

# 1) - 2 島弧地殻における変形・断層すべり過程のモデル構築 【安全・安心】

## Development of models for deformation and fault slip processes in the island arc crust

(研究開発期間 平成 26 ~ 30 年度)

国際地震工学センター 芝崎 文一郎  
International Institute of Seismology and SHIBAZAKI Bunichiro  
Earthquake Engineering

We develop models of deformations of whole island arc to specific areas that can explain observed stress and strain, and furthermore develop the generation of large inland earthquakes. We first develop the non-uniform rheological structure model based on the petrological structure, geofluid distribution, temperature distributions and experimental results and model the deformation and stress field over the whole island arc due to the generation of the 2011 Tohoku-oki earthquake. Afterwards, analysis of observed crustal deformation is conducted to clarify how the deformation is progressed in the island arc. Then, the deformations and stress field will be modelled by taking into account the detailed non-uniform rheological structure for target areas. Furthermore, the model of fault slip process that considers the friction and flow processes will be developed based on experimental results. By the above mentioned research, we aim to understand the deformation process of both whole island arc and specific areas and then the generation process of large inland earthquakes.

### 【研究開発の目的及び経過】

本研究では、日本列島域における高精度の観測情報を基に媒質のレオロジー構造を推定し、東北沖地震に伴う余効変動のモデル化を行い、観測事実と比較することで粘弾性構造や余効すべりを求める。さらに、東北日本弧における地震サイクルに伴う変形や、絶対応力場のモデル化を行い、観測事実と比較することで、島弧海溝系の変形と応力場を先らかにする。

次に、特定の領域（東北地方脊梁山脈周辺、新潟神戸歪集中帯や山陰歪集中帯）を対象に、高精度の変形と応力場のモデル化を行う。さらに、脆性延性遷移や圧力溶解クリープ等の地質学・実験岩石力学的知見を取り入れた断層すべり過程のモデル化を行う。以上の研究により、東北沖地震後の広域にわたる内陸変動、特定の領域の変形過程や応力場、さらに、大地震の発生過程の理解を目指す。

### 【研究開発の内容】

本研究では、以下の研究を実施することで、現実的な媒質特性を考慮した変形過程と断層すべり過程のモデルを構築し、シミュレーション結果と観測される歪・歪速度や応力場と比較することで、島弧内陸における変動を統一的に解明する。

1) 東北沖地震による島弧・海溝系における広域変形過程のモデル構築：日本列島域における高精度の観測情報

から、岩石学的構造、温度構造、水の分布を推定し、不均質レオロジー（粘弾性）構造モデルを構築する。構築した粘弾性構造モデルを用いた余効変動の計算結果と観測データを比較することで、最適な島弧地殻・上部マントルにおける粘性係数と余効すべりを推定する。推定された結果を基に、余効変動の推移を予測する。また、プレート境界において地震時すべり、余効すべり、固着のサイクルを境界条件として与えることで、長期的な変形と応力変動をモデル化する。

2) 特定の領域の高精度変形過程のモデル構築：特定の領域の詳細な変形過程と断層すべり過程のモデル構築を行う。応力班や変形班により応力場や変動場が観測から明らかにされている東北地方脊梁山脈周辺や新潟神戸歪集中帯（越後平野付近）等を対象に、詳細なレオロジー構造を推定し、東北沖地震前・地震時・地震後の変形過程と応力場のモデル化を行い、歪集中帯の成因と変形メカニズムを明らかにする。

### 【研究開発の結果】

1) 東北沖地震による島弧・海溝系における広域変形過程のモデル構築

①東北沖地震による余効変動のモデル化

東北地方火山フロント周辺では、2011 年東北沖地方太平洋沖地震後の余効変動において歪異常（短縮歪）が生じている (Miura et al., 2013)。本研究では、不均

質な粘性構造を考慮した有限要素法によるモデル化により歪異常の再現を試みた。地温勾配の観測データ(図 1a)に基づき、温度構造を推定し粘性係数を求めた。図 1b は仮定した深さ 30 km における粘性係数の分布を示す。すべり分布は初期の余効すべりも考慮して広域に与え(図 2a)、1 年後から 2 年後の間における面積歪の計算を行った。火山フロント周辺において粘性係数が小さくなっている領域に対応して、歪異常(短縮歪)が生じる様子を再現することができた(図 2b)。本結果は Miura et al. (2013)により得られた結果と調和的である。

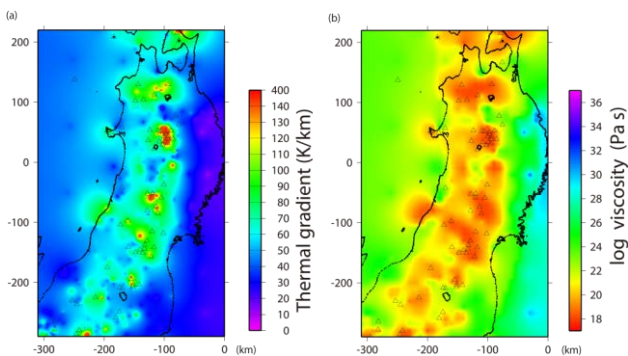


図 1 (a) 地温勾配の分布 (Matsumoto, 2007; Tanaka et al., 2004)。 (b) 深さ 30 km における粘性係数の分布。三角印は第四紀火山を示す。

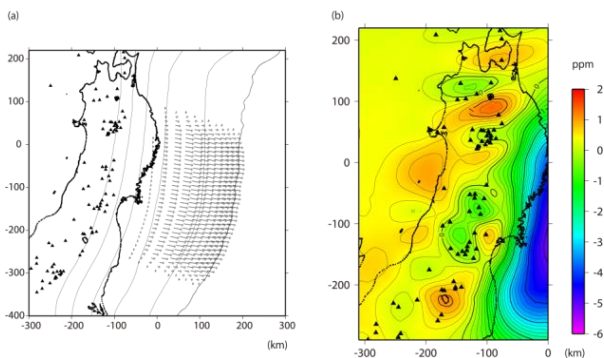


図 2 (a) 仮定したすべり分布 (矢印は上盤側の動きを示す、最大値は 40m)。 (b) 有限要素法計算により再現された 1 年後から 2 年後の間における面積歪の分布。

### ②東北沖地震後半における東北日本前弧域の沈降メカニズム

有限要素法を用いた巨大地震サイクルに伴うプレート間固着と地震による変形場の二次元モデリングを行った。地震間に、2011 東北沖地震大滑り域のアスペリティ領域が固着し、アスペリティ以外の部分は自由にすべるように設定し、プレート境界深部延長部は粘性せん断帯 (shear zone) を設けた。そして、600 年毎に同アスペリ

ティに累積したすべり遅れを解消する巨大地震すべりを変位の食い違いとして与えることで、巨大地震サイクルのモデル化を行った。モデル計算の結果、巨大地震のアスペリティの固着が数百年にわたり継続することで、プレート境界深部のすべり欠損レートが時間とともに増加し、それに伴い前弧域の沈降速度が百年スケールで増加していくという結果が得られた。

### ③東北沖地震前後における絶対応力場のモデリング

有限要素法を用いたプレート沈み込み及び重力に伴う島弧-海溝系の絶対応力場の二次元モデリングを行った。媒質は粘弾塑性体を仮定。重力を物体力として考慮し、海水層を含めた詳細な密度構造・地形、及び不均質温度分布等に基づく不均質非線形レオロジーを考慮した。前弧海域下の上盤内では、「地形・密度構造から重力が作る引張力」・「定常沈み込みが作る曲げ応力」・「プレート境界の摩擦力」等により、浅部が引張・深部が圧縮の応力場が形成された。

### 2) 特定の領域の高精度変形過程のモデル構築

地温勾配等をもとに構築した不均質レオロジー構造を考慮した山陰歪集中帯のモデル化を行い、火山フロントに沿って歪集中帯が形成されることを明らかにした。歪集中帯に直交方向にも断層が形成されることが示された。

温度構造、堆積層等を考慮した中部日本における変形と応力場のモデル化を行った。これにより、新潟周辺の歪集中帯や飛騨山脈、関東山地等の山地形成過程を再現することができた。図 3 は塑性歪の分布を示す。新潟地域では塑性歪が集中している様子が理解できる。塑性歪の集中域で、内陸地震が発生しやすいと考えられる。

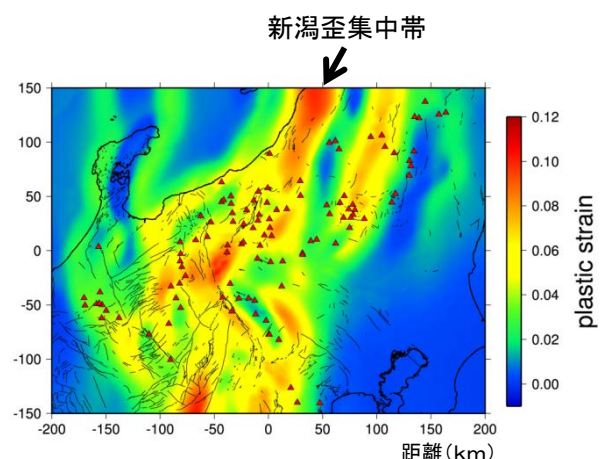


図 3 塑性歪の分布。