

## 多時期の数値地形画像マッチングによる地表変動量計測技術の開発

### Development of new method for measurement of surface deformation, using multi-temporal digital geomorphic image analysis

向山 栄<sup>1\*</sup>, 阪上 雅之<sup>2</sup>

Sakae Mukoyama<sup>1\*</sup>, Masayuki Sakagami<sup>2</sup>

<sup>1</sup>国際航業, <sup>2</sup>国際航業

<sup>1</sup>Kokusai Kogyo Co., Ltd., <sup>2</sup>Kokusai Kogyo Co., Ltd.

地震による地盤変動で地表面に局所的に生じる1 mオーダーの変形や、地すべりなどで生じる緩慢な変位や小規模な変形を、面的に稠密にかつ効率よく把握することは、簡単ではない。そこで本研究では、高解像度DEMを用いた画像解析により、地表面の大規模な破壊を伴わない小規模な変動を、定量的にかつ容易に把握する新しい手法を開発した。

起伏のある地表面に任意の方向の変位があった場合、イベント前後のDEMの同じ座標点においては、鉛直方向の変位に伴う標高差と、傾斜面の水平方向の変位に伴う標高差が同時に発生する。2時期のDEMから容易に計算される標高差分値は、これらを分離していないので、地表面の移動量を正しく把握するには、同一地点の3次元の移動軌跡を得る必要がある。標高値以外に地表面の属性を持たないDEMからは、地物の種類を判定して同一点を特定することはできない。しかし、地表面の特徴を各種の地形量としてパラメータ化し、そこから得られた地形的特徴を何らかの手法で追跡すれば、任意の点における地表面の移動を再現できる。

本研究では、多時期のDEMから画像化した地形量を用い、画像マッチングの手法を応用して移動量を抽出する方法を開発した。画像は基本的に2次元平面であり、移動量の水平成分はオプティカルフローのような画像解析により抽出できる。さらにDEMから作成した画像は、すべての画素において標高値を持つので、画像上で算出した移動ベクトルの始点と終点の標高値から鉛直成分を算出することができる。このような計測可能な画像を、本研究では数値地形画像と呼ぶ。計測に画像を用いる利点としては、次のような点が挙げられる。

- ①形状に変換された特徴を追跡するので、個々の追跡点を同定する複雑な判別値が不要。
- ②既存の各種の画像マッチング手法を応用することができる。
- ③面的な画像情報により変化を抽出するので、画像上の変化の肉眼視による認識との照合が容易。

また従来の変位計測手法には無い大きな利点として、地上における観測機器や特定の計測点の連続観測が不要であり、無作為に抽出される多数の計測点によって変動量を面的に把握できることがある。

画像を作成する地形モデルには、航空レーザ測量などにより作成できる高解像度DEMを用いる。大地震時などには広域的な地殻変動が発生するため、測量基準点の移動、および計測領域内のバックグラウンドとなる地殻変動について、鉛直成分と水平成分の補正を行う必要がある。マッチングを行う数値地形画像は、局所的な地形的特徴を良く表し、方位異方性が無い地形量から作成する。画像マッチングには既存の各種の方法があるが、本研究では流体計測を目的に2次元画像解析用に開発されたPIV法を適用し、数値地形画像の3次元解析に使用できるように改良した。画像解析は、画像内を移動する検索領域内で複数の移動部分を抽出後、それらを平均して移動ベクトルを算出した。画像マッチングにおいてはサブピクセル補間を行うので、通常はピクセルサイズの1/10程度の変位を算出できる。本研究では2m×2mのグリッドサイズを1画素とした

ので、計算上は20cm程度の変位を算出するが、地形計測の誤差が±30cm程度であること、さらにその他の誤差を考慮すると、抽出できた変位量は±50cm程度と考えられる。

この手法を平成20年（2008年）岩手・宮城内陸地震時の地表変動に適用し、地震前後の2mDEMから作成した傾斜量図を用いて解析した結果、震源域における大規模なマスムーブメントの領域を特定できた。また基準点の改測結果等を用いて広域的な地殻変動の補正を加えることにより、既存の地すべり地形に対してより調和的な地表面の移動方向を再現することができた。本計測手法は、クリープ性の地すべりや、火山体の遷移的な変形などの計測にも有効と考えられる。

キーワード: DEM,航空機レーザ計測,画像解析,マスムーブメント

Keywords: Digital Elevation Model, airborne laser scanner, image analysis, mass-movement