

令和4年度補正
スマートシティ実装化支援事業
報告書

令和6年3月

国土交通省 都市局
羽田第1ゾーンスマートシティ推進協議会

目次

1. はじめに	1
1-1. 大田区及び区域の課題.....	1
1-2. コンソーシアムについて.....	2
2. 目指すスマートシティとロードマップ	4
2-1. 目指す未来.....	4
2-2. ロードマップ.....	6
2-3. KPI	7
3. 実証実験の位置づけ	8
3-1. 目指す実装の姿.....	8
3-2. 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.....	13
3-3. ロードマップ達成に向けた課題.....	16
3-4. 課題解決に向けた本実証実験の意義・位置づけ.....	16
4. 実験計画	17
4-1. 実証実験① 複数店舗巡回・複数地点配送システムの導入による能力向上	17
4-2. 実証実験② 位置情報を含むインシデント対応システムの確立.....	52
5. 横展開に向けて一般化した成果	80
5-1. 得られた成果のポイント.....	80
5-2. 横展開に向けて一般化した成果.....	83
5-3. 大田区課題解決に向けた横展開への示唆.....	84
6. まちづくりと連携して整備することが効果的な施設・設備の提案	86

1. はじめに

1-1. 大田区及び区域の課題

大田区の上位計画等を整理した結果、現時点において、下表の通り、大田区が特に解決すべき課題は「交通」「健康」「生産性向上」「観光・地域活性化」の分野があり、すべての分野が「産業」の課題につながると整理される。

なお、大田区の課題は時間経過とともに変化していくことも想定されるため、大田区から協議会に大田区の課題を継続的に提出することで、必要に応じて取り組む課題を更新していくことを想定している。

図表 1-1-1 大田区の課題

分野	大田区の課題	活用する主な先進的技術
産業	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 全国有数の中小企業集積地で高い技術力の維持発展、国際化への対応 ✓ ベンチャー・創業者支援、技術革新の促進 	—
交通	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 木造密集地域等における交通弱者の移手段の確保 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 自動走行技術（自動運転バス等） ✓ 複数モビリティの遠隔統合管制プラットフォーム ✓ エレベータ制御システムと自動運転パーソナルモビリティ（PSM）の連携技術
生産性向上	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 生産年齢人口の減少、担い手不足への対応 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 自律型ロボット ✓ ロボット制御システム ✓ 建物維持管理データ分析 AI
観光・地域活性化	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 大田区の都市観光推進のための認知度向上 ✓ 「おおたのモノづくり」の観光資源化 ✓ 商店街活動等を通じた地域づくりの取組による賑わいの創出 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ アバターロボット ✓ AR アプリ ✓ 人流センサー・人流データ解析・可視化
健康	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 高齢化が進む社会における健康寿命の延伸や未病の取組 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ ICT を活用したインセンティブ付与アプリ（健康ポイント等）

1-2. コンソーシアムについて

大田区の持続可能な成長・発展に向けて、対象区域において大田区が抱える多様な課題解決に向けた実証的取組が可能な事業実施体制の構築を図るため、「官+民」が連携し、「羽田第1ゾーンスマートシティ推進協議会」を設立した。協議会はスマートシティの推進主体として位置付け、推進主体の機能として「全体会」「推進事務局」「ルール部会」「ビジネス開発・運営部会」「都市OS運営部会」を設置することとする。

協議会の運営にあたっては「全体会」を各種報告や重要事項の決定の場として全会員が参加してスマートシティ推進の承認や意思決定を行う。

「推進事務局」は会長輩出の羽田みらい開発及び副会長輩出の大田区、羽田みらい開発の代表企業である鹿島建設及び事務局機能を担う日本総合研究所を中心に、全体会の運営やスマートシティ実行計画等の計画検討及びモニタリングや情報発信等を行う。

「ルール部会」においては、スマートシティサービス等の具体化を行うビジネス開発・運営部会においてデータ等の取り扱い等のルールについて検討が必要となった際に、当該ルールに関係する会員にてルールの検討や全体会へのルール承認依頼等を行う。

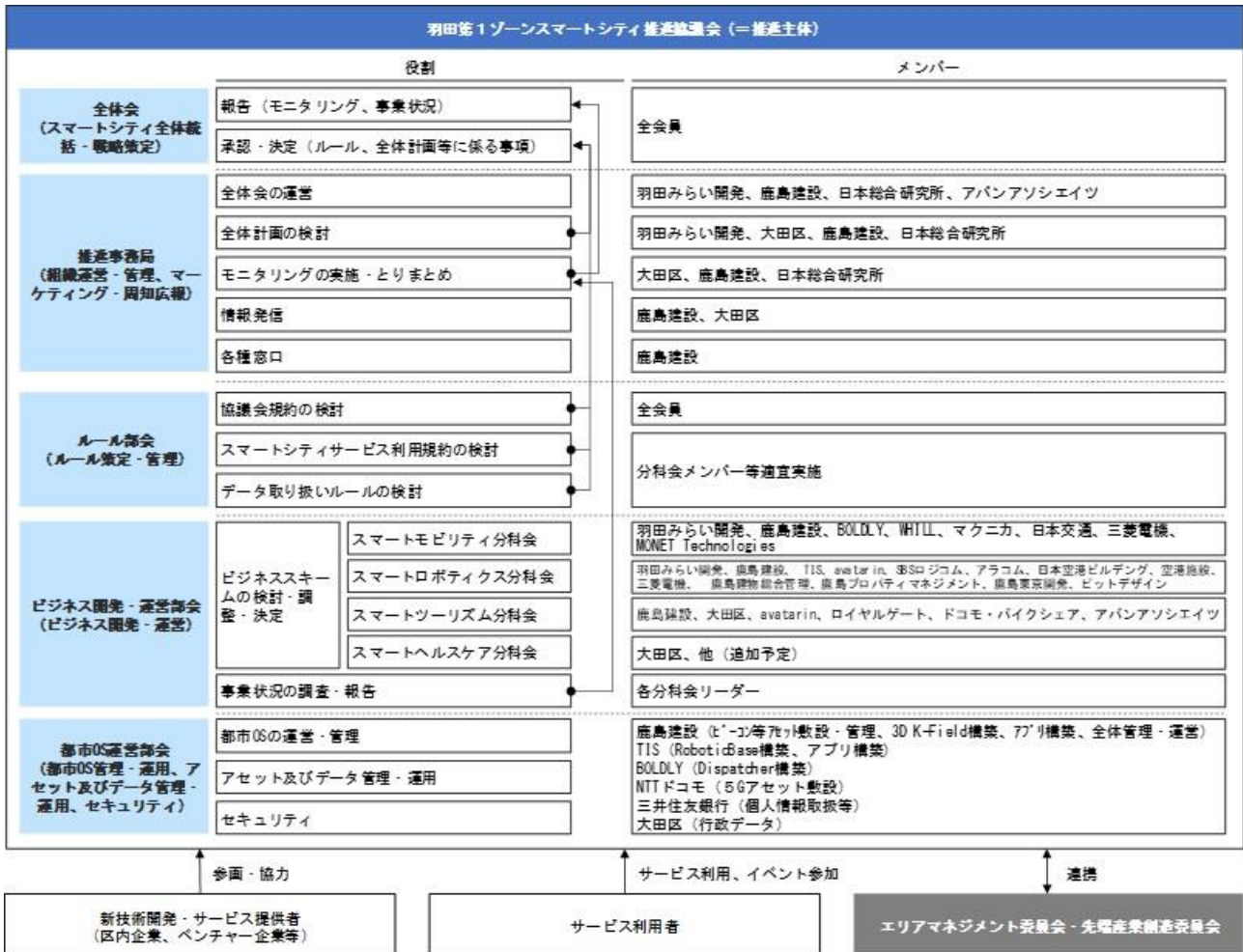
「ビジネス開発・運営部会」では、本スマートシティにおいて特に取り組む4分野の分科会を設置して、各分野でのスマートシティサービスの検討や開発の具体化、実証実験の検討・実施等を担う。

「都市OS運営部会」においては、都市OS構築者である鹿島建設を中心として都市OSの整備及び運営や機能拡張の検討・実装を担う。また、必要に応じてアセットの整備や情報の取り扱いに適した会員が参加することを想定する。

また、全体の事業推進にあたっては協議会内でクローズすることなく、エリアマネジメント委員会や先端産業委員会との連携を図るとともに、スマート協議会外の区内企業やベンチャー企業などの実証参画・協力の推進を可能とする体制の構築を目指す。

■コンソーシアムの体制

図表 1-2-1 羽田第1ゾーンスマートシティ推進協議会(=推進主体)



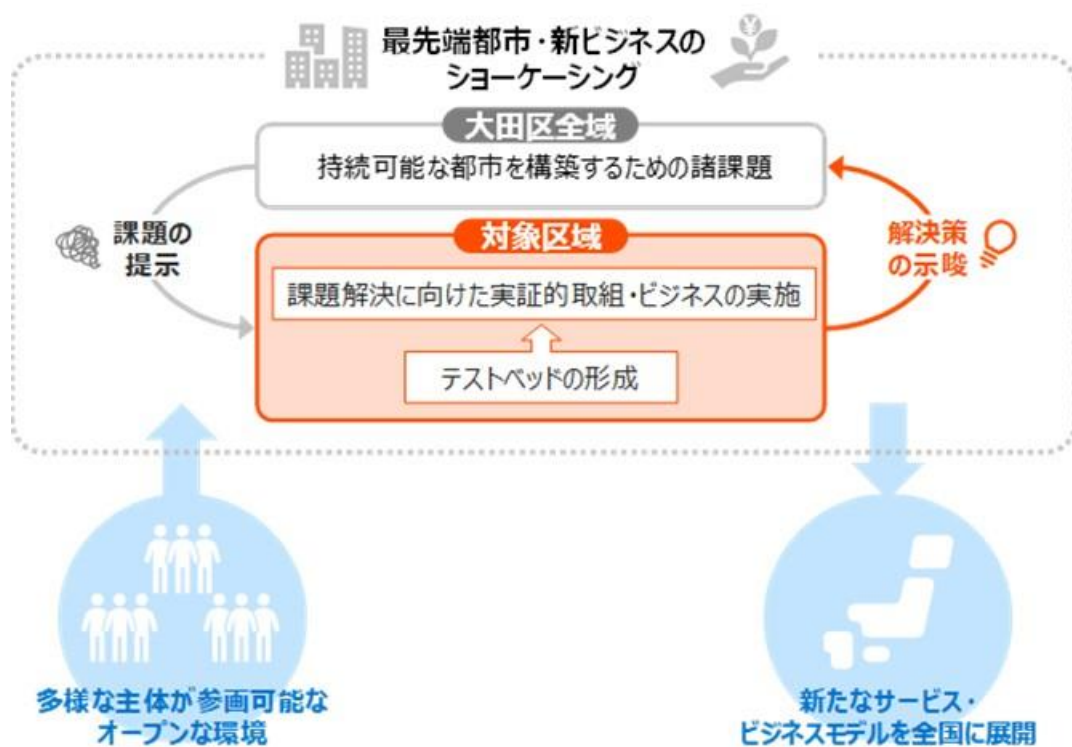
2. 目指すスマートシティとロードマップ

2-1. 目指す未来

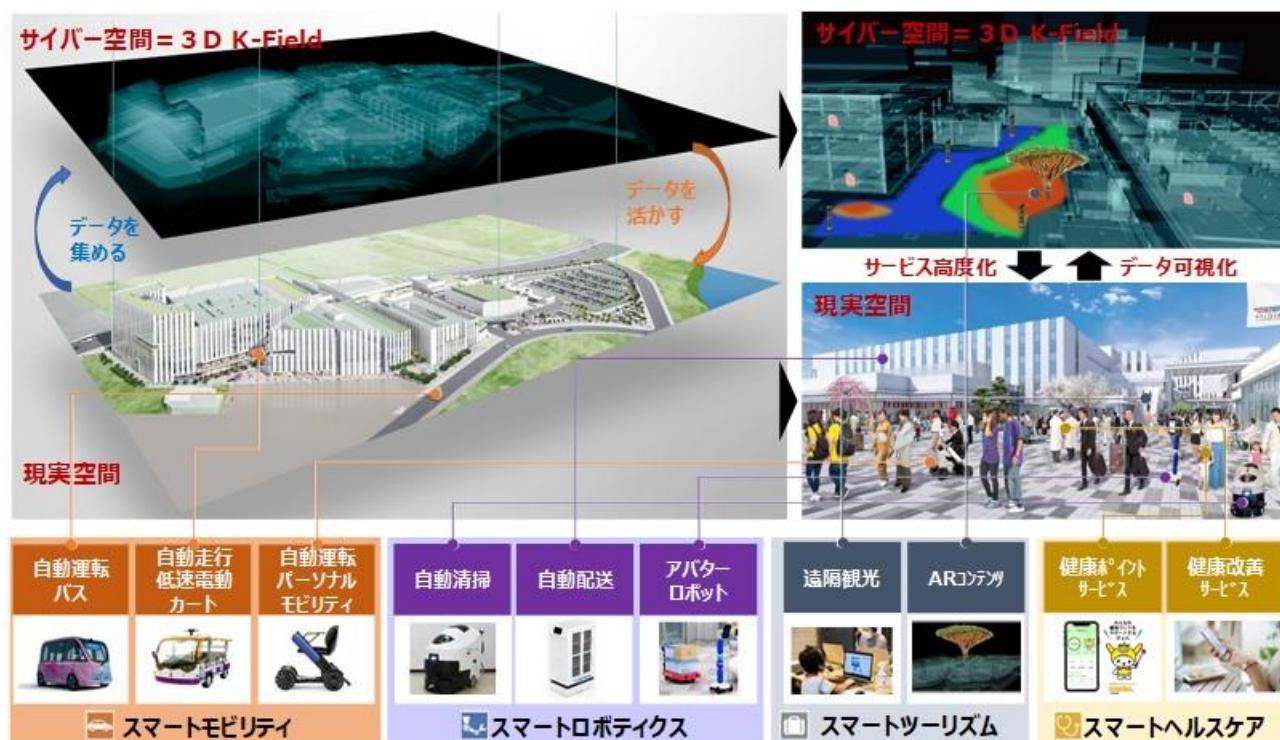
「持続可能都市おおた」の形成を支えるテストベッドとしてのスマートシティ

- 都市の様々なデータを収集・分析可能なデータ連携基盤を構築し、実証的取組に適したテストベッドとしてのスマートシティを形成
- 形成したテストベッドにおいて多様な実証的取組を展開し、大田区の課題解決に貢献。大田区が取り組む課題解決アプローチを同様の課題を有する全国自治体に展開
- 協議会会員企業はHICityにおける実証的な取り組みをショーケースとして発信し、新たなサービス・ビジネスモデルを、大田区全域を始めとし、全国に展開。協議会外のプレーヤーもHICityの活用や大田区課題への取り組みが可能なオープンな環境を構築

図表 2-1-1 目指す未来1



図表 2-1-2 目指す未来2



上記コンセプトを実現するため、以下の取組を実施することを目指す。

■ 区内及び羽田第1ゾーンの課題解決に向けた取組の実証及び展開

区内課題に対応した先端的な実証的取組を羽田第1ゾーンで行い、その成果を区の多種多様な課題解決のための取組に還元することで、持続可能都市おたの形成を目指すとともに、羽田第1ゾーンへ実装することにより、新産業創造・発信拠点としての機能を高め、魅力的な空の玄関口としてのまちの形成を目指す。

■ 空間情報データ連携基盤の構築

まち全体を対象としたBIM上に対象地における様々なデータを統合・可視化・分析することが可能な「空間情報データ連携基盤」を構築する。加えて、グリーンフィールド型のまちづくりであることから、まちづくり当初よりセンサー等の機器を導入することにより、多様なデータ収集を可能とする仕組みを構築する。

これにより、データ活用の推進に寄与すると共に、協調領域として空間情報や時間情報を活用可能とし、先端技術の実証・実装を行う環境を整える。

■ 産業交流を促す実証的取組の誘発

構築した空間情報データ連携基盤や実証実験を実施可能なフィールドを提供することで、最先端技術の実証・実装を誘発し、先端産業創造発信拠点としてのプレゼンスを高める。また、収集したデータを一般に広く公開しユーザー自身がアプリケーションやサービスを追加・アップデートしていく成長型の区域を目指す。

2-2. ロードマップ

2020年7月のまちびらき以降、各分野での実証実験や実装を実施する。また、実証実験の結果を踏まえ、2023年度を目標として実装や実証実験のさらなる深度化を図る。

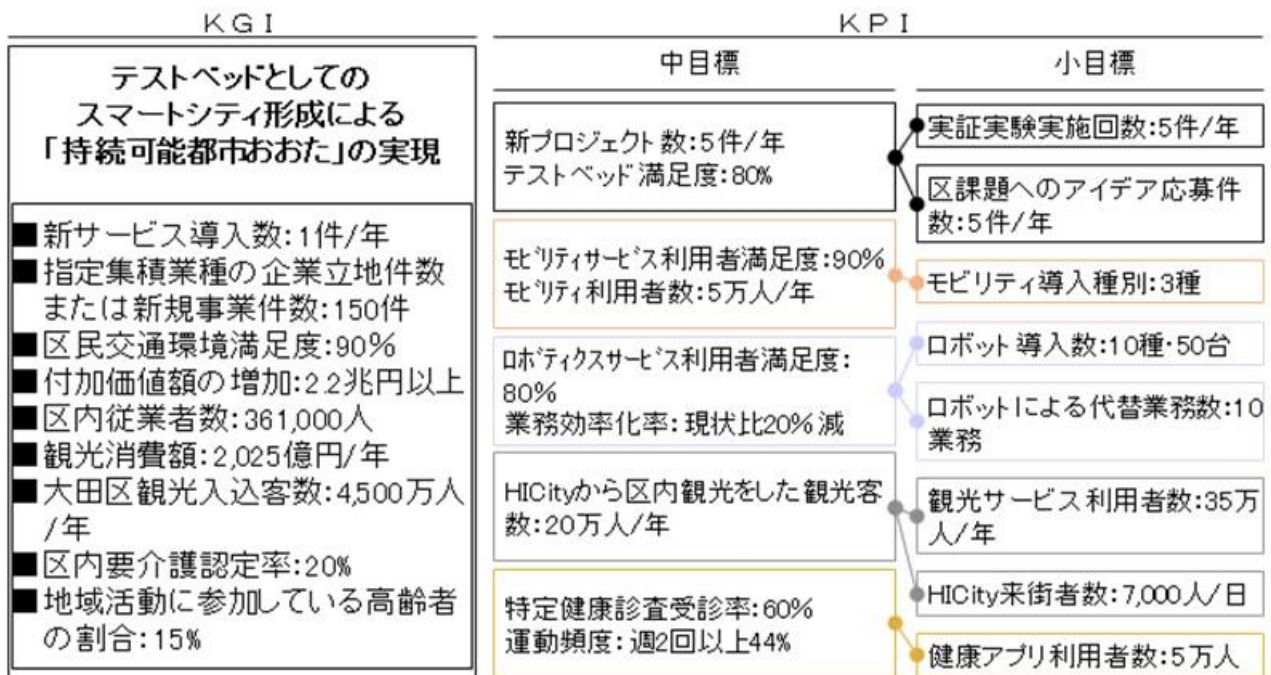
図表 2-2-1 ロードマップ

実施項目		2020年度				2021年度				2022年度				2023年度				2024年度				2025年度					
		1Q	2Q	3Q	4Q	1Q	2Q	3Q	4Q	1Q	2Q	3Q	4Q	1Q	2Q	3Q	4Q	1Q	2Q	3Q	4Q	1Q	2Q	3Q	4Q		
マイルストーン			▲まちびらき												▲グランドオープン												
多様な主体の参画体制の構築				■検討		■協議会外		■主体による実証実験 ■実装																			
横展開																		■区内横展開検討									
空間情報データ連携基盤構築	3D K-Fieldの構築			■構築																							
	DispatcherとのAPI接続			■API接続実装																							
	ロボット統合管制システムとのAPI接続			■API接続実装																							
スマートモビリティ	自動運転パーソナルモビリティ実装			■自動運転パーソナルモビリティ実証				■自動運転パーソナルモビリティ実装																			
	自動運転バスの拡張	大田区他地域展開 (HiCity⇄羽田空港間の運行)		■HiCity内実装		■HiCity⇄羽田空港の公道保		■HiCity⇄羽田空港の公道保		■HiCity⇄羽田空港の公道保		■HiCity⇄羽田空港の公道保		■HiCity⇄羽田空港の公道保		■HiCity⇄羽田空港の公道保		■HiCity⇄羽田空港の公道保		■HiCity⇄羽田空港の公道保		■HiCity⇄羽田空港の公道保		■HiCity⇄羽田空港の公道保		■HiCity⇄羽田空港の公道保	
		保安要員の削減			■HiCity内保安員無実証		■HiCity内保安員無実証		■HiCity内保安員無実証		■HiCity内保安員無実証		■HiCity内保安員無実証		■HiCity内保安員無実証		■HiCity内保安員無実証		■HiCity内保安員無実証		■HiCity内保安員無実証		■HiCity内保安員無実証		■HiCity内保安員無実証		■HiCity内保安員無実証
	自動運転低速電動カートの実装			■実証		■実装検討																					
スマートロボティクス	ロボットの導入	清掃ロボットの導入				■実装																					
		警備ロボットの導入				■実装																					
		物流ロボットの導入				■実装 (伴走あり)															■無人公道実証					■無人公道実証	
		配送ロボットの導入				■実証			■複数台実証			■配送能力向上実証		■デリバリーサービス実装													
	ロボット施設連携	ロボット対応型エレベーターの導入				■実装																					
	ロボットの統合管制	統合管制システムの導入			■実証		■実装																				
		EVシステム連携・走行範囲拡大 (施設内)				■実証	■実装																				
インシデント対応システム構築・連携								■実証			■機能拡張														■実装		
	建物インフラ連携・走行範囲拡大 (公道・準公道)																■実証								■実装		
スマートツールズ	アバター拠点機能	アバターロボット導入				■観光実証 ■実装																					
		アバタースポット整備				■大田区町工場エリアとの連携実証																					
	ARコンテンツ開発・実証・実装	ARアプリの構築				■ARアプリ実証																					
		ARアプリによる案内機能				■ビジネス実証			■実装																		
		ARアプリによるエンタメ機能				■検討	■機能実証		■ビジネス実証	■実装																	
		ARアプリによる施設管理高度化													■実証												■実装
		ARアプリ大田区他地域展開																	■実証								■実装
		大田区はねびん健康ポイントスポットの設置				■実装																					
データを活用したエリアマネジメント	人流データの可視化			■実証		■まちアプリによる実証							■建物インフラ活用検証												■実装		
	データ活用によるエリアマネ施策			■検討				■実証							■建物インフラ活用検証										■実装		
スマートヘルスケア	大田区はねびん健康ポイントとの連携	ポイントの設置			■実装																						
		イベントとの連携				■イベント実証	■実装																				
	健康データ収集・活用を通じた健康改善サービス展開	個人情報の取り扱い検討				■検討																					
		健康改善サービス																	■サービス検討								

2-3. KPI

課題解決に向けたスマートシティ戦略とそのKGI・KPI及び2023年度時点での目標値を以下のように設定する。KPIの有効性については毎年度確認を行い、必要に応じて見直しを行うことで成果の検証方法についても改善していくことを想定する。

図表 2-3-1 2023年度時点での目標値



3. 実証実験の位置づけ

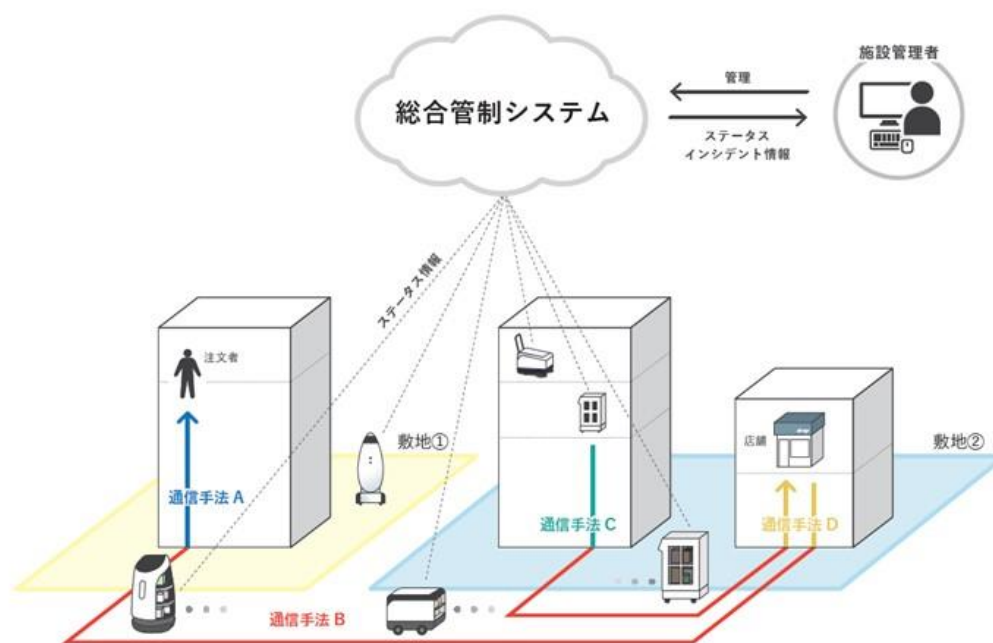
3-1. 目指す実装の姿

本事業の対象区域では、都市の様々なデータを収集・分析可能なデータ連携基盤を構築し、実証的取組に適したテストベッドとしてのスマートシティを形成することを目指している。また、形成したテストベッドにおいて多様な実証的取組を展開し、将来的に大田区内に横展開することで都市課題の解決に貢献することを目指している。

本年度は 2023 年度の対象区域のグランドオープン時に予定しているスマートシティの本格実装に向けた準備段階として位置付けており、本実証実験においては、スマートロボティクス分野の実装段階に必要な導入技術や導入システムの検証を行い、実装に向けた課題を把握し、取組内容の精査を行う。

本実証実験を踏まえ実現を目指すロボットを活用したサービスの提供を支えるロボット管制の将来像について図表 3-1-1 に示す。施設に様々なロボットが導入された際に、インシデント情報を含む各ロボットのステータスに関する情報を一元的に管理する統合管制システムが構築されることにより、様々な分野でサービス提供を行うロボットサービスの横断的な管理が可能となり、仕様が異なる異業種の個々のロボットの統合的な管理体制構築が実現される。また、統合的な管理体制構築に伴い、ロボットサービスを導入する施設管理者等のロボット管制に係る業務の効率化（業務負担の低減化）に資することが期待される。前述の取組より、ロボットによる生産性、業務代替性、利便性の向上により生産人口減少や担い手不足といった社会課題の解決を目指す。

図表 3-1-1 スマートロボティクス分野における統合管制システムを活用したロボット管制及びロボットサービス提供の将来像のイメージ

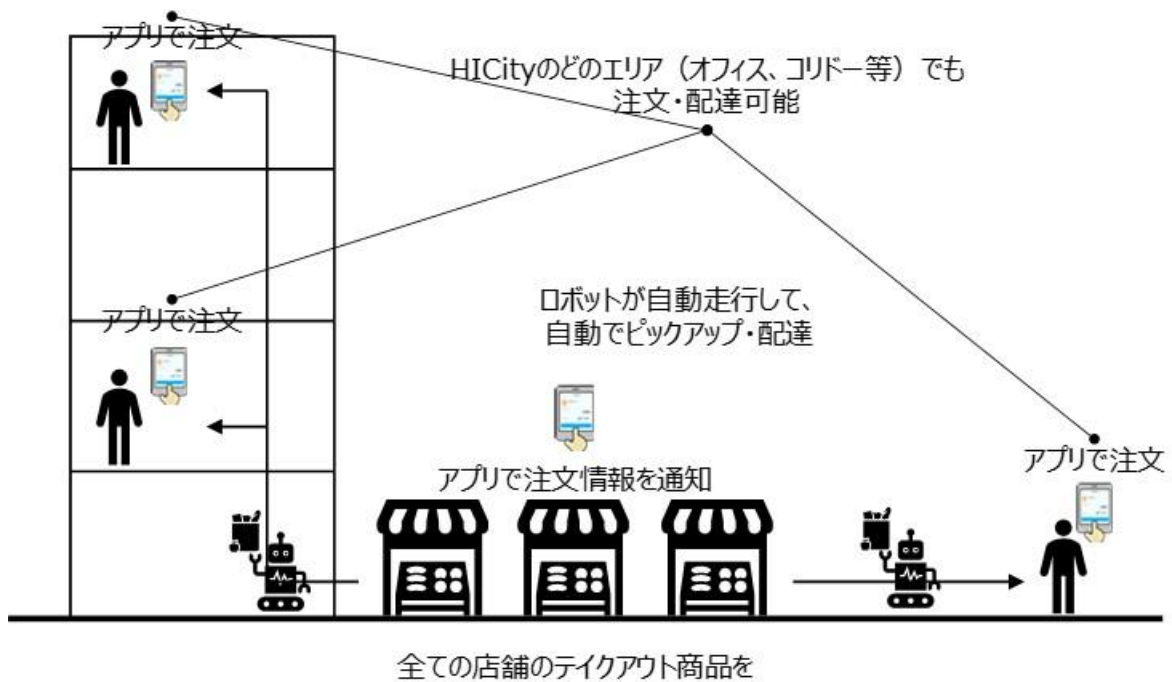


(1) 提供するサービス

① ロボットデリバリーサービス

HICity のどこからでも、アプリを利用することで施設内店舗のテイクアウトメニューを購入することが可能で、ロボットが店舗から HICity の指定された受け取り場所まで自動で配送するサービスを提供する。施設内店舗はアプリから注文情報を受け取り、商品を準備すると自動でロボットが商品を受け取りに来て配送する。

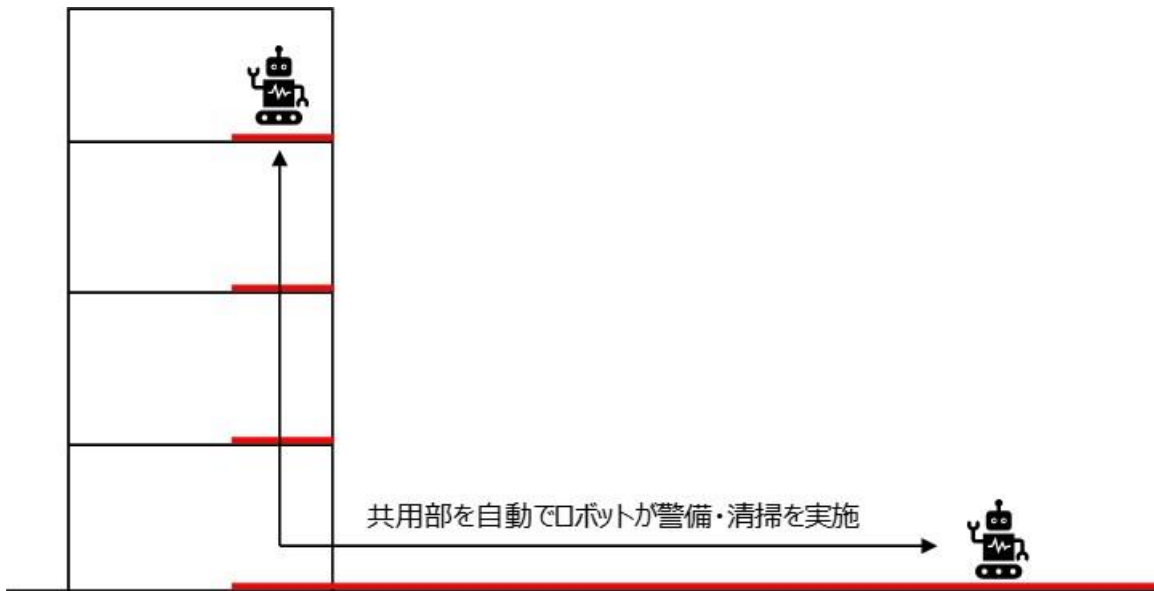
図表 3-1-2 ロボットが提供するデリバリーサービスのイメージ



② 警備・清掃ロボット

HICity 内の警備業務及び清掃業務にはロボットが導入されており、自動での哨戒業務や共用部の床清掃業務を実施する。

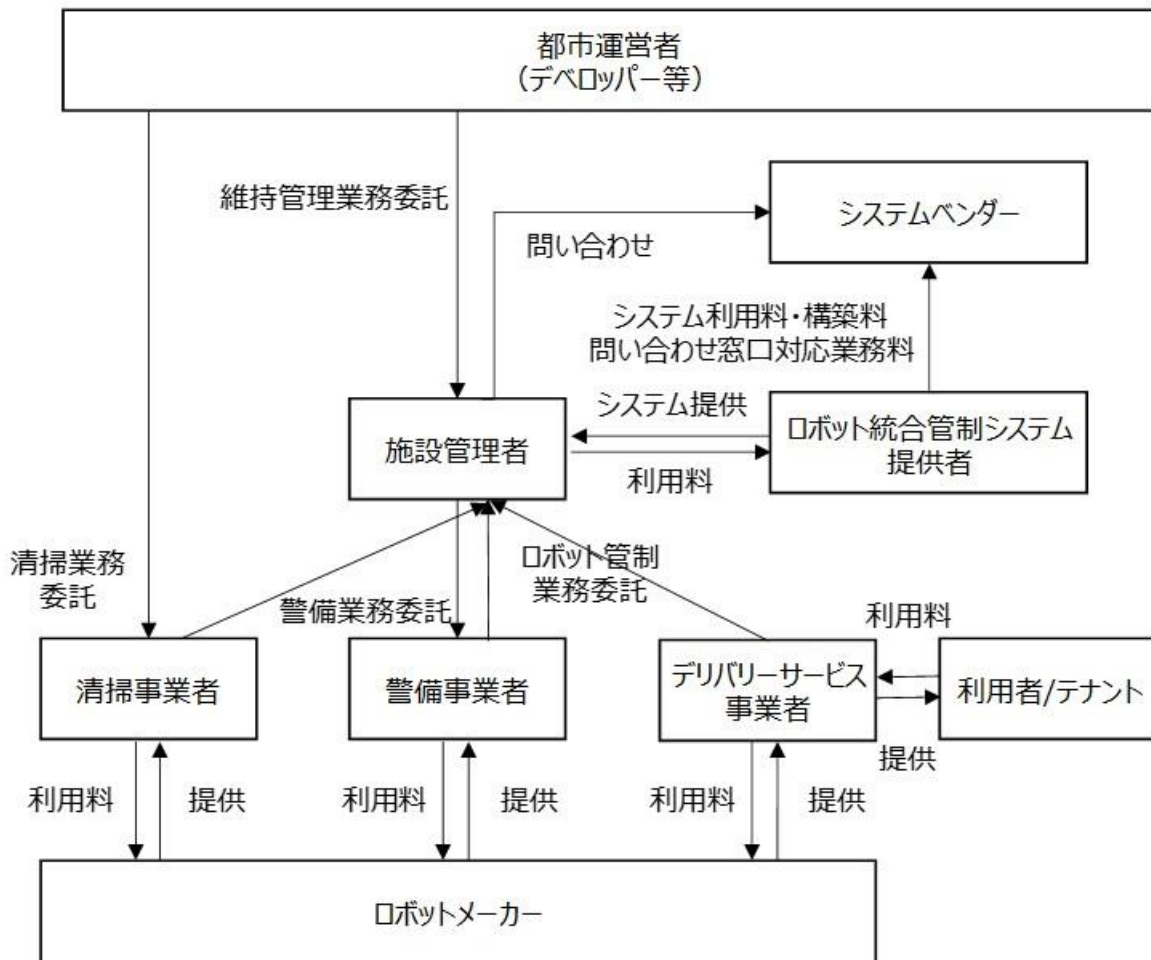
図表 3-1-3 ロボットが提供する警備・清掃サービスのイメージ



(2) 運営スキーム

ロボットサービスが効率的に運営されるためには、各都市の運営者がロボットの軽微な管理業務を担うことが望ましい。現在はロボットメーカーや個別のシステム開発者が管理を担うことが多いが、ロボット等の先端技術についても施設の有する設備として施設管理者が統合的に管理を担っていくことを目指す。

図表 3-1-4 ロボットサービスの運用スキームのイメージ



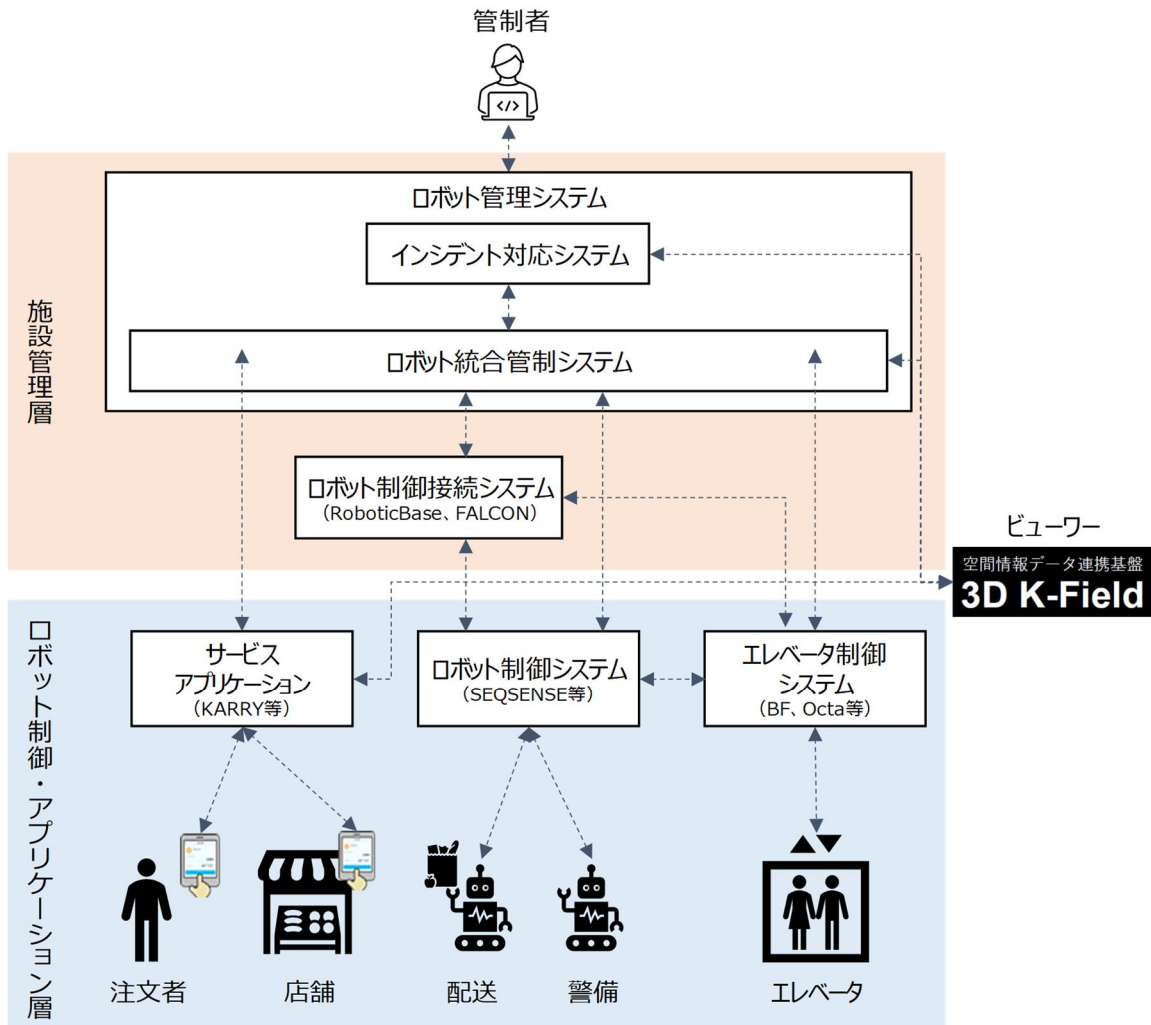
(3) システム

HICityにおけるロボットサービスを効率的に運営可能であり、柔軟に拡充・改善可能なシステムを構築する。

図表 3-1-5 システム構築の方針

ロボットサービスの拡張性の確保	柔軟にロボットやサービスを追加可能とするため、API 連携の容易性を確保。
ロボットサービスの導入コストの低減	ロボット技術の進展に応じて容易にロボットを導入できるよう、実装に必要な作業を統一化。
ロボットサービスの管制業務の効率化	複数台・複数種類・複数業務のロボットの統合的に管制。施設管理者がロボット管制業務を実施可能とする管制システムを構築。
3D K-Field を活用した位置情報の可視化	ロボットのステータスを3Dマップ上に可視化し、サービス利用者の満足度向上や管理者の業務実施容易性を向上させる。

図表 3-1-6 ロボット管制のシステム構成イメージ



3-2. 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

(1) 提供するサービス

ロボットデリバリーサービスの実装に至るためには、提供するサービスの観点からは、配達エリアの充実、配送店舗数の充実、配達能力の向上が求められている。令和4年までに実施した実証実験において、配達エリア及び配達能力を構成するロボット種類については実装に必要な能力の構築・確認を行った。

これまでの実証実験においては、サービスの想定需要に対して、ロボットの配達能力が不足していたことから、ロボット台数を増加させる対応について検証を行った。その結果、ロボット台数を増加させることで配達能力は向上するものの、一定程度の台数で配達能力を向上させることに限界が生じることが明らかとなった（ロボットが渋滞するため）。

そのため、実装に向けてはロボット1台当たりの配達能力を向上させることで、サービス全体としての配達能力を需要に対応可能な量にまで拡大することが必要となっている。

図表 3-2-1 提供するサービスに関するロードマップ上の位置づけ

		R2	R3	R4	R5	R6	R7	
サービス 実証・実装	テナント向け				実装*			
	来街者向け							
配達 エリア	コリドー							
	コリドー+ゾーンK							
	コリドー+ゾーンK+ゾーンD			実装				
	コリドー+ゾーンK, D+Ⅱ期開業エリア							
配送 店舗数	1店舗							
	2店舗		実装					
	全店舗（●店舗）							
ロボット 配達能力	ロボット種類	1種類・1台						
		1種類・複数台			実装			
		複数種類・複数台			実装			
	回収・配送 対象	1店舗・1地点						
		複数店舗・1地点				実装		
		複数店舗・複数地点				実装		

※セキュリティの脆弱性への対応完了次第、サービス対象者を広く拡大する想定。

	過年度・他事業実証・実装事項
	本事業実証・実装事項
	次年度実証・実装・拡充事項

(2) 運営スキーム

ロボットサービスの実装にあたって、ロボットやエレベータ、サービス提供に係るシステムが相互接続されるが、接続されるロボットやシステムの数が増加すると、各種システムの不具合等によるインシデントの発生数が増加し、結果として施設の正常稼働が阻害される件数も増加することが想定される。また、将来的にロボットサービスは、特定の施設内だけでなく、一定の広さを有する敷地やエリア、都市等にも実装され、異常監視・対応が必要となるエリアや設備等が多岐にわたることが予見される。

そのためロボットサービスの実装に向けては、運営スキームの観点において、ロボットのインシデントが発生した際は迅速な復旧対応が可能な体制を確立するとともに、施設の通常稼働を阻害する事象に対しても施設の正常稼働を効率的に維持する体制・手法を構築することが求められる。その際には、将来的な管理対象となるエリアの拡大や設備の多様化等を見据えることも重要となる。

これまでの実証実験では、運用されるロボットの稼働状況に関する効率的なモニタリング体制の構築やインシデントが発生した際の円滑な対応スキームの検討等、主にロボットの管制業務に焦点を当てた検証を実施した。実装に向けては、施設管理者のロボットの専門知識や経験の不足等の導入に際する課題解消のため、ロボット管制システムからの通知や対応指示方法等の改善等を図るとともに、施設管理者とロボットサービス提供者との適切な役割分担を踏まえたロボット管制体制構築にむけた検討を継続する必要がある。

図表 3-2-2 運営スキームに関するロードマップ上の位置づけ

			R2	R3	R4	R5	R6	R7
ロボットサービスの実装								
ロボット管理体制	管理体制の構築・最適化				実装			
インシデント対応体制	ロボット	専門事業者による対応体制の構築						
		施設管理者（鹿島建物）による対応体制の構築						
	施設設備	専門事業者による対応体制の構築						
		施設管理者（鹿島建物）による対応体制の構築						
AR 技術を活用した空間マネジメント	施設設備	施設管理者による管理業務への活用可能性検証						
	什器・設備	他分野・他施設での活用可能性検証						

	過年度・他事業実証・実装事項
	本事業実証・実装事項
	次年度実証・実装・拡充事項

(3) システム

ロボットデリバリーサービスの実装に至るためには、システムの観点からは、ロボットサービスの拡張性の確保、ロボットサービスの導入コストの低減、ロボットサービスの管制業務の効率化が求められる。

これまでの実証実験においては、ロボット管制システムを構築することで、ロボットサービスの拡張性の確保、ロボットサービスの導入コストの低減を検証してきた。また、ロボットサービスの管制業務の効率化に向けては、施設に導入されたロボットに関するインシデント対応の効率化に係るシステムの導入の必要性が明らかとなったことから当該システムの構築を昨年度に行った。インシデント対応システムは、発生したインシデントに応じて、対応すべき担当者に対してインシデントの発生と復旧指示の通知を行うものであり、当該システムを導入することによるインシデント対応体制構築にあたっての有用性について検証を行ってきた。インシデントの通知にあたっては文字情報のみでの通知を行うことから、インシデント発生場所の詳細がわかりづらく、早急なインシデント対応に支障をきたすことが明らかとなった。実装に向けてはインターフェースやビューワーの改善により、インシデント発生場所の視認性向上によるインシデント対応の効率化を図る必要がある。

図表 3-2-3 システムに関するロードマップ上の位置づけ

		R2	R3	R4	R5
ロボットデリバリーサービスの実装					実装
ロボットサービスの拡張性の確保	ロボット管制システムの構築	実装			
ロボットサービスの導入コストの低減	ロボット管制システム API 接続			実装	
インシデント対応の効率化	インシデント対応システムの構築			実装	
	インシデント情報の地図上での表示				実装

	過年度・他事業実証・実装事項
	本事業実証・実装事項
	次年度実証・実装・拡充事項

3-3. ロードマップ達成に向けた課題

(1) ロボットデリバリーサービスの配達能力の向上

実装に至るためには、ロボット配達能力の向上（迅速な配達）が必要であるが、令和4年度実証実験により、ロボット台数の増加により実現可能な配達量向上の効果は上限があること把握された。そのため、ロボットデリバリーサービスの実装に向けては1台当たりの配達能力の向上が課題となっている。

(2) インシデント対応体制の構築

実装に至るためには、サービス提供の現場に常駐している施設管理者がロボット管制の役割を担うことができる体制構築を実現する必要がある。具体的には、施設管理者が専門事業者（システムベンダー、ロボットメーカー等）に頼らずに、現場対応可能なインシデントに対処することを可能とするインシデント対応システムを構築する必要がある。現在のインシデント対応システムは、インシデント情報を提示するものの、インシデント発生位置が表示されず、現場への急行が難しいことから、インシデント発生位置の特定、共有を容易にすることで、インシデントへの対応の迅速化を実現することが求められている。

また、システムエラーなど、現場では対応が難しい重大なインシデントへの対応については、専門事業者に問い合わせを行う必要があるが、専門事業者が現場に常駐することは現実的でないことから、遠隔での問い合わせ対応やインシデント対応を行う体制を構築する必要がある。

3-4. 課題解決に向けた本実証実験の意義・位置づけ

(1) ロボットデリバリーサービスの配達能力の向上

ロボットが複数店舗を回って商品を回収する機能（複数店舗巡回機能）及び複数配送先を回って商品を配達する機能（複数地点配送機能）を備え、1台当たりの配達能力を向上させることで、ロボットデリバリーサービスの実装に必要な配達能力向上を実現する。

(2) インシデント対応体制の構築

ロボットサービスの実装に必要な効率的な運用体制の構築を実現する。

4. 実験計画

4-1. 実証実験① 複数店舗巡回・複数地点配送システムの導入による能力向上

(1) 実験で実証したい仮説

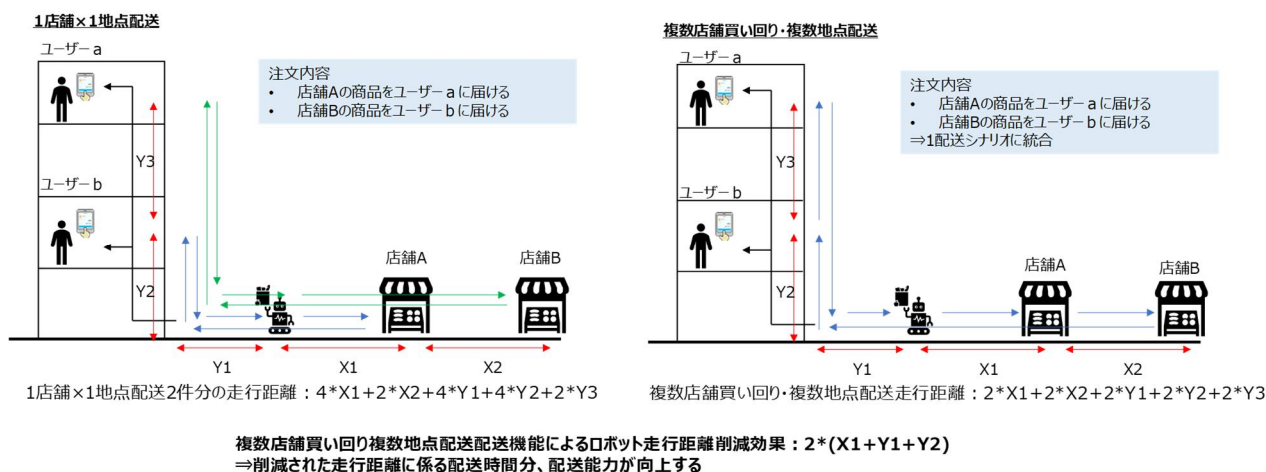
ロボットデリバリーサービスの実装のためには、円滑な施設運営や安全性の観点から導入可能ロボット数が限定される中、配送需要に対応するために1台当たりの配送能力を向上させることが必要であることが把握されている。

本実証実験では、下記に示す仮説を検証するため、ロボットが複数店舗を回って商品を回収する機能（複数店舗巡回機能）及び複数配送先を回って商品を配達する機能（複数地点配送機能）を構築した。

【検証を行う仮説】

- ・ 実用性検証
 - 注文に応じて複数店舗巡回及び複数地点配送をロボットに指示するシステムを構築することで、ロボットの1台当たり・時間当たり配送能力を向上させることが可能となる。
 - ロボット1台で2件の注文処理を行う際、複数店舗巡回・複数地点配送を行うことにより、機能を付加する前の1店舗×1地点配送を行う場合と比較して、ロボット走行距離が削減されることが見込まれる。この走行距離の削減に伴う余剰時間分配送を行う時間が増加することから配送能力が向上することが見込まれる。

図表 4-1-1 複数店舗巡回及び複数地点機能による配送能力向上の考え方



- ・ ビジネスモデル検証
 - ロボットの配送能力が向上することにより、ロボットデリバリーサービスの利用者の需要に対応することが可能となり利用者満足度が向上する。

(2) 実験内容・方法

本実証実験では、将来的なロボットデリバリーサービスの実装に向けて、今年度新たに導入した複数

店舗巡回及び複数地点配送機能によるロボットの配送能力がどの程度向上するかを検証するとともに、サービス実証を実施し、複数店舗巡回機能や事前予約機能に関する社会受容性の把握並びに利用者満足度を検証する。

① 検証項目

図表 4-1-2 複数店舗巡回・複数地点配送・システムの導入による能力向上 検証項目

大項目	中項目	小項目	概要
実用性の検証 (実用化)	性能の検証	配送能力向上検証	複数店舗巡回・複数地点配送機能を具備した場合の配送能力（1時間当たり配送能力）の定量評価を行い、機能を有しない場合との比較を行う。
	信頼性評価	インシデント モニタリング	サービス実証中に発生したインシデント事象及び対応内容を記録するとともに、発生原因や実装に向けて改善が必要な事項を明らかにする。
ビジネス モデル検証 (商用化)	社会受容性の 評価	サービス利用者の 満足度・利用意向・ 課題の把握	来街者・オフィス従業者などのサービス利用者にアンケート調査を実施のうえ、複数店舗巡回・複数地点配送・注文予約枠機能を中心にロボットデリバリーサービスに対する満足度を把握する。
		サービス提供店舗の 満足度・利用意向・ 課題の把握	店舗側にアンケート調査を実施のうえ、複数店舗巡回・複数地点配送・注文予約枠機能を中心にデリバリーサービスに対する満足度や将来実装された際の利用意向、実証期間におけるオペレーションに関する課題点等を把握する。
		社会受容性を踏まえ た売上向上効果の 把握	来街者・オフィス従業者などのサービス利用者にアンケート調査を実施のうえ、将来的にサービスが実装された際の利用意向を基に、売り上げ向上効果を試算する。

② ロボットデリバリーサービスシステム系及びオペレーションの概要

ア ロボットデリバリーシステム系概要

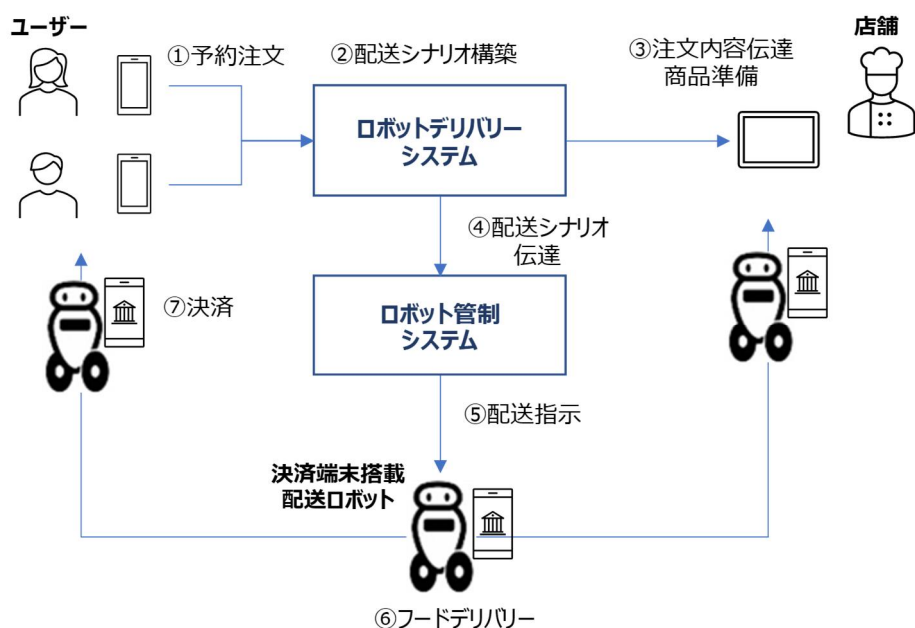
今年度におけるロボットデリバリーに係るシステム系の概要を図表 4-1-2 に示す。

ユーザーが保有するスマートフォンなどの端末よりロボットデリバリーサービスのウェブアプリを通じて予約注文を行う。注文された情報はロボットデリバリーシステムに集約され、各ロボットに割り当てられる配送シナリオを構築するとともに、店舗用端末に注文内容として予約時間と商品情報を伝達する。注文情報の伝達を受けた店舗スタッフは指定された時間までに間に合うように商品の準備を行う。ロボットデリバリーシステムで構築されたシナリオはロボット管制システムを経由して配送ロボットに伝達される。配送ロボットは伝達されたシナリオに従い、店舗まで移動のうえ商品を回収し、ユーザーまで配送を行う。なお、配送にあたりエレベータの活用が必要となる場合は、ロボット管制システムとエレベータ制御システムで連携のうえ、ロボットのエレベータ乗降を行う。

また、今年度より配送ロボットに決済用の端末を搭載しており、ユーザーは商品受け取り時に配

送ロボットに搭載された決済端末を操作のうえ、自身のクレジットカードを用いて決済を行う。

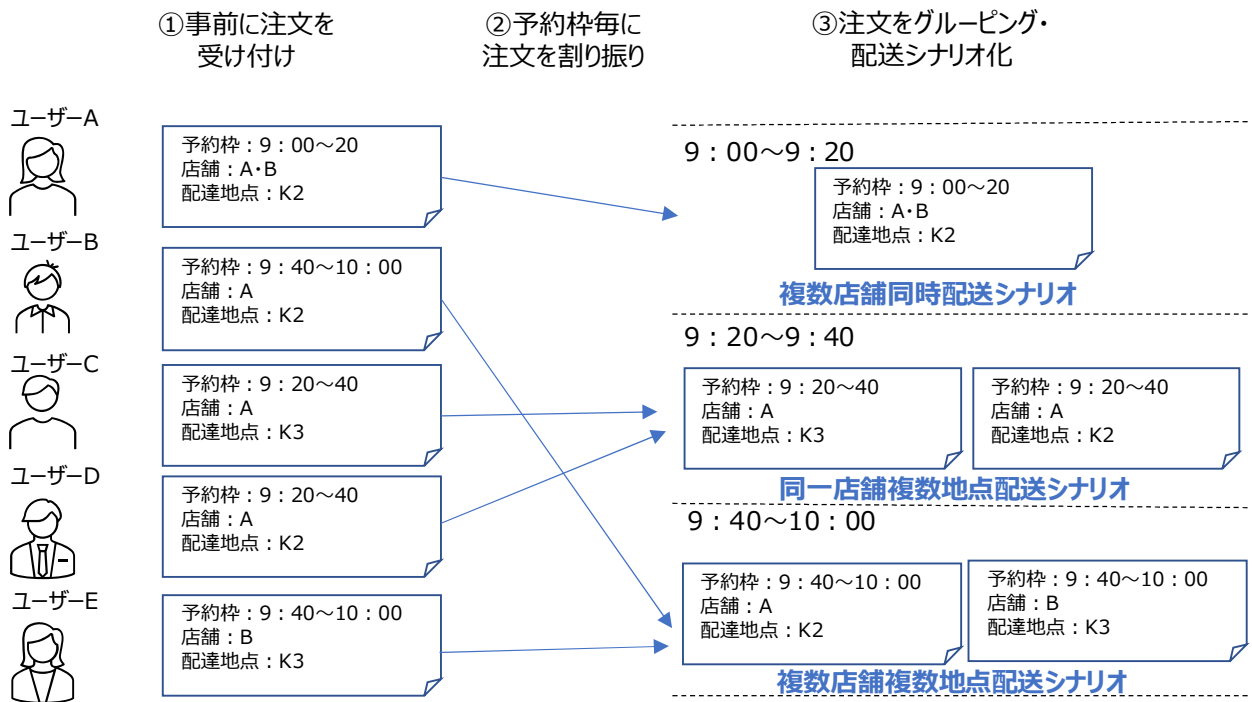
図表 4-1-3 ロボットデリバリーに係るシステム系のイメージ



イ 注文予約システム

複数店舗巡回及び複数地点配送の機能を効果的に発揮するために、注文については予約システムを採用し、事前に注文情報のストックを行うこととした。予約機能を追加することにより、複数店舗巡回および複数地点配送による効率的な配送を実現できるように、ストックされた注文情報を組み合わせてロボットの配送シナリオへ配分を行うことが可能となる。また、事前に注文された情報を把握することが可能となることから店舗の商品準備などに係るオペレーションの負担軽減効果が期待される。

図表 4-1-4 注文予約システムを活用した注文のグルーピング・配送シナリオ化のイメージ



ウ 注文形式及び配送ロボット積載可能注文数の変更

昨年度までの注文方式は1つの注文につき指定可能な店舗数は1店舗のみで、配送方式は1台のロボットにつき1注文のみを割り当てるというように、1店舗対1配達地点への配送を行う方式であった。今年度は複数店舗巡回機能及び複数地点配送機能の追加にあたり、1つの注文につき指定可能店舗数を2店舗まで拡張するとともに、1台のロボットにつき2注文まで割り当てることとした。これらの変更に伴い、1台のロボットが1つの配送シナリオで配送可能な注文件数は最大2件となり、1つの予約時間枠で予約可能な注文最大件数は2件×3台=6件となる。なお、1ユーザーが1回の注文で2店舗の注文を行う場合は、配送ロボットに各店舗の商品を1つずつ搭載することとなるため、注文2件分の取り扱いとなる。

エ ロボット搭載決済端末

今年度は配送ロボットに決済端末を搭載し、商品受け取り時に利用者のクレジットカードを用いた決済を行うこととした。図表 4-1-4 に配送ロボットに搭載された決済端末の様子を示す。また商品受け取り時に利用者が行う配送ロボット搭載のタブレット及び決済端末の操作フローを図表 4-1-5 に示す。

図表 4-1-5 配送ロボットに搭載されたタブレット及び決済端末の様子



図表 4-1-6 商品受け取り時のタブレット及び決済端末の操作フロー



①配送ロボット搭載タブレットの「決済を開始します」をタップ

②配送ロボット搭載決済端末でクレジットカードによる決済

③配送ロボット搭載タブレットの「商品を受け取りました」をタップ

オ オペレーションフロー

複数店舗巡回・複数地点配送を想定した際の注文者、ロボット、店舗、デリバリーシステム間のオペレーションのフローは図表 4-1-7 のとおり。

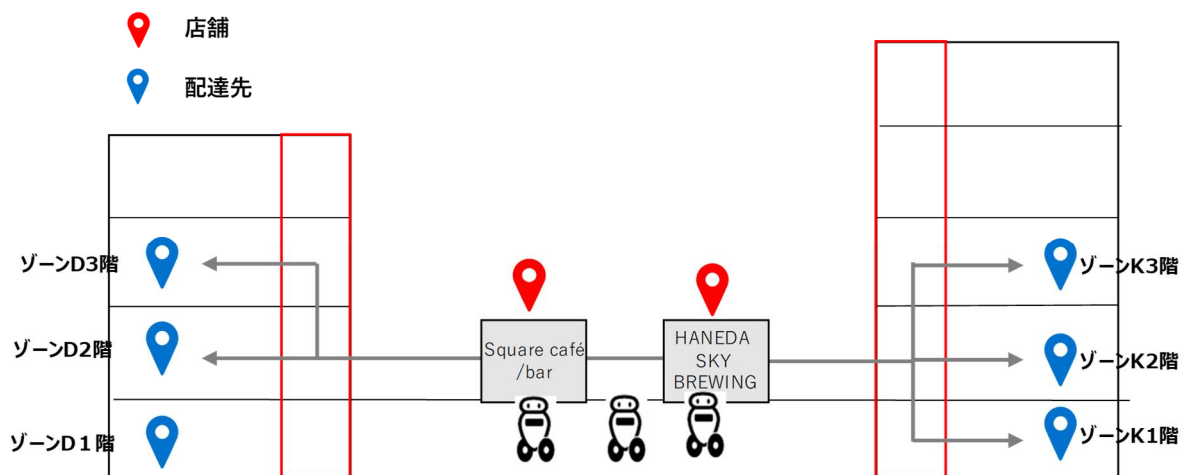
図表 4-1-7 複数店舗巡回・複数地点配送におけるオペレーションフロー

タスク	注文者	ロボット	店舗	運営者	システム
注文	アプリで注文				注文受付
店舗指示			注文受領		商品・時間枠通知
商品回収①		店舗①へ移動			商品回収指示①
		店舗①到着			到着情報受領
商品回収②			商品格納・完了通知		到着情報通知
		店舗②へ移動			商品回収指示②
		店舗②到着			到着情報受領
配送①			商品格納・完了通知		到着情報通知
		配送地点①へ移動			配送指示①
	アプリに時間表示				到着予定時間通知
		配送地点①到着			到着情報受領
配送②	アプリに通知				到着情報通知
	商品受取・完了通知*				完了情報受領
		配送地点②へ移動			配送指示②
	アプリに時間表示				到着予定時間通知
配送③			配送地点②到着		到着情報受領
	アプリに通知				到着情報通知
	商品受取・完了通知*				完了情報受領
帰還・待機		ロボットステーションに移動			帰還指示

① サービス実証概要

ゾーンK並びにゾーンD入居オフィス従業者を対象にロボットデリバリーサービスを体験いただくサービス実証を実施する。昨年度までは商品代金を無償としていたが、今年度は参加者による商品代金の支払いを伴う方式に変更し、金銭負担が発生する実証を体験したうえでの、利用意向などの社会受容性の把握を行うこととした。本サービス実証を通じて、サービス利用者並びに店舗へのアンケートに基づく利用者満足度等の社会受容性の把握、売り上げ向上効果の把握を行う。

図表 4-1-8 実証実験系イメージ



図表 4-1-9 実証実験概要

項目	概要
実施期間	・ 2023 年 12 月 6 日～22 日
実施時間	・ 各日 11～15 時頃
協力店舗	・ HICity Square Café/Bar、HANEDA SKY BREWING ※いずれもコリドー（施設屋外 2 階）内の店舗
配達場所	・ ゾーンD 1～3 階、ゾーンK 1～3 階
使用ロボット	・ 3 台

(3) 仮説の検証に向けた調査方法

① 実用性の検証（実用化）

ア 性能の検証：配送能力向上検証

新たに導入した複数店舗巡回機能及び複数地点配送機能による配送能力向上効果を定量的に検証する。

複数店舗巡回機能及び複数地点配送機能導入前の 1 店舗対 1 地点への配送を行うシナリオと複数店舗巡回かつ複数地点配送を行うシナリオで、1 時間以内に配達完了したタスク件数を測定し、当該タスク件数を比較することにより配送能力向上効果を算出することとした。

なお、複数店舗巡回機能及び複数地点配送機能による最大の配送能力を把握するために、予約時間枠を配送シナリオ完了目安時間である 20 分より短い 15 分に設定し、意図的に予約時間内に処理しきれないタスクが積み重なるシナリオでの配送能力効果検証も行うこととした。

配送能力向上検証のために走行試験を行ったシナリオと条件は下記のとおり。

図表 4-1-10 配送能力向上検証の走行試験シナリオ及び設定条件

	シナリオ①	シナリオ②	シナリオ③
概要	1 店舗から 1 配送地点に 1 つの注文を配するシナリオ。昨年度までの配送能力を再現するもの。	機能追加に伴う最大の配送能力の検証を優先するシナリオ。	予約時間枠内にタスクを完了することを優先に機能追加に伴う配送能力を把握するシナリオ
予約時間枠	—	15 分/枠	20 分/枠
注文数/台	1 件	2 件	2 件

ロボットデリバリーサービスの運用にあたってはインシデント対応による復旧もオペレーションに含まれることから、配送能力検証においてもインシデントの発生も考慮するものとした。インシデントが発生した際には、現場スタッフが即時インシデント対応を行うことでタスクの復旧・継続を行うものとし、タスク復旧に要した時間も含めて、配送可能件数を測定することとした。

イ 信頼性の検証：インシデントモニタリング

ロボットデリバリーサービスの実証中に発生したインシデントについて、発生要因を分析する。

図表 4-1-11 インシデントの分析 仮説の検証に向けた調査方法

検証期間	<ul style="list-style-type: none"> ロボットデリバリーサービスの提供期間である以下の期間 2023年12月6日（水）～12月22日（金）の平日 2024年1月10日（水）、11日（木）、18日（木）、19日（金）
検証方法	<ul style="list-style-type: none"> ロボットデリバリーサービスの実証中に発生した全インシデントを記録し、リスト化する。 リスト化された全インシデントについて事象内容・原因を分析する。 発生した全インシデントの記録及びリスト化はサービサー及びシステム構築者へのアンケートを通じて実施する。
検証対象者	<ul style="list-style-type: none"> サービサーである SolidSurface 株式会社の実証実験担当者
アンケート項目	<p>【ロボットデリバリーサービス実証中に発生した全インシデント】</p> <ul style="list-style-type: none"> 発生及び復旧日時 発生場所 発生したインシデントの内容 インシデントの発生要因 等
分析事項	<ul style="list-style-type: none"> インシデント事象及び発生要因

② ビジネスモデルの検証（商用化）

ア 社会受容性の把握：サービス利用者の満足度等評価

アンケート調査によりロボットデリバリーサービスに対する満足度を把握する。

図表 4-1-12 サービス利用者アンケート概要

項目	概要
対象者	<ul style="list-style-type: none"> 実験参加者（1グループ複数人で参加する場合は各人を対象とする）
使用ツール	<ul style="list-style-type: none"> Google フォーム
実施タイミング	<ul style="list-style-type: none"> 実証参加後
回答方法	<ul style="list-style-type: none"> 参加者のスマートフォン端末よりアンケートフォームに移行のうえ回答

図表 4-1-13 サービス利用者アンケート項目

大項目	小項目
属性	<ul style="list-style-type: none"> 属性（年齢・性別）
注文の基本情報	<ul style="list-style-type: none"> 注文 ID（先頭5桁） 利用回数 注文店舗 配達先
ユーザビリティ・満足度	<ul style="list-style-type: none"> サービス全体に対する満足度 予約機能に対する満足度 複数店舗巡回機能に対する満足度 アプリの操作性 配送に対する満足度 決済の操作性
利用意向	<ul style="list-style-type: none"> 利用意向 利用したいシーン 購買行動への影響

課題	・ サービスの課題・意見
----	--------------

また、サービス実証に参加しなかった協力オフィスの従業員を対象にアンケート調査を実施し、サービスを利用しなかった理由等、社会受容性に関する課題把握を行う。

図表 4-1-14 サービス実証不参加オフィス従業員アンケート概要

項目	概要
対象者	・ 実験に参加しなかった協力オフィス従業員
実施タイミング	・ 実証参加後
アンケート項目	<ul style="list-style-type: none"> ・ デリバリーサービスを知っていたか。 ・ デリバリーサービスを利用しなかった理由 ・ 予約注文が不便だと感じた理由 ・ どのような改善点が必要か ・ 質問・不明点について

イ 社会受容性の把握：サービス利用店舗の満足度等評価

アンケート調査により、階移動を伴うデリバリーサービスに対する満足度や将来実装された際の利用意向、実証期間におけるオペレーションに関する課題点等を把握する。

図表 4-1-15 店舗アンケート概要

項目	概要
対象者	・ 店舗担当者（可能であればオペレーションに携わった方全員）
実施タイミング	<ul style="list-style-type: none"> ・ 実証実施前にアンケートを配付 ・ 実証実験期間中に回答 ・ 実証実施後に回収

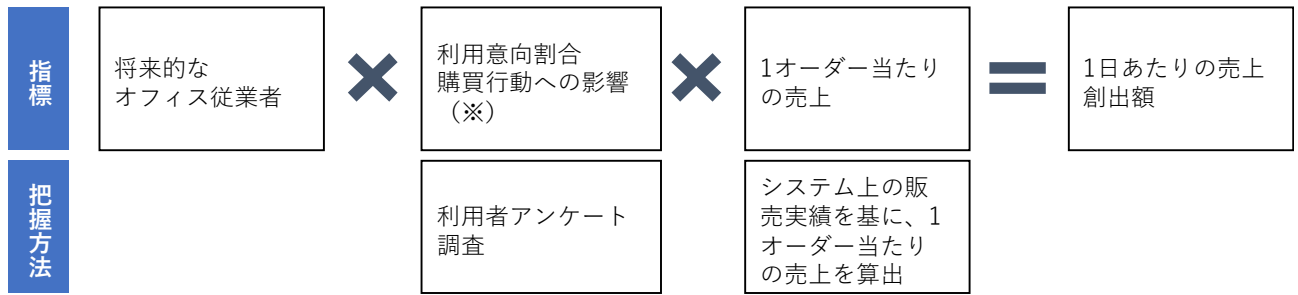
図表 4-1-16 店舗アンケート項目

大項目	小項目
オペレーション	・ オペレーションにおける課題（注文受付時、商品準備時、配達準備時）
アプリ	・ アプリの操作性
利用意向	<ul style="list-style-type: none"> ・ 実装された場合の利用意向 ・ 店舗にとってのメリット

ウ 社会受容性の把握：売上向上効果の把握

来街者・オフィス従業者などのサービス利用者に対するアンケート調査により、将来的にサービスが実装された際の利用意向を基に、下記の算定式により売り上げ向上効果を試算する。

図表 4-1-17 売り上げ創出効果



(4) 実験結果・分析

① 実用性の検証（実用化）

ア 性能の検証：配送能力向上検証

配送能力向上検証の比較対象となる数値として、昨年度までの配送能力を再現する条件下のもと、配送能力を計測した。配送ロボット 3 台で 1 店舗×1 地点配送を連続で行った際の 1 時間内で配送が完了した件数は 16 件であった。

16 件のうち、各ロボットの配送完了件数は、DR-1 は 5 件、PayCarGo-1 は 5 件、PayCarGo-2 は 6 件であった。

図表 4-1-18 1 店舗×1 地点配送 配送能力計測結果（16:00～18:00）

LN	店舗	配送先	配送するロボット			開始 時間	店舗 到着	ELV バンク 到着	配達先 到着	受取 完了
			pay2	pay1	DR-1					
1	スクエア	D2				15:59	16:03	-	16:05	16:05
2	バル	D3				15:59	16:03	16:06	16:08	16:09
3	スクエア	K1				15:59	16:03	16:06	16:08	16:08
4	スクエア	K2				16:05	16:08	-	16:11	16:11
5	バル	K2				16:09	16:14	-	16:19	16:20
6	スクエア	K3				16:08	16:13	16:16	16:19	16:19
7	バル	K1				16:11	16:14	16:20	16:23	16:24
8	スクエア	K3				16:20	16:23	16:27	16:32	16:32
9	バル	D1				16:19	16:28	16:29	16:31	16:32
10	バル	D2				16:24	16:31		16:32	16:33
11	スクエア	D1				16:32	16:38	16:42	16:45	16:46
12	バル	D3				16:32	16:35	16:37	16:39	16:39
13	スクエア	D2				16:33	16:35		16:38	16:38
14	バル	D3				16:46	16:51	16:53	16:56	16:57

LN	店舗	配送先	配送するロボット			開始時間	店舗到着	ELV バンク 到着	配達先 到着	受取 完了
			pay2	pay1	DR-1					
15	スクエア	K1				16:39	16:44	16:47	16:49	16:51
16	スクエア	K2				16:38	16:41		16:47	16:47
17	バル	K2				16:57	17:02		17:09	17:09
18	スクエア	K3				16:50	16:55	16:58	17:01	17:02
19	バル	K1				16:48	16:52	16:58	17:01	17:01

配送ロボット3台による複数店舗巡回及び複数地点配送機能を適用した際の1時間で完了可能な配達件数は、15分枠の場合は19件であった。

19件のうち、各ロボットの配達完了件数は、DR-1は5件、PayCarGo-1は8件、PayCarGo-2は6件で、1店舗×1地点配送の場合と比較してロボット2台は同様の結果であったのに対し、Pay CarGo-1については1.6倍の配送を完了することができた。

図表 4-1-19 複数店舗・複数地点配送(15分枠)配送能力計測結果 (14:00~15:00)

LN	店舗	配送先	配送するロボット			開始時間	店舗 到着	ELV バンク 到着	配達先 1 到着	配達先 1 受取 完了	ELV バンク 到着	配達 先2 到着	配達先2 受取 完了
			pay2	pay1	DR-1								
1	スクエア	D2	①			14:00	14:04	-	-	-	-	14:14	14:14
2	バル	D3	①				14:05	14:07	14:09	14:10	14:11	-	-
3	スクエア	K1		②		14:00	14:04	-	-	-	-	14:16	14:17
4	スクエア	K2		②			14:04	-	14:08	14:09	14:10	-	-
5	バル	K2			③	13:59	14:05	-	-	-	-	14:18	-
6	スクエア	K3			③		14:09	14:11	14:15	14:15	14:16	-	-
7	バル	K1	①			14:15	14:16	-	-	-	-	14:33	14:33
8	スクエア	K3	①				14:18	14:22	14:25	14:26	14:27	-	-
9	バル	D1		②		14:17	14:25	-	-	-	-	14:31	14:32
10	バル	D2		②			14:25	-	14:27	14:28	14:28	-	-
11	スクエア	D1			③	14:20	14:23	-	-	-	-	14:33	14:34
12	バル	D3			③		14:24	-	14:28	14:29	14:30	-	-
13	スクエア	D2	①			14:34	14:41	-	-	-	-	14:51	14:51
14	バル	D3	①				14:42	14:44	14:46	14:47	14:47	-	-
15	スクエア	K1		②		14:32	14:38	-	-	-	-	14:48	14:48
16	スクエア	K2		②			14:38	-	14:43	14:43	14:44	-	-
17	バル	K2			③	14:34	14:43	-	-	-	-	15:03	15:03
18	スクエア	K3			③		14:44	14:47	14:54	14:58	14:59	-	-
19	バル	K1	①			14:52	14:54	-	-	-	-	15:09	15:10

LN	店舗	配送先	配送するロボット			開始時間	店舗到着	ELVバンク到着	配達先1到着	配達先1受取完了	ELVバンク到着	配達先2到着	配達先2受取完了
			pay2	pay1	DR-1								
20	スクエア	K3	①			14:48	14:55	14:58	15:01	15:02	15:03	-	-
21	バル	D1		②			14:54	-	-	-	-	14:59	15:00
22	バル	D2		②		14:54	-	14:56	14:56	14:57	-	-	
23	スクエア	D1			③	15:03	15:06	-	-	-	-	15:14	15:15
24	バル	D3			③		15:07	15:09	15:11	15:11	15:12	-	-

配送ロボット3台による複数店舗巡回及び複数地点配送機能を適用した際の1時間で完了可能な配達件数は、20分枠の場合も18件で、いずれのロボットも6件ずつ配送を完了した。

図表 4-1-20 複数店舗・複数地点配送(20分枠)配達能力計測結果 (10:40~11:40)

LN	店舗	配送先	配送するロボット			開始時間	店舗到着	ELVバンク到着	配達先1到着	配達先1受取完了	ELVバンク到着	配達先2到着	配達先2受取完了
			pay2	pay1	DR-1								
1	スクエア	D2				10:39	10:44	-	-	-	-	10:54	10:54
2	バル	D3					10:45	10:47	10:50	10:50	10:51	-	-
3	スクエア	K1				10:39	10:42	-	-	-	-	10:53	10:53
4	スクエア	K2					10:42	-	10:49	10:50	10:50	-	-
5	バル	K2				10:39	10:42	-	-	-	-	10:56	10:56
6	スクエア	K3					10:44	10:47	10:50	10:50	10:52	-	-
7	バル	K1				10:54	10:56	-	-	-	-	11:10	11:10
8	スクエア	K3					10:57	11:01	11:04	11:05	11:06	-	-
9	バル	D1				10:54	11:01	-	-	-	-	11:11	11:11
10	バル	D2					11:01	-	11:05	11:06	11:08	-	-
11	スクエア	D1				10:57	10:59	-	-	-	-	11:08	11:09
12	バル	D3					11:01	11:02	11:04	11:05	11:06	-	-
13	スクエア	D2				11:09	11:17	-	-	-	-	11:27	11:27
14	バル	D3					11:18	11:19	11:22	11:22	11:23	-	-
15	スクエア	K1				11:11	11:17	-	-	-	-	11:26	11:27
16	スクエア	K2					11:17	-	11:22	11:23	11:23	-	-
17	バル	K2				11:09	11:13	-	-	-	-	11:24	11:25
18	スクエア	K3					11:14	11:17	11:20	11:21	11:22	-	-

15分枠実走のうち、システムで完走できたものは11件で、インシデント対応を行ってタスクを継続したケースは8件であった。また20分枠実走のうちシステムで完走できたものは11件で、イ

ンシデント対応を行ってタスクを継続したケースは7件であった。なお、発生したインシデントはロボット搭載 LiDAR の性能起因の自己位置推定の失敗や、短時間の通信断絶に伴うエレベータ乗降の失敗等が挙げられる。

複数店舗巡回・複数地点配送により1台のロボットで2件の配送を行う場合、事前検証より円滑に走行する場合は15分程度で配送完了することが確認できたが、インシデントの発生により最大20分を超えるケースが発生したこと、実際のオペレーションでは店舗が商品積載対応を行う時間や、注文者が決済および商品受け取りを行う時間が発生することから、サービスの安定的な供給と安全性を考慮し、複数店舗巡回・複数地点配送によってロボット1台が2件のタスク完了に係る時間を20分程度と想定し、20分を標準の予約枠として設定した。

そのうえで、本実証では配送能力の限界値を把握するために、常に連続稼働しているシーンの再現のため、意図的にロボットの配送能力では処理しきれないタスクとして、15分の予約枠に1台が2件ずつ配送を行う注文を設定した。1時間の間に設定された注文数は2件×3台×4サイクル=24件である一方で、予約枠に対するタスク処理時間の超過が積み重なり、結果的に1時間内にタスクが完了した件数は19件に留まった。

20分の予約枠で完遂可能なタスク件数の理論値が2件×3台×3サイクル=18件であるが、この値はインシデントが発生すること無くシステムが完遂した際の配達能力を想定したものである。その一方で、実際の走行ではインシデントが発生しており、復旧対応に時間を要していたにもかかわらず理論値と同等の配送能力を発揮できたことから、適切なインシデント対応が可能なオペレーションのもとサービス提供が行われた場合には高い配送能力を維持できることが期待される。

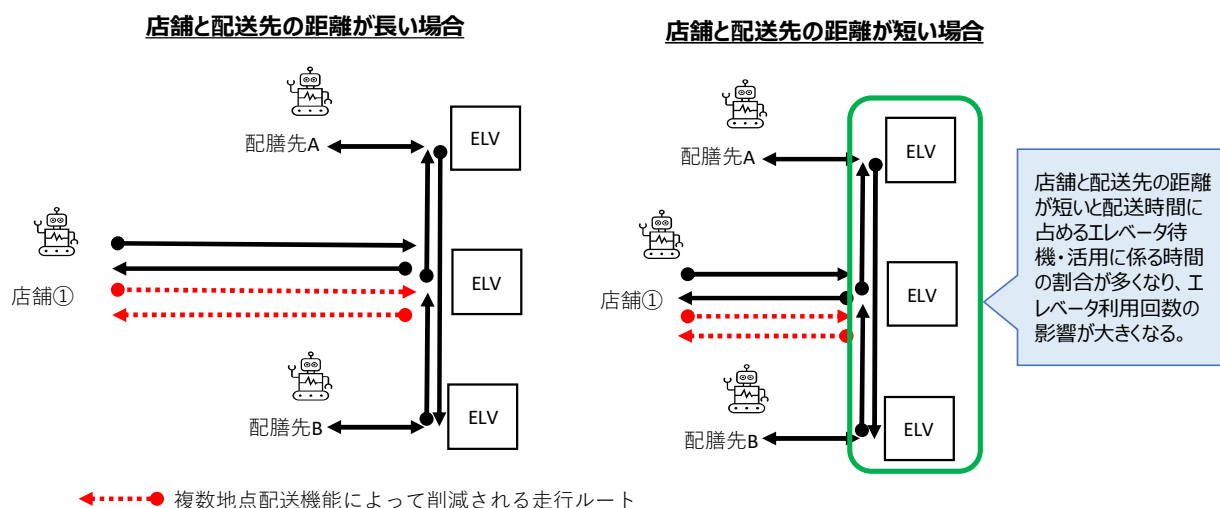
昨年度の配送能力を再現した計測が16件であったことから、複数店舗巡回及び複数地点配達機能に伴う配送能力向上効果は最大で約1.18倍に留まった。一方でロボット1台ずつの配送件数を比較すると、3台中2台は配送件数の変化はなかったものの、1台は配送件数が1.6倍に増加していた。これは、配送件数の変化がなかった2台は店舗の位置する階数と異なる階数への配送を2件行うシナリオが多いのに対して、配送件数が増加した1台は店舗の位置する階数へ1件と異なる階層へ1件の配送を行うシナリオが多く、エレベータの利用回数が配送件数の変化がなかった2台と比較して少なかったことに起因するものと考えられる。

仮説段階においては複数店舗巡回及び複数地点配送機能によってロボット走行距離が削減され、配送能力が向上するものと想定していたが、本実証の結果、エレベータ利用回数の多寡の影響が大きいたことが明らかとなった。これは、今回の実証実験系における店舗と配送先の距離が近かったことに起因するものと考えられる。ロボットの配送に係る時間はロボットの走行時間とエレベータ待機・活用時間に大別される。複数店舗巡回及び複数地点配送機能はロボット走行距離の削減に寄与することから、ロボットの走行時間が長い=ロボットの走行距離が長いほど、配送能力向上効果が大きくなる。一方でロボットの走行距離が短い、つまり配送時間中のロボット走行時間が短い場合は、配送時間に占めるエレベータ待機・活用に係る時間が相対的に多くなるため、配送時間はエレベータの利用回数の多寡が大きく影響するものと考えられる。

本実証実験系のように、比較的店舗と配送先の距離が近い配置となる場合において配送能力を向上させるためには、1配送シナリオ当たりのエレベータの利用回数を最小化することが求められると考えられる。本実証では予約時間枠内に設定するオーダーについて、配送元の店舗及び配送先のフロアが偏らないように設定を行ったため、エレベータの利用回数を削減するようなシナリオが構

築されづらい状況であったが、①同一フロア内の複数地点に配送するシナリオ、②店舗と異なる階層へ配送を行う場合は店舗と同一階層の配送と組み合わせる（本実証では店舗は2階に位置するため、配送エリアが2階と1階もしくは2階と3階となるように組み合わせる）、等のように、1配送シナリオ当たりのエレベータの利用回数を最小化するようなシナリオが構築された際には、複数店舗巡回及び複数地点配達機能による配送能力向上効果は最大化するものと考えられる。

図表 4-1-21 店舗と配送先の距離と配送能力の関係性について



各ケースのエレベータ待機～乗降～配達先到着までの時間を比較すると、1店舗×1地点配送の場合は平均2.75分であったのに対して、複数店舗巡回及び複数地点配送機能による最大配送能力の発揮を想定した15分枠での検証の場合は平均3.57分で、0.83分長かった。

また各ケースの配達完了後からエレベータ待機～乗降～次店舗到着までの時間及を比較すると、1店舗×1地点配送の場合は平均5.1分であったのに対して、複数店舗巡回及び複数地点配送機能による最大配送能力の発揮を想定した15分枠での検証の場合は平均6.6分で、1.5分長かった。

エレベータ乗降に際する通信途絶等のインシデントが発生した可能性を除くと、このケース間の時間差はエレベータ待機時間の差であると考えられる。1店舗×1地点配送の場合、1配送シナリオ完了時間枠中に発生する配送ロボット3台分のエレベータの搭乗回数が平均4回であるのに対して、15分枠での検証の場合は平均6.1回となっている。これは、1店舗×1地点配送の場合で2階の店舗から異なる階層へ配送を行うシナリオの際のエレベータ利用回数は、店舗と配送地点の往復の2回であるのに対して、複数地点配送に場合で2階の店舗から1階の配送地点と3階の配送地点に配送するシナリオの際にはエレベータの利用回数が3回になることに起因するものと考えられる。同一配送時間枠中にエレベータ利用回数の多い配送シナリオが割り当てられたロボットが複数ある場合は、エレベータ待機で配送ロボットが競合し、エレベータ待機時間が発生するものと考えられる。なお、15分枠の場合、1時間内で配達完了した全シナリオにおけるロボット1台あたりのエレベータ利用回数は平均約6.3回であるが、1店舗×1地点配送と比較して発生しているエレベータ待機時間は $(0.83分+1.5分) \times 8回 = 14.8分$ であり、仮に当該エレベータ待機時間が解消されれば、更に1～2件の配送を行えるものと考えられる。エレベータ待機時間の削減にあたってはロボット対応エレベータの増設やエレベータ1台へのロボット搭乗可能台数の増加等のエレベータによるロボット配送能力向上施策も考えられるが、先述のとおり、1配送シナリオ当たりのエレベ

一タ利用回数を最小化するシナリオ構築によっても解消が期待されるものと考えられる。

図表 4-1-22 1 店舗×1 地点配送の際のエレベータ待機～配達先及び次店舗までの時間

LN	店舗	配達先	配送するロボット			ELV バンク 到着	配達先 到着	ELV～ 配達先	ELV バ ンク 到着	次配達 店舗 到着	ELV～ 次店舗
			pay2	pay1	DR-1						
1	スクエア	D2				-	16:05	-	-	16:08	-
2	バル	D3				16:06	16:08	0:02	16:09	16:14	0:05
3	スクエア	K1				16:06	16:08	0:02	16:09	16:13	0:04
4	スクエア	K2				-	16:11	-	-	16:14	-
5	バル	K2				-	16:19	-	-	16:23	-
6	スクエア	K3				16:16	16:19	0:03	16:20	16:28	0:08
7	バル	K1				16:20	16:23	0:03	16:24	16:31	0:07
8	スクエア	K3				16:27	16:32	0:05	16:33	16:38	0:05
9	バル	D1				16:29	16:31	0:02	16:32	16:35	0:03
10	バル	D2				-	16:32	-	-	16:35	-
11	スクエア	D1				16:42	16:45	0:03	16:46	16:51	0:05
12	バル	D3				16:37	16:39	0:02	16:40	16:44	0:04
13	スクエア	D2				-	16:38	-	-	16:41	-
14	バル	D3				16:53	16:56	0:03	16:57	17:02	0:05
15	スクエア	K1				16:47	16:49	0:02	16:50	16:55	0:05
16	スクエア	K2				-	16:47	-	-	-	-
17	バル	K2				-	17:09	-	-	-	-
18	スクエア	K3				16:58	17:01	0:03	-	-	-
19	バル	K1				16:58	17:01	0:03	-	-	-
ELV バンク到着～ELV 乗降～配達先までの平均所要時間								2.75 分	ELV～次店舗まで の平均所要時間		5.1 分

図表 4-1-23 複数店舗・複数地点配送(15分枠)エレベータ待機～配達先及び次店舗までの時間

LN	店舗	配達先	配送するロボット			ELV バンク 到着	配達 先1 到着	ELV～ 配達先	ELV バン ク到 着	配達先 2 到着	ELV～ 配達先	ELV バン ク到 着	次配 達店 舗 到着	ELV～ 次店 舗
			pay2	pay1	DR-1									
1	スクエア	D2	①			-	-	-	-	14:14	0:03	-	14:16	-
2	バル	D3	①			14:07	14:09	0:01	14:11	-	-	-	-	-
3	スクエア	K1		②		-	-	-	-	14:16	0:06	14:17	14:25	0:08
4	スクエア	K2		②		-	14:08	-	14:10	-	-	-	-	-
5	バル	K2			③	-	-	-	-	14:18	0:02	-	14:23	-
6	スクエア	K3			③	14:11	14:15	0:04	14:16	-	-	-	-	-
7	バル	K1	①			-	-	-	-	14:33	0:06	14:35	14:41	0:06
8	スクエア	K3	①			14:22	14:25	0:03	14:27	-	-	-	-	-
9	バル	D1		②		-	-	-	-	14:31	0:03	14:33	14:38	0:05
10	バル	D2		②		-	14:27	-	14:28	-	-	-	-	-
11	スクエア	D1			③	-	-	-	-	14:33	0:03	14:35	14:43	0:08
12	バル	D3			③	-	14:28	-	14:30	-	-	-	-	-
13	スクエア	D2	①			-	-	-	-	14:51	0:04	-	14:54	-
14	バル	D3	①			14:44	14:46	0:02	14:47	-	-	-	-	-
15	スクエア	K1		②		-	-	-	-	14:48	0:04	14:48	14:54	0:06
16	スクエア	K2		②		-	14:43	-	14:44	-	-	-	-	-
17	バル	K2			③	-	-	-	-	15:03	0:04	-	15:06	-
18	スクエア	K3			③	14:47	14:54	0:07	14:59	-	-	-	-	-
19	バル	K1	①			-	-	-	-	15:09	0:06	-	15:15	-
20	スクエア	K3	①			14:58	15:01	0:03	15:03	-	-	-	-	-
21	バル	D1		②		-	-	-	-	14:59	0:02	-	15:06	-
22	バル	D2		②		-	14:56	-	14:57	-	-	-	-	-
23	スクエア	D1			③	-	-	-	-	15:14	0:02	-	15:18	-
24	バル	D3			③	15:09	15:11	0:02	15:12	-	-	-	-	-
ELV バンク到着～ELV 乗降～配達先までの平均所要時間								3.14 分		3.75 分	ELV～次店舗ま での平均所要 時間		6.6 分	
								3.52 分						

イ 信頼性の検証：インシデントモニタリング

ロボットデリバリーサービス実証を通して発生したインシデントをリスト化し、発生傾向を調査した。

発生したインシデントをシステム、ロボット、店舗運営に分類した結果、ロボット起因によるインシデント（ロボット関連）が最も多く発生したことが確認された。

図表 4-1-24 発生したインシデントの概要(検証対象者へのアンケートより)

項目	件数
インシデントの内訳	ロボット関連のインシデント：121件（69.9%） システム関連のインシデント：5件（2.9%） 店舗運営関連のインシデント：30件（17.3%） 誤検知：17件（9.8%）
発生したインシデント合計	173件

最も多く発生したロボット関連のインシデントについて詳細に分析すると、「ロボットの非常停止ボタンが押されている」というインシデントが最も多く発生しており、次点では「通信断絶エラー」となっている。

図表 4-1-25 ロボット関連のインシデント及び発生した件数

ロボット関連のインシデント	概要	発生件数
ロボットの非常停止ボタンが押されている	ロボットの非常停止ボタンが押下された際に発報するインシデント。	71件
通信断絶エラー	ロボットの通信が切断された際に発報されるインシデント。	37件
ロボットの店舗前到着が遅延している	調理完了ボタンが押下されてから 15 分経ってもロボットが店舗に到着しなかった際に発報されるインシデント。	8件
ロボットの配膳先への到着が遅延している	ロボットが配膳予定時刻の 5 分後になっても配膳先に到着しなかった際に発報されるインシデント。	4件
ナビゲーションに失敗	ロボットのナビゲーションが不能な状態となった際に発報されるインシデント。	1件
合計		121件

ロボット関連のインシデントのうち、最も多く発生した「ロボットの非常停止ボタンが押されている」が発生した原因（非常停止ボタンが押下された原因）については、走行中のロボットの位置を補正するためにオペレーターが非常停止ボタン押下したことが 37 件と最も多く、次いで、ロボットが有しているタスクの続行が不可となったためオペレーターが非常停止ボタンを押下したことが 19 件生じた。

図表 4-1-26 ロボットの非常停止ボタンが押された原因

ロボットの非常停止ボタンが押された原因	発生件数
ロボットの位置補正の為、非常停止ボタンをオペレーターが押下	37 件
デリバリー等のタスクの続行が不可となったため、非常停止ボタンをオペレーターが押下	19 件
ロボットの格納等、準備・片付け等のために非常停止ボタンをオペレーターが押下	7 件
障害物と接触しそうになったため、非常停止ボタンをオペレーターが押下	5 件
雨天により、ロボットを退避させるために非常停止ボタンをオペレーターが押下	3 件

② ビジネスモデルの検証（商用化）

ア 社会受容性の把握：サービス利用者の満足度等評価

○デリバリーサービス注文状況

【注文件数・金額】

- ・ 利用者の費用負担が発生しない方式で実施した令和 3 年度補正実証では全期間 14 日間を通して計 130 件、205,800 円の注文があり、1 日当たりの平均注文件数は 9.2 件、1 件当たりの注文金額の全期間の平均は 1,583 円であった。
- ・ 全期間 17 日間を通して計 99 件、89,653 円の注文があり、1 日当たりの平均注文件数は 5.8 件、1 件あたりの注文金額の全期間の平均は 905.6 円で、昨年度と比較して注文件数、注文金額は減少傾向にあった。
- ・ 注文件数の減少は昨年度と比較して 1 日当たりの実証時間が 7 時間から 4 時間に短縮されたことに影響するものと考えられる。仮に今年度の実証も 7 時間実施した際に想定される 1 日当たりの注文件数は 10.15 件となり、昨年度と同等の注文件数になるものと推測される。1 件当たりの注文金額の減少については、利用者にも実際の費用負担が発生することに起因するものと考えられる。

図表 4-1-27 デリバリーサービス注文件数・売上金額

	12月6日	12月7日	12月8日	12月11日	12月12日	12月13日	12月14日	12月15日	12月18日
日計	¥6,602	¥4,788	¥7,268	¥8,914	¥8,640	¥6,274	¥4,788	¥7,209	¥11,118
注文件数	10	8	10	7	4	9	3	5	10
1件平均	¥660.2	¥598.5	¥726.8	¥1,273.4	¥2,160.0	¥697.1	¥1,596.0	¥1,441.8	¥1,111.8
	12月19日	12月20日	12月21日	12月22日	1月10日	1月11日	1月18日	1月19日	合計
日計	¥6,715	¥4,901	¥3,135	¥3,304	¥1,430	¥0	¥2,200	¥2,367	¥89,653
注文件数	8	7	6	2	2	0	5	3	99
1件平均	¥839.4	¥700.1	¥522.5	¥1,652.0	¥715.0	¥0.0	¥440.0	¥789.0	¥905.6

図表 4-1-28 デリバリーサービス売上金額内訳

	12月6日	12月7日	12月8日	12月11日	12月12日	12月13日	12月14日	12月15日	12月18日
店舗A	¥3,026	¥2,092	¥4,076	¥4,732	¥8,640	¥2,972	¥2,586	¥6,108	¥6,330
ランチ	¥1,760	¥880	¥1,760	¥3,520	¥5,830	¥880	¥1,760	¥3,190	¥1,760
ドリンク	¥1,266	¥1,212	¥2,316	¥1,212	¥2,810	¥2,092	¥826	¥2,918	¥4,570
店舗B	¥3,576	¥2,696	¥3,192	¥4,182	¥0	¥3,302	¥2,202	¥1,101	¥4,788
ランチ	¥1,101	¥1,101	¥2,202	¥2,202	¥0	¥2,202	¥2,202	¥1,101	¥3,303
ドリンク	¥2,475	¥1,595	¥990	¥1,980	¥0	¥1,100	¥0	¥0	¥1,485
日計	¥6,602	¥4,788	¥7,268	¥8,914	¥8,640	¥6,274	¥4,788	¥7,209	¥11,118
	12月19日	12月20日	12月21日	12月22日	1月10日	1月11日	1月18日	1月19日	合計
店舗A	¥4,624	¥1,598	¥2,640	¥3,304	¥440	¥0	¥2,200	¥1,266	¥56,634
ランチ	¥1,760	¥0	¥0	¥1,760	¥0	¥0	¥0	¥0	¥24,860
ドリンク	¥2,864	¥1,598	¥2,640	¥1,544	¥440	¥0	¥2,220	¥1,266	¥31,794
店舗B	¥2,091	¥3,303	¥495	¥0	¥990	¥0	¥0	¥1,101	¥33,019
ランチ	¥1,101	¥3,303	¥0	¥0	¥0	¥0	¥0	¥1,211	¥21,029
ドリンク	¥990	¥0	¥495	¥0	¥990	¥0	¥0	¥0	¥12,100
日計	¥6,715	¥4,901	¥3,135	¥3,304	¥1,430	¥0	¥2,200	¥2,367	¥89,653

【注文内容】

- ・ 利用者の費用負担が発生しない方式で実施した令和3年度補正実証では全期間14日間を通して注文商品は302品で、そのうち82個がフード、218個がドリンクであった。1日当たりの注文商品数はフードが5.8個、ドリンクが15.6個であった。
- ・ 全期間17日間を通して注文商品は合計146品で、そのうち50個がランチ（フード）、96個がドリンクであった。1日当たりの注文商品数はランチが2.9個、ドリンクが5.6個で、令和3年度補正実証と比較して減少している。
- ・ 今年度の実証時間は11～15時で、ランチタイムを含むため、フードの注文件数の減少は利用者の費用負担が発生することに起因するものと考えられる。ドリンクの注文数の減少が顕著であるが、費用負担が発生することに加えて、昨年度ドリンクの注文が多かった15～17時が実証時間に含まれていないことにも起因するものと考えられる。

図表 4-1-29 デリバリーサービス商品売上内数

	12月6日	12月7日	12月8日	12月11日	12月12日	12月13日	12月14日	12月15日	12月18日
日計	11	8	12	13	13	10	6	11	19
ランチ	3	2	4	6	6	7	4	4	5
ドリンク	8	6	8	7	7	3	2	7	14
	12月19日	12月20日	12月21日	12月22日	1月10日	1月11日	1月18日	1月19日	合計
日計	11	7	7	6	3	0	5	4	146
ランチ	3	3	0	2	0	0	0	1	50
ドリンク	8	4	7	4	3	0	5	3	96

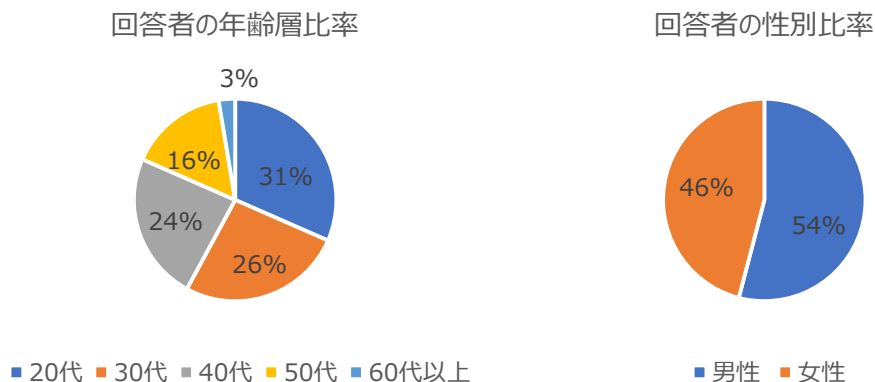
- ・ サービス利用者アンケート調査結果

【回答数】 38件

【回答者属性】

- ・ 年齢層及び性別に偏りなくサービス実証に参加いただけたものと考えられる。

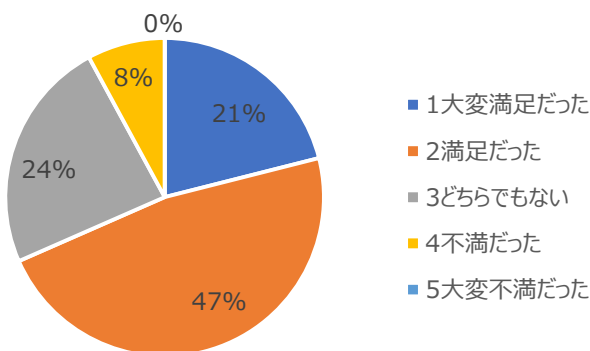
図表 4-1-30 サービス利用者アンケート回答者属性



【サービスに対する満足度】

- ・ 大変満足だった、満足だったが全体の 68%を占めており概ね評価を頂けている。
- ・ 不満足だった理由については「到着通知がわかりづらい」、「注文が確定したかわかりづらい」、「支払方法がわかりづらい」等のアプリの操作性といったユーザーインターフェースに関する意見が挙げられている。

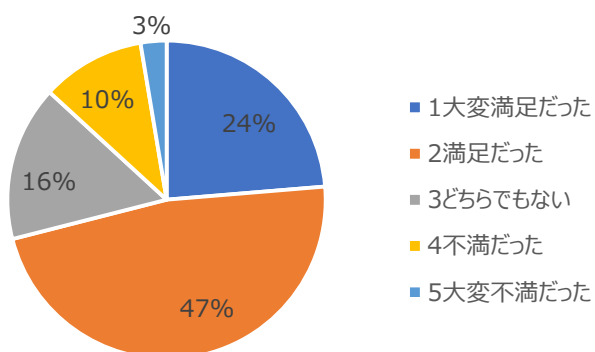
図表 4-1-31 サービス全体の満足度比率



【予約機能に対する満足度】

- ・ 大変満足だった、満足だったが全体の 71%を占めており概ね評価を頂けている。
- ・ 不満足だった理由については、「発注後の確認方法がわかりづらい」といったユーザーインターフェースに関する意見や、「予約可能時間に制限がある」「急用への対応のための予約の変更ができない」といった柔軟性確保に関する意見が挙げられた。

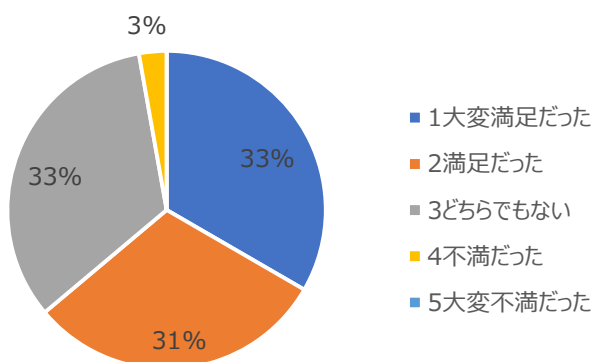
図表 4-1-32 予約機能に対する満足度比率



【複数店舗巡回機能に対する満足度】

- ・ 大変満足だった、満足だったが全体の 64%を占めており概ね評価を頂けている。

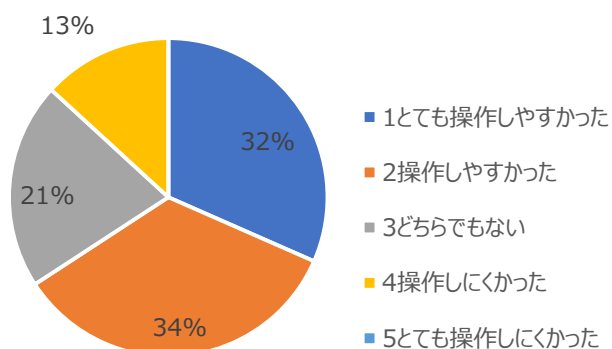
図表 4-1-33 複数店舗巡回機能の満足度比率



【アプリの操作性について】

- ・ 大変満足だった、満足だったが全体の 66%を占めており概ね評価を頂けている。
- ・ 不満だった理由については、「注文されているかわかりづらかった」等の意見が挙げられた。

図表 4-1-34 アプリの操作性について



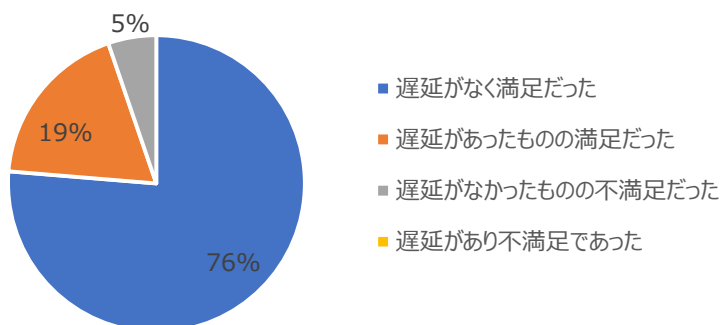
【配送に対する満足度】

- ・ 遅延があった場合も含めて配送について満足だったという回答は全体の 95%を占めており評

価を頂けている。

- ・ 不満足だった理由については、「到着通知が来なかった」というユーザーインターフェースに関する意見や、「同時にオーダーした複数の商品が、複数のロボットでの配送となったため同時に届かなかった」という同時配達可能量に関する意見が挙げられた。

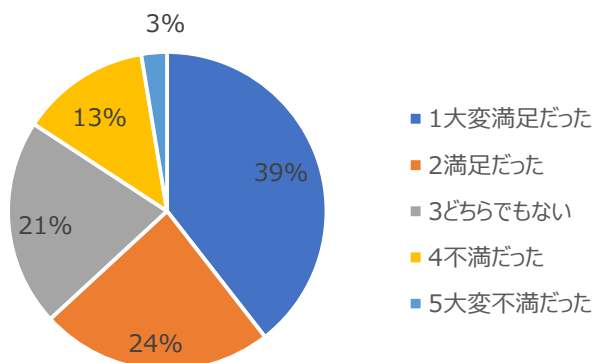
図表 4-1-35 配送に関する満足度比率



【決済に関する満足度】

- ・ 大変満足だった、満足だったが全体の 63%を占めており概ね評価を頂けている。
- ・ 不満足だった理由については、「タッチパネルの反応が悪い」「決済ができたかわかりづらい」という決済端末に関する意見や「支払いプロセスがわかりづらい」といった説明・周知に関する意見が挙げられた。

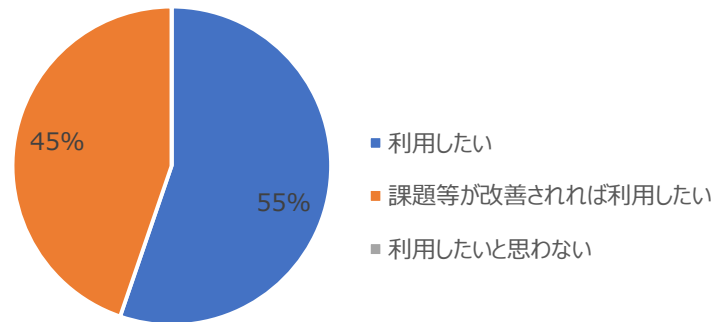
図表 4-1-36 決済に関する満足度比率



【実装された際のサービス利用意向について】

- ・ 不満足な点として課題が挙げられている一方で、改善された場合も含めると回答者の全てに利用意向があることが確認された。
- ・ 昨年度までは無料体験であったことから利用意向が高くなるものと推測されていたが、有料体験に方針を変更したが今年度においても、サービス利用意向があることが確認された。

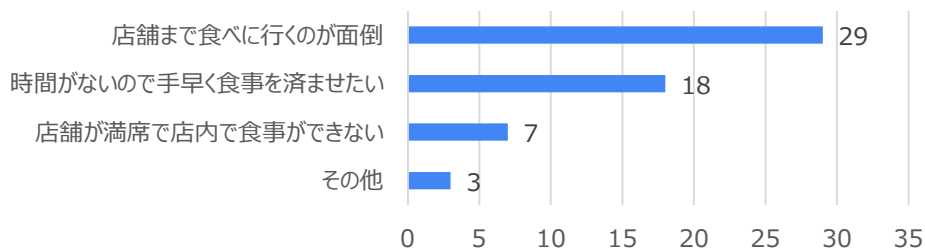
図表 4-1-37 実装された際の利用意向について



【サービスを利用したいシーンについて（複数回答）】

- ・ 最も多い想定される利用シーンは、全回答者のうち 77%が回答した「店舗まで食事に行くのが面倒」となった。
- ・ その他の理由としては「コーヒーなど店舗で提供される商品を手軽に食べたいとき」が挙げられている。

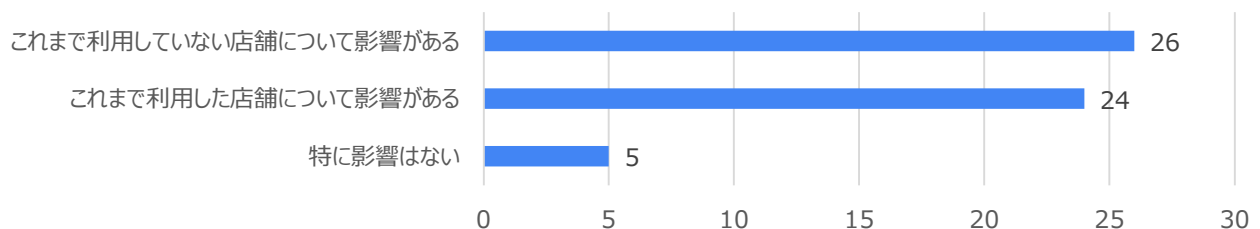
図表 4-1-38 サービスを利用したいシーン



【購買行動への影響】

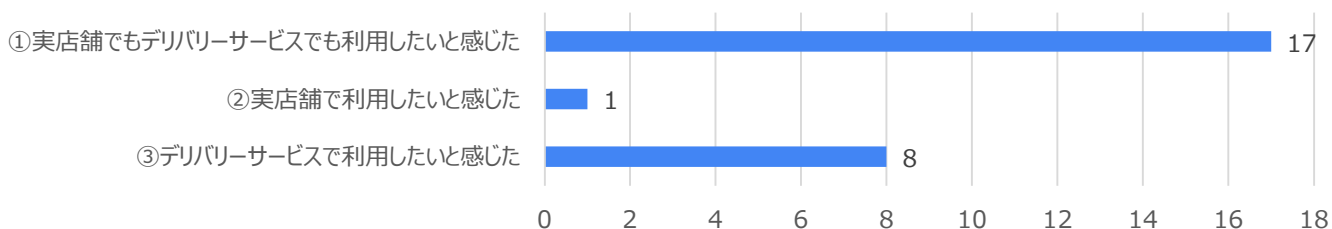
- ・ デリバリーサービスが導入されることにより、利用したことのない店舗と利用したことのある店舗への購買行動に影響を与えるという回答が多かった。

図表 4-1-39 購買行動への影響



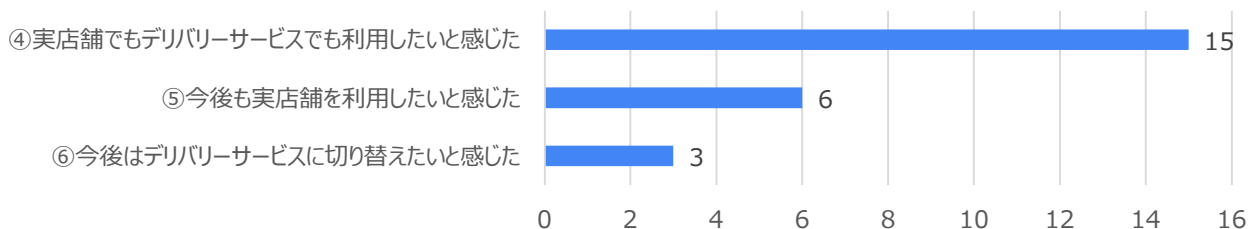
- ・ 利用したことのない店舗に対する影響としては実店舗でもデリバリーでも利用したいという意見が最も多く、デリバリーサービスで利用したいという意見が次に多かった。
- ・ デリバリーサービスを契機に、実店舗やデリバリーサービスの活用といった利用方式に関わらず、店舗の新規売上創出に貢献することが期待される。

図表 4-1-40 購買行動への影響(利用したことのある店舗)



- ・ 利用したことのある店舗に対する影響としてはデリバリーサービスでの活用も想定した回答が 21 件となった。
- ・ デリバリーサービスの利用シーンの多くが店舗に行く手間や時間の確保が課題となっていることも踏まえると、デリバリーサービスが導入されることにより利用の選択肢が増加することから、実店舗へ行くことが難しい状況でも当該店舗の食事を注文することが可能となるため、店舗の売上の向上効果に寄与することが期待される。

図表 4-1-41 購買行動への影響(利用したことのない店舗)



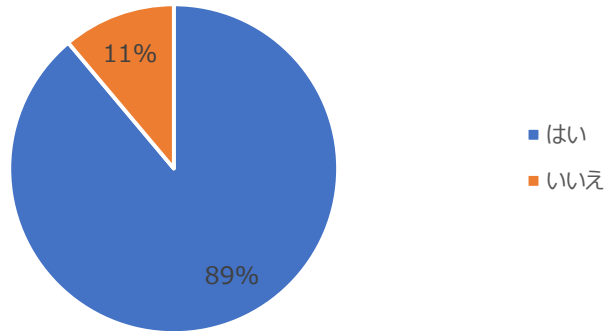
○サービス実証不参加者アンケート調査結果

【回答数】 9 件

【サービス認知度】

- ・ 回答者のうちロボットデリバリーサービス実証実施について知らなかったと回答した人は 1 名であり、実証実施については周知がなされていたものと考えられる。また、実証実施について知っていたうえで参加しないと判断したこととなるため、社会受容性に関する課題把握の調査として適切なサンプルであると考えられる。

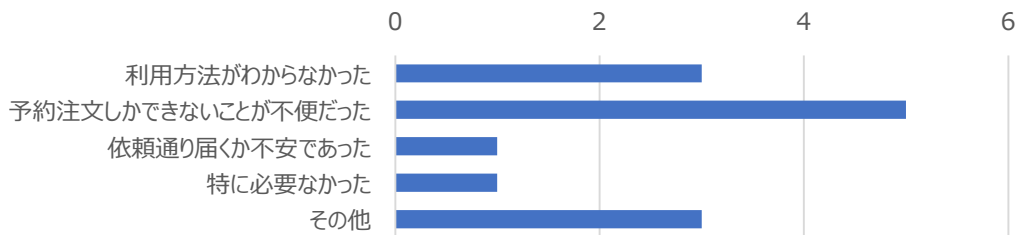
図表 4-1-42 サービス実証不参加者におけるロボットデリバリーサービスの認知度



【サービスを利用しなかった理由】

- ・ サービスを利用しなかった理由としては、「予約注文しかできないことが不便だった」が5件、「利用方法がわからない」が3件であった。
- ・ その他は、「利用したいが時間がなかった」、「座席まで運んでもらわないと不便だから」、「カードを使うことに抵抗感があった」といった意見が挙げられた。

図表 4-1-43 サービスを利用しなかった理由



【予約注文しかできないことが不便だと感じた理由】

- ・ 予約注文しかできないことが不便だと感じた理由としては、「コーヒー等は飲みたい時にすぐ届けてもらいたい」といったように、商品が必要だと思った際にすぐに手に入るよう、デリバリーの即時性を求める意見が多かった。

【実装に際する改善点・要望】

- ・ アプリケーション等のユーザーインターフェース、リアルタイム性を確保した情報通知、決済方法の多様化、といった意見が挙げられた。

【アプリケーション等のインターフェースの改善点】

- ・ ファミレスのような注文用の端末を執務室内に設置してほしい。
- ・ アプリの操作性の改善
- ・ LINE で完結する等の利用者の負担軽減

【情報通知に関する改善点】

- ・ デリバリー予想時刻のお知らせと時間変更時のタイムリーな更新

【決済方法に関する改善点】

- ・ 決済は交通系などの電子マネーを利用できるようにする。

イ 社会受容性の把握：サービス利用店舗の満足度等評価

- ・ サービス利用店舗アンケート調査結果

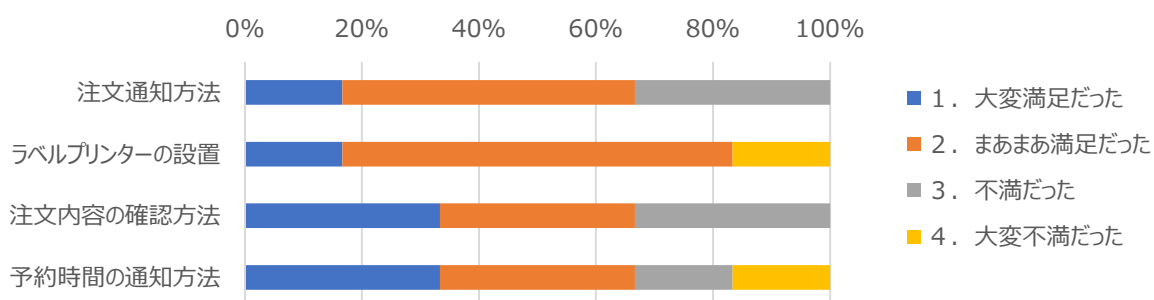
【回答者】協力店舗スタッフ 6名

【オペレーションに関する満足度】

○注文受付段階

- ・ いずれの項目も大変満足だった、まあまあ満足だったが60%以上であり評価をされている。
- ・ 不満足だった理由としては、複数台の複数地点（注文）・多店舗店舗巡回配送に起因して、「注文内容とロボットの突合が難しい」、「複数商品を搭載する場合、他店舗を店舗巡回する場合の注文内容がわかりづらい」といった通知される情報の内容に関する意見が挙げられた。

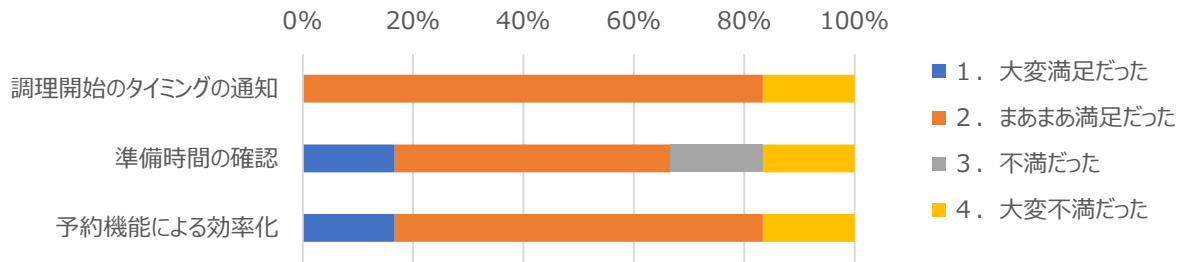
図表 4-1-44 注文段階におけるオペレーションの満足度



○商品準備段階

- ・ いずれの項目も大変満足だった、まあまあ満足だったが60%以上であり評価をされている。
- ・ 昨年度は協力店舗の負担軽減のためランチタイム等の繁忙時間帯はサービス実証の対象外としていたが、本年度追加した予約機能により、事前に対応の準備ができることからランチタイムにおいてもロボットデリバリーサービスの活用が可能となったものと考えられる。
- ・ 不満足だった理由については、「予約時間をリマインドするための音などによるアラームがあった方がよい」という意見が挙げられた。

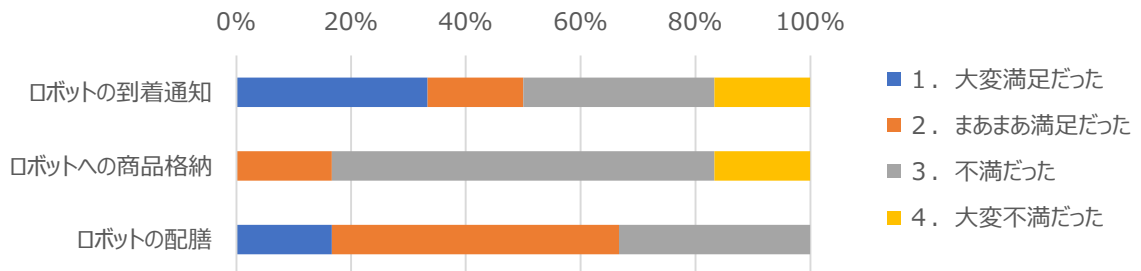
図表 4-1-45 商品準備段階におけるオペレーションの満足度



○商品配膳段階

- ・ ロボットの配膳は大変満足だった、まあまあ満足だったが60%以上であった一方で、ロボットの到着通知やロボットへの商品搭載については不満だったという意見が多かった。
- ・ 不満だった理由については、「ロボットの到着アラームが鳴らない」といったユーザーインターフェースに関する意見、「商品を格納しづらい」、「ロボット庫内の衛生面に課題がある」といったロボットのスペックや商品取り扱い上の衛生面に関する意見、「配膳中に第三者が商品に触れることができる設計である点」等安全面に関する意見が挙げられた。

図表 4-1-46 商品発送段階におけるオペレーションの満足度

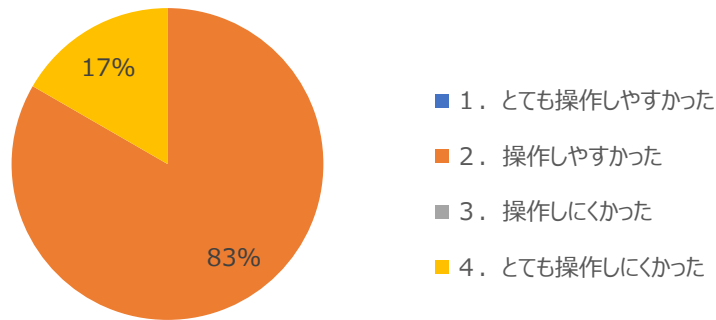


【サービスの満足度】

○アプリの操作性

- ・ アプリの操作性については操作しやすかったが83%であり、評価をされている。

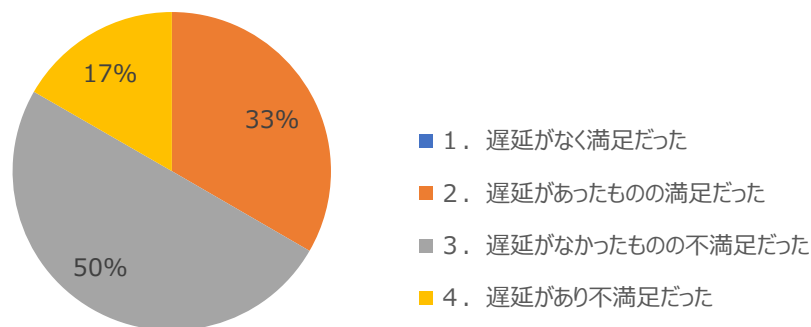
図表 4-1-47 店舗のアプリの操作性



○配送能力について

- ・ 配送能力については遅延の有無にかかわらず不満足だったという回答が全体の 67%を占めた。
- ・ ロボットの店舗への到着が遅延した場合は、商品を準備した順番とロボットに搭載する順番がずれてしまう、等店舗側のオペレーションに混乱を招く恐れがある事態に関する意見が挙げられた。
- ・ また店舗へのロボットの到着位置が店舗入り口より遠い場合は、商品をロボットに搭載する際の移動の負担が増えることから、遅延の有無にかかわらず不満であるとの意見が挙げられた。店舗前のスペースの広さ、通信環境も踏まえ、店舗スタッフの負担軽減可能なロボット停車位置の検討が求められる。

図表 4-1-48 配送能力に対する満足度

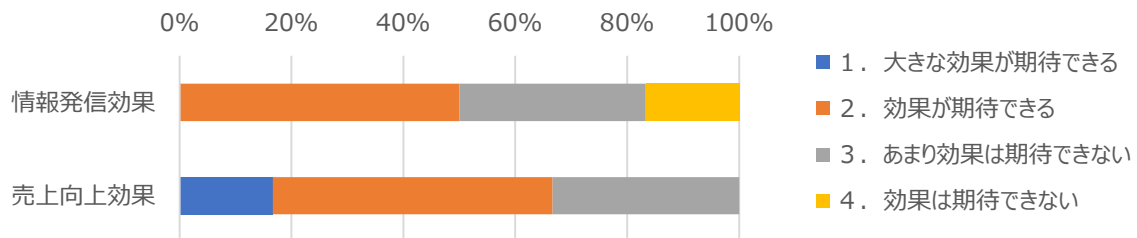


○導入によって期待される効果

- ・ ロボットデリバリーサービスを通じた店舗商品の広告宣伝などの情報発信効果が期待できるという回答は 50%であった。
- ・ ロボットデリバリーサービスを活用することによる売上向上効果が期待できるという回答は 66%であった。
- ・ 店舗側の期待感は高くない一方で、利用者アンケートではデリバリーサービスを活用するこ

とによる購買行動への影響があるという回答が多かった。これらの効果は店舗のサービスを活用するかの判断基準となるため、利用者アンケート結果なども活用しながら引き続き導入による効果について訴求していくことが求められる。

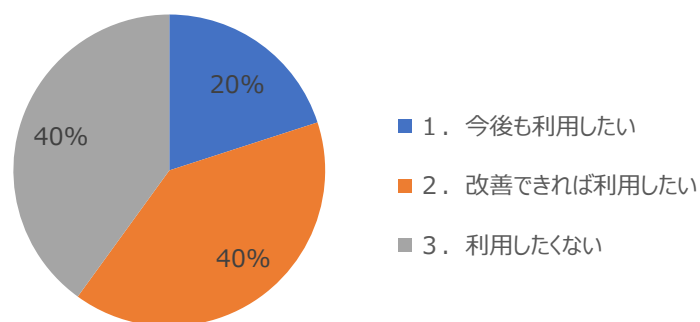
図表 4-1-49 ロボットデリバリーサービス導入による効果



○利用意向及び改善点

- ・ サービスの利用意向については、今後も利用したい、改善できれば利用したいという回答は60%であった。
- ・ 主な改善点としては「通知や指示等がわかりづらい」というユーザーインターフェースに関する意見や、「安全面や衛生面に課題がある」といった配膳ロボットのスペックに関する意見が挙げられた。
- ・ 利用したくないという回答の理由としては、サービス導入による店舗スタッフの負担が増えることへの懸念点などが挙げられる。実装に向けては上記の課題改善と併せて、店舗スタッフの負担軽減に向けたオペレーションの改善が求められる。

図表 4-1-50 実装された際のサービス利用意向（店舗）



ウ 社会受容性の把握：売上向上効果の把握

- 1日あたりのサービス利用総数

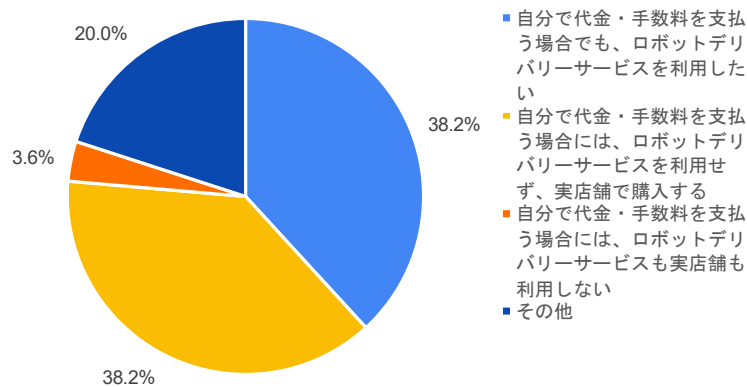
【参照データ】

- オフィス就業者数
 - ・ 本街区のⅠ期区画のオフィスの就業者数1,900人、Ⅱ期区画のオフィス就業者2,700人を基に試算を行う。
- 利用意向割合
 - ・ 今年度の実証は利用者の費用負担を伴う方式であったため、サービス実証の参加者は将来

的にサービス利用意向の高い人に絞り込まれているものと考えられる。よって今回の実証で行った参加者アンケートよりオフィス就業者全体に占めるサービス利用意向の判定は困難であることから、令和3年度補正事業にて実施したロボットデリバリーサービスが本格実装された際の利用意向についてアンケート調査を参照することとした。

- ・ 「自分で代金・手数料を支払う場合でもロボットデリバリーサービスを利用したい」という回答は全体の38.2%を占めた。

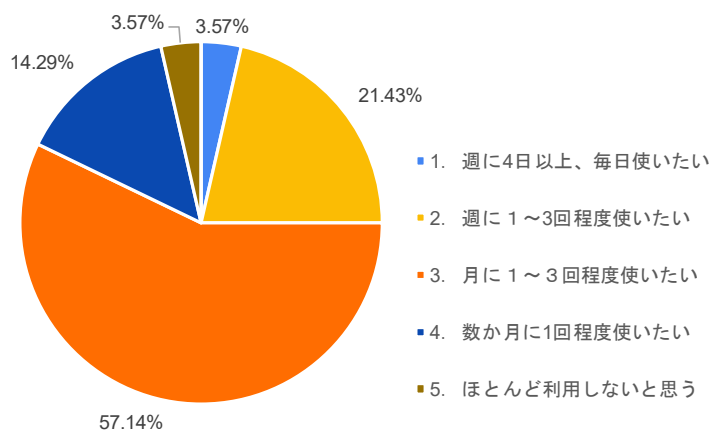
図表 4-1-51 自身で商品の代金・手数料を支払う場合の利用意向(令和3年度補正調査)



○ 利用頻度・1日あたりの利用回数

- ・ 令和3年度補正事業にて実施したロボットデリバリーサービスが本格実装された際の利用意向についてアンケート調査において、「自分で代金・手数料を支払う場合でもロボットデリバリーサービスを利用したい」と回答した回答者のうち、ロボットデリバリーサービスの利用頻度は「月に1~3回程度使いたい」が57.1%、「週に1~3回程度使いたい」が21.43%となった。

図表 4-1-52 ロボットデリバリーサービスの利用頻度(令和3年度補正調査)



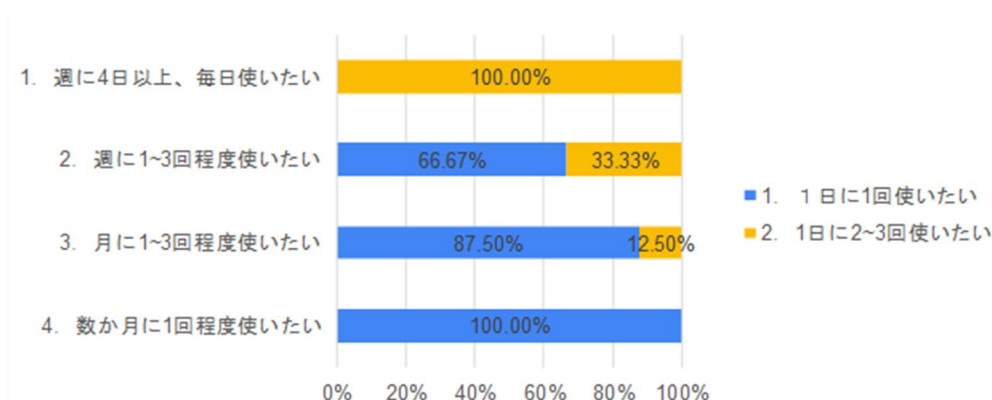
- ・ 利用頻度より「特定のある日に利用している確率」を算定。「特定のある日に利用している確率」は以下の通り仮定。

図表 4-1-53 特定のある日に利用している確率(令和3年度補正調査)

アンケートにおける 利用頻度の回答	利用頻度の過程	特定のある日に 利用する人の確率
週に4日以上、毎日使いたい	毎日	100%
週に1~3回程度	3日に1回	33.3%
月に1~3回程度	15日に1回	6.7%
数か月に1回程度	60日に1回	1.7%
ほとんど利用しない	300日に1回	0.3%

- ・ 令和3年度補正事業にて実施したロボットデリバリーサービスが本格実装された際の利用意向についてアンケート調査において、「自分で代金・手数料を支払う場合でもロボットデリバリーサービスを利用したい」と回答した回答者のうち、ロボットデリバリーサービスの利用頻度別に、1日あたりの利用希望回数を集計した結果は下記のとおり。

図表 4-1-54 1日あたりの利用希望回数(令和3年度補正調査)



○ 1日あたりのサービス利用回数

- ・ 本街区におけるオフィス従業者数に、利用意向として「自分で代金・手数料を支払う場合でもロボットデリバリーサービスを利用したい」と選択した回答者比率、利用頻度比率、特定のある日に利用する確率、利用頻度別1日の利用希望回数を乗じて、1日あたりのサービス利用総数を算定する。
- ・ ロボットデリバリーサービスが実装された際の、Ⅰ期開発区画のオフィス就業者による1日当たりの利用回数は178回、Ⅱ期開発区画のオフィス就業者による1日当たりの利用回数は253回で、合計431回と試算される。

図表 4-1-55 1日あたりのサービス利用回数



○ 1日あたりの売上創出額

- ・ オフィス就業者を対象にロボットデリバリーサービスが本格実装された場合、1日当たりの売上創出額は、I期開発区画のオフィス就業者より161,197円、II期開発区画のオフィス就業者より229,117円、合計390,314円が見込まれる。
- ・ なお、この数値は、1日当たりの利用回数に対する配送能力を確保した際の最大値であり、売上創出効果を最大値に近づけるためには、ロボット台数の増加、エレベータのロボット配送能力の向上などの対応が求められる。

図表 4-1-56 1日あたりの売上創出効果



(5) 考察

① 配送能力向上の実現

配送ロボットに複数店舗巡回機能及び複数地点配送機能を実装したことにより、ロボット1台当たりの配送能力が向上することが確認された。本機能により、ロボット1台当たりの配送能力が6~8件/時間となり、この範囲内の需要に対しては対応が可能となった。

本実証で追加した複数店舗巡回及び複数地点配送機能によるロボットの1台あたりの配送能力向上効果は、配送店舗と配送先の距離によって依存し、配送店舗と配送先の距離が短い場合には、エレベータ利用回数の多寡が大きな影響を与えることが明らかとなった。具体的には複数地点配送に際して1シナリオ当たりのエレベータ利用回数が2回以内であれば配送能力は向上し、エレベータ利用回数が3回以上の場合には本機能を付加する前の1店舗×1地点配送想定との配送能力と同等のものとなることが分かった。なお、配送店舗と配送先の距離が長くなるような利用シーンにおいては、複数店舗巡回及び複数地点配送機能によるロボット走行距離の削減に伴う配送時間の短縮効果が大きくなり、配送能力がより向上することが期待される。

本検証で協力いただいた店舗及び配送先オフィスを対象にサービスを実装する際には、本機能の

効果が最大化されるように同一予約時間内のオーダーから、各ロボットのエレベータ利用回数が最小化されるに配送シナリオを生成することが求められる。

なお、同一予約時間枠内に設定されたオーダーによってはエレベータ利用回数の最小化が難しく、エレベータ利用回数が3回以上となるシナリオが多く生成される場合も想定される。その場合、同一予約時間内のエレベータ利用回数が増大し、配送ロボットがエレベータの利用に際して競合し、エレベータ搭乗までの待機時間が発生することが予想される。エレベータ待機時間の解消によって、ロボット1台あたりの配送能力が向上することも期待されることから、ロボット対応エレベータの追加、エレベータ1台あたりに乗降可能なロボット台数の増加や、リアルタイムな人の移動需要とロボットの移動需要を踏まえたエレベータの稼働シナリオの最適化等の改善も有効であると考えられる。なお、エレベータのロボット対応にあたっては追加でコストが発生する点や、人の乗降が多い時間帯にロボットデリバリーサービスによってロボットがエレベータを占拠する時間が増大すると、施設利用者がエレベータを利用できず、施設の利便性が低下する恐れがある。そのためエレベータ関連の改善施策については施設におけるエレベータメーカー、設置台数、利用者数・利用頻度等を踏まえた検討のもと、判断することが求められる。このような制約を踏まえると、本実証で検証した複数店舗巡回及び複数地点配送機能による配送能力向上効果の最大化に向けては、エレベータの利用回数が最小化するシナリオ生成最適化等のように、システム改修の範囲で対応可能な改善施策に注力することが望ましいものと考えられる。

② 配送能力向上による利用者満足度の向上

ロボットデリバリーサービスのサービス実証においては、全99件の利用があり、利用者へのアンケート調査を実施したところ、昨年度より利用者の金銭負担が発生する方式に変更になったものの本サービスの利用意向が高いことが確認された。また、今年度新たに追加した複数店舗巡回機能については満足度が高い評価となった。なお、事前予約システムについては利用者からは満足という意見が多く挙げられた一方で、実証に参加しなかった協力オフィス従業員のサービスを利用しなかった理由の多くは事前予約しかできないことに不便に感じたことが挙げられており、利用者ニーズに合致した機能強化・改善が求められる。加えて、通知や操作手順の説明等のユーザーインターフェースの観点からは改善を求める意見が多く得られたことから、実装に向けた今後の課題として取り組む必要があると考えられる。

(6) 技術の実装可能な時期、実装に向けて残された課題

① サービスの実装可能な時期

利用者アンケートからも有償でもサービス利用意向が高いことから、施設内就業者向けサービスの社会受容性は確認されたものと考えられる。

その一方で、信頼性として実装に向けてはインシデント発生件数削減に向けた通信環境の改善と社会受容性として店舗の受容性向上に向けたアプリケーションの改善が求められるものと考えられる。

これらを一定の実用レベルまで解消し恒常的なサービスを実装する時期は2024年10月頃を想定する。

② 実装に向けて残された課題

ア 信頼性の向上：インシデント削減に向けた通信環境改善

ロボットの配送指示については昨年度まで実証した Wi-SUN の周波数帯で対応可能であったが、決済を含む通信に際しては Wi-SUN の通信帯域では通信容量が不足することから活用できないことが明らかとなったことを受けて、キャリアの LTE 網を活用して実証を行った。

その結果、エレベータ連携周りで通信の途絶が発生し、インシデント対応による復旧を要するケースも確認された。なお、昨年度まではシステム連携で完結可能な解決方法がなく、システム構築者に電話やメールで依頼し復旧作業を行う手法であった。今年度は、ロボット管理システム上のタスクキャンセル機能で次のタスクへの復帰が可能となり、サービス提供の観点では改善されている。

実装に向けては、ロボット配送に係る通信、決済に係る通信等ロボットデリバリーに係るあらゆる通信が途切れても補完可能なシステム開発などを通じて安定的な通信環境の構築が求められる。

今後もさらなる通信の安定化を目指して複数の通信網による補完可能な遠隔誘導の技術開発を含め、適切な遠隔誘導技術の構築を目指すことが必要と考えられる。

自律移動ロボットによるサービスを実現するための通信技術は一つに閉じられる必要性はなく、複数の通信技術を各場面で使い分ける技術が必要と考えられる。例えば、決済情報の送受信は決済システム側からの要求によりイーサネット技術が必要となる。また、セキュリティドアの近接認証には Bluetooth 技術が応用される例がある。自律移動ロボットは様々なシチュエーションで情報通信を行う必要があるため、複数の通信技術を使い分ける必要性があると考えられる。

今回の実証実験の中でキャリア通信網が切れやすい場面を分析し、適した通信技術の適応を考えていきたい。

イ 社会受容性の向上：店舗向けアプリケーションおよびオペレーションの改善

今年度より導入した注文予約システムは、事前に準備が必要となる商品や期限となる時間が明確となることから、商品準備などに関するオペレーションの効率化が期待されるという点で、ニーズに合致した機能であったと考えられる。

その一方で、アプリケーションを通じた店舗スタッフへの情報通知については、必ずしも店舗ニーズを満足するものではないことが明らかとなった。また配送ロボットの停止位置や、配送ロボットへの商品搭載オペレーションについても課題が確認された。

実装に向けては、店舗スタッフの要望を踏まえたユーザーインターフェースの丁寧な作りこみ、店舗スタッフの負担増とならないロボット停止位置の検討、配送ロボットの商品搭載スペースの改善やドリンクの大きさに沿ったドリンクホルダー、冷蔵保温機能等が挙げられる。

今回の実証実験のロボットは実験用のロボットのため、上記課題の対応にあたってはサービス実装に向けてフードデリバリーロボットとしての性能向上とともに、ロボットの搭載スペースに応じた梱包材の規格統一化など、サービスに沿った運営改善も必要と考えられる。

ウ 性能向上：配送能力向上効果最大化に最適なシナリオ生成

本実証で検証した複数店舗巡回及び複数地点配送機能によるロボット1台あたりの配送能力効果を最大化するためには、エレベータの利用回数を必要最低限にとどめることが求められる。

この効果の発揮の如何については、同一予約時間内に予約された注文内容によるところではあるが、複数の注文より、各ロボットのエレベータの利用回数が最小化されるように配送シナリオを生成することが重要となる。

本実証では同一予約時間内の注文について、配送元の店舗と配送先のフロアが偏らないように設定したが、サービス実証での利用頻度等を参照のうえ、同一予約時間枠内に多く入る注文パターンをいくつか想定し、当該パターンにおいて配送能力向上が最大化するような配送生成シナリオ生成ロジックの精査を行うことが求められる。

エ 性能向上：エレベータのロボット配送能力向上

本格サービス開始段階では必須ではないものの、将来的な収益化に向けてはロボット1台あたりの配送能力向上に向けた課題解消も求められる。

ロボット1台に割り当てられるシナリオによってはエレベータの利用回数が最小化されず、ロボットがエレベータ利用に際して競合し、エレベータ待機時間が発生することが懸念される。

先述のとおり、配送シナリオの構築にあたっては同タイミングでのエレベータ使用回数を最小にするアルゴリズムで注文をグルーピングする等の工夫を図るとともに、さらなる配送能力の向上に向けてはエレベータによる配送ロボットの配送量向上が求められる。

具体的にはロボット連携エレベータの追加やエレベータ1台に搭乗可能ロボット台数の増加等の打ち手が考えられる。

4-2. 実証実験② 位置情報を含むインシデント対応システムの確立

(1) 実験で実証したい仮説

異業種・複数台のロボットの導入による利便性向上・業務代替の実現は、様々なロボット、エレベータ、サービスシステムとの連携により実現されることが見込まれるが、その連携するロボットやシステムの数等が増加するとともに、各種システムの不調などに起因するインシデントも増加すること、さらにはそのインシデントの特定が困難になることが予測される。ロボットによる業務代替に係る将来的な本格実装に向けては、ロボットによる業務が円滑に実施されるために、インシデントが発生した際にも速やかな復旧が可能な体制を確立することが求められる。そのため、令和4年度の実証実験では、ロボット等におけるインシデント発生有無やその詳細等の情報を一元的に管理、対応方法を示すことのできるインシデント管理システムを構築した。また、同システムを用いて、インシデント対応の迅速化とともに、専門業者でなくても初期対応が可能となる（施設維持管理者が運用可能になる）等の仮説に対する検証を併せて実施した。

本実証実験では、下記に示す仮説を検証するため、インシデント対応に係る高度化または効率化に資することが見込まれるインシデント対応システムの機能改善及びインシデントへの対応に係る役割分担の整理を実施した。

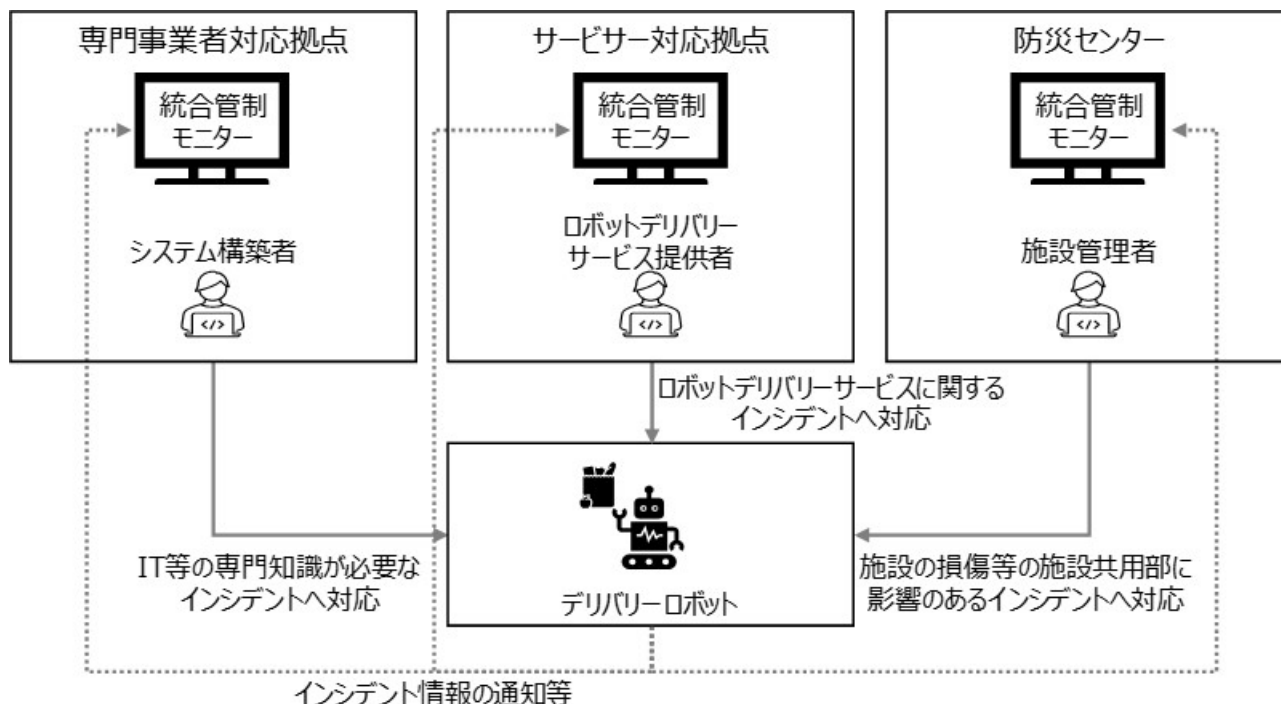
【検証を行う仮説】

- ・ 信頼性
 - インシデント対応システムを用いた、事前に想定したインシデントへの対応フローで復旧対応が成立する。
- ・ 機能拡充による効果
 - ロボットやインシデントの発生に関する位置情報をインシデント対応システムに表示させることで、令和4年度に実証したインシデント対応スキームよりも効率化される。
 - インシデントの事象や発生位置等の情報を分析することで、インシデントが発生しやすいロボットやシステム、施設特性等の傾向を得ることができ、インシデントが発生しにくい施設環境に資する示唆を得ることが可能となる。
- ・ 社会受容性
 - ロボットデリバリーサービス提供を行うサービスと施設管理者の責務に基づいて、インシデントへの対応に際するサービスと施設管理者の役割分担を明確化することで、適切な運用体制が構築される。

(2) 実験内容・方法

本実証実験では、将来的な異業種・複数台のロボットの導入による利便性向上・業務代替の実現に向けて、令和4年度に構築したインシデント対応システムの機能改善及びインシデント対応に係る適切な運用体制の構築等、ロボットの導入に伴って生じることが見込まれるインシデント対応業務の高度化・効率化を目指した実証実験を実施する。機能改善を行ったインシデント対応システムを用いて、別途実施するロボットデリバリーサービス実証にて発生したインシデント等をロボットデリバリーサービスの提供に関与する関係者がモニタリングし、発生した事象に応じた対応業務等を通じて各種検証を実施する。

図表 4-2-1 実証実験の全体像



図表 4-2-2 検証項目(位置情報を含むインシデント対応システムの確立)

大項目	中項目	小項目	概要
実用性の検証 (実用化)	信頼性の検証	システムの正常稼働 モニタリング	信頼性を有するシステム提供に向け、インシデントの誤検知等のシステムに関する不具合事象等を記録し、原因究明及び解消方法を検討する。
		インシデントへの対応 モニタリング	発生したインシデント事象及び対応内容を記録するとともに、システムによる検知並びに想定対応フローによる円滑な復旧ができたかをモニタリングする。
ビジネスモデル 検証(商用化)	機能拡充による 効果の検証	インシデント対応業務 の効率化効果調査	インシデントの発生場所をインシデント対応システムに表示させることで得られたシステムの使いやすさやインシデント対応に係る効率化効果等を調査する。
		インシデントの分析	インシデント発生場所及びその原因、発生頻度等のデータを集計・分析し、ロボットの正常稼働に必要な要件や施設環境等の示唆を得る。
	社会受容性の 調査	インシデント対応に 係る適切な運用体制の 構築	検知可能なインシデントに対して、サービス提供に関与する関係者が対応すべき事項や役割分担を明確にし、適切な運用体制を構築する。
		利用者満足度・課題の 把握	システムに実務上、具備すべき機能・情報等のシステムの改善点を調査する。また、

			システムの機能拡充に関する事項を中心にインシデント対応システムに対する満足度等を把握する。
--	--	--	---

(3) 仮説の検証に向けた調査方法

① 実用性の検証（実用化）

ア 信頼性の検証：システムの正常稼働モニタリング

別途実施するロボットデリバリーサービスの実証中に発生したインシデント等に対して、誤検知の発生有無等のインシデント対応システムの正常稼働に関する調査を実施する。

図表 4-2-3 システムの正常稼働モニタリング 仮説の検証に向けた調査方法

検証対象者及び期間	<ul style="list-style-type: none"> ・ サービサーである SolidSurface 株式会社の実証実験担当者 <ul style="list-style-type: none"> ➤ 2023 年 12 月 6 日（水）～12 月 22 日（金）の平日 ・ インシデント対応システムの構築者であるアジアクエスト株式会社の実証実験担当者 <ul style="list-style-type: none"> ➤ 2024 年 1 月 12 日（金） ・ HICity の施設管理者である鹿島建物総合管理株式会社の実証実験担当者（※） <ul style="list-style-type: none"> ➤ 2023 年 12 月 20 日（水）～12 月 22 日（金） ➤ 2024 年 1 月 18 日（木）～1 月 19 日（金）
検証方法	<ul style="list-style-type: none"> ・ ロボットデリバリーサービスの実証中に発生したインシデント等に対して事前に想定した方法にて復旧対応を実施する。 ・ 復旧対応等の際、インシデント対応システムが正常に稼働しない等の不具合を確認した場合はその事象を記録する。 ・ インシデント対応システムの不具合はサービサーやシステム構築者、施設管理者へのアンケートを通じてリスト化する。
アンケート項目	<p>【ロボットデリバリーサービス実証中に発生したインシデント対応システムの不具合】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ インシデント対応システムの不具合の事象やその原因
分析事項	<ul style="list-style-type: none"> ・ 信頼性のあるインシデント対応システムを構築するための改善策

※ 意図的に発生させたダミーのインシデントを用いて検証

図表 4-2-4 インシデント対応システムのイメージ(発生したインシデントリストの画面)



イ 信頼性の検証：インシデントへの対応モニタリング

別途実施するロボットデリバリーサービスの実証中に発生したインシデント等に対して、事前に想定した対応方法にて円滑な復旧ができたか等の対応フローに関する調査を実施する。

図表 4-2-5 インシデントへの対応モニタリング 仮説の検証に向けた調査方法

検証対象者及び期間	<ul style="list-style-type: none"> ・ サービサーである SolidSurface 株式会社の実証実験担当者 <ul style="list-style-type: none"> ➢ 2023 年 12 月 6 日（水）～12 月 22 日（金）の平日 ・ インシデント対応システムの構築者であるアジアクエスト株式会社の実証実験担当者 <ul style="list-style-type: none"> ➢ 2024 年 1 月 12 日（金） ・ HICity の施設管理者である鹿島建物総合管理株式会社の実証実験担当者（※） <ul style="list-style-type: none"> ➢ 2023 年 12 月 20 日（水）～12 月 22 日（金） ➢ 2024 年 1 月 18 日（木）～1 月 19 日（金）
検証方法	<ul style="list-style-type: none"> ・ ロボットデリバリーサービスの実証中に発生したインシデント等に対して事前に想定した方法にて復旧対応を実施する。 ・ 復旧対応等の際、事前に想定した方法にて円滑に復旧できなかった事象を確認した場合はその内容を記録する。 ・ 円滑に復旧できなかった事象はサービサーやシステム構築者、施設管理者へのアンケートを通じてリスト化する。
アンケート項目	<p>【ロボットデリバリーサービス実証中に発生した円滑に復旧できなかった事象】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 円滑に復旧できなかった事象やその原因
分析事項	<ul style="list-style-type: none"> ・ 円滑な復旧対応フローを構築するための改善策

※ 意図的に発生させたダミーのインシデントを用いて検証

図表 4-2-6 インシデント対応システムのイメージ(発生したインシデントへの対応手順の通知画面)



② ビジネスモデル検証（商用化）

ア 機能拡充による効果の検証：インシデント対応業務の効率化効果調査

別途実施するロボットデリバリーサービスの実証中に発生したインシデント等に対して、ロボットやインシデントの発生位置が表示されるよう機能改善を実施したインシデント対応システムを用いてインシデント対応業務を実施し、対応業務の効率化効果やシステムの使いやすさ等を検証する。

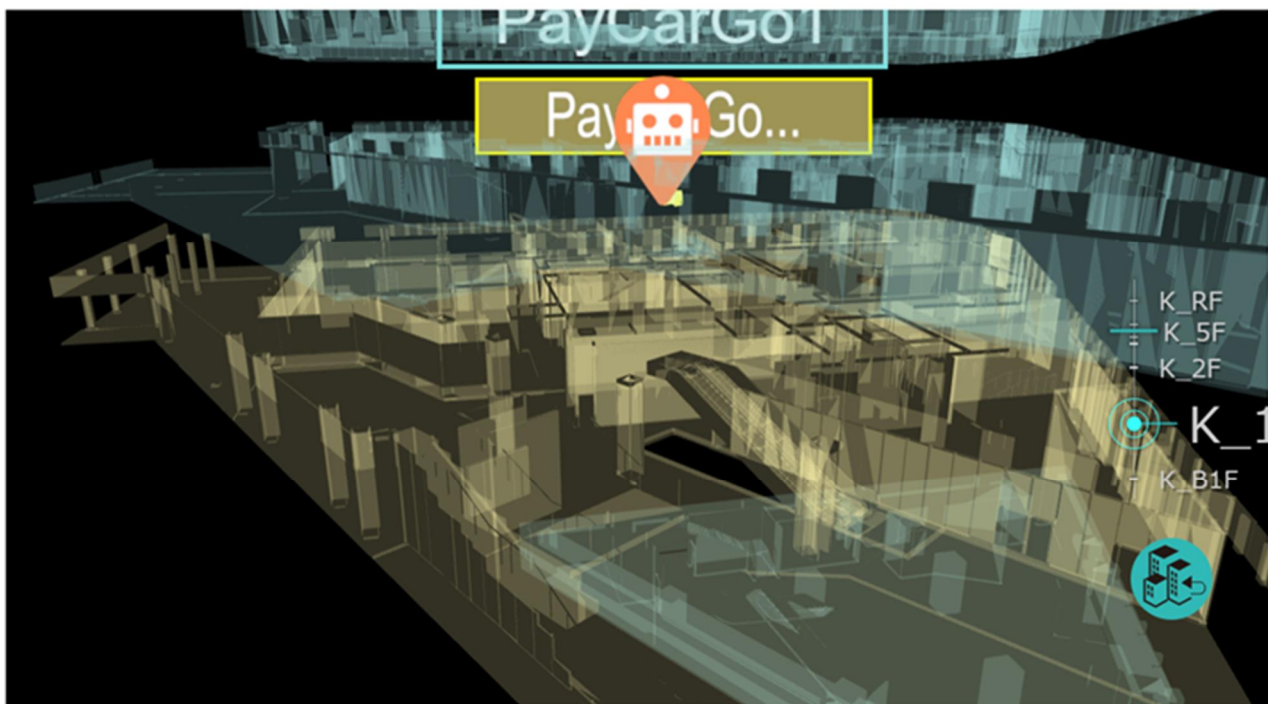
図表 4-2-7 インシデント対応業務の効率化効果調査 仮説の検証に向けた調査方法

<p>検証対象者 及び期間</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ サービサーである SolidSurface 株式会社の実証実験担当者 <ul style="list-style-type: none"> ➢ 2023年12月6日（水）～12月22日（金）の平日 ・ インシデント対応システムの構築者であるアジアクエスト株式会社の実証実験担当者 <ul style="list-style-type: none"> ➢ 2024年1月12日（金） ・ HICityの施設管理者である鹿島建物総合管理株式会社の実証実験担当者（※） <ul style="list-style-type: none"> ➢ 2023年12月20日（水）～12月22日（金） ➢ 2024年1月18日（木）～1月19日（金）
<p>検証方法</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ ロボットデリバリーサービスの実証中に発生したインシデント等に対して、ロボットやインシデントの発生位置が表示されるよう機能改善を実施したインシデント対応システムを用いてインシデント対応業務を実施する。 ・ 対応業務の実施後、対応業務の効率化効果やインシデント対応システムに関する使いやすさ等についてアンケートを実施する。 ・ インシデントへの対応業務及びアンケートについては、サービサーやシステム構築者、施設管理者が実施する。

アンケート項目	【インシデントの事象】 <ul style="list-style-type: none"> ・ インシデントの内容 ・ インシデントへ対応した内容 【位置情報の表示に伴い得られた効果】 <ul style="list-style-type: none"> ・ インシデント対応システムの使いやすさ（インシデント情報の視認性や検索性等） ・ インシデントへの対応業務の効率化効果
分析事項	<ul style="list-style-type: none"> ・ インシデント対応業務の更なる高度化・効率化に資するシステムの改修事項

※ 意図的に発生させたダミーのインシデントを用いて検証

図表 4-2-8 インシデント対応システムのイメージ(ロボットの位置情報表示画面)



イ 機能拡充による効果の検証：インシデントの分析

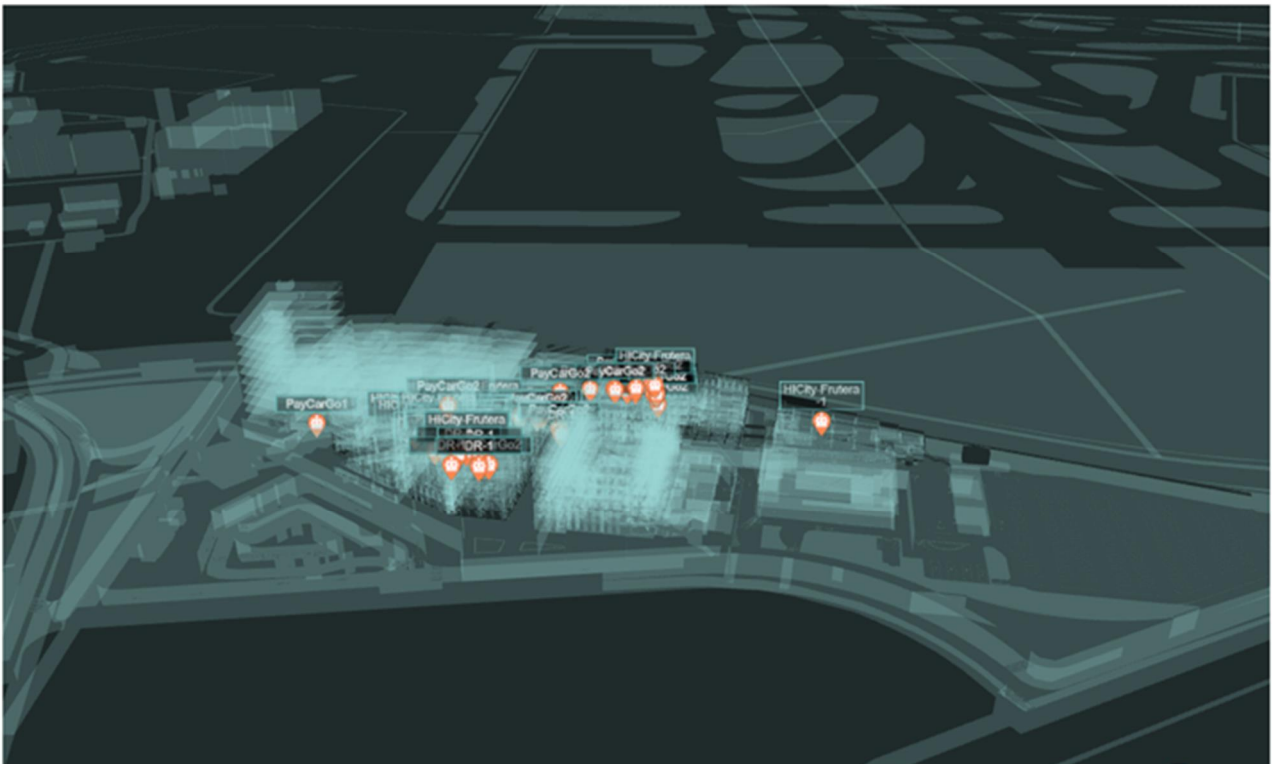
別途実施するロボットデリバリーサービスの実証中に発生した全インシデントに対して、発生時刻や事象内容・原因、発生場所等ごとに分析し、インシデントが発生しやすいロボットやシステム、施設特性等の傾向を調査する。

図表 4-2-9 インシデントの分析 仮説の検証に向けた調査方法

検証期間	ロボットデリバリーサービスの提供期間である以下の期間 <ul style="list-style-type: none"> ・ 2023年12月6日（水）～12月22日（金）の平日 ・ 2024年1月10日（水）、11日（木）、18日（木）、19日（金）
検証方法	<ul style="list-style-type: none"> ・ ロボットデリバリーサービスの実証中に発生した全インシデントを記録し、リスト化する。 ・ リスト化された全インシデントを発生時刻や事象内容・原因、発生場所等ごとに分析し、インシデントが発生しやすいロボットやシステム、施設特性等の傾向を調査する。

	<ul style="list-style-type: none"> 発生した全インシデントの記録及びリスト化はサービサー及びシステム構築者へのアンケートを通じて実施する。
検証対象者	<ul style="list-style-type: none"> サービサーである SolidSurface 株式会社の実証実験担当者 インシデント対応システムの構築者であるアジアクエスト株式会社の実証実験担当者
アンケート項目	【ロボットデリバリーサービス実証中に発生した全インシデント】 <ul style="list-style-type: none"> 発生及び復旧日時 発生場所 発生したインシデントの内容 インシデントの発生要因 等
分析事項	<ul style="list-style-type: none"> インシデントが発生しやすいロボットやシステム、施設特性等の傾向

図表 4-2-10 インシデント対応システムのイメージ(発生したインシデントの位置情報画面)



ウ 社会受容性の調査：インシデント対応に係る適切な運用体制の構築

インシデントが生じた際の適切な対応体制・役割分担の構築に向け、ロボットサービスに関連する関係者を明確にし、関係者の責務に応じて役割分担を整理することで、適切な運用体制が構築されるか検証する。

図表 4-2-11 インシデント対応に係る適切な運用体制の構築 仮説の検証に向けた調査方法

検証対象者及び期間	<ul style="list-style-type: none"> サービサーである SolidSurface 株式会社の実証実験担当者 <ul style="list-style-type: none"> ➢ 2023年11月10日(火) (ヒアリング調査) ➢ 2023年12月6日(水)～12月22日(金)の平日(アンケート調査)
-----------	---

	<ul style="list-style-type: none"> インシデント対応システムの構築者であるアジアクエスト株式会社の実証実験担当者 <ul style="list-style-type: none"> ➤ 2024年1月12日（金）（アンケート調査） HICityの施設管理者である鹿島建物総合管理株式会社の実証実験担当者（※） <ul style="list-style-type: none"> ➤ 2023年11月10日（火）（ヒアリング調査） ➤ 2023年12月20日（水）～12月22日（金）、2024年1月18日（木）～1月19日（金）（アンケート調査）
検証方法	<ul style="list-style-type: none"> インシデントの発生に伴って影響を受けるサービスや施設等の関係者を整理し、各関係者が負っている責務について明確にする。 各関係者の責務に合致するようにインシデントが発生した際に必要となる対応事項を割り振り、インシデントへの対応に係る役割分担案を整理する。 適切な役割分担構築のための考え方や改善事項等について、関係者へヒアリングを実施する。
調査項目	<p>【インシデント対応システムが検知可能なインシデント】</p> <ul style="list-style-type: none"> インシデントの内容 インシデントの発生源 等 <p>【インシデント対応に係る役割分担】</p> <ul style="list-style-type: none"> 関係者の責務 インシデントへの対応に係る役割分担案に対する意見 想定される課題や新たに生じうる対応事項 等
分析事項	<ul style="list-style-type: none"> 適切な役割分担を構築するために必要な考え方 適切な役割分担のために改善すべき課題や新たに生じうる事項への対応方策 適切な役割分担案

※ 意図的に発生させたダミーのインシデントを用いて検証

エ 社会受容性の調査：利用者満足度・課題の把握

インシデント対応システムに実務上、具備すべき機能・情報等のシステムの改善点を調査する。また、システムの機能拡充に関する事項を中心にインシデント対応システムに対する満足度等を把握する。

図表 4-2-12 利用者満足度・課題の把握 仮説の検証に向けた調査方法

検証対象者及び期間	<ul style="list-style-type: none"> サービサーである SolidSurface 株式会社の実証実験担当者 <ul style="list-style-type: none"> ➤ 2023年12月6日（水）～12月22日（金）の平日 インシデント対応システムの構築者であるアジアクエスト株式会社の実証実験担当者 <ul style="list-style-type: none"> ➤ 2024年1月12日（金） HICityの施設管理者である鹿島建物総合管理株式会社の実証実験担当者（※） <ul style="list-style-type: none"> ➤ 2023年12月20日（水）～12月22日（金）、2024年1月18日（木）～1月19日（金）
検証方法	<ul style="list-style-type: none"> 本実証を通して、インシデント対応業務に必要な追加の情報や機能等のシステムの改善点等を調査する。 調査はサービサーへのアンケートにて実施する。
アンケート項目	<p>【インシデント対応システムに対する意見】</p> <ul style="list-style-type: none"> インシデント対応業務に追加で必要な情報や機能 インシデント対応システムのユーザーインターフェース 等
分析事項	<ul style="list-style-type: none"> 利用者満足度の高いインシデント対応システムを構築するための改善策

※ 意図的に発生させたダミーのインシデントを用いて検証

(4) 実験結果・分析

① 実用性の検証（実用化）

ア 信頼性の検証：システムの正常稼働モニタリング

サービサーやインシデント対応システムの構築者がロボットデリバリーサービス実証中に発生したインシデント等についてログ等より確認し、インシデントの発生を正しく検知できなかった等のシステムの信頼性に係る課題を抽出した。

ロボットデリバリーサービス実証中に全 173 件のインシデントが発生した。うち、ロボット関連は 121 件、システム関連は 5 件、店舗運営関連は 30 件、誤検知は 17 件発生した。また、軽微なインシデントは 46 件、重大なインシデントについては 110 件を発生した。

図表 4-2-13 発生したインシデントの概要(検証対象者へのアンケートより)

項目	各種件数
ロボットデリバリーサービス実証中に発生したインシデントの総件数	173 件
インシデントの概要内訳	ロボット関連のインシデント：121 件 (69.9%) システム関連のインシデント：5 件 (2.9%) 店舗運営関連のインシデント：30 件 (17.3%) 誤検知：17 件 (9.8%)
インシデントの重大性	軽微：46 件 (26.6%) 重大：110 件 (63.6%) その他（誤検知）：17 件 (9.8%)

※ 重大なインシデント：システム構築者等のシステム等の専門性を有する担当者でなければ対応及び復旧不可なインシデント

※ 軽微なインシデント：施設管理者等のシステム等の専門性を有しない担当者でも対応及び復旧可能なインシデント

ロボットデリバリーサービス実証中に発生したインシデントのうち、インシデントの誤検知や非通知等のシステムに関する不具合事象については以下の 2 種類の事象が発生した。

図表 4-2-14 誤検知や非通知等に関するシステムの不具合事象(検証対象者へのアンケートより)

主な不具合事象	主な原因
誤検知	一つのインシデント事象に対して、複数回検知がなされる誤検知事象が発生した。
	ロボットの管制システムに、ロボットのステータスと共にインシデントの発生情報（エラーコード）も送付される仕様となっている。左記の事象は、一度送付されたエラーコードがステータス情報に残り続けたため、複数回インシデントが発報された。したがって、一度エラーコード入りのステータスを管制システムに送信したら、ステータ

		ス情報からエラーコードを削除するような仕様に修正し、その後解消された。
非通知	インシデントの発生を通知するメールが届かないという事象を確認した。	ロボットを管制するシステムにてインシデントの通知を設定するが、その設定漏れであった。

また、検証を通して、以下のケースでは検知漏れが発生する可能性があることが確認された。発生が想定されるインシデントを事前に検討したうえでインシデント発報の設定を実施しているが、検証を通して、新たに設定する必要のあるインシデントが複数確認された。

図表 4-2-15 検知漏れに関するシステムの不具合事象(検証対象者へのアンケートより)

主な不具合事象	主な原因
検知漏れ	SMS 認証が成功しない場合、インシデントが発報されないという検知漏れに関する事象が確認された。
	左記のケースに関するインシデントが設定されていないため。
	ロボットが歩行者や施設に衝突した際、ロボットが衝突を検知できなければ、事象に気づくことができない可能性がある。
	左記のケースに関するインシデントが設定されていないため。また、検知にはドライブレコーダー等の衝突検知型のカメラを設置する必要があるが、現在は設置されていないため。
	配送先にロボットが到着しても注文者が受け取りに来ない(配送完了予定時刻を過ぎても決済が行われない)ケースではインシデントとして発報されないため、事象に気づくことができない可能性がある。
	左記のケースに関するインシデントが設定されていないため。
	ロボットとエレベータの情報連携に失敗した際、その情報を検知できない。
	左記のケースに関するインシデントが設定されていないため。
	決済失敗や決済画面に遷移されない等のシーケンスの不具合が生じたとしてもインシデントとして発報されないため、事象に気づくことができない可能性がある。

イ 信頼性の検証：インシデントへの対応モニタリング

サービス等がロボットデリバリーサービス実証中に発生したインシデント等に対して、事前に想定した対応方法にて円滑な復旧の可否や復旧ができなかった事象の原因等を調査した。

ロボットデリバリーサービス実証中に発生したインシデントのうち、事前に想定した対応方法にて復旧ができなかったインシデントについては以下の3種類5要因発生した。

非常停止ボタンが押されたインシデント事象では、ロボットが有しているタスクが実行されなかったため、非常停止ボタンをオペレーターが押下してロボットの再起動等の復旧処理を試みるも、復旧できなかった事象が12件発生した。また、ロボット自身が推定する自己位置と実際の位置に齟齬が生じたため、オペレーターがロボットの位置補正の為に非常停止ボタンを押下して位置補正を実施した。その後、ロボットが有しているタスクの再開を試みるも実行されなかったため、その後のタスクをオペレーターが手動で対応した事象が6件発生した。その他、ロボットが有しているタスクが実行されなかったケースは1件あり、システム改修を要する不具合であることが明らかと

なった。

また、通信断絶エラーについては、ロボットとの通信の一時的な切断により後段のタスクの実行に必要な情報が連携されなかった事象が発生した。

図表 4-2-16 円滑な復旧ができなかったインシデント(検証対象者へのアンケートより)

インシデントの概要 (種別)	インシデントの発生原因	対応内容	類似事象の 発生件数
ロボットの非常停止ボタンが押されている	ロボットが有しているタスクが実行されないため、オペレーターが非常停止ボタンを押下した。	タスクの復旧対応のためにロボットの再起動等を実施後、タスク再開を試みるも、以降のタスクが実行されなかったため、オペレーターが手動でその後のタスクを実行。	12 件
ロボットの非常停止ボタンが押されている	ロボットが ZoneD 1 階のエレベータ降車後、自己位置を特定できず、走行不能になったため、オペレーターが非常停止ボタンを押下した。	オペレーターが手動で位置補正を実施したが、ロボット自己位置の特定が不能(復旧不可)であったため、オペレーターが手動でその後のタスクを実行。	6 件
ロボットの非常停止ボタンが押されている	店舗前でロボットに商品を積載したが、配送が開始されなかったため、オペレーターが非常停止ボタンを押下した。	復旧不可であったため、オペレーターが手動でその後のタスクを実行。その後の調査で、実証中にシステム改修した際に誤ったコードで更新していたことが確認された。	1 件
ナビゲーションに失敗	ZoneK 2 階の自動ドア前でロボットの LiDAR で認識した壁と実際の施設の壁の位置の齟齬により、ロボットが目前に壁があると誤認して停止、インシデントが発生した。	インシデント発生前までロボットが保有していたタスクについて、継続不可となったため、オペレーターが手動でその後のタスクを実行。	1 件
通信断絶エラー	ロボットが店舗前で商品の積載を待っている際に通信が切断されインシデントが発生。	通信切断状態から自然に復旧したものの、通信切断の影響によりシステム連携されるべき情報等が正しく連携されず、決済機能が起動しなかったため、オペレーターが手動で決済した。	1 件

② ビジネスモデル検証(商用化)

ア 機能拡充による効果の検証：インシデント対応業務の効率化効果調査

ロボットやインシデントの発生位置が表示されるよう機能を拡充したインシデント対応システムを用いてインシデント対応業務を実施し、機能拡充に伴うインシデント対応業務の効率化効果等について調査した。

ロボットやインシデントの発生位置の表示(機能拡充)により、①インシデント対応システムを起動させた際にロボットの位置やインシデントの発生場所が直感的に理解できるという視認性の向上、②情報を確認したいロボットを選択するだけでその現在位置やロボットのタスク・インシデント情報を容易に検索・確認できるという検索性の向上、③視認性・検索性の向上に伴い、インシデント対応までの円滑性の向上、と企図していた効果が得られた。

一方、ロボット等の位置情報をシステムに表示させるにあたって、①位置情報表示用アプリケーションの起動に時間を要すること、②表示されるロボット等の位置情報の精度が低いという主に2種の課題が得られた。

図表 4-2-17 インシデント対応システムの機能拡充に対する意見(検証対象者へのアンケートより)

分類	項目	回答内容
良化事項	視認性	<ul style="list-style-type: none"> インシデント一覧ページのインシデント詳細を開いたとき、発生場所とロボット ID が右側に文字で表示されるため視認しやすい。 建物の形状についてある程度理解していれば、ロボットがどの建物で走行しているか等が分かりやすい(イメージしやすい)と感じた。 インシデント発生の際は、統合監視画面でもすぐに確認することができた。 ログなど莫大なデータから調査を行わなくても地図から一目で分かるようになった。 表示からインシデントの内容や発生場所の把握が容易になった。 インシデントが発生した時、どのロボットがどこで起きているかわかりやすかった。 ロボットの現在地やインシデント発生場所を把握しやすくなった。 ロボットが 3D マップに表示されており、どこにいるか直感的に理解できた。
	検索性	<ul style="list-style-type: none"> ロボットモニター画面ではロボットを選択するとその現在位置と、ロボットの詳細情報が表示されるので情報検索しやすい。 ロボットを選択することで、直近のタスクとインシデントが容易に確認できる。 ロボットごとに情報をソートできるため情報が埋もれるのを防いでいる効果がある。
	インシデント対応に要する時間・円滑性	<ul style="list-style-type: none"> ZoneK 3F のような文字情報では現地への駆けつけ時に場所を忘れることがあるが UI による視認性が向上したため、忘れることがなかった。 ロボットの位置及びインシデント発生場所がわかりやすくなったため、現地への駆け付け等、インシデント対応の円滑性が向上した。 ロボットモニターを通して階層位置まで確認することができるため、迅速な対応が可能。 施設の位置や形状を理解していれば円滑化に資すると思う。 ログ等の調査時間が短縮されたため、インシデントの状況の解除や気づくまでの時間が減った。 復旧までに時間を長く要することがなかった。
課題	システム動作の円滑性	<ul style="list-style-type: none"> 位置情報の表示に 2~5 分程度の時間がかかる。 位置情報画面がすぐに表示されれば便利。 インシデントを確認後、ロボットモニター画面に移行するがロボットモニター画面(地図)を開くのに時間がかかる。(約 2 分程度かかる)
	インシデント対応に要する時間・円滑性	<ul style="list-style-type: none"> 位置情報を表示させるための 3D K-Field は読み込みが遅い(Web 表示に時間を要する)ため、インシデントへの対応を開始するまでに時間を要するのではないかと感じた。
	位置情報の精度	<ul style="list-style-type: none"> インシデントの発生場所とロボットモニターの現在地に違いがあり場所がわかりにくかった。 通知しているインシデントの発生位置が実際の発生位置が異なっている場合があるので精度をあげてほしい。 表示されている位置が実際の場所とは少し異なっている時があった。
	操作性	<ul style="list-style-type: none"> どのように操作すると、どのように動くのかが理解しづらいと感じた。

イ 機能拡充による効果の検証：インシデントの分析

ロボットデリバリーサービス実証を通して発生したインシデントをリスト化し、発生傾向を調査した。

発生したインシデントをシステム、ロボット、店舗運営に分類した結果、ロボット起因によるインシデント（ロボット関連）が最も多く発生したことが確認された。

図表 4-1-24 （再掲）発生したインシデントの概要（検証対象者へのアンケートより）

項目	件数
インシデントの内訳	ロボット関連のインシデント：121件（69.9%） システム関連のインシデント：5件（2.9%） 店舗運営関連のインシデント：30件（17.3%） 誤検知：17件（9.8%）
発生したインシデント合計	173件

最も多く発生したロボット関連のインシデントについて詳細に分析すると、「ロボットの非常停止ボタンが押されている」というインシデントが最も多く発生しており、次点では「通信断絶エラー」となっている。

図表 4-1-25 （再掲）ロボット関連のインシデント及び発生した件数

ロボット関連のインシデント	概要	発生件数
ロボットの非常停止ボタンが押されている	ロボットの非常停止ボタンが押下された際に発報するインシデント。	71件
通信断絶エラー	ロボットの通信が切断された際に発報されるインシデント。	37件
ロボットの店舗前到着が遅延している	調理完了ボタンが押下されてから15分経ってもロボットが店舗に到着しなかった際に発報されるインシデント。	8件
ロボットの配膳先への到着が遅延している	ロボットが配膳予定時刻の5分後になっても配膳先に到着しなかった際に発報されるインシデント。	4件
ナビゲーションに失敗	ロボットのナビゲーションが不能な状態となった際に発報されるインシデント。	1件
合計		121件

ロボット関連のインシデントのうち、最も多く発生した「ロボットの非常停止ボタンが押されている」が発生した原因（非常停止ボタンが押下された原因）については、走行中のロボットの位置を補正するためにオペレーターが非常停止ボタン押下したことが37件と最も多く、次いで、ロボットが有しているタスクの続行が不可となったためオペレーターが非常停止ボタンを押下したことが19件生じた。

図表 4-1-26 (再掲)ロボットの非常停止ボタンが押された原因

ロボットの非常停止ボタンが押された原因	発生件数
ロボットの位置補正の為、非常停止ボタンをオペレーターが押下	37 件
デリバリー等のタスクの続行が不可となったため、非常停止ボタンをオペレーターが押下	19 件
ロボットの格納等、準備・片付け等のために非常停止ボタンをオペレーターが押下	7 件
障害物と接触しそうになったため、非常停止ボタンをオペレーターが押下	5 件
雨天により、ロボットを退避させるために非常停止ボタンをオペレーターが押下	3 件

ロボットの格納 (7 件) や雨天 (3 件) のためにオペレーターが非常停止ボタンを押下したという 2 種については、偶発的に発生したインシデントとして扱うことが適切でないため、分析対象から除外したうえで、「ロボットの非常停止ボタンが押されている (61 件)」というインシデントについて分析した。

非常停止ボタンが押された原因とインシデントを発報したロボットについて分析すると、ロボット自身が推定する自己位置と実際の位置に齟齬が生じたため、その位置補正のために非常停止ボタンが押下されたケースは PayCarGo が 36 件と最多であった。また、他のシステム等と情報の連携に失敗した等の理由によりタスクの続行が不可となったケースにおいても、PayCarGo が 15 件と最多であった。

図表 4-2-18 ロボットの非常停止ボタンが押された原因とインシデントを発報したロボット

ロボットの非常停止ボタンが押された原因	DR-1	FRUTERA	PayCarGo	原因ごとの合計
ロボットの位置補正の為、非常停止ボタンをオペレーターが押下	0 件	1 件	36 件	37 件
デリバリー等のタスクの続行が不可となったため、非常停止ボタンをオペレーターが押下	2 件	2 件	15 件	19 件
障害物と接触しそうになったため、非常停止ボタンをオペレーターが押下	4 件	0 件	1 件	5 件
ロボットごとの合計	6 件	3 件	52 件	61 件

また、「ロボットの非常停止ボタンが押されている」の発生場所については、Zone D では 36 件、Zone K では 25 件発生している。特に、Zone D のエレベータ付近で多く非常停止ボタンが押下されていることが確認された。

図表 4-2-19 ロボットの非常停止ボタンが押される場所及びロボットの種類

	Zone D						Zone K						ロボットの合計	
	1F		2F		3F		1F		2F			5F		
	ELEV 付近	その他	ELEV 付近	その他	ELEV 付近	その他	ELEV 付近	その他	ELEV 付近	拠点付近	コリドー	その他		ELEV 付近
DR-1	0 件	0 件	0 件	0 件	0 件	0 件	0 件	0 件	1 件	1 件	0 件	4 件	0 件	5 件
FRUTERA	0 件	0 件	0 件	1 件	0 件	0 件	0 件	0 件	0 件	0 件	1 件	1 件	0 件	3 件

PayCarGo	1件	1件	11件	4件	16件	2件	1件	1件	4件	2件	6件	2件	1件	52件
場所ごとの合計	1件	1件	11件	5件	16件	2件	1件	1件	5件	3件	7件	7件	1件	61件

非常停止ボタンが押された回数が最も多かった PayCarGo を対象に、インシデントが発生した場所や原因について分析した。

Zone K で非常停止ボタンが押下された回数（17件）に比べ、Zone D では約2倍（35回）押下されていることが明らかとなった。また、Zone D では、ELV 付近で位置補正のために押下されている回数が多い傾向が確認された。

図表 4-2-20 PayCarGo の非常停止ボタンが押された原因と場所

	Zone D						Zone K						原因ごとの合計
	1F		2F		3F		1F		2F		5F		
	ELV 付近	その他	ELV 付近	その他	ELV 付近	その他	ELV 付近	その他	ELV 付近	コリドー	その他	ELV 付近	
ロボットの位置補正の為、非常停止ボタンをオペレーターが押下	1件	0件	10件	2件	13件	0件	1件	1件	4件	0件	3件	1件	36件
デリバリー等のタスクの続行が不可となったため、非常停止ボタンをオペレーターが押下	0件	1件	1件	1件	3件	2件	0件	0件	0件	4件	3件	0件	15件
障害物と接触しそうになったため、非常停止ボタンをオペレーターが押下	0件	0件	0件	1件	0件	0件	0件	0件	0件	0件	0件	0件	1件
場所ごとの合計	1件	1件	10件	4件	16件	2件	1件	1件	4件	4件	6件	1件	52件

ロボット関連のインシデントのうち、「ロボットの非常停止ボタンが押されている」に次いで発生した件数が多い「通信断絶エラー」について分析した。

まず、「通信断絶エラー」はすべて 2F で発生していることが明らかとなった。また、その発生場所については、Zone D での発生件数 6 件に対して、Zone K では約 5 倍の 31 件発生していることが確認された。特に、Zone K の 2F に位置するロボットの拠点（ホームポジション）で最も発生している。

「通信断絶エラー」を発報したロボットの種類については、FRUTERA からの発報件数（5 件）に対して、DR-1 と PayCarGo は約 3 倍の「通信断絶エラー」を発報していることが確認された。また、DR-1 については、Zone K の 2F の拠点付近で多く発報している、一方、PayCarGo については様々な場所で通信断が生じていることが明らかとなった。

図表 4-2-21 通信断絶エラーの発生場所とロボットの種類

	Zone D (2F)	Zone K (2F)				不明	ロボット ごとの 合計
	ELV 付近	ELV 付近	拠点付近	コリドー	その他		
DR-1	0 件	0 件	15 件	0 件	0 件	3 件	18 件
FRUTERA	0 件	0 件	2 件	1 件	0 件	2 件	5 件
PayCarGo	3 件	2 件	3 件	4 件	1 件	1 件	14 件
場所ごとの合計	3 件	2 件	20 件	5 件	1 件	6 件	37 件

システム関連のインシデントについて分析すると、「ロボットデリバリーサービスのアプリケーションのヘルスチェックエラー」というインシデントが最も多く発生している。同インシデントについては、ロボットデリバリーサービスのアプリケーションが起動される際、ロボット制御システムと一時的に切断された状態で起動するためインシデントが発報される。したがって、ロボット制御システムとロボットデリバリーサービスアプリケーションの起動の順序を変更し、解消した。

図表 4-2-22 システム関連のインシデント及び発生した件数

システム関連のインシデント	概要	発生件数
ロボットデリバリーサービスのアプリケーションのヘルスチェックエラー	ロボットデリバリーサービスのアプリケーションの通信が停止した場合に発報されるインシデント。	3 件
DB 接続エラー	データベース接続を伴う処理が失敗した際に発報されるインシデント。	1 件
メール送信エラー	メールの送信に失敗した際に発報されるインシデント。	1 件

店舗運営関連のインシデントについて細分化すると、「店舗の調理が時間内に完了しない」というインシデントのみが発生した。同インシデントについては、予定時刻通りに調理やロボットへの商品積載が実施された場合でも、商品提供者である店舗が調理完了ボタンを押下しないと発報されるインシデントである。ロボットデリバリーサービス期間中、店舗の調理が遅延した事象は発生しなかったため、本インシデントは店舗によるボタンの押し忘れと整理される。

図表 4-2-23 店舗運営関連のインシデント及び発生した件数

店舗運営関連のインシデント	概要	発生件数
店舗の調理が時間内に完了しない	設定された調理完了予定時間内に店舗が調理完了ボタンを押下しなかった際に発報されるインシデント。	30 件

ウ 社会受容性の調査：インシデント対応に係る適切な運用体制の構築

実証実験の実施に先立ち、過去に実施した実証の成果等を踏まえ、ロボットデリバリーサービスを介して生じるインシデントを一覧化し、各インシデントに対して復旧のための対応手順、インシデントの通知先を検討するために関与する可能性のある事業者について整理した。

図表 4-2-24 発生しうるインシデントと対応手順及び通知先(調査対象者へのアンケートより)

発生が想定されるインシデント				通知先			
分類	インシデントの概要	説明	対応手順	サービス	施設管理者	システム構築者	ロボット事業者
システム	ロボットの制御・管制システムに関するエラー	ロボットの制御・管制システムとの連携・通信に失敗した際に発報されるインシデント。	1. システム構築者は起動状況とエラー原因を確認し対処。状況をサービスへ報告する。(現場での一次対応不要。)	○		○	
	DB 接続に関するエラー	データベース接続を伴う処理が失敗した際に発報されるインシデント。	1. システム構築者は、継続的にエラーが出力される場合、サービスへ報告し詳細エラーの確認の上対処を行う。(現場での一次対応不要。)	○		○	
	ロボットデリバリーサービスのアプリケーションに関するエラー	ロボットデリバリーサービスのアプリケーションの停止や通信が停止した場合に発報されるインシデント。	1. 現場でのシステムのな一次対応不要だが、サービス協力店舗に状況を周知する。 2. システム構築者は、サービス停止をしている要因を特定し、修正もしくはシステム起動などを行う。営業時間内の場合サービスへ報告する。	○		○	
	SMS・メール送信に関するエラー	SMSやメールの送信に失敗した際に発報されるインシデント。	1. システム的な一時対応は不要だが、システム構築者はロボットデリバリーサービスのアプリケーションのSNS サービス内のエラーログを確認する。連絡先とともに状況をサービスへ報告する。	○		○	
ロボット	ロボットの走行状態に関するエラー	非常停止ボタンの押下等により、ロボットが走行不能な状態となった際に発報されるインシデント。	1. 現地でロボットの状態を確認して下さい。 2. 周囲に被害がないか確認して下さい。 3. 周りの状況を確認して非	○	○		

		常停止ボタンを解除して下さい。 4. ロボットモニタからサービスを確認してください (サービサー)				
ロボットのナビゲーションに関するエラー	障害物やセンサー故障等により、ロボットのナビゲーションが不能な状態となった際に発報されるインシデント。	1. インシデント発生場所付近で共用部に異常がないかを確認してください。(施設管理者) 2. インシデント発生場所でロボットの状態を確認してください。 3. ロボットスラムで走行可能エリアにいるか確認し、走行可能エリアに戻してください。 4. ロボットへの移動指示場所が走行不可エリア・移動先に障害物がある・ロボットが障害物や人に囲まれているため移動できない 等の原因が考えられますので障害を取り除いてください。 5. 続行不可であれば、配膳サービスの状況を確認して対応してください。	○	○		○
通信に関するエラー	ロボットが制御パネルや音声モジュールと通信できない際に発報されるインシデント。	1. インシデント発生場所付近で共用部に異常がないかを確認してください。(施設管理者) 2. インシデント発生場所でロボットの状況を確認してください。 3. ロボットの電源が切れているか、通信断かを確認してください。電源が切れている場合はロボットを充電してください。電源が入っている場合、Falcon とエクスターナル2の通信が途切れています。USB ドングルを抜き差ししてください。 4. 復帰しない場合、手動でサービス提供したあとデザリングへの切り替え・本体再起動を行ってください。	○	○		○
ロボットの店舗前・配膳先到着が遅延している	調理完了ボタンが押下されてから 15 分経ってもロボットが店舗に到着しない	1. 対象店舗へお電話をかけていただき、店舗前へのロボットの到着が遅れている	○			

		かった、または、ロボットが配膳予定時刻の 5 分後になっても配膳先に到着しなかった際に発報されるインシデント。	旨をお伝えください。				
店舗運営	商品提供店舗側の運営に関するエラー	設定された調理完了予定時間内に店舗が調理完了ボタンを押下しなかった、または、ロボットが店舗に到着してから 10 分間、配膳開始されなかった際に発報されるインシデント。	1. 対象店舗へお電話をかけていただき、調理時間が超過している旨、または、対象の注文について端末からの配膳開始操作が未完了の旨をお伝えください。	○			
その他	未定義のエラー	原因不明のエラーが発生したときに発報されるインシデント。	1. システム構築者はエラーを特定し、運用に影響がないか確認しサービサーへ報告の上、時エラー状況の確認と対処を行う。(現場での一時対応不要)	○		○	

上記にて整理した、発生しうるインシデントと対応手順及び通知先を基に、ロボットデリバリーサービスの関係者であるサービサーと HICity の施設管理者に対して、各々の現在の業務・責任範囲やインシデント事象に対する円滑な復旧体制・役割分担等について、ヒアリング調査を実施した。

施設管理者は HICity 共用部の損傷や汚れを正常状態に復旧させる責務を負っている。一方、サービサーについてはロボットデリバリーサービスの継続的な提供に必要な運用を全般的に実施する必要がある。2社の責務を鑑みると、ロボットデリバリーサービス提供に係る業務のうち、施設管理者はロボットが壁に衝突して HICity 施設壁面に損傷させる等の施設に異状が生じた際の対応業務を担当し、その他の業務についてはすべてサービサーが対応するという役割分担を基本とした。ただし、ロボットやシステム等の専門知識を持たない施設管理者がロボットを操作すると、誤って非常停止ボタンを押下してインシデントが拡大する可能性がある等のリスクが確認された。したがって、インシデント事象に対する円滑な対応体制の観点より、施設管理者は施設に異状が生じた際にロボットの操作をしない範囲でインシデントへ対応する、という役割分担が適切であることがヒアリングを通して確認された。

図表 4-2-25 インシデント対応に係る適切な運用体制の構築(調査対象者へのヒアリング記録より抜粋)

- | |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"> ロボットに関する処置はサービサーが実施することとし、施設管理者は施設共用部への損傷や汚れ等の確認及びその対応のみを実施することとする。 専門知識を有しない事業者が非常停止ボタンを誤って押下し、インシデントを発生させてしまうことは忌避したいため、施設管理者は基本的にロボットの操作はしないことと整理したい。したがって、共用部を塞いだ形でロボットが停止している場合は、サービサーがロボットを移動させ、施設管理者は施設共用部への損傷や汚れ等の確認及び対応を主とする分担としたい。 |
|---|

ヒアリングにより確認されたサービサーと施設管理者の役割分担を基に、ロボットデリバリーサービス実証等で発生したインシデントへの対応業務を実際に実施し、役割分担に対する不都合や課

題を調査した。

調査結果として、サービサーと施設管理者の役割分担が重複する等、分担した役割に対する不都合等の意見は得られなかった。一方、円滑なサービス提供やインシデントの未然防止のために、今後、役割分担に関する検討が必要な事項については、以下の意見が得られた。

特に、今後、多様なロボットの導入・実装に伴い、インシデントへの対応業務は責任の所在に応じて様々なステークホルダーが関与することが予見される。各ステークホルダーによる、円滑なインシデント対応業務の履行体制を実現するために、各々が実施すべきインシデント対応業務の明確化や対応状況を共有できるワークフローのような仕組み・運用体制の必要性が確認された。

図表 4-2-26 検討が必要なインシデント対応業務に関する意見(検証対象者へのアンケートより)

- ・ インシデントの内容によっては、様々なステークホルダーの判断が必要な場合が考えられる。(例えば、ロボットサービスの運用中に施設内の器物を破損させてしまう等) その際には、一次対応、二次対応というように責任の所在に応じてステップを踏んで対応していくことになるため、誰が何をすればいいかを明確に示せるような承認ワークフローがあることが望ましい。
- ・ サービスに関する問い合わせの受付や対応業務に関する役割分担を明確に必要がある。
- ・ 注文者による商品の受け取り間違いや、指定された料理と異なる料理をロボットに積載する等のヒューマンエラーが生じた場合の対応フローを想定できていない。

エ 社会受容性の調査：利用者満足度・課題の把握

サービサーや施設管理者がインシデント対応システムを用いて、別途実施したロボットデリバリーサービス実証中に発生したインシデント等に関する対応業務を実施し、インシデント対応システムの機能やユーザーインターフェースに関する改善点や課題等について調査した。

令和4年度に実施したインシデント対応体制の構築に係る実証からの主な改善点については、インシデント対応システムの機能拡充(位置表示機能の実装)とサービサーと施設管理者の役割分担を再編した。

インシデント対応システムの機能拡充により、システム上におけるロボットに関する情報の視認性や検索性の向上、インシデント発生現場への駆け付けの円滑化を実現した等の回答が得られており、一定の利用者満足度を得られたことが確認された。

図表 4-2-17 (一部再掲)インシデント対応システムの機能拡充に対する意見

分類	小項目	回答内容
良化事項	視認性	<ul style="list-style-type: none"> ・ インシデント一覧ページのインシデント詳細を開いたとき、発生場所とロボット ID が右側に文字で表示されるため視認しやすい。 ・ 建物の形状についてある程度理解していれば、ロボットがどの建物で走行しているか等が分かりやすい(イメージしやすい)と感じた。 ・ インシデント発生の際は、統合監視画面でもすぐに確認することができた。 ・ ログなど莫大なデータから調査を行わなくても地図から一目で分かるようになった。 ・ 表示からインシデントの内容や発生場所の把握が容易になった。 ・ インシデントが発生した時、どのロボットがどこで起きているかわかりやすかった。

	<ul style="list-style-type: none"> ロボットの現在地やインシデント発生場所を把握しやすくなった。 ロボットが 3D マップに表示されており、どこにいるか直感的に理解できた。
検索性	<ul style="list-style-type: none"> ロボットモニター画面ではロボットを選択するとその現在位置と、ロボットの詳細情報が表示されるので情報検索しやすい。 ロボットを選択することで、直近のタスクとインシデントが容易に確認できる。 ロボットごとに情報をソートできるため情報が埋もれるのを防いでいる効果がある。
インシデント対応に要する時間・円滑性	<ul style="list-style-type: none"> ZoneK 3F のような文字情報では現地への駆けつけ時に場所を忘れることがあるが UI による視認性が向上したため、忘れることがなかった。 ロボットの位置及びインシデント発生場所がわかりやすくなったため、現地への駆け付け等、インシデント対応の円滑性が向上した。 ロボットモニターを通して階層位置まで確認することができるため、迅速な対応が可能。 施設の位置や形状を理解していれば円滑化に資すると思う。 ログ等の調査時間が短縮されたため、インシデントの状況の解除や気づくまでの時間が減った。 復旧までに時間を長く要することがなかった。

施設管理者は施設に異状が生じた際にロボットの操作をしない範囲でインシデントへ対応し、サービサーはその他の業務を実施という役割分担に再編してインシデント対応業務を実施したが、役割分担に対する不都合は生じなかった。一方、様々なステークホルダーによるインシデント対応業務の分担を見据えた体制の構築等、検討が不足していた業務や役割分担に関する以下の意見が得られた。

図表 4-2-26 (再掲) 検討が必要なインシデント対応業務に関する意見

- インシデントの内容によっては、様々なステークホルダーの判断が必要な場合が考えられる。(例えば、ロボットサービスの運用中に施設内の器物を破損させてしまう等) その際には、一次対応、二次対応というように責任の所在に応じてステップを踏んで対応していくことになるため、誰が何をすればいいかを明確に示せるような承認ワークフローがあることが望ましい。
- サービスに関する問い合わせの受付や対応業務に関する役割分担を明確に必要がある。
- 注文者による商品の受け取り間違いや、指定された料理と異なる料理をロボットに積載する等のヒューマンエラーが生じた場合の対応フローを想定できていない。

インシデント対応システムの機能やユーザーインターフェースに関する課題については、本実証で新たに機能拡充を実施したロボットやインシデントに関する位置情報の表示機能について最も多く得られており、その課題の内訳は、①位置情報の表示に時間を要すること、②表示される位置情報と実際にインシデントが発生している現地の位置に乖離が生じている、という2種に大別される。

また、様々なステークホルダーによるインシデント対応業務の分担を見据えたインシデント対応に必要なタスクに関するワークフロー機能や、期間や担当対応者等でのインシデント情報のソート機能等が必要という意見が得られた。

その他、インシデントの未然防止や円滑なロボットデリバリーサービスの提供に向け、サービス提供に必要なエレベータや決済に関するステータスやインシデント等を把握・管理できる機能を求

める意見が得られた。

図表 4-2-27 インシデント対応システムの機能等の課題(検証対象者へのアンケートより)

分類	小項目	回答内容
機能	位置情報の表示	<ul style="list-style-type: none"> 位置情報を表示させるための 3D K-Field は読み込みが遅い (Web 表示に時間を要する) ため、インシデントへの対応を開始するまでに時間を要するのではないかと感じた。 位置情報の表示に 2~5 分程度の時間がかかる。 位置情報画面がすぐに表示されれば便利。 インシデントを確認後、ロボットモニター画面に移行するがロボットモニター画面 (地図) を開くのに時間がかかる。(約 2 分程度かかる)
	位置情報の精度	<ul style="list-style-type: none"> 実際の位置とロボット自身が認識している位置が異なることがあるが、現在インシデント対応システムに表示される情報はロボットから送信された情報に依存しており、ロボットが実際の位置と異なっている情報を送信した際にはインシデント対応システムの画面に誤った位置情報が表示されてしまう。位置情報が正確でないと管制及び対応業務が非効率になるため、ロボットによる現在位置情報取得以外の方法でロボットの現在位置を測位し、それぞれ照合を行うような仕組みが必要と考える。 通知している位置が実際の位置がずれている場合があるので精度あげてほしい。 インシデントの発生場所とロボットモニターの現在地に違いがあり場所がわかりにくかった。
	ソート	<ul style="list-style-type: none"> ロボットモニター (ロボットの場所とタスク、直近タスクが見える画面) では、直近のタスク/インシデントが日時関わらず直近 5 件表示されるため、確認が必要なインシデントかどうか不明瞭。 期間指定のリストが、本日/昨日/1 週間/1 か月/3 か月/6 か月/1 年。実際にインシデントを検索することを考えると日付と時間帯を指定できる方が良いと思う。 インシデント情報は何月何日と、期間で検索できたほうが良いのではないかな。 対応担当者枠を設けて担当者でも検索できる方が便利だと思う。
	対応タスク管理	<ul style="list-style-type: none"> インシデントの内容によっては、様々なステークホルダーの判断が必要な場合が考えられる (例えば、ロボットサービスの運用中に施設内の器物を破損させてしまう等)。その際には、一次対応、二次対応というように責任の所在に応じてステップを踏んで対応していくことになるため、誰が何をすればいいかを明確に示せるような承認ワークフローがあることが望ましい。 過去に発生したインシデントが放置されており、画面上に残ってしまっていることがある。対応漏れ等により、実際の運用中にも現実とシステム状態との差分が発生することは予想されるため必要のないインシデントは削除ないしアーカイブ (非表示化) するなどの仕組みが必要と考える。 復旧対応済みのインシデントについてはグレーアウトする等、全体でどこまで対応できているか確認できるとよいのではないかな。 インシデントが発生した際のタスクの進行度で復旧対応する優先度が変わるため、タスクの進行度をインシデント情報に付与すべき。(決済前にインシデントが起きた場合商品を届ける等の対応が必要で優先度が高い、ホーム帰還時のインシデントは優先度が低い、など)
通知	<ul style="list-style-type: none"> 画面に最新のデータ (インシデント) が表示されていてもどのデータかがわか 	

		<p>りにくい。インシデントの発生を通知するメールを万が一見逃した場合にインシデントの対応漏れが考えられるため、画面にハイライト表示がされると通知に気が付きやすくなる。</p> <ul style="list-style-type: none"> • ロボット管理システム側でのインシデント通知音。 • インシデントが追加されたときに音がなってほしい。 • インシデント発生時、専用 PC でアラート音がでるようになると良い。 • 現在、店舗に関わるインシデントの店舗への通知が、店舗管理者という枠で1つしかない。店舗ごとに通知ができるようにしないと意味がないと感じた。 • 店舗へロボットの到着時間が通知されるが、直前の配送時間によって、時間が前後することがある。そのため、複数のロボットが同店舗に行く際、順番が逆になることがあるため、積載ミスや調理の順番などに影響が出る可能性がある。しかし、直前の配送が遅延している情報は店舗側へは連携されていないので、何かしらの情報伝達を行う方が良いのではないかと感じた。
	その他	<ul style="list-style-type: none"> • ロボットの充電が少なくなっている場合の通知。 • インシデントを発報したロボットは文字の通知だけでなく、外観がわかる写真があったほうが良い。(現地に行った際どのロボットが対象のロボットかわかりにくい) • 商品を積載した状態で、移動中やエレベータ待ちの間にロボットのドアの開閉が行われた場合のインシデント通知 (配送までの間に第三者による異物混入等の可能性を店舗より危惧された)。 • 管理画面からインシデント対応者による完了報告も実施できるようにしてほしい。現在の運用ではメールで完了報告することになっているが煩わしい。 • UI の問題だが注文は英数字の ID で管理されているためわかりにくい。実際に誤って注文をキャンセルする事象が発生したため、言語に変換するなど分かりやすくしないと汎用的に使ってもらえるシステムにはならないと感じた。
他設備 や機能 との連 携	エレベータ	<ul style="list-style-type: none"> • ロボットとエレベータ連携の強制終了機能があると良いと思った (ロボットがエレベータを呼び続けてしまうことがあった)。 • 現在、エレベータ連携としてのインシデントは拾えないが、エレベータ側とも連携できるとよいと思った。 • エレベータの呼び出しに失敗して動いていないとわかるようにしてほしい。 • ロボットがエレベータ移動をする際、バンクからエレベータ内へのナビゲーションに時間が掛かりすぎ、ロボットがエレベータ内に移動している最中にエレベータへの通信がタイムアウトし、ロボットがエレベータ内に残り残される事象があった。 • ロボットが呼び出したエレベータに一般の方が乗り込もうとしている事象が確認された。サービサー等が付近にいれば、ロボットが呼び出したエレベータに乗れない等の説明をできるが、サービサー等が付近にいなかった場合はロボットと同じ行先階まで降りることができなくなる可能性がある。
	決済	<ul style="list-style-type: none"> • 決済失敗や決済画面に移行できない (シーケンス不備) 場合にはインシデントが発行される/サービサーに問い合わせ画面が出るなどの工夫が必要と感じた。 • 決済に失敗したインシデントが必要 (現状はオペレータが見て、うまくいっていないと手動でのクレカ決済を案内)。 • タスクの完了予定時刻を過ぎても決済が行われていない場合の通知。 • 決済状況と注文アプリ側の連携ができていないので店舗の売り上げが人間ベースでの管理になっている。

(5) 考察

① インシデントの位置情報表示に伴う対応スキームの効率化

令和4年度の実証で使用したインシデント対応システムと比べてインシデントの位置情報が表示されたことにより、瞬間的にインシデントが発生したロボットの位置が認識できる等の視認性や、インシデントが発生する前のロボットの位置やステータスが地図で容易に検索できる等の検索性が向上した等の回答が得られた。また、視認性・検索性等のインシデント対応システムの使いやすさの向上に伴い、現地への駆け付けやインシデントへの対応等のオペレーションの円滑性も併せて向上したと回答が得られた。一方で、位置表示のためのアプリケーションの起動に時間を要することや、検知及び表示される位置情報の精度が高くないという課題の指摘があり、位置表示機能（アプリケーション）の高性能化という方向性の改善が求められるものと考えられる。

位置情報表示のためのアプリケーションでは、Project PLATEAU の3D都市モデルを用いて、3D地図を構築していることから、HiCityだけでなく周辺地区等も構築しており、本実証と関連のないデータも表示されることとなっている。したがって、必要以上のデータをアプリケーション起動の際にロードすることとなり、結果として、位置情報表示のアプリケーションの起動に時間を要していることが原因の一つとして考えられる。また、ロボットがセンシングする位置情報の精度についてはロボットの性能に依存するため、ロボットのセンシング性能の改善が必要だが、施設内に敷設されているセンサーや Wi-Fi 等の他の系統から得られるロボットの位置情報とも照合させうえて、位置情報を精緻化する方法も想定される。

以上より、ロボットやインシデントの発生に関する位置情報をインシデント対応システムに表示させることで、従来よりもインシデント対応システムの使いやすさ及びインシデントへの対応オペレーションの双方が改善されたことが確認された。実装に向けては位置表示機能（アプリケーション）の高性能化という方向性での改善が必要となることに加え、技術的な改修に伴って改善される精度とその改修に係る費用等を比較検討したうえて、最終的な対応方針を決定することが望ましい。

② インシデント情報を基にした施設・設備特性の傾向分析

ロボットデリバリーサービスの実証では、全173件のインシデントが発生した。発生したインシデントを分析した結果、以下の主な傾向が得られた。

【ロボット】

- ・ 位置情報に齟齬が生じやすいロボット：PayCarGo 36件（位置情報の齟齬の全インシデント発生数に対して PayCarGo が占める割合：97.2%）
 - 要因：本ロボットの LiDAR センサーは 2D のみであるのに比べ、他のロボット（DR-1）は 3D の LiDAR センサーを搭載していることから、2D の LiDAR センサーを用いている PayCarGo にて取得する位置情報の精度が劣るためと考えられる。
- ・ タスクの続行が不可になりやすいロボット：PayCarGo 15件（タスク続行不可の全インシデント発生数に対して PayCarGo が占める割合：78.9%）
 - 要因：注文の割り当てロジック上、PayCarGo に優先的にタスクが割り当てられるため稼働率が高くなり、結果してインシデントが発生しやすくなる。また、ロボットの性能である位置精度の観点で、移動失敗（狭い場所であるエレベータ内への移動など）や、エレベータ連携時に必要なロボット内のマップチェンジ時の自己位置ずれによりエレベ

ータ連携が正常に完了できず、タスク続行不可となるシーンが見られた。また、位置精度が低いために移動先へ到着できずにロボットが次の動作に進むことができず、結果的にタスクの続行が不可になるというケースもあった。

- ・ 通信が切断されやすいロボット：DR-1 18件（通信断の全インシデント発生数に対してDR-1が占める割合：48.6%）
- ・ 通信が切断されやすいロボット：PayCarGo 14件（通信断の全インシデント発生数に対してPayCarGoが占める割合：37.8%）
 - 要因（DR-1）：通信機・システムは共通の機器やシステムを使用しているためロボット機種ごとに違いがあるとは考えにくい。ただし、通信機への電源供給の方法をUSB電源供給タイプからバッテリー内蔵タイプに変えたところ通信安定性が向上した。このことから、USB電源供給タイプは振動やロボットからの電源供給による影響を受けて通信が切断されやすいと推察される。
 - 要因（PayCarGo）：通信機・システムは共通のものを使用しているためロボット機種ごとに違いがある事は考えにくい。想定される要因はDR-1と同様である。

【施設】

- ・ 位置補正が必要になりやすいエリア：Zone D 2～3F エレベータ付近 23件（位置情報の齟齬の全インシデント発生数に対してZone D 2～3F エレベータ付近が占める割合：62.2%）
 - 要因：他のエリアでの走行と比較してエレベータは狭隘であり、かつ、エレベータホールはロボットが自己位置を推定するための特徴的な設備等がないため、乗降にはロボット自身による一層正確な位置の推定が必要となるためであることが想定される。
- ・ 通信が切断されやすいエリア：Zone K 2F 拠点付近 20件（通信断の全インシデント発生数に対してZone K 2F 拠点付近が占める割合：54.0%）
 - 要因：20件のインシデントのうち15件（約75%）は配送タスクを割り当てる優先度が他のロボットより低いDR-1から発報されており、さらに20件中16件はロボット待機中（タスク実行外）のエラーであった。一方、サービスタスク実行中の通信断絶エラー（全18件）では、エレベータ付近5件、店舗前付近4件、ホーム付近4件となっており、要所3か所に絞られた。

ロボットデリバリーサービスの実証を通して発生した位置情報を含むインシデントのデータを分析した結果、インシデントが発生しやすいロボットやシステム、施設特性等の傾向を得ることができた。言い換えると、ロボット・システムフレンドリーな環境整備に必要な一部の条件を抽出することが可能であることが確認された。本検証結果から、位置情報が含まれたインシデントのデータは施設計画やサービス・施設運営のノウハウとして活用可能であることに加え、継続的に蓄積されたデータを分析することで施設やサービス等の課題解決に資する示唆を得ることが可能であることが明らかとなった。

インシデントが発生しやすい条件等の傾向をふまえ、引き続き、ロボットやシステム等の改善や施設・ハードの設備の改修が求められ、先に示した傾向については下記のような対応が求められる。

まず位置精度に関するインシデントに関しては施設側のロボットフレンドリーな対応も議論されているが、ロボット活用は既に建築の完了している施設にも適用されるものである。そのためロ

ボットのセンサー性能やマップ生成精度等のロボット自体の性能向上や、遠隔操作への切り替え・遠隔カメラの搭載による人的サポートに関しても検討の範囲である。

次に、通信に関わるインシデントはサービス遅延のみならず、システム連携の整合性へも影響を及ぼす場合があり軽視できない。そのためなるべく少ない通信のやり取りで進行するシステム構成や、通信が一時的に切断されても要所は続行できるシステムが望ましい。また、通信断絶が起きやすい場所が明らかであれば、場所によって通信技術を使い分ける等の補完可能な通信環境構築が有用であると考えられ、施設側としては良好な通信環境の提供が求められる。

特に本実証では、サービスタスク実行中に発生する通信エラーの要所が「エレベータ付近」「店舗前付近」「ホーム付近」であった。エレベータ付近はエレベータ連携のため、店舗前付近では店舗商品積載等のためにシステム連携上も通信が必要となっている。この事からもインシデント発生率を下げることはできても発生しないということは現状考えにくい。そのため、インシデントによりタスクが一時中断された場合でも途中再開可能なシステムによってサービス性を担保することが求められる。

また、タスク実行外のエラーも多かったことから、通知する(現地に駆けつける)べきインシデントの精査を行うことで運用時の負担軽減を図る。

なお、実装に向けては前述した方向性での改善が必要となるが、技術改善に伴って得られる効果と改善に係る費用、運用面での対応可否等を比較したうえで、実装方法を取捨選択することが望ましい。

③ サービサーと施設管理者のインシデント対応の棲み分け

インシデント対応業務について適切に役割分担するため、サービサーと施設管理者が負っている現在の責務についてヒアリングを通じて明らかにした。そのうえで、インシデントの発生に伴って必要となる対応事項について、サービサーと施設管理者の責務に帰属するよう役割分担を整理した。本実証で整理した責務や役割分担を一般化すると、以下のように再整理される。

図表 4-2-28 サービサーと施設管理者の責務及び役割分担

関係者	責務	インシデント対応に係る役割分担の考え方	役割分担の具体例 (インシデント例： ロボットの転倒)
サービサー	(ロボットを用いた)サービスの継続的かつ公正な提供に係る責任を負う。	サービスの停止やユーザーへ不利益が生じた事項等、サービスの継続的かつ公正な提供を妨げる事象の解消に係る対応を担当する。	ロボット転倒によって生じたサービス停止の解消に係る対応
施設管理者	特定の施設に対して正常な状態を維持し続けるための管理・運営に係る責任を負う。	ロボットによる施設への衝突に伴う施設の損傷発生等、施設の正常な状態の維持を妨げる事象の解消に係る対応を担当する。ただし、ロボットの操作等、ロボットやシステムに関する専門知識が求められる業務は除く。	ロボットの転倒によって生じた施設損傷の有無の確認及び補修等に係る対応

上記の役割分担にて検証を実施したが、役割分担に対する不都合は生じなかった。一方で、サー

ビスに関する問い合わせ対応業務、注文者による商品の受け取り間違いや店舗側の提供商品の誤りへの対応業務について、役割分担の検討が不足しているとの指摘が得られた。上記の役割分担の考え方に倣うと、サービスに関する問い合わせ対応業務、注文者による商品の受け取り間違いや店舗側の提供商品の誤りへの対応業務はいずれも施設の正常な状態の維持を妨げる事項ではないと想定されるため、サービサーが実施すべき業務であることが導かれる。

また、発生したインシデントに対して、そのインシデントは既に復旧したか（復旧対応が完了したか）等のインシデントの復旧ステータスを管理する機能がないこと、それぞれの担当者が実施しているインシデントへの対応業務に係る進捗状況が確認できないことが課題として得られている。今後、様々なロボットの導入・実装に伴い、多様なステークホルダーがインシデント対応業務に関与しうること、そして、そのインシデント対応業務は多岐にわたることが予見される。したがって、多様な担当者やステークホルダーが実施すべきインシデント対応業務の内容やそのプロセスを分担・明確化でき、対応状況を関係者間で共有できるワークフローやタスク管理に資するような仕組み・運用体制の構築に関する必要性が述べられた。

引き続き、役割分担が整理されていない業務についても、サービサーや施設管理者が負っている現在の責務の範囲に倣ってインシデントへの対応を分担しつつ、多様な担当者やステークホルダーがインシデント対応業務に関与することを見据えた運用体制の検討・構築が求められる。

（6）技術の実装可能な時期、実装に向けて残された課題

① サービスの実装可能な時期

本実証を通して、一部、インシデント対応システムの誤検知等の不具合が確認されたものの、システムの基本的な稼働については動作確認ができたため、技術的には実装可能な状況である。一方、実装にあたっては、インシデントへの対応に係るタスク管理体制を主とした運用体制の構築が求められるが、インシデントの発生を監視するロボットサービス等が実装されないとインシデント対応システムを実装する必要性に欠けるため、各業者と協議しながら監視が必要となる他のロボットサービス等の実証・取組みの促進を図るとともに、施設をテストベッドとするロボット実証の増加に加え、本システムの活用機会創出を目指す。

また、ユーザーが円滑にインシデントの復旧に係る業務を実施できるインシデント対応システムにするには、システムを用いて運用及び検証を繰り返しながら課題の抽出と改善対応を行い、成熟したシステム及び運用体制を構築することが望ましいが、検証による課題の抽出や改善対応には一定の時間を要することが見込まれる。当面は試験的な実装として利用可能範囲を限定し、想定されるユーザーが円滑にインシデント対応に係る業務を実施できる機能やユーザーインターフェース等に改良したうえで、横展開の検討をすることが望ましい。併せて、持続的なサービスへと成熟させるために、技術改善のみを追求するのではなく、技術改善によって得られる効果とその改善に係る費用を比較することや、運用方法の工夫改善等の運用面での対応可否等も含めた検討も実施する。

② 実装に向けて残された課題

ア インシデント対応システムの位置表示機能の改善

本実証を通して、位置表示のためのアプリケーションの起動に時間を要することや、検知及び表示されるロボットやインシデントの位置情報の精度が高くないという課題が得られた。アプリケー

ションの起動に時間を要するという課題については、起動に最大約5分要したという定量的な結果も得られている。位置情報が表示されるまでの5分で、サービスや施設管理者の対応拠点から（本実証におけるロボットデリバリーサービスの走行範囲内に位置する）ロボットまで概ね到着することが可能であることから、起動時間については改善が必要である。この要因については、位置情報表示のための3D地図はProject PLATEAUの3D都市モデルデータを用いていることから、HICityだけでなく周辺地区等も3Dの地図上に構築しており、本実証と関連のない敷地等のデータもアプリケーション起動の際にロードしていることによる可能性がある。したがって、3Dの地図の表示範囲をHICityのみにする、HICity以外の敷地は3Dの地図上に構築しない等の方針にて、改修を実施する。

検知及び表示されるロボットやインシデントの位置情報の精度が高くないという課題が得られたものの、通知及び表示される位置情報をもとに現場へ急行したがインシデントを発報しているロボットまで到着できなかった等の意見は得られていない。したがって、実際のロボットの位置と検知及び表示されるロボットの位置情報に多少の齟齬はあるものの、インシデント対応に係る業務への支障は小さいことが推察される。

したがって、インシデント対応システムの位置情報表示機能については、アプリケーションの起動に時間を要するという課題を優先的に解消する。

イ インシデント対応システムのワークフロー・タスク管理機能の追加構築

発生したインシデントに対するサービスと施設管理者の対応業務・役割分担等については不都合が生じなかったという結果が得られたが、発生したインシデントに対して未対応、もしくは、対応済みかどうかを把握できないこと、担当者各々が実施しているインシデント対応に係る業務の実施状況を把握できないことが課題として得られた。

今後、様々なロボットが導入・実装された場合、インシデントの発生に伴い多様なステークホルダーがその復旧業務に関与することが見込まれるため、各ステークホルダーやその担当者がインシデント復旧に必要な業務の内容やプロセス、その業務の実施状況を可視化できるワークフローやタスク管理に資する機能を構築する。

ウ ロボット・システムフレンドリーな環境の整備

発生したインシデントの傾向を分析した結果、ロボットの自己位置の補正が必要となりやすい条件（ロボットによる自己位置センシング性能の水準、ロボットが走行するエリアの広さや自己位置特定に必要な特徴的な設備の有無等）や、通信の切断が生じやすいロボット（通信機稼働に係る安定性）の傾向が明らかとなった。

安定的にロボット関連のサービスを提供するためには、インシデントの発生数を抑制させる必要があるため、下記方針にて環境の整備を実施する。

- ・ 無線システムの安定向上
- ・ ロボットの性能向上/地図データの共通化による、ロボット固有の問題を改善
- ・ 建物センサ等、ロボットの運行を補助する建物側のセンサの設置
- ・ 狭いエリアでのロボットのすれ違いをしないような運行管制システムの改善

5. 横展開に向けて一般化した成果

5-1. 得られた成果のポイント

(1) 複数店舗巡回・複数地点配送システムの導入による能力向上

① 取組の特徴

ロボットデリバリーサービスの実装に際しては、利用者需要への対応、並びに収益性確保の観点から配送量の向上が求められる。昨年度は複数台同時配送を実現するシステムの構築並びに配送能力向上効果を検証したが、想定される需要量に対応するためにはロボット1台あたりの配送能力の向上が求められることが明らかとなった。

配送ロボットによるフードデリバリーサービス実証はロボット1台あたりの対応可能注文数が1件であることが通常であるところ、本実証では複数店舗巡回機能及び複数地点配送機能を具備することにより、ロボット1台あたりの対応可能注文件数を2件まで拡充し、当該機能具備による配送能力向上効果を検証した。また、実装に向けた利用者観点の課題把握のため、注文予約システムの導入、決済システムの導入を行い、実サービスシーンを想定した店舗並びに利用者の社会受容性の検証を行った。

② 実証実験のプロセスにより明らかとなった特徴的な成果

複数店舗巡回及び複数地点配送機能はロボット走行距離の削減による配送能力の向上を狙うものである。その一方で、本実証での実験系のように、配送時間におけるロボット走行時間が短く、エレベータ待機・活用時間の占める割合が多くなる場合には、配送能力向上効果はエレベータ利用回数に依存することが明らかとなった。1配送シナリオ当たりのエレベータ利用回数が2回以下におさまるときは配送能力が向上し、ロボット1台あたりの配送能力は機能を付加する前と比べて1.6倍となった。その一方で、配送シナリオ当たりのエレベータ利用回数が3回以上となる場合は機能付加する前の配送能力と同等となることが明らかとなった。そのため、本実証で検証した実験系のように店舗と配送先の距離が近い配置にある場合は、複数店舗巡回及び複数地点機能による配送能力をより最大化するために、配送シナリオを各ロボットのエレベータ利用回数が最小化されるロジックで生成することが求められる。

1配送シナリオ当たりのエレベータ利用回数が3回以上となるロボットが複数台存在する場合、同一予約時間枠内でのエレベータを活用する配送ロボットの台数及びエレベータ搭乗回数が多くなる。同時に利用可能なエレベータ台数に制限があることから、エレベータ利用に関する競合が発生し、結果としてエレベータ待機時間によって1回の配送に要する時間が、1店舗×1地点配送の配送シナリオと比較して平均で約2.33分長くなることが明らかとなった。このようなエレベータ待機時間が蓄積されることにより1時間当たりの配送可能件数が少なくなり、複数地点配送機能の具備に伴って得られる配送能力向上効果は一定レベルで収束することが予想される。さらなる配送能力向上には施設制約を踏まえたエレベータのロボット配送能力の向上も求められる。

昨年度と同様にエレベータ内等の配送ロボットとロボット管制システム間の通信が不安定にある区域においては、Wi-SUN通信網による通信の安定性向上を図る想定であったが、ロボットに搭載

した操作パネルや決済端末が行う通信に際しては、Wi-SUN 通信網の通信容量では不足することが明らかとなった。本実証ではロボットに搭載する通信端末のグレードアップを行い、キャリア通信網での実証を行ったが、通信途絶に伴うインシデントが多く発生する結果となった。実装に向けては施設 Wi-Fi、キャリア通信網、Wi-SUN 通信網の適切な選択、シームレスな切り替えの実現が求められる。

今年度は利用者の費用負担が発生する方式でのサービス実証となったため、令和 3 年度補正実証と比較して注文件数が減少することを見込んでいたが、1 日・時間当たりの注文数は 1.5 件（令和 3 年度補正実証では 1.3 件）と令和 3 年度補正実証と同等の数値となり、有償利用の場合においても昨年度と同様の利用意向があることが確認された。なお、1 件当たりの注文金額や注文商品数は減少したが、有償利用に起因するものと考えられる。

事前予約システムについては店舗オペレーションの効率化に寄与するものと考えられる一方で、協力オフィス従業者がサービス実証に参加しなかった理由の多くは「事前予約しかできないこと」であること、利用者アンケートでは事前予約システムに対する満足度は 61.4%にとどまっていることから、事前予約システムについては店舗側のニーズと利用者側のニーズが必ずしも一致しないものと推測される。一方で店舗側は満足であること、利用者の 6 割は満足であることに鑑みると、令和 3 年度補正における即時配送方式と今年度実証した事前予約方式の 2 つの注文方式を備えることが望ましいものと考えられる。

(2) 位置情報を含むインシデント対応システムの確立

① 取組の特徴

サービスの提供者、または、享受者の利便性向上や業務の代替を実現する様々なロボットを活用したサービスの実装に向けては、そのロボットサービスに起因するインシデントが発生した際に、その発生源や原因を正確に判定するとともに迅速に復旧対応を実施し、安定的なロボットサービスの提供を継続させることが求められる。

本事業では、ロボットサービスに関連するロボットやシステム等の管理機能を有するインシデント対応システム（ロボット等のステータスの監視、インシデント事象が発生した際はその事象の検知や発生源及び対応策の判定、管理者への通知等の機能を有している、ロボット等のステータスやタスク情報を一元的に管理可能なシステム）を用いてロボット等のモニタリング及び発生したインシデントへの対応業務を実施し、位置情報表示機能の有用性やインシデントへの適切な対応体制等を検証した。

② 実証実験のプロセスにより明らかとなった特徴的な成果

位置情報の表示機能を拡充したインシデント対応システムの導入により、インシデントの発生位置やロボットのステータス等の各種情報の視認性や検索性の向上、そして、インシデント発生場所への駆け付け等のインシデント対応に必要なオペレーションの円滑性が向上したことが明らかとなった。ただし、位置情報表示のためのアプリケーションの起動に時間を要する等、位置情報表示に係る機能改善も必要であることが得られた。

また、インシデント対応に係る適切な運用体制の構築にあたっては、発生したインシデントに対する復旧対応が完了しているかどうかを関係者間で可視化できるタスク管理機能や、復旧に必要な

対応業務の内容やそのプロセス、対応に係る進捗状況を分担・可視化できるワークフロー機能が必要であることが明らかとなった。

その他、発生したインシデントと位置情報が連携されたデータは、ロボット・システムフレンドリーな施設整備計画やインシデントが発生しにくいサービス運営のために有用であることが確認された。また、インシデントの発生傾向より、エレベータ付近等の狭隘な場所やロボット自身による自己位置特定に必要な特徴的な設備等がない場所での走行の際にはロボットの位置情報の補正が必要になりやすいことに加えて、ロボット自身が有しているセンサーの性能にも依存することが確認された。また、ロボットの通信を安定化させるためには、ロボットに搭載している通信機に対する電源供給を安定化させることが必要であることが明らかとなった。

5-2. 横展開に向けて一般化した成果

(1) 複数店舗巡回・複数地点配送システムの導入による能力向上

本実証を通じて複数店舗巡回・複数地点配送システムを導入することによりロボット1台あたりの時間当たり配送可能量の向上に寄与することが明らかとなった。同機能による配送能力向上効果が大きくなるのは、店舗と配送先の距離が長く配送時間におけるロボット走行時間の占める割合がエレベータ待機・活用時間と比較して多いような場合が想定される。一方で、店舗と配送先が近い配置にあるエリアでサービスを導入する際は、配送能力はエレベータの利用回数の多寡に依存するため、効果を最大化するためには1配送シナリオ当たりのエレベータ利用回数が最小化される配送シナリオの構築が有効である。

配送能力を向上させるためにはエレベータのロボット配送可能量が配送量の改善が有効であると考えられる。

なお、エレベータのロボット配送量拡充にあたっては、ロボット対応エレベータの追加、エレベータのロボット搭載可能台数の増加等の追加コストが発生すること、エレベータをロボットが占用することによるオフィス入居者や来街者の施設利便性の低下が懸念されることから、施設の状況に応じた対応が求められる。

(2) 位置情報を含むインシデント対応システムの確立

今後、施設や都市単位で導入されるロボットや連携されるシステムの数について増加することが見込まれる。ロボット等にインシデントが発生した際は、数あるロボットやシステム等からその発生場所や要因等の特定に加え、復旧に係る対応が求められる。インシデント対応システムの導入に伴い、多くのロボットやシステムが導入、または、連携された施設や都市においても、インシデント発生に係る一元的な監視やその要因及び対応方法の判定が可能となる。

また、狭隘な場所での走行や特徴的な設備・建築物等がない場所での走行においてはロボット自身による自己位置の推定と実際の走行位置に齟齬が発生する可能性がある。前述の可能性や必要な環境条件を念頭に、例えば、広い通路や特徴的な設備や什器が設置されている等のエリアをロボットの走行ルートを設定することでインシデントの発生を抑制できる。

5-3. 大田区課題解決に向けた横展開への示唆

(1) サービス横展開の可能性

大田区の課題解決に向けては、配送ロボット、清掃ロボット、警備ロボット等のロボットの導入により人手不足の課題へ対応することが想定されるところ、本実証実験を踏まえ、大田区の課題解決に向けたロボットデリバリーサービスを含むロボット活用サービスを都市に実装する際のポイントを明らかにした。

本事業では HICity 内という限定的な街区内で、人手不足の課題解決に寄与する複数種類・複数台のロボットの導入に向けて、分野横断型ロボット統合管制システムによるロボットの管制の在り方、並びにロボットサービス提供者と施設管理者と連携したインシデント対応体制の在り方について検討を行ってきた。ロボットの導入にあたっては適切なインシデント対応体制の構築は必須であり、インシデント対応体制の構築にあたっては施設やエリアの管理を担当するステークホルダーとの連携が求められることから、面的に広がる既存市街地でロボットを導入する場合には、都市運営者や施設管理者等のエリア管理者が所掌するエリア単位毎にロボット活用サービスの導入計画を検討していくことが望ましい。エリア単位の市街地では複数の建物で構成されることが多いため、仕様が異なる多様なエレベータとの連携が必要となるが、エリア単位で分野横断型ロボット統合管制システムを導入することにより、ロボットとエレベータの連携を効率的に実現することが可能となる。またエリア単位毎に施設管理者やエリアマネジメント事業者等のステークホルダーとロボットサービス提供事業者が連携したインシデント対応体制を構築することで、適切な役割分担のもと、安定的なロボットサービスの提供のみならず、ロボット起因の施設運営に影響を与えるインシデントへの早期対応による街区の保全が実現されるものと考えられる。

導入計画の検討にあたって、長期的な視点では都市・地域の更新・再開発等により新規開発（建設）されるビルや施設等への分野横断型ロボット統合管制システム及びインシデント対応システムと併せてロボット活用サービスを横展開することが望ましい。現段階においてはロボットサービス、ロボット統合管制、インシデント対応に求められる仕様や課題等の抽出フェーズにある。この状況下での当該サービスやシステム等の本格開発については、本格開発後に求められる仕様が大きく変遷する可能性があり、結果的に多量のシステム開発コストを費やすことが懸念される。また、既存施設への導入にあたっては、施設側での導入に係る追加費用（予算）の確保が求められることが想定され、導入に係る一定の障壁が生じることが想定される。これらの障壁を踏まえると、新規開発（建設）されるビルや施設等の基礎設備として導入する方が、一定程度障壁が低減され、サービスの導入が進むことが期待される。

また、短・中期的には導入施設等に合わせ機能を分割して限定的に実装できるサービス開発と共に、区内の多様な施設への横展開を検討することが望ましい。複数の限定的な実装例を経て得られたサービスや各システムに求められる仕様や課題等は成熟していることが想定される。これらの仕様や課題等をユースケースごとの整理等を実施し、低水準・廉価版から高水準・高価版等の導入施設等に合わせたサービス開発への需要応答により、区内の多様な施設への横展開の実現を目指す。

(2) 課題解決への示唆

本実証実験によりスマートシティサービスの実装に向けた取り組みを進めたことにより、大田区の抱える課題の解決に向けた取り組みが推進された。

特に、大田区の課題解決を図るための横展開に向けた示唆と本実証実験を踏まえてサービス実装が実現された際の効果として関連する KPI・KGI は下表の通りまとめられる。

図表 5-3-1 大田区の課題解決への横展開への示唆

大田区の課題解決への横展開への示唆		本取組の効果が期待される指標	
		KGI	KPI
複数店舗巡回・複数地点配送システムの導入による能力向上	本実証は HICity と限られたエリア内でのロボット走行であるが、大田区全域への展開により、買い物利便性の向上により区民満足度の向上に資することが期待される。	<ul style="list-style-type: none"> ・ 区民の利便性向上 ・ 区民の満足度の向上 	<ul style="list-style-type: none"> ・ ロボット導入数 ・ ロボット導入種類数
位置情報を含むインシデント対応システムの確立	本実証は HICity と限られたエリア内のロボットやシステムを対象とした管理に係る検証であったが、大田区全域へのロボットやシステムの導入に伴い、ロボットやシステムから生じるインシデントの管理が効率的となることが期待される。		

6. まちづくりと連携して整備することが効果的な施設・設備の提案

本実証実験で得られた知見より、スマートシティの取組を実施する場合には、以下に示すような施設・設備を整備することが望ましいと考えられる。

図表 6-1 まちづくりと連携して整備することが望ましい施設等について

本実証実験で得られた知見		望ましい施設・設備のあり方
複数店舗巡回・複数地点配送システムの導入による能力向上	<ul style="list-style-type: none"> ロボットの配送能力向上効果を満足に発揮するためには、エレベータのロボット配送能力の向上と両輪で検討する必要がある。 ロボットに担わせるサービス内容によっては必要となる通信量が異なる。サービス内容を踏まえて、適切な通信帯域・プロトコルを選定のうえ通信環境の構築が必要となる。 	<ul style="list-style-type: none"> ロボットの連携が可能なエレベータの導入。 イベントなど滞留人口が増加した際にも十分にロボットの通信が可能となるような通信環境の構築
位置情報を含むインシデント対応システムの確立	<ul style="list-style-type: none"> インシデントの発生を抑制するためには、ロボットが安定的に走行できる環境の整備や途切れのない通信環境の構築が必要である。 	<ul style="list-style-type: none"> 狭隘な通路や、特徴的な設備等がない設えとしないよう留意する。 電波を減衰させる素材及び外壁を多く採用しないよう留意する。