

# 被災者探索のための動物体情報を含む三次元地図作成

The Generation of 3-D Terrain Maps including Information on Moving Object for Disaster Victim Search

福田 一郎 (東大)                      正 羽田 靖史 (理研/東大)  
正 城間 直司 (IRS)                    正 浅間 一 (東大)  
正 川端 邦明 (理研/東大)            正 松野 文俊 (電通大)

Ichiro FUKUDA, The Univ. of Tokyo  
Yasushi HADA, RIKEN/The Univ. of Tokyo  
Naoji SHIROMA, IRS  
Hajime ASAMA, The Univ. of Tokyo  
Kuniaki KAWABATA, RIKEN/The Univ. of Tokyo  
Fumitoshi MATSUNO, The Univ. of Electro-Communications

This paper proposes a method for building map which contains not only 3 dimensional terrain information but also information on moving objects in the observed area, such as injured people. We obtain 3D points data from the air by using a 3D sensor and build 3D Maps by using ICP algorithm. Then, we get information on moving objects from variance of objects height level.

**Key Words**: ICP Algorithm, 3-D Map, Rescue

## 1. はじめに

本研究では、震災時の上空からの被災者探索手法について述べる。ヘリコプターなどの飛行体は、地表性状の変化に関係なく比較的自由に移動でき、大域的なデータ取得が可能であるため、被災状況の把握やモニタリングに広く用いられている[1]。特に、震災に特化したものとしてはレーザスキャナなどの地表の形状情報を取得する三次元計測システムを応用して震災前後の都市形状を比較することにより倒壊したビルを検出する研究なども行われている[2]。ただし、これら従来の上空からの情報取得システムは、比較的荒い精度の地形情報を取得するものが主流で、細かな状態、例えば被災者に関する情報を収集するものではない。

一度に大量の情報が取得可能な空撮システムを、被災者探索のためにより有用なものとするには(1)情報の一覧性を向上すること、(2)必要な情報を自動で抽出すること、が重要である。本研究では被災地での動物体の検出を具体的な目的とし、(1)時々刻々と収集されるバラバラの情報を統合し、一覧性の良い形状地図の形態とする手法と、(2)統合された形状地図から被災者や車両などの動物体情報の候補を自動的に抽出し地図上で明示しレスキュー活動を支援する手法を開発する。

## 2. 動物体情報を含む三次元地図

### 2.1 提案手法の概要

飛行体が移動しながら地表をセンシングし、センサで収集した形状を重ね合わせ、平均化していくことで、一つの地図を生成する。重ね合わせた情報は同じ位置を示す形状情報が時系列に従い保存されている。この情報から動的な部分と静的な部分を区別し、動物体情報とする。このためには、(1)正確な重ね合わせ、(2)同じ

形状を時系列に従って複数回取得することが必要となる。

### 2.2 三次元地図作成

飛行体が移動しながら時系列に従って同じ領域の形状データを複数回取得するためには、従来のレーザスキャナのように点のスキャンではなく、高速に面で形状を取得可能なセンサを用いる必要がある。このため本研究では三次元計測に距離画像センサを使用する。得られた距離データを三次元空間上にプロットし、ICP(逐次最近点)アルゴリズム[3]を適用し、重ねあわせをおこなうことにより、三次元地図を作成する。ICPによる重ね合わせでは複数の点が近傍に集まるので、近傍の点を平均化することでデータ数を減らし形状地図とする。

### 2.3 ICP アルゴリズム

ICPは点列の重ね合わせ最適化の手法である。点列の各点に対して、一番近い点を探し対応付け、式(1)のように、距離に関する最小二乗法を行っていくものである。

逐次、点の更新を行い、繰り返し適用することで最適化を行う。特長として、ノイズに強い、対応点を明示的に与えなくてよい、2つの点群データがある程度離れていてもよい、位置情報を必要としない、複雑な形状も重ね合わせることができる、という点が挙げられる。本研究では、このアルゴリズムを三次元点列に適用することで三次元の重ね合わせ地図を作成する。

$$F(R, t) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \|Rx_i + t - y_i\|^2 \rightarrow \min \quad (1)$$

$R$ : 回転行列, $t$ : 並進行列
$N$ : 点の数
$x_i, y_i$ : 前画像, 後画像の座標

## 2.4 動物体情報の抽出

ICP を用いて重ね合わせた形状データは時系列に沿ったデータを含んでいる。このデータ内において静的な領域では時間変化による形状データの変化は生じず、動物体が存在する領域では時間変化に伴って形状データは変化するため、その領域での形状データの分散は大きくなると考えられる。この仮定をもとに本研究では、形状データの変化を見ることにより、静的な領域と動的な領域の判別を試みる。

## 3. 実験

### 3.1 使用するセンサ

本研究では 2 章で提案した手法の条件を満たす三次元距離画像センサ松下電工 EKL3101 を使用する。本センサは最高 15Hz でのセンシングが可能であり、1 回のセンシングにより面で距離データを取得できる。LED を用いた測距離方式で、画素数は 128 × 123pixels、最高 7.5m までの距離を測定可能である。(Fig.1)

### 3.2 三次元ガレキ形状取得実験

小型飛行船[4]に EKL3101 を搭載し、ガレキ形状を 2 m ~ 5m の高度から計測し、得られた距離データに ICP アルゴリズムを適用することでガレキ形状の取得を行った。計測には机や戸棚などが配置されているテスト用ガレキフィールド[5]を使用した(Fig2)。

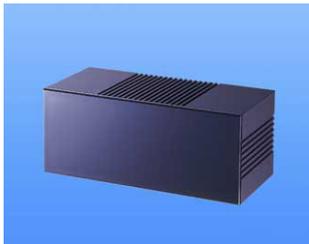


Fig.1 EKL3101(Matsushita Electric Works)



Fig.2 Blimp(Left) and Rubble Field(Right)

連続する 200 データに ICP を適用し、重ね合わせを行い得られた結果を示す(Fig.3)。ICP アルゴリズムによる重ね合わせを行うことにより、点群は漸近していくが完全には重ならない。そのため点数が増大し、三次元形状の視認性は低くなる。視認性の低下を解消するため、形状データを 5cm ボクセルに区切り、ボクセル内でデータ点数をカウントし、20 点以上のデータがあるボクセルのみを残すことにより、三次元形状の鮮鋭化を行った。形状地図において、物体のおおまかな位置関係は捉えることができる。

また、ICP アルゴリズムによる重ね合わせを行うことで、センサ位置の軌跡を導出することが可能となる。(Fig3 の黒色線)

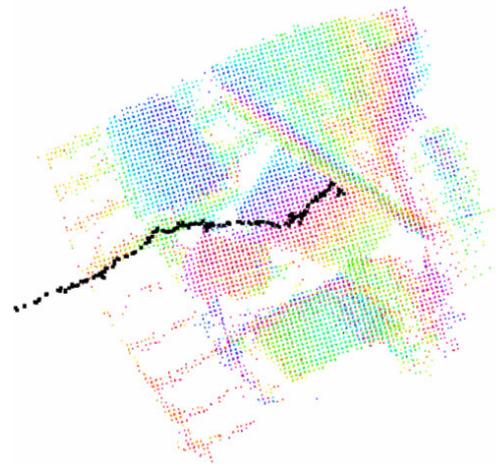


Fig.3 3-D Terrain Map and Trace of Blimp(White Points)

### 3.3 動物体情報抽出

前節で取得した三次元地図のデータを X-Y 平面上で 5cm の格子に区切り、各格子内の形状データの高さ方向の分散を求めた(Fig.4)。分散値の高い領域を抽出することで、動物体候補領域を出すことが可能となった。

## 4. まとめ

本稿では震災時の上空からの被災者探索のための動物体検出を含む三次元地図の取得手法について提案した。提案手法では三次元距離画像センサを用いて環境の形状情報を連続的に取得し、これに ICP を適用して重ね合わせた。また、重ね合わせた形状情報の分散を見ることにより、動物体候補点を抽出した。

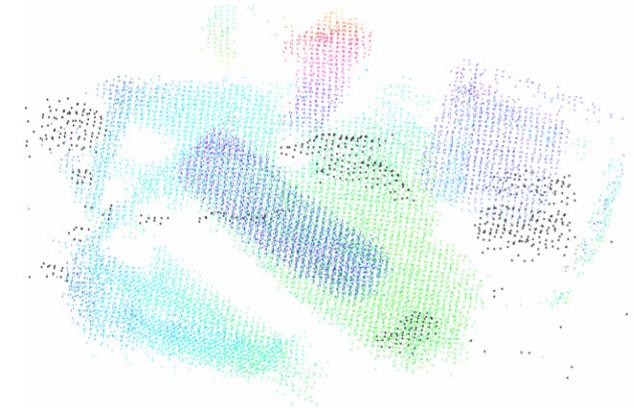


Fig.4 Information on Moving Object from Variance

## 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の一環として、国際レスキューシステム研究機構、防災科研との協力の下になされたものである。

## 参考文献

- [1] 中西弘明, 坂東麻衣, 井上紘一, 佐藤彰: “防災用インテリジェントエアロロボットの研究開発,” International Rescue System Institute Quarterly Report, vol. 1, 14/23, Apr. 2005.
- [2] 下垣豊, 大鋸朋生: “統合型災害対応システムの研究,” 大都市大

震災軽減化特別プロジェクトⅢ 被害者救助等の災害対応戦略の最適化 4.レスキューロボット等次世代防災基盤技術の開発(平成 15 年度) 成果報告書,230/239.

[3]Z. Zhang: "Iterative point matching for registration of free-form curves," Technical Report, no. 1658, INRIA--Sophia Antipolis, Valbonne Cedex, France, 1992.

[4] 羽田靖史, 富田一清, 川端邦明, 嘉悦早人, 浅間一, 後藤昇弘, 倉林大輔, 黒田洋司: "屋内実験用飛行船の自律制御 第二報," 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会 2005(ROBOMECH2005), 2A1-S-063, 2005 年 6 月 9 日-11 日, 神戸国際展示場.

[5] 伊能崇雄, 羽田靖史, 嘉悦早人, 浅間一, 松野文俊: "IRS 川崎ラボラトリの評価試験用フィールドの紹介," 第 5 回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会(SI2004), 1B3-2, 2004 年 12 月 17 日-19 日, つくば国際会議場.