

2009年7月22日23時51分に発生した室戸沖の地震(M4.6)前後の地下水・地殻歪変化

産業技術総合研究所

1. はじめに

2009年7月22日23時51分に室戸沖で発生したM4.6の地震は、海山が沈み込んでいると推定されている領域のすぐ西側で発生した。海山の沈み込みは、前弧斜面の付加体に大きな凹みを形成する一方で、外縁隆起帯を大きく隆起させ、土佐藩と呼ばれる浅瀬を形成している(図1, Yamazaki and Okamura, 1989, Tectonophysics, v.160, 207-229)。海山の沈み込みは海底の地質構造にも大きな影響を与えていることは、海底地質図(岡村1986)にも明瞭に現れている。

同地震前後の期間について、震源地付近の室戸・高知市・土佐清水・串本津荷(つが)の4観測点のデータを調べた(図1)。各観測点には、3つの観測井(孔1:600m, 孔2:200-250m, 孔3:30-150m)それぞれに水位計があり、室戸・土佐清水・串本津荷については孔1(深度600m付近)に、高知については孔2(深度200m付近)に歪計がある(図2)。室戸・土佐清水・串本津荷については、水平歪4成分に加えて鉛直歪も測定している。

観測開始時期は、室戸が2008年9月、高知市が同年5月、土佐清水が同年9月、串本津荷が同年8月で、観測を開始して日が浅く、特に歪計のデータには掘削の影響が残(大きな長期トレンドがある)、地震や降水に対する変化のパターンについても、まだ良く分かっていない。また、気圧に対する応答係数については、まだ正確な推定を行っていないため、標準的な応答係数による解析結果を用いている。

歪に関しては、上記の掘削の影響(応力緩和の影響)を除くため、長期トレンドを除去している。

2. 観測結果

★地震時の変化(図3)

室戸では、歪ステップおよび地下水位のステップが認められた。M4.6の地震がその震央付近のプレート境界での低角逆断層型地震であると仮定した場合、観測された歪ステップはその地震の滑りから計算される理論的な歪変化によって概ね説明できる。

★地震後の変化

・室戸(図4)

地震後、水平歪3成分に地震時のステップよりも大きい変化が認められる。

2成分については通常のバラツキを超えていないが、1成分（青色のN12E：ほぼ南北成分）の伸び（地震後4日間で $+2 \times 10^{-8}$ 程度）は有意な変化の可能性がある。ただし、4日程度で変化は終了しているように見える。また、3つの観測井のうち、最も浅い井戸（孔3）についても、水位の低下（地震後4日間で10cm程度）が認められる。孔3の水位の歪に対する感度は 10^{-8} あたり0.3mm程度であり、この水位低下は上述の歪変化では説明できない。震度4の揺れによる影響かもしれない。

・高知市（図5）

ノイズレベルを考慮すると、特に異常な変化は認められない。

・土佐清水（図6）

地震後、通常のバラツキを超えているとは言えないが、水平歪のうちの1成分（青色のN111E：西北西-東南東成分）に伸びの変化が認められる。また、3つの観測井のうち、浅い井戸2つ（孔2と孔3）についても、水位の低下が見られる（孔2は地震後1週間で15cm程度、孔3は地震の1日後から1週間で10cm程度）が認められる。孔2の水位の歪に対する感度は 10^{-8} あたり3cm程度、孔3の水位の歪に対する感度は 10^{-8} あたり0.6mm程度であり、この水位低下は歪変化では十分に説明できない。震度1の揺れが原因と考えることも難しい。この水位低下の原因については検討中。

・串本津荷（図7）

地震の2日後から、水平歪の1成分（青色のN175E：ほぼ南北成分）に伸びの変化が認められる。地震直後にはその成分に変化はなく、室戸沖の地震との関連性は不明である。

3. 地震後の歪みの原因（図8）

地震後に観測された歪み変化を地殻変動で説明すると、気象庁・気象研究所が使用しているhiteq（観測された歪み変化を説明するようなプレート境界上のすべりをグリッドサーチで探すプログラム）を用いて、下記の室戸（水平歪の4成分）と土佐清水（水平歪の1成分）の地震後の変化を説明できるようなプレート境界での滑りの有無を検討した。

室戸(mur)の歪み変化の許容範囲

歪1 (N147E) : $-20 \sim -5 [\times 10^{-9}]$ (有意かどうかは疑問あり)

歪2 (N237E) : $+5 \sim +20 [\times 10^{-9}]$ (有意かどうかは疑問あり)

歪3 (N282E) : $-10 \sim +10 [\times 10^{-9}]$ (通常のバラツキの範囲内)

歪4 (N12E) : $+10 \sim +40 [\times 10^{-9}]$ (有意な可能性あり)

土佐清水(tss)の歪変化の許容範囲

歪 4 (N111E): + 5 ~ +20 [$\times 10^{-9}$] (有意かどうかは疑問あり)

室戸の南南西(土佐清水の東)の地点におけるM6.0程度の滑りでも、地震後の歪変化が説明可能である。ただし、その滑りがあったとしても地震後4日程度で終わっていると思われる。

4. まとめ

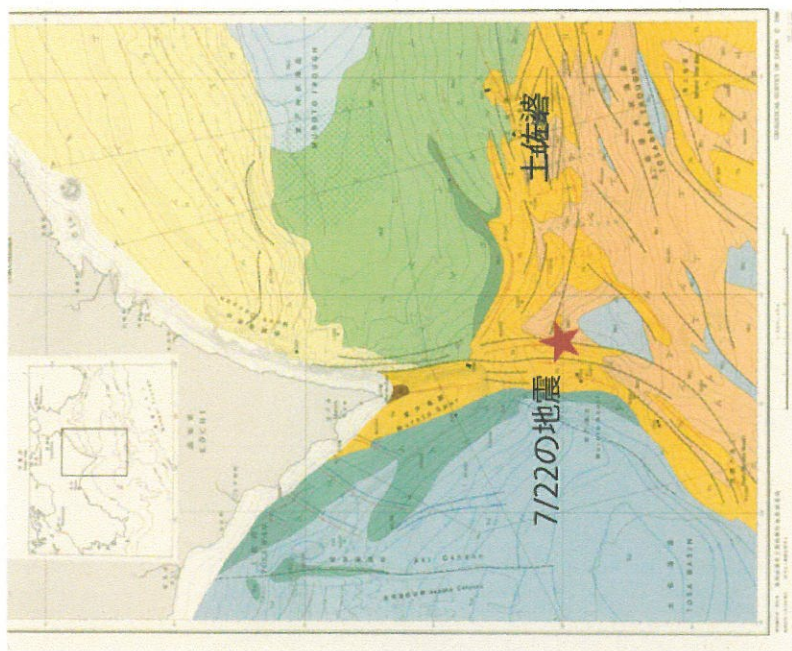
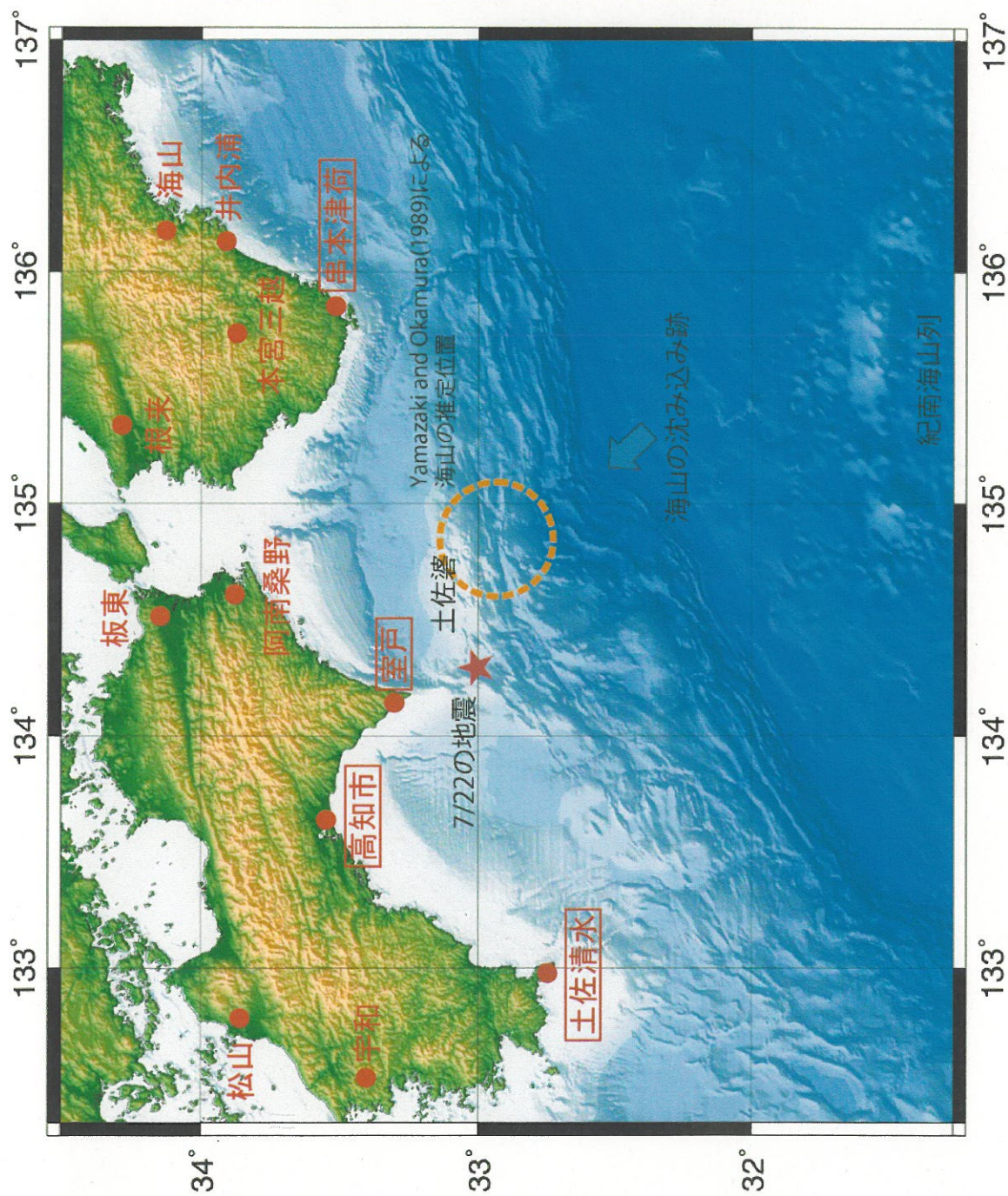
室戸の地震時の歪変化は、M4.6の地震がプレート境界での低角逆断層型地震であることを示唆する。

地震後の変化の原因は検討中であるが、震源より西側のプレート境界でゆっくり滑りが生じていた可能性がある。

5. 謝辞

プログラムhiteqの使用許可に加えて使用方法も教えていただいた気象庁・気象研究所の方々に感謝します。

(北川有一、板場智史、松本則夫、小泉尚嗣)



室戸岬沖の海底地質図 (岡村, 1986)

図1：地震 (M4.6) の震央と産総研の観測点 (歪計有り) の位置
四角で囲んだ4点がデータを検討した観測点

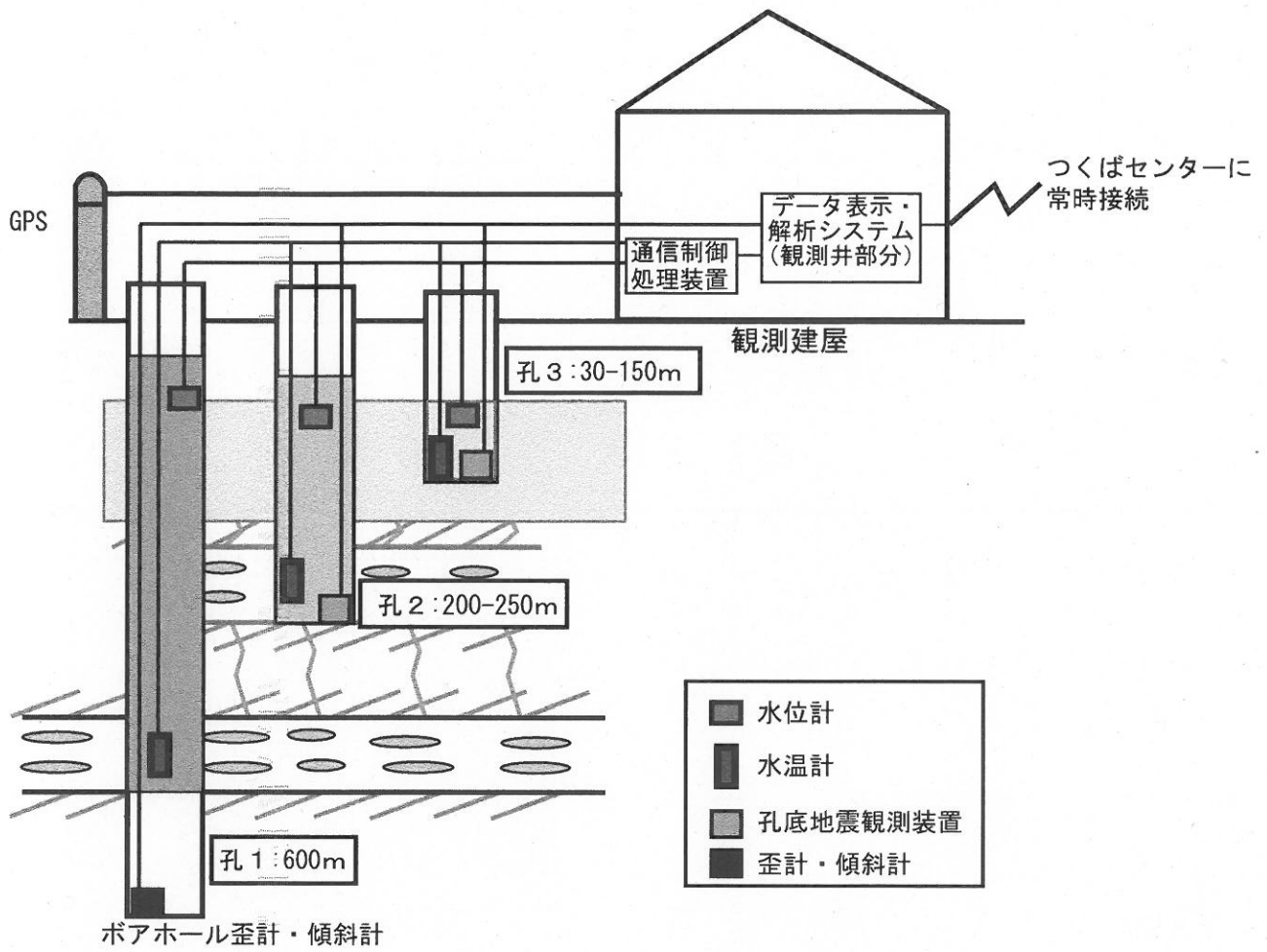
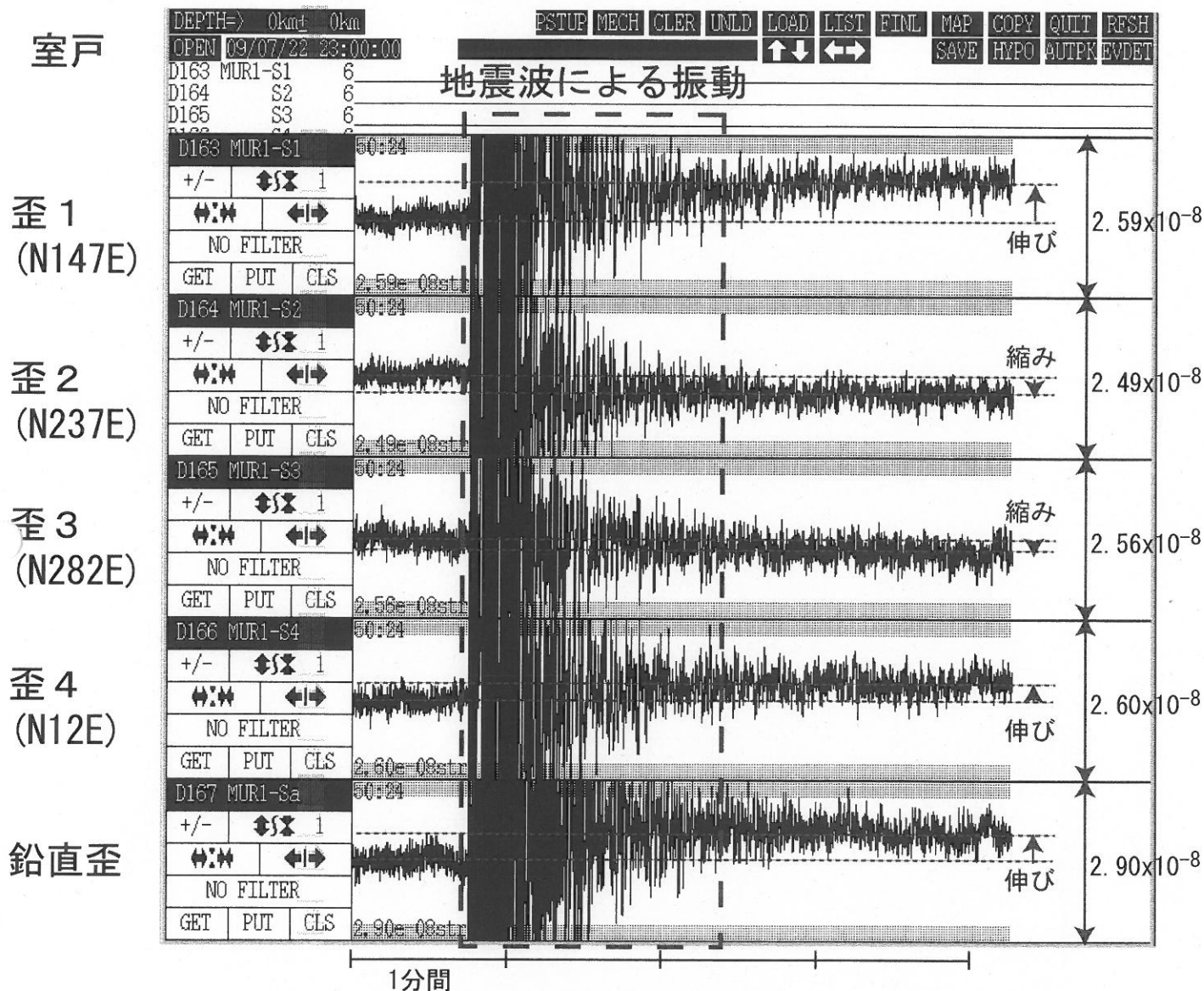
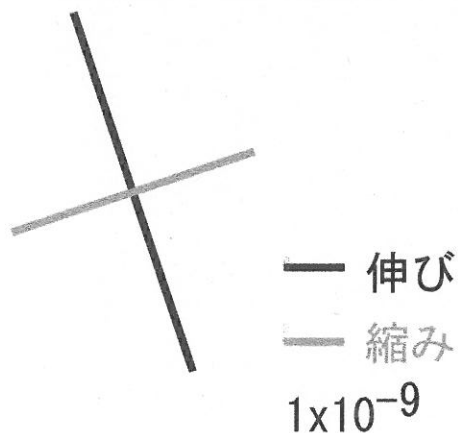


図2：産総研の新規観測点の概念図



観測された歪ステップから
求めた主歪場（水平方向）



M4.6の地震（プレート境界での
低角逆断層型地震を仮定）から
理論的に計算される主歪場

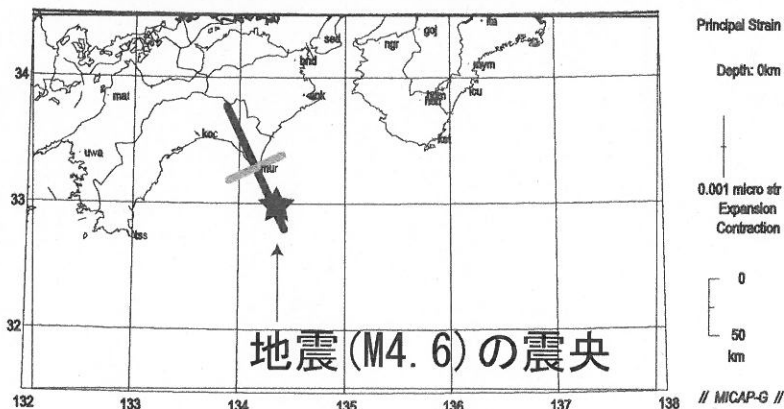
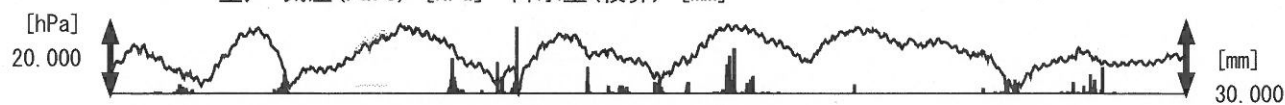


図3：地震時に室戸(mur)で観測された歪変化(上)とその主歪場(左下)
地震時の歪変化は地震の震源での滑り(右下)で説明できる

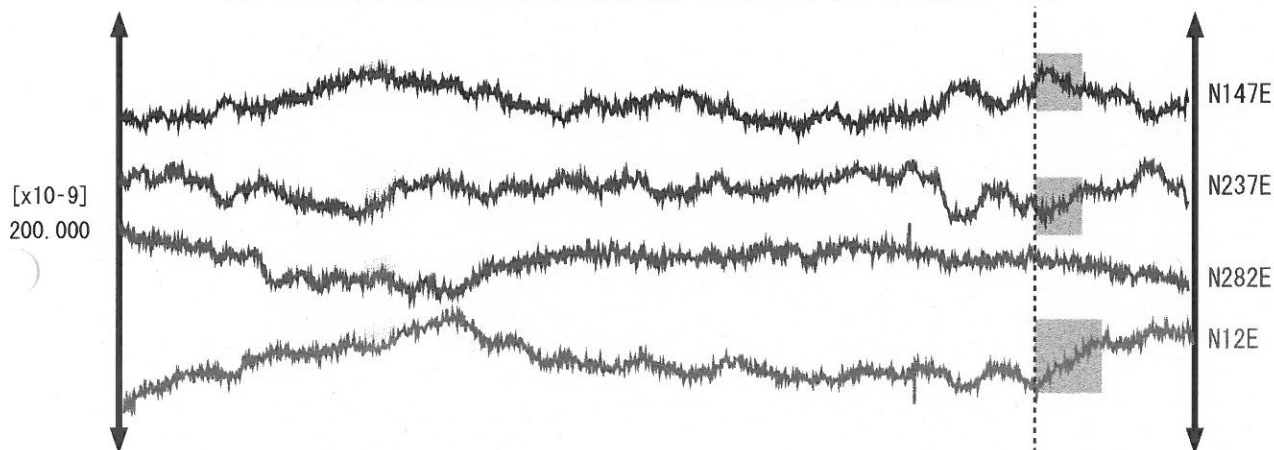
室戸 (mur)

(2009/06/01 00:00 - 2009/08/01 00:00)

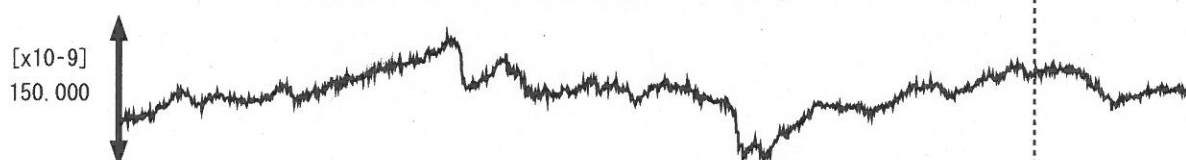
室戸 気圧 (Pao) [hPa] 降水量 (積算) [mm]



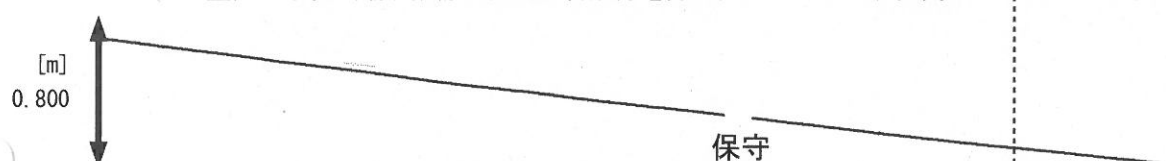
室戸1 水平歪 (潮汐成分と気圧応答成分と2次曲線トレンドを除去) EQ



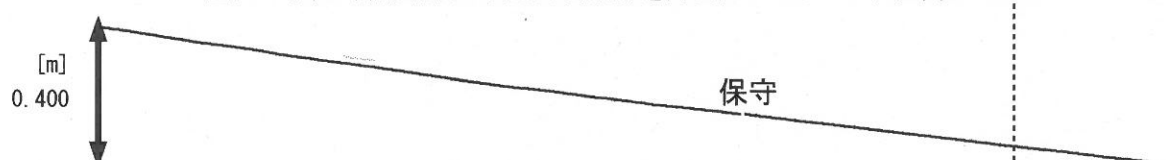
室戸1 鉛直歪 (潮汐成分と気圧応答成分と2次曲線トレンドを除去)



室戸1 水位 (潮汐成分と気圧応答成分を除去) : ストレーナ区間GL-407.5~418.4m



室戸2 水位 (潮汐成分と気圧応答成分を除去) : ストレーナ区間GL-130.1~141.0m



室戸3 水位 (潮汐成分と気圧応答成分を除去) : ストレーナ区間GL-19.5~30.5m

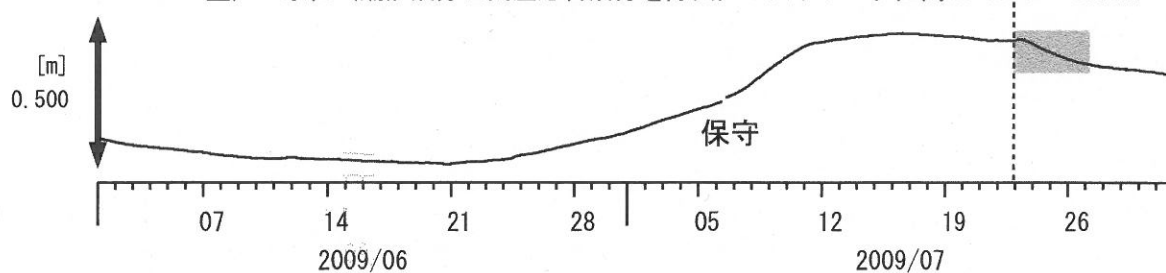


図 4 : 室戸 (mur) での観測結果

データ収集システムによる自動解析処理の結果を使用

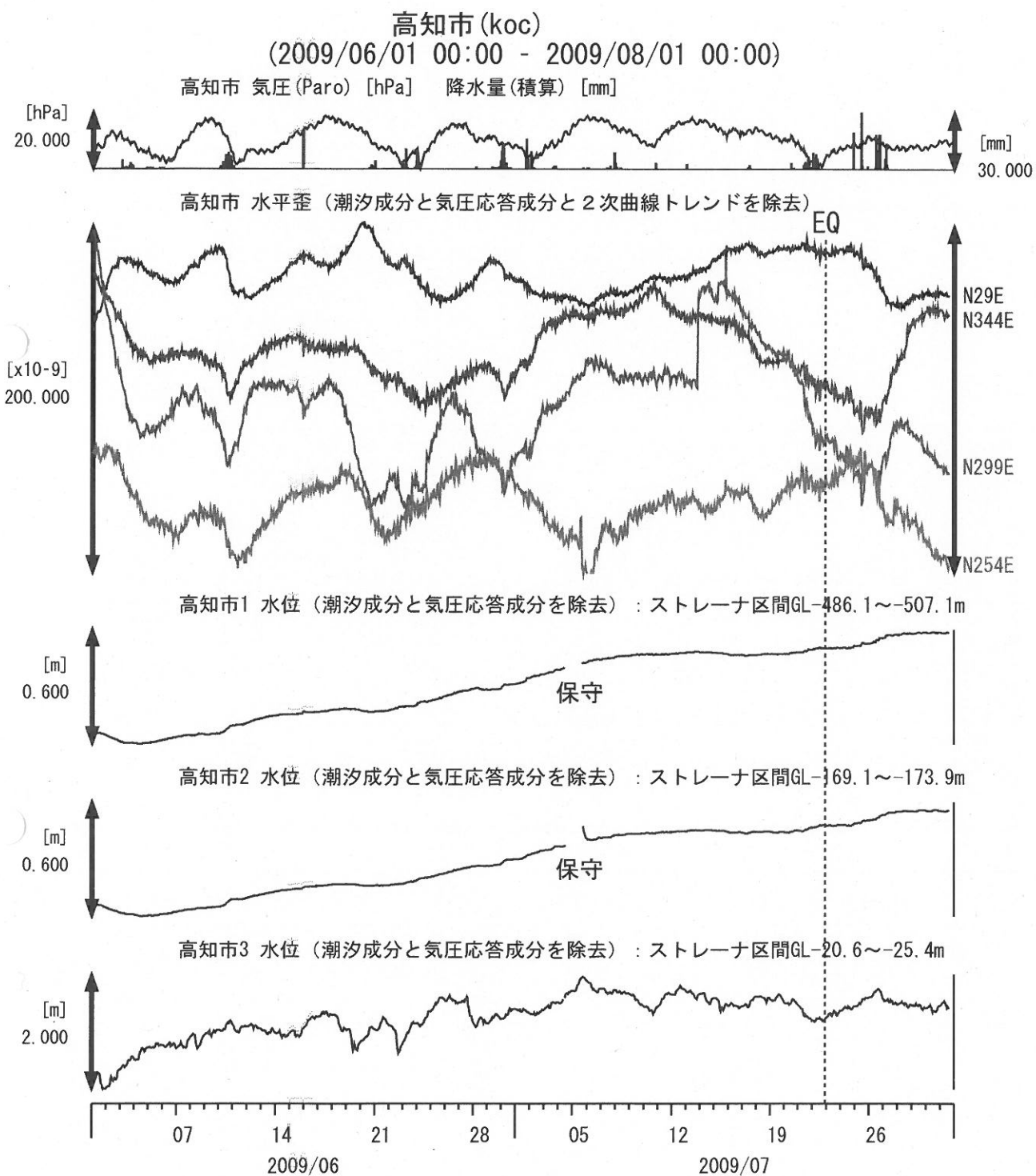


図5 : 高知市 (koc) での観測結果
データ収集システムによる自動解析処理の結果を使用

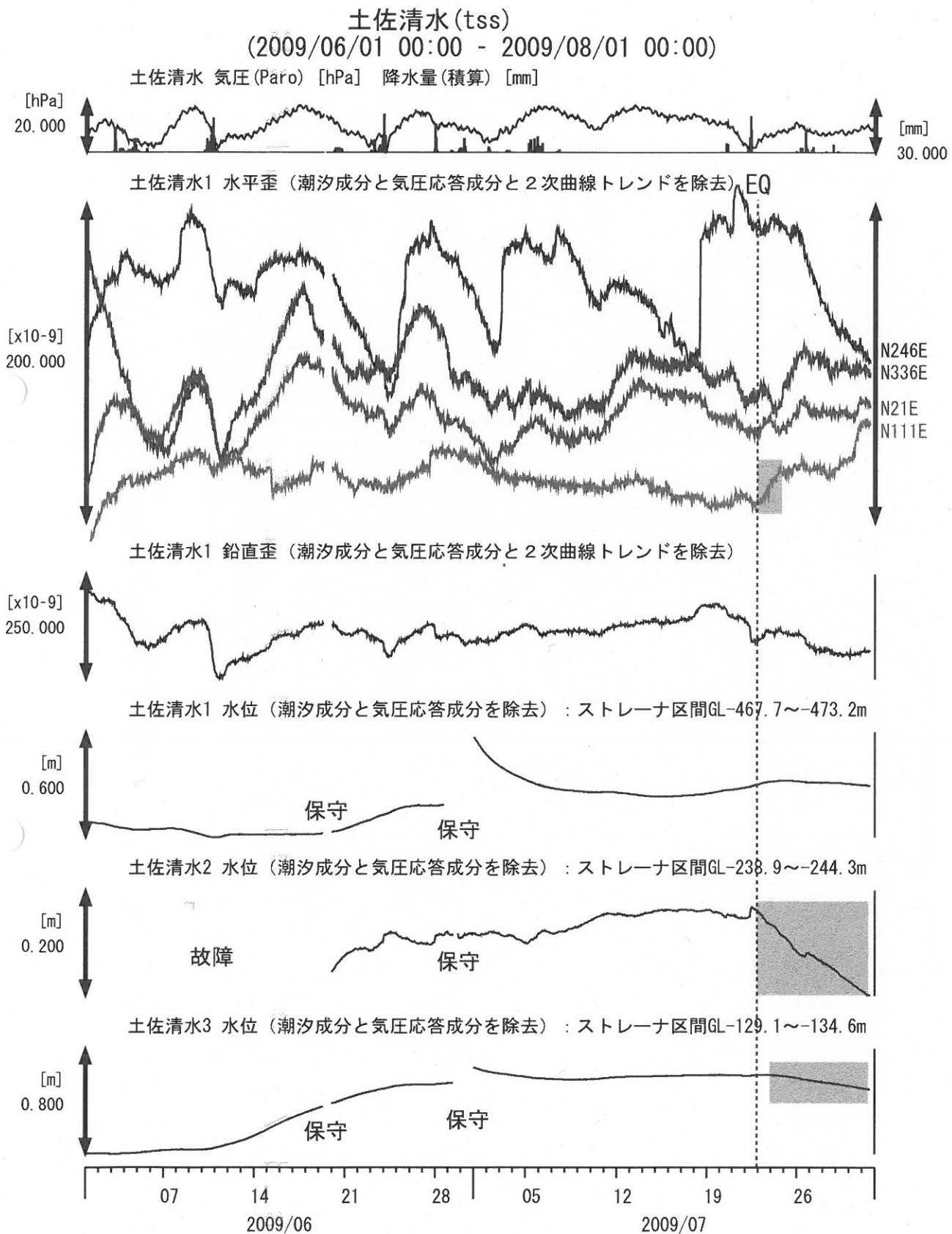
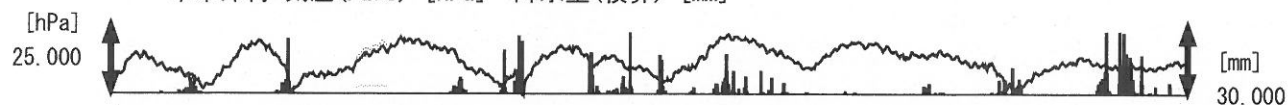


図6 : 土佐清水 (tss) での観測結果
データ収集システムによる自動解析処理の結果を使用

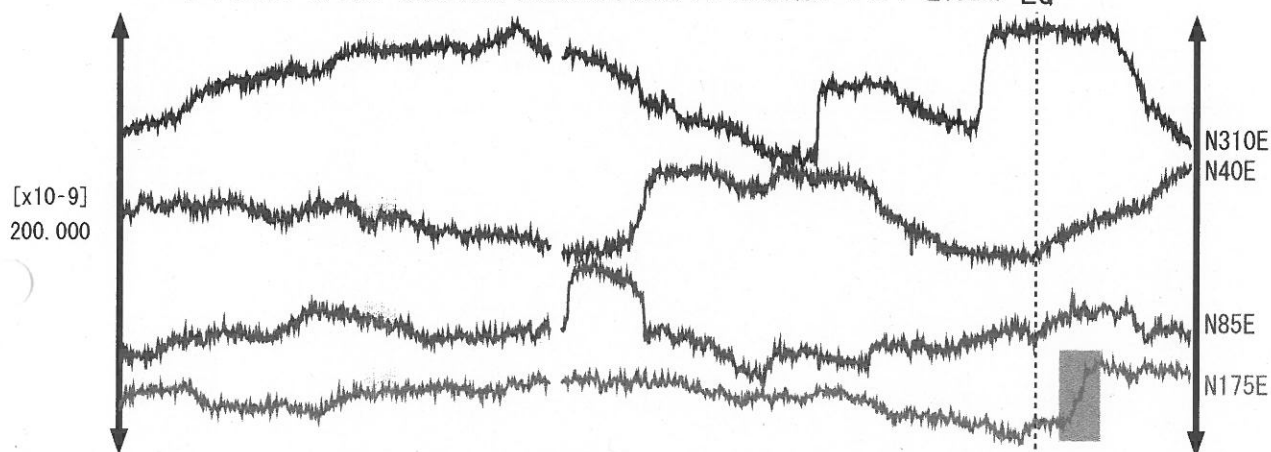
串本津荷 (kst)

(2009/06/01 00:00 - 2009/08/01 00:00)

串本津荷 気圧 (Pao) [hPa] 降水量 (積算) [mm]



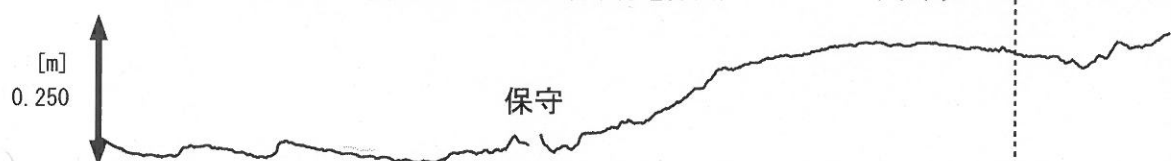
串本津荷1 水平歪 (潮汐成分と気圧応答成分と2次曲線トレンドを除去) EQ



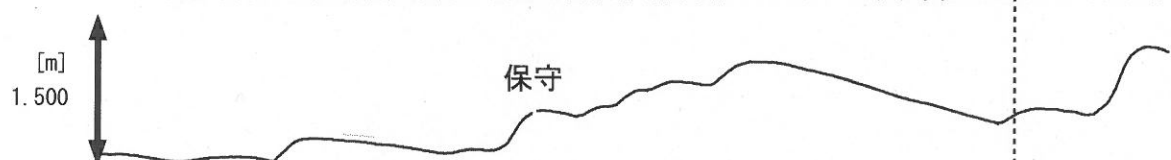
串本津荷1 鉛直歪 (潮汐成分と気圧応答成分と2次曲線トレンドを除去)



串本津荷1 水位 (潮汐成分と気圧応答成分を除去) : ストレーナ区間GL-502.2~-520.2m



串本津荷2 水位 (潮汐成分と気圧応答成分を除去) : ストレーナ区間GL-132.9~-143.9m



串本津荷3 水位 (潮汐成分と気圧応答成分を除去) : ストレーナ区間GL-20.4~-30.6m

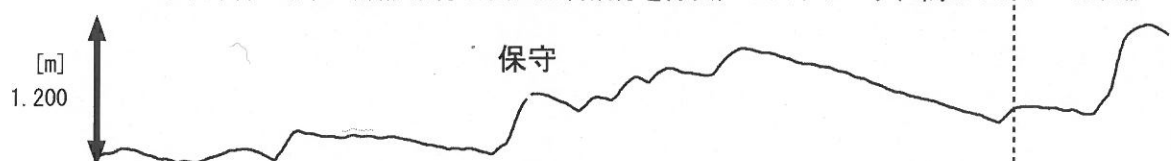


図7 : 串本津荷 (kst) での観測結果

データ収集システムによる自動解析処理の結果を使用

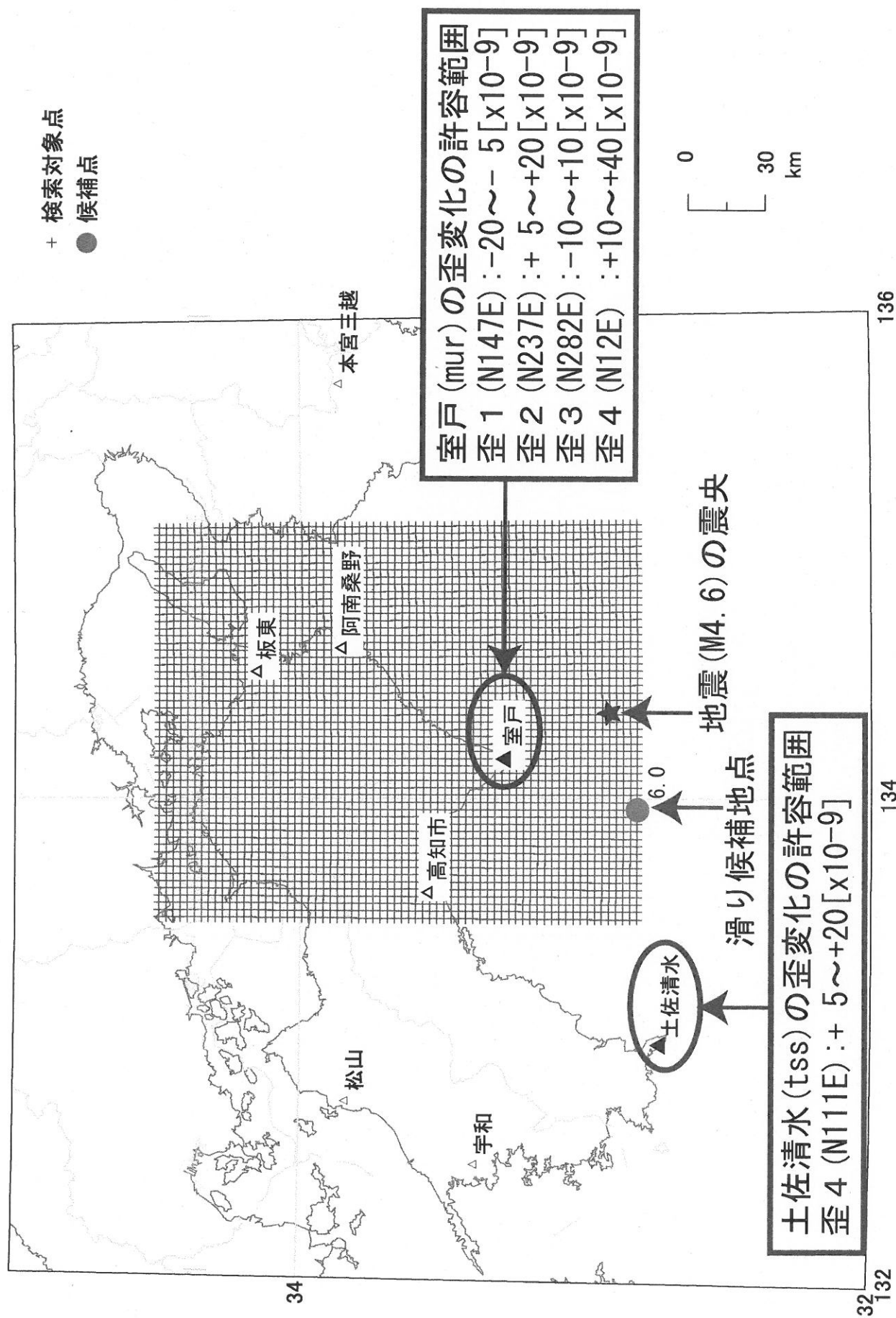


図8 : hiteqを用いた滑り候補位置の推定