HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	巨大遠地地震による長周期歪地震波形の解析 : 2004年Sumatra-Andaman地震 (Mw9.0) 及び2005年Nias地震 (Mw8.6)
Author(s)	上垣, 拓郎; 池上, 裕; 中西, 一郎; 小久保, 一哉; 露木, 貴裕; 中村, 浩二; 原田, 智史
Citation	北海道大学地球物理学研究報告, 72, 379-382
Issue Date	2009-03-15
DOI	10.14943/gbhu.72.379
Doc URL	http://hdl.handle.net/2115/38167
Type	bulletin (article)
File Information	27_Nakanishi.pdf

Instructions for use

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

北海道大学地球物理学研究報告
Geophysical Bulletin of Hokkaido University, Sapporo, Japan.
No.72, March 2009, pp.379-382

巨大遠地地震による長周期歪地震波形の解析: 2004 年 Sumatra-Andaman 地震（M_w9.0）及び 2005 年 Nias 地震（M_w8.6）

上垣　拓郎・池上　　裕・中西　一郎
京都大学理学部地球物理学教室
小久保　一哉・露木　貴裕・中村　浩二・原田　智史
気象庁地震火山部

(2009 年 1 月 16 日受理)

Analysis of long-period strain seismograms from great far earthquakes: 2004 Sumatra-Andaman earthquake (M_w9.0) and 2005 Nias earthquake.

Takuro KAMIGAKI, Yutaka IKEGAMI, Ichiro NAKANISHI
Department of Geophysics, Kyoto University
Kazuya KOKUBO, Takahiro TSUYUKI, Koji NAKAMURA and Satoshi HARADA
Seismological and Volcanological Department, Japan Meteorological Agency

(Received January 16, 2009)

The long-period strain seismograms from the Sumatra-Andaman earthquake of December 26, 2004 and the Nias earthquake of March 28, 2005 are analyzed by comparing the observed seismograms with synthetic seismograms calculated by normal mode theory. The multiple CMT source (Tsai et al., 2005) and Harvard CMT solution explain the seismograms recorded by both extensometers and volumetric strainmeters from the 2004 and 2005 earthquakes, respectively. The long-period strain seismograms observed in Japan are consistent with about 9 min source duration and 1200 km fault length proposed by Tsai et al. (2005) and Velasco et al. (2006).

Ⅰ. はじめに

2004 年 12 月 26 日 9 時 58 分 51 秒（日本時）に発生した Sumatra-Andaman 地震は広帯域地震計デジタル観測網が展開されて以来最大の地震であった．Stein and Okal（2005）は最

低次の地球自由振動から M_w=9.3 を求めた．

津波の研究から 1000s 以上の時間をかけて起こる大きなすべりがあったとされる（Lay et al., 2005）．このようなイベントの場合 STS-1 地震計では速度特性が周期 360s で平坦でなくなるため十分な検出ができなくなることが考えられる．そこで理論的に周期無限大までの歪変化を観測できる歪計を長周期地震計として用い，この問題の解明を試みた．

本論では，松代の気象庁精密地震観測室に設置された 100m 石英伸縮計と気象庁体積歪計観測網により記録された歪波形をノーマルモードの重ね合わせにより合成した理論歪波形と比較し，破壊継続時間について調べた．さらに 2005 年 3 月 29 日（日本時）に発生した Nias 地震についても同様に波形の比較を行った．

II．歪計と地震

Fig.1 に解析に用いた松代の伸縮計及び蒲郡の体積歪計の位置と両地震の Centroid 位置及び CMT 解を示す．両歪計は周期無限大までフラットな周期特性を持ち，伸縮計は 3.0×10^{-11}までの測定精度があり，体積歪計は 10^{-10}～10^{-6}までの歪を測定することができる (二瓶・他, 1987)．伸縮計は東西方向と南北方向の 2 成分が設置されているが，本論では東西成分を用いた．

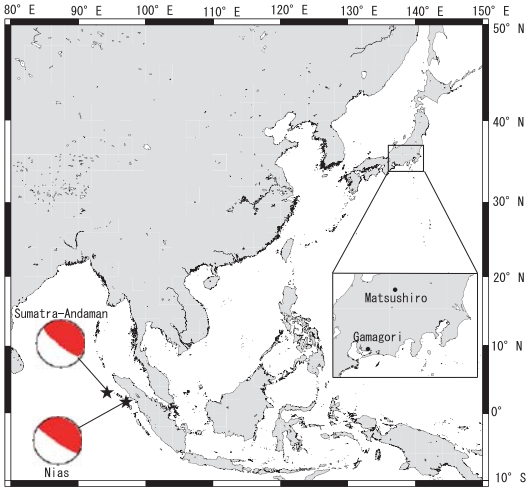

Fig. 1. Centroids (stars) and CMT solutions of the Sumatra-Andaman and Nias earthquakes. The solid circles show the locations of extensometer (Matsushiro) and volumetric strainmeter (Gamagori).

Sumatra-Andaman 地震について，1000km 以上の距離にわたって破壊運動があったとする研究が多い．Tsai et al. (2005) は 5 点の多重震源を仮定し，全体で 550s に及ぶ地震モーメントの解放があり，震源の位置が南北に最大で約 1100km 離れているモデルを用いて，M_W=9.31 を求めている．

III．観測波形と理論波形の比較

観測された長周期歪波形を解析するには理論歪波形の計算が必要になる．固有周期 45s 以上のすべてのモードの固有関数を重ね合わせて理論波形を計算した（Gilbert and Dziewonski, 1975；上垣内，2005（私信））．地球モデルは PREM（Dziewonski and Anderson，1981），震源としては Sumatra-Andaman 地震に関しては Tsai et al.（2005）の多重震源モデルを，Nias

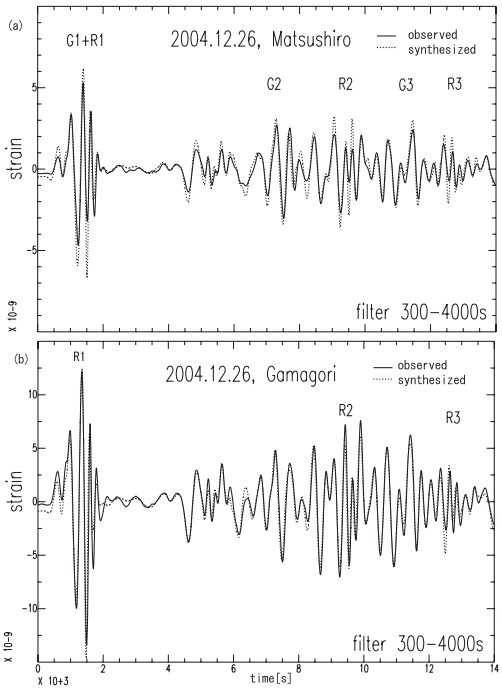

Fig. 2. Comparison of observed (solid trace) and synthesized (dashed trace) seismograms for the Sumatra-Andaman earthquake. The traces are band-pass filtered with a pass-band of 300-4000s. The origin of time axis is the centroid time of the Harvard CMT solution. (a) Extensometer (Matsushiro). (b) Volumetric strainmeter (Gamagori).

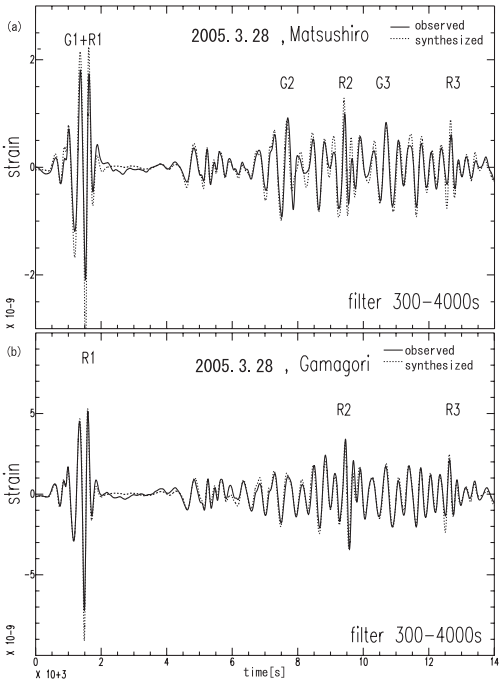

Fig. 3. Comparison of observed (solid trace) and synthesized (dashed trace) seismograms for the Nias earthquake. The conventions are the same as in Fig.2.

地震に関してはCMT解を用いた．

歪計は気圧変化の影響を受ける．この影響を取り除くため観測波形に対して気圧補正を行った．以下では，長周期での観測と理論の比較を行うために帯域300-4000sのバンドパスフィルターを観測及び理論波形にかけた．

Fig.2に松代（a）と蒲郡（b）で記録されたSumatra-Andaman地震に対する観測波形と理論波形の比較を示す．いずれの測器に対しても観測波形と理論波形の位相はよく合った．蒲郡の場合（Fig.2（b)），観測波形の振幅に合わせるために理論波形を2.5倍した．

Fig.3にNias地震に対する松代（a）と蒲郡（b）の比較を示す．観測波形と理論波形の位相はよく合った．蒲郡の場合（Fig.2（b)），観測波形の振幅に合わせるために理論波形を3.1倍した．

IV. ま と め

Sumatra-Andaman 地震と Nias 地震に対して理論歪波形を合成し，観測歪波形と比較した．多重震源モデルと Harvard CMT 解を用いることで，いずれの地震に対しても伸縮計と体積歪計に記録された波形を説明することができた．従って歪計の観測データからも Sumatra-Andaman 地震は約 9 分に及ぶ破壊継続時間，約 1200km の断層運動で説明でき，他の地震学的研究の結果を支持する．同様な結果は最近 Velasco et al.（2006）によっても得られている．

謝辞　笠原稔教授が広帯域地震計記録の解析に関心と支援を示されたことに感謝致します．小山順二教授から本記念号への投稿の機会を頂きました．気象庁地震火山部地震津波監視課の上垣内修氏が作成した PREM を用いた理論歪波形計算プログラムを使用させて頂きました．皆様方に感謝いたします．

文　　献

Dziewonski, A.M. and D.L. Anderson, 1981. Preliminary Reference Earth Model, *Phys. Earth Planet. Inter.*, **25**, 297-356.

Gilbert, F. and A.M. Dziewonski, 1975. An application of normal mode theory to the retrieval of structural parameters and source mechanisms from seismic spectra, *Phil. Trans. Roy. Soc. London, Ser. A*, **278**, 187-269.

Lay, T., H. Kanamori, C.J. Ammon, M. Nettles, S.N. Ward, R.C. Aster, S.L. Beck, S.L. Bilek, M.R. Brudzinski, R. Butler, H.R. DeShon, G. Ekstr■m, K. Satake and S. Sipkin, 2005. The great Sumatra-Andaman earthquake of 26 December 2004, *Science*, **308**, 1127-1133.

二瓶信一・上垣内修・佐藤馨，1987．埋込式体積歪計による観測（1）－1976 年～1986 年の観測経過－，験震時報，**50**，65-88.

Stein, S. and E. Okal, 2005. Speed and size of the Sumatra earthquake, *Nature*, **434**, 1139-1144.

Tsai, V.C., M. Nettles, G. Ekstr■m and A.M. Dziewonski, 2005. Multiple CMT source analysis of the 2004 Sumatra earthquake, *Geophys. Res. Lett.*, **32**, L17304, doi: 10.1029/2005GL023813.

Velasco, A.A., C.J. Ammon and T. Lay, 2006. A search for seismic radiation from late slip for the December 26, 2004 Sumatra-Andaman (M_W=9.15) earthquake, *Geophys. Res. Lett.*, **33**, L18305, L18305, doi:10.1029/2006GL027286.