

第145回

地震予知連絡会資料

-トピックス-

沈み込みプレート境界におけるアスペリティ

2002年11月19日

東北大学大学院理学研究科

1. 岩手県釜石沖の固有地震的地震活動

東北大大学

釜石沖のプレート境界で、 $M = 4.8 \pm 0.1$ の地震が、平均間隔 5.35 ± 0.53 年で発生している。これらの地震は、波形、発震機構解ともほぼ同じで、断層面の拡がりは $1 \sim 1.5$ km と推定された。このような特徴的な地震活動は、安定すべり域に囲まれた小さなアスペリティの繰り返しへべりによると解釈される。近くに他のアスペリティがないことが、発生間隔がほぼ一定になる原因と考えられる。

次回の活動は遅くとも今年中であろうと予測していたが、去る 11 月 13 日 16 時 45 分に予測通りの規模の地震が予測通りの場所で発生した。

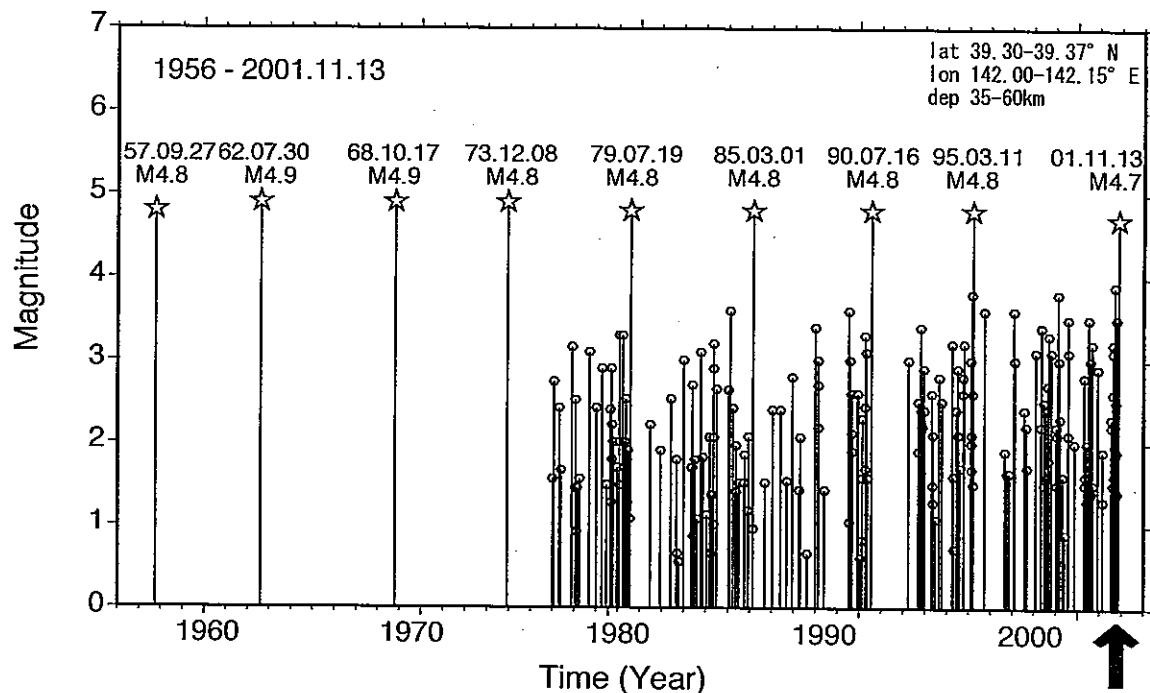


Fig.1-1 釜石沖の地震クラスターで発生した地震のM-T図。

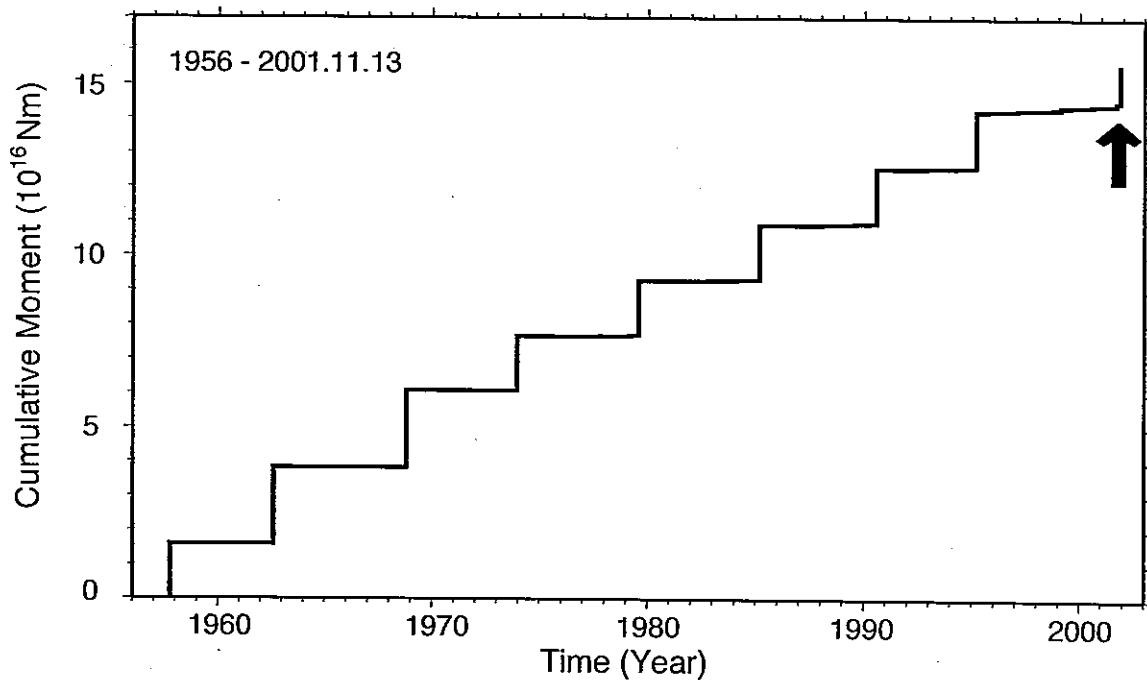


Fig.1-2 釜石沖の地震クラスターで発生した地震のモーメント積算分布。地震モーメント (M_0 ; Nm) は、 $\log M_0 = 1.5 M + 9.0$ (Aki, 1972) を用いてマグニチュード (M) から計算した。

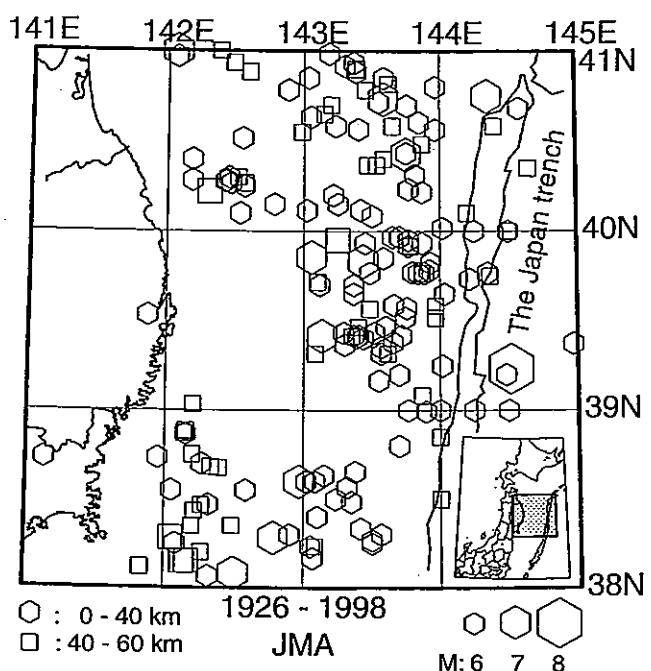


Fig.1-3 1926年-1998年に発生したM 6以上の浅発地震の震央分布。

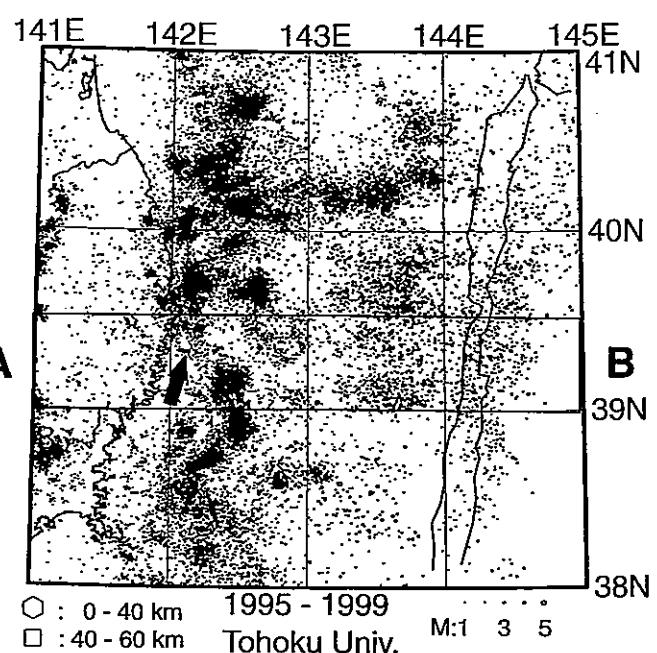


Fig.1-4 1995年-1999年に発生した微小地震 ($h \leq 60\text{km}$) の震央分布。矢印が釜石沖の地震活動を示す。

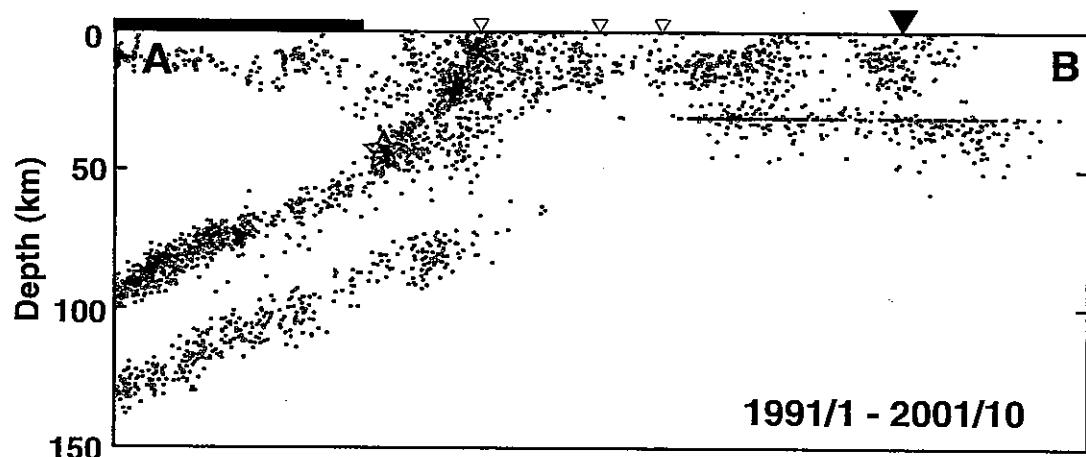


Fig.1-5 釜石沖の地震活動の深さ分布。Fig.1-4に示した領域A B内の地震の東西鉛直断面を示す。2001年11月13日の地震 (M4.7) の位置を☆印で表す。△印は光ケーブル式海底地震計、▼印は日本海溝、上部の太実線は陸地の位置を示す。

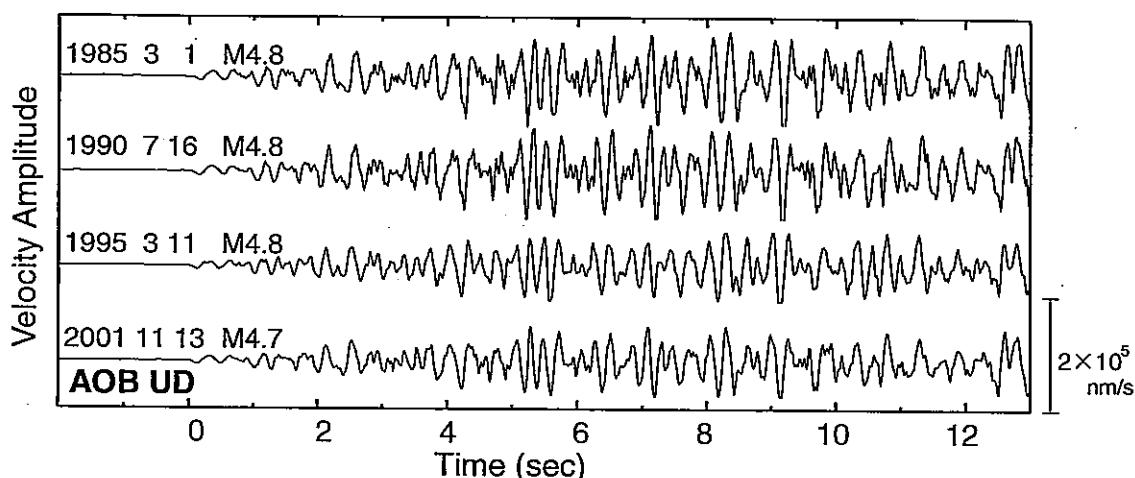


Fig.1-6 釜石沖の地震の波形例。青葉山観測点（震央距離約160km）の1秒地震計で記録された上下動速度波形記録を1985年、1990年、1995年、2001年の地震について示す。

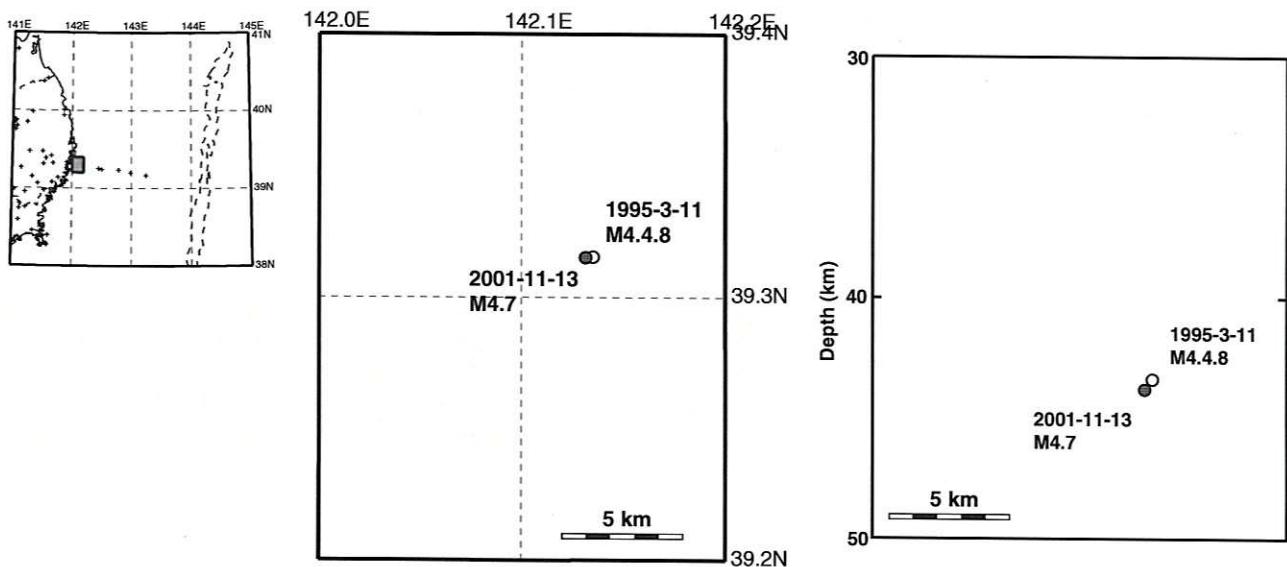


Fig.1-7 釜石沖の地震の震源分布. 白丸は1995年の地震, 灰色丸印は2001年の地震を表す.

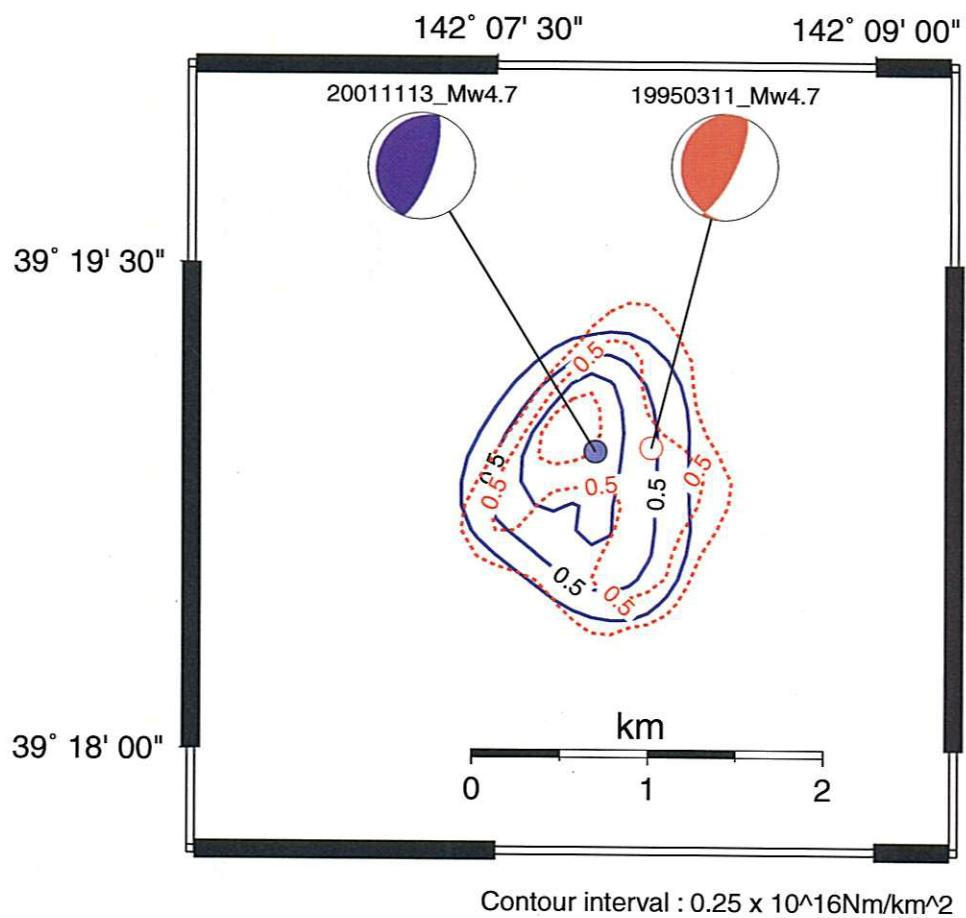


Fig.1-8 釜石沖の地震のモーメント解放量分布及びモーメントテンソル解. 赤点線は1995年の地震, 青実線は2001年の地震を表す.

2. 相似地震から推定されるプレート境界の非地震性すべり 東北大学

釜石沖の地震活動が安定すべり域に囲まれた小さなアスペリティの繰り返しぴりであるとすると、そのような繰り返しぴりはプレート境界面の他の場所でも起っていることが期待される。そこで過去16年間に発生した地震の波形データを用いて相関係数を計算することにより、相似地震の検出を行った。その結果、太平洋下のプレート境界で発生したと推定される相似地震を多数見出した。Nadeau and Johnson (1998) のスケーリング則が成り立つと仮定して、相似地震の時空間分布から、プレート境界でのすべり速度の空間分布を推定したところ、GPS観測データに基づく推定結果と比較的良い一致をみた。

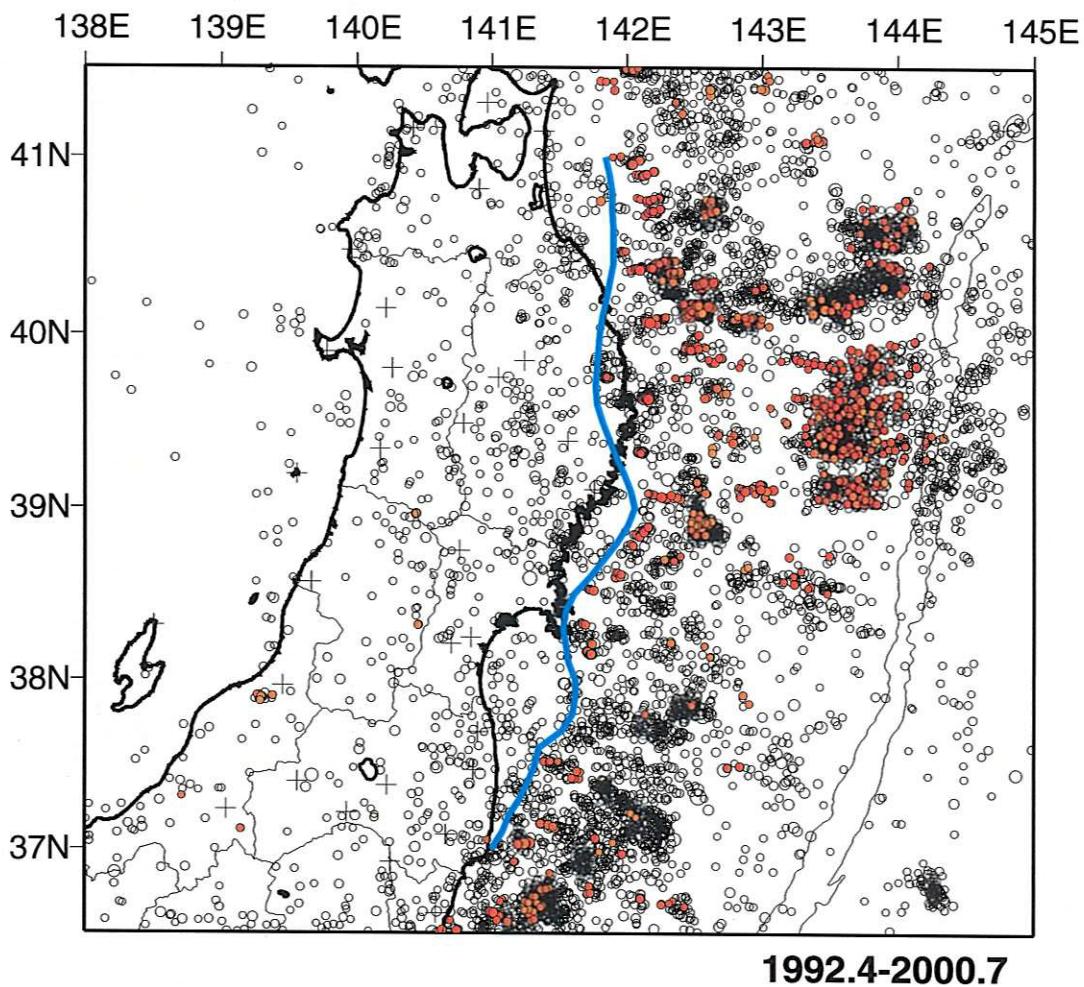
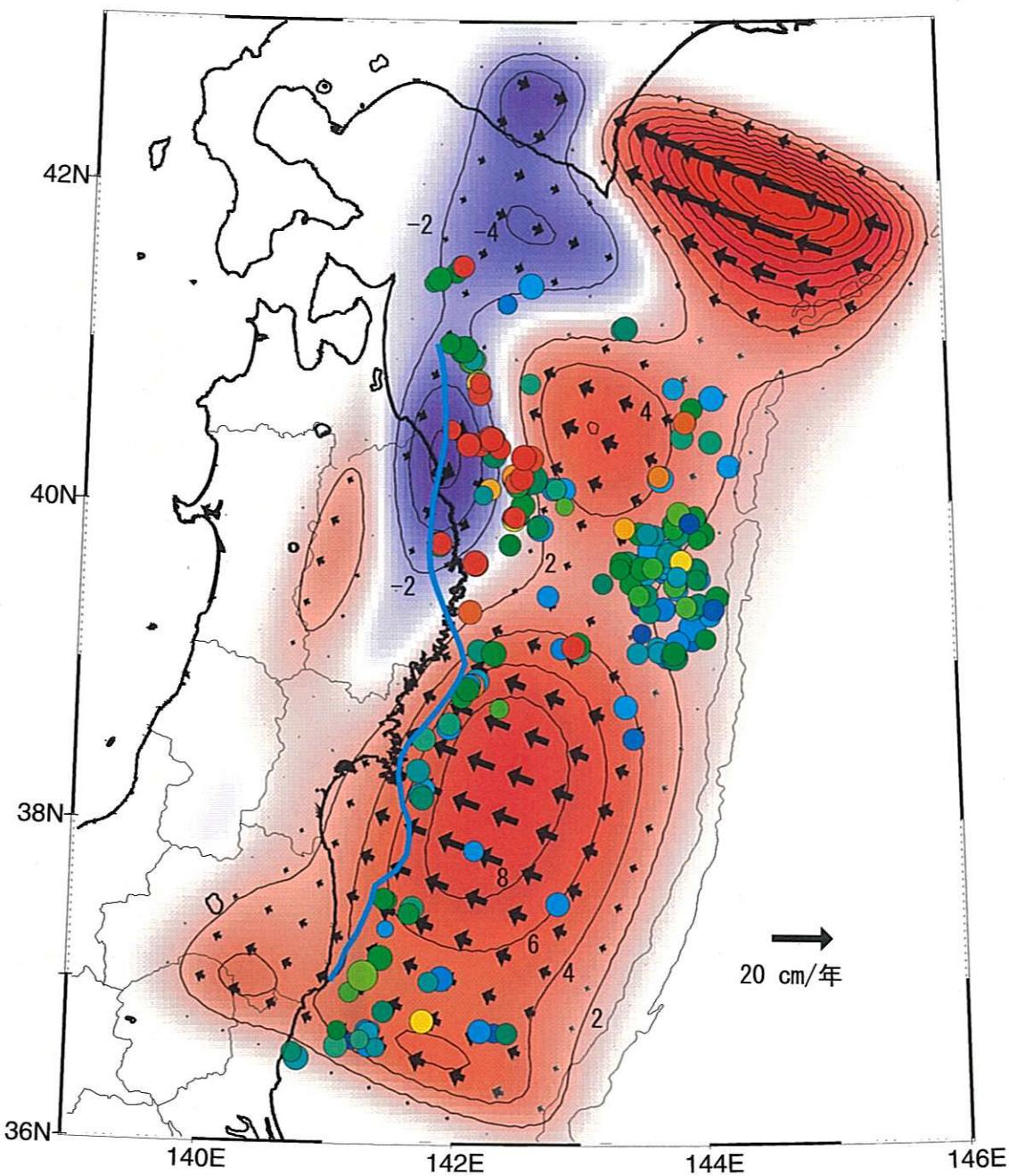
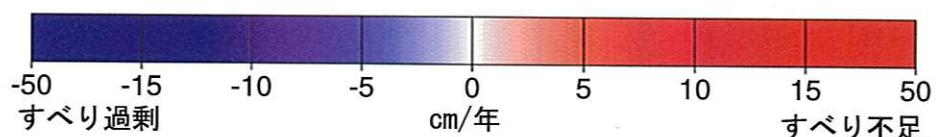


Fig. 2-1 1992年4月から2000年7月の期間に、プレート境界および沈み込む太平洋プレート内で発生した相似地震の空間分布 (M3以上)。複数の観測点において波形の相関係数が0.95以上となった地震を相似地震と判定し、赤丸で示す。白丸は相似地震ではないと判定された地震を表す。判定に使用した観測点をプラス印で示す。太平洋沿岸付近の青線は、Igarashi et al. (2001) によって推定された、低角逆断層型地震の分布の西縁を示す。



コンター：GPSデータから推定された
プレート間すべり速度偏差
(1996年4月 - 1999年3月の平均)



丸印：相似地震データから推定された
プレート間すべり速度
(1992年4月 - 2000年7月の平均)

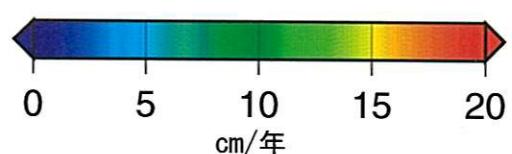


Fig. 2-2 GPSデータと相似地震データの解析によって推定された、プレート境界におけるすべり速度分布。GPSデータによって推定された1996年4月から1999年3月の期間におけるプレート間相対運動速度に対する平均すべり速度偏差分布を、コンターと矢印で示す(西村, 2000による)。コンター間隔は2cm/年であり、赤色の部分がバックスリップ(すべり不足)の領域を表す。丸印は相似地震群の分布を示し、このデータによって推定された1992年4月から2000年7月の期間の平均すべり速度を色で表す(五十嵐, 2000による)。太平洋沿岸付近の青線は、Igarashi et al. (2001)によって推定された、低角逆断層型地震の分布の西縁を示す。

3. 福島県沖の最近の活動

東北大大学

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年間にわたつて続いていた。そのような状況の中で、本年2月25日にM5.8の地震が発生し、その後、余震活動が継続した。一方、いわき沖(OIP)のGPSデータは、プレート間の固着により一定の割合で西に移動していることを示していた。しかし、本年2月頃から、このトレンドからはずれる傾向がみられ始め、ズレの量は約10mm程度に達する。地震データ、GPSデータの解析結果から、福島県沖のプレート境界で以下のような活動が進行していると推測される。

2月25日のM5.8の地震により、プレート境界面上の約10km×10kmの領域がすべった。恐らくこの地震が引き金となって、それから約半年間にわたつて、プレート境界面上のおよそ20km×35kmの範囲で、非地震性すべり(余効すべり)が発生した。すべり量は約40cmに達し、地震の規模に換算するとMw6.7に相当する。余震は、coseismicにすべった領域ではなく、postseismicにすべったより広い領域に分布する。これは、余震の多くが周囲の非地震性すべりで壊れた小さなアスペリティの破壊であることを示唆する。

今回見つかった非地震性すべりの領域は、1987年に3つのM6級の地震ですべった領域(あるいはそのうちすべり量の大きかった領域、すなわちアスペリティ)の手前で停止し、その中までは今のところ及んでいない。従って、今回の非地震性すべりの結果、隣接するこれらの3つのアスペリティに応力が集中しつつあると推定される。次に地震があるとするとそれは、これらのアスペリティを壊す時であると予測される。

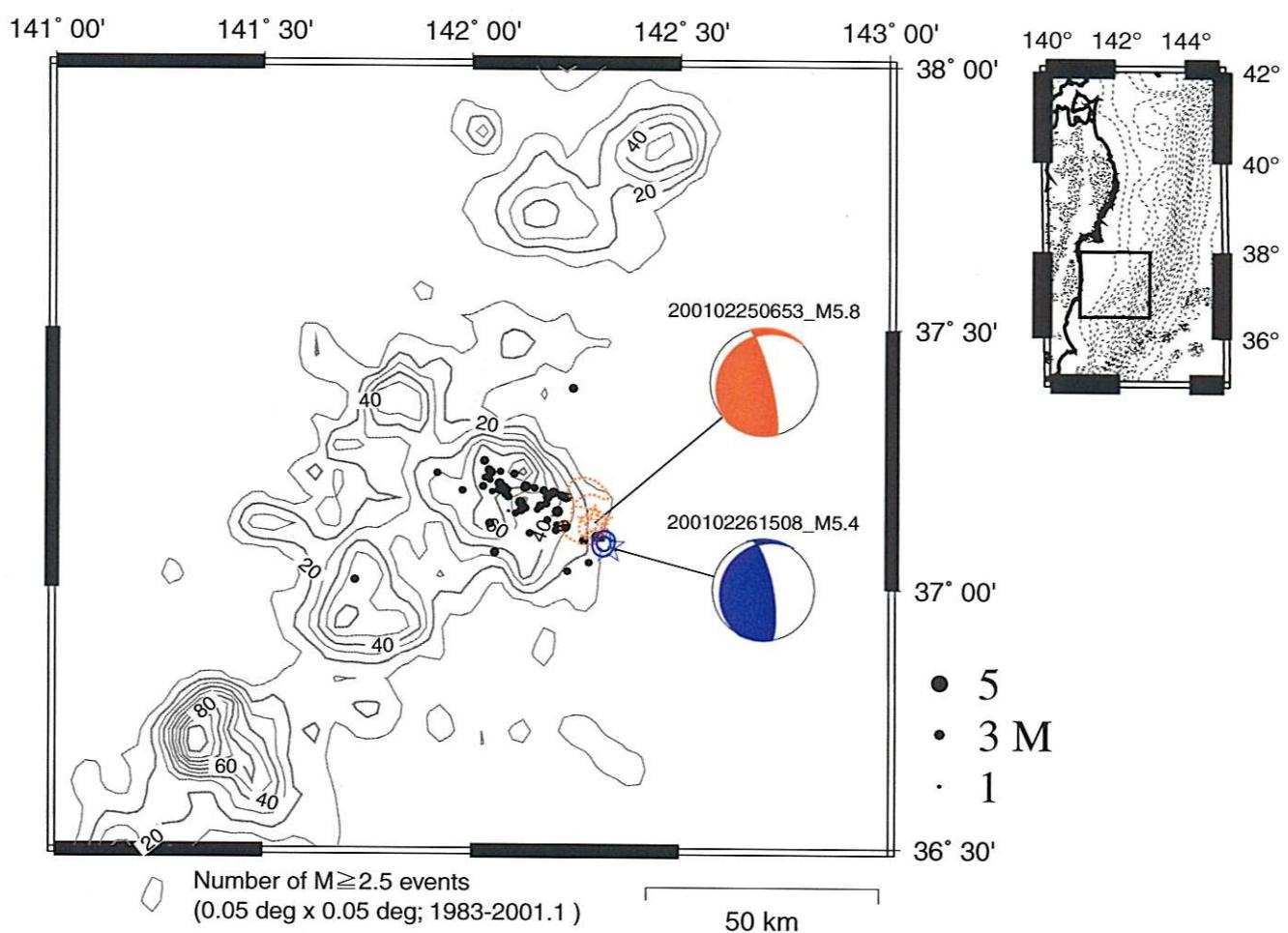
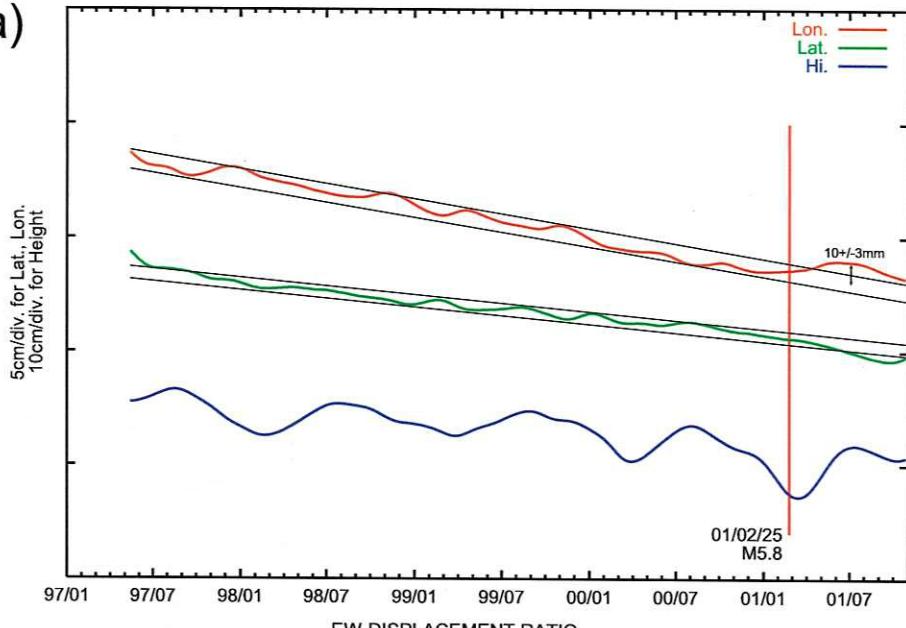
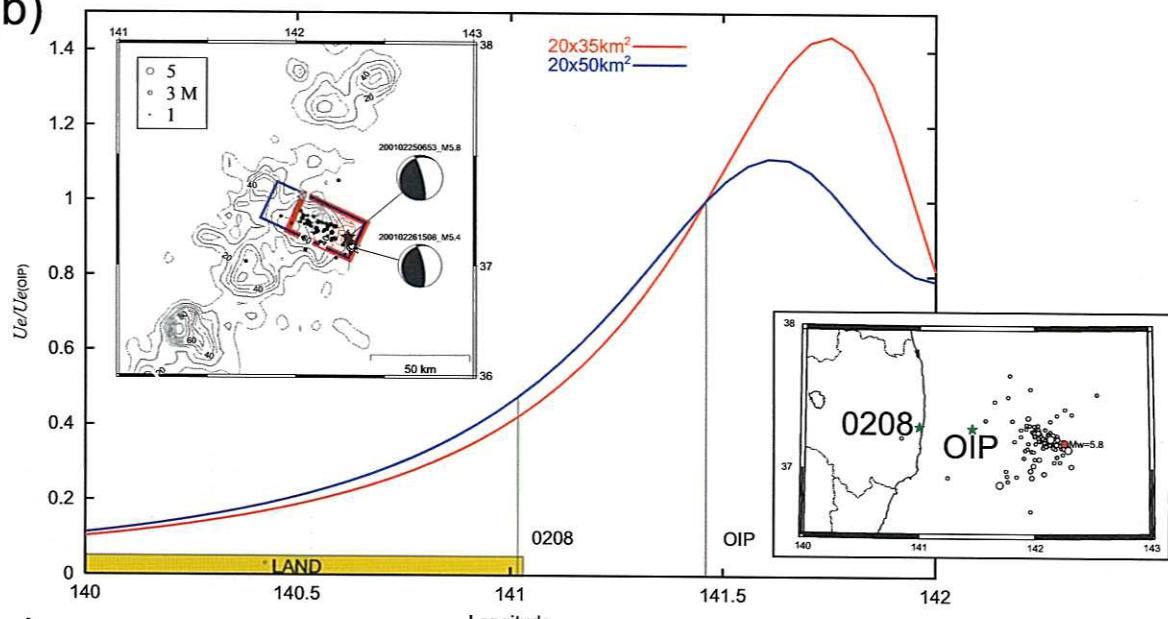


Fig.3-1 2001年2月25日に発生したM5.8の地震(赤☆)と2月26日に発生したM5.4の地震(青☆)のモーメント解放量分布と余震分布。M5.8とM5.4の地震のモーメント解放量分布をそれぞれ赤点線と青実線で示す。M5.8発生以後10日以内の余震を●で示す。背景には1983年1月から2001年1月までのM2.5以上の地震の0.05x0.05度毎の発生個数を等値線(灰色実線)で示す。それぞれの地震のモーメントテンソル解をあわせて示す。

(a)



(b)



(c)

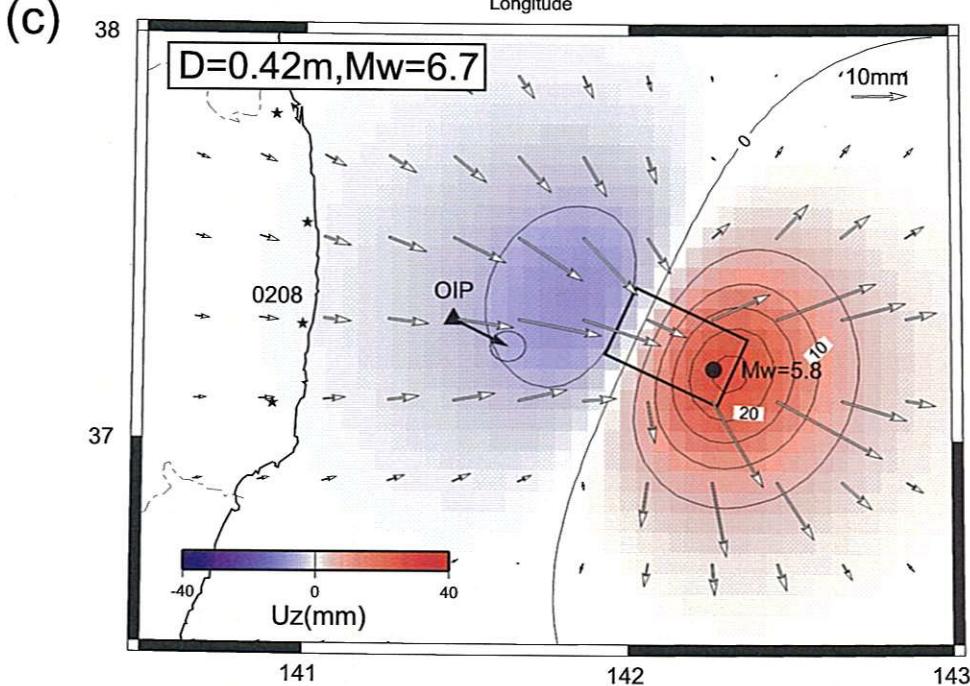


Fig. 3-2 (a) GPSによって観測されたOIP観測点の変位。期間は1997年5月から2001年10月まで。(b)東西成分変位振幅比(OIP基準)の東西プロファイル。東端は地震時にすべての領域を含み、西端は、1987年の活動時のアスペリティを含む場合(青)と含まない場合(赤)。(c)断層モデル((b)の赤)により計算された変位場と観測された水平変位。

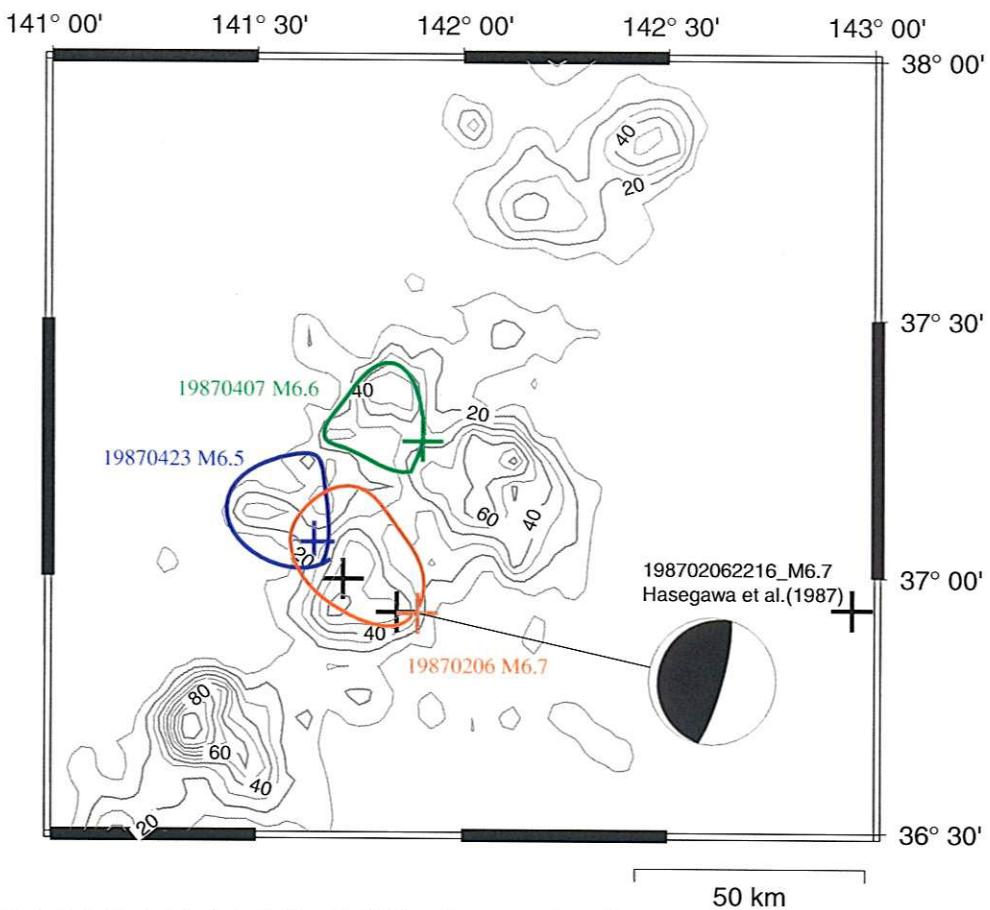


Fig.3-3 1987年に発生した $M \geq 6.5$ の主な地震の余震域。赤：1987年2月6日 M6.7、緑：1987年4月7日 M6.6 青：1987年4月23日 M6.5 をそれぞれ示す。1987年に発生した $M \geq 6.0$ の地震の震央(+)、1987年2月6日 M6.7のメカニズム解をあわせて示す。

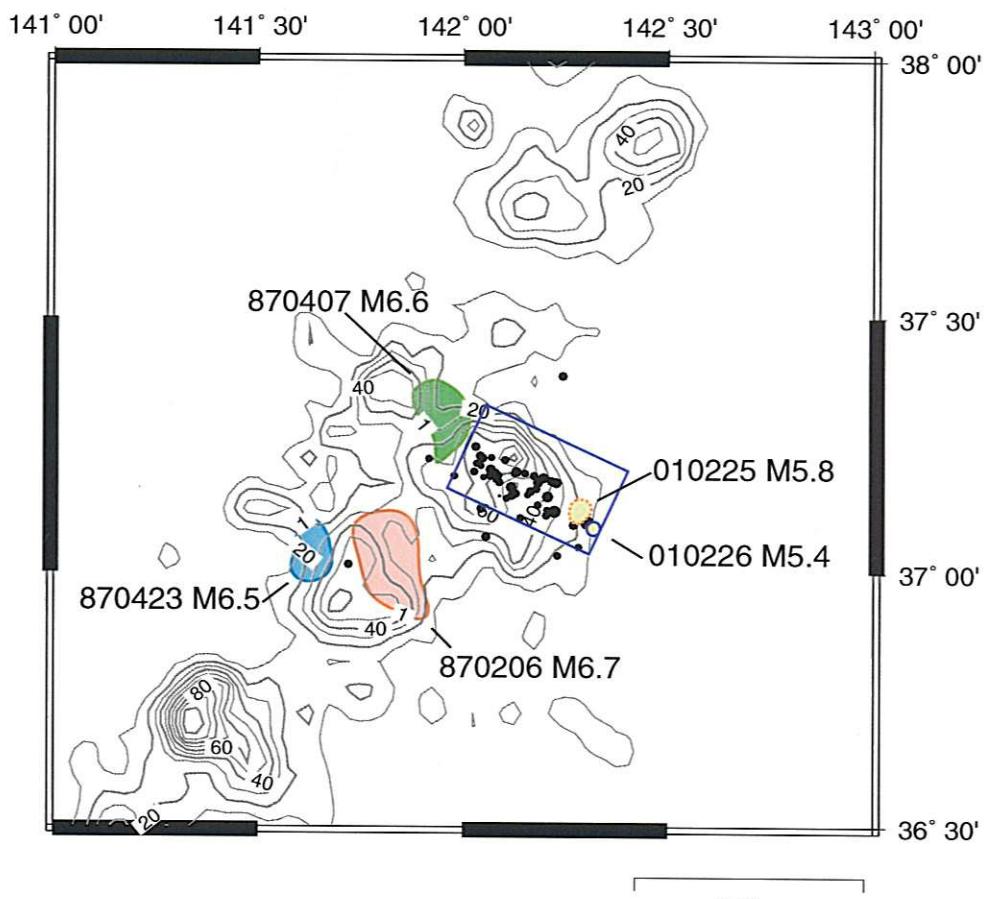


Fig.3-4 福島県沖に発生した地震のモーメント解放量分布。2001年2月に発生した M5.8, M5.4 の地震では $0.4 \times 10^{16} \text{Nm}/\text{km}^2$ 以上の領域を、1987年に発生した $M \geq 6.5$ の地震では $1 \times 10^{16} \text{Nm}/\text{km}^2$ 以上の領域を示す。青の矩形は、GPS観測から推定された準静的すべり域を示す。

4. アスペリティとb値の分布

東北大学

アスペリティは、地震時にすべり量の大きかった場所として検出される。また、プレート境界面の構造の違い、プレート境界付近の定常的な地震活動特性などからも検知されるかも知れない。後者の1例として、b値とアスペリティの分布について調べた。太平洋下で発生した浅発地震を用いて、b値の空間分布を求め、山中・菊地（2001）のアスペリティの分布、岡田・他（2001）の福島県沖のアスペリティの分布と比較した。アスペリティではb値が小さいという結果が得られた。

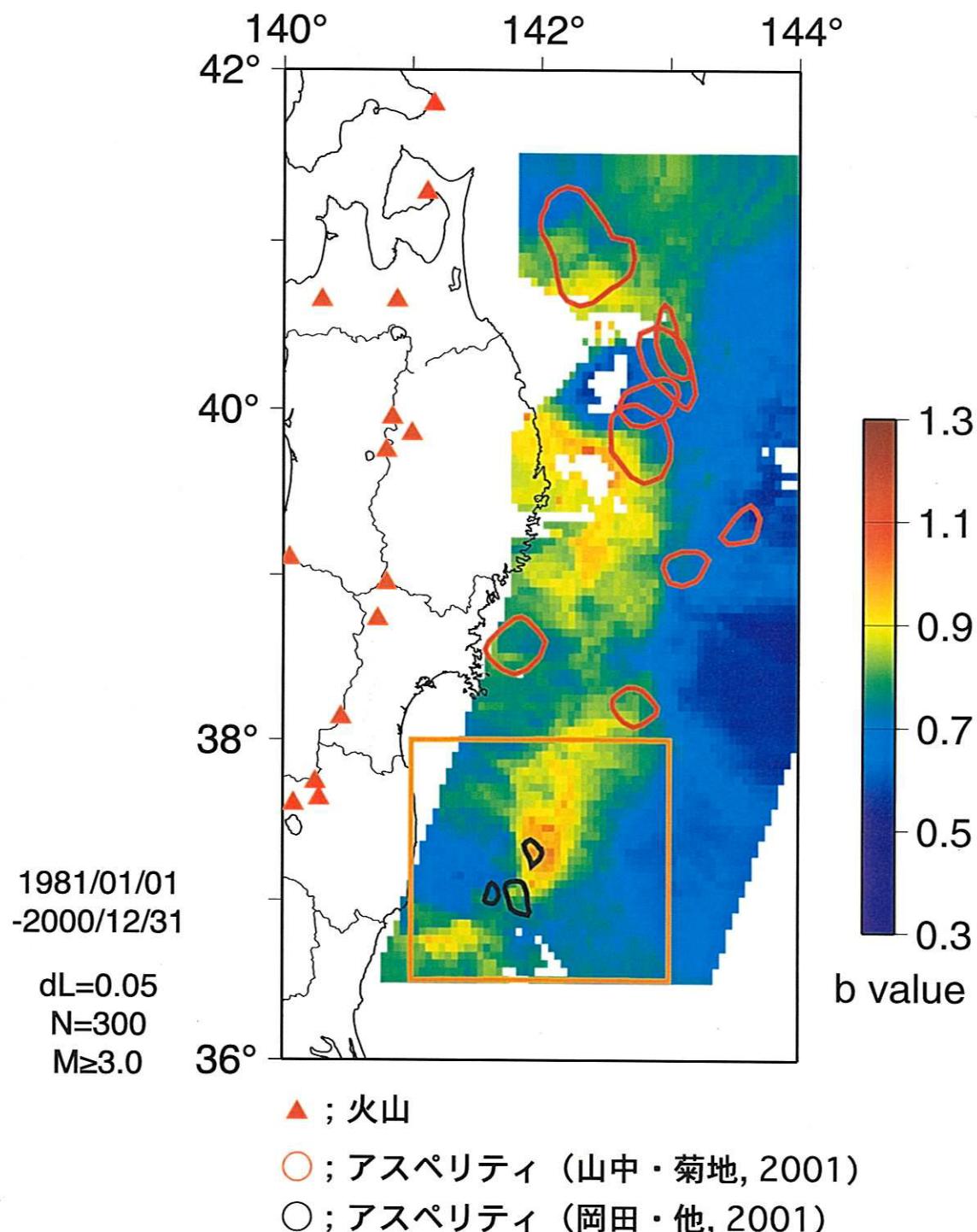


Fig. 4-1 太平洋下浅部のb値とアスペリティ。赤実線と黒実線はそれぞれ、山中・菊地（2001）と岡田・他（2001）によって推定されたアスペリティの領域を表す。赤三角は活火山。1981年1月1日-2000年12月31日に発生したM 3以上の地震を使用した。0.05度間隔のグリッドを配置し、各グリッドから最寄りの300個の地震を使用して、最尤法によりb値を推定した。

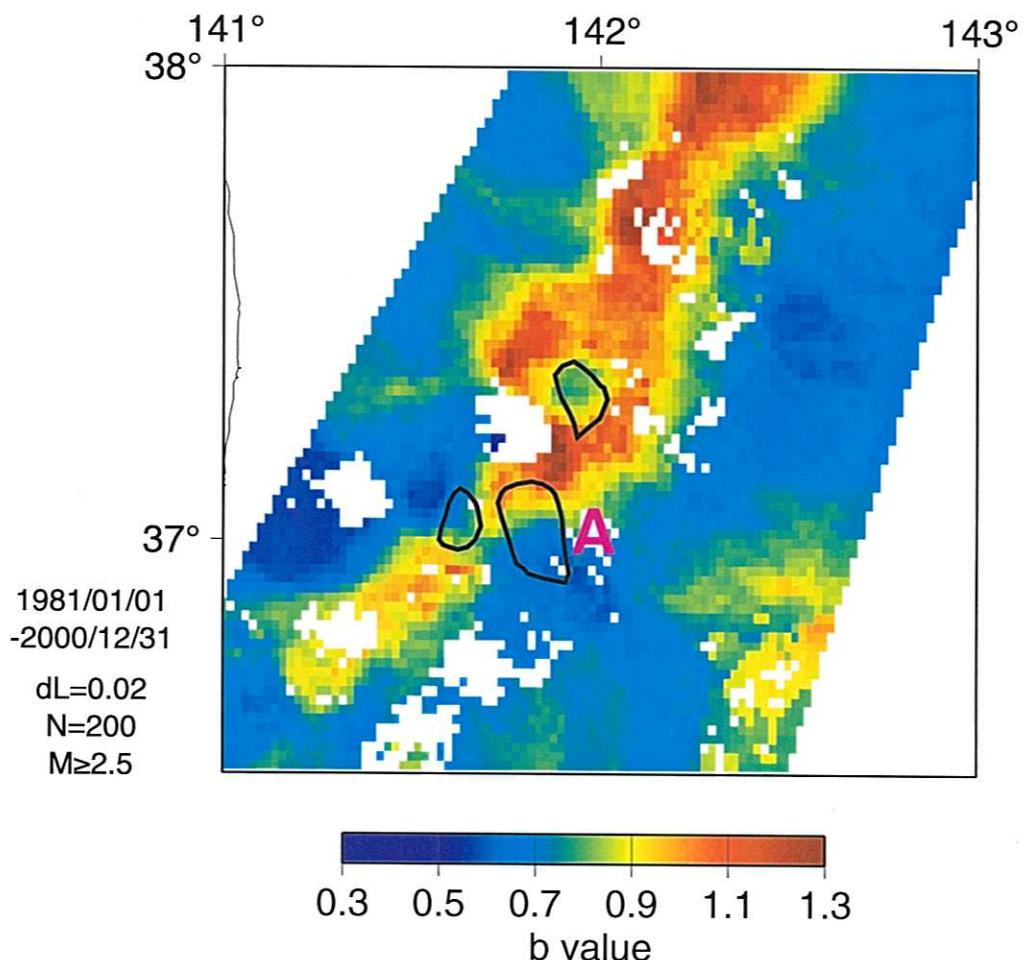


Fig. 4-2 福島県沖の**b**値とアスペリティ. Fig. 4-1の矩形領域を示す. 黒実線は、岡田・他 (2001) によって推定されたアスペリティの領域を表す. 1981年1月1日-2000年12月31日に発生したM2.5以上の地震を使用した. 0.02度間隔のグリッドを配置し、各グリッドから最寄りの200個の地震を使用して、最尤法により**b**値を推定した.

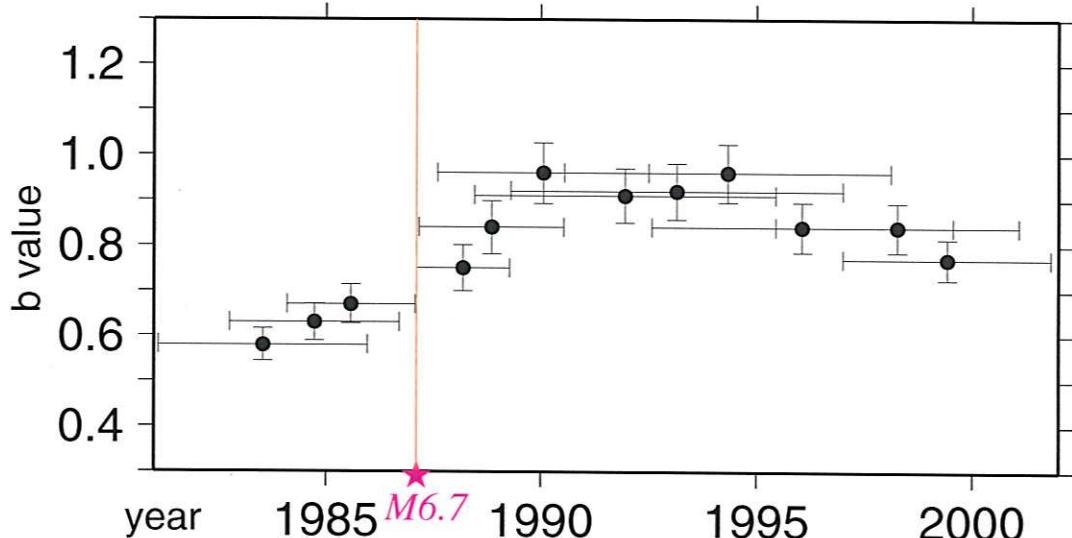


Fig. 4-3 Fig. 4-2のアスペリティA内の**b**値の時間変化. アスペリティAは1987年2月6日にM6.7の地震で破壊した. 時間順に200個の地震をとりだしてタイムウィンドウを設定し、それぞれのウィンドウ内の**b**値を最尤法で推定した. ただし、最後のタイムウィンドウのデータ数は195個. タイムウィンドウを地震50個ずつずらし、M6.7の地震前後のデータが互いに混ざらないようにした. **b**値はウィンドウの中心にプロットしてある. 横棒はウィンドウの長さ、縦棒は**b**値の推定誤差を表す.