

2 - 5 宮城県沖および青森県東方沖・福島県沖プレート境界の最近の活動 Recent activity on the plate boundary of the subducting Pacific plate beneath off Miyagi-ken, east off Aomori-ken and off Fukushima-ken

東北大学大学院理学研究科
Graduate School of Science, Tohoku University

1．宮城県沖の活動

宮城県沖では、2002年11月3日にM6.1の地震が、福島・宮城県境沖では2002年10月12日にM5.6の地震が、発生した(第1図)。これらの地震は1978年宮城県沖地震の震源域の近傍に位置している。モーメントテンソル解は低角逆断層型の地震であり、プレート境界で発生した地震であると考えられる。2002年11月3日の地震の破壊域の広がりには約 $10 \times 10 \text{ km}^2$ であり、余震は震源近傍のモーメント解放量の小さな領域に分布する。また、この地震の周囲には約15年間隔で発生するM6クラスの地震の三つのグループがあることが分かった。今回の活動はそのうちの一つのグループに属すると考えられ、M6クラスのアスペリティのくり返しすべりである可能性が高い。また、2002年10月12日のM5.6の地震の破壊域は $3 \times 3 \text{ km}^2$ であり、余震は本震の西方に分布する。一方、東北大学および国土地理院のGPS連続観測点のうち、江島観測点(東北大)と鮎川観測点(地理院)では、2001年10月頃より定常的な変位場からはずれて南方への変位が観測されている(第2図)。東西成分については、現在までのところ有意な変化は認められないものの、近接した複数の観測点で同時期に同様の変化が観測されていることから、この現象がプレート境界上に発生した準静的すべりと仮定して得られたモデルを第2図(c)に示した。

2．青森県東方沖の活動

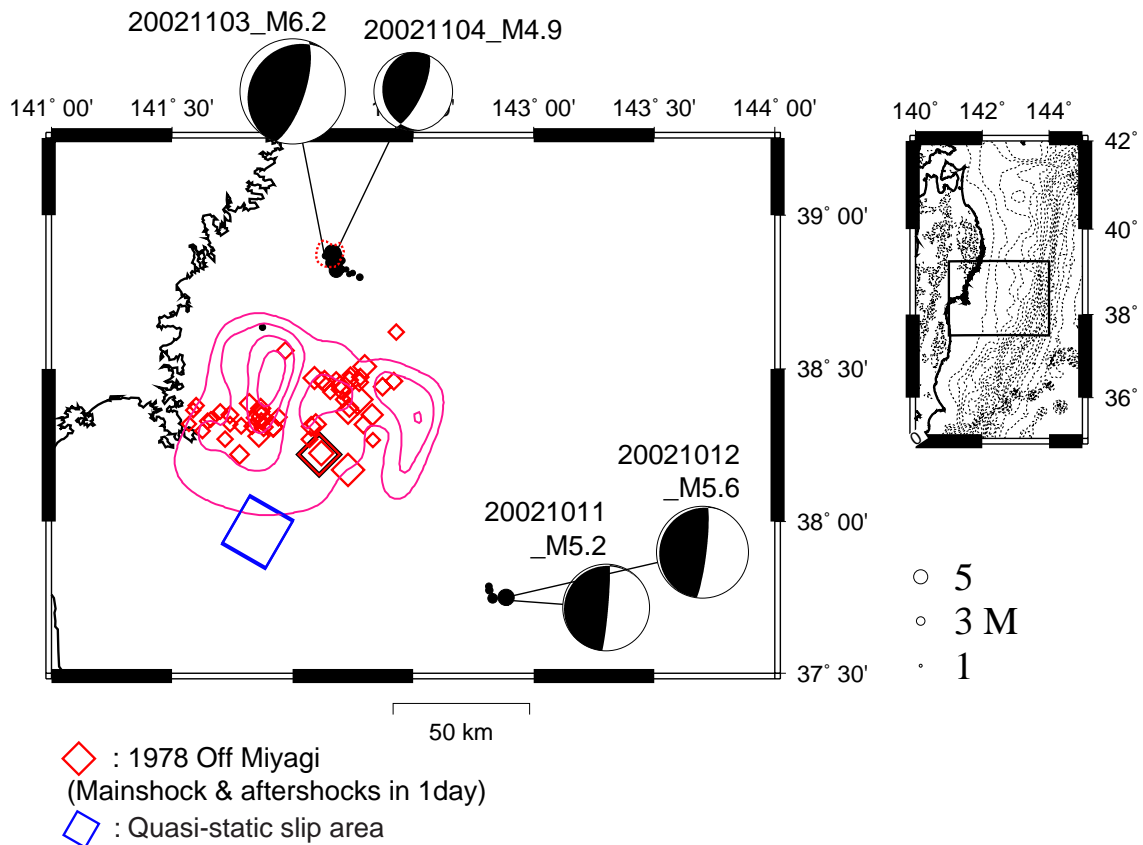
青森県東方沖では、2002年10月14日にM5.9の地震が発生した(第3図)。この地震の震源域は、推定されている1968年十勝沖地震の北側のアスペリティのごく近傍に位置しており、また、GPS観測から推定されている顕著な固着域の近傍でもある。M5.9の地震および近傍で2001年8月14日に発生したM6.2の地震の破壊域を推定した結果、これらの破壊域の広がりには約 $10 \times 10 \text{ km}^2$ であり、2001年と2002年の地震の破壊域がお互いに隣接していることが分かった。

3．福島県沖の活動

福島県沖では、1987年に複数のM6級の地震を含む群発地震活動があつて以来、地震活動が低調な状態がほぼ14年間にわたって続いていた。そのような状況の中で、2001年2月25日にM5.8の地震(以下、2001年の地震)が発生した(第4図)。この地震後、OIP観測点(磐城沖石油開発(株)所有天然ガス掘削井)のGPSデータでは、それ以前の定常的な変動ベクトルから東南東方向への偏差が観測されている(第5図)。この変動をプレート境界上の準静的なすべりと考えて、変動源モデルの推定を行なった結果、2001年6月末までの期間については、およそ $45 \text{ km} \times 45 \text{ km}$ の範囲で約15cmの逆断層的すべり(Mw6.7相当)が推定された。その後もこの変動は、若干南方に方向を変えながら2001年12月頃まで続き、その変位量から非地震性すべりの領域を推定した結果、非地震性すべり域はさらに南方に拡大し、およそ $70 \text{ km} \times 45 \text{ km}$ に達したと推定される。この領域でのトータル

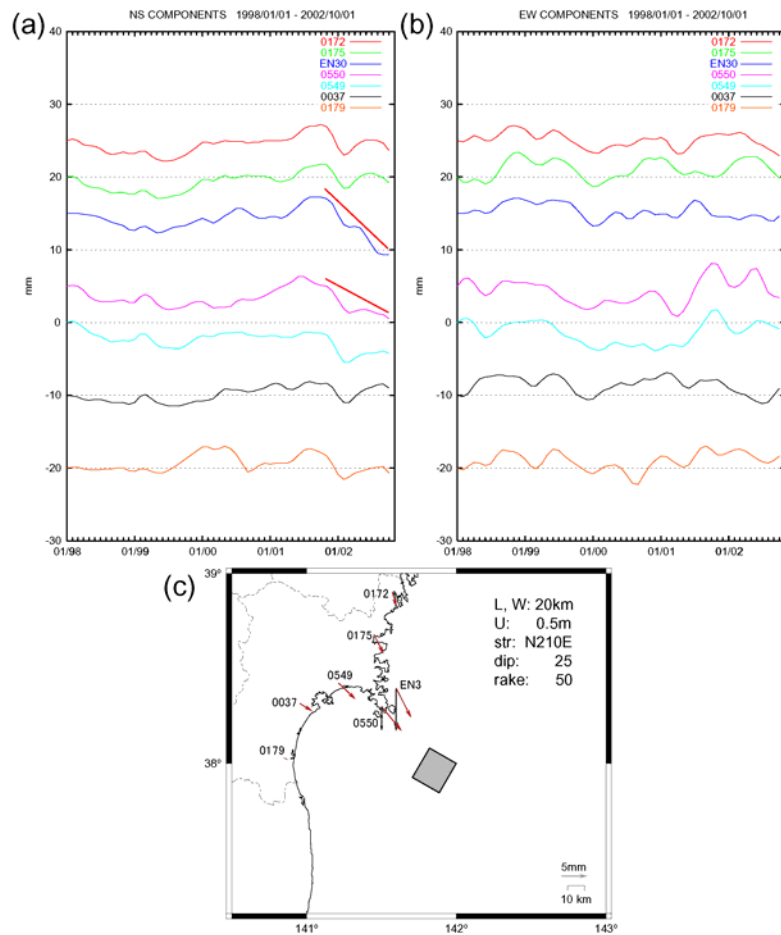
のすべり量は約 17cm であり、これは Mw6.8 に相当する。2001 年の地震の余震は、coseismic にすべった領域ではなく、上記の非地震性すべり領域に分布する。またこの領域の西縁は、陸上の GPS 観測点で顕著な変動が観測されていないことから、1987 年に 3 つの M6 級の地震ですべったアスペリテイまでは及んでいないと考えられる。

さらに、2001 年の地震の東側では 2002 年 7 月 24 日に M5.7 の地震（以下、2002 年の地震）が発生した。2002 年の地震の余震は 2001 年の地震の余震域の北縁に沿って分布している。今後、非地震性すべり域の北方向への拡大等、一連の活動の進展が考えられ、注意深く推移を見守る必要がある。



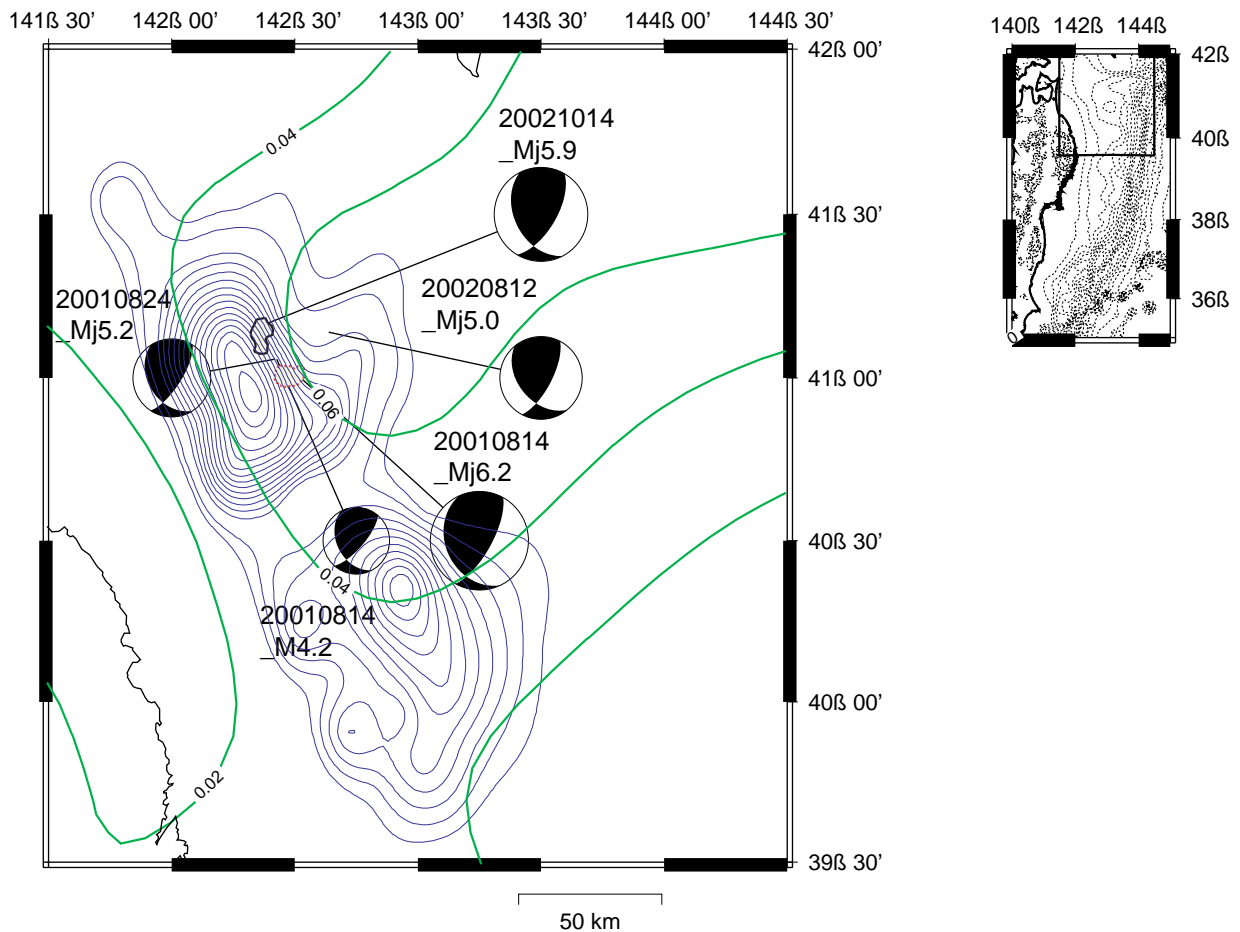
第 1 図 2002 年 11 月 3 日の地震 (M6.1), 2002 年 11 月 4 日の地震 (M4.7) および, 2002 年 10 月 11,12 日の地震 (M5.2, 6.0) のモーメントテンソル解および余震分布。赤破線は 2002 年 11 月 3 日の M6.1 の地震のモーメント解放量分布の最大値の半分の範囲を示す。赤い は 1978 年宮城県沖地震の本震および余震 (1 日間; M 2.5) を示す。赤の等値線は山中・菊地 (2002) による 1978 年宮城県沖地震のモーメント解放量分布を示す。青の矩形は GPS 観測により, 2001 年 10 月から 2002 年 10 月までの期間に推定された, 準静的すべり域を示す。

Fig.1 Moment tensor solutions of 2002/10/11 M5.2, 2002/10/12 M6.0, 2002/11/03 M6.3 and 2002/11/04 M4.7 events. The epicenters of the aftershocks are also shown. For 2002/11/03 M6.1 event, red broken lines shows the areas with moment of a half value of the peak value. Moment release distribution of the 1978 Miyagi-Ken-Oki earthquake by Yamanaka and Kikuchi (2002) is shown by red contour line (interval: $3 \times 10^{16} \text{Nm/km}^2$). The aftershocks (M 2.5) during 1 days after the 1978 Miyagi-Ken-Oki earthquakes are also shown. Blue rectangle denotes quasi-static slip area revealed by GPS observation.



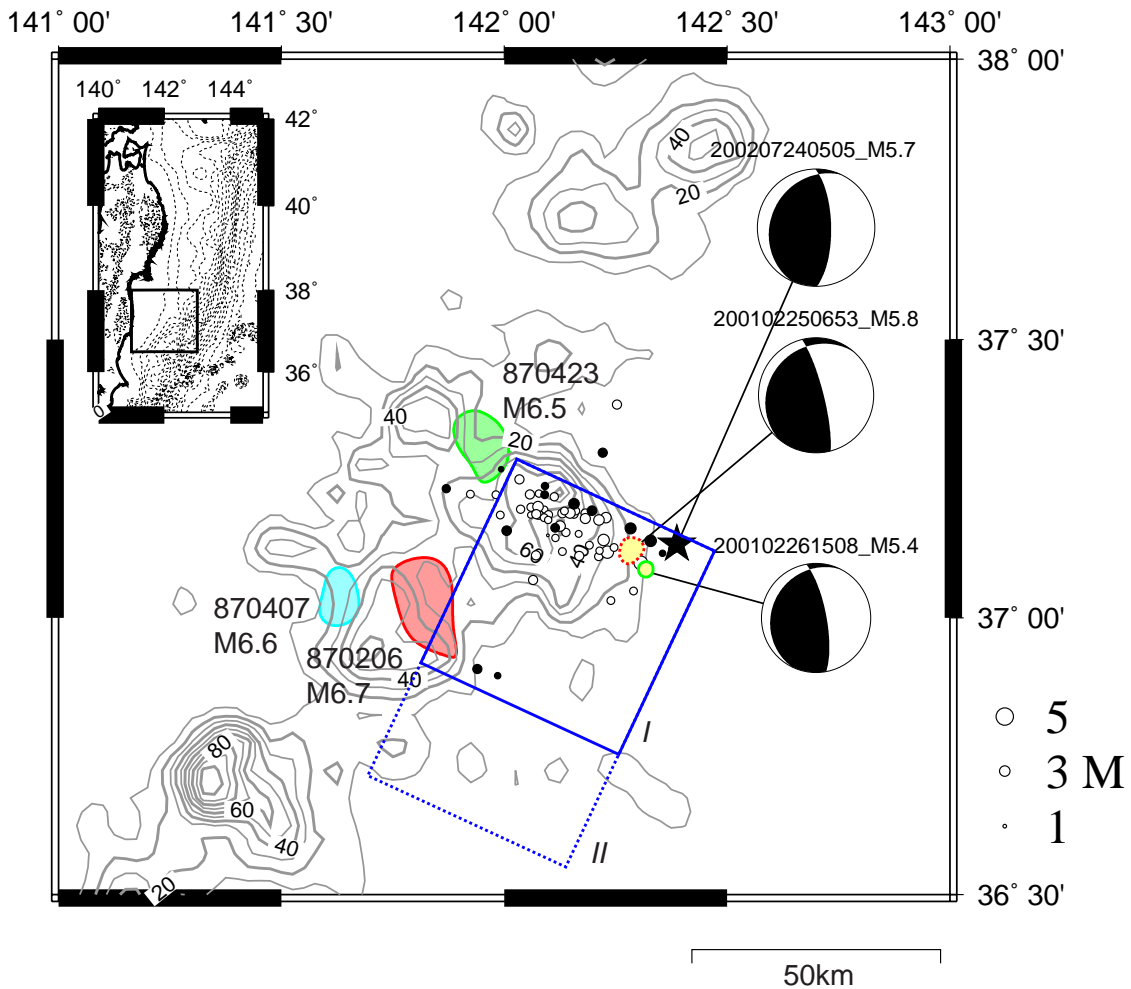
第 2 図 江島 GPS 連続観測点(東北大学)および宮城県沿岸の GEONET 観測点(地理院)で観測された (a)南北成分, および(b)東西成分の水平変位. 期間は 1998 年 1 月から 2002 年 10 月まで. 日毎の解析結果に遮断周期 50 日のローパスフィルターをかけ, 1998 年から 2001 年までの期間について推定されたトレンドを除去した後, 北川(1993)による季節調整モデルにより年周変化を除去した結果を示す. 観測点は, 0172: 気仙沼, 0175: 志津川, EN30: 江島, 0550: 鮎川, 0549: 矢本, 0037: 利府, 0179: 亘理. (c)江島および鮎川の南北変位に対する断層モデルの一例. 黒および赤の矢印は, それぞれ観測値および計算値を示す. 断層面はプレート境界上にあると仮定し, 他のパラメーターを試行錯誤により求めた. 得られたパラメーターは以下の通り. 長さ, 幅: 20km, すべり量: 0.5m, 走向: N210E, 傾斜角: 25° , すべり角: 50° (走向方向から反時計回り).

Fig.2 Detrended displacements observed at the continuous GPS stations along the Pacific coast of Miyagi Prefecture for the period from January, 1998 to October, 2002. (a) NS components, and (b) EW components. Annual variation was also reduced using the method devised by Kitagawa (1993). (c) An example of the fault model to explain the episodic NS displacements observed at Enoshima and Ayukawa as shown in (a). The gray rectangle denotes the location of the model fault assumed at the plate boundary with the area of 20 km by 20 km. The optimum rake angle and slip are estimated as 50 degree and 0.5 m, respectively.



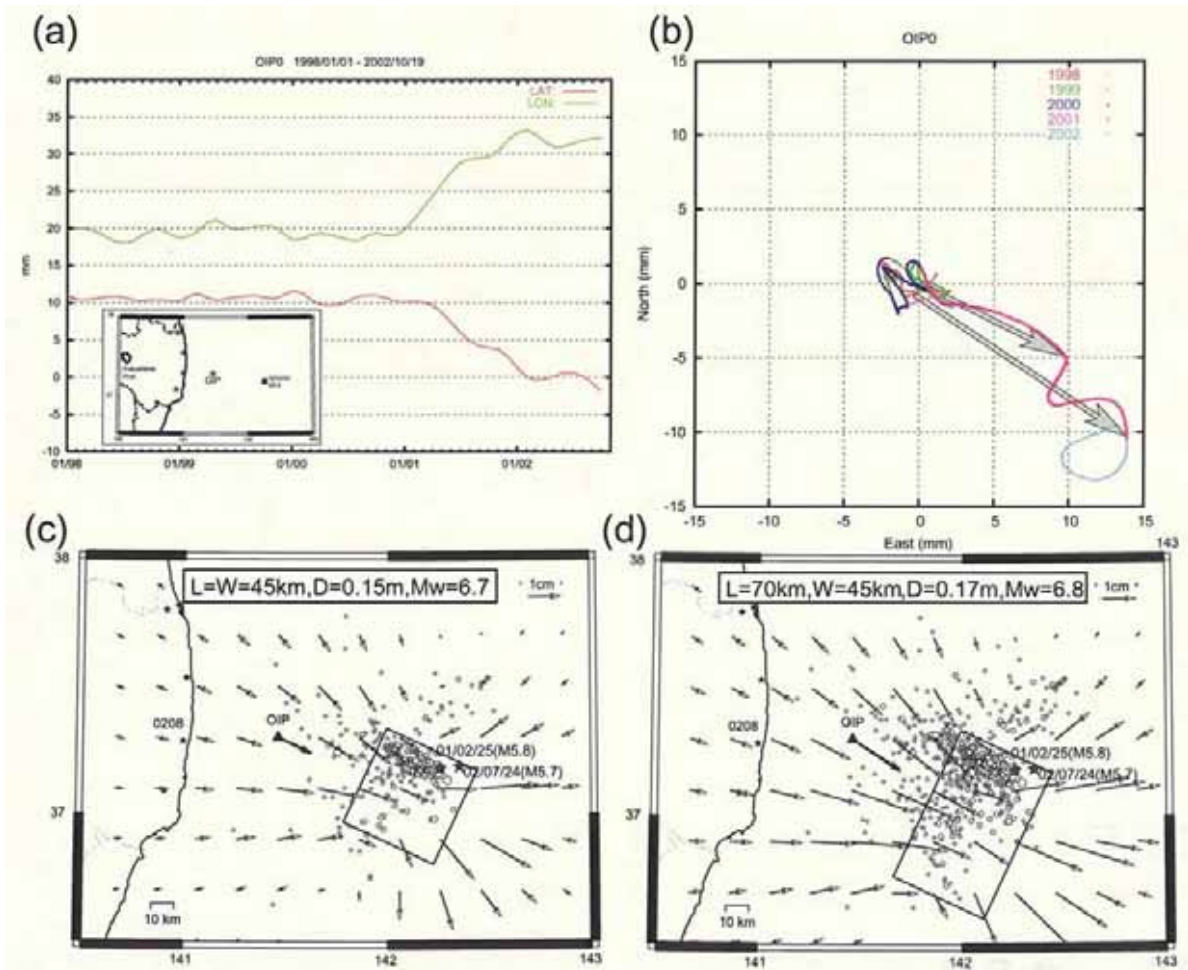
第 3 図 青森県東方沖で 2001 年から 2002 年に発生した主な地震のモーメントテンソル解 . 黒の実線で 2001 年 8 月 14 日の M6.2 の地震 , 赤線で 2002 年 10 月 14 日の M5.9 の地震のアスペリティを示す . 青い等値線は永井・他 (2001) による 1968 年十勝沖地震のモーメント解放量分布 (間隔 : $3 \times 10^{16} \text{Nm/km}^2$) を示す . 緑の等値線は GPS 観測 (1997 年 - 2001 年) によるバックスリップ分布 (間隔 0.02m ; 諏訪・他 , 2002) を示す .

Fig.3 Moment tensor solutions for the moderate-size events east off Aomori Prefecture occurring for 2001 and 2002. Black line and red line show spatial extent of asperities of the 2001/08/14 M6.2 and the 2002/10/14 M5.9 events, respectively. The moment release distribution of the 1968 Tokachi-Oki earthquake by Nagai et al. (2001) is shown by blue contour lines (interval: $3 \times 10^{16} \text{Nm/km}^2$). Back-slip distribution revealed by GPS observation for 1997 through 2001 is shown by green contour lines (interval: 0.02m).



第 4 図 2002 年 7 月 24 日に発生した M5.7 の地震のモーメントテンソル解および 10 日以内の余震の震央分布 ()。福島県沖に発生した地震のモーメント解放量分布をあわせて示す。2001 年 2 月に発生した M5.8, M5.4 の地震では $0.4 \times 10^{16} \text{Nm/km}^2$ 以上の領域を, 1987 年に発生した M6.5 の地震では $1 \times 10^{16} \text{Nm/km}^2$ 以上の領域を示す。青の矩形は, GPS 観測から推定された準静的すべり域を示す (実線: 2001 年 7 月まで, 点線: 2001 年 12 月まで)。2001 年 2 月の M5.8 の地震発生以後 10 日以内の余震を で示す。背景には 1983 年 1 月から 2001 年 1 月までの M2.5 以上の地震の 0.05×0.05 度毎の発生個数を等値線 (灰色実線) で示す。

Fig.4 Moment tensor solution of the 2002/7/24 M5.7, 2001/02/25 M5.8 and 2001/02/26 M5.4 events. Moment release distributions of moderate earthquakes off Fukushima are also shown. For the 2001/2/25 M5.8 event and the 2001/2/26 M5.4 events, the areas with moment greater than $0.4 \times 10^{16} \text{Nm/km}^2$ are shown by yellow patches. For the 1987 M6 events, the areas with moment of $1 \times 10^{16} \text{Nm/km}^2$ are shown with the green, red, and blue patches. Blue rectangles denote the quasi-static slip areas related with the 2001/2/25 M5.8 event revealed by GPS observation as shown in Fig.5. Solid and open circles denote the aftershocks of the 25 Feb. 2001 M5.8 event during 10 days and those of 2002/7/24, respectively. Gray contours show the number of earthquakes with magnitudes greater than or equal to 2.5 in each areas of 0.05 by 0.05 degrees in the period from Jan. 1983 to Jan. 2001.



- 第5図(a) OIP観測点で観測された東西および南北成分の水平変位。期間は1998年1月から2002年10月まで。日毎の解析結果に遮断周期50日のローパスフィルターをかけ、1998年から2000年までの期間について推定されたトレンドを除去した結果を示す。
- (b) OIPにおける水平変動ベクトルの推移。(a)で示した経年変化を差し引いた変位を水平面内にプロットした。長短の矢印は断層モデルの推定に用いた2001年12月まで、および同年6月までの水平変動を示す。
- (c) 2001年6月までの水平変動に対する断層モデル。黒矢印はOIPにおけるこの期間の水平変動を、白矢印は断層モデルによる計算値を示す。星印は2001年2月25日および2002年7月24日に発生したM5.8およびM5.7の地震の震央を、白丸は前者の地震後に各期間内に発生した地震の震央を示す。
- (d) (c)に同じ。ただし期間は2001年12月まで。

- Fig.5(a) Horizontal displacements observed at OIP from January 1998 to October 2002. The original daily solutions were filtered by a low-pass-filter with its cut-off period of 50 days and detrended with a linear trend estimated for the period from January 1998 to December 2000.
- (b) A vector plot of the horizontal displacements shown in (a). The short and long grey arrows indicate horizontal displacements from January 2001 to June 2001 (Phase 1), and to December 2001 (Phase 2), respectively.
- (c) Comparison of the observed and calculated displacements are shown by closed and open arrows for Phase 1. The model fault is assumed to be on the plate boundary and to have a pure dip-slip.
- (d) Same as (c) but for Phase 2.