

段差走破能力を考慮した不整地移動ロボットのための 三次元環境情報提示システムの開発

3-Dimensional Information Presentation System for Crawler-type Mobile Robot which Considers Difference in Level Traverse Ability

○ 勝浦 敬泰 (岡山大学) 正 永谷 圭司 (岡山大学) 正 田中 豊 (岡山大学)

Takahiro KATSUURA, Okayama University, 3-1-1, Tsushima-naka, Okayama
Keiji NAGATANI, Okayama Univ. Yutaka TANAKA, Okayama Univ.

It is difficult for operators to navigate mobile robots in unknown environment such as inside of collapsed buildings. That is because the robot can not be seen by the operators. If the operation can be performed in three dimensional environment, handling of the robot can be easier. In this research, our objective is to develop an interface to control a mobile robot that displays virtual three dimensional environment and a virtual robot. The virtual robot moves according to the internal sensors of the real robot. In this paper, we introduce an overview of the system and show our current implementation.

Key Words: Rescue, 3-dimensional information presentation system, Difference in level traverse ability

1 はじめに

1995年に発生した阪神淡路大震災における救助活動は、有効なレスキュー機器がなかったこともあり、非常に難航した。一方、米国では、2001年に起きた同時多発テロの災害現場において、救助活動にレスキューロボットが用いられた。このような背景の下、2002年度から文部科学省において「大都市大震災軽減化特別プロジェクト」が発足した。このプロジェクトの目的は、「首都圏（南関東）や京阪神などの大都市圏において阪神・淡路大震災級の被害をもたらす大地震が発生した際の人的・物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」である。本研究グループも「不整地移動ロボットのための自己位置推定と未知環境情報の獲得」という研究テーマで、参画している⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾。このテーマでは、ロボットが地震等によって倒壊したビルや地下街へ進入して、環境情報を獲得し、閉じ込められた要救助者を探索する動作の実現を目的としている。

しかし、詳細で正確な三次元環境情報を逐次獲得しながらのロボットの移動は、困難である。また、視覚情報のみを用いたロボットの操作は、ロボットの位置、姿勢の把握が困難であるため、熟練を要するという問題もある。

ロボットの操作性向上を目指し、城間らは、平面を移動する不整地移動ロボットの位置、姿勢をオドメトリより獲得し、仮想的に静止画像上に表示する研究を行っている⁽⁵⁾。これにより、カメラの振動やロボットの操舵方向の変更による画像の大きな変化をなくせるため、オペレータが直接得られる画像を用いた場合よりも楽な操作が可能となる。ただし、この実装は、二次元平面に限られている。

本研究では、オペレータの操作性の向上を目指し、三次元環境情報の提示システムの開発を目的とすることとした。この環境情報提示システムでは、まずロボットに搭載した、三次元距離センサより距離データを獲得する。次に、獲得した距離データを用いて仮想環境空間を作成する。この際、仮想ロボット及び、ロボットの走行可能領域を表示する。そこで、オペレータは、この情報を基にロボットを操作する。また、内界センサ情報を利用し、実機の動作に連動して、仮想空間内でロボットを動作させる。これにより、頻繁に三次元地図を更新することなく、操作を行うことが期待できる。本稿では、このシステムの概要について述べる。

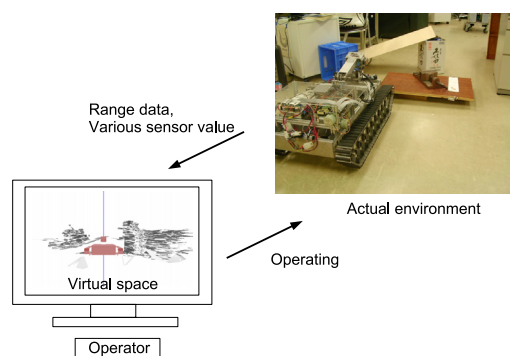


Fig. 1 Image of presentation system

2 環境情報提示システム

地震等で発生した倒壊現場でロボットを遠隔操作する場合、オペレータは、ロボットを見ながら操作することが出来ない。そのため、ロボットが獲得した環境情報を頼りに、ロボットを操作しなくてはならない。しかしながら、現在のインタフェースのほとんどがカメラ画像等の二次元情報を用いているため、オペレータ側には、熟練を要する。

そこで、本研究では、三次元の仮想空間をオペレータに提示することで、操作性の向上を目的とした「環境情報提示システムの開発」を行うこととした(図1)。このシステムを利用することで、以下の手順でロボットの操作を行うことが可能となる。

1. ロボットが距離センサを用いて三次元の環境情報を獲得。
2. 獲得した環境情報を基に仮想空間を作成、提示(この際、提示する仮想空間内にロボットを描画する。またロボットが走行可能な領域の色分けも合わせて表示する。)
3. オペレータは、提示された環境情報を基にロボットを操縦。
4. 実ロボットの動作より変化した内界センサ情報を基に仮想空間内のロボットの位置・姿勢を更新。
5. 一定時間後にロボットの動作を停止し、1.に戻る。

なお、走行可能領域の色分けについては、「走行不可能な領域」「重心移動して走行可能な領域」「走行可能な領域」の3種類にすることとした。

Tab. 1 Specification of "RD-II"

L × W × H(mm)	850 × 510 × 210
Weight(kg)	42
Speed(m/m)	20
Battery	DC12V × 2
Locomotion	DC motor × 2
Power	DC24V

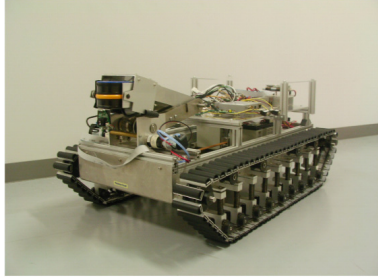


Fig. 2 Our target robot "RD-II"

3 環境情報提示システムの実装

本研究で提案した環境情報提示システムを，筆者らの所属する研究室内で開発した環境用探索移動ロボット「RD-II」上に実装することとした．本章では，対象とするロボットの概要，ならびに環境情報提示システムに必要な「三次元環境情報の獲得及び仮想空間の作成」「三次元の自己位置推定」について述べる．

3.1 対象とするロボット

対象とする環境探索用移動ロボット「RD-II」(図2，表1)は，本体内部のバッテリーを前後に動かすことで重心を前後に移動する重心移動機構，ロボットの傾きを検出する傾斜センサ(Schaevitz社製)，環境情報を獲得する距離センサを搭載している．これまでの実験により，重心移動を行うことで，約30cmの段差を走破することが可能となることを確認した⁽⁴⁾．この重心移動機構は，傾斜センサでロボットの傾きを検出し，その傾きに応じて，バッテリーの位置を自動的に制御するものである．なお，重心移動を用いない場合も約20cmの段差を走破可能である．

この他にも，ロボットの位置検出のための内界センサとして，加速度計(Crossbow社製)，及びクローラにはエンコーダを搭載している．さらに，視覚画像情報獲得手段として，ネットワークカメラ(Axis社製)を使用することとした．

3.2 三次元環境情報の獲得及び仮想空間の作成

三次元の仮想空間を表示するためには，三次元の距離情報が必要となる．そこで，二次元距離センサをチルト回転させることで三次元の距離情報を獲得することとした．

図3に実環境の写真(a)と距離センサによって獲得したデータを用いて作成した仮想空間(b)を示す．ここで表示した仮想空間は，ワイヤフレームモデルを利用した．

次に，作成した仮想空間内に「RD-II」を表示させる必要がある．しかしながら，本稿執筆時では，仮想空間内の「RD-II」を移動させることのみ実装が完了しており，内界センサ情報を基にした動作の実装までは，行っていない(図4)．

3.3 内界センサを用いた三次元自己位置推定手法

本研究で開発する環境情報提示システムに必要な自己位置推定は，瓦礫など凹凸のあるフィールドを対象としているので，三次元の自己位置推定が必要となる．

本研究で用いる三次元自己位置推定手法では，ロボットに搭載した加速度計の値を積分し，移動距離を求めることとした．さ

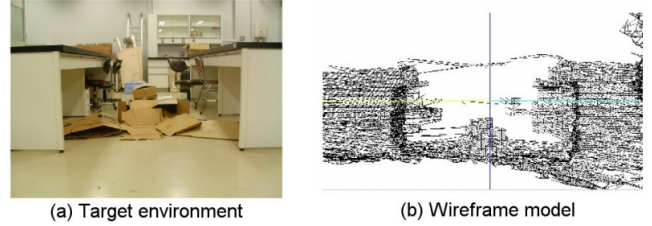


Fig. 3 Wireframe model

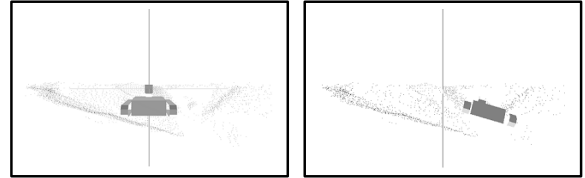


Fig. 4 Movement of virtual robot

らに，傾斜計を用いて，ロボットの姿勢を求めることで，進行方向を算出する．現在，これらのセンサ情報獲得の基礎実験を行っている段階であり，今後，自己位置推定の検証及び，実装を行う予定である．なお通常，内界センサは，ドリフトなどの誤差が累積されるため，そのまま利用することができないが，本研究では，三次元環境情報を一定時間毎に更新するため，累積誤差はその際にキャンセルされるという利点がある⁽⁵⁾．

4 まとめと今後の課題

本稿では，現在実装を進めている，不整地移動ロボット用三次元環境情報提示システムについて紹介した．このシステムのうち，距離センサを用いての三次元の環境作成，仮想ロボットの移動などの実装が完了している．今後，このシステムに必要な要素機能を実機上に実装し，この手法の有用性について検討する．

5 謝辞

本研究は，文部科学省「大都市大震災軽減化特別プロジェクト」からの助成金により実施できた．ここに感謝の意を表します．

【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自己位置推定と環境地図の構築，日本ロボット学会 第21回学術講演会，1L2a，2003/9
- (2) Keiji Nagatani, Hiroshi Ishida, Satoshi Yamanaka, Yutaka Tanaka: Three dimensional Localization and Mapping for Mobile Robot in Disaster Environments, Conference on Intelligent Robots and System, 3112-3117(2003)
- (3) 日笠博史，石田宏，永谷圭司，田中豊：距離センサと視覚センサの統合による倒壊環境の三次元地図の構築，ロボティクス・メカトロニクス講演会'04 予稿集，2P2-H-23，2004/6
- (4) 勝浦敬泰，石田宏，永谷圭司，田中豊：多視点観測可能な三次元距離センサを有する瓦礫内探索用移動ロボットの開発，ロボティクス・メカトロニクス講演会'04 予稿集，2P2-H-22，2004/06
- (5) Naoji SHIROMA, Georges KAGOTANI, Maki SUGIMOTO, Masahiko INAMI, Fumitoshi MATSUNO: A Novel Teleoperation Method for a Mobile Robot Using Real Data Records, IROS2004