

Postseismic deformation caused by the 2024 Noto Peninsula earthquake

*Hisashi SUTO¹

1. GSI of Japan

1. はじめに

令和6年1月1日に発生した令和6年能登半島地震によって中日本全域に渡って大きな地殻変動が観測された。引き続いて余効変動も観測されている。余効変動のメカニズムには余効すべり、粘性緩和、間隙弾性緩和等があるが、本稿では主に粘性緩和による変動の詳細について報告する。

2. 余効変動の特徴

余効変動は、地震後1か月間が最も大きく、その後は徐々に減衰している。地震後6か月間の変動に対し、初めの1か月間の変動は4、5割程度の大きさとなっている。水平変動は、ほぼ全域で北西方向の変動が卓越している（図1左上）。ただし、能登半島の北西岸の一部地域で、ほぼ0もしくは東向きの変動が観測されている。また、震源域より北西側に唯一位置する舳倉島観測点では南東向きの変動が観測されている。上下変動は、能登半島全域で沈降が観測され、その周辺域に当たる富山県、新潟県では隆起が観測されている（図1右上）。こうした余効変動の空間パターンは、地震時の変動パターンと比べると、能登半島北岸で大きく異なっている。地震時には能登半島の変動が周辺域（富山県、新潟県）に対して圧倒的に大きく、変位の大きさの比は10倍程度あったが、地震後の変動では数倍程度である。変動の方向も能登半島では、地震時には西北西から西南西の方向であったのに対して、地震後は北西方向の変動が卓越している。さらに上下変動は、地震時には能登半島北西岸の大きな隆起が特徴的であったが、地震後は地震時に大きく隆起した場所を含めて能登半島全域で沈降が卓越している。それに対して、震源域周辺（富山県、新潟県）では、地震時、地震後ともに隆起が観測されている。

3. 粘性緩和による変動の特徴

粘性緩和による変動は、粘弾性構造および粘性率に大きく依存する。本稿では、水平二層モデルを仮定し、最適な弾性層の厚さと粘性率の値を算出した。粘弾性モデルはマクスウェルとバーガーモデルの2つを検討した。バーガーモデルの場合には、剛性率と粘性率がそれぞれ2つ（ケルビンとマクスウェル）があるが、粘性率の比（ケルビン／マクスウェル）は0.1に、剛性率の比は1.0とし、特に明示しない限りマクスウェルの粘性率の値のみを示す。

地震後6か月間の水平、上下変動のデータ、震央から200km以内の観測点を使用し、水平成分および上下成分の残差が最も小さいパラメータを検討した結果、バーガーモデルの場合には、最適な弾性体の厚さは35 km、粘性率は $4 \times 10^{18} \text{ Pa} \cdot \text{s}$ であった。マクスウェルモデルの場合の最適値は、弾性体の厚さは35 km、粘性率は $1 \times 10^{18} \text{ Pa} \cdot \text{s}$ であった。マクスウェルモデル場合には、6か月間のパターンは再現できるものの、変動量や時間変化はほとんど再現できていない。特にはじめの大きな沈降を再現することは難しい。そのため、以後はバーガーモデルの場合の結果について報告する。

粘性緩和による変動の特徴は、震源域に向かう方向の水平変動、すなわち、能登半島南岸および富山県、新潟県では北西方向、能登半島北西側の海域で南東方向である（図1下）。上下変動は、震源域を中心に沈降し、その周辺領域で隆起、すなわち、能登半島北岸を中心に沈降し、富山県から新潟県での隆起が特徴である。空間パターンだけ見ると、いずれの特徴も観測されている余効変動と調和的である。パラメータの一つである弾性層の厚さによって、上下変動の空間パターンはかなり異なる。弾性層の厚さが薄い場合には、変動が震源域に集中し、沈降域が能登半島に限定される。逆に厚い場合には、変動が広域に広がり、沈降域は能登半島から周辺の海域に広がり、隆起のピークは富山県から新潟県の沿岸にかかるようになる。

粘性緩和によって地震後6か月間の観測された変動の空間パターンおよび時間変化はほぼ再現できている。しかしながら、残差を見ると、特に能登半島北岸と佐渡島で観測値を説明しきれておらず、粘性緩和のみで観測値をすべて説明することは難しい。おそらく余効すべりの影響だと考えられる。今後、余効すべりの推定に取り組んでいく予定である。

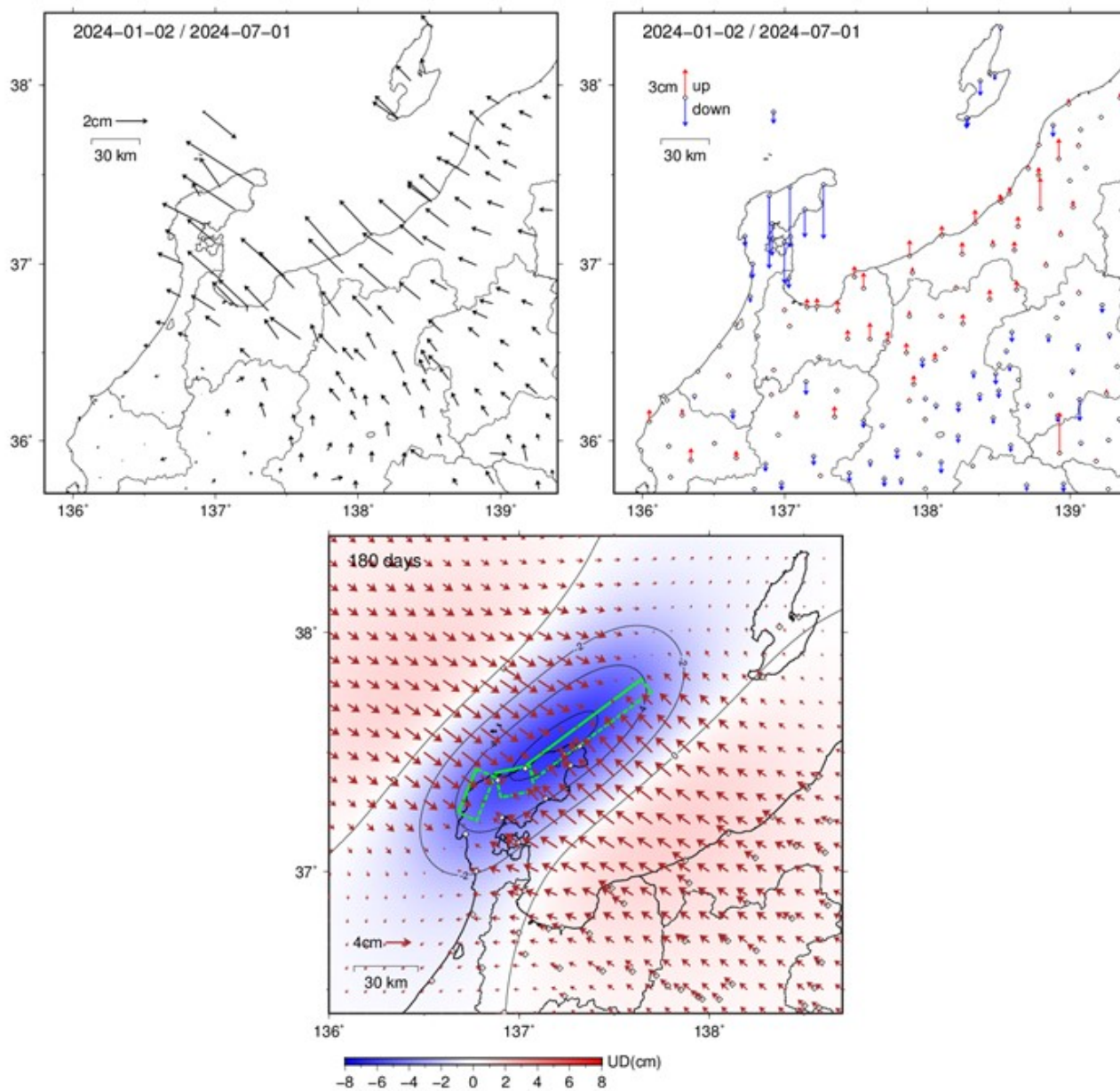


図1. 地震後6か月間の地殻変動。(左上)水平変動の観測値。(右上)上下変動の観測値。(下) 最適モデルによる粘性緩和による変動の計算値。