

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2）
調査報告書

【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	1
(1)都市の課題について	1
(2)コンソーシアムについて	5
2. 目指すスマートシティとロードマップ	7
(1)目指す未来	7
(2)ロードマップ	12
(3)KPI	13
3. 実証実験の位置づけ	15
(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.....	15
(2)ロードマップの達成に向けた課題	16
(3)課題解決に向けた本実証実験の意義・位置づけ.....	18
□4. 実験計画	20
(1)実験で実証したい仮説(3. 課題解決の方法を詳細に記載)	20
(3)仮説の検証に向けた調査方法(アンケート、センシング等のデータ取得)	26
5. 実験結果	29
(1)実験結果	29
(2)分析・考察	48
6. 横展開に向けた一般化した成果	60
7. まちづくりと連携して整備することが効果的な提案	63

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 h a) 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。

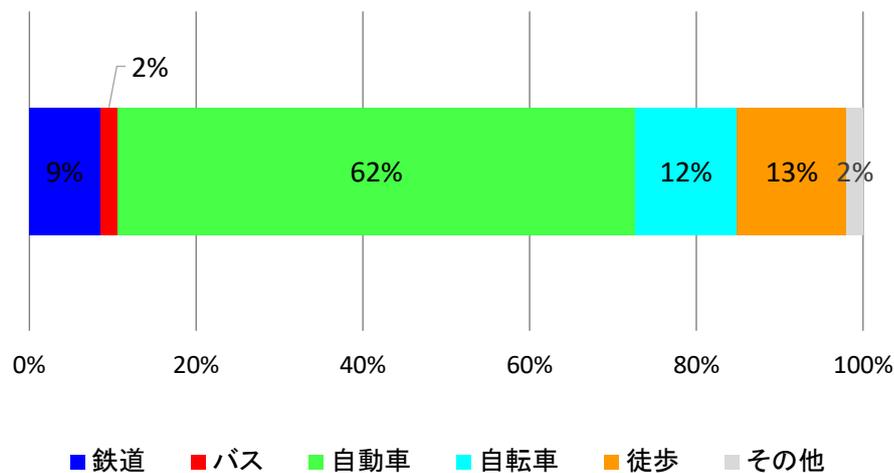
このため、つくばスマートシティ協議会では、令和元年度につくばスマートシティ実行計画を策定し、筑波大学をはじめ 29 の国の研究機関と約 2 万人の研究者が集積する「筑波研究学園都市」を実証フィールドとし、AI や IoT 等の先端技術の社会実装にいち早く取り組むことで、自動車依存度が高い地方都市における、モビリティを中心とした課題解決方策を「つくばモデル」として構築し、つくば市をはじめ、茨城県の各地域が抱える課題解決を目指すこととした。

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、鉄道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。

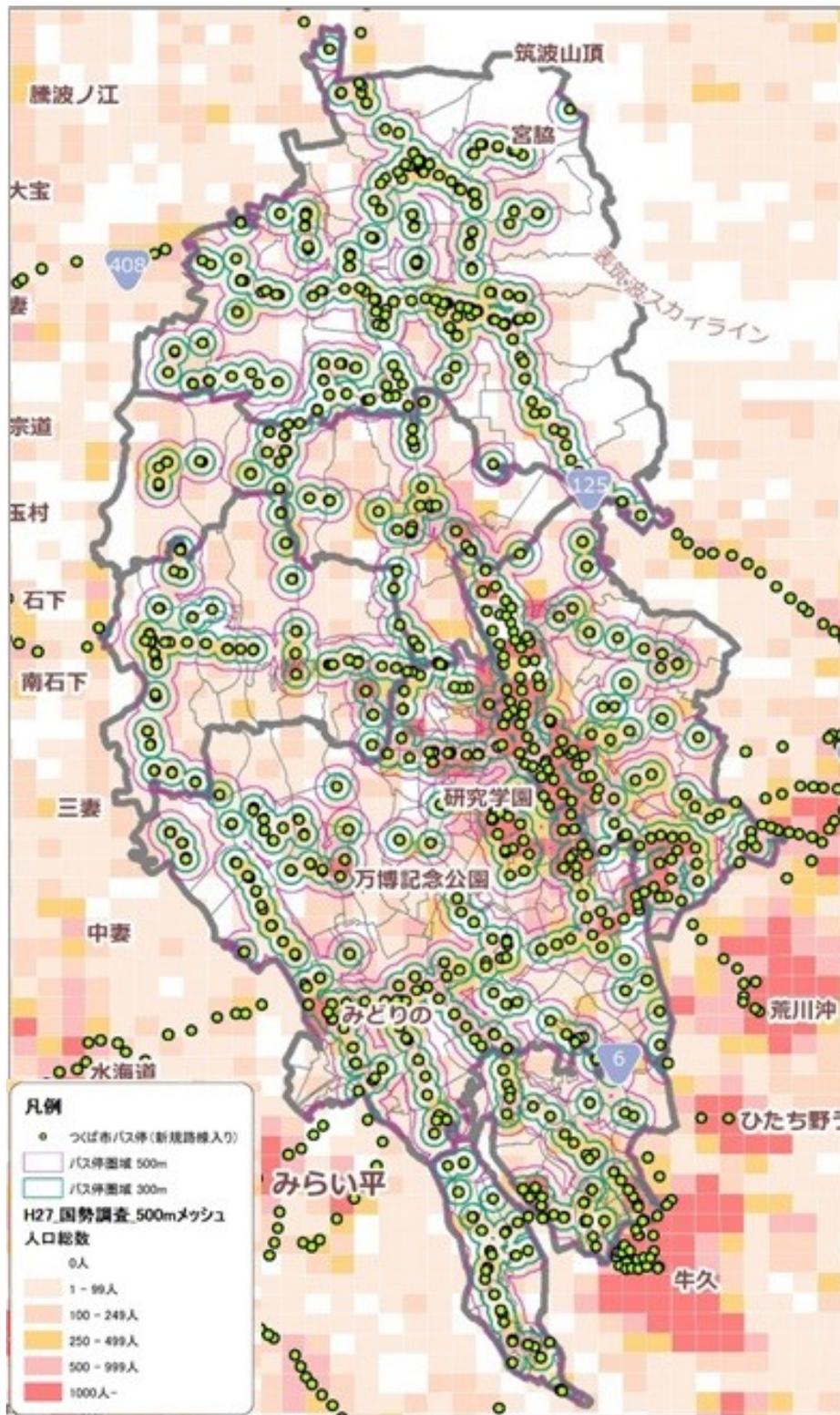


つくば市の交通分担率

そのため、中心市街地やTX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。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。



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

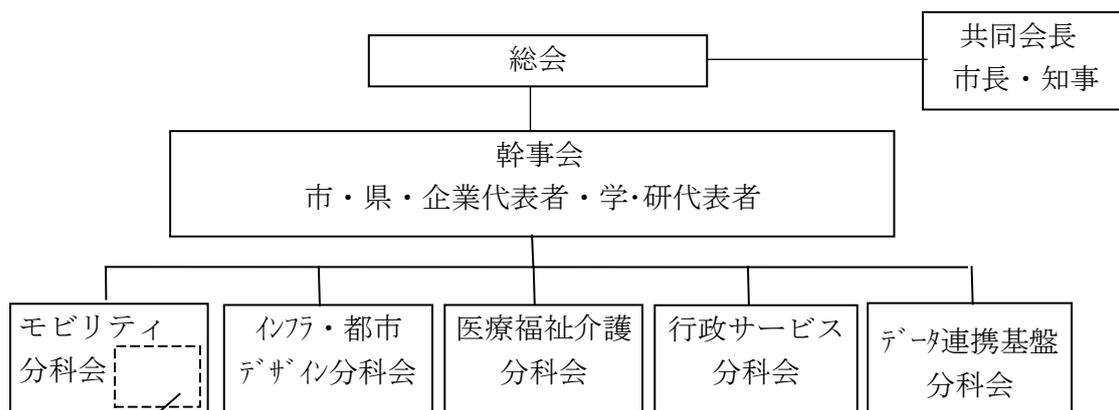
つくば市における高齢化率は19.2%であり、現在も増加傾向にある。このような中であっても、高齢者の8割は元気な高齢者であり、半数以上の高齢者が健康づくり活動や趣味のグループ活動の機会があれば参加したいと考えている。一方で、年齢が高くなるほど外出を控える傾向にあり、後期高齢者では22%の方が外出を控えているという調査結果がある。また、住宅団地等においては、コミュニティの希薄化も進んでおり、外出意欲の低下につながっていることから、高齢者の社会参画、生きがいづくりの支援が求められている。そこで、高齢者等交通弱者の移動手段を確保し、外出促進に繋げていく必要がある。

(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ゆくため、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
茨城県、つくば市		全体の企画調整、進捗管理、全体評価
実証実験 1 （顔認証技術による公共交通バスの乗車と移動先サービスの統合）	茨城県	実証実験の企画・運営、関係者の調整、評価とりまとめ
	つくば市	実証実験の企画
	国立大学法人筑波大学	実証実験の企画、評価
	日本電気（株） （NEC ソリューションイノベータ（株））	顔認証技術の提供および検証
	関東鉄道（株）	バスの運行
	（一財）茨城県科学技術振興財団	サイエンスバスツアーの企画・運営、広報
	（株）常陽銀行	キャッシュレス決済の検討
実証実験 2 （人の生理系とモビリティが一体化されたサイバニックモビリティの屋内外走行実験）	サイバーデザイン（株） 筑波大学サイバニクス研究センター	実証実験の企画・運営、モビリティ技術の活用、関係者の調整、評価

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」



将来イメージ図

課題解決のため、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	【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
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】 ・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

交通流計測

- ・ 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。



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 I C 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利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。



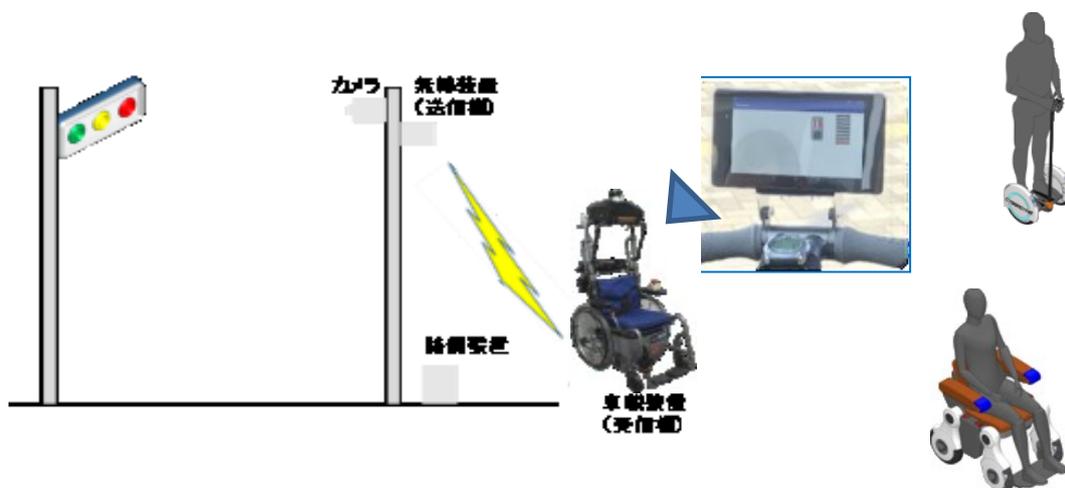
取組み③ 公共交通の利便性向上による高齢者等の外出促進

- ・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。



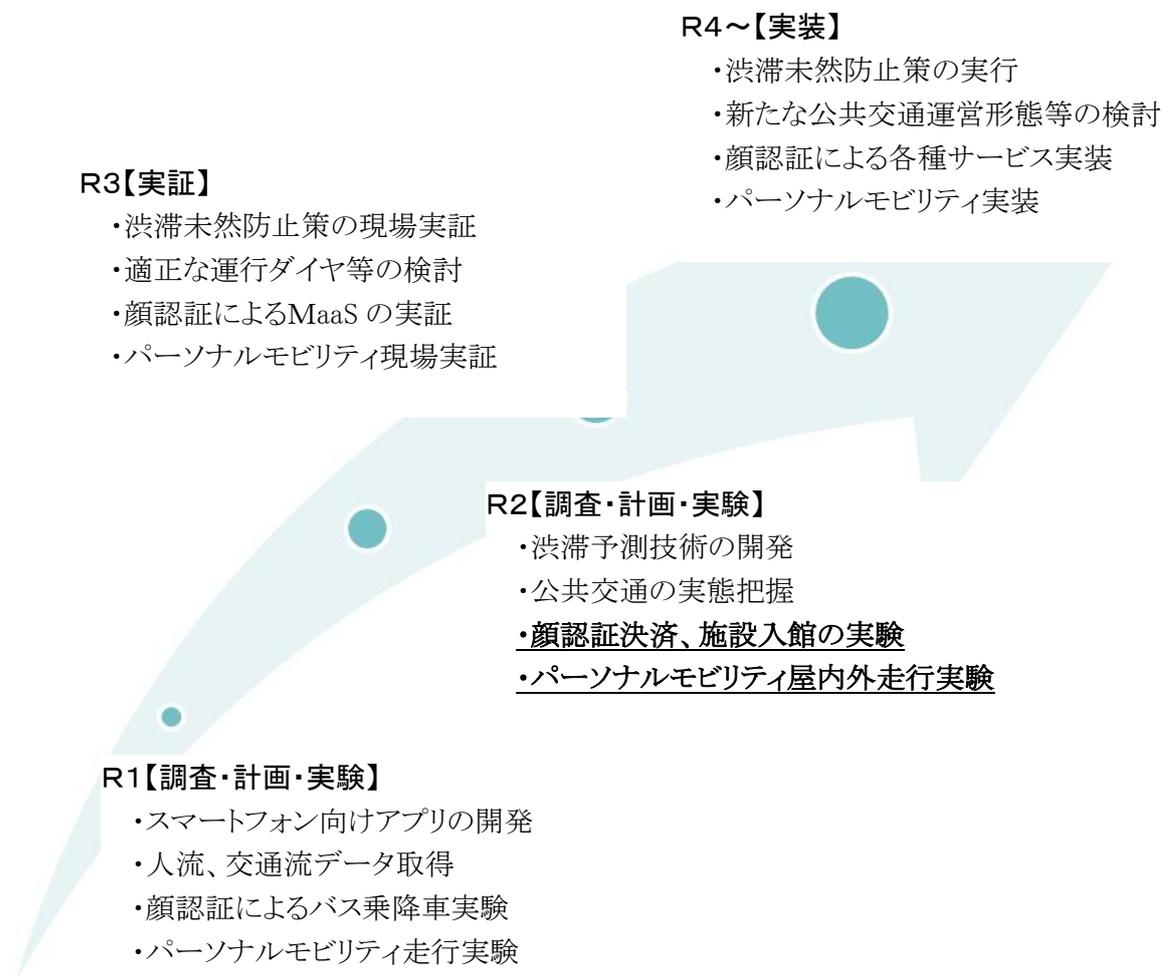
取組み④ ラストワンマイルの安心・安全な移動手段の提供

- ・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

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。



(3) KPI

1 (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。

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。

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)

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の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

(2) ロードマップの達成に向けた課題

①公共交通の利便性向上による高齢者等の外出促進

＜顔認証技術を用いた高齢者等が気軽に手ぶらで外出できる仕組みの構築＞

○技術面の課題

- ・顔認証率を向上させるとともに、認証スピードやセキュリティ面での課題を解決する必要がある。
- ・移動先の施設が有する個人情報や決済情報（銀行口座・クレジットカードなど）との連動については、新たなシステム構築または既存システムとの連携を模索する必要がある。
- ・当初検討していた医療機関での顔認証の活用は、誤認証のリスク等を踏まえ、まずは他施設での実証において信頼性が確保された後に検討する。

○資金面の課題

- ・実装段階、とりわけ新たなシステム構築（既存システムとの連携）に係る費用においては、現状では資金負担者が明確でない（ビジネスモデルが構築していないため）。

○事業主体面の課題

- ・実装段階においてビジネスとして事業展開を図るプレイヤーが必要。

②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）の実装による交通弱者のためのラストワンマイルの充実＞

ロードマップの上では、令和2年度はサイバニックモビリティの安全性、安心性について、調査・計画・実験を行うこととしており、サイバニックモビリティに関しては屋内外走行実験を行うことが予定している。ロードマップ達成のため、令和2年度に交通移動弱者の屋内外移動を安全に支援可能なサイバニックモビリ

ティを構築し、屋内外のフロアや歩道において機能を実証する。令和2年度にサイバニックモビリティの安全かつ安心な走行性能を実証し、令和3年度以降に予定している現場での走行実証や実装に繋げて行くことが可能となる。

(3) 課題解決に向けた本実証実験の意義・位置づけ

①公共交通の利便性向上による高齢者等の外出促進

＜顔認証技術を用いた高齢者等が気軽に手ぶらで外出できる仕組みの構築＞

【実証実験1】顔認証技術による公共交通バスの乗車と移動先サービスの統合

本実証実験の意義・位置づけは、高齢者や障害者、子供といった交通弱者を含めて誰もが自家用車に頼らなくても安心・安全かつスマートに移動できる、また移動したくなるまちづくりを目指し、公共交通機関の利便性及びサービスの向上を図るものである。

具体的には、顔認証によるバス乗車を可能にするとともに、バス乗車時の顔認証で移動先の受付等を可能にし、MaaSによる新たな価値の創出を実現する。また、昨今キャッシュレス決済の手段としてアプリによる決済が増加しているが、顔認証技術は、自宅等への置忘れや紛失等の心配がなく、スマートフォンを使用しない高齢者や子供など誰もが不便を感じることなく利用できるものである。さらには、高齢者や子供の移動履歴が追える見守り機能や他人へのなりすまし防止による防犯・不正防止機能といった安全面の効果もあることから、本実証実験では顔認証技術を活用し、いわゆる「顔パス」による安心・安全かつスマートな移動を目指す。

顔認証の誤認識率等の技術検証のほか、バス乗降・施設入館等の効率化、利用者の顔認証への受容性や満足度等を、通常のケースと実証実験のケースを比較することで検証する。

②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）の実装による交通弱者のためのラストワンマイルの充実＞

【実証実験2】人の生理系とモビリティが一体化されたサイバニックモビリティの屋内外走行実験

本事業において課題として取り上げている、「高齢者等の交通弱者の移動手段確保と外出促進」を解決するための方策を「都市課題を高齢者や障害者等の交通移動弱

者の移動制限解消、自立度向上」と設定し、その具体的な解決手法としてサイバニックモビリティによる交通移動弱者の安全な移動支援を行う。本実証実験の意義は、サイバニックモビリティの令和4年度の社会実装に向けた課題解決の取り組みとして、構築したサイバニックモビリティによる安全な屋内外移動支援に対する実現可能性を明らかにし、交通移動弱者の屋内外移動支援手法としての妥当性を示すことにある。また、本実験は、令和3年度以降に予定されている現場実証や、令和4年度以降に予定されている社会実装に向けた、基盤となる生体情報との連動機能、周辺環境の計測・障害の検出機能、走行性能などを総合的に評価する調査として位置付けられる。

4. 実験計画

(1) 実験で実証したい仮説 (3. 課題解決の方法を詳細に記載)

①公共交通の利便性向上による高齢者等の外出促進

＜顔認証技術を用いた高齢者等が気軽に手ぶらで外出できる仕組みの構築＞

【実証実験1】顔認証技術による公共交通バスの乗車と移動先サービスの統合

高齢者や障害者、子供といった交通弱者を含め、だれもが自家用車に頼らなくても安心・安全かつスマートに移動できる、または移動したくなる街づくりを行うために、次の3つの仮説について、実証実験により実証する。

ア 顔認証技術を活用することにより、利用者が通常と比べ、不便を感じることなく、より快適に公共交通や移動先サービスを利用することができる。

イ 顔認証技術を活用することにより、利用者が忘れ物や持ち物の窃盗被害等を恐れず、安心・安全かつスマートに移動ができるとともに、見守り機能を付随させることで、保護者等の安心にもつながる。

ウ 顔認証技術を活用することにより、公共交通機関や移動先施設でのチェックインや支払い等の手間が減少し、利便性が向上する。また、利便性の向上により、外出機会が増加し、回遊性が向上することで歩数が上昇するし、フレイル予防につながる。

②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）の実装による交通弱者のためのラストワンマイルの充実＞

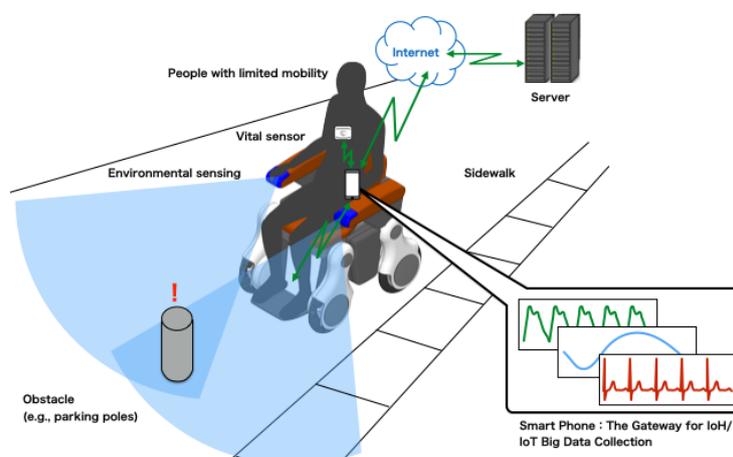
【実証実験2】人の生理系とモビリティが一体化されたサイバニックモビリティの屋内外走行実験

本実験では、安全機能を有するパーソナルモビリティにより交通移動弱者を模擬した健常者が安全に屋内外移動可能となることを仮説として設定する。

仮説の検証方法として、人の生理系と一体化され環境認知機能を有する安全なサイ

バニックモビリティを構築し、交通移動弱者を模擬した健常者による屋内外走行実験を行い、安全に屋内外移動支援が可能か各実験により検証を行う。

当該サイバニックモビリティは、生活空間に存在するポールや壁などの障害に対する減速停止機能、搭乗者の生理的異常を検出し、連絡先へ通知するとともにモビリティを安全に停止する機能を有する。仮説検証の目標達成の観点からは、都市課題である交通移動弱者の移動制限解消と自立度向上に資するサイバニックモビリティの実現可能性について、構築したサイバニックモビリティによって安全な移動支援を行えたかどうか検証することで確認する。当該取り組みの持続可能性の観点からは、サイバニックモビリティによる安全な移動支援の実現可能性を確認することで、取り組みを持続する上で必要な事業化への道筋を探る。社会実装における役割、体制の観点からは、事業化の道筋を探ることで、実験の実務を担当する企業が、サイバニックモビリティの社会実装を担う組織として妥当か確認する。取得したデータ利活用の観点からは、実験で集取する IoH/IoT(Internet of Humans/Internet of Things)データから、スマートな街づくりに資する知見が得られることを確認する。加えて、当該サイバニックモビリティは交通移動弱者のいる地域であれば特殊な設備などを必要とすることなく導入可能であるため、本実証実験によって実現可能性を確認することができれば、国内外の同様の課題を抱える都市における移動支援手段として発展可能と考えられる。



サイバニックモビリティの概要

(2) 実験内容・方法

①公共交通の利便性向上による高齢者等の外出促進

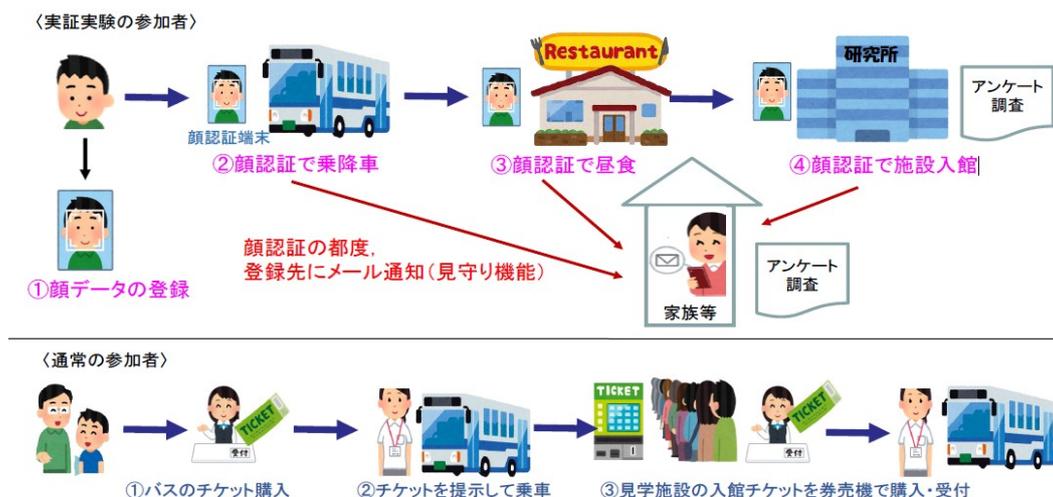
＜顔認証技術を用いた高齢者等が気軽に手ぶらで外出できる仕組みの構築＞

【実証実験1】顔認証技術による公共交通バスの乗車と移動先サービスの統合

顔認証技術の活用により、移動および移動先のサービスの連動、利便性の向上を検討するため、つくば研究学園都市の研究施設をめぐる循環路線バス「つくばサイエンスツアーバス」において実証実験を実施する。

実証実験は、令和3年5月16日、29日の2日間で行った。参加者は、「つくばサイエンスツアーバス」への参加募集に応じて参集した、主に親子連れの一般市民が参加した。参加者は、バスによる移動、食事や見学施設への入退館の際に顔認証を行い、アンケートに回答した。また、併せて、顔認証にかかる時間を正確に計測するため、茨城県職員および日本電気(株)関係者による、バス乗降に係る時間計測を行った。

「つくばサイエンスツアーバス」において実証実験を行うことの利点として、各施設を巡回する観光バスとしての側面を持つため、他地域における路線バスや観光バスへの応用、横展開が可能なことがある。現在運行しているサイエンスツアーバスは、バスターミナルにおいて一日乗車券を購入し、乗車券を提示して乗車、有料の見学施設では別途券売機でチケットを購入のうえチケットを提示して入館するなど、利便性に欠く部分がある。実証実験では、あらかじめ顔認証データを登録し、バスの乗降時の顔認証により、乗車券の購入や提示、見学施設でのチケット購入や受付を省略することで、利用者の利便性の向上や忘れ物、盗難等への安心が向上するか、見守り機能が保護者の安心感につながるかについて検証する。(顔認証によるキャッシュレス決済については模擬的に行う)。

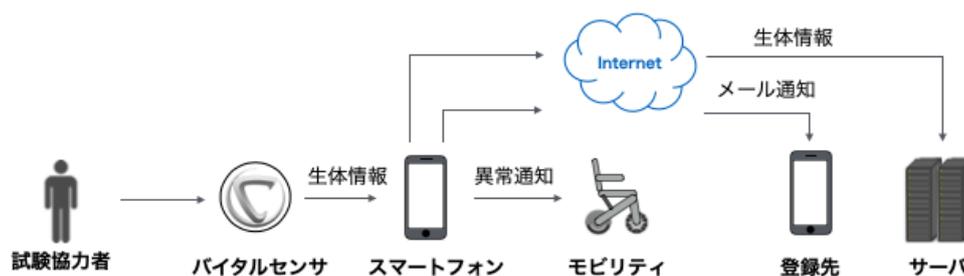


②ラストワンマイルの安心・安全な移手段の提供

＜公共交通を補完する移手段（パーソナルモビリティのシェアリング等）の実装による交通弱者のためのラストワンマイルの充実＞

【実証実験2】人の生理系とモビリティが一体化されたサイバニックモビリティの屋内外走行実験

実験は、健常者を対象とし、屋内走行実験と屋外走行実験をそれぞれ実施する。また、走行実験に先立ち、安全機能に関する生体連動機能と障害物に対する検証を行う。併せて、実験中は搭乗者の生体情報と周辺環境情報を計測する。

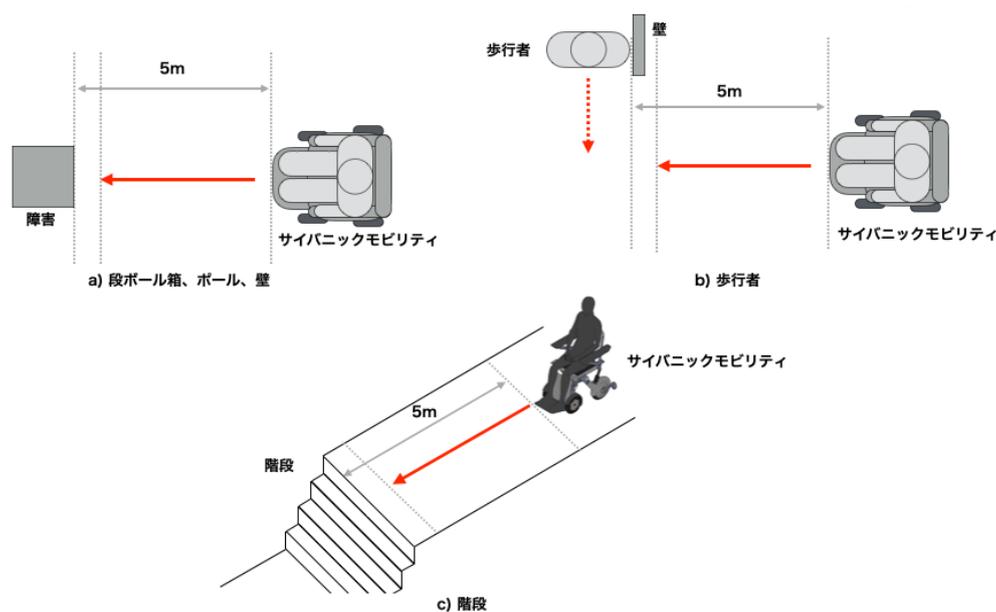


生体連動機能検証実験の模式図

障害に対する減速停止機能検証実験：

障害に対する減速停止機能の検証では、生活空間で遭遇し得る段ボール箱、ポール、壁、歩行者、下り階段といった障害を準備し、サイバニックモビリティの操縦者が

障害に進行する操作を行なった際、障害の手前で安全に減速停止可能であることを確認する。サイバニックモビリティのアームレスト下部には、RGBD カメラが搭載されており、これによって障害を検出する。試験協力者は健常な成人男性 1 名とし、5m の距離から障害に対してサイバニックモビリティを進行させる。下り階段に対して進行する際は最大時速 3km で進行し、それ以外の障害に対しては最大時速 6km で進行する。



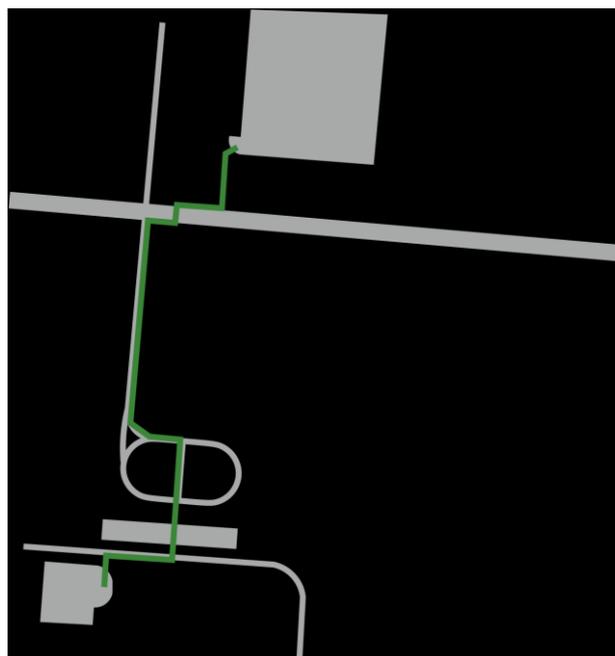
障害に対する減速停止機能検証実験に関する模式図

屋内走行実験：

屋内走行実験では、研究学園駅前の CYBEERDYNE 社屋内において、住環境を模擬した部屋、カーペットの廊下、トイレ、フローリングのフロア、カーペットの廊下、トイレといった屋内の生活空間を走行し、安全に移動支援可能であるか確認する。試験協力者は健常な成人男性 1 名とする。

屋外走行実験：

屋外走行実験では、CYBERDYNE 株式会社から研究学園駅を經由し、イーアスつくば(北関東最大級のショッピングセンター)まで至る徒歩 5 分程度の経路において、歩道や横断歩道を走行し、安全に移動支援可能であるか確認する。試験協力者は健康な成人男性 3 名とする。



屋外走行実験経路

（３）仮説の検証に向けた調査方法（アンケート、センシング等のデータ取得）

①公共交通の利便性向上による高齢者等の外出促進

＜顔認証技術を用いた高齢者等が気軽に手ぶらで外出できる仕組みの構築＞

【実証実験１】顔認証技術による公共交通バスの乗車と移動先サービスの統合

顔認証の成功・失敗率等の技術検証のほか、バス乗降、移動先の受付時間の改善、利用者の顔認証に対する満足度等を調査するとともに、いばらきネットモニターアンケートを活用し、顔認証技術の受容性や市民ニーズを調査する。

仮説「ア」に対する検証

仮説： 顔認証技術を活用することにより、利用者が通常と比べ、不便を感じることなく公共交通や移動先サービスを利用することができる。

検証方法

（ア）技術面

- ・顔認証の成功率（誤認識率）
- ・顔認証に要する処理時間の比較（オンプレミス型とクラウド型との比較）
- ・バスの乗降、移動先施設での入館に要する時間の比較

（イ）利用者の感覚

- ・顔認証により体感した利便性、満足度（チケット購入の不要、手ぶらでの移動）について、アンケート調査を実施

仮説「イ」に対する検証

仮説： 顔認証技術を活用することにより、安心・安全かつスマートに移動ができるとともに、見守り機能を付随させることで、保護者等の安心にもつながる。

検証方法

（ア）技術面

- ・登録先（保護者等）への見守りメールの配信実証

(イ) 利用者の感覚

- ・ ツアー参加者を対象に、手ぶらで移動できる事への安心感についてアンケートを実施
- ・ 保護者等、見守りメール受信者に対して、見守りメールによる安心感、付き添い負担軽減の可能性について、顔認証技術を用いた見守りに対する価格意識についてのアンケート調査を実施

仮説「ウ」に対する検証

仮説： 顔認証技術を活用することにより、公共交通機関や移動先施設でのチェックインや支払い等の手間が減少し、利便性が向上する。また、利便性の向上により、外出機会が増加し、回遊性が向上することで歩数が上昇するし、フレイル予防につながる。

検証方法

(ア) 利用者の感覚

- ・ 顔認証により体感した利便性、満足度（チケット購入の不要、手ぶらでの移動）について、回遊性や外出機会向上の可能性についてアンケート調査を実施

(イ) 参加者の歩数の増加

- ・ 参加者に万歩計を装着させ、ツアー当日の歩数を計測する。また、ツアー後数日間の平均歩数を報告してもらい、日常の歩数とツアー等に参加した場合の歩数を比較する。

その他の検証項目

県内外の幅広い年代に対する顔認証技術の活用範囲の拡大に向けたアンケート調査

- ・ スマートシティに関する顔認証の受容性と市民ニーズ(いばらきネットモニター)

②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）の実装による交通弱者のためのラストワンマイルの充実＞

【実証実験2】人の生理系とモビリティが一体化されたサイバニックモビリティの屋内 外走行実験

本実証実験では、安全機能を有するパーソナルモビリティにより交通移動弱者を模擬した健常者が安全に屋内外移動可能となることを仮説として設定し、健常者を対象とした屋内外走行実験を実施し、併せて、実験中は搭乗者の生体情報と周辺環境情報を計測する。

上記の実証実験において、サイバニックモビリティによって、指定した屋内外の区間を安全に走破できることを確認する。また、移動中に計測された搭乗者の生理状態と周辺環境情報から、生理状態に異常がなかったか、障害が検出された際に減速または停止が行われていることを確認する。加えて、屋外走行時に収集した地理情報と紐づいた環境情報に基づき、スマートな街づくりに資する知見が得られるよう調査を行う。

5. 実験結果

(1) 実験結果

①公共交通の利便性向上による高齢者等の外出促進

＜顔認証技術を用いた高齢者等が気軽に手ぶらで外出できる仕組みの構築＞

【実証実験1】顔認証技術による公共交通バスの乗車と移動先サービスの統合

A 仮説アについての検証結果

(ア) 顔認証技術の技術検証

顔認証の成功率について検証した結果、計41回の認証に対し、誤認識はなかった。一方で負荷としてマスク着用して検証を行った際に1回の動作不良が発生した。また、一般乗客による実証においては、逆光時や黒いマスクを着用している際に動作不良となるケースが確認された。

顔認証に要する処理時間については、R1年度に実施したクラウド型での実証実験においては4.6秒/件であったが、本年度はオンプレミス型で実証した結果2.5秒/件であった。

また、顔認証技術の有用性を確認するため、実際のバス乗降に要する時間を実地（調査日：令和3年7月29日（木）8:30～17:00、調査路線：関東鉄道ひたち野うしく線、調査回数：42回（151人））調査し、顔認証によるバスの乗降に要する時

間との比較を行った結果を表1-1に示す。また、飲食店での会計に要する時間については、令和3年8月12日（木）に茨城県庁生協食堂ひばりにおいて65人を対象に調査を行った結果を表1-2に示す。さらに、施設入館に要する時間について実地調査（令和3年5月16日（日）つくばエキスポセンター入館券販売所におい



顔認証によるバスの降車体験



通勤バスを想定した降車時間測定

て調査、調査対象：23 件）の結果との比較を表 1-3 に示す。

表 1-1 バスの乗降に要する時間

	平均	備考
現金	6.36 秒	
IC カード等、電子マネー	3.11 秒	チャージありの場合 15.46 秒
顔認証	2.52 秒	マスクありの場合 2.89 秒

表 1-2 飲食店での会計に要する時間

	平均	備考
現金	12.39 秒	
IC カード等、電子マネー	14.46 秒	支払方法の切り替え、レシートの発行あり
電子マネー（スマートフォン）	18.95 秒	支払方法の切り替え、レシートの発行あり
クレジットカード	25.66 秒	サインが必要
県庁生協専用カード	4.35 秒	給料引き落としのためサイン無し
顔認証	2.52 秒	バスの乗降に係る時間測定による想定

表 1-3 施設利用時の入館手続きに要する時間

	手荷物なし	手荷物あり	子供なし	子供あり
現金	54.86 秒	63.92 秒	56.30 秒	58.85 秒
顔認証	2.52 秒（バスの乗降に係る時間測定による想定）			

（イ）利用者の感覚に対するアンケートによる調査

顔認証により体感された利便性、満足度についてアンケート調査を行った結果、バスの乗降については 80%、昼食時の支払いについては 100%、施設入館についても 100%の利用者が、負担が軽減していると回答した。（図 1-1）。また、満足度については、すべての利用者が満足したと回答した。（図 1-2）

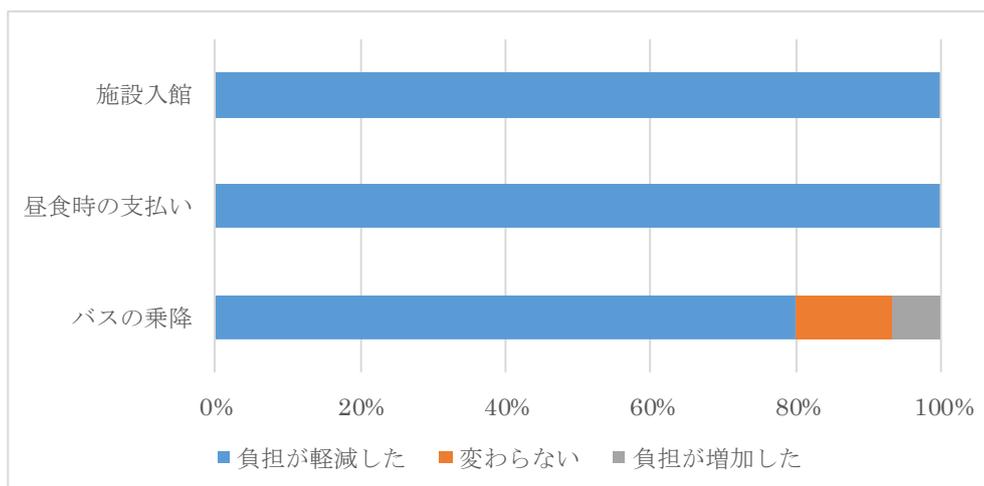


図 1-1 利用者の負担軽減に係るアンケート結果 (n=15)

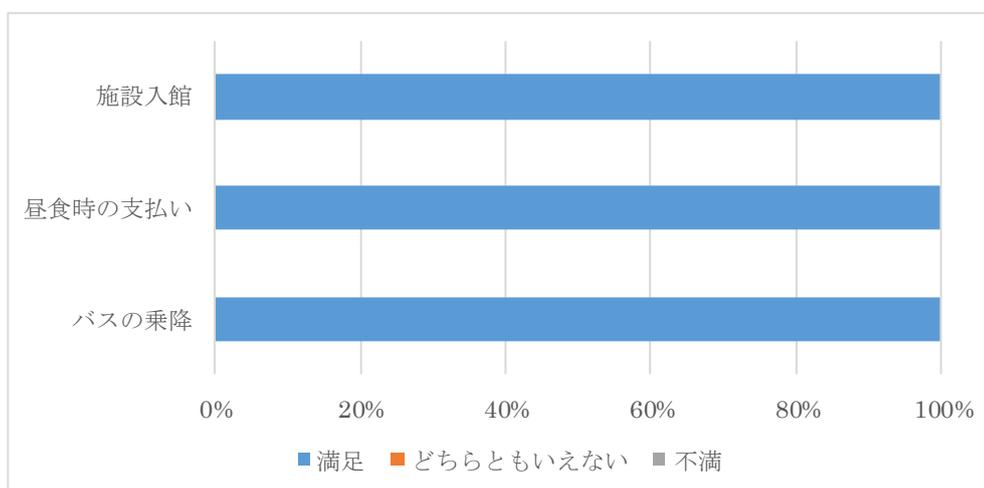


図 1-2 利用者の満足度に関するアンケート結果 (n=15)

B 仮説イについての検証結果

(ア) 技術検証の結果

検証の結果、認証された利用者の見守り者へのメール配信は、32 名に対して合計で、235 回の認証を行い、見守りメールの配信成功率は 87.7%であった。失敗の内容について、2 名の参加者にメールが届かないという事象が確認された。この原因について調査した結果、登録時の入力間違いおよび、迷惑メール対策として行っているドメイン指定によりメールが不受信となったものであった。また 5 月 29 日の実証実験においては、バス降車時の見守りメールが配信されない事象が発生した。

これについては、顔認証用タブレットのインターネット接続が切断されていたことが原因であった。

(イ) 利用者の感覚に対するアンケート調査

利用者等の安心・安全に係るアンケート結果を図 2-1 から図 2-3 に示す。調査の結果、見守りメール配信による安心感については、すべての回答者が安心につながると回答し、付き添い負担軽減の可能性については、87%の回答者が負担の軽減につながると回答した。

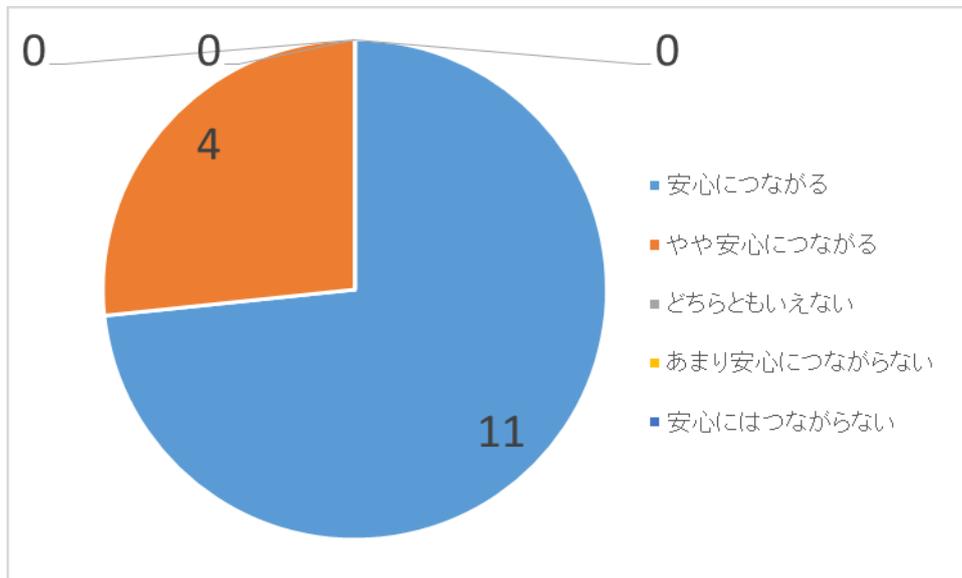


図 2-1 見守りメールが安心感につながるか否か (n=15)

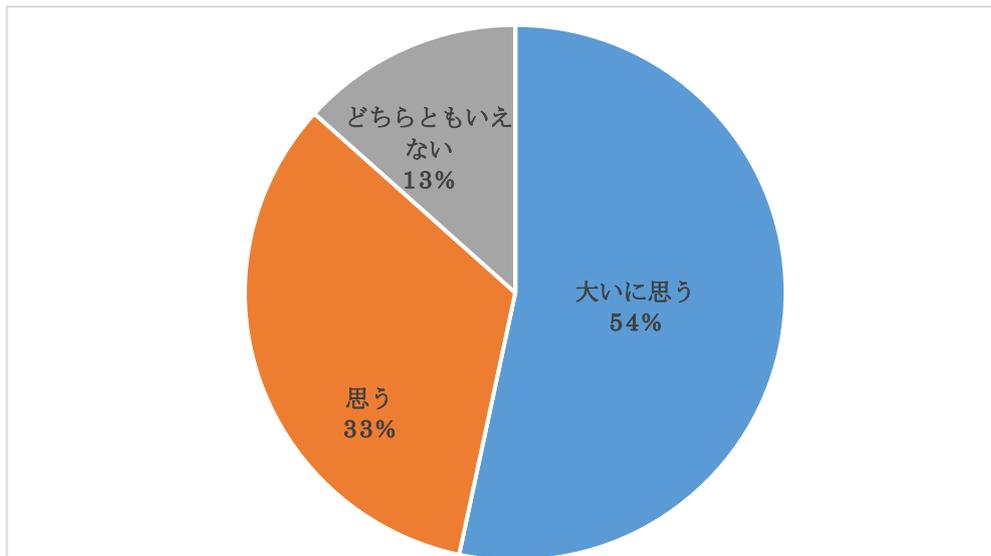


図 2-2 見守り通知機能が付き添い負担の軽減につながるか (n=15)

また、顔認証技術を用いた見守りに対する価格意識に関する調査では、200 円以内及び 500 円以内が最も多くなった。

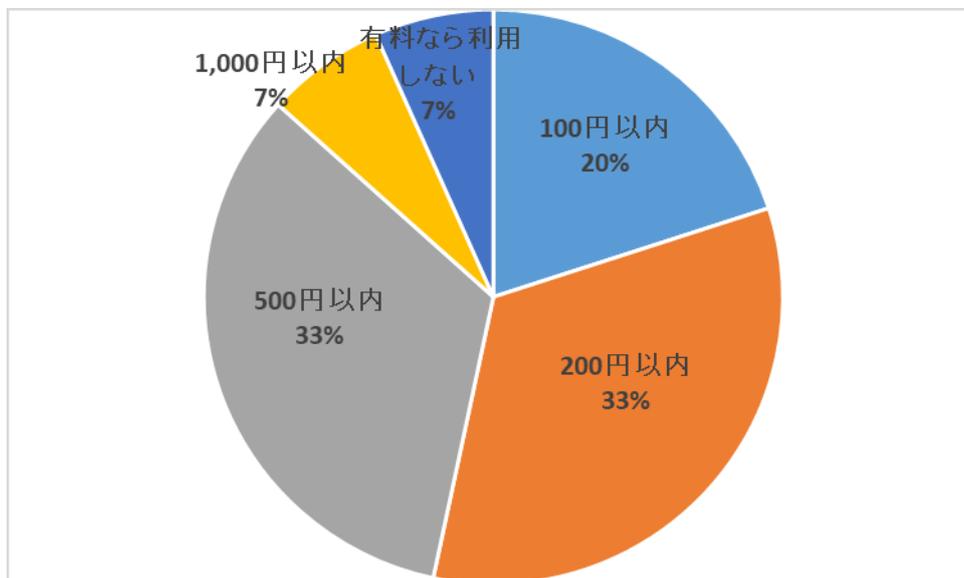


図 2-3 見守り通知機能に係る価格に対する意識調査 (n=15)

C 仮説ウに対する検証結果

顔認証による利便性向上に基づくバス利用拡大および施設回遊性の向上についての調査では、全体の平均歩数は実証実験の当日が 6,230 歩であった一方、翌日は 6,841 歩であり、想定に反して翌日の歩数が上回った。参加者のうち、成人の歩数の変化について、年代別にみると、30 代、40 代においては翌日の歩数が実証実験当日を上回ったのに対し、50 代においては翌日の歩数が顕著に減少した。(図 3-1)

一方で、顔認証技術の導入によりバスや店舗の使用が増加するか、外出機会が増加するかについての調査では、増えると回答した回答者が約半数いた一方で、当該技術によって変わるものではないという回答者が半数という結果になった。(図 3-2)

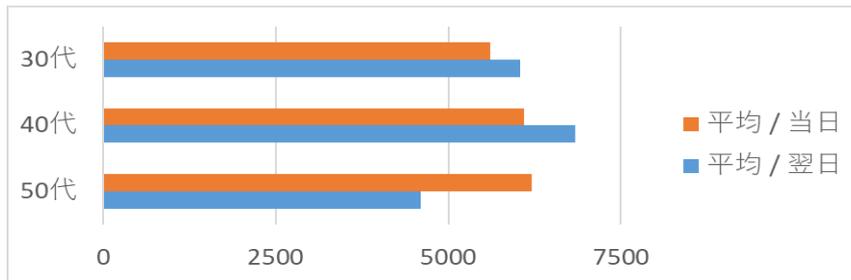


図 3-1 実証実験参加者（成人）の平均歩数

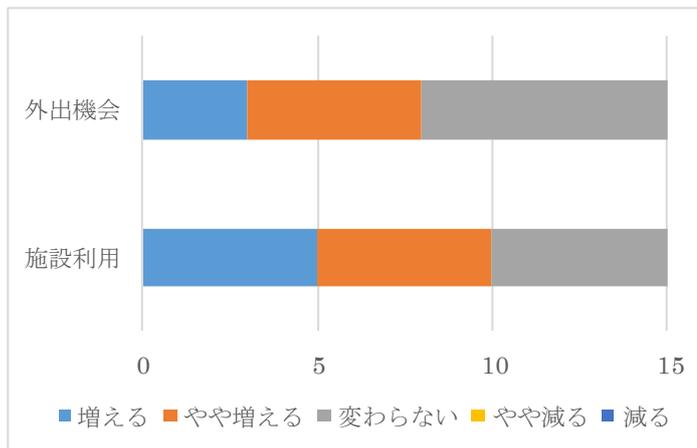


図 3-2 外出機会、施設利用等の増加に係るアンケート結果

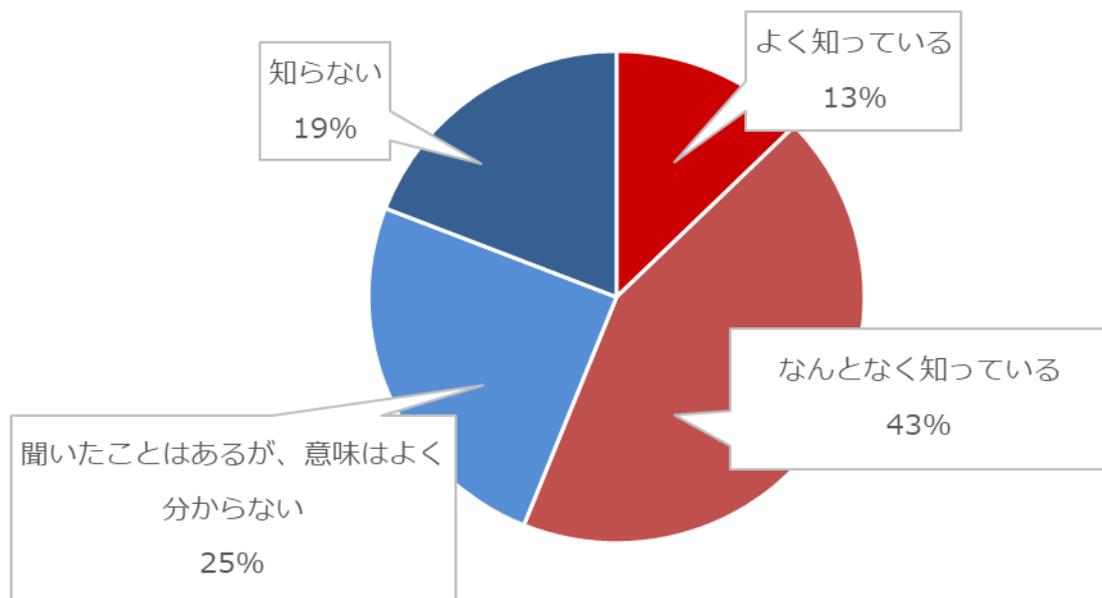
D その他の検証結果

スマートシティに関する顔認証の受容性と市民ニーズを調査するため、いばらきネットモニター（アンケート対象者 810 名、549 名が回答）に対し「スマートシティ及び顔認証技術に関するアンケート」を実施した。結果は以下のとおりである。

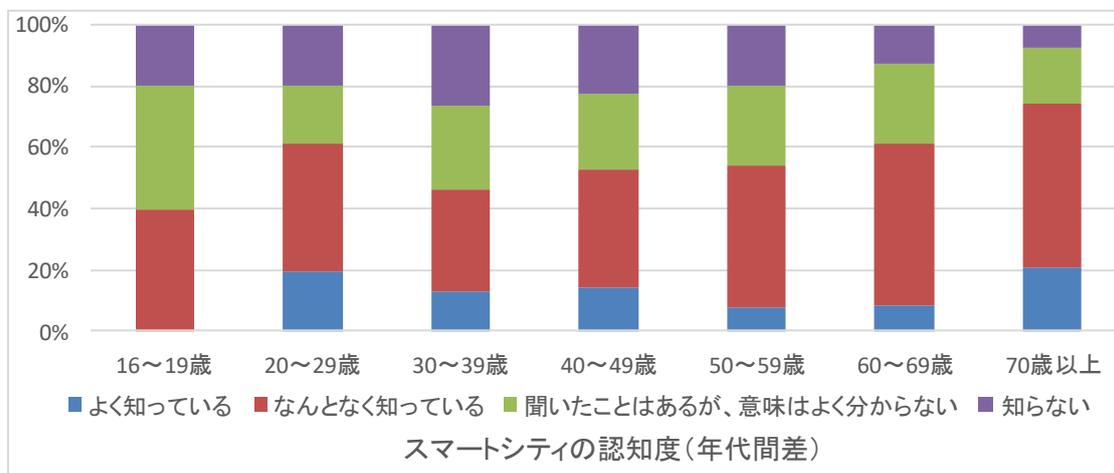
表 回答者の概要

		人数（人）	比率（％）
全体（n）		549	100
地域別	県北	47	8.6
	県央	164	29.9
	鹿行	25	4.6
	県南	178	32.4
	県西	45	8.2
	県外	90	16.4
性別	男性	252	45.9
	女性	297	54.1
年齢別	16～19歳	5	0.9
	20～29歳	36	6.6
	30～39歳	99	18.0
	40～49歳	142	25.9
	50～59歳	128	23.3
	60～69歳	72	13.1
	70歳以上	67	12.1

(1) 「スマートシティ」という言葉を知っているか。



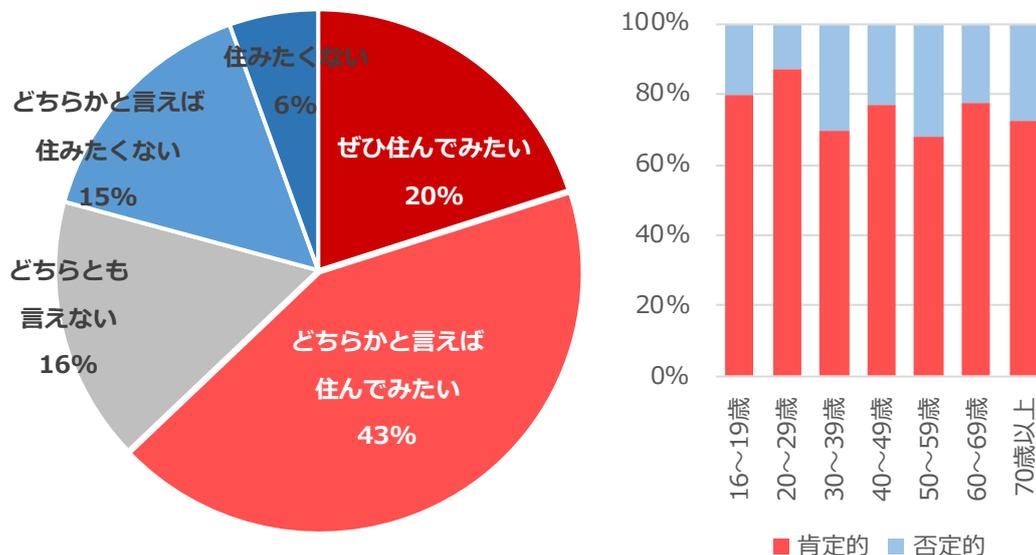
○「よく知っている」「なんとなく知っている」との回答が56%、「聞いたことはあるが意味はよく分からない」「知らない」との回答は44%で、おおよそ半々。



○10代、30代、40代、50代で認知度が低い傾向にある。

○一方で60代、70代での認知度が高い。

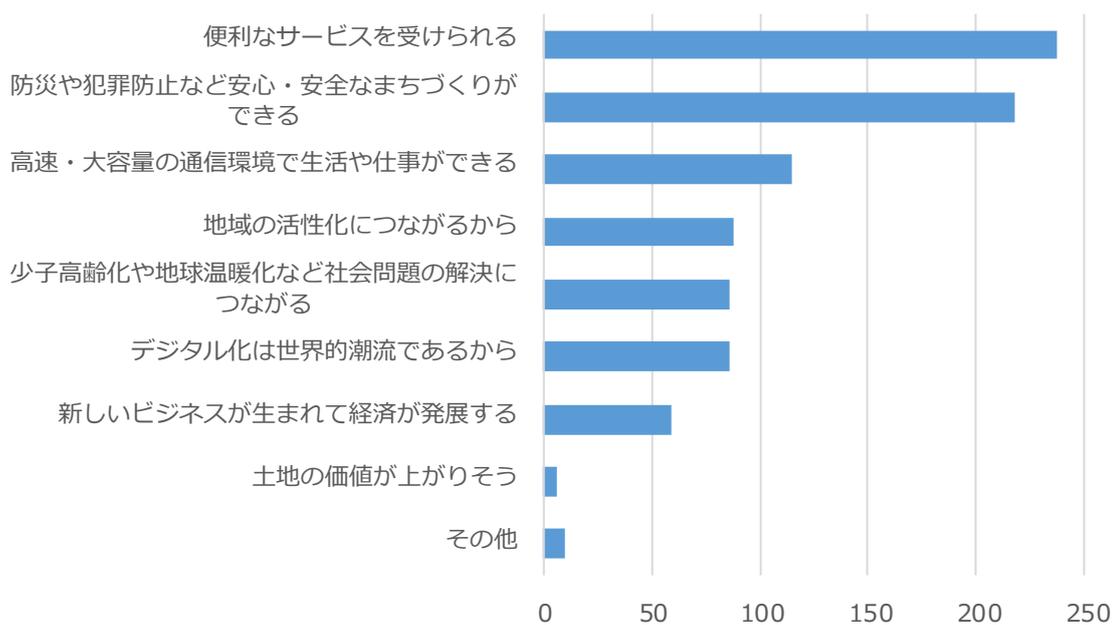
(2) 「スマートシティ」に住んでみたいと思うか。



○スマートシティに住んでみたいと回答した方は全体の 62.8%であり、肯定的な意見が多かった。

○比較的 30 代、50 代で否定的な意見が多い。

(3) スマートシティに住んでみたい理由は何か。

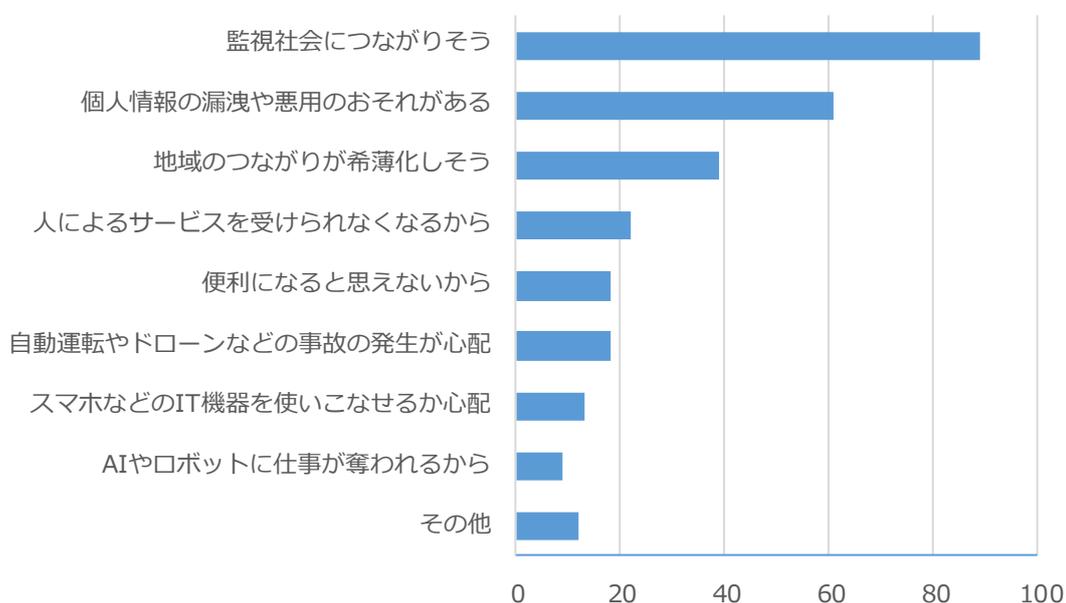


○住みたい理由の多くは、便利なサービスや高速大容量通信等、スマートシティ化による利便性の向上を期待するもの。

○安心・安全なまちづくりに対する希望も高い。

○その他の理由として、役所や銀行等の手続が簡略化されることへの期待や、効率化により、税金や公共料金などの負担が軽減されるのではないかと期待がある。

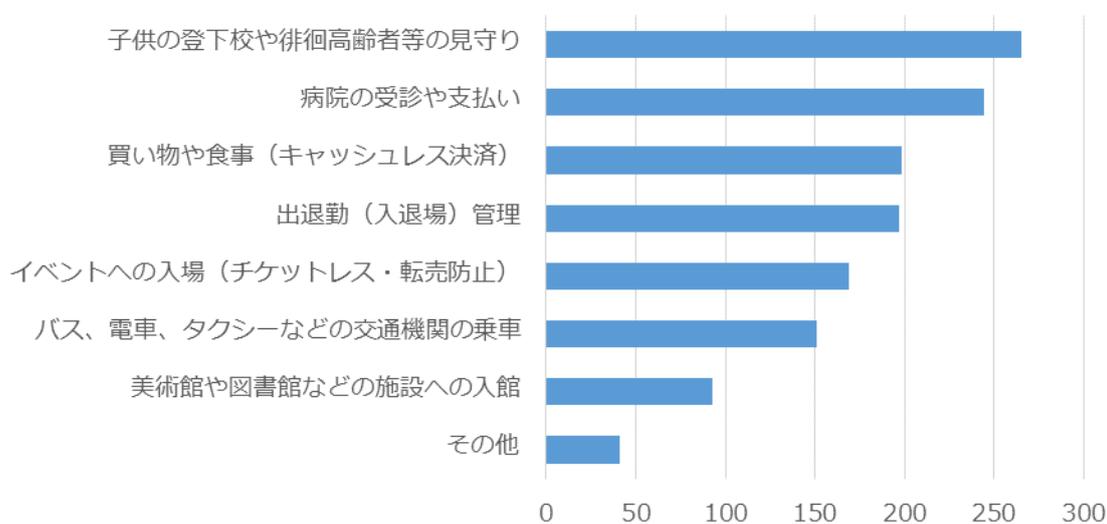
(4) スマートシティに住みたくない理由は何か。



○住みたくない理由として、監視社会につながるのではないかと不安や、個人情報の漏洩や悪用の恐れ等、プライバシーに係る懸念が高くあげられた。

○その他の意見としては、サイバー攻撃に対する懸念や、地域のことについては人のかわりがあった方が良くといった意見、災害等により電気やネットワークが遮断されると何もできないといった懸念の声が聞かれた。

(5) 顔認証技術が使えると便利だと思うことは何か。



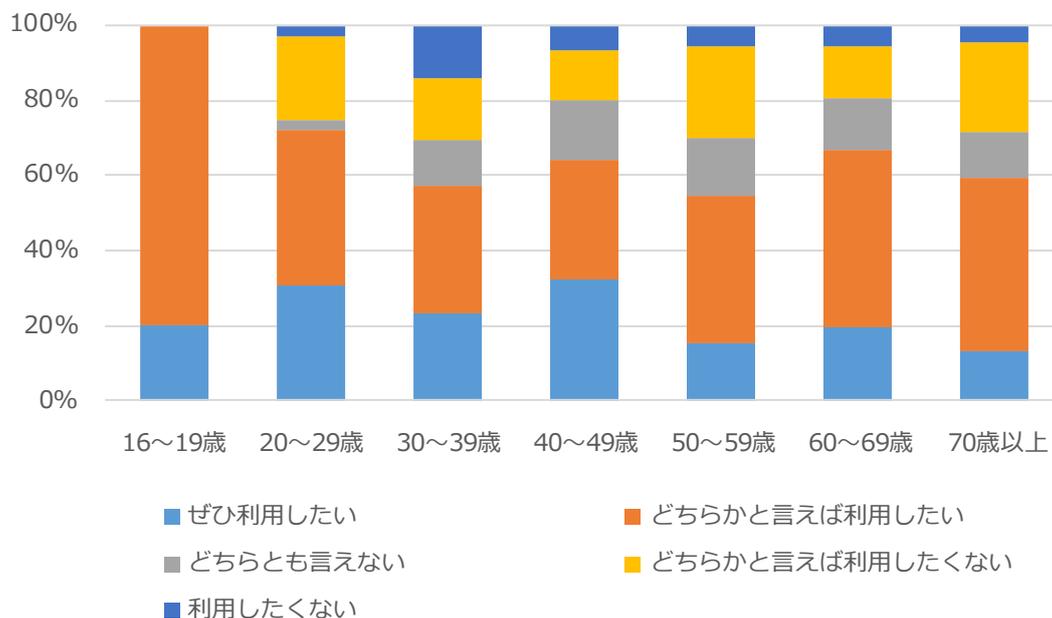
○顔認証技術の使用により利便性が向上すると思われる場面については、子供の登下校や徘徊高齢者の見守りなど、安心・安全につながる使用が最も高かった。

○次いで、病院の受診や支払い、買い物や食事での決済などの、受付や決済の場面での使用、出退勤管理の場面での利用など、日常的な行動の中で活用を求める要望が高いことが分かった。

○公共交通機関の乗車や施設への入館受付に対する要望は比較的少なかった。

○その他として、犯罪者の特定や、密入国等、防犯への活用、銀行やATM、キャッシュカードやクレジットカードでの個人認証への活用、家や車の鍵としての活用などが期待されていた。

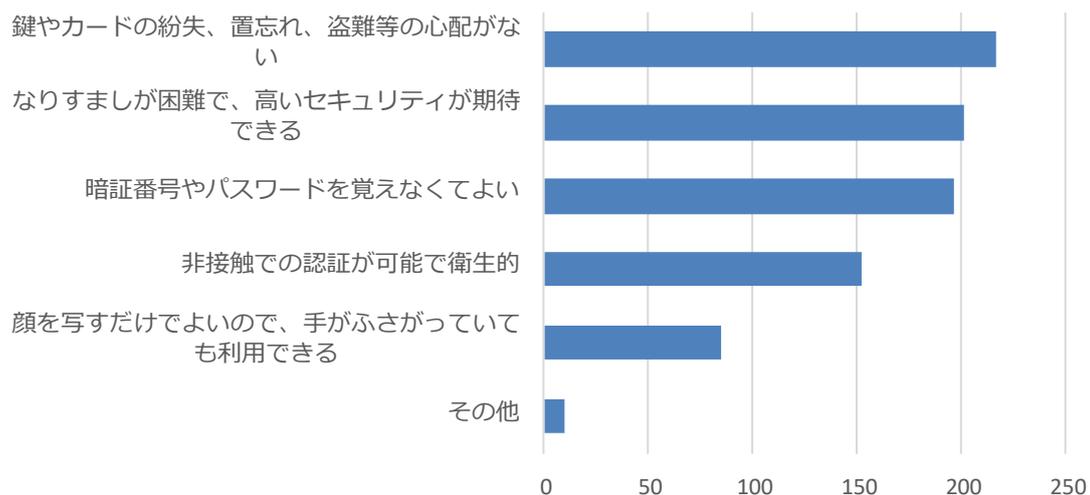
(6) 顔認証技術が導入された場合、利用してみたいと思うか。



○顔認証技術について、全世代で「利用したい」という意見が「利用したくない」という意見を上回った。

○30代、50代ではスマートシティの許容性と同様、否定的な意見が多かった。

(7) 顔認証技術を利用してみたい理由は何か。

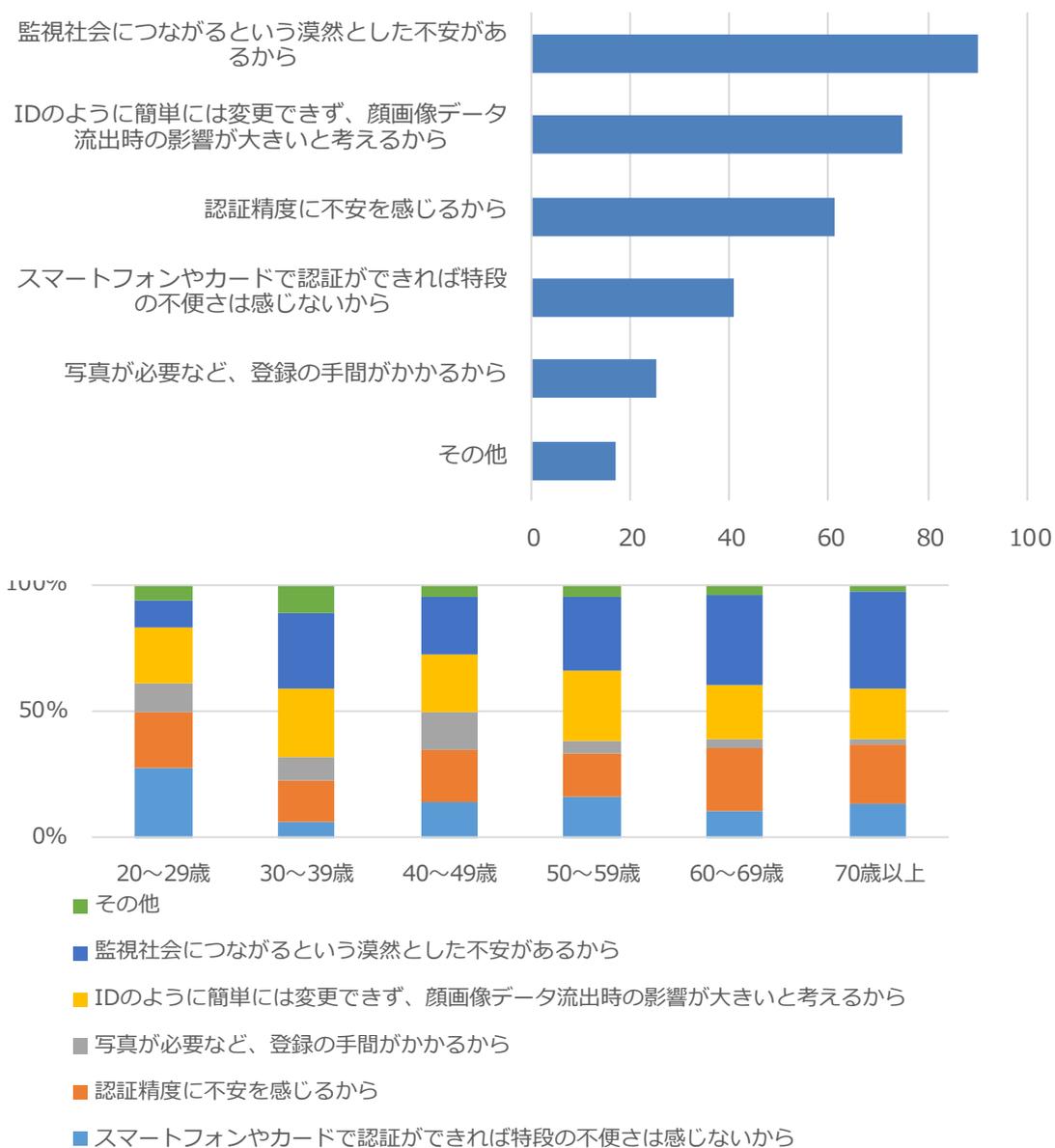


○利用したい理由として、鍵やカードの紛失や置忘れ、盗難等の心配がないことが最も多かった。また、同様に暗証番号やパスワードの代わりになる等、利便性の向上を期待するものが多くあげられた。

○他方、セキュリティの向上や、非接触による衛生面での期待も高かった。

○その他の意見として、犯罪抑止や子供の見守り、徘徊老人や迷子の捜索など、安心や安全につながる利用法への期待も挙げられた。

(8) 顔認証技術を利用したくない理由は何か。



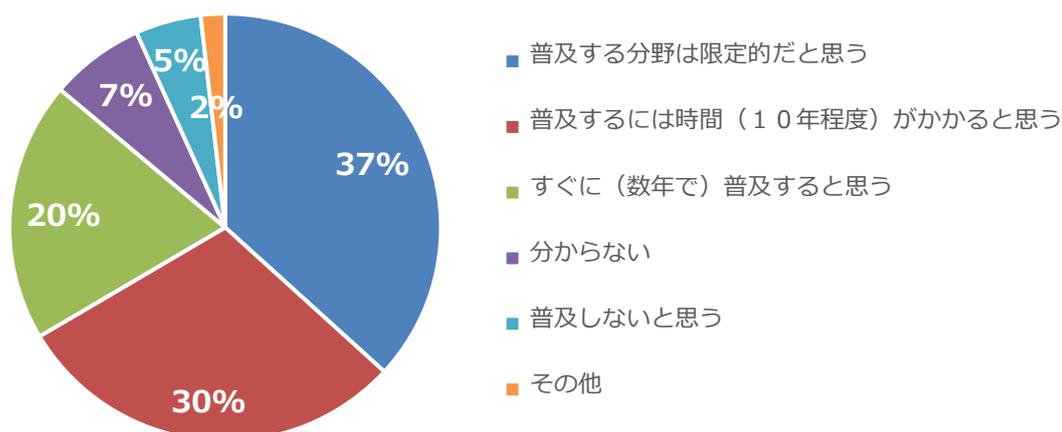
○顔認証技術を使いたくない理由としては、監視社会につながるのではないかと漠然とした不安があるとの意見が最も多く、特に60～70代が多かった。

○IDのように簡単に変更できないため、データ流出時の影響が大きいと考える方も多く、上記と同様、60～70代が多かった。

○一方、20代では、スマートフォンやカードができれば不便さは感じないとの意見が他の世代に比べ多く見られた。

○その他の意見として挙げられた中でも、監視社会になるのではないかと意見、データ流出等への懸念が強い。また、災害時等の認証エラーに対する懸念や、初期投資コストに対する懸念が挙げられている。

(9) 顔認証技術は、どのくらいで普及すると思うか。



○顔認証技術の普及性については、時間がかかる、分野限定的など、すぐに広く普及することは難しいであろうとの意見が大半を占めた。

○その他の回答として、「諸外国の状況をみると技術的には問題がないが、監視社会への不安等、日本では国民感情の面で難しいのではないか。」「閉鎖空間であればすでに利用されているが、パブリックで利用していくにはまだ課題が多いのではないか。」といった声が聞かれた。

(10) その他の事由記入項目

- 防犯カメラの普及拡大による子供の見守りや犯罪の抑制など、安心・安全につながる期待が大きい一方、管理・監視社会につながるのではないかとといった懸念や、データの使用者への規制や罰則等の制度の充実を求める声も挙げられている。
- データ流出(海外からのハッキングを含む)に対する不安感を述べる意見が多い。
- 「メリットとデメリットが正しく把握できていないのでわからない」といった声も聞かれており、スマートシティになるとどのような変化が起きるのか、住民目線でのメリット・デメリットを明確にして説明を行っていく必要がある。
- 「人のつながりが希薄になりそう」、「変化のスピードについていけない」といった懸念が聞かれる一方で、「顔認証にはまだまだ課題が多いが、交通量調査や河川の水位情報などのIoT化は積極的に進めてほしい」、「国際社会をリードするためにも、つくば市は積極的に導入すべき」といったスマートシティ推進に期待する声も聞かれている。

②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）の実装による交通弱者のためのラストワンマイルの充実＞

【実証実験2】人の生理系とモビリティが一体化されたサイバニックモビリティの屋内外走行実験

生体連動機能検証実験：

実験の結果、試験協力者3名のいずれにおいても、事前運動による頻脈の模擬とセンサ外れの模擬を行なった際、登録先に状態がメール通知され、サイバニックモビリティが安全に停止することが確認できた。また、事前運動後に心拍数が安静状態に近づいた際と、外れたセンサを装着し直した際にも、登録先にメール通知され、サイバニックモビリティが操舵可能な状態となることを確認できた。以上の結果から、サイバニックモビリティの生体連動機能が想定どおりに動作していることが確認できた。

生体連動機能検証実験の結果

模擬する生体計測状態	スマートフォンの動作	サイバニックモビリティの動作
正常心拍	-	駆動
頻脈	登録先に通知メールを送信	自動的に減速停止
センサ外れ	登録先に通知メールを送信	自動的に減速停止

障害に対する減速停止機能検証実験：

実験の結果、生活空間で遭遇し得る段ボール箱、ポール、壁、歩行者、下り階段といった障害に対して、サイバニックモビリティの操縦者が障害に進行する操作を行なった際、障害の手前で安全に減速停止可能であることを確認できた。また、障害検出及び減速時の RGBD カメラ画像を取得できた。以上の結果から、サイバニックモビリティの障害に対する減速停止機能が想定どおりに動作していることが確認できた。

減速停止機能検証実験の結果

障害	障害に応じたサイバニックモビリティの動作
-	直進
箱	障害手前 40cm で減速停止
ポール	障害手前 40cm で減速停止
壁	障害手前 40cm で減速停止
歩行者	障害手前 40cm で減速停止
下り階段	障害手前 20cm で減速停止

屋内走行実験：

実験の結果、住環境を模擬した部屋、カーペットの廊下、トイレ、フローリングのフロア、カーペットの廊下、トイレといった屋内の生活空間を問題なく走行することができた。また、走行中に生体異常の誤検出は発生せず、障害に対する減速停止機能は走行を妨げず、走行中障害に衝突することもなかった。以上の結果から、サイバニックモビリティによって屋内生活空間を安全に移動支援可能であることが確認できた。



屋内走行実験の様子

屋外走行実験：

実験の結果、CYBERDYNE 株式会社から研究学園駅を經由し、イーアスつくば(北関東最大級のショッピングセンター)まで至る徒歩 5 分程度の経路において、屋外生活空間である歩道や横断歩道を走行することができた。また、走行中に生体異常の誤検出は発生せず、障害に対する減速停止機能は走行を妨げず、走行中障害に衝突することもなかった。以上の結果から、サイバニックモビリティによって屋外生活空間を安全に移動支援可能であることが確認できた。試験は炎天下の屋外で行われたため、稀に一部のセンサシステムが熱により不具合を起こしたが、放熱性の改善により対応可能である。

本実験では、屋外走行時の GPS 情報と紐づく環境情報(温度、湿度、照度、紫外線指数、気圧、音圧)を収集することができた。温度と湿度からは熱中症警戒度(WBGT)が得られ、照度からは現在位置が日向なのか日陰なのか推定することができる。今回は晴天の日中に実験を行ったが、実験開始地点や駅周辺など、屋根がある場所で照度が低い傾向が見られた。WBGT が危険な数値を示し、輻射熱の強い日向に長時間滞在している場

合などに、サイバニックモビリティから水分摂取や涼しい室内に移動するようアナウンスすることが可能となる。また、走行経路周辺における大きな音を伴う事故などの危険な状況を推定し、危険を回避したり、いつどこで危険な状況が生じたか記録したりすることも可能となる。走行経路上の環境情報を元にした安全な移動支援や、危険な状況が起こりやすい場所を特定し、より安全な街づくりにフィードバックすることに繋がることが可能となる。今回は、幹線道路近くで音圧が高い傾向にあり、交通量の多い場所では音圧が高く出やすいことがわかった。以上の本実験で得られた結果は、安全かつスマートな街づくりに有用な知見である。



屋外走行実験の様子



WBGT(熱中症警戒度)のマップ

照度のマップ



音圧のマップ

(2) 分析・考察

①公共交通の利便性向上による高齢者等の外出促進

＜顔認証技術を用いた高齢者等が気軽に手ぶらで外出できる仕組みの構築＞

【実証実験1】顔認証技術による公共交通バスの乗車と移動先サービスの統合

A 仮説Aに対する分析・考察

顔認証の技術的な面について、成功率について検証したところ、認証の成功率は100%であり、誤認証は発生しなかった。また、使用環境の違いによる所要時間の計測においては、バスの乗降においても、ICカード等による乗降に比べて0.5秒程度速く、代替技術として十分に用いることができるものであった。

認証に要する時間は、令和元年度に実施したクラウド型の顔認証システムを用いた検証において4.6秒/件であったのに対し、今回の実証に用いたオンプレミス型では2.5秒/件であり、速度が1.84倍に向上した。これにより顔認証システムの認証速度自体は、社会実装に際してICカードと遜色がなく、実用に耐えうるスピードであることが分かる。一方で、決済との連動など、実際の運用を考える上では、データの連携は必須であり、クラウド型の認証速度を上げるため、高速通信網の整備や、エッジコンピューティングなど、より迅速にデータを連携する方法の検討が必要である。

また、技術面では、逆光時や黒マスク着用時に一回で認証が成功しない動作不良が発生しており、利用者が認証に手間取る場面が見られた。そのため、一般モニターによる実証の中では、認証に時間を要する結果となった。さらに、被験者のアンケート調査から、顔認証を行う際の、カメラへの顔の投影が難しい（角度、位置）こと、子供を認証させようとした際に、後ろにいる親が認証されてしまった、などの意見が聞かれており、利便性、認証速度の向上のためには、自然な動作の流れの中において認証したい人物を限定して認証するシステムの開発、導入が必要であることが考えられる。

自然な動作における顔認証技術については、3台のカメラを活用し、入室管理を行うシステム等での研究が実施されており（秋山ら¹⁾ 2020）、これらの技術を融

合することで、スムーズな移動を阻害せずバスの乗降が可能な顔認証システムが構築できる可能性がある。

食事等の会計システムへの活用について、茨城県庁生協食堂「ひばり」での測定結果と比較した結果、他のどの支払方法よりも早い決済が可能である可能性が示された。しかしながら、ICカードや電子マネーによる支払いがバスの乗降に比べ時間がかかる要因として、レジの支払方法の切り替えや、レシートの発行に時間を要していたことがある。顔認証システムを導入する際にも、会計の切り替えやレシートの発行のための通信処理等に時間を要すると、利便性が損なわれる。切り替えの無いシステムや、レシートの利用者端末への送信機能などを併せて検討する必要があることが示唆された。

施設入館時における顔認証技術の利用については、顔認証技術を用いない場合、いずれの条件下においても、手続きに約1分を要していた。調査の際には、この待ち時間により数名が並ぶ状況も見られた。一方で、顔認証による本人認証においては、2～3秒/件での認証が可能であることから、インターネット等を用いた事前受付と顔認証による本人承認を組み合わせることで、極めてスムーズに入館することが可能になることが、改めて確認できた。このような顔認証によるチケットレス入場の取組は、既にライブイベント等で導入が進みつつあり、利便性が認識されてきているところである。

今回の実証実験では、観光等のツアーバスとの連動について検討を行った。バスの乗降時の顔認証による本人承認と施設入館を連動することにより、チケットの購入や事前の入館手続き等を行うことなく、全てがシームレスにつながることで、外出意欲の向上や回遊性の向上につながるとともに、ツアー参加者の本人確認といった施設従業員の労力軽減にもつながるものと考えられる。

以上より、顔認証技術は認証速度等の技術的な面においては、ICカードなどに代わり、広く一般的に使用ができる技術である一方、社会実装に向けては、より利便性を高めるうえでの、周辺システムの開発、連携や、自然な動作の中でのスムーズな認証技術の開発、5G等の高速通信網の整備等が必要であることが示唆された。

B 仮説イに対する検証・考察

被験者の保護者に対する見守りメールの配信について、技術としては問題がないことが示され、また、被験者に対するアンケートでは、メールの配信により安心感を得られる保護者が多数を占め、見守りメールの配信が、安心な移動につながることを実証された。しかしながら、見守りメールの配信にあたって、通信エラーにより配信が行われないことがあった。同様に、クラウド型システムの場合は、バスの走行箇所によっては通信が微弱となり、認証やメールの配信ができなくなる可能性がある。

また、子供等の移動について見守りメールの有効性が高い一方で、見守りメールだけでは、高齢者等への付き添いに対する負担軽減にはつながらないとの結果も得られた。メールにより安心感を得られるものの、やはり高齢者を単身で公共交通機関を乗り継いで目的地に向かわせることに不安感があることから、高齢者が単身で目的地に安全に移動できるモビリティの開発が必要であることも示唆された。

顔認証システムの利用者においては、会計等において財布を出さなくてもよいということから、忘れ物等がないことへの安心、盗難防止等の安心感がある、迅速な会計が可能である一方で、他店舗等において現金を使用する場面があることを想定すると、全く財布を持たずに移動することはできない（手ぶらでの移動にはならない）との意見も聞かれており、顔認証システムによる外出促進、フレイル予防に繋げてゆくためには、顔認証システム導入施設を増やしてゆくことが必要と示唆された。

C 仮説ウに対する検証と考察

顔認証技術と施設入館等の連携について検討した結果、システム上の問題は見られず、認証が確実に行われれば、キャッシュレス決済への連携も十分に可能であると考えられる。また、施設入館時の受付についての調査から、事前の受付やバス乗降情報と顔認証による個人認証を連動させることで、チケットの購入に要する時間や、それに伴って生じる待ち時間が解消されるとともに、発券を担当する店員の負担軽減につながることも明らかになった。

一方で、聞き取りの中では、顔認証技術の導入に際しては、顔認証を使う者と通

常の支払いを行う者の区別をする必要があり、発券所やレジ等を完全に無人化することは難しく、また、全てのバスにシステムを導入したり、バスの乗降ゲートや顔認証専用の入退場口等を設置したりするにはコストがかかるため、即時導入には至らないといった声も聞かれている。しかしながら、顔認証をキャッシュレス決済と連携させることで、利用者にとってのメリットだけでなく、事業者にとっても定期券の不正利用防止や詳細な乗降データの収集、商品の購入状況の収集やペルソナに合わせた情報の提供など、大きなメリットをもたらすことができる。

また、顔認証システムでは、パスワードを必要としないため「パスワードを忘れてしまい決済ができない」という可能性がない。さらにパスワード情報の流出や IC カードの盗難等による犯罪被害の未然防止といった利用者保護の面でも期待ができる。特に IT リテラシーに不安がある高齢者にとっても、サービスの利用を始める際に顔認証情報と決済情報を紐づけることができれば、その後はスマホや IC カードを手元に管理することなく継続的にサービスを享受することが可能であり、外出にあたっての心理的ハードルを引き下げる効果が想定されるため、積極的な導入を促す方策を検討していく必要がある。

さらに、本実証において被験者の歩数に着目し、日常の歩数と比較を行った結果、実証実験当日よりも翌日の歩数が多いという結果であった。このことについては、本実証の参加者が小学生とその親を中心としていたことによるものと思われる。一方で、50 代に注目してみると、実証実験当日に比べ、翌日の歩数は顕著に減少している。新型コロナウイルス蔓延の影響により参加を求めることができなかったため、今回の実証実験では計測できなかったが、高齢者層となる 60 代、70 代ではさらに歩数が減少することが想像される。

顔認証による利便性向上に基づくバス利用拡大および施設回遊性の向上については、半数の利用者が、回遊性が向上すると答えた一方で、半数の利用者は顔認証そのものがバス利用や施設利用の理由にはならないと回答した。回遊性を向上させたうえで、公共交通機関の利用促進に繋げるためには、顔認証と公共交通を利用した際に、割引クーポンを適用する等、公共交通機関を使用するメリットを打ち出す

などの検討が必要である。

安東ら²⁾ (2013) によれば、郊外部においては、自動車よりも単位時間歩行量が多くなる公共交通等を利用した場合に、健康に望ましい影響を与えることが報告されている。顔認証技術の導入、普及により、利便性、身軽さ、安心等が増加し、公共交通機関の利用と回遊性が向上すれば、高齢者等のフレイル予防につながる可能性がある。交通手段の利用頻度増や効果的なフレイル予防に繋げるためには、高齢者が興味を持つようなイベントや日常の行動と紐づいた施設に顔認証技術を融合させていく必要がある。

D その他の調査項目についての検証と考察

顔認証の受容性と市民ニーズを調査するため、いばらきネットモニターに対し「スマートシティ及び顔認証技術に関するアンケート」を実施した。この結果、スマートシティに対する意見は肯定的なものが多く、スマートシティ化による利便性の向上を期待する声が多いことが示された。一方で、データ流出やプライバシーに係る懸念が挙げられており、導入に際してはデータのセキュリティ対策を厳重に行う必要が認められる。また、顔認証については、銀行 ATM や役所での個人認証、子供等の見守り等への活用の期待が高い一方、プライバシー保護やセキュリティへの懸念から、使用の範囲は限定的で広く普及するには時間がかかるのではないかとの意見が多い。顔認証技術の浸透のためには、利便性を体感させつつ、一般に広がる「なんとなく」といった不安を払しょくしていくことが必要と考えられる。

②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）の実装による交通弱者のためのラストワンマイルの充実＞

【実証実験 2】人の生理系とモビリティが一体化されたサイバニックモビリティの屋内外走行実験

当該取り組みでは、安全機能を有するパーソナルモビリティにより交通移動弱者を模擬した健常者が安全に屋内外移動可能となることを仮説として設定し、実験を

行った。基礎的な検証と屋内外の走行実験の結果から、サイバニックモビリティは生体異常検出とその通知機能、及び障害検出機能を備え、それらの機能によって屋内外生活空間を安全に移動支援可能であることが確認できた。

以上のことから、目標達成の観点からは、都市課題である交通移動弱者の移動制限解消と自立度向上に資するサイバニックモビリティの実現可能性を確認することができた。当該取り組みの持続可能性の観点からは、サイバニックモビリティが都市課題を解決しうるということが確認できたため、組織の発展の方向性の観点からも考えると、事業化を担当すると組織と行政側との連携を強化していくことで持続的な取り組みへと発展できると考えられる。社会実装における役割、体制の観点からは、都市課題を解決しうる結果が得られたため、当該実証実験の実務を担当した企業が、サイバニックモビリティの社会実装を担う組織として妥当と考えられる。データ利活用の観点からは、本実験で集取した IoH/IoT(Internet of Humans/Internet of Things)データから、安全な移動支援や安全な都市設計に有用で、スマートな街づくりに資する知見が得られた。

(3) 技術の実装可能な時期、実装に向けて残された課題

①公共交通の利便性向上による高齢者等の外出促進

＜顔認証技術を用いた高齢者等が気軽に手ぶらで外出できる仕組みの構築＞

【実証実験1】顔認証技術による公共交通バスの乗車と移動先サービスの統合

顔認証技術の実装、普及について、つくば市での実装を想定し、具体的な事例を基に実装可能時期と残された課題について検討する。

顔認証システムの技術面について、技術自体は既に空港出入国審査でパスポート顔写真との照合、コンサート会場でのチケットレス手段として活用され始めている。一方で、交通分野と施設の連動において顔認証技術の利用者に対するメリットを生じるためには、クラウド上での情報の共有などが必要であり、高速大容量通信網の確立等が求められる。また、今回の実証実験のような実際の利用シーンに則してみると、交通分野においては、入国管理やコンサート会場への入場と比べ、迅速かつ、

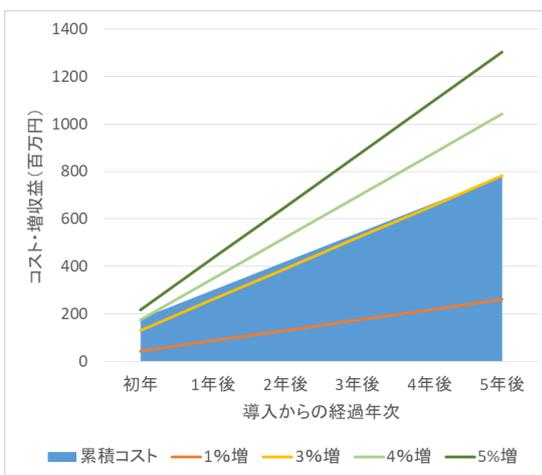
自然な動作の中での認証や、周囲の乗客を対象外として特定の者だけにスポットを絞って認証することが求められるなど、さらなる研究開発と実証が必要である。

また、顔認証キャッシュレス決済の利用にあたっては、永続的に顔情報を当該企業のデータベースに収集管理することになる。そのため、顔情報が企業マーケティングに流用されたり、データが流出し悪用されたりするなどの危険性が生じる。利用者にとっては、「認証に使う顔などの生体情報はどこ（どの事業者に）に記録されるのか」「認証精度や情報を管理するセキュリティは十分か」「データが利用者の想定を越えた範囲で用いられていることはないか」といった心理的不安があり、これらの障壁をどのように取り除くかが社会実装への課題である。顔認証を導入している先行事例としては、和歌山県の南紀白浜空港や、富山県富山市などの事例があるが、いずれも主な目的は観光推進に向けた外来者の回遊利便性の向上を目的としている。今回の実証実験のように、高齢者等の移動手段の確保や外出促進を含め、市民生活のQoL向上を目的に顔認証システムを導入するためには、顔認証により完結することができるまちづくりが肝要であり、幅広く顔認証データを扱う場合には、顔情報などの個人情報データをどこに置くか、という点が問題となる。上記の観光促進を目的とした先行事例においては、日本電気㈱の基盤を活用した取り組みが行われているが、行政サービスとしての活用を考えたときには、市などの公的機関がデータを有することが望ましい。一方で、顔認証により完結するまちという、民間事業者による活用を考えたときには、プライバシーマークを取得している、または公的な性格を持つ法人のような、半官半民的な組織が管理運営し、認定個人情報保護団体等の監査によりセキュリティを担保していくことが必要と考えられ、このような組織体制の整備から進めていくことが必要となるため、まち全体への導入には時間を要する。データ所有やデータの更新などの問題、課題がある中、スモールスタートで顔認証システムの利便性を市民に体感してもらうとともに、確実な本人認証を行うためのツールとして顔認証システムを活用するため、つくば市では、顔データの入ったマイナンバーカード等と連携し、例えば、施設予約時に読み込んだマイナンバーカードの顔データを施設側に送信、予約先施設の顔認証システムで読み

取った顔情報と照合して本人確認を行い、受付が終了した時点で情報を削除するという様な活用方法も検討しているところである。

具体的な事例を基に、コストの面から検討する。公共交通機関における顔認証技術の導入について、本実証はつくばスマートシティ協議会で実施を行ったものであるが、バスについては他市町村との乗り入れもあることから、関東鉄道が所有するバス全 405 台（2020 年 3 月）の全車両に顔認証技術を導入したケースを検討したい。この場合、全車両（前後）に 2 台ずつの顔認証端末を設置するため、端末台数は 810 台となる。関東鉄道バスの全乗客数が 2,172 万 5 千人（2019 年）であったことから、単純に日平均すると一日あたりの乗客数は約 6 万人となるため、810 台の設置および 6 万人の登録者でのコストを試算した。イニシャルコストやランニングコストは、実際の状況により大きく変化するため、あくまで概算ではあるが、上述のシステム導入に係るイニシャルコストは、おおよそ 6 千万円（ただし、取り付けに係る資材、人件費、乗車券確認アプリケーション及びクラウド環境構築は含まず）、ランニングコストは約 1 千万円/月

（ただし、決済システムとの連携、見守り等のオプションおよび通信料は別途）と試算される。関東鉄道バスの乗客運賃の平均を 200 円と仮定して試算すると、3%の乗客増加により、5 年間で収支が黒字となる。（右図）ただし、5 年経過した際に機器の入れ変



え等も生じてくる可能性があることから、当初からある程度の利益が見込める、乗客 4%増が必要と考えられる。4%の乗客増とは、大型路線バスの定員がおよそ 70 名のバスに 50 人が乗車しているとする、2 名の増、中型バス 58 名定員に 25 人が乗車している便であれば 1 名の増である。また、バス事業者やバス運転手からは、「不正乗車の防止につながる」、「障害者や高齢者・介護等の割引サービスの確認が自動でできるため業務の効率化につながる」などといった声も聞かれており、マイ

ナス面の補填効果も期待される。そのため、今回は、全路線について導入することを想定したが、スモールスタートとする場合には、不正乗車の多い路線や学生や高齢者割引などが多い路線に優先して導入することで、想定していたよりも高い効果が得られるかもしれない。

ここで、4%の乗客増を目指した施策の展開を想定し、まちの中でも顔認証システムを活用できるよう、関東鉄道バス全車両および、つくば市商工会に所属する一般客を対象とした商業、観光業、サービス業者 1,920 者等、2,750 台の顔認証端末を設置し、つくば市民約 24 万人を登録対象とすると、イニシャルコストとしておよそ 2 億円、ランニングコストとしては年間約 7 億円が必要と試算される（イニシャルコスト及びランニングコストとも別途費用項目は P56 と同様）。イニシャルコストについて、ある程度、市が費用を負担することを考えたとしても、永続的にランニングコストを賄っていくことは現実的でない。ランニングコスト 7 億円をつくば市人口 24 万人で負担すると、一人当たり約 3,000 円／年の負担増となる。税金として収入を得るか、利用料として徴収するかという問題はあるが、いずれにしても、顔認証システムの導入により、住民に対して年間 3,000 円を払うだけの価値が見いだせる施策、サービスとしなくてはならない。一例として、学校や塾への登下校の見守りサービスが考えられる。本実証のアンケート調査の結果では、見守りサービスの利用について、月額 200 円～500 円であれば利用するとの回答が多かった。すなわち、登下校の見守りサービスは年間 3,000 円を払うに値するものであり、子供を持つ住民には納得して負担いただけるものと考えられる。さらには、もちろん、本人合意が前提ではあるが、交通機関の乗降や商業施設、飲食店での支払いだけでなく、通院や遠隔医療、昨今行われているワクチン接種、病院受付との連動による取り違えの防止や救急搬送時の身元・病歴確認などの医療関係、防犯などの社会生活での安心・安全、選挙や銀行等の高いセキュリティが必要とされる場面や、自動走行ロボットを活用した荷物の受け渡しなどの物流分野など、顔認証データを様々なサービスを繋ぐ共通の ID として活用できるようにすることで、利便性を向上させ、受益者の負担感を減少させることができる。また、このように他分野の共通 ID

として活用すれば、投資対効果も大きくなり、それぞれのサービスが利用に応じたランニングコストを負担することで、ランニングコストの負担割合を小さくすることができる。また、ここから得られたデータは匿名化したうえで、まちづくりにフィードバックしたり、企業のマーケティングに利用したりすることで、より持続可能なシステムとなると考えられる。

このほか、つくば市は、「多様な人への寛容度」1位（H30 野村総研調べ）となるなど、ダイバーシティに富んだまちであることが特徴であり、「外国人も移住者も多様な人々が快適に過ごせるまちづくり」を課題としている。この課題を解決するため、交通機関やまちなか、店舗に、デジタルサイネージと顔認証技術を組み合わせることで、対象者の国籍に合わせた言語表示や、ハラル等、宗教上の理由等に合わせた食事や文化の案内、言葉が通じなくともスムーズな会計が行える等、つくば市が目指す、外国人や移住者、来訪者がより快適に過ごせるまちづくりに資することができると考えられ、有効な施策となると思われる。

もちろん、このような実証や社会実装を進めるうえでは、住民や地域の幅広い合意が必要となるが、つくば市には多数の研究機関が存在し、新たな科学技術の社会実装に対する意識が高く、市民全体に対する博士号取得者率、研究者率は世界でもトップクラスであるなど、先端的な取り組みに対する住民理解があるため、賛同が高いレベルで得られるという点は、つくば市が持つ他にない特徴であろうと考えられる。先に述べたような、生体（顔）認証の共通 ID としての利用という観点においては、現在のところ、国内においてはいずれの自治体でも実現できておらず、今後、国土交通省のモデル事業や、スマートシティ協議会における検討、また、スーパーシティ等において、市民を含めた関係者がアイデアを出しながら、実装に向けて具現化していくことが重要であると考えられる。つくば市においても、スマートシティの実現に向け、データ連携基盤の構築や管理運営体制についても検討が行われているところであり、早期の実装に向けて、検討を進めていくことが必要である。

[参考文献]

- 1) 秋山裕太、工藤司：顔認証を用いた自然な動作の入退室管理、情報処理学会

第 82 回全国大会、IZG-04、2020

- 2) 安東直紀、糟谷賢一、Jan-dirk Schmoecker、藤井聡：健康診断データから見た交通行動と健康に関する地域間比較、土木研究学術研究・講演集 CD-ROM、47、2013

②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）の実装による交通弱者のためのラストワンマイルの充実＞

【実証実験 2】人の生理系とモビリティが一体化されたサイバニックモビリティの屋内外走行実験

本実験により、サイバニックモビリティによって屋内外生活空間を安全に移動支援可能であることが確認できた。当該技術の社会実装可能な時期としては、令和 4 年度に試験的社会実装として、つくば市在住の交通移動弱者にサイバニックモビリティを提供し、日常的な屋内外移動手段としての有効性の実証を行う予定である。そして令和 5 年度に、交通移動弱者の方が実際に当該成果物であるサイバニックモビリティを利用できるよう社会実装を開始する予定である。

社会実装に向けて残された課題として、技術的には、搭乗者の安全を確保するため、センシングシステムの信頼性をさらに向上させることが挙げられる。また、交通移動弱者の方が他の交通機関を跨いでも利用しやすくするため、軽量化と可搬性の向上も重要となる。そして、つくば市の交通移動弱者をはじめとした多くの方が当該サイバニックモビリティを利用できるようにするため、個人所有やレンタルの他、必要に応じたシェアリングも視野に入れた持続可能な事業として仕上げていくことが課題となる。郊外在住の交通移動弱者の方に関しては、サイバニックモビリティを利用しやすいよう、介護保険制度を利用した個人レンタルの方法の整備や周知を行う必要がある。つくば駅や研究学園駅周辺などの都市部在住の交通移動弱者の方に対しては、郊外部同様に個人所有やレンタルの他、郊外部より移動支援の需要が集約されていると考えられるため、病院、介護施設やマンション単位でのレン

タルや、シェアリング等のサービス展開が期待できる。公共交通機関としてのサイバニックモビリティのシェアリングに関しては、都市部において試験的にシェアリングサービスを展開し、技術的な課題、実際の需要、利用者が許容できる負担率、収益性などの観点から、サービス化の可能性を探る必要がある。公共交通機関としての方向性が見えた際には、持続可能な取り組みとするため、利用者、自治体、行政の適切な負担割合や、費用の捻出方法に関して調整や検討を行う必要がある。

当該サイバニックモビリティは、環境情報を計測することで危険な状況などを検出し、搭乗者に回避を促すことで、より安全な移動支援を行うことが可能である。また、経路上の交通流や人通りの多さも推定することが可能となる。これらの状況が生じた場所や時間帯の情報を蓄積していくことで、危険な状況が起こりやすい場所や、人通りが多い場所や時間帯などを特定していくことが可能となる。これらの知見は、危険な状況が起こりやすい場所への介入や、感染症予防等の観点から人が多く混雑する場所や時間帯を市民に周知するといった、より安全かつスマートな都市空間を構築してくための取り組みに繋がることを見込むことができる。以上のようなサイバニックモビリティが有する安全機能と、安全かつスマートなまちづくりに有用な知見をより有効に活用するため、行政側との連携や情報の解析体制の強化が課題となる。

6. 横展開に向けた一般化した成果

①公共交通の利便性向上による高齢者等の外出促進

＜顔認証技術を用いた高齢者等が気軽に手ぶらで外出できる仕組みの構築＞

【実証実験1】顔認証技術による公共交通バスの乗車と移動先サービスの統合

今回の実証実験の主題として取り上げた、「高齢者等の交通弱者の移動手段確保と外出促進」に向けた解決策としての顔認証システムの導入は、つくば市が抱える課題であるが、多くの市町村が抱える普遍的な課題である。

本実証実験の結果、顔認証技術は、バスの乗降や施設の入館、会計等において、顔認証システムの認証速度は、十分に IC カード等の支払いの代替として使用可能なものであり、施設入館等においては、利用者の待ち時間を軽減する等、利便性を向上させるのに役立つものであることが分かった。顔認証システム自体はタブレット端末等で設置可能であることから、汎用性が広く、すぐにでも横展開が可能なものである。

ただし、本実証で使用した顔認証技術においては、逆光化や黒いマスクなど、屋外での使用やコロナ禍での使用に合わせた改善の必要性が認められた。また、真に利便性を向上させるためには、システムの連携が必要であり、都市 OS などデータ連携のための基盤システムや、安定的かつ高速な通信環境、エッジコンピューティングによる処理方法の検討などを検討していく必要がある。

顔認証技術を用いて、本実証の主題である高齢者等の外出促進に繋げてゆくためには、高齢者等が出向きたいと考える施設やサービスとの連携が必要であることが見えてきた。これらの施設を有する市町村において、施設の受付や支払いとコミュニティバスやデマンド交通など移動手段を顔認証技術によって連動させることにより、高齢者等の外出を促進することができるものと考えられる。また、実証実験の参加者の声として、両手がふさがっている状況や、子供が寝てしまっていて、抱っこしている状態から下ろせない場合などに、非常に利便性が高いという意見があり、高齢者の外出促進だけでなく、子育て支援などの施策においても有効な手段であると考えられ、活用の幅が広がるものと思われる。

一方で、本実証のアンケートの結果では、顔認証システムへの期待は高く、日常

的な場面での利用が求められていた。一方で、セキュリティ面での不安の払しょくが課題であった。インセンティブ等を付与し、まずは体験により利便性を体感してもらうことで、安全性やセキュリティ対策についても理解してもらい、住民の不安感を取り除く必要がある。

上述してきたように、顔認証システムの技術自体は確立されつつあり、すぐにも横展開が可能なものであるが、顔認証システムの利便性を発揮するためには、まち全体が顔認証システムによる受付、支払いができるようにしていくことが必要である。そのためには、非常に高いコストがかかることから、顔認証システムを決済システムとして使用することとどまらず、様々なサービスを繋ぐ共通の ID として活用できるようにし、交通機関や商業分野だけでなく、様々な分野で利用できるよう検討するとともに、得られたデータを解析し、分野横断的に活かしていく施策を検討していく必要がある。

②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）の実装による交通弱者のためのラストワンマイルの充実＞

【実証実験 2】人の生理系とモビリティが一体化されたサイバニックモビリティの屋内外走行実験

当該サイバニックモビリティは、対象となる高齢者や障害者などの交通移動弱者がいる地域であれば、特殊な設備などを必要とすることなく導入可能である。本実証実験において、サイバニックモビリティが屋内外生活空間の安全な移動支援を実現可能であることが確認できたため、つくば市に限らず、国内外の同様の課題を抱える都市における移動支援手段として横展開可能である。

当該サイバニックモビリティは、サイバニクス技術より、人の生理系と一体化され、環境認知機能を有するモビリティであり、生理状態の異常検出や障害に対する減速停止機能を有する。交通移動弱のための安全な移動手段として導入することで、都市のフィジカル空間における走行経路の環境情報をサイバー空間に落とし込む

ことが可能となる。そして、当該サイバニックモビリティが広く活用されることで、都市のサイバー空間とフィジカル空間が高度に融合されるため、Society5.0 の実現を加速する技術としても期待できる。さらに、その環境下における搭乗者の生体情報も同時に収集可能であるため、人とサイバーフィジカル空間を融合複合させる基盤技術としても横展開可能である。

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を整備に活用することが効果的な設備

本実証実験の目的として、高齢者等の外出促進によるフレイル予防があるが、実証に向けた検討や実証結果の検討を行うなかで、顔認証単体では外出促進、フレイル予防に繋げることは難しいということが明らかになってきた。公共交通機関への顔認証の導入により、移動に対する不安感を解消することに併せて、温泉入浴施設など高齢者が興味を持つ施設やイベント等との連携、市町村が運営する体育施設において、顔認証を活用して健康情報を管理するといったような、顔認証により高齢者本人であることを確認することで受けることができる福祉サービスを有する施設など、高齢者が活発に活動し、移動し、楽しめる施設やまちづくりと併せた整備が望まれる。

また、本事業で走行実証を行ったサイバニックモビリティは、既存の都市空間にそのまま適用可能であるが、必要に応じて、屋内外での安全ガイドラインや環境の整備などを行うことで、より安全に、効果的に、効率的に運用することが可能となる。例えば、屋外に関しては、既存の歩道空間に比較的大きな段差がある場合にはスムーズな歩道となるよう環境を整えてもらったり、環境に QR コードや太陽電池駆動型センサや RFID を配置してモビリティへの情報伝達ができるようにしてもらったりすることで、より安全かつ効率的な移動支援が可能となる。また、多くの交通移動弱者が利用するショッピングセンターや駅近傍のバス停に簡易型スロープを設置することで、バスへのスムーズな乗降車を見込むことができる。屋内に関しては、市民生活に不可欠な公共施設などにおいて、床面や壁面等に現在地情報や適宜必要とされる関連情報を示す QR コード等を配備することで、屋内における移動支援をより効果的に行うことが可能となる。街づくりと連携して以上のような工夫をすることで、交通移動弱者の移動支援のためのサイバニックモビリティをより効果的に運用することが可能となる。

(2) 施設・設備の設置、管理、運用にかかる留意点

顔認証技術の導入にあたっては、技術そのものに対する期待は高く、日常的な認証の場面での使用を希望する声が多い一方で、セキュリティや監視社会につながるの

ではないかという「なんとなく」の不安をもつ者が多い。先にも述べているように、まち全体が顔認証によって完結する仕組みづくりが真に利便性を高めるうえで必要ではあるが、まずはスモールスタートでも使ってみて、便利さを感じることで、電子マネーの普及のように利用者が利便性を体感することや利用メリットを享受できることが必要であり、インセンティブの提供を含め、官民が一体となって推進に取り組むことが必要であると考えられる。

また、管理、運用については顔情報などの個人情報データをどこに置くか、という点が問題となる。行政サービスとしての活用を考えたときには、市などの公的機関がデータを有することが望ましいが、民間事業者による活用を考えたときには、半官半民的な管理運営組織を作ることが必要になる。また、個人情報の取り扱いについて、認定個人情報保護団体等によって監査し、セキュリティを担保していくことが必要である。

サイバニックモビリティについては、歩行者とモビリティがよりスムーズに共存できるように、例えば、一定の幅を確保できない狭い歩道に関しては、モビリティと歩行者は並走しないこととし、路面に注意喚起のためのわかりやすいマークの表記を行うことが必要である。管理、運用上の留意点としては、利用方針の周知や、表記マークなどに摩耗が無いか定期的に確認を行う必要があるが、この確認業務はサイバニックモビリティの環境認知機能によって補完することが可能である（モビリティ自体がこのような QR コードなどが適切な状態かどうかをチェックして交換を促す情報とする）。多くの交通移動弱者が利用するショッピングセンターや駅近傍のバス停に設置する簡易型スロープに関しては、事前に交通移動弱者の施設利用状況等を調査し、効果的な場所に設置することが必要となる。屋内公共施設などにおける床面や壁面への現在地を示す QR コード等を設置に関しては、最適な設置位置や間隔に関して事前に検証や組織間での調整を行う必要がある。管理、運用上の留意点としては、屋外と同様である。

(3) 地域特性に合わせた提案

つくば市は、科学技術都市を標榜しており、多数の研究機関が存在し、新たな科学技術の社会実装に対する意識が高い。市民全体に対する博士号取得者率、研究者率は世界でもトップクラスであり、科学技術の導入などに対する市民の意識も高いため、新たな取り組みに対するコンセンサスが得やすい都市である。

一方で、人口が増加している都市部とその周辺の郊外部で、高齢化率や交通網、利便性などの地域差が極めて大きく、二極化が生じている。

つくば市において、顔認証システムを用いて高齢者のフレイル予防に繋げるためには、郊外部の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、顔認証により手ぶらで安心してモビリティに乘降できる仕組みを構築する必要がある。また、その際には、高齢者福祉、子育て支援の一環として、登録者に対する割引サービスなどを併用することで、公共交通の利用を促進することが望ましい。

つくば市は多くの都市公園を有し、高齢者にとっては憩いの場となっている。こういった公園への公共交通のアクセスを向上させるとともに、公園内に高齢者福祉に資する設備、例えば、高齢者等に限定した飲み物の提供や、高齢者が安心して使える専用の休憩所等を顔認証システムと連動して設置し、高齢者の外出とコミュニケーションの促進を図ることがフレイル予防に対して有効であると考えられる。

また、つくば市内には公園やごみ焼却施設に付属した、運動施設や入浴施設が存在する。顔認証をこれらの入退館時の割引サービスや、個人の運動データを記録し、健康管理に活用することで、スマートフォンなどを用いることができなくても、誰でも安心して活用できる施設とすることで、高齢者の外出を促進することができると考えられる。

他方、高齢者のフレイル予防とは異なるが、つくば市では選挙のオンライン投票に取り組んでおり、この際の個人認証に顔認証システムを活用することが検討されている。また、つくば市特有の課題ではないが、救急搬送時の身元や病歴等の確認に顔認

証システムを用いることも検討している。そのほか、大学生に対する学生定期券と顔認証により、学生定期券の使用の厳格化を行うなども想定される。

上記に述べたように、今後「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、郊外部からの移動や、拠点間移動のユースケースについて具体的に検討し、異なるシェア・モビリティの接続により住宅地から施設までのシームレスな移動サービスの提供について検討していく。その際には、顔認証によるコミュニティ・モビリティと、ラストワンマイルをつなぐサイバニックモビリティをシームレスに連携させ、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行っていく必要がある。

つくば市は新たな科学技術の研究開発、社会実装がされやすい状況にあり、さらに、多様な状況にある市民の方々から厳しく応援的で貴重な意見・フィードバックを得やすい状況にある。そのため、つくば市で厳しく揉まれた社会実装型技術は、スマートシティのロールモデルとして扱うことができる。つくば市に、定常的に街を進化させるための様々な取り組みをインストールし、企業・行政・政府・住民等が連携した、国際的な先進スマートシティの形成を目指していく。

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2）
調査報告書

【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