

卒業論文

題目

サービスロボットの遠隔操作に対する
リスクアセスメントに関する研究

指導教員

大原 賢一 教授

220447701
松野 有希

令和8年1月7日

名城大学
理工学部メカトロニクス工学科

論文概要

近年, サービスロボットは人手不足や働き方の変化により, 社会での需要が高まっている。一方, 設計段階においてリスクアセスメントが十分に考慮されていない場合, 運用時に想定外のリスクが発生して危険である。本研究は, サービスロボットの設計時・運用時における安全性確保向上を目的として, リスクアセスメントを組み込んだ設計工程を提案する。

本研究では, 提案した設計工程を自動化レベルの異なる4つのサービスロボットのユースケースに適用し, ダイアグラムを用いて危険源及びリスクの整理を行った。その結果, 自動化レベルの違いにより発生するリスクの種類や発生要因に差異が生じることが明らかとなった。また, 設計初期段階でリスクを明確化することで, 設計上のリスク低減策や運用ルールを

まだ、

検討しやすくなることが示された。ゆえに, 本研究で提案した設計工程は, サービスロボット導入時の安全性検討を支援する有効な手法であるといえる。

目次

第1章 序論	1
1.1 研究背景	2
1.2 従来研究	2
1.3 研究目的	2
1.4 おわりに	3
第2章 提案設計工程の事前情報	4
2.1 リスクアセスメントの概要	5
2.2 ロボットシステムの設計工程	5
2.3 自動化レベル	5
第3章 RAを組み込んだ設計工程の提案	6
3.1 従来設計工程の課題	7
3.2 新規提案工程の概要	7
3.3 各工程の詳細	7
第4章 適用ユースケース	8
4.1 対象ユースケースの概要	9
4.2 自動化レベルの定義	9
4.3 各LOAのユースケース	9
第5章 提案工程の適用結果	10
5.1 ダイアグラム化結果	11
5.2 同定された危険源・リスク	11
5.3 設計時の注意点	11
5.4 考察	11
第6章 納言	12
6.1 本論文のまとめ	13

目次

6.2 今後の課題	13
謝辞	14

図目次

表目次

第 1 章

序論

1.1 研究背景

近年, サービスロボットは少子高齢化やパンデミックによる働き方の変化により, Fig. 1.1 のような家庭内用掃除ロボットや Fig. 1.2 のような倉庫内運搬ロボット等, 様々な職業でロボットの普及が進んでいるといえる. 社会においては多様な役割を担い始めており, 特に遠隔操作型のサービスロボットは, 介護, 物流, 接客などの幅広い応用が期待されている. 実際に遠隔操作に関する先行研究も行われており, 将来的にはマニピュレータのある遠隔操作ロボットの需要は高まると考えられる.

1.2 従来研究

遠隔操作に関する研究では, 新規 VR デバイスやソフトウェアに対応するためのシステム構築^[1] や操作性向上のための UI 設計^[2] 等, 操作者の負担軽減や操作の直感性向上に貢献したものが数多くある. しかし, こういったロボットを扱いやすくする研究だけでは社会実装するための安全面への配慮が不十分といえる. 安全性を確保するためにはリスクアセスメント (Risk Assessment, 以下 RA とする) が重要である.

RA とは, Jis 規格^[3] や ISO 規格^[4] 等の国際規格に基づく工学・安全工学のプロセスであり, リスクを完全に排除するのではなく, 許容可能な水準まで低減することを目的とした手法である. RA では体系的にリスク低減を行うリスクアセスメントシートというツールがある.

遠隔操作ロボットシステムに対して, RA を実施した研究としては, レストランの配膳ロボット^[5] や運搬ロボット^[6] を対象に RA を実施し, 安全性を検討した事例が報告されている. しかし, このような研究事例は未だ少なく, 多様なユースケースを想定した検討は十分に行われていない. その結果, 遠隔操作ロボットシステムの設計・導入時に参照可能な知見が不足し, 安全設計の考え方や実施数段階が設計者個人に依存することで, 運用者が個別に適応する必要が生じ, さらに設計思想が共有されない場合には安全設計がブラックボックス化する. その結果, 運用時に安全設計の意図や制約条件が十分に理解されないまま操作が行われ, 認知負荷が増大し, ヒューマンエラーが発生する可能性があるという課題がある.

1.3 研究目的

そこで本研究では, 遠隔操作のサービスロボットを対象に, 包括的なユースケースのもと, 個別事象ごとのリスクを整理し, 設計工程における安全設計プロセスを体系的に示すことを目的とする. また, 包括的なユースケースにリスクアセスメントを実施することで

ロボット導入時に活用可能な知見やテンプレートの創出を目指す。以下に、本研究のアプローチを示す。

1. 既存の設計工程(SysMLを参考とした工程)にRAの工程を組み込んだ新たな設計工程の提案
2. 自動化レベルごとに分類した4つのロボットユースケースに対する提案工程の適用

1.4 おわりに

本章では、本研究を行うまでの背景と課題を示した。新たな安全設計プロセスを体系的に示すために、RAを組み込んだ新たな設計工程を示す。

第 2 章

提案設計工程の事前情報

2.1 リスクアセスメントの概要

2.2 ロボットシステムの設計工程

2.3 自動化レベル

第3章

RAを組み込んだ設計工程の提案

3.1. 従来設計工程の課題

ここでは構築するにかしらのシステムを説明する。

3.1 従来設計工程の課題

3.2 新規提案工程の概要

3.3 各工程の詳細

第4章

適用ユースケース

4.1. 対象ユースケースの概要

ここでは構築するにかしらのシステムを説明する。

4.1 対象ユースケースの概要

4.2 自動化レベルの定義

4.3 各LOAのユースケース

第 5 章

提案工程の適用結果

5.1. ダイアグラム化結果

ここでは検証の方法と結果について述べる。ボリュームによって適宜、部や章を分ける。

5.1 ダイアグラム化結果

5.2 同定された危険源・リスク

5.3 設計時の注意点

5.4 考察

第 6 章

納言

6.1 本論文のまとめ

6.2 今後の課題

謝辞

本研究に携わる機会を与えていただき、終始親切なご指導をいただきました名城大学理工学部メカトロニクス工学科大原賢一教授に心からの感謝を申し上げます。

参考文献