

(1) 実施機関名：

東北大学理学研究科

(2) 研究課題（または観測項目）名：

（和文）日本海溝沿いの海溝型地震発生の長期評価の高度化に向けた研究

（英文）Research for the advancement of long-term evaluation of occurrence of large interplate and intraslab earthquakes along the Japan Trench

(3) 関連の深い建議の項目：

2 地震・火山噴火の予測のための研究

(1) 地震発生の新たな長期予測（重点研究）

ア. プレート境界巨大地震の長期予測

(4) その他関連する建議の項目：

1 地震・火山現象の解明のための研究

(2) 低頻度かつ大規模な地震・火山噴火現象の解明

地震

(5) 地震発生及び火山活動を支配する場の解明とモデル化

ア. プレート境界地震と海洋プレート内部の地震

5 分野横断で取り組む地震・火山噴火に関する総合的研究

(3) 千島海溝沿いの巨大地震

(5) 本課題の5か年の到達目標：

地震調査研究推進本部（地震本部）が行っている「日本海溝沿いの地震活動の長期評価」の高度化を目標として、地震発生履歴と近代観測による地震活動及び地殻変動の時空間変化を再現する地震発生サイクルモデルを構築し、これに基づいて2011年東北地方太平洋沖地震を起点として100年程度の間日本海溝沿いで発生しうるプレート境界型大地震の発生時期と規模の予測を試行する。

(6) 本課題の5か年計画の概要：

1) 地震サイクルシミュレーションモデルの構築

日本海溝沿いで発生するプレート境界型地震のうち、現行の地震本部による長期評価の対象地震の中で繰り返し発生が認められBPT分布を仮定して地震発生確率が求められている「青森県東方沖及び岩手県沖北部のプレート間巨大地震」及び「宮城県沖地震」の地震発生サイクルを包括して記述するシミュレーションモデルを構築する。

2024年度 先行するシミュレーション研究で用いたモデルを元にプロトタイプ構築

2025年度 プレート境界深部固着によるstress shadowを考慮したモデルの開発に着手

2026年度 モデル開発を継続

2) シミュレーションによる固着すべり時空間変化の再現の試行

1) のモデルにより、東北地方太平洋沖地震型の超巨大地震を含め、地震本部の長期評価にまとめられている大地震の発生履歴と、東北沖地震前後におけるプレート間固着の時空間分布の推定結果の再現も試みる。東北沖地震の余効変動下にある現在の固着すべり状態の推定には「海底測地観測の拡充と測地・繰り返し地震データの統合解析によるプレート境界すべりモニタリング」（東北大学・他）の成果を参照する。

再現性の向上は、断層面上の摩擦パラメタの空間分布を試行錯誤的に調整することにより行うが、その際には海域地下構造のモデルも参照する。なお、超巨大地震の発生を含む広域長期の地震発生サイクルをモデル化の上では、適切な粘弾性構造を仮定したシミュレーションを実施するべきであるが、本研究では弾性媒質モデルを用いて行うこととし、粘弾性緩和の影響下にある東北沖地震後の余効変動の観測との比較により、弾性モデルに基づく予測の限界を考察する。

2025年度 日本海溝北部から宮城県沖を対象としたシミュレーションに着手

2026年度～ 再現性向上のためのモデル改良を継続して行う

3) 地震サイクルシミュレーションによる大地震発生の長期評価

シミュレーションにもとづく地震発生の長期予測の対象は2011年東北沖地震発生後の100年程度の期間における「青森県東方沖及び岩手県沖北部のプレート間巨大地震」及び「宮城県沖地震」とする。これら対象地震の規模や発生間隔の平均的描像と、それが超巨大地震の発生の影響をうけて変動するかに着目する。予測は一つのシナリオで行うのではなく、2)での試行錯誤により絞り込まれた範囲内での多様なモデルに基づく複数のシナリオをもとに行うことで、予測の不確からしさを評価することも試みる。

現行の長期評価で「ひとまわり小さい」地震として扱われているものの活動度に超巨大地震の発生が及ぼす影響についても、シミュレーションで再現される滑りの時空間変化によるプレート境界上や太平洋スラブ内でのCFFの時間ゆらぎを通して定量化することを検討する。

2026年度～ 2)のシミュレーションの改良と並行して評価実験を行う

(7) 令和7年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

本課題は、地震調査研究推進本部（地震本部）が行っている「日本海溝沿いの地震活動の長期評価」の高度化に向けて、地震サイクルシミュレーションに基づく地震活動の予測を施行しようとするものである。

令和6年度の検討の結果、日本海溝沿いの地震発生サイクルを考えるうえで、海溝の走向および傾斜方向での地下構造の変化を念頭に、9つ（海溝走向方向に3・直交方向に3）の領域に分割することが適当と判断されたため、これに対応するモデルづくりに着手した。今年度は、3次元不均質媒質を仮定して、プレート境界断層におけるすべりによる地表面変位を3次元有限要素法により計算するための準備を進めた。上記の領域わけに対応するのは、プレート境界面の形状と海溝軸近傍の低剛性の堆積層プリズムの大きさや分布形態のほか、とくに海溝近傍においては海底地形の領域間での違いである。そこで、これらの構造要素に対して実際のものに近い特徴を仮定して有限要素計算を行うための構造メッシュの作成を行った（図1）。作成したメッシュを用いて、3次元構造がプレート境界でのすべりによる地表面変形にどのような影響を及ぼすかを、2011年東北沖地震時のすべりを仮定したケーススタディを実施した。さらに、準備した構造モデルを用いた有限要素法により、プレート境界上に配置した小断層での単位すべりによる、地表面変位と応力変化のグリーン関数ライブラリを作成した（図2）。このグリーン関数ライブラリを用いれば、プレート境界上の応力変化量に対して任意の空間分布を仮定したときのすべり応答を求めることが可能であり、プレート境界深部固着によるstress shadowを考慮したモデルの構築にむけた準備が整った。また、深さ依存性の違いを規定する要因を特定することを目的とした単純な2次元的なモデルによる数値実験の準備をすすめた（図3）。走行方向に十分広い平面のプレート境界を設定して標準的かつ単純な摩擦パラメタ分布を設定したうえ、中央部分（被験領域）に日本海溝の南・中・北部のそれぞれを代表する構造の特徴を念頭に、構造パラメタを網羅的に変化させることにより、各領域での構造の特徴が地震発生サイクルをどのように制御するのかを検討することを目指す。今年度はこうした数値実験に用いるためのモデルの設計を進めた。

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望

現行の「日本海溝沿いの地震活動の長期評価」と同様に、対象海域における多様性を複数の領域に分割するが、多くの観測結果から共通して認められる空間変化パターンを考慮した領域設定ができた。シミュレーションモデル構築の準備がおおよそ整った段階であるが、地震本部でいずれ行われるであろう長期評価の見直しの際にも、本課題でのアプローチが貢献するものと考えられる。

(8) 令和7年度の成果に関連の深いもので、令和7年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

・論文・報告書等

・学会・シンポジウム等での発表

Kubota, T. (2025). Unravelling physics of massive tsunami generation using in-situ ocean-Bottom pressure gauge data. EGU General Assembly 2025, EGU25-305, Vienna.
<https://doi.org/10.5194/egusphere-egu25-3058> (招待講演)

Kubota, T., T. Saito, R. Hino (2025). Uncovering rupture mechanics and tsunami generation of the Tohoku-Oki earthquake using in-situ seafloor pressure gauges, 日本地球惑星連合2025年大会, SCG46-11.

Hino, Ryota, K. Obana, T. Iinuma, T. Kubota (2025) Uncovering mechanism of massive shallow coseismic slip without significant stress drop in 2011, 日本地球惑星連合2025年大会, SCG46-12.

久保田達矢・齊藤竜彦 (2025). 2011年東北地震の海溝すべり：直上津波観測データと3次元構造モデルにもとづく応力降下の南北方向の違い, 日本地震学会2025年度秋季大会, S08-16.

Kubota, T., T. Saito, (2025). Near-trench rupture mechanics of the 2011 Tohoku earthquake revealed by in-situ tsunami data and 3-D subsurface structure: Along-strike stress segmentation, 12th ACES International Workshop.

(9) 令和7年度に実施した調査・観測や開発したソフトウェア等のメタ情報：

(10) 令和8年度実施計画の概要：

令和7年度に作成したグリーン関数ライブラリを活用して、実際に発生した地震の地震時すべりや、東北地方太平洋沖地震地震発生前のすべり欠損分布および余効すべりを仮定した計算により、これらの現象がどのような応力変化に伴ったものなのか、について検討を行う。また、深さ依存性の違いを規定する要因を特定するために、南・中・北のそれぞれを代表する単純な2次元的なモデルによる数値実験を継続してすすめる。

(11) 実施機関の参加者氏名または部署等名：

日野亮太（東北大学大学院理学研究科）

他機関との共同研究の有無：有

中田令子（東京大学大学院理学系研究科）、久保田達矢（防災科学技術研究所）、堀高峰（海洋研究開発機構）

(12) 公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：地震・噴火予知研究観測センター

電話：0222251950

e-mail：zisin-yoti-aob@grp.tohoku.ac.jp

URL：

(13) この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：日野亮太

所属：東北大学大学院理学研究科

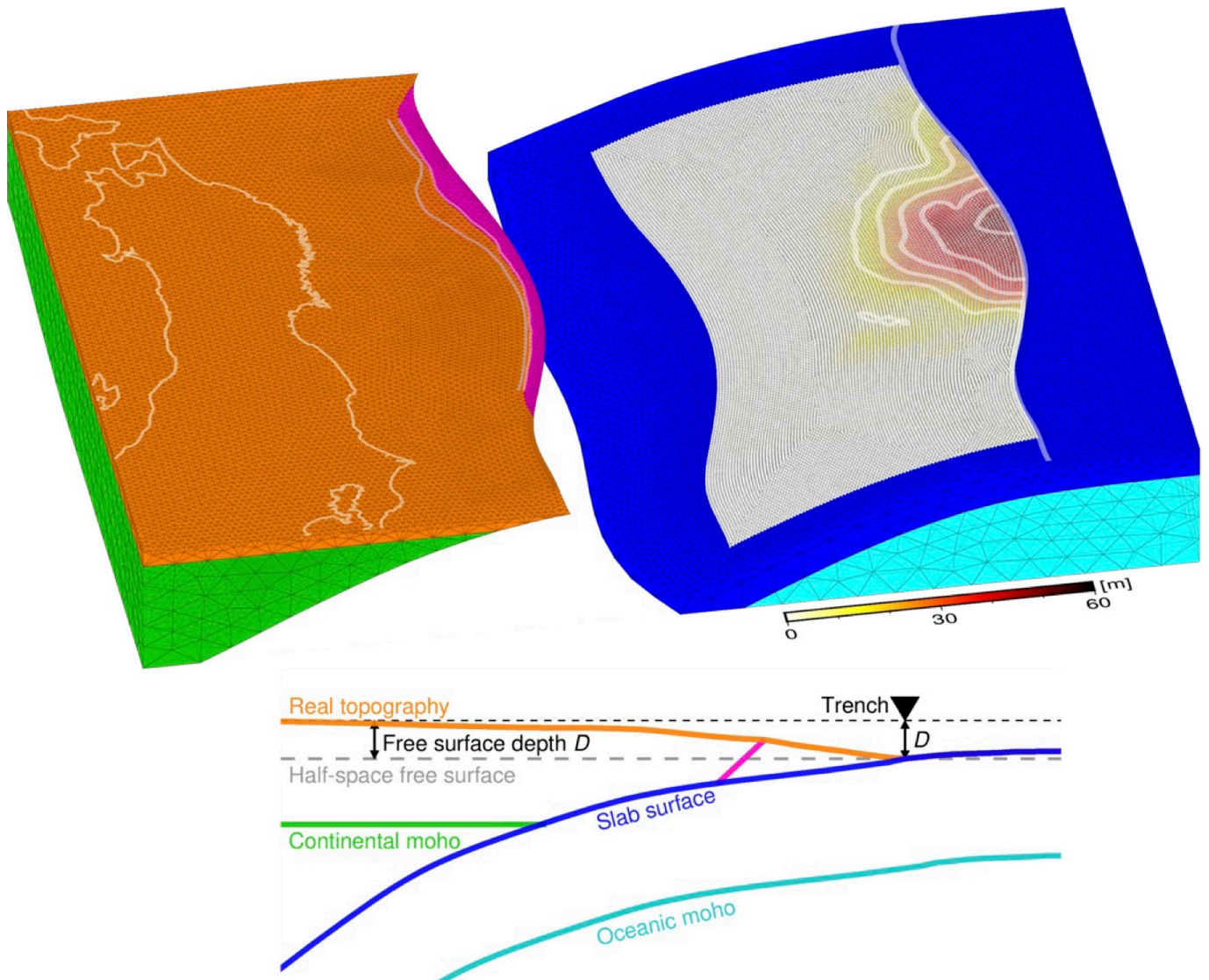


図1 有限要素計算に使用した，3次元不均質媒質および海底地形を考慮した構造メッシュモデルの概観．プレート境界面上には，計算の入力となる2011年東北沖地震の地震すべり分布を色で示した．Dip方向に沿った鉛直断面の模式図も示している．

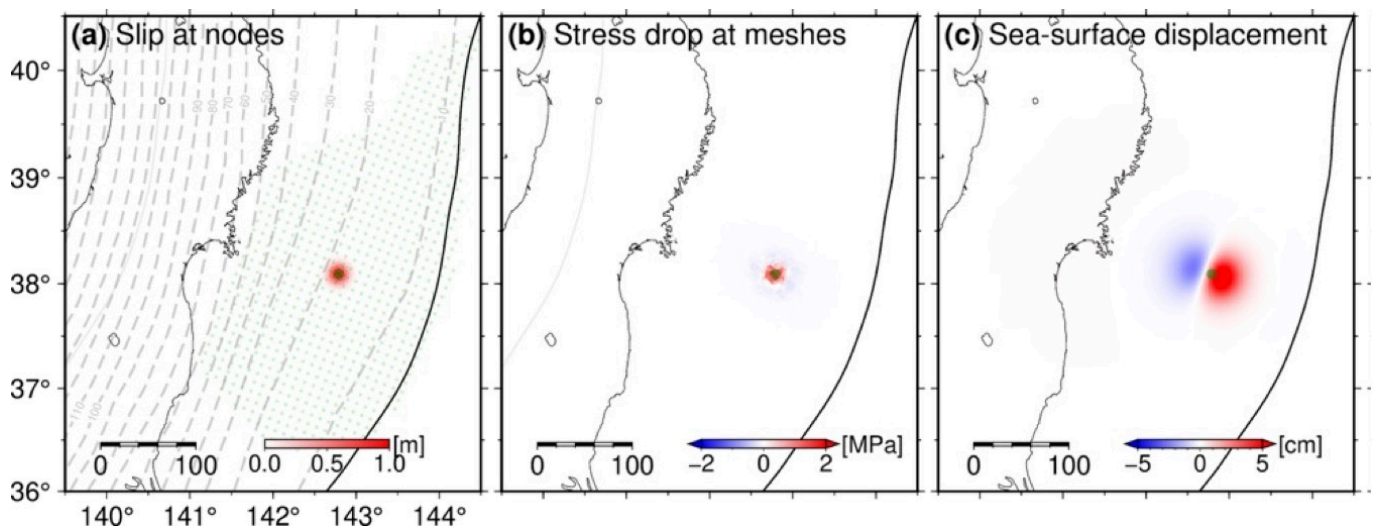


図2 3次元メッシュ構造モデルを用いて計算した，プレート境界で生じる単位すべりにより生じる応力変

化と地表面変位のグリーン関数の一例。

(a) 仮定した単位すべり分布． (b) (a) のすべりにより生じるプレート境界面上でのせん断応力変化 (応力降下) の分布． (c) (a) のすべりにより生じる海面の上下変位分布．

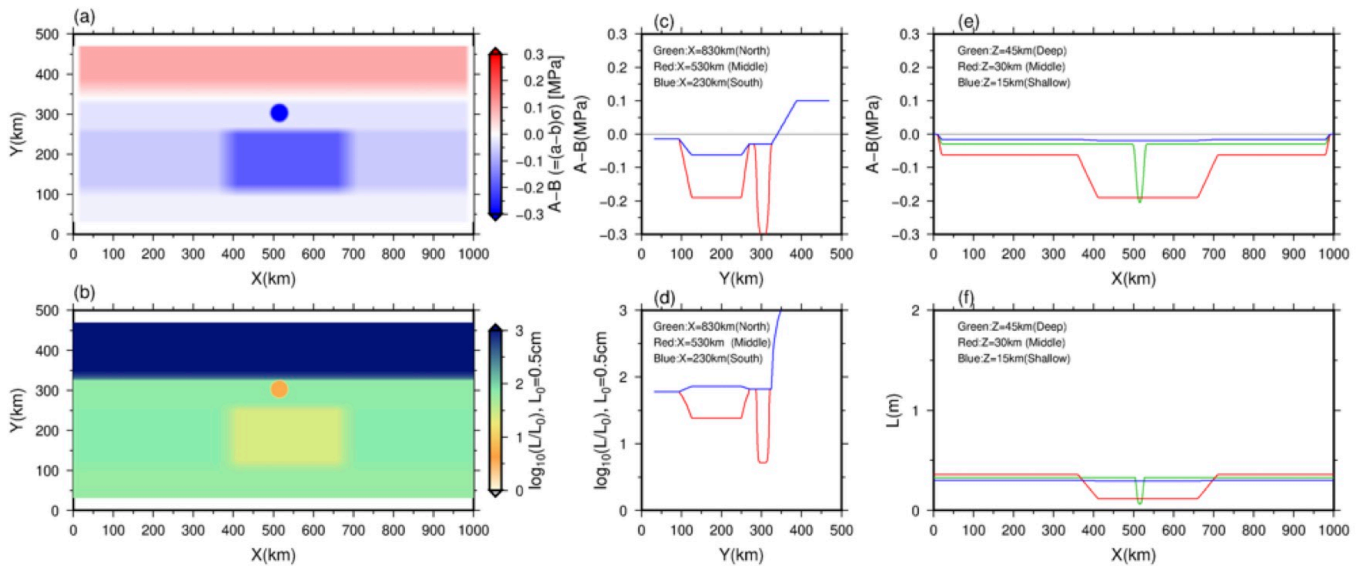


図3 日本海溝沿いの地震活動特性の支配要因を検討するために作成した単純な2次元モデルの1例。

(a)および(b) $A-B$ (MPa)および L (m))の空間分布． X軸はstrike方向で $X=0$ kmが南部、Y軸はdip方向で $Y=0$ kmが浅部。東北沖地震タイプと宮城県沖地震タイプのみ、モデル化している． (c)および(d) $A-B$ および L のY軸に沿った分布。緑・赤・青は北部 ($X = 830$ km)・中部 ($X = 530$ km)・南部 ($X = 230$ km)での断面図． (e)および(f) $A-B$ および L のX軸に沿った分布。緑・赤・青は深部 (深さ = $Z = 45$ km)・中部 ($Z = 30$ km)・浅部 ($Z = 15$ km)での断面図。