

審査の結果の要旨

論文提出者氏名 長井 正彦

3次元GIS、ナビゲーション、デジタルアーカイブ、シミュレーション、コンピュータゲーム等の多くの分野で、実世界をより忠実かつ詳細に表現する3次元空間情報のニーズが広がっている。3次元データを取得する方法は、すでに多くの手法が実用化され、さらに様々な新しい手法の研究が行われている。近年の技術進歩と共に、デジタルカメラ、マルチスペクトルメーター、レーザスキャナ、レーザレンジファインダー、GPS（全地球測位システム）、IMU（慣性航法装置）等の様々なセンサが開発・改良され、計測技術やセンサの高精度化や小型化、低価格化は飛躍的に進んでいる。これらをうまく組み合わせることができれば、低価格で機動性が高く、しかも十分な精度を有する3次元データ計測システムを構築できる可能性がある。しかしながら、現在利用されている3次元データ取得システムは、ほとんどが比較的少数のセンサを用いた「単独システム」であり、精度をより向上させるためにはより高価な高精度センサを利用するという方策をとっている。

そこで、本研究は、さまざまなセンサを統合することにより、低価格、高機動性、高精度計測を実現できるマッピングシステムを開発する。具体的には民生用デジタルカメラ、低価格レーザスキャナ、GPS、低価格・中性能IMUを使用する。また計測プラットフォームとして無人ヘリコプターを利用する。無人ヘリコプターは、従来のプラットフォームでは困難であった低い高度からの計測を安全かつ容易に行えると期待される。

本論文は全11章からなっている。第1章は序章であり、研究の背景、目的、特徴などを述べている。第2章は既存の研究とその課題を整理している。具体的にはリモートセンシング、写真測量、レーザ測量、UAV(無人航空機)などの分野を網羅している。第3章は、無人ヘリコプター搭載型マッピングシステムの全体構成を述べている。第4章は計測システムに利用された各センサの詳細を述べている。第5章はセンサのキャリブレーション手法を提案している。多数のセンサを同時に利用して計測するためには計測時刻の同期と、センサの幾何学的な位置関係のキャリブレーションが重要である。特にレーザスキャナはレーザスポットを精度よく可視化できないこともあり、カメラなどとの相対的な位置や姿勢を決定するのは困難であった。本論文では小型の太陽電池パネルとイヤホンを利用して、レーザスポットを「可聴化」することで、レーザスポットの中心位置を計測する手法を提案し、精度のよいキャリブレーションを可能とした。第6章は実際に個別センサから取得されたデータの品質評価結果を述べている。第7章は、GPS/IMUを統合して位置・姿勢変動を推定する際に利用された慣性演算アルゴリズムを述べている。

第8章はGPS/IMU/デジタルカメラの統合による高精度位置・姿勢の決定手法を提案している。すなわち、従来からのGPS/IMUの組み合わせに加え、デジタルカメラ画像の間での位置ずれを自動計測し、その結果をGPS/IMUにフィードバックすることで、さらに精度を向上させる方法である。この方法によれば、精度の低いIMUに固有の「方位角が精度よく決まらない」という問題を解決することができる。精度向上効果も実証的に明らかにされた。

第9章はDSM（デジタル地表面標高モデル）の構築と地物抽出であり、GPS/IMU/デジタルカメラの統合の結果を利用してレーザスキャナデータから得られるDSMの精度検証を行っている。さらにGPS/IMU/デジタルカメラの統合を利用して、デジタルカメラ画像からも地表面の3次元計測が可能なることに着目し、両者を統合することで、DSMの精度と解像度を改善できることを示した。具体的にはデジタルカメラ画像からの自動計測時に、レーザから得られるDSMを概略形状として与え、自動計測の速度と精度を大幅に向上させる方法である。デジタルカメラから得られるDSMはそもそも非常に分解能が高いため、結果的に精度と解像度の高いDSMを得る

ことができる。さらに、こうして得られた DSM にさらにデジタルカメラ画像から得られる色情報を付加することで、形状と色の両面から地物の自動抽出・分類を行えることを実証的に示している。

第 10 章は応用実験の結果を示しており、道路沿いの崩落事故現場の実測に利用した例を示している。機動性、信頼性などが十分であることが示されている。また、本論文で開発された統合センサシステムを台車に搭載して地上で計測した事例も示されており、汎用性の高いセンサシステムであることが示されている。第 11 章は結論であり、研究の成果と今後の課題がまとめられている。

以上まとめると、本論文は安価で小型なセンサを統合する手法を開発し、実際に機動性に優れ、低価格で高精度な 3 次元データ取得システムが構築できることを実証的に明らかにしている。この統合センサシステムは汎用性も高く、さまざまなプラットフォームに搭載され、歩行者ナビ用の地下街地図から災害調査まで幅広く利用できる。よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。