

研究計画書

1. 課題名

桂図書館における人行動データの収集および、それらを利用したロボット動作実験

2. 目的

図書館のような人が集う環境において、人とロボットが共存できる環境構築を目的とする。本研究においては狭路における人に対する自然なロボットのすれ違いを実現するための方法について検討する。環境・ロボットに設置したカメラやライダ、距離画像センサ等のセンサを用いてデータを収集し、その収集データから人の位置や姿勢を検知する。そして、その検知した状態を用いて、ロボットが移動する場所を決め動作したり、案内をしたりする。事後に行うアンケート評価や、カメラにて観察した映像データを解析することで、ロボットのすれ違いが適切に実施できたか評価する。

3. 必要性

少子高齢化に伴う人手不足やコロナ禍に伴う清潔感への要望の高まりにより、飲食店やオフィスにおいてロボットが人間に代わり清掃や搬送や警備などを行う機会が増えている。本研究では、図書館のような人が集うリアル環境においてロボットが動作できる環境を構築し、またロボットの動作に伴い人がどのような反応動作を返すか評価する。図書館のようにロボットと人の物理的距離が近い環境でスムーズな移動ができるようになると、ショッピングモールやテーマパークなどさらに人が密集する環境でもロボットによるサービスができるようになることが期待できる。

本研究においては、研究対象者を事前に募集し、図書館での人行動とロボットに対する反応動作のデータ収集を実現する。データの収集は、研究対象者に対してのみ実施する。

4. 計画・方法

1) 研究の対象者

イ) 研究対象者の選定方法と基準

参加者は男女・健常者を対象とする。

ロ) 匿名化の方法

連結可能匿名化を行うために新たに参加者識別コードを付してそれを用いる(参加者本人から同意撤回があった場合などに対応できるように、対応表は作成し、次項に示すように三菱電機株式会社内で厳重に保管する)。データに関する個人情報には厳重に保護され、研究責任者等が研究で得られた情報を公表する際には、参加者が特定できないように、顔画像については実験参加者の許諾が得られた場合のみ掲載し、顔にモザイクをかける、顔画像と名前は同時に提示しないなど、十分配慮する。

ハ)個人識別情報の管理

個人を識別できる情報は、ユーザアカウント(三菱電機株式会社 先端技術総合研究所の本プロジェクトに関わる管理職と、サーバ管理者のみアクセス可能)及びパスワードで保護・暗号化されたサーバ上に保存する。紙媒体のデータに関しては三菱電機株式会社 先端技術総合研究所の本プロジェクトに関わる管理職のみがアクセスできる鍵の掛かる保管場所に厳重に保管する。また、保有個人情報の漏洩、紛失またはき損の防止、その他の保有個人情報の安全管理のために定期的に棚卸及び監査を行い、廃棄もしくは維持の判断を行う。保有個人情報の取り扱いに関する参加者からの苦情または問い合わせに対しては適切かつ迅速な対応を行う。

2)研究方法(自由形式で、できるだけ詳細に)

研究対象者は、実験に際してあらかじめ募集し登録を行っている者を対象とする。

本実験では、研究対象者を対象として構築したロボット動作の評価を進める。研究対象者には、「まっすぐ進む」、「クランク部を曲がる」、「本棚に向かって立ち止まる」といった事前に定義された最大 50 種程度の行動を行ってもらい、それらの行動を記録する。また、この際、ロボットが同じく「まっすぐ進む」、「クランク部を曲がる」などの動作をする場合がある。研究対象者の行動内容については、その都度詳細を実験者が説明する。また、研究対象者には、周囲の音環境をコントロールするためのヘッドフォンや視線情報を取得するためのアイトラッキング装置(Tobii pro glasses 3)を装着してもらうことがある。実験後にはロボット動作に対するアンケートおよびインタビューを実施する。行動・挙動を分析するために、全身を含んだ動画映像も取得する。

開館日に実験を行う場合は実験の情報を図書館入り口に掲示する。また、本実験に関係のない人が映像に移りこんだ場合は、モザイク処理を行い、個人を特定できないように処理を行った上でデータ保管を行う。

「データの取得および処理」

本実験では、以下の方法を用いてデータ収集を行う。

- ロボットに装着したセンサ: カメラ、ライダ、距離画像センサ、マイクロフォンアレイ
- 環境に設置されたカメラやマイクロフォンアレイ
- 研究対象者に装着するアイトラッキング装置

3)研究組織

研究責任者:京都大学大学院情報学研究科 神田 崇行 教授

研究分担者(京都大学):

藤岡 佑介 大学院情報学研究科 修士1回生

研究担当者(三菱電機株式会社):

水野 大輔 (グループマネージャ)

垣尾 政之 (グループマネージャ)

堀 淳二 (グループマネージャ)

津田 圭一 (主席研究員)

古畑 直紀 (主席研究員)

山崎 はるか (研究員)

鄭 冰 (研究員)

村上 拓也 (研究員)

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

該当なし

ロ) 対象者の身体への物理的負荷を加えるものについて

本研究において、身体への物理的負荷を加える行為を行わない。なお、利用するロボットについては、次のように安全性について配慮している。用いるロボットは人間社会の中で活動することを目的として開発されたもので、人体に危害を与えるような大きな力を持たない。本ロボットは、すべての移動を停止し、間接モータを解放状態(力が抜けた状態)にする非常停止装置が設けられている。また、ロボットの前後には、ライダを持ち一定距離以上はロボットに近づけないように制御されている。また、バンパが取り付けられており、万が一衝突した場合、移動を停止するようプログラムが組まれている。ロボットの仕様については、添付書類(1)「ロボットに関する説明書」を参照。

データ収集の際に利用するセンサは安全である(詳細は添付書類(2)にて説明)。

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

該当なし

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いずれかを○で囲み、併せて説明の具体的な内容を記すこと。)

- a 対象者に書面で説明する。
- b 対象者に口頭で説明する。

図書館での実験を行う前に、管理者(図書館の職員)からデータ収集やロボットの利用の許可を得る。また研究対象者への同意を得た上で実験を行う。アンケートやインタビューを実施する場合も同意を得る。実験説明書、同意書、同意撤回書を作成し、研究参加への同意を得る(添付)。実験参加に際しては、実験内容を文書で確認し、参加に同意いただける場合は、同意書に署名をいただいた上で実験に参加いただく。

(2) 対象者の同意を得る方法(a, bいずれかを○で囲むこと。)

- a 対象者の署名入りの同意書を保管する。
- b 対象者の同意は得るが署名は求めない。

[対象者が未成年者、成人でも十分な判断力がない場合など、その対象者に調査・研究の本意を説明できない場合は、その対処方法を記すこと。]

図書館で研究対象者の同意を得るための実験説明書、同意書および同意撤回書を作成する。実験者が書面にてデータ収集の内容の確認をしてもらい、データ使用の同意を得られた場合は同意書に署名いただく。いただいた同意書は鍵のかかる場所で厳重に管理される。

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）

本研究に関わった参加者の氏名などの個人情報については、公表しない。また、個人のプライバシーに関する情報を本研究に関連して採取する場合、個人情報の保管はユーザアカウント(三菱電機株式会社 先端技術総合研究所の本プロジェクトに関わる管理職と、サーバ管理者)及びパスワードで保護・暗号化されたサーバ上で行い、紙媒体の個人情報に関しては三菱電機株式会社 先端技術総合研究所の本プロジェクトに関わる管理職のみがアクセスできる鍵の掛かる保管場所に厳重に保管し、研究組織のメンバーと共同研究者の求めに応じて開示する。

研究対象者個人が同定可能な画像や映像および音声は学術的な研究発表などにおいて、データの例等として公開する場合があるが、名前に関する情報の公開は行わない。映像中の音声などに名前に関する情報が含まれる場合、その部分を無音にするなど個人名が認識できない形で編集を行い、個人のプライバシーの保護を行う。また、表情や身体の動きなどの映像中の画像情報に学術的な価値が存在する場合があるため、画像に関する匿名化処理に関しては、同意書で確認を行う。顔にモザイクを掛ける、顔画像の公開の許可を得るなど、同意が得られた方法下での公開を行う。また、公開後に申し出があった場合には、同意を得られた方法下での公開へと変更する。いずれの場合においても、顔画像と名前が同時に公開される事はなく、研究対象者は画像や音声のデータの公開を拒否する事もできる。

これらの記録したデータ個人情報については、論文発表後最長 10 年間、三菱電機株式会社 先端技術総合研究所の本プロジェクトに関わる管理職のみがアクセスできる鍵の掛かる棚(鍵の管理は当該管理職が厳重に行う)またはユーザアカウント(三菱電機株式会社 先端技術総合研究所の本プロジェクトに関わる管理職と、サーバ管理者)及びパスワードで保護・暗号化されたサーバ上で保管し、その後破棄する。破棄の際はデータ個人情報の内容が復元できないよう十分配慮し、廃棄処理を行う。

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

対象者には原則通常動作(目的に向かって歩く)の範囲に留め、重量物の運搬など事故・負傷のリスクのある行動は要求しない。事故・負傷に関しては三菱電機グループ包括賠償責任保険の範疇において補償するものとする。

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により実施されるものである。

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

別途書面を用いて説明し、実証実験開始前に対象者の承認を得る。

使用するロボットに関する説明書

1. 使用目的

図1のような高さ1m大の搬送ロボットであり、搬送に伴う移動中の人物の動作を計測する。今回の実験では、ロボットをオペレータが操作し、ロボットに搭載されたカメラやマイクなどの計測データをオペレータに伝えるとともに、その収集を行う。

2. 原理や特徴

搬送のために下部に台車を持つとともに、中央付近に荷物を入れるためのスペースを持つ。そして、ロボットの意図を人に伝えるための灯具を持ち、白色の矢印等を投影することができる。本実験に用いるロボットは中央駆動輪の左右それぞれにモータが接続され、2輪差動方式で走行する。前後にキャスターを装備し方向転換が可能な構成で、外界の情報を計測するためのライダ、ステレオカメラを搭載し、それぞれの機器を制御することで指示された走行する。ロボットの大きさは、高さ1250mm、幅500mm、奥行645mmである。



図1 搬送ロボット

3. 安全性

本ロボットは、移動を停止させる非常停止装置が設けられている。また、ロボットの前部には、ライダを持ち一定距離以上はロボットに近づけないように制御されている。また、前後にバンパが取り付けられており、万が一衝突した場合、移動を停止するようプログラムが組まれている。

実験時には非常停止ボタンをすぐに押せる位置に実験実施者が待機し、安全上の問題やロボットの予期しない行動が起きた場合には速やかに非常停止ボタンを押すことで瞬時にロボットの動きを止めることとする。またロボットの走行速度は最大で1.0m/sと人と比較してゆっくりとした走行スピードであるため、人がロボットとの衝突を回避するのは容易である上に、衝突するまでに遠隔操作や本体の非常停止ボタンを押すことは容易である。ロボットは床面に行き先を指し示すための灯具を搭載しており、その灯具の消費電力は15Wで、連続稼働でも発火することはない、比較的高温(最高で約70℃)となるドライバ部に触れないように覆われている。地面から1mの高さから斜め45度下方向へ投影しており、直射光が目に入らないように配慮している。大学の図書館の性質上、背の低い幼い子どもが来訪する可能性は低く、また灯具の電源を即座に手で切断する仕組みを備えるため安全である。また、照度は懐中電灯レベルである。

データ収集に使用するセンサに関する説明書

A. 距離計測装置

1. 使用目的

環境中の人物の位置を計測する。今回の実験では本装置を数台実験環境に設置、またはロボットに搭載し、環境中で指示行動を行う際の位置を計測する。

距離計測装置の例（右の図）

- 上: ライダ(測位センサ) 北陽電機 UST シリーズ
- 下: 距離画像センサ Intel RealSense

2. 原理や特徴

距離計測装置は、センサから被測定対象物へ赤外線レーザー・パルスを投光し、投光されたレーザー・パルスと、反射された受光パルスの時間の間隔を測定することにより、距離を算出する。実験では、環境中に距離計測装置を設置し、センサから人の位置を計測するために用いる。

3. 安全性

距離計測装置に用いられている赤外線レーザーは強度が Class 1 *1 であり、人体への影響が低く安全性が十分に確保されたものである。また広く産業応用、計測応用がされている実績のあるセンサであり、安全上の問題はない。

*1

通常の操作条件(合理的に予見可能な操作条件)の下で、安全なレーザーとみなされているもの。Class1 以下のレーザービームをレンズ等で集束させても、限界開口面積で平均化したパワー密度は MPE 値(最大許容露光量 MPE: Maximum Permissible Exposure) を超えない。つまり、ルーペや双眼鏡の使用をも考慮した本質的に安全なレベルである。



B. RGB カメラ

ロボットに一般の RGB カメラが搭載されていて、環境や周りの人間の特徴を認識するためのために使用する。また、カメラを環境に設置する場合もある。(RGB カメラの例:右図上)

C. アイトラッキング装置

実験において、対象者の視線方向の情報を取得するために用いる。ロボットや周囲の環境に設置したカメラなどのセンサ情報と合わせて解析を行い、対象者のロボットに対する行動を詳細に把握するために用いる(アイトラッキング装置(右図下:Tobii pro glasses 3))。LED とアイカメラを用いた角膜反射法により視線方向の情報を取得する眼鏡型の装置であり、また学術研究やマーケティングリサーチにおいて広く利用されている実績のあるセンサであり、安全上の問題はない。



一般の RGB カメラの例



アイトラッキング装置
(Tobii pro glasses 3)