

災害調査におけるSLAM技術の活用検討

簡易で詳細なデータ取得を目指して

キーワード：SLAM, UAV, 現地調査, 礫径調査, 差分解析

九州国土保全コンサルタント技術部 武石 久佳・おかの 和行・鳥田 英司
 東日本空間情報部 濱田 尚志

はじめに

近年土砂災害は激甚化・多発化の傾向にあります。重大な土砂災害が発生した場合、国や都道府県、学会等が対策のための緊急調査を実施しています。我が国の土砂災害は初夏から秋にかけての多雨期に発生することが多く、調査は、猛暑の中、不安定で危険な場所で、安全かつ迅速に実施する必要があります。

本検討では、中小河川における氾濫・土砂流出を想定し、自己位置推定と地図作成を同時に行うことで簡単に地形図作成をすることを可能とする技術である SLAM 技術を有したハンディ型のライダー型スキャナ(以下、SLAM 計測)

検討対象箇所および使用した機器

試行箇所は、桜島の野尻川第4堰堤の堆砂域(約90m×50mの範囲)としました。この区間は溪床には大小さまざまな礫の堆積が見られ、護岸も整備されていること



図1 試行箇所位置図

調査手法の概要

SLAM 計測では、堆砂域を徒歩で縦断方向に2往復(踏査時間約10分)踏査しました。一部計測密度が低い範囲があったものの、概ね1cm未満から10cm程度の密度で点群データを取得しました。点群数は約1億点、計測後のデータは約1.4GBでした。

UAV+SfM(以下、UAV計測)では、UAV自律飛行(対地高度は25m、写真のオーバーラップ90%、サイドラップ60%、撮影間隔2秒/枚)により91枚の空中写真を撮影し、SfMデジタルオルソフォトと三次元地形モデルを作成しました。解析精度を確保するために標定点5点と検証点3点をVRS(電子基準点成果を利用した仮想基準点網)を用いて計測しました。飛行開始から着陸まで

により短時間で取得した三次元地形情報を用いたデータの活用について試行しました。

SLAM 計測により被災地の詳細な地形情報を取得できれば、従来のポールやメジャー等による現地計測は不要となり、現地作業時間は大幅に短縮され、作業効率と安全性、そして、計測精度の向上が期待されます。

表1 試行項目および内容

計測項目	内容
① SLAM計測・解析	三次元地形情報取得
② 基準点VRS測量	標定点位置補正座標取得
③ 縦横断VRS測量	SLAMの精度検証用データ取得
④ UAV撮影+SfM解析	SLAMの精度検証用データ取得

から、試行に当たっての適地として選定しました。

使用した SLAM は Emesent 社製の Hovermap、精度検証用の UAV は DJI 社の Mavic 2 Pro としました。

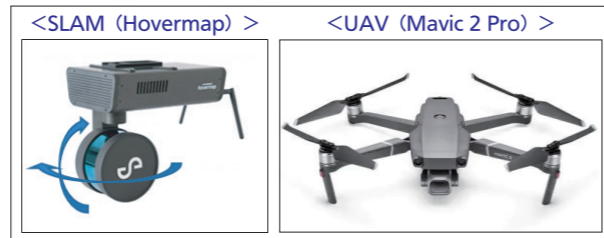


図2 使用した機器

の時間は11分でした。航空写真の平均解像度は0.73cmでした。

また、精度検証用として、VRSを用いた縦横断測量を実施しました。

表2 調査結果の概要

	SLAM計測	UAV計測
計測位置	対地1m程度(踏査)	対地25m(飛行)
計測精度	概ね1cm未満~10cm以内(点群)	平均0.73cm(画像)
計測時間	およそ10分	およそ10分
位置精度	GCP無しでも相対位置は計測可	GCP無しでは画像が歪む可能性あり
解析に要する時間	早くて数十分(標定なしの場合)	数時間(標定あり)
その他	複数方向の計測可 護岸等を計測可	広範囲に計測可 オルソ作成可

検討結果(地形取得状況)

SLAM 計測で作成した点群データは相対座標であるため、地理座標に変換する必要があります。変換は、緊急的な調査を想定して、既存のレーザ計測成果から代表的な地物の座標を計測し地理座標を取得するという方法を取りました。VRSによる標定点(以下、GCP)は、検証用に用いた UAV 計測にのみ使用しました。

代表断面による比較検証(図3)では、SLAM 計測、UAV 計測、実測(表1の①、④、③の計測)と概ね近似の横断形状を得ることができました。

UAV 計測と SLAM 計測の差分(図4)でも、上下流の端部で誤差が大きくなる傾向があったものの、最大誤差は30cmから50cm程度と比較的整合しました。また、

検討結果(より詳細な地形の取得)

災害調査時には、後に砂防堰堤等を設計するために必要な情報として、溪床に堆積している礫の大きさを計測する必要があります。通常は、メジャー等を用いて手動計測を行います。SLAM 計測で取得可能な10cm未満の詳細なデータを用いて、礫の大きさを計測可能か確認しました。SLAM 計測と UAV 計測による結果を、同地点で真上から見た図を示します。UAV 計測では解像度の高い写真データで、礫径を簡単に計測することができました。一方で SLAM 計測では、直径30cmから40cm程度までは判断可能ですが、それより小さな礫を目視で判断するのは難しいことが分かりました。

おわりに

試行検証の結果、ハンディ型の SLAM を用いた地形計測により相対的に精度の良い地形モデルの取得が可能であること、既知の点による補正が可能であれば、高精度の位置情報(地理座標)を与えることも可能であることが確認できました。従来は手作業で実施してきた災害調査に、最新技術を用いることで、詳細で広域なデータを作成できることを確認しました。徒歩による計測のため、樹林内など UAV で飛行しにくい場所を簡易に計測できるメリットもあります。一方で、SLAM では高解像度のオルソのような画像データは取得できません。また、被災地直後の現場では足場が悪く危険を伴う場所も少なくありません。

赤枠で示した堆砂域全体の平均標高の差は20cmでした。

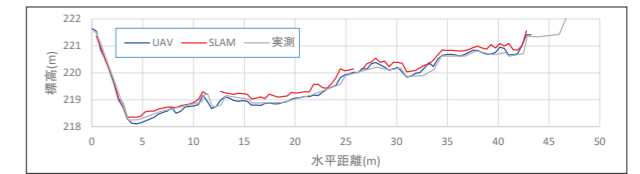


図3 代表断面による比較結果

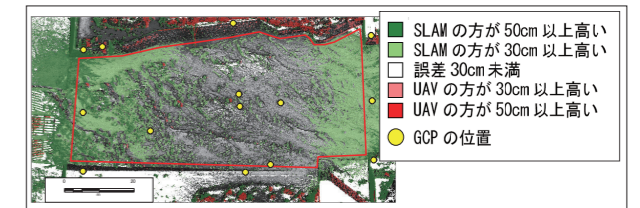


図4 差分解析による比較結果

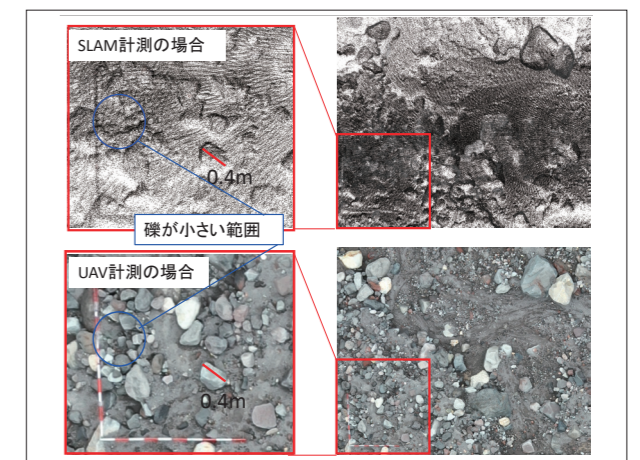


図5 SLAMとUAVの礫径の目視確認比較

今後は、各現場で適した手法を選定し、SLAMとUAVの両方を活用していくことなどについても検討を進めたいと考えています。

表3 緊急調査での活用性の検討結果

	SLAM計測	UAV計測	手動計測
簡易で広域な地形情報取得(踏査範囲+数十m外側)	○	◎	△
取得精度	◎	◎	◎
その他	・足場の影響を受ける	・GCP設置地点のみ足場の影響を受ける	・足場の影響を受ける
	・樹林内でも計測可 ・オーバーハングも取得可	・写真データで詳細に状況を把握可	

◎:よくできる ○:できる △:がんばろう