

(1) 実施機関名：

東京大学理学系研究科

(2) 研究課題（または観測項目）名：

（和文）先進的な測地観測データの有効利用に向けた広域地殻変動モデルの開発

（英文）Global deformation modeling for effective use of advanced geodetic data

(3) 関連の深い建議の項目：

1 地震・火山現象の解明のための研究

(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

(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

(3) 地震発生過程の解明とモデル化

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

6 観測基盤と研究推進体制の整備

(1) 観測研究基盤の開発・整備

イ. 観測・解析技術の開発

(5) 本課題の5か年の到達目標：

GNSS, GRACE等の宇宙測地技術や海底測地観測によって、巨大地震の直後から卓越する粘弾性緩和や、巨大地震の数カ月前に発生した列島規模の重力異常といった新しい現象が報告されている。これらに共通するのは変動の空間スケールが100 km以上にも及ぶことである。こうした大規模な変動や重力場の変化を物理モデルで扱うには、地球を自己重力の働く球体として扱うのが自然であるが、国内ではそのようなモデルがほとんど開発されていない。また、固体地球潮汐、海洋潮汐等の比較的空間スケールの大きな変動が、プレート境界に応力擾乱を及ぼしスロー地震を誘発させることも明らかになってきた。球体モデルは、そのような広域的な応力擾乱の影響を調べる際にも有用である。

本課題は、先進的な測地観測技術（海底地殻変動計測、欧米で開発中の新しい重力衛星、一般相対論に基づいて重力ポテンシャルを測る光格子時計）で得られるデータを有効に活用するため、広域地殻変動と重力場変化を正確に計算できる球体モデルを開発する。また、室内実験や地球物理観測から示唆されている非線形レオロジーも取り込めるよう拡張する。このモデルを用いると地殻変動の粘弾性グリーン関数を構築できるため、プレート境界すべりの把握やスロー地震を含む地震発生サイクルモデルの高度化に貢献することが期待できる。5か年で、1) 三次元的な粘弾性構造の不均質、自己重力、非線形レオロジーを考慮した球体モデルを実データへ適用するための効率的な計算手法を開発し、2) 先進的なデータが加わった場合に得られる効果をシミュレーションおよび実際の観測データを用いて定量的に示すことを目指す。

(6) 本課題の5か年計画の概要：

研究期間全体を通してモデル開発を進めるとともに、研究期間後半で新しいデータを用いることによる改善効果を実証する。

1年目：非線形レオロジーの球体モデルへの取り込み

- 2年目：不均質やレオロジーのパラメータが地殻変動，重力場に与える影響のフォワードモデリングによる調査
- 3年目：新たな衛星重力データを用いた場合に拘束が可能となる，粘弾性レオロジーやプレート境界すべりの，疑似データを用いたシミュレーションによる特定
- 4年目：地殻変動の短波長成分の効率的な計算手法の開発
- 5年目：2011年東北地震の粘弾性緩和モデルと光格子時計データとの比較，南海トラフの測地データを用いたプレート境界すべりの球体モデルによる推定

(7) 令和7年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

計画の通り進行中である。令和7年度は、不均質やレオロジーのパラメータが地殻変動，重力場に与える影響を、フォワードモデリングにより調べた。その結果、深さ方向の温度プロファイルによって粘弾性変形のパターンが大きく異なり、また、非線形レオロジーを考慮するとウェッジマントルに粘弾性変形が集中し、大きな重力変化を生じさせることが分かった。

・「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

1 地震・火山現象の解明のための研究 (3) 地震発生過程の解明とモデル化

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

6 観測基盤と研究推進体制の整備 (1) 観測研究基盤の開発・整備 イ. 観測・解析技術の開発

本計画で開発した理論は、欧州宇宙機関ESAの次世代重力衛星による地震シグナルの検出可能性の評価に採用されることが決まった。これは広い意味で上記6に寄与する。また、1920年以降の日本列島域で発生した大地震により蓄積した粘弾性余効変動に伴う重力変化速度を見積もり、GRACE衛星重力データと比較した。その結果、東北地方太平洋沖地震前の長期的な変化速度を説明するような粘性構造では、東北地方太平洋沖地震に伴う粘弾性変形速度を説明できないことが分かった。地震前後の変化速度を整合的に説明可能な、不均質を考慮した粘性構造の解明が、巨大地震発生サイクルの理解に重要であることが明らかになり、この解明に取り組むことは上記1，2に寄与する。

(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

Lili Ge (2025) A Theoretical Assessment of Long-Term Gravity Variations Induced by Large Earthquakes: A Case Study Toward Next-Generation Satellite Gravimetry, 東京大学大学院理学系研究科 修士論文 2025/9, 査読無, 謝辞無

・学会・シンポジウム等での発表

中小路一真、田中愛幸、Volker Klemann, Zdenek Martinec (2025) 地震後重力変化に対する温度および応力依存レオロジーの効果, 日本測地学会第144回講演会, 2025/10/30, 釧路市

中小路一真、田中愛幸、Volker Klemann, Zdenek Martinec(2025) 非線形レオロジーを考慮した地震後重力変化モデリング：衛星重力観測への応用, 日本地球惑星科学連合2025年大会, 2025/5/29, 千葉市

Kazuma Nakakoji, Yoshiyuki Tanaka, Volker Klemann, Zdenek Martinec(2025) Short-term postseismic gravity changes driven by nonlinear rheology, ESA Living Planets 2025, 2025/6/22, Vienna, Austria

Lili Ge, Yoshiyuki Tanaka, Kazuma Nakakoji, Volker Klemann, Zdenek Martinec(2025) Theoretical Assessment of Long-Term Gravity Variations Induced by Large Earthquakes: A Case Study Toward Next-Generation Satellite Gravimetry, International Joint Workshop on

Slow-to-Fast Earthquakes 2025, 2025/9/24, Kochi city

Lili Ge, Yoshiyuki Tanaka, Kazuma Nakakoji, Volker Klemann, Zdenek Martinec Detectability of earthquake-induced signals in future gravity mission observations, Japan Geoscience Union Meeting 2025, 2025/5/25, Chiba city

Lili Ge, Yoshiyuki Tanaka, Kazuma Nakakoji, Jill Peikert, Meike Bagge, Andrea Hampel, Volker Klemann, Linus Shihora, Henryk Dobslaw (2025) Detectability of earthquake-induced signals in future gravity mission observations, ESA Living Planets 2025, 2025/6/23, Vienna, Austria

Yoshiyuki Tanaka, Yoshiaki Tamura, Takaaki Jike, Yosuke Aoki, Ryuichi Ichikawa, Hiroshi Takiguchi., Hiromu Sakaue, Tomoaki Oyama, Aya Yamauchi, Ichiro Ushijima, Masao Takamoto and Hidetoshi Katori (2025) Development of geoscience applications of optical lattice clocks in Japan, ESA Living Planets 2025, 2025/6/26, Vienna, Austria

Yoshiyuki Tanaka, Yoshiaki Tamura, Takaaki Jike, Natsuki Kikuchi (2025) Report on the continuous observation by the superconducting gravimeter at Mizusawa, 2025 ENIGMA Collaboration Workshop on Astrophysics and Geophysics, 2025/11/11, Jeongsun, South Korea

菊池夏生、田中愛幸、田村良明、寺家孝明（2025）岩手県奥州市水沢における重力変動, 日本測地学会第144回講演会, 2025/10/30, 釧路市

(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：

開発した非線形レオロジーのモデルを用いて、時空間分解能の改善した衛星重力データを用いることで、すべり分布や温度構造をどれだけ制約できるかシミュレーションで明らかにする。

(11) 実施機関の参加者氏名または部署等名：

田中愛幸（東京大学大学院理学系研究科），中小路一真（東京大学大学院理学系研究科），Lili GE（東京大学大学院理学系研究科）

他機関との共同研究の有無：有

Volker Klemann（GFZ Potsdam），Henryk Dobslaw（GFZ Potsdam），Zdenek Martinec（DIAS）

(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：

電話：

e-mail：

URL：

(13) この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：田中愛幸

所属：東大院理