

『高密度 UAV レーザ計測の可視化技術を活用した

落石調査及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

富士営業所

大塚 啓一

1. はじめに (概要も含む)

従来の道路防災事業における落石・崩壊対策では、地形図や航空写真等の基礎資料を用いて斜面調査を実施してきた。近年では、航空レーザ計測により浮石・転石や露岩等の「落石発生源」や、落石・土砂移動現象の原因となる微地形を可視化する技術も開発されている。これからの落石対策や土砂災害対策の分野では、これらの技術を調査、対策工の設計へと活用していくことが期待される。

本事例は、浜松市が管理する国道152号の安全を確保するために必要な対策工の設計を目的とした業務において、UAVを用いたレーザ計測による可視化技術を活用したものである。

(1)業務名：令和元年度(債務)道路防災国交付金事業(防災・安全交)(国)152号測量設計業務委託(大井A294・A312)

(2)発注者：浜松市土木部 天竜土木整備事務所

(3)場所：浜松市天竜区佐久間町大井地内

(4)履行期間：〔着手日〕令和2年4月1日

〔完了日〕令和3年2月3日

(5)業務の目的

業務対象斜面(以下、『対象斜面』)は延長約150mの区間である。斜面下部は斜面高15~30m、斜面勾配約60度の急崖に法枠工が既設されており、その上方には高さ約200mの自然斜面が続いている(図-2)。対象斜面の大半は落石防護柵工及びポケット式落石防護網工が二重で整備されているが、一部のポケット式落石防護網工の未施工区間(約25m)では、落石防護柵工背面に落石が堆積している(図-3)。道路直近は急峻な斜面であることから、落石の跳躍が落石防護柵工を超える可能性が高いものと考えられ、落石防護網工未施工区間(以下、『検討区間』)への新たな落石対策工の設計が本業務の目的となった。

(6)業務内容

① 現地調査

業務対象箇所の自然斜面の落石予備物質や地形状況を確認することにより、落石予備物質の規模・分布状況や安定度を把握し、被災想定範囲や落石エネルギー等の設計条件を決定する。

② 対策工の設計

設計条件に基づき、本現場に適合する落石対策工法を抽出し、経済性や施工性、維持管理の観点から比較選定する。選定した対策工法について配置計画や設計計算を行い設計図書を作成する。

2. 技術的課題

2-1 従来技術に対する限界

対象斜面は植生が繁茂していることから、地表面の詳細な状況が把握しにくい。さらに、斜面が



図-1 業務位置図



図-2 対象斜面



図-3 落石・土砂の堆積状況

急峻かつ長大であることから、1/25000 地形図や航空写真等を用いた従来技術による判読では、落石予備物質や微地形の特定は困難であった。そのため、対象斜面（約 30,000 m²）のうち、検討区間への落石が想定される範囲を机上で絞り込むことが困難であった。そこで、事前に斜面状況を把握して、効率的な調査計画の策定が課題となった。

2-2 設計条件の設定に関する課題

2-1 で示したとおり、従来技術では斜面状況の把握が困難であるため、検討区間へ到達する落石予備物質の範囲の設定や設計条件となる落石エネルギーの設定が困難であった。また、設計条件の設定に際して、詳細な情報を得るための地形図が必要となる。対象斜面は急峻で落石予備物質も広範囲に分布していることから、安全を確保した上で精度の高い地形情報を取得することも課題となった。

3. 対応策と適用結果

前述した技術的課題の対応策として、落石予備物質や微地形を可視化するために、UAV を用いたレーザ計測により地形情報の取得を行うこととした。使用した UAV レーザ（Riegle VUX1-mini）は、点密度 100~200 点/m² のデータ取得が可能である。取得したデータをもとに、斜面勾配の緩急に対して陰影を持たせる（急な斜面ほど濃くなる）ことで、地形状況の把握が容易になる地形起伏図を作成した。

3-1 机上調査

作成した地形起伏図を基に、机上で斜面状況を確認した（図-4）。2つの明瞭な滑落崖（図-橙色線）を頭部とする崩壊地形（図-白色点線）が、防護網未対策区間直上部に確認できた。また、微地形に着目すると、滑落崖の直下や崖上に凸地形が多数確認することが可能であり（図-青丸）、集水地形の流線周辺では凹凸が少ない。これらから、落石予備物質は急崖またはその直下に多く分布しており、一度落下運動が始まると途中で停止せず道路まで到達してしまうことを机上調査で確認した。

3-2 現地調査

机上で確認した情報をもとに現地調査を実施すると、地形起伏図で可視化された滑落崖が現地で明確に確認でき、凸地形は落石予備物質であることが確認できた。さらに地形起伏図と現地調査結果を詳細に比較すると、地形起伏図の濃淡が比較的少ない凸地形①は、φ0.3m程度の転石の群集であり、過去の崩壊により形成された緩斜面上に滑落崖からの落石が堆積したものであった。対して地形起伏図の濃淡が大きい凸地形②、③は、φ2.0mを超える浮石であることを現地で確認した。さらに、急勾配の斜面上には転石等は少なく、落石が発生しやすい地形であることも確認できた。

以上のとおり、UAV レーザ計測の可視化技術を用いることで、机上調査で詳細な地形を把握した上で現地調査が可能となった。これにより、落石予備物質の分布範囲や落下方向が予測でき、調査効率が向上した。また、あらかじめ地形を把握出来るため、滑落などの危険予知が容易となった。

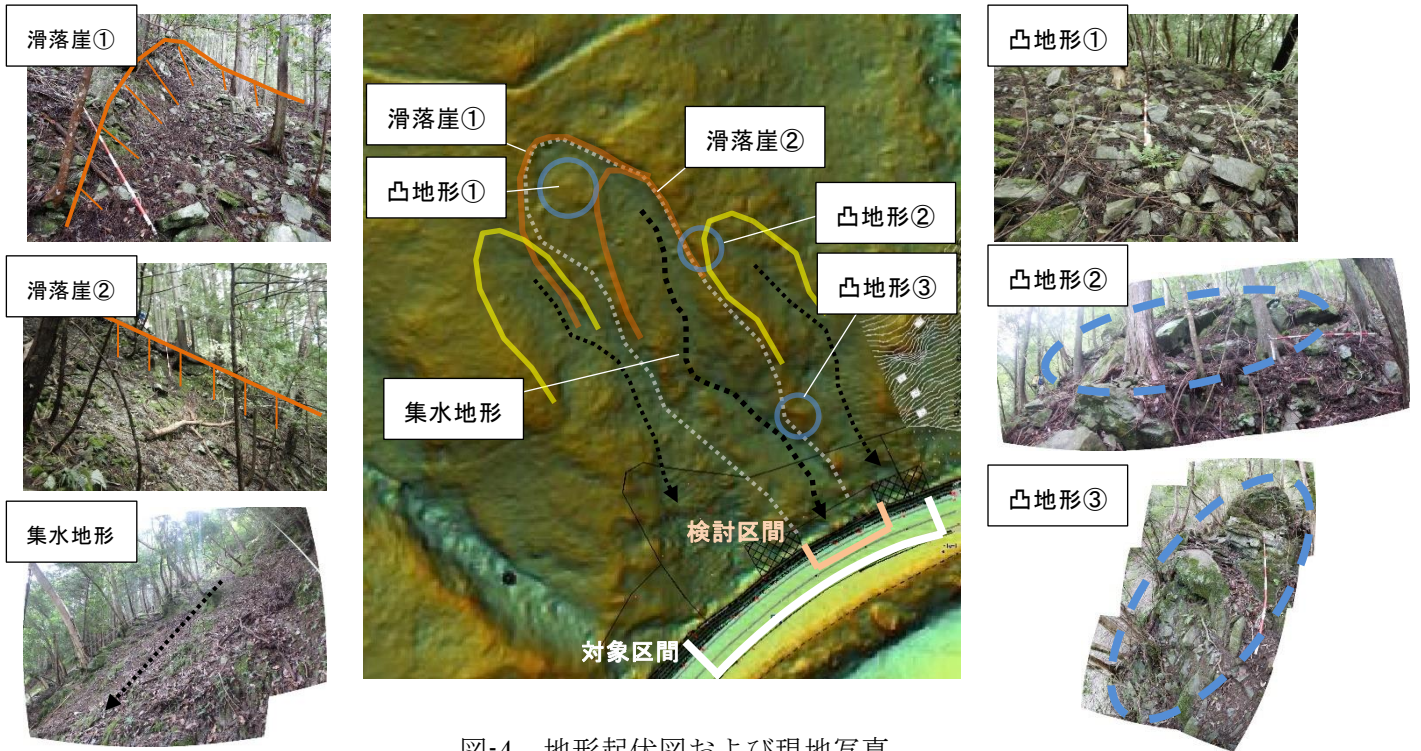


図-4 地形起伏図および現地写真

3-3 対策工の設計

前述した滑落崖を頭部とする集水地形のほか、その両側部にも同様に過去の崩壊地形が形成されている(図4-黄色線)。それらは検討区間への斜面方向ではないことが机上調査からも確認された。現地でもその地形が確認できたため、設計対象外斜面であると評価し、対策が必要な斜面範囲を絞り込むことができた。これによって、落石予備物質の検討区間への影響範囲が明確になった。

設計条件の設定においても、落石予備物質の位置や規模の特定が可能になることで落石エネルギーをより高精度に設定することができ、必要な対策工の構造や規模を選定する上で有効であった。

また仮設計画においても、地形を考慮した計画が可能となった(図-5)。

以上のように、従来であれば確認が困難である広域な斜面内の微地形等の可視化により、設計条件を絞り込むことができ、視覚的にわかりやすい設計が可能となった。また、設計の根拠が明確になることで、発注者や地権者等、関係者への説明資料としても効果的である。

4. おわりに

UAV レーザ計測データの可視化技術により、従来の地形図や空中写真による机上調査では確認できなかった微地形や落石予備物質などを確認することで、技術的な課題を解決した。落石発生の詳細な規模や安定状態を確認するために現地調査は必要不可欠であるが、この技術の活用により正確性・効率性・安全性は飛躍的に向上することが本事例で実証された。

急峻な山地を多く抱えるような地域では、斜面防災の分野においてこのような『高密度 UAV レーザ計測の可視化技術』が多大な効果を発揮するものと考えられる。

今後は、可視化技術が斜面防災だけではなく、砂防・河川などの調査、計画、設計のすべての領域で活用できるようになっていくもの考える。



図-5 仮設計画における地形起伏図の活用