

# 倒壊環境内の三次元地図生成を目指した 不整地移動ロボットの自己位置推定

岡山大学大学院 自然科学研究科 ○日笠 博史, 永谷 圭司, 田中 豊

## Three dimensional Localization of Mobile Robot for map-building

○Hiroshi HIKASA, Keiji NAGATANI and Yutaka TANAKA, Okayama University

Abstract: Three dimensional mapping is useful for mobile robots to search victims in a collapsed building for urban search and rescue (USAR). To construct the map, localization for mobile robot is very important. In this research, we use local maps that are constructed by three-dimensional laser scanner using correlation technique to localize the robot's position. In this paper, we introduce our improved localization method and report experimental results for localization.

### 1 はじめに

1995年の阪神淡路大震災, 2001年の米同時多発テロでの国際貿易センターの倒壊などでは, 有効なレスキュー器機が少なかったため, 救助活動は難航した. このため, 近年, 世界中で防災やレスキューに関する研究が盛んに行われている. このような背景の下, 文部科学省は, 2002年より大都市圏において大地震が発生した際の人的・物理的被害を大幅に軽減するための研究開発を行い, 地震防災対策に関する科学的・技術的基盤を確立することを目的とした「大都市大震災軽減化特別プロジェクト」を発足させた. 本研究グループは, このプロジェクトに参画し, 倒壊した建物内部にできた空間を調査する移動ロボットの実現を目指している.

これまで本研究グループでは, 実験用プラットフォームとして, 不整地移動ロボット RES-DOG の開発, 改良を行い, 倒壊環境の三次元地図を生成に関する研究を進めてきた. 本稿では, この RES-DOG の自己位置推定手法の提案を行い, この自己位置推定手法を用いた実験を行ったので, その手法の有用性を検証する.

### 2 実験用プラットフォーム

本研究では, 未知環境探索のための実験用プラットフォームとして, 不整地移動ロボット RES-DOG の開発, 整備を行ってきた. この RES-DOG は, 三次元距離センサ, チルトカメラ, 全方位カメラ, 傾斜計を搭載しており, 操作用 PC により遠隔操作を行い, 倒壊環境情報を獲得する (Fig.1).

三次元距離センサには, 前方  $\pm 90$  [deg] に存在する物体までの距離を二次元的にスキャンする非接触レーザ測定システム SICK 製 LMS-200 を用いる. このセンサをチルト回転させることで, 三次元距離情報を獲得できる. チルトカメラには, Point Grey Research 製の Firefly2 (IEEE1394 デジタルカメラ) に, 焦点距離 2.5 [mm], 視野角約 115 [deg] の超広角レンズを取り付けたものを利用する. 一方, 全方位カメラとして, Vstone

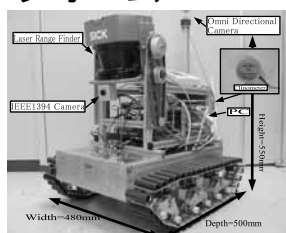


Fig. 1: RES-DOG

製の全方位センサを用いる. この全方位カメラ画像により RES-DOG 周辺の環境画像を獲得することが可能となる. 傾斜センサには, Schaevitz 製の AccuStar を用いている. この傾斜センサ 2 台を用いて実機の傾き角度を獲得することが可能となる.

### 3 ロボットの自己位置推定手法

#### 3.1 基本方針

本研究では, 移動ロボットが未知環境を探索した後, オペレータに提示する三次元環境情報を構築するために, 観測地点におけるロボットの自己位置姿勢を正確に把握する必要がある. ロボットの姿勢については, 傾斜センサにより獲得可能であるが, ロボットの位置情報については, 対象とする倒壊環境が不整地かつ閉空間であるため, オドメトリを用いた位置推定や, GPS の利用は難しい. さらに, 平面移動とは異なり, ロボットの標高情報も必要となる. この標高情報を含むロボットの位置推定を行うため, 本研究では, 構築した三次元環境情報と, 新たに獲得した三元の距離センサ情報を比較し, 現在位置を推定する手法を用いることとした.

#### 3.2 前報の問題点と位置推定手法の提案

前報 [1] で報告した自己位置推定は, X, Y, Z 座標系の移動量を推定するもので, ロボット自体のヨー, ピッチ, ロー角はセンサより得られるという前提を用いていた. しかしながら, 本研究で用いていた 3 軸ジャイロセンサは方位角に誤差があり, これらも原因でマッチングに失敗することが多いという問題があった. また, 距離データについては, 平面スキャンするレーザレンジファインダをチルト回転させるため, 距離データの間隔が均等とならない. そこで, 距離データのマッチングの際, データ獲得位置に応じて重みをつけたが, それもマッチング結果のずれの原因と考えられる. さらに, 点と点との相関演算を行ったため計算量が膨大となり, 処理時間がかかるという問題も存在した. そこで, 本研究では, 前報までの問題点を解決するため, 距離データの均等化と軽減化のための量子化処理と, 計算量を減らすためのグリッドスキャンマッチングを行い, ロー角と X, Y, Z 軸系の移動量の推定を行う.

### 3.3 ロボットの姿勢情報と三次元距離情報の獲得

本研究では、ロボットの姿勢情報について、傾斜センサを2台用いて、ロボットのピッチ、ロール角の検出を行うこととした。

一方、ロボットは、三次元距離センサにより三次元距離情報を獲得する。本研究では、センサと地面が水平となるチルト回転の角度を  $0[\text{deg}]$  として、下方  $-30[\text{deg}]$  から上方  $120[\text{deg}]$  までを  $1[\text{deg}]$  ずつスキャンすることとした。この距離情報と上述のロボット姿勢情報を考慮することで、水平面を基準とした距離情報を構築することができる。

### 3.4 距離データの量子化とマッチング手法

三次元距離情報を均一化するため、本研究では、獲得した三次元距離情報の量子化を行なう。この量子化処理は  $100 \times 100 \times 100$  の三次元仮想ボクセルを作り、ボクセル内に距離情報が存在する場合は1、存在しない場合は0とする。なお、ボクセルサイズは、一辺を  $10\text{cm}$  とする。

次に、量子化処理した三次元ボクセル中にある距離データを、二次元の  $100 \times 100$  のグリッド上に投票し、その個数を数値で示す。この数値化した個数を特徴パラメータとして、マッチングを行う。マッチングは、前回獲得したグリッドマップに、仮想の移動量と回転角度を加え、新しく獲得したグリッドマップと最もマッチングする数が多かったものを検索する。このマッチングにより、移動ロボットの移動量を推定することができる。

この手法により、Z軸の距離データをX軸とY軸との二次元グリッドに投票し、マッチングすることで、XとYの移動量とZ軸の回転角が推定できる。Z軸の移動量を推定するには、Z軸とX軸のグリッドへ投票し、マッチングを行うことで、Z軸の移動量の推定が可能である。このマッチング手法の概要を Fig.2 に示す。

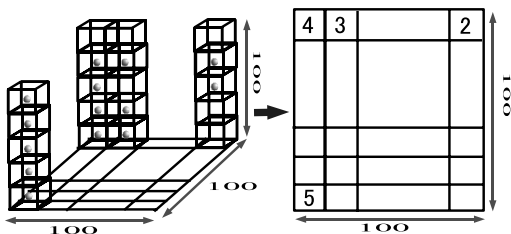


Fig. 2: The grid matching technique

### 3.5 本自己位置推定手法による実験と検証

この手法の有効性を確認するため本自己推定手法による実験と検証をした。対象環境として、岡山大学総合研究棟5階リフレッシュスペースを倒壊環境と想定し、二箇所での距離データを獲得し、本手法の実験を行った。この対象環境は廊下であるためロボットの傾きと高さ変化は考慮しない。

実験結果は、初期位置から、次の観測地点までの移動量は、実測より X 軸方向に  $66[\text{cm}]$ 、Y 軸方向に  $38[\text{cm}]$ 、角度  $33[\text{deg}]$  であった。これに対して、本手法により、X 軸  $70[\text{cm}]$ 、Y 軸  $40[\text{cm}]$ 、角度  $34[\text{deg}]$  が推定できた (Fig.3)。

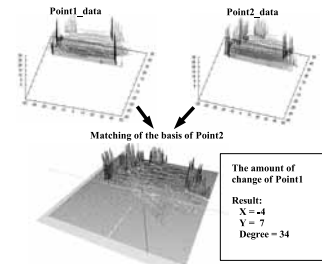


Fig. 3: Matching result  
X 軸  $70[\text{cm}]$ 、Y 軸  $40[\text{cm}]$ 、角度  $34[\text{deg}]$  が推定できた (Fig.3)。

また、Fig.4 は 9 箇所での場所で獲得したデータを用いてマッチングしたものを重ね合わせたものである。

なお、今回の実験では、探索範囲を、 $5 < X < 10$ 、 $-7 < Y < 7$ 、 $-45 < \text{角度} < 45$  と限定したが、それでもマッチングの計算に数十分の処理時間を要した。時間的なことを除けばこの手法は有用であるが、実用性を考えるならば、計算処理の少なく済む範囲予測の方法が必要である。また、今回は、壁や天上などによりマッチングし易かったと考えられる。対象環境の状況によっては他の手法も必要であることが考えられる。

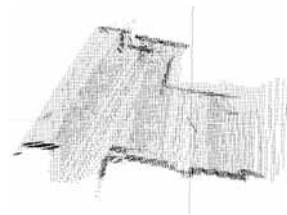


Fig. 4: The matching result by nine places

## 4 まとめと今後の課題

本稿では、RES-DOG のシステムについて説明し、倒壊環境内の三次元地図を生成するための自己位置推定手法の提案を行った。また、実験による本手法の有用性の検証を行った。今後は、傾斜センサを用いて、不整地での実験を行い、本手法での高さの推定が有効であるかを検証を行う予定である。

## 謝辞

本研究は、文部科学省の大都市大震災軽減化プロジェクトの支援を受けて行われた。

## 参考文献

- [1] 石田宏, 永谷圭司, 五福明夫, “不整地移動ロボットのための環境地図の構築と自己位置推定”, 第 9 回 ロボティクスシンポジウム予稿集, pp.38-43 (2004-03)