E-12

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

Research on Removal Works of Unknown Shape Rubbles performed by Rescue Robots

○各務竜平[1]，　羽多野正俊[2]
* Ryuhei Kagami[1], Masatoshi Hatano[2]

This is paper is concerned with a removal method for rubbles having an unknown shape. In disaster area, characteristics of rubble, such as shape, mass and so on, are unknown. Therefore, such characteristics are needed to be identified by measuring with sensors for safe removal. In this research, we propose a method to perform the removal without break down during working using cameras and force sensors.

１．緒言

本研究の目的は，レスキューロボットにより未知形状である瓦礫を撤去するための手法を提案することである．災害現場において瓦礫の形状，質量，置かれている状態等は千差万別で未知である．そのため瓦礫のどの部分を掴んで，どのように撤去作業を行えば，積み重なった瓦礫を崩さず，また，被災者に損傷を与えることなく瓦礫を撤去できるのかを知ることが必要である．そのため力センサの応答時間やカメラから得られる視覚情報等により，瓦礫の動特性や掴んでいる位置の推定を行うアルゴリズムについて考える．

本発表では，カメラから瓦礫の形状認識と距離計測を同時に行う手法について提案するための基礎的検討結果について報告する．

２．実験機

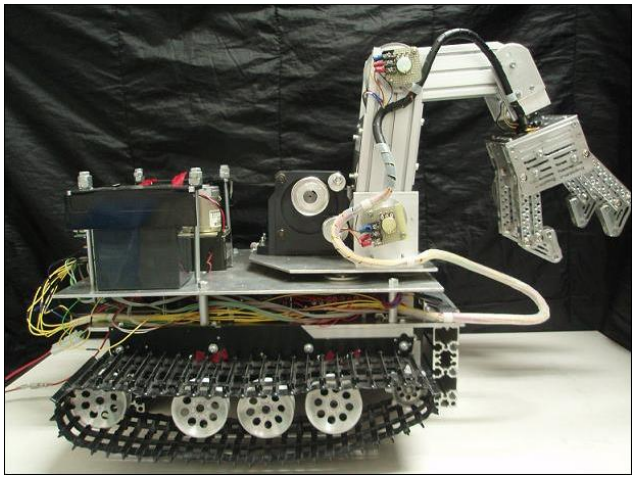

Figure 1　Overview of rescue robot

実験機を Figure 1 に示す．実験機は移動ロボット部と車載マニピュレータ部から成り立っている．移動ロボット部は左右独立のクローラで駆動し，左右のクローラはそれぞれ DC モータで駆動され，ロータリーエンコーダによりクローラの回転角を計測する．車載マニピュレータは最大 1[kg]の物体を持ち上げることができる．車載マニピュレータ部の Link1, Link2 は DC モータで駆動させており，それぞれの角度を測定するためのポテンショメータを取り付けてある．また車載マニピュレータ部の Link3, Link4, Link5 はサーボモータにより駆動される. Figure 2 にハンドの拡大図を示す.

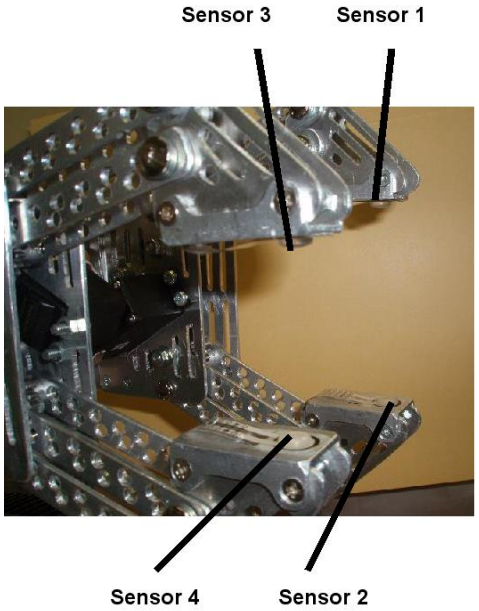

Figure 2　Hand of the rescue robot

ハンドは 4 本の指から形成されている．左右の指にはそれぞれサーボモータが取り付けられており，上下の指 2 本が一対で動く．よって左右の指は独立して開閉することができる．また上下の指は平行リンク機構であり，それぞれの物体を掴む面を平行に保持したまま物体を掴むことができる.さらに，各指先には力セン

１：日大理工・学部・精機，２：日大理工・教員・精機

サが取り付けられており，瓦礫を把持する力および瓦礫からの反力を計測することができる[1].

３．瓦礫持ち上げ実験

実験機を用いて力センサの応答結果から，瓦礫の掴んでいる位置の推定を行った．実験は水平路面で行うものとし，瓦礫はあらかじめ掴んである状態として実験を行った．また持ち上げる物体は質量分布が一定の鉄材を使用した．この条件のもとで瓦礫の掴む位置を中心，中心から右に 140[mm]，中心から左に 140[mm] の 3 パターンで実験を行う..Figure 3 に瓦礫の中心を掴んだときの実験結果を示す.

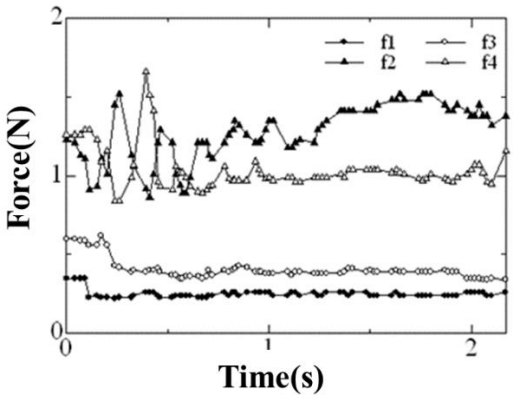

Figure 3　Response of forces

図より，瓦礫の中心を掴んだときはハンド下部の力センサに力が集中，瓦礫の右側を掴んだときは反時計回りのモーメントが作用，瓦礫の左側を掴んだときは時計回りのモーメントが作用していることが分かる．よって瓦礫を持ち上げた時のモーメントのつり合いからハンドが掴んだ瓦礫の位置を推定できると考えられる.

４．実験機の問題点

前項の実験結果を含む基礎実験から，実験機に種々の問題点が明らかとなった．特にそれらの中で，単眼カメラのため対象物までの距離が分からないことが問題であった．そこで瓦礫の形状認識と対象物までの距離計測を同時に行う手法について検討を行う.

５．ステレオカメラ

ロボットにはカメラが単眼カメラが搭載されており，距離センサを付加すれば対象物までの距離を測ることができる．しかしハンドの重量が増えてしまうため，あまり適切とはいえない．そこでカメラを 2 台用いたステレオカメラを使用し，対象物までの距離を三角測量の原理を使って求める. Figure 4 に三角測量の原理を示す.

三角形の一辺とその両端の角度が決まると，三角形は一義的に定められる．この原理を利用すると，異なる 2 点に配置された観測面上での像の位置(x_a, y_a)，(x_b, y_b)から，注目点 P の 3 次元位置(x, y, z)は次の式で求めることができる．ここで L はカメラ間距離, f は焦点距離である[2].

$$x = \frac{x_a L}{x_a - x_b}, \quad y = \frac{fL}{x_a - x_b}, \quad z = \frac{y_a L}{x_a - x_b} \qquad (1)$$

ただし，内部パラメータの等しい 2 台のカメラが，互いの光軸が平行で，かつカメラ座標系のx_a軸とx_b軸が同一線上で同じ向きになるように設置しなければならない[3]が，これらはカメラキャリブレーションにより校正することができる.

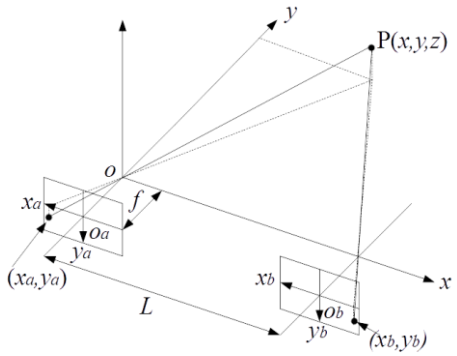

Figure 4　Stereo camera system

CPU には Raspberry Pi2 ModelB，画像処理ソフトには OpenCV を使用する予定である.

６．結言

本発表ではカメラから対象物までの距離をどのような方法で得るかについて検討した．発表当日には，Raspberry Pi2 ModelB 上で 2 台のカメラを動かし，対象物までの距離の検出をリアルタイムで行う処理速度であるかについての考察，検討を行う予定である.

７．参考文献

[1]宮坂圭太:「手先に力センサを有するレスキューロボットによる瓦礫撤去作業に関する研究」(2006)
[2]川崎晴久：「ロボット工学の基礎」 pp21~23, (2012)
[3]松坂喜幸, CG-ARTS 協会：「ディジタル画像処理」 pp318~321, (2015)