

#### 4.1 海底地震観測による余震分布の解析

##### 4.1.1 海底地震観測

### (1) 調査研究の目的と概要

#### (a) 課題名

海底地震観測

#### (b) 担当者

所属機関	役職	氏名	メールアドレス
東京大学地震研究所	教授	金沢敏彦	kanazawa@eri.u-tokyo.ac.jp
	助手	山田知朗	yamada@eri.u-tokyo.ac.jp
	助教授	篠原雅尚	mshino@eri.u-tokyo.ac.jp
	教授	平田 直	hirata@eri.u-tokyo.ac.jp
	助手	酒井慎一	coco@eri.u-tokyo.ac.jp
	助手	望月公廣	kimi@eri.u-tokyo.ac.jp
	助教授	塩原 肇	shio@eri.u-tokyo.ac.jp
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
東北大学大学院理学研究科	助教授	日野亮太	hino@aob.geophys.tohoku.ac.jp
	助手	西野 実	nishino@aob.geophys.tohoku.ac.jp
九州大学大学院理学研究院	教授	清水 洋	shimizu@sevo.kyushu-u.ac.jp
	助手	植平賢司	uehira@sevo.kyushu-u.ac.jp
気象庁地震火山部	地震情報企画官	宇平幸一	kuhira@met.kishou.go.jp
	係長	阿部正雄	m_abe@met.kishou.go.jp
(独)海洋研究開発機構	領域長	金田義行	kaneday@jamstec.go.jp
	主幹	三ヶ田均	mikada@jamstec.go.jp
	理事	末廣 潔	suyehiro@jamstec.go.jp
	研究員	渡邊智毅	tomwat@jamstec.go.jp
	研究員	高橋成実	narumi@jamstec.go.jp
	特別研究員	佐藤 壮	tsato@jamstec.go.jp
	研究員	荒木英一郎	araki@jamstec.go.jp

#### (c) 調査研究の目的

現在までに、陸域では、地震調査研究推進本部の方針に従って、20km 間隔で高感度地震観測点が設置されている。また、十勝沖には、独立行政法人海洋開発研究機構（旧海洋科学技術センター）により、ケーブル式海底地震計が3台設置されている。これらの機器により、本震と余震の震央については、おおむね把握できているものと考えられており、今回の地震が千島海溝から沈みこむ太平洋プレートと北海道を形成するプレートの境界で発生したとするものとされている。しかし、独立行政法人海洋開発研究機構のケーブル式

海底地震計は今回の余震域の一部しかカバーしておらず、今回の余震域のほとんどの直上に地震観測点がないため、十分な精度で余震の深さが明らかになっているとはいえない。そこで、陸上の基盤観測網と同程度以上の観測点密度で、自己浮上式海底地震計を用いた機動観測を行い、高精度の余震分布を求めるためのデータを所得する。

## (2) 調査研究の成果

### (a) 調査研究の要約

平成 15 年 10 月 1 日から、同年 11 月 20 日に、自己浮上式海底地震計のべ 47 台を使用し、計 38 地点(前期 29 地点・後期 37 点)で機動的余震観測を行った。同年 11 月時点で海底において余震観測を行っていたこれらの海底地震計の観測データを緊急に解析するため、本緊急調査研究により、傭船航海を実施して、余震域に設置していた海底地震計の全数 37 台を回収した。これらの海底地震計から、設置から約 2 ヶ月間の連続海底地震記録が得られた。これは、これまでの海底地震計を用いた余震観測と較べると、最大規模の空間密度であり、高精度の余震分布を求めるには十分なデータを得ることができた。

### (b) 調査研究の実施方法

平成 15 年 10 月 1 日から同年 11 月 20 日にかけて、自己浮上式海底地震計のべ 47 台を使用し、余震観測を行った。観測期間は、観測点配置の違いにより、第一期と第二期の 2 つに分かれている(図 1)。第一期は 10 月 1 日から 10 月中旬まで実施し、広帯域型地震計 1 台を含む、自己浮上式海底地震計 29 台による機動観測を行った。9 月 26 日の本震発生に伴い、同日から準備をすすめ、本震 3 日後にあたる 9 月 29 日に小名浜港において機材積み込みを行い、同日ただちに出港し、翌 30 日夜から現場海域で海底地震計設置作業を開始した。10 月 1 日から順次記録を開始し、翌 2 日未明に、第一期の機動観測網が完成し、全ての海底地震計で観測をはじめた。海底地震計は、本震の震央、本震時にすべり量が大きかったと推定された領域、および余震が多く発生していた本震の東側の領域を中心に展開した。また、気象庁による本震の震源の深さは 42km とされていたが、メカニズム解から本震がプレート境界の地震と推定されていた[例えば、Yamanaka and Kikuchi (2003)]ことと、十勝沖で実施された地震波速度構造探査[Iwasaki *et al.* (1989)]の結果から得られているプレート境界の深さを考慮すると、実際の本震震源の深さは、この値より浅いことが予想された。このことから余震が発生していると考えられる深さを考慮して、各海底地震計の間隔は、海溝寄りでは 15km 程度、陸寄りでは 20km 程度とした。第一期に設置した海底地震計は、緊急解析[Shinohara *et al.* (2004)]を行うため、10 月 20 日から 21 日にかけて、本震時にすべりの大きかった領域[Yamanaka and Kikuchi (2003)]を覆う 10 台について回収を試み、そのうち 9 台を回収した。残り 19 台については、全期間にわたって観測を行い、地震データを取得した。

観測期間の第二期は 10 月下旬から 11 月 20 日までであった。第一期から継続して観測を行っている 19 台の海底地震計に加えて、10 月 18 日から 21 日にかけて 18 台の海底地震計の追加設置を行った。このうち 9 台は、本震震源域近傍での観測を継続するため、第一期観測で回収作業をおこなった海底地震計近傍に設置した。また、第二期観測開始前に、

余震域が北東に拡大する傾向がみられたため、残り 9 台は、主として観測網を北東側に拡大するように配置し、計 37 台による機動観測を実施した。

#### (c) 調査研究の成果

のべ 47 台の自己浮上式海底地震計を高密度に配置して観測することにより、高精度余震分布を求めるためのデータを得ることができた。本観測により得られた海底地震計データを用いて、WIN システム[ト部・束田(1992)]を使用し、地震波形速度振幅の短時間平均と長時間平均の比によるイベント検出、AIC を利用した P 波・S 波到達時の自動読み取り、プログラム HYPOMH [Hirata and Matsu'ura (1987)]による震源決定を行った。震源決定の際に利用した速度構造は、Shinohara *et al.* (2004)と同様、本観測域で実施された地震波速度構造探査の結果[Iwasaki *et al.* (1989)]をもとにした一次元構造を用いた。この自動処理によって震源決定できた地震総数は 10310 個 (図 2)に達し、余震分布の詳細を調べるために十分なデータが取得できたものと考えられる。

#### (d) 結論ならびに今後の課題

のべ 47 台の自己浮上式海底地震計を利用することにより、高精度余震分布を求めるためのデータを得ることができた。また、自動処理により震源決定できる地震総数は 10,000 個を超え、多くの余震を用いて、分布を調べることが出来るデータである。一方、これらのデータを用いて高精度余震分布を求めるためには、目視によるデータチェックが不可欠であるが、この作業は現在引き続き進行中である。

#### (e) 引用文献

- 1) Hirata, N. and M. Matsu'ura, Maximum-likelihood estimation of hypocenter with origin time eliminated using nonlinear inversion technique, *Phys. Earth Planet. Inter.*, **47**, 50–61, 1987.
- 2) Iwasaki, T., H. Shiobara, A. Nishizawa, T. Kanazawa, K. Suyehiro, N. Hirata, T. Urabe and H. Shimamura, A detailed subduction structure in the Kuril trench deduced from ocean bottom seismographic refraction studies, *Tectonophysics*, **165**, 315-336, 1989.
- 3) 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. Araki, 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, 2004.
- 4) ト部 卓・束田進也, win-微小地震観測網波形験測支援のためのワークステーション・プログラム(強化版), 地震学会講演予稿集, No.1, C22-P18, 1992.
- 5) Yamanaka, K. and M. Kikuchi, Source processes of the 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

著者	題名	発表先	発表年月日
北海道大学・東北大学・東京大学地震研究所・九州大学・海洋科学技術センター・気象庁	2003年十勝沖地震の余震域における高密度海底地震観測	日本地震学会秋季大会	平成15年
Earthquake Research Institute University of Tokyo, Hokkaido University, Tohoku University, Kyushu University, Japan Marine Science and Technology Center, Japan Meteorological Agent	Aftershock observation of 2003 Tokachi-oki Earthquake by ocean bottom seismometer network with spatial high density	Fall meeting of American Geophysical Union	平成15年 12月日
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. Araki, 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	平成16年 3月5日
山田知朗・篠原雅尚・金沢敏彦・平田	Aftershock observation of the 2003 Tokachi-oki earthquake	地球惑星科学関連学会 2004年合同大会	平成16年 5月11日

<p>直・金田義行・高波 鐵夫・三カ田均・末 広潔・酒井慎一・渡 邊智毅・植平賢司・ 村井芳夫・高橋成 美・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・町田祐弥・堀 美緒</p>	<p>by using dense ocean bottom seismometer network</p>		<p>発表予定</p>
<p>山田知朗・篠原雅 尚・金沢敏彦・平田 直・金田義行・高波 鐵夫・三カ田均・末 広潔・酒井慎一・渡 邊智毅・植平賢司・ 村井芳夫・高橋成 美・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</p>	<p>稠密海底地震観測による 2003 年十勝沖地震の余震分布</p>	<p>地震 2</p>	<p>投稿中</p>

## 図キャプション

### 図1 観測点配置図

+印が海底地震計の位置を示す。等深線は、破線が250m間隔、実線が500m間隔である。  
a) 前期(10月1日? 10月20日) b) 後期(10月21日? 11月20日)

### 図2 自動処理による震央分布

Winシステム[ト部・束田(1992)]を用いた自動処理による震央の分布。+印が海底地震計の位置、小さな点が余震の震央をあらわす。星印は、気象庁が推定した平成15年十勝沖地震の震央の位置である。