5-7 2009 年 12 月伊豆半島東方沖の地震・火山活動に伴う傾斜変化 Crustal tilt change associated with volcanic seismic activity off the eastern coast of the Izu Peninsula in December 2009

防災科学技術研究所

National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention

2009年12月伊豆半島東方沖で地震が群発的に発生し、これに伴い傾斜変動が観測された.12月17日23時45分,18日8時45分にはそれぞれM5.0,5.1の地震が発生し最大震度5弱の揺れが 観測されている.この領域では群発的な地震活動に伴って傾斜変動がたびたび観測されており、地 震発生域へのマグマの貫入として良くモデル化されている^{1),2)}.そこで、今回も傾斜変動について検 討した.

第1図に2009年12月13日から30日までの伊豆半島東岸周辺の観測点での傾斜記録を示す. Hi-net に併設された傾斜計のデータは20 Hz 間隔でサンプリングされ常時つくばのデータセンターへ 伝送されている³⁾.第1図には,これをさらに1分毎に平均し1分サンプリングとした結果を示す. 傾斜記録を見ると,17日23時45分および18日8時45分の地震に伴って傾斜記録が不連続に変 化している.これは,地震の強い揺れにより傾斜記録にステップが発生したためと考えられる.また, 傾斜記録にはスパイク状のシグナルが多数見られる.これは1分毎の平均化処理によりの周期1分 以上の低周波成分が現れたことによる.震源が浅く震央距離も小さいため低周波成分の振幅が大き いものと考えられる.詳しく見るとスパイクの極性は観測点・成分毎にほぼ同じである.地震の主 な発生域が水平方向におよそ1km×0.5km,鉛直方向におよそ5kmと狭く⁴⁾,さらに発震機構解 がほぼ同じためと考えられる.大きなスパイクはおよそM4クラス以上の地震で見られた.スパイク 状シグナルは12月20日以降目立たなくなっている.

傾斜記録の地殻変動成分を抽出するため以下の処理を行った.地震による不連続なステップおよ びスパイク状シグナルを除去するため、1 サンプル(1分) で 0.1 μ radian を越える変動をオフセッ トとして補正した.次いで,Baytap-G⁵⁾による潮汐・気圧補正,およびリニアトレンド補正を行った(第 2 図).処理結果を見ると、不連続な変化はほぼ除去されており、地震の影響が適切に取り除かれた と言える.また傾斜変動は、最も急なところでも 30 分でおよそ 0.1 μ radian 以下であり、上記のオ フセット処理に大きな問題はないと考えられる.

第2図に示した期間 A から I の傾斜変化ベクトルおよび各期間に発生した地震の震央分布を第3 図に示す.地震は 12 月 17 日 12 時(期間 B の始まり)前後から発生するが,傾斜変動はこれに先 行して期間 A から見られる.この関係はこれまでの報告⁶⁾と同じである.その後,傾斜変動は 20 日の終わりにほぼ収束した(期間 G の終わり).傾斜方向を見ると,IT2H(伊東2)では,期間 F を除いてほぼ北から北東方向である.これに対し,ITHH(伊東中)および OKAH(岡)観測点では, はじめ期間 A-B では北傾斜だったものが,期間 D-E では南西傾斜となっており傾斜方向の変化が大 きい.今回の群発的活動に伴う傾斜変動は,防災科学技術研究所(2010)⁷⁾によりおよそ期間 A-C および D-G に分けて岩脈の貫入によるとしてモデル化されている.このモデルより期待される傾斜 変動を第4 図に示す.傾斜変動の計算は Okada (1992)⁸⁾による.はじめ岩脈が深いうちは岩脈の両 側に現れる隆起域の幅が大きいため,ITHH および OKAH はこの内側に入り北西傾斜となる(第4 図上図).岩脈が浅くなると隆起域の幅が小さくなり両観測点とも隆起域の外側となり南西傾斜とな る(第4図下図).一方,岩脈に近いIT2H は一貫して隆起域の内側に位置し,傾斜方向は北から 北東の範囲に収まる.このように,観測された傾斜変動は岩脈が貫入した深さが浅くなったとして おおよそ説明可能である.地震活動でも,波形相関を用いた高精度相対震源決定の結果⁴⁾を見ると, 震源が時間とともに浅くなる様子が認められる.地震の発生域は,18日15時を境として深さ5km 以深から5km 以浅と浅くなる.これは,傾斜変化の方向が変わる時期とほぼ対応しており,関連が 示唆される.しかし,この深さは岩脈モデルの上端深さとは必ずしも一致していない(第4図参照). 相対震源決定の結果は震源の絶対的な位置に不確定さを含む場合があり,また岩脈モデルについて も暫定結果であり,岩脈と震源分布の対応を明らかにするためにはさらに検討が必要である.

謝辞

気象庁の WEB ページで公開されている気象データを使用させていただきました.記して感謝いた します.

> (木村尚紀) Hisanori Kimura

参考文献

- Okada, Y. and E. Yamamoto (1991) Dyke Intrusion Model for the 1989 Seimovolcanic Activity Off Ito, Central Japan, J. G. R., 96, 10363-10376.
- 2) 上田英樹・山本英二・大久保正・村上亮・上野寛・宇平幸一(2003) 2002 年 5 月伊豆半島東 部群発地震活動に伴った地殻変動の開口断層モデル,火山,48,471-477.
- 3) Obara, K., K. Kasahara, S. Hori, and Y. Okada (2005) A densely distributed high-sensitivity seismograph network in Japan: Hi-net by National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention, Rev. of Sci. Instruments, 76, 021301.
- 4) 浅野陽一(2010) 2009年12月伊豆半島東方沖の地震活動,連絡会報,84,161-163.
- 5) Tamura, Y., T. Sato, M. Ooe, M. Ishiguro (1991) A procedure for tidal analysis with a Bayesian information criterion, Geophys. J. Int., 104, 507-516.
- 6) Okada, Y., E. Yamamoto and T. Ohkubo (2000) Coswarm and preswarm crustal deformation in the eastern Izu Peninsula, central Japan, J.G.R., 105, 681-692.
- 7) 防災科学技術研究所 (2010), 傾斜変動の暫定変動源モデル, 第115 回火山噴火予知連絡会資料.
- Okada, Y. (1992) Internal deformation due to shear and tensile faults in a half-space. Bull. Seismol. Soc. Am. 82, 1018–1040.





- 第1図 2009年12月13日から12月30日までの傾斜時系列(1分値). 観測点 位置は左上図参照. この期間のHi-net 震源データによる1時間ごとの 地震発生数・気象庁網代観測点の気圧・雨量をあわせて表示した.
- Fig. 1 Time series of tiltmeter records (1 minute sample), frequency of earthquakes per hour from NIED Hi-net, atmospheric pressure and precipitation at Ajiro from December 13 to 30, 2009. Station locations are shown in an upper left panel.
- 第2図 第1図のデータから地震時のステップを除去し, BAYTAP-G により潮汐・気圧補正を行い, リニアトレンドを除去した 傾斜時系列(1時間値). 図の見方は第1図と同じ.
- Fig. 2 Time series of tiltmeter records (1 hour sample) are plotted after removing steps, tidal components and atmospheric pressure response estimated by BAYTAP- $G^{(6)}$ and linear trend. Plotting method is the same as Fig. 1.





- 第3図 第2図に示した期間 (A-F: 12 時間毎, G-I: 24 時間毎) に観測され た傾斜変化ベクトル. 各期間の Hi-net による震央分布を橙丸で示 す(一部自動処理結果を含む).
- Fig. 3 Tilt change vectors for periods A to I in Fig. 2 (A-F: 12 hours, G-I: 24 hours). Orange dots show epicenters from Hi-net occurred in each time period (automatically determined hypocenters are partially included).
- 第4図 岩脈の貫入を想定した開口断層モデル(緑矩形)より期待 される地殻変動.矢印は傾斜変化ベクトルを,コンター は上下変動パターン(赤:隆起,水色:沈降)を示す.
- Fig. 4 Crustal deformations expected from tensile crack model (rectangle with green lines) for dyke intrusion. Arrows denote tilt change vectors and contour lines denote vertical deformations (red: upheaval, sky blue: subsidence), respectively.