0:03:32	3.6	1,520	2,388	3,308	4,016	2,260	16,284
3	12	0:03:43	3.6	2,272	2,220	3,992	3,564	2,880	18,240
4	12	0:03:51	2.9	2,124	2,400	2,776	3,208	1,984	14,568
5	9	0:03:26	1.2	2,256	1,848	2,056	2,868	2,068	12,208

d 医療従事者に対するヒアリングの結果

今回患者の自動走行をサポート頂いた医療従事者（筑波大学附属病院医療支援課）4名からのヒアリング結果を以下に示す。いずれも防犯カメラの映像を見たことがある者はいなかったが、動画やデモ映像、混雑状態の集計結果などをもとに、活用に向けヒアリングを行った。

（ヒアリング1）

防犯カメラの映像は見たことがありますか？

→ 全員なし

補足コメント：トラブルがあった時に事後に警備室で映像を確認している。

（ヒアリング2）

院内での車いすや台車の走行時にあぶないと思ったことはありますか？

→ 全員なし

補足コメント：普段は車いすのサポートなどはボランティアの方が担当している。

（ヒアリング3）

タブレットやスマホで混雑状況や車いすや台車の走行状態がわかると院内での事故対策に役立つと思いますか。(自由回答)

- ・防犯カメラで混雑の状態がわかるとは思わなかった。利用者向けの混雑対策などに期待できる。
- ・モビリティ側に先々の混雑状態や走行ルートを表示すると利用者の不安が軽減できる。
- ・院内では駐車場やタリーズやスターバックスなど待合室以外に利用者が待機できるスペースがあり、それらの場所で混雑状態(カメラ映像も可)を表示できると院内での混雑分散に役立つ。

(ヒアリング4)

インターネット等で院内の混雑状態や混雑予測を天気予報のような形で通院患者に提供すると混雑緩和や危険防止につながると思いますか。(自由回答)

- ・朝などは病院駐車場がすごく混雑し渋滞になるので、複数の駐車場の混雑状態がわかると分散につながる。
- ・筑波大学は完全予約制でもあり1か月以上も前に予約をされるので病院に来る方がインターネット等で事前に混雑状況を見て来院時間を変えることは出来ない。

(そのほかの自由意見など)

- ・曜日や時間帯により混雑状態が変化(週初めや午前中が混雑)していることは感覚的にはわかっていたがデータとしてみると納得が出来た。
- ・現在呼び出し番号などを表示しているが遅いとクレームを頂くこともあり、混雑状態と合わせて表示されるとより状況が伝わりやすいのでは感じた。
- ・利用者のみなさんは防犯カメラには慣れておられ疑問に持たれる方はなかった。個人情報に配慮する必要はあるが院内に限定すれば混雑度や擬人化した表示よりリアルの映像を表示するほうがより伝わりやすいと思われる。

(モビリティに関する要望)

- ・スペース的に専用レーンは無理だが、自動運転パーソナルモビリティが廊下のどのあたりを走行するのか周囲や利用者にわかる方法があるとよりスムーズに運行に繋がる。
- ・歩ける人はリハビリを兼ねて病院に来られているので自動運転パーソナルモビリティには乗りたがらない。本当に必要な方は車いすに乗っておられるので乗ってきた車いすが邪魔になる。駐車場で車から自動運転パーソナルモビリティへの乗り換えが出来ると利用しやすくなる。
- ・今回利用した方は新しいものに興味のある方が利用したと思われ、技術的な質問をされる方が多かった。自動走行車いすについては自宅近辺での利用に期待されている方もいるようだ。
- ・実証実験でご利用を頂いた方からは“いつ車いすが止まるのかわからない”、“突然止

まるのが怖い”というコメントがあり、実際に直前まで車いすに気付かず歩いてこられる方も多い。完全自動走行よりもルート選択や停止などある程度利用者に自由度を残すと不安が少なくなる。

(イ)考察

a 実証実験により得られたモビリティの走行についての可能性

(a)自動運転パーソナルモビリティは人流の障害とはならない

月曜日や午前中など非常に込み合う時間帯を除けば、自動運転モビリティの走行により人々が道を空けようという行動をとることから、逆に不要な混雑が解消される。この結果はモビリティの導入によりかえって混雑を招くのではないかとの心配を払しょくするものであり、自動運転パーソナルモビリティの導入を促すものと考えられる。

(b)自動運転パーソナルモビリティへの混雑状態のフィードバックが有効

エリアやルート内の混雑する場所は時間や曜日により変化をしていた。この情報をリアルタイムに自動運転パーソナルモビリティの走行ルートとして活用することで自動走行をより安全かつスムーズに運行させることが可能と考えられる。

○ 本実証の場合、以下の運行ルートが望ましいと想定された。

月曜の9時～11時 : Aルートのみ運行

上記以外 : Aルートではレーン3 (診察室側)

Bルートではレーン1 (窓側)

(c)複数種の自動運転パーソナルモビリティの調停にも活用可能

今回の実証をとおり、自動運転モビリティと患者の手動車いすがお見合い状態になり、停止するケースが多いことがわかった。このような状況は、複数種の自動運転パーソナルモビリティが混在する場合に多く発生すると想定される。

こういった場合、自動運転モビリティが単独で、相手が自動運転モビリティなのか手動車いすなのかを判別することは難しいため、それぞれの自動運転モビリティの位置をカメラで把握し、周囲の状況にあわせて調停することで、自動走行をより安全に、スムーズに運行させることが可能である。

b 医療従事者へのヒアリング結果

混雑状況を視覚化することで、混雑緩和に向けた要望・ニーズを得られた。今後、混雑以外の映像解析結果を提供することで更なるニーズが期待できる。人通りのある場所での自動走行には、防犯カメラ等より混雑情報等の先を予測できる情報を、自動走行制御やユーザーインターフェースにフィードバックすることが利用者の安心につながる。自動運転パーソナルモビリティ以外でも、診察室の混雑状態を待合室等で視覚的に共有することで待ち時間の有効活用につながり、いろいろ解消などの効果が期待できる。

(ウ)技術の実装可能な時期、実装に向けて残された課題

今回の実証実験では、病院内の一部のエリアのみでの実証実験とはなったが、防犯カメラが映像を録画するだけでなく、より高度な安全・安心を得るためのセンシングデバイスでなりうることを確認することもできた。得られた情報のアウトプットはサインージなどの可視化可能な表示装置や、自動運転パーソナルモビリティを含む院内の様々な設備の制御に活かすことで、多くの病院において、利用者に対し病院そのものが患者の見守りやおもてなしを提供することに繋がると考える。

次のステップでは、防犯カメラは院内のより広いエリアをカバーし、(図 47) 今回の個々の実証実験での成果(受付の自動化、自動運転パーソナルモビリティ等)と連携することで、病院に来た方だけでなく医療従事者もストレスフリーな病院サービスを提供することが可能になると思われる。



図 47 病院全体への適用イメージ

防犯カメラ映像を使った混雑解析は、交通事業者等が利用者への情報提供による混雑回避行動を促すことや流通業におけるマーケティングデータとしての活用が進んでいるが、社会インフラと連動して活用する仕組みの検証は社会実験を含め、まだ多くは実施されていない。その要因は費用対効果などのコストによるものが多いが、ここではコスト以外の課題として、以下の点をあげる。

a 混雑や人流データ情報が統一されていない

防犯カメラはその利用が閉じた施設内での監視であったため、メーカー間での相互接続が出来ないことが多かった。デジタル化とともに近年映像や音声は規格化が進み、相互接続が可能になってきた。

しかし、そのカメラ映像を分析した結果にもとづいて得られるデータについては規格化されておらず、今回得たデータについても、絶対的な位置情報や時間情報が含まれていない。今後、データ連携基盤を介して自動運転機器など、他のインフラで活用するためには、これら絶対的情報を規格化していく必要がある。

b 設置環境による影響を受けやすい

屋内の照明下におけるカメラ映像を使う限りにおいては影響が少ないが、今回の実証において、廊下床（リノニウム）の太陽光の反射がノイズとして混入していた。屋外を含めた実装においては他の解析技術（LiDAR等）との組み合わせが有効である。

c 心理的な不安

ビッグデータとしてのカメラ映像の利活用が有意であることは誰もが認めることであるが、いざ自身の画像が映る場合にプライバシー侵害に繋がるのではという不安が依然一般の市民の方には根強い。

今回の実証実験では防犯カメラの存在が利用者や病院関係者に与える心理的な影響は見られなかった。解析で得られる人流や混雑データは個人情報保護法で定める個人データには当たらないが、解析過程に顔画像が映るカメラ画像を使用するため、カメラやエッジの装置内で画像を自動削除したり、保存する場合も防犯目的に限定したりするなどルールを明確にして社会の理解を得ていくことが必要である。

6. 横展開に向けた一般化した成果

(1)医療 MaaS の取り組み

今回の実証実験では、病院への通院というユースケースを想定し、「つくば医療 MaaS」として、交通弱者の通院、受診の利便性向上と、医療従事者の負担軽減を実証するとともに、AI オンデマンド乗合タクシーの事業性などについて検討を行った。

AI オンデマンド乗合タクシー、顔認証による病院受付、院内自動運転パーソナルモビリティとも、利用者の利便性の向上に対する評価は高く、需要性及び受容性も高いことが分かった。また、医療従事者に対しても、院内自動運転パーソナルモビリティは負担軽減につながり、障害物を避けるためのオペレーションなど、改善の余地はあるものの、需要は高く、導入に対しては前向きな回答が得られている。

しかしながら、今回の実証実験においては、情報セキュリティ等の観点や、準備期間が短かったことから、個々の技術が独立したものとなり、データを連携した、一連のサービスに至ることができなかった。

そこで、実証実験の参画企業とともに、今回の医療 MaaS の取り組みをデータ連携により一連のサービスとして利用者の利便性をより向上させ、医療従事者の負担軽減につなげていくための検討を行った。

各実証実験におけるアンケートの結果から、①診察予約と同時にデマンドタクシーの予約が取れる、②診察後の待ち時間の解消、③タクシーがいつ到着するのか、どこに到着するのかの表示、さらには、④自動運転パーソナルモビリティの自動配車、⑤患者ごとに異なる診療科への搬送、⑥会計の自動化を行うことなどが、利用者の利便性向上につながるものと推測される。

これらを実現するためには、患者 ID 及び病院の予約情報をもとにタクシーの配車を予約するシステムや、タクシーの位置情報を取得し、利用者のアプリに表示する仕組み、位置情報から、到着を予測して自動運転パーソナルモビリティを配車する仕組みが必要である。また、顔認証による病院受付と併せて、モビリティを配車し、患者ごとに適切な診療科へ搬送するためには、顔認証情報と患者 ID、カルテ情報を結びつけ、自動運転パーソナルモビリティに行先情報を通知するシステムが必要となる。さらに、利用者ニーズの高い会計を自動化するためには、顔認証、患者 ID に加え、診療費の情報や保険証情報を連携する必要がある。

また、タクシーの位置情報以外は極めて秘匿性が高い個人情報であり、特に医療情報システムとの連携は大きな課題である。今回は実証実験という限られた枠組みの中で顔認証情報と患者 ID (及びカルテ情報) との連携を行ったが、外部ネットワークへの接続については更なる実証実験を通じて実績を積み重ね、信頼性と安全性を実証していくとともに、安全性の高いデータ連携基盤を構築していくことが必要である。

表 21 通院、診療、会計をシームレスに行うために連携が必要と想定されるデータ

通院・診察フェーズ	利便性を向上させる項目	連携が必要なデータ
デマンド予約	病院予約に応じた自動予約	患者 ID・予約情報
▼		
デマンドによる通院	お迎え車の位置情報	タクシー位置情報
▼		
病院での受付	顔認証による事前受付	顔情報・患者 ID・予約情報
▼		
モビリティによる移動	モビリティの配車 患者ごとに異なる診療科 への搬送	顔情報・患者 ID・タクシー位置 情報 カルテ情報
▼		
診察		患者 ID・カルテ情報
▼		
モビリティによる移動	患者ごとに異なる移動先 へ搬送	顔情報・カルテ情報
▼		
会計	自動会計	顔情報・診療費、保険証情報
▼		
デマンドによるお迎え	診療終了に応じた自動配 車	患者 ID・診療進捗状況の情報
▼		
次回来院に向けた予約	次回予約に応じた自動予 約	患者 ID・予約情報

(2)個別技術の導入について

ア MaaS アプリやルート最適化 AI の活用による病院行きデマンドタクシー

今回の実証実験の調査結果から、推奨者(満足・やや満足)が全回答数の約 90%と高い評価が得られた。つくば市と同様に、自家用車の保有率が高く、且つ少子高齢化が進む地域においては、同様の結果が得られる可能性が想定される。

また、今回の実証実験においては、想定していたよりも近距離での使用が多かった。移動情報のデータ解析の結果からも、特に高齢者の移動が活発な地域からの行き先は、生活必需品等の購入先であるスーパーやホームセンター、ドラッグストアなどが集中する地域であることが分かっており、生活圏内の日常の足としてデマンドタクシーの実装の可能性が示唆された。

さらに、今回の実証実験における利用者年代を調査すると、スマートフォンの MaaS アプリを利用した予約に限定したにもかかわらず、60 代以上の高齢者の利用率が約半数という結果であり、高齢者層に対しても MaaS アプリとデマンドタクシーの需要が

見込めることが示された。実際に利用した方からは、実装された際には免許返納を検討できるとの声もあり、免許返納者や交通弱者が多い地域における、受容性と需要性は高く、免許返納率の向上、高齢運転者による事故の防止にも寄与するものと考えられる。

一方で、新たな交通サービス（AI を用いた相乗りデマンドタクシー）の実装に向けては、自治体・地域交通事業者とサービス提供事業者が連携し、地域の移動課題解決に向けた取り組みを行っていく必要がある。今回の実証実験では、医療 MaaS というユースケースに絞り、一般旅客運送事業とは切り離して地域のタクシー事業者と連携することで安定的な運行を実現することが出来た。導入の際には、地域交通事業者とうまく連携を取りながら、利用者や自治体のみならず、交通事業者に対しても、相互にメリットのある仕組み作りが肝要である。

イ 移動情報の施策への活用

つくば市のような地方都市や、その周辺部、過疎地域などにおいて、位置情報の交通施策検討へ活用するためには、人口や携帯電話契約数の多い都市部と異なり、条件によっては、元のデータ数が 0 人の分析区分が発生することに注意が必要である。移動データはすべての人口のデータを取得しているものではなく、得られたデータに、人口等から算出される係数をかけて推定するため、元データが極めて少ない場合には、ある特定の人物の移動がエリアの移動を代表してしまう可能性がある。この場合は拡大推計が行えないため、そのような区分が生じないような区分設計（エリア・性年代区分の定義）が必要である。

エリア定義については、今回、つくば市では、当初 94 エリアで分けしていたが、各エリアの滞在者のユニークユーザ数を簡易集計した上で、人数が少なく性年代で分割した際に 0 人の区分が発生するリスクが高いエリアについて統合・廃止を行い、65 エリアにまとめている。同様に性年代の区分についても、当初はパーソントリップ調査に準拠した 5 歳刻みの 17 の区分を想定していたが、0 人の区分が生ずる懸念を踏まえ 6 の区分に統合した後、実際の分析結果を見て、最終的に現在の 4 区分に統合した。

データ分析においては、サンプル数が少ない地方都市において移動情報を施策に生かすためには、都心部で行う移動データの取得よりも、分析で明らかにしたい内容をデータ保有者と事前によく検討、明確にして、その検証のために必要な仕様を定めることが重要である。

ウ 生体認証による病院事前受付

今回の実証実験では、病院外部、具体的には病院へ向かうタクシー車内からの顔認証により、稼働している実際の医療情報システムにおいて、病院受付を確実に行うことができることを実証できた。

一方で、今回、顔認証病院受付の実証実験を実施した筑波学園病院においては、受付の待ち時間について、すでに待ち時間短縮の取り組みが進んでいたこともあり、待ち時間の短縮の観点では、大きな効果が見えにくいという結果もあった。

この点については、時間短縮以外の要素、具体的には診察券の忘れや紛失の心配がないことによる患者の利便性が高まることや、受付窓口等の少ない他の病院においては、受付時に受診者が診察券を探すことなどによる受付の渋滞を防止し所要時間の短縮や人の密集回避につながるといった効果が期待できる。

また、患者の利便性を向上させるためには、アンケートの回答にもあったように、会計についても顔認証を活用した自動会計システムなどの開発・導入を進める必要がある。また、顔認証システムを導入する病院側の観点からも、受付での利用だけでは費用の削減効果、費用対効果が不十分であり、

- 問診票の登録、新規患者受付への拡張による更なる滞留時間の短縮
- 診療費などの後払いシステムや顔認証を活用した決済システムの導入による患者の利便性向上
- 救急車内での顔認証による早期の患者把握等の機能を付与することが必要であると考えられる。

そこで、顔情報を統一的な ID として拡張することで、病院内での利便性向上や身元確認困難な患者の早期身元確認、電子カルテ ID の二重管理防止等、病院側オペレーションの改善など利用シーンを広げることでより費用対効果を拡張していくことが必要である。

一方、クローズドのネットワークである病院ネットワーク、特に医療情報システムとの連携は大きな課題である。今回は実証実験という限定的な枠組みの中で接続を行うことで環境を構築したが、外部ネットワークへの接続については、病院側のセキュリティポリシーに依存するため、更なる実証実験を通じて実績を積み重ね、信頼性と安全性を実証していくことが必要である。



図 48 病院での利用イメージ

エ 自動運転パーソナルモビリティによる患者の安心、安全な搬送

本実証実験において、自動運転パーソナルモビリティの病院への導入が、医療従事者や病院関係者の作業負担の軽減、患者の施設利用満足度の向上につながることで、また、医療従事者によるプッシュサービス（車いすを押すサービス）を減らすことができれば、コロナ禍におけるソーシャルディスタンスの確保につながることを確認できた。

また、本実証実験を行った施設は極めて混雑した状況下であり、このような困難な状況にあっても運用が可能であることが明らかとなり、実証実験を行った施設と似通った医療関係、介護福祉関係の施設（例えば老人介護施設等）など、激しい人の往来があり、混雑が予想されるような施設においても導入検討を進めるための、有益な知見となった。

さらには、今回得られた結果から、敷地面積や通路の幅、混雑状況といった施設環境における類似性の観点において、大規模商業施設やコンベンションセンター等における利用も可能であることが示唆された。

一方で、さらに利便性を高め、導入を推進していくためには、複数階層の移動、狭いエリアでのスムーズで安全・安心な自動運転走行、複数拠点を同時に周回できるようなサービス設計が求められ、今後の開発が必要である。

カメラ画像を活用した人流解析においては、防犯カメラが映像を録画するだけでなく、より高度な安全・安心を得るためのセンシングデバイスになりうることを確認することもできた。得られた情報のアウトプットはサイネージなどの可視化可能な表示装置や、自動運転パーソナルモビリティの制御など、病院を含む様々な施設において活用可能な技術であるが、社会実装を進めるためには、カメラ映像を分析した結果にもとづいて得られるデータの規格化や、太陽光の反射等、屋外を含めた実装にける他の解析技術（LiDAR 等）との組み合わせなど、解決すべき課題も残されていることが示唆された。

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等

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・モビリティ環境の実現を目指す上で、デマンドタクシーは有効な手段である。デマンドタクシーを実装していくためには、利用者の需要に即した供給を実現しうる最適なサービス設計、マッチングシステムの向上を行う必要がある。

併せて、住民がアプリを活用できる環境整備の検討も必要である。本実証においては、つくば市では、60歳以上においてもアプリの受容性は高かったが、住民説明会において、操作に不慣れな住民もいたことから、講習等の実施などを通じた、デジタルデバイド対策の取組も必要である。

また、街や人は常に変化しているため、街・人の在り様を鮮度・詳細度高く把握し、適切な施策を講じることが重要であり、これらを実現させていくため、移動データを活用した、タクティカルアーバニズムのような、小さなアクションから始めて、データを利活用し、検証、検討を繰り返しながら、時代やニーズに即したまちづくりを展開していく取組が求められる。

例えば交通網の設計や、実態に即した適時再編・最適化に向けて検討するためのデータは、スマートフォンの位置情報データや性年代属性データを使用することで、どこからどこへ、どのような属性の人々が、どのような移動手段で、どのくらいの人数規模（流量）で移動しているかを把握することができる。また、今回の実証実験で得られた成果のとおり、特に流量の多い地点については、スポット的に精度の高い交通量が計測可能なスマートポール等整備し、AIを組み合わせることで、より詳細な人流把握が可能になり、交通システムのきめ細かな運用も可能となる。これら、日々の変化や時系列的な変化、突発的な異常等を把握し、人流の基礎データを継続的に取得して、いつでも活用可能とするためには、データ連携基盤（プラットフォーム）の整備が必要である。

自動運転パーソナルモビリティ等については、複数階層を移動するロボットの開発が求められるが、エレベーターでのヒトとロボットの同居は難しい。そこで、あらかじめロボット専用のエレベーターを用意しておくことが有効である。

また、自動運転には様々な制約があるが、その一つとして通路幅がある。複数台の機体を運用する際、機体同士のすれ違いが必要となる場合には、今回使用した自動運転パーソナルモビリティにおいては2.5m程度の通路幅が必要となってくる。そのため、平面での移動においても、モビリティの専用/優先レーンの設置や表示等予め人とロボットの共存を踏まえた整備や施設設計が求められる。

これらの取組みをさらに発展させ、スマートシティ実行計画で目指す「高齢者や障がい者など誰もがより安全・安心して移動することができるまちづくり」を進めるためには、

屋外での3Dマップの取得やセンサに対する直射日光への対策など、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。

本実験で実証を行ったカメラによる自動運転モビリティ周囲の安全・安心の確認は、自動運転の社会実装に向けて有益なものであることが確認できた。ただし、自動運転のために新規のカメラを街中や施設内に整備することはコスト面での課題があるため、既存のカメラ設備を有効活用するとともに、新規に設置が必要な個所について都市デザインの観点から検討することが必要である。本実験では、医療 MaaS というユースケースに基づき、病院内のモビリティ周囲の安全確認を行ったが、スマートシティの取組では屋外でのモビリティの運行を目標としているケースも多い。屋外でのモビリティの安全確認のためには、カメラだけではなく、LiDAR など他のセンサを使用し、夜間などの悪条件下でもモビリティや人流の検出が可能な環境センサの整備が必要となる。また、カメラやセンサを安全・安心の確認だけではなく、モビリティの管制システムにフィードバックして人流を避けた運行制御を実現することで、人とモビリティの共存に効果的となる。さらに、カメラや環境センサ、モビリティの情報を、スマートシティの取組みの中で実現を目指す他の先端的サービスにも活用するために、データ連携基盤の整備と連携が重要である。データ連携基盤と連携し、施設や店舗のサイネージに人流情報を表示し、行動変容を促すなど、データを見える化していくことが重要である。

(2)設備の管理、運用にかかる留意点

デマンドサービスを実現する為に不可欠なタクシーの運行経費、AI デマンドシステムの運用維持費と住民から収受する利用料金のバランスが重要となる。加えて、より本サービスの利用を活性化させるためには、住民（高齢者）へのスマートフォン普及が必須であり、講習会等を通じたデジタルデバインド対策に取り組むことも有効であると考えられる。

自動運転パーソナルモビリティについて、ハードウェアはデバイス UI(SIM カード内蔵)を経由して、定期的にクラウドと情報連携を行っているため、ネット通信環境が整った施設である必要があること、毎日のサービス開始前に機体の初期設定を行う必要がある。また終了後はバッテリーの充電や乗降車場所の設置作業等、人手がかかるということや、サービス運用中、不具合や、不規則な走行等が発生した場合、スタッフによる機体の再設定等の作業が必要となる点、機体の走行中、利用者からハードウェアに設置されているデバイス UI を通じてスタッフに連絡があった際、対応をする必要がある点などの留意点が存在する。

カメラによる安全確認及びデータ連携基盤との連携によるデータ利活用を推進するにあたり、カメラ映像に含まれる個人情報の扱いについては、施設管理者（データ取得者）がデータを適切に取り扱うことを定めておく必要がある。通常の防犯カメラについては、

取得した画像の利用目的が明確であることや、データの保管期間が6か月以内とすることにより、画像の利用目的等の通知が不要とされている。カメラ映像の利活用を推進するためには、個人情報保護法に対応した設備、及びデータの適切な管理と運用体制の構築が必要である。

(3)地域特性に合わせた提案（つくば市での社会実装について）

ア つくば市での社会実装に向け残された課題

(ア)デマンドタクシーの実装及び移動情報の交通施策への活用

本実証実験においては、つくばスマートシティ実行計画に掲げる「高齢者や障がい者など、誰もが安心、安全に移動できるまち」を目指し、病院への通院を一つのユースケースとして、デマンドタクシーの導入可能性について、利用者の利便性、受容性、また、相乗りタクシーの事業性の観点から実証を行った。この結果、利便性や受容性は高く、付き添い負担の軽減が図られるなど、利用者に対しては評価が高い一方、相乗り率は高まらず、事業性については課題を残す結果となった。一方で、利用者情報の解析の結果、病院の近隣住民も利用が多いことが示唆され、この結果は移動情報の解析によっても支持された。これらの結果から、つくば市において医療 MaaS として、デマンドタクシーを導入するためには、周知を徹底すること、目的地となる病院を増やすことはもとより、運行を南北に分けること、南側エリアにおいては、牛久市内の病院も目的地とすることなどが、有効であることが示唆された。

また、「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、拠点間移動のユースケースについて具体的に検討するため、広域かつ高精度な位置情報解析を行った。

この結果、需要の多くは隣接するエリアへの移動であることが分かり、大きくエリアをまたぐ移動については少ないことが分かった。また、これらの移動需要を可視化することにより、移動需要の多いエリアを明確にすることができ、さらには、つくば市内に、大きく分けて7つの移動の結節点（大曾根、春日、学園の森、谷田部、竹園、小野川、高見原）があることが示唆された。これらのデータから、一つの素案であるが、つくば市内を上記の結節点を中心としたエリアに分け、エリア内においてデマンドタクシーを運行することが効果的なのではないかと考えられる。また、その際には MaaS アプリを活用し、エリア間をまたぐ移動の際に、あるエリアから次のエリアへの乗り継ぎがスムーズに行われるよう、事業者間での連携を図ることで、利便性を向上させることができるのではないかと考えられる。

他方、高齢者等の外出促進について、高齢者が活発に移動している地区においては、大型ショッピングモールというよりも、スーパーやホームセンター、ドラッグストアなど、生活必需品の購入店舗が集積する地域への移動が多く、上述したような、近接する

エリアへの比較的短距離の移動であることも分かった。この結果は、上記のようなエリア指定型のデマンド交通を実施した際に高齢者の外出促進にも資する可能性を示唆している。

しかしながら、本実証においては、交通手段について、自家用車とバスの区別を明確にすることができなかった。つくば市のような自家用車による移動の多い地方都市においては、公共交通施策の検討にあたって、自家用車か否かは重要な要素であり、今後、自家用車と公共交通機関による移動を分けて分析する手法の検討が必要であろう。実証期間との関係から、今回はバス路線図やバス利用実績の比較等には至らなかったが、さらにデータを検証することで、今回の移動情報の解析により得られたデータを持続可能な地域公共交通網の構築に十分生かすことができると考えられる。

(イ)顔認証技術の導入

顔情報は機微な個人情報に該当し、取り扱いについても慎重な対応が求められる。行政機関及び行政に準ずる機関が厳密に顔情報を管理し、住民1人1人が安心して利用の同意を得て、活用をしていく仕組みづくり、組織づくりが肝要である。まずは行政サービスにおいて顔情報を有効活用し、より厳密なセキュリティ対策、利用者の利便性の向上につなげることで、今後の実装が現実的になると考える。

なお、つくばスマートシティ協議会では現在、データ連携基盤及び行政ポータルアプリを開発中である。また、つくば市が目指す、スーパーサイエンスシティ構想の中では、健康情報とマイナンバーを連携させ、さらにはパーソナルモビリティを活用することで、受付、診察、検査、会計、薬の授受・配送、帰宅までをシームレスな形で提供することを検討している。

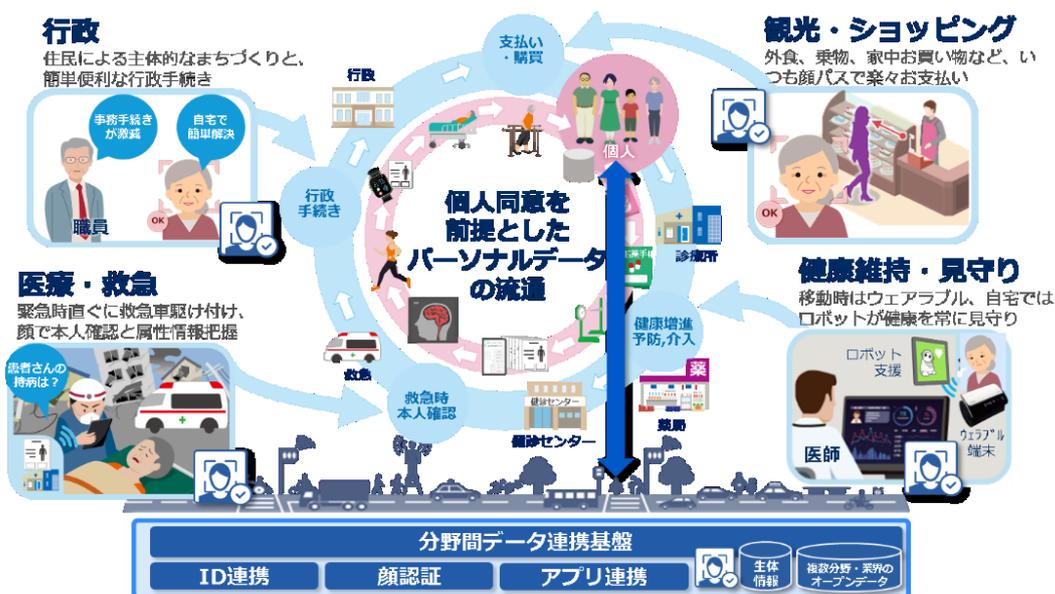


図 49 まちの中での利用イメージ

(ウ) パーソナルモビリティの実装

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）を組み合わせる「スマート・コミュニティ・モビリティ」サービスの実装に向けた取り組みをすすめていく。

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は、以下の事項を進める必要がある。

a 複数種類のモビリティ連携の実現

オンデマンドモビリティ、スローモビリティ等の新規モビリティだけでなく、既存の公共交通機関を含めた特徴の異なるモビリティ間の接続性の検証や、自動運転モビリティや自動運転配送ロボットの最適運用 & 配置のための管制システムの構築が必要である。

b モビリティサービスの運用事業者の明確化

運用事業者の候補としては、すでに交通事業を行っている事業者などが考えられるが、単一事業者での取り組みが困難である場合には NPO 法人や一般社団法人を設立し、これまでに個別の事業者で実施してきた実証サービスを社会実装する際の運用主体とすることが必要である。詳細は以下(3)-イにおいて述べる。

c マネタイズモデルの検討と実現

医療 MaaS や交通弱者を主なターゲットとしたサービスには、収益が上がりにくいという課題がある。これらのサービスは、運用事業者が提供しようとする、マーケット（利用者数）が小さく、損益分岐点を越えさせるためには単価を高くしなくてはならないが、価格が高すぎれば利用者数は減ってしまうため、バランスが重要である。

民間事業者がビジネスとして運営できる場合には問題がないが、価格が非常に高いプレミアムなサービスであったり、収益性が低く民間の参入が見込めなかったりするもののうち、市民に提供すべき公益性の高い事業については公共事業として行政が行っていくことを考える必要がある。その場合には予算が必要となるため、クロスセクターベネフィットなどを考えながら、提供するサービスと自治体の歳出を実現可能な範囲にとどめる必要がある。

基本的には、事業が単独で採算がとれるかどうかというところ（自治体を実施する場合はどこまでの歳出に収めるべきか）が重要であるが、赤字補填策として、負担金収入や企業広告収入、クーポンによる利用者数の向上施策、などを検討し、継続的にサービスを運営するために、サービスの実現に繋げることが必要である。

イ 医療 MaaS の実装に関するビジネスモデル

(ア)ビジネスモデルの分類と関係者の役割

本実証実験で実施したスマート・コミュニティ・モビリティ（つくば医療 MaaS）に関するビジネスモデルについて検討を行う。

スマートシティサービスのビジネスモデルは、「戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）第2期 ビッグデータ・AI を活用したサイバー空間基盤技術におけるアーキテクチャ構築及び実証研究事業」の成果である「スマートシティリファレンスアーキテクチャ ホワイトペーパー」（2020年3月31日）によると、スマートシティ推進主体の具体的な担い手は様々な者がなり得るが、大別すると、以下の3種類に分類できるとされている。

- (A)官民が連携した地域協議会主導
- (B)自治体（官）主導
- (C)民間主導

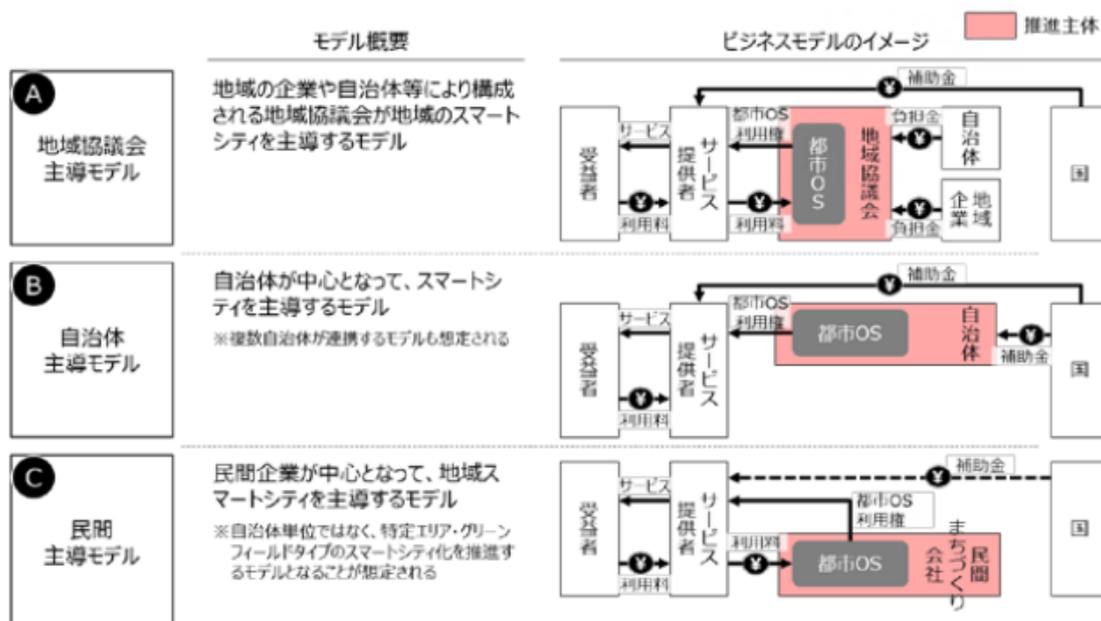


図 50 主導モデルごとの基本的なビジネスモデル例

(「スマートシティリファレンスアーキテクチャ ホワイトペーパー」 P48 より抜粋)

本実証実験における関係者を整理すると以下のとおりである。

表 22 本実証実験における関係者の整理

場面	項目	ステークホルダー
自宅～病院	移動（車両）	交通事業者
	移動（ソフト）	KDDI
	病院受付	病院
	病院受付（ソフト）	NEC
	病院内	病院内移動
	病院内移動（車両）	WHILL・三菱電機

(イ)病院が単独で実装

スマートシティサービスとして実装する際の考慮すべき場面としては、「自宅～病院までの移動」及び「病院内の移動」の2つがあり、この2つの場面にまたがって関係する者を選択することが効果的であることから、病院が実装するケースについて検討する。

自宅から病院までの移動について、すでに手段として用いられている病院送迎バスを自宅まで送迎を行うよう高度化したサービスとして、病院外での受付と院内の移動を病院内の補助サービスとして付加することで実装可能である。

一方で、これらのサービスを一つの病院で実装するには、院内のサービス向上は病院側にインセンティブがあり検討の可能性があるが、院外のサービスについては費用対効果をはじめとした議論が必要である。

(ウ)病院送迎を目的としたモビリティ運営会社の設立

つくば市の場合は、今回の実証の目的地とした病院のように、二次救急病院、三次救急病院に加え、複数の診療科がある大きい病院が多数所在しており、自宅から病院までの移動サービスについては、これらの病院が費用を負担しあう方法も一つの案として考えられる。関東鉄道株式会社が2021年12月20日に行った路線バスダイヤ改正により筑波大学附属病院への本数が減少したこともあり、今後の公共交通の状況によっては、目的地を病院に限定する移動サービスは、各病院においても必要性が高いサービスになる可能性がある。

そこで、例えば、参加を希望する病院やタクシー事業者、技術提供会社が出資等を行うことによって病院送迎を目的としたモビリティ運営会社を設立し、自宅から病院までの移動サービスと病院内の移動サービスの提供を行う。これにより、単独で病院送迎バス等を運営する場合に比べて運営費用の低減を図ることができると考えられ、また、導入のハードルを下げられると考えられることによって、小規模のクリニックなどいくつかの負担金を拠出することで参画できる可能性がある。また、モビリティ運営会

社が運営を行うことにより、自宅から病院までの移動サービスを運営する交通事業者が限定されることから、病院の受付連動や病院内移動サービスで必要となる機器の設置やドライバーへのレクチャーなども限定的となり、システム的な連動も図りやすくなる。

ただし、前述の運営体制については、病院側に新たな費用の支出が求められること、導入までの合意形成に時間がかかると考えられることや、出資団体となる病院に対して、送迎や院内移動サービスが配当代わりになることが想定されることから、幅広く事業を展開しないと、持続可能なビジネスモデルとならない。

また、病院送迎に目的を限定していることから、病院を起点にして考えることになるため、サービスの広がりや収益を得ようとするマーケットが来院者のみとなり大きくないこと、が問題として考えられ、ビジネスモデルとして成立させるためには、引き続き病院、実証実験参画企業、地元交通事業者と、持続的な事業となるビジネスモデルの検討を進めていく必要がある。

(エ) データ連携基盤によるサービスの連動

スマートシティサービスとして実装するためもう一つの考え方として、「自宅から病院までの移動サービス」と「病院内の移動サービス」を一気通貫のサービスとしてではなく、別々のサービスとして実装し、それぞれのサービスを連動させる方法がある。それを可能にするのがデータ連携基盤によるサービス連動である。

データ連携基盤はその提供するサービスの内容に応じていくつかの分類に分けられるが、本実証実験の事例では、下図の中央の分類のとおり、別々の事業者がそれぞれ提供するサービスを、データの連携を行うことで、利用者にあたかも一つのサービスとして提供することができる。

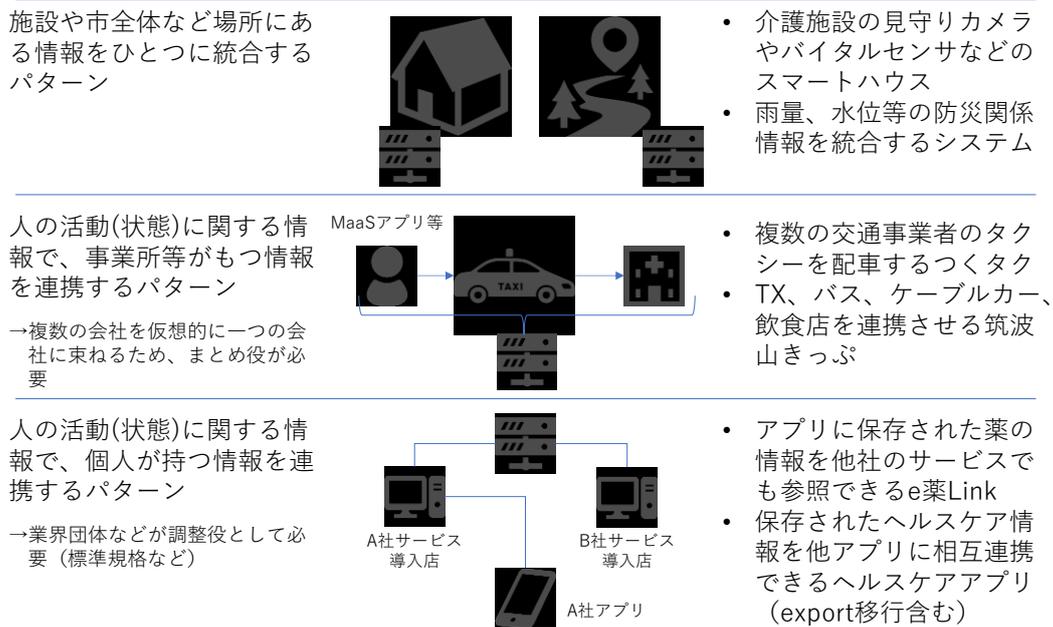


図 51 データ連携基盤の分類例

また、データ連携基盤の特徴として、各事業者がどのメーカーのシステムを入れていたとしても、データ連携を行うインターフェースのみそろえれば連携できるため、各サービス事業者がバラバラのシステムを利用していても接続することが可能という特徴がある。

データ連携基盤の活用を想定したサービスの実装を考えると、スマート・コミュニティ・モビリティ（つくば医療 MaaS）は、「自宅と病院間の移動サービス」と「病院受付連動・病院内移動サービス」の2つに分けて考えられる。この場合、「自宅と病院間の移動サービス」は公共交通の一部と考えることができる。公共交通の一部として「自宅と病院間の移動サービス」を実装する場合であれば実装への実現性が高い。なお、「病院受付連動・病院内移動サービス」については、「自宅と病院間の移動サービス」との連携も考慮した上で、各病院において引き続き導入に向けた検討・実証をすすめていくこととなる。

以上の内容につくば医療 MaaS を「スマートシティリファレンスアーキテクチャ ホワイトペーパー」のスマートシティサービスのビジネスモデルの3分類に当てはめて整理すると表 23 のとおりである。

表 23 つくば医療 MaaS の実装方式

つくば医療 MaaS の実装方式	ビジネスモデルの分類
①病院が単独で運営	(C)民間主導
②モビリティ運営会社等が運用する ^{※1}	(A)官民が連携した地域協議会主導
③各サービスをデータ連携して運用する ^{※2}	(B)自治体（官） + (C) 民間主導

※1 モビリティ運営会社については、各病院が合同で設立する場合、複数のタクシー事業者等によって組織する場合、各サービスの技術をもつ企業が主となって組織する場合等の様々な構成が含まれる。

※2 各サービスをデータ連携して運用する場合は複数の運用段階があり、①各サービスの導入のみの個別実装段階、②各サービスの機材等のハードウェア連携段階（自宅～病院の移動に利用するタクシー等に病院受付の機器を整備する等）、③各サービスの体系的なソフトウェア連携段階（自宅～病院の移動の予約情報と病院内移動サービスの連携等）がある。

ウ つくば医療 MaaS の実装に向けた運営体制の検討

つくばスマートシティ協議会では、本実証実験の後、「医療 MaaS」の社会実装のためのプロジェクトチームを、モビリティ分科会内に立ち上げる予定であり、現在、スマートシティ協議会内において、具体的なソリューションの提案があった企業を中心に、プレイヤーとなる企業の募集を行っている。

プロジェクトチームにおいて、「つくば医療 MaaS」の実現に向けた検討を進める中で、上述したような運営組織の設立にあたって、各運営方式の SWOT 分析などを通して、採算性や、実行可能性を検討し、最もつくば市に適した運営形態を検討し、事例研究やビジネスモデルの構築に向けた実証実験、定期的な検討会を通して、運営組織の在り方や、プレイヤーの検討を進めていく。

詳細な分析は今後進めることとなるが、例えば、上述の「②モビリティ運営会社等が運用する」の体制で実施する場合について考えてみると、医療 MaaS として一連のサービスを一括して管理することができること、中小の病院にも導入がしやすいことなどの強みが考えられるが、一方で、病院が出資し運営会社を設立した場合には、配当の代わりにサービスを提供することが考えられ、その場合、モビリティ運営会社に各病院からサービス提供費が入ってこないため、他地域に事業を拡大できないと売上が上がらずに継続的な運用が難しくなるなどの弱みが考えられる。民間企業等による運営やスマートシティ協議会の法人化による運営、新規設立する第三セクターによる運営などの方法も含め、その強みと弱みを整理し、幅広く意見を聞きながら、つくば市に最も合った形態を検討していく。

また、医療 MaaS として上述したような組織体により実装していくためには、多くの病院の参画が必要である。病院の参画を促すための実証実験による効果検証、ビジネスモデルの検討を重ね、実装に向けた取り組みを進める一方、つくば市における公共交通見直しのための検討に合わせた実証を進め、情報を提供していく。

つくば市では、R4 年度に既存のデマンド交通である「つくタク」を含めた、公共交通政策の在り方についての調査、検討を行うこととしており、R5 年度から次期計画の具体化に向けた検討を実施することとしている。

今回の実証実験における位置情報の解析結果から得られた結果では、近距離移動、生活必需品の購入への移動が多かった。プロジェクトチームにおいては、そのような移動シーンを AI デマンドタクシーに置き換えていくことが効果的であるのか、又は、医療 MaaS に特化した取り組みとしていくことがより効果的であるのかなど、事例研究や実証実験を通して方向性をとりまとめ、つくば市の公共交通政策の検討に提言し、次期計画に盛り込まれた際には、早期に実現ができるよう、実証と準備を進めていく。

早期の社会実装を見据えたスマートシティの実証調査（その4）
調査報告書

【つくばスマートシティ協議会】

令和4年3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