

情報処理学会第 77 回全国大会 に参加して

小野竜志

Ryuji ONO

電子情報学科 4 年

なる。



図 1 プレレジストレーションの必要性

1. はじめに

2015 年 3 月 17 日から 19 日の 3 日間に、京都大学吉田キャンパスで開催された THE 77TH NATIONAL CONVENTION OF IPSJにおいて、3 月 18 日に研究成果「特徴点を用いた 3 次元点群データ位置合わせ法の検討」の発表をオーラル形式で行った。

2. 発表内容

近年、実世界を忠実に再現した 3 次元モデルに対する需要が高まっている。構造物の 3 次元モデルを再現する場合、複数の視点から計測を行い、3 次元点群データを統合するレジストレーションが必要である。従来レジストレーション方法として ICP (Iterative Closest Point) アルゴリズムが提案されており、KinectFusion でも使われている。しかし ICP アルゴリズムは、1 フレームごとの位置合わせに使うことを想定しており、離れている距離での位置合わせには限界があり、プレレジストレーションという前処理が必要であった。また、すべてのデータ点を用いたレジストレーションには膨大な計算時間がかかることや、この問題は局所解が多く存在することが知られている。ICP アルゴリズムは、点群として構成される形状データ間の最近傍点を探索し、それらを仮の対応点とする。そして最近傍点間距離を求め、その対応点間の距離を最小化するような剛体変換を推定する。この対応点探索、剛体変換の推定を繰り返すことで、2 つの点群データを高精度に位置合わせする方法である。しかし、ICP アルゴリズムは最も近い対応点間距離を求めるので、2 つのモデルの距離を離した場合において、プレレジストレーションを行わずに ICP を実行すると図 1 のように

一方、離れた物体の位置合わせのナイーブな方法として、全ての点の対応を用いる方法が考えられるが計算量が多く時間がかかってしまうことから、特徴点を用いた手法の開発必要である。ただし特徴点は対象とする 3D 点群データ間で等しくなく $m : n$ であることが普通であり、それらの対応付けは非常に難しい問題である。

本研究はまず初めの一歩として、ある特徴点の近傍に存在する特徴点との距離を元に対応点を推定する手法を提案する。

本研究では、NARF (Normal Aligned Radial Features) 特徴点を用いる。NARF は 3D における特徴点で、レンジ画像（奥行の画像）を用いて特徴点を調べる。NARF における特徴点は主に、安定した平面の点とその点の周辺の点は物体の境界部分が近くにあるなど、大きく変化が生じている点でなければならない。

NARF のアルゴリズムは大きく分けて以下の 3 つの段階になっている。

[Step 1:] 境界部分の検出

[Step 2:] 特徴点の検出

[Step 3:] NARF 記述子

Step 2 では、次の手順で特徴点を求める。

[S 2-1:] それぞれの注目点について、近傍から表面の変化部とその有力変化方向をスコアリングする。また、境界部分の情報も統合してスコアリングする。

[S 2-2:] 有力な変化方向のそれぞれの点について、互いの変化方向がどれほど異なっているかを調べる。また、表面の変化がどれくらいかを計算する。

[S 2-3:] 得られた値を平滑化する。

[S 2-4:] 最適な特徴点を検出し表示する。

特徴点の対応付けの方法は、レジストレーションを行う 2 つの 3D 点群モデルに対し、それぞれ特徴点を NARF アルゴリズムを用いて求めるが、求めた特徴点の数は等しくならず $m : n$ であることが普通である。2 つのモデルのうち特徴点が m の物をベース、 n の物を対象と呼ぶことにする。対象の特徴点の数 n の中から、ベースの特徴点の数 m に対応した点を求める。提案法では対応付けの方法として、特徴点間の距離を用いる。ベース特徴点を $B = \{n_m; m = 1, \dots, M\}$ とする。そのうち n_m に最も近い 5 つの特徴点集合である

$N^* = \{n_i^*; i = 1, \dots, 5\}$ を抽出し、その距離を

$$\text{dist}(n_m) = \sum_{i=1}^5 |n_m - n_i^*|$$

とする。対象モデルの特徴点を $O = \{o_j; j = 1 \dots J\}$ とした時、同様に $\text{dist}(o_j)$ を求める。この時、 n_m の対応点は、

$$\hat{o}_j(n_m) = \underset{1 \leq j \leq J}{\operatorname{argmin}} |\text{dist}(n_m) - \text{dist}(o_j)|$$

であり、最も n_m に最も近い点を対応点と推定する。同様にして、全てのベースの特徴点の対応関係を求める。ベースモデルを変換して、テストデータを作成する。最もナイーブな方法として、今回は回転を用いる。回転をかけた後の特徴点の数は n 個となり特徴点の数が変わり、 $m : n$ の対応付けとなる。このような、 $m : n$ の効率の良い対応点の組み合わせの方法を検討する必要がある。本研究では、ベースとなる点群データを X 軸に 30 度、60 度、90 度回転させたものの特徴点を用いる。

評価方法として、ベースの特徴点 n_m と推定した対象点 $\hat{o}_j(n_m)$ の距離を用いて、提案法の性能を検証する。ここで $\alpha = |n_m - \hat{o}_j(n_m)|$ とする。 α の値を $\alpha < 0.15$, $\alpha < 0.20$, $\alpha < 0.50$ とする。この 3 つの値を基に、対応していると判断できる距離か分析する。 α が範囲内に入っている場合には、「Positive」、そうでない場合には「Negative」と判断する。これにより、「Positive」と判断されたものを実際に目で確かめ、対応しているかどうかの判断とする。

提案法を適応した結果、36619 点の 3 次元点群データより、回転角が 30 度、60 度、90 度のとき、それぞれ 165, 147, 146 点の特徴点が抽出された。図 2 に $\alpha < 0.15$ の結果を示す。



図 2 $\alpha < 0.15$ における対応点

このように $\alpha < 0.15$ のときに対応していると目で見て判断できる。x 軸に 30, 60, 90 度回転した結果、 α が増加すると「Positive」が増加するが目視で判断した場合、 $\alpha < 0.15$ の時に最も精度が高く最も α の範囲として有効だとわかった。

回転パターン	α の範囲		
	$\alpha < 0.15$	$\alpha < 0.2$	$\alpha < 0.5$
30 度回転した場合	7	52	85
60 度回転した場合	5	13	63
90 度回転した場合	3	25	70

図 3 各パターンの「Positive」の数

α を大きくする毎に「Positive」は増えるが、目視すると精度が低い場合もあり、 α の制御が難しいことがわかった。距離以外の特徴量を使うことは今後の課題である。

3. おわりに

初めての学会発表ということに加えて質疑を含めて 15 分間の発表であったため、発表前はかなり緊張したが、落ち着いて発表することを心がけた。的確な指摘や質問があり、自分の成長とこれから的研究に役立てたいと思った。今回の経験を今後の研究生活だけでなく様々なことに活かしていきたいと思う。

最後に、今回の発表を行うにあたって、ご指導をいただいた小野景子講師、研究室の皆様に深く感謝致します。