

レーザセンサ、GNSS、IMUなどの融合による移動体計測装置の開発

株式会社タナカコンサルタント ○松塚悟 丸田健司 田中雄太

要旨

建設業界では 3D レーザスキャナ(LS)を航空機や車両に搭載したレーザ計測システムの導入が進んでいる。これらは、広域の地形を安全かつ精密に計測できる反面、小規模な計測では経済性・利便性に欠ける点が課題となっている。本文では、民生部品を主体とした GNSS/IMU 装置を無人ヘリ(ラジヘリ)およびシニアカーに搭載したレーザ計測装置の開発について報告する。

1. 移動体による 3D レーザ計測の普及と課題

近年、西日本を中心に集中豪雨等による斜面崩壊(深層崩壊を含む)やこれに伴う自然ダム等の発生が問題となっているが、これらの発生予測や対策工の検討には、詳細な微地形の把握(図 1 参照)が有効である。

このため、建設業界では、航空機や車両などの移動体に、高性能の 3D レーザスキャナを搭載した計測システム(航空レーザ計測システムや MMS (mobile mapping system)^{*1}など)による計測が増加している。これらは、広域の地形を速やかにかつ精密に計測できるだけでなく、危険な箇所への立入りが不要となる利点がある。また、延長が長く複雑な形状を有する道路や河川の維持管理を目的として、定期的な計測により、経年変化を把握する試みも進められている^{*2}。

しかし、これらの移動体計測システムは非常に高価であるため、小規模な範囲の計測では経済性・利便性を発揮できない。また、車両等が進入できない狭い場所での計測においても課題を有している。

2. 開発の目的と技術的課題

筆者らは、上記の課題を踏まえ、無人ヘリ(ラジヘリ)(図 2 参照)およびシニアカー(高齢者向けに作られた三輪の一人乗り電動車両)(図 3 参照)を用いた移動体レーザ計測装置の開発を行った(表 1 参照)。

一般に、LS は計測対象にレーザ光を照射して、その反射に要する時間から形状を取得するが、移動体計測システムの場合、この他に、計測システム自身の位置情報や姿勢情報(傾き)を取得し、かつこれらを時刻同期させる必要がある。このため、計測システムは LS 本体の他に、人工衛星を活用した GNSS (全地球測位システム: GPS と同義)、IMU (慣性計測装置) から構成されており、計測の精度はこれらのセンサーの性能に大きく依存している(図 4 参照)。

よって、本開発における技術的な課題は、移動体の制約条件(搭載重量、振動など)や衛星受信環境を考慮しつつ、かつ所定の精度を有する GNSS/IMU 装置を組み合わせ、経済的な移動体計測システムを構築することであった。



図 1 航空レーザ計測により作成された詳細な地形図

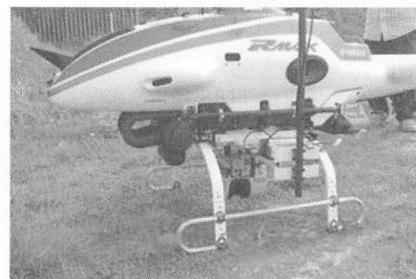


図 2 無人ヘリに搭載したレーザ計測システム



図 3 シニアカーに搭載したレーザ計測システム

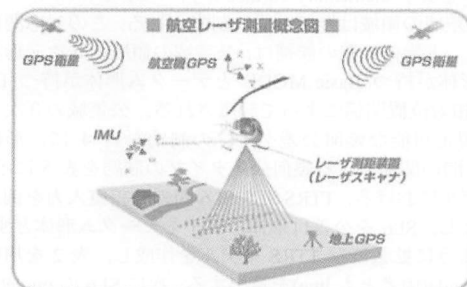


図 4 移動体計測システムの概念(航空レーザ計測の例)

表 1 移動体システム概要

	目的	技術的課題	対策	主な構成要素
無人ヘリ	①狭い計測対象を安価に計測 ②危険な対象の遠隔計測 ・急崖斜面 ・産業廃棄物堆積場 ・海岸構造物(護岸) ・雪堆積場や土捨て場	①GNSS/IMUの精度確保 ②搭載機器重量の軽減 ③運行時の振動対策 ④システム駆動用の電源の確保(小型・軽量・高電圧)	①FOGとMEMS加速度計を採用し精度を確保 ②アルミ合金製の治具を開発し軽量化を図る ③ジェルテック製のインシュレーターを導入により振動を軽減 ④リチウムポリマー電池の採用	・ヘリR-max ・LS: LMS511 ・GNSS/IMU: FOGジャイロ ・コントロールPC ・システム制御PC、無線LAN ・システム駆動用電源
シニアカー	MMSが入れない道路や歩道での計測	①姿勢情報の精度確保 ②時刻情報の精度確保	①MEMSジャイロによる精度確保 ②距離計による補正情報を採用し、IMU速度データによるフィルタリング処理により精度を確保	・シニアカー(スズキET3B) ・LS: LMS111 ・MEMSジャイロ ・システム制御PC ・360°プリズム

3. 開発概要

①基本方針

昨今、MEMS (micro electro mechanical systems) 技術の進歩に伴い、民生機器による高性能で小型軽量のセンサーの導入が進んでいる。これらを活用し、各種小型センサーを組合せたシステムを採用することを基本方針とした。メーカーから各種センサーの貸与を受けて、性能・重量・価格等に着目した比較を行った。

②無人ヘリ

計測時に立ち入りが困難な箇所(例えば崩壊斜面や有害物質の発生が懸念される箇所など)での計測を目的としている。特徴として、時刻同期用と位置情報取得用の2種類のGNSSアンテナを設置している。また、無人ヘリと比べて搭載可能重量が小さいため、アルミ合金製の治具や、軽量でかつ高い性能が期待できるリチウムポリマー電池を採用し、機器の軽量化を図った。

③シニアカー

MMSが進入できない狭い道路あるいは歩道からの計測を目的としている。また、狭い道路では建物等が近接しGNSSにより位置情報が得られない場合を想定している。このため、基本的なシステム構成は、通常の移動体計測システムと類似しているが、位置情報取得を目的として、自動追尾式のトータルステーション(光波測距儀)で位置出しを行うとともに、距離計を組み合わせたシステム構成を採用している。

4. 実証実験(無人ヘリ)

計測精度を確認するために実際の構造物を計測した実証実験結果を以下に示す。計測対象は海岸に設置された防波堤と消波ブロック(範囲: $L=120m$ $W=40m$)で、無人ヘリにより飛行高度20~30m、飛行速度20km/h程度で計測をおこなった。図6に、無人ヘリからレーザ計測により得られた標高値(図中の点線)と、構造物上に検証点を設置し、これを実測した標高(図中の●)を対比した結果を示している。

両者の高さはほぼ合致しており、所定の基準^{※3}を満足する結果が得られた。

5. まとめ

民生機器によるGNSS/IMU装置を小型の移動体に搭載したレーザ計測システムの開発を行った。従来型の移動体計測システムを補完する性能を有し、かつ実用に耐えうる十分精度を有していることが確認された。

計測の用途・目的・条件に応じて、移動体と各種センサーを組み合わせる方式は適用範囲が広く、かつ経済性に優れているため、今後の活用が期待される。

【参考文献】

- ※1: (例えば) 移動計測車両による測量システムを用いる数値地形図データ作成マニュアル(案) P1 (平成24年5月 国土地理院)
- ※2: 図解航空レーザ計測(基礎から応用まで) 第8章(測技協)
- ※3: 作業規程の準則 第7章 航空レーザ測量 第288条及び第295条を適用(国土地理院)

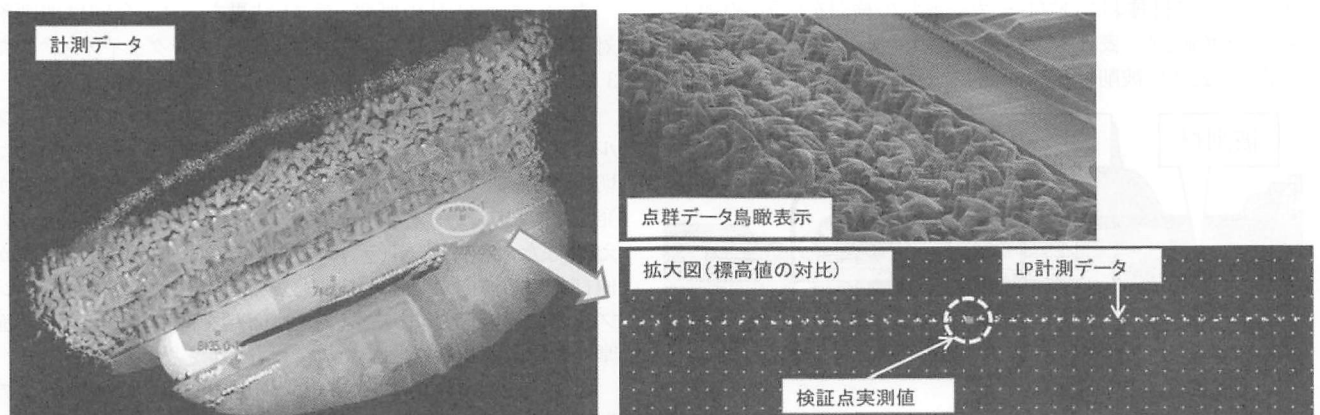


図 6 実証実験(無人ヘリ)