

E-7

探索レスキューロボットのためのドア開け作業の最適姿勢に関する研究  
 Research on Optimal Postures of Door Opening Tasks for Search Type Rescue Robots

○中村旺雅<sup>1</sup>, 南皓太<sup>1</sup>, 羽多野正俊<sup>2</sup>

\*Ouga Nakamura<sup>1</sup>, Kouta Minami<sup>1</sup>, Masatoshi Hatano<sup>2</sup>

Abstract: This paper is concerned with optimal postures of autonomous door opening tasks for search type rescue robots. There is a possibility that motions of sub crawlers can be utilized in order to increase forces that the hand generates. In this paper, we report a method to obtain an optimal posture of sub crawlers and a mounted manipulator for opening opens doors using an operable ellipsoid as an evaluation method.

1. 緒言

本研究の目的は、災害現場における要救助者を探索するレスキューロボットにおいて、障害物であるドアを開閉するための手法を提案することである。

レスキューロボットは、レスキュー隊員の代わりに地震などの災害現場で要救助者を探索するが、階段やドア開け作業などをロボット自身が自律的に行うことにより作業効率が向上する。レスキューロボットにアームを取り付けることでドアの開閉ができるようになりレスキューロボットの探索範囲を拡大することが出来る。しかし、レスキューロボットが地震などで倒壊した建物でのドア開け作業をすることは困難である。ドアを開けることが出来なければレスキューロボットの探索範囲を狭めることになる。階段やがれきなどの不整地でのドア開けはマニピュレータの手先の動かしやすさやドアに対して出せる力が制限される。そこで、サブクローラ の角度を利用してレスキューロボットのボディの姿勢を変化させる。これによりマニピュレータの手先力を変化させる。

本発表では、手先力の出しやすさを評価する可操作性楕円体[1]を用いて、ドア開け作業を行うレスキューロボットの最適姿勢に関する手法を報告する。

2. レスキューロボットの概要

本研究室で今まで製作してきたレスキューロボット[2]を Fig. 1 に示す。また、諸元表を Table 1 に示す。

レスキューロボットの歩行機構にはクローラを用いており、歩行を主とするメインクローラは左右独立で駆動し、前進・後進ならびに旋回が可能である。また、レスキューロボットの前後左右に1本ずつ計4本のサブクローラが取り付けられている。これによりメインクローラだけでは進めない階段やがれきなどを乗り越えることが出来る。レスキューロボットの上部にはアーム

とハンドを搭載しており、ドアの開け作業やがれきなどの障害物の撤去することが出来る。

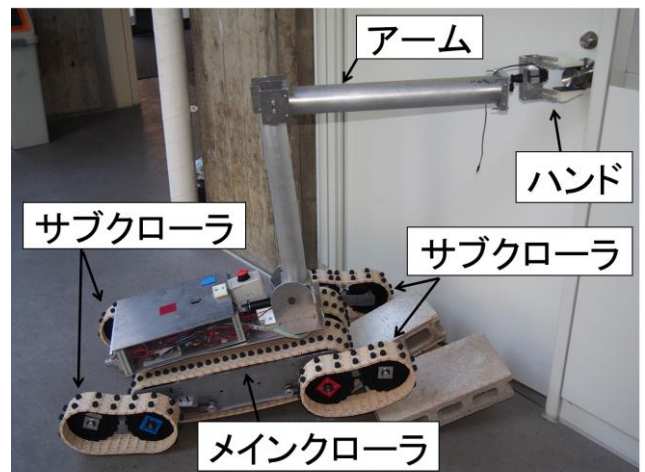


Figure 1. Overview of search type rescue robot

Table 1 Specification of searching rescue robot

機体長さ (サブクローラ収納時)	600[mm]
機体長さ (サブクローラ展開時)	980[mm]
機体幅	580[mm]
機体高さ	290[mm]
機体重量	34.4[kg]
ゴム足高さ	10[mm]
クローラ直径	150[mm]
トレッド	150[mm]
DC モーター	DC24[V] 90[W]

3. 可操作性楕円体

姿勢変化によってロボットアームの手先力の出しやす

1 : 日大理工・院(前)・精機, 2 : 日大理工・教員・精機

すさを評価するために可操作性楕円体を用いる。ロボットアームの手先速度のすべてのからなる集合を考えると、 $m$ 次元ユークリッド空間内の楕円体となる。この楕円体の主軸半径の長い方向は大きな手先速度を出しやすい方向であり、短い方向は小さな手先速度しか出せない方向である。このような楕円体を可操作性楕円体と呼ばれる。また、可操作性楕円体は可操作性楕円体の半径の長い方向には小さな力しか出せず、可操作性楕円体の半径の短い方向には大きな力を出すことができる。

ロボットモデルを Fig. 2 に示す。ロボット本体の姿勢 $\theta_0$ は Fig. 2 より

$$\theta_0 = \tan^{-1} \frac{l_{0F}S_{0F} - l_{0R}S_{0R}}{l_{0R}C_{0R} - l_{0F}C_{0F} - 2l_a} \quad (1)$$

と求まる。したがって、ロボット本体の姿勢をマニピュレータとすると 2link のロボットアームと合わせて 3link の冗長アームと考えることができ、3link アームのヤコビ行列から可操作性楕円体を求めることができる。3link のロボットアームのモデルを Fig. 3 に示す。

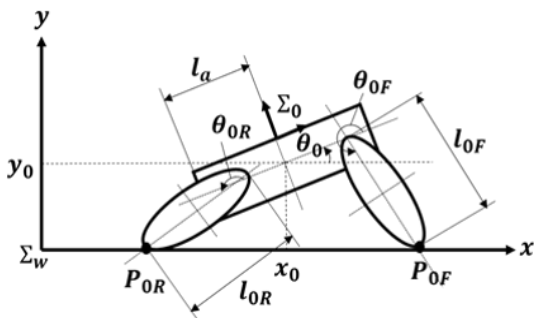


Figure 2. Robot model

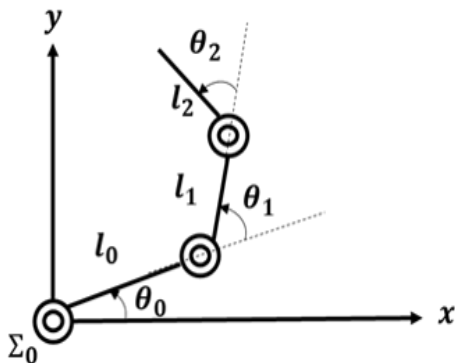


Figure 3. 3link model

ここで、関節変数ベクトル $q$ を

$$q = [q_1, q_2, \dots, q_n]^T \quad (2)$$

で定義し、手先の位置姿勢を表すベクトル $r$ を

$$r = [r_1, r_2, \dots, r_m]^T \quad (3)$$

とすると、 $q$ と $r$ の関係は

$$r = f(q) \quad (4)$$

として与えられる。式(4)を時間に関して微分すると、

$$\dot{r} = J(q)\dot{q} \quad (5)$$

を得る。ただし、 $J$ は $\partial f / \partial q^T$ で与えられる $m \times n$ ヤコビ行列であり、関節変位 $q$ の関数となる。 $J$ の擬似逆行列

$$J^+ = J^T(JJ^T)^{-1} \quad (6)$$

を用いると式(5)の一般解は

$$\dot{q} = J^+\dot{r} + (I - J^+J)w \quad (7)$$

で与えられる。ただし、 $w$ は $n$ 次元任意定数ベクトルである[3]。式(7)の第一項はハンドの位置を決め、第二項は $w$ の値によってアームの姿勢が決定する。

3linkのロボットアームは冗長性を持つため解が無数に存在し、ロボットの姿勢が定まらない。そこで、式(7)の $w$ の値を遺伝的アルゴリズムによって決め、最適な姿勢を探索する。また、遺伝的アルゴリズムの評価関数には、可操作性楕円体を用いる。

#### 4. 結言

本研究は、ドア開け作業を行うレスキューロボットの最適姿勢に関する手法を示した。今後は、シミュレーションを行い、実際にドアを開閉する実験を行う。

#### 5. 参考文献

- [1] 吉川恒夫, ロボット制御基礎論, 1998年
- [2] 南皓太, 探索型レスキューロボットにおけるドア開けのための姿勢制御に関する研究, 日本大学学術講演会 2018年
- [3] 川崎晴久, ロボット工学の基礎, 2012年