

三次元環境データ認識による被害状況自動計測システムの研究開発 (072107006)

Disaster Scene Surveillance and Analysis using 3D Range Images

研究代表者

中澤篤志 大阪大学サイバーメディアセンター
Atsushi Nakazawa Cybermedia Center, Osaka University

研究分担者

安福 健祐 大阪大学サイバーメディアセンター
Kensuke Yasufuku Cybermedia Center, Osaka University

研究期間 平成 19 年度～平成 21 年度

概要

本研究の目的は、災害地などにおいて、環境の状況を三次元センサを用いて把握し、被災状況の把握を行う手法を構築することである。本研究の特長は「センサ情報を理解する知能部分」に注力することであり、環境の画像および距離データから建物・道路等の崩壊度を自動認識し、広域の被害状況を把握する技術を研究開発する。また得られたデータをインターネット地図上にマッピングすることで可視化を行い、避難シミュレーション等に応用する技術を開発している。これによりユーザーは広域の災害地で、どの部分が被災を受けているかを容易に視覚的に確認することができ、シミュレーションにより避難計画等を立案することも可能である。

Abstract

This project aims to develop an algorithm to recognize outdoor scene by using range sensor images for the purpose of disaster scene analysis. First, our algorithm segments a range image captured by a mobile robot into semantic regions such as people, cars or buildings. This segmentation result is used for 1) creation of 3D digital maps onto Google Map images, 2) simulation of evacuations and 3) recognition of the disaster buildings. By combining the recognition algorithm and digital mapping technique, users can easily grasp the disaster situation and find the optimal way of evacuation.

1. まえがき

災害地など人の安全が確保できず、かつ迅速に環境の状況の把握が困難な場所に対し、自律移動ロボットを用いて周囲の状況を把握し、被災状況の把握を行うシステムを想定した環境認識アルゴリズムを構築することが本プロジェクトの目的である。災害地におけるロボット活用はすでにいくつかの提案がなされていたが、本研究の特徴は、ロボットの「センサ情報を理解する知能部分」に注力して開発を行うことであり、具体的には周辺環境の画像および距離データから、建物・道路等の被害度を自動認識し、広域の被害状況を把握する技術を開発することを目的とする。本手法は、環境に対する事前のデータ取得等を必要とせず、事前知識のない環境においても、構造物の異常さ(平常とは異なった状態)を認識して被害状況を検出する。この技術を、我々がすでに開発した自律移動型ロボットや新規に設計を行った「台車型レーザーレンジセンサ」に搭載した。この技術を使えばロボットは災害地において、周囲の状況を把握しながら走行可能範囲を自律的に移動し、周辺環境の計測・認識を行うことで、被災地の被害状況マップを自動生成することが実現できる。また、本手法によって実シーンの領域認識が可能になったため、人の通過可能性や予測流量を求めることができる。これにより、実シーンの解析に基づいたリアルタイム避難シミュレーションアルゴリズムを開発した。

2. 研究内容及び成果

本プロジェクトで行った具体的研究内容は、以下の5点である。図1に研究内容・成果の概要を示す。

(1) センサを搭載した移動ロボットの設計および台車型レーザーレンジセンサの設計

全方向を撮影できる距離センサおよび全方位画像センサを搭載し、計測を行いながら移動する移動ロボットを用い、これに対する自動シーン認識および自動移動アルゴリズムの開発を行った。またこれに加え、人が手動で動作させる安価な「台車型レーザーレンジセンサ」の開発を行った(図1左上)。計測時には、画像センサ(カメラ)でビデオを撮影、処理しながら自己位置姿勢推定を行い、レーザーレンジセンサのデータを得られた自己位置姿勢推定結果に基づいてマッピングすることで、最終的な屋外3次元点群を復元する。

(2) センサからの物体領域認識アルゴリズムの設計

建物や構造物の状況を把握するためには、全体シーンの中から建物・構造物領域とそれ以外の領域を検出する領域分割、および領域認識処理が必要である。これを実現するため、レーザーレンジセンサから領域を認識するアルゴリズムを設計した(図1左下)。本手法は得られたデータの細かな局所特徴を表現するLSH(Local Shape Histogram)と呼ぶ局所特徴量を開発・適用し、従来手法よりもよりよい結果が得られることを示した。

(2) 屋外環境データからの被災状況検出アルゴリズムの設計

検出された対象領域に対して、事例ベース手法を用いて領域(建物・道路等)が正常であるか異常であるかの判定を行い、被災状況の判定を行った。実シーンの異常領域データを得ることは難しかったが、ミニチュアモデルを用いた実験を行ってアルゴリズムの設計を行い、手法の有効性

を確認した(図1右上)。まず正常である建物の三次元幾何データを取得し、ここからLSHをデータベース化する。このデータが正常データとなる。次に認識フェーズにおいては、認識したい対象の三次元幾何データから同様にLSHを取り出し正常データ群と比較する。比較した結果、対象のLSHが正常データと一定の距離内にある場合、そのデータは正常であると見なすことができるが、対象のLSHが正常データにない場合は、異常データとして崩壊領域と見なし認識を行うことができる。

(3) Google Earth等の公開地図データベースとレンジセンサの融合による幾何データの可視化

ロボットはGPSやセンサ情報を用いて自己位置を推定し、3次元画像をサーバーに送信する。サーバー上では得られた情報を集約してマップを作成する。本研究では、単にGPSやセンサ情報のみでマッピングを行うのではなく、インターネットの地図データベース(Google Map)上に得られた3次元画像をマッピングし提示する手法を開発した(図1右下)。

(4) リアルタイム避難シミュレーションシステムの開発

航空画像・地図画像の領域認識結果を元に、災害発生時の避難状況をリアルタイムで可視化できる避難シミュレーションシステムを開発した。当該システムのリアルタイム性に着目することで、被害状況の変化を即座にデータに反映させ、崩壊建物等による危険な避難経路を避けながら、さらに避難上のボトルネックを緩和する避難誘導シミュレーションに適用できる(図1右中)。

3. むすび

本プロジェクトでは、ロボットによる災害地の状況把握に有効な、三次元幾何データ取得法、三次元幾何データの認識手法、三次元幾何データからの崩壊領域認識手法、幾何データ地図上のマッピング手法と、各種認識結果の一応用例として避難シミュレーションへの適用を行った。幾何データの領域認識手法では90%以上の認識精度を達成し、崩壊領域認識手法は74%程度の認識率であった。前者に関しては高精度の成果が得られたと考えるが、後者に関しては更なる精度向上が必要であると考えている。しか

し、後者の認識は「全く事前知識」無しに認識できることを特徴としており、従来の認識手法(2時刻のデータの比較)に比べると格段に難しい問題であると言える。一方で、本提案により三次元幾何データが災害地の状況認識に有効である事が示されたことは重要であり、今後、航空レーザー等の利用により、実シーンでの領域認識タスクに適用すること等が考えられる。

【誌上发表リスト】

- [1] 安福健祐, "Social Force型避難行動モデルの開発と地図データベースを用いた広域避難への適用," 日本建築学会第32回情報・システム・利用・技術シンポジウム論文集, pp.73-78, 2009.
- [3] Anuraag Agrawal, Miki Matsumura, Atsushi Nakazawa, Haruo Takemura, "Large-scale 3D Scene Modeling by Registration of Laser Range Data with Google Maps Images", IEEE International Conference on Image Processing (ICIP2009), pp. 589-592, 2009.
- [4] Christian Nitsuke, Atsushi Nakazawa, "Display-Camera Calibration from Eye Reflections", IEEE 12th International Conference on Computer Vision (ICCV2009), pp. 1226-1233, 2009.
- [5] Anuraag Agrawal, Atsushi Nakazawa, Haruo Takemura, "MMM-classification of 3D Range Data", International Conference on Robotics and Automation (ICRA2009), pp. 2269-2274, 2009.

【受賞リスト】

- [1] 中澤篤志, "モーションキャプチャデータを用いた音楽からの舞踊生成とその評価", 第5回デジタルコンテンツシンポジウム, CD-ROM, 2009年6月. (DCS 船井賞受賞)

【報道発表リスト】

- [1] "こんにちは研究室", 産経新聞, 2009年2月.

【本研究開発課題を掲載したホームページ】

<http://www.ime.cmc.osaka-u.ac.jp/~nakazawa/wiki/index.php?SCOPE>

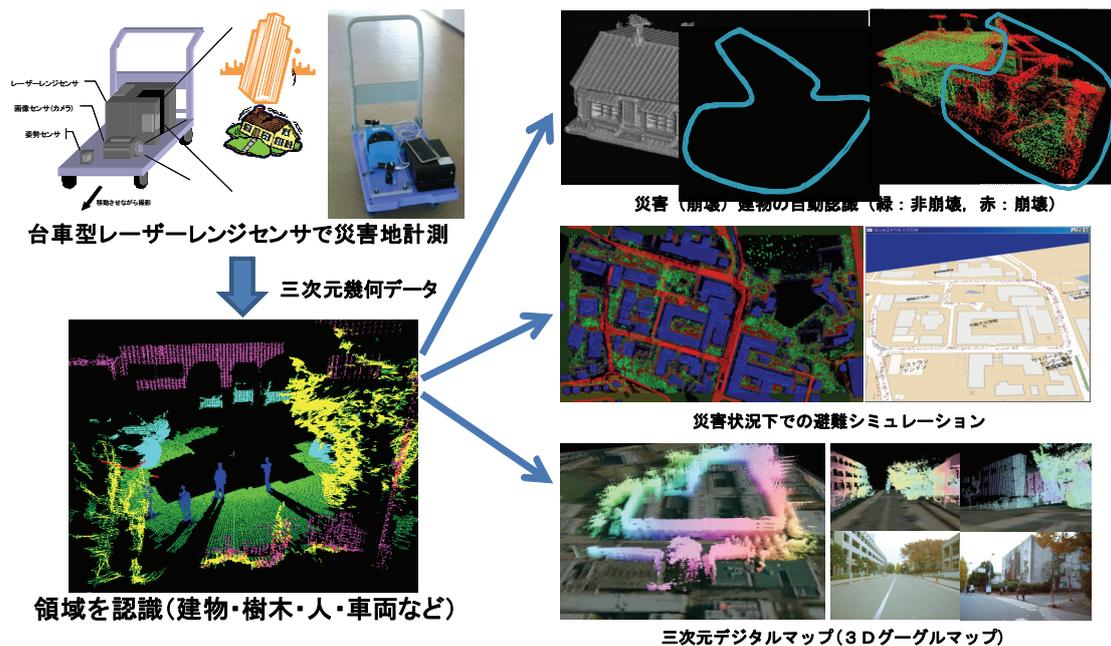


図1 研究成果の概要