

# レスキューロボットを用いた三次元CGによる災害現場の可視化システムの実装

松下 貴記<sup>†</sup>  
慶應義塾大学 理工学部

今井 倫太<sup>‡</sup>  
慶應義塾大学 理工学部  
科学技術振興機構 さきがけプログラム

{matsuge, michita}@ayu.ics.keio.ac.jp

## 1 はじめに

大震災直後の災害現場において、大域的な情報と局所的な情報を正確、かつ迅速に収集することはレスキュー活動にとって重要である。さらに、2次災害による犠牲を防ぐためには、レスキュー隊員に代わって倒壊しかけた家屋やビルの瓦礫内に侵入し、情報収集するロボットの必要性が高まっている。本稿では、CCDカメラを搭載した4輪駆動型自律移動ロボット ABUR を用いて収集された災害現場の情報を3次元CGにより可視化するシステムの開発を行う。カメラから得られる実画像をOpenGLを用いて表示しウォークスルー可能なインタフェースを提供する。また被災地の地形情報を動的に取得できる通信タグ COTAL の情報を3次元マップに反映させ、2次災害に関する情報提示も可能にする。

## 2 災害現場での情報収集

### 2.1 レスキューロボット:ABUR

本研究は被災地の被害情報を収集するためにレスキューロボット ABUR を用いて実装を行う。図1に ABUR の概観を示す。

ABUR には CCD カメラが搭載されている。CCD カメラはアクチュエータによってパン/チルト可能なカメラ台に載っており、任意の方向を撮影できる。

### 2.2 通信タグ:COTAL

本研究では、常に最新の被災状況を獲得するために災害現場で崩壊した通信インフラを構築し、2次災害の可能性を常に監視する通信タグ COTAL[1] を用いる。図2に COTAL の概観を示す。

COTAL は ABUR によって災害現場にばら撒かれ、通信インフラを確保すると同時に、お互いの位置情報を把握できる。なお、COTAL の位置変化から地形変化を察知することが可能である。COTAL 及び ABUR は、当研究室で開発された装置である。

### 2.3 災害現場での問題点

災害現場では1分1秒が命取りになる。情報収集にも迅速な対応が必要とされる。ここで問題となるのは、ABUR と COTAL から得られる画像情報と位置情報はそれぞれ独立に取得されるということである。獲得された情報を有益なものとするためには、それぞれ時間をかけて解析する必要がある。



図1 レスキューロボット:ABUR



図2 通信タグ:COTAL

## 3 災害状況提示システム

本研究ではレスキュー隊員が直感的に災害状況を理解できるように情報提示システムを実装する。具体的には ABUR と COTAL から得られる情報を統合して表示する。ABUR が取得する被災地の画像から3次元マップを作成・提示する。また COTAL の位置が変化した場合には2次災害発生とみなし、随時提示情報を更新する機能を持たせる。図3にシステムの構成を示す。

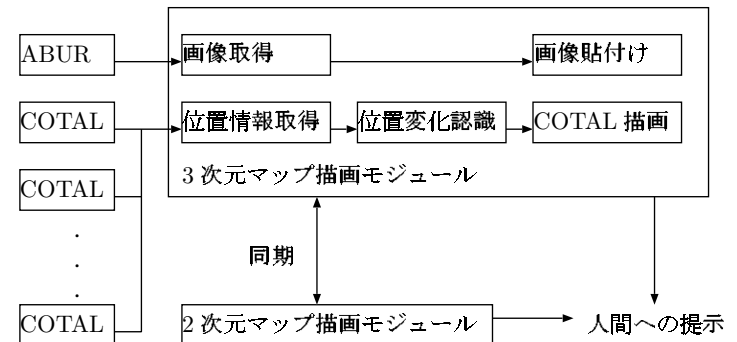


図3 災害状況提示システム

3次元マップ描画モジュールではカメラによって取得した画像をVR空間に貼付けることと、COTALの位置情報を取得し、対応する座標にCOTALを描画することを行っている。さらにABURの現在位置とCOTALの位置関係を見やすくするために2次元マップも生成し、ABURの動きに関して3次元マップとの同期をとった。

### 3.1 3次元マップ描画モジュール

3次元マップの描画は以下の手順で行われる。

1. ABURのCCDカメラで災害状況をキャプチャ(図3:画像取得)
2. 取得した画像をVR空間に貼付け、3次元マップを描画(図3:画像貼付け)
3. COTALの位置を問い合わせ(図3:位置情報取得)
4. COTALの位置変化を確認(図3:位置変化認識)

「Implementation of the visualization system of the disaster area by 3D-CG using the rescue robot」

<sup>†</sup>Takaki Matsushita

Faculty of Science and Technology, Keio University

<sup>‡</sup>Michita Imai

Faculty of Science and Technology, Keio University  
PREST, JST

5. COTALの描画(図3:COTAL 描画)

6. マップの再描画、3へ戻る

以下、上記の各処理について説明する。

### 3.1.1 画像取得

ABURに搭載されているCCDカメラで周囲の状況をキャプチャし、メモリ上に取り込む。

### 3.1.2 画像貼付け

ここではキャプチャした画像をVR空間にテクスチャマッピングする。テクスチャマッピングとはポリゴンに画像を貼付けることである。テクスチャマッピングの基本的な手法は以下の作業を行う。

1. テクスチャとなる画像を準備する。
2. 準備した画像をテクスチャバッファに格納する。
3. ポリゴンの幾何学的形状を指定して描画する。
4. ポリゴンの描画と同時にテクスチャの切り出し点を指定する。

1は3.1.1節で行った作業である。画像貼付けは2の作業から始まる。テクスチャバッファとは画素値を格納する2次元配列であり、キャプチャした画像のRGBデータを読みとって、配列内にデータを書き込んでいる。

得られた画像を全て正方形と考え、正方形のポリゴンを用意する。そしてテクスチャバッファの切り出し点、正方形への貼付け点を指定してそれぞれ対応付けをし、貼付けは完了である。

### 3.1.3 位置情報取得

それぞれ固有のIPアドレスを持つCOTALに対して、位置情報を問い合わせる。COTALの $(x, y)$ 座標を、マップの描画時に座標を問い合わせる関数を呼び出すことによって取得している。マップは絶えず再描画され、描画のたびに最新の位置情報が取得される。

### 3.1.4 位置変化認識

COTALの初期位置と現在の位置を比較し、変化の程度によって2次災害発生の有無を判断する。COTALの色によって災害状況の変化の様子を表した。COTALが動いた距離を $x$ とし、以下のような変化を持たせた。

- 0  $x < 1$  の場合、COTALの色を白で描画(2次災害なし)
- 1  $x < 2$  の場合、COTALの色を赤で描画(小規模な2次災害)
- 2  $x$  の場合、 $x$ の幅だけ地割れを描き、COTALの色を緑で描画(大規模な2次災害)

### 3.1.5 COTAL 描画

3.1.3節で取得した位置情報に対応する座標にCOTALを表す四角錐を描画する。

## 3.2 2次元マップ描画モジュール

3次元マップは災害現場の局所的な情報を把握するには適しているが、全体から見たABURの現在位置や、COTALとABURとの位置関係を見るためには、全体が見渡せる位置に視点を移動しなければならない。OpenGLを利用して描画した3次元マップは視点の移動は可能であるが、一刻をあらそう被災地では全体の様子が見渡せる2次元マップがあった方がさらに良い。そこで2次元マップと3次元マップを両方描画し、ABURの現在位置に関するパラメータを2次元マップに常に送信することによって、同期をとるようにした。

## 4 実行結果

本システムの実験を大学内の廊下で動作させた図4、5に本システムの実行結果を示す。



図4 実行結果 1

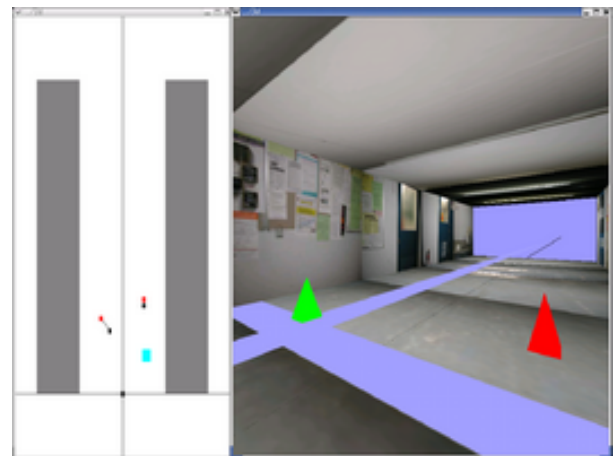


図5 実行結果 2:視点を移動した場合

図4は左側のCOTALの座標が $(3, 10)$ から $(5, 12)$ に変化しており、地割れが発生している。また右側のCOTALは座標が $(5, 14)$ から $(5, 15)$ に変化しているため、色が赤に変化している。

図5は図4の視点を変えた状態である。位置変化のあったCOTALに接近し、周囲の状況を観察できる。また2次元マップからABURがどの位置にいるのかも確認できる。

## 5 まとめ

本研究ではレスキューロボットABURが取得した画像から3次元マップを作成し、マップに通信タグCOTALの位置情報を常に反映させることによって、災害状況の直感的な提示システムを実装した。

今後は貼付けた画像の繋ぎ目のずれを小さくし、描画の精度を向上させる予定である。

## 参考文献

- [1] S. Miyama and M. Imai. "Rescue Robot under Disaster Situation: Position Acquisition with Omni-Directional Sensor", *IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, Las Vegas, Nevada* 2003.