研 究 計 画 書

1. 課題名

人との共存に向けた複数ロボットサービスの実証実験

2. 目的

自律移動型サービスロボットの社会実装が始まっており、不特定多数の人と種々のサービスを提供する多くのロボットが共存することになる。しかしながらロボットの性能や保有情報が異なり対人行動にも限界がある。それらを違和感のない空間として提供できる移動ロボットシステムの研究を進めている。

今回、不特定多数の人が存在する桂図書館の閲覧室を実証フィールドとして使用し、接近する対人行動として不快感を与えない誘導技術、種々のロボットがサービスを円滑および安全に行えるような情報活用技術に関する実証実験を行う。

3. 必要性

ロボットが実用化されて人と共存していくためには、実際の不特定多数に対してロボットサービスの実証実験を積み重ねて実用性を高める必要がある。

4. 計画･方法

１）実施期間と時間　2024 年 12/9～12/13　（10:00～17:00）

２）実証実験における対象者

イ）対象者の選定基準

実施期間内に図書館閲覧室に来場された不特定の利用者（教職員・学生の方）を対象とする。

ロ）予定対象者数とその算定根拠

実施期間は 5 日間、実施時間は１０時～17 時とする。各日の来場者数を平均 40 人と想定し、延べ 200 人が対象者になると見積もっている。

ハ）匿名化の方法

定点センサやロボット搭載センサとして可視カメラと深度センサやミリ波センサを使い、人の位置、人数、動き、状態の継続時間を計測する。特にこのとき人の画像は不揮発性の記憶領域には保存しない。センサが取得して上記のデータに変換した情報のみとなるので、個人の特定には至らない。

ニ）個人識別情報の管理

万全を期すために、センサに直結したマイコン基板内で計測したデータは保存しない。また、センサ使用中の旨を図書館の入り口に掲示する。

ホ）安全の管理

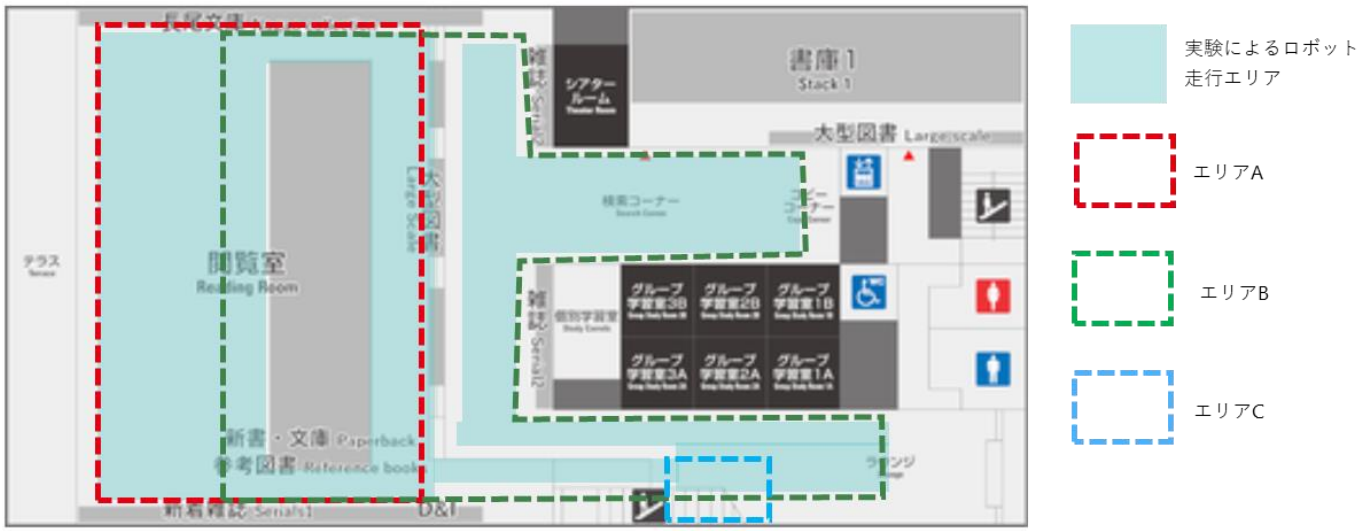
本実験で動作するロボットは、人などの障害物を検知して自動で停止する。万全を期すためにロボットごとに研究分担者が近くで常に監視を実施し、問題が発生した場合は緊急停止を行う。

ヘ）図書館来場者の音声案内に対する騒音苦情対応

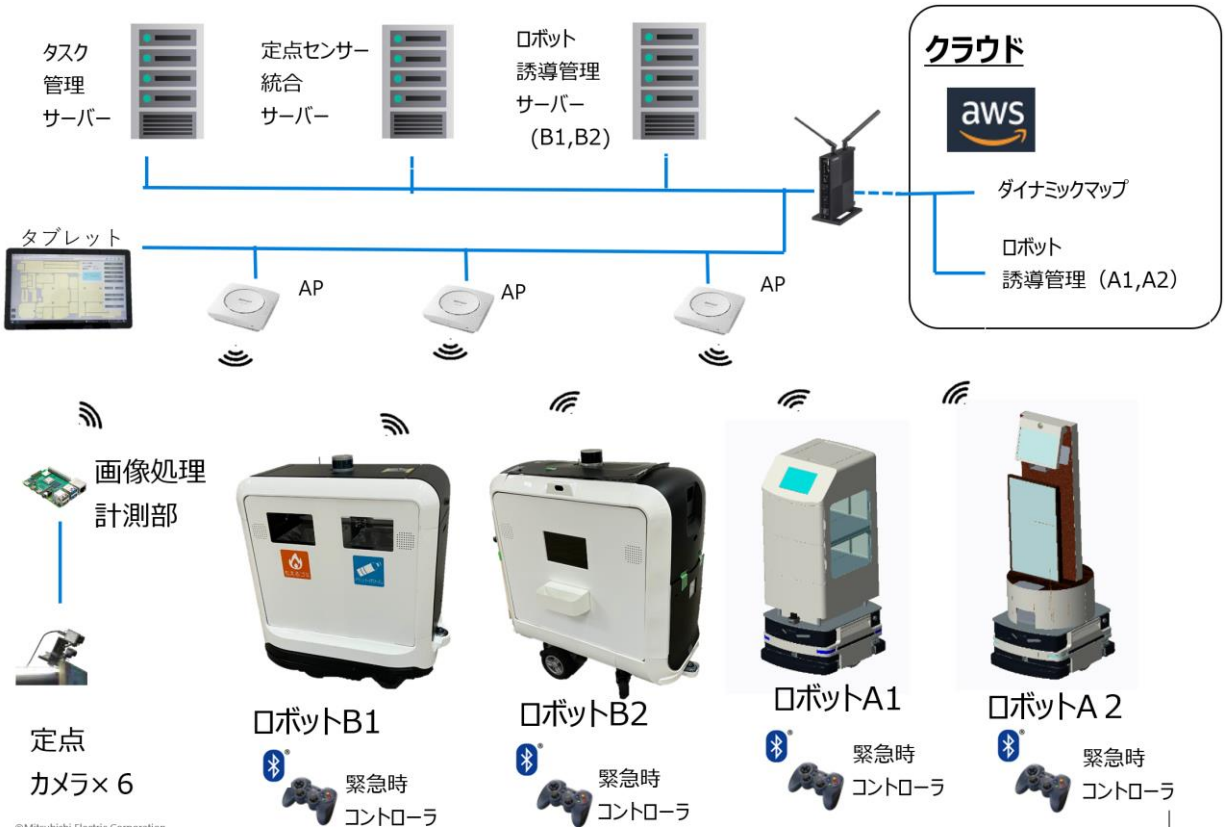
音声案内サービスで苦情が発生した場合は、苦情を頂いた方に確認し、許容レベルまで音声レベルを下げ、許容頂けない場合は、苦情を頂いた方が退室するまでサイネージによる表示機能のみでの実証試験に切り替える。その他苦情が発生した場合も、その都度話し合い実証試験の

一部を中止してでも図書館利用者の意向を優先する。
なお、本実験計画にて京都大学の倫理委員会の承認済みである。

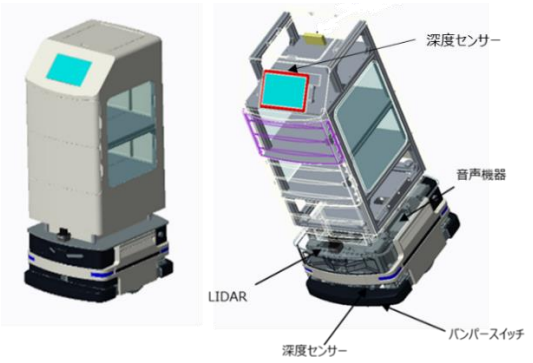
・実施場所：　京都大学桂図書館

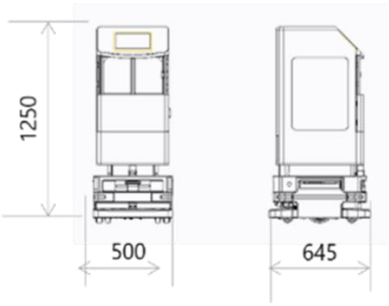


・実証システム構成

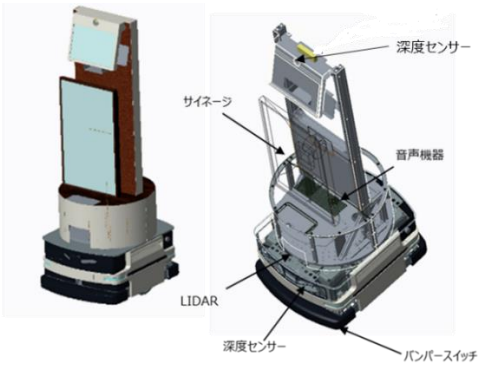


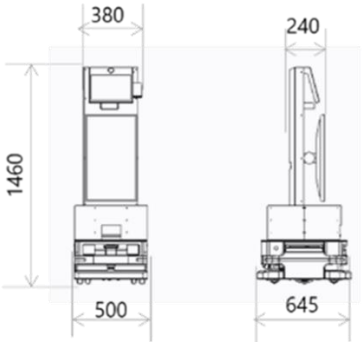
・移動ロボット：４種類、走行速度：最大 1.5ｋｍ/ｈ



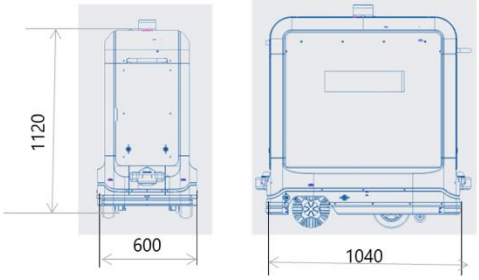


ロボット A1

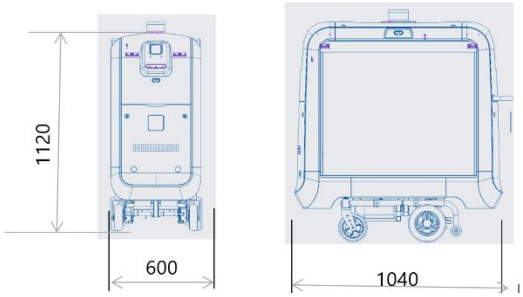




ロボット A2



ロボット B1



ロボット B２

- ロボットはロボットの搭載センサによって周辺を検知し、障害物（人も含む）が存在する場合は安全のために自律で回避や停止を行う。
- 狭小場所において進行方向で人を検知した場合は、人が通れるようロボットが幅寄せ停止を行う。
- ロボットにはそれぞれ緊急停止用の遠隔コントローラがあり、研究分担者が各ロボットの

監視を常に実施している。

・ロボットセンサ

① ３DLIDAR, ２DLIDAR

- LiDAR を用いて周辺対象物までの距離や対象物の形などを計測して 3 次元点群データをロボットに出力し、ロボットが保有している地図情報から自己位置推定に用いる。
- センサに直結したマイコン基板で人物検知処理と人物位置計測処理を行い、位置情報（3 次元座標）のみをロボットおよび、サーバーへ出力する。特にこのとき人の画像は不揮発性の記憶領域には保存しない。点群データは形状がわかる程度のレベルであるため画像の様な個人情報の特定が困難である。そのため個人が特定できない、点群データは保存可とする。
- センサは市販の LIVOX　MID360 を用いる。
  Livox Mid-360 (livoxtech.com)

② RGB カメラ・深度センサ

- RGB カメラで人物検知を行い、深度センサで人物の位置を計測する。
- センサに直結したマイコン基板で人物検知処理と人物位置計測処理を行い、人の座っている・立っている識別をしてその状態と位置情報（3 次元座標）のみをロボットおよびサーバーに出力する。特にこのとき人の画像は不揮発性の記憶領域には保存しない。
- センサは市販の RealSense（D455）を用いる。

Intel RealSense Depth Camera D455 – Intel® RealSense™ Depth and Tracking Cameras

③ ソナーセンサ

- ソナーセンサによって床面の変化を計測する。
- 計測した床面で泥を検知した場合にはロボットおよびサーバーへ出力する。
- ソナーセンサは市販の MaxBotix MB1300 を用いる。
  https://maxbotix.com/products/mb1300

④ ミリ波センサ

- ミリ波センサを用いて①の 3 次元点群で得られた人の座標の相対移動速度を
  センサに直結したマイコン基板で実施し、ロボットおよびサーバーに出力する。
- ミリ波センサは市販のレーダーモジュール評価キットを用いる。

T18_catalog.pdf (s-takaya.co.jp)

・定点センサ

①RGB カメラ、深度センサ

- RGB カメラで人物検知を行い、深度センサで人物の位置を計測する。
- センサに直結したマイコン基板で人物検知処理と人物位置計測処理を行い、検知した人物の 3 次元座標のみをサーバーに出力する。特にこのとき人の画像は不揮発性の記憶領域には保存しない。
- センサ 4 台で図書館閲覧室机付近を、センサ 1 台で書架をセンシングする。

・実施内容

所定時刻に、桂図書館の１F 利用者に対して４台のロボットを用いて複数のサービスをロボットにより実施する。その際に管制システムで４つのサービスのタスク状況を管理しながら実施する。

① 音声案内サービス

サイネージによる表示機能も併用する。音声案内後には充電位置（待機位置）に帰還する。なお、人の位置に応じたロボット誘導等に対する実証が目的であるため、ロボットによる音声案内の効果については不問とする。

- 設定時刻は 10 時、15 時、16 時 30 分の計 3 回。
- １回あたり最大 10 分間。
- 音声案内は本実証でサービスを実施している旨の内容を実施する。
- 同じ人に対して繰り返し音声案内を行わない。
- ひとつの場所での音声案内は最大１分とする。
- 不快感／威圧感を持たれないように一定以上人には接近しない。
- 音量は苦情が発生しないレベルに設定する。
- 音声案内はエリア A で実施する。
- サイネージに表示する内容と画面の明るさは、眩しかったり煩わかったりしないように、迷惑とならないように設定する。

② ゴミ収集サービス

通常は待機場所にて待機し、ゴミ収集の周回後にはゴミの取り出しを所定の位置で実施する。その後は待機位置に帰還する。

- 設定時刻は 10 時、15 時、16 時 30 分の計 3 回。
- １回あたり最大 30 分間。
- ゴミ回収している旨のアナウンスを実施しながら周回する。
- 音量は苦情が発生しないレベルに設定する。
- 人が近づいてきた際には停止し、再走行開始時には音声案内で通知する。
- ゴミ回収の周回はエリア B で実施する。
- 停止位置は、人が座って滞在している場所にしない。

③ 異常検知サービス

- 設定時刻は 10 時、15 時、16 時 30 分の計３回。
- 1 回あたり最大 30 分。
- 異常検知はエリア B で実施する。
- ロボットが周回して床面に泥が落ちていないかを検知する。
- 泥が落ちている場合は管制システムに情報をあげて、タブレットに通知する。
- 泥が落ちていた際にはそのロボットは泥を回避して走行する。
- 泥をロボットが検知した個所は、スタッフまたは研究分担者が清掃するまでロボットは

通行しない。

- 周回の際には所定の位置で温度も測定し、管制システムへ情報を通知する。
- 不快感／威圧感を持たれないように一定の距離以上人には接近しない。

④　リラックス空間での水配布サービス

- 設定時刻は 10 時、15 時、16 時 30 分を基本として、リラックス空間に人がいるとき実施。
- 事前にリラックス空間をエリア C にて実施する。
- セッティングは下記図に示すような人工芝を敷き、ロッキングチェアなどのくつろげるものを配置する。配置の際には通行などの邪魔にならないようにする。
- リラックス空間のロッキングチェアなどに人が座っていた際には、ロボットが検知して人の横に移動してロボットに搭載のペットボトル（水）を音声案内ですすめる。
- 人が近づいてきた際には停止し、再走行開始時には音声案内で通知する。
- 一定時間人の横で停止した後に元の場所にもどる。
- 音量は苦情が発生しないレベルに設定する。
- ロボットが停止状態から移動する際には音声案内で通知する。

３）研究組織

研究責任者(正)	京都大学大学院	工学研究科	教授	松原厚
研究責任者(副)	京都大学大学院	工学研究科	教授	鈴木基史
研究分担者	京都大学大学院	工学研究科	特定准教授	栗重正彦
研究分担者	三菱電機株式会社	部長		柏　宗孝
研究分担者	三菱電機株式会社	グループマネージャ		水野大輔
研究分担者	三菱電機株式会社	グループマネージャ		福田智教
研究分担者	三菱電機株式会社	グループマネージャ		今井良枝
研究分担者	三菱電機株式会社	Senior Expert		池西俊仁
研究分担者	三菱電機株式会社	主席研究員		赤穂賢吾
研究分担者	三菱電機株式会社	主席研究員		小池正英
研究分担者	三菱電機株式会社	主席研究員		三木洋平
研究分担者	三菱電機株式会社	主席研究員		古畑直紀
研究分担者	三菱電機株式会社	研究員		岡本僚太
研究分担者	三菱電機株式会社	研究員		越本拓海
研究分担者	三菱電機株式会社	研究員		山本孝信
研究分担者	三菱電機株式会社	研究員		清水智壮
研究分担者	三菱電機株式会社	研究員		鵜生知輝
研究分担者	三菱電機株式会社	研究員		渡辺隆之助
研究分担者	三菱電機株式会社	研究員		小島拓朗
研究分担者	三菱電機株式会社	研究員		ドミンゲス知輝
研究分担者	三菱電機株式会社	研究員		山下元気
研究分担者	三菱電機株式会社	研究員		藤田渉
研究分担者	三菱電機株式会社	研究員		中井滉基
研究分担者	三菱電機株式会社	研究員		太田悠介
研究分担者	三菱電機株式会社	研究員		宮崎潤
研究分担者	三菱電機株式会社	研究員		太田貴士
研究分担者	三菱電機株式会社	研究員		山本貴志
研究分担者	三菱電機株式会社	研究員		小西祐介

４）倫理的配慮

イ）対象者の身体への侵襲を伴うものについて

なし

ロ）対象者の身体への物理的負荷を加えるものについて

なし

ハ）その他人間としての尊厳が問題になりそうなものについて

なし

ニ）対象者に理解を求め、同意を得る方法について

（１） 対象者に理解を求める方法（ａ、ｂ、ｃいずれかを〇で囲み、併せて説明の具体的な内容を記すこと。）

ⓐ 対象者に書面および口頭で説明する。

図書館入り口や実証エリアなどにおいて、実証実験中であることが把握できるように書面配布／掲示／声掛けを行う。

ｂ 対象者に書面で説明する。

ｃ 対象者に口頭で説明する。

（２） 対象者の同意を得る方法（ａ、ｂいずれかを〇で囲むこと。）

ａ 対象者の署名入りの同意書を保管する。

ⓑ 対象者の同意は得るが署名は求めない。

対象者の同意が得られない場合は、実験を中断するか、当該エリアに入らないようにお願いする。このため、対象者の同意は署名により求めない。

5. 研究成果物の保存・管理と対象者の個人情報の保護について（研究期間終了後も含む）

研究成果物は京大および三菱電機の研究者にて保存、管理する。個人情報は取り扱わない。

6. 課題研究の実施によって、対象者に生じた健康被害を補償するための措置（保険等）の有無とその内容について

対象者には、本来の図書館利用目的に沿って行動いただく。ロボットへの接触や対話など、事故・負傷につながる行動は要求しない。そのため補償は用意しない。

なお、図書館入り口や実証エリアなどにおいて、補償がないことが把握できるように書面配布／掲示／声掛けを行う。対象者の同意が得られない場合は、実験を中断するか、当該エリアに入らないようにお願いする。また、翌日以降の利用に際して、保険加入を希望される場合には、研究費負担で保険に加入する。

7. 研究資金について

本研究は、京都大学と三菱電機株式会社の共同研究契約における費用で対応する。

8. 利益相反について

該当なし。

9. 対象者への説明について（配布説明文書と同意書を添付）

別添1を用いて、実証実験開始前に対象者の承認を得る。

文責：三菱電機　水野大輔

別添1

お知らせ

「人との共存に向けた複数ロボットサービスの実証実験」

期間：2024年12月9日～2024年12月13日
時間：10:00～17:00

桂図書館1階におきまして、ロボットによる複数サービスを行う実証実験を行います。当該エリアでは、所定時刻（10:00、15:00、16:30）を中心に移動ロボットが走行し、ロボットから人へ音声案内・ゴミ回収・水配布および床面検知を行います。

本実証実験に同意いただけない方は、当該エリアに待機している実証実験係員、または下記連絡先にお申し出ください。実験中断などの対応をさせていただきます。

なお、設置しているセンサは、個人を識別する情報を一切保存しません。また、ロボットは事故、負傷につながる行動はしません。

ご不便をおかけいたしますが、ご了承いただきますようお願いいたします。詳細は、お手持ちのスマートフォンなどで下記QRコードを読み取り、URLにアクセスしてご確認ください。

研究責任者：京都大学工学研究科　教授　松原厚
連　絡　先：三菱電機（株）先端技術総合研究所　水野大輔
090-3039-2859