

Mobile Mapping System による広域環境モニタリングの実証研究

山崎敏宣・石川貴一郎・角本繁・天野嘉春・橋詰匠

Environmental Monitoring Using Mobile Mapping System

Toshinori YAMAZAKI, Kiichiro ISHIKAWA, Shigeru KAKUMOTO,

Yoshiharu AMANO and Takumi HASHIZUME

Abstract: In this paper, we discuss an environmental monitoring using mobile mapping system (MMS). Proposed method is characterized by continuity between normal times and times of emergency. Actually, we discuss two cases report. First, example of normal times, we have conducted a field test to evaluate the environmental monitoring in Hokkaido Engaru. Second, example of emergency, MMS measured Tohoku district damaged by the 2011 Tohoku earthquake and tsunami.

Keywords: Mobile Mapping System, 基盤地図情報 (Fundamental Geospatial Data), 環境モニタリング (Environmental Monitoring)

1. はじめに

地域環境の変化や災害時における被害状況を把握するためには、平常時の環境との変化を時空間的に捉えて比較ができる環境モニタリング技術が必要である[1]. 広く行われている手法としては、リモートセンシングを活用した観測が挙げられるが、市街地や山間地の道路などにおいて詳細な観測を行うことは難しい. このような背景から、筆者らは車両に様々なセンサを搭載し、地上を移動しながら三次元計測可能な Mobile Mapping System(MMS)を開発してきた[2]. 本報では、平常時から災害時まで利用可能な広域環境モニタリングを目的とした実証研究について述べる. 具体的に、平常時における

適用事例として北海道・遠軽町における実証試験や東日本大震災における適用事例を挙げ、MMS を用いた広域環境モニタリングの有効性を検討する.

2. Mobile Mapping System

MMS の概略図と計測データ例を図 1 に示す. MMS は車両上部に設置された天板上に GPS/IMU 複合航法装置・レーザスキャナ・カメラを搭載している. さらに最高 80km/h で、道路周辺の三次元形状を色情報とともに広範囲に計測することができる. MMS の計測精度は、GPS が十分に使用できる環境については、国土地理院の地図情報レベル 500 を満たす 0.095m (1 σ)の絶対精度で計測でき、従来の Total Station や GPS 静止測量と比較して十分な精度をもっている[3]. また相対精度は搭載しているレーザスキャナの精度の、統計誤差 5mm(1 σ)で計測を行うことができる. そのため、図 2 のように道路舗装面の凹凸を詳細に計測ことができ、縦断や路面性状を計測することができる.

山崎敏宣 〒162-0044 東京都新宿区喜久井町 17

早稲田大学理工学術院総合研究所 制御工学研究室

Phone: 03-3203-4337(内線 2134)

E-mail: yamazaki@power.mech.waseda.ac.jp

さらに、MMS は航空機によるレーザ測量や人工衛星による画像では把握できない建物の側面や樹木の下、トンネルの中などの環境も計測可能である。

MMS の計測データは計測時刻、緯度・経度・高度の絶対座標が記録されているため、時空間 GIS との親和性が高い。MMS により計測された 3 次元データは点で表され、1 時間の計測で 1 億点近い点群データとなるため、そのままでは表示や取扱が困難である。そこで、3 次元点群から高さ情報を含んだオルソ画像を作成することで、MMS の特徴である 3 次元計測データをほとんど失うことなく GIS に背景画像として登録することができる。図 3 は MMS のオルソ画像を時空間 GIS である DiMSIS に登録し、既存の道路地図と合わせて表示した例である。

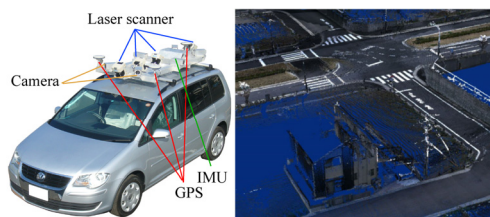


図 1 MMS センサ構成と計測データ例

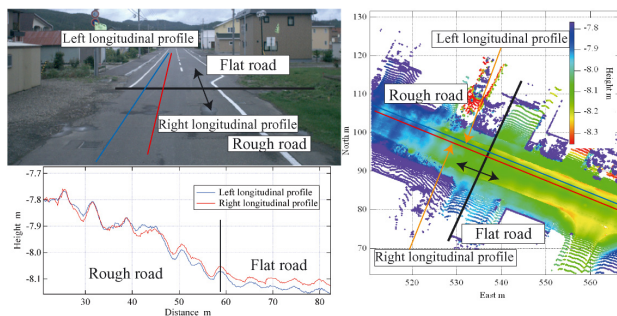


図 2 道路横断・路面性状の計測結果

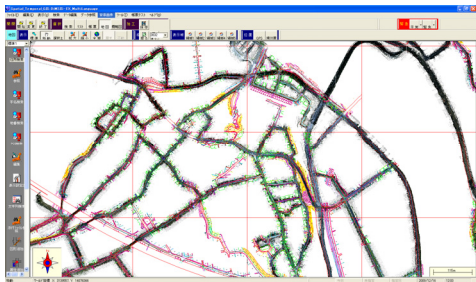


図 3 計測データの DiMSIS との連携

3.MMS による広域環境モニタリング技術の概要

平常時から災害時までの各段階における MMS の活用分野を図 4 に示す。平常時は、基盤地図整備や道路・上下水道台帳に用いることができ、実際に MMS を用いた道路台帳付図の作成も行われ国土地理院の承認を受けている[4]。MMS は従来測量に比べ広範囲を効率的に計測可能であり、さらに航空測量に比べ手軽に運用できるという点で、環境変化のモニタリングに向いている。災害時には、被害状況の調査や道路視点からの記録を行うことで、基盤地図の再整備だけではなく、復興過程の記録や罹災判定、路面性状の調査など幅広く利用することができる。また平常時からのデータと比較することで、地殻変動量の調査を行うこともできる。

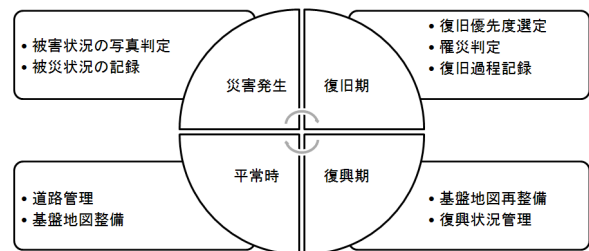


図 4 広域環境モニタリング技術の活用分野

4.北海道・遠軽町における実証事例

4.1 概要

広域環境モニタリングの実証試験を北海道・遠軽町を中心とした地域で 2008 年から 2010 年にかけて行った。各年において遠軽町および周辺自治体の道路を図 5 に示す経路で計測した。

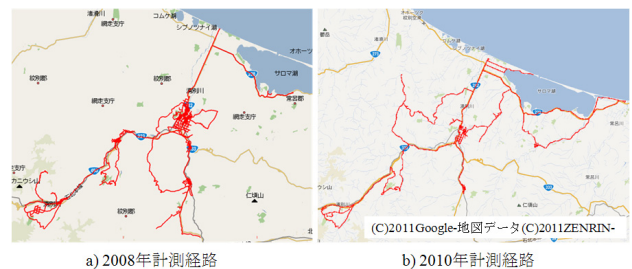


図 5 MMS 計測経路

2008 年は延べ 948km を約 40 時間、2010 年は延べ 574km を約 20 時間で計測した。実証試験では MMS 計測データを用いた基盤地図の高精度化の検証と計測再現性について検証を行った。

4.2 基盤地図の高精度化

既存の道路台帳附図の多くは、従来の測量による結果から台帳図を作成しているため、絶対座標を付加していないものが多い。これらの道路台帳図から GIS の基盤地図を作成する場合、複数の台帳図の道路端をつなぎ合わせて 1 枚の地図とする。しかしその過程で、図郭間のつなぎ目に累積誤差が生じるため、歪みができる。一方で、MMS は高い絶対精度で計測できるため、計測データ全域に渡って歪みの無いものを取得することができる。反面、MMS から死角になる箇所は計測できないため、MMS のみで道路台帳図を作成することは困難である。そこで、絶対座標は持たないものの相対精度が高い従来の台帳図を MMS の計測データを用いて補正し絶対精度を与えることで、図化の行程を省略し安価に高精度な基盤地図を作成する。

実際に MMS により作成したオルソ画像と図郭間の道路端情報だけから台帳図を重ねて作成した地図を重畳表示したものを図 6a に示す。MMS を用いないで作成した台帳図は、絶対精度で 10m 以上のズレおよび歪みのある地図となっている。

図 6b に MMS の計測データに基づいて回転併進移動のみにより修正を行った道路台帳附図を示す。修正前に見られた歪みが除去され、MMS の計測データと一致している。

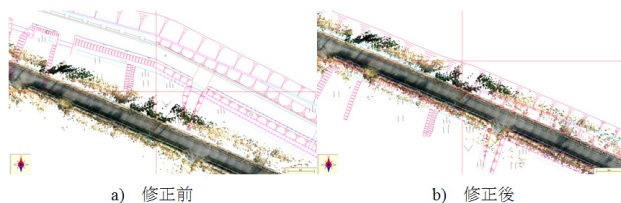


図 6 道路台帳附図の修正例

回転並進移動のみを用いて図郭内の相対精度を保って修正を行うため、全体の整合性を乱さずに修正できる。また MMS のデータから図化を行う必要もないため、効率的かつ安価に高精度な基盤地図を作成することができる。

4.3 計測再現性の検証

MMS の計測データを基盤地図として利用するためには、時系列における計測再現性の検証が必要となる。これまで MMS の精度検証では、従来の定点測量との比較した事例は多数あるが、時系列での精度検証が行われたことはない。そこで実証試験では各年度で同一箇所を計測した結果を比較することで MMS の計測再現性について検証を行った。MMS のような移動計測では完全な同一点を計測することは困難であり点群データ同士の比較では精度検証できないため、道路縁石をベクトル化した上で比較を行った。結果を図 7 に示す。比較を行った範囲では 17612 点の比較で 0.036m(1 σ)であり十分な再現性があることを確認した。

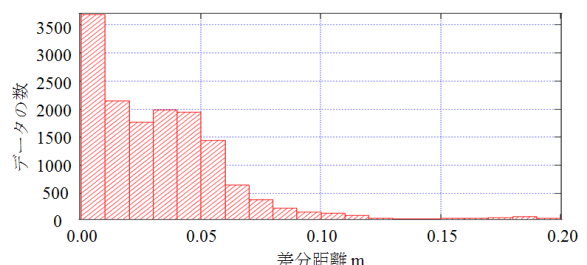


図 7 計測再現性ヒストグラム

5. 東日本大震災における被災情報収集

2011 年 5 月 30 日より 4 日間、津波により被害の大きかった東日本沿岸部を中心に MMS による計測を実施した。図 8 に被災情報収集の様子を示す。本計測では 6 台のカメラと 4 台のレーザスキャナにより、全周の画像と 3 次元情報を収集した。なお同タイプの MMS による情報収集は筆者らのグループだけでなく、他の MMS を所有している業者らも実施している。



図 8 東日本大震災の被災情報収集

MMS は、道路視点からの計測であるため、航空写真では取得できない建物の横面の情報を収集することができる。特に今回の津波では、柱と屋根が無事な建物では、航空写真からは被害が無かったかのように見えるが、横から見ると全壊に近い状況の建物が多数ある。図 9 に同一箇所の航空写真と MMS による横からの画像、3 次元計測データを示す。このような場合、従来であれば人による現地調査が必要になるため、被害の判定に時間がかかるが、MMS であれば、撮影時刻、撮影方向、撮影箇所が記録されているため、航空写真と連携を取ることで、損害状況の判定を行うことができる。

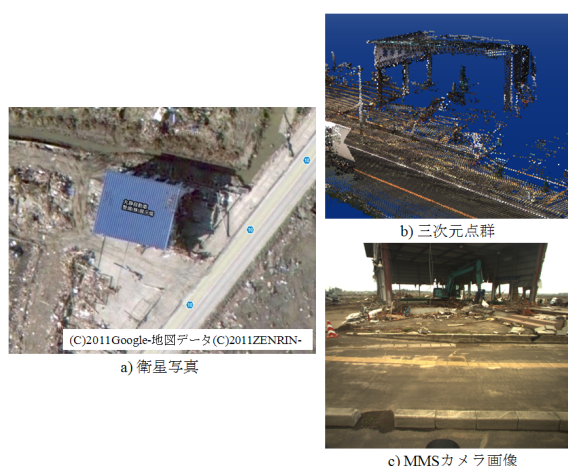


図 9 航空写真と MMS 計測データの比較

また今回の震災では、大規模な地殻変動や液状化が発生しており、基盤地図を新たに整備する必要があると考えられるが、電子基準点だけでは、各地域の詳細な変動量までは把握できないため、MMS による計測が有効である。また MMS の 3 次元計測結果から路面性状を求めることで、道路の改良工事の必要な箇所を GIS に登録し視覚的にとらえることも可能である。さらに 4.3 節でも述べたように高い計測再現性を持つため、定期的に計測することで余効変動の調査や、復興度の調査も可能である。

5. まとめ

本報では、MMS を用いた平常時から災害時まで地域環境の変化を時空間的に捉えることが可能な広域環境モニタリング技術について述べた上で、具体的な実証例を挙げた。広域環境モニタリングは、継続的に行い、変化を捉えることが重要である。また被災地区の計測は今後も実施する予定である。

参考文献

- [1] 畑山満則, 松野文俊, 角本繁, 亀田弘行: 時空間地理情報システム DiMSIS の開発, GIS-理論と応用, Vol.7, No.2, pp.25-33, 1999.
- [2] 石川貴一郎, 村石隆介, 天野嘉春, 橋詰匠, ” モービルマッピングシステムと三次元空間情報管理システム(G-VIZ™)を用いた実都市空間モデリング & ウォークスルーシステム”, 第 13 回ロボティクスシンポジウム, pp.186-191, 2008
- [3] Kiichiro Ishikawa, Yoshiharu Amano, Takumi Hashizume, Jun-ichi Takiguchi, Naoyuki Kajiware, “A Mobile Mapping System for Precise Road Line Localization Using a Single Camera and 3D Road Model”, Journal of Robotics and Mechatronics Vol.19 No.2, 2007
- [4] 今西 暁久, 石井 康介 新技術 MMS による道路空間 3 次元計測と公共測量への適用について, 平成 22 年度近畿地方整備局研究発表会, 2010 年 7 月 15 日