

スキャン式レーザ測距儀による斜面地形計測・解析技術の開発（第4年次）

実施期間 平成 11 年度～平成 14 年度

地理調査部防災地理課 佐藤宗一郎 長谷川 学

地理地殻活動研究センター地理情報解析研究室 水越 博子 長谷川裕之

1. はじめに

本研究は、大規模斜面崩壊（岩盤崩壊、地すべりなど）による災害に対し、発生地あるいは発生の恐れのある斜面状況の面的かつ迅速な把握と監視を行うために必要な技術として、先導研究「大規模斜面崩壊による災害の防止対策技術等の開発」（平成 9～10 年度）に引き続き、国土交通省（旧建設省）総合技術開発プロジェクト（総プロ）「先端技術を活用した国土管理技術の開発」の一環として実施したものである。この課題は、効果的な国土管理を行うことを目的とし、GIS 等を利用した情報基盤の下、リモートセンシング技術・総合情報システムなどの情報通信・宇宙技術などの先端技術を活用した国土管理システムの構築・利用技術の開発・研究を行うもので、国土技術政策総合研究所、土木研究所、建築研究所及び国土地理院が分担して実施した。

2. 研究内容

本研究は、スキャン式レーザ測距儀を用いた斜面の地形変化状況の面的計測技術及び面的連続監視技術の実用化を目指すものである。計測方法としては、地上点に設置して計測する方法とヘリコプターや飛行機などに搭載して空中から計測する方法がある。本研究では、地上からの計測は防災地理課が、空中からの計測は地理情報解析研究室が担当して実施した。

地上型スキャン式レーザ測距儀（以下、「地上型レーザスキャナ」という）における平成 11～12 年度研究では、地上型レーザスキャナにより国土地理院構内の構造物、栃木県鬼怒川上流の溪床岩盤・溪床礫を対象に基礎的計測実験を行い、計測・解析に関する技術的検討、適用性の検討を実施した。平成 13 年度は、神奈川県山北町の採石場で、詳細地形図作成の検討として計測条件別の精度評価を行い、得られたレーザデータから等高線図を作成し、縮尺・等高線の表現方法及び既製図との比較等の検討をした。さらに、モニタリングによる変化解析として地形変化のある同一場所での 2 時期のデータを使用して精度評価をするとともに、変化状況の視覚的表現についても検討した。

平成 14 年度は、前年度での成果を踏まえて、さらに高度な植生影響の除去方法等についての詳細に検討すべき項目を再検討するため、東京都八王子市郊外の丘陵斜面で現地計測を実施した。また、これまでの作業を通して培った地上型レーザスキャナを利用した計測の基礎知識や評価のノウハウ等をまとめた計測マニュアルを作成した。マニュアルの中では、1) 計測原理、2) 計測計画、3) データ収集、4) データ解析、5) 結果表示方法、6) 斜面地形評価（精度検証と適用限界）、7) 斜面災害への対応策などの項目について、まとめられている。

航空機搭載型スキャン式レーザ測距儀（以下、「航空機搭載型レーザスキャナ」という）における研究では、平成 11 年度に、植生の状態と地表面まで到達するレーザパルスの割合の関係を調べることにより、竹林や手入れの悪い植林地など植生密度が非常に高い部分を除けば、森林など樹木に覆われた場所であってもレーザパルスが樹間を通過して地表面まで到達し、精度の高い地形モデルの作成が

可能であることが確認された。平成12～13年度は、まず、大規模な地すべり地域において計測が行われ、取得されたデータを利用して地形分類データが作成された。これらのデータと既存の紙地図からの地形判読結果を比較することにより、個々の地形区分境界がより明瞭に認識できること、ガリーや平坦な面に関しては2-3m程度の微小なものまで認識できることなどが確認された。次に、地形分類データから河川水系データや河川縦断面データを作成し、河川縦断面と各地形種との関係を調べることにより河川縦断面図が地すべり履歴の推定や地形分類の検討に有効であることが示され、傾斜データを利用した数値解析により地すべり移動域・定着域の抽出を行えることが示された。

平成14年度は、航空機搭載型レーザスキャナを用いた斜面形状計測作業を発注、監督する際の留意点、考慮すべき事項をレーザ測量に従事した経験が少ない者にも分かるようにまとめた計測マニュアルを作成した。マニュアルの中では、1)レーザスキャナによる計測業務、2)レーザスキャナの計測原理、3)センサーのキャリブレーション手法に関する検討、4)データ取得時の適切なコース・諸元設定に関する検討、5)取得データの精度検証に関する検討、6)取得データのフィルタリング手法に関する検討、7)地表面データからの出力図作成等に関する検討などの項目について、まとめられている。

3. 得られた成果

現地計測による高度な植生影響の除去方法と詳細な精度検証の検討では、前年度までにフィルタ処理や補間手法の改善が実施され、計測精度の向上が見られた。高精度を目指すために、地形状況に応じた最適パラメータの設定を検討した結果、前年度と同様に、タイルサイズ 10m、Z 許容値 0.5m の場合が最も地盤高らしい形状を示すことが分かった(図1)。さらに、フィルタ処理によって抽出された地盤高データの精度評価を行うために、2つの測線を設定してトータルステーションによる実測をするとともに、航空機レーザスキャナ計測データから得られた地盤高データとの比較をした結果、図1の測線1のみ地上型の方が実測データと整合性が高かった。この測線は対象範囲内において植生繁茂状況が密な箇所であり、地上型の特長である高密度計測の効果が現れた結果と考えられる。

地上型レーザスキャナを利用した計測作業を実用化するために、収集データのリアルタイム処理(計測された結果を現地で確認・加工し、その成果を利用する一連の仕組)について検討した結果、付属

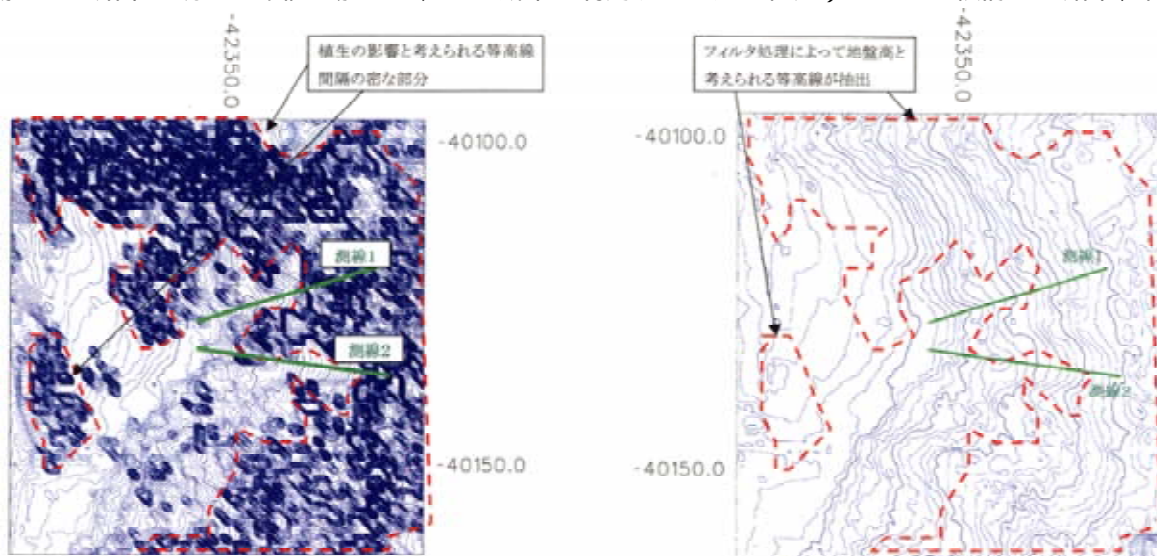


図1 作成された等高線拡大図(左:フィルタ処理前、右:フィルタ処理後)

ソフトウェアと点群データによる現地確認システム(利用可能な計測成果は、点群データ、断面図、TINの3種類)は完成していると言えることが確認できた。しかし、各データについて読み込み時間や編集時間を考慮すると、現段階では緊急災害への対応については、さらに技術開発が必要である。一方で、地上型レーザスキャナは、災害発生時よりも被害調査・復旧工事時の2次災害防止や無人での継続監視に非常に有効であると思われる(図2)。図2に示すようなシステムが構築できれば、対策の意思決定に関わるようなデータを計測・解析・転送することが期待できる。

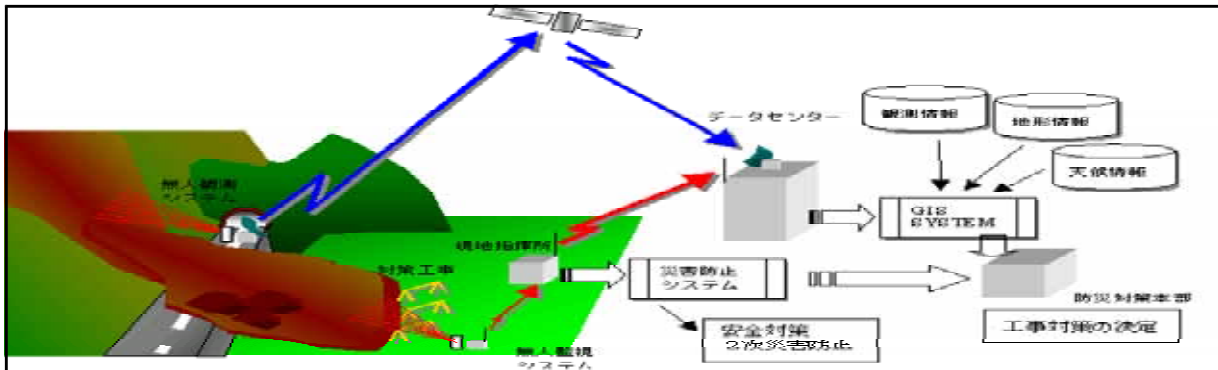


図2 地上型レーザスキャナを利用したリアルタイム災害情報の取得

航空機搭載型レーザスキャナにおける研究では、航空機搭載型レーザスキャナを利用した斜面地形計測時に考慮すべき点をマニュアルの形で整備した。このマニュアルでは、航空機搭載型レーザスキャナの基礎知識(表1)と監督者が作業を指示する上で必要な情報(表2)が、作業の流れに沿ってまとめられている。まず、航空機搭載型レーザスキャナとは何かについて説明され、次に、航空機搭載型レーザスキャナにより得られたデータから地表面の標高データを作成するまでの計算過程が解説されている。また、高精度のデータを取得するために行なわれるキャリブレーションと精度の良いデータを得るために考慮すべきポイントが説明されている。さらに、取得データを精度検証する方法と地表面データを抽出するフィルタリングについて解説され、最後に地表面データから作成される各種出力図を例示されている。

表1 マニュアルの「第一章 レーザスキャナによる計測業務」より抜粋
写真測量と比較したレーザスキャナの特徴

項目	レーザスキャナ	写真測量
点の取得	高密度の地表面 データが迅速に得られる。	一対の写真を図化機にセットすることで面的に取得。
高さ方向の精度	精度は良く、概ね±15cm。	作業規程の精度として、1/2500の図面で標高点66cm、等高線100cm。
水平方向の精度	高さ方向の精度に比べ劣る。概ね±30cm。	1/2500の図面で、平面位置175cm。
画像	2枚のステレオ画像を必要としない。	2枚のステレオ画像が必要である。
天候による影響	レーザの波長が短いため、天候の影響を受けやすい。	写真撮影時の天候に左右される。
樹木による影響	樹木の下地表面を計測できる可能性が増大する。	樹木の高さを人が経験と勘により取り除き地表を想定するが、不十分。
対象物の認識	形状だけのデータしか得られないために、対象物の認識は難しいことがある。	写真から判断するため、目視で対象物を認識できる。
分解能	光学画像に比べて、ピクセル、画素の大きさについて分解能は低い。	レンズの解像度、フィルム粒子に依存するが、高い分解能が可能。
その他の利用	画像データと組み合わせて、正射影画像の作成に利用できる。	

表2 マニュアルの「第四章 データ取得時の適切なコース・諸元設定に関する検討」より抜粋
データの欠測と計測ノイズ

	計測対象	説明
欠測	水面	入射角度が直角に近く透明度が高いと吸収される。また入射角度が浅く表面に浮遊物がない場合も受信部にレーザーが返りにくい。
	凍結面	乱反射でなく、鏡面反射が起こると受信部にレーザーが返りにくい。
	住宅の屋根	黒色の屋根材の場合にレーザーが返らないことがある。黒色でかつ表面に細かい凹凸面があるとさらにレーザーが返りにくい。
	アスファルト	打設直後の新しいアスファルト面はレーザーが返らないことがある。
計測ノイズ	煙、排気ガス	自動車の排気ガスや煙にレーザーが反射してノイズが発生する。例えば、交通量の多いトンネル入り口付近で路上面上数m付近に多く発生することがある。
	水際	河川計測の際に水面の境界部分に生じるノイズ。
	建物	レーザー陰と壁面ノイズ、壁材の鏡面反射のために生じる疑似透過ノイズ。

4. 結論

レーザー測量に従事する経験が少ない技術者を対象にして、「地上型レーザスキャナ」及び「航空機搭載型レーザスキャナ」を用いた斜面形状計測作業を発注、監督する際の留意点、考慮すべき事項をまとめることにより、計測マニュアルが作成された。今後は、このマニュアルを再び見直し、技術資料の形でまとめる予定である。

地上型レーザスキャナによる研究では、得られた計測データから計測距離が300mで1m間隔での地形表現が可能であり、航空測量に比べ詳細な等高線図の作成ができる。また、モニタリング計測の精度検証を行い、20～30cm程度以上の変化を捉えることは可能であることも明らかになった。地上型レーザスキャナによる計測・解析技術は、高密度の地形面の点群データを低コスト・短時間で作成できる、現地での計測データ確認や簡単な処理で地形図等への変換が容易にできる等の特長があることから、斜面防災調査や災害発生直後の初動段階での災害状況の把握や二次災害の有無等に役立つと考える。今後は、数cmの変化量を捉える高精度の等高線図の解析、さらに衛星通信などによりリアルタイムでのモニタリングの開発を行うことにより、緊急災害対策への応用が可能となる。また、次期総プロ「リアルタイム災害情報システムの開発」において、さらに実用化に向けた技術開発を行うこととしている。

航空機搭載型レーザスキャナによる研究では、植生が及ぼす影響を調べることにより、森林などの樹木に覆われた場所であっても、航空機搭載型レーザスキャナを用いて詳細な地形モデルが作成できることを確認した。また、こうして得られた地形モデルから読みとれる情報と紙地図や航空写真などから読みとれる情報を比較することにより、航空機搭載型レーザスキャナが航空写真などでは分からないような微地形を計測できることが明らかになった。また、取得された地形データから作成した河川縦断面図が地すべり履歴の推定や地形分類の検討に有効であることや、傾斜データを利用した数値解析により、地すべり移動域・定着域を自動抽出できることが示された。また、平成13年度までに得られた計測結果や知見は斜面災害の予測やハザードマップ作成に有効である。

参考文献

- 平成14年度「地上型レーザ測距儀による斜面地形計測・解析技術に関する研究作業」報告書
- 平成14年度「レーザスキャナによる斜面計測マニュアル作成作業」報告書