

(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) 令和5年度までの関連する研究成果（または観測実績）の概要：

本課題で開発する球体モデルの基礎となる定式化は、Tanaka et al. (2014)で行った。これを含む一連の理論研究は、4年に1人授与される国際測地学協会ボンフォード賞（2015年度）で評価された。前計画「巨大地震に伴う粘弾性余効変動の解明」は、このモデルを実現象に適用することを目的とし、1) プレート沈み込み境界の形状、密度・弾性・粘性の不均質構造、自己重力を考慮した球体地球モデルにおける粘弾性変形の計算手法を確立し、2) 日本列島で発生した過去の巨大地震による余効変動へ適用して既存手法との差を明らかにすることの2つを掲げた。これまでに弾性定数および密度の3次元不均質と自己重力を取り込んだ球体モデルの計算手法の基礎が完成し、この手法を2011年東北地方太平洋沖地震に適用し、余効変動モデルの構築に取り組んでいる。主な成果として、

- ・2011年の東北地震について、震源付近の海底測地データと遠地の陸上GNSSデータが、半無限モデルを用いた場合には同時によく説明できないが、球モデルを用いることでよく説明できることを示した (Takata and Tanaka, 2022, 測地学会)

- ・弾性定数や密度の水平不均質が地震時の重力変化に与える影響を定量的に評価し、衛星重力観測の精度を高めることで検出可能なことを示した (Tanaka et al., 2019; Tanaka et al., 2023)。これに関連して、現在、ESA及びNASAで現行の重力衛星の後継機となる衛星の開発が進められており、本研究の手法を用いることで期待される効果についてGFZ地球科学センターのメンバーと共同研究を実施中である。

- ・光格子時計を用いた地震に伴う重力場変化の検出について、光格子時計発明者の香取秀俊教授とともに別プロジェクトで研究を進めており、粘弾性変形に伴う重力ポテンシャル変化の検出に向け実験を開始している (Tanaka and Katori, 2021)

以上より、開発するモデルの骨格の部分が完成しており、かつ、新しい重力場データを利用するための準備が進められている状況である。

Tanaka, Y., T. Hasegawa, H. Tsuruoka, V. Klemann and Z. Martinec (2014) Spectral-finite element approach to post-seismic relaxation in a spherical compressible Earth: application to gravity changes due to the 2004 Sumatra-Andaman earthquake, *Geophys. J. Int.* 200, 299-321, doi: 10.1093/gji/ggu391

Tanaka, Y., V. Klemann, Z. Martinec (2019) Surface loading of a self-gravitating, laterally heterogeneous elastic sphere –preliminary result for the 2D case, *International Association of Geodesy Symposia*, https://doi.org/10.1007/1345_2019_62

Tanaka, Y. and H. Katori (2021) Exploring potential applications of optical lattice clocks in a plate subduction zone, *Journal of Geodesy*, DOI :10.1007/s00190-021-01548-y.

Tanaka, Y., V. Klemann, Z. Martinec (2023) An estimate of the effect of 3D heterogeneous density distribution on coseismic deformation using a spectral finite-element approach, *International Association of Geodesy Symposia*.

(6) 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。

(7) 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

(8) 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）

(9) 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：

(10) 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