E-11

探索型レスキューロボットのドア開け作業のためのアームシステムの設計に関する研究

Research on Design of Arm Systems for Opening Doors for Search Type Rescue Robots

○宮東将史[1]，草間斐那[1]，市川誠朗[2]，羽多野正俊[3]
*Masashi Miyahigashi[1], Ayana Kusama[1], Noriaki Ichikawa[2], Masatoshi Hatano[3]

Abstract: This paper is concerned with a development of a robot arm system for opening doors. In broken buildings of rescue fields, the robots are required to open doors to go into next rooms in order to find victims and then the arm system is needed. In this report, we show our constructed rescue robot and design of the arm system.

１．緒言

本研究の目的は，災害現場においてレスキュー隊員の代わりにがれき内を走破しながら要救助者の探索活動をするレスキューロボットのロボットアームシステムを開発することである. 探索型レスキューロボットはロボットに搭載されたメインクローラ，サブクローラを用いて，がれき上を走行する．レスキューロボットの場合，通常アームには要救助者や周囲環境の情報を得るために必要なカメラや各種センサが搭載されている．さらなる探索能力向上のために，建物内に多数存在するドアを開けて隣部屋に移動する機能が必要となってきている．災害現場では瓦礫がドアを塞いでいる場合やロボットが瓦礫の上で不安定な状況であり，ドアノブの形状も様々であるため，これらの問題に対応できるアームシステムが必要不可欠となる．

本発表では，従来の機能を保ちつつドア開け作業を行えるようなアームシステムの設計について検討を行ったので，報告する．

２．製作したレスキューロボット

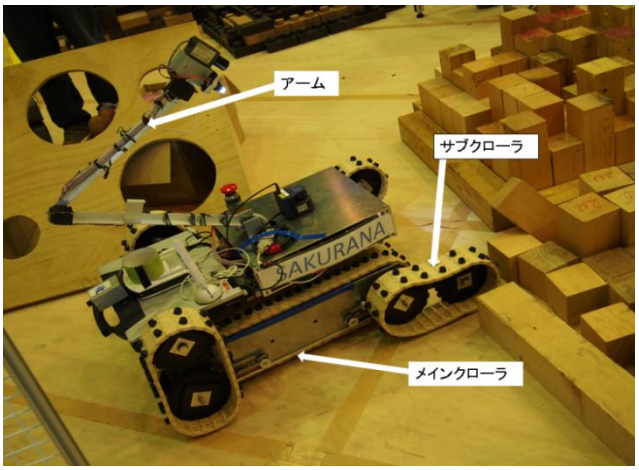

Figure 1. Our constructed rescue robot

これまで我々の研究室で製作した探索型レスキューロボットを Figure 1 に示し，その諸元表を Table 1 に示す. Figure 1 は, 実際の災害現場を模したフィールド(ロボカップレスキューフィールド)で走行実験を行った様子を表す．このフィールドは 1 つの部屋の中でさまざまな不整地を走行し，要救助者を探し出す課題が与えられており，さらに近年はより現実問題に適応した，扉の開閉をすることによって部屋の移動を行う機能が求められている．

Table 1. Specification of the constructed robot

機体長さ	最小 660[mm](最大 980[mm])
機体幅	580[mm]
機体高さ	290[mm]
機体重量	34.4[kg]
クローラ直径	150[mm]
トレッド	150[mm]
DC モータ	電源：DC 24[V] 定格出力：90[W] × 6

３．アームシステムの設計

Figure 1 に示すように, これまでのアームはカメラ等を搭載し，カメラ視軸を望みの方向に向けることを目的としていたため，できるだけ軽量である方が望ましく，そのため，アーム軸が細く，モータのトルクも弱かった．そのため，先端に取り付けられた各種センサやカメラが走行中に大きく揺れてしまい得られる映像が乱れてしまい，操縦にも支障をきたしていた．

これらの問題点を解決し，さらにドア開け作業が可能になるように，設計したアームを Figure 2 に示す. また諸元表を Table 2 に示す. アームのハンドも様々なドアノブの形状や，ドアも片開きのものや，引き戸などがあるためそれぞれに対応可能な形状になっている．

１：日大理工・院(前)・精機，２：日大理工・学部・精機　３：日大理工・教員・精機

関節の動きにはウォームギアを使用し，約 1[kg]の対象物を持ち上げるトルクを有している．

走行環境や障害物までの距離を計測するための Laser Range Finder（LRF）や探索に必要な探索用カメラや各種センサを取り付け，ドアや対象物を認識し取り付けたアームによって作業を行う．一般的なドアノブの高さは約 1000mm が平均的であり，ロボットアームを最大に伸ばした場合，約 1600mm 程の高さまで届くので十分開閉可能と言える．

ロボットアームを Figure 1 で示したレスキューロボットに搭載したイメージを Figure 3 に示す．

Table 2. Specification of the designed robot arm

全長	1300[mm]
アーム径	70[mm]
重量	5[kg]
DC モータ	電源 ：DC 24[V] 定格出力 ：90[W] × 2

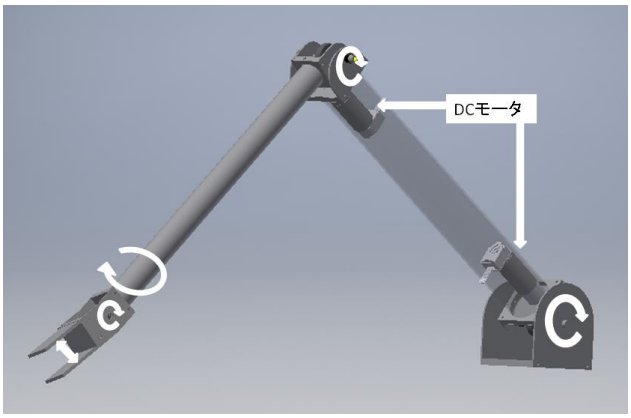

Figure 2. 3D-CAD image of the designed robot arm

４．操作力楕円体による検討

ロボットアームの手先の力の出しやすさ，つまり，さまざまな体勢に変化するごとに必要となる関節トルク，クローラトルクの大きさに着眼し評価する．その評価指標が操作力楕円体(MFE: Manipulating Force Ellipse)である．操作力楕円は，楕円の半径の長い方向には力が出しやすく，半径の短い方向には力が出しにくくなることを意味する．

これまで我々の研究室で超冗長マニピュレータの手先発生力について，操作力楕円体を規範とした動的評価手法について研究を行ってきた[1]．この手法をレスキューロボットのドア開け作業に応用し，サブクローラの姿勢制御によって作業しやすい姿勢を生成する手法について研究を行う．これにより，アームのみの力で手先作用力を発生させるだけでなく，これまで利用されていなかったモータ駆動力を使うことにより手先発生力を拡大する手法について考える．

Figure 3. 3D-CAD image of the developed robot

５．結言

本稿では，災害現場において，倒壊した建物内を広範囲に移動し要救助者を探索するために，従来必要とされていたカメラ視軸制御機構のみならず，ドア開け作業を行うための性能を有するレスキューロボット搭載用のロボットアームシステムの設計を行った結果について述べた．今後は，実際にロボットアームを製作し，様々な不整地でのドア開け実験，また最適姿勢制御手法等についてシミュレーションでのによる検証等を行う予定である．さらに，サブクローラ駆動力を利用してロボットアームハンドの操作力を拡大する手法について研究を進める予定である．

参考文献

[1] 黒木俊邦，羽多野正俊，冗長マニピュレータのための肘拘束による瓦礫撤去最適姿勢に関する研究，日本大学理工研究科修士論文，2015

[2]幸村貴臣，永谷圭司　不整地移動マニピュレータによる本体自由度を用いた操作力最大化の提案，第 33 回日本ロボット学術講演会，2015