

## 3.2.1.3. アスペリティ周辺の地震活動の特性に関する研究

## (1) 業務の内容

## (a) 業務題目

「アスペリティ周辺の地震活動の特性に関する研究」

## (b) 担当者

所属機関	役職	氏名	メールアドレス
国立大学法人北海道大学大学院 理学研究科	助教授	高波 鐵夫	ttaka@eos.hokudai.ac.jp
	助手	村井 芳夫	murai@eos.hokudai.ac.jp
	助手	勝俣 啓	Tkatsu@eos.hokudai.ac.jp
	教授	笠原 稔	mkasa@eos.hokudai.ac.jp

## (c) 業務の目的

1) 日本海溝・千島海溝周辺を対象として実施する長期海底地震観測に参加してデータ処理を分担する。

2) アスペリティ周辺の地震活動の特性を把握するため、震源域でのアスペリティ、アスペリティ周辺のプレート上面付近およびプレート内部での地震活動度の時空間分布を把握する。

3) 定量的な把握をすすめるため、Wiemer and Wyss (1994)が提案した、地震の震源情報（発震時、震源位置、マグニチュード）を用いて算出する地震活動度の時間変化の強度を表すパラメータ Z 値をマッピングした可視化図（ZMAP）等を作成する。

## (d) 5 年間の年次実施計画

## 1) 研究計画 1 年目

東京大学地震研究所、東北大学大学院理学研究科とともに、三陸沖北部に長期観測型海底地震計による観測網を構築し、海底地震観測を実施する。また、観測データ処理のための整備を行う。陸域地震観測網データの取得のための処理システムの構築とアプリケーション・ソフトのインストール、および想定アスペリティ周辺の陸域地震観測網データを用いて ZMAP 等の解析法を会得する。

## 2) 研究計画 2 年目

東京大学地震研究所、東北大学大学院理学研究科とともに、根室沖の領域に長期観測型海底地震計による観測網を構築し、海底地震観測を実施する。三陸沖北部での長期海底地震観測データと陸域データとの併合処理を行う。想定アスペリティ周辺を注目した、ZMAP 等を用いた地震活動の時空間変化を把握する。

3) 研究計画 3 年目

東京大学地震研究所、東北大学大学院理学研究科とともに、三陸沖北部から十勝沖にかけての領域に長期観測型海底地震計による観測網を構築し、海底地震観測を実施する。根室沖での長期海底地震観測データと陸域データとの併合処理を行う。想定アスペリティ周辺を注目した、ZMAP 等を用いた地震活動の時空間変化を把握する。

4) 研究計画 4 年目

東京大学地震研究所、東北大学大学院理学研究科とともに、福島県沖から房総沖にかけての領域に長期観測型海底地震計による観測網を構築し、海底地震観測を実施する。三陸沖北部から十勝沖にかけての長期海底地震観測データと陸域データとの併合処理を行う。想定アスペリティ周辺を注目した、ZMAP 等を用いた地震活動の時空間変化を把握する。

5) 研究計画 5 年目

東京大学地震研究所、東北大学大学院理学研究科とともに、三陸沖中部から福島県沖にかけて長期観測型海底地震計による観測網を構築し、海底地震観測を実施する。最終年度にあたるために年度内に全ての海底地震計を回収する。福島県沖から房総沖、三陸沖中部から福島県沖にかけての長期海底地震観測データと陸域データとの併合処理を行う。想定アスペリティ周辺を注目した、ZMAP 等を用いた地震活動の時空間変化を把握する。日本海溝・千島海溝沿いのほぼ全域について、地震活動の時空間変化の総まとめを行う。

(e) 平成 16 年度業務目的

日本海溝・千島海溝周辺を対象として実施する長期海底地震観測に参加してデータ処理を分担する。アスペリティ周辺の地震活動の特性を把握するため、震源域でのアスペリティ、アスペリティ周辺のプレート上面付近およびプレート内部での地震活動度の時空間分布を把握する。定量的な把握をすすめるため、地震の震源情報（発震時、震源位置、マグニチュード）を用いて算出する地震活動度の時間変化の強度を表すパラメータ Z 値をマッピングした可視化図（ZMAP）等を作成する。

## (2) 平成 16 年度の成果

### (a) 業務の要約

#### 1) 長期観測型海底地震観測

東京大学地震研究所、東北大学大学院理学研究科とともに、三陸沖北部に長期観測型海底地震計による海底地震観測のための準備を行った。

#### 2) 処理システムの構築

観測データ処理のための整備を行った。陸域地震観測網データの取得のための処理システムの構築とアプリケーション・ソフトのインストールを行った。

#### 3) ZMAP 等の解析手法の適用

想定アスペリティ周辺の地震活動の特性を把握するための ZMAP 法を習熟するために、実際の陸域地震観測網から求められた地震の震源パラメータ・データに ZMAP 法の適用し、2003 年十勝沖地震前後の地震活動の時空間変化の有無を調べた[勝俣、2005]。

### (b) 業務の実施方法

#### 1) 長期観測型海底地震観測

東京大学地震研究所、東北大学大学院理学研究科とともに、三陸沖北部に長期観測型海底地震計による観測網を構築し、海底地震観測を実施するために、東京大学地震研究所にて長期観測型海底地震計の組立を行った。

#### 2) 処理システムの構築

地震の震源パラメータ（発震時、震源位置の座標、地震の規模）を求めるための波形処理ソフトをアクセスするための長期観測型海底地震処理システムの構築を行った。膨大な地震波形データを収録する大規模容量のデータ・サーバー、地震の震源パラメータを求める震源計算処理ソフトのインストール、地震活動の時空間変化を視覚化するためのアプリケーション・ソフト、ZMAP 法、およびこの ZMAP 法をアクセスするためのアプリケーション・ソフト、MATLAB 等のインストールを行った。

#### 3) ZMAP 等の解析手法の適用

ZMAP 調査に用いた地震は、1994 年 1 月 1 日から 2004 年 6 月 30 日までの期間において、北海道大学大学院理学研究科附属地震火山研究観測センターの陸域定常観測で決定された M3 以上の地震約 8000 個である。これらの地震について、17 観測点での波形に立ち戻ってすべて再検測して時間的に均質な地震カタログを作成した。この地震カタログの中から、千島海溝と日本海溝との会合部での太平洋プレート上面、およびプレート内部に発生した M3.3 以上の地震を ZMAP 法の解析の対象とした。ZMAP 法を適用するに当たり、あらかじめ余震や群発地震を取り除くためのデクラスタリング処理を行った。緯度方向 0.1 度×経度方向 0.1 度の格子間隔の各格子点から 100 個の地震を選び、積算度数分布曲線を作成し、LTA 関数を用いて地震活動度を表わす Z 値を計算し

た。このZ値を地図上に図化し、ZMAPを作成した。

(c) 業務の成果

1) 長期観測型海底地震観測

今年度末に三陸北部に20kmメッシュで展開した長期観測型海底地震計を、東京大学地震研究所で整備した。

2) 処理システムの構築

長期観測型海底地震と陸域定常観測で得られる膨大な地震波形データを収録するための大規模容量のデータサーバを備えた地震波形処理用計算機システムをラック内部に構築した(図1、図2)。ラックには、各サーバとNASを接続する。



図1 大容量海底地震データ保存用ファールサーバ用計算機(右)と地震波形処理用計算機にインストールしたOS、およびアプリケーション・ソフト(左)



図2 大容量海底地震データ保存用ファールサーバー用計算機を搭載したラック裏面  
高速スイッチング用 HUB、サーバ用モニター、データバックアップ用テープ・レコーダ、NAS  
用コントローラー、NAS 用 Disk Array、そして無停電源装置(UPS)等が格納されている。  
さらに地震の震源パラメータを求める震源計算処理ソフト、地震活動の時空間変化を視覚  
化するためのアプリケーション・ソフト、ZMAP 法、およびをこの ZMAP 法をアクセスするた  
めのアプリケーション・ソフト、MATLAB ( 図 3 ) 等をこの地震波形処理用計算機システムに  
インストールした。また処理結果の図化されたものは新規に購入したカラープリンター  
LP9000C ( 図 4 ) にて出力される。

3.2.1.3. アスペリティ周辺の地震活動の特性に関する研究



図 3 ZMAP で使用するアプリケーション・ソフト、MATLAB パッケージ



図 4 地震波形解析システムと LAN 接続している両面印刷用カラープリンター (EPSON - 9000C)



図 5 大容量海底地震データ保存用ファールサーバー計算機に LAN 接続している地震波形解析用計算機 2 台（机上）

### 3) ZMAP 等の解析手法の適用

平成 16 年度は、三陸沖北部に長期観測型海底地計を設置するのみであり、その回収は平成 17 年度に計画されている。そのため長期観測型海底地震観測による、解析できる実際の地震波形データは、今年度は用意されていない。したがって平成 16 年度は、ZMAP 法の解析手法を会得することを目的に、北海道大学理学研究科地震火山研究観測センターの陸域観測網で観測された地震 8000 個から、M3.3 以上の時間的に均質な地震カタログを作成し、ZMAP 法の適用を試みた。その結果、2003 年十勝沖地震のアスペリティ付近で、1998 年 11 月頃から地震活動の静穏化がはじまり、2003 年 1 月頃まで継続していたのが認められた（図 6、勝俣、2005）。この静穏化は 2003 年十勝沖地震の前兆的变化である可能性が高い。しかし図 7～図 9 から判るように、このような静穏化が太平洋プレート上面付近にのみ現れた現象なのか、またはプレート内部にまで及んでいた現象であったのか、現在の陸域観測網のみの地震情報からでは明らかでない。ところでこの地震の直前、直後の地震活動調査が海底地震計を用いて実施されている（高波・他 2003；Shinohara et al., 2004；高波・他、2005 年；山田・他、2005）。2003 年十勝沖地震が想定されていた震源域に海底地震計を展開することによって、陸域観測網からは捕捉されなかった地震直前の静穏期の地震活動の特性を捉えることができた、と言えよう（図 10）。したがって海溝型大地震の震源域での地震活動を詳細に理解するためには、長期観測型海底地震計からなる観測網の設置は、きわめて重要であり、この種の調査には不可欠である。

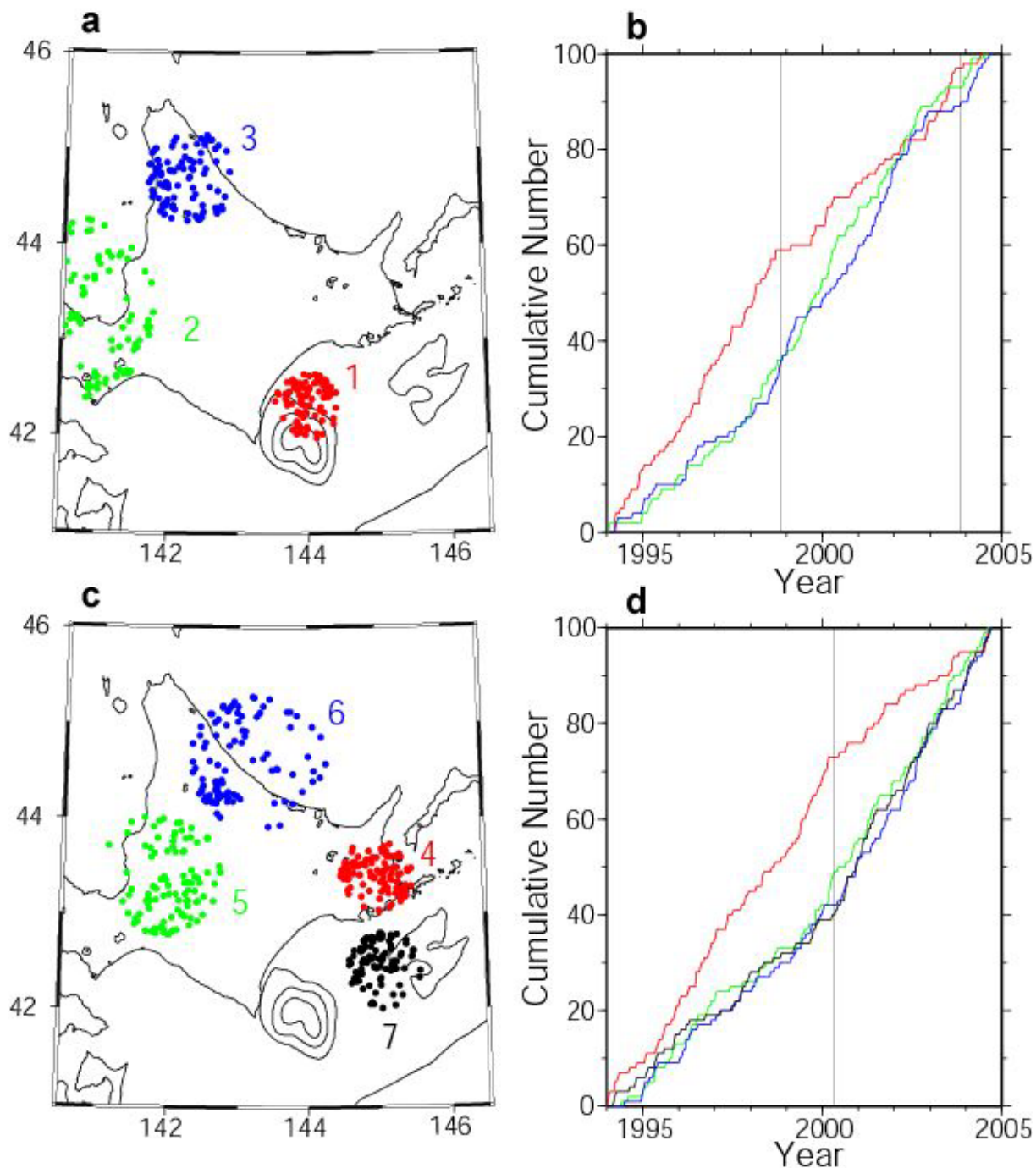


図6 太平洋プレート内部の地震活動度の長期変化

図中の番号は、エリア番号に対応し、左上の a の各領域での地震の積算頻度曲線を右上の b に示し、左下 c の地震の積算頻度曲線を右下に示す（領域と積算頻度曲線とは同じカラーで対応）。海域でのコンターは 2003 年十勝沖地震と 1973 年根室半島沖地震での滑り量分布 [Yamanaka and Kikuchi, 2003]。b 内の縦棒は活動度変化の開始時期と十勝沖地震発生時を示す。d 内の縦棒は活動度変化の開始時期を示す。エリア 1 の変化は 2003 年十勝沖地震の前兆的变化（静穏化）である。海溝型地震の静穏化時期（領域 1、2）と深発地震での活性化時期（領域 4、5、6、7）が同期している。



3.2.1.3. アスペリティ周辺の地震活動の特性に関する研究

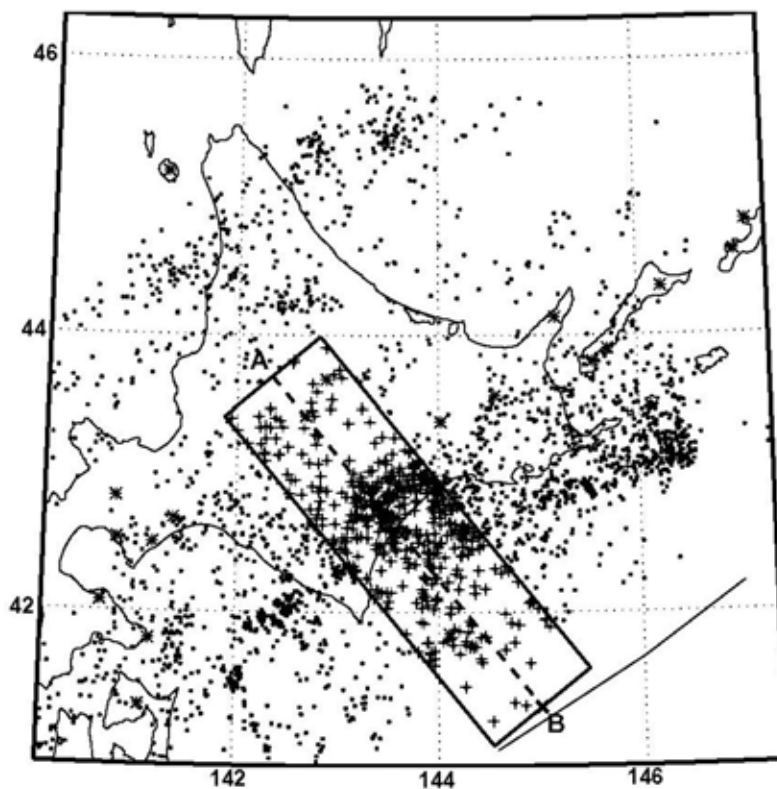


図7 四角に囲まれた太平洋プレート内の地震（1994年1月～2003年8月）にZMAP法を適用

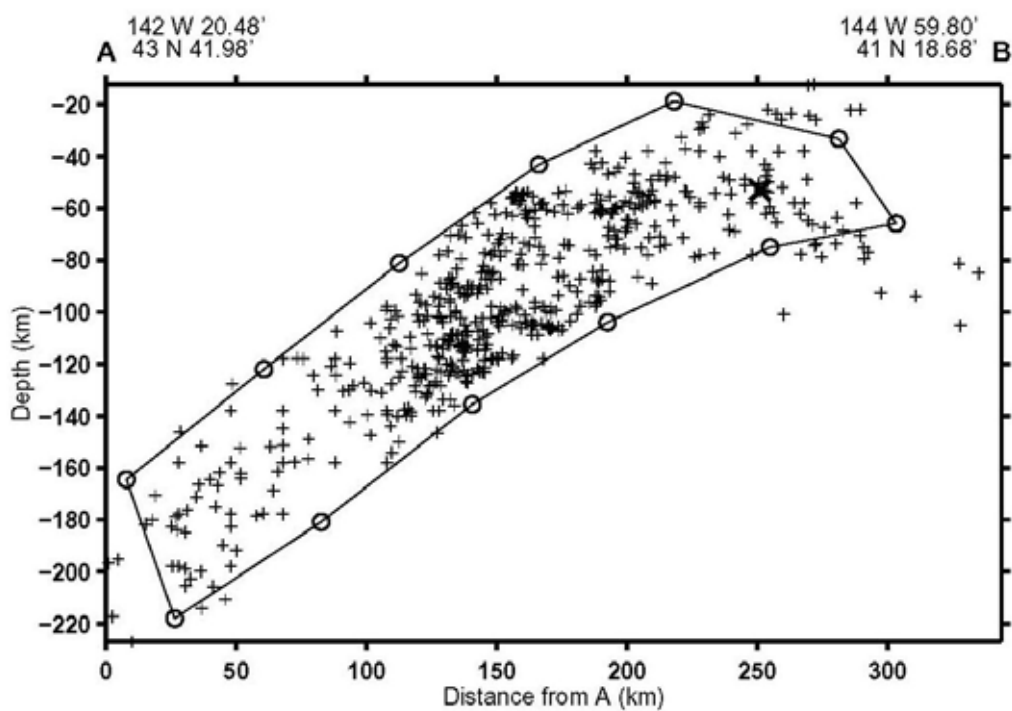


図8 図7の四角い枠内に発生した地震の震源分布（A-B垂直断面投影図）  
図9のZMAPを作成するときは と実線で囲った領域内の地震を用いた。

3.2.1.3. アスペリティ周辺の地震活動の特性に関する研究

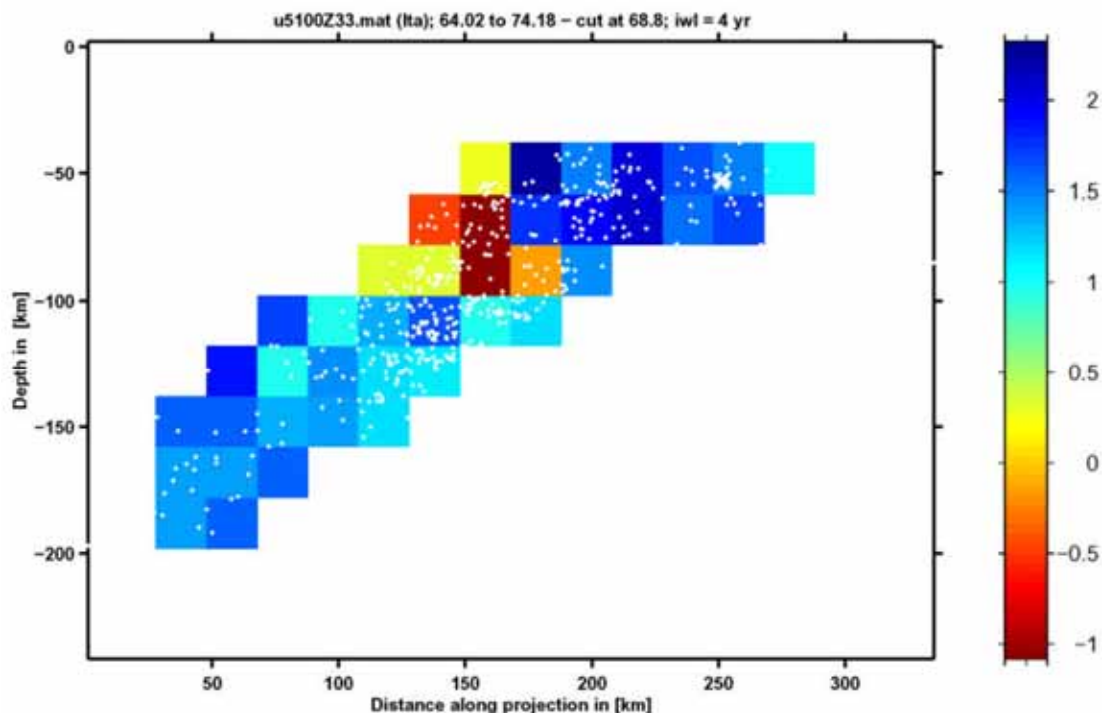


図9 陸域観測網の地震情報のみから求めた2003年十勝沖地震の静穏化領域(暖色、図6のエリア1)

静穏化は太平洋プレート内部(深さ100km)にまで及んでいるように見える。右端のカラーパレットはZ値に対応している。

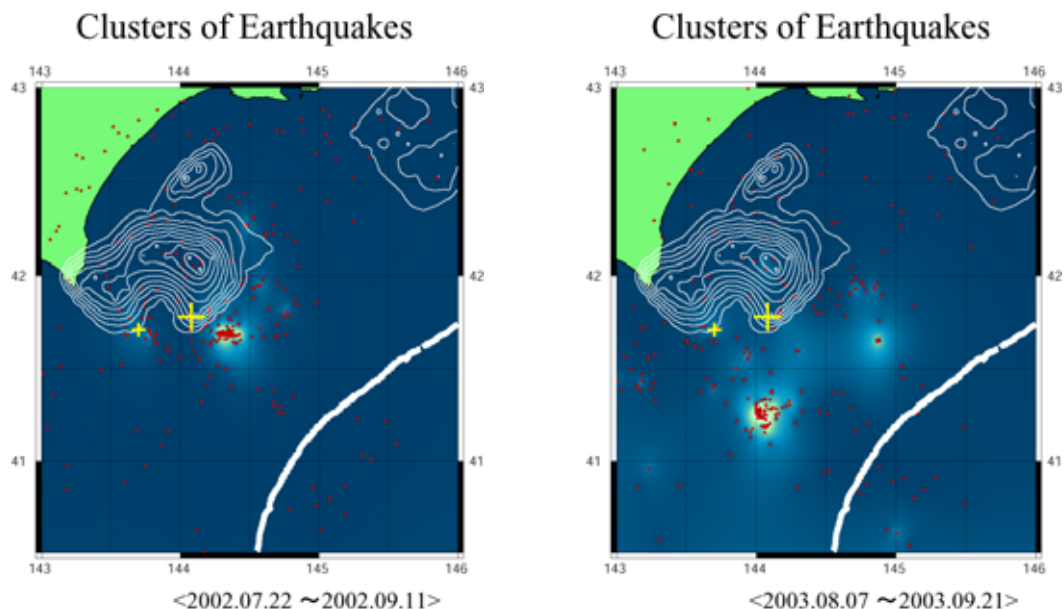


図10 2003年十勝沖前の海底地震観測[高波・他、2003;高波・他、2005]から見出されたクラスター型微小地震群(白色)

+印は本震とその最大余震の震央。細い実線は2003年十勝沖地震と1973年根室半島沖地震のアスペリティ分布[Yamanaka and Kikuchi, 2003]

(d) 結論ならびに今後の課題

平成 16 年度実施を予定した業務は、すべて滞りなく実施することができた。なお今後の課題としては、以下のことがあげられる。

1) 長期観測型海底地震観測

長期観測型海底地震計が現在三陸沖北部で観測中であるために、当海域で想定されているアスペリティ周辺の地震活動の特性を把握するための解析は海底地震計の回収を待たなければならない。

2) 処理システムの運用

現在観測中の長期観測型海底地震計を回収した後は、ただちに観測記録を本年度導入した波形処理用計算機システムに読み込み、個々の地震についての詳細な解析を行う。ここでは、当海域に接する陸域観測点で記録されている波形データを長期観測型海底地震計に記録された波形データと統合し、できるだけ多くの地震波形データから地震の震源情報を求める。これらの地震情報を用いて ZMAP 法を運用するためにデクラスタリング等の前処理をおこない、できるだけ時間的に均質な地震カタログを作成する。

3) ZMAP 法等の運用

2003 年十勝沖地震のアスペリティ周辺での地震活動の特性を把握するために陸域観測網の地震データを用いて ZMAP 法を適用したところ、1998 年 11 月頃から 2003 年 1 月頃まで、静穏化が見られた。このような地震活動の時空間変化は時間的に均質な地震カタログが不可欠である。現在三陸沖北部で実施している海底地震観測は約 1 年間程度の長期連続して行うものであり、この種の時間均質性の問題はクリアされるであろう。しかしその観測期間が想定されているアスペリティ周辺の地震活動の特性を把握するための十分な時間であるか、否かは実際の解析から確認する必要がある。ところで微小な地震ほど短期間に数多く発生するのが一般的である。したがってアスペリティ周辺で実施する約 1 年間の海底地震観測で、そこでの地震活動の特性を把握するために十分な地震を観測できるかは観測期間中の海底での地震活動度に強く依存している。また均質な地震カタログとして採用できる地震の下限をどこまで下げられるかについても実際の解析から確認する必要がある。しかしこのような海底地震観測網の観測記録と陸域観測網の記録とを統合し、偏りの少ない、より正確な震源情報が求められるであろう。この海陸統合観測記録から得られた各点の観測点補正値を、各陸域観測点での走時のバイアス補正値として震源計算に用いることができる。この陸域観測点補正値を用いることによって、海底地震観測が実施されていない期間にも延長した、より長期間にわたる均質な地震カタログを作成することが可能となる。このような長期にわたる均質地震カタログに ZMAP 法を適用することで、三陸沖北部でのアスペリティ周辺の、より長期間の地震活動の特性を確認することができるようになる。

(e) 引用文献

- 1) 勝俣啓、2003 年十勝沖地震に先行した地震活動の静穏化、月間地球、特集号 49、66-71、2005。
- 2) Shinohara, M., T. Yamada, T. Kanazawa, N. Hirata, Y. Kaneda, T. Takanami, H. Mikada, K. Suyehiro, S. Sakai, T. Watanabe, K. Uehira, Y. Murai, N. Takahashi, M. Nishino, K. Mochizuki, T. Sato, E. Arai, R. Hino, K. Uhira, H. Shiobara, and H. Shimizu, Aftershock observation of the 2003 Tokachi-oki earthquake by using dense ocean bottom seismometer network, Earth Planets Space, 56, 295-300, 2003.
- 3) 高波鐵夫・村井芳夫・本田亮・西村裕一・勝俣啓・島村英紀・長谷川誠三・浮永久、海底地震計による 1952 年十勝沖地震の震源域での地震観測 - 序報 - 、北大地球物理学研究報告、66、63 - 75、2003。
- 4) 高波鐵夫・村井芳夫・町田祐弥・齊藤市輔・牧野由美・勝俣啓・山口照寛、西野実、海底地震観測が明示した 2003 年十勝沖地震直前の顕著な現象、57、291 - 3003、2005。
- 5) Wiemer, S., and M. Wyss, Seismic quiescence before the Lander(M=7.5) and Big Bear(M=6.5) earthquakes, Bull. Seism. Soc. Am., 84, 900-916, 1994.
- 6) 山田知朗・篠原雅尚・金沢敏彦・平田直・金田義行・高波鐵夫・三ヶ田均・末廣潔・酒井慎一・渡辺智毅・植平賢司・村井芳夫・高橋成実・西野実・望月公廣・佐藤壮・荒木英一郎・日野亮太・宇平幸一・塩原肇・清水洋、稠密海底地震観測による 2003 年十勝沖地震の余震分布、地震、57、281-290、2005。
- 7) Yamanaka, Y., and K. Kikuchi, Source processes of recurrent Tokachi-oki earthquake on September 26, 2003, inferred from teleseismic body waves, Earth Planets Space, 55, e21-e24, 2003.

(f) 成果の論文発表・口頭発表等

現在はまだ無し。

(g) 特許出願、ソフトウェア開発、仕様・標準等の策定

無し。

(3) 平成 17 年度業務計画案

(a) 業務計画

- 1) 観測点配置に関する調整
- 2) 海底地震計の設置・回収
- 3) データ処理システムの整備
- 4) 陸域観測網による地震データの収集および解析システムの整備
- 5) 海・陸データ処理の分担
- 6) データ解析

(b) 実施方法

1) 観測点配置に関する調整

東京大学、東北大学とともに当該海域における地震活動状況および陸上に既設の地震観測網の配置を考慮して研究遂行上最適な観測点配置について検討し、観測実施にあたり関係各機関・団体等との調整を行う。

2) 海底地震計の設置・回収

東京大学、東北大学とともに三陸沖北部の海域に展開した長期観測型海底地震計を回収する。また、長期観測型海底地震計による観測網を根室沖の海域に展開する。

3) データ処理システムの整備

データ処理システムを強化し、既存の海陸観測データおよび三陸沖北部の海底地震観測で得られたデータが円滑に統合されるよう調整・整備を行う。

4) 陸域観測網による地震データの収集および解析システムの整備

既設の陸域観測網のデータの収集を実施するほか、解析システムを整備して ZMAP 等による地震活動調査のための準備を行う。

5) 海・陸データ処理の分担

東京大学、東北大学とともに三陸沖北部のより正確な地震活動の把握をすすめるため、海・陸の地震データの処理を分担する。

6) データ解析

アスペリティ周辺の地震活動の特性を把握するため、震源域でのアスペリティ、アスペリティ周辺のプレート上面付近およびプレート内部での地震活動度の時空間的分布を把握する。定量的な把握をすすめるため、地震の震源情報（発震時、震源位置、マグニチュード）を用いて算出する地震活動度の時間変化の強度を表すパラメータ  $Z$  値をマッピングした可視化図（ZMAP）等を作成する。

(c) 目標とする成果

日本海溝・千島海溝周辺を対象として実施する長期海底地震観測に参加してデータ処理を分担する。アスペリティ周辺の地震活動の特性を把握するため、震源域でのアスペリティ、アスペリティ周辺のプレート上面付近およびプレート内部での地震活動度の時空間的分布を把握する。定量的な把握をすすめるため、地震の震源情報（発震時、震源位置、マグニチュード）を用いて算出する地震活動度の時間変化の強度を表すパラメータ Z 値をマッピングした可視化図（ZMAP）等を作成する。