

## E-7

## 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

### Study on Posture Controls for Door Openings of Search Type Rescue Robots

○南皓太<sup>1</sup>, 市川誠朗<sup>1</sup>, 齊藤好宏<sup>1</sup>, 中村旺雅<sup>2</sup>, 布施智士<sup>2</sup>, 羽多野正俊<sup>3</sup>

\*Kouta Minami<sup>1</sup>, Noriaki Ichikawa<sup>1</sup>, Takahiro Saito<sup>1</sup>, Ouga Nakamura<sup>2</sup>, Satoshi Fuse<sup>2</sup>, Masatoshi Hatano<sup>3</sup>

**Abstract:** In this research, we aim to propose a posture control method of a search type rescue robot for door opening work in rescue robot. There are cases where it is necessary to go beyond the door with opens of them. However, at the disaster site, it is not always possible to open the door in a well-prepared state, such as a flat plane and so on. In this paper, we formulate a model of the robot and consider a method to determine the optimum posture for doing the door opening by using the feature that the hand force varies by changing the posture of the robot body.

#### 1. 緒言

本研究は、レスキューロボットにおけるドア開け作業のためのサブクローラとロボットアームの最適姿勢制御手法の提案を目的とする。災害現場では迅速な要救助者の発見、救助が求められるが、2次災害を防ぐために、レスキュー隊員の代わりに救助活動を行うレスキューロボットの研究開発が行われており、その目的に応じて多様な形態のロボットが提案されている。その中でも特に、倒壊した建物に侵入して要救助者を探索するロボットの研究開発が多く行われており、著者らの研究室でも研究を進めている。建物内部の探索を行う際に、ドアを開けて部屋から部屋へと移動する必要がある場合がある。しかし、災害現場においては整地上にロボットが位置しながらドア開けを行えるとは限らず、また、建物内の探索という目的のためにロボットの大きさは制限され、出せる力も制限される。従来より、マニピュレータの姿勢変化によって手先力を変化させる手法が提案されている[1]。これに対し、レスキューロボットの構造を利用しサブクローラの姿勢や駆動トルクを利用してロボット本体の姿勢を変化させ、これを本体自由度とすると、本体自由度とマニピュレータの自由度を合わせて、冗長マニピュレータとみなすことができる。この冗長性を利用して、手先力を変化させ、ドア開けを行うのに最適な姿勢をとるように制御する手法を提案する。

まず、最適姿勢の指標について示し、さらに、その姿勢決め方についての検討結果を示す。

#### 2. 実験機

これまで本研究室で製作したロボットの全体写真を Fig. 1 に示す。

走行機構にはクローラを用いており、走行を主とするメインクローラは左右独立で駆動し、前進、後退、旋回が可能である。また前後左右にそれぞれサブクローラがついており、これは階段や瓦礫などメインクローラだけでは踏破できないような状況で駆動させ、それらを乗り越えたり、ロボットボディの姿勢制御を行うことができる。このロボット本体上部に力作業が可能な車載アームが取り付けられており、ドアを開けての室内への進入を行うことができる。その際、サブクローラの姿勢制御用駆動トルクをハンドの可操作性および可操作性の向上に利用する新しい制御手法について考える。

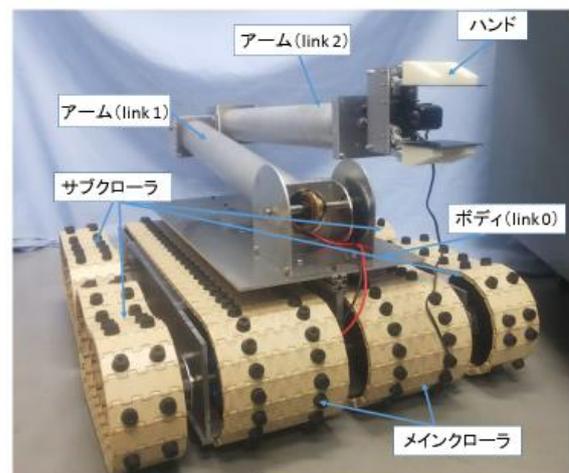


Fig. 1 Constructed rescue robot

#### 3. 可操作性楕円体

マニピュレータの手先の出しうる速度の集合を考えたときに、 $m$ 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、短い方向は小さな手先速度しか出

せない方向である。これは、可操作性楕円体と呼ばれ、また、力の出しやすさを考えれば、主軸半径の長い方向は力を出しにくく、短い方向に力を出しやすい。

可操作性楕円体を指標とし、主軸半径の短い方向、つまり力の出しやすい方向がドア開け方向となるように、ロボットの冗長性を利用して制御を行うことで、ドア開けのための力の最大化を図る。Fig. 2に今回考える、ロボットマニピュレータのモデル図を示す。今回はロボット本体をマニピュレータの link0 と考え検討を行った。

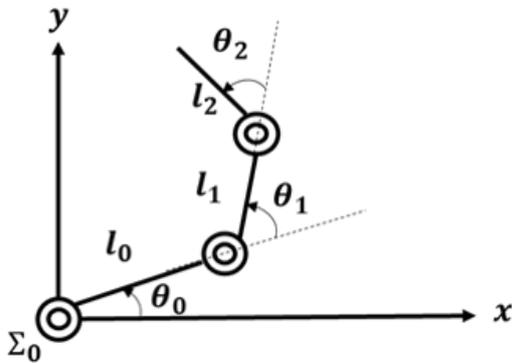


Fig. 2 3link model

この可操作性楕円体を求めるためにはヤコビ行列が必要となる。式 (1) に 3 リンクマニピュレータのヤコビ行列を示す。

$$\begin{bmatrix} \dot{x} \\ \dot{y} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} -l_0 S_0 - l_1 S_1 - l_2 S_2 & -l_1 S_1 - l_2 S_2 & -l_2 S_2 \\ l_0 C_0 + l_1 C_1 + l_2 C_2 & l_1 C_1 + l_2 C_2 & l_2 C_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{\theta}_0 \\ \dot{\theta}_1 \\ \dot{\theta}_2 \end{bmatrix} \quad (1)$$

ただし、 $S_x = \sin\theta_x$ ,  $C_x = \cos\theta_x$ とする

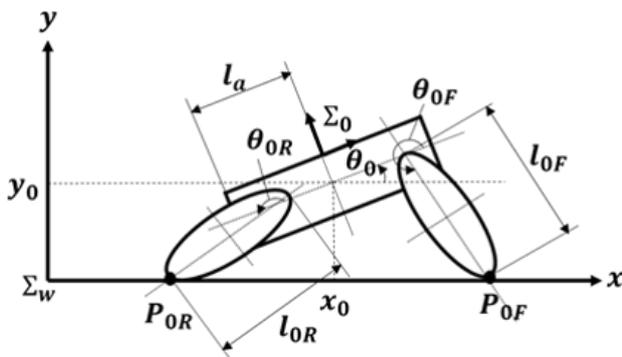


Fig. 3 rescue robot model

また、本体姿勢 $\theta_0$ は Fig. 3 のようなモデルから式

(2) のように求められる。

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

式 (2) を式 (1) に代入することで、ロボットの姿勢を link0 としたときのヤコビ行列が求められる。この求められたヤコビ行列から今回適用するロボットの可操作性楕円体を求めることが出来る。

#### 4. 遺伝的アルゴリズム (GA)

冗長性を利用して、とりえる姿勢の中で最もドア開け方向に力を出せる姿勢を可操作性楕円体と指標に用いて評価した。しかし、ロボットが冗長性を持つためとりうる姿勢は無数に解が存在し、また、姿勢が決まらなるとヤコビ行列が変化してしまい値が定まらない。そこで遺伝的アルゴリズム (GA) を用いてより速く最適な解の探索を行う。

GA とはダーウィンの進化論に基づいた生物の進化をヒントに情報処理を実現したものである。まず、適当な初期解群を用意し、それらを実行して点数をつけて、ある一定以下の解を切り捨てる。それらの解群に組み替えや突然変異といった処理を施し評価するといったこと一定回数繰り返す。そして、最後に残った解を最適解とするものである[2]。これを用いることにより、無数に解が存在する問題の最適解が定まる。

今回のような冗長マニピュレータの手先位置から姿勢を求めるような問題では解が無数に存在する。そこで、GA を用いて、可操作性楕円体のドア開け方向の大きさを評価して、これが最も大きくなるマニピュレータの姿勢を求める。

#### 5. 結言

最適姿勢の評価に可操作性楕円体を用いて、最適姿勢の解を求めるのに GA を用いることで、ドア開けを行う際の最適姿勢を求める手法の提案を行った。

今後、この手法を用いて、実機を用いてのドア開け実験を行う予定である。

#### 6. 参考文献

- [1]吉川恒夫, ロボット制御基礎論, 1988 年
- [2] 伊庭奇志, 遺伝的アルゴリズムの基礎-GA の謎を解く-, 1994 年