

学 位 論 文 題 名

大型建築物の 3 次元計測のための画像及び 3 次元点群 データのロバスト特徴抽出

学位論文内容の要旨

近年、建築物のライフサイクルの管理を行う手法として、BIM(Building Information Modeling)が注目されている。この手法において、建築物の施工計画やシミュレーション、検査、改修計画などを行う場合、図面や 3D モデルが用いられている。しかし、施工後の建築物の図面作成や 3D モデリングでは、建築物の 3 次元形状計測が必要となる。現状では、デジタルカメラによる写真測量や地上据え置き型レーザスキャナ (Terrestrial Laser Scanner: TLS) を用いた計測が行われている。どちらの手法もデータ取得が簡単に行える反面、データ解析にマニュアル作業が含まれたため、作業効率が問題となっていた。そこで本件研究では、3 次元形状計測を自動化するためのロバストな特徴抽出手法を開発することとなった。

デジタルカメラを用いた写真測量では、筆者らが開発した手法ではステレオマッチングに、幾何学変形にロバストな最小二乗相関 (LSM) を用いて行われていた。しかし、明度変動やオクルージョンに対するロバスト性に劣るため、計測空間における概略位置を与える必要があった。そこで本研究では、従来の LSM とそれらに対してロバストなマッチングが可能な方向符号照合法 (OCM) を組み合わせることとした。これにより、ロバストで高速なステレオマッチングが可能となり、解析処理の自動化を達成した。更に、処理時間の短縮と精度向上の効果も得られ、本研究に優位性があることを示した。

TLS を用いた計測は、機器を設置するだけで 3 次元座標を持った点を広範囲、高密度で取得することが可能である。しかし、取得された点群データから図面作成やモデリングなどを行うにはマニュアル作業が含まれるため、その自動化が望まれていた。特に本研究では、余り議論がなされていないスキャナと対象物間を通過する歩行者や車両等によるノイズに着目し、これらのノイズが含まれた場合でも処理が可能な、ロバストな特徴抽出手法を開発することとなった。開発手法により、ノイズを除去する前処理や計測中に通行を制限することなく、実環境で計測されたデータに対して自動で解析を行うことが可能となった。また TLS での計測では側面や裏面を考慮して、機器を移動させながら複数の視点で計測を行う。そのため、複数の視点からの点群データの位置合わせ作業が必要となる。これに対し、従来の位置合わせは計測空間にターゲットを置く手法や、ICP(Iterative Closest Point) などの位置合わせ手法を用いて行われていた。しかし、前者は設置の準備や時間、後者は初期値や前処理が必要であり、作業効率の面からやはり自動化が望まれていた。これに対し、上述の特徴抽出での結果を用いた位置合わせ手法を開発し、異なる視点の点群データの位置合わせ処理の自動化を実現した。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 金 子 俊 一
副 査 教 授 金 井 理
副 査 准教授 田 中 孝 之

学 位 論 文 題 名

大型建築物の 3 次元計測のための画像及び 3 次元点群 データのロバスト特徴抽出

近年、建築物のライフサイクルの管理を行う手法として、BIM(Building Information Modeling)が注目されている。この手法において、建築物の施工計画やシミュレーション、検査、改修計画などを行う場合、図面や 3D モデルが用いられている。しかし、施工後の建築物の図面作成や 3D モデリングでは、建築物の 3 次元形状計測が必要となる。現状では、デジタルカメラによる写真測量や地上据え置き型レーザスキャナ (Terrestrial Laser Scanner: TLS) を用いた計測が行われているが、どちらの手法もデータ取得が簡単に行える反面、データ解析にマニュアル作業が含まれたため、作業効率が問題となっていた。本論文では画像および点群データを用いたロバストな特徴抽出手法の開発により、3 次元形状計測を自動化する手法について論じている。

まず、本論文では画像計測によるロバストなステレオマッチング手法を用いた物体の 3 次元計測について論じている。デジタルカメラを用いた写真測量では、筆者らが開発した手法では、ステレオマッチングにおいて幾何学変形にロバストな最小二乗相関法 (LSM) を用いて行われていた。しかし、明度変動やオクルージョンに対するロバスト性に劣るため、計測空間における概略位置を与える必要があった。そこで、従来の LSM とそれらに対してロバストなマッチングが可能な方向符号照合法 (OCM) を組み合わせる手法を提案し、実システムでのデータからその有効性を検証している。提案手法では、ロバストで高速なステレオマッチングが可能となり、解析処理の自動化を達成し、更には処理時間の短縮と精度向上の効果も得られたことを確認している。

次に、本論文では TLS による点群データを用いたロバスト特徴抽出による建築物の 3 次元計測について論じている。TLS を用いた計測は、機器を設置するだけで 3 次元座標を持った点を広範囲、高密度で取得することが可能である反面、取得点群データから図面作成などを行うにはマニュアル作業が含まれるため、その自動化が望まれていた。特に本論文では、他では余り議論がなされていないスキャナと対象物間を通過する歩行者や車両等によるノイズに着目し、これらのノイズが含まれた場合でも処理が可能な、ロバストな特徴抽出手法を提案している。実環境で計測されたデータからその有効性を確認し、実用化における課題への対応を示した。また TLS での計測では側面や裏面を考慮して、機器を移動させながら複数の視点で計測を行うため、複数の視点からの点群データの位置合わせを行う方法についても提案している。上述の特徴抽出の結果を用いた位置合わせ手法を提案し、実データを用いてその有効性を確認している。

以上を要するに、筆者は、3 次元形状計測の自動化を目的とした画像及び点群データのロバスト

な特徴抽出手法を提案し、実データによる検証を行い、その有効性を明らかにした。画像計測において従来手法と方向符号を用いた手法の組み合わせ手法を提案し、計測処理の自動化を実現した。点群データにおいて、平面抽出に基づいたノイズにロバストな手法を提案し、特徴抽出および位置合わせ処理の自動化を実現した。これらの手法は従来にない新規性の高い手法であり、本研究の成果は、計測分野だけでなく、画像処理および点群処理分野における発展に寄与するところが多い。よって、著者は北海道大学博士(情報科学)の学位を授与される資格があるものと認める。