

## E-4

## がれき撤去レスキューロボットのための 3 次元物体認識

### 3-D Object Recognitions for Rubble Withdrawal Works Performed by Rescue Robots

○藤井俊郁<sup>2</sup>, 越川佳祐<sup>2</sup>, 小泉会矢<sup>1</sup>, 鵜田陽<sup>1</sup>, 羽多野正俊<sup>3</sup>  
 Fujii Toshifumi<sup>2</sup>, Koshikawa Keisuke<sup>2</sup>, Koizumi Harunao<sup>1</sup>, Tokita Akira<sup>1</sup>, Hatano Masatoshi<sup>3</sup>

**Abstract:** In this research, we aim to develop a control method for autonomous rubble withdrawal works of rescue robots. For the purpose, a precise 3-D measurement system of rubbles is needed in order to detect grasping position of rubbles with unknown shape and unknown stacked state. In this paper, we propose the measurement system using the Kinect and the reference marker and show experimental results.

#### 1. 諸元

災害現場においてがれきの形状や質量、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、がれきのどの部分を掴み、どのように撤去作業を行えば、積み重なったがれきを崩さず、また、被災者に損傷を与えずにがれき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<sup>[1]</sup>。そのため、個々のがれきの判別、がれきの積み重なった状態等の測定に基づいて、がれきの撤去作業の自律化について考える必要がある。本研究では、レスキューロボットにより未知形状であるがれきの判別、がれきの状態等を測定し、自律的にがれきを撤去するために、ロボットのマニピュレータの手先部分に Kinect を取り付けてがれきの形状、がれきの積み重なった状態等を推定する手法を考える。本発表では、Kinect と 3 次元基準マーカを用いた 3 次元環境認識システムの提案と実験結果について報告する。

#### 2. 環境認識用センサ

がれき等の撤去作業物や環境を認識するためのセンサとして Kinect を用いた。Kinect は、RGB 画像に加え、距離画像を取得することができる。Kinect から得た各画素の距離値と方向から、3 次元空間上の一点の座標である点群 (Point Cloud) を得ることができる。また取得した点群の処理は PCL(Point Cloud Library)を利用した。PCL とは、点群データを処理するためのオープンソースライブラリである。

#### 3. 基準マーカを利用した位置合わせ手法

レスキューロボットの自律化のために、3 次元環境を認識する必要がある。多方向から取得した点群の位置合わせは特徴点を利用するものが一般的だが、特徴点を用いた位置合わせは、処理に多くの時間が

必要となる。がれき撤去を目的として環境認識をする場合、認識後、がれき撤去を行うため、環境認識は速やかに行わなければならない。そこで特徴点ではなく以下の 2 つの方法によって環境認識を行う。1 つ目はレスキューロボットの移動量、回転角から導出される同次変換行列を利用し、多方向から得た点群を統合する方法である。2 つ目は Kinect から距離が既知の基準マーカを認識環境上に設け、マーカを基に、点群を統合する方法である。作成した基準マーカを Fig. 1 に示す。また基準マーカを使用した位置合わせ手法の工程を Fig. 2 に示す。



Fig. 1 Constructed Reference Marker

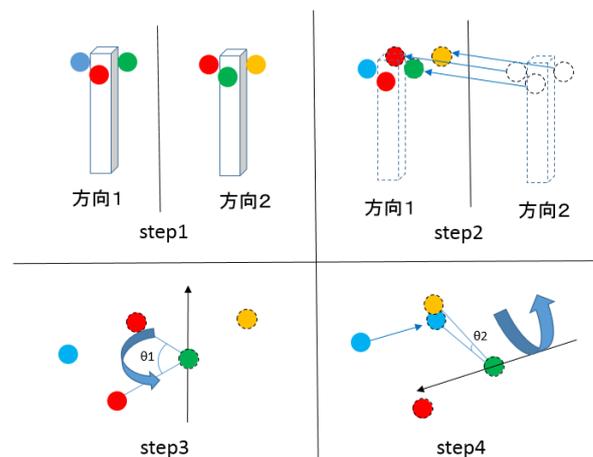


Fig. 2 Procedure for Integrating Point Cloud

1 : 日大理工・学部・精機 2 : 日大理工・院 (前)・精機 3 : 日大理工・教員・精機

基準マーカは色分けされた 4 つの球体からなる。まず、step1 で基準マーカを含むように認識環境の点群を取得する。step2 では、RGB 情報によって全体の点群から基準マーカの各球体の点群を抽出し、球体それぞれの距離情報を得る。次に緑球同士の距離情報の差から求めた移動行列より両者を位置合わせする。step3 では 2 つの赤球と緑球の位置より  $\theta 1$  を求め、方向 2 の点群を  $\theta 1$  回転させることで赤球同士を位置あわせする。step4 では、まず、方向 1 の青球を赤球と緑球の差分だけ移動させて方向 1 の擬似的な黄球の位置を推定する。求めた黄球と方向 2 の黄球、そして緑球の位置より  $\theta 2$  を求め、方向 2 の点群を  $\theta 2$  回転させることで推定した黄球と方向 2 の黄球を位置あわせする。以上の工程より 2 つの点群を位置あわせする。また、360 度全方位の環境認識を行う場合は、この操作を多方向から取得した点群で繰り返し行うことで環境認識する。

#### 4. 実験

この 2 つの方法で、どちらがより正確に環境認識を行えるか確認するため 2 方向の位置から点群データを取得し、2 つの点群データをそれぞれの方法で統合した。Fig. 3 に実験の様子を表した図を、方向 1 から取得した RGB 画像を Fig. 4 の左図に、方向 2 の RGB 画像を Fig. 4 の右図に、それぞれ示す。

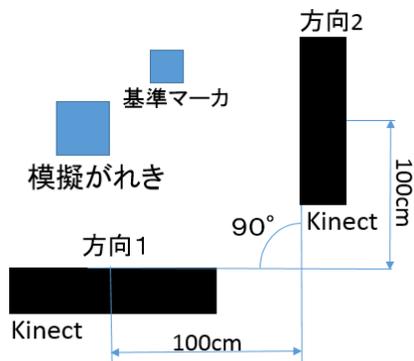


Fig. 3 Experimental Situation



Fig. 4 Obtained RGB Image

取得した 2 つの点群データを 1 つ目の方法では Kinect の移動量 100cm と回転角 90 度の情報を用いて 2 つの点群データを統合した。2 つ目の方法では基準マーカを用いて第 3 章の工程より 2 つの点群データを統合した。1 つ目の方法を利用した点群データの統合結果を Fig. 5 の左図に、2 つ目の方法を利用した点群データの統合結果を Fig. 5 の右図に示す。

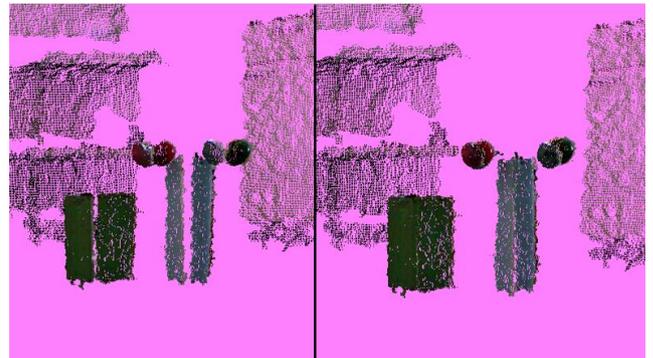


Fig.5 Integrated Point Cloud

Fig. 5 の左図と右図を比較すると、左図は右図に比べると模擬がれきの形状を正確に再現できていない。この結果から基準マーカを用いた手法の方がロボットの移動量を使用した手法に比べて正確に点群データの統合が行えると考えられる。しかし、基準マーカを用いた点群統合も完全に模擬がれきの形状を再現できず、実際の模擬がれきと比較すると誤差が生じている。これらの誤差は、Kinect の測定誤差によって基準マーカの位置情報が正確に得られていないため生じていると考えられる。これらの誤差をなくすため、使用する基準マーカの位置情報に補正を施す必要がある。

#### 5. 結言

本発表では、Kinect を用いた 3 次元環境認識をロボットの移動量、回転角より行う手法と基準マーカを用いる手法の 2 方法で行う手法を提案し、その実験結果について報告した。今後は点群データの統合による誤差を減少させ、さらに正確な環境認識を行う手法について研究する。また認識した点群データからがれきの識別をし撤去対象がれきを決定する手法について研究し、がれき撤去作業の自律化を図る。

#### 6. 参考文献

- [1] 各務 竜平：「未知形状がれきの重心位置推定機能を有するがれき撤去レスキューロボットの研究」  
日本大学大学院理工学研究科修士論文 (2017 年)