

第3章 ケーススタディ

湘南鎌倉総合病院 清掃ロボット

ロボット名 CL02

提案者 CYBERDYNE 株式会社

【課題】

- 日中、患者や病院職員がいる中でも清掃を実施しているため、清掃が行き届かないことがある



運用方法

①事前にマッピングを行い、清掃ルートを作成



②ロボットにQRコードを読み込ませマップと清掃ルートを設定し、清掃開始



③自律移動で清掃を実施



④清掃後、清掃実績を可視化



3-1 設定した課題とロボット等の選定

第2章の「③課題の設定」で設定した課題の背景には、病院では3棟にまたがる広大な面積の清掃が必要であり、人手による清掃を日中も含め1日2回実施していたため、清掃の効率化と清掃品質の均質化が求められていました。また清掃作業者と患者との接触機会が存在したため、感染リスクがありました。このような課題を解決し、第2章の「②目的の設定」で設定した目的を実現するために、本事業では、課題ごとに小目的（目的の実現手段）を設定しました。

背景・課題

- 病院内では3棟にまたがる広大な面積の清掃が必要なため、人手による清掃を日中も含め一日2回実施しており、清掃の効率化と清掃品質の均質化が求められていました。
- また清掃作業者と患者との接触機会が存在したため、感染リスクがありました。

小目的

- 清掃の効率化
- 指定エリアを確実に走行し清掃を均質化
- 接触機会削減による感染症対策

下に示しているのが、本実証の清掃の範囲です。（対象の床面積：約 1800 m²）



第2章の「④ロボット等の選定」では、3つの観点からロボットに求める要件を設定しましたが、ここでは、個別に設定した「最適な解決手段であるか」および「施設の制約」について記載します。

最適な解決手段であるか

本実証では、次の観点から、ロボットによる清掃が最適な手段であると考えました。

観点		詳細
1	清掃の効率化・清掃品質の均質化に貢献できること	<ul style="list-style-type: none"> ● 床面の清掃が自動化され、清掃業務が効率化できると良い。 ● 人が行き交う中でも、清掃エリアをくまなく清掃できると良い。
2	清掃の実績が可視化できること	<ul style="list-style-type: none"> ● 人が行き交う中、合間を縫って清掃を実施しているため、予定通りの清掃ができていないか実績を確認できると良い。
3	ロボットに不慣れな人でも使いやすいこと	<ul style="list-style-type: none"> ● 清掃業者にロボットの操作を依頼することも想定されるため、簡単な操作方法が良い。

施設の制約

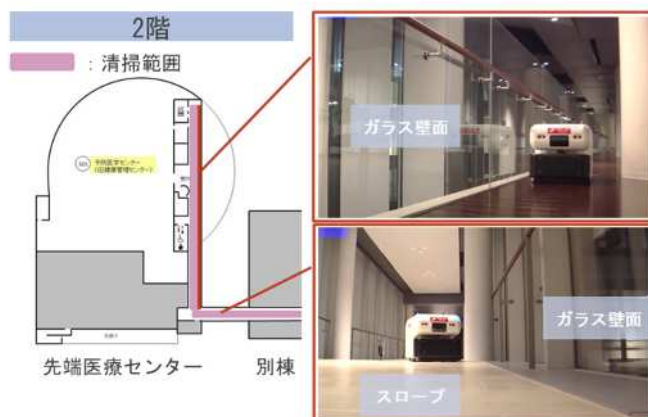
本実証では、院内の広い範囲を清掃する必要がありましたが、ロボットによる清掃を行う際、主に3つの制約がありました。

- ① ガラスの壁面がある場所やスロープが清掃エリアに含まれる
- ② 患者案内用の立て看板等の位置が日々変わる
- ③ 静粛性が求められるエリアがある

これらの制約の中でも運用できるロボットが求められていました。

(施設の制約の例)

- ① 先端医療センター棟の2階には、ガラスの壁面が連続する箇所がある。また、先端医療センター棟と別棟との間の渡り廊下部は、ガラスの壁面があり、スロープ状になっている。



- ② 患者案内用立て看板等の位置が日によって変わる。



- ③ 静粛性が求められるエリア。



選定したロボット等

要件を満たすロボットとして次を選定しました。

使用ロボット		GL02
スペック	動力源・電源	500W 電源：100～240VAC、50-60 H プラグ形状：3P 電源プラグ
	寸法	幅 480mm×長さ 620mm×高さ 470mm
	重量	63 kg
	平均速度 (最高速度)	最高速度 4 Km/h
	最小旋回半径	600 mm

ロボット等の特徴

選定したロボットは、次の観点から、施設の制約をクリアし、最適な解決手段であると判断しました。

観点	項目	ロボットの特徴
最適な解決手段であるか	清掃の効率化・清掃品質の均質化に貢献できること	<ul style="list-style-type: none"> 自律移動するロボットによって、床の清掃業務を自動化できる プログラムされた清掃エリアを一定の品質で清掃することができる
	清掃の実績が可視化できること	<ul style="list-style-type: none"> 清掃毎にレポートを出力し清掃実績を可視化できる
	ロボットに不慣れな人でも使いやすいこと	<ul style="list-style-type: none"> 紙の QR コードをロボットに読み込ませボタンを押すだけで清掃を開始できる
施設の制約	ガラスの壁面やスロープの有無	<ul style="list-style-type: none"> 当該箇所でも問題なく自律移動できる
	日々位置が変わる案内用立て看板等の有無	<ul style="list-style-type: none"> 障害物を避けながら最適経路を自律移動できる 途中でロボットが停止した際は、メールで通知される
	静粛性が求められるエリアの有無	<ul style="list-style-type: none"> 騒音が発生しない方式で清掃できる

吸引清掃時のロボット



拭き掃除時のロボット



3-2 運用方法の決定

運用方法の決定は、第2章の「⑤運用方法の決定」のとおり、2回の打合せを実施しました。

1回目

1回目は、ロボット等の機能把握と現場での運用方法を議論しました。ロボットの機能の制約を明確化し、運用方法（施設内のどの範囲で清掃を実施するか等）と運用開始までに必要な準備作業の内容とスケジュールについて議論しました。また現場見学では施設の制約条件をロボット等事業者が確認し、ロボットの充電・保管場所を決定しました。

打ち合わせに先んじて、施設からロボット等事業者に対して、実施対象の候補となる清掃エリアの図面と写真を送付しました。ロボット等事業者には、何台のロボットでどの場所をどういったスケジュールで清掃するか仮案を作成し、マッピング等の事前作業がどれくらい必要かを見積もった上で、打合せに参加してもらいました。これにより、大まかな運用内容と実施範囲を1回目の打ち合わせで合意し、マッピング作業の実施場所と実施日程をスムーズに決定することができました。

現場見学では施設の制約条件をロボット等事業者が確認し、ロボットの充電・保管場所を決定しました。

アジェンダ		内容
1	ロボット等の機能把握（30分）	● 実機もしくは動画での説明により、ロボット等の機能を把握。
2	意見交換（60分）	● ロボット等の機能に関する質問や、現場の課題や施設の制約をロボット等事業者に伝えることで、ロボット等で対応できるか意見交換。
3	現場見学（30分）	● ロボット等事業者が現場を見学し、施設の制約条件を確認。 <確認してもらった点> ・ 想定される稼働エリアの通信環境や広さ ・ 実際の現場のオペレーションの状況 など

ロボット等の機能把握 意見交換

ロボット等事業者がカタログや動画を提示し、意見交換しました。施設として、ロボットに期待する機能や能力と、実際のロボットの制約をすり合わせました。例えば、広い病院を清掃するために最大727㎡（2階）を一度に清掃したいという要望に対して、ロボットが最大3,000㎡を一度に清掃できることから、1フロアを1台のロボットで清掃可能なことが分かりました。

エレベーターを使ってロボットが自律的に階を移動する運用案については、エレベーターの改修コストと必要期間が計画に沿わなかったため実施しないこととし、運用する各階に1

台ずつロボットを設置し、そのフロアの清掃を行うこととしました（今回の運用では合計2台）。

また、病院では血液が床面に付着することがあり、血液等の液体の拭き取りの要望がありましたが、現状では難しいということが分かりました。

以上の意見交換後、運用開始までに必要なマッピング作業等の準備事項を確認しました。

現場見学

改めてロボット等事業者に施設の制約を確認してもらいました。また、事前にロボット等事業者から伝えられていた寸法と充電用電源の条件をもとに、条件に合致するロボットの充電・保管場所の候補へ案内し、事業者確認後、確定しました。

2回目

2回目は、運用方法の決定を目的に実施しました。ロボット等事業者から、1回目の打合せを踏まえた運用提案を行い、最終的な運用方法の合意を行いました。また、運用に向けたスケジュールの確認も合わせて実施しました。

アジェンダ		内容
1	運用提案（30分）	● 1回目の打合せを踏まえ、ロボット等事業者から運用方法を提案。
2	意見交換（60分）	● 提案内容に対して意見交換。ロボット等の起動から終了までの1日のスケジュールや、既存の業務への組み込み方などを具体的にイメージしながら進めることで、運用開始後のトラブルを防止。
3	現場見学（30分）	● 導入・運用に向けたスケジュールを作成できるように改めてロボット等事業者が現場を見学。 ※本実証では2回目の打合せ時の現場見学は不要だった。

運用提案 意見交換

1回目の打合せ結果を踏まえ、次のとおり合意しました。

項目	内容
1 運用内容	<ul style="list-style-type: none"> ● 使用台数：2台 ● 清掃場所と充電保管場所、走行ルート ロボット①：2階本棟～別棟～先端医療センター棟 ロボット②：4階本棟 ● 清掃方法：吸引清掃、拭き掃除の2種類 ● 運用手順 1日1回平日17時にロボットを始動。 ● 院内に患者はいる環境。50～80分で清掃を完了。

2	運用上の注意点	<ul style="list-style-type: none"> ● 施設への依頼内容 日々のロボット操作（起動、片付け、充電） ● トラブル発生時の対応手順 ● リスクアセスメントシートの提示 ● 清掃会社との調整
3	運用体制	<ul style="list-style-type: none"> ● 緊急連絡先、対応時間等の提示

<運用内容の決定>

1. 使用台数

本実証では2台のロボットが利用可能でした。1台で1フロアの面積を清掃可能だったため、それぞれ別の階（2階・4階）で運用を行うこととしました。

2. 清掃場所

ロボットの制約と施設の制約をすり合わせ、清掃場所を決定しました。

実施場所候補		実施可否検討
1	1階外来待合 共有エリア	否 <ul style="list-style-type: none"> ● 椅子が多くロボット走行に必要な通路幅が確保できる箇所が少ない
2	2階外来待合 共有エリア	可 <ul style="list-style-type: none"> ● 通路幅が広く、ロボット走行可能条件が整っている ● 3棟が渡り廊下で繋がっており対象面積が広く、ロボットによる清掃効果が見込める
3	4階外来待合 共有エリア （3階は4階と同条件）	可 <ul style="list-style-type: none"> ● 通路幅が広く、ロボット走行可能条件が整っている
4	5階オペ室 清潔エリア	否 <ul style="list-style-type: none"> ● 血痕や薬剤等の液体の拭き取りにロボットが非対応 ● オペ室エリアへ入場するためにキックスイッチ（足先を壁の穴にかざすとドアが開閉する）の操作が必要
5	1階ICU病棟 清潔エリア	否 <ul style="list-style-type: none"> ● 通路幅が狭く、ロボットがストレッチャー通行を阻害するリスクがある ● チューブ等が垂れ下がった医療機器があり、ロボットが検知できずに引っ掛けるリスクがある

3. 清掃方法

本実証で使用したロボットは、標準機能である吸引清掃と、ノズルを交換することで利用できるオプション機能の拭き掃除の2つの清掃方法を選択することができます。まずは施設内の広いエリアを吸引清掃でしっかりと清掃できることを一定期間確認した上で、拭き清掃でも同様の品質が担保できるか確認する流れで実証を行うこととし

ました。

ノズルの交換は手間がかかるため、1台のロボットのノズルを頻繁に変える運用は実施しませんでした。実際の運用の際は、ロボットごとに吸引清掃／拭き掃除の役割を割り当てた上で、清掃実施範囲の検討の際に、床面の材質や静粛性要求の有無に応じて、吸引清掃ロボットと拭き清掃ロボットのどちらをどの範囲で稼働させるか検討します。

4. 運用手順

本実証では導入部署担当が指定の時間にロボットを充電器から外し、清掃開始地点までロボットを手押しで移動させ、ロボットを起動して清掃開始する運用としました。導入部署担当が退社する時刻の前までにロボットが清掃を完了する運用スケジュールとし、清掃完了後は導入部署担当がロボットを手押しで充電・保管場所へ移動させ、充電器を接続して退社する運用としました。

現場見学

確認事項無し。(※)

※ロボット保管場所確認、マッピングは1回目と2回目の打ち合わせの間に実施済み。

3-3 効果検証の評価指標の設定

評価指標の設定の考え方は第2章の「⑥効果検証の評価指標の設定」に記載の通りです。

本実証では、次の定量的評価項目と定性的評価項目を設定しました。

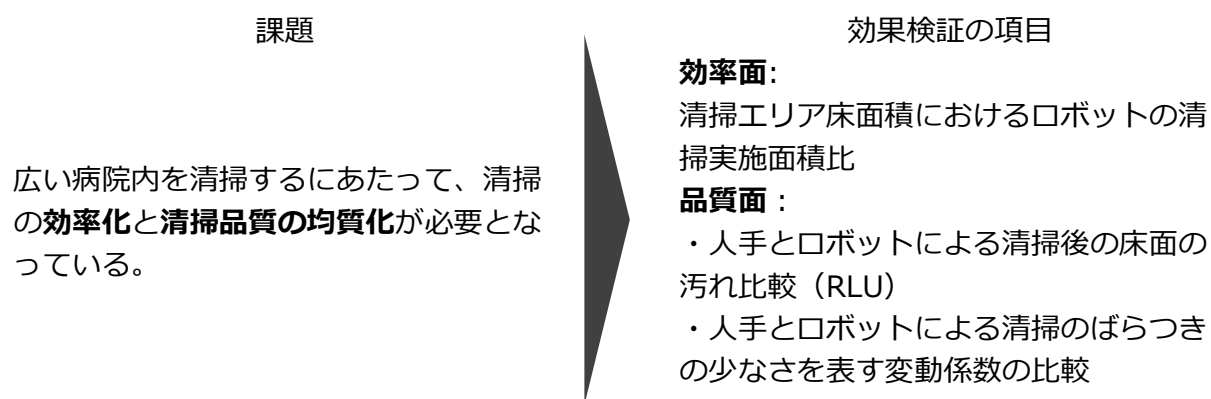
項目	設定した内容
定量的評価	<ul style="list-style-type: none"> ● 清掃エリア床面積におけるロボットの清掃実施面積比 ● 人手とロボットによる清掃後の床面の汚れ比較 ● 人手とロボットによる清掃のばらつきの少なさを表す変動係数の比較

本実証で、解決したい課題は「広い病院内を清掃するにあたって、清掃の効率化と清掃品質の均質化が必要となっている。」ことでした。つまり、効率面では「人が清掃していた面積のロボットへの置き換え」、品質面では「人手と同等以上の床面の汚れの低下とばらつきの低減」=課題を解決といえます。

そのため効果検証の評価指標としては、効率面では「清掃エリア床面積におけるロボットの清掃実施面積比」、品質面では「人手とロボットによる清掃後の床面の汚れ比較 (RLU) ※1」および「人手とロボットによる清掃のばらつきの少なさを測る指標(変動係数※2)の比較」が適切である、と考えました。

※1 床面を綿棒でふき取り菌や有機物汚れ等を計測したもの。ATP ふき取り検査と呼ばれる。値が小さいほど汚れが少ない。本実証では全 11 箇所の計測ポイントの平均値で比較を実施。

※2 変動係数 = 清掃前後の RLU 値の変化量の標準偏差 / 清掃前後の RLU 値の変化量の平均。値が小さいほどばらつきが少ない。



項目の検証にあたっては、清掃面積についてはロボットの日々の清掃レポートから平均値を算出しました。床面汚れ計測についてはサンプルとして計測した全 11 日分の清掃前後の計測値 (人手清掃 3 日分、ロボット吸引清掃 5 日分、ロボット拭き掃除 3 日分) を比較し評価しました。

実証開始前に施設の運用環境において、床面の汚れ計測によって有意な結果が得られそうかロボットをテスト走行させ、テスト計測を行いました。結果、ロボットの清掃前後で汚れ計測値が減少したことが確認できたため、本計測方法を検証方法として採用することを確定しました。

3-4 導入準備

第2章の「⑦導入準備」に記載した事項を順次実施していきます。本実証では、施設とロボット等事業者が次のとおり対応しました。

※「ロボット等の表示画面の準備」や「ロボット等の自律移動準備」については、サービスの提供範囲や対応がロボット等事業者ごとに異なる場合があります。

	実施事項	施設の対応	ロボット等事業者の対応
1	ロボット等の表示画面準備	—	—
2	ロボット等の自律移動準備	・別棟2階、本棟4階に保管・充電場所として確保	—
3	ロボット等の保管場所と充電場所の確保	・ロボット等が走行するエリアの関係者に準備作業を周知	<ul style="list-style-type: none"> ・清掃エリアのマッピング作業 ・ロボットが記憶したマップ上に清掃ルートを設定 ・走行テスト
4	院内への周知	・HP上で案内	・既存の清掃会社の実証内容の伝達と協力依頼を実施

これらを踏まえて、実証に向けたスケジュールは次の通りでした。

項目	Week 1	Week 2	Week 3	Week 4	Week 5
キックオフ	■				
実証内容検討	■	■	■	■	
運用合意				■	
マッピング作業		■	■		
走行テスト		■	■		
操作説明 (運用マニュアル受領)					■
清掃会社への周知					■
院内外への周知 (適宜実施)				■	■
実証開始					■

ロボット等の自律移動準備

自律移動の準備のため、ロボット等事業者はタブレットを用いた手動操作によって、周辺環境をロボットに記憶させるマッピング作業を行いました。その後、記憶させた地図上に清掃ルートを設定し、走行テストを行いました。

本実証では、マッピング作業および走行テストは、2階を清掃するロボットと4階を清掃するロボットでそれぞれ別日に実施しました。

2階では、マッピング作業とルート設定に4時間、テスト走行に3時間半を要しました。
4階では、マッピング作業とルート設定に3時間、テスト走行に3時間半を要しました。

マッピング・ルート作成作業



実際に作成した地図と清掃ルート



ルート設定の際、次のような箇所では走行ルートから除外しました。

箇所例		制約
1	手前に開く扉の前	ロボットに気が付かず奥から職員が扉を開け、ロボットと接触するリスクがある
2	エスカレーター前	エスカレーターから降りる人がロボットに行く手を阻まれるリスクがある
3	位置の変わる可能性がある椅子等に挟まれた通路	椅子の座面や脚が出っ張っている場合、ロボットが検知できずに接触するリスクがある
4	点字ブロック	ロボットがスリップする可能性がある 拭き掃除の際にごみが残る可能性がある

ロボット等の保管場所と充電場所の確保

2階と4階の各所に1台ずつロボットを配置して清掃を行うにあたり、各階に保管・充電場所を設定しました。

2階



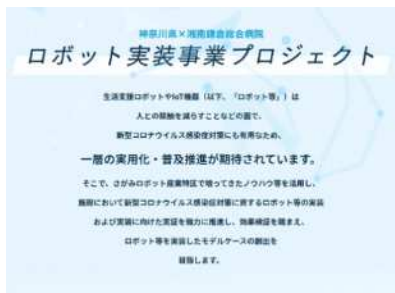
4階



院外への周知

<HP 上での案内>

HP による案内を行いました。(https://robot.skgh.jp/)



<清掃会社との調整>

ロボット等事業者との2回目の打合せ後に、ロボット等事業者・施設・清掃会社の3社での打合せを実施し、ロボット等事業者から運用内容と清掃会社への協力依頼事項について説明してもらい、合意しました。

本実証では人手とロボットの清掃品質比較のため、ロボットが清掃する週はロボットの清掃エリアを清掃しないよう、清掃会社に依頼しました。

3-5 リスクアセスメント

リスクアセスメントの考え方は第2章の「⑧リスクアセスメント」に記載のとおりです。本実証では、テスト走行などを行った中で、13項目のリスクを挙げ対策を行いました。ここでは特にリスクランクが高かった5つの項目への対策を次のとおり記載します。

#	危険源	状況	対策
①	ロボットの重量	× ロボットがエスカレーターから落下し、人が下敷きになる	[安全防護・保護方策] エスカレーター近辺には走行禁止領域を設定し、ロボットが進入できないようにする
②	運動エネルギー および ロボット形状	× 自律移動中に人または壁などの設備に衝突する 自律移動中にストレッチャーやベッドの通行を妨げる	[本質安全] 機体重量、最高速度を許容可能な範囲に設計する（JISB8446-1:2016 より 93J 以下 本製品 50J 以下） [安全防護・保護方策] 進行方向の人の検知を行い、停止もしくは回避する 進行方向の接触検知を行い、停止する 走行ルートは、ストレッチャーやベッドの救急搬送の通路を避ける、または時間帯を変える [使用上の情報] 光または音により存在を周知する 取扱説明書に注意を促す情報を記載する
③	ロボットが発する電波	× 自律移動中に他の機器の動作に影響を及ぼす	[本質安全] EMI 基準（※）を下回る(IEC61000-4)。 [安全防護・保護方策] 筐体内に空間を設け、他機器への距離をとる Wi-Fi, LTE などの電波を送出する機器については技適適合品を使用する
④	ロボット形状	× ロボット走行時または運搬時に鋭利な端部、可動部、衝突時に危険な形状によりけがをする ロボットの運搬時に前方の視界が悪く人と衝突する	[本質安全] 接触可能部位にある荒い面、鋭い面、鋭い縁等人に怪我を生じさせるような箇所をなくす 本体の高さを 50cm 程度とし前方視界を確保する [安全防護・保護方策] 専用台車により運搬することで前方視界および運搬性を確保する [安全防護・保護方策] 取扱説明書に注意を促す情報を記載する

⑤ 電気エネルギー ×

充電器の誤使用によって専用バッテリー以外を接続・充電し、バッテリーが発煙、発火する

[本質安全]

充電接続端子部をロボット専用コネクタにし、他の充電器が接続できないようにする

[安全防護・保護方策]

専用バッテリーに接続した時のみ充電する機能を設ける

[安全防護・保護方策]

取扱説明書に注意を促す情報を記載する

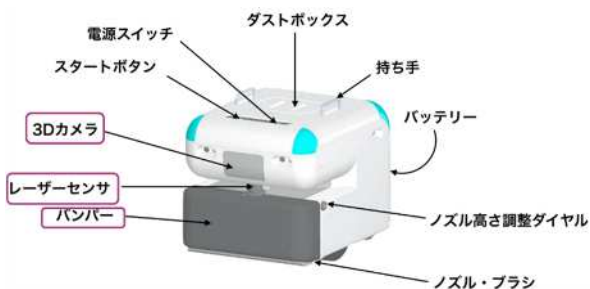
※EMI (Electromagnetic Interference) :

電子機器等から発せられる電磁ノイズの影響による電磁障害。IEC (国際電気標準会議) 等が定める国際規格等によって、EMI による他の機器への影響を規制する基準が定められている。

① 進入禁止エリアに設定したエスカレーター近辺の例



② 障害物を検知するレーザーセンサ、3Dカメラと、接触検知するバンパー



④ 専用台車による運搬



⑤ 一定方向にしか接続できない専用充電コネクタ



リスクアセスメントシート




対策により、全てのリスクがランク I に低減されたことから、実施の判断を行いました。

#	項目	①	②	③	④	⑤
1	状況	走行時	走行時	走行時	走行時、運搬時	充電時
2	対象者	周囲の人	周囲の人、設備	周囲設備	周囲の人	ロボット操作者、 周辺設備
3	危険源	ロボットの重量	運動エネルギーおよび ロボット形状	ロボットが発する 電波	ロボット形状	電気エネルギー
4	想定シナリオ	ロボットがエスカレーターから落下し、人が下敷きになる	人または壁などの設備に衝突 自律移動中にストレッチャーやベッドの通行妨害	他の機器の動作に影響を及ぼす	ロボット走行時または運搬時に鋭利な端部、可動部、衝突時に危険な形状によりけがをする ロボットの運搬時に前方の視界が悪く人と衝突する	充電器の誤使用によって専用バッテリー以外を接続・充電し、バッテリーが発煙、発火する
5	結果	打撲、骨折	打撲、骨折、押し潰し、転倒、設備の破損、救急治療の遅れ	外部装置への有害な作用	打撲、押し潰し、閉込み、挟まれ、切断、断裂、擦過	火傷
6	危害のひどさ	2	3	3	2	3
7	発生頻度	2	4	3	4	2
8	リスクランク	Ⅲ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅲ
9	本質安全	—	ロボットの重量・速度を低減	IEC 基準以下のEMIであることを確認	外装から荒い面、鋭い面、鋭い縁、トラッピングゾーンをなくし、本体高さを 50cm 程度とし前方視界を確保	充電接続端子部をロボット専用コネクタにし、他の充電器が接続できないようにする
10	安全防護保護方策	エスカレーター近辺には走行禁止領域を設定し、ロボットが進入できないようにする	障害物回避をセンサーで回避等 ストレッチャー通行エリア・時間帯での運用禁止	他機器への距離をとる 技適品を使用する。	運搬時の専用台車を用意	専用バッテリーに接続した時のみ充電する機能を設ける
11	使用上の情報	—	光または音により存在を周知 取扱説明書に注意を促す情報を記載	—	取扱説明書に注意を促す情報を記載	取扱説明書に注意を促す情報を記載
12	対策後の危害のひどさ	2	1	1	1	1
13	対策後の発生頻度	1	2	1	1	1
14	対策後のリスクランク	I	I	I	I	I
15	リスク許容	可	可	可	可	可

3-6 実証の実施

決定した運用の全体像

これまでの過程を経て、次のとおり運用の全体像が決定しました。

#	実施者	内容	イメージ
1	職員	保管場所に保管してあるロボットから充電器を外し、清掃開始地点へロボットを手押しで移動	
2	職員	ロボット本体の電源キーを回し、ロボットを起動後、ロボットのカメラにQRコードを読み取らせ、清掃ルートを設定	
3	職員	ロボット本体のスタートボタンを押下	
	ロボット	ルートに従ってロボットが清掃を実施し、障害物があれば回避	
4	ロボット	ルートを完走し、終了地点に到達したら、メールで完了レポートを出力	
5	職員	スタートボタンを押下し、ロボット本体の電源キーを回して電源を切り、充電器に接続	
6	職員	3日に1回程度、ゴミパックの状況を確認し、埃が蓄積していたらゴミパックを交換	

これを踏まえ、第2章の「⑨実証の実施と効果検証」のとおり、実証直前と実証中に、次の4点を実施しました。

実施事項		詳細
1	ロボット等の操作方法習得	<ul style="list-style-type: none"> ・ロボット等の起動から終了、緊急停止など操作方法を習得 ・ロボット等事業者の立ち合いの下、運用マニュアルに従い、複数回にわたり実際の業務で運用 ・導入部署担当者が主体的に操作方法を習得（2-3日程度）し、徐々に部署内で展開

2	ロボット等のトラブル回避方法の習得	<ul style="list-style-type: none"> ・通信ネットワークの不調や正常に動作しない場合のトラブルの対応方法は発生都度、ロボット等事業者と連携しながら回避方法を習得 ・頻発するトラブルは、1週間程度の運用で発生するため、ロボット等事業者と密に連絡を取りながらトラブル回避方法を習得
3	ロボット等の運用改善	<ul style="list-style-type: none"> ・機能（付加価値）の追加： ロボット等の運用が軌道に乗ると、ロボット等の新たな使い道を発見することがあり、機能追加等で運用改善を実施 ・運用中の不具合の解消： 運用時に想定した動作をロボット等が行わない場合（例えば、人の通行量が多く、ロボット等が正常に稼働しない）には、運用方法を変更することで、不具合を解消
4	効果検証	<ul style="list-style-type: none"> ・1～3を実施し、ロボット等の運用が現場に馴染んできたら、ロボット等の導入効果を検証 ・事前に設定した評価項目でロボット等の導入前後の定量的な効果を可視化

ロボット等の操作方法習得

ロボット等事業者が作成した運用マニュアルに従ってロボット等事業者のレクチャーを受け、操作方法を習得しました。

本実証で使用した清掃ロボットでは、マニュアルが無くても覚えられるような簡易な操作手順としたことで、導入部署担当がロボットを簡単に操作することができました。具体的には、①ロボットを清掃開始地点に持っていき ②電源を入れる ③ロボットに紙のQRコードを読み込ませる ④清掃開始ボタンを押下する という4ステップでロボットに清掃を開始させることができました。

ロボット等事業者が作成した操作マニュアル



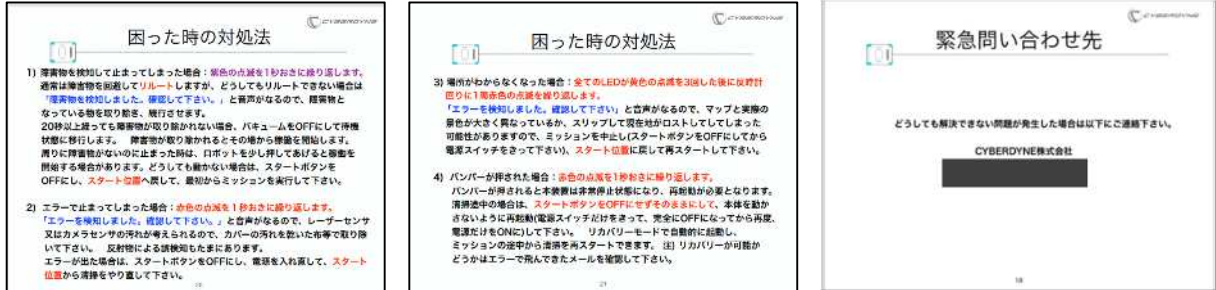
導入部署担当へのレクチャーの様子



ロボット等のトラブル回避方法の習得

ロボット等の操作方法習得と同様、ロボットのLED表示を参照しながら運用マニュアルに従い、トラブルに対応することができました。

ロボット等事業者が作成したトラブル対応マニュアル



ロボットのLED表示例



運用改善

実証期間中は、運用方法を改善しながら、より効果的な方法を探っていました。特に大きく変更したのは次の2点です。

#	事象	原因	対策
①	ロボットの途中停止による清掃やり直し	ロボットが検知しにくい細い形状の支柱の立て看板や細いフレームのラック等が、日によって出現したり位置が変動することがあり、ロボットが障害物として検知、回避ができず、先に進めないことで途中停止し、最初からやり直しとなってしまう。	● ロボットが途中で停止してしまった際でも停止した箇所の近くから清掃を再スタートできる機能を追加し、清掃のやり直しのロスをなくした。

② 吸引清掃の騒音

職員が事務作業や会議を行う時間帯に、執務室や会議室の近くでロボットが吸引清掃を行ったことで、騒音による苦情が発生した。

- ロボットの標準機能である吸引清掃で1カ月間の清掃を実施し、安定した清掃が確認できたことから、静粛性の高い拭き掃除による清掃に清掃方法を切り替えたところ、吸引清掃と同等の清掃品質を実現した上で、騒音への苦情は無くなった。
- ただし吸引清掃と異なり以下の制約がある。
 - ・清掃レポートにごみの吸引量は表示されない
 - ・カーペットの床は清掃できない
 - ・清掃毎にダスターの交換が必要

3-7 効果検証

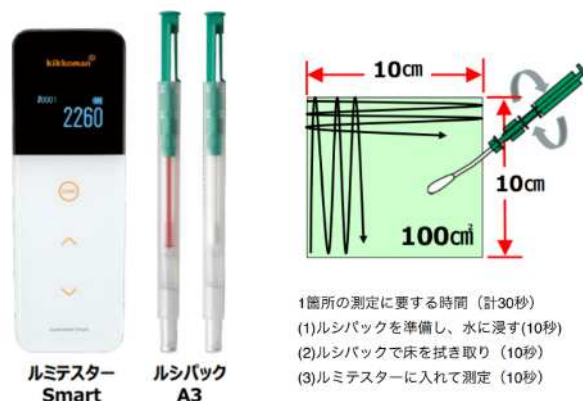
ロボット等の運用が現場に馴染んできたら、効果検証を行いました（効果検証の手法は「3.5-3 効果検証の評価指標の設定」を参照してください）。

定量的評価

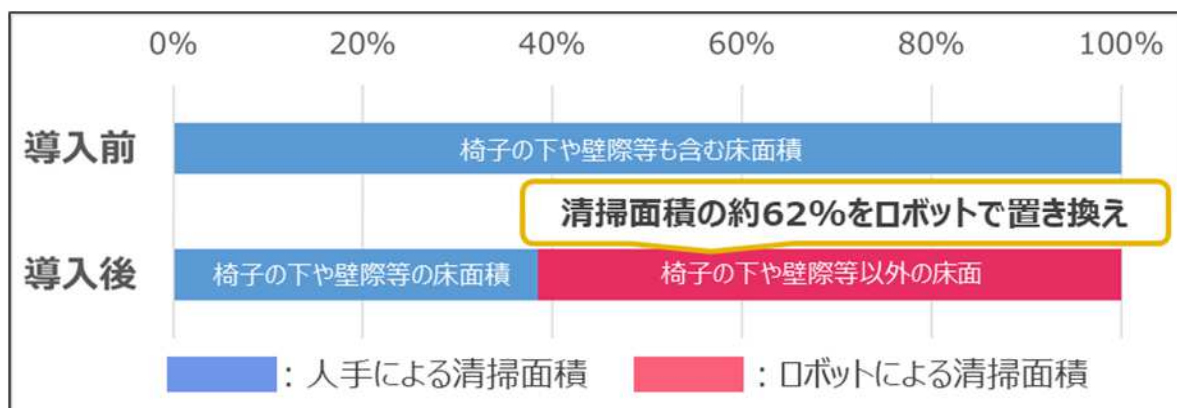
効率面では「清掃エリア床面積におけるロボットの清掃実施積比」から、どれほど人手からロボットに置き換えが可能か算出しました。

品質面では「人手とロボットによる清掃後の床面の汚れ比較（RLU）」および「人手とロボットによる清掃のばらつきの少なさを測る指標(変動係数)の比較」を行いました。清掃品質を評価・比較するために、床面の汚れ計測（ATP ふき取り検査）による効果検証を行いました。汚れが多いと想定されるトイレの前、食堂の前、エレベーターの前等、全 11 箇所を測定ポイントとし、1 週間ごとに人手とロボットの清掃を入れ替え、週 2 回を目安に清掃前後で床面の汚れ計測を行いました。

検査キットと検査方法



効率面の評価結果として、実証エリアにおいて人手による清掃面積の約 62%をロボットに置き換えられたことを確認しました。ロボットが床面を清掃することにより、人は人手でしか清掃できないような箇所の清掃に集中することが可能となります。したがって本実証を通し、ロボットと人が役割を分担することで、より効率的な清掃が実現できる可能性があることが示唆されました。



また、品質面の評価結果からは、吸引・拭き掃除ともに、人手と同等以上の清掃品質を維持し、かつ床面の汚れを人手に比べてばらつきなく落としていることを確認しました。

人手とロボットによる清掃後の床面の汚れ比較 (RLU) ※

※床面を綿棒でふき取り、菌や有機物汚れ等を計測したもの。全 11 箇所計測の平均値で比較。**値が小さいほど汚れが少ない。**



人手とロボットによる清掃の均質性(ばらつきの少なさ)を測る指標(変動係数※)の比較

※清掃前後の RLU 値の変化量の標準偏差 / 清掃前後の RLU 値の変化量の平均。**値が小さいほどばらつきが少ない。**



定量評価 まとめ

- 良かった点
 - ロボットによって、施設内の清掃の効率化と清掃品質の均質化が実現できた。
- 改善点
 - 施設内の備品等の位置変動によってロボットが途中で停止してしまう場合があるため、停止削減に向けたルート設定の改善や、走行再開操作を人が簡単にできる仕組みの検討が必要。

結論と導入に向けた提言

1. 清掃業務をロボットが代替することで、施設内の清掃の効率化と清掃品質の均質化が実現できました。
2. ロボットは椅子の下や壁際を清掃することができないため、人が清掃を行う必要があります。一方、ロボットは人手に比べてまんべんなく清掃を行うため、ロボットが清掃した床面は一定の清潔度を保つことができます。このような清掃の特性の違いを理解したうえで、人とロボットの役割を分担することで、効率的な清掃が実現できることが示唆されました。

3. 今回の環境ように、案内用立て看板や椅子等のロボットが検知しにくい備品等が日ごとに出現したり、位置が変わる場合、ロボットが障害物に阻まれて清掃中に停止することがあります。停止削減に向け、障害物が出現しそうな箇所は清掃ルートに含まれないよう導入時に設定することや、障害物検知機能の向上、停止した際に操作者がロボットを簡単に復帰させることができる仕組みの実装を検討していく必要があります。
4. 本実証では施設側の設備の都合で実施できませんでしたが、ロボットがエレベーターで別の階に自動で移動することで、1台のロボットが複数のフロアを清掃できるようになればよりロボットの導入効果が高まると考えられます。