

3. 1. 2. 短期海底地震観測・相似地震・GPS 観測

(1) 業務の内容

(a) 業務題目

宮城県沖地震アスペリティ周辺におけるプレート間すべりのモニタリングの実現

(b) 担当者

所属機関	役職	氏名	メールアドレス
国立大学法人東北大学大学院理学研究科	教授	長谷川昭	
	助教授	松澤暢	
	助教授	三浦哲	
	助教授	日野亮太	
	助手	西野実	

(c) 業務の目的

M7.5 級のプレート境界型地震が繰り返し発生する宮城県沖では、次の地震の発生が切迫していると考えられており、その発生時期および規模の予測精度の向上が急がれる。本業務では、宮城県沖地震時に破壊すると考えられるアスペリティの固着状況やその周囲における準静的すべりの状態が時空間的にどのように変化しているかを監視するための方策を開発することを目的とする。

アスペリティの状況把握の高度化のためには、プレート境界面の形状や境界面とその周囲における中小の地震活動の空間分布を高精度で明らかにする必要があり、文部科学省事業である「宮城県沖地震に関するパイロット的な重点調査観測」（以下「パイロット重点観測」と称する）によってこの領域において開始された海底地震観測網による長期繰り返し地震観測を発展的に継続することによりこれを実現する。

アスペリティ周囲での準静的すべりの時空間的な変動を監視するためには、本業務ではGPS 観測による地表面の変位速度分布からプレート境界面上でのすべり分布を推定しその時間変化を捉えること、プレート境界面上での小繰り返し地震である相似地震のすべり量と震源分布からすべり分布を推定しその時間変化を捉えることが効果的であると考えられる。特に「監視」という観点からは、高信頼度のすべり量分布を迅速に推定することが重要であり、そのための技術開発を推進する。

(d) 5 ヶ年の年次実施計画（過去年度は、実施業務の要約）

1) 平成17年度：

これまでに宮城県沖の周辺で行われた地震観測のデータを解析し、2005年8月16日に発生したM7.2の地震の破壊域を詳細に明らかにするとともに、1930年代や1978年に発生した過去の宮城県沖地震の破壊域との関係を考察した。また、震源域とその周辺にお

ける地震波速度構造モデルを構築した。さらに、GPS 観測および相似地震活動の解析に基づき、宮城県沖周辺における準静的すべりの実態把握を開始した。

2) 平成18年度：

海底地震計の入れ替えにより、平成17年度に観測を開始した5点の海底観測点における地震観測を継続するとともに、気象庁と共同して4～10月の間短期観測型海底地震計を用いた機動的な海底地震観測を行った。こうした観測により新たに得られるデータを従来の海底地震観測データに加え、想定震源域周辺の精密な震源分布を求めた。さらに、GPS 観測および相似地震活動の解析に基づき、宮城県沖周辺における準静的すべりの実態把握を継続した。

3) 平成19年度：

海底地震計の入れ替えにより、繰り返し海底地震観測を継続するとともに、気象庁と共同して短期観測型海底地震計を用いた機動的な海底地震観測を行う。こうした観測により新たに得られるデータを従来の海底地震観測データに加え、想定震源域周辺のプレート境界面の形状および3次元的地震波速度構造モデルを求め、アスペリティ位置の推定精度の向上に資する。さらに、GPS 観測および相似地震活動の解析の準リアルタイム化に着手し、宮城県沖周辺における準静的すべり状態の監視システムの開発に着手する。

4) 平成20年度：

海底地震計の入れ替えにより、繰り返し海底地震観測を継続するとともに、気象庁と共同して短期観測型海底地震計を用いた機動的な海底地震観測を行う。こうした観測により新たに得られるデータを従来の海底地震観測データに加え、プレート境界面上および面外それぞれにおける地震活動の分離を行い、それぞれの位置での地震活動特性の抽出に努める。さらに、GPS 観測および相似地震活動の解析の準リアルタイム化に基づく、宮城県沖周辺における準静的すべり状態の監視システムの開発を進める。

5) 平成21年度：

海底地震計の入れ替えにより、繰り返し海底地震観測を継続するとともに、気象庁と共同して短期観測型海底地震計を用いた機動的な海底地震観測を行う。こうした観測により新たに得られるデータを従来の海底地震観測データに加え、プレート境界面内・外の地震活動度およびその特性の時空間的な変動の解明に努める。さらに、GPS 観測および相似地震活動の解析の準リアルタイム化に基づく、宮城県沖周辺における準静的すべり状態の監視システムの実用化に目途をつける。

(e) 平成18年度業務目的

これまで宮城県沖において繰り返し行ってきた海底地震観測を、長期観測型の海底地震計を用いて通年にわたって実施することにより、宮城県沖の想定震源域における地震活動の特性とその時間変化を明らかにするとともに、気象庁と共同して行う短期観測型海底地震計を春～秋の期間に実施し、長期観測型の地震観測網を補完することにより、宮城県沖

で発生する地震の震源位置や発震機構の詳細を明らかにする。さらに、東北地方に展開した微小地震観測網および GPS 測地観測網のデータを用いた相似地震解析および測地インバージョン解析により、宮城県沖地震の想定震源域およびその周辺におけるプレート間固着・すべり状況を評価する。

(2) 平成 18 年度の成果

(a) 業務の要約

2005 年 8 月 16 日に発生した宮城県沖地震 (M7.2) の発生が宮城県沖における M7.5 級のプレート境界地震の発生サイクルに及ぼす影響を理解することを目的として、地震発生時とその直後に展開した多点の海底地震計により得られたデータを用い、2005 年 8 月以降にこの領域で発生した地震の震源分布を正確に求め、地震活動が示す時空間的な変化を調べた。その結果、顕著な余震活動がみられるのは 2005 年 8 月の地震の破壊域の近傍だけであるが、破壊域の東端には、本震破壊に起因する応力変化に誘発された地震活動がみられる他、本震破壊域から北東側に離れた 1981 年宮城県沖地震の破壊域の近くでは、プレート間すべりの加速に対応すると考えられる地震活動の活発化がみられたことがわかった。

また、2005 年の地震発生後におけるプレート間すべりの状況を、GPS 連続観測のデータおよび相似地震 (微小繰り返し地震) 活動から推定した。GPS 観測データの解析結果は、2005 年の地震後約 3 ヶ月間の余効すべりは本震破壊域の南側に拡大したが、12 月 2 日の最大余震 (M6.6) を契機としてすべり域が本震の破壊域より東ないし北東側へ移ったことを示す。この期間に発生した地震の震央分布を海底地震計のデータを用いて再決定すると、本震発生直後に顕著な余震活動がみられた本震破壊域での地震活動は最大余震が発生するまでにほぼ終息していたが、逆に、本震破壊域東側の地震活動が最大余震発生後に活発化していたことが判明した。

2005 年 8 月に地震が発生した後に活動がみられた相似地震は少なく、広域的にすべり速度が顕著に加速するような現象はみられなかったが、本震の破壊域から北東側に離れて 1981 年宮城県沖地震の破壊域近くで活発化した地震活動に、相似地震の活動がみられた。その後、最大余震発生後に、本震破壊域北側で相似地震活動の活発化が認められ、GPS データと同様に、最大余震の発生を契機に停止しつつあったプレート間すべりが再加速したことを示す。

(b) 業務の実施方法

平成 17 年度に設置した 5 台の長期観測型海底地震計による海底地震観測を 11 月まで継続して実施し、回収したデータの処理を東京大学と共同で行った。また、東京大学において新規調達し調整を終えた長期観測型海底地震計 6 台を設置して 19 年 11 月までの予定で連続海底地震観測を実施している。また、気象庁と共同で、短期観測型海底地震計を用いた地震観測を 4~10 月の間実施した。この観測は、7 月にいったん機材を入れ替えることに

より、約 6 ヶ月間にわたりほぼ連続して行った。

一方、2005 年 8 月 16 日に宮城県沖において発生した M7.2 の地震およびその余震を観測した海底地震計のデータを解析することにより、本震・余震の詳細な震源分布を求めるとともに、それらの発震機構解を推定し、その空間変化を明らかにした。また、2005 年の地震発生後の約 1 年間の GPS 連続観測によってえられた宮城県沖地震の震源周辺における地表変位速度データを逆解析することにより、プレート境界面上におけるすべりの時空間的な分布を推定するとともに、地震活動度との対応関係についての検討を行った。

(c) 業務の成果

図 1 に、本年度実施した海底地震観測の観測点配置を示す。今年度の観測は、観測点の配置が異なる次の 4 期に分けられる。

第一期：平成 17 年 12 月 25 日～平成 18 年 4 月 26 日（10 点）

第二期：平成 18 年 4 月 26 日～10 月 21 日（16 点）

第三期：平成 18 年 10 月 20 日～11 月 15 日（5 点）

第四期：平成 18 年 11 月 15 日～（6 点）

第一期では、本業務で平成 17 年 12 月に設置した長期観測型海底地震計 5 台の他、平成 17 年 5 月に東京大学によって設置された 5 台の長期観測型海底地震計（3 月 31 日で記録終了）からなる、10 観測点で地震観測が行われた（図 1a）。

第二期は、気象庁との共同で多点観測を行った期間であり、4 月に気象庁観測船「凌風丸」により 11 観測点に短期観測型海底地震計を設置する一方、5 月に行われた函館海洋気象台観測船「高風丸」の航海で平成 17 年 5 月以来観測を行っていた長期観測型海底地震計を回収した。短期観測型海底地震計は 7 月に「高風丸」で回収するとともに、同一観測点に再設置され、10 月まで観測を継続した（図 1b）。

第三期は長期観測型のみを観測となり、11 月に行った用船航海（新日本海事「かいゆう」）で回収するまでの間、5 観測点での観測を継続した（図 1c）。

第四期は、パイロット重点時代から長期観測型海底地震計により繰り返し観測を行ってきた 4 観測点での観測を継続するとともに、従来、短期型の機材で観測を行ってきた 2 観測点に長期観測用の機材を設置して長期観測を開始した（図 1d）。合計 6 台の長期観測型海底地震計は、今年度導入したものであり、東京大学で整備を行った、上記の用船航海により設置作業を行った。この観測は、現在も観測を継続中である（平成 19 年 11 月回収予定）。

これらの海底地震観測のデータの処理は第二期の途中までが終了しており、第二期後半と第三期の観測データの処理を現在進めている。

2005 年 8 月 16 日 11 時 46 分に M7.2 の地震が宮城県沖において発生した。本震の波形解析などによって推定された発震機構解は低角逆断層型であり、この地震がプレート境界で

発生した地震であることを示す。この地域では、前回発生した 1978 年宮城県沖地震 (M7.4) に至るまで、およそ 40 年間の再来周期をもってプレート境界型地震が繰り返し発生していることが明らかになっており、次のプレート境界型地震の発生に至る過程を明らかにすることが本業務の重要な目的の一つである。

昨年度の調査観測の結果、2005 年の地震は、1978 年宮城県沖地震時に破壊されたアスペリティの一部だけを破壊したものであり、主要な部分が未破壊のまま残されていると推定された。従って、未破壊のアスペリティに応力・ひずみが蓄積されていく過程を解明することが、次に発生する地震の時期や規模を予測する上で、決定的に重要である。そこで、海底地震観測データに基づく余震活動の詳細な空間分布を明らかにすることにより、2005 年の地震の破壊域の広がりを正確に推定するとともに、この破壊がどのような範囲にどのような影響を及ぼしたかを明らかにした。さらに、未破壊領域へのひずみ蓄積過程には、2005 年の地震後に震源域周囲で発生した余効すべりが深く関与していることが考えられるため、余効すべりを起こしている領域の広がりが時間とともにどのように変化しているのかを、GPS 連続観測の解析から推定した。

余震活動の解析には、本震時に観測中であった OBS 観測点のうちの 14 点と臨時余震観測のために追加設置された 16 点のあわせて 30 観測点のデータと震源域に近い太平洋岸の定常地震観測点のデータを併合して用いた。8 月 16 日の本震発生後の 8 日後および 15 日後の 8 月 24 日および 8 月 31 日に M6.3 の地震が、本震震源域から 80 km 程度北東側で発生し (図 2)、引き続きそれらの地震の余震活動と思われる活発な地震活動がみられているが、これらの震源分布についても再決定を行った。また、8 月 16 日の本震およびその震源域近傍で発生した余震については、十分な観測点配置で P 波初動の押し引きを読みとることができたものについて発震機構解を求めた。

図 2 に観測点配置を示す。震源域の周辺では、地震発生当時すでに 19 観測点において OBS が稼働しており、本震およびその発生前後の地震活動が観測されている。これらのうち、2006 年 5 月に回収を行った 5 観測点 (図 2 中白丸) を除く 14 点 (図 2 中灰色丸) のデータを以下の解析で使用した。また、本震の発生後に臨時余震観測として 16 観測点 (図 2 中黒丸) を新設し、上記の 14 点のデータとあわせて解析に使用した。

震源決定は、まず絶対走時を用いた通常の震源決定法を行い、その結果を初期震源分布としてダブル・ディファレンス (DD) 法 (Waldhauser and Ellsworth, 2000) 1) による震源決定を行った。初期震源の決定では、1次元の速度構造を仮定した。図 3 に震源決定に用いた速度構造モデルを示す。第 1 層と第 2 層はそれぞれ地殻とマントルに対応する。

図 4 に絶対走時を用いた震源決定の結果を示す。図には、Zhao *et al.* (1997) 2) により推定されたプレート境界面の形状を示したが、再決定された多くの震源がプレート境界面付近に集中しており、一元化カタログによる震源と比較して、OBS のデータを加えることにより震源深さの決定精度が向上していることがわかる。震央分布をみると、8 月 16 日の本震の震央周辺と、8 月 24 日および 31 日に北東側の領域で M6.3 の地震が発生した領域に顕

著な活動域が見られる他は、小さなクラスタ状の密集域がまばらに分布していることがわかる。Yamanaka and Kikuchi (2004) 3) による 1978 年の宮城県沖地震の破壊域の広がりとは比べると、2005 年の地震の余震活動は 1978 年の破壊域と比較してごく狭い範囲に限られており、2005 年の地震が 1978 年の地震の破壊域の一部のみを破壊したものであることを示す。

北東側の活発な地震活動域は、8 月 24 日と 31 日に発生した 2 つの M 6.3 の地震とそれら余震活動と考えられ、本来の意味での 2005 年の宮城県沖地震の余震活動とは異なる。一元化カタログによれば、2 つの M 6.3 の地震の震央は 30 km 以上離れているが、再決定の結果、これらの地震は近接して発生していたことがわかった。8 月 16 日に発生した本震から北東側に飛び離れたこの地震活動域は、1981 年の宮城県沖地震の破壊域 (Yamanaka and Kikuchi, 2004) 3) のすぐ東側 (海溝側) に位置し、その震央範囲は東西-南北が $10 \times 20 \text{ km}^2$ 程度の領域内に収まっている。これらの地震の再決定された震源深さは 15 ~ 20 km に集中している。この領域では、エアガン-OBS を用いた人工地震探査が行われており、プレート境界の深さはおよそ 15 km と推定されている (Hino *et al.*, 2003) 4)。したがって、これらの地震はプレート境界で発生した地震であろうと考えられる。8 月 24 日、31 日の地震の余震活動には、おなじ場所がかつて発生した相似地震の再活動が含まれており、この地域でのプレート境界における非地震性すべりが 8 月 16 日の地震後に加速していると考えられるが (相似地震解析の結果については後述)、OBS 観測により明らかにされたこれらの地震の震源深さ分布は、相似地震活動がプレート境界上での小アスペリティの繰り返し破壊であるという考えを支持するものである。

8 月 24 日、31 日の地震の震源域近くでは 1981 年に M 7.0 のプレート境界型地震が発生しているが、今回の活動域はその余震分布の一部に一致していると考えられる。図 5a は、東北大学の陸上地震観測網のデータにより決定された 1981 年の地震発生後 1 ヶ月間の震央分布を今回の震央分布を比較したものである。気象庁一元化処理による 2005 年の 8 月 24 日と 31 日の地震の震央が、OBS のデータにより再決定されたものと大きく異なること (図 4) をみても、陸上観測網のデータだけでこの領域で発生する地震の震央を精度よく決定することは困難であることがわかる。したがって、1981 年の地震の余震が東西に広く分布しているのは、みかけのものであり、実際には 1981 年の地震の本震も含め、2005 年の 8 月 24 日と 31 日の地震の発生域あるいはそのごく近くで発生していた可能性もある。一方、1981 年の余震活動は、本震の震央から 20 km ほどの南北方向に拡がりをもつ低地震活動域をはさんで南側にも見られるが、2005 年の活動ではこの領域では顕著な地震活動の活発化は認められない。本震の破壊域から東側に遠く離れた領域での地震活動の活発化は、1978 年の宮城県沖地震の後にも認められる (図 5b)。ただし、このときは 1981 年の余震域と比較すると、2005 年には活発化しなかった南側の方でより活発化しており、逆に 1981 年の本震の震央に近く 2005 年に活発化した北側の領域での活発化はそれほど顕著でない。こうしたことは、1981 年の地震の破壊域には、独立した複数の小さなアスペリティが分布している可能性を示す。

1978年の宮城県沖地震の際にも、2005年の地震後と同様に、宮城県沖で発生したプレート境界地震の後に、この場所でプレート境界における非地震性すべりの加速が起こっていた可能性がある。もしそうなら、1981年の地震の余震域の一部において、宮城県沖地震の発生後にすべりが加速するという現象が、繰り返し発生しているということの意味する。1981年の地震の発生自体も、1978年宮城県沖地震の発生のわずか3年後であり、こうした非地震性すべりの加速の結果ひき起こされたものかもしれない。

図6に2005年8月16日に発生した本震とその近傍で発生した余震の震源分布の拡大図を示した。この図に示した震源は、図4に示した絶対走時を用いて決定した震源分布を初期震源分布としてDD法により震源を再決定したものである。ここでは、絶対走時を用いた震源決定の結果、震源深さが最寄りの観測点までの震央距離よりも大きい地震は、震源が十分な精度で決定できていると考え、それらを対象として再決定を行った。

本震のすべり量が大きかった領域内とそのごく近くでは、震央分布でL字（を左に90°回転させた）型のクラスタに集中して余震が発生している。L字の西北西－東南東方向を向く方の腕は、本震の震源を含んでおり、その南北約20kmの範囲の余震群とともに、非常に薄い面状の分布を示しており、これらが本震の破壊面にそった余震活動であることを強く示唆する（図5中A群）。それと直交するL字のもう一方の腕を形成する余震（図6中B群）は、本震のすべり分布（柳沼・他、2006）5）の東端と良い一致を示している。震源深さ分布をよく見ると、B群はA群に比べてやや浅い側に広がっているようであり、このグループの余震活動には上盤プレート内で発生したものが含まれている可能性がある。

一方で、プレート境界から上方に大きく離れて分布する地震をいくつか認めることができ、図6中でこれらをC群として他の地震と区別した。C群の地震の半数以上が、1978年宮城県沖地震のすべり量が最大であった場所の直上に集中している。この活動は、これまでの宮城県沖における繰り返しOBS観測により、上盤プレートのマントル内の地震活動としてすでに認識されていたもので、定常的に1ヶ月に数個程度の頻度で地震が発生することがパイロット重点的調査観測の成果により明らかとなっている。C群に属する地震の数は多くないので、活動度の時間変化はよく分からないが、少なくとも8月16日の地震の発生直後に顕著に数が増えることはなく、この地震の発生とは無関係な定常的な活動に近い状態にあるものと思われる。

図7は、本震およびその震源域周辺で発生した余震の発震機構解を震央位置にプロットしたものである。本震および多くの余震が低角逆断層型の発震機構解を示す。こうした低角逆断層型の余震は、本震の破壊域内およびその周辺に広く分布しており、この領域で発生する多くの余震が本震のすべり面にそって発生しているという、震源深さ分布に関する解釈を支持する。一方で、低角逆断層とは異なる発震機構解をもつ余震も少なからず存在しており、特に、本震の破壊域の東縁に位置するB群に属する余震にそうした地震が多く含まれる。なかでも、逆断層型ではあるが本震タイプに比べ高角な節面をもつものが多く含まれていることが注目される。上盤側プレート内のすべり域東縁では、本震のすべりによ

り東西方向の圧縮応力が高まることが期待されるため、こうした高角逆断層型の発震機構解の地震は、B群の地震の震源深さ分布の特徴から示唆される上盤側プレート内での余震に対応するものであろう。

震源深さ分布や発震機構解の特徴から、A群は本震のすべり面（プレート境界面）に沿って発生した余震がほとんどである一方、B群には上盤側内での地震をより多く含んでいる可能性がある。プレート境界面上とプレート内部との間で構造や状態の違いがあるとすれば、それを反映してそれぞれで発生する地震の発生様式に何らかの違いがあることが期待され、それをA群とB群の地震の活動様式の違いとして認めることができるかもしれない。そこで、A群・B群それぞれに属する余震について地震発生率の時間変化と規模別累積個数分布を調べた。1日あたりの地震発生率の時間変化（図8a）をみると、総個数が少ないため期間の前半でしか変化の様子は分からないものの、典型的な余震個数の減少パターンを示しており、A群・B群両群の間でその活動度の時間変化の仕方に明瞭な違いはみられない。ところが、規模別頻度分布（図8b）は両群の間で大きな違いが見られ、 b 値が顕著に異なっている。最尤法（宇津、1965）6）によりA群とB群のそれぞれについての b 値を求めたところ、それぞれ、0.55、0.81となった。

弘瀬・他（2002）7）は、東北日本太平洋側のプレート境界で発生する地震の b 値の空間変化をしらべ、高 b 値の領域が大きな地震のアスペリティを避けるように分布することを示している。ここで議論しているA群・B群の違いは、彼らが議論しているものに比べ小さい空間スケールでの違いであるため、全く同じ現象を反映したものであるかどうかは分からないが、本震のすべり量が大きくアスペリティと考えられる領域のごく近傍で発生したA群の余震が小さな b 値を示すのは、彼らが示した傾向と矛盾するものではない。

次に、GPS連続観測のデータの解析から推定された、2005年宮城県沖地震の発生後にみられた余効すべりの空間分布とその時間変化について報告する。この地震が、顕著な余効すべりを伴ったことは、昨年度の調査観測の結果からも明らかとなっていたが、今年度は、すべり分布が時間変化することを考慮した逆解析手法を使用することにより、すべり分布の時間変化の詳細を明らかにすることができた。

図9に宮城県周辺に設置されたGPSの観測点の配置を示す。宮城県牡鹿半島の東方沖に位置する金華山および江島の2観測点は想定震源域に最も近い観測点であり、この領域のプレート間すべりのモニタリングを行う上で重要な観測点であるため、本年度GPS受信機の高速サンプリング化を実施した。これらのGPS観測点で取得したデータは、公衆回線とモデムを使ったダイヤルアップ式で東北大学まで伝送している。

得られたGPS観測データの基線解析には、米国航空宇宙局(NASA)のジェット推進研究所(JPL)で開発されたGIPSY/OASIS-II(GOA-II)による精密単独測位法(Precise Point Positioning; 以下、PPP法と呼ぶ)(Zumberge *et al.*, 1997) 8)を用いた。図10に、国土地理院の基線解析の最終解としてインターネット上で公開されているF2解(Hatanaka *et al.*, 2003) 9)と本研究で採用した解析方法による解とを比較した結果を示した。図示した

成分は山形県の飛鳥観測点 (0194) と宮城県のと鹿観測点 (0550) 基線の基線長成分であるが、両者を比較するとほぼ同程度の再現性が得られていることがわかる。さらに詳しく見ると、F2 解では前後の日の解と比較して 5mm を超えるような異常値が時々見られるが、本研究の結果にはそのような異常値は見られない。

このようにして得られた GPS 観測点の変位の時系列をデータとして、Yagi and Kikuchi (2003) 10) のインバージョン法によりプレート境界面上のすべりを仮定して余効すべり分布の推定を行った。大きな地震が発生していない期間における GPS の基線解析結果には、プレート間カップリングによる定常的な地殻変動や季節変動成分が含まれており、これらは余効すべりの検出を行う際には除去する必要がある。そこで、地震発生前の 2004 年 1 月 1 日から 2005 年 8 月 15 日までの期間の基線ベクトル各成分について、下記の (1) 式で示したような線形トレンド、年周・半年周成分、地震時変動などのステップ変化からなる関数を仮定し、最小二乗法により $a \sim g$ の各係数を推定し、線形トレンドと年周・半年周成分を除去したものを非定常成分(余効変動)として解析に使用した。

$$u(t) = a \cdot t + b + c \cdot \sin(2\pi t/T) + d \cdot \cos(2\pi t/T) + e \cdot \sin(4\pi t/T) + f \cdot \cos(4\pi t/T) + g \cdot H(t-t_a) \quad (1)$$

ここで $u(t)$ は観測点座標の時系列、 T は 1 年間の日数、 $H(t)$ は階段関数、 t_a は本震発生日である。

図 11 に震源域に最も近い東北大学の金華山観測点における座標値の時系列を示す。ここで、原記録に含まれるトレンドと季節変動については、上述の方法により除去している。この観測点では、本震以降の余効変動が明瞭にみられる。その変化は特に本震直後に大きく次第に小さくなっており、10 月半ば以降は一旦ほとんど終息しているように見える。2005 年 12 月 2 日には、本震震央の約 10km 南東側で最大余震である M6.6 のプレート境界地震が発生している。この最大余震後にも本震直後ほど顕著ではないものの余効変動が見られる。この変動も最大余震直後には変動速度が大きかったが、時間の経過とともに徐々に小さくなっている。

2005 年 8 月 17 日から 2006 年 7 月 16 日までのデータを用いてインバージョンを行った結果を図 12(a) に示す。上述のように最大余震時には震源に近い観測点において地震時地殻変動が観測されているため、解析期間を最大余震前後の二つの期間(2005 年 8 月 17 日～2005 年 11 月 30 日までと、2005 年 12 月 3 日～2006 年 7 月 16 日まで)に分けて個別に解析を行った。図 12(a) には 8 月 17 日以後 15 日間ごとに推定されたプレート境界面上の余効すべり分布を日数で割ってすべり速度に変換して示している。なお、すべりが西向き成分を持つときには、負号をつけて青から紫のカラースケールで図示した。Suwa et al. (2006) 11) は、1997 年から 2001 年までの定常的な GPS 観測点における変位速度から、東北地方の太平洋側、特に宮城県沖のプレート境界では、プレート間の強い固着を示唆する大きなバックスリップが卓越していることを示した。本研究では定常的な変位速度を取り除いたものをデータとして使用しているため、西向きの変位速度成分をもつ領域では、バックスリップの加速現象を意味している。図 12(b) には図 12(a) の各期間に対応した推定誤差の分布を示した。この推定誤差の概ね 2 倍に相当するすべり速度を信頼限界と考え、図 12(a) では太いコンターで示してある。

図 12(a) をみると 9 月 16 日までの期間については、本震の震央近傍で余効すべり分布が

最大となっているのに対し、それ以降の期間については、本震の南西側で最大となり、10月16日以降には福島県沿岸でピークとなっていて、余効すべり域が南側に進展していった可能性を示唆していると考えられる。ただし、本震直後の余効変動の大きさは本震震源に最も近い金華山観測点でも約2cm程度と小さいため、今後推定精度について十分な検討を要するが、図11に示した時系列において、東西成分と南北成分の変位速度の時間変化を比較すると、南北成分のほうがより緩やかに減衰しているようにも見えることから、上記で述べたような現象は、実際に起きている現象と考えられる。2005年11月15日から15日間のスナップショットでは、有意な余効すべりは存在せず、本震直後からの余効すべりは11月半ば頃に一旦終息しつつあったと考えられる。

次に最大余震発生後の12月3日以降のすべり分布を見てみると、信頼限界を超えるようなすべりが本震・最大余震の震源域において約1ヶ月程度続いていることから、最大余震の発生をきっかけとして余効すべり活動が再び活発化した可能性がある。2006年1月2日以降では、唯一3月3日から18日までの期間でのみ陸域の下の2ヶ所で信頼限界を超えるすべりが推定されているが、その領域はその前の1月から2月にかけては逆向きのすべりとして推定されていることから、季節変動が完全には取り除かれていないことなどが原因かもしれない。

図13に2005年8月17日から2005年11月30日まで、および2005年12月3日から2006年7月16日までの各期間の余効すべりの積算値を示す。Yaginuma et al. (2006) 12)が地震波形インバージョンにより推定した本震時のすべり分布(図中青色のコンター)と比較すると、最大余震前の期間での余効すべりの範囲(図13a)は、本震のすべり域と一部は重なっているものの、本震の破壊域より南西側に位置している。測地インバージョンにより推定される宮城県沖におけるプレート間すべり分布については、海溝周辺ほどではないにしろ、その分解能の問題から地震波形インバージョンによる推定結果と比較して、分布がよりブロードになる傾向がある(Miura et al., 2006) 13)。したがって、実際の余効すべりは、その最大値の周辺により集中していて、余効すべりは本震時のすべりと相補的に分布していると考えられる。同様の現象は1996年の日向灘地震(Yagi and Kikuchi, 2003) 10)や1994年三陸はるか沖地震(Yagi et al., 2003) 9); 2003年十勝沖地震(Miura et al., 2004 14); Miyazaki et al., 2004 15); Ozawa et al., 2004 16); 油井, 2005 17))でも報告されている。2003年十勝沖地震の余効すべりは本震の破壊域の東西に分布しているのに対し(Ozawa et al., 2004 16); 油井, 2005 17); Baba et al., 2006 18))、今回の余効すべりは南西側だけに分布している。これについては、本震の北側に未だ固着状態にあるアスペリティが存在していることによるものと考えられる。なお、震源域周辺の赤の矩形内において推定されたこの期間のモーメント解放量は $3.7 \times 10^{19} \text{Nm}$ (Mw7.0)である。

一方で、図13(b)の最大余震発生後の期間について見ると、量的には3cm程度と小さいものの、本震と同じ逆断層型のすべり(フォワードスリップ)が本震の北北東側に分布しており、最大余震の発生前と異なる場所ですべりが加速したことを示している。なお、図13(b)の赤枠で示した領域におけるモーメント解放量は、 $3.2 \times 10^{19} \text{Nm}$ (Mw6.9)であり、図13(a)の期間とあわせると $6.9 \times 10^{19} \text{Nm}$ (Mw7.2)となる。図14に観測された余効変動の水平成分と本論により推定された余効すべりモデルにより計算された変位の比較を示した。

最大余震の発生を契機として、非地震性すべりのすべり域が移動したことは、現在も非破壊のままであるアスペリティにおけるひずみ蓄積過程に大きな影響を及ぼすものと考え

られる。一方で、GPS の検知能力や余効すべりが小さいことを勘案すると、捉えられたすべり域の空間的な変化を詳細に議論するためには、地震活動の空間変化との対応を調べる必要がある。

図 15 は、今年度行った第 2 期前半までの海底地震観測のデータを加えて決定した宮城県沖の震源分布である。この期間は、GPS 連続観測によって余効すべり域の移動がみられた期間を含む。海底地震計のデータを用いて震源決定をすると、2005 年 12 月に発生した最大余震は、プレート境界面上の本震破壊域のすぐ東側で発生したことがわかった。

図 16 には、最大余震発生前後でのすべり域の分布と震央分布を重ねて示した。本震の破壊域に注目すると、活発な余震活動が本震発生後およそ 3 ヶ月の間みられるが（図 16a）、最大余震の発生後の活動度をみると、他の領域と比べても特に違いが見られない程度に低下していることがわかる（図 16b）。一方で、最大余震発生後の期間では、本震の破壊域よりも東側で地震活動が顕著に活発化している。この領域での地震活動は、最大余震前には顕著でないこと、震源がプレート境界の周辺に集中していることを考えると、最大余震あるいはその頃にプレート境界で発生した何らかの現象の影響下で活発化したものと考えられる。地震活動が活性化した領域は、最大余震前後で異なる余効すべり域の間に位置していることから、GPS データから推定されたすべり域の移動とも関連した現象である可能性がある。

最大余震発生後のすべり量分布（たとえば、図 16b）では、モデル断層の北側には西向きすべりが見られるが、これはバックスリップの加速、すなわちプレート間固着の強化を意味している。小沢・他(2006) 19)は、東北地方の GEONET の観測点座標の時系列について 1997 年～2000 年の期間からトレンドを推定し、2000 年～2006 年の期間からそのトレンドを除去した結果、東北地方北部において西北西方向の変位が卓越していることを示した。さらにその変位データを用いてバックスリップインバージョンを行った結果、岩手県北部の太平洋下のプレート境界でプレート間カップリングが強化したと結論している。ここで行った GPS データ解析の結果得られたモデル断層の北側に見られる西向きすべりは、それに起因している可能性が考えられる。

図 17 は、2004 年以來の、宮城県沖周辺における相似地震の分布を示したものである。従来指摘されてきたように（たとえば、Uchida et al., 2003) 20)、相似地震は過去に大きなプレート境界地震の破壊域となった領域内ではほとんど発生せず、むしろその周囲で発生している様子を見取ることができる。

陸上観測点での観測地震波形が相似である地震の組み合わせを、1つのシーケンスとして、それらのシーケンスのなかで震央位置に近いものを一つのグループとする。そのグループの活動履歴から、それぞれのグループの位置におけるプレート間すべり速度を推定したものが、図 18 である。宮城県沖周辺で発生する相似地震は、図 17 に示す位置を代表する A から M にグループ分けされた。図 17 中で位置を青く示したグループでは、2005 年の宮城県沖地震が発生した 8 月 16 日以降に、そのグループの位置で顕著にプレート間すべりが加速しているように見える（図 18）。

グループ毎のすべり速度の時間変化を詳しくみると、2005 年 8 月 16 日の地震以後にみられる加速は、本震発生の直後と 12 月の最大余震発生後の 2 ステージに分かれているようである。相似地震活動から推定されるすべり速度の地域変化を示したのが図 19 である。この図は、相似地震の活動履歴から推定されたすべり速度を、その相似地震の震央位置での

すべり速度を代表したものと、複数の相似地震ごとに推定されたすべり速度を空間的に移動平均することによって、すべり速度の空間分布を求めたものである。この図を見ると、本震発生前（Period-I）には、解析領域の西縁にプレート境界における固着-すべり遷移域に対応するやや高速のすべり速度を持つ領域があるほかには、顕著な空間変化はみられない、一方、2005年宮城県沖地震の発生後には、その震源域の周囲の何方かですべりが加速している。北東側の加速域は、8月24日と31日にM6級の地震が発生した領域に対応する。それ以外の領域でもっとも顕著な加速が起こったのは、本震震源の北側の領域である。ここでは、12月17日にM6.1のプレート境界型地震が発生している。

相似地震の活動が活発化した領域と、GPSにより余効すべりが見いだされた領域とは必ずしも良い対応関係を示してはいないが、2005年の破壊域の周辺において非地震性のすべりが加速傾向にあることを共通して示している点は注目に値する。また、相似地震活動からみたすべり速度が、最大余震後に加速しているのは、GPS連続観測の解析結果が示す、最大余震の発生を契機としたすべり域の移動に対応したものなのかもしれない。

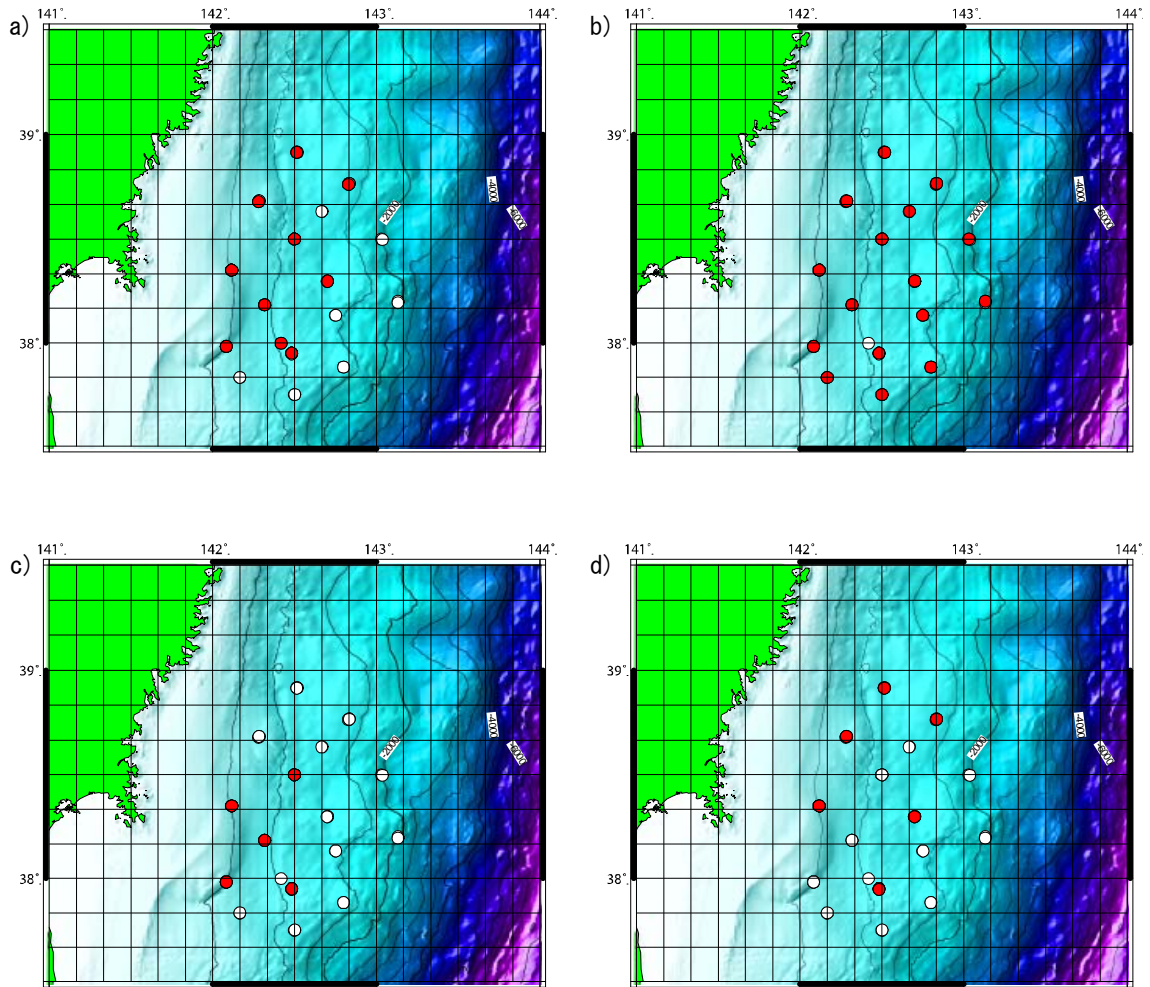


図1 平成18年度に実施した海底地震観測の観測点配置図。a) 第一期、b) 第二期、c) 第三期、d) 第四期。白丸が全観測点の配置、赤丸がそれぞれの観測期間に海底地震計が設置されていた地点。

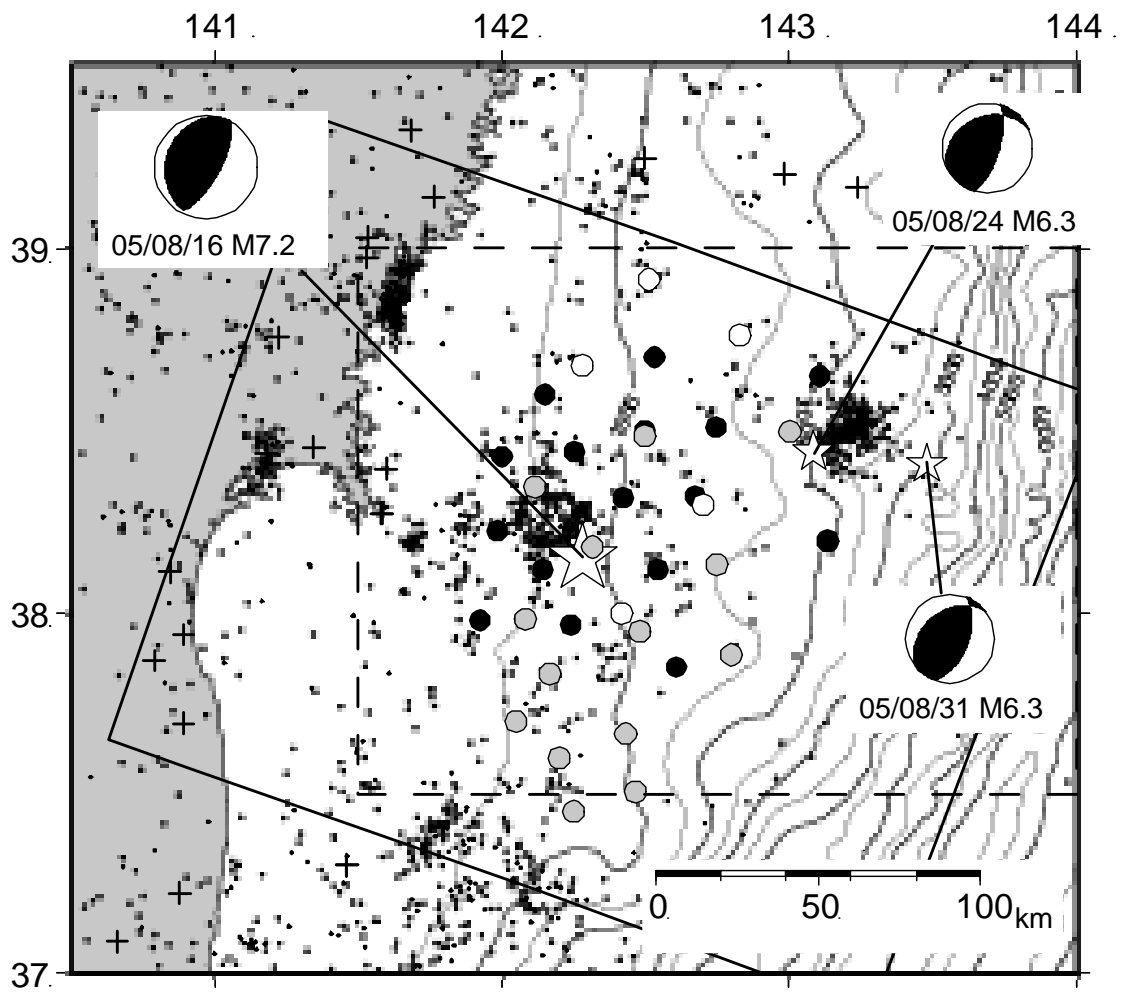


図2 2005年宮城県沖地震の本震・余震分布の解析に使用した観測点の配置。丸印が海底地震観測点（色の違いについては本文参照）。十字印は陸上観測点。震央分布は気象庁一元化処理による。

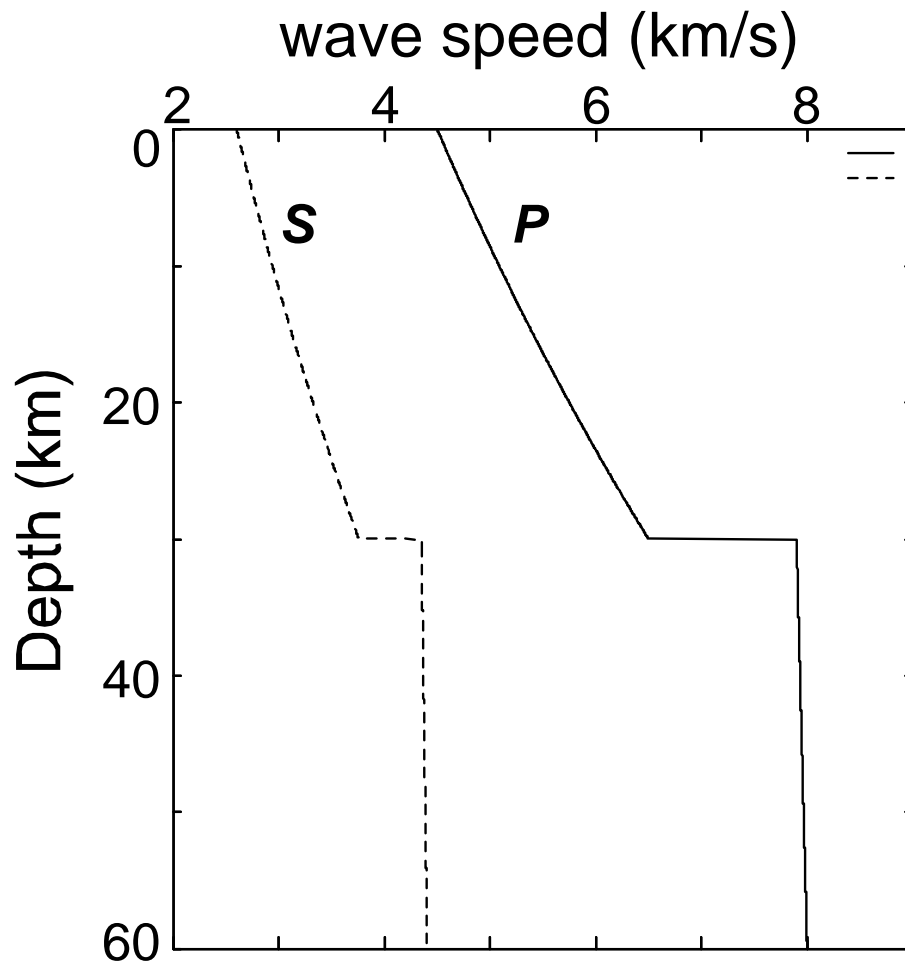


図3 震源決定の際に用いた地震波速度構造モデル（実線：P波、破線：S波）。

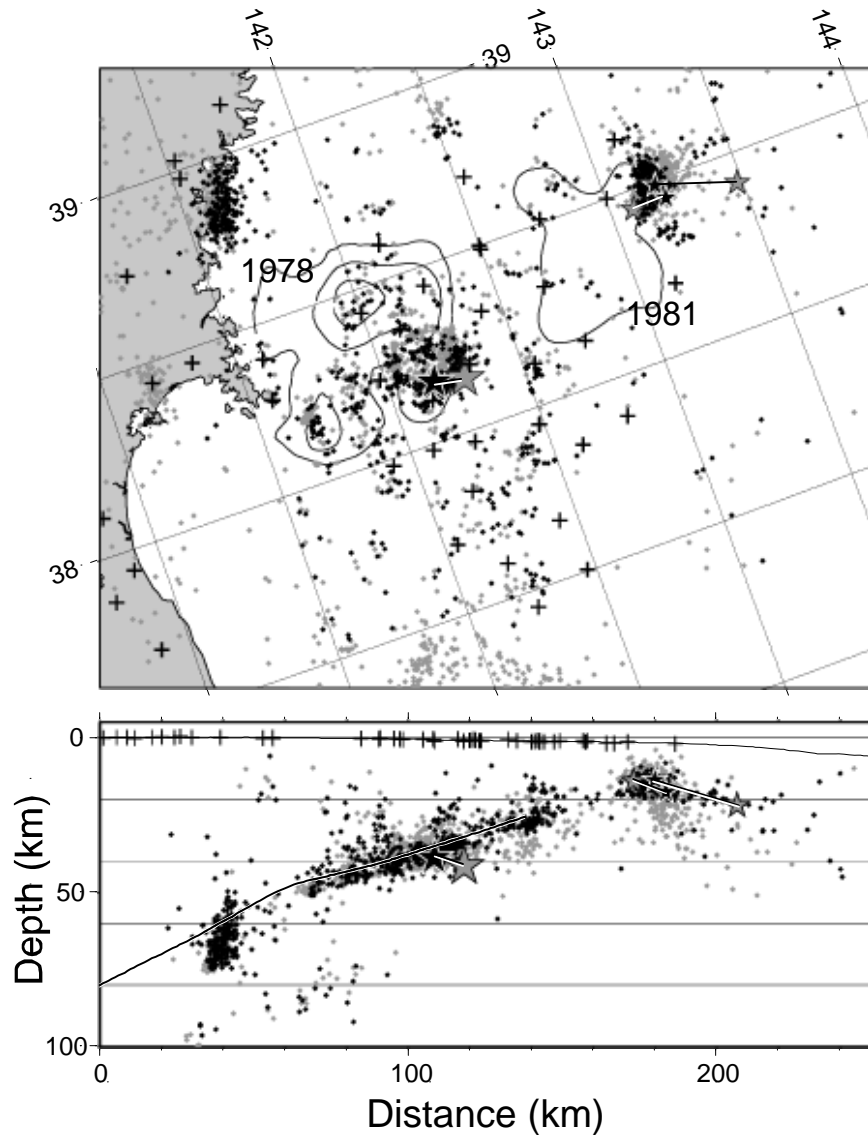


図 4 2005 年宮城県沖地震の本震および余震の震源分布。灰色印は気象庁一元化処理によるもの、黒印が海底地震計のデータを用いて再決定されたもの。

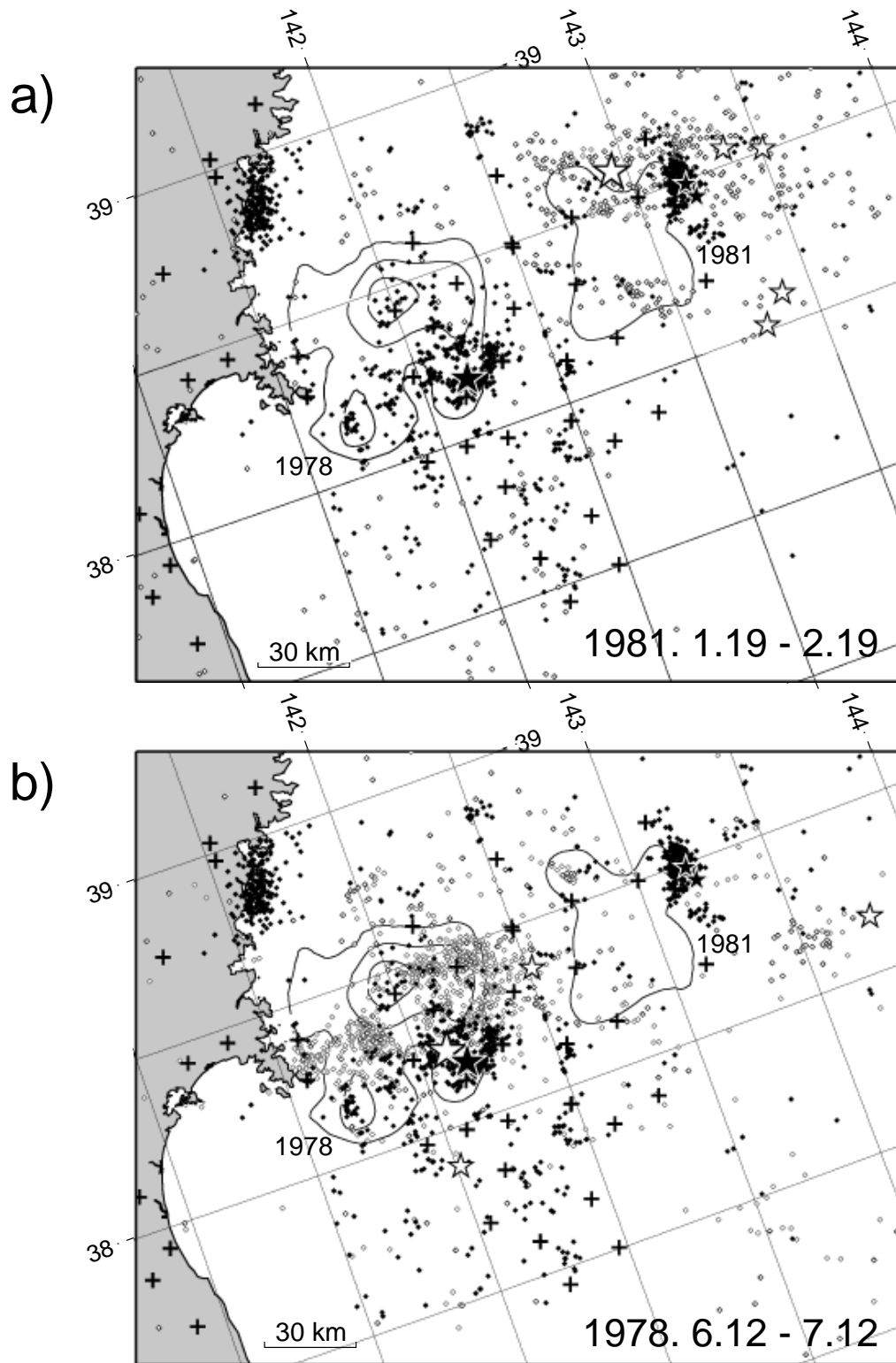


図5 宮城県沖における過去の地震活動との比較。a) 1981年宮城県沖地震発生後1ヶ月間。
b) 1978年宮城県沖地震発生後1ヶ月間。

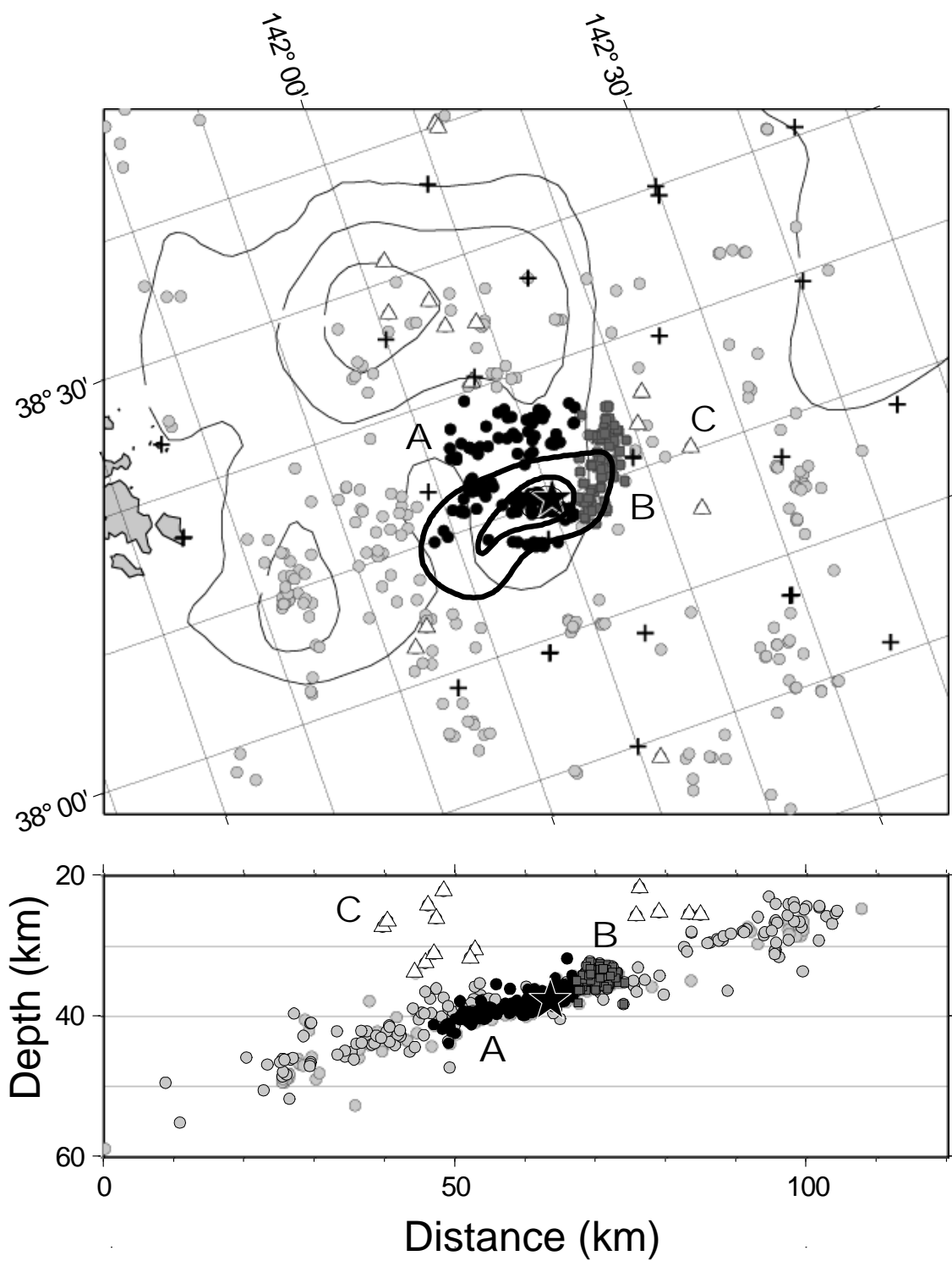


図6 2005年宮城県沖地震の破壊域近傍における震源分布。A, B, Cのグループについては本文参照。

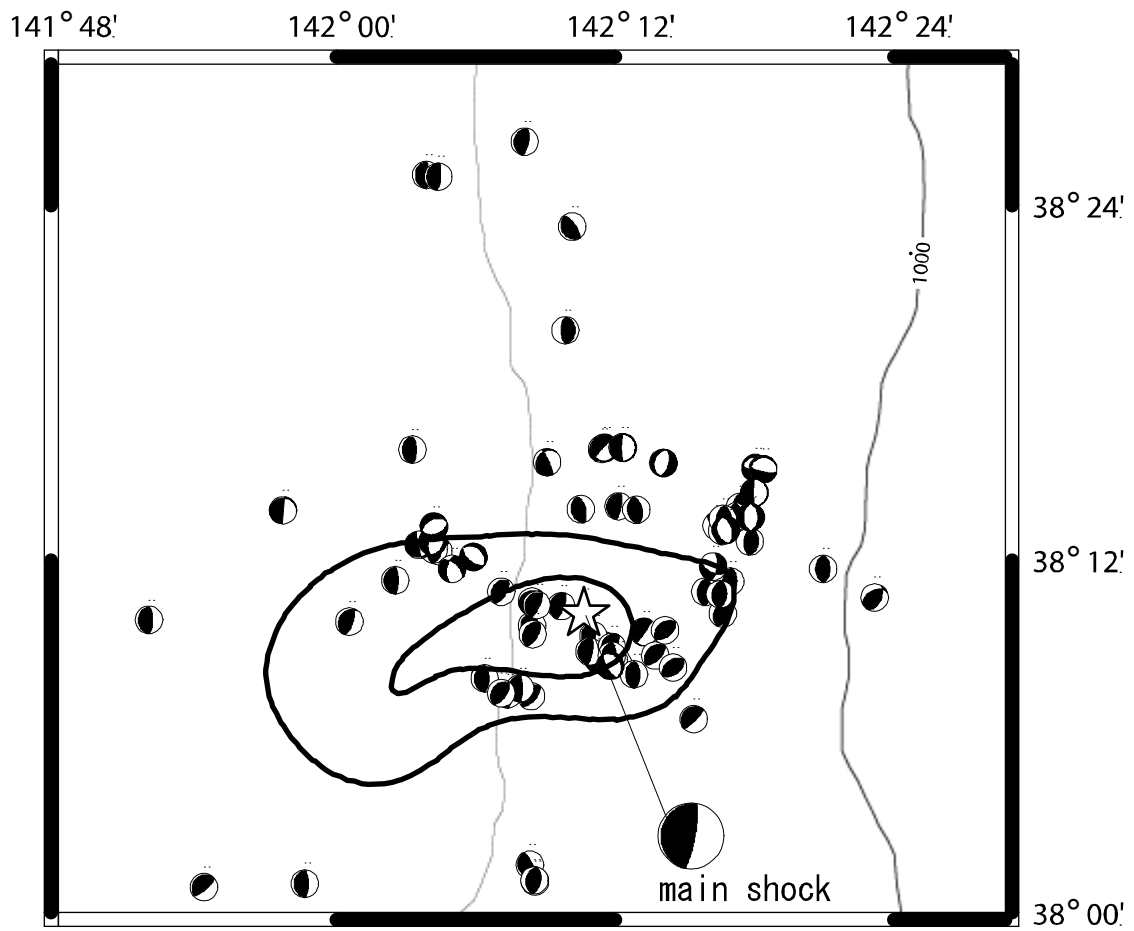


図 7 2005 年の地震の本震破壊域近傍で発生した地震の発震機構解の分布。

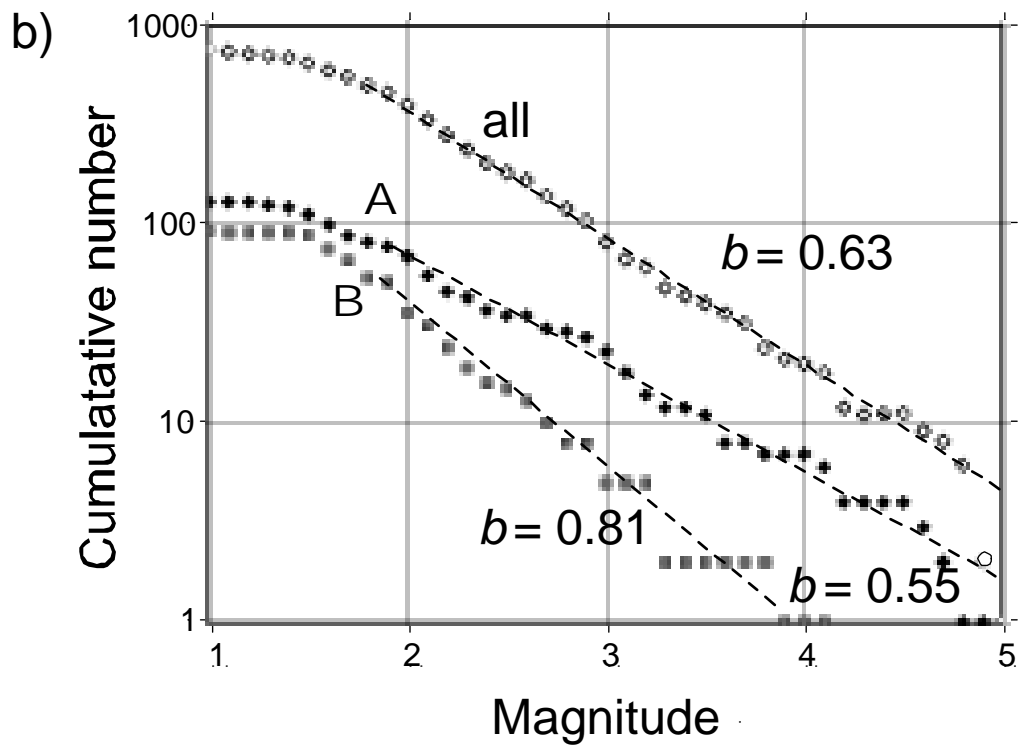
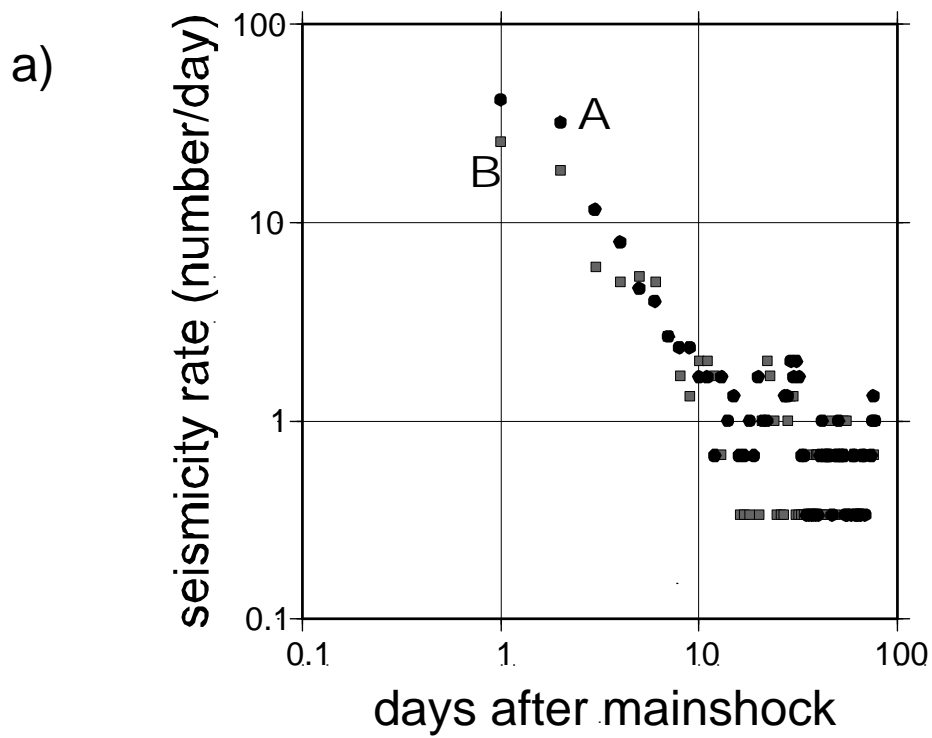


図8 2005年宮城県沖地震の余震が示す a) 日別地震発生数の時間変化と b) 規模別頻度分布。
 図7中のAおよびB群についてそれぞれ示した。

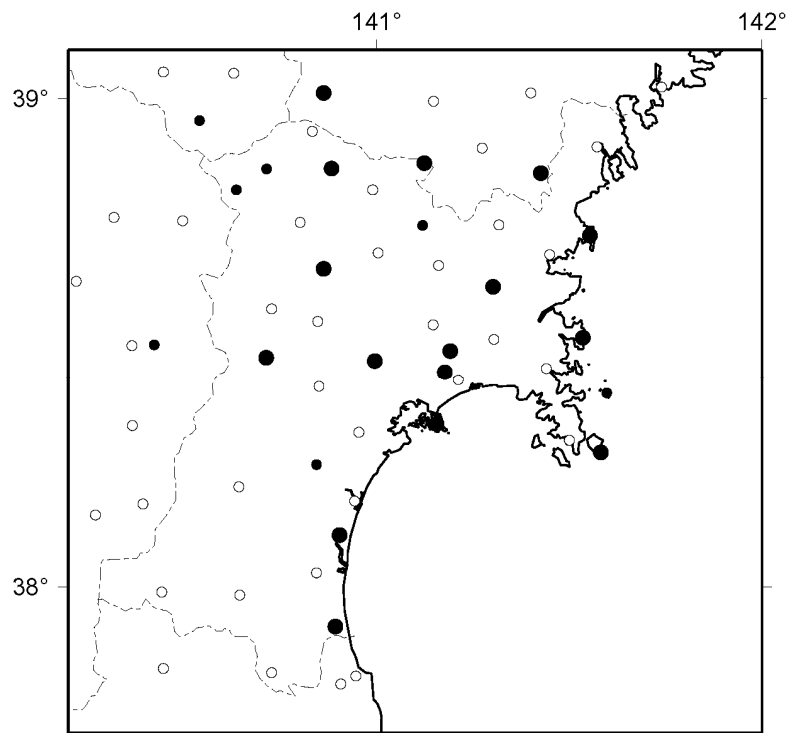


図9 宮城県周辺のGPS連続観測点分布図。白丸は国土地理院のGEONET観測点、黒丸は東北大学のGPS観測点(大きな黒丸は2003年以降に新設された観測点)を示す。

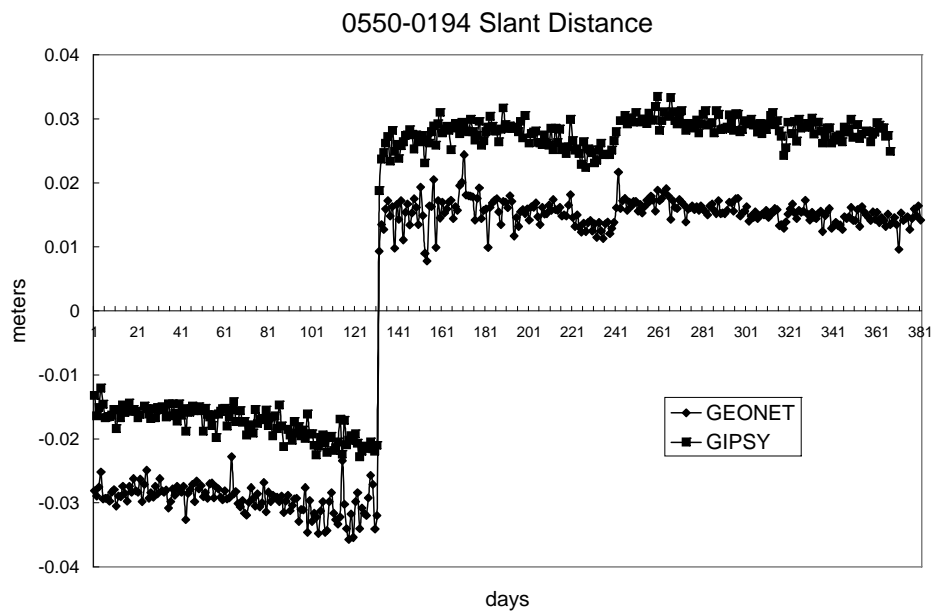


図 10 GEONET の飛島観測点(0194)－牡鹿観測点(0550)間の基線長の時系列。ひし形は国土地理院による Bernese 解析ソフトウェアを用いた最終解(F2 解)、四角は東北大学による GIPSY 解析ソフトウェアを用いた解を示す。

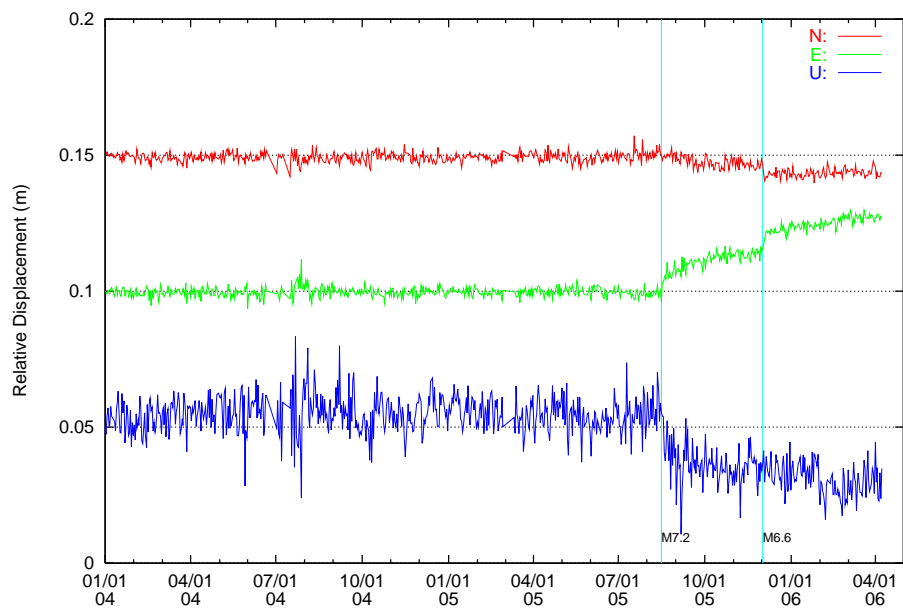


図 11 東北大学の金華山観測点において観測された余効地殻変動。赤、緑、青は、それぞれ、北向き、東向き、上向きの変位を示す。経年変動、年周・半年周変動および本震発生に伴う地震時変動は最小二乗法により除去してある。

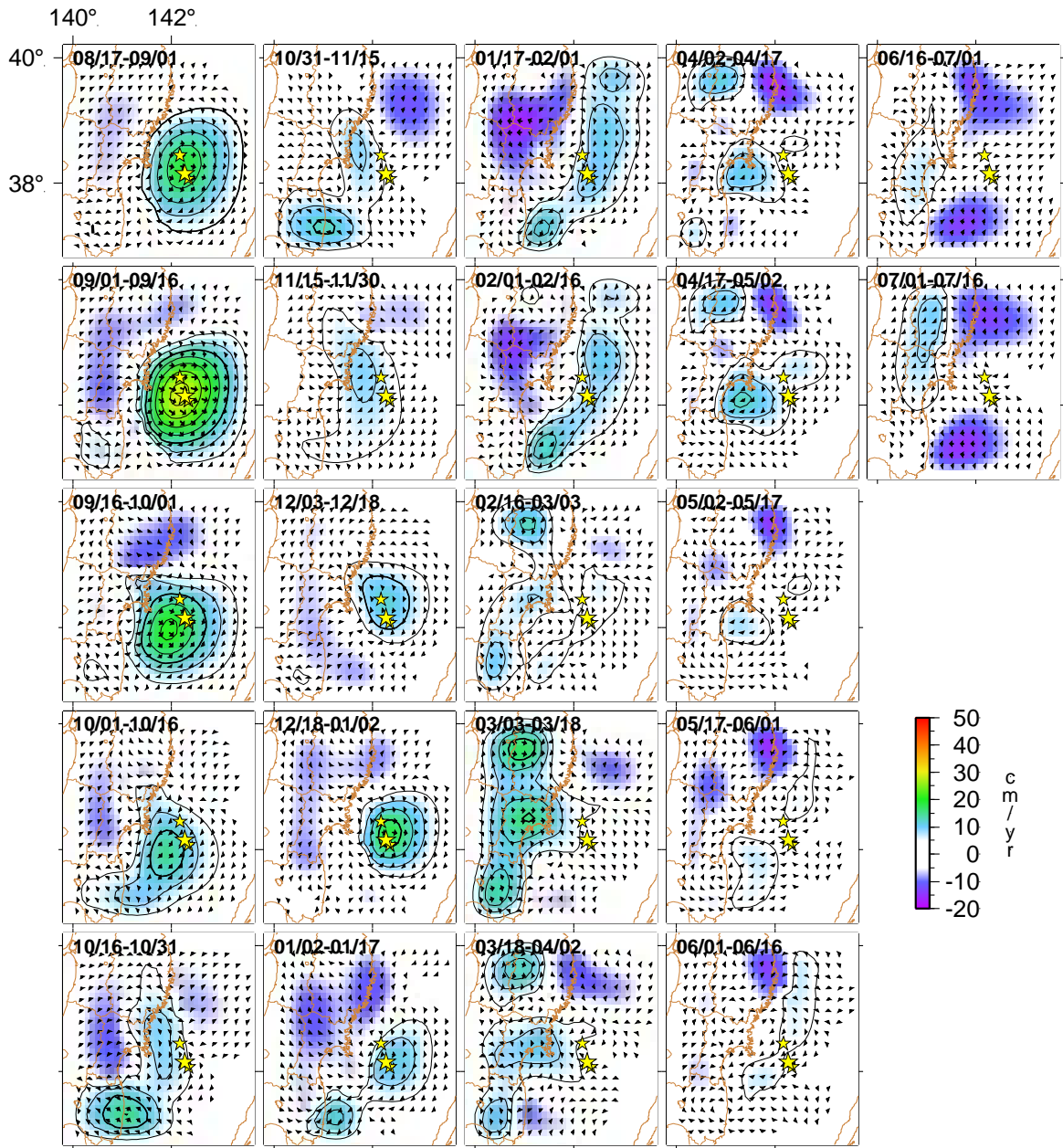


図 12(a) GPS 連続記録インバージョンによって推定されたプレート境界面上のすべりの時空間発展のスナップショット(15日毎の変化分)。コンター間隔は5cm/yr。大きな星印は本震の、小さな星印のうち南側のものは最大余震の、北側のものはM6.3の余震の震央を示す。

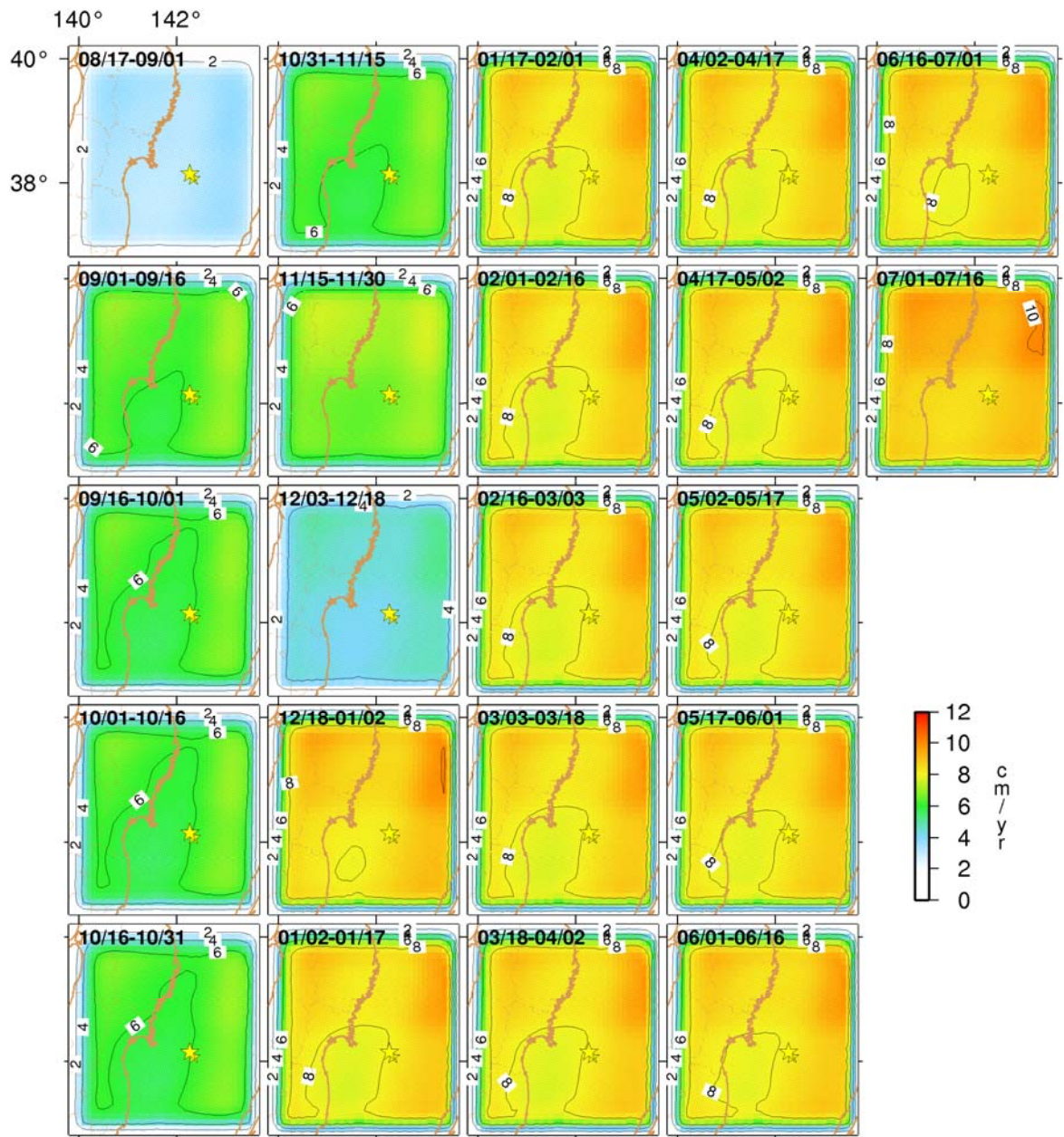


図 12(b) 図 12(a) の推定における誤差の分布。

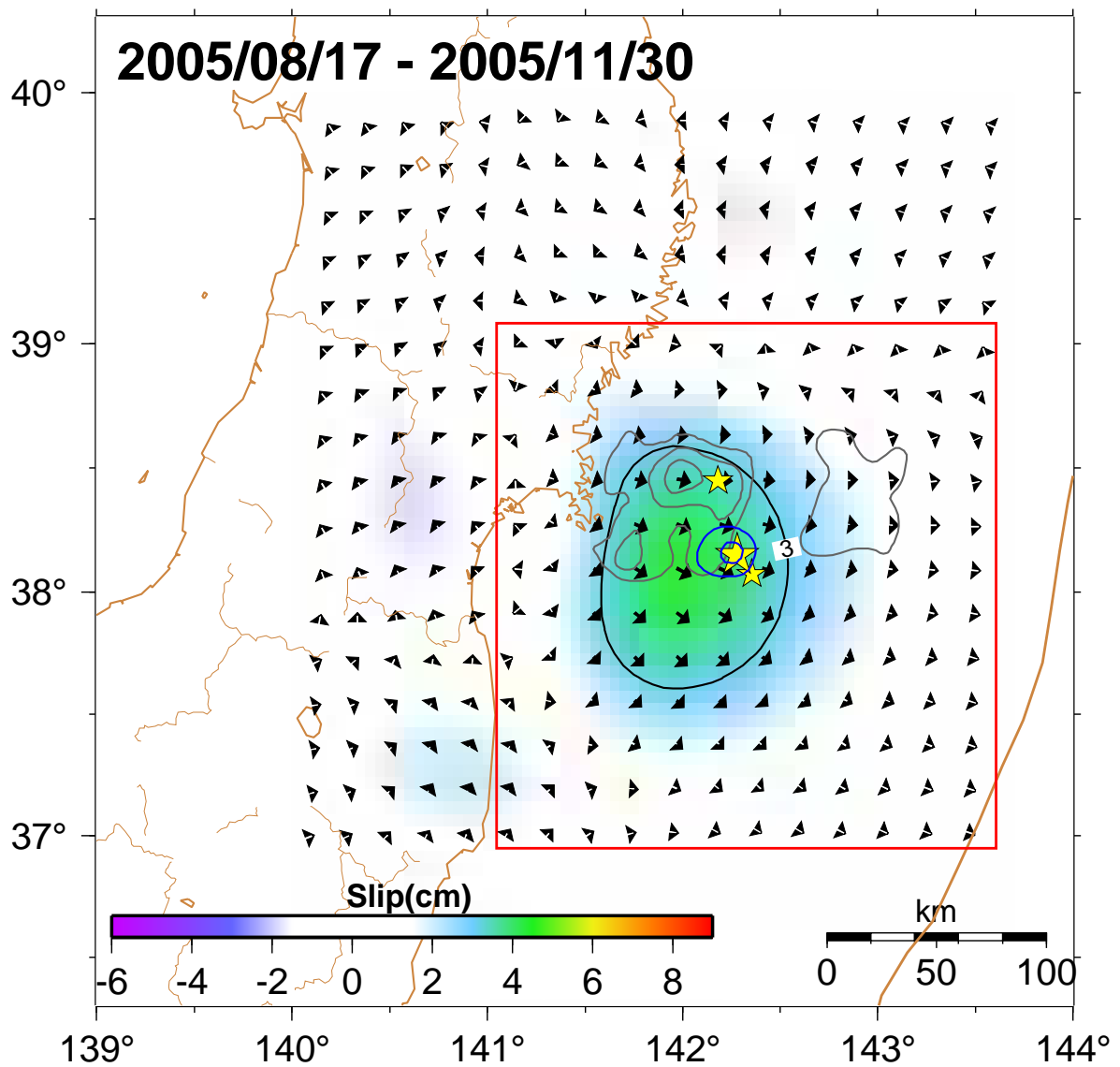


図 13(a) 2005 年 8 月 17 日から 2005 年 11 月 30 日まで(最大余震発生前)の積算すべり分布。灰色のコンターは Yamanaka and Kikuchi (2004) による 1978 (M7.4、西側) および 1981 (M7.0、東側) の地震のすべり量分布 (0.5m 間隔) を示す。青のコンターは Yaginuma et al. (2006) による本震時のすべり分布。

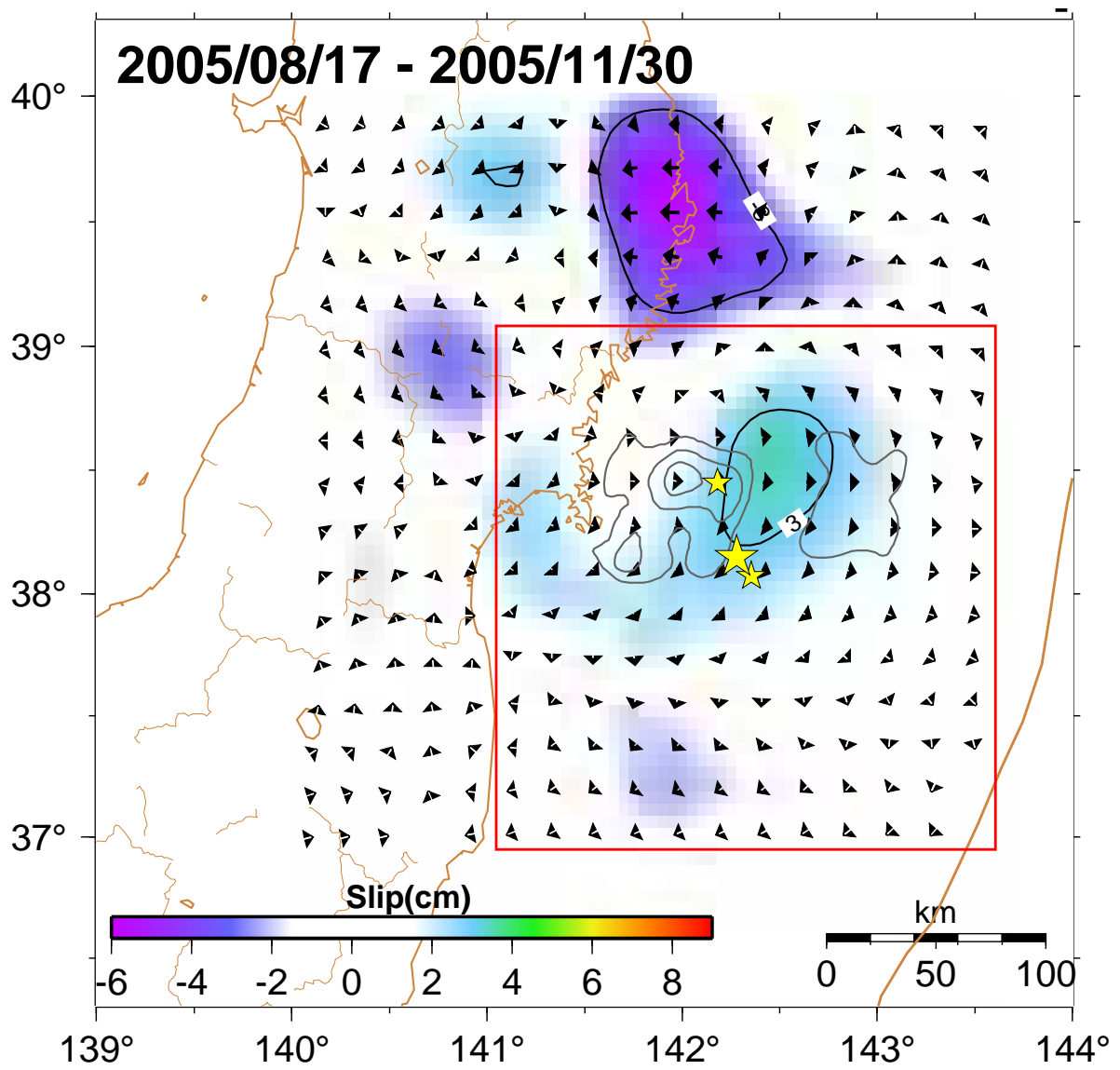


図 13(b) 図 13 (a)に同じ。ただし、2005年12月3日から2006年7月16日までの積算すべり分布。

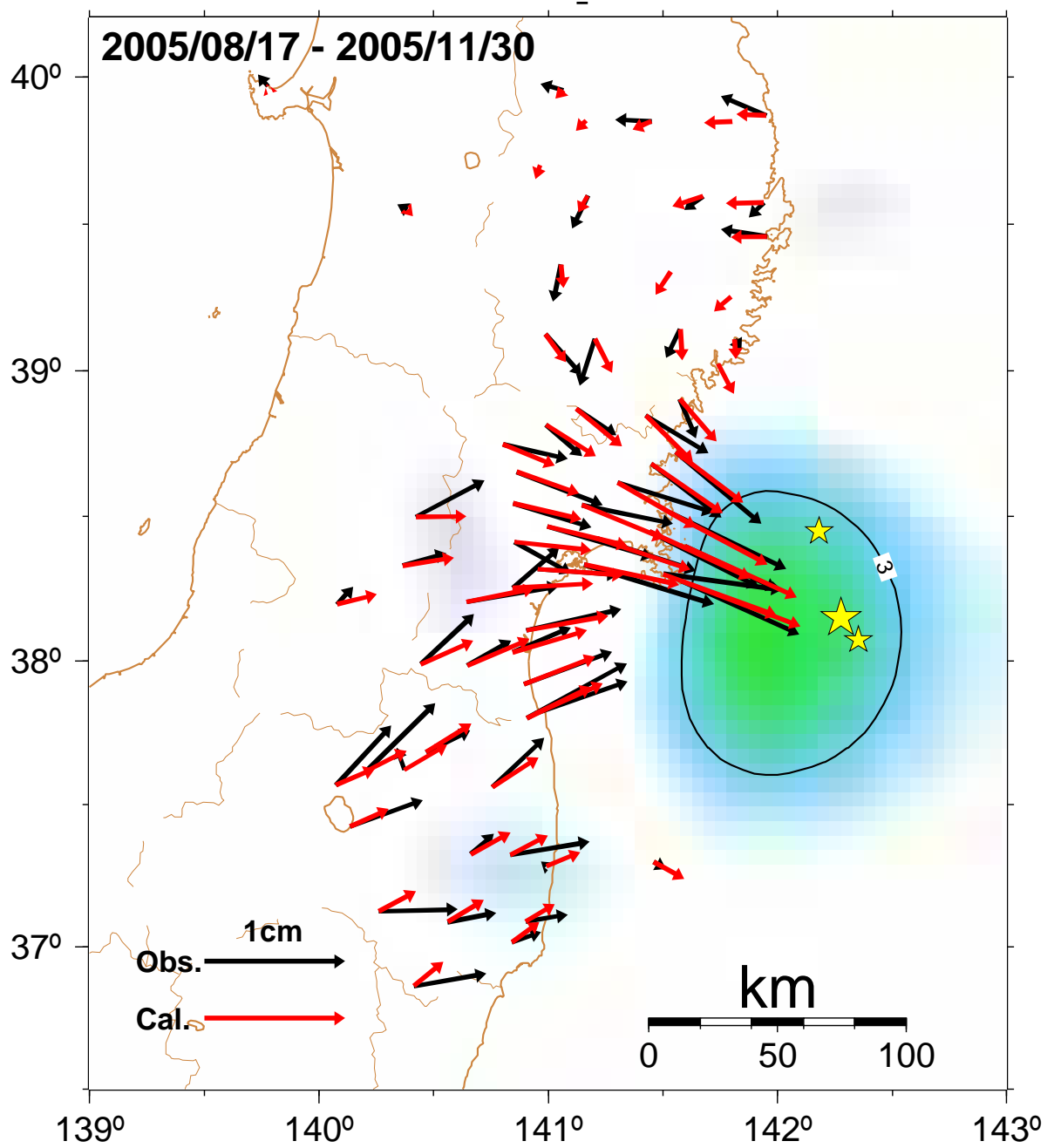


図 14(a) 観測された変位(黒) と推定されたすべりの時間発展から計算された変位(赤)。期間は、2005年8月17日から2005年11月30日まで(最大余震発生前)。

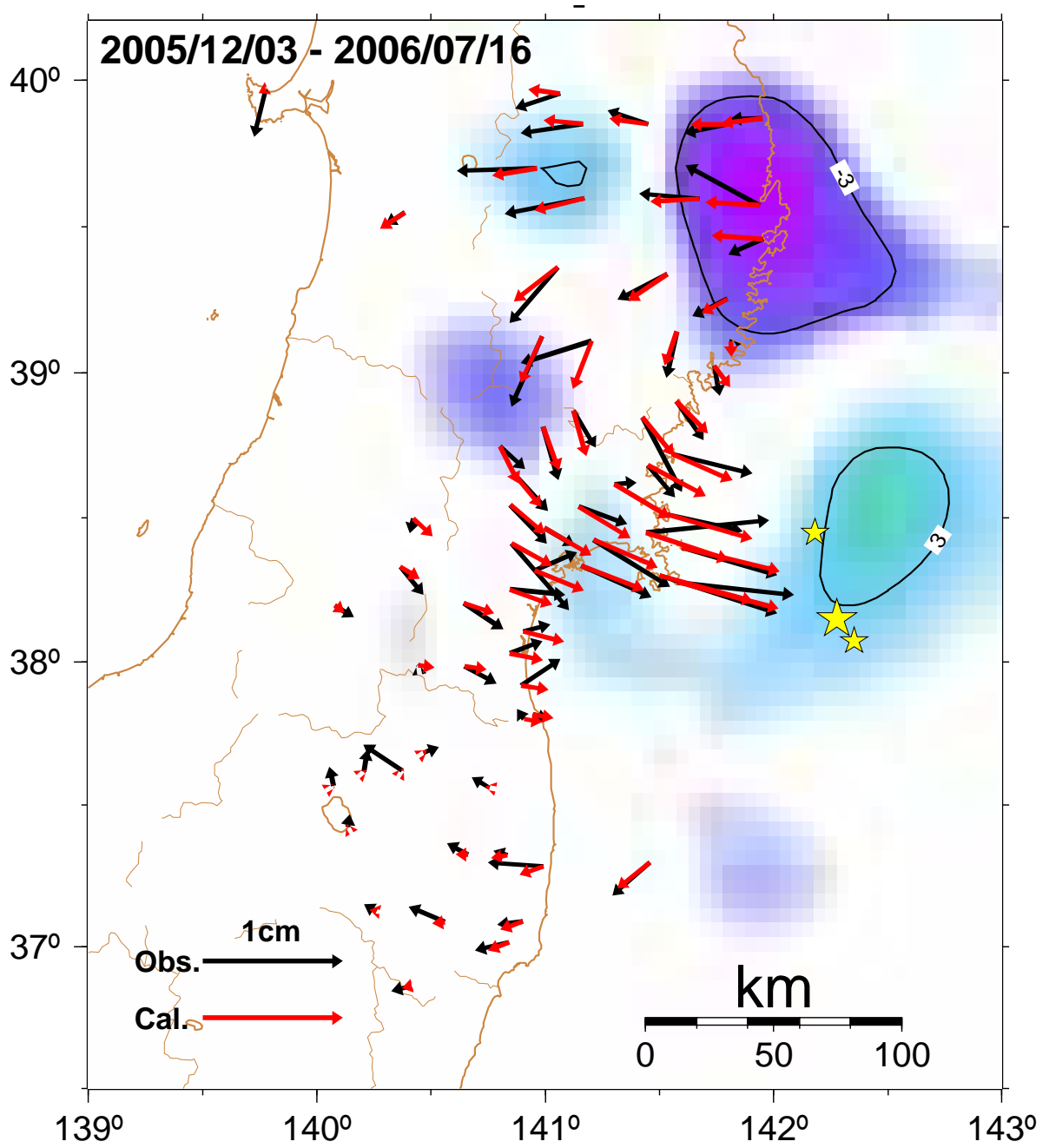


図 14(b) 図 14(a)に同じ。ただし期間は 2005 年 12 月 3 日から 2006 年 7 月 16 日まで。

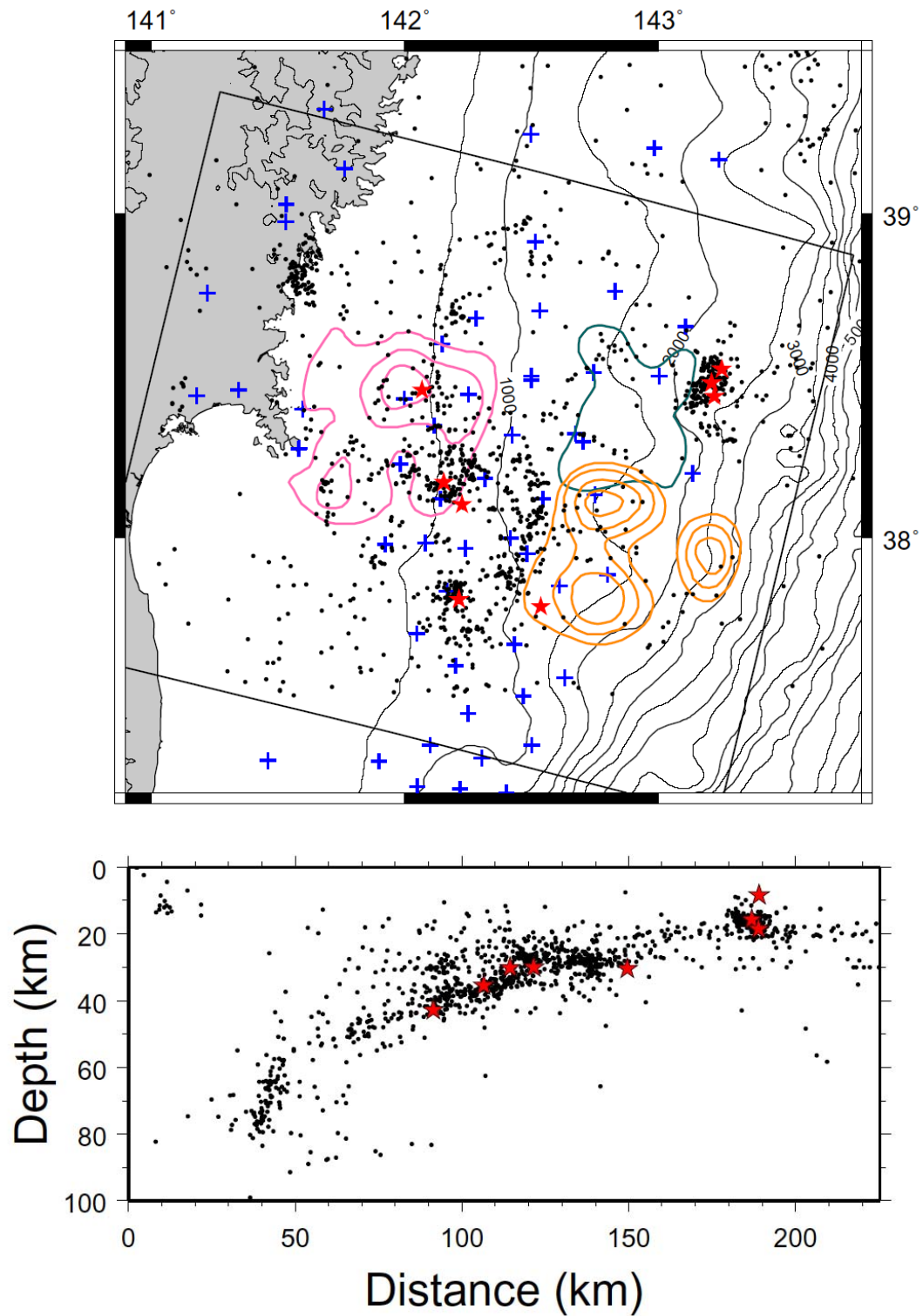


図 15 海底地震計のデータを用いて再決定した 2005 年 7 月 26 日～2006 年 7 月 3 日の宮城県沖における震源分布。赤星印は M5.5 以上の地震の震源。

Cumulative Aseismic Slip

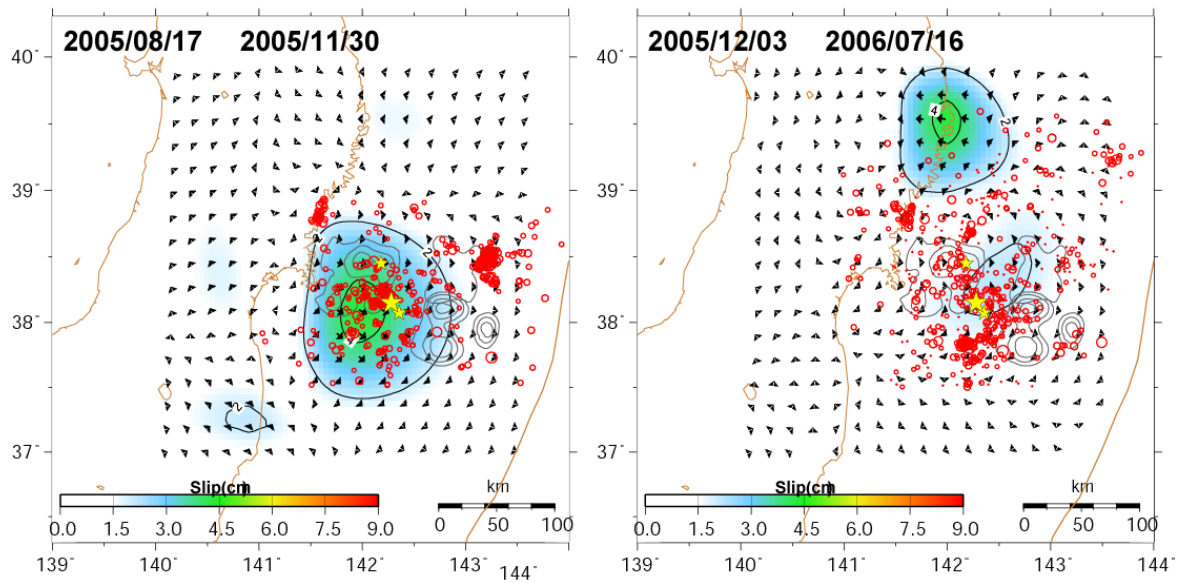


図 16 余効すべりの空間分布と震央分布との比較。左図：本震発生から最大余震発生まで。右図：最大余震発生後。

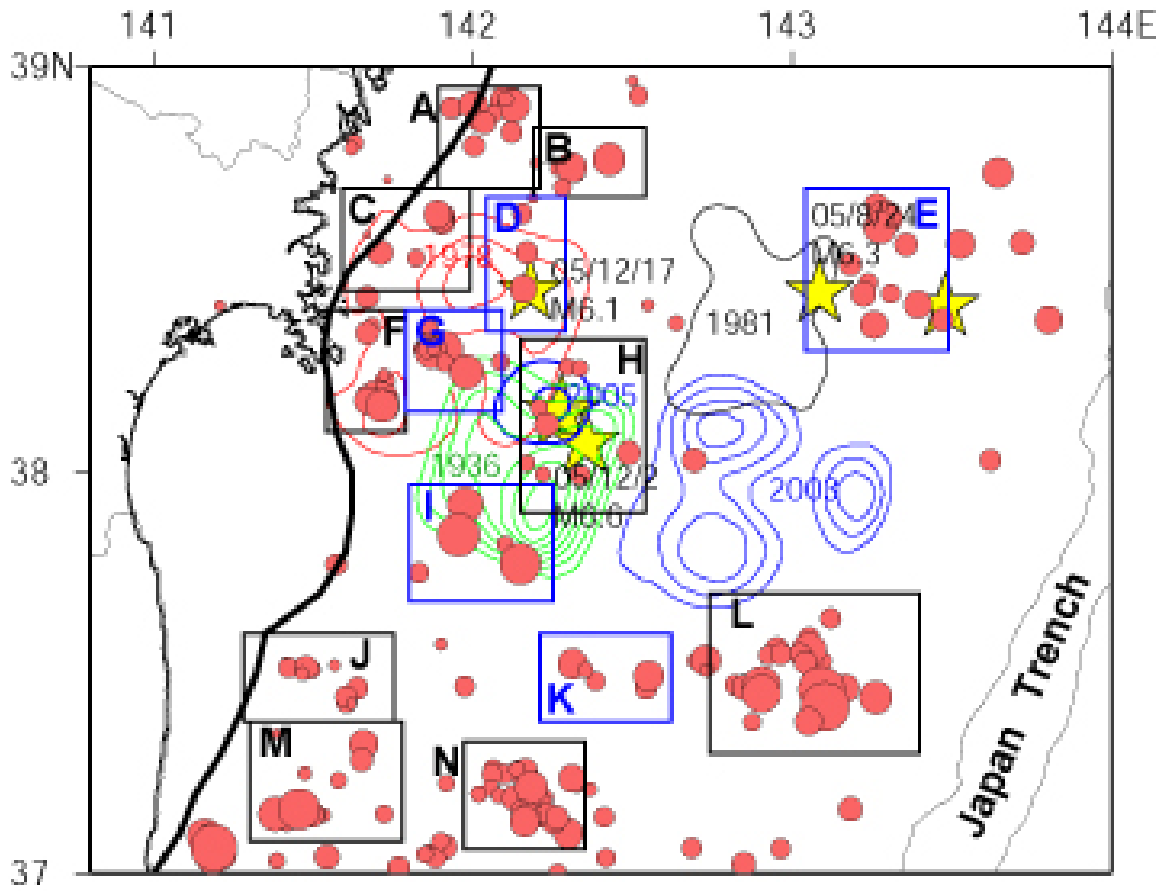


図 17 2004 年以降の宮城県沖周辺における相似地震の分布。A~N の領域ごとに推定したすべり速度の時間変化を図 18 に示す。2003 年の福島県沖地震のすべり分布は山中(2003)21)、そのほかの地震については、Yamanaka and Kikuchi (2004)3)による。

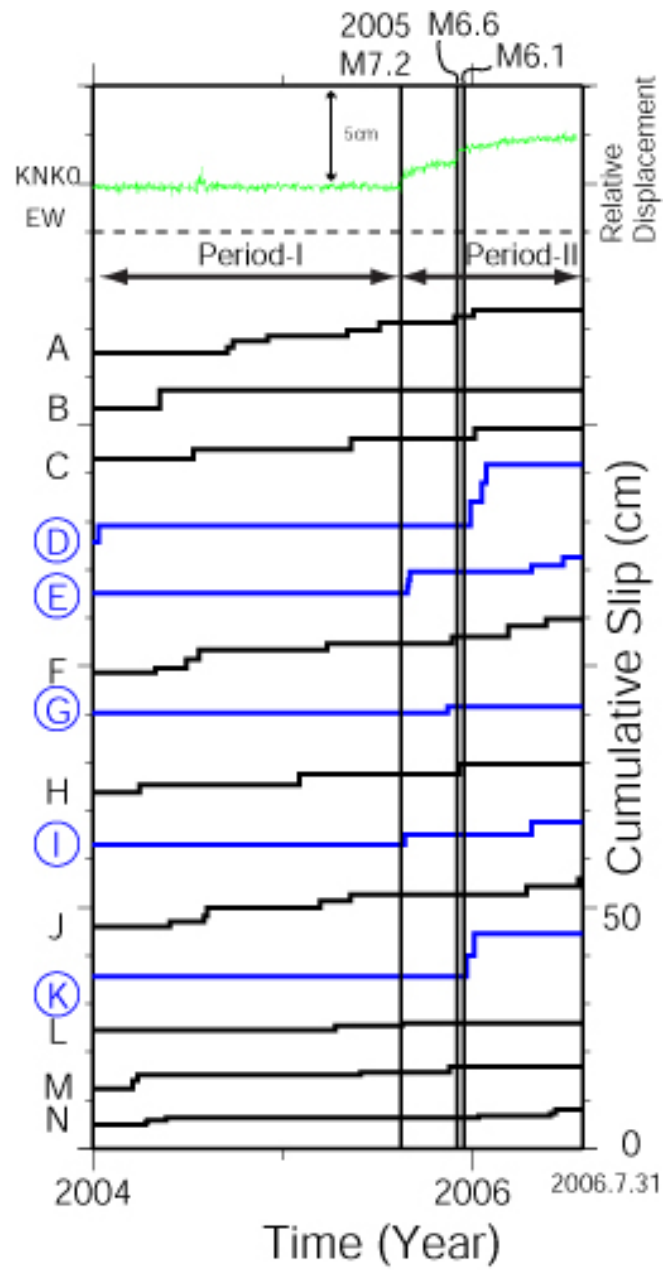


図 18 図 17 に示した A~N の枠内で発生した相似地震の解析によって推定されたプレート間すべり速度の時間変化。

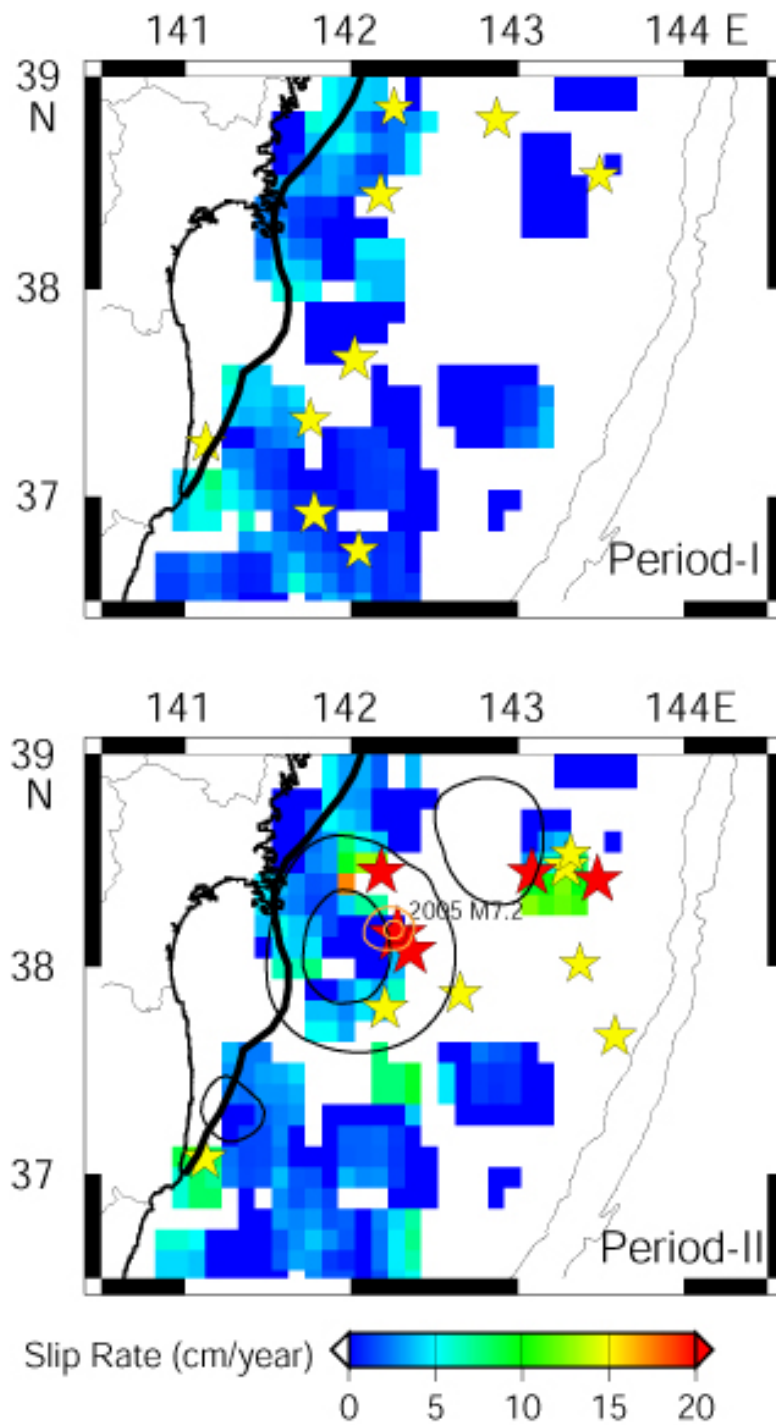


図 19 相似地震解析によって推定されたすべり速度の空間分布。上図：2004 年から 2005 年宮城県沖地震発生まで (Period-I)。下図：宮城県沖地震発生から 2006 年 7 月 31 日まで。

(d) 結論ならびに今後の課題

今年度は、2005年8月16日に宮城県沖で発生したM7.2の地震の破壊域周辺における地震の震源分布を詳細に明らかにするとともに、この地震がその破壊域の周囲に対して、プレート境界に沿ったすべり速度およびプレート内の応力場に影響を及ぼしたことによって生じた諸現象を見いだすことに成功した。こうしたプレート間すべりおよびプレート内応力の時間・空間的な変動は、宮城県沖地震の未破壊領域にひずみがどのように蓄積していくかを理解する上できわめて重要であり、見いだされた現象の今後の推移を引き続き注意深く調査することが、今後の最重要課題の一つといえる。

今年度までの調査研究の成果は、陸上のオンライン観測のデータに基づくGPSおよび相似地震解析がプレート間すべり状態を把握するのにきわめて有効であることを示している。したがって、こうした観測データの処理・解析を準実時間化・ルーチン化することは、プレート間すべりの現状を監視する手段として有効であると考えられるため、今後はこうした監視システムを実現するための技術開発を進めていく必要がある。

一方、海底地震観測により明らかとなった詳細な震源分布に基づく地震活動の時空間変化は、GPSおよび相似地震の解析からもたらされたプレート間すべりの加速・減速によく対応している。これは、こうした地震活動がプレート間すべりの影響を強く受けていることを示唆するが、一方で、明らかにプレート内の応力場の変化の影響を受けてプレート内で発生している地震も存在している。さらに解析精度を向上させることにより、プレート境界とプレート内の地震を分離することと、それぞれの活動度が、プレート境界におけるすべり速度の変化とどのような関係にあるのかについての検討が重要である。プレート間すべりと、相似地震以外の地震の活動との間に、明瞭な定量的関係が存在すれば、GPSおよび相似地震とならんで、地震活動度の時空間変動が、プレート間のすべり状態を監視するための有用な情報として使用できるようになると期待される。

(e) 引用文献

- 1) Waldhauser, F., and W. L. Ellsworth, A double-difference earthquake location algorithm: Method and application to the Northern Hayward Fault, California, *Bull. Seism. Soc. Am.*, 90, 1353-1368, 2000.
- 2) Zhao, D. T. Matsuzawa, and A. Hasegawa, Morphology of the subducting slab boundary in the northeastern Japan arc, *Phys. Earth Planet. Inter.*, 102, 89-104, 1997.
- 3) Yamanaka, Y. and M. Kikuchi, Asperity map along the subduction zone in northeastern Japan inferred from regional seismic data, *J. Geophys. Res.*, 109, B07307, doi: 10.1029/2003JB002683, 2004.
- 4) Hino, R., M. Nishino, K. Mochizuki, K. Uehira, T. Sato, M. Nakamura, S. Nakata, M. Shinohara, and J. Kasahara, Seismic structure of the middle Japan Trench subduction zone by airgun-OBS experiment, *EOS Trans.*, 84(46), Fall Meet. Suppl.,

Abstract T52B-0252, 2003.

- 5) 柳沼 直・岡田知己・加藤研一・武村雅之・八木勇治・長谷川 昭, 2005 年宮城県沖の地震(M 7.2)と1978年宮城県沖地震(M 7.4)のアスペリティの比較研究, 日本地球惑星科学連合2006年大会予稿集, S207-009, 2006.
- 6) 宇津徳治, 地震の規模別度数の統計式 $\log n = a - bM$ の係数 b を求める一方法, 北海道大学地球物理学研究報告, 13, 99-103, 1965.
- 7) 弘瀬冬樹・中村綾子・長谷川 昭, アスペリティの破壊に伴う b 値の変化—東北日本太平洋下の b 値の時空間分布—, 地震2, 55, 249-260, 2002.
- 8) Zumberge, J. F., M. B. Heflin, D. Jefferson, M. Watkins and F. H. Webb, Precise Point Positioning for the efficient and robust analysis of GPS data from large networks, *J. Geophys. Res.*, 102, 5005-5017, 1997.
- 9) Hatanaka, Y., T. Iizuka, M. Sawada, A. Yamagiwa, Y. Kikuta, J. M. Johnson and C. Rocken, Improvement of the Analysis Strategy of GEONET, *Bull. GSI*, 49, 11-37, 2003.
- 10) Yagi, Y. and M. Kikuchi, Partitioning between seismogenic and aseismic slip as highlighted from slow slip events in Hyuga-nada, Japan, *Geophys. Res. Lett.*, 30, 1087, doi:10.1029/2002GL015664, 2003.
- 11) Suwa, Y., S. Miura, A. Hasegawa, T. Sato, and K. Tachibana, Interplate coupling beneath NE Japan inferred from three dimensional displacement field, *J. Geophys. Res.*, 111, B04402, doi:10.1029/2004JB003203, 2006.
- 12) Yaginuma, T., T. Okada, Y. Yagi, T. Matsuzawa, N. Umino and A. Hasegawa, Co-seismic slip distribution of the 2005 off Miyagi earthquake (M7.2) estimated by inversion of teleseismic and regional seismograms, *Earth Planets Space*, 58, 1549-1554, 2006.
- 13) Miura, S., T. Iinuma, S. Yui, N. Uchida, T. Sato, K. Tachibana and A. Hasegawa, Co- and post-seismic slip associated with the 2005 Miyagi-oki earthquake (M7.2) as inferred from GPS data, *Earth Planets Space*, 58, 1567-1572, 2006.
- 14) Miura, S., Y. Suwa and A. Hasegawa, The 2003 M8.0 Tokachi-Oki earthquake - How much has the great event paid back slip debts?, *Geophys. Res. Lett.*, 31, L05613, doi:10.1029/2003GL019021, 2004.
- 15) Miyazaki, S., P. Segall, J. Fukuda, and T. Kato, Space time distribution of afterslip following the 2003 Tokachi-oki earthquake: Implications for variations in fault zone frictional properties, *Geophys. Res. Lett.*, 31, L06623, doi:10.1029/2003GL019410, 2004.
- 16) Ozawa, S., M. Kaidzu, M. Murakami, T. Imakiire, and Y. Hatanaka, Coseismic and postseismic crustal deformation after the Mw 8 Tokachi-oki earthquake in Japan,

Earth Planets Space, 56, 675-680, 2004.

- 17) 油井智史, GPS データから推定した千島弧西部におけるプレート間結合の時空間発展に関する研究, 東北大学修士論文, 93 pp, 2005.
- 18) Baba, T., K. Hirata, T. Hori and H. Sakaguchi, Offshore geodetic data conducive to the estimation of the afterslip distribution following the 2003 Tokachi-oki earthquake, Earth Planet. Sci. Lett., 241, 281-292, 2006.
- 19) 小沢慎三郎・水藤 尚・今給黎哲郎, 2003 年以降に見られる岩手付近のプレート間カップリングの変化, 日本地震学会 2006 年秋季大会予稿集, P019, 2006.
- 20) Uchida, N., T. Matsuzawa, A. Hasegawa, and T. Igarashi, Interplate quasi-static slip off Sanriku, NE Japan, estimated from repeating earthquakes, Geophys. Res. Lett., 30, doi:10.1029/2003GL017452, 2003.
- 21) 山中佳子, EIC 地震学ノート, No.141, http://www.eri.u-tokyo.ac.jp/sanchu/Seismo_Note/EIC_News/031031.html, 2003.

(f) 成果の論文発表・口頭発表等

著者	題名	発表先	発表年月日
鈴木健介, 日野亮太, 西野実, 桑野亜佐子, 山本揚二郎, 金沢敏彦, 山田知朗, 中東和夫, 望月公廣, 篠原雅尚, 青木元, 田中昌之, 荒木英一郎, 小平秀一, 藤江剛, 金田義行	海底地震観測による 2005 年宮城県沖の地震 (M7.2) の本震・余震の震源分布とメカニズム解	日本地球惑星科学連合 2006 年大会	2006 年 5 月 18 日
Shantha S. N. Gamage, 内田直希, 海野徳仁, 長谷川昭	Aftershock distributions of three large off-Miyagi Prefecture earthquakes in 2005 revealed by sP phase	日本地球惑星科学連合 2006 年大会	2006 年 5 月 18 日
柳沼直, 岡田知己, 加藤研一, 武村雅之, 八木勇治, 長谷川昭	2005 年宮城県沖の地震 (M7.2) と 1978 年宮城県沖地震 (M7.4) のアスペリ	日本地球惑星科学連合 2006 年大会	2006 年 5 月 18 日

	ティの比較研究		
日野亮太, 西野実, 桑野亜佐子, 山本揚 二郎, 鈴木健介, 金 沢敏彦, 山田知朗, 中東和夫, 望月公 廣・篠原雅尚・青木 元・田中昌之・荒木英 一郎・小平秀一・藤江 剛・金田義行	Ocean bottom seismographic observation of the aftershock activity accompanied with the 2005 off Miyagi Earthquake (M 7.2)	日本地球惑星科学連合 2006 年大会	2006 年 5 月 18 日
三浦哲, 油井智史, 伊藤浩司, 長谷川昭, 佐藤俊也, 立花憲司	GPS データにより推定さ れた宮城県沖プレート境 界の非地震性すべり —2002 年 11 月 3 日 M6.3・2005 年 8 月 16 日 M7.2 後の余効変動—	日本地球惑星科学連合 2006 年大会	2006 年 5 月 16 日
飯沼卓史, 三浦哲, 油井智史, 佐藤俊也, 立花憲司, 長谷川昭	GPS データから推定され た 2005 年宮城県沖地震 (M7.2)に伴う余効すべり の時空間変化	日本測地学会第 106 回講演 会	平成 18 年 10 月 20 日
山本揚二郎, 日野亮 太, 鈴木健介, 山田 知朗, 篠原雅尚, 金 沢敏彦, 青木元, 田 中昌之, 金田義行	Double-Difference Tomography 法による宮城 県沖地震震源域の地震波 速度構造	日本地震学会 2006 年秋季 大会	平成 18 年 11 月 1 日
飯沼卓史, 三浦哲, 油井智史, 佐藤俊也, 立花憲司, 長谷川昭	GPS データから推定され た 2005 年宮城県沖地震 (M7.2)に伴う余効すべり の時空間変化	日本地震学会 2006 年秋季 大会	平成 18 年 10 月 31 日
柳沼直, 岡田知己, 長谷川昭, 加藤研一, 武村雅之, 八木勇治	2005 年宮城県沖地震 (M7.2)と 1978 年宮城県 沖地震 (M7.4) のアスペ リティの比較研究 (2)	日本地震学会 2006 年秋季 大会	平成 18 年 11 月 1 日
鈴木健介, 日野亮太, 山本揚二郎, 西野実,	海底地震観測による 2005 年宮城県沖の地震 (M7.2)	日本地震学会 2006 年秋季 大会	平成 18 年 11 月 2 日

金沢敏彦, 山田知朗, 中東和夫, 望月公廣, 篠原雅尚, 桑野亜佐 子・植平賢司・青木 元・田中昌之・荒木英 一郎・小平秀一・藤江 剛・金田義行	の余震のメカニズム解		
Yaginuma, T., T. Okada, A. Hasegawa, K. Kato, M. Takemura, Y. Yagi	Comparison of source areas of the 2005 (M7.2) and 1978 (M7.4) Miyagi-Oki earthquakes, NE Japan, by seismic waveform inversions	AGU 2006 Fall Meeting	平成18年 12月14 日
Iinuma, T., S. Miura, S. Yui, N. Uchida, T. Sato, K. Tachibana, A. Hasegawa	Spatio-temporal evolution of post-seismic slip associated with the 2005 Miyagi-oki earthquake (M7.2) as inferred from GPS data	AGU 2006 Fall Meeting	平成18年 12月13 日
Suzuki, K., R. Hino, Y. Yamamoto, M. Nishino, T. Kanazawa, T. Yamada, K. Nakahigashi, K. Mochizuki, M. Shinohara, A. Kuвано, K. Uehira, G. Aoki, M. Tanaka, E. Araki, S. Kodaira, G. Fujie, and Y. Kaneda	Aftershock distribution of the 2005 off Miyagi Earthquake (M7.2) by ocean bottom seismographic data	AGU 2006 Fall Meeting	平成18年 12月12 日
Yamamoto, Y., R. Hino, K. Suzuki, T. Yamada, M.	Seismic velocity structure in the focal area of the Miyagi-Oki	AGU 2006 Fall Meeting	平成18年 12月12 日

Shinohara, T. Kanazawa, G. Aoki, M. Tanaka, and Y. Kaneda	earthquake revealed by double-difference tomography		
Yamamoto, Y. R. Hino, M. Nishino, T. Yamada, T. Kanazawa, T. Hashimoto and G. Aoki	Three-dimensional seismic velocity structure around the focal area of the 1978 Miyagi-Oki earthquake	Geophys. Res. Lett. 33, doi:10.1029/2005GL025619	平成18年 5月23日
Yaginuma, T., T. Okada, T. Matsuzawa, N. Umino and A. Hasegawa	Coseismic slip distribution of the 2005 off Miyagi earthquake (M7.2) estimated by inversion of teleseismic and regional seismograms	Earth Planet Science, 58, 12, 1549-1554	平成19年 2月2日
Umino, N., T. Kono, T. Okada, J. Nakajima, T. Matsuzawa, N. Uchida, A. Hasegawa, Y. Tamura, and G. Aoki	Revisit to the 1930s' three Miyagi-oki earthquakes with magnitude more than 7: Possible rupturing of asperities that caused the 1978 M7.4 Miyagi-oki earthquake	Earth Planet Science, 58, 12, 1587-1592	平成19年 2月2日
Hino, R., Y. Yamamoto, A. Kuwano, M. Nishino, T. Kanazawa, T. Yamada, K. Nakahigashi, K. Mochizuki, M. Shinohara, K. Minato, G. Aoki, N. Okawara, M. Tanaka, M. Abe, E. Araki, S. Kodaira, G. Fujie and Y. Kaneda	Hypocenter distribution of the main- and aftershocks of the 2005 Off Miyagi Prefecture Earthquake located by ocean bottom seismographic data	Earth Planet Science, 58, 12, 1543-1548	平成19年 2月2日

Miura, S., S. Yui, N. Uchida, T. Sato, K. Tachibana and A. Hasegawa	Co- and post-seismic slip associated with the 2005 Miyagi-oki earthquake (M7.2) as inferred from GPS data	Earth Planet Science, 58, 12, 1567-1573.	平成19年 2月2日
日野亮太・鈴木健介・山本揚二郎・西野実・金沢敏彦・山田知朗・中東和夫・望月公廣・篠原雅尚・桑野亜佐子・青木元・田中昌之・荒木英一郎・小平秀一・藤江剛・金田義行	海底地震観測による2005年宮城県沖地震(M7.2)の余震分布(速報)	地震2	印刷中
三浦 哲・油井智史・飯沼卓史・佐藤俊也・立花憲司・長谷川 昭	2005年宮城県沖地震(M7.2)に伴った地震時・地震後地殻変動から推定されたプレート境界面上のすべり分布	地震2	印刷中
内田直希・松澤 暢・三浦 哲・平原 聡・長谷川 昭	小繰り返し地震解析による宮城・福島県沖プレート境界の準静的すべり	地震2	印刷中
有吉慶介・松澤 暢・矢部康男・長谷川昭・加藤尚之	沈み込みプレート境界における断層セグメント間の相互作用	地震2	印刷中
海野徳仁・河野俊夫・岡田知己・中島淳一・松澤 暢・内田直希・長谷川昭・田村良明・青木 元	1930年代に発生したM7クラスの宮城県沖地震の震源再決定-1978年宮城県沖地震のアスペリティでのすべりだったのか?-	地震2	印刷中
河野俊夫・海野徳仁・長谷川昭	1930年代に発生したM7クラスの宮城県沖の地震の震度分布について	地震2	印刷中

(g) 特許出願, ソフトウェア開発, 仕様・標準等の策定

1) 特許出願

なし

2) ソフトウェア開発

なし

3) 仕様・標準等の策定

なし

(3) 平成 19 年度業務計画案

長期観測型海底地震計の回収・再設置による繰り返し連続地震観測を継続して行うとともに、気象庁と共同して、短期観測型地震計を用いた多点地震観測を実施する。設置可能な長期観測型海底地震計の台数が増えたため、18 年度まで短期観測型地震計で観測した地点の一部を長期観測の観測点とする。これに伴い、短期多点観測では、新規の観測点を設け、観測点密度のさらなる向上を図る。19 年度は、18 年度の調査の成果をふまえ、非地震性すべりが継続していると考えられる 2005 年と 1981 年の宮城沖地震の破壊域の間の領域に稠密な観測網を設けることにする。

さらに、従来取得されている海底地震観測データともあわせ、1) 宮城県沖のプレート境界およびその周辺における地震波速度構造モデルの高精度化、2) 宮城県沖で発生する小地震の詳細な震源分布とメカニズム解の解明を進める。特に、2005 年 8 月の地震の前後にみられた地震活動度の時間変化について、活動度を時間変化させた地震の震源位置とメカニズム解を明らかにすることにより、どのような機構でそうした変化が起こったのかをモデル化することをめざす。

準静的すべりの時空間発展の準リアルタイム・モニタを実現するために、GPS 観測および相似地震観測データを準リアルタイムで処理するためのシステムの開発と実用化のための改良を継続して進める。本学が宮城県内を中心とした地域で整備しつつある陸上 GPS 観測点のデータと従来の観測点および GEONET のデータとの併合解析を進め、それにより得られる地表の変位速度場を用いた逆解析を高度化し、プレート間すべり分布の時空間変化を即時的に検知できるようなシステムの開発を継続して行う。また、リアルタイム収録されている陸上観測網の地震波形データから相似地震を同定し、その位置とすべり量を高精度かつ準リアルタイムで推定するための自動処理手法の開発を継続して行い、プロトタイプ・システムの完成を目指す。