

## 2.2 地震観測による地殻活動モニタリング

### 2.2.1 海底地震観測

#### (1) 研究観測の内容

(a) 課 題 海底地震観測

(b) 担当者

所 属 機 関	役 職	氏 名
東京大学地震研究所	教 授	金 沢 敏 彦
〃	助 手	山 田 知 朗
〃	技術職員	八 木 健 夫
東北大学大学院理学研究科	教 授	海 野 徳 仁
地震・噴火予知研究観測センター	助教授	日 野 亮 太
〃	助 手	西 野 実
〃	教務補佐	桑 野 亜 佐 子
〃	大学院生	山 本 揚 二 朗
仙台管区気象台気象台技術部	地震情報官	橋本徹夫 (H14-15)
〃	地震情報官	青 木 元 (H16)
同 地震火山課	主任技術専門官	草 野 富 二 雄
〃	主任技術専門官	吉 川 一 光
〃	主任技術専門官	眞 坂 精 一
〃	技術専門官	太 田 健 治
〃	技術専門官	晴 山 智
〃	技術専門官	畠 山 信 一
気象庁地震火山部地震津波監視課	災害調査解析係長	阿 部 正 雄

#### (c) 調査観測の目的

1978年宮城県沖地震の震源域およびその周辺の海底において自己浮上式海底地震計による地震観測網を展開し、その長期繰り返しによって、この地域における微小地震活動の時間・空間的な分布を詳細に明らかにすることを目的とする。

#### (2) 平成14～16年度の成果

##### (a) 調査観測の要約

宮城県沖地震の想定震源域およびその周辺における微小地震活動の詳細な把握を目的として、この海域に自己浮上式海底地震計を設置し、これによる微小地震観測を行った。

海底地震計の設置および回収には、南極観測船「しらせ」、気象庁観測船「凌風丸」、「高風丸」、「清風丸」の船舶の協力を得た。海底地震観測により得られた観測データは、気象庁および東北大学の陸上観測網ならびに東京大学の海底ケーブル式地震観測システムのデータと統合処理・解析された。平成 14～15 年度の間に得られたデータの精密な解析により、宮城県沖地震の想定震源域周辺の 3 次元地震波速度構造と微小地震の詳細な空間分布が明らかになった。その一方で、海底地震観測のデータに基づく正確な震源分布をいち早く得るため、海底地震計の回収後の迅速なデータ処理のための手法の検討も進めた。平成 16 年度に回収された海底地震計のデータを用い、これら海底地震計における検測値に観測点補正を施して気象庁一元化検測値に加えて震源の再決定を行ったところ、上記の精密解析の結果に近い震源分布を得ることが可能であることがわかった。

## (b) 自己浮上式海底地震計を用いた繰り返し観測

### 1) 調査観測の実施方法

宮城県沖地震の想定震源域周辺における地震活動の時空間的な分布を明らかにするためには、長期間にわたる地震観測の蓄積が必要である。しかしながら、震源域が位置する宮城県沖の海域には常設の地震観測網がなかった。そこで、本パイロットの重点調査観測においては、震源域周辺に海底に設けた海底地震観測点に自己浮上式海底地震計を設置、これらを定期的に交換することによって、陸域に展開された恒常的観測網に準ずるような地震観測網を海域に展開することを目指した。

この調査観測に使用された海底地震計は、長期観測型海底地震計 (LTOBS) と短期観測型海底地震計 (STOBS) の 2 種類からなる。LTOBS はおよそ 1 年間の連続観測が可能である反面、開発されたのが最近であり使用可能な機材数に限りがある。一方、STOBS は多年の観測実績を有するとともに多くの機材が気象庁・大学で保有されているが、観測期間は最長で 2 ないし 3 ヶ月となっている。本調査観測においては、5～11 月の期間に実施される観測航海の際に海底地震計の設置および回収作業を行うことができることとなったので、こうした船舶の運航日程にあわせて、海底地震計を次のようなサイクルで運用して観測することにした。観測点配置図を図 1.2.1-1 に示す。

#### ・ LTOBS による通年観測 (5 観測点)

平成 14 年度は、8 月 29 日に南極調査船「しらせ」の訓練航海中に 4 観測点において LTOBS の設置を行った。これらの地震計は翌 15 年度、観測船「清風丸」(舞鶴海洋気象台) の航海 (5 月 15 日～22 日) で回収されるとともに、同一観測点に LTOBS を再設置し、さらに 1 観測点の増設を行った。これら 5 観測点においては、平成 16 年度に観測船「凌風丸」(気象庁気候・海洋気象部) の航海 (5 月 8 日～17 日) により再び機材の回収・再設置が行われ、平成 17 年度の 5 月に回収するまでの期間観測が継続的に行われている。



・ STOBS による夏期間観測 (5~10 観測点)

STOBS による観測は、平成 15 および 16 年度の 5~10 月の期間に実施された。平成 15 年度の 5 月には、「清風丸」の航海 (LTOBS の設置回収と同じ航海) により気象庁所有の 5 台の STOBS が設置された。同年の観測船「高風丸」(函館海洋气象台) の航海 (7 月 1 日~8 日) では、これらの STOBS を回収するとともに同一 5 観測点に再設置を行い、さらに 5 観測点に新規に STOBS を設置して合計 10 観測点からなる観測網を構築した。これら 10 観測点の STOBS は「凌風丸」の航海 (平成 15 年 10 月 17 日~23 日) ですべてを回収し、平成 15 年度の STOBS 観測は終了した。

平成 16 年度には、5 月の「凌風丸」の航海 (LTOBS の設置回収と同じ航海) において平成 15 年度の STOBS 観測を行ったのと同じ 10 観測点に STOBS を設置し、7 月の「高風丸」の航海 (7 月 4 日~12 日) で全観測点で回収・再設置を行うことで 10 月まで観測を継続し、「高風丸」の航海 (10 月 19 日~27 日) で全ての STOBS を回収した。

## 2) 調査観測の成果

LTOBS に関しては観測に使用した全ての機材が回収され、宮城県沖地震想定震源域における海底連続地震観測が達成された。また、STOBS も一部の機材が回収不能となったが、3 年度の間で予定していたすべての観測点において海底地震観測が実施でき、従来より高い観測点密度での海底観測が実現できた。このようにして、本調査研究により、従来に比して格段に時空間的に密な地震観測データの取得が達成され、そのデータ解析により、後述のような地震活動の空間分布および 3 次元地震波速度構造の詳細を解明することが可能となった。

## 3) 結論ならびに今後の課題

長期および短期観測型の自己浮上式海底地震計を活用し、これらを年 3 回の観測航海で設置・回収を繰り返す観測により、宮城県沖のような重点的な調査観測が必要な海域において、長期間にわたってほぼ均一な地震観測データを取得することが可能であることが実証された。こうした観測データは、リアルタイムで提供することができないために地殻活動現況の監視に活用することはできないが、震源域における地殻活動や地下構造に関する理解を飛躍的に向上させるものである。今後は、長期観測型の機材を設置する観測点を増やし、高密度観測網を長期間・連続して維持できるような体制を整えることにより、地殻活動の時空間的な変動をさらに詳細に解明することが可能になるものと期待される。

## (c) 地震波トモグラフィによる 3 次元地震波速度構造と微小地震震源分布の同時推定

### 1) 調査観測の実施方法

本調査観測で行った海底地震観測で得られたデータのうち、データ整理・処理が終了した平成 16 年 4 月までのものを用いて、地震波トモグラフィの手法により、宮城県沖地震

想定震源域およびその周辺の3次元地震波速度構造をこの領域で発生した微小地震の震源分布とともに推定した。解析の対象とした地震は、OBS観測期間中に発生した地震のうち、気象庁一元化処理によって37.5~39.5°N、140.75~144.5°Eの範囲に震央が求められているもので、本調査観測で設置した自己浮上式海底地震計の他、図2.2.1-1に示した陸域の地震観測網のデータを併せて解析に使用した。トモグラフィに使用する各観測点でのPおよびS波の到達時刻データは、それぞれの波形記録からP・S波それぞれに対して0.05sおよび0.10s以内の精度で検出されたもののみを使用した。海底地震計の観測点については、表層堆積層による走時遅れの補正を施している。

解析は次の手順で行った。

- ・ 海陸にまたがる地震観測網での地震波到達時刻データを用い、1次元速度構造モデルを用いて震源位置のみを決定する。速度構造モデルには東北大学のルーチン処理で用いられているものと同じものを用いた。
- ・ 上記を初期震源とし、3次元地震波(PおよびS波)速度分布を地震波トモグラフィ解析により推定する。このとき、震源位置も同時に再決定する。トモグラフィ解析では、解析に用いる地震の震源が解析領域内での分布が均等になるよう、解析対象となる地震を選別している。
- ・ 推定された3次元速度構造モデルを用いて、観測されたすべての地震の震源位置を決定し、さらにそれを初期値としてdouble difference法(DD法)を用いた震源再決定を行った。その結果を以下では「最終震源」と称する。

## 2) 調査観測の成果

得られた速度構造解析の結果(図2.2.1-2)を、過去に行われた人工地震探査による構造モデルと総合して検討を行ったところ、多くの地震が発生している領域は、低速度の海洋性地殻に対応する低速度層と高速度の島弧側プレートのマントル(マントルウェッジ)との境界、すなわち海陸プレート境界であることが明らかになった。これらの地震群の中にはプレート境界上での微小繰り返し破壊と考えられる相似地震も含まれる。これらの地震の震源分布からこの地域のプレート境界の形状を推定すると、その傾斜角度が南北で異なっていることがわかった。宮城県沖地震の震源域より南側では、北側に比べて太平洋プレートの沈み込み角度が緩い。領域内での南北方向の構造の変化はマントルウェッジ内にも認められ、北部では南部に比べて5%以上低速度となっている。

また、最終震源の分布から、明らかにプレート境界よりも浅い領域に地震活動を確認することができた。この浅い地震活動が見られる範囲は、1978年宮城県沖地震の地震時すべり量が最も大きかった場所の直上ないしup-dip側に限定される。こうした地震活動は、大地震発生前に起こるプレスリップにより静穏化することが理論的に予測されており、1978年に観測された浅い地震の静穏化(高木・他、1980)は、このような本震発生に至る準備過程を反映したものである可能性が高い。

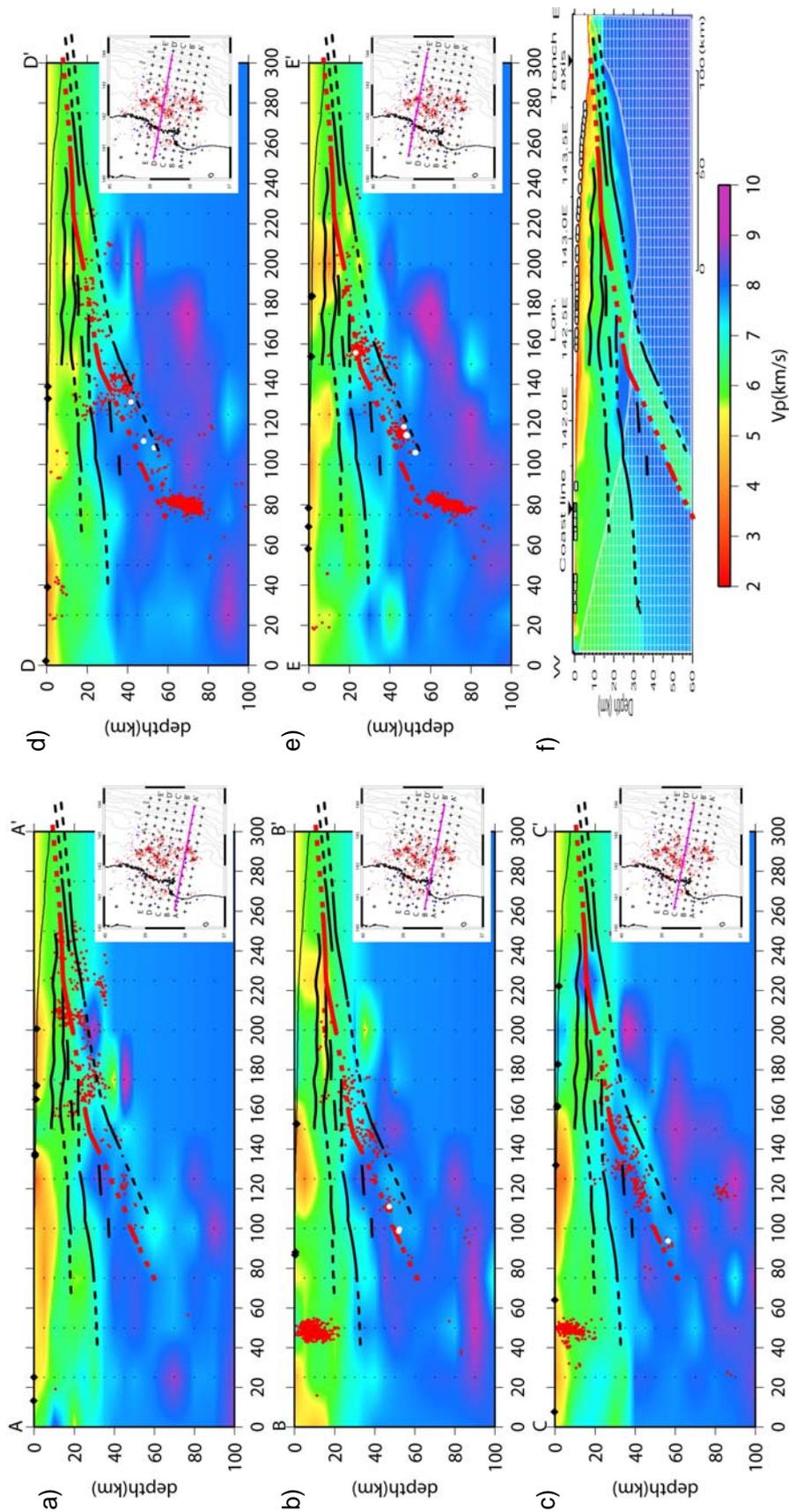


図 2.2.1-2 本調査観測で明らかになった宮城県沖地震震源域周辺の 3 次元地震波速度構造と微小地震の震源分布。海溝軸に直交する方向の鉛直断面に、P 波速度構造モデルと最終震源の分布を投影した。a) から e) の順に AA'、BB、CC'、DD'、EE' の各断面 (断面の位置は各断面図の右下に示す)、f) は Ito et al. (2005) による人工地震探査の結果。赤丸が断面内 (奥行き方向  $\pm 25\text{km}$ ) に入る最終震源の位置を、白丸は内田 (2003) によって求められた活動継続期間が 3 年以上の相似地震。図中の黒線・赤線は Ito et al. (2005) による反射面分布

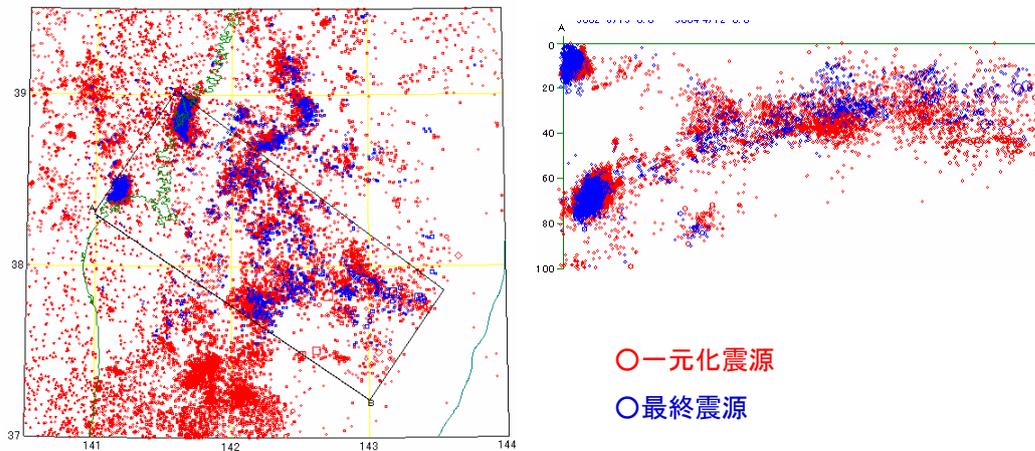


図 2.2.1-3 最終震源と一元化震源の比較 (2002 年 6 月～2004 年 4 月)

一方、上記のようにして求めた最終震源を、気象庁で整理している同じ期間の一元化震源と比較したところ (図 2.2.1-3)、震央分布、断面図ともに最終震源の方が一元化震源より地震活動域のまとまりがよく、また、沖合で一元化震源より浅く震源分布がシャープになっていることが見てとれる。

### 3) 結論ならびに今後の課題

宮城県沖地震の震源域周辺で実施した繰り返し海底地震観測のデータを陸上観測網のデータと併せて解析することにより、この領域で発生する微小地震の震源の決定精度が飛躍的に向上すると共に、震源域周辺の地震波速度の不均質構造の概要が明らかとなった。特に、1978 年の地震時すべりの大きかった領域 (アスペリティ) の近傍で上・下盤ともにプレート内の地震活動が高くなっていることや、アスペリティの北側でプレート境界面の傾斜角度や上盤プレートのマントル内の速度に変化が見られるなどの特徴が抽出された。今後、データを蓄積するとともに、人工地震探査のデータをも併せた解析を行うことにより一層の分解能向上をめざしていきたい。

#### (d) 暫定的な震源処理手法の検討

##### 1) 調査観測の実施方法

本調査観測では、LTOBS と STOBS という 2 タイプの海底地震計を併用しており、機材ごとに海底地震計の回収時期が異なる。上記で行ったような、すべての観測点のデータを使用した詳細解析を行うためには、LTOBS が回収される観測開始の 1 年後まで待たなくてはならない。一方で、迅速に地震活動の現状を評価するためには、先に回収された STOBS の観測データだけから比較的簡便に暫定的な震源を求めることが必要である。そこで、ここ

ではそうした解析手法を考案し、その結果についての評価を行った。

この暫定震源計算では、気象庁一元化震源を決定する際に使用した陸上観測点の検測値に使用可能な海底地震計の検測データを加え、これらを併合処理する。震源計算には気象庁ルーチンで用いている走時表を用いるが、この走時表は陸域の平均的な一次元構造を基に決められたものなので、海底地震計の検測値に対しては、上記で説明した堆積層補正值とともに、海底地震計の観測海域付近の平均的な構造と気象庁ルーチンの走時表の差に相当する分の補正值も与えた。

## 2) 調査観測の成果

暫定震源は、2004年7月に回収された2台のSTOBS (S04, S05) によって観測された2004年5月17日から7月4日に発生した地震について、同期間の一元化検測値と併合処理することによって求めた。なお、S04及びS05観測点に与えた補正值は、それぞれ、P波について-0.885及び-0.734秒、S波について-2.972及び-2.360秒である。図2.2.1-4に求められた暫定震源と一元化震源(暫定震源と同じ期間のもの)との比較を、図2.2.1-5に暫定震源と最終震源(2002年6月から2004年4月)との比較を、それぞれ示す。これらの図から、使用した海底地震計の観測点が2点のみだったとはいえ、震源分布は最終震源とも整合しており、暫定的な処理結果を示すにあたってはこの震源計算手法によっても妥当な結果が得られることが分かった。

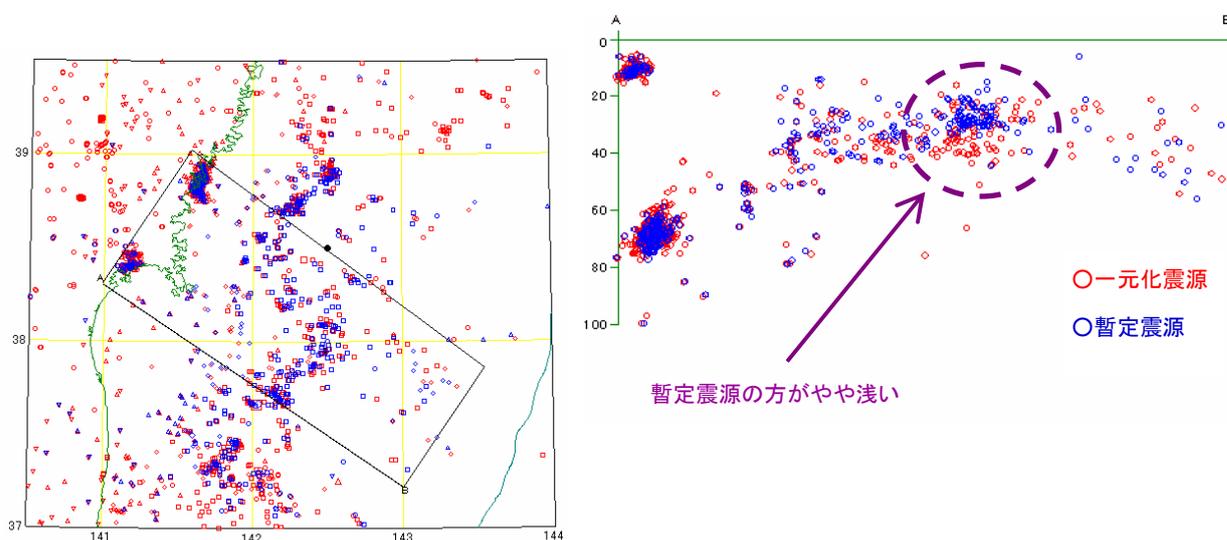


図 2.2.1-4 暫定震源と同期間の一元化震源の比較

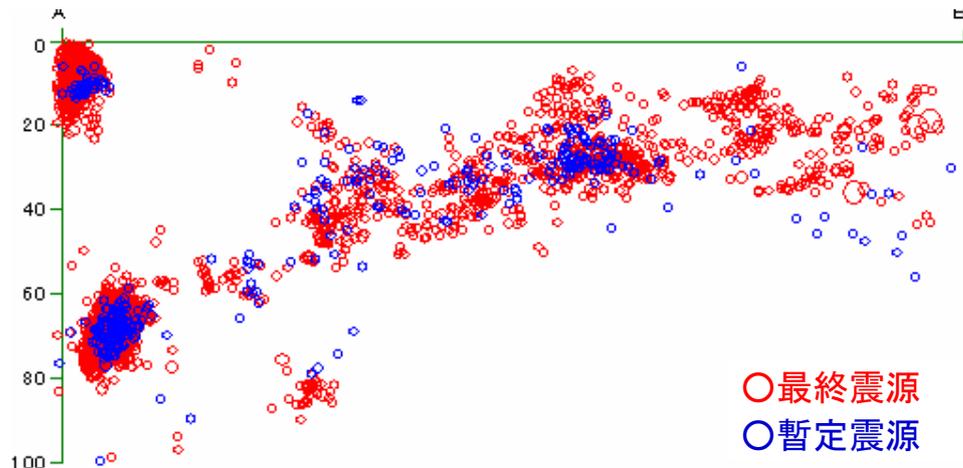


図 2. 2. 1-5 暫定震源と最終震源の比較

### 3) 結論ならびに今後の課題

このように、少数の観測点であっても海底地震観測で得られるデータを適切な補正値を与えて使用すれば、一元化検測値と併合して気象庁ルーチンと同様な震源計算法によって妥当な震源分布が得られることが確認された。この手法を用いると、海底地震計回収後に一元化検測値に追加検測を行うことにより、比較的短期間のうちに、通常の一元化震源より精度が向上した震源分布を暫定的な成果として示すことが可能となる。周囲の地殻活動の変化などにより、海底地震観測による成果を早急に報告しなければならない場合には、この手法は有効であると期待される。

#### (c) 引用文献

Ito A., G. Fujie, S. Miura, S. Kodaira, R. Hino and Y. Kaneda, Bending of the subducting oceanic plate and its implication for rupture propagation of large interplate earthquakes off Miyagi, Japan, in the Japan trench subduction zone, *Geophys. Res. Lett.*, 32, L05310, doi:10.1029/2004GL022307, 2005.

内田直希, 相似地震を用いた東北日本沈み込みプレート境界での準静的すべりの推定、東北大学博士論文、(2003)

高木章雄・長谷川昭・海野徳仁, 1978年宮城県沖地震直前の地震活動の変化, 第17回自然災害科学総合シンポジウム予稿集、511-514、1980。

## (d) 成果の論文発表・口頭発表等

## 1) 論文発表

著者	題名	発表先	発表年月日
なし			

## 2) 口頭発表、その他

発表者	題名	発表先、主催、発表場所	発表年月日
山本揚二郎・日野亮太・西野実・桑野亜佐子・伊藤喜宏・山田知朗・中東和夫・金沢俊彦・太田健治・橋本徹夫	海底地震観測による 1978年宮城県沖地震震源域周辺の微小地震活動 (2)	地球惑星科学関連学会 2004年合同大会予稿集, S045-011	2004
山本揚二郎・日野亮太・西野実・桑野亜佐子・山田知朗・金沢俊彦・橋本徹夫・青木元・草野富二雄・阿部正雄・太田健治・畠山信一	海底地震観測による 1978年宮城県沖地震震源域周辺の微小地震活動 (3)	日本地震学会 2004年秋 季大会予稿集, A80	2004
Yamamoto, Y., R. Hino, M. Nishino, A. Kuwano, T. Yamada, T. Yagi, T. Kanazawa, T. Hashimoto, G. Aoki, F. Kusano, M. Abe, K. Ohta and S. Hatakeyama	Microseismicity around the focal area of the 1978 Miyagi-oki earthquake by OBS observation	EOS Trans, AGU, 85(47), Fall Meet. Suppl. Abstract S53A-0172	2004

## 2.2.2 陸上高感度地震観測網による地殻活動モニタリング

### (1) 調査観測の内容

(a) 課 題 相似地震データに基づくプレート間の準静的すべりの推定

(b) 担当者

所 属	役 職	氏 名
東北大学大学院理学研究科地震・噴火予知研究観測センター	教 授	海 野 徳 仁

(c) 調査観測の目的

相似地震の分布と活動履歴から、プレート境界での準静的すべりの時空間分布を推定する。

### (2) 平成14～16年度（3か年）の成果

(a) 調査観測の要約

プレート境界地震はアスペリティ（固着域）が急激にはがれる現象であることが、最近の研究で明らかになってきた。このアスペリティの周辺域は、非地震性の準静的すべりにより常にプレート間の相対すべりを解消しているものと考えられる。プレート境界での準静的すべりを推定するために、相似地震を用いた推定を行った。相似地震はプレート境界の小さなアスペリティの繰り返し破壊と考えられており、その周囲の準静的すべりに追いつくように発生すると考えられるため、その積算すべりから逆に準静的すべりの時間発展を推定することができる。1984年以降観測が継続されている、東北大学微小地震観測網の波形データを用いて、相似地震の抽出および、すべりレートの推定を行った。その結果、宮城県の領域は全体的に相似地震グループの分布が少なく、強いプレート間カップリングを反映していると考えられること、1978年の宮城県沖地震アスペリティの深部では、比較的速いレートの定常的なすべりが進行していること、宮城県沖の陸側と海溝側のアスペリティの間と考えられる場所に若干の相似地震グループの分布が見られることなどが明らかとなった。

(b) 調査観測の実施方法

波形の相似性を利用して相似地震の同定を行った。方法は Igarashi et al. (2003)と同様であり、1-4Hz のバンドパスフィルタをかけて短周期地震計の速度波形記録について、2つ以上の観測点での相互相関係数が 0.95 以上のものを相似地震のペアとした。さらに同じ地震を共有するペアは1つの相似地震グループとした。データは東北大学微小地震観測網による、M2.5以上の地震を用いた。相似地震の積算すべりの推定には、Nadeau and Johnson (1998)による地震モーメントとすべり量の関係を用いた。

### (c) 調査観測の成果

3年以上の活動期間をもつ相似地震は、宮城県沖の北緯  $38.0^{\circ}$  ~  $39.0^{\circ}$  を含む全域で、低角逆断層型地震の西縁(図 2.2.2-1, 黒太線)と海溝の間に分布し、Yamanaka and Kikuchi (2004) によるアスペリティと相補的な分布を示すことがわかった。2年ごとの準静的すべりの時空間変化(図 2.2.2-2)を見ると宮城県沖地震の震源域深部を含む低角逆断層型地震の西縁に沿って、定常的なすべりが見られる。比較的信頼性の高い、1997年~2002年の結果を見ると、ここでは、おおよそ、5~10cm/year のすべりレートが見られる(図 2.2.2-2)。

2001年末から比較的大きな地震が続いている宮城県沖の領域について、相似地震の積算すべりを図 2.2.2-3 に示す。ただし、ここではより多くの相似地震を解析に用いるため、活動期間が1年以上の相似地震を示している。1978年宮城県沖地震のアスペリティのすぐ西側に、すべりレートが高いグループが見られる(図 2.2.2-3 A, B, C 領域)。また、2003年の地震で破壊した領域と、1936年、1978年のアスペリティの間には、すべりレートが小さい相似地震グループがいくつか分布し(図 2.2.2-3 G, H 領域)、準静的すべりが卓越する領域の存在が考えられる。準静的すべりが卓越する領域は速度強化の摩擦特性を持つと考えられ、そのような速度強化域が「バリア」となって、海溝側と陸側での地震性すべりを分離している可能性がある。ただし、1793年の宮城県沖の地震時には、陸側と海溝側の領域が連動して破壊した可能性が高く[地震調査研究推進本部地震調査委員会(2000)], 時にはこの「バリア」を乗り越えて地震性すべりが伝わることもありうると思われる。

2001年11月3日(Mj6.3)の地震の周辺、2003年3月3日(Mj5.9)の地震の北側では、図 2.2.2-3b に示すようにそれらの地震の後、準静的すべりレートの小さな変化が見られる。2003年10月31日(Mj6.8)の地震では、この地震のアスペリティの南東の領域(図 2.2.2-3 J 領域)ですべりが見られた。

### (d) 結論ならびに今後の課題

宮城県沖地震震源域周辺の相似地震からプレート境界の準静的すべりのレートを見積もったところ、1978年の地震のアスペリティの深部で5~10cm/year の定常的なすべりが進行していることが推定された。最近の中規模のプレート境界地震に対応して、若干のすべりレートの変化が見られた。また、過去の地震のアスペリティの間の部分に、いくつかの相似地震グループが存在し、これらの領域が「バリア」となっている可能性が示された。今後は、相似地震解析の自動化により、この領域の準静的すべりの時間発展を準リアルタイムで追跡していくとともに、相似地震の抽出手法やすべりレートの見積もりの高精度化を目指す。

### (e) 引用文献

Igarashi, T., T. Matsuzawa, N. Umino, A. Hasegawa, Spacial distribution of focal mechanisms for interplate and intraplate earthquake associated with the subducting Pacific plate beneath the northeastern Japan arc: A triple-planed deep seismic zone, *J. Geophys. Res.*, **106**, 2177-2191, 2001.

Igarashi, T., T. Matsuzawa, A. Hasegawa, Repeating earthquakes and interplate aseismic slip in the northeastern Japan subduction zone, *J. Geophys. Res.*, **108**, 10.1029/2002JB001920, 2003.

地震調査研究推進本部地震調査委員会、宮城県沖地震の長期評価、2000.

東京大学地震研究所地震予知情報センター、10月31日福島県沖地震 (Mj6.8)、EIC 地震学ノート、141、2003。

室谷智子・菊地正幸・山中佳子、1938年に起きた複数の福島県東方沖地震の破壊過程、地球惑星科学関連学会2003年合同大会、S052-003、2003。

Nadeau, R. M., and L. R. Johnson, Seismological studies at Parkfield VI: Moment release rates and estimates of source parameters for small repeating earthquakes, *Bull. Seismol. Soc. Am.*, **88**, 790–814, 1998.

Yamanaka, Y. and M. Kikuchi, Asperity map along the subduction zone in northeastern Japan inferred from regional seismic data. *J. Geophys. Res.* **109**, 10.1029/2003JB002683, 2004.

(f) 成果の論文発表・口頭発表等

1) 論文発表

Hasegawa, A., N. Uchida, T. Igarashi, T. Matsuzawa, T. Okada, S. Miura and Y. Suwa, Asperities and quasi-static slips on the subducting plate boundary east off Tohoku, NE Japan, SEIZE volume, Columbia University Press, in press

Uchida, N., A. Hasegawa, T. Matsuzawa, and T. Igarashi, Pre- and post-seismic slow slip on the plate boundary off Sanriku, NE Japan associated with three interplate earthquakes as estimated from small repeating earthquake data, *Tectonophysics*, 385, 1-15, 2004.

Matsuzawa, T., N. Uchida, T. Igarashi, T. Okada and A. Hasegawa, Repeating earthquakes and quasi-static slip on the plate boundary east off northern Honshu, *Earth Planets Space*, 56, 803-811, 2004.

Uchida, N., T. Matsuzawa, T. Igarashi and A. Hasegawa, Interplate quasi-static slip off Sanriku, NE Japan, estimated from repeating earthquakes, *Geophys. Res. Lett.*, 30, 10.1029/2003GL017452, 2003.

2) 口頭発表、その他

Naoki Uchida, Toru Matsuzawa, Tomomi Okada, Toshihiro Igarashi, and Akira Hasegawa, Characteristics and distribution of small asperities on the plate boundary in the NE Japan Subduction Zone estimated from repeating earthquakes, AGU 2004 Fall Meeting, San Francisco, California, December 2004

Miura, S., N. Uchida, A. Hasegawa, T. Sato, K. Tachibana, Y. Suwa, Slow slip events around the source area presumed for the forthcoming M7.5 Miyagi-oki earthquake revealed by geodetic and seismological observations, 2004 Western Pacific Geophysics Meeting, Hawaii Convention Center, Honolulu, Hawaii, August 2004

内田直希・松澤暢・五十嵐俊博・中山貴史・長谷川昭、相似地震活動から推定された2003年10月31日福島県沖の地震（M6.8）前後の準静的すべり、2004年球惑星科学関連学会、千葉県幕張メッセ国際会議場、2004年5月。

Naoki Uchida, Toru Matsuzawa, Toshihiro Igarashi, and Akira Hasegawa, Relationship Between Quasi-static Slips and Rupture of Asperities in the Northeastern Japan Subduction Zone: Insights From Small Repeating Earthquake Data Analyses, AGU 2003 Fall Meeting, San Francisco, California, December 2003

内田直希・長谷川昭・松澤暢・五十嵐俊博、相似地震解析による宮城県沖地震アスペリティ周辺の準静的すべり、2003年日本地震学会秋季大会、京都市 国立京都国際会館アネックスホール、2003年10月。

Toru Matsuzawa, Naoki Uchida, Toshihiro Igarashi, Tomomi Okada and Akira Hasegawa, REPEATING EARTHQUAKES AND QUASI-STATIC SLIP ON THE PLATE BOUNDARY EAST OFF HONSHU, JAPAN, IUGG 2003, Sapporo, June 2003

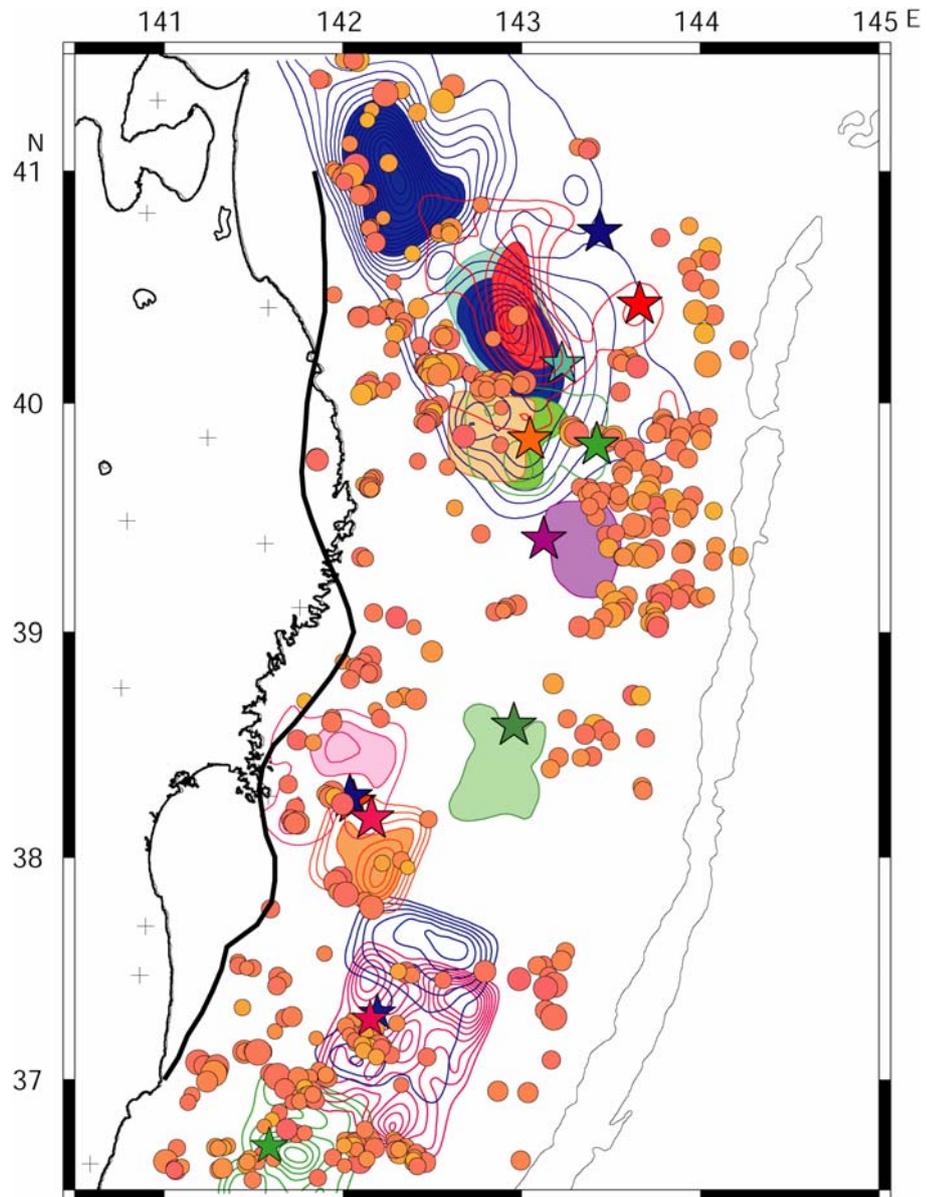


図 2.2.2-1 1984年7月～2003年4月の解析による相似地震グループの分布と大地震のアスペリティ [Yamanaka and Kikuchi (2004), 室谷・他 (2003)] の比較. 星はそれぞれの地震の震央の位置を示す. 黒太線は Igarashi et al. (2001) による低角逆断層型地震の西縁

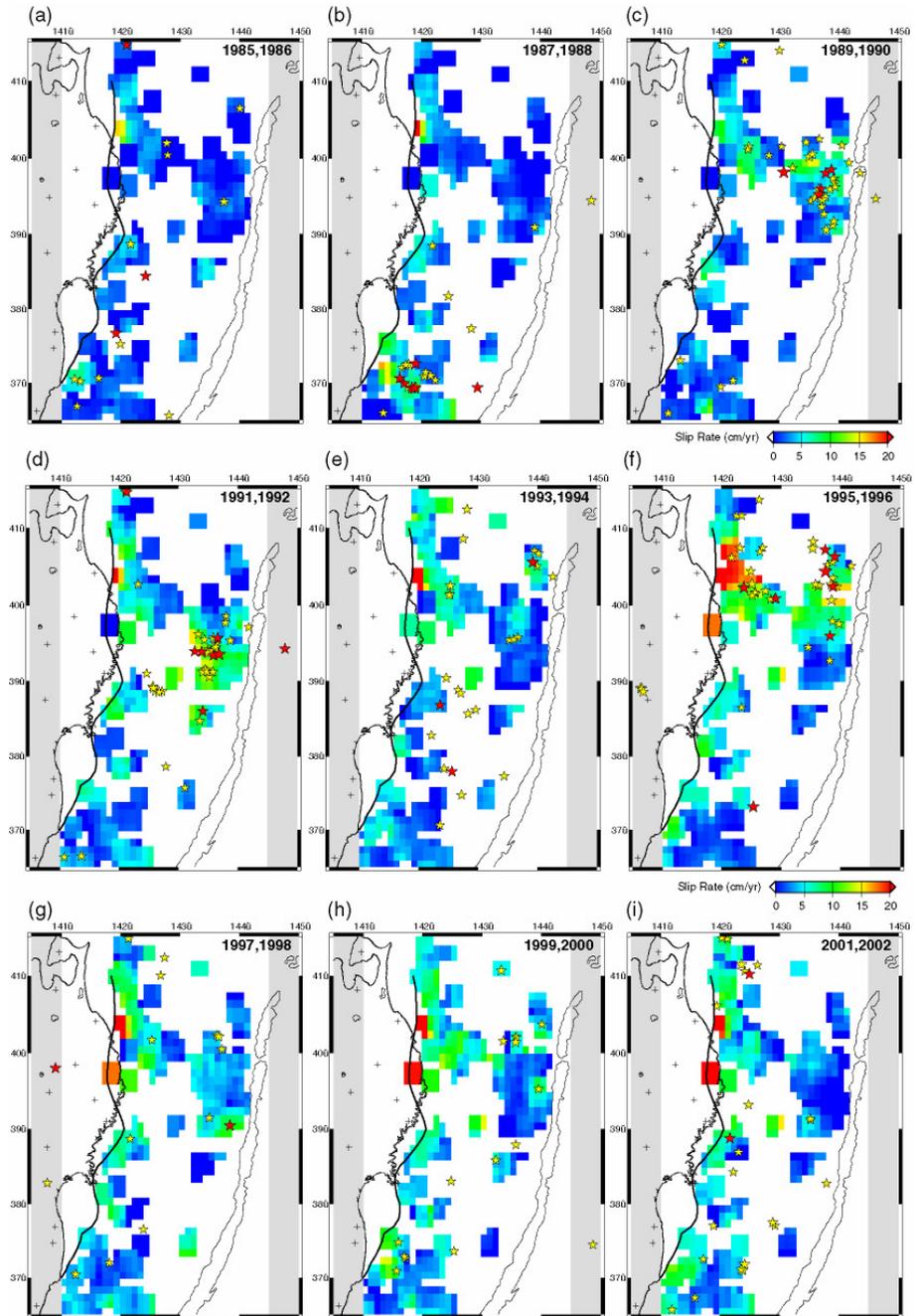


図 2.2.2-2 2年ごとのすべりレートの分布。ただし、(e) と (f) の期間は三陸はるか沖地震が発生した 1994 年 12 月 28 日で区切った。すべりレートは相似地震グループを 3 つ以上含む  $0.3 \times 0.3^\circ$  のウィンドウごとに、カラーパターンで示す。赤い星、黄色い星はそれぞれ、M6 以上、M5 以上 M6 未満の地震の震央

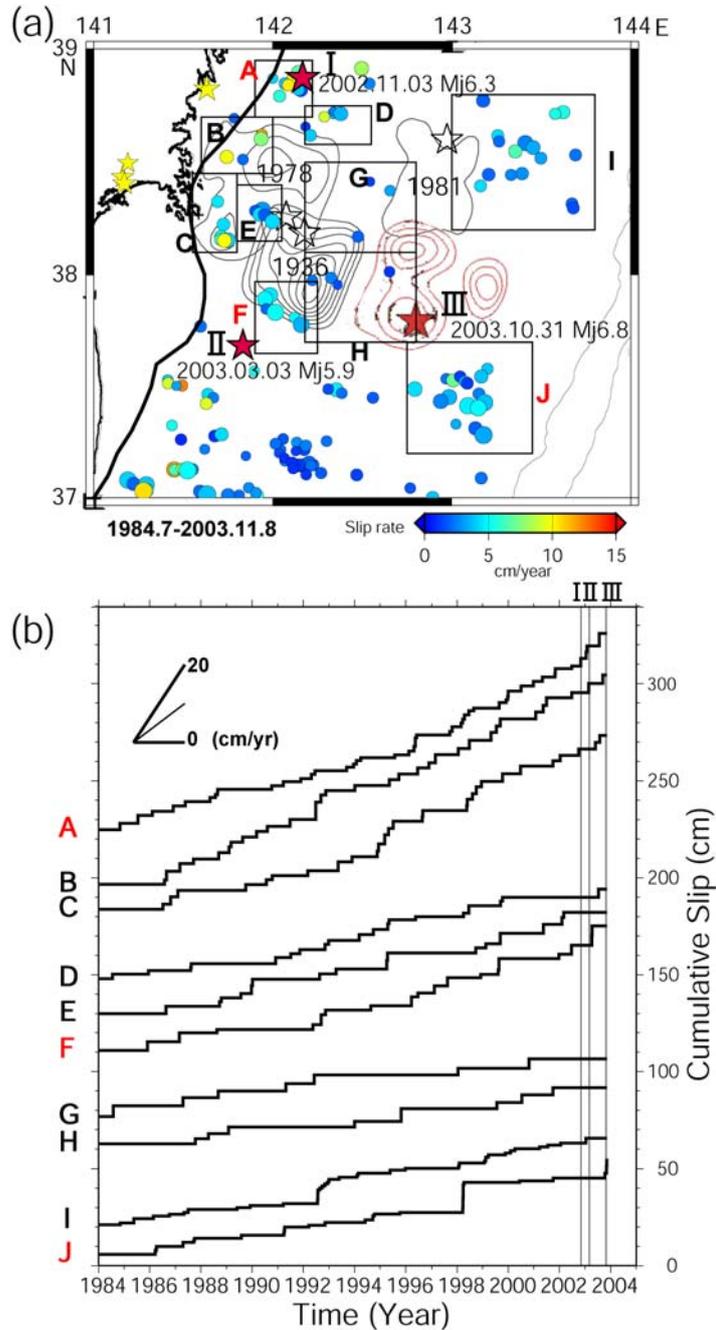


図 2.2.2-3 宮城県沖の1984年7月～2003年11月8日の準静的すべりの時空間変化。(a) 相似地震グループの分布と最近のプレート境界での地震活動。1年以上の活動期間を持つグループについて、全期間での平均のすべりレートをそれぞれの相似地震グループの位置にカラースケールで示す。赤い星は、2002年11月3日(Mj6.3) [イベントI]、2003年3月3日(Mj5.9) (イベントII)、2003年10月31日(Mj6.8) [イベントIII]の地震の震央、黒いコンターは Yamanaka and Kikuchi (2003) による1936年、1978年、1981年の宮城県沖地震のアスペリティ、赤いコンターは東京大学地震研究所地震予知情報センター(2003)による2003年10月31日の地震のアスペリティを示す。(b) 図 6.3a ウィンドウ A-J において平均化した相似地震の積算すべりの時系列。縦棒は、イベント I、II、III の発生時を示す。