航空レーザデータを用いたMMSデータの高精度化

中村　勇貴（中日本航空株式会社）

1. はじめに

モービルマッピングシステム（以下「MMS」と称す）は、身近な車両を用いることから機動性が高く、地図作成、施設管理、防災分野などさまざまなフィールドで活用が始まっている。一方、近年の地図整備の状況を見ると、市街地については概ね整備が進められているが、山間地については整備が遅れているのが現状である。このような状況を打開するためにも、MMS は非常に有効なシステムになると考えられるが、道路周辺の地形条件などにより自車位置を取得する GNSS 測量の精度が不安定となり、位置精度を確保することが困難な場合がある。対応策として、現地測量による標定点の設置が考えられるが、路線延長が長い場合は効率性の面で不利となる。ここでは、山間地で実施した精度の高い（地図情報レベル 500）航空レーザデータに MMS レーザデータを合成することで、現地作業を軽減しつつ精度向上を図った実例を報告する。

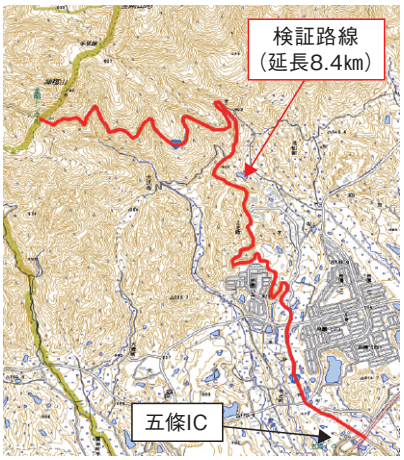
2. 測量の概要

対象フィールドは、国道 310 号のうち奈良県と大阪府の県境付近に位置する山間部の 8.4 ㎞とし、図 1 に示すシステムを使用して計測を実施した。航空レーザシステムは、樹木下においても位置精度は均一であるが、点群密度は低下している。一方 MMS は、位置精度は低下しているが、道路面の点群密度は均一である。このように、両システム間には精度と密度に相反する関係があることが分かる。

3. 作業手法

「2.測量の概要」に示すとおり、航空レーザ

検証フィールド



出典：電子国土基本図

		航空レーザシステム	MMS
システム名		SAKURA	三菱MMS（TYPE-X640）
計測方法		50%ラップ	2往復走行
		平行コース	前後上下スキャン
点群密度 ※1	市街地	20点/㎡	1210点/㎡（速度40㎞/h）
	山間地	11点/㎡	1450点/㎡（速度30㎞/h）
測量精度	市街地	標高較差 標準偏差：0.02m	軌跡解析誤差（最大値） 水平：0.17m, 標高：0.23m
	山間地	最大値：0.03m ※山間地も不変	軌跡解析誤差（最大値） 水平：4.41m, 標高：1.09m

※1 点群密度：本業務における実測データから、道路中心付近の1 ㎡を無作為に抽出して平均した値とした。

図 1　測量の概要

計測精度の均一性に着目し、図２に示す手順でMMSレーザデータの編集を実施した。各工程の作業内容と得られた知見について、以下に述べる。

3.1 MMSレーザデータの特徴点取得（水平方向）

MMSレーザデータは、軌跡解析誤差が悪くなるほど同一範囲における複数コース間の相対位置関係は悪くなる傾向がある。そこで、まずは複数コース間の水平位置を相対的に一致させるための特徴点を取得した。取得項目は、ガードレールやカーブミラーの支柱などとし、点群を真上から見た断面形状により特定した。比較的取得が容易な道路標示線等に特徴線を取得する手法も試みたが、横断方向の精度向上は得られたが、縦断方向の精度向上が不十分であったため、主に特徴点を使用することとした。なお、本検討では特徴点の間隔は明確に設定せず、取得可能と思われる箇所へ任意に取得した。【工程①】

3.2 MMSレーザデータの合成（水平方向）

①で取得した特徴点を基に、複数コース間の水平位置が相対的に一致するように合成した（図３）。また、特徴点毎に軌跡解析誤差を係数として重み付けを行い、特定のコースだけが良好な場合はそれに近似させ、複数コースが悪かった場合には係数に応じて加重平均化した。次に、合成されたデータに対して目視点検を行い、一致が不十分と思われる箇所は①へ戻り特徴点を追加取得した。【工程②】

3.3 MMSレーザデータの対応点取得（高さ方向）

②で合成したMMSレーザデータに対して、複数コース間の高さ方向を相対的に一致させるための対応点を取得した。既に各コースのMMSレーザデータが水平方向に一致しているため、対応点は特徴のある箇所ではなく、道路面のような平坦な箇所で自動取得することとした。【工程③】

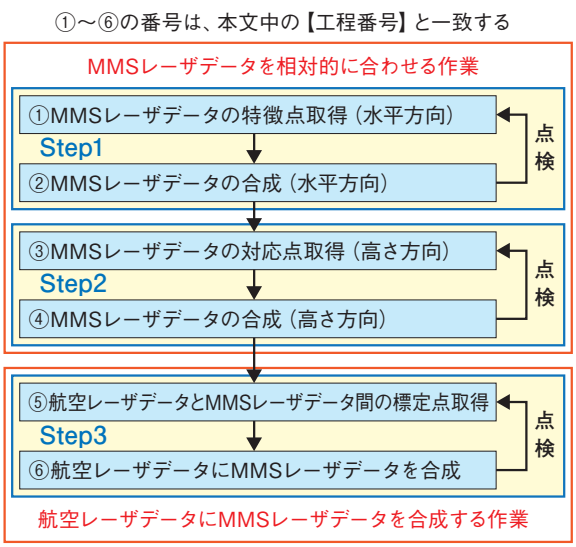


図２　作業工程

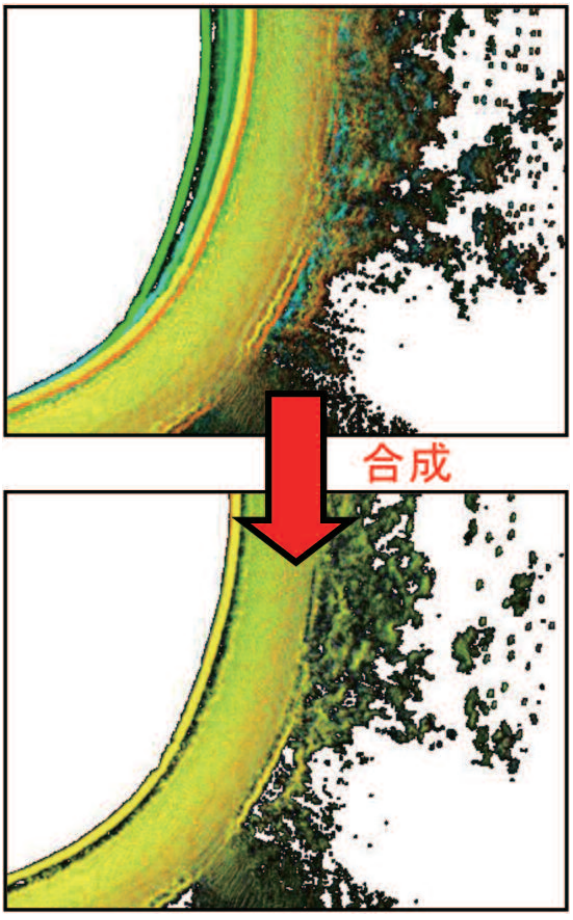


図３　水平方向の合成

3.4 MMS レーザデータの合成（高さ方向）

③で取得した対応点を基に、②と同様に重み付けを行い、複数コース間の高さ方向が相対的に一致するように合成した。（図４）これにより、水平・高さ方向ともに相対的に一致した MMS レーザデータが生成されたが、この段階では相対座標となっており標定点などにより絶対座標へ補正していない。【工程④】

3.5 航空レーザデータと MMS レーザデータ間の標定点取得

航空レーザデータに④で合成した MMS レーザデータを合せ込むため、両データで明瞭に確認できる箇所に標定点を取得した（図５）。取得対象は道路標示線を標準とし、それが無い場合には側溝や法面の角などとした。道路標示線の位置は、航空レーザデータは反射強度、MMS レーザデータは色付き点群により特定した。側溝や法面は、航空レーザデータ、MMS レーザデータ共に点群の断面形状から特定した。なお、標定点は MMS レーザデータの軌跡解析誤差が悪く両システムのデータが一致しない箇所を中心に取得したが、これに影響されて良好な箇所も移動することを防ぐため、軌跡解析誤差が良好で両データが一致している箇所にも固定する目的で取得した。【工程⑤】

3.6 航空レーザデータに MMS レーザデータを合成

⑤で取得した標定点を基に、航空レーザデータを基準として MMS レーザデータを合わせ込んだ。【工程⑥】

4. 精度検証

上記工程にて得られた MMS レーザデータの精度検証を行った。検証点は、トータルステーションにより反射板及び道路標識の中心やコンクリート被覆の角などを観測した。結果は、表１に示すとおりであり、水平残差が標準偏差 0.06m、最大値 0.16m となり、標高残差が標準偏差 0.07m、最大値 0.17m となった。以上の結果から、安定して GNSS を受信

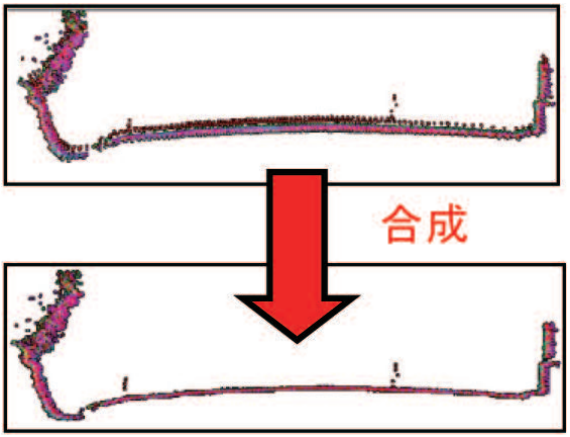


図４　高さ方向の合成

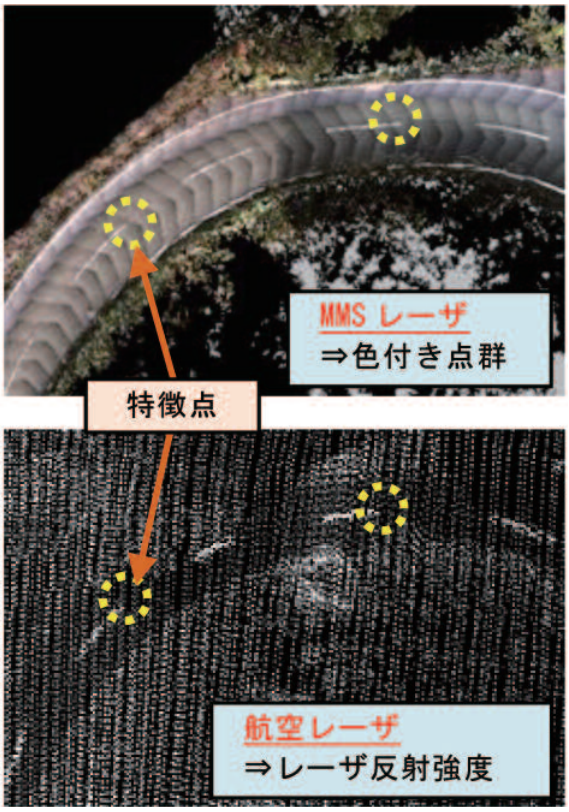


図５　標定点の取得方法

表１　精度検証結果

	水平残差	標高残差
標準偏差	0.06m	0.07m
最大値	0.16m	0.17m

することが難しい山間地においても、上記の処理を行うことによって、地図情報レベル 500（残差の許容値：水平位置の標準偏差 0.15m）の要求品質を満たすことが確認された。

5. 今後の課題

本検討により、航空レーザデータが MMS レーザデータの高精度化に効果があることを確認した。両データを合成することで、航空写真では判読できない樹木下における道路内の図化や、MMS では死角になるような周辺部でもシームレスな等高線を生成できるなど、山間地における効率的な地形図作成に大いに貢献するものと考える。今回は、検証目的もあり複数回の MMS 計測で MMS レーザデータの信頼性向上を図り、特徴点及び標定点も間隔を設定せず判読可能な限り取得するなど、作業手間の軽減については検討を実施していない。今後は、所要の精度を担保した、効率的な作業レベルを見極めるための検討が必要となる。

また、航空レーザデータは事業毎に、精度や取得密度の異なるデータがアーカイブ化されつつあり、これらデータを活用した精度向上策を検討することで、より経済性に優れた手法の確立も検討しなければならない。今後は、防災・環境保全・森林資源活用などの観点から、山間地における高精度な地理空間情報の必要性は高まることも意識しながら、新技術をより高度な次元で活用できるよう、研究活動を推進していきたい。最後に、本検討では奈良県五條土木事務所よりデータをご提供頂いた。ここに謝辞を申し上げる。

■執筆者

中村　勇貴（なかむら　ゆうき）
中日本航空株式会社
E-mail：yuki.nakamura@nnk.co.jp