

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

—モバイル端末を用いた座標取得手法の取り組み—

国際航業株式会社 ○苗木春奈, 木村凜太郎, 齋藤愛, 朝間一允, 富田裕翔, 鈴木篤

1. はじめに

近年、砂防事業において DX が推進され始め、様々な業務においてデジタル技術等を活用した生産性向上に向けた取り組みが試行されている。土砂災害防止法に基づく基礎調査では、昨年度「LRTKphone」というネットワーク型 RTK 測位機器を用いて、下端の簡易計測における座標取得を実施した結果を発表¹⁾した。その結果、大幅な作業軽減が可能となるとともに、オフセット測定の懸念点として挙げられるヒューマンエラーにおいて、改善に期待ができる手法であると結論づけた。

今回の発表では、実際の業務で LRTKphone を導入した結果および、精度が悪化した要因とその対応策について検討した結果を報告する。

2. LRTKphone 実用化事例

2.1 計測方法の概要

今回計測に使用した「LRTKphone」は、モバイル端末（iPhone）の背面に装着し連携させる（図 1）ことで、任意の座標を cm 精度で取得できる。この機器を用いて、実際の業務で下端の簡易計測を実施した。測位方法は表 1 の測位ステータスに応じて実施した。Float・noRTK の場合は、取得した映像情報による SLAM 補正（V-SLAM）および iPhone 内蔵の加速度センサ等で自己位置を推定しながら測位（以下、「複合測位」という。）を行い、座標を取得した。



図 1 LRTKphone

表 1 測位ステータスに応じた測位方法

ネットワーク型 RTK 測位による測位ステータス	測位方法
Fix	ネットワーク型 RTK 測位
Float・noRTK	複合測位 =取得画像や iPhone 内蔵の加速度センサ等で自己位置を推定する測位方法

2.2 R7 年度計測の精度

R7 年度に基礎調査を実施し、下端の簡易計測を実施した計 3,371 点において、航空レーザ測量データ（以下、「LP データ」という）から特定された傾斜 30 度境界ラインとの較差を算出した（図 2）。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、**基準値内の下端は全体の約 98.7%、基準値外は 1.3%であった。**また、表 1 の測位方法別で整理すると、**ネットワーク型 RTK 測位は約 98.9%、複合測位でも約 98.4%**となり、各測位方法においても精度が担保されている結果となった。

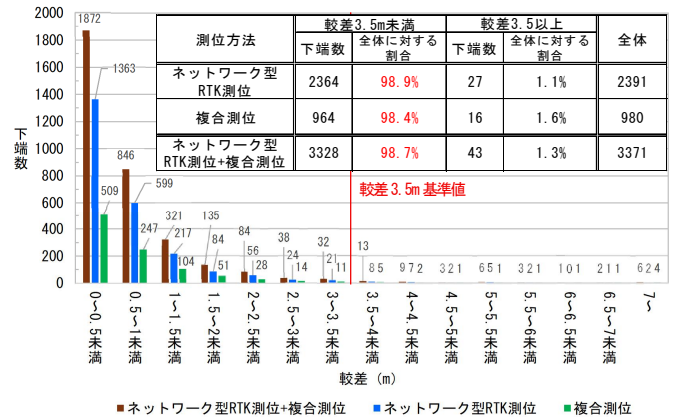


図 2 LP データにおける傾斜 30 度の境界ラインとの較差 階級別分布

3. 精度低下箇所の分析・対応策

3.1 検証内容

基準値を超過した 1.3%の計測データにおいて、精度低下要因の分析と対応策の構築を目的とし、以下の 4 項目について新たに現場検証を実施した。

- ①ネットワーク型 RTK 測位と複合測位の精度比較
- ②複合測位における各計測手法（角度・振動）の精度比較
- ③特定衛星による誤差の比較
- ④LP データと現地の地形との乖離検証

①～③は現場にて TS 測量と LRTK 計測を実施し、較差を算出したのち手法ごとに比較した。④については LP データと実測値を比較した。現場検証は岩手県内の計 5 箇所（箇所 A～E）で行った。検証の網羅性を高めるため、斜面方位や開空率の条件を考慮して箇所を選定した。

3.2 検証結果・考察

(1) ネットワーク型 RTK 測位と複合測位の精度比較
全 23 点中 18 点にて、複合測位がネットワーク型 RTK 測位の精度を上回った(表 2)。

測位ステータスが Fix した地点に加え、Float となった地点においても複合測位による有意な精度向上が確認された。

ネットワーク型 RTK 測位は計測する瞬間の測位データのみ依存するため、突発的な受信環境

表 2 測位手法の違いによる実測値との較差

地点	上下端	実測値との差 (水平距離・単位m)		較差が小さい計測方法
		ネットワーク型 RTK測位	複合測位	
A	k01	0.206	0.143	複合測位
	k02	0.108	0.109	ネットワーク型RTK測位
	k03	0.234	0.175	複合測位
	k04	0.260	0.098	複合測位
	k05	0.167	0.051	複合測位
	k06	0.253	0.121	複合測位
	k07	0.085	0.036	複合測位
	k08	0.133	0.092	複合測位
B	k01	5.116	2.057	複合測位
	k02	1.157	0.967	複合測位
	k03	1.498	2.081	ネットワーク型RTK測位
	k04	2.742	0.283	複合測位
	k05	1.978	0.254	複合測位
C	j01	0.168	0.147	複合測位
	j02	0.183	0.112	複合測位
	j03	0.052	0.120	ネットワーク型RTK測位
D	k01	0.156	0.137	複合測位
	k02	0.180	0.138	複合測位
E	k01	0.036	0.074	ネットワーク型RTK測位
	k02	0.114	0.058	複合測位
	k03	0.062	0.093	ネットワーク型RTK測位
	k04	0.140	0.132	複合測位
	k05	0.462	0.075	複合測位
平均		0.673	0.328	複合測位

の悪化が直接的な誤差につながる。対して**複合測位は、受信環境が良好な他の地点で得た座標を起点に、前述の自己位置推定により位置を連続的に補完する。そのため、計測対象の地点が Float や noRTK であった場合でも、実測値と大きく外れることが無かったと考えられる。**

(2) 複合測位における各計測手法(角度・振動)の精度比較

端末の保持角度については鉛直状態が 15 点中 11 点、歩行動作については振動を抑えた計測が 22 点中 20 点でそれぞれ良好な計測結果となった。(表 3、表 4)

端末を傾斜させた際の精度低下は、アンテナを傾けたことによる衛星受信状況の不安定化が要因と推察される。

また、通常歩行での誤差増大は、V-SLAM におけるカメラ映像のぶれ(モーションブレイ)に伴う特徴点の見失いと、加速度センサの誤差の蓄積が主な原因であると考えられる。以上により、高精度計測の担保には、**端末を鉛直に保ち、振動を抑**

表 3 端末角度の違いによる較差

地点	上下端	実測値との差(水平距離・単位m)		較差が小さい計測方法
		鉛直	水平	
B	k01	2.057	2.383	鉛直
	k02	0.967	1.539	鉛直
	k03	2.081	0.912	水平
	k04	0.283	0.506	鉛直
	k05	0.254	0.181	水平
E	k01	2.057	13.418	鉛直
	k02	0.967	1.998	鉛直
	k03	2.081	1.079	水平
	k04	0.283	0.474	鉛直
	k05	0.254	0.322	鉛直
E	k01	0.074	0.526	鉛直
	k02	0.058	0.109	鉛直
	k03	0.093	0.335	鉛直
	k04	0.132	0.087	水平
	k05	0.075	0.090	鉛直
平均		0.781	1.597	鉛直

表 4 振動の違いによる較差

地点	上下端	実測値との差(水平距離・単位m)		較差が小さい計測方法	
		抑制	通常		
A	k01	0.143	0.141	通常	
	k02	0.109	0.125	抑制	
	k03	0.175	0.236	抑制	
	k04	0.098	0.045	通常	
	k05	0.051	0.120	抑制	
B	k06	0.121	0.157	抑制	
	k07	0.036	0.049	抑制	
	k08	0.092	0.134	抑制	
	k01	2.057	5.622	抑制	
	k02	0.967	3.814	抑制	
C	k03	2.081	2.564	抑制	
	k04	0.283	1.618	抑制	
	k05	0.254	0.756	抑制	
	k01	0.137	0.159	抑制	
	k02	0.138	0.469	抑制	
D	k01	0.137	0.125	抑制	
	k02	0.138	0.121	抑制	
	k03	0.074	0.125	抑制	
	k04	0.058	0.131	抑制	
	k05	0.093	0.159	抑制	
E	k01	0.132	1.219	抑制	
	k02	0.075	0.140	抑制	
	平均		0.339	0.820	抑制

えて歩行することが精度の安定につながるといえる。

(3) 特定衛星による誤差の比較

GLONASS のみで計測した場合は他の衛星と比較し、どの地点も 5m 以上のズレが生じた。その他の衛星では 2m 以上のズレは見られなかった(図 3)。また、GLONASS のズレは、ランダムなズレ

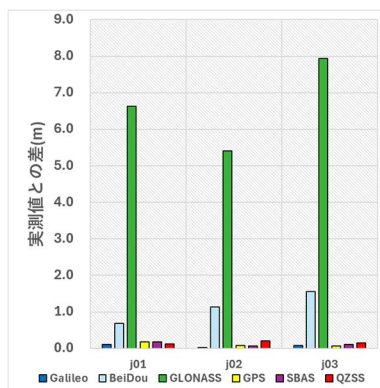


図 3 衛星別で計測した座標位置と実測値との較差

ではなく、北東方向への偏りとして現れる傾向が見られた(図 4)。これは、測位演算の過程において GLONASS の時刻同期誤差が適切に処理されず、系統的な位置のズレとして現れたと推察できる。これより、悪条件下での精度向上のためには、**ノイズ源となり得る特定の衛星を意図的に除外することで、測位精度が向上できる有効性が示唆**された。

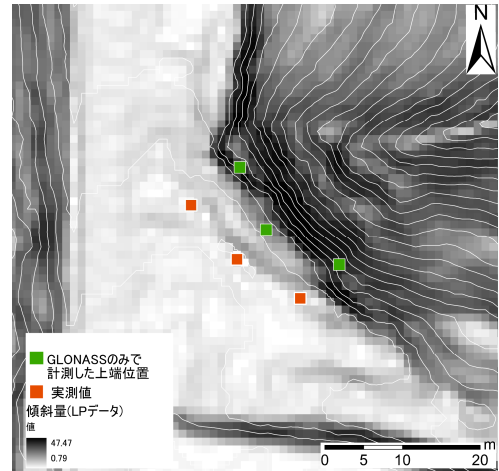


図 4 GLONASS のみで計測した座標と TS を用いて測量した座標

(4) LP データと現地の地形との乖離検証

LP データで取得された地形と実測値・LRTK データで取得した座標が、およそ 6m ずれた地点があった。この地点には斜面上に伐採枝が集積され、地表面が完全に覆われている状態であった。レーザが地表面まで届かず、LP 上では平坦地と認識した結果、計測結果と差異が生じた。

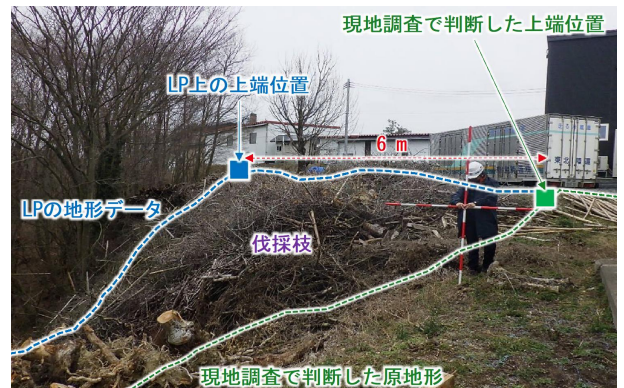


図 5 LP データと現地の地形との乖離が見られた事例

4. おわりに

LRTKphone の活用により、木村ほか(2025)で示された作業効率化の実現に加え、複合測位との併用により高い確率での精度確保が可能となった。また、複合測位のロジックを考慮した計測手法の見直しや、GLONASS 衛星の除外等による衛星構成の最適化が、測位精度の安定化に有効である可能性が示唆された。今後は、より多様な環境下での事例をもとに、基礎調査における標準的な運用フローの確立を目指す。

参考文献

1) 木村凜太郎(2025) 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. 砂防学会研究発表会概要集