

不整地移動ロボットのための逐次三次元環境取得システムの構築

徳永 直木, 岡田 佳都, 永谷 圭司, 吉田 和哉 (東北大学)

Continuous acquisition of three-dimensional environment for tracked vehicles on uneven terrain

Naoki TOKUNAGA, Yoshito OKADA, Keiji NAGATANI and Kazuya YOSHIDA (Tohoku Univ.)

Abstract: One of the important tasks for rescue robots is to obtain environmental information in disaster areas. Our group has developed a 3-dimensional scan system for tele-operated tracked vehicles which requires stationary condition while the sensor scans. To save the time of search mission, we developed a new scan system which enables continuous scan while the robot moves. In this paper, the system and initial experimental results are introduced.

Key Words: rescue robot, SOKUIKI-sensor, 3D environmental information

1 はじめに

レスキューロボットにとって、被災地での環境情報取得は重要な作業の1つである。筆者らの研究グループでは、遠隔から環境情報を取得するため、遠隔操作で倒壊ビル内や地下街などの閉空間にロボットを進入させ、ロボットが静止した状態で2次元平面内の距離情報が取得可能な測域センサ(レーザ距離センサ)をある軸を中心に回転させることで、3次元的な環境情報を取得するシステムを開発してきた。しかし、迅速な行動が求められるレスキュー活動においては、停止している時間も無駄にはできない。そこで、筆者らは、ロボットが不整地を移動しながら、3次元環境情報を逐次獲得するスキャナシステムを開発した。開発したシステムは、3次元オドメトリを搭載したロボットから得られる位置・姿勢情報と、測域センサから得られた距離情報をタイムスタンプを用いて同期させることで、計測点の絶対座標を求めている。

本稿では、開発したスキャナシステムの紹介ならびに、本システムを用いて実環境をスキャンした結果を示す。また、計測結果について評価し、本システムの有用性について検証する。

2 スキャナシステムの構成

2.1 3D スキャナ

本スキャナシステムの3D スキャナ部を Fig.1 に示す。3D スキャナは、アクチュエータ、減速機、測域センサの3パートで構成されている。アクチュエータの回転は、減速機により2分の1に減速され、測域センサを回転させる動力として使用される。よって、減速機を通すことによって、アクチュエータの2倍の分解能で測域センサを回転させることができる。測域センサは、北陽電機社製 UTM-30LX (Top-URG) を使用している。この Top-URG は、走査周期 25msec の間に、約 0.25deg 間隔で 270deg の走査が可能な測域センサである。3D スキャナは、測域センサを、計測点列の間隔を狭めるために、斜めに固定した状態で回転させる [1]。この 3D スキャナは、 $\pm 30\text{deg}$ 、 \pm

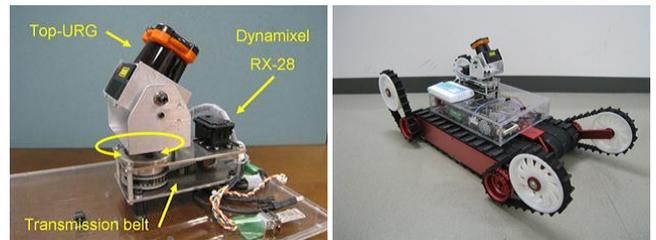


Fig. 1: 3D scanner

Fig. 2: Rescue robot "Kenaf"

45deg, $\pm 60\text{deg}$, $\pm 90\text{deg}$ で固定することが可能である。本実験では、最も密な計測が可能な 30deg を選択した。

2.2 3次元オドメトリによる位置姿勢の計測

2次元平面内を走行する従来型の移動ロボットでは、位置・姿勢情報は、位置 (x, y) ならびに、向き (yaw) を得るのみで十分であった。しかし、ロボットが不整地を移動することを考慮すると、位置・姿勢情報は (x, y, z) ($roll, pitch, yaw$) の6次元に拡張する必要がある。本システムでは、筆者らが開発した3次元オドメトリを用いて、3次元の位置・姿勢情報を得ている [2]。この3次元オドメトリは、エンコーダとジャイロセンサより得られる情報からスリップの大きさを推定し、精度の良い自己位置推定を可能にしている。本システムにおいて、この3次元オドメトリから得られる位置・姿勢情報は、20msec ごとに更新される。また、更新の際には位置・姿勢情報が得られたタイムスタンプが付加される。

2.3 タイムスタンプの同期

これまで筆者らが開発してきたセンサシステムでは、測域センサで計測している間、計測中の位置・姿勢を変化させないためにロボットを静止させる必要があった。しかし、ロボットが移動しながら計測する逐次獲得型に拡張する場合には、計測中にも位置・姿勢が変化することを考慮しなければならない [3]。そこで、本研究では、センサ内時計を装備した測域センサ (Top-URG) の各データに、取得時間のタイムスタンプを付加する。また、エンコーダ、ジャイロセンサが接続されたモータドライバボードから、ロボットの位置・姿勢情報を獲得する際に

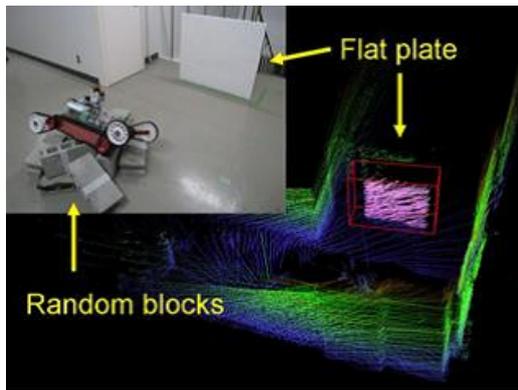


Fig. 3: experimentation environment and scan points figure

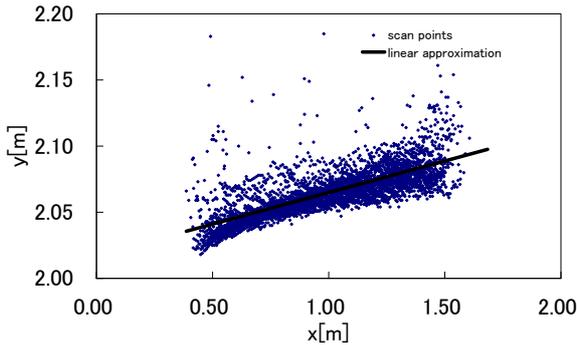


Fig. 4: roll change of 20 deg

も、その情報にタイムスタンプを付加する。これら2つのタイムスタンプを用いて、センサ情報とロボットの位置・姿勢情報を同期させることにした。

3 実環境による3次元環境情報の取得

3.1 実験内容

本実験では、開発したスキャナシステムを搭載するクローラ型レスキューロボットとして、Fig.2に示すKenafを用いた。実験は、単純な姿勢変化を伴う走行で、以下の4パターンについて行った。

1. *roll, pitch, yaw* がランダムに動く走行パターン
2. *roll* が20degまで変動する走行パターン
3. *pitch* が30degまで変動する走行パターン
4. *yaw* が90degまで変動する走行パターン

計測対象は、廊下ならびに、廊下に垂直に設置した平板(縦:90cm, 横:100cm)とした。

3.2 実験の評価

Fig.3に、ランダムに設置したブロック上を走行して得られた計測データを示す。Fig.3を見ると、計測結果が環境の3次元形状を再現することができていることがわかる。ランダムにおいたブロック上では、ロボットの姿勢は3次元的に変動するが、エンコーダやジャイロセンサを用いて姿勢変動を検知することで、走行しながら3次元環境を計測できることを確認できた。

次に、より詳しい評価のために、単純な姿勢変動を伴う走行パターン2～パターン4における計測結果について調べる。検証は、計測したデータから抽出した平板周

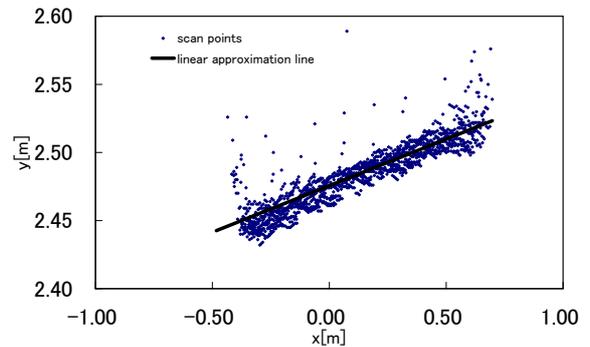


Fig. 5: pitch change of 30deg

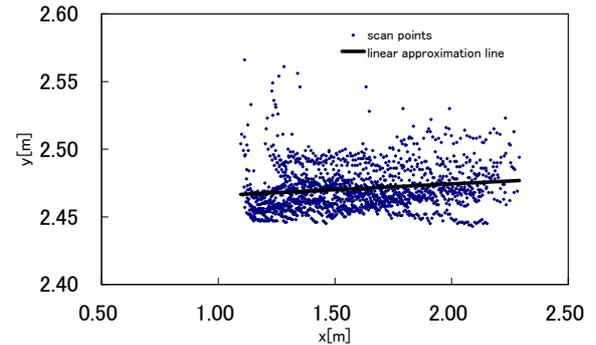


Fig. 6: yaw change of 90deg

辺部のデータを2次元平面(床面)に投影し、逐次獲得型スキャンで獲得した平板データがどの程度の誤差を含むかを検証する。ただし、進行方向をX軸、水平方向をY軸とする。平板周辺部の計測データ(Fig.4～Fig.6)を見ると、計測点はおおむね直線状に分布しており、約5cm幅の帯状内に分布していることがわかる。

4 おわりに

本研究では、筆者らがこれまでに開発してきた3次元環境情報取得システムを、ロボットが3次元的に走行しながら3次元環境情報を逐次獲得可能なシステムに拡張した。逐次獲得型スキャナは、ロボットに搭載した3次元オドメトリによる自己位置姿勢情報と測域センサ内部の時計を用いることで、計測データの同期を計った。これにより、ロボットは、スキャンのために停止する必要がなくなった。開発した3次元スキャナで実環境を計測した結果、計測対象に分布幅があるものの、計測対象の形状を確認することができ、3次元の環境情報を獲得することができた。今後は、ロボット内部の処理で逐次マッチングを行い、計測データに補正をかけて、更なる精度向上を目指したい。

参考文献

- [1] 徳永 直木, 永谷 圭司, 吉田 和哉: “二次元スキャン面の角度を変更可能な三次元測域センサの開発”, ロボティクス・メカトロニクス講演会 2007, 1P1-M03, 2007
- [2] 岡田 佳都, 永谷 圭司, 吉田 和哉: “複数センサの融合によるクローラ型ロボットの3次元自己位置推定”, ロボティクス・メカトロニクス講演会 2008, 2P2-C18, 2008
- [3] 上田 達郎, 油田 信一他: “移動測域センサ-走行中も正しい計測が可能な移動ロボット用測域センサシステム-”, 第6回システムインテグレーション部門講演会, pp.573-574, 2005