

博士論文の内容の要旨

氏名	植西 一馬
学位名	博士（工学）
学位授与年月日	令和3年9月30日
論文題目	特徴点を用いた3次元点群処理に関する研究

（博士論文の内容の要旨）

近年、センサや計算機の高性能化により、3次元形状情報処理の研究が活発となっており、そのなかでもセンサから取得したばかりの生データである3次元点群の処理技術は特に注目されている。点群は、オブジェクトの表面形状を疎な点の集まりで表現するデータ形式であり、未加工でも形状観察が可能である。この点群の中から、顕著な形状を構成する点分布を見つけ出し、似た形状の部分と比較可能な特徴ベクトルを設定する特徴点抽出は、点群間の対応付けを容易にすることから、各種の応用技術に用いられており、重要な中間処理に位置づけられている。

一方で、未加工の点群には、オクルージョンによる点群の部分欠損、ノイズによる点位置の変動等の正しい特徴点对応の取得を阻害する課題が多くある。これらの解決法としては、複数の点群を重ね合わせて統合するレジストレーションがある。特徴点对応を用いて低計算量のうちにレジストレーションすることも可能であるが、先述の課題のため、高精度に位置合わせすることは困難である。一方で、特徴点对応を用いない方式は座標系変換を何度も繰り返して少しずつ位置合わせしていくアプローチであるため、計算量が大きいという課題をもつ。そこで、本論文では、特徴点抽出とレジストレーションに対し、従来とは異なる枠組みの方式を検討した。特徴点抽出は、位置を決定するキーポイント検出に焦点を絞り、点群内の安定的な形状を活用することとした。レジストレーションは、特徴点对応を用いない方式の計算量低減のため、特徴点の性質を活用することとした。本論文では、この2つで大きな成果を得た。

成果の1つ目は、新たな特徴点の提案である。従来の特徴点のように弁別性を重視するのではなく、再現性を重視するため点群内の安定的な幾何形状を複数抽出し、仮想的な位置に特徴点を見出

す方式を提案した。実在の点は、センシング処理において点の位置変動や消失が生起しており、いわば最初から再現性が低い状態にある。そのなかでも、比較的安定してセンシング可能な平面形状に着目し、複数平面の交点位置に特徴点を配置する、VKOP (Virtual Keypoint Of Polyhedron) を提案した。屋内や市街部といった平面を多く含む環境において効果的といえ、シミュレーション実験では従来の特徴点と同等の処理時間で約2倍程度の再現性を示すことを確認した。

VKOPの高い性能が確認された一方で、これに用いる平面抽出法とパラメータに性能が強く依存するという課題が残った。すなわち、点群の環境に合わせて抽出法の選択とパラメータの微調整をしなければ、良いVKOPを得られない。この課題に対しては、平面の安定性を指標化した尤度を、平面抽出と同時、または事後的に測定し、平面やVKOPそのものに付与する手法を提案した。この尤度の導入により、平面そのものを除去したり、検出するVKOPを選択したりすることで、再現性が高いと見込まれるVKOPのみを残すことが可能となった。さらに、この尤度の測定に適したセンサパラメータを事前に求めておく手法を提案した。これにより、従来 VKOP よりも再現性が向上し、従来の特徴点と比較して、短い処理時間で約4倍以上の再現性を示すことをシミュレーション実験により確認した。

成果の2つ目は、特徴点を用いた新たな枠組みのレジストレーションの提案である。これは、特徴点对応を取らずに、特徴点の位置を活用して計算量を大きく低減する方式である。進化計算によるレジストレーションは、局所解を回避して全体最適解を探索可能であるが、前述のとおり座標系変換を多く繰り返すので、莫大な計算量が必要となる。そこで、これにKPP (Keypoint Patches) を用いることを提案した。KPPは弁別性の高い形状を有しており、この部分だけを処理に組み込むことで精度を維持しつつ、低計算量化を企図したものである。また、KPPの位置、抽出する個数、KPPを成す点数を考慮することで、更なる高能率化を目指した。シミュレーション実験により、従来の進化計算レジストレーションと比較して、提案方式は同等の精度を維持し、約40倍高速に処理できることを確認した。さらに、KPPの位置とKPPを成す点数を調整することで、従来よりも約100倍高速に処理できることを確認した。