

## グリッドデータに基づいた土砂移動現象のリスク評価方法

岡山理科大学 正会員 ○佐藤 丈晴

### 1. 目的

航空レーザー測量に基づいたグリッドデータ（以下グリッドデータと記述する）の出現によって、微細な地形変化を表現でき、多くの地形解析図が提案されている。さらに、これらの地形解析図や画像から、人工知能（AI , Artificial Intelligence）を用いて微地形抽出方法が提案され始めた。その一方、AI を用いた提案の多くは、解析するまでに膨大な画像データが必要になる等、コストの面から実務的でないケースが多い。本研究では、低コストで土砂移動現象のリスクを評価する方法を提案する。

### 2. 提案手法

熟練技術者は、AI を用いずとも 1m 等高線図や地形解析図を眺めれば、土砂移動現象の原因となる崩壊リスクが高い場所を推定する。この技術は、崩壊が発生しやすい地形が特徴的な形状を呈することを理解し、地形図上に現れる変化を読み取っている。この地形形状を表現するため、評価対象グリッド周辺のグリッドデータを同時に抽出し、3 次元空間上に配列した 3 次元地形モデルを構築する。さらに、標高値そのものではなく評価対象グリッドとの比高差を算出することによって、標準化した 3 次元地形形状を定量的に表現することができる（図-1）。この手法は画像を作成せず、グリッドデータに周辺標高値を加えるのみで解析データ作成することができ、データ作成コストを大幅に削減できた。

本研究では、航空測量で得られた 1m グリッドデータを使用し、評価もこの 1m グリッド単位で行った。図-1 で示した評価対象グリッドの周辺グリッドを 15×15 グリッド抽出した教師及びテストデータを作成し、最適な 3 次元地形モデルの範囲の検討に使用した。

### 3. 解析手法（ディープニューラルネットワークによる深層学習）

ディープニューラルネットワーク（DNN）を用いて、前章の 3 次元地形モデルを深層学習することによって、グリッドごとに崩壊のリスク評価を行う。DNN は、1) 入力層、2) 中間層、3) 出力層、以上の 3 層で数値計算を行う（図-2）。本研究では、グリッドデータを入力し土砂移動現象のリスク値を出力層から出力する。中間層は複数の層で処理を行い、最適な構造を決定する。

検証に用いる評価指標は、土砂移動現象のリスク評価を目的としているので、既往の崩壊地の見逃しを極力小さくし、かつ全体的な予測精度が高いモデルが有効である。そこで、下記二つの指標を採用した。

$$\text{正解率(Accuracy)} = \frac{\text{実際と予測が一致したグリッド数}}{\text{斜面の全グリッド数}} \quad \text{再現率(Recall)} = \frac{\text{崩壊箇所の内リスクが高いと予測したグリッド数}}{\text{実際の崩壊箇所のグリッド数}}$$

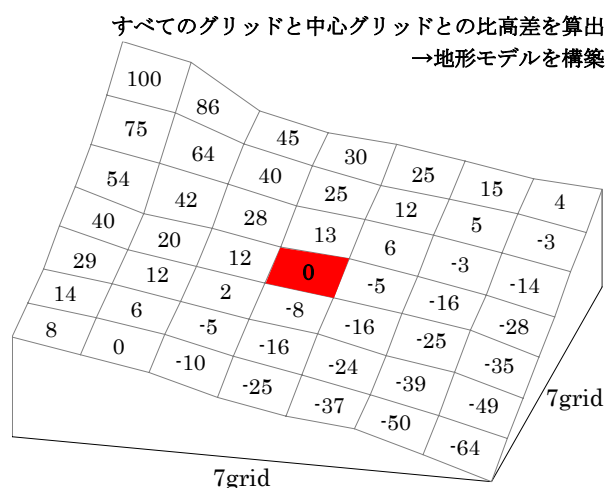


図-1 3次元地形モデル（7×7グリッド）

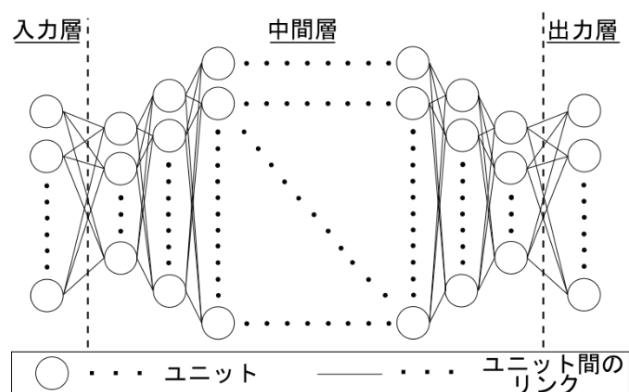


図-2 DNN のアーキテクチャ

キーワード 3次元地形モデル、グリッドデータ、AI、ディープニューラルネットワーク

連絡先 〒700-0005 岡山市北区理大町 1-1 岡山理科大学 生物地球学部 TEL 086-256-8431

#### 4. 解析モデルの構築と評価結果

モデル構築のために、平成 30 年 7 月豪雨で被災した広島県坂町の天地川流域を用いた。天地川流域を 5 つの小溪流に分割し、最適モデルを検討した。その結果、正解率は 92.1%，再現率 88.2%となった。最適モデルを図-3 に示した。周辺 15 グリッドの範囲で 3 次元地形モデルを構築することで、土砂移動現象のリスク評価を行うことができた。

この教師モデルを用いて、天地川流域の崩壊リスク箇所を検討した（図-4）。高リスク箇所と評価された場所はほぼ 0 次谷流域にあたり、塚本（1973）が提唱している土石流の発生源として知られている位置に当たる。異なるアプローチで評価された場所と類似した場所が高リスク箇所と算定したことから、算定結果は妥当な評価を出力したと言える。この評価をグリッド単位で評価することができた。

このモデルを岡山県内の R2 事前通行規制区間に適用した。図-5 は備前 IC から伊里中交差点に至る事前通行規制区間で、多くの土石流の発生源と目される溪流が道路に隣接している。この解析の結果、伊里中交差点に近い地域で、土石流の発生リスクがより高いことが示された。図中枠内の高リスク箇所の面積が広いことから不安定土砂が溪流に残積していることが見て取れる。道路防災点検とは別の視点から崩壊リスクを評価することができた。

#### 参考文献：

塚本（1973）侵食谷の発達様式に関する研究（I）豪雨型山崩れと谷の成長との関係についての一つの考え方，新砂防，第 87 巻，pp4-13。

#### 謝辞：

本稿執筆に当たり、現地調査に対して多大なご協力を頂いた岡山国道事務所、解析に使用した航空レーザ測量データを貸与頂いた林野庁にこの紙面を借りて深く感謝申し上げます。また、本研究は、日本学術振興会 科学研究費助成事業「点検技術者の視点に基づいた土砂災害発生のリスク評価手法の開発（JP:21K04616）」により行いました。ここに記して謝意を表します。

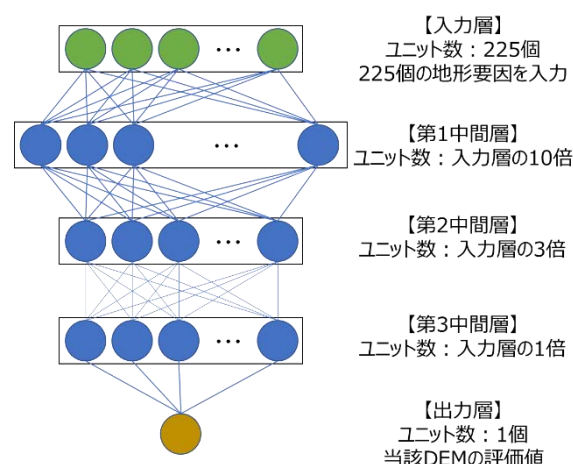


図-3 最適モデルの構造

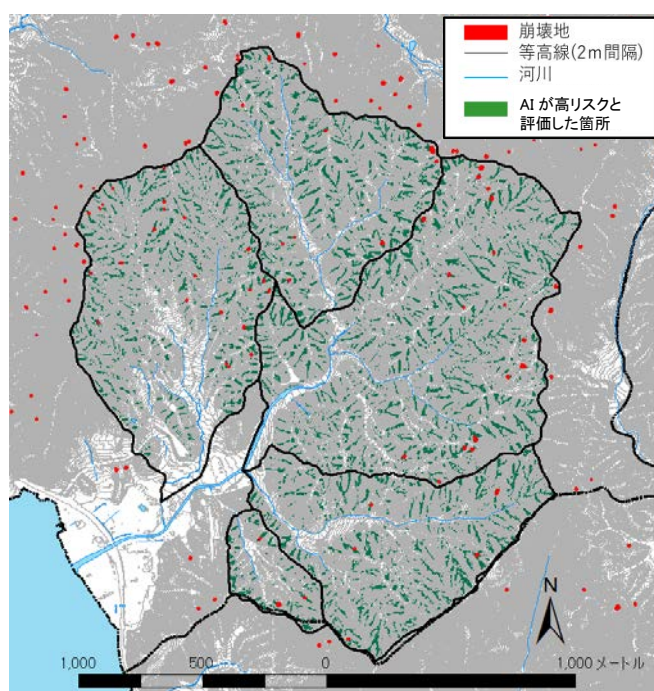


図-4 天地川流域における高リスク箇所の分布

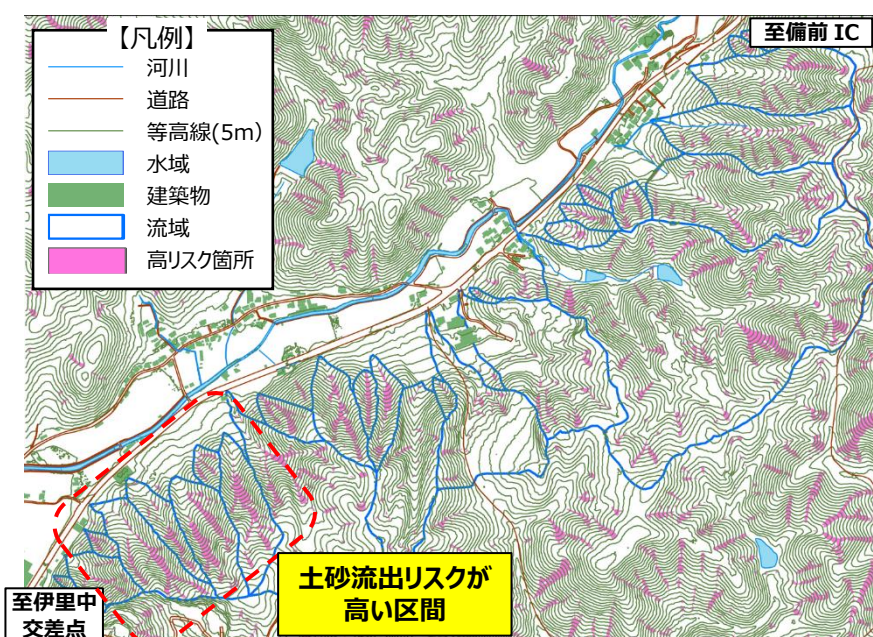


図-5 事前通行規制区間における土石流の高リスク箇所の分布