

2004 スマトラ・アンダマン地震で生じたジオイド凹凸の水による自然回復: GRACE 衛星による観測

Postseismic self-healing of geoid undulations by water after the 2004 Sumatra-Andaman earthquake observed with GRACE

日置 幸介 [1]; 小川 涼子 [2]

Kosuke Heki[1]; Ryoko Ogawa[2]

[1] 北大院理自然史; [2] 北大・理・自然史

[1] Dept. Natural History Sci., Hokkaido Univ.; [2] Dept. Natural History Sci., Hokkaido Univ.

GRACE (Gravity Recovery and Climate Experiment) は双子衛星間の距離をマイクロ波で計測することによって、Stokes 係数にして次数百におよぶ全球の重力場を月毎に求め、陸水や雪氷等の質量の季節的永年的な変化を測るシステムである。従来、地震時や地震後の余効変動は全地球測位システム (GPS) によって地表変位として計測されてきたが、2002 年の GRACE 打ち上げ以来重力・ジオイドの変動という新しい切り口での地震をとらえる可能性が生まれた。2004 年 12 月の Sumatra-Andaman 地震時に生じた重力の変化 (ジオイド凹部の形成) は、既にオハイオ州立大学のグループによって報告されている (Han et al., 2006) が、我々も断層パラメータから Okada(1992) を用いて計算した地表・海底およびモホの隆起沈降と地殻とマントル中に生じる密度変化から、ジオイド高の変化を求める手法を開発し、Sumatra-Andaman 地震に伴うジオイド高変化の計算値と GRACE による実測値の一致を確かめた (小川・日置, 2007)。

さらにジオイド高の時系列を詳しく調べることによって、地震時に生じたジオイド凹部が地震後に時定数 0.6 年でゆっくりと回復していることを見出した (Ogawa & Heki, 2007)。余効変動はこれまでも GPS 等でしばしば観測されているが、(1) afterslip (2) 粘性緩和 (3) 間隙水の拡散、の三種類のメカニズムで説明される。粘性が 10^{19} Pa s のオーダーだとすると Maxwell 時間は数十年となり (2) では一年以内の現象を説明することができない。地震後の GPS 点が地震時と同じ向きを示す (Hashimoto et al., 2006) ことから (1) の afterslip が存在することはほぼ確実であるが、ジオイド高についても基本的に afterslip による変動は地震時と同じ向きであるため、GRACE で観測された地震時と逆センスのジオイド高余効変動を説明できない。一方 (3) の間隙水の拡散は比較的短い時間スケールで、かつ地震時と逆センスの変動をもたらすことが知られている (Jonsson et al., 2003)。

断層下端の上側と下側に dilatation と compression の目玉が形成される。それに伴う地殻岩石の密度減少がジオイドの凹みの主な原因である。従って密度が増加した下の目玉から上の目玉への、間隙圧の差を原動力とする水の拡散移動があれば、地震後のジオイド凹みの回復が説明できる。Seismogenic zone 下端付近で海洋地殻から放出された水は拡散してマントル岩石を蛇紋岩化する。そこでは水の岩石に対する重量比は 1/1000 を上回っており、地震に伴う膨張や収縮より数桁大きい。すなわちマントルに含有された水のごく一部の拡散移動で地震による岩石の膨張収縮で生じたジオイド高の修復は十分に可能である。Freymueller et al. (2006) はアンダマン諸島で地震後に急速な隆起が GPS で観測されたことを報告しているが、これも深部での水の上昇拡散で説明可能である。本研究ではさらに超臨界水の気体並みの低粘性を仮定すれば一年程度の時定数が現実的であることを示す。

文献

Freymueller, J. T. et al., AGU Fall Meeting, U44A-03, 2006.

Hashimoto, M. et al., Earth Planets Space, 58, 127-139, 2006.

Han, S.-C. et al., Science, 313, 658-662, 2006.

Jonsson, S. et al., Nature, 424, 179-183, 2003.

小川涼子・日置幸介、地震に伴うジオイド高変化の計算と GRACE による観測の比較、本大会、2007.

Ogawa, R. and K. Heki, Geophys. Res. Lett., submitted, 2007.

Okada, Y., Bull. Seism. Soc. Am., 82, 1018-1040, 1992.