

# 航空レーザデータを用いた数値解析による地形変化点の機械抽出

国際航業株式会社 室井翔太

## 1. はじめに

我が国では、大規模な自然災害により甚大な被害が発生しており、近年ではそれが常態化しつつある。このような状況に対し、平成 25 年に国土強靱化基本法が公布・施行され、強くしなやかな国民生活の実現を図るために事前防災・減災や迅速な復旧・復興等に資する施策が取り組まれてきた。このような枠組みの中で、航空レーザデータの整備・活用による山地災害発生のおそれがある箇所の的確な把握および対策強化が推進されている。上記を実現するために、航空レーザデータから復元した細密な地形モデルを用いて微地形判読を実施し斜面の危険度を評価する手法があるが、近年の計測精度の向上から現地踏査・調査を実施する前に机上でかなり詳細な情報を得ることが可能となった。

しかし、微地形判読を実施するうえで、1) 地形学に精通した熟練判読者の確保およびそれにかかるコストや労力、2) 複数の判読者による記載量や解釈等の個人差、3) 同じ判読者でも地域的な記載量の差や判読漏れ、といった問題が生じる(図 1)。特に、熟練技術者は今後さらに減少する傾向にあり、1) の問題を解決するためには判読の機械化、さらには AI 化の実現が必要不可欠である。

そこで本発表では、航空レーザデータから作成した数値標高モデル(Digital Elevation Model; DEM)を用いて、地形が空間的に変化する地点(遷急・緩点や滑落崖等)を数値解析により機械的に抽出する手法を開発し、適用した事例について紹介する。なお、本手法は、現時点では最終的に判読者の解釈を要する判読補助図という位置づけであり判読の機械化に完全に移行されるものではないものの、判読者の知見を含みかつ高い客観性を有することから、前段で挙げた問題の飛躍的な改善が期待できる。

## 2. 機械抽出手法

本手法の機械抽出手順を図 2 に示す。本手法は、抽出対象とする地形変化点の教師データを準備し、DEM から表現される地形量(平均傾斜・傾斜の標準偏差)のうち教師データに該当する部分を算定(地形変化帯)して全範囲に適用するものである。

地形量を算出する際に、本手法では DEM の 1 つの格子点に対する計算範囲(窓領域)を設定する。これは、細密な地形モデルの復元により微地形の表現が可能となった一方でノイズも少なからず存在する DEM に対し、微地形表現を維持しつつノイズの影響を低減させるためである。窓領域設定の有効性を示すために、図 3 に地形モデルの復元手法による違いを示す。1m 間隔の DEM を 10m の窓領域で移動平均化した DEM から復元した地形モデルの場合、1mDEM および 10mDEM と比較して、ある程度微地形情報が保持され、かつノイズが低減されていることが分かる。

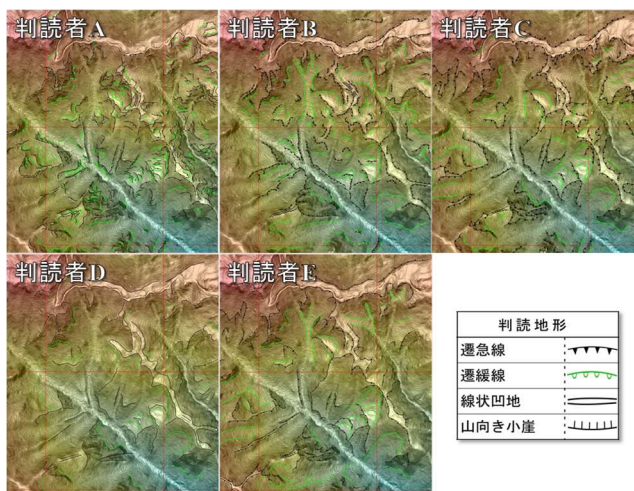


図 1 複数の判読者による判読結果の比較

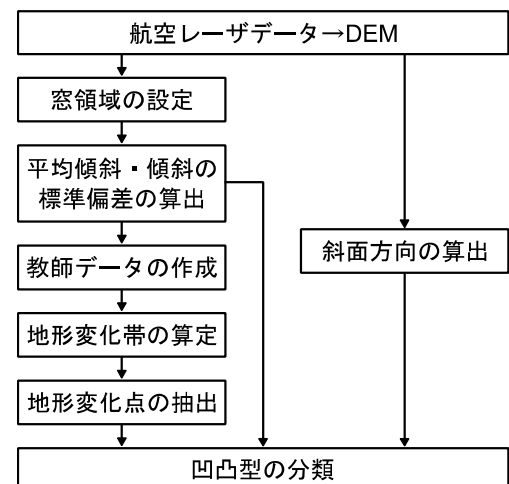


図 2 機械抽出手法の手順

また、地形量を示す指標として平均傾斜および傾斜の標準偏差を用いる。ここで重要な点は、地形変化点の前面および背面に広がる斜面を表現する指標が、概ね同等である場合を考慮し、2つの指標を組み合わせていることである。例えば、地表面傾斜が概ね同等の連続する2つの斜面について、流れ盤と受け盤という地質構造の違いがある場合、地形面の凹凸度で斜面の違いを評価することが可能である。なお、傾斜は格子点における最も簡易な差分近似であり、その平均は微地形情報の保持およびノイズ低減の実現に適していることから、平均傾斜を採用した。傾斜の標準偏差については、地形凹凸の度合いに関して値の正負による区別等がない1つのレンジで表現できることから採用した。

### 3. 適用事例

#### 3.1 対象範囲

熊本地震（平成28年4月14日発生）直後の4月17日に自社計測した、阿蘇大橋周辺（熊本県南阿蘇村立野・河陽地区）の航空レーザデータを用いて本手法を適用した事例について示す。当該範囲付近では地震後に阿蘇大橋西方の山地斜面で大規模な斜面崩壊が発生したほか、複数箇所斜面崩壊が発生した（図4）。

当該範囲付近は、産業技術総合研究所の20万分の1地質図幅「熊本」「大分」によると、熊本県中北部を流れる一級水系の白川および黒川を境に、西側には主に第四紀中期更新世の先阿蘇火山岩類・塔ノ坂安山岩(Q2vb)で構成された山地が分布し、阿蘇大橋西方の大規模崩壊もこれに含まれる。一方で、東側には主に第四紀後期更新世の阿蘇火山中央火口丘群(Q3vf)が分布する。これらの地質構造の違いは、1mDEMから復元した傾斜分布図にも表れており、Q2vb分布域はQ3vfに比べて全体的に急傾斜である（図5）。また、Q2vb分布域内でも、東西に流れる白川の北側は透水性の高そうな滑らかな斜面であるのに対し、南側では露岩や開析谷の発達が顕著であるといった違いがある。これは、地質図が小縮尺のため一括されているが、厳密には地質構造が異なる可能性を示唆する。

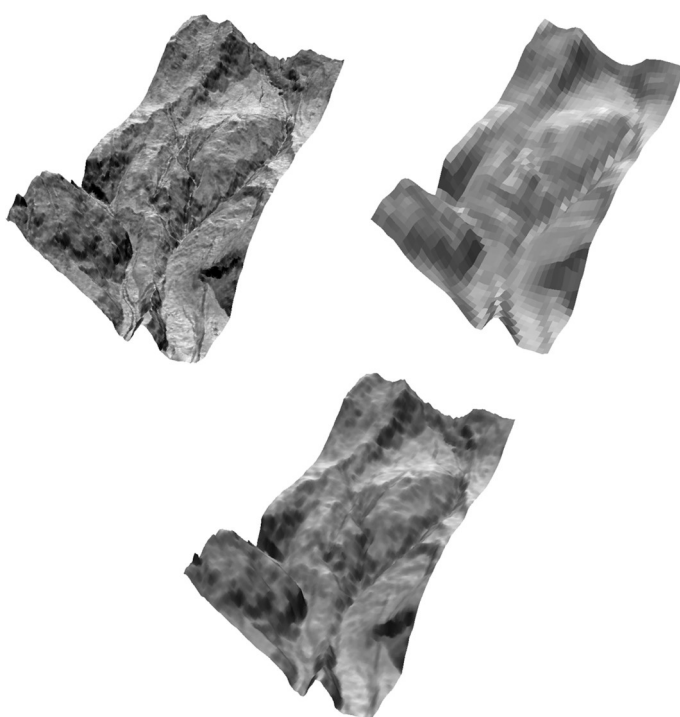


図3 地形モデルの復元手法の違い（左：1mDEM、右：10mDEM、下：1mDEMの10m平均化）

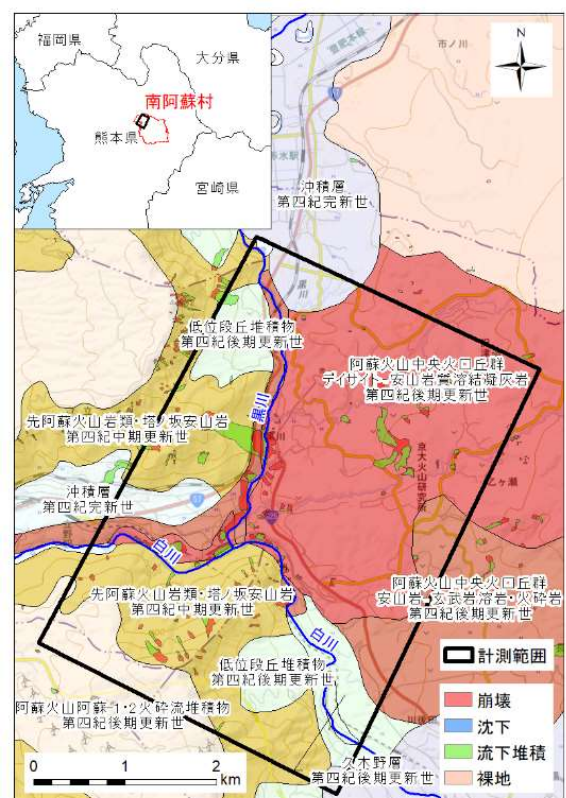


図4 適用事例の対象箇所状況

### 3.2 機械抽出結果

地質構造によって地表面の状況が大きく異なることから、地質区分毎に機械抽出手法を適用することとした。そのため、教師データも地質区分毎に準備した。図 5 に、Q2vb および Q3vf 分布域でそれぞれ準備した教師データを示す。なお教師データは、抽出対象とする地形変化点の前面および背面に広がる連続する斜面 A・B の組合せを指す。

教師データの範囲内に含まれる平均傾斜と傾斜の標準偏差の関係を図 6 に示す。ここでの教師データは、斜面崩壊の滑落崖あるいは側方崖を地形変化点としたため、平均傾斜のみでも概ね分離が可能である。しかし、線形判別分析により算定した斜面 A・B の境界付近（地形変化帯）が右肩下がりを示すことから、地形を区分するうえで凹凸度も重要な指標であるといえる。

Q2vb・Q3vfの各地質帯に対し、地形変化帯を用いて抽出した地形変化点を図 7 に示す。教師データの適用範囲を地質帯で分けたことで、斜面の傾斜や起伏等が異なる Q2vb・Q3vfのいずれの地質帯でも、斜面崩壊の滑落崖や崩落箇所を抽出することができた。

### 4. まとめと今後の展望

航空レーザデータを用いた数値解析により地形変化点を機械的に抽出する手法を開発し、熊本県の阿蘇大橋付近に適用した。なお、航空レーザデータから復元される地表面の分布状況は、主に地質構造の違いによって異なるため、地質帯別に教師データの準備および地形変化点の抽出を行った。その結果、判読者の知見を含み、かつ客観性の高い地形判読補助図を作成することができた。

本手法を新たな現場に適用する際、改めて教師データを準備する必要がある。しかし今後、地形地質や DEM 間隔、窓領域等の条件に合わせた教師データが整備できれば、機械抽出の完全自動化が可能となる。

また、現時点では判読補助図に留まっているが、例えば任意メッシュにおける地形変化点の密度分布から斜面危険度評価を行うなど、発展した活用が期待できる。

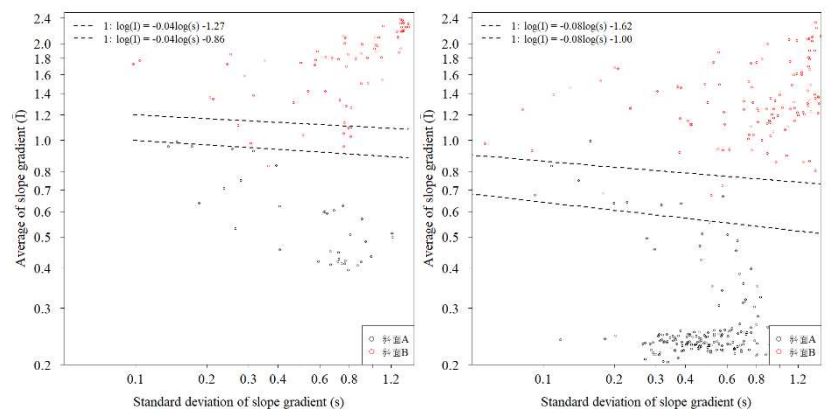


図 6 教師データでの地形量の関係（左：Q2vb、右：Q3vf）

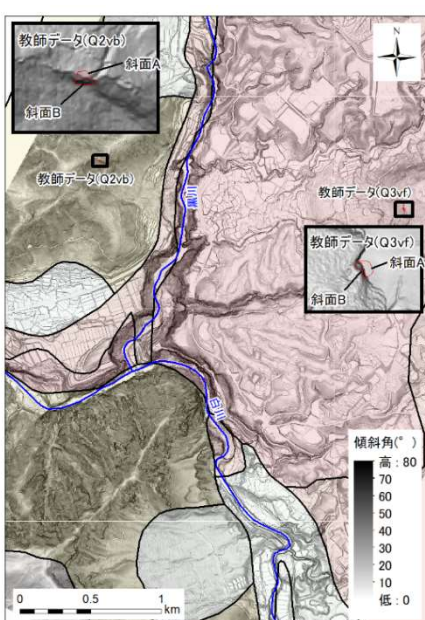


図 5 地表面傾斜分布と地質区分

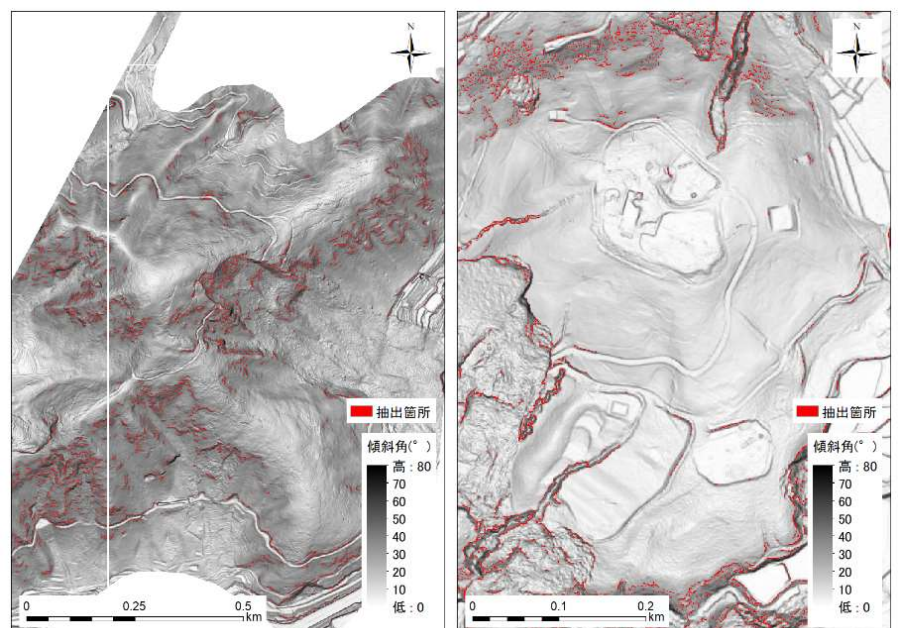


図 7 地形変化点の抽出結果（左：Q2vb、右：Q3vf）