

瓦礫撤去レスキューロボットの製作と基礎特性実験に関する研究

Study on Construction and Basic Experiments of Characteristics of Rubble Withdrawal Rescue Robots

○越川佳祐¹, 各務竜平¹, 藤井俊郁², 雑賀友基², 羽多野正俊³* Keisuke Koshikawa¹, Ryuhei Kagami¹, Toshifumi Fujii², Tomoki Saiga², Masatoshi Hatano³

Abstract: The purpose of this research is to propose a rubble recognition method for autonomous rescue robots. In order that the rescue robot remove rubbles autonomously, it is necessary to recognize each stacked rubble one by one. In this report, we will explain the construction of the rescue robot with a rubble recognition method. In addition, experimental results of control accuracies are shown.

1. 諸言

災害現場において瓦礫の形状や質量, 積み重なった状態等は千差万別かつ未知である. そのためレスキューロボットには, 瓦礫のどの部分を掴み, どのように撤去作業を行えば, 重なった瓦礫を崩さず, また, 被災者に損傷を与えずに瓦礫を撤去できるのかを考えた手法, アルゴリズムが必要となる[1]. そして, レスキューロボットをレスキュー隊員が操作することを考慮すると, 極力操作する項目を減らし, レスキューロボット自身がある程度自動で動作することが望ましい. そこで, 積み重なった瓦礫から一つ一つの瓦礫を判別し, 把持できるような手法を提案することを目的とし, 本報告では, そのためのレスキューロボットの製作と, その基礎的な実験結果について報告する.

2. 実験用レスキューロボットとシステム

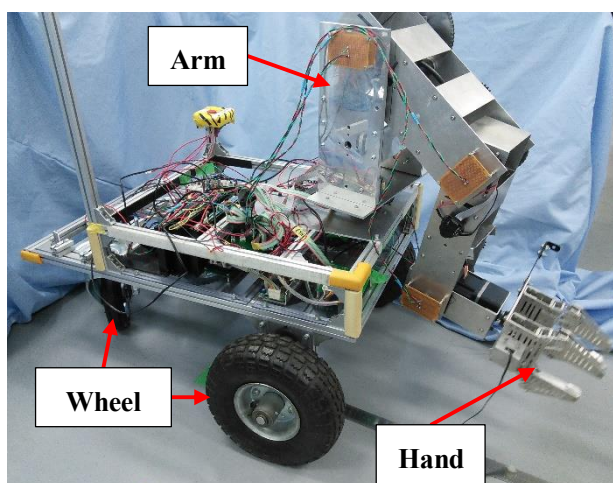


Fig. 1 Overview of Rubble Withdrawal Rescue Robot

Fig. 1 に製作したレスキューロボットを示す. このレスキューロボットは昨年度から本研究室で製作し, それに改良を加えたものである. 下部の車輪は前輪が

駆動輪となっており, 目標座標と姿勢を入力することにより目標地点まで移動できる.

車載コンピュータは 4 軸構造であり, 後述する逆運動学を用い, ハンドの位置, 姿勢ベクトルから各関節の角度を求める制御プログラムによって駆動する. 各リンクの角度は各軸に取り付けたポテンシオメータにより現在角度を取得し, フィードバック制御を行う.

ハンド部には Kinect が設置されている. Kinect には RGB カメラに加え, 対象との距離が二次元的に測れるデプスカメラが搭載されている[2]. Kinect は取得したデータから瓦礫を判別するのに用いる.

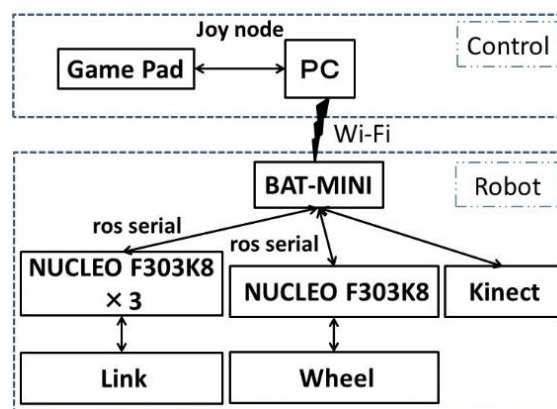


Fig. 2 System diagram

レスキューロボットのシステム図を Fig. 2 に示す. 上部のコントロール側では操作用 PC にゲームパッドを繋ぎ, レスキューロボット側では各リンクの駆動用 DC モータや車輪がワンボードマイコンを含む制御回路を通し, 搭載してある小型 PC に接続されている. 二つの PC 間は ROS の分散機能を用いて Wi-Fi を介した無線通信により接続されている. Kinect はレスキューロボット側の PC に直接 USB で接続されている. 操作用 PC には Ubuntu 14.04 と ROS(Robot Operating System)の indigo がインストールされている.

3. 逆運動学による制御

本研究室における先行研究として、平面上にある瓦礫モデルの外形を識別し把持する手法があるが、実際の瓦礫があるのは平面でなく、形状も未知であり、それ単体でなく積み重なった状態のものが多い。

そこでハンドに取り付けた Kinect からの RGB 画像と距離データを組み合わせることによって、積み重なった状態の瓦礫の三次元データを生成し、画像処理などを用いて瓦礫一つ一つの形状や積み重なり方を推定し、自動で瓦礫を把持することを目的とする。

そのために必要なのは、まず RGB 画像を処理し瓦礫の外形を抽出、推定することである。そしてカメラのついたハンドの位置、姿勢を制御し、撮影位置と距離データから瓦礫の大きさや位置を測定することである。そのため、このハンドの位置、姿勢制御に逆運動学を利用した制御プログラムを実装している。

逆運動学とは、ハンドの位置、姿勢ベクトルが与えられたとき、関節変位ベクトルを求める運動学のことであり、基本座標で位置、姿勢の目標値が与えられ、これを目標値として各関節を制御する。この解法は大別すると、計算アルゴリズムにより数値的に解を求めるやり方と、機構の特徴から幾何学的、代数的に解析解を求める方法の二つである[3]。

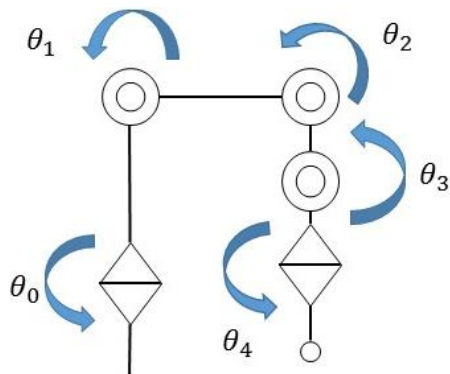


Fig. 3 Schematic diagram of the arm

Fig. 3 にレスキューロボットのアームの機構の略図を示す。この図の状態が間接角度の初期値となるように設定している。このアームは、機構の面から根元の旋回軸角度 θ_0 が決まれば、ほかのリンクの中心を通るような平面における、二次元平面の3リンクアームとして考えることが出来る。

この逆運動学を用いたアーム制御の検証実験を行った結果の一部を Table 1 に示す。

Table 1 The experimental results of inverse kinematics

					[cm]
Target value of X coordinate	48	50	55	60	64
1	47.5	50.0	55.0	59.5	63.7
2	47.5	50.0	55.0	59.5	63.4
3	47.5	50.0	55.0	59.5	63.4
4	47.5	50.0	55.0	59.5	63.0
5	47.5	50.0	55.0	59.5	63.7
Target value of Y coordinate	0	0	0	0	0
1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Target value of Z coordinate	55	55	55	55	55
1	56.0	56.5	57.5	57.0	57.0
2	56.0	56.5	57.5	57.0	57.0
3	56.0	56.5	57.5	57.0	57.0
4	56.0	57.0	57.5	57.0	57.0
5	56.0	57.0	57.5	57.0	57.0

この実験は、ある目標地点へハンドを移動させる動作を複数繰り返し、そのときの実測値を測定した。表は各 x, y, z 座標の目標値と、それに対する実測値である。実験は各目標値に対して五回ずつ試行した。

この実験結果から、目標値に対して数センチの誤差が生じているが、これは計算に用いた初期値と実際の初期値やアームの長さなどのパラメータのずれ、ポテンショメータの精度の低さなどから生ずるものと考えられ、これらは初期値やパラメータ等を調整することで減らすことが出来ると考えられる。また、同じ地点への繰り返し実験に対しては高い再現性が得られていることがわかる。

4. 結言

本発表では、瓦礫撤去レスキューロボットの製作について、基礎的な特性に関する実験の報告を行った。今後は人間の上に積み重なった瓦礫を判別できるよう研究を行う。

5. 参考文献

- [1] 各務竜平：「瓦礫撤去ロボットによる未知形状瓦礫の撤去作業に関する研究」2015年
- [2] 表 允哲, 倉爪 亮, 渡邊 裕太「詳説 ROS ロボットプログラミング」2015年
- [3] 川崎春久「ロボット工学の基礎」2012年