形状事前分布を利用した高速な点群マッチング手法の開発

Fast point set registration using prior shape information

広瀬 修

Osamu Hirose

金沢大学 理工研究域

Institute of Science and Technology, Kanazawa University

The goal of point set registration is to find point-by-point correspondences between point sets, each of which characterizes the shape of an object. Because local preservation of object geometry is assumed, prevalent algorithms in the area can often elegantly solve the problems without using geometric information specific to the objects. This means that registration performance can be further improved by using prior knowledge of object geometry. In this paper, we propose a novel point set registration method using the Gaussian mixture model with prior shape information encoded as a statistical shape model. The proposed method works effectively if the target point set includes outliers and missing regions, or if it is rotated. The computational cost can be reduced to linear, and therefore the method is scalable to large point sets.

1. はじめに

点群マッチング問題は物体の形状を表現する2つの点集合 間の対応関係を見つける問題である.点群マッチング問題の中 で点群間の対応関係に加え,点群をもう一方の点群に移す写像 を求める問題は点群レジストレーション問題と呼ばれる.点群 レジストレーション問題は想定する写像の種類に応じて剛体変 換と非剛体変換のものに分類され,最近では非剛体変換に基づ いた点群レジストレーションが,その柔軟さのため非常に活発 に研究されている.

Coherent point drift (CPD) は非剛体変換に基づいた点群 マッチング手法の代表的な手法である [Myronenko 10]. CPD の成功の要因としてまず挙げられるのが、外れ値への耐性であ る.ここで、外れ値とは、点群によって表現される形状とは無 関係に存在する点とする. CPD は点群レジストレーション問 題を混合分布を基礎とした確率分布の推定問題として定義す る. その際, 混合分布の構成分布の1つとして外れ値の分布を 明示的に与えることが、外れ値への耐性の主要な要因である. CPD のもう1つの成功要因として挙げられるのが、非剛体変 換される点群に対する「変位場の滑らかさ」である.変位場の 滑らかさとは、非剛体変換される点群を構成する任意の点の変 位と,その他の点の変位が,その距離が近ければ近いほど相関 するとした仮定である.この仮定は非常に自然な仮定である ため、CPD は多くの点群レジストレーション問題において精 度の高いレジストレーション結果を与える.一方で,変位場の 滑らかさの仮定が適切ではない場合, CPD は容易にレジスト レーションに失敗する. 例えば、人間の手の形状マッチングを 行う場合、人差し指と中指を構成する点は比較的近くに位置す るが、その動きは逆相関する傾向があり、このような場合には 変位場の滑らかさの仮定が不適切であるためである.

この問題を克服する方法の1つとして挙げられるのが,教師 あり学習に基づくアプローチである.もし人差し指と中指の動 きが逆相関する傾向にあることを事前に知っていれば,その知 識をレジストレーションアルゴリズムに組み込むことにより, 高精度のレジストレーションが期待できるからである.今回,

連絡先: 広瀬 修, 金沢大学理工研究域, 920-1192 石川県金沢 市角間, hirose@se.kanazawa-u.ac.jp 昨年度に開発した,教師あり学習法に基づいた点群レジスト レーション手法に対する拡張および高速化について報告する. 開発手法は外れ値の分布を構成分布の1つとして持つ混合分布 に基づいているため,外れ値への優れた耐性を有する.また, 物体の形状変化モデルを,訓練データから得られる事前知識で ある統計的形状モデルとして定義するため,変位場の滑らかさ の問題を自然に解決することができる.

2. 実験

開発した手法を SCAPE データに適用した. SCAPE デー タは 71 種類の姿勢での人間の形状をスキャンし、12,500 個 の三角形で構成される 3D メッシュ として表現したものであ る. 各々の三角形には座標情報があり, 点群マッチングの性能 評価のため、この座標情報のみを利用した. 今回、形状の欠損 のへの耐性を評価するため, 姿勢データ1から頭部および両 足を構成する 4000 点を取り除いた点群データを作成した.同 様に、外れ点への耐性を 評価するため、姿勢データ1から外 れ点 3750 点を加えた点群データを作成した. このデータへの 開発アルゴリズムの適用結果を図1に示す. 欠損データへの 適用結果が上段に,外れ点データへの適用結果が下段に示され ている.同様に、最も左の列が最適化の初期状態を示し、最適 化の途中経過が右方向に向かって順に示されている. 欠損デー タへの適用結果から, 欠損部分の形状が自然に復元されている ことが見てとれる.また、外れ点データへの適用結果から、外 れ点に影響されず正しく点群マッチングを行えていることが示 唆される.

参考文献

[Myronenko 10] Myronenko, A., and Song, X.: Point set registration: Coherent point drift (2010), IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Inteligence 32(12), 2262-2275.



図 1: 提案手法の欠損データ(上段)および外れ点データ(下段)への適用結果.青色の点群がレジストレーションの目標となる点 群を示し,赤色の点群がレジストレーションを行うために形状変化される点群を示す.最も左の列が最適化の初期状態を示し,右 に向かって最適化が進行することを示している.