

## 1) 科学研究費助成事業

## 1) - 1 沈み込み帯における巨大地震発生サイクルと津波生成の総合モデル構築

## Development of integrated model of cycles of large earthquakes and tsunami generation along subduction zones

(研究期間 平成 24~27 年度)

国際地震工学センター

芝崎 文一郎

藤井 雄士郎

International Institute of Seismology  
and Earthquake Engineering

Bunichiro Shibazaki

Yushiro Fujii

We developed models of cycles of large earthquakes and tsunami generation along subduction zones. We first modeled cycles of mega thrust earthquakes along the Kuril subduction zone considering the effect of thermal pressurization. We also modeled cycles of mega thrust earthquakes along the Japan trench subduction zone by considering thermal pressurization and friction properties of shallow fault zone. Then, we obtained slip distributions of the 2011 Tohoku-oki earthquake and 1896 Meiji Sanriku Tsunami earthquakes by the inversion analysis of tsunami waveforms.

## 【研究目的及び経過】

2011 年東北地方太平洋沖地震 (Mw9.0) の発生により、日本列島周辺の沈み込み帯で巨大地震の発生が懸念されている。本課題では、断層のレオロジー特性を考慮した、巨大地震の発生サイクルモデルを構築する。また、巨大地震の津波波源モデル構築と津波シミュレーションを行い、巨大地震の発生モデルと津波生成の総合モデルを構築する。特に、東北地方太平洋沖、千島海溝や海外の沈み込み帯を対象にし、過去に発生した巨大地震の発生と津波生成のモデルを構築し、巨大地震の発生予測並びに津波危険度評価に資する。

## 【研究内容】

## (1) 地震発生サイクルモデル

千島海溝における沈み込みプレート境界では、十勝沖地震 (M8 クラス)、根室沖地震 (M7.5-8 クラス) の破壊域が存在する。また、17 世紀に十勝沖地震及び根室沖地震の震源域を含む M8.5 の巨大地震が発生したことが津波堆積物の存在範囲から推定されている。この巨大地震は 500 年に一回の間隔で発生することが明らかにされている。この巨大地震を再現するために、根室沖地震の浅部破壊域を考慮した地震発生サイクルモデルを構築する。東北地方太平洋沖地震の震源域浅部断層掘削 (JFAST) により採取されたスメクタイトが濃集する断層物質の摩擦特性を考慮した東北沖の巨大地震発生サイクルモデルを構築する。

## (2) 津波生成モデル

プレート境界形状を考慮した 2011 年東北地方太平洋沖地震の津波波形インバージョン解析によるすべりの

時空間分布の推定、1896 年明治三陸津波地震の津波波形モデリングを実施する。その他、海外で発生した巨大地震の津波生成モデルを構築する。

## 【研究結果】

千島海溝南部(北海道沖)で発生する超巨大地震の発生サイクルモデルを構築した。十勝沖地震と根室沖地震のアスペリティを設定した。さらに、最近の地殻変動解析により海溝付近にすべり欠損があることから、海溝付近に大きなアスペリティを設定した。アスペリティ内では速度弱化、それ以外の領域では速度強化の性質を与えた。また、摩擦発熱による間隙圧増大による強度弱化 (Thermal pressurization) も考慮した。シミュレーション結果から、およそ 100 年間隔で発生する十勝沖地震と根室沖地震と、およそ 400 年間隔で発生する Mw8.8 の地震を再現することができた。

東北沖における断層浅部摩擦特性と Thermal Pressurization を考慮した地震発生サイクルモデルの詳細な検討を行った。東北沖断層浅部で採取された粘土鉱物を含む断層物質を用いた実験により得られた低速での速度弱化と中間速度での速度強化、さらに高速での Thermal Pressurization を考慮した準動的モデル化を実施した。図 1 (上) にアスペリティの分布を示す。a-b が負の場合は速度弱化、a-b が正の場合は速度強化を示す。東北沖浅部断層物質の摩擦特性を浅部プレート境界に与えるが、観測事実を基に三陸沖では幅広く与えた。シミュレーション結果では、超巨大地震発生の際には、三陸沖まですべりが伝播することが示された (図 1 下)。

2011 年東北地方太平洋沖地震について、沖合の海底圧力計と GPS 波浪計、沿岸の波浪計、検潮所で記録された津波波形のインバージョン解析により、プレート形状を考慮したすべりの時空間分布を明らかにした。その結果、プレート間深部のすべりに引き続き、海溝軸付近での大きなすべりが発生していたことを明らかにした。

1896 年明治三陸地震の津波波源を検潮記録と津波痕跡高から推定し、2011 年東北地震の津波波源モデルと比較・再検討した (図 2)。その結果、1896 年の地震のすべり域は 2011 年と同様に海溝軸付近にあり、2011 年の最大すべり域の北側、主に長さ 100km、幅 25 km の領域に位置していることが分かった。

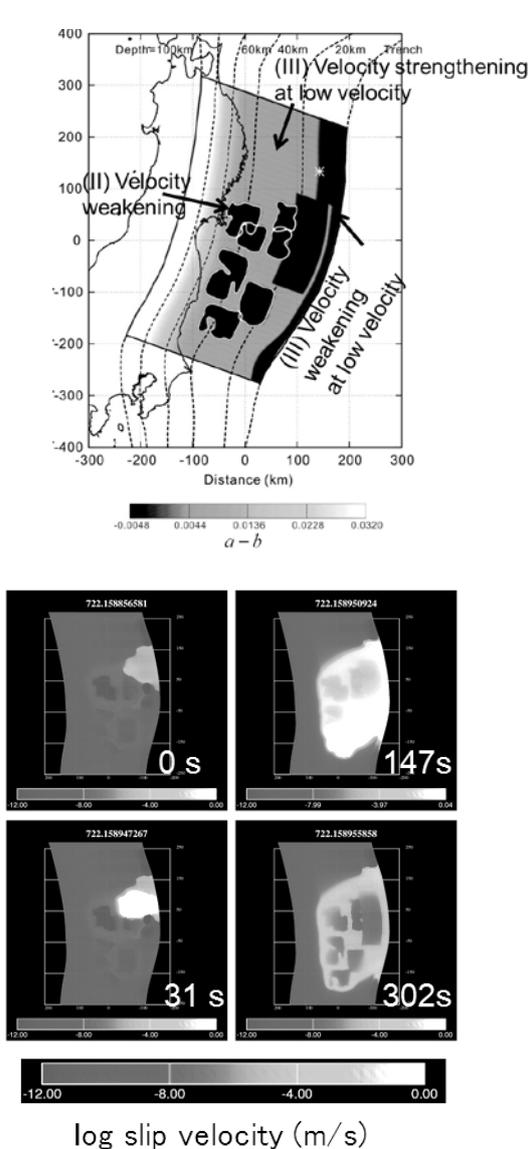


図 1 (上) 東北沖地震発生モデルにおける  $a-b$  の分布。浅部では低速度で速度弱化、高速度で速度強化の領域が存在する。(下) シミュレーション結果。M<sub>9</sub> のイベントにおけるすべり速度の時間変化。

海外で発生した地震に関しては、2014 年 4 月のチリ北部 (イキケ) 沖地震 (M8.2) による津波について、津波シミュレーションを行った。また、沖合の津波計や検潮所における津波波形データを用いたインバージョン解析を行い、震源から深い領域が最大で約 5m すべったことを明らかにした。2007 年ペルー (ピスコ) 地震 (M8.1) の津波波形インバージョンを実施し、津波波源モデルを構築した。本研究課題で開発し GPGPU による津波計算コードを上記の津波シミュレーションやインバージョンに用いるグリーン関数の計算に活用した。

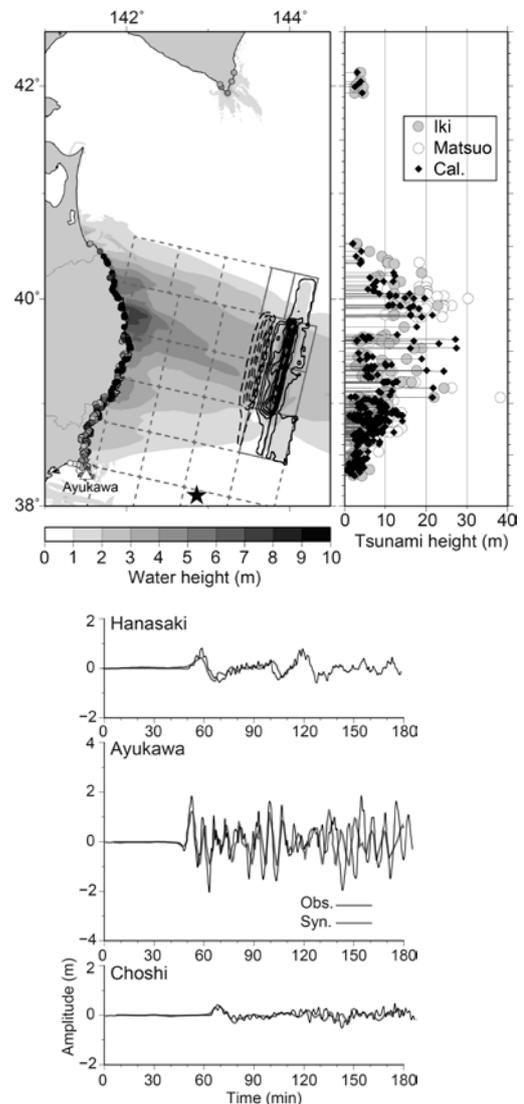


図 2 (上) 明治三陸地震の津波波源モデルと三陸沿岸における遡上高との比較。(下) 花咲・鮎川・銚子における津波波形の比較。赤線：観測、青線：計算。