

論文の内容の要旨

論文題目 センサ統合による無人ヘリコプター搭載型マッピングシステムに関する研究
UAV (Unmanned Air Vehicle) borne 3D Mapping System based on Multi-Sensor Integration

氏 名 長井 正彦

3D 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に渡り、3次元空間情報のニーズが広がっている。実世界を忠実かつ詳細に表現するためには、3次元データの取得が必要不可欠であり、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低価格化は飛躍的に進んでいる。

写真測量の原理を利用して3次元空間データを取得する方法は、従来から実務的にも多く行われている。この手法は効率的に広域をカバーし、3次元情報と同時にテクスチャーの情報も取得することができる優れた方法である。しかし、これらの写真測量の原理を利用した方法では、屋外環境における多くの影や隠蔽の影響により、3次元モデリングの自動化が非常に困難である。基準点や接合点を設置する必要があり、データ処理にも時間を要する。一方、レーザスキャナは対象物の3次元情報を直接自動計測でき、その有効性が証明されている。近年の技術進歩に伴い、レーザスキャナの低価格化が進み、現在では数十万円での購入が可能となり、より手軽に3次元計測に利用できるようになった。さらに、GPSやIMUと共に、効率的に広範囲のデータを取得するためのモバイルマッピングの技術開発も進められてきており、航空機や自動車等にレーザスキャナを搭載し、効率的なデータ取得への応用も進められている。

モバイルマッピングに必要な不可欠なGPSとIMUはNaturally Marriedと言われ、その相性の良さから、従来からお互いの短所を補うシステムとして様々な分野で広く使われている。GPSの低頻度ではあるが時間変化のない特性と、IMUの高頻度ではあるが時間変化がある特性を組み合わせることにより、効果的な航法装置として用いられている。IMUの場合、位置のドリフト（時間的変化）が最大の問題点である。IMUのドリフトよりも精度の高いGPSの信号を用いて、IMUの誤差を算出し、その誤差を用いてIMUの各誤差を推定し、誤差がなくなれば位置精度も向上するので、GPSとIMUの統合は最適となる。特に航空機等の分野では、GPSやIMUは単独では使用されない現状にある。しかし、これらの慣性航法装置として使用されるIMUやGPSはいまだ非常に高価なものであり、航空機等で用いられ

る高精度 IMU は数千万円ほどするのが一般的である。

モバイルマッピングとして、上空より効率的に3次元形状を計測するために、今まで航空機や実機のヘリコプターが多く用いられてきている。しかし、計測には多大な時間と費用がかかり、また有人飛行であるために、火山などの災害においては、安全性の観点からも必ずしも適しているとは言えない。

本研究では、センサを統合することにより、従来からの個々の技術の利点を共有し、それぞれの欠点を補うマッピングシステムの開発をする。手軽に3次元計測が行えるように、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 を使用し、高価で特別な計測機器を使わなくとも、センサを統合することにより、高精度のマッピングができるシステムを開発する。また、新規プラットフォームとして無人ヘリコプターの利用を検討する。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危険地域上空からの計測が安全かつ容易になると期待が集まっている。本研究では無人ヘリコプターを用いた自動計測システム、自動モデリングシステム、さらには、取得されたデータの有効利用をする上での自動地物抽出システム開発することを検討する。



本研究では、無人ヘリコプターに搭載した GPS、IMU、デジタルカメラを統合することにより慣性演算を行い、精度のよい高頻度の位置・姿勢データとして、センサの詳細な軌跡を算出する。はじめに、GPS/IMU のデータをもとに、デジタルカメラにより取得されたデジタル画像のバンドルブロック調整を自動で行う。自動バンドルブロック調整では、共面条件を利用し、GPS/IMU からタイポイントを推定し、自動かつ高精度の画像の絶対標定を行うことが可能である。

この自動バンドルブロック調整によって得られた画像の絶対標定の結果を IMU の慣性演算に利用することにより、GPS/IMU/デジタルカメラを統合する。慣性演算を行う際のカルマンフィルターの初期値として画像の絶対標定の結果を利用することにより、従来では必要不可欠であった慣性演算システムのアライメントの必要がなくなり、さらに、誤差要因となる様々な雑音が慣性演算内に累積するのを防ぐことができる。このように、中精度の IMU を利用しているにもかかわらず、GPS と画像の絶対標定の結果から補正情報を受けることにより、高精度・高頻度なセンサの軌跡を推定することが可能になる。

GPS、IMU、デジタルカメラを統合することにより得られた高精度の位置・姿勢を用い、レーザレンジデータの座標変換を行い、さらにデジタル画像のテクスチャー情報を用いることにより、DSM の構築を行う。座標変換に用いた位置・姿勢は、画像の絶対標定の結果を用いて慣性演算を行っているため、座標変換されたレーザレンジデータとデジタル画像は精度良く重なり、容易に高分解能で高精度の DSM を構築することができる。また、デジタルステレオ画像から、3次元形状を復元する手法は従来から実用されてきているが、ステレオマッチングを行う場合、撮影状況により多くの mismatches が存在し、ステレオマッチングの自動化が困難である。そこで、デジタル画像のピクセルと対応するレーザレンジデータから、ステレオマッチングの対応点の検索範囲を制限し、精度の良いステレオマッチングの自動化ができるようになる。

最後に、構築された DSM を利用して、詳細な地物の抽出を行う。無人ヘリコプターを利用し、低高度から高分解能データを取得しているため、従来の人工衛星や航空機からの 3次元計測では出来できなかった、詳細な地物の抽出が容易にできる。また、DSM と同時にデジタル画像も存在するために、レーザレンジデータから詳細な形状を求め、詳細なテクスチャーの情報はデジタル画像から、さらにデータの補間を行う等、それぞれの利点を利用し、効率的に詳細な地物の抽出ができる。

この様に、本研究では、センサを統合し、従来にはないマッピングシステムの開発をする。手軽に 3次元計測が行える低価格なセンサを使用しているにもかかわらず、センサの統合により、従来から個々のセンサの短所を補い高精度のマッピングが可能になる。この計測システムを無人ヘリコプターに搭載し、上空から安全かつ容易に計測ができるようにする。本マッピングシステムにより、人が行くことのできない危険な地域で自動計測を行い、迅速に精度の良い自動マッピングをし、さらには、取得されたデータから自動地物抽出が行える。