

# さて、点群をどう使おう

## —レーザ計測の可視化技術を活用した落石・法面調査および対策工の設計事例—

株式会社フジヤマ 防災環境保全部 重松克弥

### 1. はじめに

本稿では、斜面防災事業において航空レーザ計測データの可視化技術を活用した事例を報告する。1つは「落石調査及び対策工の設計」での活用、1つは「災害調査及び復旧設計」での活用である。

斜面防災事業では、地形図や航空写真等を基礎資料とした地形判読にて災害要因を抽出し、それらを基に現地調査にて実際の状況を確認する。そして、机上判読と現地調査から、想定される落石や斜面崩壊等の事象を防止するための対策工を設計する。従来の手法で用いられる地形図や航空写真では地形の概形は把握できるものの、斜面内の崩壊跡などの微地形や落石予備物質などの危険因子は抽出が困難である。また、地形判読は技術者の技能や経験に大きく依存するため、技術者により判読結果に差が生じやすい。

航空レーザ計測結果を用いることで、微地形や危険因子を、技術者の技能に依存せず図化することが可能となる。これら航空レーザ計測データの可視化特性に着目して、活用事例を報告する。

### 2. 落石調査及び対策工設計での活用

#### 2.1 業務概要

本業務は、浜松市天竜区佐久間町相月地内(国)152号における落石対策工設計業務である。業務対象斜面(以下、「対象斜面」)は既往の道路防災点検において不安定な巨礫が確認され、「要対策」と判定された。対象斜面は高さ120m、平均斜面勾配40度の急峻な地形を成しており、また幅20m程の区間には落石対策工が整備されていないことから、通行車両への落石被害が懸念される。当該路線は浜松市街・旧水窪町を結ぶ重要な路線であり、また迂回路も無いことから、落石対策工未

整備区間への対策が必要であった。業務内容は、図-1のフローに示す通りである。

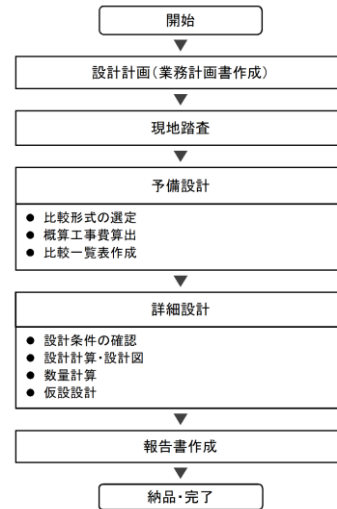


図-1 業務フロー



図-2 既往道路防災点検 着目点

#### 2.2 航空レーザ計測データの取得

1/25000地形図(図-3)から、対象斜面は集水地形を形成していることがわずかに読み取れるが、対策工未整備区間へ到達する落石経路や落石発生源の分布状況を地形図や航空写真から判読することは困難である。落石対策工を検討するための調査及び設計対象範囲を決定し、また受発注者

間でその妥当性を共有・評価するための根拠が不明瞭であった。



図-3 対象斜面地形図（国土地理院地図 参照）

その課題対応策として、本業務では UAV を用いたレーザ計測により、地形情報を取得することとした。用いた UAV レーザ (RIEGL miniVUX-1UAV) は、点密度 100~200 点/m<sup>2</sup> のデータ取得が可能である。取得したデータを基に、斜面勾配の緩急の程度に応じて陰影を持たせることで地形の判読が容易になる地形起伏図を作成した。

### 2.3 机上調査及び現地調査

作成した地形起伏図を基に、机上調査で斜面における着目すべき事項を抽出し、現地調査にてそれらを確認した（図-4）。



図-4 地形起伏図及び現場写真

対策工未整備区間上方斜面は、明瞭な集水地形を成していることが地形起伏図から確認できた。また、斜面中腹からは2条のガリーが形成されており、この地形に規制される落石経路が想定された。これらの地形は現地でも確認でき、ガリーには大小様々な転石が堆積していた。これより、設計対象である対策工未整備区間への落石到達が想定される範囲を絞り込むことができた。

落石発生源の分布の観点から判読すると、集水地形北側側方部や斜面下部に陰影が濃く描写されている部分が抽出された。現地調査にてこれらが巨礫や露岩部であることを確認し、対策のコントロールポイントとなる落石発生源であることを確定させた。また、斜面上部の造成された土地や歩道など、土地利用状況についても地形起伏図により明瞭に可視化された。

## 2.4 対策工設計

調査だけではなく、対策工の配置設計においても地形起伏図を活用した。

対策工の配置は集水地形内を発生源とする落石の到達範囲から決定する。前述の通り、当該斜面においては斜面中腹にガリーが形成されており、下部はその地形が不明瞭となる。よって、ガリーよりも下流では、地形的規制が無くなり、落下方向に拡がりが生じる事が容易に想定される。その拡散範囲を地形起伏図と現地から決定し、それらを包括する区間に対策工を計画した。

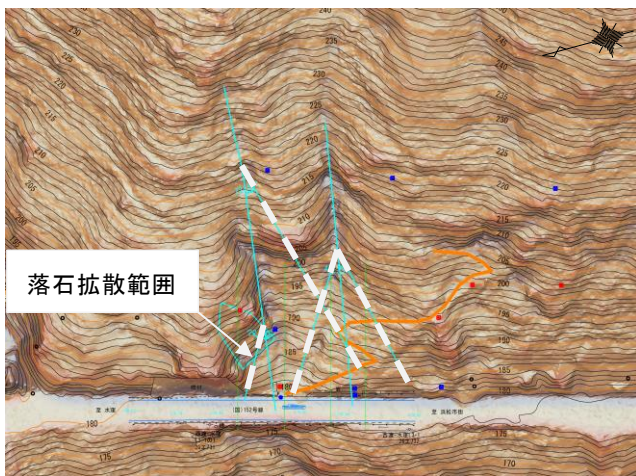


図-5 落石到達範囲

## 2.5 効果

落石調査及び対策工設計での航空レーザ計測データの活用は、以下の効果を発揮した。

### ① 適切な設計条件の抽出

現地調査前に机上調査にて地形概況を確認することで、現地調査で着目すべき危険因子（崩壊地形や落石発生源と想定される箇所）を抽出することができる。また、集水地形や稜線などの広域な地形と微地形を同一の図面に可視化することができるため、設計対象区間に落石の影響が及ぶ斜面範囲を適切に設定することができる。これらにより、設計に必要な範囲の危険因子を適切に把握することができるため、必要な設計条件を広大な自然斜面の中から効率的に抽出することができる。

また、配置計画などの施設設計においても地形条件を可視化した図面で計画することで、機能性（落石の到達範囲や張出長による道路への影響）や施工性に配慮した設計が可能である。

### ② 現場作業の安全確保と効率化

地形概況の把握により、現地調査における安全管理上の危険箇所も把握できる。そのため現場作業員は事前のKY活動で注意すべき箇所を共有し、調査中の事故を防止することができる。また、スマホのGISアプリを併用することで、地形起伏図上に位置情報を重ねることが可能であり、調査した危険因子の位置や諸元を現場で入力できる。これにより、現地調査の精度向上と効率化、内業でのデータ整理が省力化される。

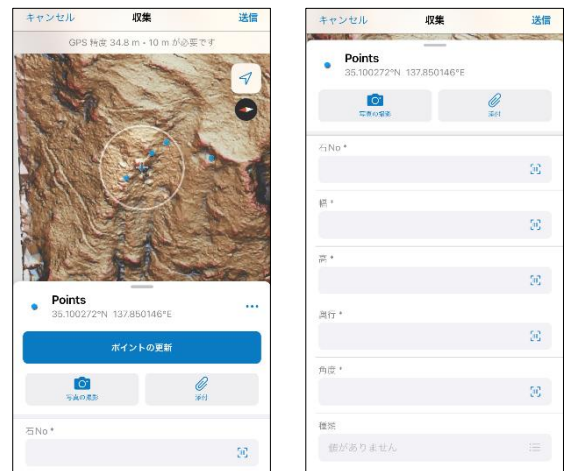


図-6 GISアプリ操作画面

### ③ 関係者間の円滑なコミュニケーション

地形や危険因子の分布状況の可視化により、設計方針や設計条件の根拠が明確になる。そのため、受発注者間での協議・合意形成が容易となり、手戻りの少ない業務遂行が可能である。

## 3. 災害調査及び復旧設計での活用

### 3.1 業務概要

令和3年8月下旬、浜松市天竜区春野町和泉平地内の市道の斜面が豪雨等の影響により、区間延長約40mの範囲で高さ30m、平均勾配約45度の斜面が崩落した。本業務は、その被災状況の調査と復旧設計を実施したものである。

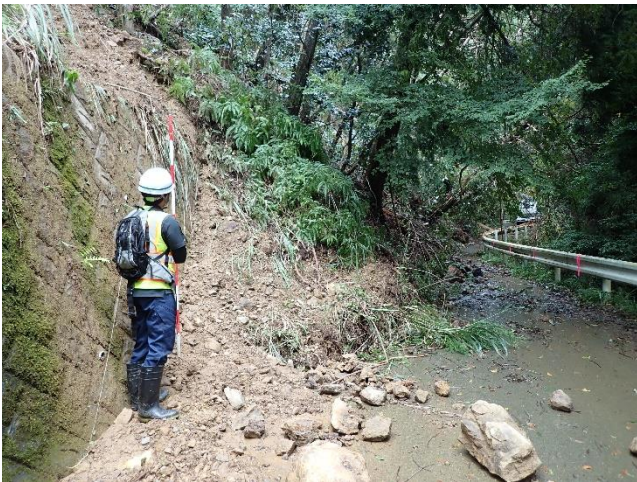


図-6 被災状況

### 3.2 レーザ計測データの取得

本業務は災害復旧であるため、早急に被災規模やそのメカニズムを把握する必要がある。また、被災斜面には不安定な状態の土砂が堆積しており、測量作業員の安全性を確保するため、崩壊斜面上での作業を最小限に抑える事が要求される。

以上の課題解決策として、UAVレーザ計測の活用に至った。用いた機材は前述と同様であり、取得したレーザ計測データから0.5mグリッドデータの地形起伏図を作成した(図-7)。

### 3.3 被災地調査及び被災要因の推定

地形起伏図から、崩壊斜面には規模の異なる3段の明瞭な段差地形が確認でき、現地調査からもそれらが崩落崖であることが確認された。この崩

壊地形を可視化した地形起伏図から、被災範囲を把握することができるだけでなく、斜面崩壊が連鎖的に複数回発生した被災状況も推察することが可能である。また、周辺地形から推定される崩壊前地形や地質調査結果に基づく素因要素、降雨等の誘因要素と組み合わせることで、被災メカニズムを説明することができる。さらに、崩壊地周辺の微地形から、崩壊範囲の更なる拡大リスクについても評価できる。



図-7 地形起伏及び崩落崖状況

### 3.4 復旧工設計

復旧工法の選定や施設配置、設計計算を検討する横断図は、地形起伏図と現地調査結果を基に任意に設定することで、取得したレーザ計測データから机上で作図することが出来る。平面図の作成においても、現場での測量作業はUAVフライトや構造物等細部条件の取得であり、不安定な斜面上での測量作業は最小限に抑えられる。これにより、迅速な図化作業が可能となり、また作業員の安全性も向上する。

本業務での活用により、落石調査及び対策工設計での活用と同様の効果が発揮された。特に図化作業の工数短縮や安全確保の観点において、通常の測量・設計よりも有効性が高いことを確認できた。復旧工の作図段階で追加断面が必要になった場合も、机上に必要な測線を設定することで作図できたため、測量・設計共に作業効率は通常手法に比べ飛躍的に向上した。

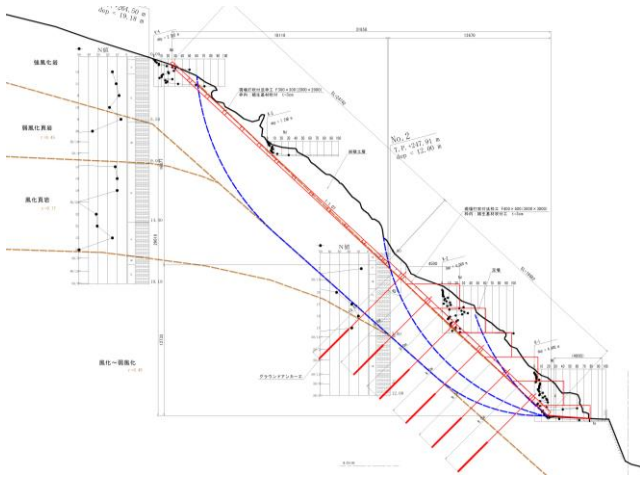


図-9 検討断面

#### 4. おわりに

静岡県では、県下全域で取得した航空レーザ計測データをオープンデータとして公開している。今回報告した事例を踏まえ、「斜面防災」における点群活用の効果と今後の展望を述べる。

##### 4.1 効果

取得した計測機材の点密度の違いにより描写の鮮明度は異なるが、既存の地形図や航空写真以上に地形が直感的に把握できる。そのため、「道路防災点検」等の点検業務における机上調査として、業務対象斜面の地形を効率的に把握することができ、また「現場作業の省力化・調査精度の向上」「現場作業員の安全確保」につながる。一方、設計業務においては、斜面崩壊や落石の影響が及ぶ範囲を明確化することで、施設配置等で「地形を考慮した適切な設計」が可能になるとともに、地形起伏図が設計の妥当性を評価するための「わかりやすい説明資料」となる。

また、熱海市-逢初川土石流の被災状況把握でも用いられたように、災害が発生した箇所においては、取得済みである現況斜面の航空レーザ計測データと発災後のデータを重ね合わせることで、被災範囲や流出土量が明確になり、被災要因を推定する上でも非常に貴重な資料となる。また、崩壊後の不安定な土砂や落石予備物質も即時抽出でき、二次災害の防止にも効果を発揮する。

以上の通り、斜面防災事業のうち「点検」「設

計」「災害復旧」等、航空レーザ計測データの可視化技術は多様な効果が期待できる。しかし、前述した通り計測機材の違いや植生状況により、取得できる情報量は異なる。低草木が群生するような地形では地表面までレーザが到達せず、地形が十分に取得できない。よって、斜面防災における地形起伏図は、斜面の概況を把握する上での補助ツールであるという前提条件のもと、現地調査によって可視化された要素について確認する必要がある旨は認識いただきたい。

#### 4.2 今後の展望

ここからは、私の希望と妄想が多分に含まれることをご容赦いただきたい。

現状では、地形起伏図に基づく危険因子の抽出は技術者の判読によって行う。今後は、斜面の可視化技術とAI画像解析が融合する事で、危険因子の自動抽出が可能になるのではないかと考える。これらの実現のためには、航空レーザ計測の可視化図と実際の斜面状況を照合した、膨大な事例が必要である。活用事例の蓄積が継続される事で、そうした技術が実現することを期待する。

危険因子の自動抽出が実現すれば、斜面点検が飛躍的に効率化され、また定量的な指標に基づく対策優先度が明確になるのではないかと考える。それらは防災的観点だけでなく、交通や土地改良等の都市計画にも反映されるのではないかと考える。斜面防災における航空レーザ計測データを積極的に活用することが、広大な山間地で占有される静岡県の安全・安心なインフラ整備につながると思える。

今回紹介した報告は、斜面防災に活用した事例であるが、目前の業務の課題に対応しながら未来を見据え、静岡県全域を包括した点群データの活用を考えることに、私は、胸が踊る。

さて、点群をどう使おう？

謝辞：本稿の発表にあたり、データの公表等に関してご理解を承りました、浜松市土木部天竜土木整備事務所の皆様に対し、深く謝意を表します。