

# サービスロボットのための仕掛けデザインによる 安全性向上に関する研究

A Research on Safety Improvement using Shikakeology for Service Robots

番場 元希<sup>1</sup> 見崎 大悟<sup>1</sup>

Genki Bamba<sup>1</sup>, Daigo Misaki<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 工学院大学

<sup>1</sup>Kogakuin University

**Abstract:** Covid19 による非接触の接客サービスの要望の増加や労働人口の減少によりサービスロボットの導入が急速に進んでいる。サービスロボットは主にサービス業で導入されることが多いことからこれまでの産業用ロボットなどとは異なり人とロボットが共存する環境動作することが多く互いの接触による事故の発生が懸念される。本研究では、事故防止のために、ロボット側だけではなく、人もロボットに対して注意を払う仕掛けが有効であると考えサービスロボットの仕掛けデザインにより人が自ら行動するように促し、ロボットとの接触を避け、安全性を向上させる手法について提案・検証をおこなった。

## 1. はじめに

近年、日本では少子高齢化によって労働者の確保が困難な状況であることに加えて 2020 年から現在に至るまでの新型コロナウイルスの感染拡大により非接触・非対面が求められる時代となっていることからサービスロボットの存在が注目されている。

従来ロボットといえば、工場で溶接・塗装・組立・搬送などを行う産業用ロボットを主に指していたが、本稿で扱うサービスロボットは、配膳・掃除・警備・受付をはじめとした生活のさまざまなシーンで人間と動作空間を共有しながら作業を行う。日本でのサービスロボットの需要は現在高まっており、今後 10 年感でのロボット産業の将来市場予測では、サービス分野での伸びが急速に伸びることが予想されている。[1]

しかし、サービスロボットの普及により人とロボットが密接に作業する状況が増加することで、人とロボットが接触することによる労働災害の増加が懸念される。ISO13482 においてサービスロボットや生活支援ロボットの安全規格についての規格の制定をおこなっているが、この規定を満たすためロボット開発について議論がおこなわれているが[2]、それらの条件をロボットで満たす上での設計コストなどはサービス現場での合理化を考慮すると現状では課題も少なくない。

サービスロボットと人が共存する環境での労働災

害を減らすために、ロボット側だけに安全機能をつけるのではなく、人がロボットに対して注意を払う必要があり、共存空間に視覚的な情報を提示することで人がロボットと空間を区別するような研究がおこなわれているが[3][4][5]、サービスロボットにおいては、サービスに対するユーザの満足度をあげるためにも、空間の共存利用が重要であると我々は考えている。

本稿では、仕掛けの手法[6]をもちいてサービスロボットの安全性向上のための人とロボットとの共存空間のデザインについて提案について紹介をおこなう。

## 2. 人とロボットとの共存空間のデザインによる安全性向上

図 1 に示すように安全性の向上を目指して人と人以外の共存空間を適切にデザインすることは空間の満足度の向上やコストの削減などさまざまな効果が期待できる。サービスロボットの安全性と共存空間の有効活用を目指して、人とロボットとの共存空間において、ボトムアップ的な手法により人の行動を変容させることで、サービスロボットが安全のためにかかるコスト（高価なセンサーや計算機処理能力など）を削減することを目指していく。



図1 共存空間のデザインの例



(a) 明示的なロボット通路 (b) 非明示的なロボット通路

図2 人とロボットの共存空間デザイン

図1の例では、明示的に歩行者と自転車との空間を視覚的に分類しているが、有効に機能していないエリアも少なくない。工場などでのサービスロボットの利用では、図1のようなロボット用の通路をもうけて運用することが多いが、飲食店などの比較的店舗が小さいところでは専用の通路をもうけることは簡単ではない。

本研究では、共存空間において人がサービスロボットに接近し接触することを避けるために、プロジェクタによってロボットの走行を優先する通路エリアを設定し、ロボットが走行時にはロボットのまわりにいる人がデザインから心理的な受け自ら行動を起こすように促す作業空間によって安全性を向上させることを想定している。共存空間においては、図2のように明示的なロボット専用空間を掲示する場合と、非明示的であるが人がそのエリアにはいることを避けるようなデザインとを用意し、その有効性を検証する。

### 3. 共存空間のデザインの有効性検証

#### 3.1 実験の概要

本研究では、人とサービスロボットとの共存空間においてプロジェクタで床面に明示的なデザイン・非明示的なデザインを提示することにより、歩行者の反応とそれによる行動変容の確認を行うことで、床面デザインの有効性を検証する。また、明示的なデザインと比較して非明示的なデザインでも、歩行者は避けて通るかを確かめる。

床面デザインは(a)静止画と「ロボット専用通路」の文字による明示的なデザイン、(b)静止画と動画による非明示的なデザイン、2パターンを提示し、それぞれの床面デザインにおける人の行動の確認を行う。本実験では、床面にデザインを提示し、人の行動を観察することでどのような床面デザインが人とサービスロボットの共存空間に適しているのか検証することを目的としている。

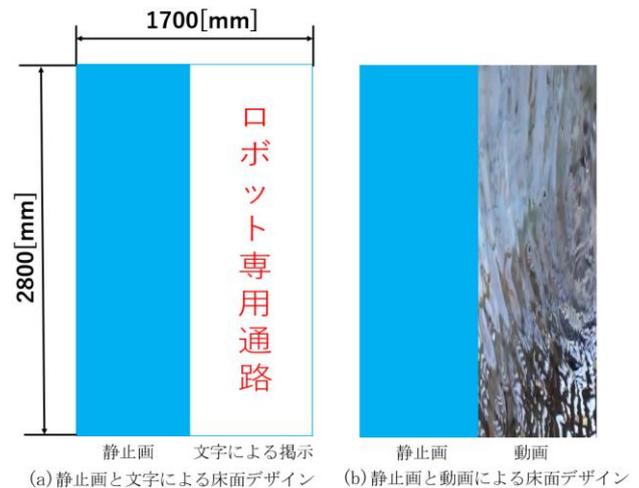


図3 2つの共存空間の床面デザイン

#### 3.1 実験方法

工学院大学 18F 研究室フロアにおいて実験を行った。実験場所は学内の学生・教授らが行き来する通路であり、実験を行うためにプロジェクタを設置して床面にデザインを投影することで実験を行った。この時の実験の様子を図4に示す。

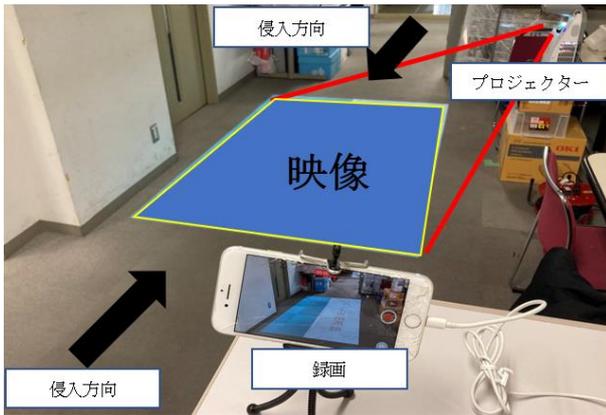


図4 システムの概要

また、床面に投影した2種類のデザインに対して、歩行者がどのような経路を通ったのか検証するためにOpenPose[7]という骨格解析処理を用いた。これにより、歩行者の足の骨格を解析し、フレームごとの移動から歩行経路を可視化した。

### 3.2 実験結果

仕掛けによる歩行者の歩行経路観察の結果を表1に示す。OpenPoseによって解析をした床面のデザインによる被験者の歩行者経路を図5,6に示す。図3(a)の静止画・動画による床面デザインの総通行人数は18人、図3(b)の静止画・文字による床面デザインの総通行人数は14人であった。静止画・動画による床面デザインでの静止画を通行した人の割合は72.2%(=13/18)、動画を通過した人の割合は11.1%(=2/18)、床面デザインを気にせず通行した人は16.7%(=3/18)であった。静止画・文字による床面デザインでの静止画を通行した人は85.7%(12/14)、文字による掲示を通行した人は0%(0/14)、気にせず通行した人は14.3%(2/14)であった。また、(a)の歩行経路観察で総通行人数のうち、画面奥の方から歩いて来た人が55.6%(10/18)、画面手前から歩いてきた人が44.4%(8/18)であった。(b)の歩行経路観察で総通行人数のうち、画面奥の方から来た人が42.9%(6/14)、画面手前から歩いてきた人が57.1%(8/14)であった。

表1 デザインによる歩行動作の変化

	(a)静止画・動画 による床面デザイン	(b)静止画・文字 による床面デザイン
静止画	13(72.2%)	12(85.7%)
動画	2(11.1%)	—
文字による掲示	—	0(0.0%)
気にせず歩行	3(16.7%)	2(14.3%)
通行人数	18	14

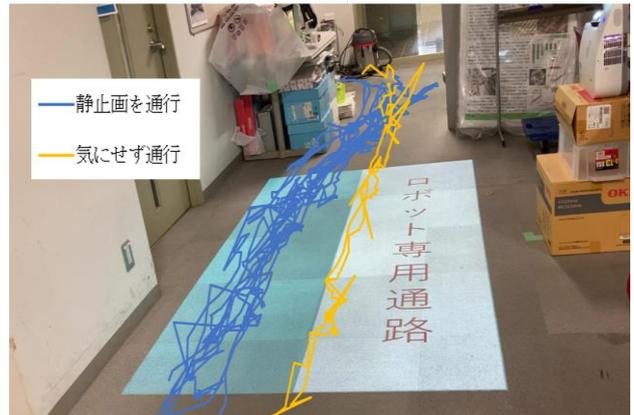


図5 (a)床面デザインの歩行者経路

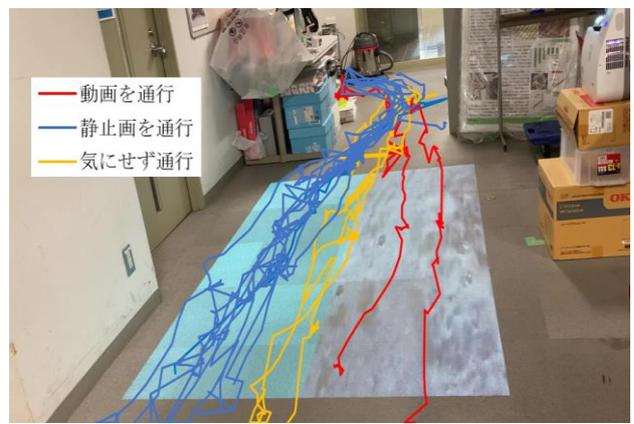


図6 (b)床面デザインの歩行者経路

### 3.3 考察

実験の結果(a),(b)どちらの実験も静止画を通行する歩行者が多かった。また、床面にデザインを投影しても気にせずにデザイン中央を通行する人も1,2割存在することも分かった。

(a)の実験において、文字による掲示の明示的なデザインを歩行した人は一人もいなかったことから、「～専用通路」という表記は通行者を限定するような明示的表現であったことから、通行しない方がいいエリアと連想させ、通らない意思決定をさせたと考えられる。

その一方で(b)の実験では床面の動画に気づいたにもかかわらず、動画側を通行した歩行者が一定数いた。動画側を通行した人は歩行経路からも端の方を歩くというよりも、動画の中心を歩行しており、自ら動画側を意思決定している。このことから、通常何もない床面に、投影した水面の動きの動画があった好奇心により、動画側を選択したのではないかと考える。

本研究の目的であるサービスロボットの動線確保に床面デザインの有効性があったのかという点に関しては、(a)(b)どちらの実験も歩行者の多くが何も書いていない静止面を選んだことから、サービスロボットとの共存空間に明示的な文字による掲示でなく、非明示的な動画での視覚的効果を用いた場合でも、歩行者の行動に影響を与えるとわかった。その一方で、非明示的な動画による床面デザインは歩行者が好奇心で踏む選択をする場面があるため、動画による床面デザインがどのような意味を持ったスペースなのか、歩行者側に潜在的に意識させるようなデザインが必要だという改善点も見つかった。

IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems 2011

- [5] 松丸 隆文, 干場 祐, 平岩 真司, 宮田 康広.: プロジェクタを用いて次の動作を予告表示す機能を持つ移動ロボットの開発 日本ロボット学会誌 25 巻 3 号 p.410-421 2007
- [6] Naohiro Matsumura, Renate Fruchter, Larry Leifer, Shikakeology: designing triggers for behavior change, AI & SOCIETY, 30, p.419-429, 2015
- [7] Zhe Cao and Tomas Simon and Shih-En Wei and Yaser Sheikh. Realtime Multi-Person 2D Pose Estimation using Part Affinity Fields. In CVPR, 2017.

## 4. まとめと今後の課題

サービスロボットの普及に伴い、ロボットと人との接触事故防止のために、ロボットだけではなく人側も注意を払うような解決法が求められている。本研究ではいくつかの床面デザインにより、人の歩行経路にどのような変化がみられるのか、また静止面とどのデザインを選択すればサービスロボットのどうせんが確保できるのか検証を行った。そして、実験の結果、動画による明示的なデザインだけでなく非明示的なデザインでも歩行者は避けるような歩行経路をたどる傾向にあった。

今後の課題として、本研究は1時間程度の実験で検証を行った。そのため被験者は少なく、まだ検証は十分であるとは言えない。さらに実験時間を長くし被験者の数を増やすことでより正確な実験結果を出す必要があると考える。

## 参考文献

- [1] 総合科学技術会議, ロボット総合市場調査報告書, 2021/12/23  
<https://www.nedo.go.jp/content/100080673.pdf>
- [2] 木村 哲也, 大賀 公二: 生活支援ロボット安全規格 ISO13485 とシステム安全 日本信頼性学会誌 信頼性 37 巻 2 号 p.61-65 2015
- [3] Christian Vogel, Markus Fritzsche, Norbert Elkmann, "Safe Human-Robot Cooperation with High-Payload Robots in Industrial Applications", 2016 11th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (HRI) 2016
- [4] Christian Vogel, Maik Poggendorf, Christoph Walter, Norbert Elkmann, "Towards Safe Physical Human-Robot Collaboration: A Projection-based Safety System", 2011