

令和5年度成果報告書

革新的ロボット研究開発等基盤構築事業に係る
ロボットフレンドリーな環境構築支援事業
(施設管理分野)

2024年3月

一般社団法人 日本ロボット工業会
(補助先)
森トラスト株式会社

令和5年度

革新的ロボット研究開発等基盤構築事業に係る

ロボットフレンドリーな環境構築支援事業

(施設管理分野)

公開成果報告書

2024年4月



森トラスト株式会社

共同事業者： ソフトバンクロボティクス株式会社
株式会社 Octa Robotics
三菱HCキャピタル株式会社

目次

1. 本年度事業の目的及び実験内容 [p.1](#)
2. 施設紹介 [p.2](#)
3. ロボフレ評価・ロボフレ化工事
 - 3-1. ロボフレ評価シートの運用検証 [p.3](#)
 - 3-2. 実施したロボフレ化工事 [p.4](#)
 - 3-3. これまでのロボット連携実績 [p.5](#)
4. 研究開発内容
 - 4-1. 清掃アプリケーション [p.6-8](#)
 - 4-2. 配送アプリケーション [p.9-11](#)
 - 4-3. 共有マーカースペースでのナビゲーションへの
利用方法検証 [p.12-14](#)
 - 4-4. ロボフレ情報の配信システム構築 [p.15](#)
 - 4-5. 共有リソース管理システムの検討 [p.16](#)
 - 4-6. デジタル清掃による清掃仕様の検討 [p.17-18](#)
 - 4-7. リネン搬送シミュレーション [p.19-20](#)
 - 4-8. 用途横断でのロボット運用時の経済性検証 [p.21](#)
 - 4-9. 到着通知デバイスの開発 [p.22](#)
 - 4-10. 共有充電ステーションの仕様検討・試作 [p.23](#)
5. まとめ [p.24](#)

1. 本年度事業の目的及び実験内容

昨年度までの単一用途施設での実験結果を踏まえ、本年度は複数の用途を持つ複合ビルにて実証実験を実施。以下の4つの観点にて、計11のテーマの研究開発を行った。

目的

- ①複合用途ビルにおけるロボット運用時の課題等の検証
- ②多機種多用途に対応した施設環境の整備に向けた研究開発

研究 開発 内容

1.ロボフレレベルの規格化に伴う課題の検証

- 1. ロボフレ評価シートの運用検証
- 2. 清掃アプリケーション
- 3. 配送アプリケーション

2.共有マーカー利用方法の検証 ロボットへの情報配信

- 4. 共有マーカーベースでのナビゲーションへの利用方法検証
- 5. ロボフレ情報の配信システム構築

3.複合用途のビルにおけるユースケース作りと経済性評価

- 6. 共有リソース管理システムの検討
- 7. デジタル清掃による清掃仕様の検討
- 8. リネン搬送シミュレーション
- 9. 用途横断でのロボット運用時の経済性検証

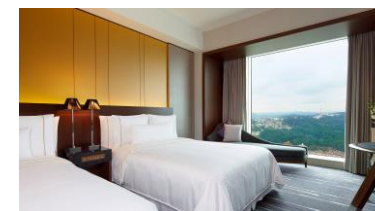
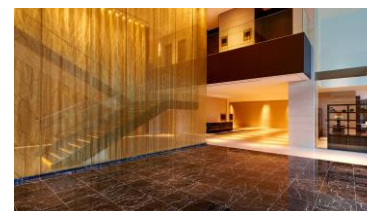
4.ロボットインフラの共有化

- 10. 到着通知デバイスの開発
- 11. 共有充電ステーションの仕様検討・試作

2. 施設紹介

本年度は、事務所・ホテル・店舗等の機能を持つ複合ビルにおいて各種ロボットアプリケーションの実証を行った。
対象施設の概要は下記のとおり。

施設概要	
施設名称	仙台トラストタワー（街区名：仙台トラストシティ）
所在地	宮城県仙台市青葉区一番町1-9-1
用途	事務所、ホテル、店舗、貸会議室、駐車場
階数	全体：地上37階/地下2階 オフィス：5～24階 ホテル(297室)：B1～3階、25～37階 店舗：1～5階 貸会議室：5階
竣工	2010年4月
延床面積	125,296㎡（ビル全体）

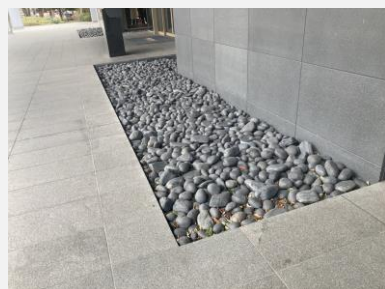


3-1. ロボフレ評価シートの運用検証

実験概要

昨年度事業にて提案された「ロボフレ評価シート」を実地運用することで、
ロボフレレベルの妥当性について検証し、運用上の課題や気づきを評価シートの更新に役立てる。

ロボフレレベル「C」の例



実験結果・課題等

ロボフレレベル「A」「B」の地点に関しては
問題なくロボットが移動できることを確認

ロボフレレベル「C」と評価された箇所においても
その後の実地検証でロボットが問題なく移動できる地点も散見

ロボフレ評価シートについて、実地でも有効なことが認められる
一方で、レイアウトなどより効率的に測定するための改善点も見られた

3-2. 実施したロボフレ化工事

ロボフレ評価等の結果、**仙台トラストタワーにおいては建築面でのロボフレ化工事(段差解消等)は不要**となった。
主に設備面について、以下のロボフレ化工事を実施した。

	目的	ロボフレ化手段
エレベーター (3バンク)	ロボットとELVの連携	ロボット連携装置(LCI BOX)の設置
	LCI BOXへの対応 ロボット専用運転⇔同乗の切替	制御盤改造工事
自動ドア (5箇所)	ロボットと自動ドアの連携	ロボット連携装置(LCI Node等)の設置
	LCI装置と自動ドアの接続	結線工事
電源	LCI装置への電源供給	電源増設工事 配線工事

3-3. これまでのロボット連携実績

昨年度、本年度事業において実施したロボフレ化工事の合計は以下のとおり。
大規模ビルにおいて、**複数の建物設備メーカー×複数のロボットメーカーの連携をRFA規格によりスムーズに実現。**

	実績合計(令和4+5年度)		今年度実績	
	メーカー	機器数	メーカー	機器数
エレベーター	2社	4基(バンク)	1社	3基(バンク)
自動ドア (セキュリティあり) (セキュリティなし)	2社	8基	1社	5基
	2社	5基	1社	2基
	2社	3基	1社	3基
サービスロボット	3社	7機種	2社	4機種

4-1. 清掃アプリケーション

実験概要

2台の清掃ロボットを使用し、エレベーター連携のうえオフィス(5フロア)・ホテル(2フロア)それぞれの共用部清掃を実施。人が清掃した場合との比較や清掃時の課題、用途横断運用について検証。

使用したロボット

Phantas (Gausium)



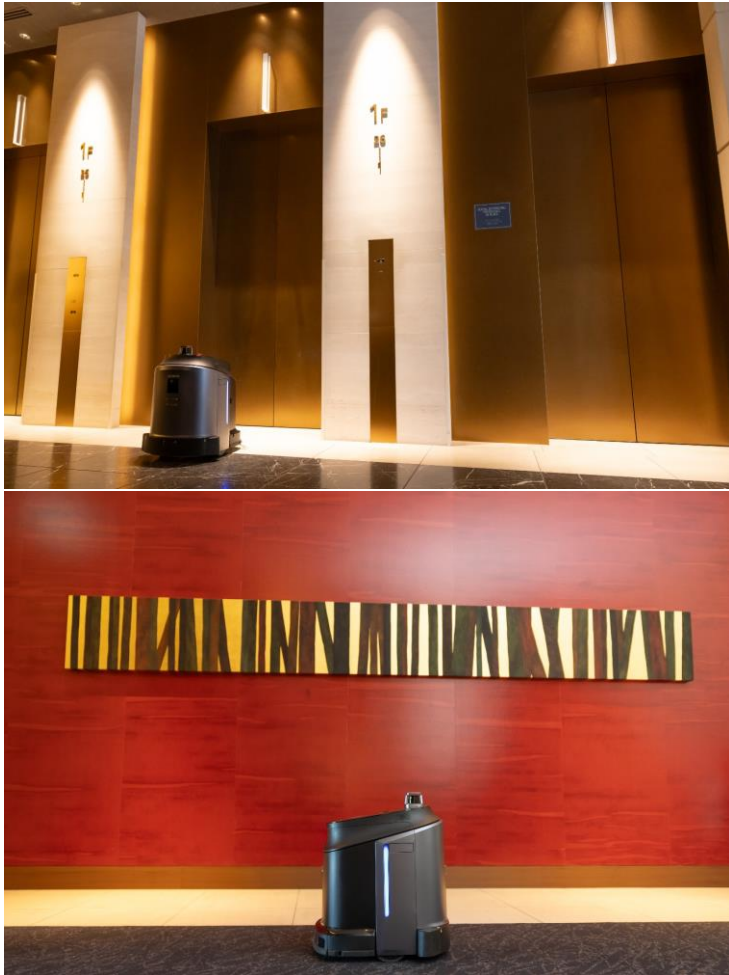
結果

人による清掃と比較して、**3時間/日、1,107時間/年の人時削減効果**
ロボット運用コスト差引後 **年間32万円の導入メリット**が見込まれる

オフィス：主に平日夜間に清掃
ホテル：主に昼間に清掃
→**清掃する時間帯・曜日が異なることにより、効率的な運用が可能**に

全館（オフィス21フロア ホテル13フロア）に範囲を拡大した場合
オフィス/ホテルが独立してロボットを運用する場合と比較して
複合効果により必要なロボットが4台→2台に削減可能

4-1. 清掃アプリケーション



4-1. 清掃アプリケーション

課題と対応案

今回の機種は**1台1バンクのみ連携可**
複数バンク連携できればより効率的に運用可能

バッテリー交換不可
交換可能な場合、より効率的に運用可能

今回の機種は**複数の充電ステーション**
・**スタート地点の想定なし**

屋外：**用途間の移動不可**

屋内：用途区画の**防火扉が障壁**となる

今後のソフトウェアアップデート

要件を満たす機種の調査

自己位置の推定を共有マーカで行う 等

防火区画変更のノウハウ蓄積

(新築の場合)**設計段階より**
ロボット利用を想定

4-2. 配送アプリケーション

実験概要

2台の配送ロボットを使用し、オフィス、ホテル、店舗それぞれの用途を横断した4つの配送シナリオを実施。
配送時の課題や用途横断運用について検証。配送テナントへのアンケートも実施。

使用したロボット

W3 (Keenon)



配送シナリオと実験ルート

アメニティ配送・ルームサービス

26Fホテルロビー
→27~36Fホテル客室

お弁当/コーヒーデリバリーサービス

1F店舗
→5~10Fオフィス・会議室

バゲージUP/DOWN・
ゲストアテンドサービス

1Fホテルエントランス
⇔27-36F客室

ランチBOXデリバリーサービス

26Fホテルレストラン→1F ENT
→5~10Fホテル客室

4-2. 配送アプリケーション



4-2. 配送アプリケーション

実験結果

走行不可と予想されていた
半屋外エリアでの用途間をまたぐ移動に成功

清掃ロボット同様、オフィスとホテルでの
配送ロボット利用のシナジー◎

配送ロボットにより、追加人件費なしで
新たなビジネス創出の可能性
(ex:店舗→オフィスのコーヒー配送)

ロボットデリバリーによるワーカーの生産性向上
テナントへのサービス
(ex:薬局からの配送、郵便物の配送)

課題と対応案

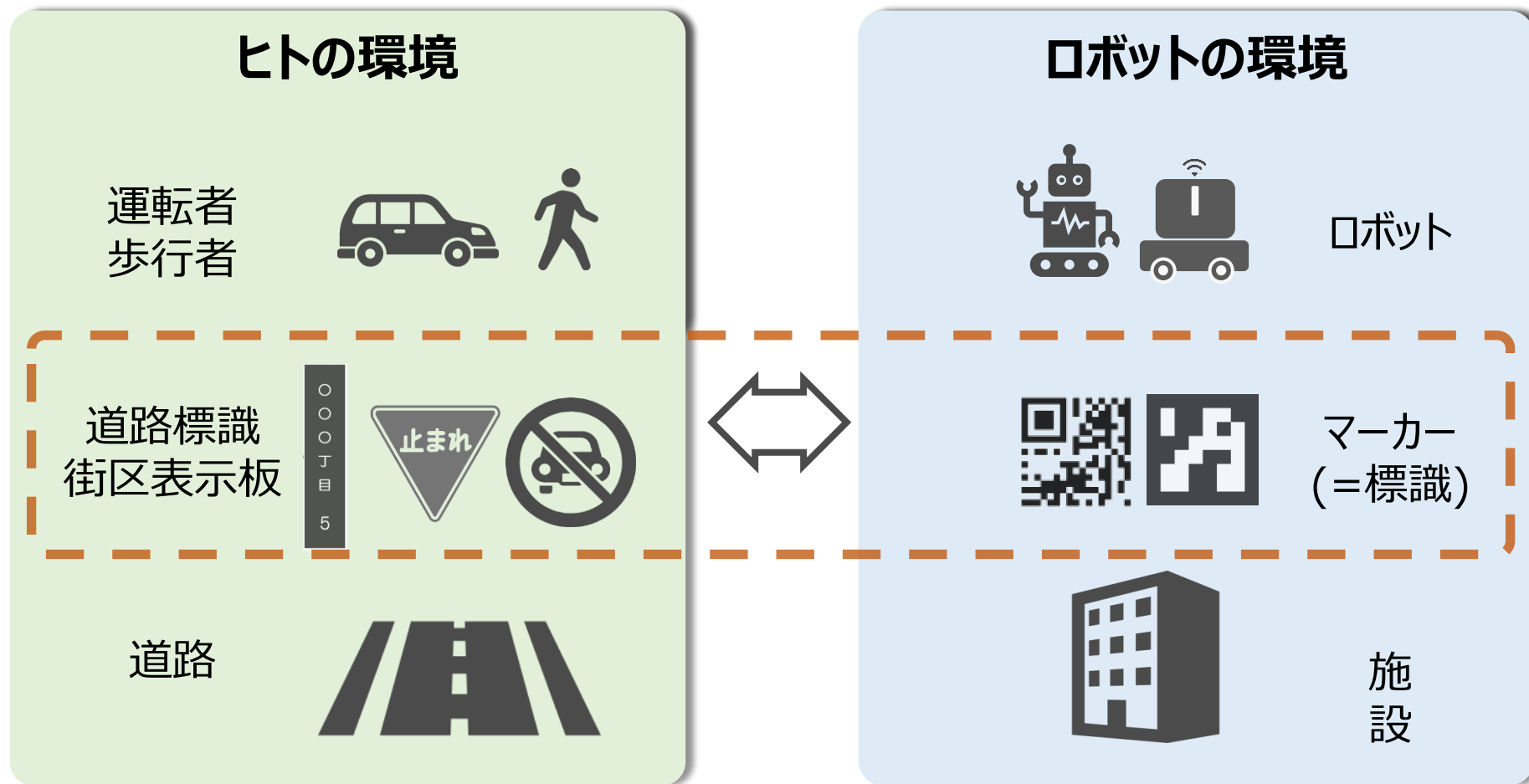
電話での通知に伴う
電話番号入力ミスが発生、個人情報問題

到着通知デバイスの技術を
活用したアプリの開発

配送中にロボットにトラブルがあった際
客側が待たされてしまう

ロボット位置のわかるアプリの開発

4-3. 共有マーカースペースでのナビゲーションへの利用方法検証



4-3. 共有マーカースペースでのナビゲーションへの利用方法検証

実験概要

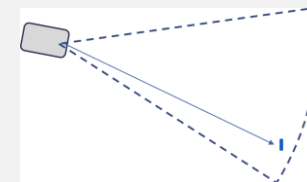
昨年度本事業にて提案した、二次元マーカースペースで低コストでロボットの自己位置推定を支援する「共有マーカースペース」について、ロボットナビゲーションへの活用可能性を検証した。

共有マーカースペース

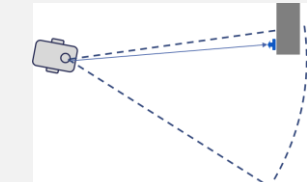


実験内容

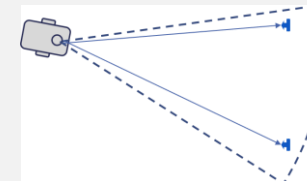
単一マーカースペース



単一マーカースペース+LiDAR



複数マーカースペース



4-3. 共有マーカースペースでのナビゲーションへの利用方法検証

実験結果

単一マーカースペース	距離と方位は測定可能であるが、 単独では自己位置補正に用いる事は困難。
単一マーカースペース+LiDAR	単一マーカースペースのみでは不可であった、 自己位置補正への活用が可能。
複数マーカースペース	2つ以上のマーカースペースの同時測定により、 自己位置補正に十分な精度を実現。

展望

複数マーカースペースの場合、同時に2つ以上認識させるため**マーカースペース設置間隔をより小さくする必要性**



1つのタグで十分に補正ができる「**高精度マーカースペース**」の選択肢



課題

背景色、前景色の影響評価

平坦度について
RFA規格への反映

設置器具、設定ツールの
整備・開発

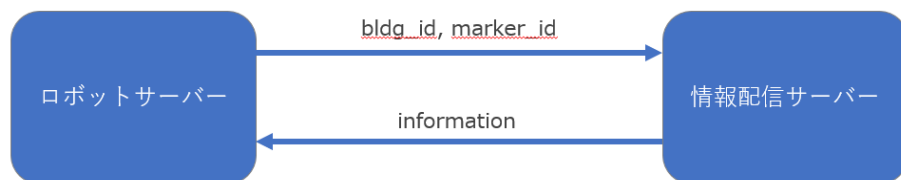
4-4. ロボフレ情報の配信システム構築

研究開発概要

「連携可能なエレベーター・自動ドアの情報」や「周囲の物理環境の特性情報」といったロボフレ情報について、共有マーカーを使用してロボットに配信するシステムを構築。

結果・課題

共有マーカーより読み取った「建物ID」と「マーカーIDのリスト」をキーとして、情報配信サーバーから**必要なロボフレ情報をダウンロードする仕組みの構築**に成功。



REST API方式とMQTT方式を比較し、よりシンプルで必要な機能を満たせる**REST APIを採用**。

自由にロボフレ情報をダウンロードさせないために**認証の仕組みが別途必要**

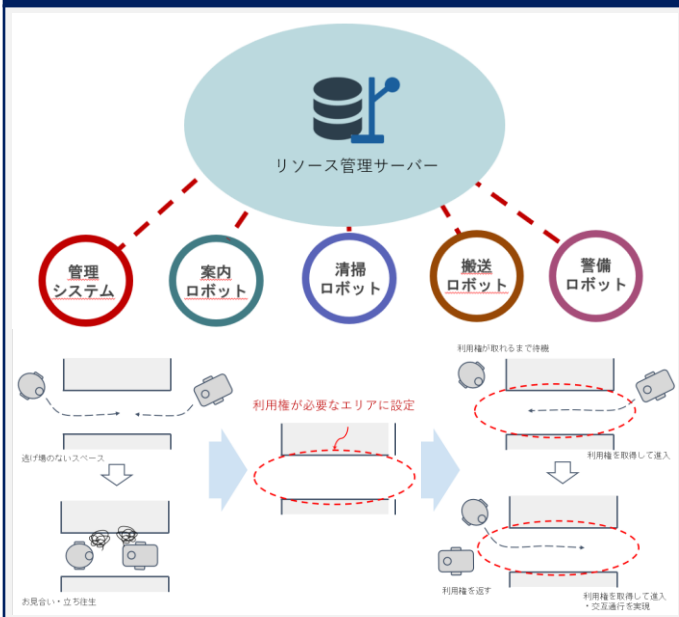
必要な数値が多くなることから入力ミスをしないための**入力補助ツール要整備**

4-5. 共有リソース管理システムの検討

研究開発概要

複数あるロボットアプリケーションを一つのサーバーを通して一元管理していくための
RFA 群管理TC規格案に準拠したリソース管理システムの検討。

コンセプト図



目標・結果

ロボットが同時に進入した場合に、立ち往生してしまう場所
= **クリティカルセクションを、リソースとして管理する**

RFA規格案と一貫性を持つプロトコルを用いてシステムを構築
利用権を得たロボットのみがクリティカルセクションに進入し、
得ていないロボットが待機する**シミュレーションに成功**

RFA規格案に実効性があることが認められる。
→得られた知見をRFAへフィードバック

4-6. デジタル清掃による清掃仕様の検討

実験概要

人感センサーや汚れの数値化を用いて清掃仕様を最適化し
ロボットとヒトによる清掃のベストミックスを目指す「デジタル清掃」について実証を行った。

人感センサー・ATP検査装置



実施内容

オフィス・ホテルのトイレ等に**人感センサー設置**
利用頻度のデジタルデータ取得

汚れを数値化するATP拭取り検査を
清掃前/清掃後について実施し、汚れを比較

指標	測定箇所	極めて高い	高	中	低
ATP※ (単位RLU)	立面	~3,000 RLU	3,001~ 8,000 RLU	8,001~ 12,000 RLU	12,001 RLU ~
	床面 (A→F50P)	~3,000 RLU	3,001~ 13,000 RLU	13,001~ 17,000 RLU	17,001 RLU ~

目標

定期的な清掃回数の削減
+
オンデマンド清掃対応



適正なコスト・品質での
清掃仕様の最適化

4-6. デジタル清掃による清掃仕様の検討

検証結果

現状一律で清掃を行っている場所でも**利用率に差**
→削減の余地あり

同仕様のエリアを人が清掃した場合に
ロボットの方がより清潔にできたケースが散見

※今回実証できたフロアが少なく、ロボットを含めた清掃シフトの作成までは完了できなかった。

考察

センサー等測定結果の活用による清掃品質に
影響がない範囲での**定期清掃の削減**

ロボット清掃導入により浮いたポストを活用した
オンデマンド(即時)清掃の実施

オフィスと同様に定期的な清掃を
削減すると**ホテルではクレームにつながりやすい**

同じ清掃品質のまま、コスト削減が可能

既に清掃仕様が十分に削減された状態にある
ビルにおいても、**ロボット導入で
清掃品質の向上**が見込まれる

ホテル独自の基準策定の必要性

4-7. リネン搬送シミュレーション

研究概要

ウェスティンホテル仙台を対象として、現在のリネン搬送業務を調査し、ロボット化が可能であるかを検討したうえで、費用対効果が合うロボット化の方法を考案する

使用想定ロボット

MRS02 (Octa Robotics)



前提条件・検証パターン

ドライバー+作業員計**2名**が深夜にリネン搬出入作業を計**90分**実施
(作業内容：リネンの納品、各階への配送・使用済みリネンの回収、積込)

パターン①

連結式ロボット2台
作業員2名→1名

パターン②

搭載式ロボット12台
作業員2名→0名

パターン③

連結式ロボット1台
作業員2名→0名

リネンサプライヤーへのヒアリングの結果、**パターン②**が最も実現可能性が高い
→パターン②を用いて費用対効果等の検証を実施

4-7. リネン搬送シミュレーション

検証結果

必要人員・時間を90分×2名→**40分×1名に削減**
人手不足対策・深夜労働減に貢献

課題と展望

ハード・ソフト共に初期導入コストが大きく
投資回収に時間を要する

バックヤードの構造や搭載するカゴは
ホテルによる違いが大きく、**標準化が難しい**

リネンサプライヤーの作業時間は減少する一方
ホテル側スタッフの作業時間は増加する

搭載式ロボットの必要台数が多いため
量産効果が得やすく**将来的にはコスト減**

リネンサプライヤーへ**ロボットに合わせた運用や
規格の統一**を求めている

清掃ロボット導入により浮いた時間
・ポストの活用による**人員の再配置**

4-8. 用途横断でのロボット運用時の経済性検証

今年度の実証内容をオフィス・ホテル全館に拡大してロボット化した場合の経済性評価を実施。

同内容で「用途横断あり・なし(各用途独立して運用)」のパターンに分けて算出した。

→用途横断して運用した場合、しない場合と比較して**投資回収年が2.2年短縮**される。

リネン搬送ロボットは研究段階で量産化されていないため、参考としてリネン搬送を除いた経済性評価を実施。

→用途横断して運用した場合、しない場合と比較して**投資回収年が4.0年短縮**される。

一方で、用途横断の課題として**用途ごとに事業者が異なるため、それらを取りまとめるスキームの必要性**。

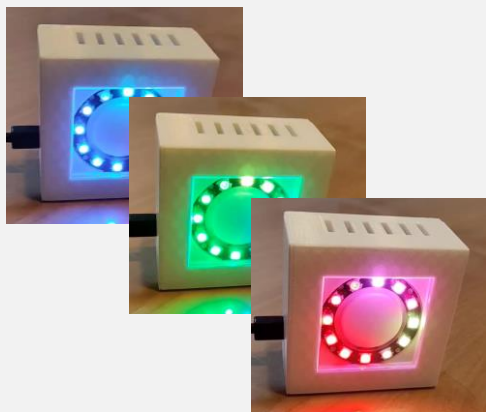
条件	<ul style="list-style-type: none"> エレベーター連携：オフィス4バンク ホテル2バンク 業務1バンク 自動ドア連携：6箇所 リネン搬送ロボ開発・導入費用 	<ul style="list-style-type: none"> 清掃：オフィス 1,5-24階共用部 ホテル 1,25,26階共用部を対象 ロボット数 用途横断時2台 独立運用時4台 	
		<ul style="list-style-type: none"> 配送：アメニティ配送、バゲージ配送(ホテル)、コーヒーポット配送(店舗) ロボット数 用途横断時1台 独立運用時2台 	
		<ul style="list-style-type: none"> リネン：ホテル1階荷置きスペース⇔ホテル28-36階バックヤード ロボット数 12台 	
用途横断あり (リネン含む/ロボット15台)	9.7年	用途横断あり (リネン除く/ロボット3台)	4.6年
用途横断なし (リネン含む/ロボット18台)	11.9年	用途横断なし (リネン除く/ロボット6台)	8.6年

4-9. 到着通知デバイスの開発

研究開発概要

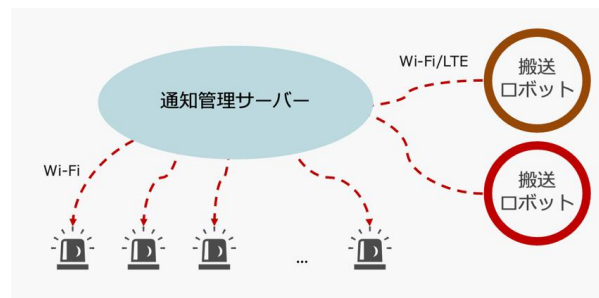
配送ロボットが目的地に到着した際、室内に知らせるための
メーカーフリーな通知インターフェース(API)の検討とデバイスの開発を行った

試作デバイス



結果・展望

カスタマイズ不要でロボットからの到着通知を受信できる通知APIの開発
および音と光で知らせる通知デバイスの試作を完了



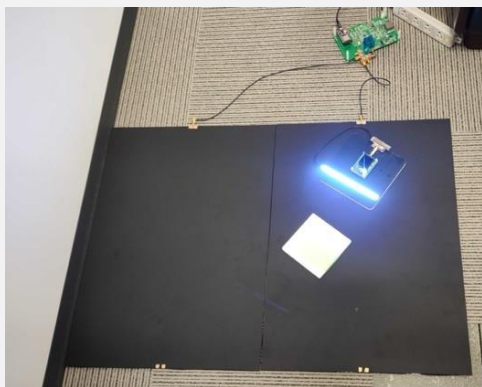
本仕組みを利用したアプリ等により、配送アプリケーションの課題にもあった
電話番号入力の懸念点(人為的ミス・個人情報)を解決できる可能性

4-10. 共有充電ステーションの仕様検討・試作

研究開発概要

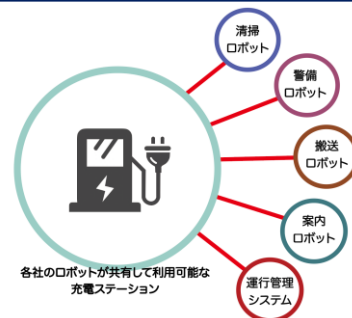
設置場所の自由度が高く、スペースを有効活用できる無線給電技術を利用したメーカーフリーな充電ステーションの仕様検討と試作・動作検証を実施した。

試作モジュール



結果・展望等

共有充電ステーションの仕様検討のうえ、試作モジュールにて**50Wでの無線給電に成功**



OAフロアやタイルカーペットの影響でうまく給電できない事例あり
→ 床材の影響を低減する改良が重要

総務省への届出により100Wまでは実現可能
より速く、多くの機器を充電するため、規制緩和の必要性 ([参考URL](#))

5. まとめ

今回研究開発を行った各テーマがそれぞれ社会問題および複合ビルでのロボット導入に伴う様々な課題の解決に寄与することが確認できた。



**本実験結果を複合ビルでのモデルケースとして、業界に広めていくことで
サービスロボットの社会実装を加速して参ります。**

EOF