

第 5 章．落石危険箇所調査への利用

本章では，本研究で研究対象とした落石要因が，実際に行われている落石調査¹⁾において活用可能かを実際に利用してもらい，落石要因としての効果判定を検討してみる。本研究では，以下のような落石要因を新たに求めた。

- (1) 精密地図データの地形解析による，斜面内岩盤露頭の抽出²⁾。
- (2) 詳細地形データを活用した山地侵食量と落石危険区間の抽出³⁾。
- (3) 地形解析・水文解析から求めた谷分布と落石危険区間の抽出⁴⁾。

本研究では，岐阜県の協力により数々の落石関係の資料を提供していただいた。このことから，岐阜県における定期的な落石調査で，本研究の対象背ある落石発生要因の利用を提案して活用してもらった。

5-1. 斜面勾配解析図の調査利用

岐阜県では，第 1 章の表 1-2 に示すように平成 8 年度道路防災総点検で，当時の調査マニュアル等の手法に従って，落石危険箇所の抽出や評価を行った。しかしながら，確実に落石危険箇所を特定することは難しく，その後も未調査箇所などからの落石が発生していた。そのため，未調査・評価の再調査などの追跡調査を継続してきた。このような状況から，追跡調査に利用できる本研究成果として，「地形解析による落石発生源としての斜面内露出岩盤の抽出法」を提案した。

岐阜県では，全県において詳細な電子地図データを所有しており，市販の GIS ソフトを用いて地形解析が可能であったことから，地形解析図を活用するに当たり本研究成果の作成条件整理・解析条件を示し，図 5-1,5-2 に示すような作成条件を岐阜県と協議し標準化した。

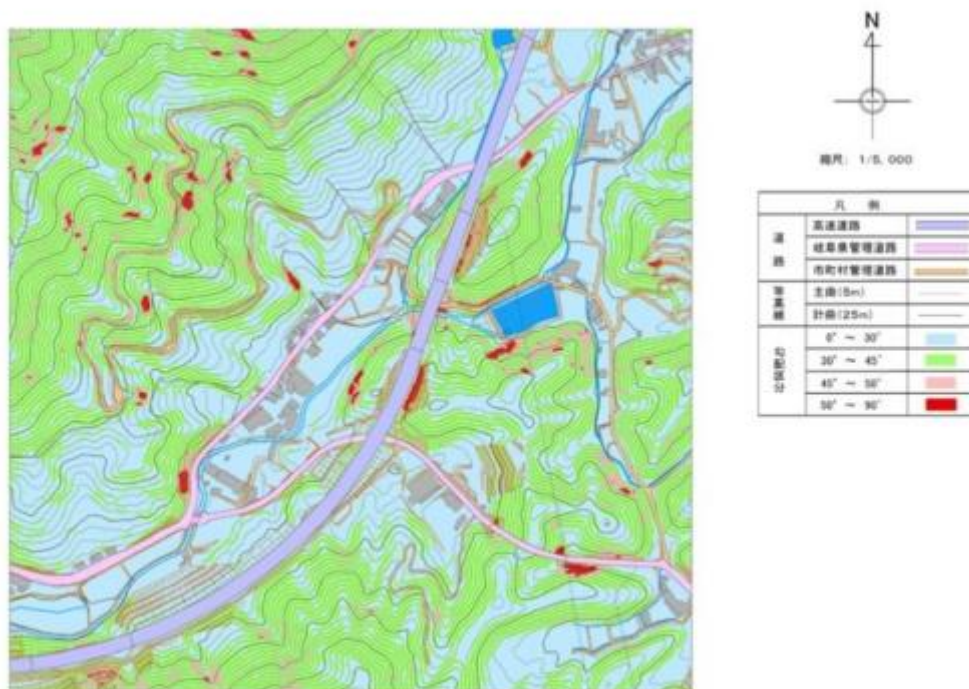
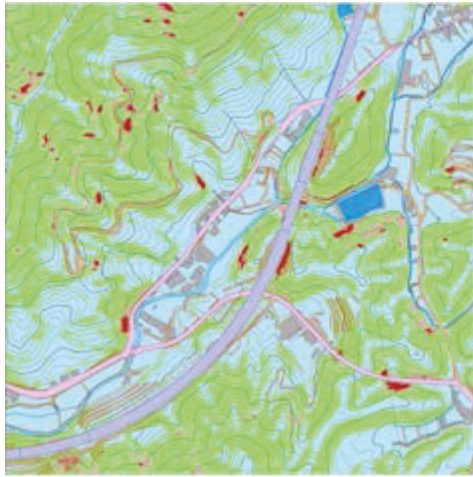


図 5-1. 斜面勾配区分図



データ	岐阜県DEMデータ 2mメッシュ(1km×1km)
傾斜解析	出力セルサイズ 2m
出力形式	画像データ(GeoTIFF)ワールドファイル作成 TIFF(LZW圧縮)
主力範囲	DEM1kmメッシュ範囲
出力サイズ	2000pixel×2000pixel
内容	斜面勾配区分図 + 地形図
ファイル名	DEMファイル名(LD2018_Tif, LD2018.tif, LD2018_aux)

	勾配角度	表示色	RGB
勾配区分	0° ~ 30°		190:232:255
	30° ~ 45°		163:255:115
	45° ~ 50°		255:190:190
	50° ~ 90°		255:190:190

図 5-2. 斜面勾配区分データ

また、岐阜県全県において図 5-3 のような落石発生源分布図を作成し、落石調査（追跡調査）で利用している。

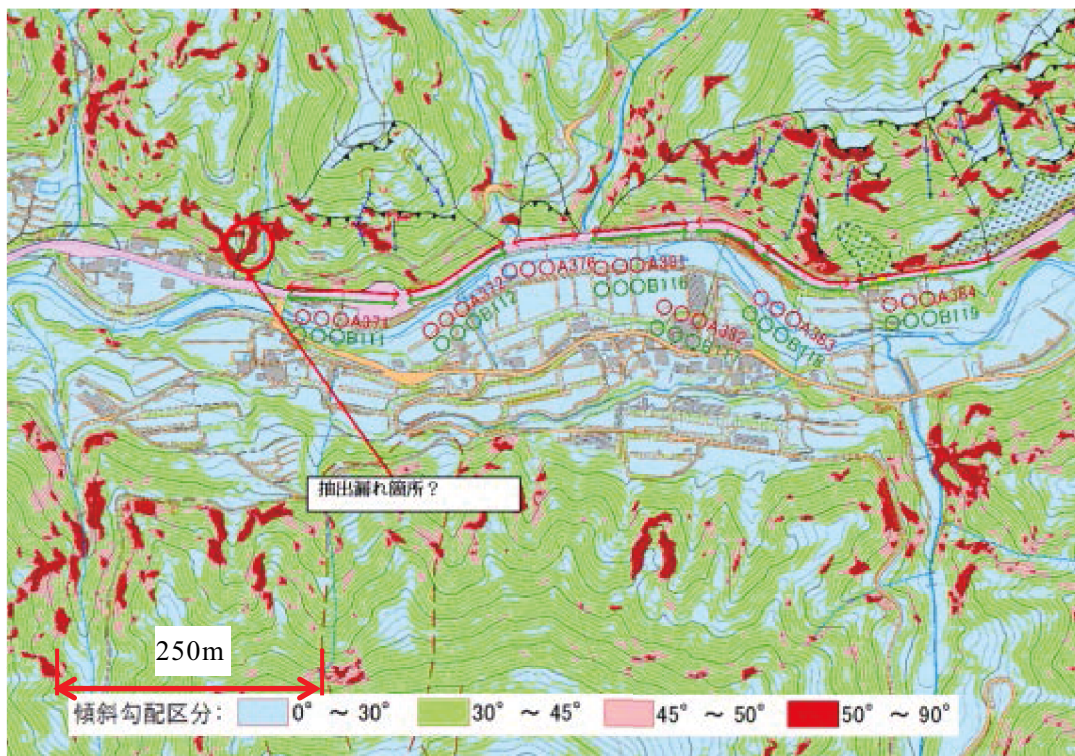


図 5-3. 実務に用いた落石発生源分布図

図 5-3 には、赤色で落石発生源として調査・判定すべき斜面内急崖部が図示され、図中には既存の落石危険箇所・被災箇所（図中の赤色で路線番号や箇所番号を記載）などが記入しており、未調査箇所などの参考既存資料の取得や落石危険箇所の追加・延長など追跡調査・行政管理などに利用しやすくなっている。

このような地形解析による落石発生源分布図を、全県の管理道路について作成し全県で新たな手法での落石追跡調査と危険箇所の抽出調査に利用している。この手法での調査は、全県で終了してはいないが、この落石発生源分布図を用いて現地調査を実施している複数の調査員へ調査漏れ箇所などについて質問した結果、以下のような回答があった。

- (1) 斜面上方に発生源の存在が想定される場合、予め落石発生源分布図を用いて斜面調査経路を計画して効率良く調査できるので、今までの追跡調査での調査漏れ箇所を発見できた。
- (2) 未調査箇所において調査を開始する前に、斜面下部の崖錐帯特性など（特に小径の落石など）に注目するようになった。実際に小径の新たな落石が存在することを確認して、発生源の特徴などについても注目するようになった。
- (3) 山地高標高部までの発生源が想定できるので、調査がやりやすくなった。

以上のような結果から判断すれば、落石危険箇所の新規危険箇所の抽出が、より正確にできると考えられる。そのような新規抽出箇所を含めた落石危険箇所の分析を行えば、より精度の高い落石発生要因・評価法を見いだせる可能性がある。

5-2. 斜面侵食量図の活用

山地での落石対策を調査・評価・維持管理する場合、落石災害によるリスク管理の導入が望まれる。今までの落石対策のように、落石災害が突発的な災害として評価し、対象路線全区間の既存落石発生確率を主体としたリスク管理を行うことは実情と合致していないかと考えられる。ある程度の延長を有する路線の落石発生確率は、路線の詳細条件が判明していなければ、適切に路線区間を分割することは困難である。よって、一般的には、路線全区間で発生した落石災害について路線長で除するなどして発生確率を算出しているのが現状である。

本研究では、山地侵食量と落石発生危険箇所（被災箇所も含む）を解析し⁵⁾⁶⁾、それなりの相関があると判断される結果が得られた（図 5-4、前出図 3-22,23,28 参照）。このような手法を採用すれば、対象となる区間の落石発生確率や落石危険性などで路線区間を区間分けすることで、より有効な落石災害区間検討や災害リスクを検討することが可能となる。

以上のように分析される山地侵食量は、地域の地形・地質的特徴や地震等の地殻変動特性に左右される要因である。山地侵食量は落石調査における幾つかの要因についてその地域の気候条件なども加えた落石要因と考えられるからである。このため、山地侵食量を用いて、落石被災確率などを求める場合、対象区域を地質条件などについて考慮し区分する必要がある。例を挙げるならば、岐阜県では地質的に美濃帯・濃飛流紋岩類（火山帯）・領家帯などに分類できる区域と行政区などを考慮して地域を決定し解析することが望ましい。

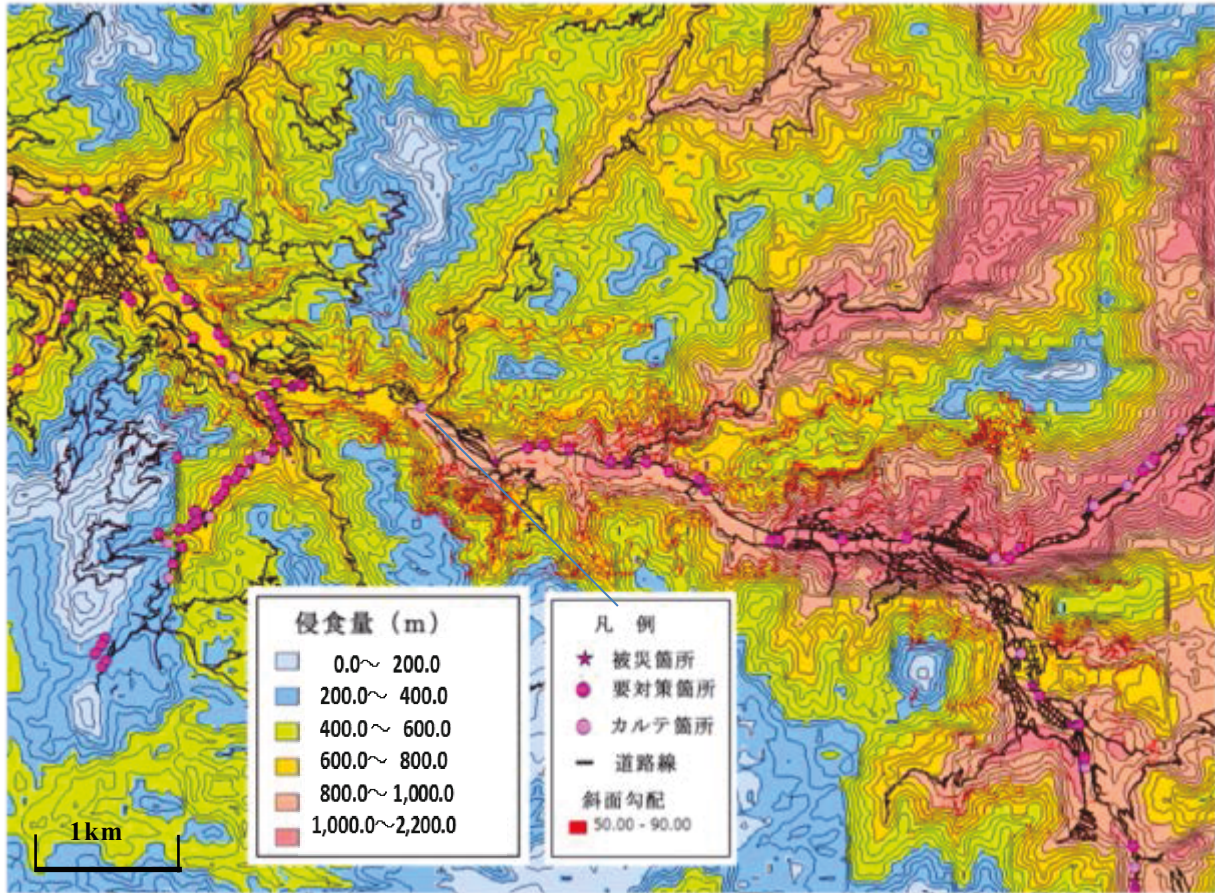


図 5-4. 山地侵食量図と落石危険箇所分布図

5-3. 落石発生源の特定と落石シミュレーションの活用法

本研究では、落石発生源としての斜面内岩盤露頭の特定法を研究した。この際、詳細地形図データを用いて3次元の地形解析を行ったことから、落石発生源の位置が三次元化されている。このような地形解析図⁷⁾を用いて、落石調査での落石調査区間を計画することや、落石シミュレーションを利用した落石対策区間の検討などが可能と考えられ、それぞれの活用方法について述べる。

5-3-1. 落石調査区間計画への活用

落石調査や落石被害対策調査を計画・実施するにあたり、高標高部などに落石発生源と見なせる急崖部の存在が認められたとしても、その発生源からどのように落石が保全対象に達するかが把握できないと落石調査区間の設定が問題となる。石シミュレーションについては、第2章でも述べたように大きく「質点系」、「非質点系」に分けられ、各種の解析手法が提案され多様な解析ソフトが公開されている。一般的に、落石形状・経路・斜面特性について詳細な調査・検討がされていれば、非質点系の落石シミュレーションが対象となる岩塊について精度良く落石エネルギーを解析しやすく対策などの検討に有効だと思われる。しかしながら、本研究で使用した精密な三次元地形図と、斜面内岩盤露頭が特定されていれば、落石の展開幅などを把握するために質点系の3次元落石シミュレーション

が有効であると考えられる。図 5-5 は、三次元解析によって斜面内の急崖部（岩盤露頭）を解析・図化したものに種々の落石径を想定し、質点系落石シミュレーション⁸⁾を用いて落石経路を示したものである。

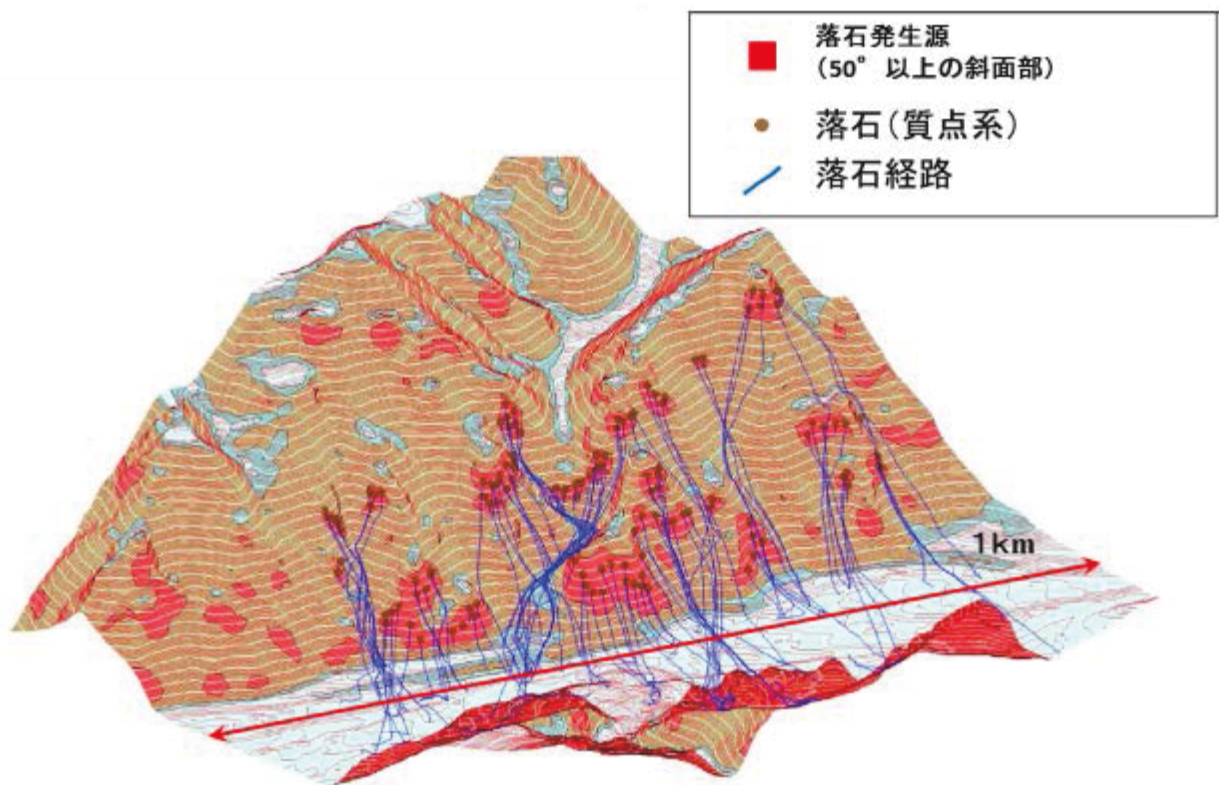


図 5-5. 地形解析結果と質点系落石シミュレーション結果から求める落石調査箇所の特定

現在行われている道路防災点検では、道路に面する斜面形状や谷などを境界として調査区間を設定することになっている。しかしながら、道路管理者（県・市町村など財政的な問題を抱えている団体）によっては調査実行予算の関係もあり防災点検で示される調査区間を無視し、1区間を数100mとする場合もある。このような場合、想定落石被害について対策を検討するのであるが、区間長が長く局部的な被害が大きなものであると、対策計画としては【単位長さあたりの対策費×区間長】で概算を算出するため、総合的な対策費が非常に過大となる。このような問題を解決するためにも、図 5-5 のような検討を行うことで適切な落石区間を設定すべきである。

図 5-5 で落石経路が集中する落石到達密集部分と、経路があまりない部分が存在することが分かる。この落石到達差は、この後の落石調査を実施する点検時間間隔を検討するのに重要な意味を示している。山地斜面は、地震・気象現象などの外力を受け、絶えず落石発生源・山地斜面の変化が進行していることから、落石の危険性が増大していると考えられる。このため落石危険区間では、落石の危険性を絶えず把握するために、追跡調査を計画・実施する必要がある。このため道路管理者は、社会条件・落石履歴を参考にしつつ追跡調査を実施しているが、管理道路全体の落石危険箇所について追跡調査を実施すること

は経費的に困難である。よって、社会性・危険性などの検討を行い落石追跡調査の順位付けし追跡調査を実施している。このような、順位付け検討に際し、図 5-5 のような落下検討を行うことで、既存の落石発生源以外の落石危険性を把握することができ、より正確に危険度評価が可能となる。その結果を利用して、調査区間や時期を再検討し追跡調査を行うことが望ましい。

5-3-2. 広域落石発生区間への活用

落石災害の対策調査では、一般的に以下のような各調査を実施して、対策することが多い。

- 1) 落石発生源調査：どのような形態で落石が発生したか？
発生源がどのような状況か？再度の落石発生があるか？
- 2) 落石経路調査：落石発生源からどのような経路で保全対象に達したか？
斜面形状を観察し、跳躍などが生じたかなど把握。
- 3) 斜面特性調査：落石が生じた斜面の勾配・表層状況などを把握。
斜面を構成する岩盤の特性・露岩位置など。
- 4) 落下岩塊調査：落下岩塊の岩質・形状・落石径・落下時の割れ方など把握。
- 5) 斜面植生調査：斜面の植生が落石経路にどのように影響したか？
- 6) 周辺落石発生源調査：該当する落石災害の周辺は、同様な地質・地形・環境などを
受け、新規の落石発生が生じる危険性があるため、対策工種・
規模・延長などを決定するために必要。
- 7) その他の調査：各種地質調査など

落石被災地では、上記の調査を実施するのであるが、この中で被災箇所における落石特性や経路・斜面特性を把握することは可能である。しかしながら被災箇所周辺の同じような環境下にある落石危険箇所にも詳細調査を実施することは経費的にも、災害緊急時であるため時間的にも困難である。このため特定された落石発生源と予想落下岩塊について限定的な落石シミュレーションを実施して対応していることが多い。ただし、落石発生源が少数であった場合では有効であるが、山地高標部に広範囲で複数の発生源相当岩壁が認められる場合には精度良く落石調査・対策工を検討することが難しい。

図 5-6 に示す箇所は、数年おきに落石が発生している危険箇所である。このため、数年前に発生した落石災害に対して、広範囲な発生源を網羅した総合的な落石検討・道路防対策を講じることにした。現地では、不定期であるものの落石災害が発生している。ただし急峻な斜面に無数の落石発生源となる露岩が点在しているため、落石発生源について詳細な調査を実施することが困難であった。今回、落石発生源の位置を詳細地形データから落石発生源と見なせる急崖部を解析し危険箇所を特定したうえで、効率良く現地調査にて

落石発生源であると現地確認した（図 5-3 参照）。その際、既存の調査手法を用いて観察による危険岩塊と判断できる岩盤ブロックの特定を行った。その後、図 5-7 に示すように、現地調査から判定した落下の危険性がある岩塊形状や位置を考慮して 3 次元質点系シミュレーション⁸⁾を行って、予想される落下範囲の検討を行った。落石落下範囲を特定した結果、対象斜面の斜面特性（特に勾配）と落下岩塊の形状・径などから保全対象に達する岩塊径を予測できた。その後、現地で発生した落下岩塊の径・形状などの現地調査での落石痕跡結果や落石既存記録と照合し落石検討結果と同じような落石が落下していることを検証した。

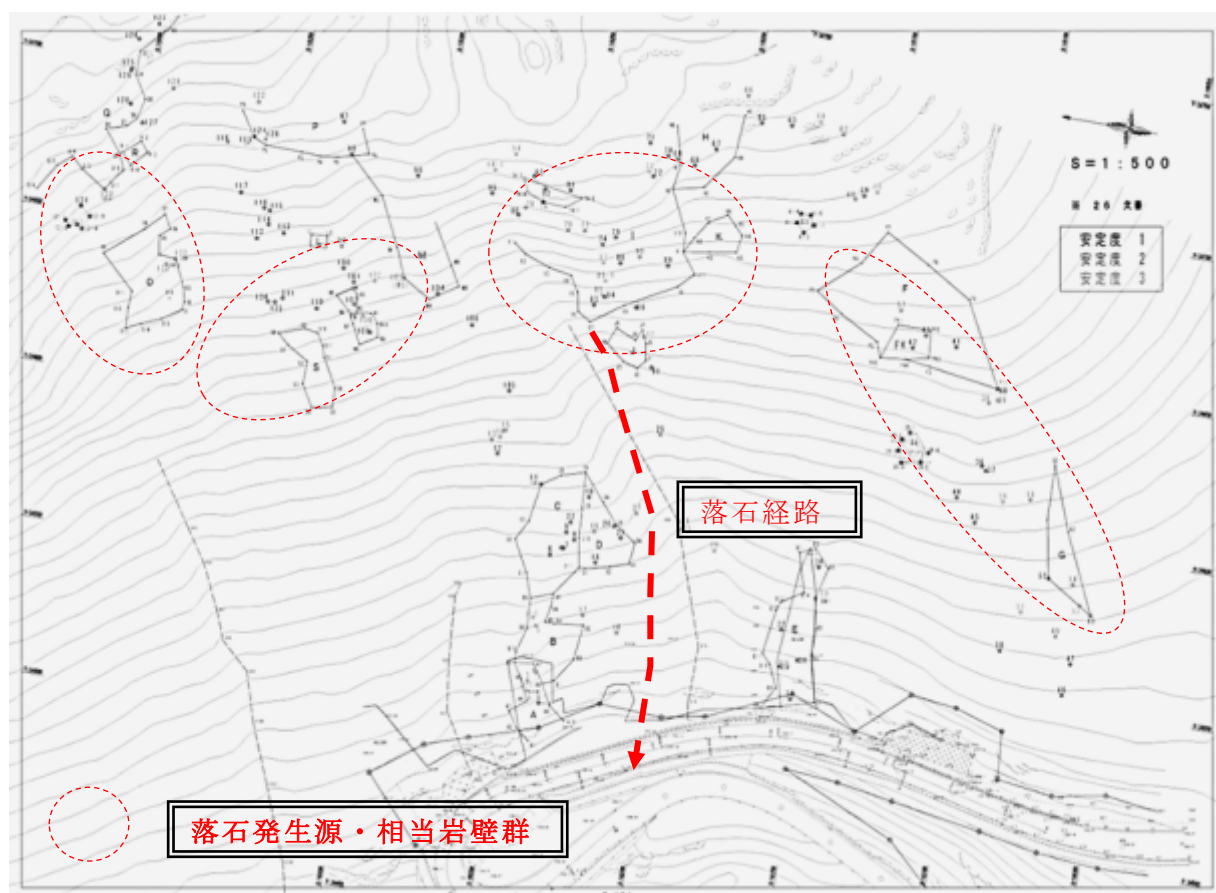


図 5-6. 落石災害箇所と既存の落石発生源の現地調査図

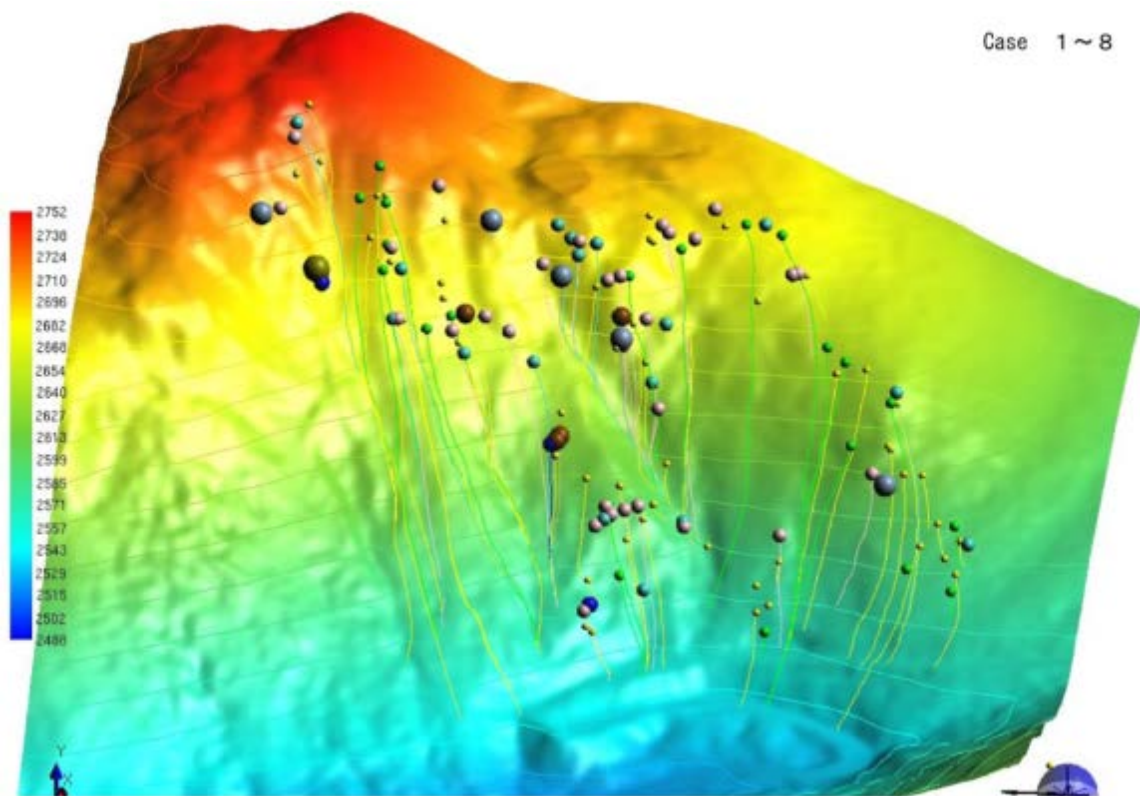


図 5-7. 現地調査から求めた落石発生源と地形解析図を用いた落石シミュレーション

以上のように、詳細地形データを利用して落石シミュレーションをより有効的に利用することで、今まで調査が困難であった落石危険箇所においても調査・対策工検討が可能となり、有効な対策工が実施できない箇所でも落石対策が可能となった。

【参考文献】

- 1) (社)日本道路協会：平成8年度道路防災総点検要領，1996
- 2) 浅野憲雄・杉井俊夫・山田公夫斜面勾配から見た落石危険個所の抽出法，土木学会中部支部研究発表会概要集，pp.237-238，2011
- 3) 浅野憲雄・杉井俊夫・山田公夫接峰面図から見た落石発生源の検討，第46回地盤工学研究発表会講演集，pp.1891-1892，2011
- 4) 浅野憲雄・杉井俊夫・山田公夫地形解析による落石危険箇所の判定法について，第47回地盤工学研究発表会講演集，pp.1775-1776，2012
- 5) 沢田和秀・森口周二・田中貴大・浅野憲雄・岩田麻衣子詳細数値標高モデルとGISを用いた山岳道路盛土の抽出，地盤工学会中部支部，第25回中部地盤工学シンポジウム，2013
- 6) 小野田敏・高山陶子・沼田洋一・豊山孝子・佐々木靖人航空レーザー計測およびGISによる斜面防災への応用，日本測量調査技術協会，2002
- 7) 山田 晃・栃本 泰浩・千田良道航空レーザー測量を用いた地質調査事例，全地連「技術フォーラム2011」京都，2011
- 8) (社)日本道路協会：落石対策便覧に関する参考資料，(社)日本道路協会，2002
- 9) 浅野憲雄・杉井俊夫・山田公夫，構造物の安全性・信頼性、Vol.7, JCROSSAR2011 論文集 (A 論文)，pp637-642，2011