

1) - 3 島弧地殻における変形と応力蓄積過程のモデル化

ー内陸大地震発生過程解明に向けてー

Modeling of deformation and tectonic loading processes in the island arc crust: toward understanding the mechanisms of large inland earthquakes

(研究期間 平成 21~23 年度)

国際地震工学センター

International Institute of Seismology and Earthquake Engineering

芝崎文一郎

Bunichiro Shibazaki

For understanding generation processes of large inland earthquakes, it is necessary to investigate the tectonic loading processes due to interactions of plates along the plate boundaries and internal inelastic deformation and faulting processes in the island arc crust and uppermost mantle. The internal deformation and faulting processes are controlled by the non-uniform rheological structures in the island arc crust and uppermost mantle. The present study develop numerical models of the deformation and faulting processes in the crust along the Ou Backbone range, NE Japan region by considering the non-uniform rheological structures in the island arc crust.

【研究目的及び経過】

内陸大地震の発生機構を解明するためには、島弧地殻・最上部マントル内における非弾性変形と応力集中過程を解明する必要がある。本研究では、最近新しく開発した非線形有限要素法により、不均質なレオロジー構造を考慮した島弧地殻・最上部マントル内の変形過程と応力集中過程のモデル化を行う。このモデルでは、地殻深部・最上部マントルにおける非線形流動と、地殻上部の地震発生領域における弾塑性変形を考慮する。また、外力として沈み込むプレートの効果を含めたモデル化を実施し、沈み込み帯から島弧地殻内における変形過程と応力場のモデル化を行い、内陸大地震を引き起こす応力の蓄積過程を明らかにする。

【研究内容】

本研究では、まず、島弧地殻における非弾性変形と応力蓄積過程の 3 次元のモデル化を行い、不均質レオロジー構造が島弧地殻の変形と応力蓄積過程に果たす役割を明らかにする。次に、沈み込むプレートを考慮した島弧地殻の応力蓄積過程のモデル化を行い、沈み込み帯から島弧地殻における変形と応力蓄積過程を明らかにする。具体的には以下のモデル化を実施した。

- 1) 不均質レオロジー構造を考慮した島弧地殻における変形と応力蓄積過程のモデル化（東北日本脊梁山脈、中部地方、中越地域、中部地方、上町断層周辺）
- 2) 沈み込むプレートを考慮した島弧地殻への応力蓄積過程の 2 次元モデル（東北日本）

モデルにおいては、シミュレーションに必要となるレオロジー構造を規定するパラメーターの設定を行う。そのために、観測情報を基に、岩石構造、温度構造の空間分布を推定しレオロジー構造を決定する。次に、著者らが開発を行ってきた非線形有限要素法を用いたモデル化を行う。本モデルでは、地殻深部においては非線形粘弾性を考慮し、地震発生域ではモールクーロンの基準に従う塑性流動を考慮する。

【研究結果】

- 1) 不均質レオロジー構造を考慮した島弧地殻における変形と応力蓄積過程のモデル化
①東北脊梁山脈、岩手宮城内陸大地震周辺域の変形過程のモデル化

東北日本脊梁山脈周辺の、横手盆地東縁断層帯及び北上低地西縁断層帯を想定し、非線形有限要素法による三次元の変形と断層形成過程のモデル化を行った。地温勾配の情報から温度構造を推定するが、地震の下限を説明できるようにパラメーターの調整を行った。観測事実に基づき、奥羽脊梁山脈、出羽山地沿いで地温勾配を高く設定し、第四紀火山を考慮して、地温勾配が局所的に高い円形の領域を設定した。シミュレーションの結果、奥羽脊梁山脈を挟んで二つの塑性歪み集中域（逆断層帯）の形成が確認できた。この断層は地殻深部の非線形流動による短縮変形により形成される。火山地帯では、断層は火山の近傍に形成されているが、非火山地帯では、奥羽脊梁山脈の中心からやや離れたところに形成されるこ

とが確認できた。また、岩手・宮城内陸地震の断層に対応する逆断層の形成も確認できた。次に、地震サイクル間における応力集中過程のモデル化も行い、脆性—延性遷移領域の深さが変化する場所で応力が集中することが確認できた。

②東北脊梁山脈全域の変形過程のモデル化

非線形粘弾塑性有限要素法により、東北日本全域における地形と断層形成のモデル化を実施した。東北日本全域におけるモデル化においては、防災科学技術研究所の観測井の地温勾配と産業総合技術研究所がコンパイルしたデータを用いて温度構造を設定した（図1）。さらに、上部地殻、下部地殻、最上部マンツルの三層構造を設定して、モデル化を行った。それぞれの境界面の深さを図2に示す。これにより、東北日本全域に及ぶ脊梁山脈形成、断層形成、延性せん断帯の形成、さらには絶対応力場の再現を行った。図3に東西方向の短縮変形を与えた場合の相当応力の分布を示す。ホットフィンガーでは応力が低く、フィンガーの間の領域で応力が高くなっている様子が再現できた。また、大地震は応力が高い領域で発生していることが理解できる。

③中部日本における変形過程のモデル化

中部日本における地形形成のモデル化を実施した。中部日本では、特に飛騨山脈において、地温勾配が高い領域が存在する。飛騨山脈周辺では泉温も高いことが知られている。この地域においても、防災科研の観測井の地温勾配のデータを用いて温度構造を設定し、短縮変形を与えることで、地形形成のモデル化を行った。これにより、地温勾配が高い領域で顕著な隆起が生じることが示された。

④上町断層周辺域の変形過程のモデル化

上町断層は大阪周辺にある逆断層である。防災科研の観測井の地温勾配のデータでは、上町断層の東側で地温勾配が高くなっている。この地温勾配のデータを用いて温度構造を設定し、短縮変形を与えることで、地形形成のモデル化を行った。その結果、上町断層が存在する場所の周辺で変形が集中することがわかった。

2) 沈み込むプレートを考慮した島弧地殻への応力蓄積過程の2次元モデル

定常的に沈み込むプレートの効果を考慮して島弧地殻内に蓄積する応力のモデル化を行った。地温勾配の高い脊梁山脈の地下に応力が集中する様子が再現できた。

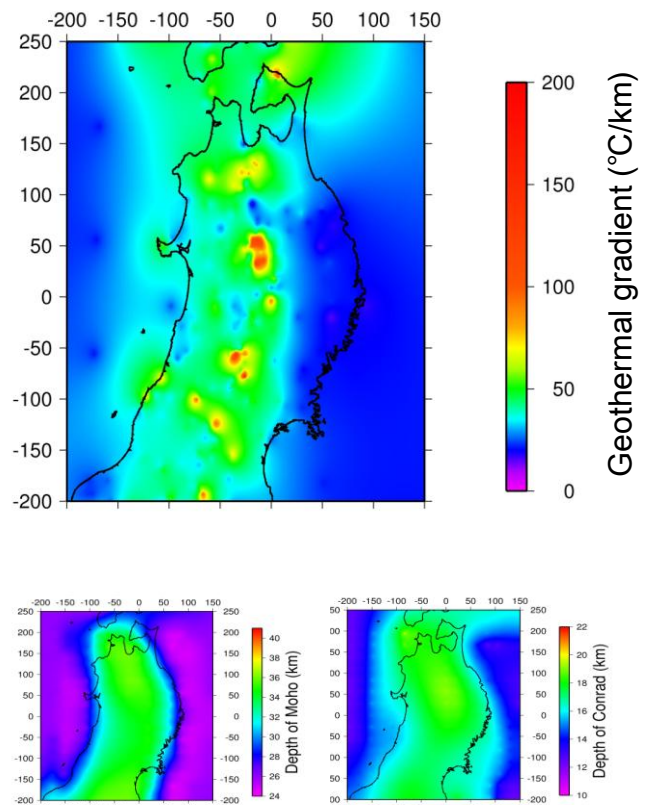


図2. シミュレーションで仮定したモホ面（最上部マンツルと下部地殻との境界）とコンラッド面（下部地殻と上部地殻との境界）。

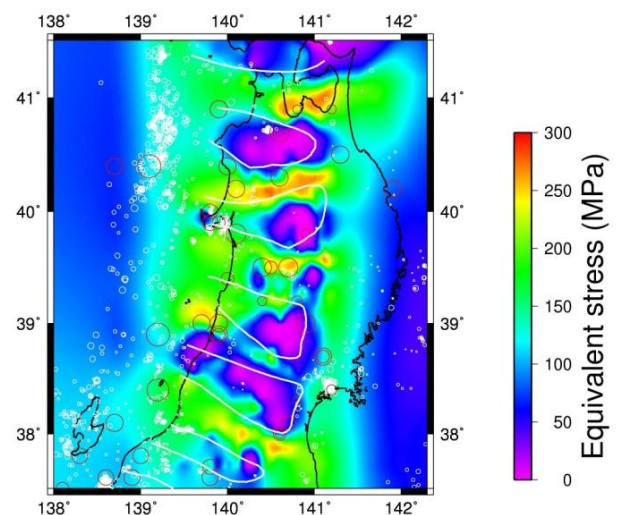


図3. 75万年間0.2cm/yearで短縮変形を与えた場合の相当応力の分布（深さ15km）。白線はホットフィンガー。白丸は震源（気象庁カタログより）。赤丸はM6.5以上の地震。