

1-17 平成15年(2003年)十勝沖地震前の傾斜計記録について

Hi-net tiltmeter records prior to the 2003 Tokachi-oki earthquake

防災科学技術研究所

National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention

防災科学技術研究所では、高感度地震観測網(Hi-net)の各観測点に、高感度加速度計(傾斜計)を併設して地殻変動のモニタリングを行っている。ここでは、2003年9月26日に発生した平成15年(2003年)十勝沖地震(M=8.0)の発生前に、傾斜観測で地震の先駆的な地殻変動がとらえられているかどうか検討した。

第1図に北海道南東部の観測点配置を示す。観測点コードを付した観測点の傾斜記録が以下の図で示されている。傾斜記録はBAYTAP-G(1)によって潮汐成分を取り除いた。また地震前1か月間の記録(第2,4,6,8図)に関しては、気圧応答も同時に補正した。ここで気圧応答の補正に用いた気圧データは、第1図中に位置を示した気象台・測候所で観測されたものを用いた。

第2図に、傾斜記録の品質が比較的良好な9点(第1図に2重円で表示)の、地震前1か月間の記録を示した。この図からは、地震前に通常の揺らぎの範囲を越えるような傾斜変動は認められない。一部の観測点(例えば、TKIH, BRWH, RKBHなど)では、地震2日前の9月26日頃から傾向が変わったようにも見えるが、ちょうどこの時期、北海道地方は非常に強い高気圧に覆われており、その影響が除去しきれないためと考えられる。このことは、9月14日前後に台風14号が通過しており、それに伴い、傾斜記録でも地震直前2日と同程度の変化が現れていることから支持される。震源に最も近い観測点であるSAMH(様似)では9月7日前後から、またそれに次いで震源に近いTKIH(大樹)では9月10日前後から、それ以前と傾向の異なる変化が見られる。これらの変化の原因は明らかではないが、地震に先立つ変動と見るよりは降雨の影響がより考えやすい。いずれにしても0.1micro radian程度の傾斜変動であり、第3図に示した、より長期間の記録からも分かるおおり、ノイズレベルを越えるような変化ではない。

第3図には、第2図と同じ観測点の2年9か月間の傾斜時系列を示した。この図からは各観測点のノイズレベルと季節的な変化が分かるが、それらのレベルを越えるような地震前の傾斜変化はとらえられていない。

第4-9図には、第1図のGroup 1-3の観測点について、地震前1か月間と、2001年1月からの傾斜計記録のそれぞれを第2,3図と同様に示した。これらの図からも顕著な地震前の変化は見られない。

以上のように、防災科研Hi-net傾斜計では、今回の十勝沖地震に先立つ地殻変動はとらえられていない。通常、大地震に先行する地殻変動の原因としては、震源域付近もしくは震源断層の深部延長上でのプレスリップが想定されている。今回の地震では、最も震源に近い観測点でも約100km離れており、仮に震源域でプレスリップが発生していたとしても、それによる地殻変動を検知するのは難しい。

プレスリップによる傾斜変化を定量的に評価するため、以下の3つのケースについて、各観測点で観測されるべき傾斜変化をOkada(2)の式で計算した。

ケース1は、傾斜変化量の基準を見積もる目的で、国土地理院(3)がGPS観測データから推定

した本震時の断層モデルから期待される傾斜変化である（第10図）。震源域で何らかのすべりが発生した場合、これに類似した傾斜変化の空間パターンが観測されるべきことを示している。

ケース2は、震源付近でのプレスリップを想定し、ケース1の矩形断層に対して長さ・幅・すべり量をそれぞれ半分にしたときの傾斜変化である（第11図）。地震モーメントはケース1の1/8となるので、各観測点での傾斜変化もほぼ同程度小さくなっている。震源に近い2観測点でこそ0.3 micro radian程度の傾斜変化が計算されるが、それ以外の観測点では0.1 micro radian程度以下であり、ノイズレベルを考慮すると、ここで仮定したようなかなり大規模なプレスリップが実際にあったとしてもそれを検知するのは難しいであろう。

ケース3は、震源域の深部延長上でのプレスリップを想定し、ケース1の矩形断層と同面積ですべり量を1/10と仮定した場合の傾斜変化である（第12図）。このケースでは1 micro radian程度の変化が多く観測点で現れる。先に見たように観測データには0.1 micro radianを越えるような傾斜変化は見られないことから、もしこのような場所でプレスリップが発生していたとしても、このケースよりも地震モーメントでさらに1桁小さい（ $M_w = 6.6$ ）程度以下のものであったということになる。

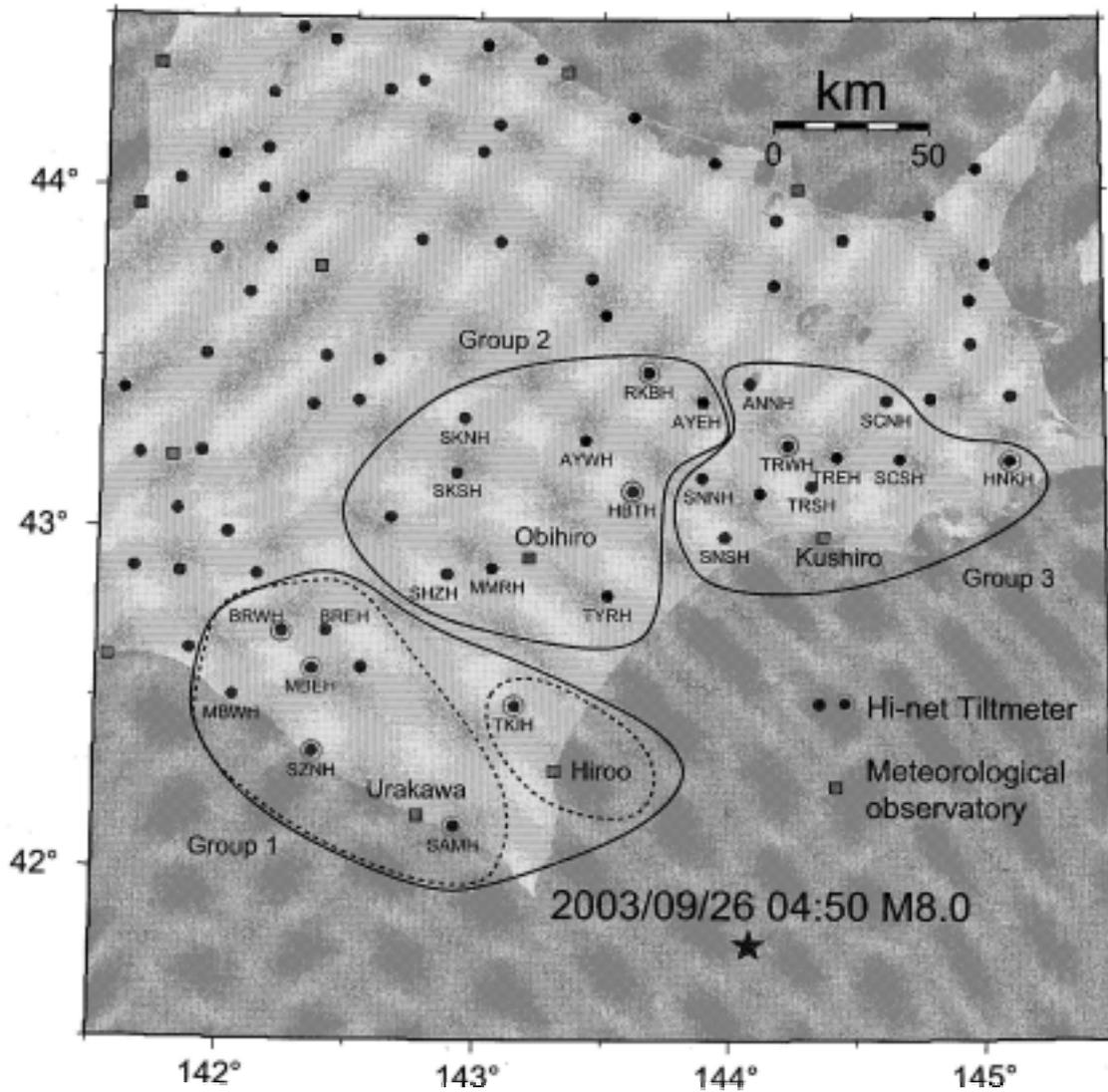
謝辞

気象庁のウェブページ（「電子閲覧室」 <http://www.data.kishou.go.jp/>）で公開されている各気象台・測候所の気象データを解析に使わせていただきました。記して感謝いたします。

（廣瀬 仁）

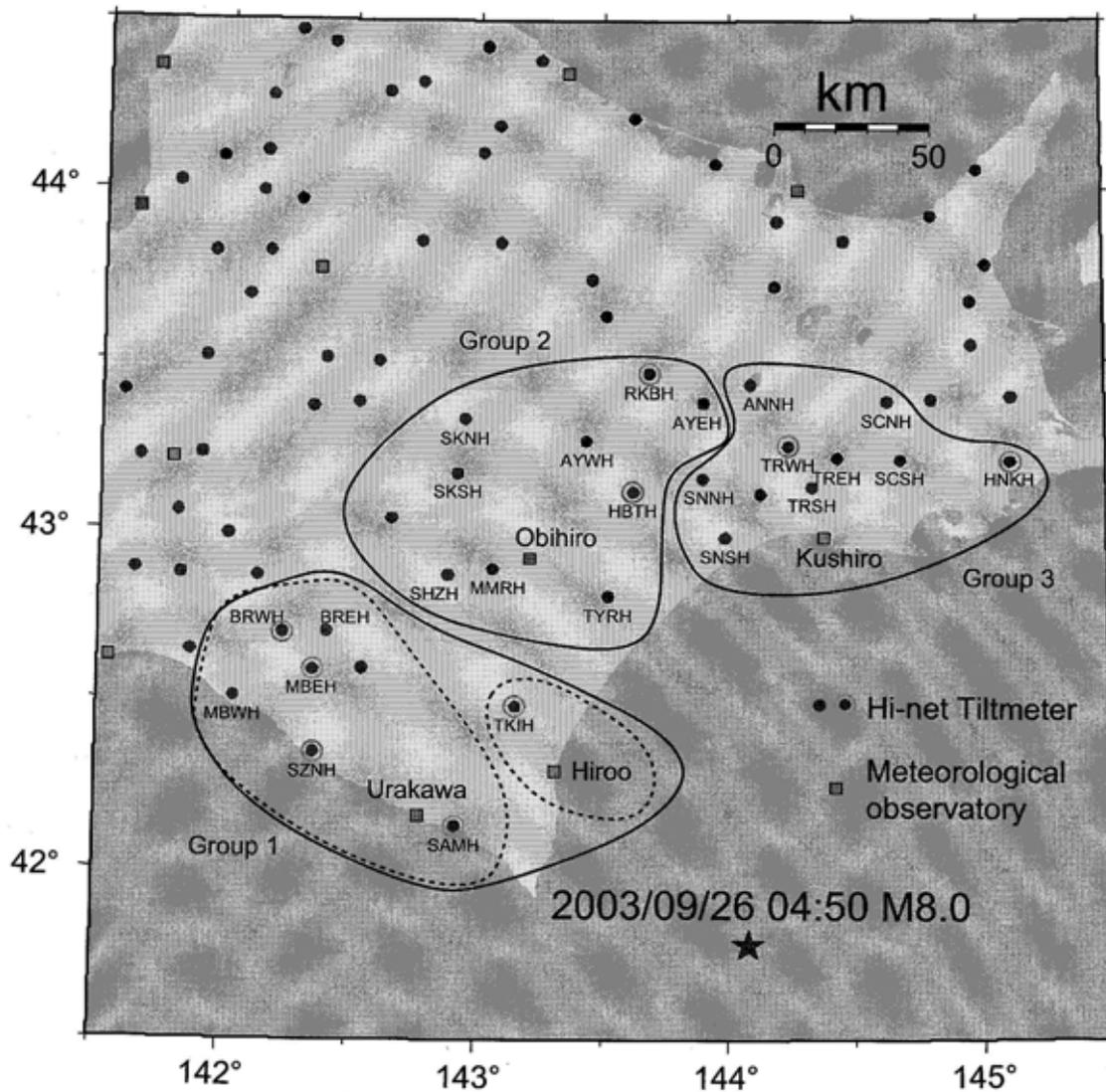
参 考 文 献

- 1) Tamura, Y., T. Sato, M. Ooe, M. Ishiguro, A procedure for tidal analysis with a Bayesian information criterion, *Geophys. J. Int.*, 104, 507–516, 1991.
- 2) Okada, Y., Internal deformation due to shear and tensile faults in a half-space, *Bull. Seism. Soc. Am.*, 82, 1018–1040, 1992.
- 3) 国土地理院, 9月26日4時50分頃の釧路沖の地震に伴う地殻変動から推定した震源断層モデルについて, <http://www.gsi.go.jp/WNEW/PRESS-RELEASE/2003/0926-2.htm>



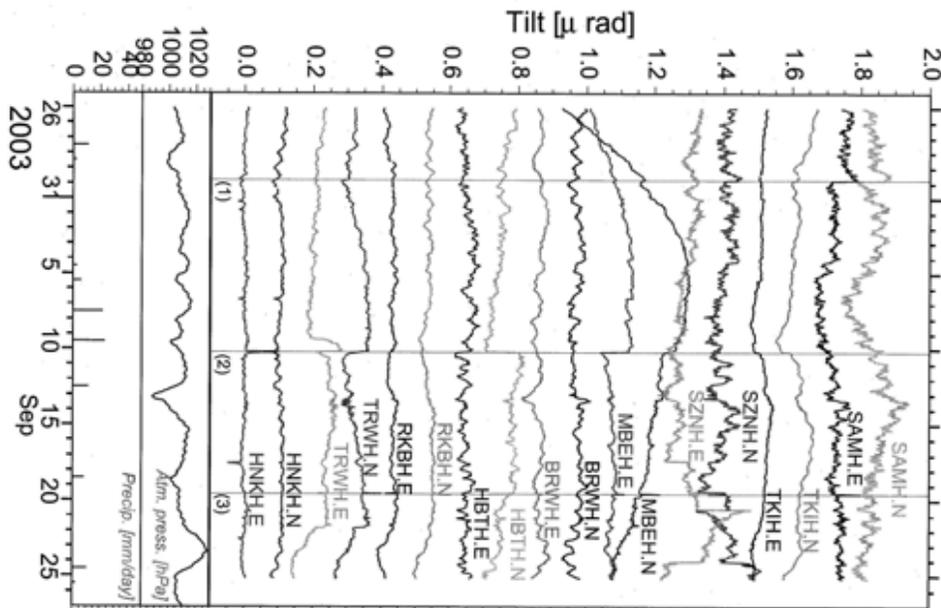
第1図 観測点位置図. 傾斜計と気象台・測候所の位置を示す. 第4図以下で同じ図中に記録を示す観測点のグループを実線で囲んだ. 同じ実線・破線で囲まれた気象台・測候所の気圧データを, 傾斜記録の補正に使用した. 黒丸を円で囲んだ観測点の記録は, それ以外の観測点の記録より比較的品质が良く, 第2,3図に抜き出して示した.

Fig.1 Location map of tiltmeter stations and meteorological observatories. Stations surrounded by a solid curve indicate the groups for plotting their tilt records. The meteorological observatory whose atmospheric pressure record is used for correction of its effect on tilt movement is surrounded by the same solid or broken curve with the tiltmeter station. Tilt records observed at the stations denoted by a symbol with an additional open circle are displayed in Fig. 2 and 3.



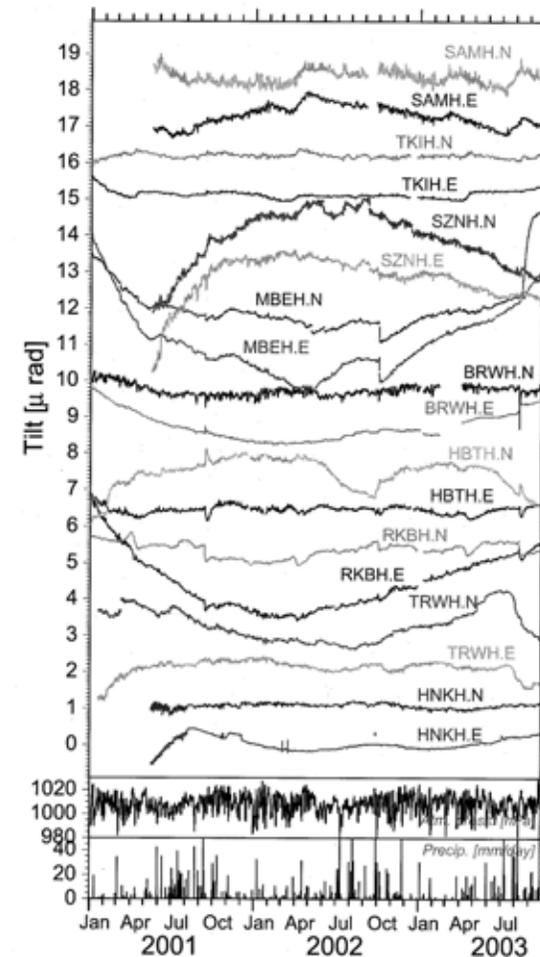
第1図 観測点位置図. 傾斜計と気象台・測候所の位置を示す. 第4図以下で同じ図中に記録を示す観測点のグループを実線で囲んだ. 同じ実線・破線で囲まれた気象台・測候所の気圧データを、傾斜記録の補正に使用した. 黒丸を円で囲んだ観測点の記録は、それ以外の観測点の記録より比較的品质が良く、第2,3図に抜き出して示した.

Fig.1 Location map of tiltmeter stations and meteorological observatories. Stations surrounded by a solid curve indicate the groups for plotting their tilt records. The meteorological observatory whose atmospheric pressure record is used for correction of its effect on tilt movement is surrounded by the same solid or broken curve with the tiltmeter station. Tilt records observed at the stations denoted by a symbol with an additional open circle are displayed in Fig. 2 and 3.



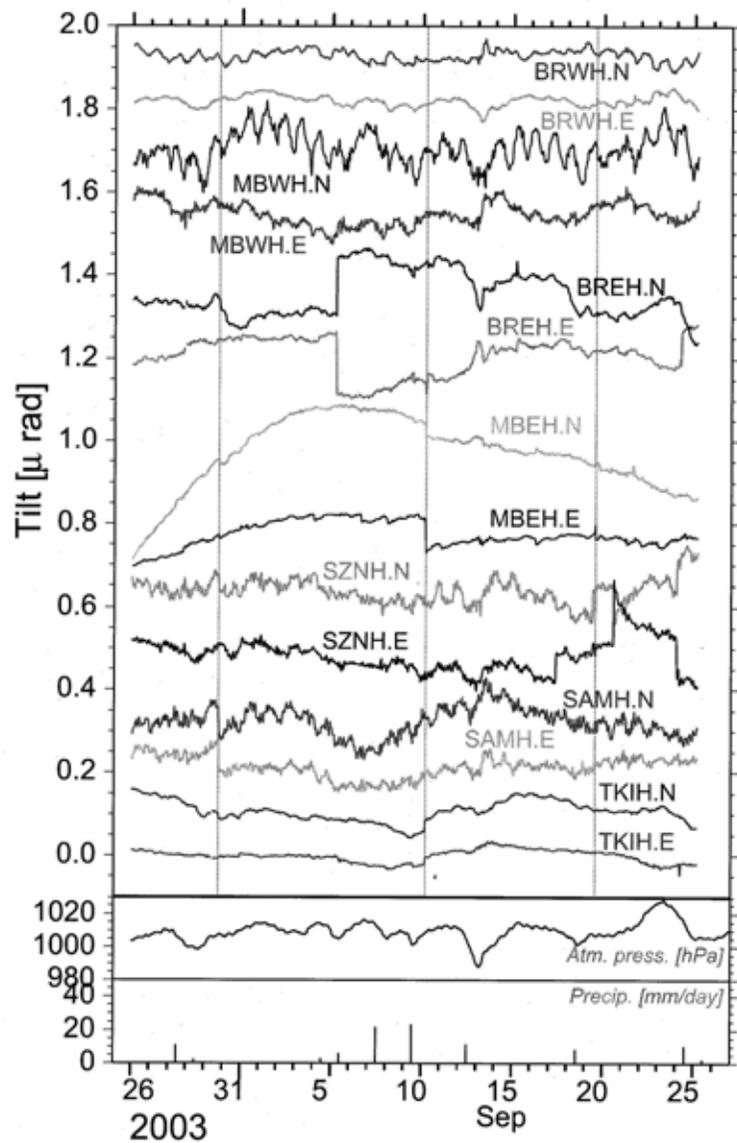
第2図 地震前1か月間の傾斜変動(1時間値). 観測点の位置は第1図中に2重円で示した. 4文字の観測点コードの後の「N」「E」はそれぞれ北下がり傾斜・東下がり傾斜を表す. BAYTAP-G (1) によって潮汐・気圧成分を除去し, リニアトレンド除去後のデータを示した. 浦河測候所の気圧・雨量を下段に示した. 縦破線は主な地震の発生時刻を示す: (1) 8月30日浦河沖 $M = 5.4$; (2) 9月11日十勝沖 $M = 4.9$; (3) 9月20日九十九里沿岸 $M = 5.8$.

Fig.2 Tiltmeter records for one month before the earthquake. The locations of the stations are denoted by a symbol surrounded by an open circle in Fig. 1. 'N' and 'E' followed by a station code with four characters denote the northward and eastward ground down components, respectively. The records after removing tidal and atmospheric pressure components estimated by BAYTAP-G (1) and removing their linear trends are plotted. The bottom two panels show the atmospheric pressure and the precipitation observed at Urakawa meteorological observatory. Vertical broken lines indicate the origin times of major earthquakes occurred in this period: (1) Urakara-oki, August 30, $M = 5.4$; (2) Tokachi-oki, September 11, $M = 4.9$; (3) Kujukuri coast, September 20, $M = 5.8$.



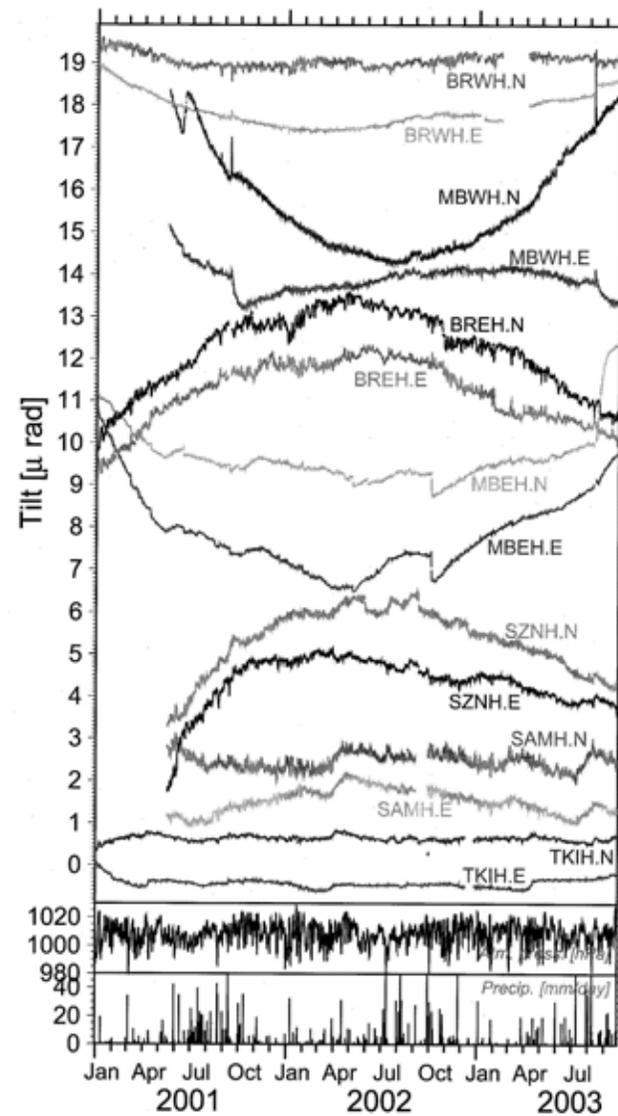
第3図 2001年1月から地震時までの間の傾斜変動. 表示した観測点は第2図と同じ. 潮汐成分のみ除去(気圧成分は未補正).

Fig.3 Tiltmeter records of the same stations as in Fig. 2 for the period from January, 2001, to September, 2003. Note that the atmospheric pressure effect is not corrected.



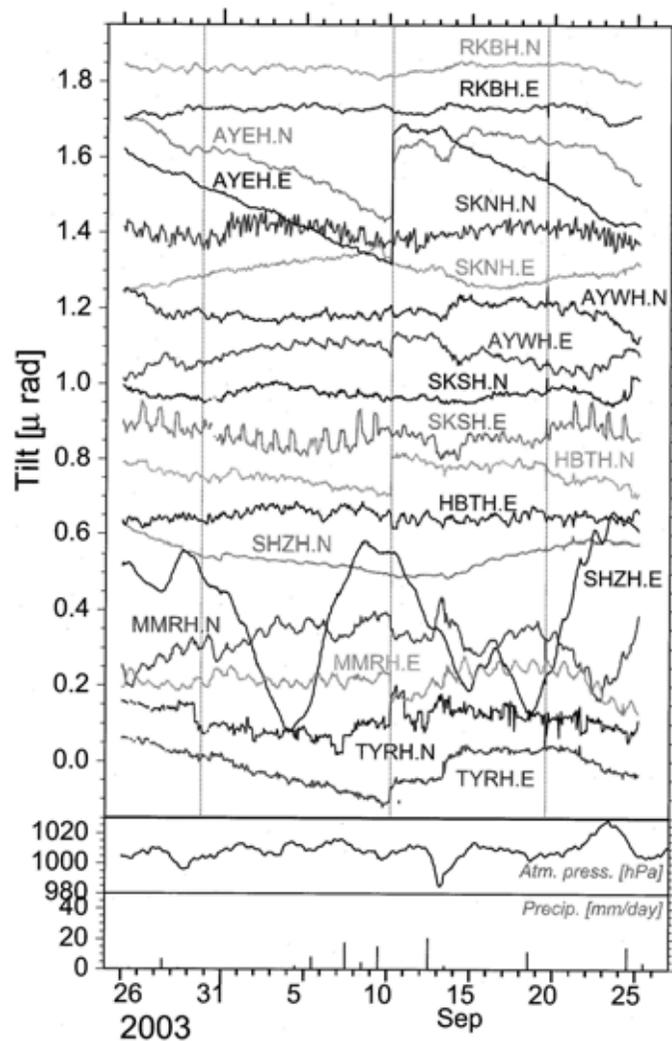
第 4 図 地震前 1 か月間の傾斜変動 (Group 1) . 表示した観測点位置は第 1 図を参照. 表示の仕方は第 2 図と同様.

Fig.4 Same as Fig. 2 except for the records of 'Group 1' whose station locations are indicated in Fig. 1.



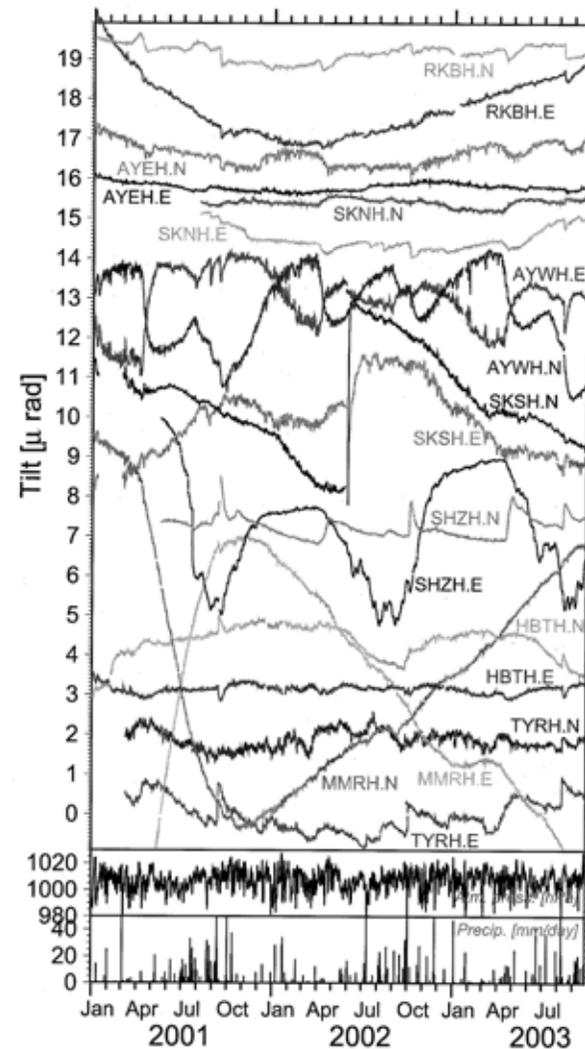
第 5 図 2001 年 1 月から地震時までの間の傾斜変動 (Group 1) . 表示期間以外, 第 4 図と同様.

Fig.5 Same as Fig. 4 except for the time period.



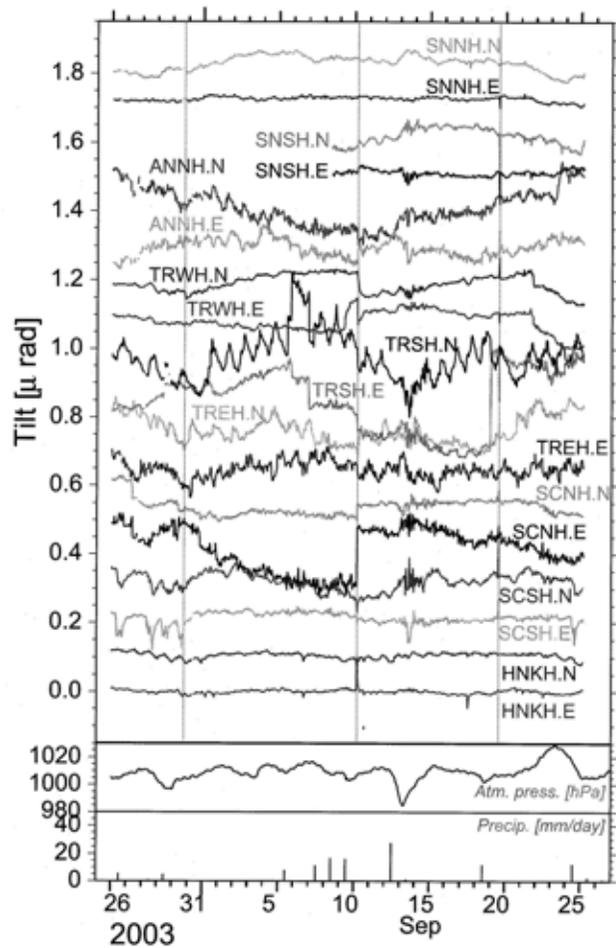
第 6 図 地震前 1 か月間の傾斜変動 (Group 2) . 表示した観測点位置は第 1 図を参照. 帯広測候所の気圧・降雨を下段に示した. その他の表示の仕方は第 2 図と同様.

Fig.6 Same as Fig. 2. Tilt records of Group 2 (see Fig. 1) are displayed. The atmospheric pressure and the precipitation at Obihiro observatory are also plotted.



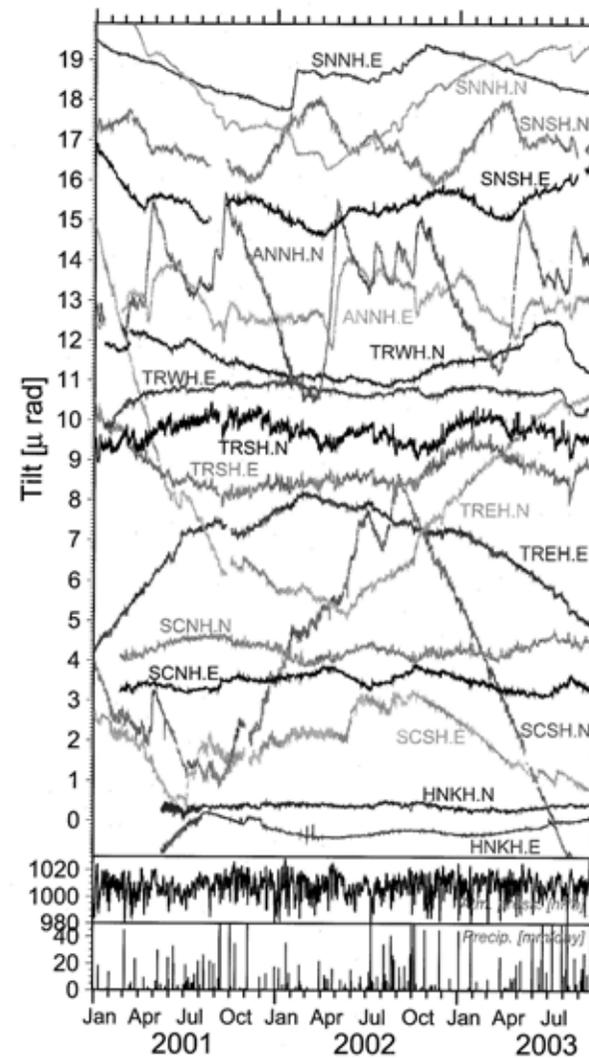
第 7 図 2001 年 1 月から地震時までの間の傾斜変動 (Group 2) . 表示期間以外, 第 6 図と同様.

Fig. 7: Same as Fig. 6 but its time period.



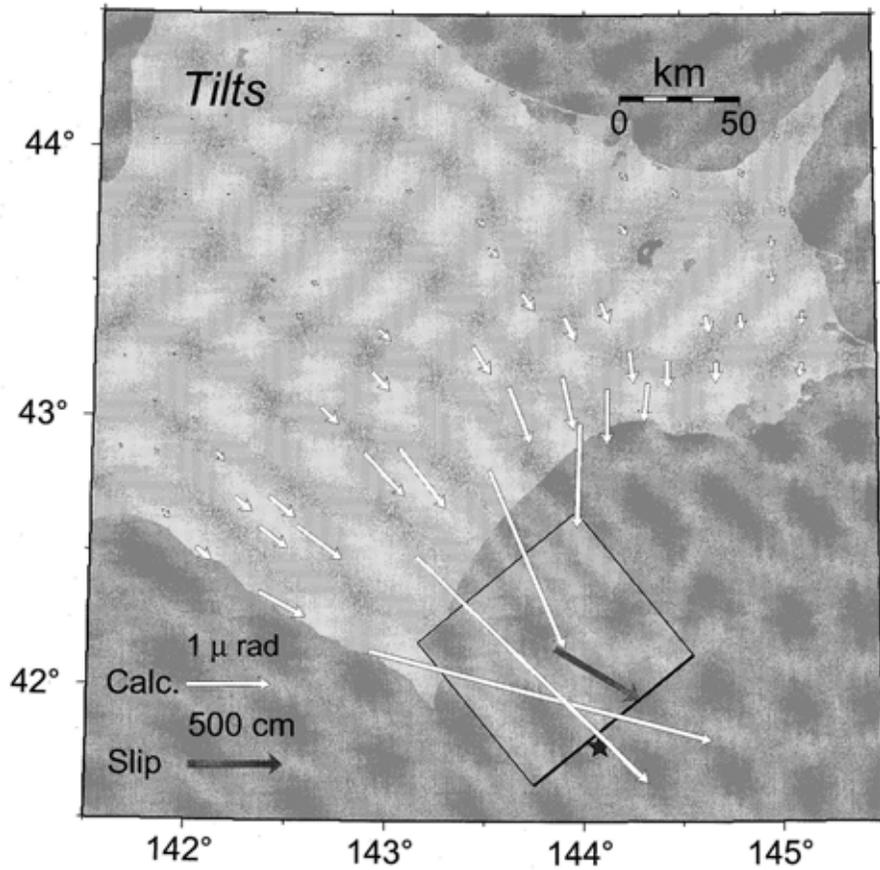
第 8 図 地震前 1 か月間の傾斜変動 (Group 3) . 表示した観測点位置は第 1 図を参照. 釧路気象台の気圧・降雨を下段に示した. その他の表示の仕方は第 2 図と同様.

Fig.8 Same as Fig. 2. Tilt records of Group 3 (see Fig. 1) are displayed. The atmospheric pressure and the precipitation at Kushiro observatory are also plotted.



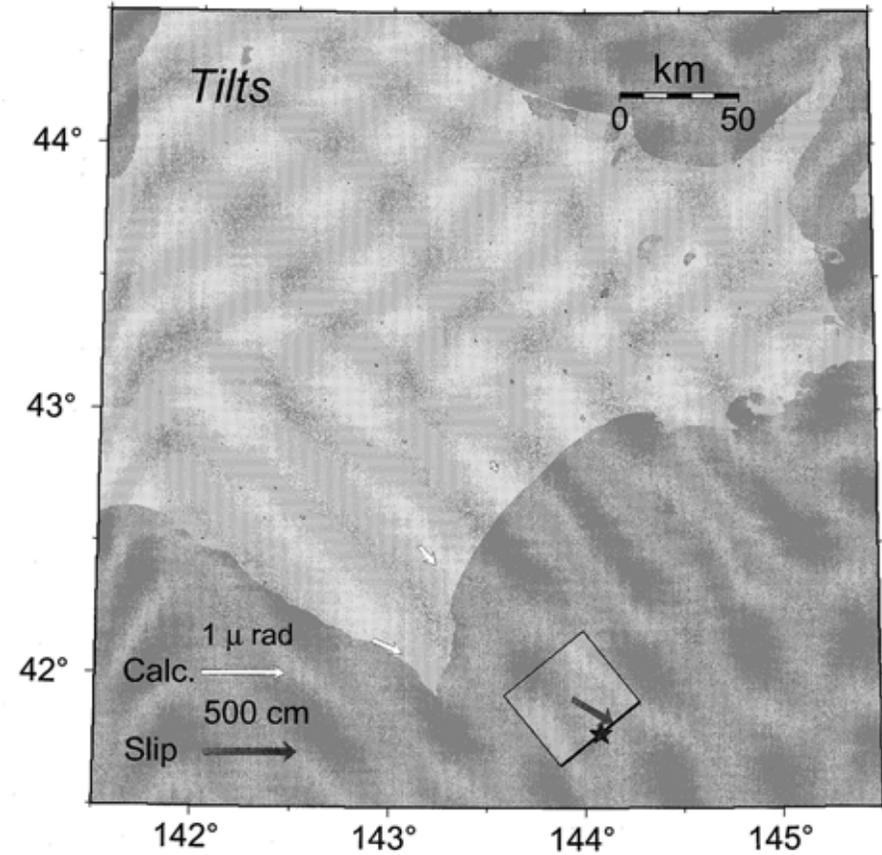
第 9 図 2001 年 1 月から地震時までの間の傾斜変動 (Group 3) . 表示期間以外, 第 8 図と同様.

Fig.9 Same as Fig. 8 but its time period.



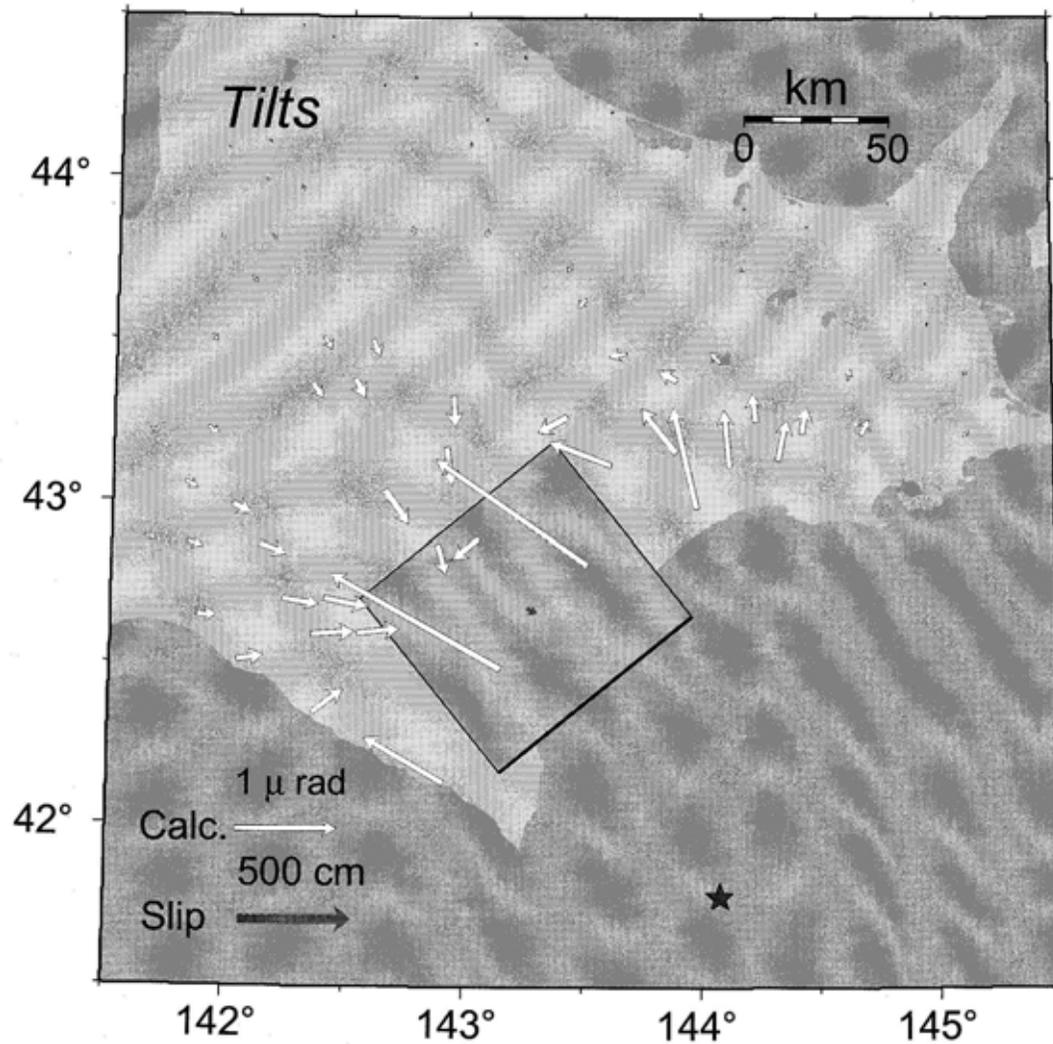
第10図 傾斜変化のモデル計算（ケース1）．国土地理院（3）の本震断層モデルによる傾斜変化（ $M_w = 8.0$ ）．傾斜ベクトルは下がる方向に表示した．

Fig.10 Calculated tilt changes (case 1) assuming the coseismic fault model ($M_w = 8.0$) estimated by GSI based on GPS observations (3). The vectors denote the direction of ground down.



第11図 傾斜変化のモデル計算（ケース2）．ケース1（第10図）に対して長さ・幅・すべり量がそれぞれ半分の場合の傾斜変化（ $M_w = 7.4$ ）．

Fig. 11 Calculated tilt changes (case 2) assuming a fault slip with a half length, width, and slip of the fault model in case 1 (Fig. 10). Corresponding moment magnitude is 7.4.



第 12 図 傾斜変化のモデル計算 (ケース 3) . ケース 1 (第 10 図) の断層の深部延長上に, 同面積ですべり量が 1/10 のすべりがあった場合の傾斜変化 ($M_w = 7.3$) .

Fig. 12 Calculated tilt changes (case 3) assuming a fault slip on the part of downward extension of the source fault in Fig. 10. The area is the same as in Fig. 10 but the slip is 1/10 of coseismic slip.