

150 m グリッド DEM から作成した日本海溝付近の 3 D 海底地形

泉 紀明^{*1}, 堀内大嗣^{*1},
西澤あずさ^{*2}, 木戸ゆかり^{*3},
中田 高^{*4}, 後藤秀昭^{*4},
渡辺満久^{*5}, 鈴木康弘^{*6}

3 D bathymetric image along the Japan Trench based on 150 meter grid DEM

Noriaki IZUMI^{*1}, Daishi HORIUCHI^{*1},
Azusa NISHIZAWA^{*2}, Yukari KIDO^{*3},
Takashi NAKATA^{*4}, Hideaki GOTO^{*4},
Mitsuhisa WATANABE^{*5}, and Yasuhiro SUZUKI^{*6}

Abstract

It is very regretful that we could not start our project on submarine active faults along the Japan Trench before the devastating *M*_w 9.0 Tohoku–Oki earthquake on March 11, 2011. Fundamental information for prediction of large earthquakes such as the detailed distribution of active faults was not well known mainly due to lack of data regarding seafloor topography. To make a more precise submarine active fault map along the trench, we have made detailed seafloor topographic images based on 0.002 degree (about 150 m) DEM processed from the original data obtained by Japan Coast Guard and JAMSTEC. Then we have produced anaglyph images of seafloor topography for interpretation of active faults, similar in manner to how we use air–photo stereo sets for inland active fault interpretation.

Active fault distribution along and around the Japan Trench is rather simple compared with that of the Nankai Trough and/or the southwestern part of the Kuril Trench. As mapped by a previous work (Research Group for Active Faults of Japan, 2001), there are trench–parallel north–dipping thrusts. One of the extensive thrusts extends from off–Sanriku to off–Ibaraki for over 500 km, and is probably related to the source fault of the 2011 Tohoku–Oki earthquake. Numerous normal faults are depicted on the outer–rise slope and they are generally short, and may cause *M* 7 class earthquakes.

*1 大陸棚調査室 Continental Shelf Surveys Office

*2 技術・国際課 Technology Planning and International Affairs Division

*3 海洋研究開発機構 Japan Agency for Marine–Earth Science and Technology

*4 広島大学 Hiroshima University

*5 東洋大学 Toyo University

*6 名古屋大学 Nagoya University

1 はじめに

海上保安庁は、平成 20 (2008) 年度から南海トラフや日本海溝周辺ほかの海域の海底地形に関する共同研究を広島大学などと実施している。南海トラフ海域では、泉・他 (2011) により 3 秒間隔の水深グリッドデータを取りまとめることができ、詳細な変動地形の検出を可能にした。一方、1985 年以降に日本海溝沿いの海域では、海上保安庁と海洋研究開発機構 (JAMSTEC) が実施したマルチビーム音響測深によって詳細な水深データが蓄積されてきた (Fig. 1, 海上保安庁海洋情報部・海洋研究開発機構, 2011)。これらの膨大な水深データから作成した 150 m グリッド DEM (Digital Elevation Model) をもとに、これまでにない詳細な海底地形画像を作成した。これ

らの画像は、これまでの 250 m グリッド DEM を用いた画像と比較して地形解像度に大きな差が認められ、海溝全域にわたる地形を詳細に把握することが可能となった。本報告では、海上保安庁と海洋研究開発機構が取得した海底地形データの概要と、新たに作成された日本海溝沿いの地形画像の特徴及びそこから読み取られた海底活断層の分布について概要を述べる。

2 海上保安庁の調査概要

海上保安庁では海図などを作成するために海底地形調査を長年にわたって行ってきた。また、地震予知研究に資するための海底地形調査や、国連海洋法条約に基づく大陸棚限界画定や科学的資料収集を目的とした大陸棚調査も実施してきた。こ

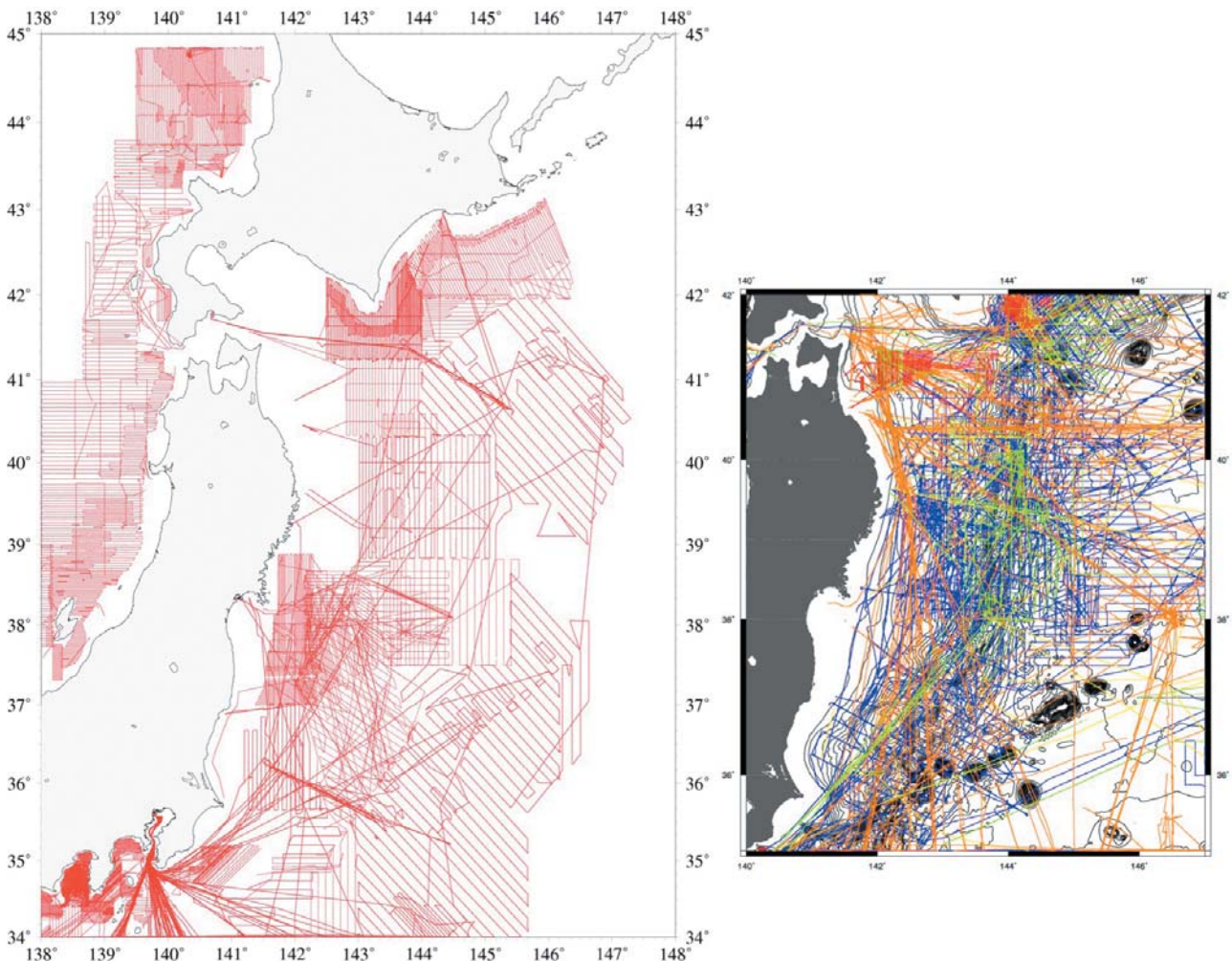


Fig. 1 Track lines of multi-beam bathymetric surveys conducted by JCG (left) and JAMSTEC (right) until 2010.

のため調査は陸域近くの浅海から深海に至るまで広く行われている。これらの中で今回、東北太平洋側を中心とした海域に存在するデータを取りまとめた。それらの調査が行われた航海及び時期を Table 1 に示す。またそれらの調査で使用された測深機については Table 2 のとおりである。

3 海洋研究開発機構 (JAMSTEC) の調査概要

データは海洋研究開発機構の船舶「かいらい」「よこすか」「みらい」に搭載されている音響測深機 SeaBeam 2112, 「かいよう」に搭載されている SeaBeam 2100/Classic SeaBeam, 「なつしま」の SeaBat 8160 で取得された。調査航海の一覧を Table 3 に、音響測深機の仕様を Table 4 にまとめた。これらのデータを集め、各航海中に計測した投下式塩分水温深度計 (XBT, XCTD) による海中音速データを用いて補正を行い、不良データの除去を行っている。空間的な平滑化や交点コントロールは行っておらず、1 ピング毎のデータを公開している。ピングの間隔と横方向の分解能は、水深や船速及び音速プロファイルに依存する。ただし Table 4 での最大ビーム幅の記載とは異なり、海洋研究開発機構の海底地形調査では、SeaBeam 2112 のスワス幅は 120° に設定し、データ取得を行っている。SeaBat 8160 は周波数が高いため、水深が深いと外側のビームの減衰が大きく、実質的には約 1 n.m (1.8 km) のスワス幅でデータが取得されている。また、海洋研究開

発機構では、水深 1000 m よりも深い海域の調査が主体であるため、浅部の海域のデータはほとんど取られておらず、さらに日本海溝東側、太平洋

Table 1 List of research cruises by JCG

調査名	期間	調査船
房総沖付近	1985. 7	拓洋
房総沖勝浦海底谷付近	1986. 9~10	拓洋
房総沖	1990. 2	天洋
宮城福島沖	1991. 5	明洋
伊豆・小笠原海溝北部	1992. 11~12	明洋
日本海溝 (十勝沖)	1993. 4	明洋
新島東方	1993. 12	海洋
日本海溝	1994. 4 1994. 10	明洋 海洋
三陸はるか沖地震震源域調査	1995. 4~5	明洋
石狩湾沖	1995. 4~5	明洋
宮城東方	1996. 1	海洋
釧路沖	1996. 9~10	明洋
襟裳岬沖	1997. 7~8	明洋
塩釜沖	1997. 7~8	明洋
日本海溝 (福島沖)	1999. 10	昭洋
奥尻島南方	1999. 8~9	明洋
襟裳岬	1999. 4~5	明洋
日本海溝 (福島沖)	1999. 10~11	昭洋
福島沖東	2001. 10~11	昭洋
宮城沖	2002. 8	昭洋
平成13年度第5次大陸棚調査	2001. 11~12	拓洋
平成13年度第6次大陸棚調査	2001. 11~12	昭洋
平成13年度第7次大陸棚調査	2002. 1	拓洋
十勝沖	2003. 11	明洋
平成17年度第1次大陸棚調査	2005. 5	明洋
平成17年度第2次大陸棚調査	2005. 4~5	昭洋
平成17年度第5次大陸棚調査	2005. 7	昭洋
平成17年度第6次大陸棚調査	2005. 8	拓洋
平成17年度第9次大陸棚調査	2005. 10~11	拓洋
平成18年度第5次大陸棚調査	2006. 6~7	昭洋
平成18年度第6次大陸棚調査	2006. 7~8	昭洋
平成18年度第7次大陸棚調査	2006. 8	拓洋

Table 2 Specifications of multi-beam echo sounders (JCG)

GPS(w. SA): GPS with selective availability
GPS(w/o SA): GPS without selective availability

Vessel	Period	Navigation	Multibeam system	Swath width	Beam size
Takuyo	1983 to Oct 1993	NNSS or LORAN C	SeaBeam	± 20°	2.67° × 2.67°
Shoyo	after May 2000	GPS(w/o SA)	SeaBeam2112	± 75°	2° × 2°
Meiyo	Oct 1990 to Jan 1992	NNSS or LORAN C	SeaBeam2000	± 46°	2° × 2°
	Feb 1992 to 1994	NNSS or LORAN C	SeaBeam2000	± 60°	2° × 2°
	1994 to May 2000	GPS(w. SA)	SeaBeam2000	± 60°	2° × 2°
	May 2000 to Apr 2008	GPS(w/o SA)	SeaBeam2000	± 60°	2° × 2°
Kaiyo	1994 to May 2000	GPS(w. SA)	SeaBeam2000	± 60°	2° × 2°
	May 2000 to Dec 2007	GPS(w/o SA)	SeaBeam2000	± 60°	2° × 2°
Tenyo	Feb 1987 to 1994	NNSS or LORAN C	Hydrochart II	± 52°	3.5°~6.3° × 5°

3 D bathymetric image along the Japan Trench based on 150 meter grid DEM

Table 3 List of research cruises by JAMSTEC

航海名	調査開始日	調査終了日	首席研究者	船舶	航海名	調査開始日	調査終了日	首席研究者	船舶
KR00-02	2000/4/21	2000/5/9	J. O. Park	かいづれい	MRO2-K05	2002/10/11	2002/11/6	HONJYO S.	みらい
KR00-04	2000/6/15	2000/7/14	J. O. Park	かいづれい	MRO2-K06	2002/11/13	2002/12/16	YONEYAMA K.	みらい
KR00-07	2000/10/25	2000/11/6	KAIHO Y.	かいづれい	MRO2-K06	2003/2/2	2003/2/14	MATSUMOTO K.	みらい
KR00-07	2000/11/6	2000/11/17	KOJIMA S.	かいづれい	MRO3-K01	2003/2/20	2003/3/30	WATANABE S.	みらい
KR01-10	2001/7/3	2001/7/18	TSURU T.	かいづれい	MRO4-02	2004/3/26	2004/4/16	HONDA M.	みらい
KR01-11	2001/7/24	2001/8/11	KANAZAWA T.	かいづれい	MRO4-03	2004/6/6	2004/7/2	UEKI I.	みらい
KR02-06	2002/5/24	2002/6/5	KAWABATA H.	かいづれい	MRO4-03	2004/7/3	2004/8/3	HASEGAWA H.	みらい
KR02-07	2002/6/8	2002/6/13	KAWAGUCHI K.	かいづれい	MRO4-04	2004/8/7	2004/8/30	WATANABE S.	みらい
KR02-07	2002/6/13	2002/6/18	KOJIMA S.	かいづれい	MRO4-06	2004/10/14	2004/11/9	HONDA M.	みらい
KR02-08	2002/6/20	2002/6/29	SUEHIRO K.	かいづれい	MRO4-07	2004/11/17	2004/12/9	WATANABE S.	みらい
KR02-08	2002/6/29	2002/7/9	SHINOHARA M.	かいづれい	MRO4-08	2005/1/14	2005/2/19	HOSODA S.	みらい
KR02-09	2002/7/10	2002/7/26	FUJIWARA Y.	かいづれい	MRO5-01	2005/2/28	2005/3/24	HONDA M.	みらい
KR02-15	2002/11/15	2002/12/5	KANEMATSU T.	かいづれい	MRO5-02	2005/5/25	2005/7/1	KONO T.	みらい
KR03-07	2003/6/29	2003/7/10	OGAWA Y.	かいづれい	MRO5-03	2005/8/25	2005/9/5	MORI S.	みらい
KR03-08	2003/7/11	2003/7/18	FUJI H.	かいづれい	MRO5-04	2005/9/13	2005/10/27	HONDA M.	みらい
KR03-09	2003/8/6	2003/8/27	KODAIRA S.	かいづれい	MRO5-05	2006/1/19	2006/1/30	WATANABE S.	みらい
KR03-10	2003/9/2	2003/9/19	KANEMATSU T.	かいづれい	MRO6-01	2006/2/5	2006/3/18	KASHINO Y.	みらい
KR03-14	2003/12/11	2003/12/26	TSURU T.	かいづれい	MRO6-03	2006/5/26	2006/6/18	HONDA M.	みらい
KR04-08	2004/6/11	2004/6/25	HIRANO N.	かいづれい	MRO6-03	2006/6/19	2006/7/25	HONDA M.	みらい
KR04-09	2004/6/30	2004/7/25	ICHIKI M.	かいづれい	MRO6-04	2006/7/31	2006/8/19	HARADA N.	みらい
KR04-10	2004/8/6	2004/8/19	MIURA S.	かいづれい	MRO6-04	2006/8/21	2006/9/29	HARADA N.	みらい
KR05-04	2005/4/18	2005/5/8	SATAKE K.	かいづれい	MRO6-05	2006/10/3	2006/11/27	YONEYAMA K.	みらい
KR05-07	2005/6/23	2005/7/8	FUJIMOTO H.	かいづれい	MRO6-05	2006/12/14	2007/1/19	KASHINO Y.	みらい
KR05-08	2005/7/10	2005/7/23	KANAZAWA T.	かいづれい	MRO7-01	2007/2/16	2007/3/26	MATSUMOTO K.	みらい
KR05-10	2005/8/1	2005/8/12	ABE N.	かいづれい	MRO7-03	2007/5/31	2007/7/14	UEKI I.	みらい
KR06-03	2006/4/3	2006/4/15	NAKANTSHI M.	かいづれい	MRO7-05	2007/9/4	2007/10/2	HONDA M.	みらい
KR07-05	2007/4/19	2007/4/30	OKAMURA Y.	かいづれい	MRO7-06	2007/10/7	2007/11/20	KONO T.	みらい
KR07-06	2007/5/6	2007/5/29	BABA K.	かいづれい	MRO7-07	2008/2/26	2008/3/2	HASE H.	みらい
KR07-07	2007/5/31	2007/6/7	FUJIMOTO H.	かいづれい	MRO8-01	2008/5/7	2008/5/22	MAENO K.	みらい
KR07-08	2007/6/10	2007/6/18	HIRANO Y.	かいづれい	MRO8-02	2008/5/26	2008/6/30	YONEYAMA K.	みらい
KR07-14	2007/11/1	2007/11/8	ARAKI E.	かいづれい	MRO8-03	2008/7/2	2008/8/6	KASHINO Y.	みらい
KR08-04	2008/4/22	2008/5/10	MIURA S.	かいづれい	MRO8-04	2008/8/15	2008/10/9	SHIMADA K.	みらい
KR08-10	2008/8/18	2008/9/10	YAMANO M.	かいづれい	MRO8-05	2008/10/11	2008/11/7	HONDA M.	みらい
KR09-06	2009/6/19	2009/7/5	FUJIE G.	かいづれい	MRO8-06	2009/1/14	2009/3/13	ABE N.	みらい
KR09-07	2009/7/5	2009/7/12	MIURA S.	かいづれい	MRO8-E01	2008/3/22	2008/3/28	ICHIKAWA H.	みらい
KR09-10	2009/8/14	2009/8/17	KOBAYASHI R.	かいづれい	MRO8-E02	2008/11/10	2008/11/18	NAGAO K.	みらい
KR09-16	2009/10/30	2009/11/12	YAMANO M.	かいづれい	MRO9-02	2009/8/9	2009/8/23	MAEDA K.	みらい
KR09-17	2009/11/17	2009/12/12	KAIHO Y.	かいづれい	MRO9-03	2009/8/28	2009/9/6	NISHINO S.	みらい
KR10-09	2010/7/1	2010/7/28	FUJIE G.	かいづれい	MRO9-03	2009/10/16	2009/10/25	NISHINO S.	みらい
KR10-10	2010/7/29	2010/8/15	TAKAHASHI N.	かいづれい	MRO9-04	2009/11/3	2009/12/12	KASHINO Y.	みらい
KR10-10	2010/8/16	2010/9/5	NO T.	かいづれい	MRO10-01	2010/1/19	2010/2/6	MATSUMOTO K.	みらい
KR10-12	2010/11/14	2010/11/28	YAMANO M.	かいづれい	MRO10-01	2010/2/7	2010/2/24	MATSUMOTO K.	みらい
KR97-07	1997/9/30	1997/10/16	JAMSTEC	かいづれい	MRO10-02	2010/4/6	2010/5/2	ANDO K.	みらい
KR97-09	1997/11/10	1997/11/27	JAMSTEC	かいづれい	MRO10-04	2010/8/11	2010/8/18	OKUMURA S.	みらい
KR98-04	1998/4/16	1998/5/4	JAMSTEC	かいづれい	MRO10-05	2010/8/22	2010/9/1	ITO M.	みらい
KR98-07	1998/7/13	1998/7/26	KONO Y.	かいづれい	MRO10-06	2010/10/18	2010/11/16	HONDA M.	みらい
KR98-07	1998/7/27	1998/8/8	FUJIKURA K.	かいづれい	MRO10-07	2010/11/24	2010/12/30	KASHINO Y.	みらい
KR99-02	1999/3/31	1999/4/8	JAMSTEC	かいづれい	MRO11-01	2010/12/31	2011/2/6	KASHINO Y.	みらい
KR99-08	1999/8/26	1999/9/16	TSURU T.	かいづれい	MR98-K01	1998/10/30	1998/12/15	KUSAKABE M.	みらい
KY00-02	2000/5/29	2000/6/23	MIYOSHI, RIKO	かいよう	MR98-K02	1998/12/22	1999/1/31	KONO T.	みらい
KY00-05	2000/7/15	2000/8/14	MIURA S.	かいよう	MR99-K01	1999/2/7	1999/3/31	KURODA Y.	みらい
KY00-09	2000/11/7	2000/12/1	JAMSTEC	かいよう	MR99-K02	1999/5/7	1999/5/30	HONDA M.	みらい
KY01-02	2001/4/3	2001/4/17	NAKAMURA S.	かいよう	MR99-K03	1999/6/8	1999/7/19	YONEYAMA K.	みらい
KY04-07	2004/6/13	2004/6/18	KAWAGUCHI K.	かいよう	MR99-K04	1999/7/23	1999/8/19	YAMAMOTO H.	みらい
KY04-07	2004/6/18	2004/7/5	MITSUZAWA K.	かいよう	MR99-K05	1999/8/23	1999/10/5	TAKIZAWA T.	みらい
KY04-09	2004/8/10	2004/8/21	KITAZATO H.	かいよう	MR99-K06	1999/10/13	1999/11/18	ANDO K.	みらい
KY07-05	2007/3/3	2007/3/14	MONMA Y.	かいよう	NT04-01	2004/2/11	2004/2/27	IBUSUKI A.	なつしま
KY07-14	2007/11/5	2007/11/14	YAMAMOTO F.	かいよう	NT04-07	2004/7/5	2004/7/13	KAWAGUSHI K.	なつしま
KY09-03	2009/7/5	2009/7/20	SATO T.	かいよう	NT05-08	2005/6/22	2005/6/28	MATSUMOTO H.	なつしま
KY09-05	2009/7/30	2009/8/5	MATSUMOTO R.	かいよう	NT06-03	2006/2/27	2006/3/7	KITAMURA M.	なつしま
KY09-06	2009/8/5	2009/8/19	TAKAHASHI N.	かいよう	NT06-11	2006/6/4	2006/6/17	MATSUMOTO H.	なつしま
KY09-07	2009/8/24	2009/9/7	ICHIKAWA H.	かいよう	NT06-13	2006/6/28	2006/7/9	SAKAMOTO I.	なつしま
KY10-10	2010/7/16	2010/7/30	SATO T.	かいよう	NT07-19	2007/9/15	2007/9/18	OGURI K.	なつしま
MRO0-K01	2000/1/5	2000/2/6	HONDA M.	みらい	YK00-04	2000/5/23	2000/6/4	FUJIOKA K.	よこすか
MRO0-K02	2000/2/12	2000/3/25	KURODA Y.	みらい	YK00-04	2000/6/6	2000/6/22	KATO C.	よこすか
MRO0-K04	2000/6/12	2000/7/5	YONEYAMA K.	みらい	YK01-06	2001/6/25	2001/7/6	OKAMURA Y.	よこすか
MRO0-K05	2000/7/9	2000/8/1	YOSHIKAWA Y.	みらい	YK01-10	2001/9/16	2001/9/23	MURASHIMA T.	よこすか
MRO0-K06	2000/8/3	2000/10/13	TAKIZAWA T.	みらい	YK02-02	2002/5/23	2002/5/30	KATO C.	よこすか
MRO0-K07	2000/10/18	2000/11/8	MIZUNO K.	みらい	YK02-ENG	2002/5/11	2002/5/16	JAMSTEC	よこすか
MRO0-K08	2000/12/27	2001/2/7	KAWANO T.	みらい	YK05-06	2005/5/12	2005/5/26	HIRANO N.	よこすか
MRO1-K01	2001/2/14	2001/3/22	ANDO K.	みらい	YK05-10	2005/9/1	2005/9/5	SAKAMOTO I.	よこすか
MRO1-K02	2001/5/13	2001/5/28	YOSHIKAWA Y.	みらい	YK06-05	2006/5/27	2006/6/11	INAGAKI F.	よこすか
MRO1-K03	2001/6/4	2001/7/18	WATANABE S.	みらい	YK07-14	2007/9/25	2007/10/8	MIWA T.	よこすか
MRO1-K04	2001/7/23	2001/8/27	FUKAZAWA T.	みらい	YK07-15	2007/10/11	2007/10/26	LINDSAY D.	よこすか
MRO1-K04	2001/8/28	2001/9/14	HONJYO S.	みらい	YK08-06	2008/5/7	2008/5/22	ITO Y.	よこすか
MRO1-K05	2001/9/20	2001/10/16	KURODA Y.	みらい	YK08-09	2008/7/27	2008/8/18	BABA K.	よこすか
MRO2-K01	2002/1/7	2002/2/15	KAWANO T.	みらい	YK09-11	2009/8/24	2009/8/27	TASHIRO S.	よこすか
MRO2-K02	2002/2/21	2002/3/30	ANDO K.	みらい	YK09-12	2009/8/28	2009/9/7	MARIYAMA T.	よこすか
MRO2-K03	2002/5/26	2002/6/21	YOSHIKAWA Y.	みらい	YK99-06	1999/7/10	1999/7/14	JAMSTEC Appl. Tech.	よこすか
MRO2-K04	2002/6/24	2002/8/22	HASE H.	みらい					

Table 4 Specifications of multi-beam echo sounders (JAMSTEC)

	かいいい・みらい・よこすか	なつしま	かいはう
音響測深儀 メーカー名 型式	メーカー：SeaBeam Instruments 型式：Sea Beam 2112.004	RESON Inc. SEABAT 8160	メーカー：SeaBeam Instruments 型式：ClassicSeaBeam
仕様	測深レンジ：50～11000m スワ幅：最大150° ビーム幅：2° x 2° ビーム間隔：1° 周波数：12kHz 測深誤差：直下で水深*0.2% サイドで水深*0.5%	測深レンジ 10～3000m スワ幅：水深の4倍 ビーム数：126 ビーム幅：1.5°～6° ビーム間隔：1° 周波数：50kHz	

上には測深データが少ない。航海の多くは、海底地形調査と合わせて地殻構造探査や生物生態、環境、大気海洋、気候変動などの研究テーマに従った航海中に取得されたものである。そのため、航跡は、東西、南北の直線、格子状、観測サイト周辺を取り巻くような円弧状等とまちまちである。

4 詳細 DEM 画像の作成

海底地形の判読のために、複数の画像処理ソフトを利用して海底画像の立体視用画像（ステレオペア画像やアナグリフ画像）を作成し、これを空中写真と同じように判読し効率的に地形解析を行った。具体的には、150 m グリッド DEM と SRTM 3 (<http://www2.jpl.nasa.gov/srtm/>) および 250 m グリッド地形 DEM (岸本, 2000) とを重ね合わせ作成したグリッドデータを Macintosh 用 DEM 解析ソフト Simple DEM Viewer[®]を用いてアナグリフ（赤青色画像）を作成したが、その際に光源を2つの対称点（たとえば北西と南東）に置いた2つの画像を作成した後に、画像処理ソフト Photoshop[®]で重ね合わせた。これによって、斜面の両側に影を付した立体視用画像を作成することができ、地形を詳細に把握できるようになった。また、Windows 用 DEM 解析ソフト Global Mapper[®]を用いて地形断面図や 3D 画像を作成し、地形判読の資料として活用した。これまで、日本海溝ではこのようなデータから詳細な陰影図を作成した図はあるが、地形立体視画像のもとに陸上の活断層判読と同様に活断層

判読を行った例はない。

5 成果

150 m グリッド DEM によって作成された第一鹿島海山周辺の陰影図とアナグリフ画像とを比較する (Fig. 2) と、地形解析の容易さの違いが一目瞭然である。しかしながら、アナグリフ画像は起伏を誇張する過立体視に注意する必要がある。したがって、アナグリフ画像から海底の起伏を直感的にとらえることはできるが、崖の高さや海底面の傾斜を量的に知ることは困難であり、地形解析のためには DEM 解析ソフトを併用することが望ましい。

Fig. 3 は日本海溝と東北日本弧周辺のアナグリフ画像である。陸域の地形起伏と比較して、日本海溝沿いの起伏がいかに大きいものであるかを知ることができる。この図の垂直：水平比は視点の距離により変化するが、おおよそ 5～10：1 である。

日本海溝沿いの活断層については、これまで「新編日本の活断層」(活断層研究会, 1991) の分布図が唯一ともいえるものであるが、その時点までに利用できる海底地形図と反射断面をもとに活断層を判読したもので、断層線は断片的であり、位置・形状や連続性に関しての精度は必ずしも高いものとは言えない。

日本海溝に沿う海底には、明瞭なバルジや、浸蝕では説明できない凹凸があり、海底面が連続していない。また、大きな崖の基部に若い小さな崖

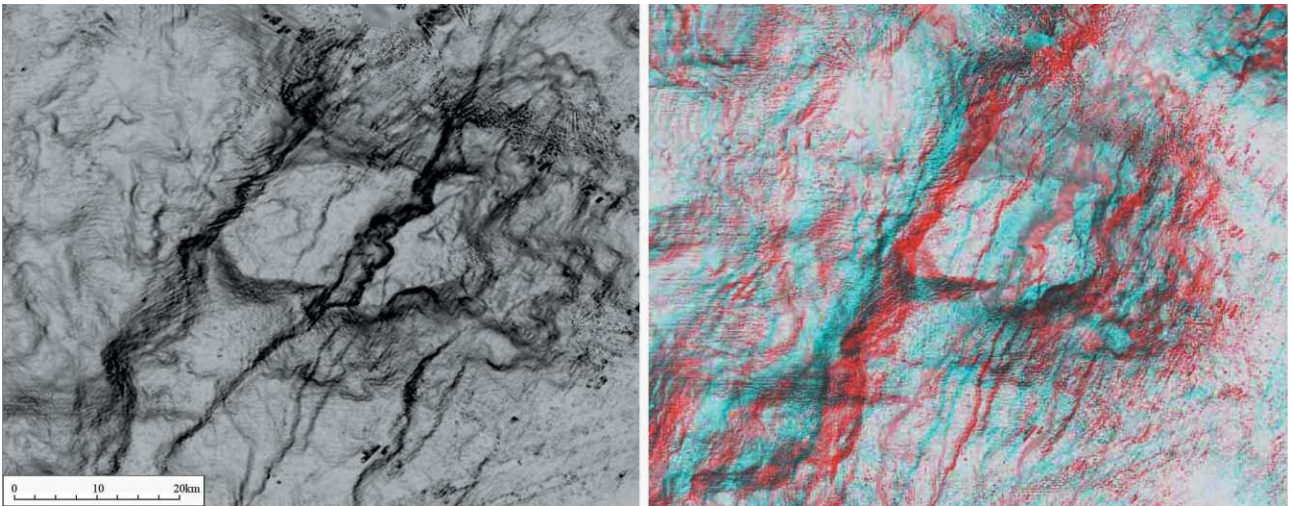


Fig. 2 Comparison between shaded image and anaglyph image around Daiichi-Kashima Seamount.
Shaded image is created by Global Mapper[®], and anaglyph image is created by Simple DEM Viewer[®].

があり，断層活動で成長した崖であると判断できる場合もある．そのような地形的特徴から，次に示すように，東から3つの活断層帯（群）が認定される．

(1) アウターライズの正断層：三陸沖から牡鹿半島南東沖にかけてはほぼ南北走向，それ以南では北東－南西走向の断層が数多く発達する．断層の多くは相対的に東側隆起であるが，西側隆起の断層もあり，東側隆起の断層との間に狭長な凹地を形成している．福島県沖には北東－南西走向の比較的長い断層が認められるが，それ以外では比較的短い直線的な断層が卓越している．

(2) 海溝陸側斜面上部の逆断層：海溝陸側斜面下部には三陸中部沖から茨城県沖にかけて，比較的直線的で連続性の良い長大な活断層が発達する．この状況は，南海トラフや千島海溝沿いの地域で，明瞭な規模の大きい活断層が複数発達することと対照的である．長大な活断層は牡鹿半島沖を境に北と南に分岐する形状を持つ．このうち海溝寄りの断層は断層変位地形が相対的には不明瞭であるのに対し，陸寄りの断層は撓曲崖上の地形が明瞭である．三陸沖の斜面基部には急崖を伴う長さ200 kmに及ぶ南北走向の活断層が認められる．また，三陸北部沖から十勝沖にかけては，海溝斜面中部に海溝に並行する連続する明瞭な断層

が発達している．第1鹿島海山より南の相模トラフとの会合点までは，海溝底は狭く直線的であり，全体として陸に向かってconcaveな輪郭を示す．さらに，陸側に低い撓曲崖をもつ一回り小規模な逆断層が認められる．

(3) 海溝陸側斜面上部に発達する正断層：三陸中部沖から茨城県沖にかけては，海溝陸側斜面上部の大規模な逆断層の上盤側の高まりにあたる範囲に短い正断層が群をなして認められる．これらは，アウターライズの正断層と形態的には類似するが分布密度の高い小規模なものが多い．牡鹿半島沖から福島県沖にかけて特に分布密度が高い．

これらの活断層の特徴を，典型的な海域を選び，より具体的に見ていく．三陸北部沖日本海溝周辺の東経144度線以西の海溝陸側斜面は比高3000 mにも及ぶ断層崖であり，その位置から明治三陸地震や昭和三陸地震に関連すると考えられる長大な活断層はその基部に沿って発達している (Fig. 4)．断層崖の下部は直線的で急な崖から構成されており，正断層崖とも見える断層変位地形を呈している．一般に，極めて隣接する範囲で逆断層と正断層が作る崖が重なって出現することは考え難いが，長大な沈み込み型のプレート境界である本海域では，特殊な現象が起こっていることをにわかには否定できない．

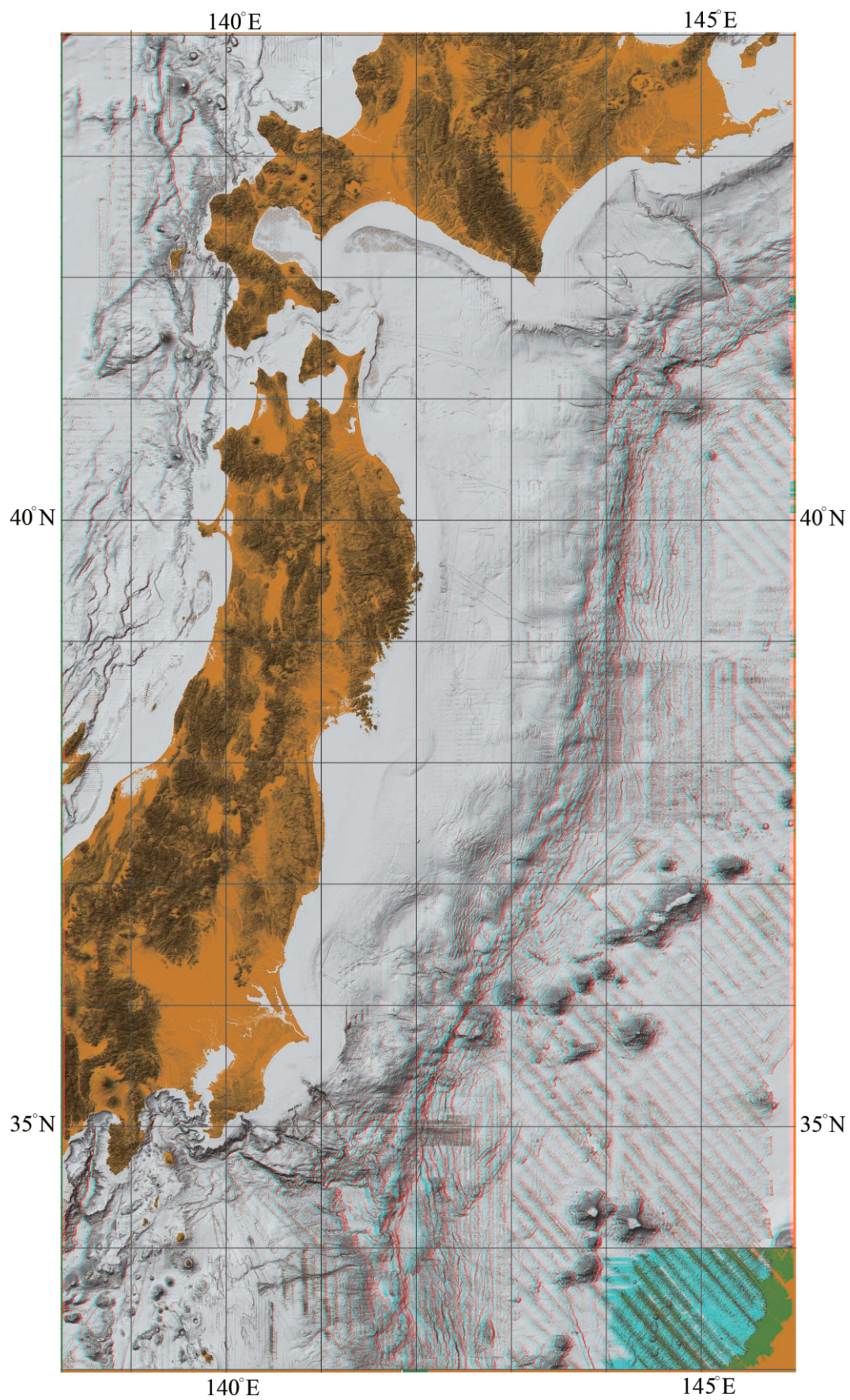


Fig. 3 Anaglyph image around the Japan Trench and Northeastern Japan Arc. Vertical exaggeration of the depth is about 5 to 10 times.

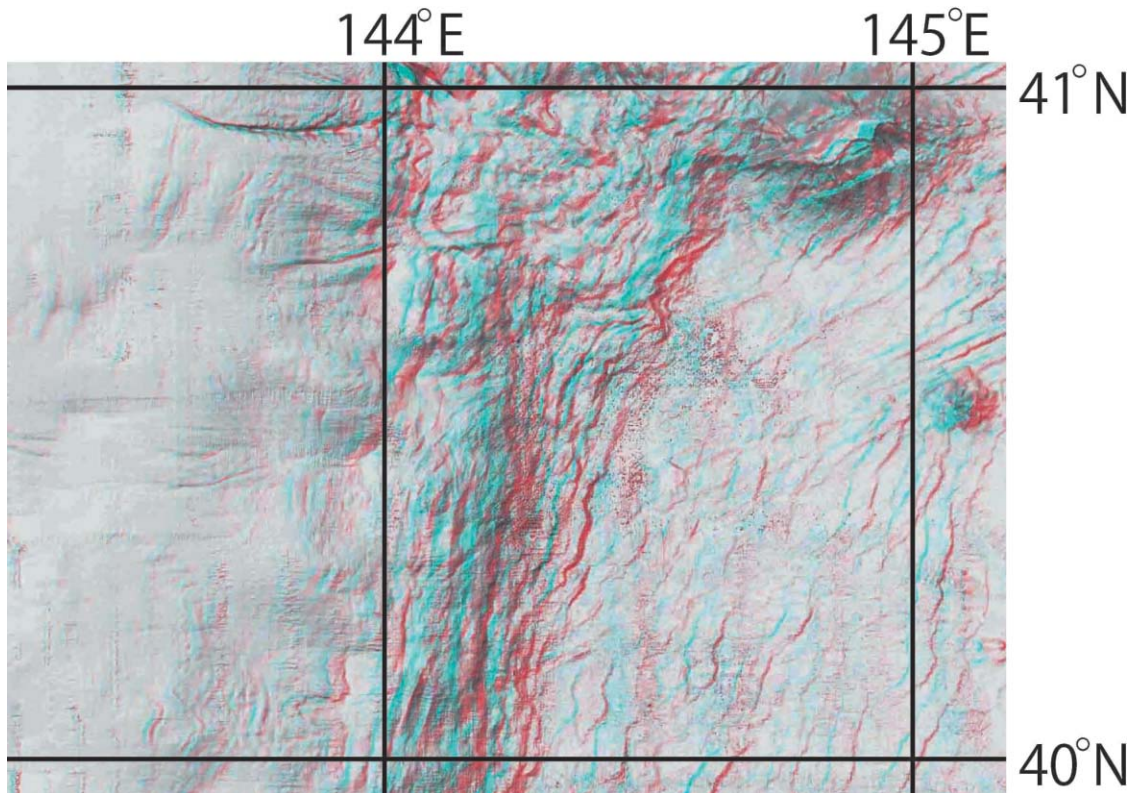


Fig. 4 Anaglyph image of the Japan Trench off the northern Sanriku

三陸中部沖日本海溝周辺では海溝軸の東側に広がるアウターライズには正断層が密に発達しており、三陸中部沖日本海溝周辺などでは、正断層に挟まれた高まりや凹地を形成している (Fig. 5)。一方、この図の東経 144 度線以東の海溝陸側斜面は比高 2000 m 以上に及ぶ大断層崖で、大規模な海底地すべり地形が認められる。東経 144 度線以西にも比高 2000 m に達する大撓曲崖が認められる。延長 400 km 以上に達する断層崖 (撓曲崖) の分布と震源域が一致することから、この基部に 2011 年東北地方太平洋沖地震に関連する逆断層性活断層が連なると考えられる。

Fig. 6 は、宮城県沖日本海溝周辺の立体視図で、2011 年東北地方太平洋沖地震の震央周辺域にあたる。東経 144 度の西の海溝陸側斜面は比高 3000 m 以上に及ぶ急崖となっている。北部では、この急崖は高位の比高 2000 m の断層崖と下位の比高 1500 m の断層崖から構成されている。しかし、断層崖は北緯 38 度より少し北にある東西性の崖を境に、南側では大規模な地すべり地形

が発達するために相対的に緩やかな斜面が発達する。この斜面を横切って新たな断層運動によって低い (といっても比高 200 m) 断層崖の発達が認められる。

6 海底活断層と地震

日本海溝沿いの逆断層は、三陸沖の明治三陸地震のような $M 8$ クラスの地震に関連する活断層と、2011 年東北地方太平洋沖地震に対応する海溝陸側斜面下部の大規模な活断層の発達が特徴的である。その他には $M 7$ クラスの地震に対応すると考えられる比較的短い逆断層が海溝と陸棚の間に散見される (渡辺・他, 2011・中田・他, 2011)。このような活断層の発達状態は、南海トラフや千島海溝に沿って $M 8$ クラスの地震が多発する海域とは異なり、日本海溝沿いでは 2011 年東北地方太平洋沖地震のような超巨大な地震を発生する長大な活断層が比較的長い間隔で発生してきたことと符合する。1933 年三陸沖地震津波に対応する活断層を特定することは現時点では困

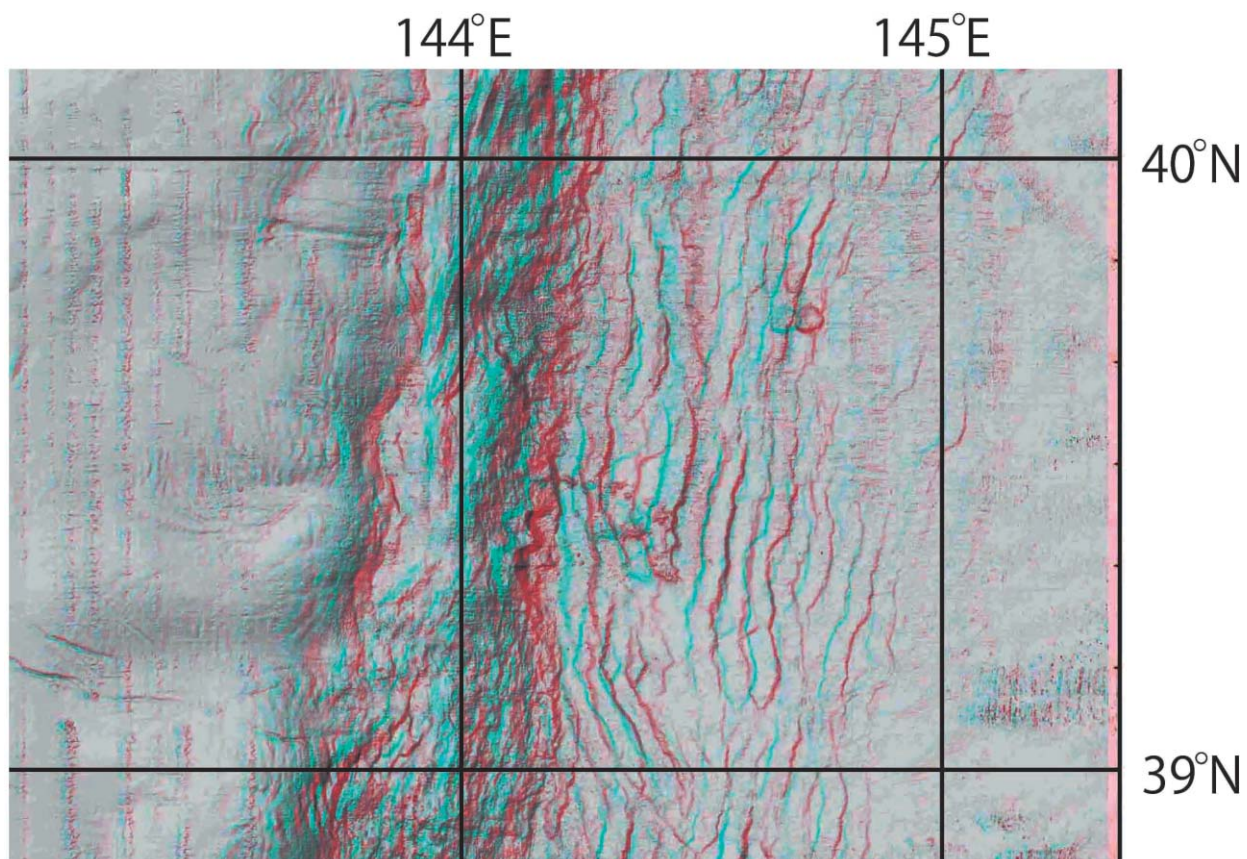


Fig. 5 Anaglyph image of the Japan Trench off the central Sanriku

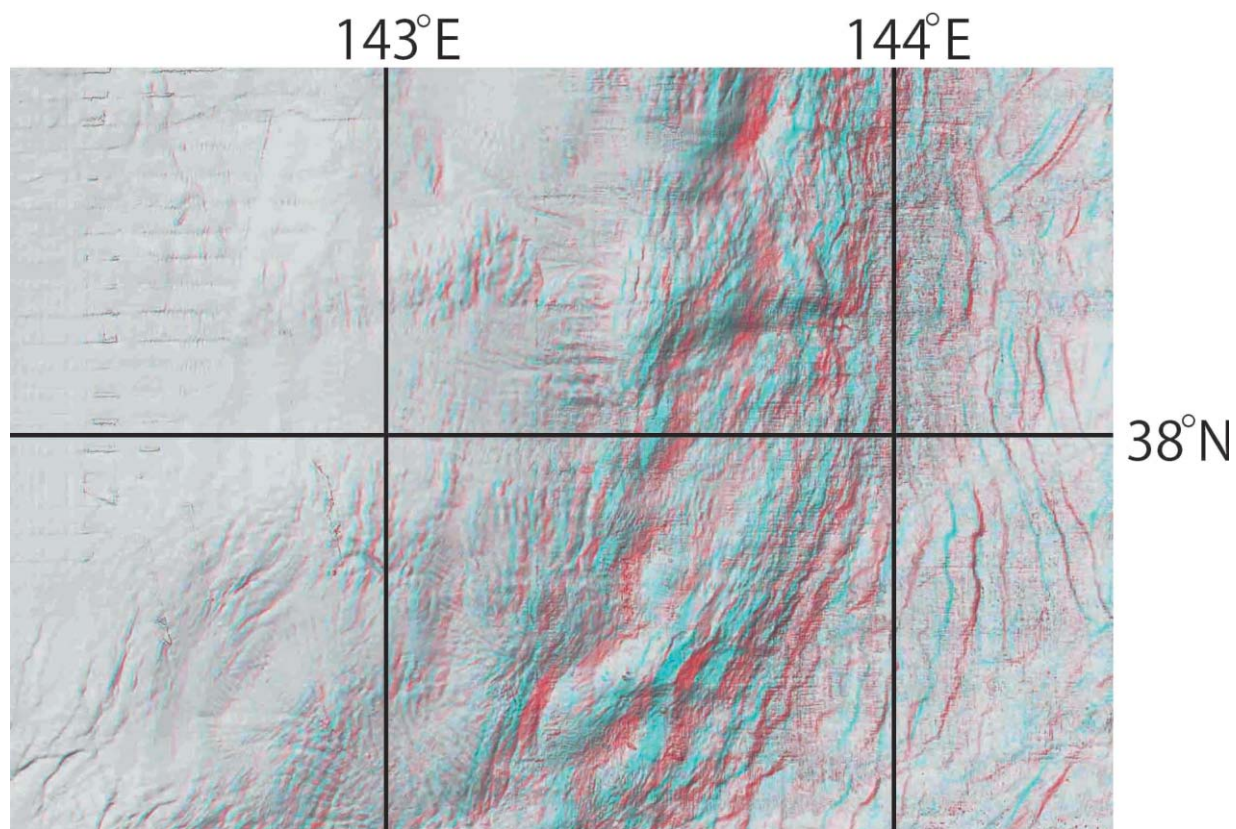


Fig. 6 Anaglyph image of the Japan Trench off Miyagi prefecture

難であるが、アウターライズに発達する短い活断層が連鎖的に活動したものと考えられる。2011年東北地方太平洋沖地震の余震で、アウターライズで発生した $M 7.5$ の地震は、福島県沖の比較的長大な正断層の北部で起こった可能性が高い。一方、牡鹿半島沖の海溝沿いの長大な活断層の西側には長さ約 70 km の一回り短い逆断層型の活断層があり、さらに陸域に近い海底に発達する短い活断層は、宮城県沖地震や福島県南部から茨城県北部沖で発生する $M 7$ クラスの地震の発生源に対応するものである可能性が指摘される。海溝陸側斜面上部に発達する小規模な正断層群は、その分布の特徴から、2011年東北地方太平洋沖地震のような大規模な断層変位の範囲に対応し、地下でのアスペリティの分布を暗示している可能性が高い。このように、日本海溝沿いの活断層の規模や分布は、この地域で発生する地震の特徴を反映するものである。したがって、将来、巨大地震の発生が予測される千島海溝や南海トラフにおいても、海底活断層と地震との関連をさらに詳細に検討することが重要となる。

謝 辞

本研究は、海上保安庁海洋情報部測量船及び海洋研究開発機構調査船が長年にわたって実施した測深データを活用したもので、調査にあられた多くの研究者・乗組員の方々に感謝いたします。

データ解析には、平成 23-26 年度科学研究費補助金（基盤研究（A）研究課題番号：2324121、研究代表者：中田 高）の成果の一部を使用した。

参考文献

泉紀明・加藤幸弘・西澤あずさ・伊藤弘志・渡邊奈保子・中田高・後藤秀昭・植木俊明・梶塚 (2011), 3 秒グリッドから作成したフィリピン海プレート北縁部の 3 D 画像, **海洋情報部研究報告**, 47, 83-89.
海上保安庁海洋情報部・海洋研究開発機構 (2011), 東北沖の海底地形データの取りまと

め, **日本地震学会ニュースレター**, 23, 2, 35-36. http://www.zisin.jp/modules/pico/index.php?content_id=2264.

活断層研究会 (1991), **日本の活断層**, 東京大学出版会, 東京.

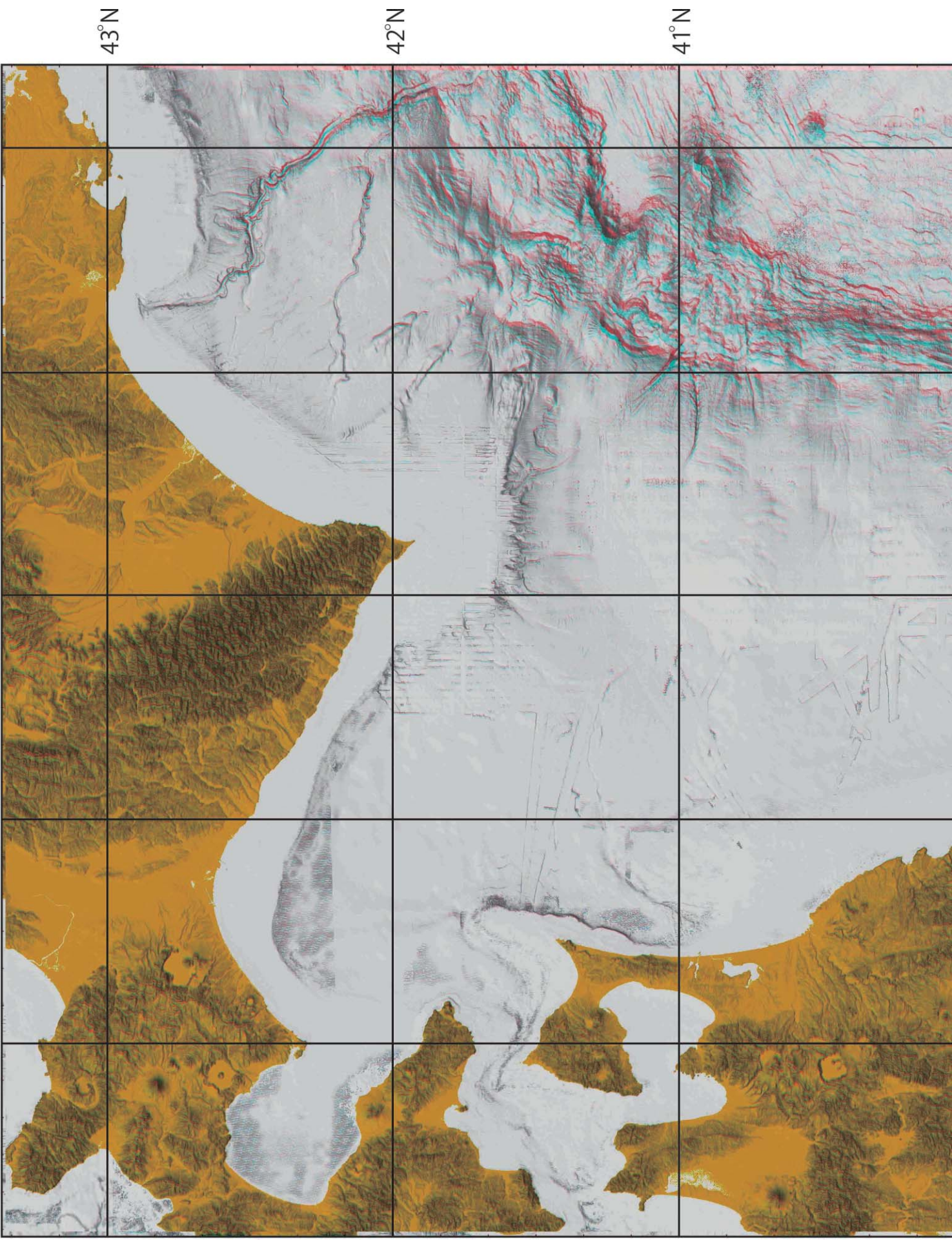
岸本清行 (2000), 海陸を合わせた日本周辺のメッシュ地形データの作成 : Japan 250 m. grd, 地質調査所研究資料集 353, 地質調査所, つくば.

中田高・後藤秀昭・渡辺満久・鈴木康弘・西澤あずさ・泉紀明・伊藤弘志 (2011), 日本海溝沿いの活断層と地震に関する予察的考察, **日本地球惑星科学連合 2011 年度連合大会予稿集**, MIS 036-P 189.

渡辺満久・中田 高・後藤秀昭・鈴木康弘 (2011), 日本海溝沿いの活断層分布と地震・津波, **日本地理学会発表要旨集**, No.80, 101.

要 旨

「平成 23 年 (2011 年) 東北地方太平洋沖地震」の発生を受けて、海上保安庁と海洋研究開発機構 (JAMSTEC) における既存の主にマルチビーム測深機で取得したデータを取りまとめ、グリッド間隔 150 m の DEM を作成した。さらに、この DEM を用いてアナグリフ図を作成し、海底の活断層の抽出を行い解釈を試みた。



43°N

42°N

41°N

43°N

42°N

41°N