

2009年12月の伊豆半島東方沖群発地震活動前後の伊東市周辺における

地下水・地殻歪変化

伊豆半島東部にある産総研の大室山北地下水位観測点（第1図）は、1994年10月の観測開始以来、群発地震前に水位の低下を何度も生じており(Koizumi et al., 2004)、群発地震の原因であるダイク（岩脈）の地下深部からの貫入による地殻変動（地盤の変形、ここでは体積変化）を、ダイクが群発地震を引き起こす前に検出していると考えたと説明できる。この場所では、10km以深では、熱のために岩盤が柔らかくなっているためダイクの貫入があっても岩盤は変形するだけで破壊（地震）は生じないと考えられているからである。大室山北観測点が1994年10月に設置されてから2009年11月まで（今回の活動以前まで）に比較的規模の大きな群発地震活動は4回あり、1995年9月、1996年10月、1997年3月、1998年4月が開始月であった。また、それ以外にも明瞭な水位低下が認められる規模の小さな群発地震活動が何回かあった。これらの活動では、気象庁の東伊豆体積歪観測点（第1図）では、体積歪が一貫して減少（縮む）のに対し、大室山北では当初水位の低下（体積膨張）で始まるが、震源が浅くなって地震活動が活発化するとともに水位が上昇する（体積圧縮）傾向が認められる。これは、想定されている貫入ダイクの先端の深さに関係なく東伊豆は圧縮領域だが、大室山北観測点の場合は、ダイクの先端深さが浅くなると体積膨張の領域から圧縮領域になることで説明出来る(Koizumi et al., 2004)。今回の活動でもそのような変化が認められた（第2, 3図）。なお、これらの図では、便宜上、12月17日～21日を群発地震活動期間としている。

2009年12月16日17時頃から大室山北観測井戸では、長期的な水位低下傾向を越える水位低下が始まった（第3図）。気象庁の東伊豆体積歪観測点では、それより数時間おくれて歪が減少し始めた。その後、17日午前11時頃から群発地震活動が始まった。12月17日23時45分のM5.0の地震（伊東市で震度5弱）の6時間程度前から水位低下が緩和し地震活動が活発化しているように見える。この時間帯は、震源の深さが当初の8km程度から6km程度にまで上昇した時期とも一致している（第4図）。M5.0の地震が発生した後水位は上昇した。また、12月18日8時45分にM5.1の地震（伊東市で震度5弱）が発生し再び水位が上昇し20日の未明まで水位上昇を続けた。12月16日17時を基準とすると、17日23時45分の地震直前までの水位低下量は（12月16日までの長期的な水位低下傾向：-1.5cm/日も考慮して）約5cm、20日16時までの水位上昇量は約39cmである（第3図）。大室山北の水位の体積歪変化に対する感度（約30cm/ppm*）から単純に換算すると、それぞれ0.2ppmの伸び、1.3ppmの圧縮ということになる。他方、同時期の東伊豆の体積歪変化はそれぞれ0.06ppmの圧縮、0.3ppmの圧縮である（第3図）。12月20日0時頃から水位上昇が鈍り、東伊豆の体積歪変化の下降が穏やかになり、地震活動も沈静化しているように見える。なお、2010年1月21日2時59分にM4.4の地震（伊東市で震度4）が発生し、地震直後に約1cmの水位上昇が認められたが、その前後で特に大きな傾向の変化はなく東伊豆の体積歪の傾向にも変化が認められないので新たなダイクの貫入等はないように思える（第2図）。

例年、この時期は、比較的降雨が少ない時期なので、長期的な水位低下があるのは特に異常ではない。別資料では、大室山北と水位の季節変化が同様な冷川南の観測データが示されている。冷川南の方には、群発地震期間中に大室山北のような変化は認められない。

第5-6図に上述の大室山北の水位と東伊豆の体積歪変化を説明する簡単な開口断層モデルを示した。震源分布に沿って鉛直な開口断層があるとして、それが下から上に移動しかつ開口幅が増えると考えたと観測値を説明できる。第6図では、ダイクの先端の深さを1kmとしているが、地震の震源の分布の深さは2kmより深いので（第4図）、これは今後の検討課題である。

参考文献

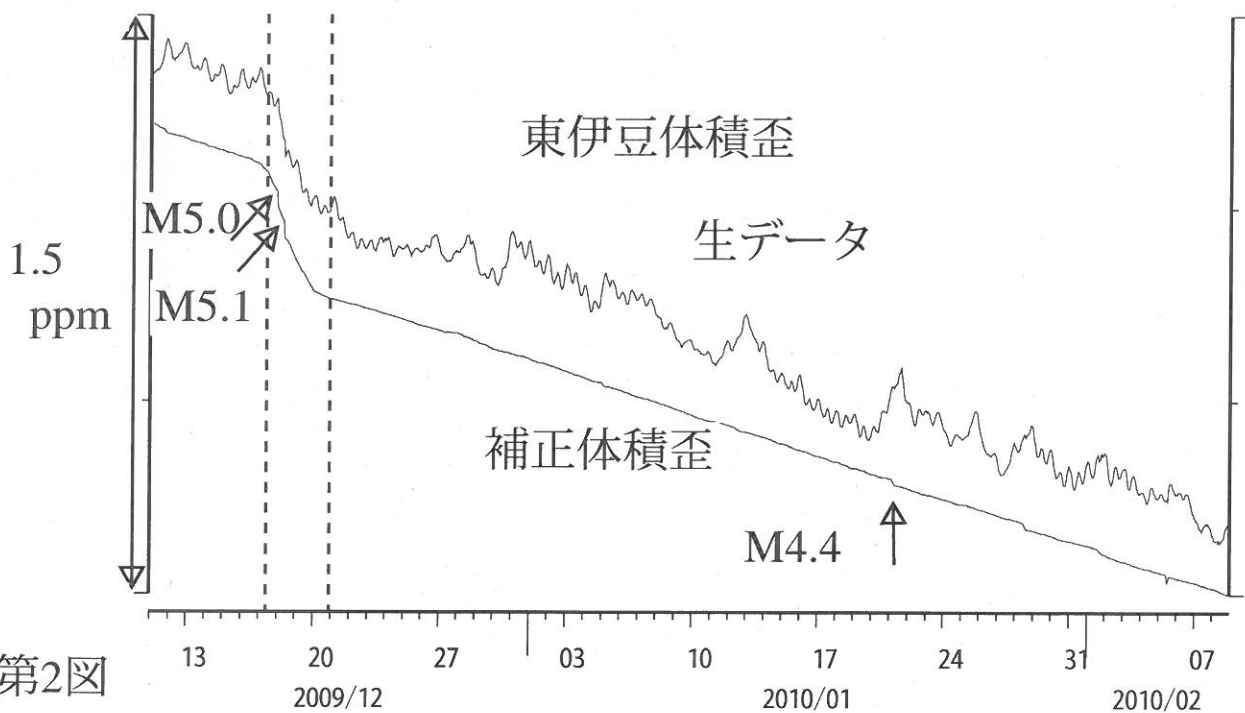
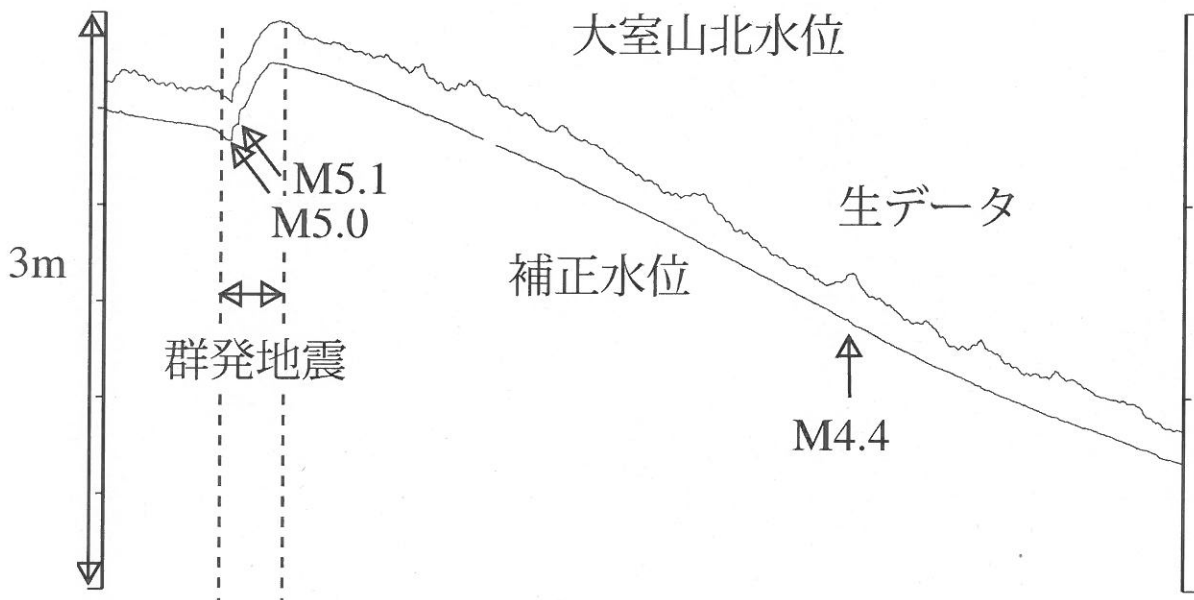
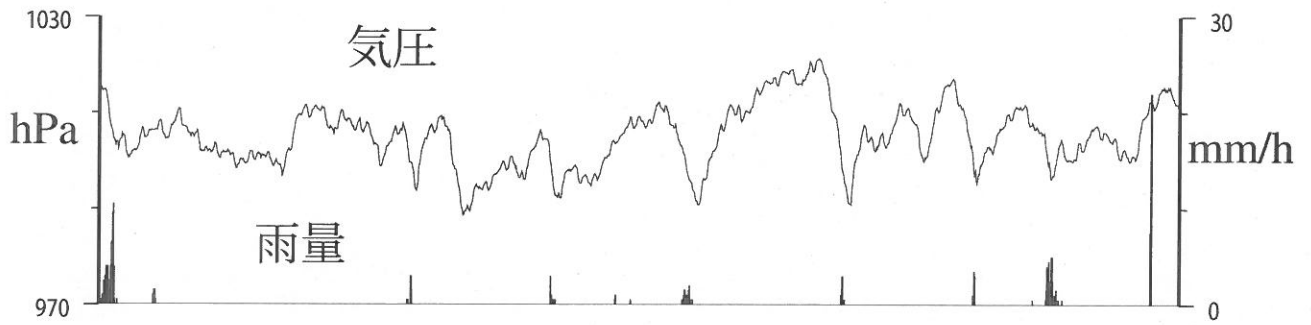
Koizumi et al., 2004, Geophys. Res. Lett., 31, L10606, doi:10.1029/2004GL019557.

内藤宏人・吉川澄夫, 1999, 地震2, 52, 101-103.



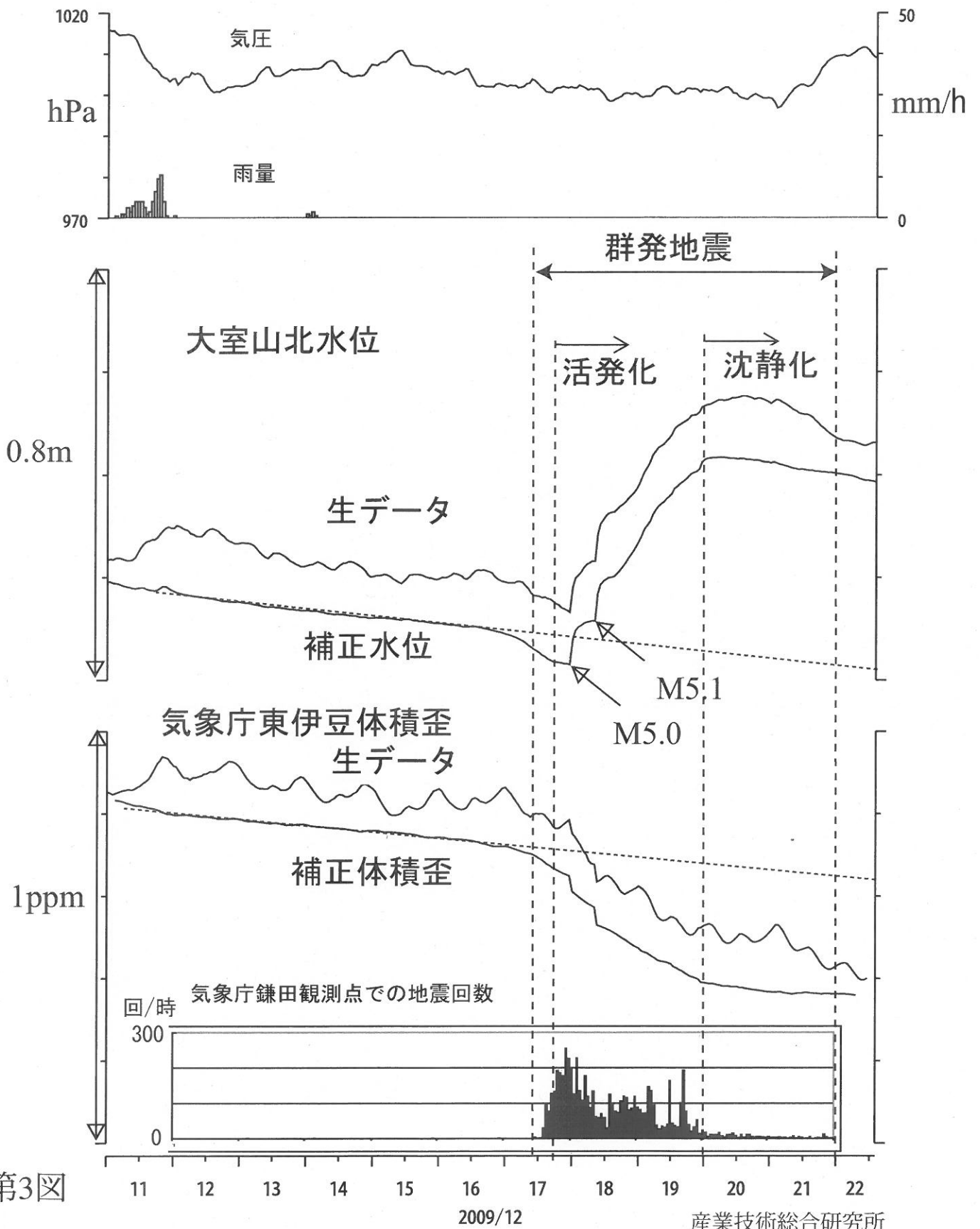
第1図：観測点位置。■：地下水観測点、
▲：歪観測点（気象庁）、□：地震観測点（気象庁）

大室山北・東伊豆（時間値）
 (2009/12/11 00:00 - 2010/02/08 23:00)



第2図

大室山北・東伊豆（時間値）
 (2009/12/11 00:00 - 2009/12/22 14:00)



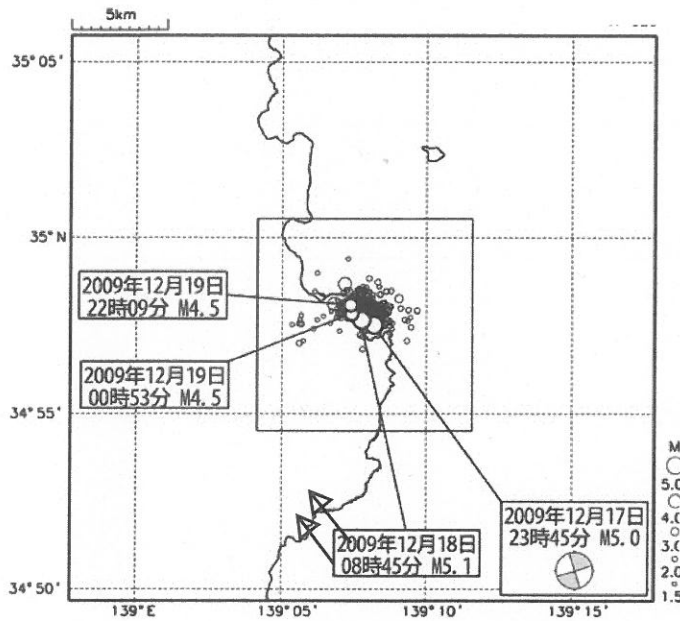
第3図

伊豆半島東方沖の地震活動

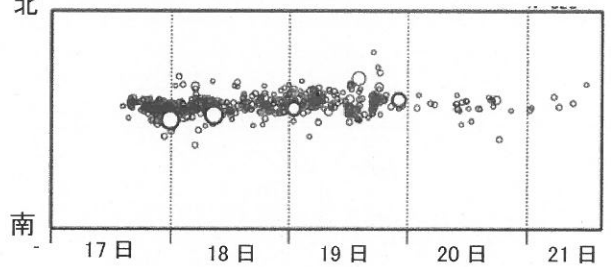
震央分布図

(2009年12月17日00時～21日15時、
深さ20km以浅、M1.5以上)

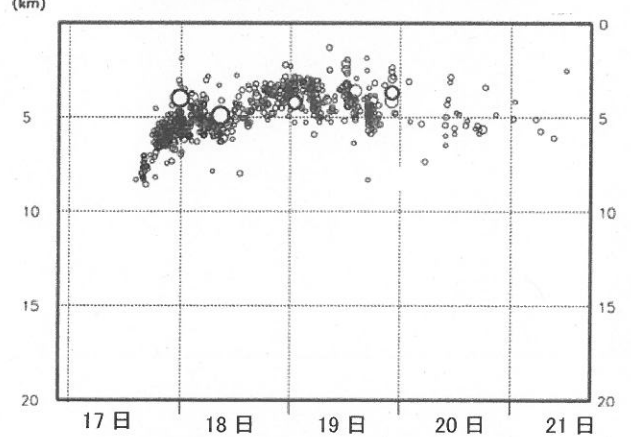
※一部未処理の期間を含んでいる



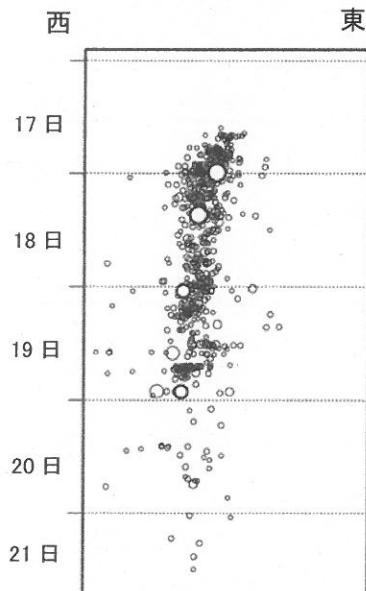
矩形領域内の時空間分布図(南北投影)



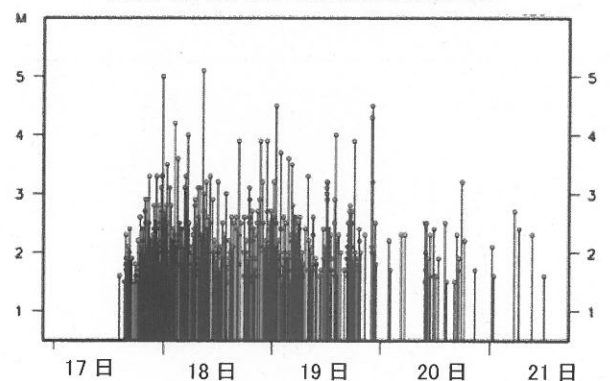
矩形領域内の深さの時系列図



矩形領域内の時空間分布図(東西投影)



矩形領域内の地震活動経過図



第4図：2009年12月21日気象庁発表資料による伊豆半島東方沖の地震活動。

図5 2009年12月16日17時～17日23時の大室山北(■)の水位低下(5cm→0.2ppmの伸び)と東伊豆(▲)の体積歪変化(-0.06ppm: マイナスは縮みを意味する)を説明するモデル。地震の震源分布を参考にして、幅3km、長さ4.3km、先端深さ5kmの鉛直断層を考え、開口幅100mmを与えると、東伊豆の歪:-0.03ppm、大室山北の体積歪:0.4ppmとなっておおむね観測値を説明する。MICAP-G(内藤・吉川, 1999)を用いて計算した。●は冷川南観測点。

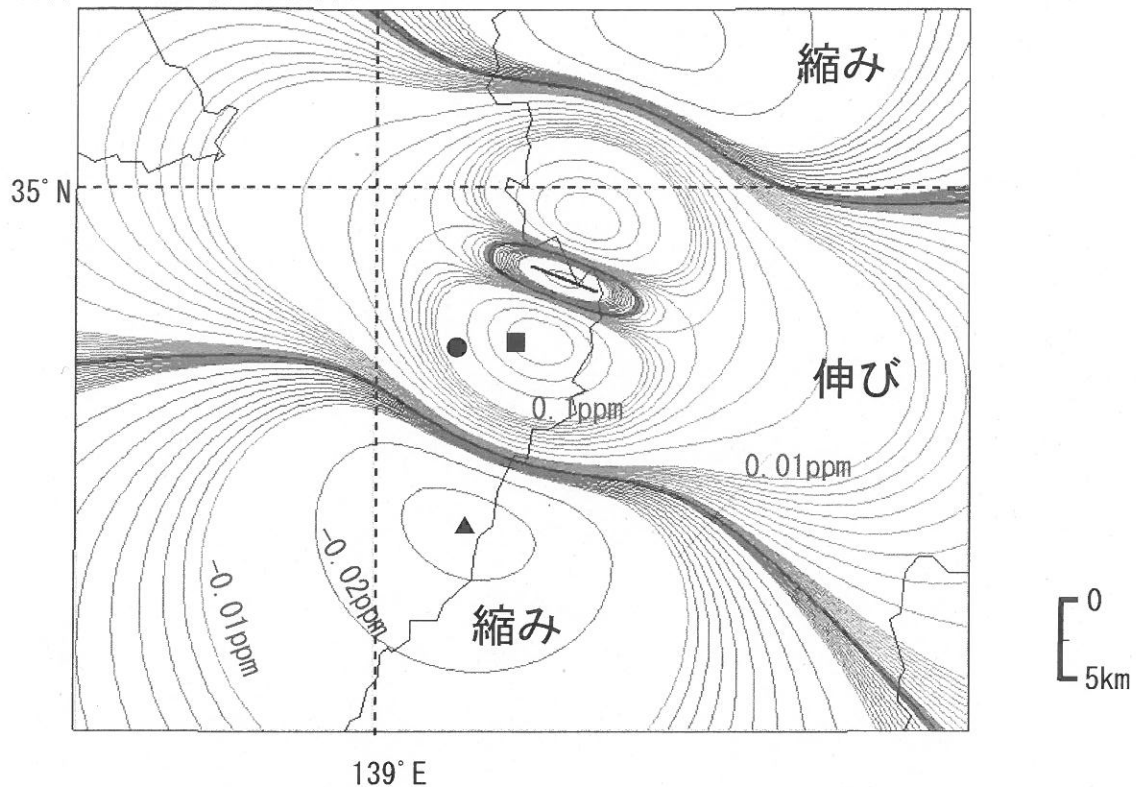


図6 2009年12月16日17時～20日13時の大室山北の水位上昇(39cm→-1.3ppm: 圧縮)と東伊豆の体積歪変化(-0.3ppm)を説明するモデル。図5の断層が上に移動してさらに開くと考える。結果的に、幅3km、長さ4.3km、先端深さ1.0kmの鉛直断層を与え、さらに開口幅200mmにすると、東伊豆の歪:-0.2ppm、大室山北の体積歪:-1.1ppmとなつて観測値を概ね説明する。MICAP-Gを用いて計算した。

