

## ICPアルゴリズムのための俯瞰画像を用いた初期位置推定 An Initial Parameter Estimation using Downward View for ICP Algorithm

○滝本 知正<sup>1</sup>, 清水 雅夫<sup>2</sup>\*Kazumasa Takimoto<sup>1</sup>, Masao Shimizu<sup>2</sup>

Abstract: The aim of our project is to develop a mobile vehicle with a stereo camera rig that can precisely measure the distance and direction of the vehicle movement for triangulation without any landmarks or GPS. In this study we propose an initial parameter estimation method for an ICP algorithm to combine multiple stereo range data to make a wide range 3-D terrain shape.

### 1. はじめに

移動ロボットに搭載したステレオカメラ (図1に例を示す) によって, 画像だけではなく距離を計測することができる (図2に例を示す). つまり, 移動ロボットの移動に伴い, 広範囲の地形や周囲の構造に関する画像と形状を計測することができる. 本検討では, 連続して計測した距離情報を高精度に統合することを目的として, ICP アルゴリズム[1]における初期位置を推定するために, 撮影した画像を俯瞰画像に変換して利用する手法を提案する.



図1 ステレオカメラの例 (Point Grey Research 社 Banblebee2)

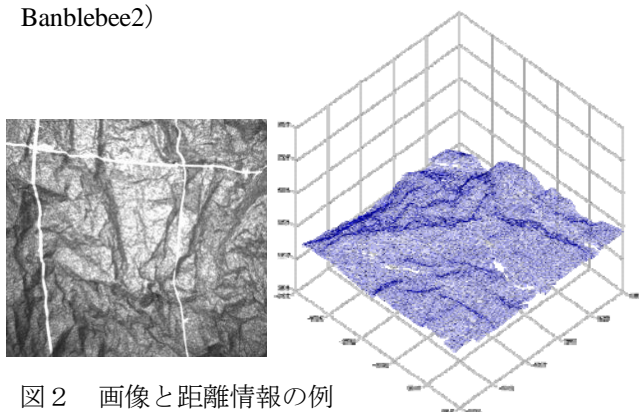


図2 画像と距離情報の例

### 2. ICP アルゴリズム

まず, ICP アルゴリズムと, 初期値の問題点を簡単に説明する.

移動ロボットが移動すると, ステレオカメラで計測した距離情報の基準位置も移動する. このため, 外界の広範囲な3次元情報を得るためには, 時系列に得ら

れる距離情報 (距離マップ) を統合する必要がある. 点群データで表された2つの距離マップの位置を合わせるアルゴリズムとして, ICP アルゴリズムが利用されている.

移動前の計測した距離マップ  $\mathbf{P}$  と, 移動後に計測した距離マップ  $\mathbf{X}$  の位置を合わせるとする. ICP アルゴリズムでは, 点群データから最近傍による対応付けと, 対応点からの幾何変換の推定の2つの処理を交互に行う. つまり,  $\mathbf{P}$  の点群データ点  $p$  から,  $\mathbf{X}$  の点群データ点  $x$  の中で最も近い点  $y$  を探索する. 全ての  $p$  について探索したら, それに対応する幾何変換  $\mathbf{q}$  を推定し,  $\mathbf{P}$  に適応する. 変換後, 距離マップ  $\mathbf{P}$  から再び  $\mathbf{X}$  の最近傍点への対応付けを行い,  $y$  と  $\mathbf{q}$  を更新し, 繰り返し処理を行う (図3).

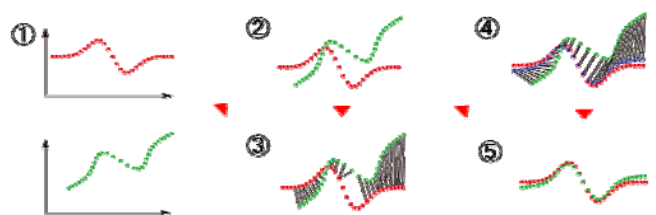


図3 ICP アルゴリズムの繰り返し処理

ICP アルゴリズムでは, 初期幾何変換, つまり位置合わせ前の距離マップ  $\mathbf{P}$  と  $\mathbf{X}$  の位置によっては, 局所解に陥ることがある.

図4に, 局所解に陥った例を示す. これは距離マップ中のある行だけを1次元データとして示したものである. 同図 (左) は局所解で, この後, 何回繰り返し処理を行っても同図 (右) の広域解には到達しない. なお, この広域解は, 適切な初期位置を与えた ICP アルゴリズムを適用した結果である.

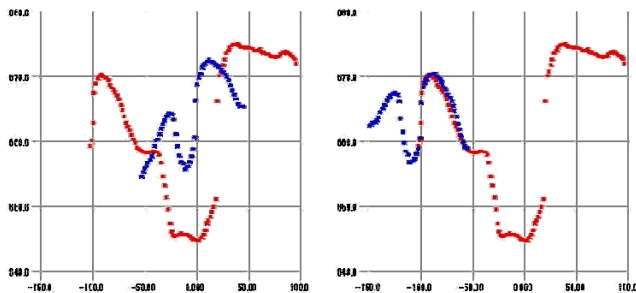


図4 ICP アルゴリズムの適用結果例

### 3. 俯瞰画像を用いた初期位置推定

距離マップ間の初期位置を推定するために、ステレオカメラで撮影した画像間の位置合わせを利用する。ステレオカメラは移動ロボットに搭載されていて、カメラ光軸の方向は不明である。つまり、移動ロボットの移動に伴い、周囲の3次元構造は変形して画像に撮影される。このため、ステレオカメラで撮影した画像をそのまま利用して位置合わせを行うことはできない。

そこで、撮影した画像を、図5に示すように俯瞰画像に変換する。ステレオカメラで計測した距離マップには地面形状の凹凸などが含まれるが、距離マップを最小二乗近似する平面を求め、その平面の法線ベクトルとカメラ光軸を一致させるように俯瞰画像を作成する。

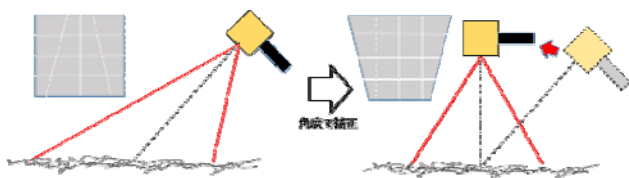


図5 俯瞰画像への変換

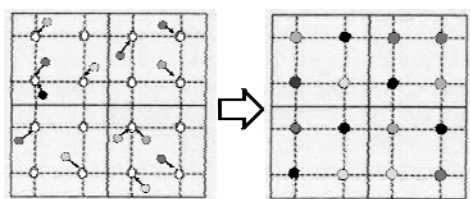


図6 画素値の決定方法

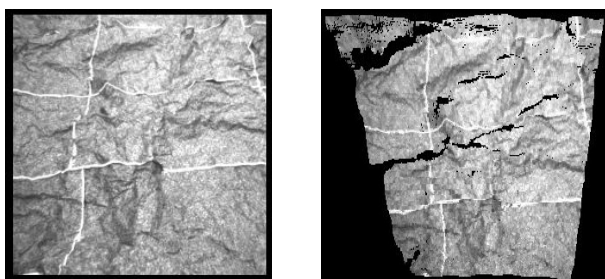


図7 俯瞰画像への変換例

距離マップ中の全ての点群座標  $(x_i, y_i, z_i)$  から平面  $ax+by+cz+d=0$  までの距離の総和は、次のように求めることができる。

$$J(a,b,c,d) = \sum_i \frac{(ax_i + by_i + cz_i + d)}{\sqrt{a^2 + b^2 + c^2}} \dots\dots (1)$$

目的関数  $J(a,b,c,d)$  を最小にするパラメータが、距離マップを近似する平面となる。平面の法線ベクトルは  $(a,b,c)$  である。

この法線ベクトルの方向から見た点群データを一定の間隔のグリッドに再配置すれば、俯瞰画像が作成できる。しかし、点群データの持つ3次元構造のために、一様な方法で再配置することはできない。そこで、図6に示すように、再配置グリッドの格子点から最近の点群データを探索し、その画素値をグリッド格子点の画素値とする。一定距離までに点群データが存在しないときには、「カメラから見えない」画素として、画素値を与えない。

以上の方法で変換した俯瞰画像の例を、図7に示す。撮影対象は、砂地を模した乱数パターンを印刷した紙に凹凸を付けたものである。変換後の画像(右)には、凹凸のためにカメラからは見えなかった部分が黒く抜けている。

次に、移動ロボットが異なる位置から撮影した画像と距離マップを用いてそれぞれ俯瞰画像を作成し、その俯瞰画像間で2次元位置合わせを行う。このときには、「カメラから見えない」画素と、その対応位置の画素は、テンプレートマッチングの誤差評価関数[2]に利用しない。

2次元位置合わせの結果、3次元空間内での平行移動ベクトルが求まる。位置合わせを行った俯瞰画像をそれぞれ作成したときに利用した法線ベクトル間の回転と、この平行移動ベクトルを用いて、距離マップ間の初期位置とする。

### 4. まとめ

ステレオカメラによって計測した移動ロボット周囲環境の3次元データを統合するための、ICP アルゴリズムにおける初期値を推定する手法を検討した。今後は、初期値推定的高速化、移動ロボットに搭載した各種センサ情報の有効利用などの検討を行う。

### 5. 参考文献

[1] 増田 健, “ICP アルゴリズム”, 情報処理学会研究報告, 2009.  
 [2] 『デジタル画像処理』, CG-ARTS 協会.