土砂災害防止法に基づく基礎調査（急傾斜地の崩壊）の効率化
—SfM・iPhoneLiDAR を活用した計測手法

国際航業株式会社　○木村凜太郎，齋藤愛，朝間一允，富田裕翔，鈴木篤

1.　はじめに

土砂災害防止法に基づく基礎調査は、令和 2 年に 1 巡目の調査が完了し、現在は高精度の地形図で抽出された新規箇所について全国的に基礎調査が実施されている。抽出された新規箇所は、1 巡目の指定箇所と同等の膨大な箇所数となっており、早期の公表及び指定に向けて各県で基礎調査が進んでいる。本発表は、基礎調査（急傾斜地の崩壊）の効率化を目的として、3 次元点群データを用いて下端座標を取得する計測手法の検討を行った。

① SfM 計測の精度向上

先行 [1)2)]の分析結果で挙がった課題の一つである GCP 配置方法の改善に取り組み、その結果を述べる。

② iPhoneLiDAR を活用した計測手法

さらなる作業の効率化を図るため、iPhoneLiDAR を用いた計測手法の検証及び検討を行った。

2.　SfM 計測の精度向上

2.1　計測方法の改良

今回実施した SfM 計測は、前回発表の知見を踏まえ、GCP の配置方法と写真の撮影方法の統一化を図った。特に、GCP の配置方法の改善として、全下端を取り囲むバランスのよい配置方法となるように、砂防基盤図だけでなくオルソ画像でも特定可能な明瞭な地物点を GCP として採用した（図 1）。

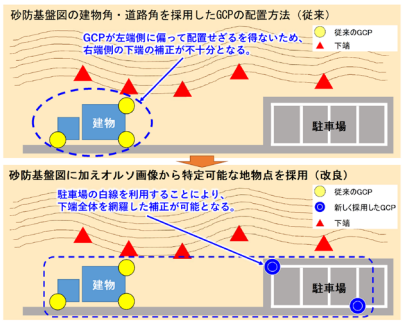

図 1　GCP 選定の改善例

2.2 SfM 計測結果の分析・考察

SfM 値と LP 推測値の較差を算出した（表 1、図 2）。LP 推測値とは、LP データから特定された傾斜 30 度の境界ラインを指す。砂防基盤図の地図情報レベル 2500（水平位置の標準偏差 1.75m 以内）を考慮した較差 3.5m を基準値とした場合、**基準値以内の下端は全体の約 94%**となった。これは、前回発表の 91%より割合が増加し、精度が良好となったといえる。

精度が向上した要因としては、GCP の配置方法の改善が挙げられる。配置した GCP を結んだ多角形の平均面積を前回発表時の計測データと比較すると、約 1.5 倍に拡大したことがわかった（表 2）。GCP の配置方法の改善により、3 次元点群データ全体で均等な補正がされ、精度の向上に寄与したと考えられる。

表 1　SfM 値と LP 推測値の較差階級別下端数

SfM値とLP推測値の較差（m）	下端数	3.5m基準別下端数	割合	割合（前回発表）
0～0.5未満	2146			
0.5～1未満	205			
1～1.5未満	141			
1.5～2未満	106	2789	94%	91%
2～2.5未満	82			
2.5～3未満	69			
3～3.5未満	40			
3.5～4未満	32			
4～4.5未満	39			
4.5～5未満	17			
5～5.5未満	11	168	6%	9%
5.5～6未満	5			
6～6.5未満	8			
6.5～7未満	11			
7～	45			
合計	2957			

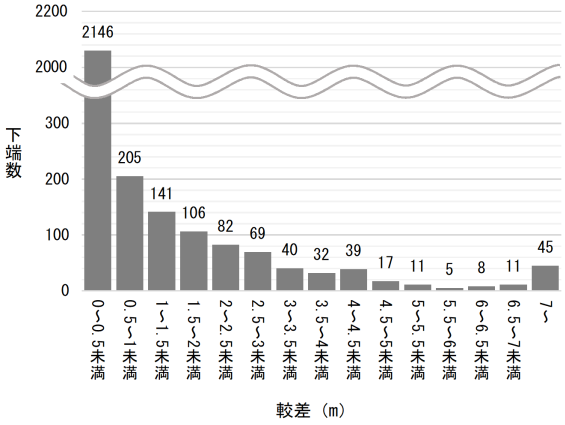

図 2　SfM 値と LP 推測値の較差 階級別分布

表 2　GCP を結んだ多角形の平均面積（1 測線あたり）

	前回	本発表
平均面積(m2)	202.7	322.2

3.　iPhoneLiDAR を活用した計測手法

3.1　使用する機器（LRTKPhone）

iPhone12Pro 以降の機種に搭載されている LiDAR 機能（以下、iPhoneLiDAR）は、SfM 計測と同様、対象物の点群データを取得することが可能である。本検証では、「LRTKPhone」（図 3）を用いて iPhoneLiDAR による点群取得を行い、SfM 計測と同様に点群データから下端座標の取得を試みた（以下、LRTK 計測）。LRTKPhone はレフィクシア株式会社開発の GNSS 測位機器であり、iPhone に装着することで数 cm 単位の高精度な測量、点群データの取得が可能となる。また、取得した点群データはクラウドにアップロードすることで、PC 上でデータの確認ができる（図 4）。

図 3　LRTKPhone

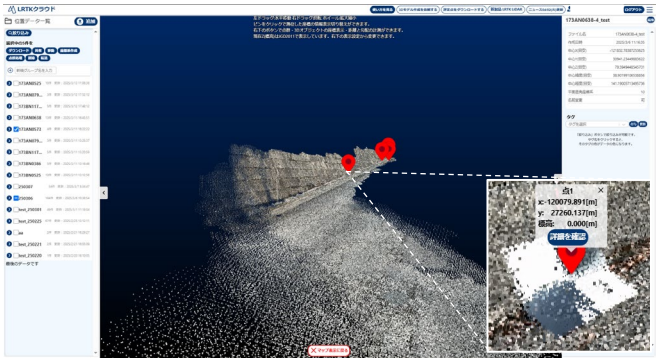

図 4　LRTK クラウド上での下端取得作業画面

3.2 検証内容

LRTK 計測を業務で活用するにあたって、位置精度、費用及び作業時間が重要な課題となる。そこで、先行[2]で精度の基準値（3.5m）を上回った調査箇所2箇所について、LRTK 計測を行い、実用化に向けた検証を行った。

位置精度の検証は、TS 測量で計測した実測データを正とし、LRTK 計測で取得した下端座標値（以下、LRTK 値）、SfM 値、オフセット計測で取得した下端座標値（以下、オフセット値）の3種類の座標値で比較を行った。また、費用及び作業時間については、SfM 計測、LRTK 計測のそれぞれの各項目に対して検討を行い、比較をした。

3.3 検証結果

(1) 精度の比較

LRTK 値と SfM 値の比較では、**全ての下端において、SfM 値より LRTK 値の方が精度が良好であった。LRTK 値の平均較差は 0.280m、最大較差が 0.382m** となった（表 3）。

表 3 LRTK 値・SfM 値と実測値の較差

下端	実測値との較差（水平距離・単位m）		較差が小さい計測手法
	LRTK値	SfM値	
k01	0.124	0.189	LRTK
k02	0.364	0.473	LRTK
k03	0.382	0.708	LRTK
k04	0.219	0.829	LRTK
k05	0.310	0.504	LRTK
平均	0.280	0.541	LRTK

また、LRTK 値とオフセット値の比較では、**下端 13 点中、11 点において LRTK 値の方が精度が良好となった。LRTK 値の平均較差は 0.504m、最大較差は 1.300m** であった（表 4）。較差 1m を超えた k05、k07 は、樹木による遮蔽物の影響により、GNSS 受信状況が「Float」状態であったため精度が悪化したと推測する。

表 4 LRTK 値・オフセット値と実測値の較差

下端	実測値との較差（水平距離・単位m）		較差が小さい計測手法
	LRTK値	オフセット値	
k01	0.182	0.635	LRTK
k02	0.144	0.135	オフセット
k03	0.589	1.559	LRTK
k04	0.414	2.772	LRTK
k05	1.080	2.970	LRTK
k06	0.457	1.097	LRTK
k07	1.300	0.839	オフセット
k08	0.178	0.632	LRTK
k09	0.155	0.279	LRTK
k10	0.776	0.963	LRTK
k11	0.813	1.926	LRTK
k12	0.205	0.431	LRTK
k13	0.261	0.380	LRTK
平均	0.504	1.125	LRTK

以上の結果より、**SfM 計測より高精度な計測が可能**であることが分かった。これは、SfM 計測で作成される点群は、iPhone 内臓の GPS に大きく精度が左右されるのに対し、LRTK 計測はネットワーク RTK 測位に基づく高精度な点群データが構築されるためであると考えられる。また、点群取得後に GCP 補正の必要がないため、座標値が砂防基盤図の精度に影響されないことも精度が向上した大きな要因であると考える。

(2) 作業時間の比較

SfM 及び LRTKPhone を使用した場合の現場及び室内作業の時間について比較を行った。測線 5～7 本程度の斜面規模において、SfM 計測では現場作業で 60 分、室内作業で 65 分、計 125 分かかったが、LRTK 計測では現場作業 25 分、室内作業で 10 分、計 35 分と、**約 7 割の作業時間の短縮**となった（図 5）。

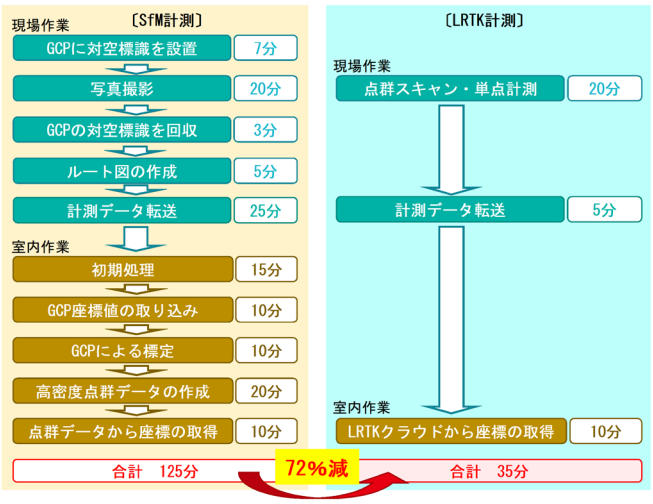

図 5 SfM 計測と LRTK 計測における作業時間の違い

(3) 初期導入費の比較

SfM 計測と LRTK 計測の初期導入費を比較した。LRTK 計測は SfM 計測と比べ**約 14%の減少**となった（表 5）。

表 5 SfM 計測と LRTK 計測における初期導入費の比較

〔SfM計測〕

項目	価格
現場作業（iPhone等）	192,000円
室内作業（高性能PC・ライセンス等）	840,000円
計	1,032,000円

〔LRTK計測〕

項目	価格
現場作業（iPhone・LRTK機器等）	355,000円
室内作業（通常PC・ライセンス等）	532,000円
14%減 計	887,000円

5. おわりに

多数の実用事例から得られた SfM 計測の課題については、LRTKPhone に置き換えることで、大部分の課題が解決可能であると考えられる。特に、**点群取得後の GCP 補正が不要であることや、クラウド管理によるデータ転送の高速化により、SfM 計測と比べて大幅な作業の軽減が期待できる。**

ただし、精度において GNSS 受信状況に影響される点は、SfM 計測と同様であると考えられる。今後、LRTK 計測を実用化するためには、基礎調査業務での検証を重ね、データチェック体制の構築や GNSS 受信状況に影響されないオフセット計測との併用の方法等を検討していきたい。

LRTKPhone を用いた手法が実用化すれば、オフセット計測の論点であった精度向上および人為的ミスの発生防止、SfM 計測の論点であった作業効率化の実現に向けた大きな進展となると考える。

参考文献

1) 木村凜太郎 (2023) 土砂災害防止法に基づく基礎調査（急傾斜地の崩壊）の効率化 —SfM を用いた座標値の取得—. 砂防学会研究発表会概要集

2) 木村凜太郎 (2024) 土砂災害防止法に基づく基礎調査（急傾斜地の崩壊）の効率化 —SfM の実用化に向けた取り組み—. 砂防学会研究発表会概要集