

令和4年度
スマートシティ実装化支援事業
報告書

令和5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.....	3
(1) 大田区及び区域の課題.....	3
(2) コンソーシアムについて.....	4
2. 目指すスマートシティとロードマップ.....	6
(1) 目指す未来.....	6
(2) ロードマップ.....	8
(3) KPI.....	9
3. 実証実験の位置づけ.....	10
(1) 異業種ロボット同時管制.....	11
(2) インシデント対応体制構築.....	13
4. 実証実験計画及び結果.....	15
(1) 実証実験で検証を行う仮説.....	15
(2) 実証実験の全体像及び進め方.....	16
(3) トライアル実証の内容及び結果.....	18
(4) 本番実証の内容及び結果.....	31
(5) 考察.....	45
(6) 技術の実装可能な時期、実装に向けて残された課題.....	46
5. 横展開に向けて一般化した成果.....	49
(1) 得られた成果のポイント.....	49
(2) 横展開に向けて一般化した成果.....	50
(3) 大田区課題解決に向けた横展開への示唆.....	52
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.....	53

1. はじめに

(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 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動手段の確保 	<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）

(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、当該ルールに係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。

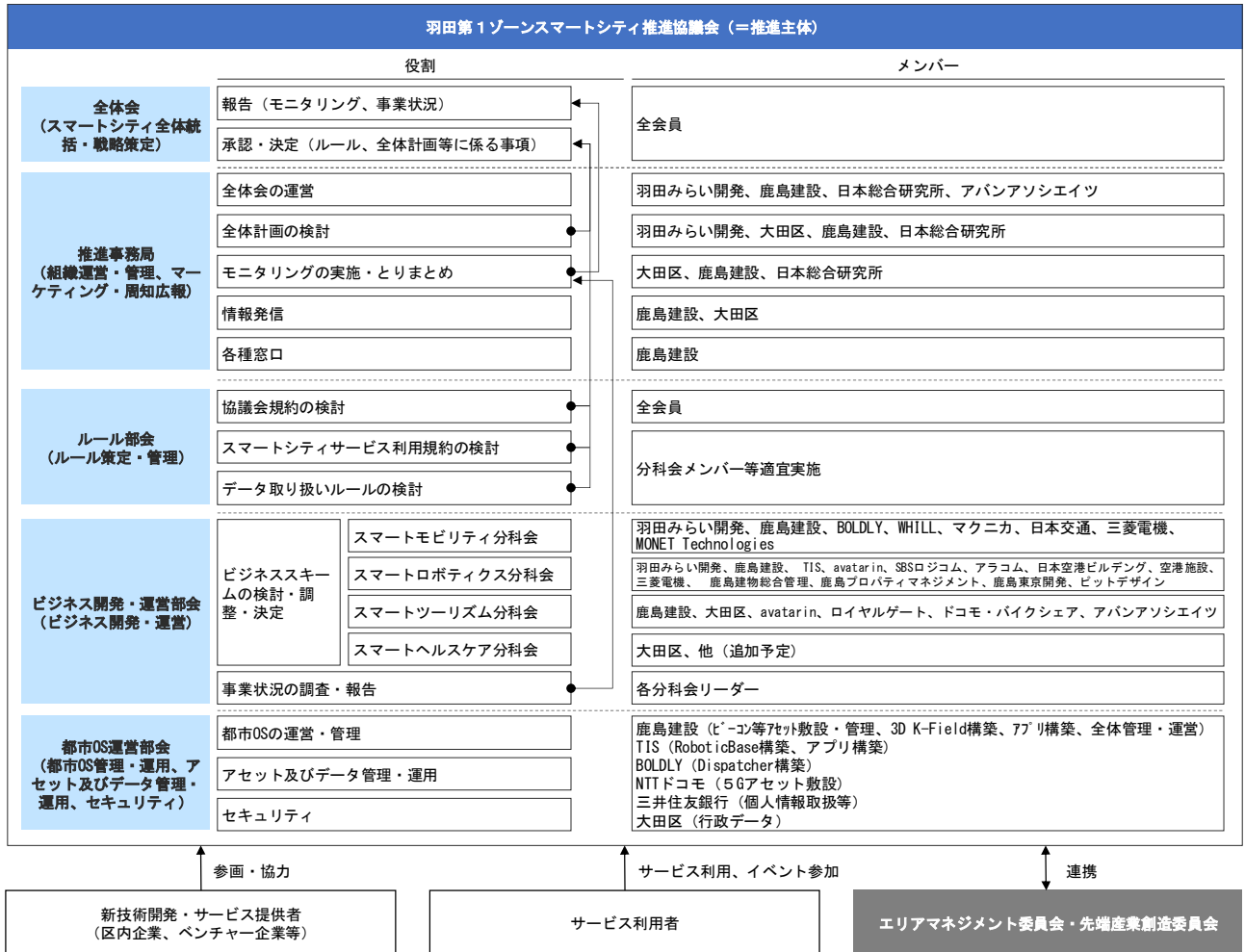
「ビジネス開発・運営部会」では、本スマートシティにおいて特に取り組む4分野の分科会を設置して、各分野でのスマートシティサービスの検討や開発の具体化、実証実験の検討・実施等を担う。

「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 羽田第1ゾーンスマートシティ推進協議会（＝推進主体）



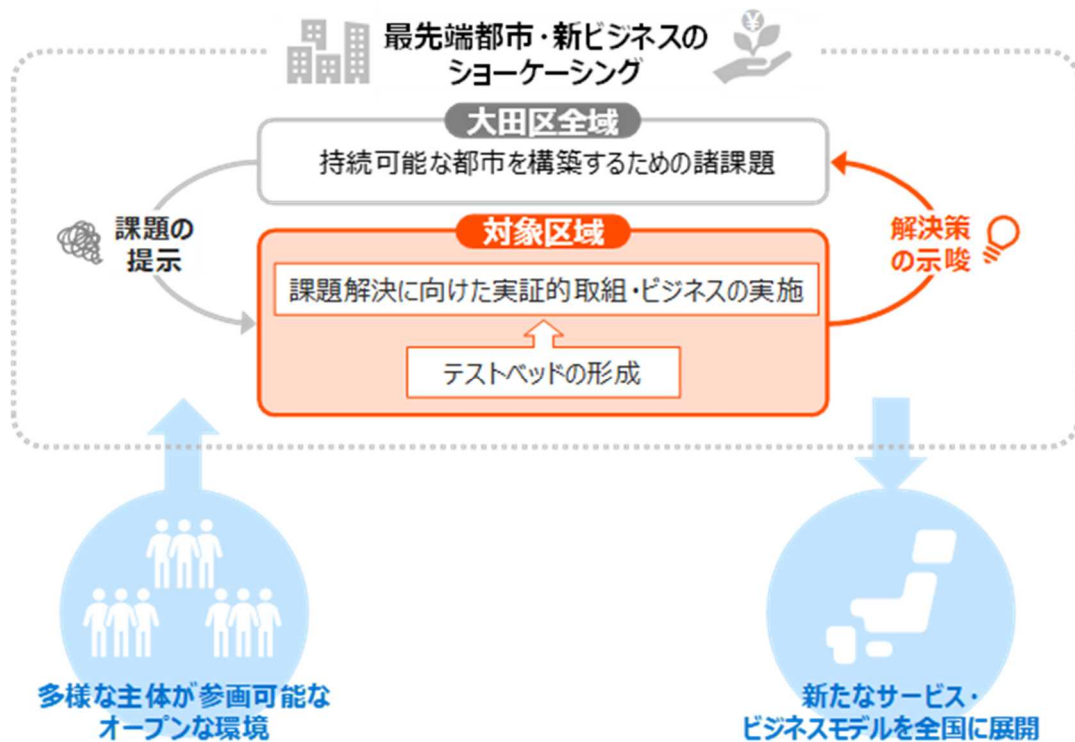
2. 目指すスマートシティとロードマップ

(1) 目指す未来

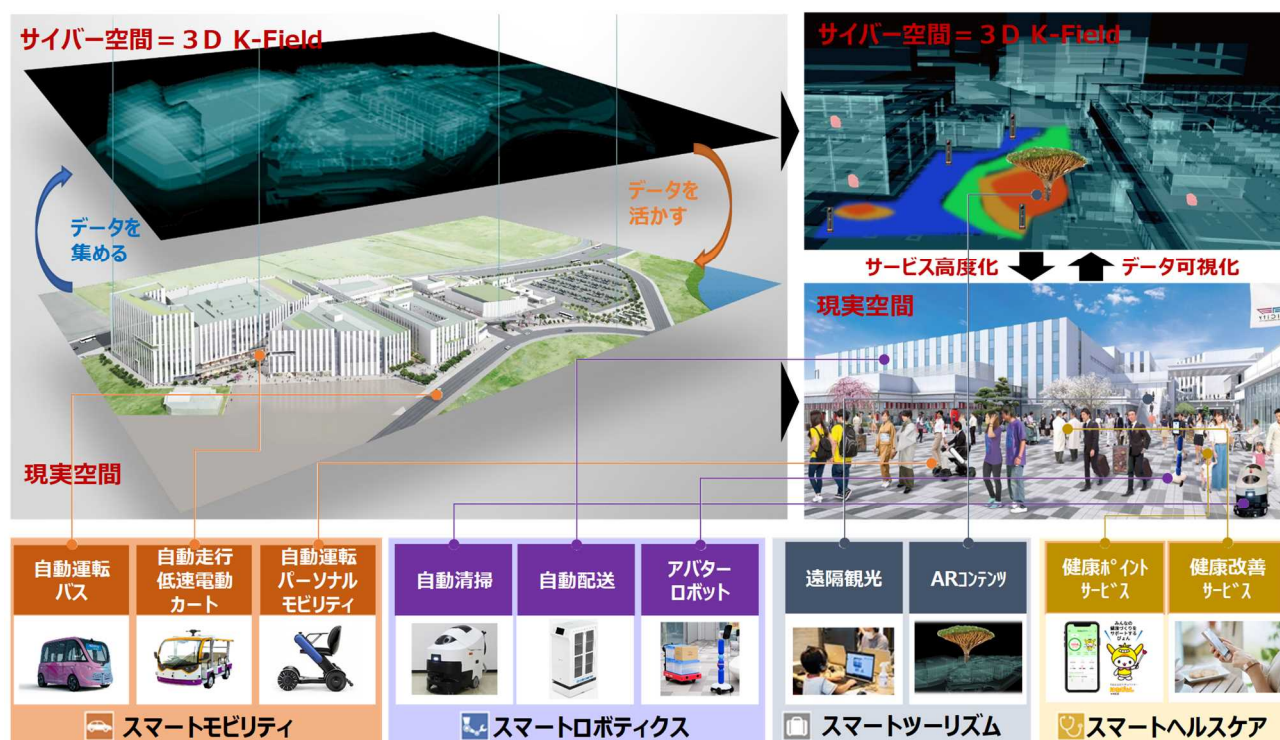
「持続可能都市おおた」の形成を支えるテストベッドとしてのスマートシティ

- ✓ 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 目指す未来 1



図表 2-2 目指す未来 2



上記コンセプトを実現するため、以下の取り組み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り組みの誘発

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) 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。

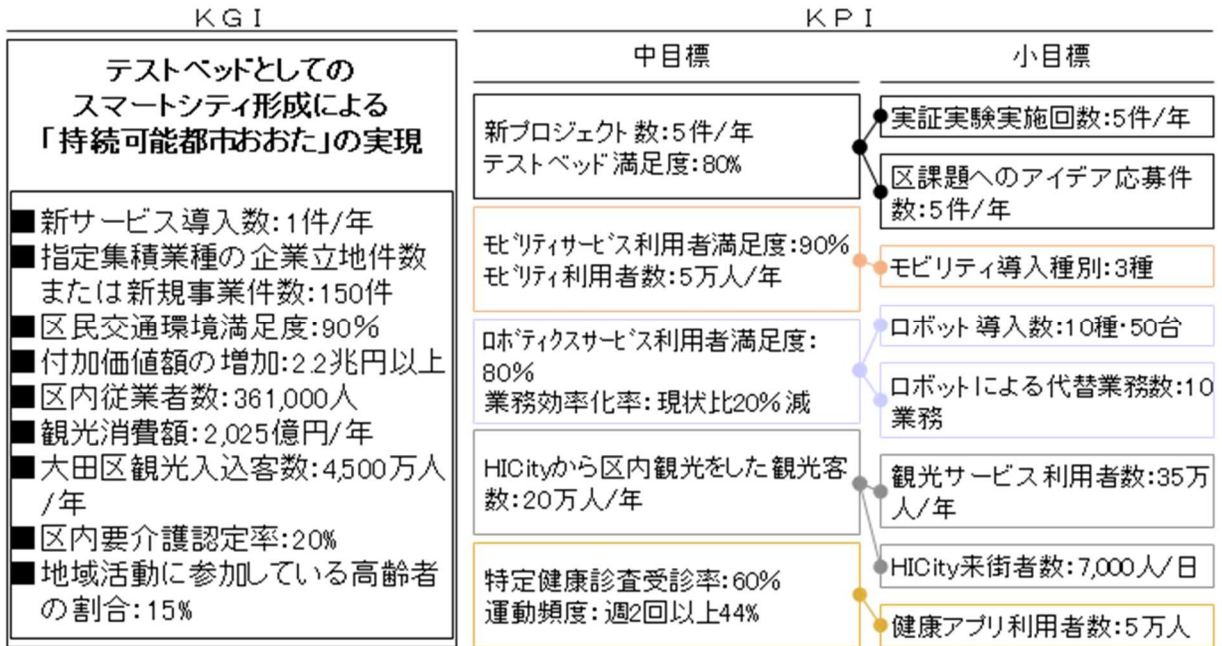
図表 2-3 ロードマップ

実施項目		2020年度				2021年度				2022年度				2023年度				
		10	20	30	40	10	20	30	40	10	20	30	40	10	20	30	40	
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	■7月	■7月	■協議会外主体による実証実験			■実装								
横展開																■区内横展開		
空間情報データ連携基盤構築	3D K-Fieldの構築		■構築															
	3D K-FieldとDispatcherのAPI接続			■API接続実装														
	3D K-FieldとRoboticBase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の実装	自動運転パーソナルモビリティの導入		■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								
		ロボット対応型エレベーターの導入					■実装											
		エレベーターシステムとRoboticBaseの接続					■実証				■実装							
	自動運転バスの拡張	走行領域の拡大						■縦移動実証			■縦移動実装							
		大田区他地域展開 (HiCity⇔羽田空港間の運行)		■HiCity内実装					■HiCity⇔羽田空港の公道での保安員無実証		■HiCity⇔羽田空港の公道での保安員無実装				■HiCity⇔羽田空港の公道でのレベル4実証		■HiCity⇔羽田空港の公道でのレベル4実装	
		保安要員の削減						■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																
		警備ロボットの導入																
		物流ロボットの導入			■実装													
		配送ロボットの導入																
	ロボットと施設の連携	会議予約システムと連携																
		RoboticBaseの導入																
		RoboticBaseとEVシステムの接続																
ロボットの統合管制	RoboticBaseによるロボット自動制御																	
	RoboticBaseによるロボット自動制御																	
	RoboticBaseと鹿島スマートBMの接続																	
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																
		アバタースポット整備																
	ARコンテンツ開発・実証・実装	ARアプリの構築																
		ARアプリによる案内機能																
		ARアプリによるエンタメ機能																
		大田区はねびょん健康ポイントスポットの設置																
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																	
	データ活用によるエリアマネ施策																	
スマートヘルスケア	大田区はねびょん健康ポイントとの連携	ポイントの設置																
		イベントとの連携																
	健康データの収集・活用を通じた健康改善サービス展開	サービス検討																
		個人情報の取り扱い検討																
		健康改善サービス																

(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 2-4 2023 年度時点での目標値



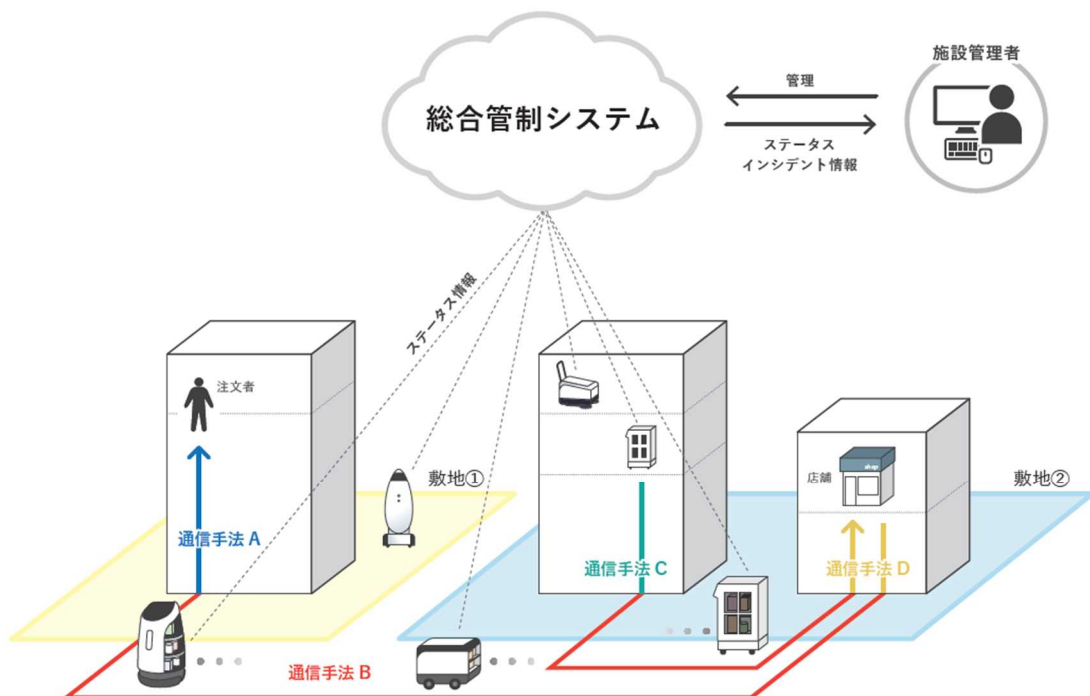
3. 実証実験の位置づけ

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、取り組み内容の精査を行う。

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 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 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



本年度は具体的に、①異業種ロボット同時管制、②インシデント対応体制構築といった各種サービスの拡充に必要な技術実証を行う。

(1) 異業種ロボット同時管制

i. 実証実験のロードマップ上の位置づけ

図表 3-2 実証実験のロードマップ上の位置づけ（異業種ロボット同時管制）

	R2	R3	R4	R5
ロボットデリバリーサービスの実装				
配送ロボットの自動制御実証				
ロボット制御システムによる配送ロボット制御実証				
限定空間でのロボットデリバリーサービス実証				
ロボットデリバリーサービスのサービス提供空間の拡大				
拡大空間でのロボットデリバリーサービス実証				
施設内どこにいても途切れない通信環境の構築				
ロボット種類の拡大				
複数種類・複数台のロボット同時制御実証				
ロボット統合管制の体制構築				
インシデント対応の体制構築				

- 令和3年度においては、実際の店舗とともに実証的にサービス実証を実施し、食品以外のデリバリーに類する配送物の多様化、ロボットによるデリバリー以外の清掃・警備サービスの提供に類する機能の多様化により、ロボットデリバリーサービスの横展開可能性に関する示唆が得られた。
- 一方で、ロボットの導入台数増加及び多様化に伴い、ロボットを管理する人材等の確保が新たに求められ、運用コストの増大が見込まれる。
- 本実証実験では、ロボットの導入台数増加及び多様化に伴い増加が想定される運用コストを見据えて、運用コスト抑制に資する体制構築の検証を行う。

ii. ロードマップ達成に向けた課題

① 効率的なロボット制御システムの構築

ロボットを活用した各種サービスの実装において、各ロボットに対してシステムの専門事業者を常に配置することは人材確保やコストの点から容易でない。

したがって、ロボットを活用した各種サービスの実装に向け、効率的なサービス運用体制の構築及び運用コストの抑制を目指すことが求められる。

運用コストの抑制においては、複数のロボットを1もしくは管理対象とするロボットの数よりも少数のロボット管理者による管理体制の実現により、運用コストの抑制に資すると想定される。

したがって、少数の管理者による複数ロボットの同時管理体制の構築に向け、複数分野のロボットを統合的に単一担当者が管制できるシステムの構築が必要である。

② ロボット統合管制体制の構築

複数分野のロボットの制御システムの構築だけでなく、運用コスト抑制に資する体制構築も必要である。運用コスト抑制等の観点から、新たにシステムの専門事業者を複数ロボットの管理のために配置する方策ではなく、ロボットが走行している施設等に常駐している施設管理者等による、施設管理業務と並行して実施するロボット統合管制体制の確立が求められる。

③ 大田区課題解決への活用

異業種ロボット同時管制サービスを区の抱える課題の解決に活用する取り組みへの横展開が必要。

iii. 課題解決に向けた本実証実験の意義・位置づけ

① 効率的なロボット制御システムの構築

業種ごとにロボットを管制するだけでなく、業種横断での複数分野のロボットの同時管制を実現することで、さらなる効率化が可能と考えられる。

② ロボット統合管制体制の構築

制御システムという共通プラットフォームを活用することで性質の異なるロボットの統合管制が対応可能となり、単一現場担当者によるロボット管制業務の負担軽減が実現されることが考えられる。

③ 大田区課題解決への活用

大田区の課題解決を図るための横展開に向けた示唆を把握する。

(2) インシデント対応体制構築

i. 実証実験のロードマップ上の位置づけ

図表 3-3 実証実験のロードマップ上の位置づけ（インシデント対応体制構築）

	R2	R3	R4	R5
ロボットデリバリーサービスの実装				
配送ロボットの自動制御実証				
ロボット制御システムによる配送ロボット制御実証				
限定空間でのロボットデリバリーサービス実証				
ロボットデリバリーサービスのサービス提供空間の拡大				
拡大空間でのロボットデリバリーサービス実証				
施設内どこにおいても途切れない通信環境の構築				
ロボット種類の拡大				
複数種類・複数台のロボット同時制御実証				
ロボット統合管制体制				
インシデント対応体制構築				

- ・ 令和2年度においては、ロボット制御システムと配送ロボットの連携を行い、ロボット制御システムからの指示に応じてロボットによる配送を行う技術的実証を実施した。
- ・ 令和3年度においては、令和2年度に実施した技術実証を踏まえ、実際の店舗とともに実証的にサービス実証を実施し、食品以外のデリバリーに類する配送物の多様化、ロボットによるデリバリー以外の清掃・警備サービスの提供に類する機能の多様化により、ロボットデリバリーサービスの横展開可能性に関する示唆が得られた。
- ・ 本実証実験では、ロボットデリバリーサービスの横展開及び連携するシステムの多様化を見据え、インシデントの精緻な特定及び対応に資する体制構築の検証を行う。

ii. ロードマップ達成に向けた課題

① インシデント対応システムの構築

既に構築しているロボットデリバリーサービスはロボット、ロボット制御システム、デリバリーサービスアプリなど複数のデバイスやシステムが連携されているが、令和3年度の実証においてはシステムの連携先が多様であったため、インシデント発生時にその要因の特定が容易でなかった。ユーザーのロボットデリバリーサービス等の複数のシステムが連携された系に関する利便性向上のため、発生したインシデントの特定及び一元的に管理可能なシステムが求められる。したがって、複数のシステムが連携された系におけるインシデントを一元的に管理できるシステムの構築が必要である。

② インシデントへの対応フローの確立

発生したインシデントの特定及び一元的な管理だけでなく、インシデントに対して迅速な初期及

び復旧対応も行う必要がある。

インシデント対応システムに、ロボットのステータス管理やインシデント発生個所の特定、対応策の通知機能等を具備することで、専門性を持たない者でも初期及び復旧対応が可能となると考えられる。

迅速な現場対応の実現及びコスト等の観点から、インシデント対応のための専任者を配置する方策ではなく、常駐している建物の施設管理者等の専門性を持たない者によるインシデントへの一次及び復旧対応フローの確立が求められる。

③ 利用者ニーズの把握・反映

利用者が活用可能及び活用しやすいシステムとするため、利用者（施設管理者等）からインシデント対応システムに対するフィードバックを得て改善する取り組みが必要である。

④ 大田区課題解決への活用

複数のシステムが連携された系におけるインシデント対応体制を区の抱える課題の解決に活用する取り組みへの横展開が必要である。

iii. 課題解決に向けた本実証実験の意義・位置づけ

① インシデント対応システムの構築

インシデント対応システムにおいて、各システム間において情報の授受が行われるか、授受される情報が正確か等の技術検証を実施する。また、実証期間を通じた記録及びシステム構築者や利用者等によるアンケートより、インシデントの検知漏れ等のシステムの信頼性に係る課題及びその対策等を把握する。

② インシデントへの対応フローの確立

インシデント対応システムの構築者や利用者（施設管理者等）等の関係者による実証及びアンケートを通して、サービス実装時に必要となる各関係者のオペレーションの具体化やオペレーション実施にあたっての課題を把握し、サービス実装に適正なオペレーション体制について検討を行う。

② 利用者ニーズの把握・反映

利用者が活用可能及び活用しやすいシステムとするため、利用者アンケートを実施のうえ、令和5年度における実装に向けてインシデント対応システムに対する利用者目線での改善点を把握する。

④ 大田区課題解決への活用

大田区の課題解決を図るための横展開に向けた示唆を把握する。

4. 実証実験計画及び結果

(1) 実証実験で検証を行う仮説

先端技術やサービスの将来的な実装に向けて、令和3年度実証実験で明らかとなった課題の解決のため、本実証実験では下記に示す各技術要素に紐づく仮説の検証を行うとともに、分野横断型ロボット統合管制システムを活用したインシデント対応業務も含むロボット管制業務実証を行い、業務代替のためロボットの導入を行う施設管理者等の利用者ニーズに対応した開発が実装に向けて図られているか検証を行う。

i. 異業種ロボット同時管制

将来的なロボットの導入による利便性向上・業務代替実現に向けては、令和3年度に実証した配送ロボットのみならず清掃、警備などの異業種のロボットの導入を目指している。ロボットを導入するに際してはロボットやシステムの専門事業者を常に配置することは人材確保やコストの観点から困難であるところ、複数のロボット導入にあたってはそのハードルがさらに高くなるものと考えられる。将来的な複数業種・複数台のロボットの導入にあたっては適切かつ効率的なサービス運用体制の構築を行うことで、コストの抑制を目指すことが必要となる。そのため、本実証実験では異業種の複数台のロボットの同時管制を行う分野横断型ロボット統合管制システムの構築を行うことにより、下記に示す仮説の検証を行う。

【検証を行う仮説】

- ・ 業種横断での複数分野のロボットの同時管制が可能となることで単一現場担当者によるロボット管制業務が実現され、さらなる効率化・負担軽減が可能となる。
- ・ 標準インタフェースを活用することで性質の異なるロボットや外部システムとの連携・接続が容易となり、様々なロボット導入に係る開発コスト・工数の削減等が実現される。

ii. インシデント対応体制構築

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ところ、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である。将来的なロボットによる業務代替の本格実装に向けては、ロボットによる業務が円滑に遅滞なく実施されるために、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、本実証実験では分野横断型ロボット統合管制システムと連携したインシデント対応システムを構築することにより、下記に示す仮説の検証を行う。

【検証を行う仮説】

- ・ ロボット管理機能として、ロボットのステータスやインシデント発生個所を一元的に管理、対応策を示すことのできるシステム（インシデント対応システム）を構築することで、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）。

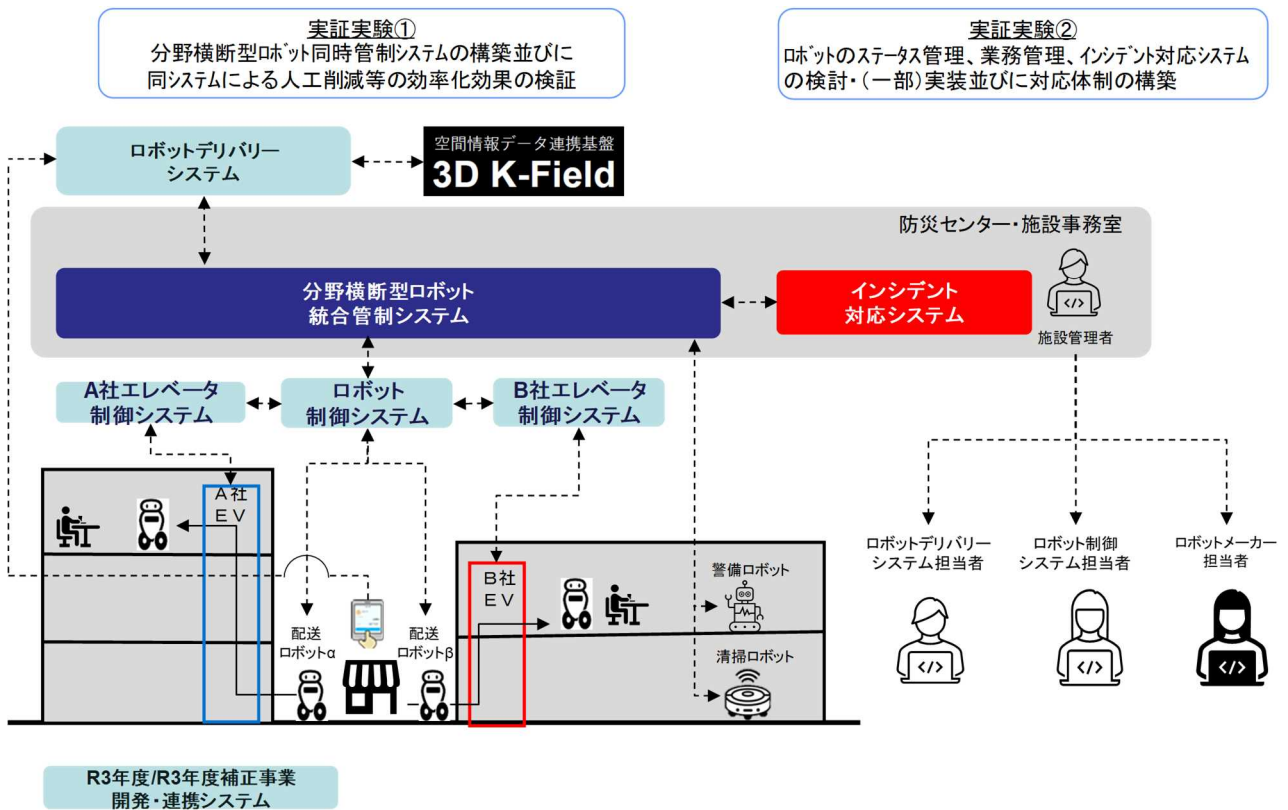
(2) 実証実験の全体像及び進め方

i. 実証実験の全体像

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、本年度は①分野横断型ロボット統合管制システムの構築並びに同システムによる人工削減等の効率化効果の検証、②インシデント対応システムの一部実装並びにインシデント対応体制の構築といった、ロボット導入に際する管制やインシデント対応体制の構築に向けた実証実験を実施する。

本実証実験では令和3年度及び令和3年度補正事業にて開発・連携を行った各種システムと本実証で開発を行う分野横断型ロボット統合管制システムを連携させることにより、異業種・複数台のロボットの同時管制を可能とするシステム系を構築するとともに、同システムを活用したロボット管制オペレーションの実証を行う。また、本事業で開発を行うインシデント対応システムと分野横断型ロボット統合管制システムを連携させることにより、分野横断型ロボット統合管制システムで収集・統合したロボットのステータスに関する情報等を基に検出・管理を行うインシデント情報をインシデント対応システムを通じて施設管理者に通知を行い、同システムを活用したインシデント対応オペレーションの検証を行う。

図表 4-1 実証実験の全体像



ii. 実証実験の進め方

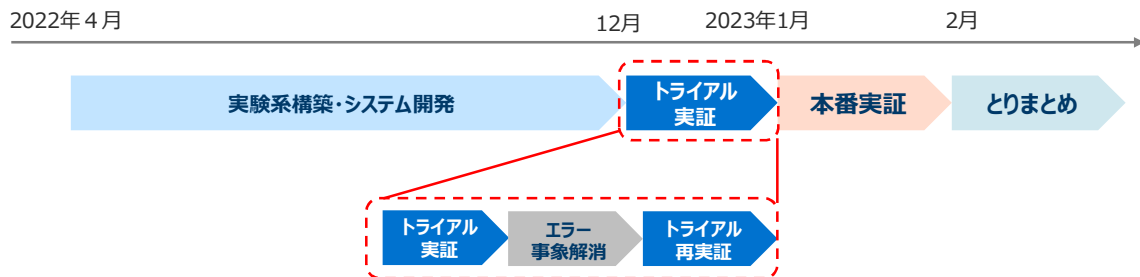
本実証実験はトライアル実証と本番実証の2段階の実験によって構成する。

トライアル実証は、開発を行ったシステムの機能検証に加えて、サービス利用者に向けて実際にサービスを提供する本番実証を円滑に実施するために、サービス提供における一連の動作やオペレーションを想定したシナリオ検証を実施し、本番実証実施に際する課題点を事前に把握のうえ、必要に応

じてシステムの改修やオペレーション方法の修正を行うものである。

本番実証は、実際にサービスを提供する実証実験を行うことで、仮説の実証に向けたサービスの効果や課題を把握することを目的に実施するものである。

図表 4-2 トライアル実証並びに本番実証の進め方のイメージ



(3) トライアル実証の内容及び結果

i. 異業種ロボット同時管制

- ・ 通常は業務ごとにロボット管制業務を実施するところ、制御システムを活用することで分野横断的にロボット管制が可能か実証を行う。
- ・ 警備会社及び施設管理者が分野横断型ロボット統合管制システムを一定期間運用し、通常業務との並行した管制業務が実施可能か検証する。

図表 4-3 異業種ロボット同時管制に係るトライアル実証検証項目

大項目	中項目	小項目	概要
システム開発	分野横断型ロボット統合管制システム動作検証	複数業種ロボットを同時に管制可能か	清掃ロボット、警備ロボット、配送ロボットが同時に適切に稼働し、同時に管制が可能か検証する。
		インシデント・管理システムをインタフェースとして管理者がロボットの状況を統合的に確認できるか	統合管制に必要な情報が施設管理者等に分かりやすいように適切に表示・通知されるか確認する。
		ロボットの状況がメールにより適切に通知されるか	
	分野横断型ロボット統合管制システム導入メリット	分野横断型ロボット統合管制システムへの接続の共通 API 化によるコスト低減効果等のメリット及び課題の把握。	分野横断型ロボット統合管制システム導入によるメリットや、開発・導入に際する課題を把握する。
シナリオ検証	サービス運用・管理体制検証	統合管制の体制について適切に実施できるか確認する	管理者にとって快適な UI になっているか検討する。
		統合管制のための環境構築が可能か確認する	モニター及び PC の設置、ネットワーク接続など定常的にインシデント・管理システムの画面を表示可能な環境があるか確認する。
		通常業務を実施しながら清掃ロボットの充電や清掃対応等の各業務が実施可能か、また、その実施方法を確認する	統合管制を踏まえたロボット対応の実働の可能性を確認する。
		通常業務を実施しながらデリバリーロボットの充電や清掃対応等の各業務が実施可能か、また、その実施方法を確認する	
		通常業務を実施しながら警備ロボットの充電や清掃対応等の各業務が実施可能か、また、その実施方法を確認する	

① システム開発 システム動作検証

ア 仮説の検証に向けた調査方法

- ・ 分野横断ロボット統合システムが複数業種ロボットを管制する際に適切に動作するか検証する。

図表 4-4 システム開発 システム動作検証 仮説の検証に向けた調査方法

検証方法	<ul style="list-style-type: none"> ・ 複数業種のロボット同時に稼働させ、統合管制業務を実施し下記事項を把握する。 【複数業種ロボット同時稼働】 ・ 清掃ロボット、警備ロボット、配送ロボット（1～2台）スタンバイ状態 ・ ロボット制御システムより移動指令を転送のうえ、各ロボットが同時並行的に移動を開始し、最終目的地までロボット同士の衝突などのトラブルなく到着することが可能か確認する。 ・ ロボット座標、時刻、その他情報を分野横断型ロボット統合管制システムで適切に収集されているか確認する。 【管制情報の表示・通知】 ・ インシデント・管理システム上に各ロボットのステータスがリアルタイムに表示されているか確認する。 ・ ダミーで発出したロボット管制業務指示やインシデントが正しく管理画面に表示・通知されるか確認する。 ・ ダミーで発出したロボット管制業務指示やインシデントが正しく管理画面や専用端末に表示・通知されるか確認する。
取得データ	<ul style="list-style-type: none"> 【複数業種ロボット同時稼働】 ・ 実証風景をビデオ撮影 ・ ロボットログ ・ ロボット制御システムログ ・ 分野横断型ロボット統合管制システムログ 【管制情報の表示・通知】 ・ ロボットログ ・ ロボット制御システムログ ・ 分野横断型ロボット統合管制システムログ ・ インタフェース画面（スクショ、画面録画 等） ・ ダミーインシデントロボット管理指示情報
分析事項	<ul style="list-style-type: none"> 【複数業種ロボット同時稼働】 ・ ロボットの走行が失敗した場合は異常要因を取得データを基に分析 ・ 統合管制システムが正しくログを取得できていない場合は異常要因を取得データを基に分析。 【管制情報の表示・通知】 ・ 管理画面に正しく表示されない場合は要因を取得データを基に分析

イ 実験結果

複数業種のロボット同時に稼働させ、統合管制業務を実施し、複数業種ロボット同時稼働及び管制情報の表示・通知が適切に動作するか検証した。

- ・ 複数業種ロボット同時稼働

清掃ロボット、警備ロボット、配送ロボット（1～2台）のロボットを同時並行的に移動させ、最終目的地までロボット同士の衝突などのトラブルなく到着することが可能であることを確認した。また、エレベータ連携に際してはエレベータ1台に対してロボット1台

の搭乗を前提としているが、エレベータの順番待ちが発生した場合においても、エレベータ待機中の衝突やエレベータへの搭乗に際する競合が発生することなく、順次乗り込むことができることを確認した。

配送ロボットがロボットデリバリーサービスのシナリオに基づく走行を行う場合、現状はロボットデリバリーシステムの仕様上、店舗前での待機場所とゴール地点について、同一地点がロボットへ指定されることから、同一店舗での待機、同一地点への配送については競合が発生し、複数台並行して実施することができない状況である。今後は分野横断型ロボット統合管制システムとの所掌分担、連携に関する改修等、エレベータホールでの待機と同様に店舗前やゴール地点でも衝突や競合が発生しないように処置を行う必要がある。

・ 管制情報の表示・通知

ロボット座標、時刻、その他ロボットのステータスに係る情報について、ロボット制御システムを通じて分野横断型ロボット統合管制システムで一元的に管理・表示することが可能であることを確認した。

機能検証のためダミーで発出したロボット管制指示やインシデントに関する情報について、清掃ロボット、警備ロボットについてはロボット管制業務のユーザーインタフェースに正しく表示されることを確認した。なお、配送ロボットに係るインシデントについてはロボット制御システム側の設計不備に伴い、分野横断型ロボット統合管制システム上では確認できるもののインシデントシステム上へ連携ができなかったため、本番実証に向けてはロボットデリバリーサービスのインシデントを分野横断型ロボット統合管制システム並びにインシデント対応システム上で管理することとした。

図表 4-5 分野横断型ロボット統合管制システムにおけるインシデント通知画面



図表 4-6 インシデント通知画面（通知詳細）



② システム開発 導入メリット及び導入に当たっての課題把握

ア 仮説の検証に向けた調査方法

- ・ 分野横断ロボット統合システム構築により得られることが分かったメリット及び導入にあたっての課題を把握する。

図表 4-7

システム開発 導入メリット及び導入に当たっての課題把握 仮説の検証に向けた調査方法

検証方法	<ul style="list-style-type: none"> ・ 分野横断ロボット統合システム構築に係るメリット及び課題について、ロボット接続に係るシステム開発者に対してアンケートを実施
アンケート項目	<ul style="list-style-type: none"> ・ 分野横断ロボット統合システム導入のメリット <ul style="list-style-type: none"> ✓ 制御システムがあることによる新規ロボット導入期間短縮効果（従前を 100 とした場合の時間をイメージ） ✓ ロボットのバージョンアップ対応の簡略化効果 ✓ 新規メーカーの参入障壁低減効果 ・ 分野横断ロボット統合システム導入に係る課題 <ul style="list-style-type: none"> ✓ システム構築に当たって生じた課題 ✓ 施設条件等による影響の有無 ✓ 他施設展開時に想定される課題
分析事項	<ul style="list-style-type: none"> ・ ロボットごとに制御システムに接続するための開発をする場合のコストと、制御システムへの接続のための共通 API を活用して接続する場合のコストを算出・比較 ・ システム開発を経て明らかになった事項 ・ 横展開可能な施設条件

イ 実験結果

分野横断ロボット統合システム構築に係るメリット及び課題について、ロボット接続に係るシステム開発者に対してアンケートを実施して把握した。

・ 分野横断型ロボット統管制システムの導入メリット

分野横断型ロボット統管制システムが導入されることで、新規ロボットの追加における作業の効率化があることが確認され、概ね従前の70%の作業量(30%の効率化効果)となることが期待されることが分かった。一方で、導入後のロボットのバージョンアップ対応については、現状では簡略化効果が見込まれないため、今後は分野横断型ロボット統管制システムにおいて、ロボットのバージョン管理を実施可能にする必要があることが把握された。

また、分野横断型ロボット統管制システムの導入によりロボットの保守コスト削減が見込めることや管制システムのAPIを標準化していることで開発時間が低減されることから新規メーカーの参入障壁の低減効果が見込まれる。

加えて、分野横断型ロボット統管制システムによりエレベータ連携が共通化されていることで、他メーカーエレベータの追加対応時もロボット側には特に追加開発は不要となった。このように、分野横断型ロボット統管制システムを中心としたシステム設計にすることで、他のシステムとの連携が容易になる。

図表 4-8 システム開発 導入メリット及び導入に当たっての課題把握 実験結果

視点	メリット
分野横断型ロボット統管制システムがあることによる新規ロボット導入期間短縮効果はどの程度期待されるか。 (従前を100とした場合の導入時間)	<ul style="list-style-type: none"> 新規ロボット導入期間短縮効果としては、ロボットや業務内容にもよるが20~70の範囲で短縮できると思われる。 ロボット制御システムは一部ログがブラックボックス化しているため詳細の確認ができないが、分野横断型ロボット統管制システム上では網羅的なログ収集が可能となるため、新規導入ロボットの動作確認が容易になる。
ロボットのバージョンアップ対応の簡略化として期待される効果。	<ul style="list-style-type: none"> 標準化されたインタフェースを採用することで、分野横断型ロボット統管制システム上でのロボットのバージョン管理が可能となることが期待される。
新規メーカーの参入障壁低減が期待されるか。また、その理由。	<ul style="list-style-type: none"> 分野横断型ロボット統管制システム上でロボットに関するステータスのログ情報収集が可能となるため、一定のインシデントについては専門事業者ではないユーザー(施設管理者等)でも対応が可能となり、ロボットの保守コスト削減が見込め、新規メーカー参入障壁の低減につながると期待される。 従来はロボット制御システムとロボット双方の開発が必要だったが、分野横断型ロボット統管制システムのAPIやインタフェースをメーカーに依存することのないように標準化することで、開発時間が低減され、新規メーカー参入障壁の低減につながると期待される。
その他の期待される効果	<ul style="list-style-type: none"> 分野横断型ロボット統管制システムにより、施設内のロボット機種を一元管理することで現場での運用や保守のコスト削減が見込める。 分野横断型ロボット統管制システムと連携する様々なロボット制御システムとのインタフェースを整えることでシステム連携の横展開が容易になる。 エレベータ連携も共通化されており、他メーカーエレベータの追加対応時もロボット側には特に追加開発は不要となる。

- ・ 制御システムの導入に当たっての課題

制御システムにおいては、業務ごとのロボットからステータスやエラー情報等が集約されるため、エラー情報の種類や通知タイミング等の標準化が必要であることが把握された。

図表 4-9 制御システムの導入に当たっての課題

<ul style="list-style-type: none"> ・ ロボット制御システムで異常が発生した際にどのようなエラーが発生したのか、復旧完了したのかが特定できない。 ・ 業務ごとにロボットから上がってくるエラーの種類、通知タイミングを標準化し業務手順の増加、煩雑化が起らないように対策しておくべき

- ・ 施策横展開を見据えた際に留意すべき事項

現在は分野横断型ロボット統合管制システムと連携させる外部システムが少ないが、今後横展開をする際に、連携するシステム数が多くなった場合にシステム負荷が高まることへの対応が必要となることが把握された。また、分野横断型ロボット統合管制システムを活用してロボット管制業務としての判断やロボットの一次対応、復旧しなかった場合の事業者への連絡～復旧確認を正確に行える、ロボットやシステムに関する一定程度の知識を備えた人材が施設管理の現場に必要となることが把握された。

③ シナリオ検証 サービス運用・管理体制検証

ア 仮説の検証に向けた調査方法

- ・ ロボット統合管制業務の実施方法の確認等、ロボット統合管制のオペレーション方法について共有する。
- ・ ロボット統合管制のオペレーションの課題を把握し、必要に応じてオペレーション方法の修正を行う。

図表 4-10 シナリオ検証 サービス運用・管理体制検証 仮説の検証に向けた調査方法

検証方法	<ul style="list-style-type: none"> ・ 統合管制者へオペレーション方法を説明のうえ、通常の警備業務、清掃業務に加えてロボット統合管制業務を半日程度実施する。 ・ 実施主体として、警備会社、施設管理者の2社がそれぞれ実施する。 ・ オペレーション検証後、分野横断型ロボット統合管制システムに関するUIやオペレーションの実現可能性・課題点などについてアンケートを実施する。
アンケート項目	<p>【統合管制の体制の円滑性】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 統合管制業務の実施に当たっての不明点や実証実験実施に向けた懸念点。 ・ 通常業務への影響の有無、程度 <p>【通常業務との兼務】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 通常業務を実施しながら清掃ロボットの充電や清掃対応等の各業務が実施可能か。実施に当たっての課題や支障があるか。 ・ 通常業務を実施しながらデリバリーロボットの充電や清掃対応等の各業務が実施可能か。実施に当たっての課題や支障があるか。 ・ 通常業務を実施しながら警備ロボットの充電や清掃対応等の各業務が実施可能か。実施に当たっての課題や支障があるか。
分析事項	<ul style="list-style-type: none"> ・ 実証実験までに改修が求められる事項 ・ 実証実験を円滑に実施するために必要なオペレーションの改善点

図表 4-11 分野横断ロボット統合管制業務オペレーション（イメージ）
警備会社が実施する場合

分野横断ロボット統合管制業務オペレーション（イメージ）
警備会社が実施する場合

業務項目		9:00-10:00	10:00-11:00	11:00-12:00	12:00-13:00	13:00-14:00	14:00-15:00
施設管理業務							
警備業務	通常業務	緊急時対応					
	ロボット警備業務	巡回		巡回		巡回	
		一体で実施（1名体制：実証のために一人を張り付ける）					
		警備ロボットモニタリング					
統合管制業務	共通	ロボットモニタリング（管制用モニター・PCの設置、1時間に1回各ロボットのステータスを確認する）					
		インシデント対応（メール通知があった際にインシデント内容の確認と必要な対応を行う）					
	清掃ロボット管制	ロボットの セット	充電・ごみ捨て				ロボットの 格納
	配送ロボット管制	ロボットの セット	充電・かご清掃				ロボットの 格納

図表 4-12 分野横断ロボット統合管制業務オペレーション（イメージ）
施設管理者が実施する場合

分野横断ロボット統合管制業務オペレーション（イメージ）
施設管理者が実施する場合

業務項目		9:00-10:00	10:00-11:00	11:00-12:00	12:00-13:00	13:00-14:00	14:00-15:00
施設管理業務		一体で実施（●名体制：実証のために張り付けない）					
		施設管理業務					
警備業務	通常業務						
	ロボット警備業務						
統合管制業務	共通	ロボットモニタリング（管制用モニター・PCの設置、1時間に1回各ロボットのステータスを確認する）					
		インシデント対応（メール通知があった際にインシデント内容の確認と必要な対応を行う）					
	清掃ロボット管制	ロボットの セット	充電・ごみ捨て				ロボットの 格納
	配送ロボット管制	ロボットの セット	充電・かご清掃				ロボットの 格納

イ 実験結果

実証実験に参加して実際にロボット統合管制業務を実施する企業に対して、ロボット統合管制業務の実施方法の確認等、ロボット統合管制のオペレーション方法について共有したうえで、ロボット統合管制のオペレーションの課題を把握し、必要に応じてオペレーション方法の修正を行った。

・ 統合管制の体制の円滑性・通常業務との兼務

統合管制業務の円滑な実施に当たっては、ロボットの統合管制と現在実施している通常業務の兼務は可能であるが、インシデント発生時に即時の対応を求められることを想定すると、現状の体制よりも拡充することが必要となるという意見があった。なお、対応の即応性の観点からは、ロボット管制業務専属の担当者を増員するのではなく、いつでも誰かが対応できるよう、チームとしての即応能力を生かす方向性が必要であるという意見が得られた。

また、現在実施している主な業務の業務範囲と統合管制業務の範囲が整合していることが望ましいという意見が得られた。特に、業務を横断する場合（例えば、清掃ロボットの管制業務を、施設の清掃業務を担っていない施設管理企業が実施するなど）には役割分担が不明確になるのではないかという意見があった。

図表 4-13 統合管制の体制の円滑性・通常業務との兼務に関する意見

- ・ 業務契約に即したシステム運用ができるとやりやすいと感じた。
- ・ 実際には現場ではなく本社とのやりとりで運用（どこまで対応するか）を決めてコストパフォーマンスも考えたうえで、ルールを決めての導入になるのではないかと思われる。
- ・ たとえば、管理会社は異なっても地区ごとの警備ロボットを一括して見られる、地区として管理できると良いのではないか。

・ 統合管制環境の構築

統合管制の環境については、ロボットの情報の表示に加え、ロボットの様子が表示される映像情報があることがより望ましいことや、統合管制に関わる情報の通知が常に見える環境が望ましいという指摘があった。一方で、通知は即応の必要がある情報に絞る必要性も指摘された。

図表 4-14 統合管制環境の構築に係る意見

- ・ ロボットの様子が分かるカメラがあると良い。
- ・ 分野横断型ロボット統合管制システムはウェブで URL に接続すると誰でも見られるとしても、画面を開いていないと通知が来ない場合は、施設全体で画面を開きっぱなしにして、通知が来るようにすることが良い。
- ・ スマートフォンやタブレット端末のアプリで管理できると良い。
 - ✓ 通知をすぐにみられる方法を取ってほしい。
 - ✓ 対応が不要な事項の通知は来ず、必要な物だけシステムで取捨選択する必要がある。不要な通知が多いと、通知の確認頻度が落ちてしまう懸念がある。

ii. インシデント対応体制構築

- ・ 専門性を持たない者による各種ロボットサービスのインシデント対応可能性を検証する。
- ・ 施設管理者が各種ロボットサービス及びインシデント対応システムを一定期間運用し、施設管理者では対応ができない専門事業者が対応すべき事象を把握する。

図表 4-15 インシデント対応体制構築に係るトライアル実証検証項目

大項目	中項目	小項目	概要
システム開発	動作検証	インシデントの検知	現場の機器と制御システム間にて、インシデントの特定に必要な情報が共有されるか検証する。
		インシデントの特定	インシデントに関する原因や発生場所等、事象を正確に特定できるかを検証する。また、対応方法についても判定することが可能か検証する。
		インシデントの通知	インシデント及び対応方法を適切に通知できるかを検証する。
		復旧処理	インシデントの対応後、システム上で復旧完了と処理されるかを検証する。
	課題把握		インシデント対応システム構築にあたっての課題を把握。
シナリオ検証	インターフェースの最適化	UIの最適化	管理者にとって快適なUIになっているか検討する。

① システム開発 インシデント検知・特定・通知と復旧処理

ア 仮説の検証に向けた調査方法

- ・ 現場の機器とみか制御システム間にて、インシデントの特定に必要な情報が検知・通知されるか検証する。
- ・ また、インシデントに関する原因や発生場所等、事象を正確に特定したうえで対応方法を判定し、対応後に復旧完了と処理されるか検証する。

図表 4-16

システム開発 インシデント検知・特定・通知と復旧処理 仮説の検証に向けた調査方法

検証方法	<ul style="list-style-type: none"> ・ 意図的にダミーのインシデント事業を発生させ、ロボットを走行不能にする <p>【インシデント検知】</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ インシデントを判定する際に必要となるロボットのステータス等の情報がシステム上に伝達されるかを検証する <p>【インシデント特定】</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ インシデント検知の検証に続き、伝達された情報を基にインシデント事象の特定、発生場所の特定、原因、対応方法の判定が可能か検証する <p>【インシデント通知】</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ インシデント特定の検証に続き、特定された各種情報が正しくインシデント対応システム上に表示・通知されるか検証する <p>【復旧処理】</p>
------	---

	✓ インシデント通知の検証に続き、通知された対応方法に基づき、インシデント対応を実施
取得データ	<ul style="list-style-type: none"> ・ ロボットログ ・ ロボット制御システムログ ・ 分野横断型ロボット統合管制システムログ ・ インシデント対応システムログ
分析事項	・ 正しく復旧処理されない場合は要因について取得データを基に分析

イ 実験結果

・ インシデント対応システムの機能検証

現場の機器と分野横断型ロボット統合管制システム間にて、インシデントの特定に必要な情報が検知・通知されるか検証した。また、インシデントに関する原因や発生場所等、事象を正確に特定したうえで対応方法を判定し、対応後に復旧完了と処理されるか検証した。

【検証方法】

意図的にダミーのインシデント事象を発生させ、インシデントを判定する際に必要となるロボットのステータス等の情報がシステム上に伝達（検知）されるかを検証した。

インシデント検知の検証に続き、伝達された情報を基にインシデント事象の特定、発生場所の特定、原因、対応方法の判定が可能か、また、特定されたインシデントに対して、その各種情報が正しくインシデント対応システム上に表示・通知されるか検証した。

最後に、通知された対応方法に基づき、インシデント対応を実施し、対応後にシステム上で復旧完了と処理されるか確認した。

【検証結果】

構築したシステムの稼働検証のために、以下の手順で検証を実施した。

- A) 発生が想定されるインシデントを意図的に発生
- B) インシデント発生に伴い検知・通知される情報の確認
- C) インシデントへの対応方法及び復旧完了処理の有無の確認

事前に発生が想定される全 13 件のインシデントを意図的に発生させ、検知から復旧対応までの検証を実施し、うち 12 件については正常にシステムが稼働することが確認された。

正常にシステムが稼働しなかったシステム稼働検証のうち、インシデントの検知漏れが 1 件確認された。当該の 1 件については、ロボットの非常停止ボタン押下に対する検知漏れであり、ロボットとロボット制御システム間のインシデントに関する情報は連携されたものの、ロボット制御システムと分野横断型ロボット統合管制システム（または、インシデント対応システム）間の情報不伝達に起因して検知漏れが生じた。

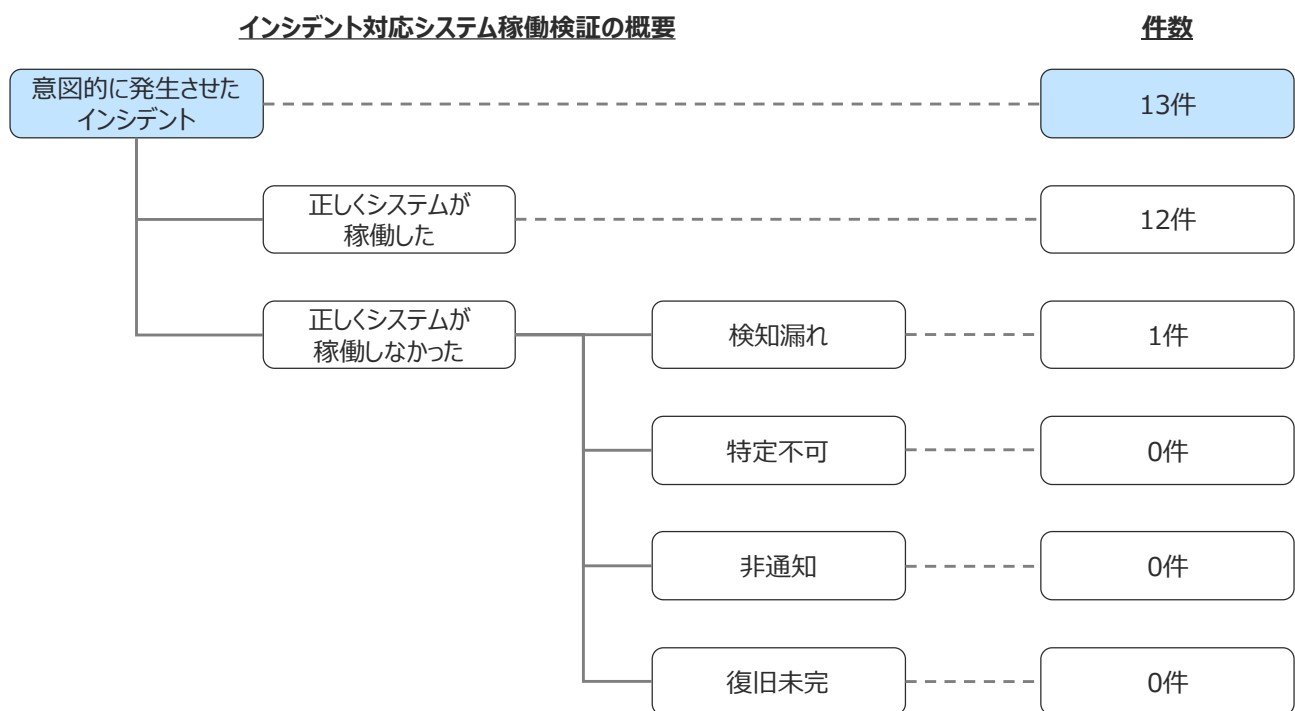
インシデントの特定に関する検証については、インシデントを特定できなかった事象は発生しなかった。検知されたインシデントの種類により特定に必要な情報は異なるが、インシデントの発生時刻や発生場所、該当するロボット等の情報が検知されることでインシデントが特定されることが確認された。

インシデントの通知に関する検証については、インシデントが通知されない事象は発生しなかった。インシデントの特定に必要な情報に加え、特定されたインシデントに対する初期対応の手順やロボットデリバリーサービスに関するインシデントにおいては注文に関する情報が通知された。

インシデントの復旧処理に関する検証については、(対応不要なインシデントを除き)インシデントへの対応後に復旧されなかった事象は発生しなかった。ただし、復旧対応後にシステム内部で対応完了したことを検知する機能はなく、インシデントへの対応者がインシデント対応システム上の対応完了ボタンを押下することにより、復旧完了処理がなされる仕様となっている。

上記の実証をまとめると、意図的に発生させたインシデントに対して1件の検知漏れが生じたが、その他のインシデントについては検知から復旧完了まで正常に処理された。一方で復旧完了処理については、対応者が復旧対応後に対応完了ボタンを押下することで対応完了扱いとなる仕様であり、対応者による初期対応手順がシステムとして正しく復旧処理がなされたか確認できないことから、対応者が復旧処理の完了/未完の判断に迷うケースが生じることが想定される。

図表 4-17 意図的に発生させたインシデントと検証結果 (システム構築者へのアンケートより)



② システム開発 課題把握

ア 仮説の検証に向けた調査方法

- ・ インシデント対応システム構築に際して、開発着手後に明らかになった課題や横展開を見据えた際に留意すべき事項等の課題を把握。

図表 4-18 システム開発 課題把握 仮説の検証に向けた調査方法

検証方法	・ インシデント対応システム構築に係る課題点などについてアンケートを実施
アンケート項目	・ インシデント対応システム構築に係る課題（システム開発着手後に明らかになった課題、横展開を見据えた際に留意すべき事項 等）
分析事項	・ インシデント対応システム開発着手後に明らかになった事項 ・ 横展開を見据えた際に留意すべき事項

イ 実験・分析結果

- ・ システム構築に際して明らかとなった主な課題

インシデント対応システム構築を通じて1つのインシデント発生要因に対して複数のインシデント検知並びに復旧方法の提案が行われるケースが起こることが明らかとなった。インシデントの発生要因の分析とインシデントの検知並びに復旧方法の通知内容の対応関係の精査が求められる。

また分野横断型ロボット統合管制システム並びにインシデント対応システムと連携を行うロボット制御システムなどの外部システムやロボットがメンテナンスなどで正常に稼働できない状況となった際に、インシデントとして検知し続ける設計である事が明らかとなった。実装に向けてはメンテナンスなど計画的な不稼働が発生する際にはインシデント対応システムとの連携を切断するなどの設計の反映が求められる。

- ・ システムの横展開を見据えた際の主な留意事項

一般的な留意事項として、インシデントの発生をメールのみで通知する場合、同一のIPアドレスからインシデント通知メールを連続送信する仕様にて長期的に運用すると、プロバイダからのIPレピュテーションが低下し、施設管理者等がメールを受信できないことや迷惑メールとして振り分けられ、インシデント発生確認が遅延する懸念が確認された。本実証ではインシデントの発生を通知する手段はメールによる通知手段のみであったため、今後、システム利用者のオペレーション方法に合わせた通知手段の実装を検討する必要がある。

連携するロボット・システムを追加する際の留意事項として、エレベーターとのシステム連携等、本システムは物理空間と密接に連携されているため一つのインシデントが施設全体に普及する障害が発生するリスクを抱えている等が得られた。したがって、ロボット・システムの連携数拡大に向け、導入に際して生じるエラーやインシデントに係るリスクを最小限に抑制可能な導入方法の検討が必要である。

また、ロボット・システムの連携数の増加に伴い生じる課題及び留意事項については、ロボットやアプリケーションの連携数の増加に伴いインシデントの発生頻度が高頻度となることが予想され、インシデント発生の都度通知する単純仕様では通知数が膨大となり、施設管理者等が優先的に対応すべきインシデント事業が不明となることが懸念された。したがって、ロボット・システムの連携数拡大後に生じるシステム及びオペレーションに関する課題に焦点を当てた検討が必要である。

③ シナリオ検証 UI の最適化・オペレーションの検証

ア 仮説の検証に向けた調査方法

- ・ インシデント対応システムの確認方法等、統合管制者のオペレーション方法について教育を実施。
- ・ インシデント対応システムの UI や通知確認から対応までのオペレーションの課題を把握し、必要に応じてシステムの改修やオペレーション方法の修正を行う。

図表 4-19 シナリオ検証 UI の最適化・オペレーションの検証 仮説の検証に向けた調査方法

検証方法	<ul style="list-style-type: none"> ・ 統合管制者へオペレーション方法を説明のうえ、ダミーのインシデント事象への対応オペレーションを複数回試行 ・ オペレーション検証後、インシデント対応システムに関する UI についてアンケートを実施
アンケート項目	<ul style="list-style-type: none"> ・ インシデント対応システムの UI に関する課題（インシデントを確認しやすい UI であるか、通知がわかりやすいか 等）
分析事項	<ul style="list-style-type: none"> ・ 実証実験までに改修が求められる事項

イ 実験結果

インシデント対応システムの確認方法等、統合管制者のオペレーション方法について教育を実施したうえで、インシデント対応システムの UI 等に係る課題を調査した。

● システムの UI に関する主な課題

インシデント対応システムの UI に関する課題について、以下に記す。得られた課題についてはインシデント発生時に音による通知機能がないことや、文章のみのインシデントへの対処方法の理解は限定的等、直感的に理解しにくい UI であることが挙げられている。

図表 4-20 実験結果 システムの UI に関する主な課題

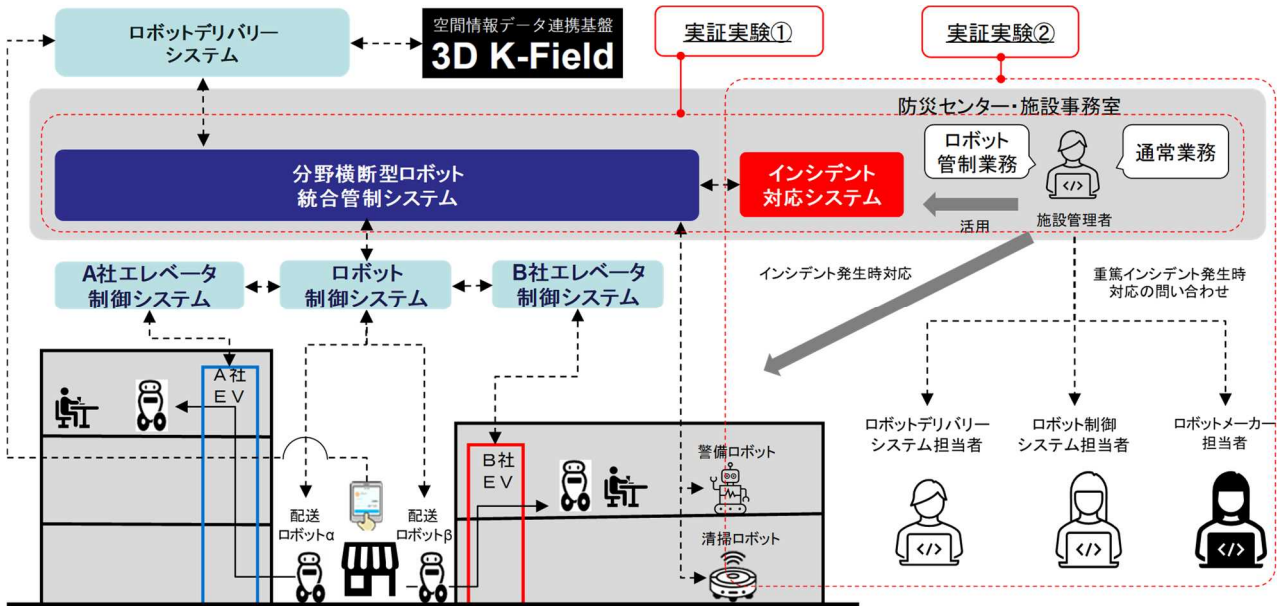
分類	UI に関する課題の内容
音声	インシデントを検知した際、メールによる通知のみで、音での通知がなされない。インシデントの検知に気づかない可能性がある。
情報の判読性	操作手順を見ても何を操作すべきか理解できなかった。 インシデントへの対処方法の通知の際、文章のみの対処方法でもある程度理解可能であるが、画像やオペレーションマニュアルへのリンクが付されていると情報の理解性が増し、インシデントへの対応速度が向上することが期待できる。
情報の視認性	インシデント対応システムの管理画面上に、施設管理者には理解できないロボットのログ情報が表示されている。
情報の検索性	インシデント等の情報を確認する際、管理画面が自動で更新されないため、新しい情報の取得に一作業要する。

(4) 本番実証の内容及び結果

i. 本番実証実験系

- 各シナリオで走行している警備・清掃及び配送ロボットに対して、分野を横断した制御システムの活用により、一元的な管理・監視を構築する。
- また、各ロボットにて発生したインシデントに対して、インシデント事項及び原因を分析のうえ施設管理者に通知するシステムの活用により、監理体制を高度化する。

図表 4-21 実証実験系イメージ



ii. 実験実施概要

図表 4-22 実験実施概要

項目	概要
実施期間	・ 1月16日～1月27日
実施時間	・ 各日終日
実施場所	・ デリバリーロボット：ゾーン D1～3 階、ゾーン K3、5 階 ・ 警備ロボット：ゾーン K2 階 ・ 清掃ロボット：ゾーン K3 階
使用ロボット	・ デリバリーロボット：2台 (2種類) ・ 警備ロボット：1台 ・ 清掃ロボット：1台

iii. 検証項目

① 異業種ロボット同時管制

- 実証期間中に分野横断ロボット制御システムを運用し、通常業務と並行して管制業務が実施可能か検証する。
- 警備会社及び施設管理者へのアンケートを通じて業務の効率化効果等の商用化に向けた満

足度・課題等の把握を実施する。

図表 4-23 検証項目 異業種ロボット同時管制

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	システム稼働の モニタリング	インシデント・管理システムに適切に情報が表示され続けたか
		不具合事象の把握 及び解消方法の 検討	信頼性を担保したシステム提供に向けた課題抽出のため、システムの不具合事象等のトラブルを記録し原因を明らかにするとともに解消方法を検討する。
		統合管制業務の 精査	統合管制に伴い想定していた以上に対応が必要な事項があるか
		システム改善点 の把握	統合管制のためにインシデント・管理システムに実務上追加が必要な情報があるか
事業モデルの検討 (商用化)	社会受容性の 把握	利用者満足度・ 利用意向・課題 の把握	通常業務との兼務に当たっての可能性や課題をアンケート調査する
	効率化効果の 把握	必要人工の把握	統合管制に要した人工を把握する

② インシデント対応体制の構築

- ・ 実証実験期間中に発生したインシデントへの対応方法の検討を行うとともに、インシデントに対応できない等の不具合事象の把握、施設管理者・システム開発者等の関係者へのアンケートに基づく満足度・課題等の把握を実施する。

図表 4-24 検証項目 インシデント対応体制の構築

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	インシデント事 象、並びにシス テム稼働モニタ リング	実証期間に発生したインシデント事象、並びに処置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。
		システム並びに 運用における不 具合事象の把握 及び改善策の検 討	信頼性を担保したシステム提供に向けた課題抽出のため、インシデント対応システムによる検知漏れや誤検知等のシステムの不具合、想定フローでの円滑な復旧が困難であった事象等のトラブルを記録。原因を特定するとともに改善策を検討する。
事業モデルの検討 (商用化)	社会受容性の 把握	利用者満足度・ 利用意向・課題 の把握	施設管理者・システム開発者などの関係者にアンケート調査を実施のうえ、インシデント対応システムやオペレーションに対する満足度、課題点等を把握する。

iv. 検証方法

① システム構築者へのアンケート

ア 仮説の検証に向けた調査方法

- ・ システム構築者へのアンケート調査により、システムの実用性の検証を実施する。

図表 4-25 アンケート概要

項目	概要
対象者	・ システム開発各社（ECTR、アジアクエスト）の実証実験担当者
実施タイミング	<ul style="list-style-type: none"> ・ システム開発各社様にて実証実験期間中にインシデント発生の有無をモニタリング。 ・ インシデント発生時に発生内容及びその原因等を記録。 ・ 後日必要に応じて施設管理者による対処記録と突合して、検知漏れ等がないか検証する。

図表 4-26 アンケート項目

	大項目	中項目	小項目	アンケート項目
分野横断 ロボット 統管制	実用性の 検証（実 用化）	信頼性の検 証	システム稼働のモ ニタリング	・ 実証期間中のシステムの稼働状況 について
			不具合事象の把握 及び解消方法の検 討	・ （実証期間中のシステムに不具合 があれば）その原因や解決策につい て
インシデ ント対応 システム	実用性の 検証（実 用化）	信頼性の検 証	インシデント事 象、並びにシステ ム稼働モニタリ ング	<ul style="list-style-type: none"> ・ 発生したインシデント及びその原 因 ・ インシデントに対して通知した対 処方法について ・ インシデント対応の開始時刻・完了 時刻
			システム並びに運 用における不具合 事象の把握及び改 善策の検討	<ul style="list-style-type: none"> ・ インシデントに対して検知するこ とができなかった事業 ・ インシデントを誤検知した事象 ・ （実証期間中に不具合事象があれ ば）その原因や解決策について

イ 実験結果

- ・ 分野横断ロボット制御システムの信頼性の検証

分野横断ロボット制御システム構築者が実証実験期間中に発生した不具合についてログ等より確認し、本番実証の実施において生じた分野横断型ロボット統管制システムの不具合及びその原因、解消方法は以下のように把握された。

主にロボット制御システムと 3D K-Field やデリバリーサービスシステム等の外部システムとの連携の問題が原因となり、ロボットステータスの情報連携に不具合が発生したため、システム間連携について、さらなる改善が求められる。

また、実証実験の実施により把握されたその他、課題や懸念、留意事項等としてはインシデント表示機能にリロード機能がないこと、インシデントの対応方法の説明の工夫、

サービスの提供とロボット管制業務の区分の整理が課題として挙げられた。

ロボットを活用したサービス提供に際してはインシデントに関する問い合わせについてはすべてをシステムで完結させることは困難であることが予見されるため、人間系での対応も求められる。システムでの対応と人間系での対応の最適な分界点を精査のうえ、適切な問い合わせ窓口の設置といった運用体制の検討が求められる。

・ インシデント対応システムの信頼性の検証

インシデント対応システム構築者が実証実験期間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、インシデント発生原因や（誤検知等があれば）正しく検知できなかった原因等のシステムの信頼性に係る課題を抽出した。

実証期間中に発生した主なインシデントについて、以下に記す。

実証期間中に発生したインシデントは全 44 件であり、その概要についてはシステム関連のインシデントが約 85%と大多数を占めていた。また、発生したインシデントのうち、重篤なインシデントについては、インシデント全体に対して 80%を占める。

インシデントの復旧処理状況については、全体の 70%のインシデントに対して円滑に復旧された。一方、実証期間中に対応できなかったインシデントは 5 件生じた。当該の 5 件のインシデントの概要については、ロボットデリバリーサービスの決済システムに関するエラーであり、同期間のロボットデリバリーサービスについては無償でのサービス提供であった。したがって、ロボットデリバリーのサービス提供に支障はなかったが、後日システム改修等の対応求められる事象であった。（その他、復旧が不要なインシデントについては店舗の調理が指定された時間内に完了しない等のシステム構築者にて対応不要なインシデント等が該当する）

また、復旧対応方法が不明なインシデントが 2 件生じた。当該のインシデント 2 件については、インシデント対応システムと連携しているロボットデリバリーサービスに起因するインシデントであり、ロボットデリバリーサービスシステムで生じたインシデントに関する詳細情報がインシデント対応システムに連携されなかった。したがって、インシデントの検知のみに留まり、特定や復旧方法が不明なインシデントとなった。

図表 4-27 発生したインシデントの事象概要（システム構築者へのアンケートより）

発生したインシデントの概要	各種件数
発生したインシデントの総件数	44 件
インシデントの概要内訳	システム関連のインシデント：37 件（84%） ハード（実空間）関連のインシデント：4 件（9%） 誤検知：2 件（5%） 検知漏れ：1 件（2%）
インシデントの重篤性	重篤：35 件（80%） 軽微：6 件（14%） 誤検知・検知漏れ：3 件（6%）
インシデント復旧処理の円滑性	円滑に復旧完了：31 件（70%） 復旧不要：3 件（7%） 復旧不可：5 件（11%）（支障はないが、後日システム改修が必要）

	復旧方法不明：2件（5%） 誤検知・検知漏れ：3件（7%）
--	----------------------------------

- ※ 検証用に意図的に発生させたインシデントは除く
- ※ 重篤重篤なインシデント：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

実証期間中に発生したインシデントの検知漏れ及び誤検知について、以下に記す。誤検知に関する不具合については、他の系のインシデントが混同したケースが確認された。

図表 4-28 システムの検知漏れ・誤検知の事象概要（システム構築者へのアンケートより）

主な不具合事象		主な原因
誤検知	デリバリー開始から10分間、ロボットへの移動指示が発令されなかった際に発生するインシデントの誤検知が発生	本来、警備ロボットで一時的に発生するエラーであったが、デリバリーサービスに関するインシデントと誤検知された（他の系のインシデントが混同する可能性がある）
	ロボットが稼働していないにもかかわらず、当該ロボットに係るエラーを検知した	ロボットのサービス提供時間外でホーム待機中のロボットの不具合によりLiDARセンサーが誤検出してエラーを発報した。
検知漏れ	非常停止ボタンを押下した際、インシデント画面に通知はなされるが、メールが配信されない	メールの受信設定（エスカレーションポリシー）がなされていないかった

② システム利用者（施設管理者・警備事業者）へのアンケート

ア 仮説の検証に向けた調査方法

- ・ システム利用者（施設管理者・警備事業者）へのアンケート調査により、システムの実用性検証や事業モデルの検討を実施する。

図表 4-29 アンケート概要

項目	概要
対象者	・ アラコム、鹿島建物総合管理の実証実験担当者
実施タイミング	・ インシデント発生時に発生内容及び実施した対処方法を記録。 ・ アンケート調査にて、ロボット管制業務を実施するにあたっての課題と通常業務との両立の可能性・課題を回答

図表 4-30 アンケート項目

	大項目	中項目	小項目	アンケート項目
分野横断ロボット統合管制	実用性の検証(実用化)	信頼性の検証	システム稼働のモニタリング	・ インシデント・管理システムに適切に情報が表示され続けたか。
			システム改善点の把握	・ 統合管制のためにインシデント・管理システムにおいて表示されるべき情報があるか。
	事業モデルの検討(商用化)	社会受容性の把握	利用者満足度・利用意向・課題の把握	・ 通常業務とロボット管制業務を同時に実施するにあたって発生した問題。 ・ 通常業務と同時にロボット管制業務を実施することは可能か。現時点で困難である場合、その課題。
効率化効果の把握			必要人工の把握	・ 通常業務及びロボット管制業務に要した時間。
インシデント対応システム	実用性の検証(実用化)	信頼性の検証	インシデント事象、並びにシステム稼働モニタリング	・ 実証期間に発生したインシデント事象の内容。 ・ インシデント事象に対し、インシデント・管理システムを活用し処置した内容。 ・ システムによる検知並びに想定フローによる円滑な復旧ができたか。
			システム並びに運用における不具合事象の把握及び改善策の検討	・ 想定フローでの円滑な復旧が困難であったインシデント事象等のトラブルの内容。
	事業モデルの検討(商用化)	社会受容性の把握	利用者満足度・利用意向・課題の把握	・ 通常業務とインシデント対応を同時に実施するにあたって発生した問題。 ・ インシデント対応システムにより通常業務と並行してロボット管制業務を実施することが可能か。現時点で困難である場合、その課題。

イ 実験結果

- ・ 分野横断ロボット制御システムの信頼性並びに社会受容性の検証

実際に警備会社及び施設管理者に分野横断ロボット制御システムを使用した異業種ロボット同時管制業務を実施してもらい、システムへのアンケートを通じて業務の効率化効果等の商用化に向けた満足度・課題等を把握した。

分野横断ロボット制御システムの信頼性、当該システムを使用した異業種ロボット同時管制業務の効率化効果等の商用化に向けた満足度・課題等は以下のように把握された。

【警備会社】

インシデント・管理システムには情報業務に必要な情報が表示されていた。また、ロボット統合管制業務による通常業務への影響としては、現状としては、常に画面監視をしていな

くてはいけないものの、途中での離席が可能であれば、通常業務と兼務することは可能であるとの回答が得られた。なお、業務時間中（24時間）に発生した統合管制業務の作業時間は、実験実施期間の平均で約44.3分であり、勤務時間全体の約3.1%であった。

図表 4-31

実験結果 分野横断ロボット制御システムの信頼性並びに社会受容性の検証（警備会社）

小項目	概要	結果
システム稼働のモニタリング	インシデント・管理システムに適切に情報が表示され続けたか	<ul style="list-style-type: none"> 問題なく表示されていた
システム改善点の把握	統合管制のためにインシデント・管理システムに実務上追加が必要な情報があるか	—
サービス運用・管理体制検証	ロボット統合管制業務による通常業務への影響	<ul style="list-style-type: none"> 操作自体は難しいものではないが、一人が専属で画面を監視する状態になるので、有事の際に動けなくなってしまう。 席を離れても問題ないのであればよいが、現状では問題が起きては困るため、巡回中にもモニター監視が必要になる。 今回は警備員の巡回時間に合わせて、ロボット待機場所での配送ロボットの立上げを行ったため、影響は少なかったが、自動または遠隔でスタートできればより良い。
	ロボット統合管制業務の通常業務との兼務の可能性	<ul style="list-style-type: none"> 兼務することは可能
	ロボット統合管制業務に要する時間	<ul style="list-style-type: none"> 一日（24時間）の警備業務実施時間中、平均44.3分の統合管制業務実施時間が発生した。
その他改善点	その他、通常業務に加えてロボット管制業務を実施することの課題や懸念、システムの改善点など留意事項等	<ul style="list-style-type: none"> 警備ロボットであるとアピールするものが無い。パトライトを付けるとか、巡回警備中の表示をすると良いのではないかと。 カメラで取得した映像情報から、落とし物を発見する機能や発見した場合のアラームなどがあるとより良い。

【施設管理者】

インシデント・管理システムからメールへの通知がされない不具合があった。また、ロボット統合管制業務による通常業務への影響としては、本実証実験においては通常業務に影響はなかったものの、日常業務に加わる場合は複数分野の業務にまたがる業務となるため実現が困難である見通しが得られた。なお、業務時間中（24時間）に発生した統合管制業務の作業時間は、実験実施期間の平均で約15.7分であり、勤務時間全体の約1.1%であった。加えて、統合管制業務の適切な実施にはロボットを統合管制することが出来るノウハウ・リテラシーを有する管制員をインシデント発生時に即応が可能な体制で配置することが望ましいという意見があった。

図表 4-32

実験結果 分野横断ロボット制御システムの信頼性並びに社会受容性の検証（施設管理者）

小項目	概要	結果
システム稼働のモニタリング	インシデント・管理システムに適切に情報が表示され続けたか	<ul style="list-style-type: none"> メールへの通知がされなかった
システム改善点の把握	統合管制のためにインシデント・管理システムに実務上追加が必要な情報があるか	<ul style="list-style-type: none"> 警備ロボット以外は、カメラが設置されておらず、待機中なのか稼働中なのか把握ができないため、ロボット毎の表示があると良い。 表示することが望ましい情報 <ul style="list-style-type: none"> ✓ 地図表示や位置情報 ✓ バッテリー残容量の表示
サービス運用・管理体制検証	ロボット統合管制業務による通常業務への影響	<ul style="list-style-type: none"> 大型モニターにインシデント・管理システムの画面を映し出していた為、PCまで行って確認する必要はなく、目を配るだけで確認することができた。
	ロボット統合管制業務の通常業務との兼務の可能性	<ul style="list-style-type: none"> 兼務することは可能であるが、体制の増員・拡充が必要 <ul style="list-style-type: none"> ✓ 今回の実証実験は短期間であり且つ特に問題も発生していない為、兼務ができた。 ✓ 一方で、通常業務として続けていくとなると、単なる管制だけでなくインシデント発生時の即応体制が求められることから、現状の体制では不足が生じることが把握された。
	ロボット統合管制業務に要する時間	<ul style="list-style-type: none"> 一日（24時間）の施設管理業務実施時間中、平均 15.7 分のインシデント対応を含む統合管制業務実施時間が発生した。 統合管制業務の業務量は推定可能な一方でインシデントについては発生頻度、対処に要する時間は予見できないため、当該数値は参考値として取り扱うことが望ましいとの意見あり。
その他改善点	その他、通常業務に加えてロボット管制業務を実施することの課題や懸念、システムの改善点など留意事項等	<ul style="list-style-type: none"> 複数のロボットを統合して管制するのは効果的と思料するが、一つの施設では、設備業務・警備業務・清掃業務・物流業務を、それぞれ別会社で実施している場合が多いため、通常業務に加えてロボットを統合管制することが出来る人材を探すことが課題であり、専用の管制員を配置した方が良い。さらに、この管制員が複数の離れた地域の施設を管制できれば尚、効果的である。 配送ロボットの稼働開始や終了操作は、遠隔または自動で行えると良い。 ロボットの改善点として、下記事項がある。 <ul style="list-style-type: none"> ✓ 周辺への注意喚起として配送ロボットや清掃ロボットに稼働音が追加できれば良

小項目	概要	結果
		<p>い。</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ 配送ロボットにマイク機能があれば、利用者が飲食物をこぼした時など、連絡が取りやすい。 ✓ 屋外可能及び雨天可能の警備ロボット、配送ロボット、清掃ロボットがあると良い。また、屋外で稼働する場合には少しタイヤが大きい方が良い。

・ インシデント対応システムの信頼性及び社会受容性の検証

インシデント対応システム利用者（施設管理者・警備事業者）へ実証期間中に通知されたインシデント等について記録し、実施したインシデントへの対処方法や通常業務とインシデント対応を同時に実施するにあたって生じた課題等のシステムの信頼性及び社会受容性に係る課題を抽出した（施設管理者・警備事業者へ通知されるインシデントについては、警備ロボット及び清掃ロボットに関するインシデントのみ通知される）。

実証期間中に施設管理者等へ通知されたインシデントについて、以下に記す。実証期間中に施設管理者等へ全 15 件のインシデントが通知された。通知されたインシデントの内訳については障害物の検知等や非常停止ボタンの押下によりロボットが走行不能となる事象に起因するインシデントが半数以上の 11 件あり、ロボットデリバリーサービスにおける店舗の調理が指定された時間内に完了しない等の施設管理者等にて対応不要なインシデントが 4 件であった。また、施設管理者等により復旧対応が不要なロボットデリバリーサービスにおける店舗のオペレーションや一時的に生じるインシデントを除き、施設管理者等にて復旧処理を要するインシデントのうち、復旧処理完了できなかったインシデントはなく、すべてのインシデントに対して円滑に対応した。

図表 4-33 発生したインシデントの事象概要（施設管理者等へのアンケートより）

通知されたインシデントの概要	各種件数
通知されたインシデントの総件数	15 件
インシデントの概要内訳	ロボットの走行状態に関するインシデント：6 件（40%） 非常停止ボタンの押下：5 件（33%） 店舗オペレーションに関するインシデント：4 件（27%）
インシデント復旧処理の円滑性	円滑に復旧完了：8 件（53%） 対応不可：0 件（0%） 施設管理者等にて対応不要：7 件（47%）

また、インシデント対応システムの社会受容性に関して、同システムを活用したオペレーションに関する課題としては、通知方法に関する改善の提案が報告された。

図表 4-34 オペレーションに関する課題（施設管理者等へのアンケートより）

分類	オペレーションの課題の内容
通知	通知はメールよりシステム装置からのアラーム、ショートメッセージが良い。

またその他の課題としては、本実証では、ロボットやシステムの連携数が今後、増えることを想定した管理体制構築に関する実証であるが、実際の想定管理者より実現可能性について懸念を抱く回答が得られた。

図表 4-35 実現可能性に関する意見（施設管理者等へのアンケートより）

分類	課題の内容
管理	今後、導入するロボットの台数が増えた際、さらに人手が必要となるためすべてのロボットを管理できるか懸念である。
	清掃ロボットのインシデントのみの系、デリバリーロボットのインシデントのみの系のように、業種ごとの複数メーカーのインシデントを扱うシステム系にすると、各管理団体が管理しやすいと感じた。
契約	清掃や配送に関するロボット等の異業種のロボット管制業務においては、設備管理の業務とは異なるため、施設管理者が一手に業務を引き受ける場合、契約上の課題が生じることが懸念される。

③ システム利用者（システム・ロボット担当企業）へのアンケート

ア 仮説の検証に向けた調査方法

- ・ システム利用者（システム・ロボット担当企業）へのアンケート調査により、システムの実用性検証や事業モデルの検討を実施する。

図表 4-36 アンケート概要

項目	概要
対象者	・ システム・ロボット担当企業（アンドロボティクス・ECTR、TIS、アジアクエスト）の実証実験担当者
実施タイミング	・ 通常業務と並行してインシデント発生時に発生内容及び実施した対処方法及び要した時間を記録。

図表 4-37 アンケート項目

	大項目	中項目	小項目	アンケート項目
分野横断ロボット統合管制	実用性の検証(実用化)	信頼性の検証	システム稼働のモニタリング	・ インシデント・管理システムに適切に情報が表示され続けたか。
			統合管制業務の精査	・ 統合管制に伴い想定していた以上に対応が必要な事項が発生したか。 ・ 実証実験を通して実施すべきと気が付いた統合管制業務があったか。
			システム改善点の把握	・ 統合管制のためにインシデント・管理システムにおいて表示されるべき情報があるか。
インシデント対応システム	実用性の検証(実用化)	信頼性の検証	インシデント事象、並びにシステム稼働モニタリング	・ 実証期間に発生したインシデント事象の内容。 ・ インシデント事象に対し、インシデント・管理システムが適切に稼働したか、また、問題が生じた場合その原因と対応策。
			システム並びに運用における不具合事象の把握及び改善策の検討	・ インシデント対応システムによる検知漏れや誤検知等のシステムの不具合があったか。あった場合は、その原因と改善策。 ・ 想定フローでの円滑な復旧が困難であった事象等のトラブルがあったか。あった場合は、その原因と改善策。
	事業モデルの検討(商用化)	社会受容性の把握	利用者満足度・利用意向・課題の把握	・ インシデント・管理システムの導入による対応の簡易化効果は期待できるか。 ・ インシデント・管理システムの導入に向けた課題。

イ 実験結果

・ 分野横断ロボット制御システムの信頼性の検証

分野横断ロボット制御システム構築者が実証実験期間中において適切に稼働し続けたか、また、異業種ロボットの統合管制業務の内容の改善点を把握した。

統合管制業務の精査の観点からは、想定以上にインシデントが発生した場合に、システム開発者への問い合わせが多く発生することや、統合管制業務実施者にはすべての情報ではなく現場での対応が可能な情報の表示に限定するなどの整理が必要であることが分かった。また、現状のシステムの成熟度ではインシデント要因の特定や正確な対応処置の指示が困難であることからインシデントが発生した場合には、現場の統合管制業務実施者から問い合わせを受けるロボット、制御システム、ロボット制御システムの各担当事業者間が円滑にコミュニケーションを取れる体制が必要となった。

インシデント対応システムの改善点としては、インシデントへの対応作業をした際に適切な状態に復旧したかを確認できるようにするとともに、インシデントの検知、要員の特定の精度を上げるために現状ロボット制御システム内でブラックボックス化されている

ロボットのステータスやタスクスケジュールなどに関する情報を収集・表示されることが求められる点が把握された。

図表 4-38 実験結果 分野横断ロボット制御システムの信頼性の検証

小項目	概要	結果
システム稼働のモニタリング	インシデント・管理システムに適切に情報が表示され続けたか	<ul style="list-style-type: none"> 正常に機能することを確認。
統合管制業務の精査	統合管制に伴い想定していた以上に対応が必要な事項があるか	<ul style="list-style-type: none"> ロボット制御システム内の処理がブラックボックス化していることから、インシデントが発生する度にロボット制御システム担当事業者への確認、問い合わせが必要であった。 通信系やシステム開発者向けのエラーの場合、数十件同一エラーが溜まることがある。
	実証実験を通して実施すべきと気が付いた事項	<ul style="list-style-type: none"> 現状のシステムの成熟度の場合、インシデント要因の特定、正確な対応処置の指示ができないため、関係者間の確認が必要となった。今後はシステムにおける判別機能などの熟度向上が求められる。
システム改善点の把握	統合管制のためにインシデント・管理システムに実務上追加が必要な情報があるか	<ul style="list-style-type: none"> ロボット制御システムがブラックボックス化されており、内部で処理されているロボットのタスク情報等も含めて取得できると、分野横断型ロボット統合管制システムとしてインシデントの要因解析がよりスムーズになると考えられる。 表示することが望ましい情報 <ul style="list-style-type: none"> ✓ 対応者が復旧作業を行った後、系統的に復旧したかどうか、対応者が分かる仕組み。 ✓ スケジュールリングされているロボットのタスクに関する詳細な情報など、現状ロボット制御システムでブラックボックス化されている情報

・ インシデント対応システムの信頼性及び社会受容性の検証

インシデント対応システム利用者（システム・ロボット担当企業）が実証実験期間中に発生したインシデント等についてログ等により確認し、インシデント対応システムが正しく稼働したかやインシデント対応システムの導入により、インシデントへの対応業務の簡易化効果を期待できるか等のシステムの信頼性及び社会受容性に係る課題を抽出した。

実証期間中にシステム利用者（システム・ロボット担当企業）が対応した主なインシデントについて、以下に記す。

図表 4-39

(再掲) 発生したインシデント事象概要 (システム・ロボット担当企業のアンケートより)

発生したインシデントの概要	各種件数
発生したインシデントの総件数	44 件
インシデントの概要内訳	システム関連のインシデント：37 件 (84%) ハード (実空間) 関連のインシデント：4 件 (9%) 誤検知：2 件 (5%) 検知漏れ：1 件 (2%)
インシデントの重篤性	重篤：35 件 (80%) 軽微：6 件 (14%) 誤検知・検知漏れ：3 件 (6%)
インシデント復旧処理の円滑性	円滑に復旧完了：31 件 (70%) 復旧不要：3 件 (7%) 復旧不可：5 件 (11%) (支障はないが、後日システム改修が必要) 復旧方法不明：2 件 (5%) 誤検知・検知漏れ：3 件 (7%)

※ 検証用に意図的に発生させたインシデントは除く

【対処できなかったインシデント】

実証期間中に発生したインシデントに対して、システム利用者 (システム・ロボット担当企業) が対処できなかった、あるいは対処方法が不明なインシデントとしては、主に統合管制者が権限を有していない外部システム系で発生したインシデントに対しては対処できないという事象が確認された。

【インシデント対応システムの不具合 (誤検知・検知漏れ)】

実証期間中に発生したインシデント対応システムの不具合としては、インシデント対応システム上でロボットの位置情報を正しく同期されず、インシデント発生場所が実態と異なっていた事象を確認した。

【インシデント対応システムの導入効果】

インシデント対応システムの導入効果について、本システムの導入に伴い、インシデントへの対応に着手するまでの時間の削減や、復旧対応が円滑化されたとの意見が得られた。

図表 4-40 インシデント対応システムの導入効果に関する意見

<ul style="list-style-type: none"> ・ インシデントの要因解析が本システムの導入前より容易になったため、システム・ロボット担当企業間の連携が円滑になり、復旧対応等がスムーズとなった。 ・ また、インシデント発生時にアラートメールが配信されることで、インシデントの検知、復旧対応に着手するまでの時間が大幅に短縮された。 ・ インシデントの発生通知により、迅速にインシデントへの対応が可能となった。また、インシデントに関する情報がログとして蓄積されることで、インシデントの発生傾向や特徴が明確となり、改善策へと展開しやすい。 ・ システム開発者がエラー内容や復旧方法をシステムに登録し、その都度通知する仕様であるため、ロボットの管制者は複数台・複数種類のロボットに関する管制業務を本システム一つで実施可能である。

【その他事項】

インシデント対応システムに関するその他の事項については、インシデント発生時に気づくことができない懸念や、インシデント発生後の対応に関する意見を得られた。

図表 4-41 その他インシデント対応システムに関する意見

- ・ インシデント発生時の通知方法がメールのみとなっており、通知に気づかない可能性がある。管理画面上にポップアップの表示や SMS による通知等、利用者に合わせた通知方法を選択できる機能があると、更に効率的な運用が実現されると思う。
- ・ 管理画面を手動で更新しなければ新規に発生したインシデントが表示されないため、新規に発生したインシデントに気づかない可能性がある。自動で発生したインシデントが表示及び更新される仕様することで、さらに迅速にインシデントを確認できると思う。
- ・ インシデント発生場所について、フロア単位で通知されるため、詳細なインシデント発生場所の特定が困難である。詳細なインシデント発生場所の特定及び通知可能な機能が必要である。
 - 「店舗側の調理が進んでいない」等の店舗側に関するインシデントが発生した場合、その対応方法が「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をお伝えください。」等のように、どの店舗に関する情報が不明であり、対応できない。

(5) 考察

本実証実験は、令和3年度調査において明らかとなったロボットデリバリーシステム実装に向けた課題である①分野横断型のロボット同時管制によるロボット管制業務の効率化、②インシデント発生時の対応体制確立に向けた仮説検証を目的に実施した。各課題に係る仮説検証に向けた本実証の成果について考察を行う。

i. 分野横断型のロボット同時管制による効率化効果

① ロボット同時管制システムの構築

実証実験においては、ロボット同時管制システムに適切な情報が表示されない不具合が発生したが、原因の多くはロボット同時管制システム自体ではなく、連携先のシステムにおいて生じた不具合であった。当該原因を解消することで、分野横断型ロボット統合管制システムは想定していたロボット統合管制に必要な情報の提供が実施することができたため、ロボット同時管制システムのシステム構築は適正に実施された。一方で、主にロボット制御システムと3D K-Fieldやデリバリーサービスシステム等の外部システムとの連携の問題が原因となり、ロボットステータスの情報連携に不具合が発生したため、システム間連携についてさらなる改善が必要となっている。

② 分野横断型ロボット統合管制システムを活用したロボット管制業務の実現性

施設維持管理者等がロボット同時管制業務を実施したところ、主要業務に要している時間工数に対して、1.1%~3.1%の時間工数をロボット統合管制業務に割くことで業務実施ができたことから、分野横断型ロボット統合管制システムを活用することで、施設維持管理者等の現場職員による主要業務との兼務での業務実施は十分に可能性があることが示唆された。本実証実験に参加した事業者2社のうち、1社（警備会社）は兼務によるロボット同時管制業務の実施が可能と回答した。

一方で、兼務は困難と回答した1社（施設管理者）は分野横断型ロボット統合管制システムを活用しても現場職員のみでは対応できない事象が発生した際には主要業務がある以上は柔軟な対応が難しいと回答した。また、システムに関するインシデントなどについて、一定の専門知識は必要であるため、現実的にはロボットやシステムに関する専門人材の配置が必要であると考えられる。

従って、統合管制業務を担うためには現状の体制からの拡充とともに、警備業務や施設管理業務を担う事業者がロボット同時管制業務を兼務することの可能性はあるものの、専門知識を有する人材を配置するか、あるいは、ロボット同時管制システムによるサポート機能をより一層強化することが必要である。

③ システム・ロボット開発者の視点からのロボット管制業務の実現性

システム・ロボット開発者は、ロボット同時管制業務を実施している現場職員だけでは対応出来ないインシデントが発生した際にロボット、制御システム、ロボット制御システムの各担当事業者（専門事業者）が問い合わせを受けることとなっていたが、ロボット、制御システム、ロボット制御システム間でシステムの状態やデータが完全には共有されていなかったため、専門事業者間における円滑なコミュニケーションや早急な原因分析に課題が残った。

こうしたことから、インシデントの原因がどこにあるのかを適切に分析・共有するために、各システムのデータを適切に共有する方策を検討すると共に、専門事業者間で円滑にコミュニケーショ

ンを取れる体制を構築する必要があることが把握された。

ii. インシデント発生時の対応体制確立に向けた仮説検証

① インシデント対応システムの構築

本実証を通じて、発生したインシデントに対して、インシデントに関する情報がロボット・システム間で連携されないことや、発生したインシデントの情報が不正確等のインシデント対応システムによる誤検知・検知漏れが生じた。また、インシデント発生時、システム利用者等への通知方法がメールのみであることや、インシデントに関する管理画面が自動的に更新されず、最新のインシデント発生状況の確認にひと手間を要することから、システム利用者はインシデントの発生に対して迅速に検知することができない可能性のある UI となっている等の課題が得られた。

本実証結果を踏まえると、システム及びシステム利用者の両面からインシデントの誤検知または検知漏れ発生の可能性を示唆する、早急に改善を要する課題が得られた。

② 専門業者以外によるインシデントへの対応業務の実現性

本実証にて施設管理者等がインシデントの発生監視及び対応業務を実施した結果、全 15 件のインシデントに対してうち 8 件 (53%) は円滑に復旧処理を行うことができた。その他の 7 件 (47%) については、施設管理者等による復旧対応が不要なインシデントであったため、実態としてはすべてのインシデントに対して初期対応を円滑に実施された。

したがって、本結果を踏まえると、インシデント対応システムを活用することでロボットやシステムに関する専門性を持たない施設管理者等においても、インシデントへの初期対応は可能であることが示唆された。一方で、施設管理者等の本業とインシデントへの対応を含むロボット管制業務の兼務の実現可能性については前述のように、引き続き、検証及び改善が求められる。

③ システム・ロボット開発者の視点からのインシデント対応業務の実現性

システム・ロボット開発者は、インシデントの発生監視及び対応業務を実施する施設管理者等だけでは対応不可なインシデントが発生した際に問い合わせを受けることとなっている。前述のように、ロボット、制御システム、ロボット制御システム間でシステムの状態やデータが完全には共有されていなかったため、システム・ロボット開発者がそれぞれ開発及び担当するシステム間の円滑なコミュニケーションや早急な原因分析に課題が残った。

一方で、インシデント対応システムの導入に伴い、システム・ロボット開発者が対応すべきインシデントの検知やインシデントの要因解析、復旧対応までの着手時間が短縮されたとの意見が得られた。

これらの結果より、他のシステムとの連携体制に課題はあったものの、インシデント対応システムの導入に伴う効果は発現されたことが確認された。

(6) 技術の実装可能な時期、実装に向けて残された課題

i. サービスの実装可能な時期

- ・ 技術面では概ね 2023 年度以内に実装可能と期待されるが、実運用にあたり運用体制の構築や人

員の確保が課題となる。管制するロボットが実装されないと本サービスを使用する必要性もないため、連携先の別サービスを定めてからの実装となる。

- ・ 運用をしながら課題の発掘と修正も必要であり、成熟したサービスとなるためには時間を要する。当面は商用サービスとしてではなく試験的な実装として利用可能範囲を限定し、施設関係者ではなくとも使いやすいサービスに改良した上で横展開の検討をする必要がある。その際、持続的なサービスとなるよう保守体制や料金体系の検討も実施する。

ii. 実装に向けて残された課題

- ・ 分野横断型ロボット統管制システムによる収集・提供情報の改善

分野横断型ロボット統管制システムに表示すべき情報として、各ロボットのステータスに加え、タスク管理やインシデントへの対応の完了状況についてもデータを収集し、ロボット管制者に提供する必要があります。本実証実験では分野横断型ロボット統管制システムと令和3年度迄の事業で活用しているロボット制御システムとの連携を行ったところ、ロボット制御システムにおけるロボットステータスやタスクに関する情報が一部ブラックボックス化されており、ロボット制御システムから取得可能な情報ではロボット管制に必要な情報が不足する可能性が明らかとなった。

円滑かつ効率的な異業種・複数台のロボットの統管制オペレーションの実現に向けては、ロボット管制に必要な情報を過不足なく収集・提供可能なシステム系を構築（＝ホワイトボックス化）するべく、外部システムとやりとりを行う情報やそのフォーマット等の標準化や、必要に応じてロボット制御システムの改修や、分野横断型ロボット統管制システムへの機能移管等、システム間連携に係る改善が求められる。

- ・ インシデント対応システムの検知精度の改善・空間情報データ連携基盤との連携

本実証を通じて、インシデント対応システムの基本的な機能であるインシデントの検知精度については、同一のインシデント要因に対して複数のインシデント通知が発生するなど、検知・通知に関しては課題が残る結果となった。検知・インシデント内容の特定に関する精度向上に向けては、想定されるインシデントについて網羅的に整理するとともに、それぞれの因果関係を精査のうえ、インシデント事象と発生要因、対処内容の対応関係を整理することが求められる。また現状は発生したインシデントの対処方法について、各種システムやロボット担当者の判断が必要となるケースが多いが、将来的な円滑かつ効率的なロボット管制業務の実現に向けては、発生したインシデント並びに対処に関する情報を基にした機械学習を行う AI 等を導入し、可能な限り人の関与を減らしていくための改修を行うことが望ましい。

またインシデント対応システム上でロボットの位置情報を正しく同期されず、インシデント発生場所が実態と異なっていた事象が確認された。インシデント発生時には現場担当者のインシデント発生場所での対応が求められるケースもあることから、ロボットの位置情報の正確な同期・連携・可視化が求められる。ロボット管制者がロボットの位置情報を正確にかつ即座に判定できるよう、空間情報データ連携基盤との連携などにより 3D モデル上にロボットの位置を可視化することで、迅速なトラブル対応が可能なシステム構築へ改良していくことが求められる。

- ロボット同時管制及びインシデントへの対応体制の構築

本実証実験を通じて、ロボット同時管制システムを活用した、施設管理者管理者等（＝非専門事業者）による主要業務とロボット管制業務の兼務の可能性について検証したが、現状のインシデント発生頻度や現場では対応しきれないシステム関連のエラーに対応するためには、一定程度の専門知識を有する人材の配置を検討すると共に必要な人材の要件について具体的な検討が必要となる。

加えて、システム関連のエラーが生じた際に必要となるロボット、サービスシステム、ロボット制御システム等の外部システムの各担当事業者（＝専門事業者）のインシデント対応体制として円滑な対応が可能となるシステム間の情報連携や事業者間の連携体制についても具体化が求められる。

- ロボットの業務代替性の向上

本実証を通じてロボット管制業務のオペレーション検証に協力いただいた警備会社より警備ロボットに対する機能改善等について指摘があった。本事業はシステムによるロボット管制業務やインシデント対応の効率化可能性に係る検証を行うことが主目的ではあり、本事業内でのロボット自体の性能改善などは検討対象外ではあるものの、ロボットの導入による利便性向上や業務代替の実現が将来ビジョンであることから、実装に向けては各種ロボットの業務代替性の向上についてもロボットメーカーと連携のうえ、検討していく必要があると考える。

5. 横展開に向けて一般化した成果

(1) 得られた成果のポイント

i. 異業種ロボット同時管制

① 取り組みの特徴

- ・ 通常は清掃や警備などの業種ごとにロボットの導入を行い、個々のロボットに対してロボット管制者等の専門事業者を配置する体制構築が行われているが、人材確保やコストの観点でサービスの実装や事業持続性の確保が困難な状況となっている。
- ・ 本事業では上記の状況を踏まえ、デリバリーサービスロボットや警備ロボット、清掃ロボット等の仕様が異なる複数種類かつ複数台のロボットを同時管制可能な分野横断型ロボット統合管制システムを構築し、各ロボットの統合的な管理に係る検証を実施した。
- ・ 前述の分野横断型ロボット統合管制システムを用いて、1人の管制者による複数業種・複数台のロボット同時管制業務のオペレーション実証を行い、仕様が異なる複数種類かつ複数台のロボットの統合的な管理が効率化に資するかの検証や、ロボットによる利便性向上・業務代替サービスを都市に実装する際の効率的な同サービスの維持管理・運営体制のあり方を検証し、実装に向けた課題及び改善点を把握した。

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

- ・ ロボット管制システムの導入により、複数業務かつ複数台のロボットを同時に管制することのできる環境は整備され、各ロボットに関する管制業務や軽微なインシデントに対する初期対応については施設管理者等（＝非専門事業者）が対応可能であることが明らかとなった。
- ・ 一方で通常業務との兼務の実現可能については、ロボットの管制業務に際してはロボットやシステムの操作、インシデントへの対応にあたっては一定以上のリテラシーが必要であること、通常業務の実施状況によってはロボットの管制業務やインシデント対応の通知を受けた際に即時に対応することが困難な場合もある事が明らかとなった。
- ・ そのため、ロボットを活用した利便性向上・代替業務サービスの実装の初期段階においては、分野横断型ロボット統合管制システムの活用による異業種・複数台のロボットの同時管制による効率化を図りながら、一定程度の専門知識を有する人材の配置を検討するとともに必要な人材の要件や、通常業務に支障をもたらさずに円滑なロボット管制業務を実現する運用体制、ロボット管制業務の役割を担うのに最適な事業者について具体的な検討が必要である。

ii. インシデント対応体制構築

① 取り組みの特徴

- ・ 利便性向上や業務代替に資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、ロボットサービスに関するインシデントが発生した際に、そのインシデントが、連携するどのシステムに起因するものか判定し、復旧対応を迅速に行い、ロボットサービスの提供を安定的に継続させることが求められる。しかしながら導入するサービスが増加するにつれて、ロボット、ロボット制御システム、ロボットサービスシステム、エレベータ制御システム等様々なシステムの連携数は増加し、インシデント発生時の要因特定が困難になることは明らかである。
- ・ 本事業では上記の状況を踏まえ、ロボット管理の機能として、ロボットのステータスやタスク

情報から、インシデント事象について検知～管理～対応策の判定～通知を一元的に行うインシデント対応システムを構築し、ロボットやシステムの専門知識を持たない者によるインシデントへの初期対応による、インシデントからの迅速な復旧の実現可能性の検証を行い、実装に向けた課題やインシデントへの効率的な対応体制構築について検討を行った。

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

- ・ インシデント対応システムの導入により、複数種類及び複数台のロボットに関するインシデントを一元的に管理可能となり、インシデントの対応業務を行うシステム・ロボット開発者にとっては当該業務の効率化可能性が期待されることが明らかとなった。
- ・ ロボットやシステムの専門知識を持たない施設管理者等でも軽微なインシデントであれば初期対応を実施し、ロボットやシステムの復旧が可能であることが確認された一方で、システム関連に起因するインシデントや重篤なロボットに関するインシデントについては現場の施設管理者等による初期対応が難しいことも明らかとなった。
- ・ そのため、ロボット管制業務の効率化の観点と同様に一定程度の専門知識を有する人材の配置を検討するとともに必要な人材の要件や、通常業務に支障をもたらさずに円滑なロボット管制業務を実現する運用体制、ロボット管制業務の役割を担うのに最適な事業者について具体的な検討が必要である。
- ・ また連携するロボットやシステム数が増加するにつれて発生するインシデント数も増加することは明らかであるため、将来的にはインシデント対処の判断に係る人の関与をできる限り減らし、負担軽減や費用削減等が実現されるように、インシデント事項と対処方法に関するデータを蓄積のうえ、これらのデータを教師データに機械学習を行う AI 機能等の導入なども望ましいと考えられる。

(2) 横展開に向けて一般化した成果

i. 異業種ロボット同時管制

- ・ 今後、様々なロボットが都市に実装される段階においては、ロボット管制に係る人材確保やコスト削減の観点から、複数種類のロボットサービスを適切に分野横断的に統合管制する必要がある。
- ・ 分野横断型ロボット統合管制システムは、専門的な知見を持たない施設管理者等の現場担当者がロボットの管制業務を実施する場合においても、当該業務の効率化に効果的であると考えられる。
- ・ なお、ロボット管制業務の内容やシステムの操作、インシデント内容を踏まえると一定程度システムやロボットの専門的知見を有する人材を管制者として配置する必要がある。

ii. インシデント対応体制構築

- ・ 将来、施設や都市単位で導入及び連携されるロボットやシステム数の増加が見込まれるとともに、インシデントが発生した際には、多様に連携されたロボット・システムから発生場所やその要因特定及び対応処理が求められる。
- ・ インシデント対応システムの導入に伴い、ロボットやシステムが多く連携された系においても、インシデントの発生場所や要因特定と管理が可能、また専門知識を持たない者による初期対応並

びにサービスの復旧が可能となり、ロボットによるサービスの継続性や安定性の向上が可能となる
ことが期待される。

- なお、インシデント内容が重篤な場合、専門知識を有する場合には現場担当者のみでの対応が困難となるため、ロボットやシステム担当者への対応の円滑な引継ぎを行うためにも、ロボット・システム担当者においても対応体制の構築・連絡窓口の設置が求められる。

(3) 大田区課題解決に向けた横展開への示唆

i. サービス横展開の可能性

本実証実験を踏まえ、様々なロボットの導入による利便性向上・業務代替を実現するための課題解決の方策や新たな課題が整理された。

大田区の課題解決に向けては、区民の利便性・満足度の向上、業務代替による労働力の確保に向けて様々な業種を支援するロボットの導入が求められるところ、ロボットの導入に際してはロボットの管制やインシデントの対応といったロボットが提供するサービスの維持管理・運用業務を効率的に実施することが必要となる。ロボットの導入についてはサービス対象範囲のエリア単位や施設単位での導入が進むことが予想されるため、本実証実験で構築・検証を行った分野横断型ロボット統合管制システム、インシデント対応システムについてもサービス対象範囲と同様の単位で導入を進めるにより、効率的かつ円滑なロボットサービスの提供を実現することが可能となる。

本実証では HICity におけるロボット統合管制者として警備会社または施設管理者を想定したところ、大田区への横展開に際しては、導入ロボット、サービス導入対象範囲やサービス導入主体を踏まえてロボット統合管制・インシデント対応体制を検討していくことが望ましい。

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統合管制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システム等の本格開発については、本格開発後にロボット統合管制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、ロボット統合管制体制の構築にあたっては、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の開発過渡期であることから一定の開発及び導入コストが生じる。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。これらの障壁に対して、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ことで、一定程度の障壁の低減化が期待される。

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。複数の軽い実装例を経て得られた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。

ii. 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 5-1 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
異業種ロボット同時管制	<ul style="list-style-type: none"> 多様な施設や建物が混在している大田区内の既存市街地においては、異業種ロボット同時管制を実現することにより、一つの施設だけでなくエリア単位でのロボットの導入が容易になると考えられる。 エリア単位でのロボット管制システムの導入と専門知識を有する管制者の配置等の体制を整えることで、ロボットサービスの早期導入が可能な環境が整備され、ロボットサービスの社会実装が促進されることが期待される。 	<ul style="list-style-type: none"> 区民の利便性向上 大田区内の犯罪率減少 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
インシデント対応体制構築	<ul style="list-style-type: none"> 本実証はHICityと限られたエリア内のロボットやシステムに関する管理検証であったが、大田区全域へのロボットやシステムの普及に伴い、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
異業種ロボット同時管制	<ul style="list-style-type: none"> 異業種ロボットを同時管制するに当たっては、常にロボットの状況をリアルタイムで複数人が確認可能となる環境が必要である。具体的には、ロボットステータス等の確認画面を大画面で複数人が確認可能なモニターなど、ロボット管制業務の拠点が必要となる。 本実証では、警備業務の拠点となっている防災センターがその役割を担ったことから、今後は防災センターにロボット管制業務の機能・設備を付加していくことが想定される。 	<ul style="list-style-type: none"> ロボット管制業務に必要なとなる管制モニターの整備 ロボット管制業務に必要なとなる通信環境の整備
インシデント対応体制構築	<ul style="list-style-type: none"> インシデントの検知及び通知のためには、ロボットの位置情報やインシデントの発生を検知及び通知できるように、安定した通信環境の構築が必要である。 	<ul style="list-style-type: none"> 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。

以上

令和4年度スマートシティ実装化支援事業
報告書

令和5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