

2-3 東北地方における地殻変動連続観測

—GPS 観測により得られたプレート間カップリングの空間的分布—

Continuous Observation of Crustal Deformation in Tohoku District

-Distribution of seismic coupling on the Subducting Plate Boundary in the Northeastern Japan-

東北大学理学部

Faculty of Science, Tohoku University

GPS 連続観測により 1994 年三陸はるか沖地震に伴った地震時地殻変動, およびその後 1 年以上におよぶ地震後の変動がとらえられている。このような GPS によって得られた東北地方の変動場の大部分がプレート境界での相互作用が原因であると仮定し, 観測された変動を地震時地殻変動 (COD), 本震後約 1 週間の短期地震後地殻変動 (STD), 本震後約 1 年間の長期地震後地殻変動 (LTD) に分けた上でインバージョンによりプレート境界におけるすべり分布の推定を行った結果 (Nishimura, 1997) について報告する。

第 1, 3, 5 図に上記各期間に観測された各観測点の水平変動ベクトルを実線矢印で示す。COD, STD については東北大学, 国土地理院両機関の観測データを再解析し, 得られた各観測点の日毎の座標値を国土地理院の 94034 観測点(山形県温海町)を基準にした相対変化で示してある。LTD に関しては, 国土地理院より解析結果のみの提供を受けたため, 共通の基準点はないものの, 東北大学には同じ町内の温海観測点(ATM, 距離約 9km)があるので, ここと国土地理院の 94034 観測点との間の地殻変動は無視できるとして, それぞれの機関で異なる基準点を採用した。COD については 1994 年 12 月 27 日と同 29 日の, STD については同 29 日と 1995 年 1 月 5 日の間の位置変化を示してある。LTD については, 1995 年の 1 月 10 日から 20 日までの平均値と 12 月 20 日から 30 日までの平均値の間の位置変化を示してある。インバージョンには Yabuki and Matsu'ura (1992) の方法を用いてプレート境界上のすべり分布を求めた。

COD, STD, LTD の各観測データについて, インバージョンにより推定されたすべり分布を第 2, 4, 6 図に示す。第 1, 3, 5 図には推定されたすべり分布から計算された水平変位ベクトルを観測値と共に示した。いずれの場合にも観測値と計算値は概ねよく一致している。

COD についてはすべり量の大きな領域の南半分が余震域とよく対応している。ただ, 北には余震がほとんど発生していないにも関わらず, 大きなすべり量が推定された。解析手法の空間分解能の問題もあり, これが真のすべり分布を現しているかどうか検討を要するが, Nakayama and Takeo (1996) による地震波形インバージョンによるすべり分布とも概ね調和的である。

STD についても概ね COD と同様に余震域を中心にして大きなすべりが分布している。COD と比較してすべりがより広い領域に拡大したようにも見えるが, 観測データの誤差の大きさや, 上でも述べた分解能の問題を考慮すると確定的なことは言えない。

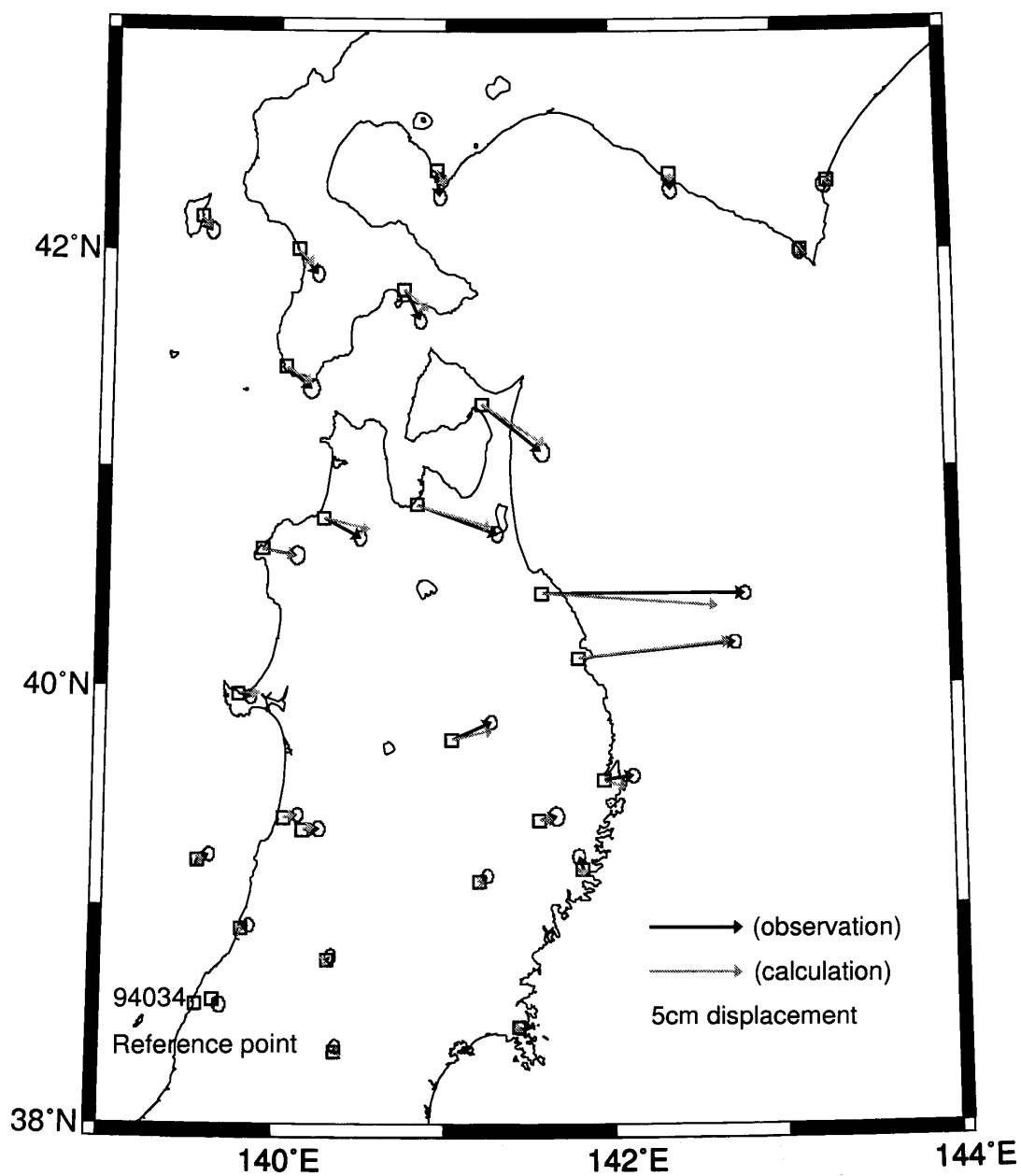
LTD については北緯 39 度以北のプレート境界上で COD や STD と同様に逆断層方向のすべりが卓越しており, 1994 年三陸はるか沖地震の余効すべりを表しているが, COD に比べて南方と深部に広がっている。一方 39 度以南では正断層的なすべりが見られるがこれはプレート境界の固着域がバツ

クスリップ (e. g. Yoshioka et al., 1993) として表れていると考えられる。得られた正断層すべりの卓越方向 (N50°W) がプレートの収束方向 (N65°W) にほぼ一致すること、その領域の下限が Aseismic Front (吉井, 1975) やプレート境界の 50–60km の等深線にほぼ一致し、この深さが低角逆断層型地震発生域の下限であることなどからも、これがバックスリップであることが支持されると考えられる。

第7図はCOD, STD, LTDそれぞれにおいて推定された主な逆断層すべりの領域を比較したものである。本震時のすべり領域が、地震後変動で拡大している様子がわかる。岩手県沖には大きな地震が発生しない領域が存在するが、本解析では、非地震性のすべりの存在が示唆されており、この領域では蓄積した歪みを非地震性すべりで解消しているという可能性も考えられる。北緯 39 度以南では最近 35 年間津波を起こすような大地震は起きていない (羽鳥, 1996)。GPS のデータによるインバージョンから、この領域はバックスリップ領域に含まれており、少なくとも 1995 年 1 年間は強くカップリングしており、次のイベントに向けて歪みの蓄積過程にあると考えられる。

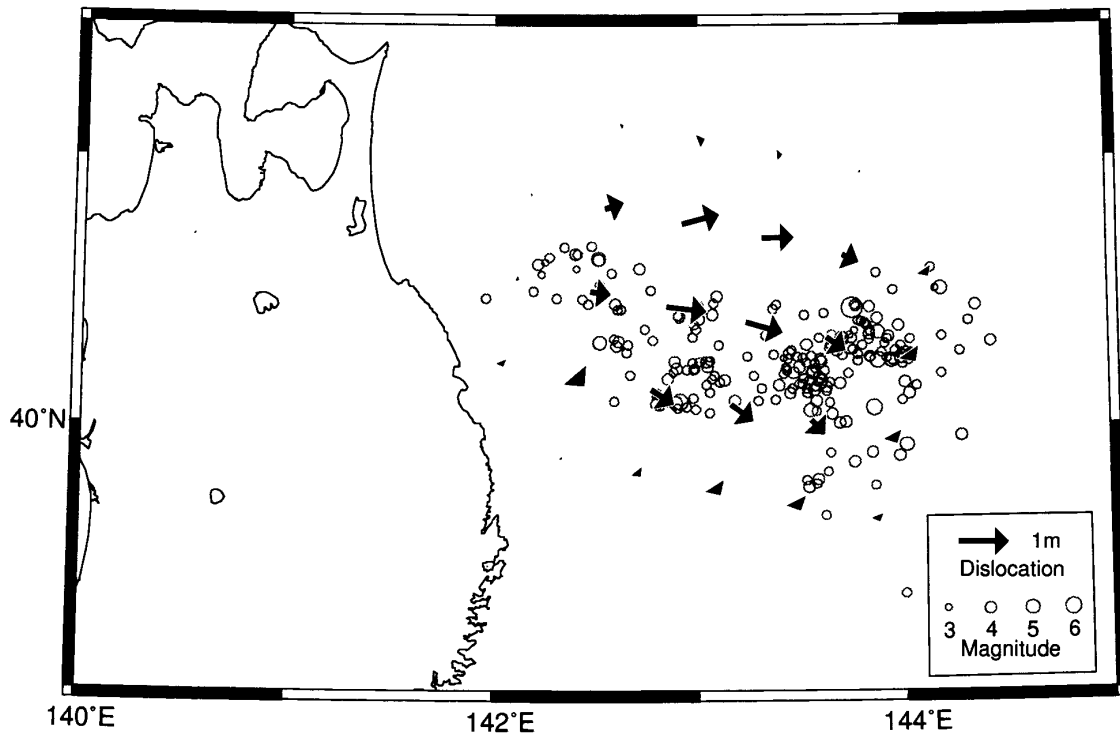
参 考 文 献

- 1) Dziewonski et al., Centroid-moment tensor solutions for October-December 1994, *Phys. Earth Planet. Inter.*, 91, 187-201, 1995.
- 2) 羽鳥, 1994 年三陸はるか沖津波と三陸沖の放出津波エネルギー分布, *地震*, 49, 19-26, 1996.
- 3) Nakayama and Takeo, Slip history of the 1994 Sanriku-haruka-oki, Japan, earthquake deduced from strong-motion data, *Bull. Seism. Soc. Am.*, to be submitted, 1996.
- 4) Nishimura, The spatiotemporal distribution of coseismic and post seismic slip associated with the 1994 Far Off Sanriku earthquake, M.S. Thesis, Tohoku Univ., 127pp, 1997.
- 5) Yabuki and Matsu'ura, Geodetic data inversion using a Bayesian information criterion for spatial distribution of fault slip, *Geophys. J.Int.*, 109, 363-375, 1992.
- 6) 吉井, "Aseismic Front" の提案, *地震*, 28, 365-367, 1975
- 7) Yoshioka et al., Interplate coupling and relative plate motion in the Tokai district, central Japan, deduced from geodetic data inversion using ABIC, *Geophys. J. Int.*, 113, 607-621, 1993.



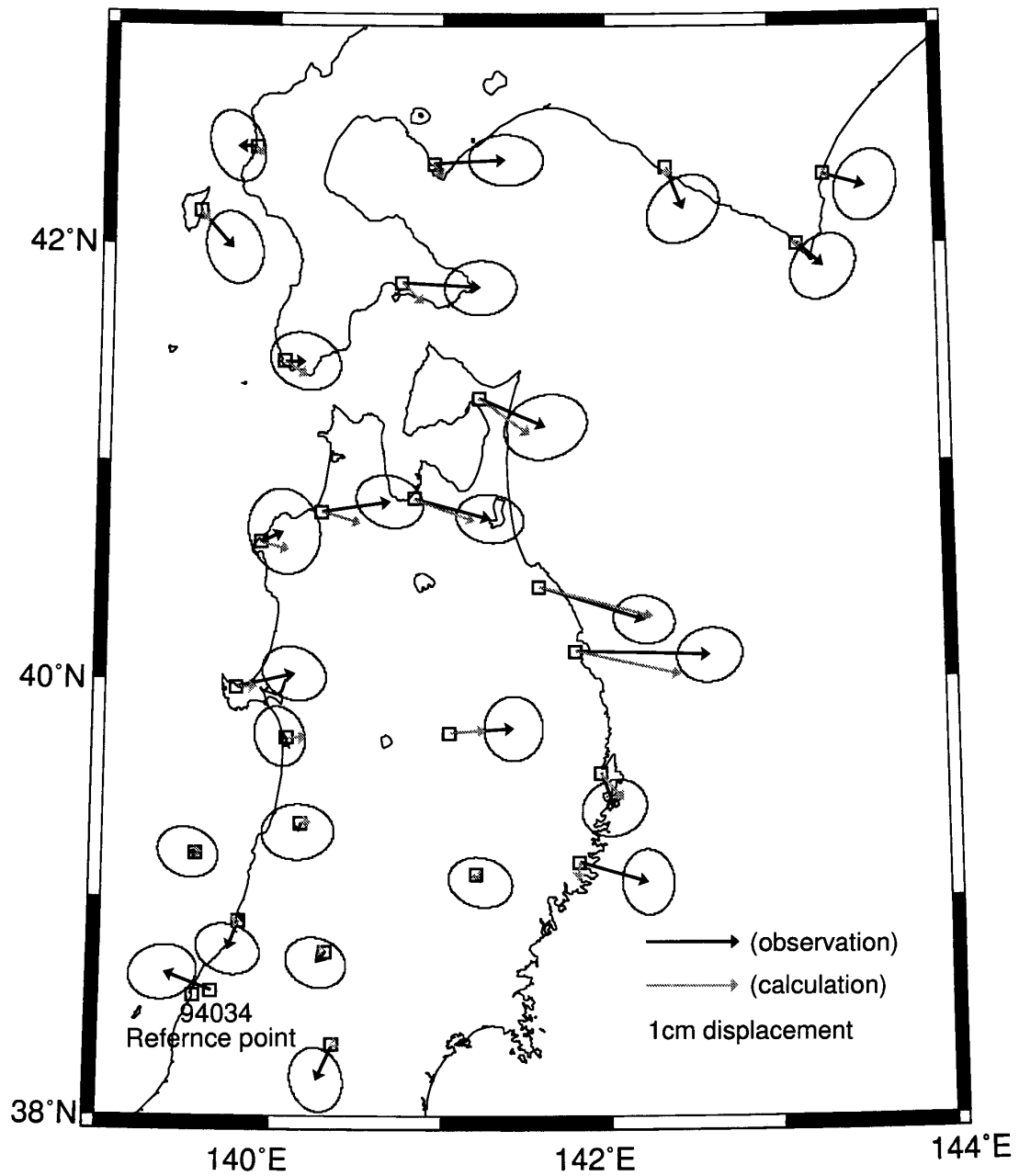
第 1 図 地震時地殻変動 (COD) の水平変動と測地インバ - ジョンにより推定されたすべり分布から計算された水平変動。94034 観測点を基準にした 1994 年 12 月 27 日と同 29 日間の相対位置変化を示す。誤差楕円は標準偏差の 2 倍で示してある。星印は Dziewonski et al. (1995) による 1994 年三陸はるか沖地震のセントロイドの位置である。

Fig.1 Comparison of observed displacements with theoretical ones expected for the inverted slip distribution for the period of COD. The sizes of error ellipses express 2-sigma.



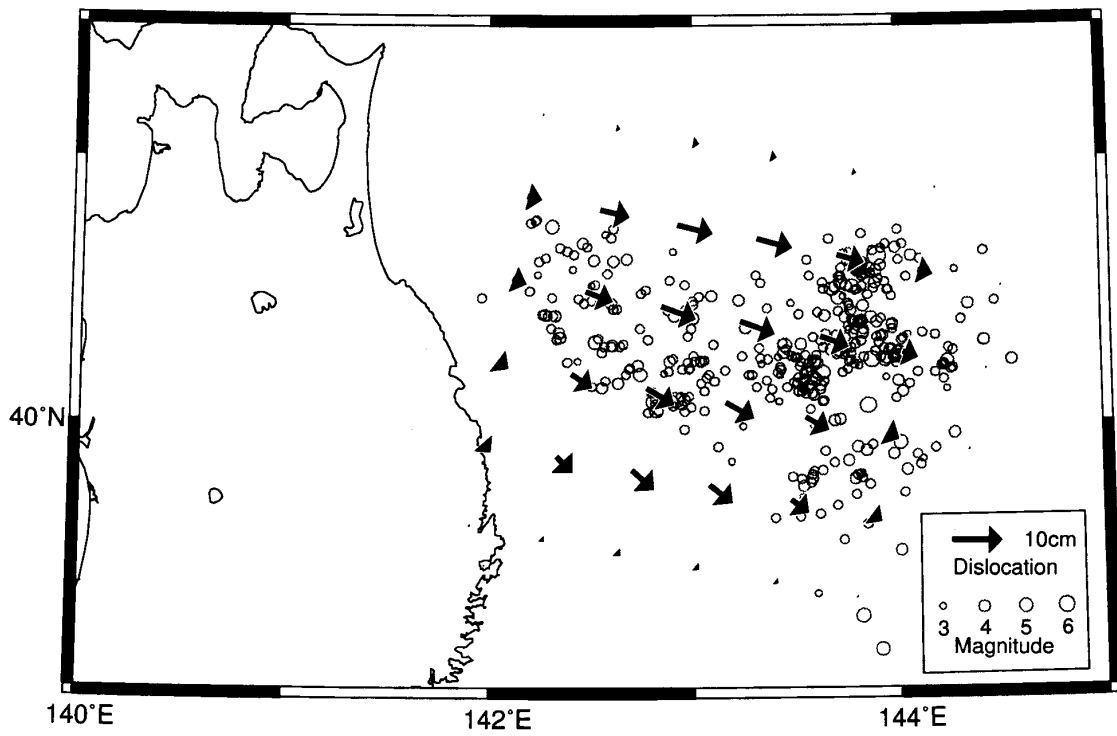
第2図 COD に対して測地インバ - ジョンにより推定されたすべりベクトルの分布。すべりベクトルは上盤側の下盤側に対する相対運動を示す。灰色の丸印は東北大学による震央分布である。

Fig.2 Slip vectors for the period of COD. The vectors represent the motion of the hanging-wall relative to the foot-wall, and gray circles are hypocenters of aftershocks determined by Tohoku University for the same period.



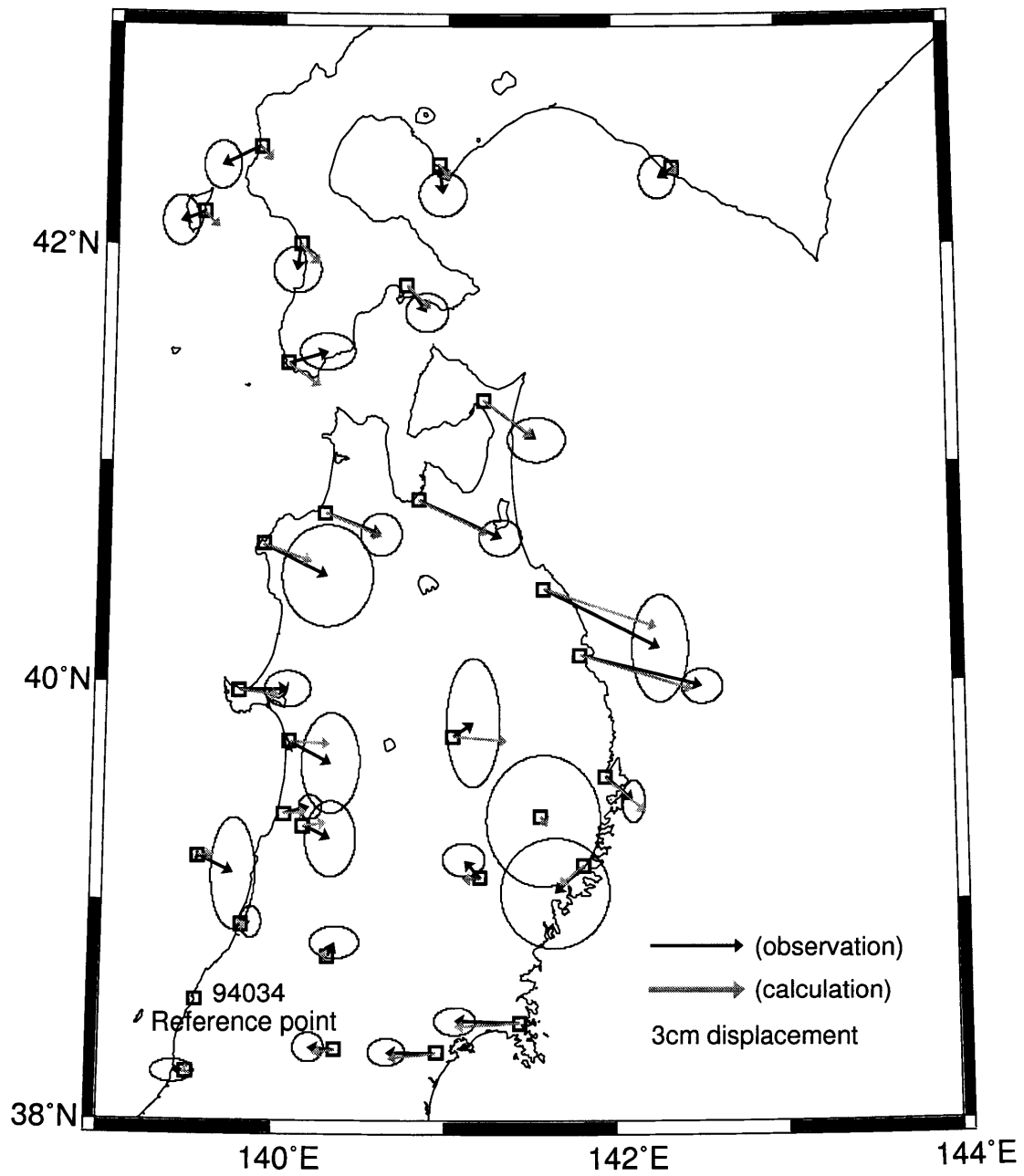
第3図 短期地震後地殻変動 (STD) の水平変動と測地インバ - ジョンにより推定されたすべり分布から計算された水平変動。94034 観測点を基準にした1994年12月29日と1995年1月5日の間の相対位置変化を示す。誤差楕円は標準偏差の2倍で示してある。

Fig.3 Same as Fig.1 but for the period of STD.



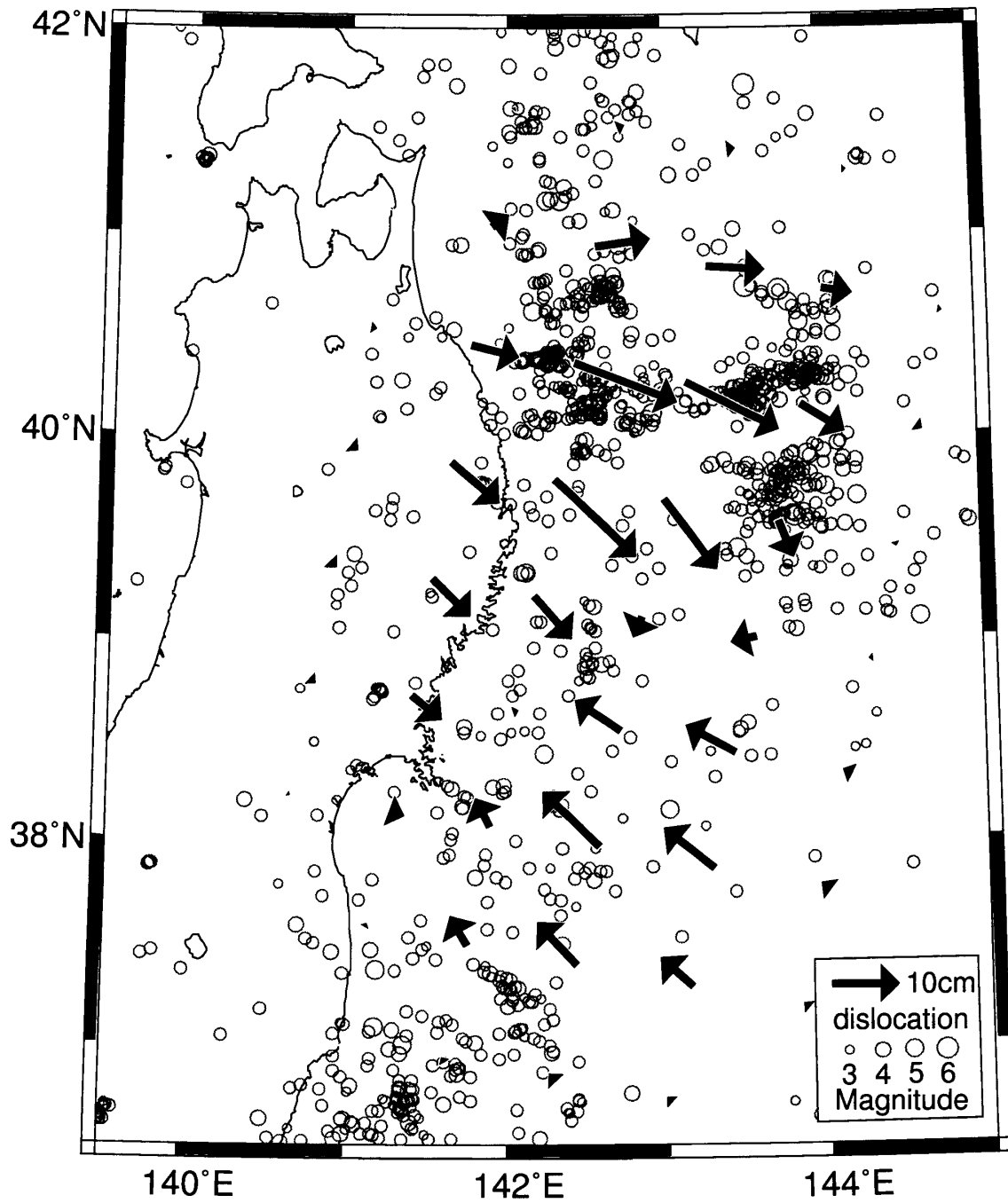
第4図 STD に対して測地インバ - ジョンにより推定されたすべりベクトルの分布。すべりベクトルは上盤側の下盤側に対する相対運動を示す。灰色の丸印は東北大学による震央分布である。

Fig.4 Same as Fig.2 but for the period of STD.



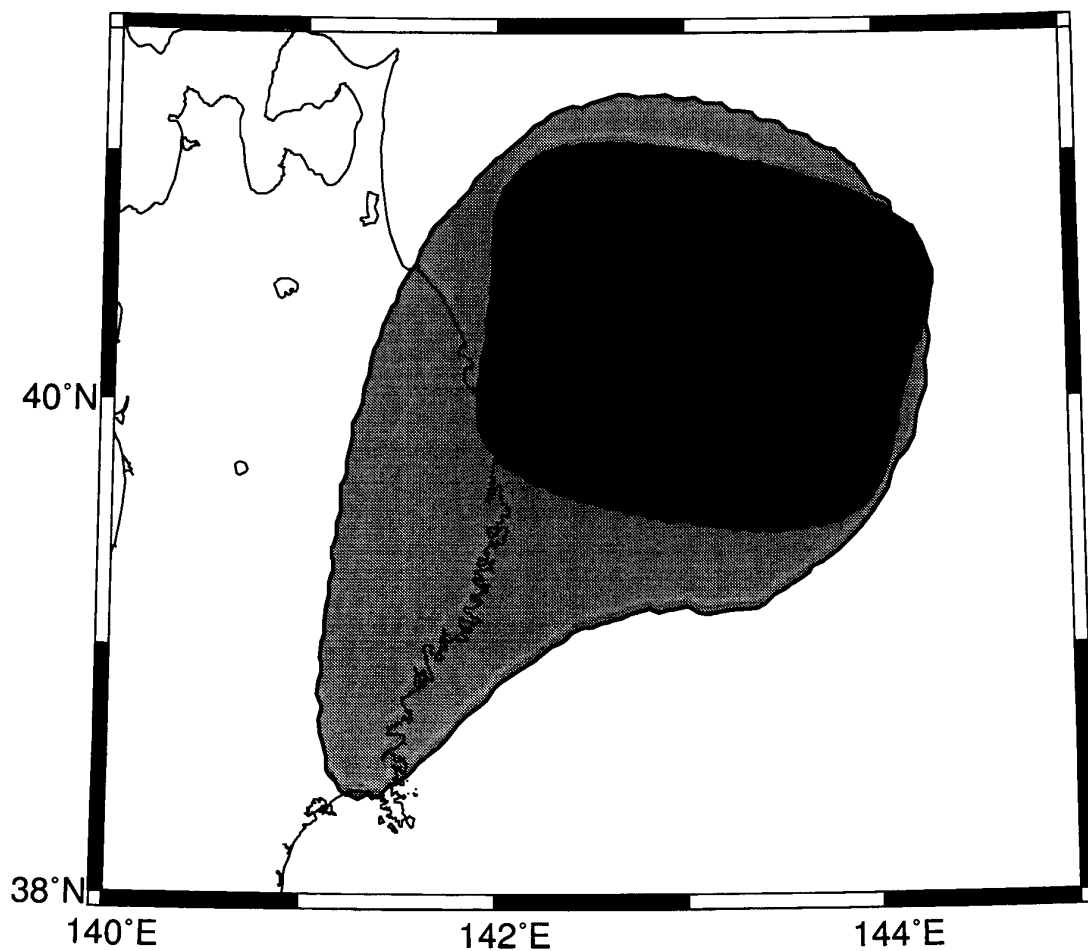
第5図 長期地震後地殻変動(LTD)の水平変動と測地インバ - ジョンにより推定されたすべり分布から計算された水平変動。94034, ATM 両観測点を基準にした1995年1月10日と1995年12月30日の間の相対位置変化を示す。誤差楕円は標準偏差の2倍で示してある。

Fig.5 Same as Fig.1 but for the period of LTD.



第6図 LTD に対して測地インパ - ジョンにより推定されたすべりベクトルの分布。すべりベクトルは上盤側の下盤側に対する相対運動を示す。灰色の丸印は東北大学による震央分布である。

Fig.6 Same as Fig.2 but for the period of LTD.



第7図 COD, STD, LTD の各期間において推定された主なすべり領域の分布。黒は COD におけるすべり量 20cm 以上の領域, 濃灰色は STD における 2cm 以上の領域, 薄灰色は LTD における 4cm 以上の領域を示す。

Fig. 7 Dominant slip regions for the period of COD (black) larger than 20cm, STD (dark gray) larger than 2cm, and of LTD (light gray) larger than 4cm.