

局所幾何構造を考慮した点群の外れ値検出

Outlier Detection for Point Clouds with Local Geometric Structure

中山 光典[†] 原 潤一[‡] 渡辺 裕^{†‡}
 Kosuke Nakayama[†] Junichi Hara[‡] Hiroshi Watanabe^{†‡}

[†]早稲田大学基幹理工学部
[†]School of Fundamental Science and Engineering,
 Waseda University

[‡]早稲田大学国際情報通信研究センター
[‡]Global Information and Telecommunication Institute,
 Waseda University

1. まえがき

点群は写真測量やレーザセンサを用いて取得可能である。しかし、写真のマッチングミスや測定器の制限により、データには外れ値が混入している。外れ値を持つデータを直接扱うことは、下流タスクにおける処理精度の低下を招く。

従来の外れ値検出手法として PointCleanNet[1]があるが、パッチ内の局所幾何構造が考慮されていないため、外れ値検出精度が低いという問題がある。そこで、本研究では DGCNN[2]をもとに、局所幾何構造を考慮した外れ値検出手法を提案する。提案手法では、k-NN 探索を用いて構築した近傍グラフと点を同時に畳み込み、局所幾何構造情報を持つエッジ特徴の生成を行う Res-GCN Block を構成する。エッジ特徴を用いて局所幾何構造を考慮することにより、点群の外れ値検出精度を大幅に改善できることを示す。

2. 提案手法

従来の点群外れ値検出手法である PointCleanNet では、点群をパッチに分割して入力しているが、パッチ内の局所幾何構造は考慮されていない。そこで、本研究では DGCNN をもとに、局所幾何構造を考慮した点群の外れ値検出手法を提案する。提案手法のモデル構造を図 1 に示す。

提案モデルは、Quaternion Spatial Transform, Res Block, Res-GCN Block から構成される。外れ値を持つ点群を入力として、各点に対する外れ値推定確率 O_i を出力し、閾値を用いて外れ値の判定を行う。Res-GCN Block は、k-NN 探索および Res Block から構成される Graph Convolutional Network である。Res-GCN Block では、各レイヤーの前で各注目点に対する k-NN 探索により近傍グラフを構築し、近傍グラフと注目点の両方を入力として畳み込むことで、点の関係性を表すエッジ特徴を生成する。このエッジ特徴により、パッチ内の大域的な形状情報を維持したまま、局所幾何構造を反映した計算が行える。

また、Quaternion Spatial Transform は四元数を用いてパッチの回転を行うネットワークであり、移動不変性の対処をするために暗黙的に回転変換の学習を行う。Res Block は勾配消失の問題への対処のために、従来の CNN 構造にスキップ接続を導入したものである。

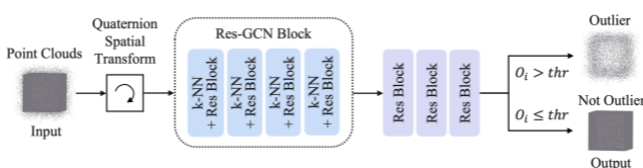


図 1 提案手法のモデル構造

3. 実験結果

本研究では、近傍探索数を 16、閾値を 0.5 として外れ値検出実験を行った。また、外れ値検出精度を示す評価指標には AUPR を使用した。PointCleanNet の外れ値データセットを使用して、従来手法と提案手法の外れ値検出精度の比較を行った結果を図 2 に示す。提案手法では、各大きさの外れ値に対して平均で 12.6% の AUPR 向上が確認できた。特に、外れ値の大きさが 2.5% の場合には、24.6% の AUPR 向上を実現できた。

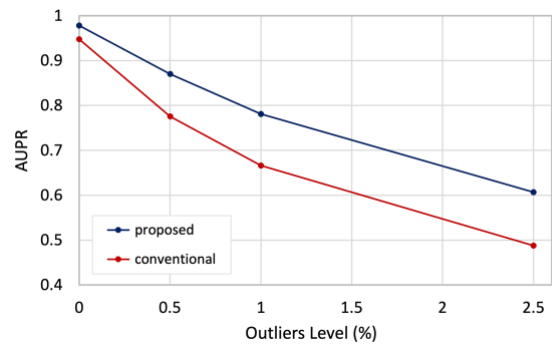


図 2 外れ値の大きさと AUPR の関係

4. むすび

本研究では、k-NN 探索により近傍グラフを構築し、生成したエッジ特徴を用いて計算を行う、点群の局所幾何構造を考慮した外れ値検出手法を提案した。結果より、局所幾何構造を反映した計算を行うことで、外れ値検出精度を大幅に改善できることが確認できた。

しかし、高次元特徴空間における k-NN 探索は計算量が大幅に増加させるという問題がある。今後は、低次元空間の k-NN 探索結果を各レイヤーの入力に伝搬させた場合や、近傍探索手法を改良した場合における外れ値検出の精度および計算量の比較を行い、提案手法の有効性を確認する必要がある。

5. 参考文献

- [1] M.J. Rakotosaona et al., "PointCleanNet: Learning to denoise and remove outliers from dense point clouds," In Computer Graphics Forum, vol.39, pp.185-203, Wiley Online Library, 2020.
- [2] Y.Wang et al., "Dynamic Graph CNN for learning on point clouds," In Computer Graphics Forum, vol.39, pp.185-203, Wiley Online Library, Jun 2019.