

レスキューロボットによるドア開閉作業のためのハンド能力評価 Evaluation Method of Manipulability for Door Open/Close performed by Rescue Robots

○市川誠朗¹, 南皓太¹, 斎藤好宏¹, 羽多野正俊²Noriaki Ichikawa¹, Kouta Minami¹, Takahiro Saito¹, Masatoshi Hatano²

Abstract: This paper is concerned with evaluation method of manipulability of rescue robots' hand when motions of sub crawlers are utilized to abilities of the hand. In disaster area, search type rescue robots grand on irregular terrain. Thus manipulability of the hand decrease depending on posture of the robot's body on the terrain. In that case, the rescue robot's posture control by the sub-crawler movement improves the force to the hand. In this paper, we show evaluation methods of the hand manipulability.

1. 緒言

本研究の目的は, 災害現場において要救助者をレスキュー隊員の代わりとなってドアの開閉を行うためのサブクローラとロボットアームによる**ハンド能力評価**に関する研究である。

地震などの災害現場で求められるのは要救助者の探索を迅速に行う事である。要救助者の探索又は救助において, 火災などの二次災害が起きる現場において人での探索は危険である。そこで, レスキューロボットを使う事で二次災害による被害を防げるだけでなく要救助者の探索を迅速に行う事ができると考えられる。レスキューロボットが要救助者を探索するとき, 瓦礫や建物内にある階段だけではなく, 各部屋に入るためにはドアを開けることに, より迅速に要救助者を探索することができる。しかし, 災害現場においてはロボットはがれき上に位置したままハンド作業を行う必要があり, その時のロボットボディの位置姿勢により手先の動かしやすさや発生力が制限される。その場合に, サブクローラの運動を手先能力の向上に利用することを考える。

本報告では, 当研究室で製作したクローラ式のレスキューロボットをベースにしてサブクローラ運動による**ハンド能力評価**を検討した結果について示す。

2. 探索型レスキューロボットの概要及び構造

本研究で製作するロボットアームのベースとなる探索型レスキューロボット[1]の全体像および諸元表を Fig. 1と Table 1に示す。

走行機構にはクローラを用いた。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・後進ならびに旋回が可能である。また前後左右に計4つのサブクローラが取り付けられている。これは, メインクローラだけでは走破できないような瓦礫を乗り越えるため

のものである。サブクローラはそれぞれクローラの部分が回転する構造と, メインクローラと連結している部分が回転する構造となっている。レスキューロボット上面には, ドアの開閉や障害物撤去を目的としたハンドを搭載したロボットアームである。

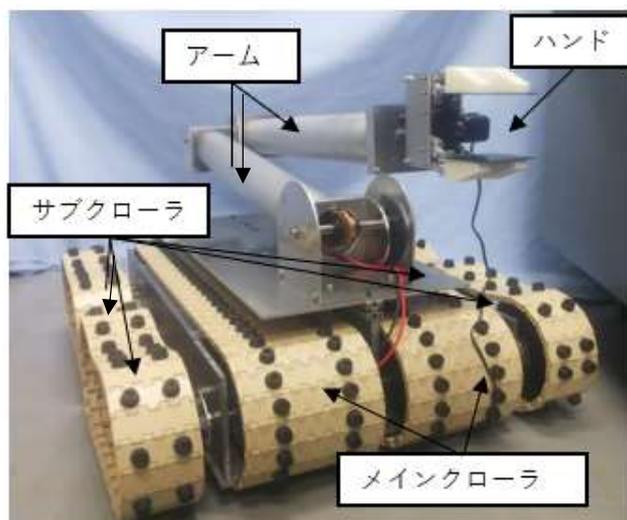


Figure 1 Overview of search type rescue robot

3. 可操作性楕円体

ロボットアームの作業空間内における作業位置, 姿勢の決定にはアーム先端に取り付けられたハンドの位置や姿勢を評価する可操作性楕円体を用いる。ハンドの手先速度のすべての集合を考えると 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, 可操作性の指標がもう1つあり, それが可操作度という。可操作度とは, ロボットアームがその先端に取り付けられた手先効果器の位置や

1 : 日大理工・院(前)・精機, 2 : 日大理工・教員・精機

姿勢を任意に動かしやすいことである。

2 リンクにおいて可操作性に考えてみると、ヤコビ行列 J は、

$$J = \begin{bmatrix} -l_1 S_1 - l_2 S_{12} & -l_2 S_{12} \\ l_1 C_1 + l_2 C_{12} & l_2 C_{12} \end{bmatrix} \quad (1)$$

となるので、可操作性 w は、

$$w = |\det J| = l_1 l_2 |S_2| \quad (2)$$

となる。ただし、 $S_1 = \sin\theta_1, S_{12} = \sin(\theta_1 + \theta_2), C_1 = \cos\theta_1, C_{12} = \cos(\theta_1 + \theta_2)$ である。Fig. 2 に可操作性 w とアームの全長 l_a を示す。これより、 $\theta_2 = \pm 90^\circ$ のときアームは最適姿勢となる。またアームの全長が一定の場合は可操作性が最大となる。

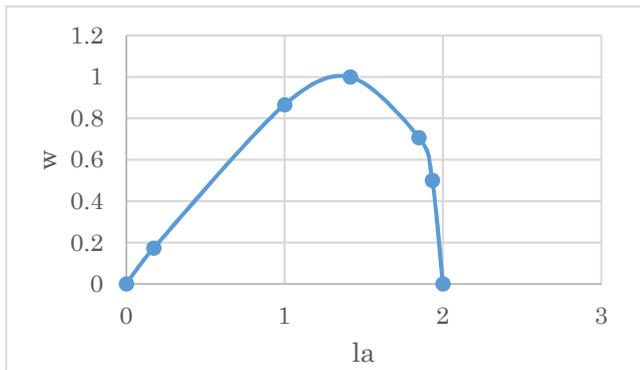


Figure 2 Maneuverability

次に、アームの全長が一定の場合の可操作性楕円体を考えてみる。Fig. 3 に可操作性楕円体を示す。

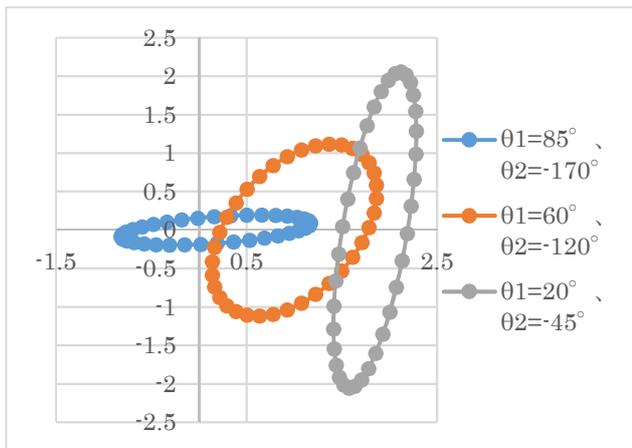


Figure 3 Manipulability ellipsoid

このように可操作性を評価できる。サブクローラ

運動による姿勢制御の場合はサブクローラの角度によってロボット本体の角度が決まるためロボット本体を1つのリンクとして考え3リンクにおいての可操作性を評価すればよいと考えられる。Fig. 4 にロボットのモデル、Fig. 5 に3リンクモデルを示す。

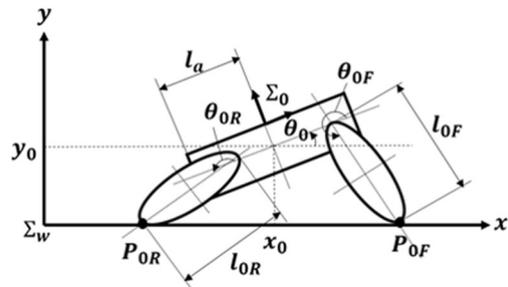


Figure 4 Robot model

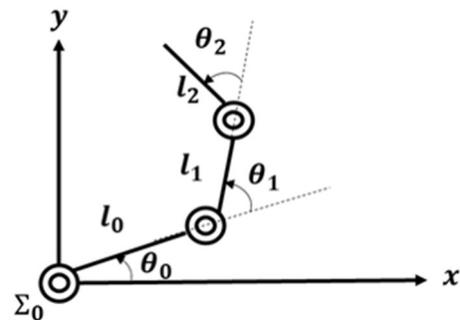


Figure 5 3link model

また、本体姿勢 θ_0 は Fig. 4 より、

$$\theta_0 = \tan^{-1} \frac{l_{0F} S_{0F} - l_{0R} S_{0R}}{l_{0R} C_{0R} - l_{0F} C_{0F} - 2l_a} \quad (3)$$

となる。本体姿勢 θ_0 を求められるので、Fig. 2, 3 のように可操作性を求めることができる。よって、それを用いてドア開閉時の姿勢制御を行うことができる。

4. 結言

本稿では、可操作性を用いたサブクローラ運動によるハンド能力評価を求める手法の提案を行った。今後は実機でのドアの開閉実験を行う。

参考文献

- [1] 吉川恒夫, ロボット制御基礎論, 1988 年
- [2] 草間斐那, 羽多野正俊, レスキューロボットのためのサブクローラ運動による手先可操作性向上に関する研究, 日本大学理工研究科修士論文(2015)