

審査の結果の要旨

論文提出者 佐川立昌

本論文は、「Geometric and Photometric Merging for Large-Scale Objects」と題し、文化遺産である建物や大仏などの大規模な構造物を観測対象としたモデリングにおいて発生する様々な新しい問題に対する研究をまとめたものであり、9章で構成されている。

第1章「Introduction」では、3次元形状を計測する従来の研究では観測対象が室内に置かれた物体などの比較的小さな物体であったのに対し、大規模観測対象を扱う場合にどのような問題が発生するか示すとともに、従来の研究と比較しつつ、本論文において提案する拡張したモデリング手法の流れについて説明している。本論文では1. 並列化距離画像統合、2. 最近傍点探索の効率化、3. 適応的な統合、4. 光学情報の統合、5. 距離画像のノイズ除去、6. 対象を上方から観測するステレオセンサ、7. 距離画像欠落部分の補間、について拡張する手法を提案している。

第2章は「Parallel Processing of Merging」と題し、観測対象が大規模かつ複雑な形状を持つ場合、大量のデータを取り扱う必要があるという問題に対し、並列計算により距離画像の統合処理の計算時間を削減する手法を提案する。本手法はPCクラスタを用いて並列に符号付距離を計算する次の二つの要素からなる手法を開発している。1. 距離画像を各PCに分散して保持する。2. octreeの部分木に分割して並列に探索する。これによりPCクラスタの多数のCPUとメモリが利用可能となった。

第3章は「Effective Nearest Neighbor Search」と題し、統合処理中に計算する最近傍点探索において用いているk-d treeの探索方法を拡張し、効率的に最近傍点を探索する方法を提案している。距離画像の統合過程における計算コストにおいて最近傍点の探索が大部分を占めるため、その高速化が重要である。距離画像の統合における問題では近傍の点のみが重要であるという特徴を利用し、k-d treeの構造を変えることなく効率的に必要な最近傍点を探索する手法を提案している。

第4章は「Adaptive Merging Algorithm」と題し、観測対象の形状やテクスチャに応じて適応的に距離画像の統合を行うことにより効率的に計算資源を利用する方法を提案している。表面の曲率を考慮して適応的な解像度のボクセルを用いることにより、曲率の高い部分では細かいボクセルに分割され、平面に近い部分では大きいボクセルで表現することにより、より少ないポリゴン数で物体を表現するモデルを生成可能となった。

第5章は「Merging of Photometric Attributes of Range Images」と題し、距離画像計測によって得られる光学情報の統合する手法を提案している。テクスチャマッピングなどの応用に利用するため、複数の

距離画像間で光学的情報についても合致をとるように距離画像統合法を拡張した。

第6章は「Refining Range Images」と題し、ノイズが多い距離画像を用いて精確なモデルを生成する手法を提案している。位置合わせされた複数距離画像間の重複領域に対して、各々が持つ固有の誤差特性を考慮して距離画像を補償することで、より高精度の3Dモデルを獲得した。ガウシアンフィルタなどの空間フィルタを用いた場合、滑らかな面が得られるのと同時にエッジ等の細かな特徴も消えてしまうが、本手法を用いるとフィルタ処理では消えてしまう細かな特徴も残したモデルを生成することが可能である。

第7章は「Flying Stereo Range Sensor」と題し、大規模な観測対象の場合には地上から観測できない部分を上方から観測するために、デジタルスチルカメラ9台から構成されるシステムを気球に搭載し、ステレオマッチングによって距離計測を行うセンサについて説明している。レーザレンジセンサの距離計測精度に比べて、カメラを用いて画像を取得するのでデータ取得に必要な時間が短く、気球に取り付けて撮影する場合でも、気球の揺れの影響を考慮する必要がないことを利用し、観測対象を上方から計測することが可能となった。

第8章は「Complement of Unobservable Surface」と題し、様々なセンサを用いて計測を行った場合においても計測できない部分が発生するため、そのような形状データの欠落を補う方法を提案している。最近傍点探索によって計算した符号付距離は、その符号が形状データの欠落部分付近でデータのノイズや距離画像の位置合わせ誤差に敏感になるため、そのままでは欠落を埋めることができない。そこで、その符号付距離の整合性を近傍のボクセル間とることによりデータの整合性をとる手法を開発し、距離画像の欠落部分を補間することが可能となった。

第9章は「Conclusion」であり、本論文の成果を要約するとともに今後の課題が示されている。

以上これを要するに、本論文では、大規模かつ複雑な形状を持つ観測対象の幾何的および光学的なモデリングにおいてどのような問題が発生するか考察し、大規模距離画像を統合する問題では並列化距離画像統合、最近傍点探索の効率化、適応的な統合手法を提案し、また距離画像の光学情報の統合、距離画像のノイズ除去、形状計測を補うために気球に搭載するステレオセンサと距離画像欠落部分を補間する手法を提案しており、これらのモデリング手法は今後重要となる文化遺産のデジタル保存などに有用であると期待され、電子情報工学上貢献するところが少なくない。

よって本論文は博士（工学）の学位論文として合格と認められる。