

# 点群データを用いた3次元落石シミュレーションによる落石の 衝撃力及び跳躍高の可視化

Visualization of rockfall impact force and jumping height by 3D rockfall simulation using point cloud data

美馬健二\*, 川浪聖志, 太田英将 (有限会社太田ジオリサーチ)

Kenji MIMA\*, Seishi KAWANAMI, Hidemasa OHTA(Ohta Geo Research Co.,Ltd.)

キーワード: 点群データ, 3次元落石シミュレーション, ヒートマップ

Keywords: Point cloud data, 3D rockfall simulation, Heat map

## 1 はじめに

落石防護柵の設計は、主に落石の跳躍高と衝撃力に応じて、落石防護柵の規格を検討する。落石の跳躍高や衝撃力は、地形の凹凸等の影響を受けやすく、経験則だけで正確に求めることは困難であり、定量的に予測する方法として、主に質点系の2次元落石シミュレーションが行われている。

落石は地形の凹凸により経路や跳躍高が大きく変化する。切土法面のような単純斜面であれば、2次元落石シミュレーションでも再現性はあると考えられるが、落石が懸念される自然斜面は、複雑な地形を呈していることが多く、落石現象を再現させるには、3次元地形情報を用いた3次元落石シミュレーションを行う方が合理的であると考えられる。

近年、測量技術が急速に進み、数cmといった高密度で凹凸を表現できる3次元地形点群データ(以下、点群データ)を取得することができるようになった。そこで、筆者らは、高密度な点群データを用いて、3次元落石シミュレーションを行い、落石経路、衝撃力、跳躍高を検討するとともに、落石が道路に達しやすい区間を示すヒートマップを作成した。

## 2 3次元地形点群データ

3次元地形点群データは、LPで計測したDEMデータを用いた。樹木等を除去した点群の間隔は、0.1~4.0mである。この点群データから最小長0.1mの三角網データ(図1)を作成し、3次元落石シミュレーションに用いた。

## 3 3次元落石シミュレーションの概要

3次元落石シミュレーションの解析は、Rocscience社のソフトウェア「RocFall 3」を用いた。このソフトウェアは、同社の2次元落石シミュレーションの「RocFall 2」を拡張したものである。

反発係数等の地盤特性は、岩盤、崖錐、アスファルトの3層に分け、図1のように設定した。地盤特性の設定値の一覧を表1に示す。

落石発生源は、図1の赤線で示すように、道路延長約270mに隣接する斜面の遷急線付近とし、重量2.6t/個の転石を900個並べた。遷急線を落石の開始点とし、3次元落石シミュレーションを実施した。

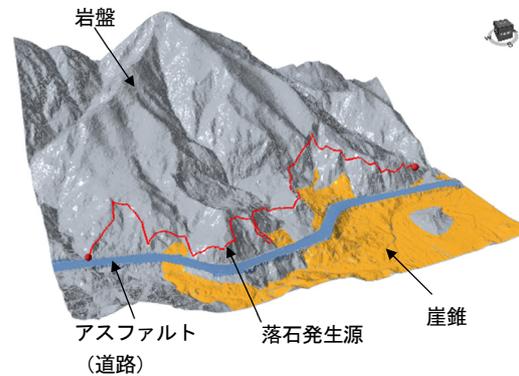


図1 地盤特性と落石発生源の設定

表1 設定した地盤特性一覧

地盤種類 設定値	岩盤 <sup>1)</sup>	崖錐 <sup>1)</sup>	アスファルト
反発係数	0.35	0.32	0.4
接線方向の 速度比	0.85	0.8	0.9
摩擦角(°)	30	30	30

## 3 3次元落石シミュレーション結果及び考察

### (1) 落石経路と衝撃力の検討結果

図2は、3次元落石シミュレーションによる落石経路及び衝撃力を示した鳥瞰図である。各経路の衝撃力をグラデーション色で表現しており、赤色で示す箇所が、衝撃力が大きい落石経路である。

### (2) 跳躍高の検討結果

図3は、落石の跳躍高が2.0mを超える軌跡を着色して示したものである。跳躍高で色分けすることによって、跳躍高に応じた合理的な落石防護柵高を適用することができる。また、中には、図4のように小尾根を越える落石もあった。このような軌跡は、2次元落石シミュレーションで再現することは難しく、3次元落石シミュレーションの優位性が確認できた。

### (3) ヒートマップの作成

図5は、落石が地面に接する頻度分布を示したヒートマップである。落石が道路に達する区間と達しない区間を容易に判定できるため、落石対策が必要な範囲が一目瞭然である。同図により、赤枠で示す2つの区間で、落石が道路に達しやすいことが分かった。

### 4 まとめ

本研究により、3次元落石シミュレーションを行えば、落石対策が必要な範囲及び規格を合理的に選定することが容易であることが分かった。3次元落石シミュレーションは、落石対策の検討を強力

にサポートするツールであることから、今後一層の活用が期待できる。これまでは、現地踏査により落石の位置を特定し、人為的に抽出した代表断面を用いた2次元シミュレーションにより落石対策を検討することが一般的であった。しかし、詳細な点群データの取得が可能となったBIM/CIM時代においては、3次元落石シミュレーションによる落石対策の検討が主流となるものと考えられる。

### 参考文献

1) (社) 日本道路協会 (2002) : 落石対策便覧に関する参考資料-落石シミュレーション手法の調査研究資料, p.243.

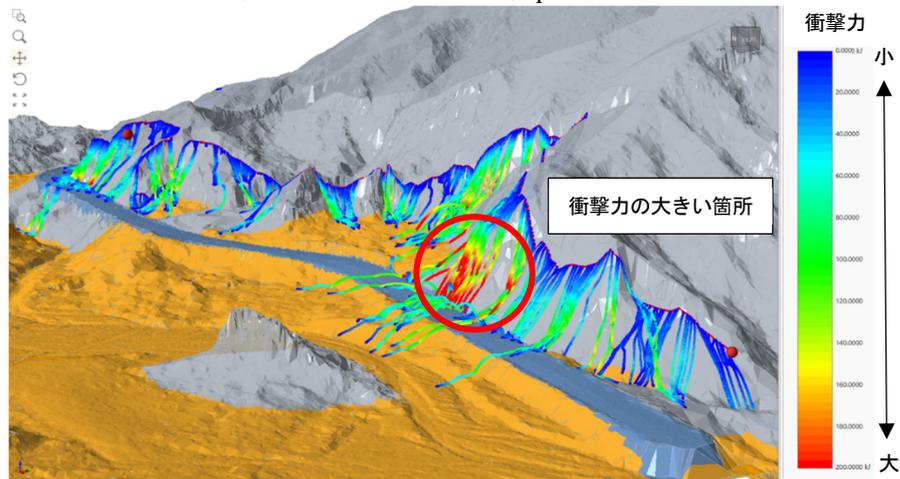


図2 3次元落石シミュレーション結果 (落石の軌跡に衝撃力をグラデーション色で表示)



図3 落石の跳躍高が2.0mを超える軌跡の抽出

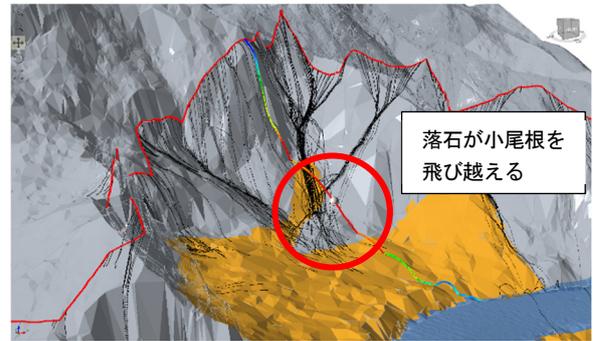


図4 落石が小尾根を飛び越える現象

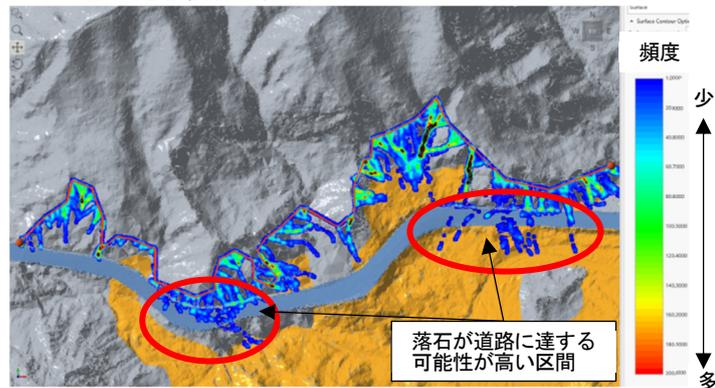


図5 落石が地面と接触する頻度をヒートマップで表現