

海域における
断層情報総合評価プロジェクト

(平成28年度)

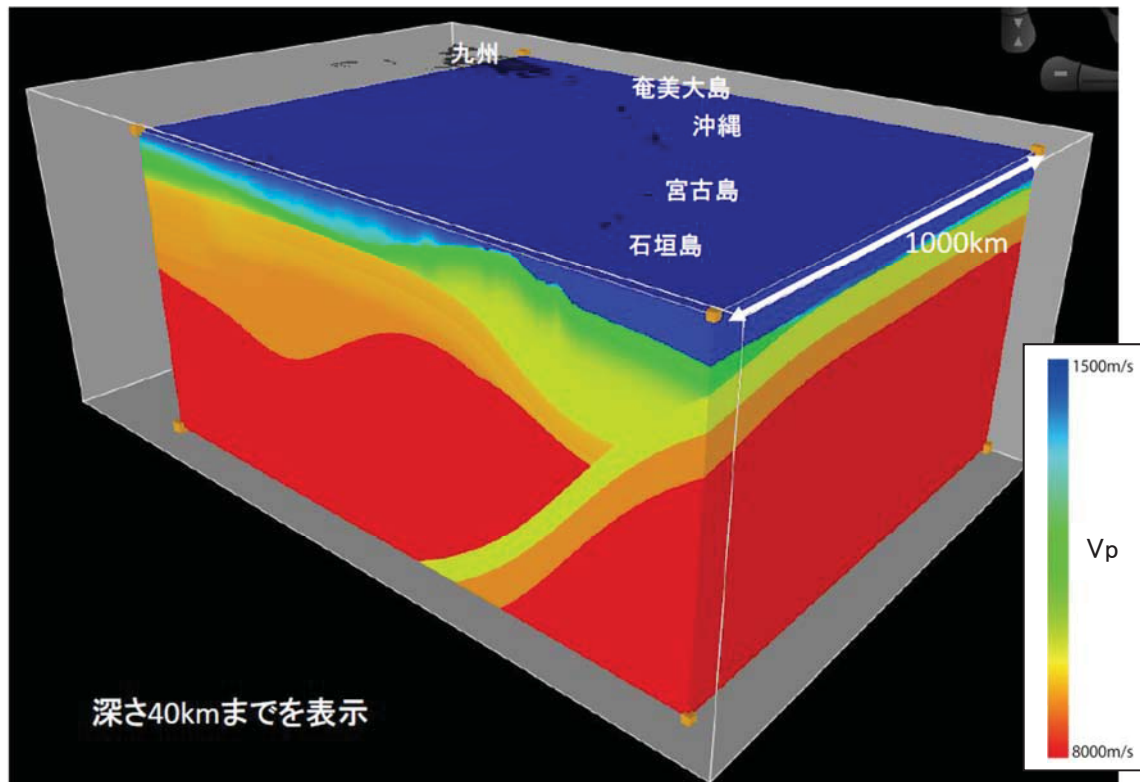
成果報告書

平成29年5月

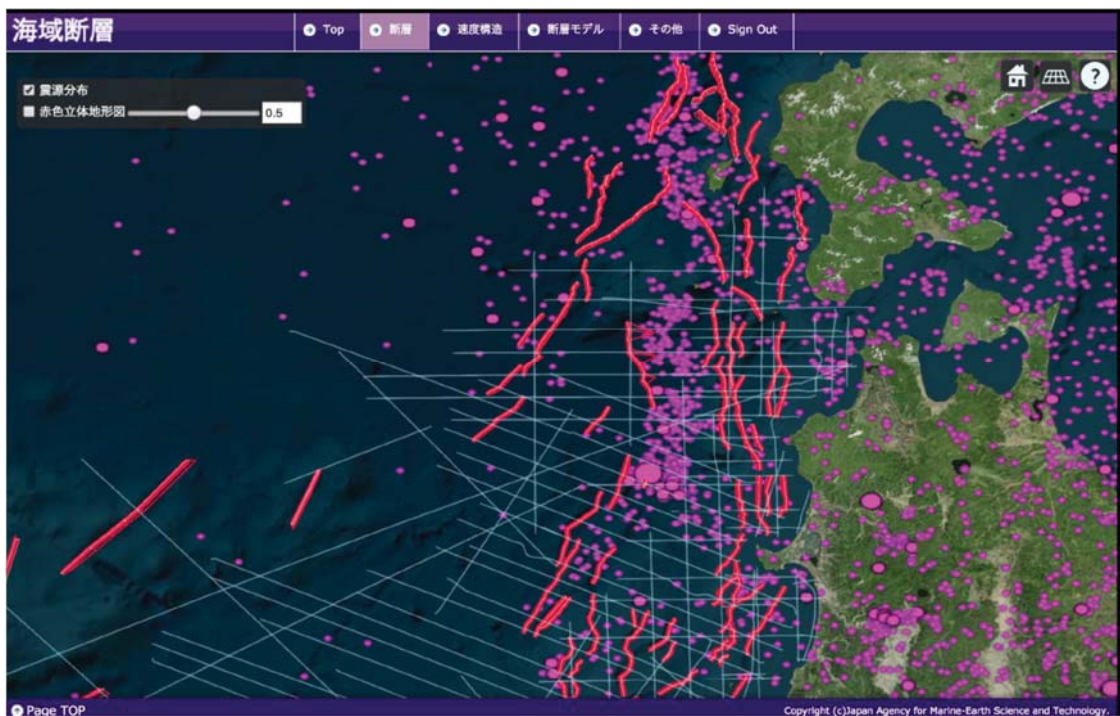
文部科学省 研究開発局
国立研究開発法人 海洋研究開発機構

本報告書は、文部科学省の科学技術基礎調査等委託事業による委託業務として、国立研究開発法人海洋研究開発機構が実施した平成 28 年度「海域における断層情報総合評価プロジェクト」の成果を取りまとめたものです。

無断複製等禁止

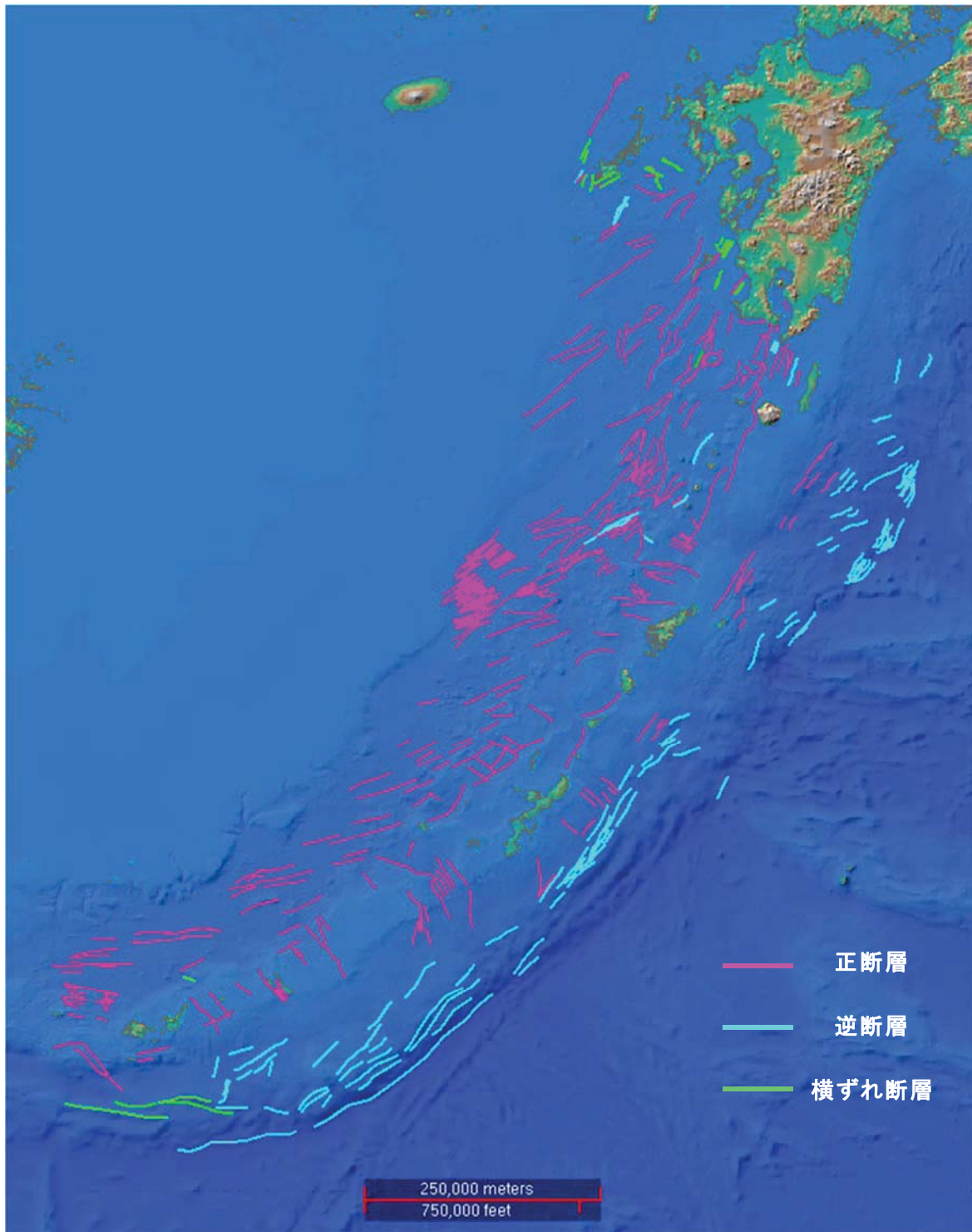


三次元地震波（P波）速度構造モデル概観（南西諸島海域）



断層分布と震央位置

- 実線 ———— : 測線位置
赤線 ———— : 断層
丸印 ● : 震央位置



南西諸島海域：断層分布図（平成 27 年度及び平成 28 年度解釈結果）

目次

はじめに	1
1. プロジェクトの概要	2
2. 業務の実施体制	4
3. 研究報告	5
3.1 海域断層に関する既往調査結果の収集及び海域断層データベースの構築	5
3.2 海域における既往探査データ等の解析及び統一的断層解釈	35
3.3 海域における断層モデルの構築	138
付録 1：1983 年日本海中部地震の再現断層モデルの検証	238
付録 2：1993 年北海道南西沖地震の再現断層モデルの検討	274
4. 全体成果概要	317
5. 成果の論文発表・口頭発表等	318
6. むすび	320
7. 委員会・会議	321

はじめに

平成 23 年 3 月に発生した東北地方太平洋沖地震による甚大な津波被害を教訓に、現在、国や地方公共団体等で津波ハザード評価が行われており、科学的知見に基づく津波ハザード評価の必要性は国民的なコンセンサスとなっている。津波ハザード評価には、津波の波源となり得る海域に分布する断層の位置や形状、変位方向などの情報が必要である。しかし、陸域の活断層については、全国を統一的基準のもとに認定しカタログ化した「(新編)日本の活断層」(1991)により、活断層の長期評価等のハザード評価が統一的かつ効率的に進められている一方で、海域についてはこのようなカタログは整理されていない。これまで、国立研究開発法人海洋研究開発機構(以下、「JAMSTEC」)、独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構(以下、「JOGMEC」)、国立研究開発法人産業技術総合研究所(以下、「AIST」)等により多くの調査が行われ、海域の断層図が作成されてきたものの、各機関によって精度や解釈に違いがあり、同じ地域でも断層分布の解釈結果が異なるなど混乱が生じている。

このため、日本周辺海域の断層情報を統一的な基準で整備し、津波ハザード評価のための基礎資料を提供することを目的とした研究開発プロジェクトを平成 25 年度より開始した。平成 25 年度は、日本海における既存のデータ収集を図り、平成 26 年度は、対馬沖から北海道西方海域に亘る広範囲の海域で断層解釈を実施し、成果を取り纏めた。平成 27 年度は、南西諸島周辺海域(南部海域：先島諸島～徳之島周辺海域)において、断層解釈を実施し、平成 28 年度は、平成 27 年度に引き続き南西諸島周辺海域(北部海域：九州南西海域～沖縄北方海域)での断層解釈作業を実施した。

なお、本プロジェクトは、これまで、複数の機関で取得されている海底下構造のデータを再解析し、有識者による一定の解釈を行うことにより、日本周辺の沿岸域の断層情報を整理するとともに、適切な防災減災対策に繋げ、ひいては国土保全のために海底地下構造データベースとして広く情報を公開し、産学官民すべてが有効に活用できるよう運用していくことを目的とする。

1. プロジェクトの概要

陸上では、空中写真や現地での測量、ボーリング調査、放射年代測定などの様々な手法によって断層の調査が実施されている。一方、海底の断層については、JOGMEC の基礎物理探査、AIST による浅層反射法地震探査、JAMSTEC や海上保安庁（以下、「JCG」）による海底下構造探査などが行われ、断層を含めた海底下の構造データが取得されてきているものの、探査や解析手法の違いにより、断層の統一的な評価までには至っておらず、どの位置に断層があるかという基本的な情報も理解されていない。特に陸域に近い浅海部については、物流の拠点であり企業や工場だけではなく、エネルギー関連施設も多く立地した重要拠点であり、沿岸域の断層評価は、断層のずれによる地震や津波の被害軽減の対策を検討するために喫緊の課題である。

本プロジェクトでは、これまで、複数の機関で取得されている海底下構造のデータを再解析し、有識者による一定の解釈を行うことにより、日本周辺の沿岸域の断層情報を整理するとともに、適切な防災減災対策に繋げ、ひいては国土保全のために海底地下構造データベースとして広く情報を公開し、産学官民すべてが有効に活用できるよう運用していくことを目的とする。

これら情報は、活動度の評価と合せ、解りやすい形で提供することにより、特に沿岸域の企業立地戦略や既存建造物の防災・減災対策の策定に資する有益な情報となるほか、普及・広報を通じた住民への防災意識の向上にも有用であり、海底下の構造の解釈を通じて地震発生メカニズムの解明に資するデータとなるものである。

(1) 海域断層に関する既往調査結果の収集及び海域断層データベースの構築

日本周辺の海域断層イメージを得るのに重要な反射法地震探査データ（以下、「反射法データ」）等を収集する。ここでは、国立研究開発法人、独立行政法人、官公庁、各大学、民間企業などで取得されてきたエアガンを震源とする反射法データと、深度に変換する三次元地震波（P 波）速度構造及び海底地形情報を収集し、一元的に管理・保管を行うものとする。

収集した既往のデータから、日本周辺海域の断層分布を明らかにして、成果を公開できるデータベース（以下、「DB」）を構築する。データは毎年蓄積されるが、DB はそれらのデータを新規に加えて成果を改訂できる、柔軟性と拡張性を持つシステムとする。

(2) 海域における既往探査データ等の解析及び統一的断層解釈

統一的断層解釈を行うために収集された反射法データ等を用い、海底下数 km から最大 10km 程度までの地質構造を把握する。一部のデータは、ノイズ除去手法など最新のデータ処理を加え、深部イメージングの品質を向上させる。DB に登録後、断層を解釈し、断層の三次元的な広がり进行评估する。断層には調査の音源に応じた分解能の違いがあるが、主断層を抽出しサブテーマ(3)に情報を提供する。断層の深部延長についても解釈を加え、そのデタッチメントの場所进行评估する。解釈結果は、客観性を保持するため、アドバイザー・評価助言委員の方々から意見を頂き、

適宜改訂する。

(3) 海域における断層モデルの構築

サブテーマ(2)で再解析・解釈して求めた日本周辺海域の三次元断層分布から、断層面の広がり大きい主断層を抽出し、断層モデルを構築する。M7程度以上であると推定されるもので、かつ、津波や地震動の記録が存在する地震の震源断層と考えられるものについては、地震動と津波のシミュレーションを行うことにより、構築した断層モデルの妥当性を検証する。モデル構築及びシミュレーションについては、必要に応じて地震調査研究推進本部地震調査委員会の下に設置された評価部会等に報告し、その議論も踏まえて進める。また、断層分布と地殻内の変形構造との整合性を確認する。

本報告書では、平成28年度の成果について記す。

2. 業務の実施体制

実 施 項 目	担 当 機 関	担 当 者
事業責任者	国立研究開発法人海洋研究開発機構 地震津波海域観測研究開発センター 招聘上席技術研究員	金田 義行
海域断層に関する既往調査 結果の収集及び海域断層デ ータベースの構築	国立研究開発法人海洋研究開発機構 地震津波海域観測研究開発センター 海域断層情報総合評価グループリーダー	清水 祥四郎
海域における既往探査デー タ等の解析及び統一的断層 解釈	国立研究開発法人海洋研究開発機構 地震津波海域観測研究開発センター 地震発生帯モニタリング研究 グループリーダー	高橋 成実
海域における断層モデルの 構築	国立研究開発法人防災科学技術研究所 社会防災システム研究部門 部門長	藤原 広行

3. 研究報告

3. 1 海域断層に関する既往調査結果の収集及び海域断層データベースの構築

(1)業務の内容

(a)業務題目 海域断層に関する既往調査結果の収集及び海域断層データベースの構築

(b)担当者

所属機関	役職	氏名
国立研究開発法人海洋研究開発機構	グループリーダー	清水 祥四郎
国立研究開発法人海洋研究開発機構	グループリーダー	高橋 成実
国立研究開発法人海洋研究開発機構	特任技術主任	田中 恵介

(c)業務の目的

日本周辺の海域断層イメージを得るのに重要な反射法地震探査データ（以下、「反射法データ」）等を収集する。また、これらのデータは膨大な量になるため、統一的に整理し、効率的に検索できるデータベース（以下、「DB」）システムを構築する。ここでは、国立研究開発法人、独立行政法人、官公庁、各大学及び民間石油会社などで取得されてきたエアガンを震源とする反射法データと位置データ、深度に変換する三次元地震波（P波）速度構造（以下、「速度構造」）及び海底地形情報を収集し、クオリティコントロール（以下、「QC」）を実施した上で、一元的に管理・保管を行うものとする。データは毎年蓄積されるが、DBはそれらのデータを新規に加えて成果を改訂できる柔軟性と拡張性を持つシステムとする。

収集した既往のデータから、日本周辺海域の断層分布を明らかにして、成果を公開できるDBをプロジェクト全体の進捗に合わせて構築する。

(d)7 ヶ年の年次実施業務の要約

1)平成 25 年度：

DB の仕様を設計、ハードウェアとソフトウェアを選択・導入し、DB を構築した。
日本海の既往調査データを JAMSTEC 及び外部機関から収集を開始し、DB に登録した。

2)平成 26 年度：

引き続き日本海のデータを収集するとともに、DB に登録した。平成 25 年度に再解析したデータを登録し、DB の充実を図った。

3)平成 27 年度：

伊豆・小笠原から南西諸島海域のデータを収集するとともに、DB に登録した。平成 26 年度に再解析したデータ・解釈結果を登録し、DB の充実を図った。

4)平成 28 年度：

南海トラフ、伊豆・小笠原海域から南西諸島海域のデータを収集するとともに、DB に登録した。平成 27 年度に再解析したデータ・解釈結果を DB に登録し、DB の

充実を図った。DB の外部公開に向けて、プロトタイプを作った。

5) 平成 29 年度：

南海トラフから伊豆・小笠原海域のデータを収集するとともに、DB への登録を行う。平成 28 年度に再解析したデータ・解釈結果を DB に登録し、DB の充実を図る。DB の外部公開に向けて、特定の機関に対しての試験的な運用を図り、問題点等の摘出を図る。

6) 平成 30 年度：

南海トラフのデータを収集するとともに、DB への登録を行う。平成 29 年度に再解析したデータ・解釈結果を DB に登録する。DB の外部公開システムを検証、仮運用を開始する。

7) 平成 31 年度：

平成 30 年度に再解析したデータ・解釈結果を登録し、DB を完成させる。再解析した結果と解釈結果の DB を確認し、不足分を補てんする。システム全体の機能を再確認し、DB を外部に公開する。この成果を社会還元し、システムの利活用を図るため、いくつかの関係する自治体とともに成果報告会を行う。

(2) 平成 28 年度の成果

(a) 業務の要約

平成 28 年度の業務の目的は、平成 27 年度に引き続き南西諸島海域で実施された既往の反射法データ、速度構造、並びに海底地形情報の収集である。一部の反射法データについては再解析を実施して、解釈に十分な品質を持つデータとして平成 25 年度に構築を開始した DB に登録した。

南西諸島海域の既往データの収集にあたっては、主に JAMSTEC をはじめ、JOGMEC、AIST、JCG などの公的機関及び民間石油会社のデータを対象とし、平成 27 年度にほぼ収集を終えた。その後、1970 年代に石油探査の目的で実施された民間会社の反射法データが、現在 JOGMEC に保管されている事が判明したので、このデータを追加すると共に、AIST が実施した高知～宮崎沖の一部のデータを追加した。

伊豆・小笠原海域の既往データについても平成 27 年度に引き続き、先行して収集した。これら収集されたデータは、メタ情報等を付加し、位置データと海底地形の整合性を確認して登録した。これらのデータは、キーワード検索が可能となるような形で DB へ登録している。

(b) 業務の成果

1) データ収集

平成 28 年度は、平成 27 年度に引き続き JAMSTEC、JOGMEC、AIST の他、JCG 等の公的機関、及び民間石油会社の石油資源開発株式会社（以下、「JAPEX」）、新西日本石油株式会社（以下、「SNSK」）のデータについて収集を図った。

JAMSTEC 調査は、マルチチャンネル反射法地震探査（以下、「MCS」）及び屈折法地震探査（以下、「OBS」）データ取得の調査が南西諸島海域で実施された（図 1 及び表 1）。

表 1 JAMSTEC調査 収集データ

調査名	調査年度	海域	データ種別
KR15-21	H25	南西諸島	MCS

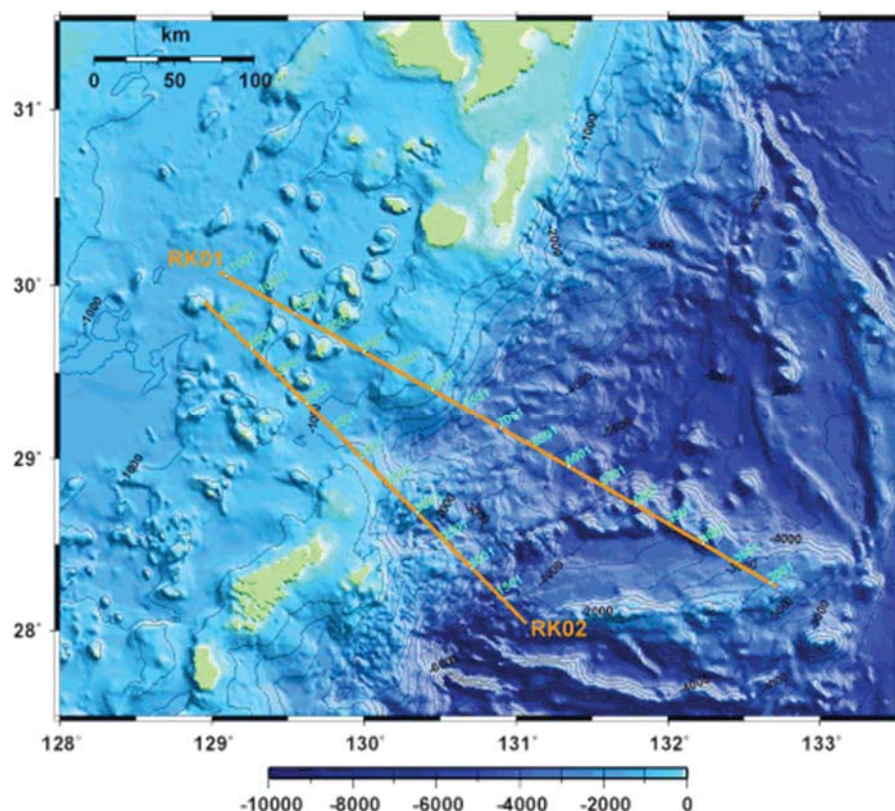


図 1 JAMSTEC調査測線図

JOGMECが実施した調査データからは、MCSデータと坑井データが収集された。MCSデータは、平成27年度に南西諸島周辺海域の殆どの既存データの収集が終了していたが、一部海域で再解析対象のデータが存在している事が分かり、そのデータの収集を図った。平成29年度以降の対象海域、即ち、伊豆・小笠原海域、南海トラフについては、先行してデータを収集した（表 2）。

表 2 JOGMEC調査 収集データ

調査名	調査年度	海域	データ 種別
昭和 46 年度 大陸棚石油・天然ガス基礎調査 基礎物理探査「東海」調査	S46	南海トラフ	MCS
昭和 49 年度 大陸棚石油・天然ガス基礎調査 基礎物理探査「東海～九州」調査	S49	南海トラフ	MCS
昭和 52 年度 大陸棚石油・天然ガス基礎調査 基礎物理探査「下北～東海沖」調査	S52	南海トラフ	MCS
昭和 53 年度 大陸棚石油・天然ガス基礎調査 基礎物理探査「東海沖～熊野灘、宮崎沖、 伊豆七島海域（一部）」調査	S53	南海トラフ	MCS
昭和 54 年度 大陸棚石油・天然ガス基礎調査 基礎物理探査「伊豆七島海域、小笠原諸島海 域」調査	S54	南西諸島	MCS
昭和 58 年度 大陸棚石油・天然ガス基礎調査 基礎物理探査「東海～熊野灘」「四国沖」調査	S58	南西諸島	MCS
平成 2 年度 国内石油・天然ガス基礎調査 基礎物理探査「紀伊水道～四国沖」調査	H2	南西諸島	MCS
平成 8 年度 国内石油・天然ガス基礎調査 基礎物理探査「南海トラフ」調査	H8	南西諸島	MCS
平成 11 年度 国内石油・天然ガス基礎調査 基礎物理探査「東海沖浅海域」調査	H11	南西諸島	MCS
平成 13 年度 国内石油・天然ガス基礎調査 基礎物理探査「東海沖～熊野灘」調査	H13	南西諸島	MCS
平成 14 年度 国内石油・天然ガス基礎調査 基礎物理探査「東海沖～熊野灘」調査	H14	伊豆・小笠原	MCS
平成 20 年度 国内石油・天然ガス基礎調査 基礎物理探査「小笠原 2D・3D」調査	H20	伊豆・小笠原	MCS
平成 20 年度 国内石油・天然ガス基礎調査 基礎物理探査「宮崎沖 3D」調査	H20	南海トラフ	MCS
平成 22 年度 国内石油・天然ガス基礎調査 基礎物理探査「宮崎沖 3D」調査	H22	南海トラフ	MCS
昭和 55 年度 国内石油・天然ガス基礎調査 基礎物理探査「トカラ列島沖」	S55	南海トラフ	MCS

AISTの保管・所有するデータは、主としてシングルチャンネル反射法地震探査（以下、「SCS」）である。平成28年度は、図2に示す南海トラフ（宮崎沖）において実施された調査の収集を図った（表3）。データの特徴としては、JAMSTECやJOGMECのデータと異なり、SCSでは短いストリーマークケーブルを使用しているため、深部のイメージングは適さないが、浅部領域を高分解能でイメージングするには適している。また、測線間隔も狭いため、水平方向の断層分布を把握するために役立つデータである。

表3 AIST調査 収集データ

調査名	調査年度	海域	データ種別
gh831n2	S58	南海トラフ （宮崎沖）	SCS

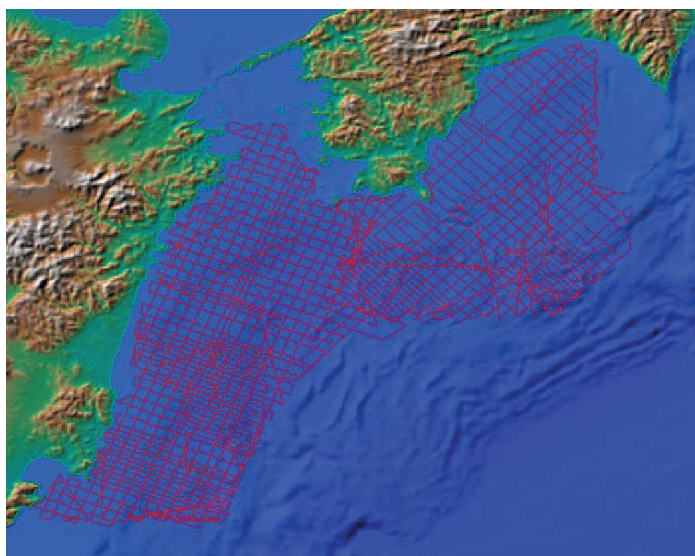


図2 AIST調査測線図

民間会社のデータとしては、石油探鉱を目的としたエアガン震源のMCSデータを入手した（表4）。

表4 民間石油会社 収集データ

調査名	調査年度	海域	データ種別
トカラ列島（SNSK）	S48	南西諸島	MCS

地震探査以外のデータとして、地質年代を把握し、反射法地震探査断面図（以下、「反射記録断面図」）との地質年代の対比を行うための坑井データも収集し（表5）。これらの坑井データの一部は、平成30年度以降の対象海域で利用される予定である。

表5 坑井データ

坑井名	調査年度	調査域	機関・会社等
十勝沖	S57	日本海溝	JOGMEC
御前崎沖	S58	南海トラフ	JOGMEC
気仙沼沖	S59	日本海溝	JOGMEC
北見大和堆	S61	オホーツク海	JOGMEC
相良	S63	南海トラフ	JOGMEC
相馬沖	H2	日本海溝	JOGMEC
常磐沖	H3	日本海溝	JOGMEC
三陸沖	H10	日本海溝	JOGMEC
南海トラフ	H11	南海トラフ	JOGMEC
襟裳	S53	日本海溝	SNSK（JOGMEC）

2) 収集データの整理と登録

収集した既往調査データについては、平成 25 年度に策定したワークフローに基づき、全体量の把握及び円滑に解釈作業へデータを引き渡せるよう、整理・登録作業を実施した。本年度は南西諸島海域を中心に作業を実施したが、一部、伊豆・小笠原海域及び南海トラフの既往調査データも収集したため、それらも合わせて整理・登録作業を実施した。

a) データ整理プレ段階ワークフロー（図 3）

データ整理プレ段階では、収集したデータの全体量把握のために棚卸を実施、各媒体に記録されているデータのディスクへのコピー、古いサイスミックデータに対してはマイグレーションを含む再解析を実施し、品質の向上を図った。データのディスクへのコピーは、各データの種別により予め決められたディレクトリへとコピーした。

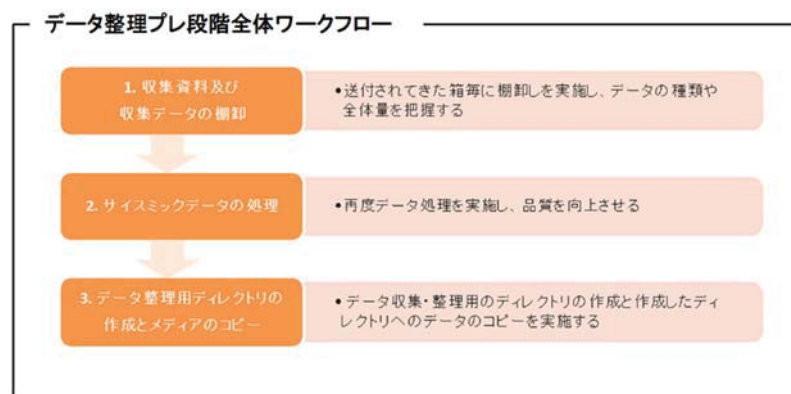


図 3 データ整理プレ段階ワークフロー

b) データ整理段階ワークフロー（図 4）

データ整理段階ではデータ整理・管理ソフトウェアである伊藤忠テクノソリューションズ株式会社製ソフトウェア e-GeoDB をカスタマイズしたものや地震探査データ処理ソフトウェアである Landmark 社製ソフトウェア ProMAX/SeisSpace を活用し、下記の手順にしたがって効率的なデータの整理、QC を行った。



図4 データ整理段階ワークフロー

c) 反射記録断面のキャプチャ作成

反射記録断面の画像データをキャプチャし、それらを e-GeoDB へ登録した。キャプチャの作成にあたっては Landmark ソフトウェア ProMAX/SeisSpace を利用し、SEGY ファイルの読み込みと、データの表示等を行った。また記録長、測線長、チャンネル数等、SEGY ファイルのヘッダ類から可能な限りメタ情報を読み取った。

d) メタ情報の整理

e-GeoDB へ登録するメタ情報の整理は、メタ情報登録テンプレート(Excel 形式)に従い記入するが、これらは調査/データ処理/解釈報告書等の文献から情報を収集する。報告書が存在しない場合や報告書にメタ情報として記入すべき事項が記載されていない場合は、メタ情報登録テンプレートの該当事項は空欄で登録し、後で分かり次第記入することとした。

e) 航行位置データ（ナビゲーションデータ）の整理

e-GeoDB へ航行位置データを登録し各種データに紐付ける事で、データの閲覧が容易になり、また、航行位置データをマップ表示させる事でデータの QC 等に活用できるようになった。

f) 総括表の作成

各調査の測線毎の詳細情報をまとめる作業を実施した。e-GeoDB へ総括表を登録

することで測線毎に紐付いたデータの有無、或いはその情報を確認することができる。本年度より総括表には、「d)メタ情報の整理」で調査毎に作成したメタ情報、及び坑井データに関するメタ情報を登録した。

g) e-GeoDB へのデータ登録

c)～f)及び各種報告書等を e-GeoDB へ登録する作業により登録した航行位置データについてはマップ表示、反射記録断面のキャプチャについては3D表示等が可能となり、その他のデータについても閲覧が可能となる。また航行位置データは全て WGS84 に統一して登録した。e-GeoDB へのデータ登録内容例を表6に示す。本年度は南西諸島の解釈作業が主な作業であるため、登録は南西諸島に限定した。

表6 e-GeoDB へのデータ登録内容例

	調査名	調査 実施年度	海域	測線数	総測線長 (km)	調査面積 (km ²)	e-GeoDBデータ登録内容	OpenWorksデータ登録内容	備考
JOGMEC関連									
1	昭和47年度 国内石油・天然ガス基礎調査 (基礎物理探査)「沖縄～与那国」調査	S47	南西諸島	15	1114		サismickキャプチャー、SEGYPファイル、 ナビゲーション、メタ情報、報告書	サismick、ナビゲーション	
2	昭和47年度 国内石油・天然ガス基礎調査 (基礎物理探査)「南西諸島」調査	S47	南西諸島	6	955		サismickキャプチャー、SEGYPファイル、 ナビゲーション、メタ情報、報告書	サismick、ナビゲーション	
3	昭和48年度 国内石油・天然ガス基礎調査 (基礎物理探査)「沖縄」調査	S48	南西諸島	7	908.1		サismickキャプチャー、SEGYPファイル、 ナビゲーション、メタ情報、報告書	サismick、ナビゲーション	
4	昭和50年度 国内石油・天然ガス基礎調査 (基礎物理探査)「沖縄西方海域」調査	S50	南西諸島	48	5000.55		サismickキャプチャー、SEGYPファイル、 ナビゲーション、メタ情報	サismick、ナビゲーション	
5	昭和55年度 国内石油・天然ガス基礎調査 (基礎物理探査)「トカラ列島沖」調査	S55	南西諸島	58	5000		サismickキャプチャー、ナビゲーション、 メタ情報		
6	平成2年度 国内石油・天然ガス基礎調査 (基礎物理探査)「九州南西～トカラ沖」調査	H02	南西諸島	13	2502		サismickキャプチャー、SEGYPファイル、 ナビゲーション、メタ情報、報告書	サismick、ナビゲーション	
7	平成14年度 国内石油・天然ガス基礎調査 (基礎物理探査)「日韓大陸棚」調査	H14	南西諸島	-		562	サismickキャプチャー、SEGYPファイル、 ナビゲーション、メタ情報、報告書	サismick、ナビゲーション	
8	平成20年度 国内石油・天然ガス基礎調査 (基礎物理探査)「沖縄-宮古島2D」調査	H20	南西諸島	21	3599		サismickキャプチャー、SEGYPファイル、 ナビゲーション、メタ情報、報告書	サismick、ナビゲーション	
9	平成22年度 国内石油・天然ガス基礎調査 (基礎物理探査)「八重山南方2D」調査	H22	南西諸島	30	2530		サismickキャプチャー、SEGYPファイル、 ナビゲーション、メタ情報、報告書	サismick、ナビゲーション	
10	平成24年度 国内石油・天然ガス基礎調査 (基礎物理探査)「沖縄2D・3D」調査	H24	南西諸島	53	2022	2290	サismickキャプチャー、SEGYPファイル、 ナビゲーション、メタ情報、報告書	サismick、ナビゲーション	
JAMSTEC関連									
11	KY02-11	H14	南西諸島	3	158.8		ナビゲーション	サismick、ナビゲーション	CDEXより受領
12	YK06-09	H18	南西諸島	28	334.3		サismickキャプチャー、SEGYPファイル、 ナビゲーション、メタ情報	サismick、ナビゲーション	CDEXより受領
13	KY07-03	H19	南西諸島	19	340.5		サismickキャプチャー、SEGYPファイル、 ナビゲーション、メタ情報	サismick、ナビゲーション	CDEXより受領
14	KR10-02	H22	南西諸島	10	288.3		サismickキャプチャー、SEGYPファイル、 ナビゲーション、メタ情報、報告書	サismick、ナビゲーション	CDEXより受領
15	KR13-18	H25	南西諸島	2	535.3		サismickキャプチャー、SEGYPファイル、 ナビゲーション、メタ情報、報告書	サismick、ナビゲーション	CDEXより受領

h) e-GeoDB 登録データの QC

g)で登録された各データについて正しく登録されたか確認するため航行位置情報及び領域のマップ表示の確認を実施した。

e-GeoDBに航行位置情報及び3D調査領域が正しく表示されているか確認するため e-GeoDB のマップ表示機能を利用して QC を実施した。報告書等に記載の測線図を確認しながら、航行位置情報及び3D調査領域を確認し、登録した内容が正しいことを確認した。

3) e-GeoDB の改修

e-GeoDB について、海域断層データベースの設計変更に合わせて、関連するデータ入出力機能の改修を実施した。

a) 海域断層データベースとのデータ交換形式の検討

e-GeoDB と海域断層データベースとのデータ交換形式について検討を行い、e-GeoDB から海域断層データベースへ引き渡すデータ毎のファイル書式を定めた。以下に決定したデータ交換用ファイル書式を示す。

① 航行位置データ／ファイル形式

ファイル形式：スペース区切りテキストファイル(*.txt)

ファイル名称：[測線名].txt

フォーマット：ヘッダ行無し、以下のデータ行

経度[度単位] 緯度[度単位] CDP 番号

記述例) line1.txt

139.730952 38.959908 120

139.730629 38.959997 3605

② 深度断面データ／ファイル形式

ファイル形式：カンマ区切りテキストファイル(*.csv)

フォーマット：ヘッダ行無し、以下のデータ行

測線名, 航行位置情報ファイル名, 画像ファイル/フォルダ名, 画像ファイル/フォルダ名, 上端深度[m], 下端深度[m], 出典元, 種別

※深度は海面を 0[m] で、水深は負の値

※種別は、=1:Seismic、=2:Seismic+断層、=3:Seismic+断層+Horizon、
=4:Seismic+断層+Horizon+速度モデル

記述例)

NH2D11-0001, 1_NH2D11-

0001.txt, ¥¥basalt¥raid1¥proj¥TestPJ¥Post¥Mig, NH2D11-

0001P1025.png, 0.0, -3400.0, AIST, 1

NH2D11-0002, 2_NH2D11-

0002.txt, ¥¥basalt¥raid1¥proj¥TestPJ¥Post¥Mig, NH2D11-

0002P1024.png, 0.0, -5500.0, AIST, 1

NH2D11-0003, 3_NH2D11-

0003.txt, ¥¥basalt¥raid1¥proj¥TestPJ¥Post¥Mig, NH2D11-

0003P1023.png, 0.0, -5000.0, AIST, 1

③ 速度構造モデル（3D-Cube）／ファイル形式

ファイル形式：スペース区切りテキストファイル(*.txt)

フォーマット：ヘッダ行／コメント行は先頭文字'#'、以下のデータ行

Function ID, X[m], Y[m], Time[ms](または Depth[m]), 速度 V

記述例)

```
#
#FIELDS = Function ID, X, Y, Time, Vint
#FUNCTION_TYPE = TVint
#LINEAR_UNITS = METERS
#DATUM = 0.000000
#
Function1 -117012.35 2670603.81 0.0000 1524.0557
Function1 -117012.35 2670603.81 1442.0000 1524.0557
Function1 -117012.35 2670603.81 2387.0000 3920.3428
Function1 -117012.35 2670603.81 8017.0000 4661.6582
#
Function2 -116975.44 2656524.56 0.0000 1516.9950
Function2 -116975.44 2656524.56 4430.0000 1516.9950
Function2 -116975.44 2656524.56 4507.0000 3661.5303
Function2 -116975.44 2656524.56 8005.9995 4803.7153
#
Function3 -116558.07 2684656.38 0.0000 1537.0117
Function3 -116558.07 2684656.38 685.0000 1537.0117
Function3 -116558.07 2684656.38 1307.0000 2945.4253
Function3 -116558.07 2684656.38 2040.0001 4542.4277
Function3 -116558.07 2684656.38 7999.9995 5234.8657
#
Function4 -116511.13 2670637.69 0.0000 1541.9376
Function4 -116511.13 2670637.69 1348.3000 1541.9376
Function4 -116511.13 2670637.69 1444.0000 1646.3291
Function4 -116511.13 2670637.69 2382.0000 3925.1594
Function4 -116511.13 2670637.69 8017.0000 4687.7925
```

④ 断層データ／ファイル形式

ファイル形式：カンマ区切りテキストファイル (*.csv)

フォーマット：ヘッダ行無し、以下のデータ行

1 行目：断層名

2 行目～：測線座標列

測線名, X 座標 [m], Y 座標 [m], Z 座標 [m], 経度 [度], 緯度 [度]

3+n 行目：測線座標列 (座標数 n) の終端行

"---"

記述例)

029_Noto_2007_M3_0311_E

HK73-5, 637979.91989, 4118097.34302, 269.182, 136.55477, 37.19915

HK73-5, 638412.79219, 4117600.67499, 1598.047, 136.55955, 37.19461

gh88414b, 634390.59728, 4114849.06439, 177.596, 136.51375, 37.17041

gh88414b, 634521.18597, 4114547.86038, 678.835, 136.51517, 37.16767

gh88414b, 631360.66721, 4111331.92634, 208.033, 136.47901, 37.13914

gh88414b, 631460.39405, 4111084.88295, 923.333, 136.48009, 37.13690

gh88219b1, 628574.48722, 4107970.40613, 225.493, 136.44708, 37.10924

gh88219b1, 628739.60774, 4107576.56678, 803.748, 136.44887, 37.10567

031_N_Noto_West_M3_0311_E

HK73-A-1, 670227.08626, 4196504.13754, 228.765, 136.93615, 37.90015

HK73-A-1, 670119.56833, 4196356.31516, 1739.477, 136.93489, 37.89884

HK73-1, 666547.58238, 4196845.58126, 140.749, 136.89440, 37.90391

HK73-1, 666673.19503, 4196764.96883, 525.727, 136.89581, 37.90316

⑤ 断層データ (メタ情報)

ファイル形式：カンマ区切りテキストファイル (*.csv)

フォーマット：1 行目はヘッダ行、2 行目以降はデータ行に相当する。

b) 図形入力機能の修正

a) による海域断層データベースとのデータ交換形式の検討結果に伴い、図形入力に関する諸機能の修正を行った。本修正の要点を下記に示す。

- ・ 航行位置情報の CDP 番号を管理可能にする
- ・ 間引きした測線等、公開用データを効率的に作成する支援機能の追加

① 図形データ編集機能の修正

図形データ編集機能について、CDP 番号を画面上で編集可能とした。また、従来のインポート機能について、図 5 に示すように、項目 CDP 番号をインポートできるように書式変更した。

図 5 図形データ編集機能の修正

② バッチインポート機能の修正

バッチインポート機能について、効率的に作業をするための下記の機能修正を行った。

- ・インポート時に同名称の測線が存在する場合、座標値のみを更新するようオプションを追加した。
- ・バッチ処理結果のログを表示し詳細を確認可能にした。

③ インポート時オプションの追加

バッチインポート処理時に同名称の測線が存在する場合、座標値のみを更新し、ヘッダ部情報、図形に紐付くリンク情報はそのまま保持するオプションを追加した（図6）。

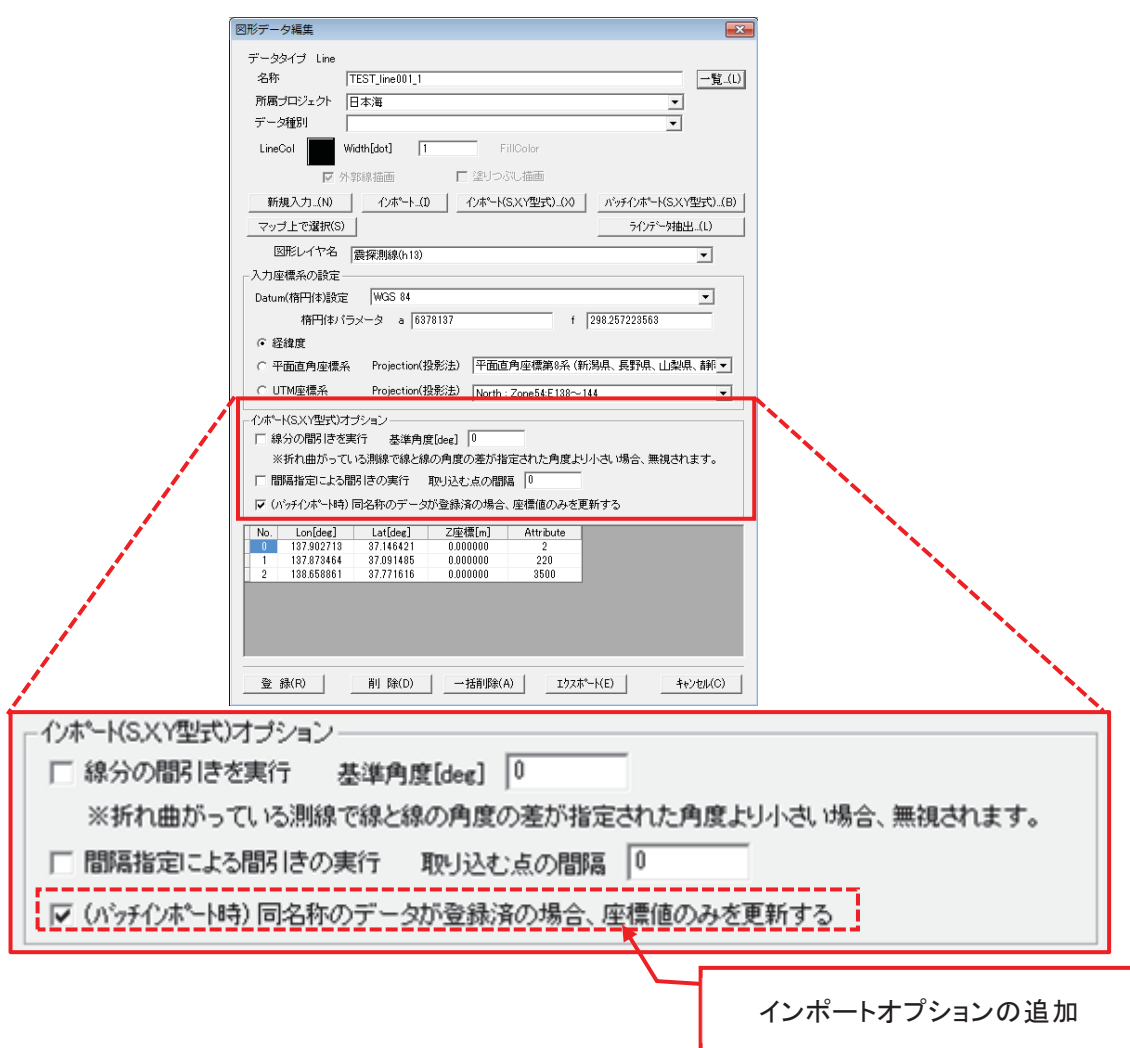


図6 バッチインポート機能／インポート時オプションの追加

④ バッチ処理結果ログ表示の追加

バッチインポート処理の処理結果ログを表示し詳細を確認可能にした。

バッチ処理結果ログの表示例

```
-----  
Batch Process :: TotalCount=2  START_TIME[2017/03/21 10:20:15]  
-----
```

```
-----  
[TEST_line001] :: ●新規追加->レイヤ[震探測線]  
[TEST_line002] :: ●新規追加->レイヤ[震探測線]  
-----
```

```
-----  
END_TIME[2017/03/21 10:20:18]  
-----
```

c) ラインデータ抽出機能の追加

公開用データとして、始終点等に関引きした測線情報を再登録する際に効率的に作業を行えるよう、ラインデータの抽出機能の作成を行った（図7）。

ラインデータ抽出機能／入力ファイルフォーマット

ファイル形式：カンマ区切りテキストファイル(*.csv)

フォーマット：1行目はヘッダ行、2行目以降はデータ行

所属レイヤ ID, 登録先レイヤ ID, 測線名, サブ番号, 始点/CDP 番号, 終点/CDP 番号

記述例)

所属レイヤ ID, 登録先レイヤ ID, 測線名, サブ番号, 始点/CDP 番号, 終点/CDP 番号

5, 4, TEST_line001, 1, 2, 220

5, 4, TEST_line001, 1, 220, 3500

5, 4, TEST_line001, 2, 5000, 6062

5, 4, TEST_line002, 1, 500, 2920

※注) 中間点のある測線を作成する場合は「測線名」と「サブ番号」を同じにした行を作成し、終点/CDP 番号と次の行の始点/CDP 番号を同じに設定する。

(記述例の1～2行目がその例)

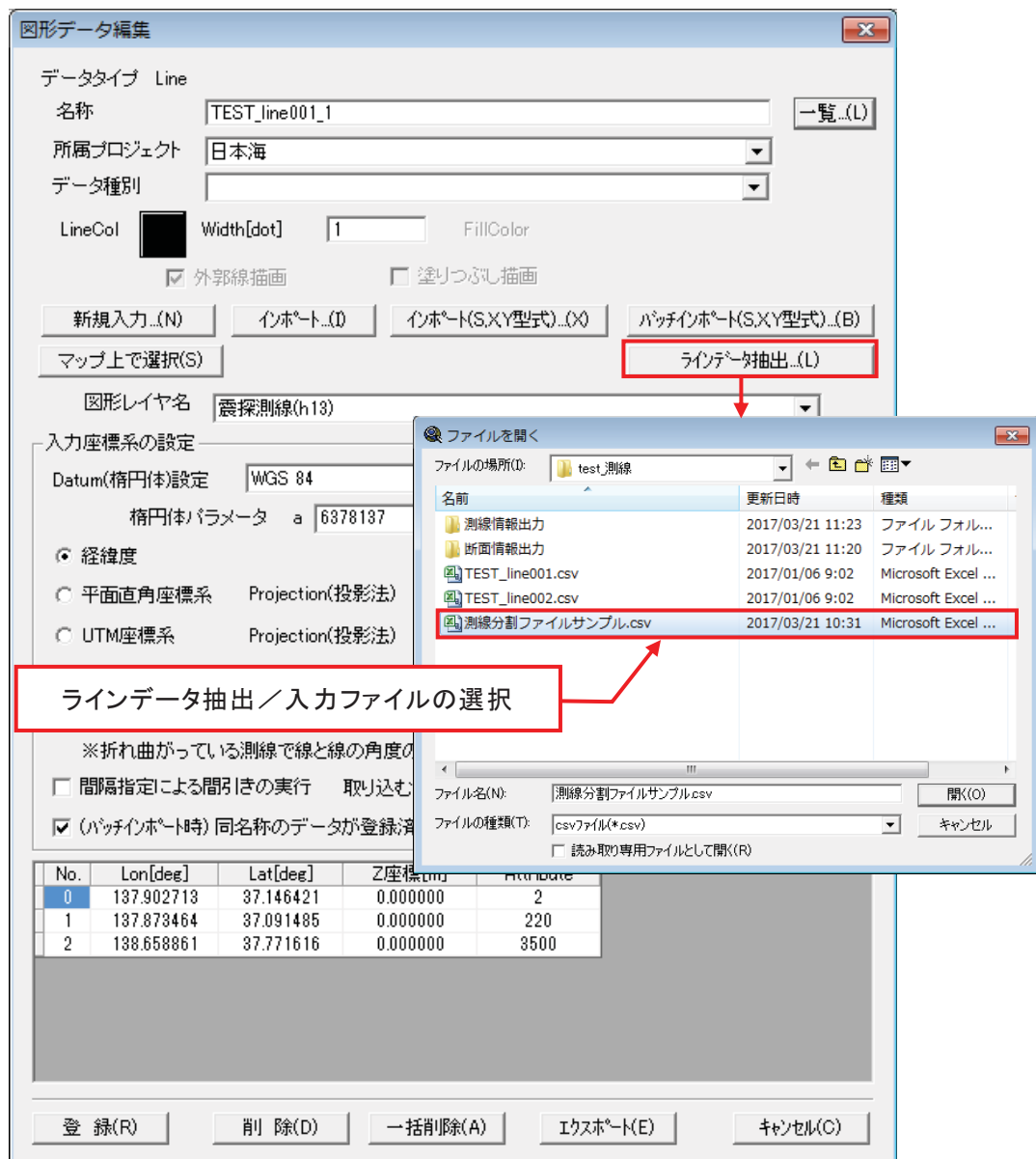


図 7 ラインデータ抽出機能の追加

ラインデータ抽出処理結果ログの表示例

```

-----
Batch Process :: START_TIME[2017/03/21 10:33:27]
-----

図形[TEST_line001_1]をレイヤ ID[4]に登録:登録点数=3
図形[TEST_line001_2]をレイヤ ID[4]に登録:登録点数=2
-----

END_TIME[2017/03/21 10:33:40]

```

d) エクスポート機能の修正

e-GeoDB に登録された測線情報、それに紐づく断面画像等のリンク情報を海域断面データベース及び Landmark ソフトウェアへ引き渡すために、現状のエクスポート機能の修正を行った。

① 断面情報一括出力機能の修正

海域断面データベース向けのエクスポート機能として、断面情報一括出力機能の修正を行った。具体的には、海域断面データベースの設計変更に伴った出力フォーマットの変更と、利便性を高めるため、選択したレイヤに含まれる断面情報を一括出力できるよう修正した（図8）。

断面情報一括出力機能／出力ファイル内容

a) に示した以下のファイル

- ① ナビゲーションデータ／ファイル形式
- ② 深度断面データ／ファイル形式

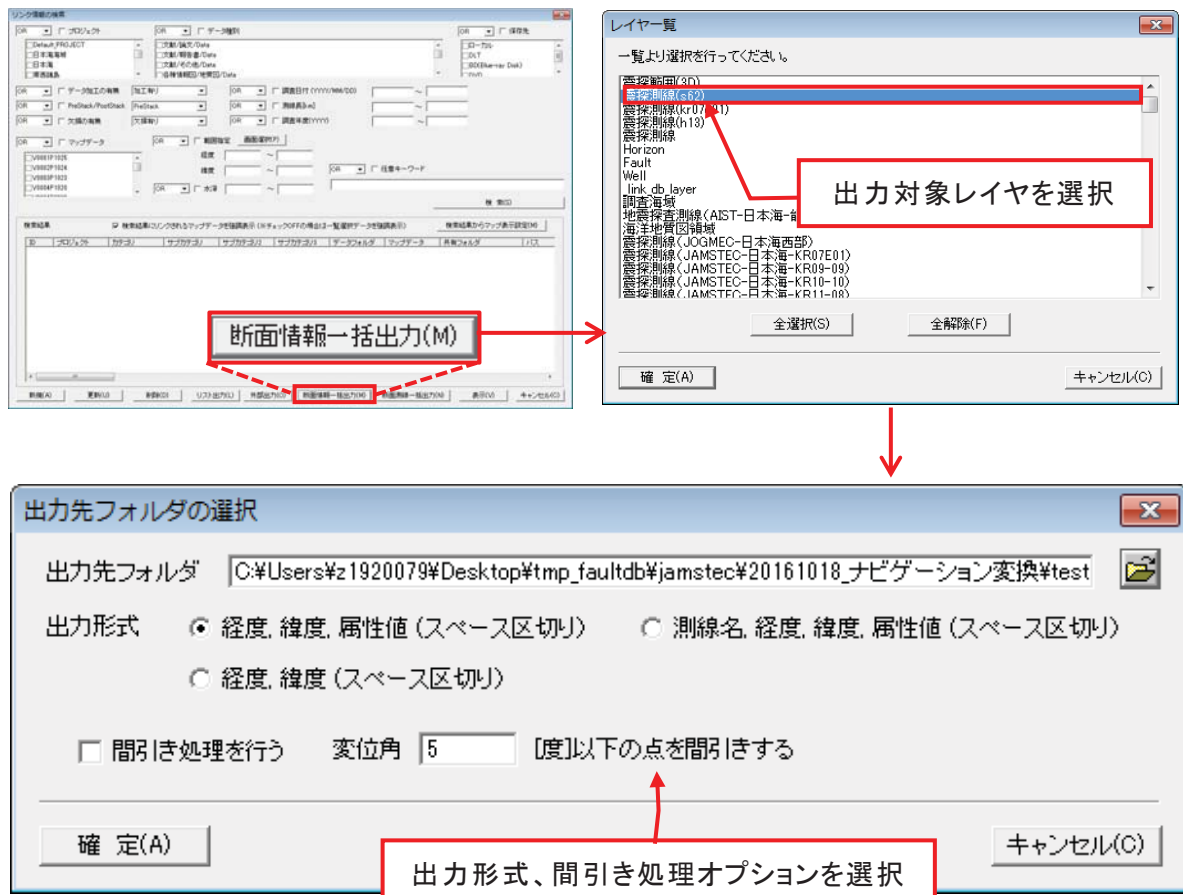


図8 断面情報一括出力機能の修正

② 測線情報一括出力機能の追加

Landmark ソフトウェア向けのエクスポート機能として、測線情報一括出力機能の追加を行った（図 9）。本機能で出力される情報は測線情報のみで、Landmark ソフトウェア上でインポートした測線情報をもとに深度断面画像、解釈結果を重ね合わせた深度断面画像を作成することを想定している。

測線情報一括出力機能／出力ファイル内容

ファイル形式：スペース区切りテキストファイル(*.txt)

ファイル名称：[測線名].txt

フォーマット：ヘッダ行無し、以下のデータ行

測線名 経度[度単位] 緯度[度単位] CDP 番号

記述例) line1.txt

line001 139.730952 38.959908 120

line001 139.730629 38.959997 3605

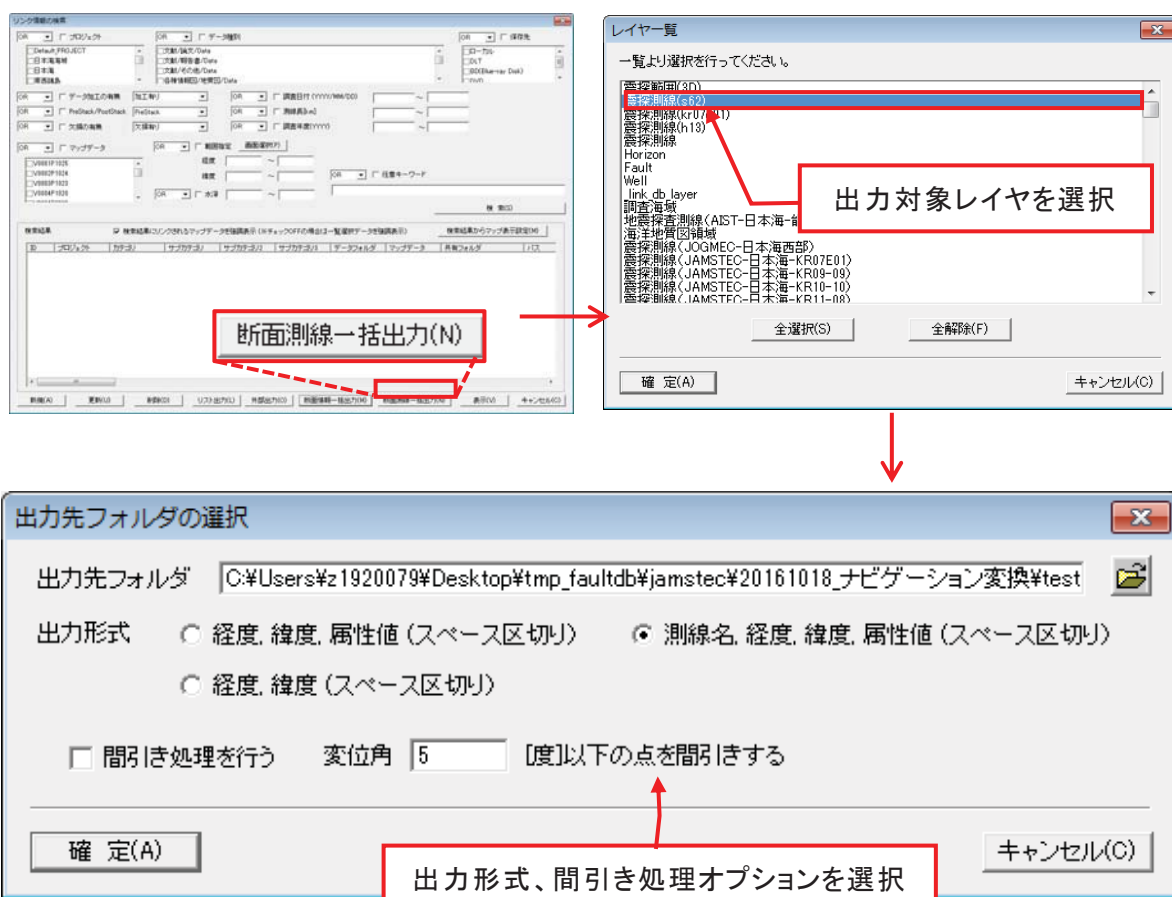


図 9 測線情報一括出力機能の修正

e) 反射記録断面キャプチャの 3D 表示確認

e-GeoDB に登録した航行位置情報の確認とその位置情報に正しく反射記録断面データが紐付けられているか確認するため e-GeoDB の 3D 表示機能を利用して QC を実施した。E-GeoDB 内では海底地形データを 800 m メッシュの往復走時で登録してあるので 3D 表示させた際に海底地形との整合性の確認も同時に実施し、正しく登録されていることを確認した。図 10 に反射記録断面キャプチャの 3D 表示例を示す。

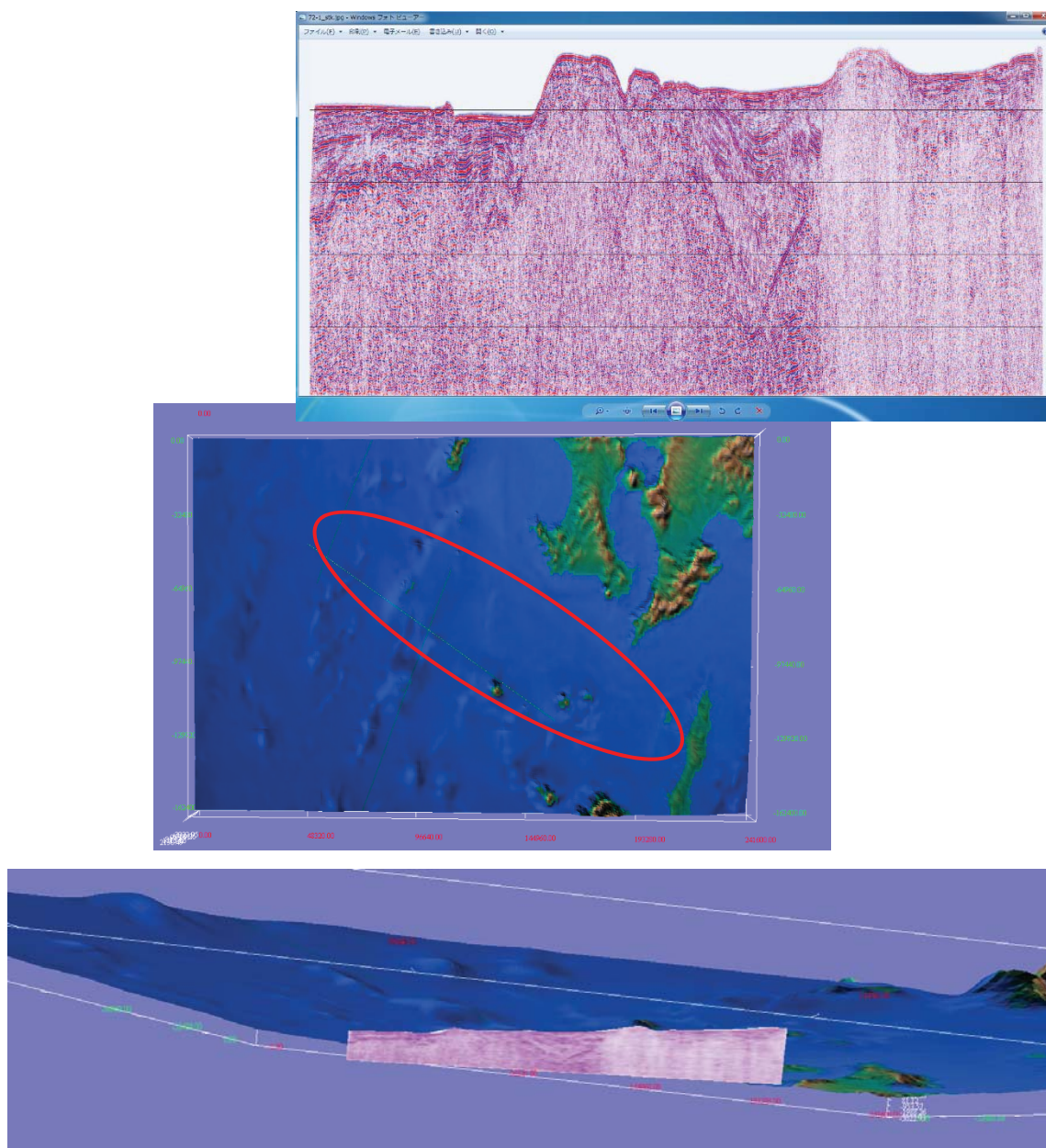


図 10 反射記録断面キャプチャの 3D 表示

4) 閲覧用データベースシステムの構築検討

これまで、将来のデータ公開に向けて、データのセキュリティ、公開先の絞込み等を検討してきた。平成 28 年度当初は、データの公開先を一般人から研究者までと、幅広い対象者を念頭にしていたが、アドバイザーの先生方から現実的では無いとの指摘を受けた。そこで、対象者を現実的に限定し、より実用的な運用を行うべく、プロトタイプを作成した。

ここでは、これまで登録されたデータを使い、どのような形式でデータが閲覧可能かを検討した。その結果を以下に示す。

a) 閲覧対象データ

i) 断層情報（関連情報含む）

現在登録が済んだデータとしては、以下の情報がある。

- ・ 反射記録（深度）断面図
 - 測線の位置情報
 - Horizon-A（堆積層内の反射面）
 - Horizon-B（音響基盤）
- ・ 三次元速度情報（速度構造）
- ・ 断層情報
 - 断層の位置情報（断層の長さ、及び深度）
 - 断層の傾斜/走向
 - 断層の特性（正断層、逆断層、横ずれ断層）
- ・ 自然地震の震源分布
 - 発震機構

ii) 地形データ

- ・ 海底地形データ
 - 赤色立体海底地形図
 - アナグリフ
 - 陰影図（光源の方向により地形の凹凸を表示した地形図）

特に反射記録断面図は、画像イメージを登録するため、ユーザーによっては、求める画像の品質が大きく異なる可能性がある。そのため、断面図の縦横比、画像の色合い等を含め検討した。

次に、実際にユーザーになった場合を想定し、どのような検索を行うかを検討した。そこで、最初に調査海域を大まかに区分けし、海域による選択を検討した。

b) 検索項目

i) エリアからの選択

・ 海域

一般的に日本周辺海域と限定しても、日本海側から太平洋沿岸海域と非常に広範囲を示す。そこで、図 11 のような海域の選択を行った。ここに示された海域内で、更に詳細に海域（図 12）を選択する事で、その海域に分布する断層を選定していく手法である。この区分けを図表形式で示すと図 13 となる。この方法以外に、画面上から特定の海域を選択する方法も必要であるとの指摘も受け、現在対応すべく方法の開発を行っている。

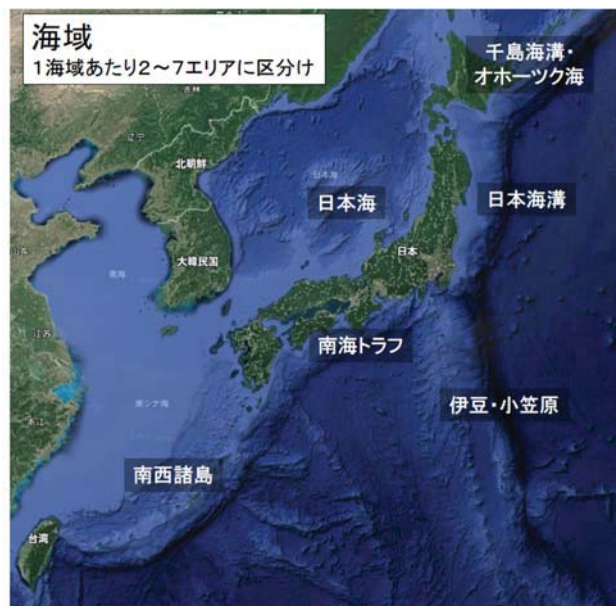


図 11 海域の選択

日本海

- ① 九州北方
- ② 山陰沖
- ③ 能登西方
- ④ 新潟～山形沖
- ⑤ 秋田～青森沖
- ⑥ 北海道西部
- ⑦ 大和堆

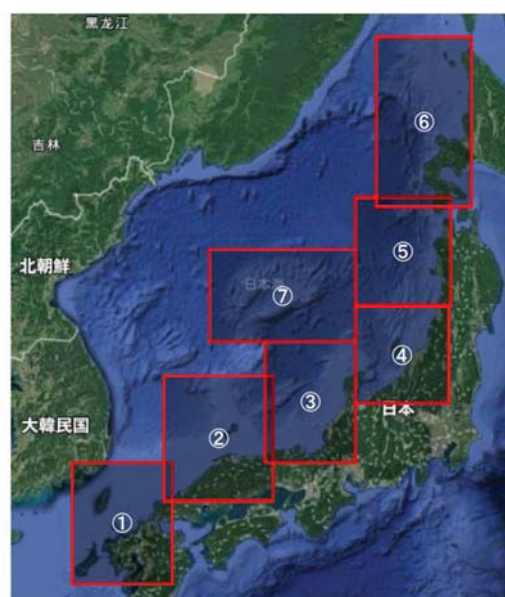


図 12 海域内での区分け（参考例）

海域断層		Top	断層	速度構造	断層モデル	その他	Sign Out							
海域	断層名	レベル	タイプ	走行	傾斜	長さ(km)	最大比高(km)							
☒ All	対馬海峡 (対馬南方)	002 Tsushima_West	II C	横ずれ断層	南西-北東	西傾斜	27.0	11.8						
☒ 北海道西部海域 (利尻島沖)	対馬海峡 (対馬北方)	002 Tsushima_West_2	II C	横ずれ断層	南西-北東	西傾斜	5.0	6.2						
☒ 北海道西部海域 (天北沖)	北九州沖	004 Kego	II B	横ずれ断層、左	南東-北西		31.0	0.6						
☒ 北海道西部海域 (天北沿岸域)	北九州沖	005 Nishiyama	II B	横ずれ断層	南東-北西		8.0	0.1						
☒ 北海道西部海域 (奥尻島～稚丹半島沖海域)	山陰北方海域 (山口沖)	006 Kanda	II B	横ずれ断層、左	南東-北西		45.0	1.5						
☒ 北海道西部海域 (奥尻島～稚丹半島沖海域)	山陰北方海域 (島根沖)	010 Hamada	II A	横ずれ断層	東-西		37.0	0.2						
☒ 北海道西部海域 (奥尻島周辺海域)	山陰北方海域 (隠岐北方)	012 Oki_NW	I C	正断層	南南東-北北西	西傾斜	37.0	8.2						
☒ 北海道西部海域 (石狩湾西方海域)	山陰北方海域 (隠岐海嶺)	013 Oki_Kairei_A	I C	横ずれ断層、右	東-西		30.0	8.5						
☒ 北海道西部海域 (礼文島沖)	山陰北方海域 (隠岐海嶺)	014 Oki_Kairei_B	I C	横ずれ断層、右	東-西		47.0	9.7						
☒ 北海道西部海域 (稚丹半島～天北沖)	山陰北方海域 (隠岐海嶺)	015 Oki_Kairei_C	I D	横ずれ断層、右	東-西		30.0	12.3						
☒ 北海道西部海域 (稚丹半島北東沖)	若狭湾	019 F0-A_F0-B	I B	横ずれ断層	南東-北西		9.0	0.2						
☒ 北海道西部海域 (稚丹半島沖海域)	兵庫県沖	024 N_Kinosaki	I B	正断層	南西-北東	北西傾斜	43.0	4.4						
☒ 北海道西部海域 (稚丹半島沖)	福井沖	026 Wakasa_North	I B	正断層	南西-北東	北西傾斜	37.0	3.3						
☒ 青森西方海域	福井沖	027 Echitai_A	I B	逆断層	南西-北東	北西傾斜	30.0	3.7						
☒ 秋田西方海域 (男鹿半島北沖)	能登半島西方沖	029 Noto_2007	II B	逆断層	南西-北東	南東傾斜	14.0	0.7						
☒ 山形西方海域	能登半島北方沖	031 N_Noto_West	I C	逆断層	南西-北東	南東傾斜	53.0	2.0						
☒ 新潟沖海域	富山湾	033 Kurehayama	I B	逆断層	南西-北東	北西傾斜	6.0	0.8						
☒ 富山湾	能登半島東方	035 E_Noto	I C	逆断層	東-西	北傾斜	13.0	5.0						
☒ 能登半島北方沖	能登半島東方	036 N_Noto_2A	I C	逆断層	南南西-北北東	西傾斜	41.0	8.4						
☒ 能登半島東方沖	能登半島東方	037 N_Noto_2B	I C	逆断層	南西-北東	北西傾斜	10.0	10.3						
☒ 京都・兵庫北部海域 (丹後半島沖)	秋田西方海域	AKI-01	I C	逆断層	南南西-北北東	西傾斜	50.0	7.4						
☒ 兵庫県沖	秋田西方海域	AKI-02	II C	逆断層	南西-北東	西傾斜	7.0	1.8						
☒ 越前湾沖	秋田西方海域	AKI-03	I C	逆断層	南西-北東	西傾斜	17.0	3.3						
☒ 山陰北方海域 (山口沖)	秋田西方海域	AKI-04	I C	逆断層	南-北	西傾斜	17.0	4.1						
☒ 山陰北方海域 (島根沖)	秋田西方海域	AKI-05	I C	逆断層	南-北	西傾斜	39.0	5.0						
☒ 山陰北方海域 (隠岐北方)	秋田西方海域	AKI-06	II C	逆断層	南西-北東	西傾斜	18.0	2.8						
☒ 山陰北方海域 (隠岐海嶺)														
☒ 山陰北方海域 (島根沖)														



海域による絞り込み例

海域断層		Top	断層	速度構造	断層モデル	その他	Sign Out							
海域	断層名	レベル	タイプ	走行	傾斜	長さ(km)	最大比高(km)							
☒ All	北海道西部海域 (奥尻島周辺海域)	HKD-01	I C	逆断層	南東-北西	西傾斜	25.0	2.8						
☒ 北海道西部海域 (利尻島沖)	北海道西部海域 (天北沖)	HKD-02	I C	逆断層	南-北	東傾斜	35.0	3.5						
☒ 北海道西部海域 (天北沿岸域)	北海道西部海域 (奥尻島周辺海域)	HKD-03	I C	逆断層	南-北	東傾斜	35.0	4.0						
☒ 北海道西部海域 (奥尻島～稚丹半島沖海域)	北海道西部海域 (奥尻島周辺海域)	HKD-04	I C	逆断層	南-北	西傾斜	40.0	3.2						
☒ 北海道西部海域 (奥尻島～稚丹半島沖海域)	北海道西部海域 (奥尻島周辺海域)	HKD-05	I C	逆断層	南南西-北北東	東傾斜	60.0	3.4						
☒ 北海道西部海域 (奥尻島～稚丹半島沖海域)	北海道西部海域 (奥尻島周辺海域)	HKD-06	I C	逆/正?断層	南西-北東	東傾斜	75.0	4.6						
☒ 北海道西部海域 (奥尻島北方海域)	北海道西部海域 (奥尻島周辺海域)	HKD-07	I C	逆断層	南南西-北北東	東傾斜	60.0	2.3						
☒ 北海道西部海域 (奥尻島周辺海域)	北海道西部海域 (奥尻島周辺海域)	HKD-08	I C	逆断層	南-北	東傾斜	27.0	2.1						
☒ 北海道西部海域 (石狩湾西方海域)	北海道西部海域 (奥尻島周辺海域)	HKD-09	I C	逆断層	南南西-北北東	東傾斜	33.0	3.1						
☒ 北海道西部海域 (礼文島沖)	北海道西部海域 (奥尻島周辺海域)	HKD-10	I C	逆断層	南-北	東傾斜	28.0	2.7						
☒ 北海道西部海域 (稚丹半島～天北沖)	北海道西部海域 (奥尻島～稚丹半島沖海域)	HKD-11	I C	逆断層	南-北	西傾斜	140.0	4.9						
☒ 北海道西部海域 (稚丹半島北東沖)	北海道西部海域 (奥尻島周辺海域)	HKD-12	I C	逆断層	東-北	西傾斜	20.0	2.5						
☒ 北海道西部海域 (稚丹半島沖海域)	北海道西部海域 (奥尻島周辺海域)	HKD-13	I C	逆断層	南東-北西	西傾斜	15.0	3.1						
☒ 北海道西部海域 (稚丹半島沖)	北海道西部海域 (奥尻島北方海域)	HKD-14	I C	逆断層	南西-北東	西傾斜	15.0	4.5						
☒ 青森西方海域	北海道西部海域 (奥尻島北方海域)	HKD-15	I C	逆断層	南-北	西傾斜	47.0	5.6						
☒ 秋田西方海域 (男鹿半島北沖)	北海道西部海域 (奥尻島北方海域)	HKD-16	I C	逆断層	南-北	西傾斜	56.0	5.4						
☒ 山形西方海域	北海道西部海域 (奥尻島～稚丹半島沖海域)	HKD-17	I C	逆断層	南-北	西傾斜	109.0	7.6						
☒ 新潟沖海域														
☒ 富山湾														
☒ 能登半島北方沖														
☒ 能登半島東方														
☒ 能登半島東方沖														
☒ 京都・兵庫北部海域 (丹後半島沖)														
☒ 兵庫県沖														
☒ 福井沖														
☒ 越前湾沖														
☒ 山陰北方海域 (山口沖)														
☒ 山陰北方海域 (島根沖)														
☒ 山陰北方海域 (隠岐北方)														
☒ 山陰北方海域 (隠岐海嶺)														
☒ 山陰北方海域 (島根沖)														

図 13 海域の選択 (詳細版)

・緯度・経度

ここでは、検索すべき緯度・経度を表示に、そのエリアに見られる断層マップを表示することができる。

ii) 断層の特徴

断層解釈の結果と取り纏める際、各断層に対して、以下に示す3つの特徴をキーワードとして分類している。そこで、これらのキーワードを使い、検索できるように設定した（図14）。

- ・正断層/逆断層/横ずれ断層
- ・断層の傾斜方向
- ・レベル；サブテーマ(2)で定義（3.2 海域における既往探査データ等の解析及び統一的断層解釈：表8）

また、上記で示した検索のキーワードを複合的に選択して、断層を絞り込む機能も有する。例えば、北海道西方沖（海域）＋逆断層（断層の特徴）＋西傾斜（傾斜・走向）の3つの検索項目を使い、これに当て嵌まる断層を特定できる（図15）。

傾斜

- ☐ All
- ☐ 北傾斜
- ☐ 北西傾斜
- ☐ 南傾斜
- ☐ 南東傾斜
- ☐ 東傾斜
- ☒ 西傾斜
- ☐

傾斜による絞り込み例

↓

海域断層
Top
断層
速度構造
断層モデル
その他
Sign Out

海域	断層名	レベル	タイプ	走向	傾斜	長さ(km)	最大比高(km)
北海道西部海域 (奥尻島周辺海域)	HKD-01	1 C	逆断層	南東-北西	西傾斜	25.0	2.8
北海道西部海域 (奥尻島周辺海域)	HKD-04	1 C	逆断層	南-北	西傾斜	40.0	3.2
北海道西部海域 (奥尻島～稚丹沖海域)	HKD-11	1 C	逆断層	南-北	西傾斜	140.0	4.9
北海道西部海域 (奥尻島周辺海域)	HKD-12	1 C	逆断層	南-北	西傾斜	20.0	2.5
北海道西部海域 (奥尻島～稚丹沖海域)	HKD-13	1 C	逆断層	南東-北西	西傾斜	15.0	3.1
北海道西部海域 (奥尻島北方海域)	HKD-14	1 C	逆断層	南西-北東	西傾斜	15.0	4.5
北海道西部海域 (奥尻島北方海域)	HKD-15	1 C	逆断層	南-北	西傾斜	47.0	5.6
北海道西部海域 (奥尻島北方海域)	HKD-16	1 C	逆断層	南-北	西傾斜	56.0	5.4
北海道西部海域 (奥尻島～稚丹半島沖海域)	HKD-17	1 C	逆断層	南-北	西傾斜	109.0	7.6

海域

- ☐ All
- ☐ 北海道西部海域 (利尻島沖)
- ☐ 北海道西部海域 (天北沖)
- ☐ 北海道西部海域 (天北沿岸域)
- ☒ 北海道西部海域 (奥尻島～稚丹半島沖海域)
- ☒ 北海道西部海域 (奥尻島～稚丹沖海域)
- ☒ 北海道西部海域 (奥尻島北方海域)
- ☒ 北海道西部海域 (奥尻島周辺海域)
- ☐ 北海道西部海域 (石狩湾西方海域)
- ☐ 北海道西部海域 (礼文島沖)
- ☐ 北海道西部海域 (稚丹半島～天北沖)
- ☐ 北海道西部海域 (稚丹半島北東沖)
- ☐ 北海道西部海域 (稚丹半島沖海域)
- ☐ 北海道西部海域 (稚丹半島沖)
- ☐ 青森西方海域
- ☐ 秋田西方海域
- ☐ 秋田西方海域 (男鹿半島北沖)
- ☐ 山形西方海域
- ☐ 新潟沖海域
- ☐ 富山湾
- ☐ 能登半島北方沖
- ☐ 能登半島東方
- ☐ 能登半島西方沖
- ☐ 京都・兵庫北部海域 (丹後半島沖)
- ☐ 兵庫県沖
- ☐ 福井沖
- ☐ 若狭湾
- ☐ 越前湾沖
- ☐ 山陰北方海域 (山口沖)
- ☐ 山陰北方海域 (島根沖)
- ☐ 山陰北方海域 (隠岐北方)
- ☐ 山陰北方海域 (隠岐海嶺)
- ☐ 山陰北方海域 (鳥取沖)

Page TOP

Copyright (c) Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology.

図14 断層の特徴による検索（例）

海域断層

海域

- ☐ All
- ☐ 北海道西部海域 (利尻島沖)
- ☐ 北海道西部海域 (天北沖)
- ☐ 北海道西部海域 (天北沿岸域)
- ☒ 北海道西部海域 (奥尻島～稚丹半島沖海域)
- ☒ 北海道西部海域 (奥尻島～稚丹沖海域)
- ☒ 北海道西部海域 (奥尻島北方海域)
- ☒ 北海道西部海域 (奥尻島周辺海域)
- ☐ 北海道西部海域 (石狩湾西方海域)
- ☐ 北海道西部海域 (礼文島沖)
- ☐ 北海道西部海域 (稚丹半島～天北沖)
- ☐ 北海道西部海域 (稚丹半島北東沖)
- ☐ 北海道西部海域 (稚丹半島沖海域)
- ☐ 北海道西部海域 (稚丹半島沖)
- ☐ 青森西方海域
- ☐ 秋田西方海域
- ☐ 秋田西方海域 (男鹿半島北沖)
- ☐ 山形西方海域
- ☐ 新潟沖海域
- ☐ 富山湾
- ☐ 能登半島北方沖
- ☐ 能登半島東方
- ☐ 能登半島西方沖
- ☐ 京都・兵庫北部海域 (丹後半島沖)
- ☐ 兵庫県沖
- ☐ 福井沖
- ☐ 石川県
- ☐ 越前沖
- ☐ 山陰北方海域 (山口沖)
- ☐ 山陰北方海域 (島根沖)
- ☐ 山陰北方海域 (隠岐北方)

レベル

- ☒ All
- ☒ I A
- ☒ I B
- ☒ I C
- ☒ I D
- ☒ II A
- ☒ II B
- ☒ II C

タイプ

- ☒ All
- ☒ 正断層
- ☒ 逆断層
- ☒ 横ずれ断層
- ☒ 横ずれ断層、右
- ☒ 横ずれ断層、左
- ☒ 逆/正?断層

走行

- ☒ All
- ☒ 南-北
- ☒ 南南東-北北西
- ☒ 南南西-北北東
- ☒ 南東-北西
- ☒ 南西-北東
- ☒ 東-西
- ☒ 西南西-東北東

傾斜

- ☐ All
- ☐ 北傾斜
- ☐ 北西傾斜
- ☐ 南傾斜
- ☐ 南東傾斜
- ☐ 東傾斜
- ☒ 西傾斜
- ☐

Area

≤ Lat. ≤

≤ Lon. ≤

Apply

図 15 キーワードを複合的に選択する例

c) 閲覧可能なデータ

現時点で閲覧可能なデータを以下に示す。

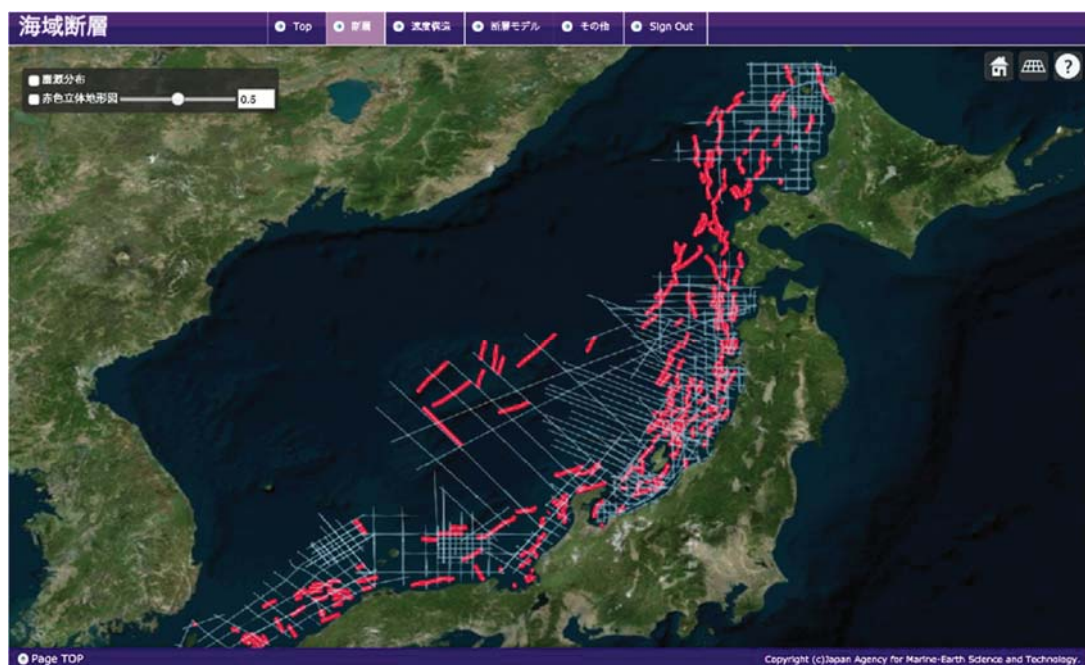


図 16 断層分布と測線図 (赤色立体地形図のオーバーレイも可能)

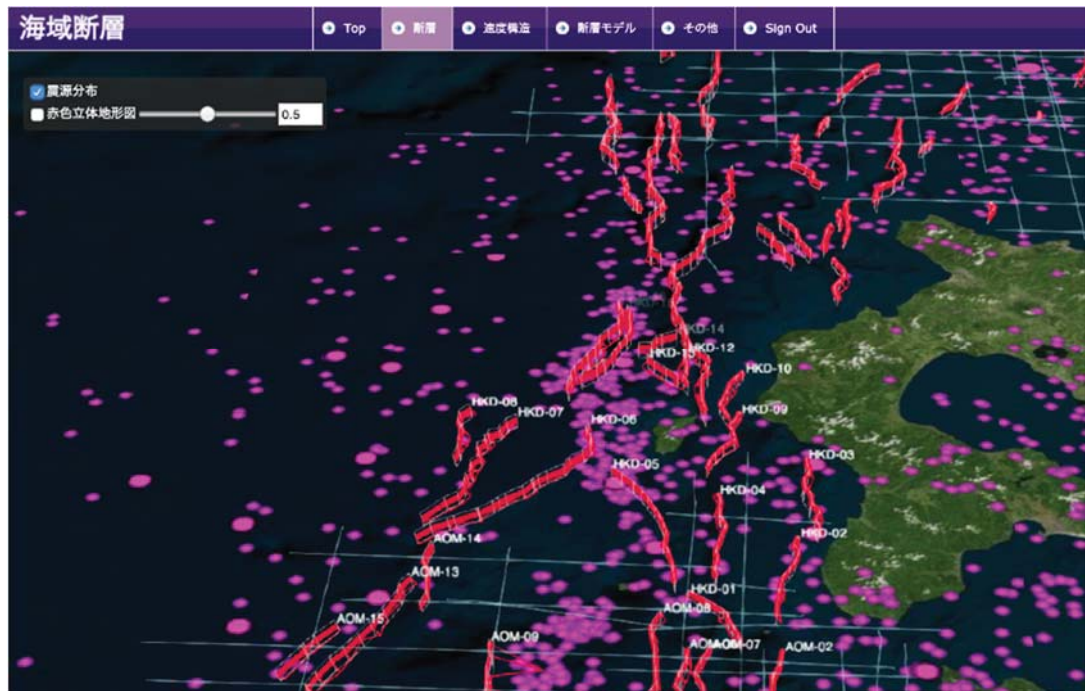


図 17 断層分布、測線図及び震央分布

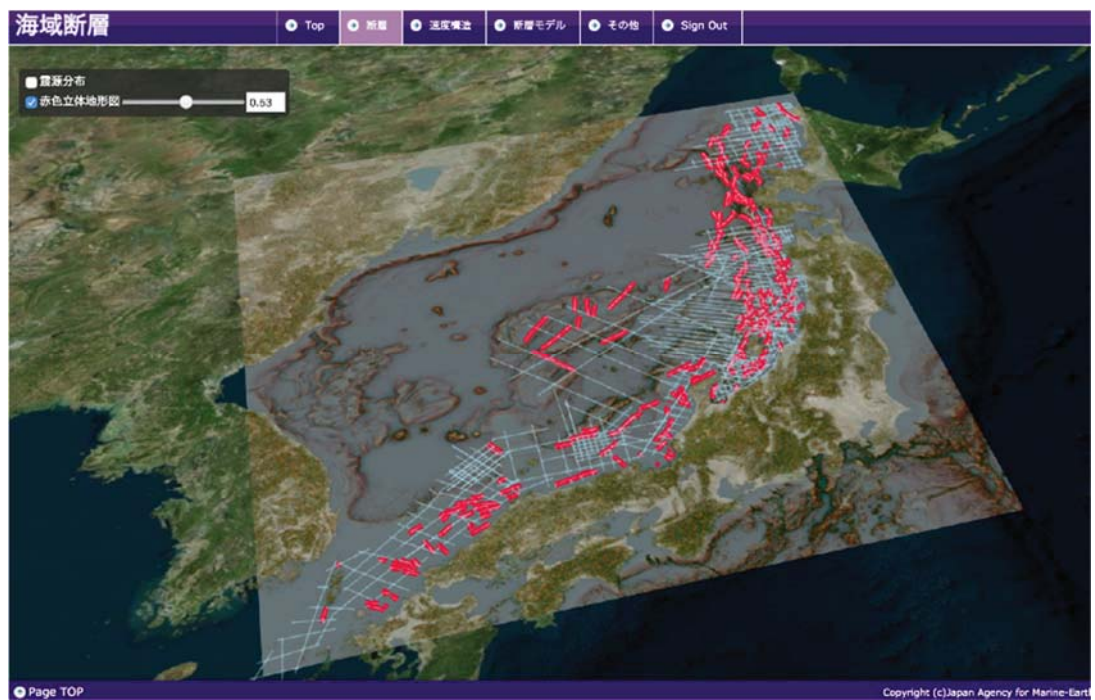


図18 断層分布図と海底地形（赤色立体地図）

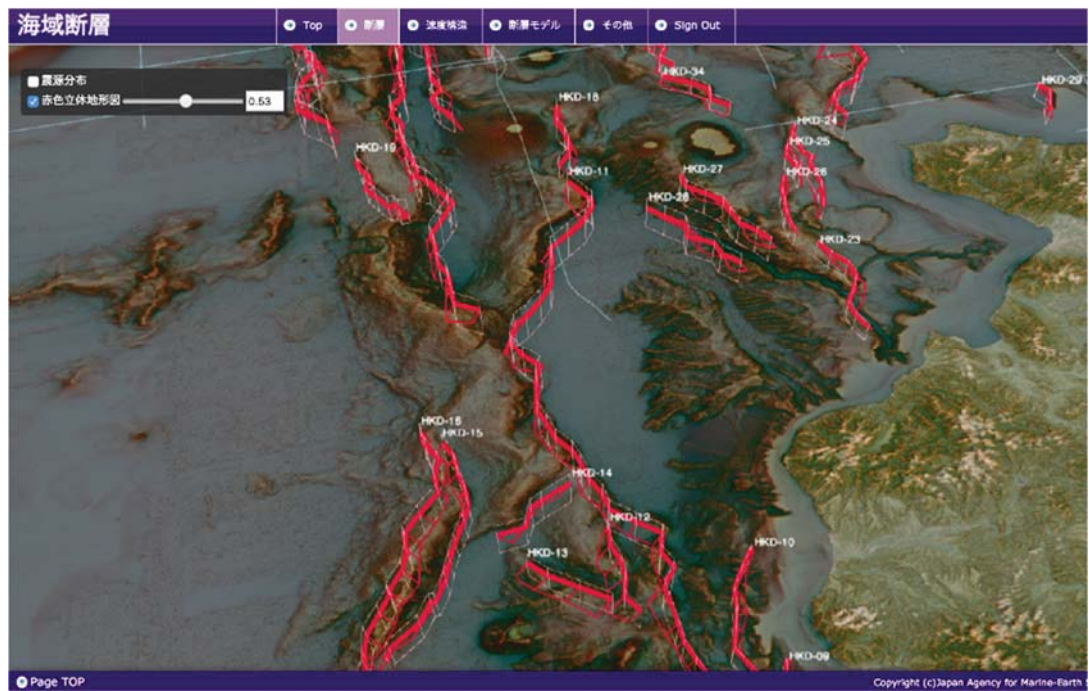


図 19 断層分布図と海底地形（拡大版）

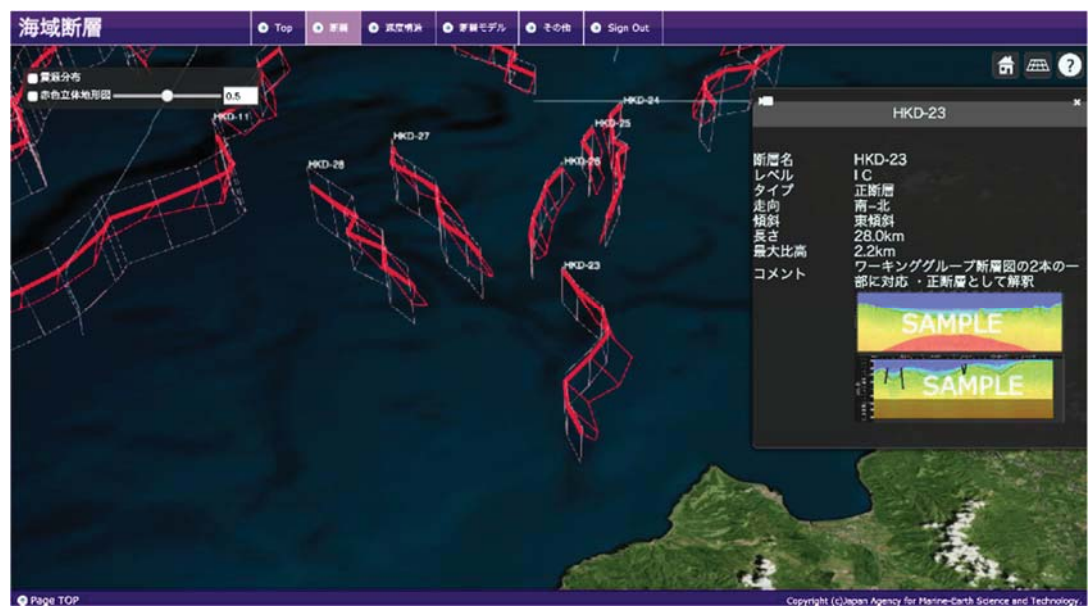


図 20 断層（走向・傾斜）の三次元表示
（この断層の特徴と、特定した反射記録断面図の縮小版も表示）

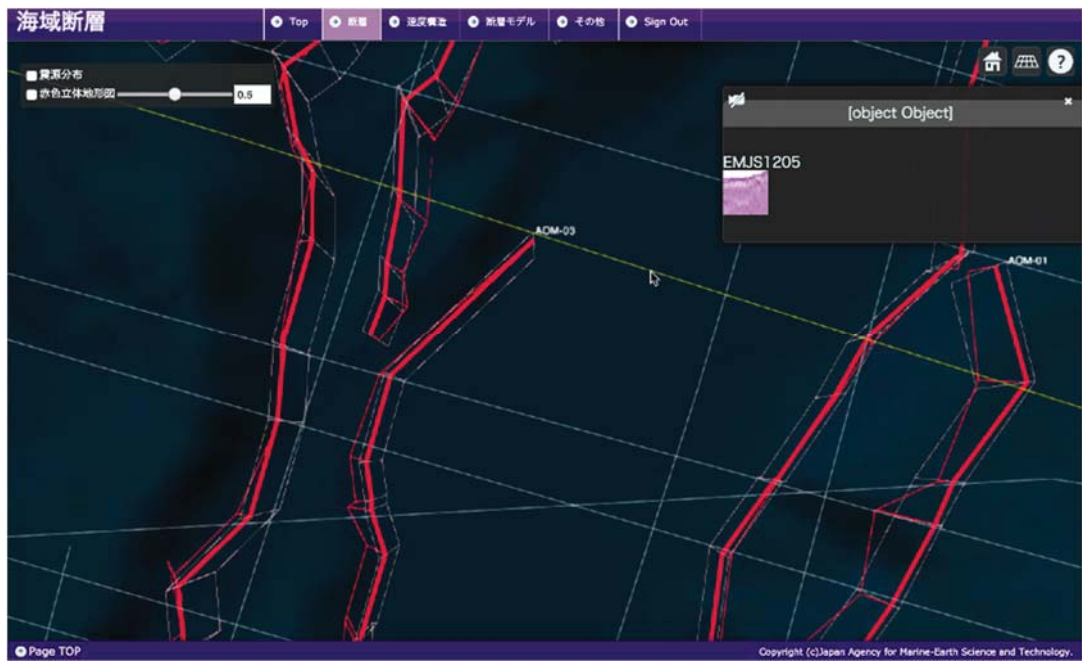


図 21 断層（走向・傾斜）（図 20 の拡大版）

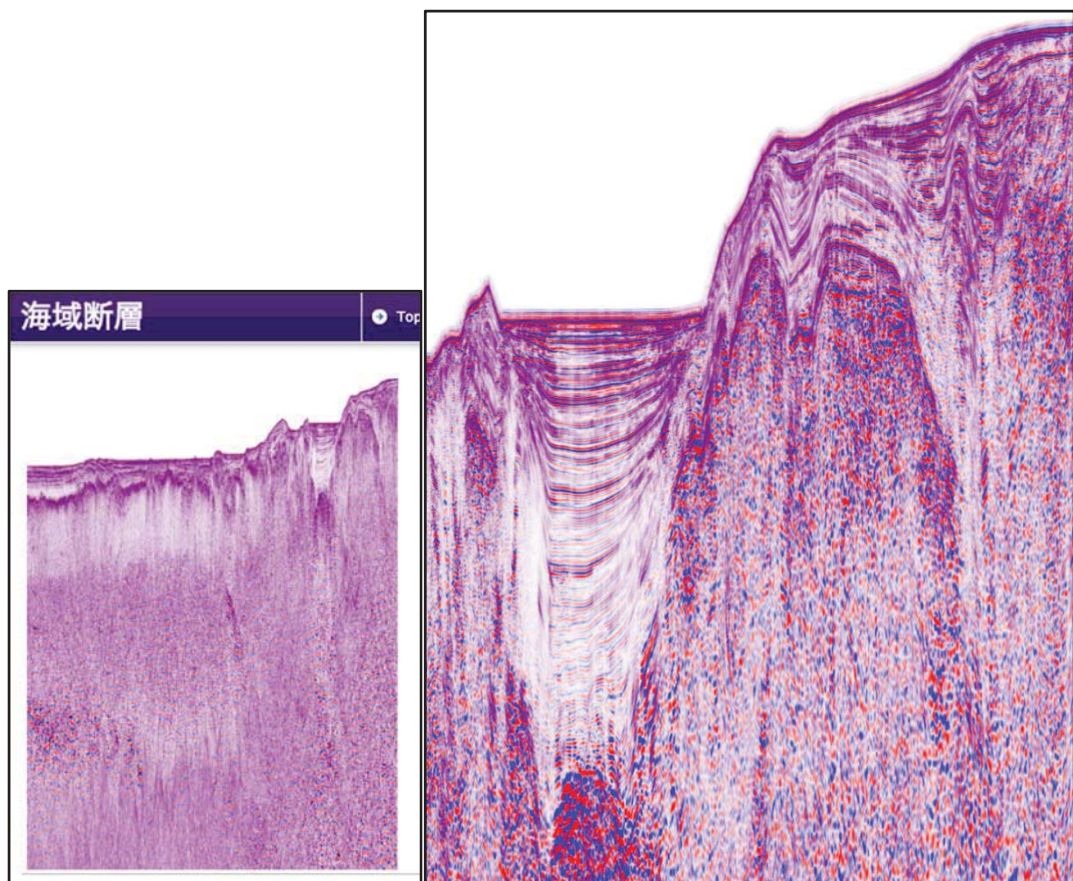


図 22 反射記録断面図（図 20 の測線をクリックした断面図）
（左図を表示、右図はその拡大版）

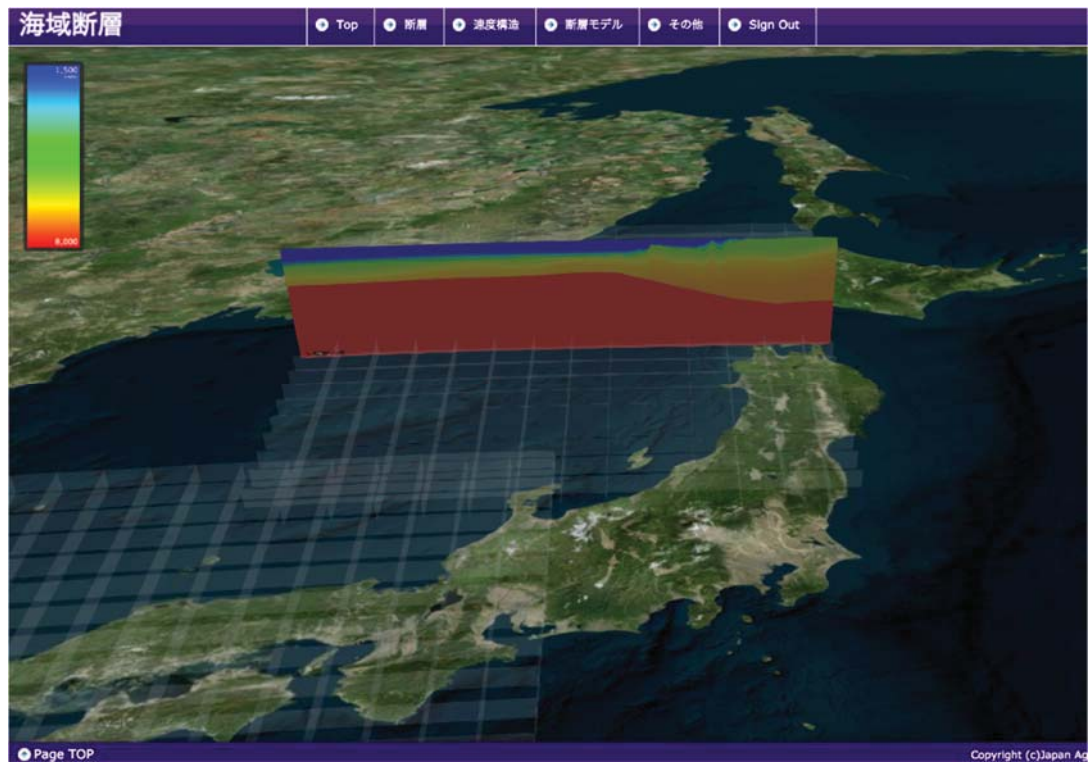


図 23 速度構造マップ（50km メッシュで表示可能）

(c) 結論ならびに今後の課題

1) 結論

本年度は、平成27年度以降継続的に南西諸島海域を対象にデータ収集を図り、公的機関や民間会社の協力を得て当該海域のデータを収集する事ができた。特に、反射法データの測線が非常に少ない奄美大島西方海域で、1970年代にSNSKがデータを取得していた反射法データを入手でき、断層解釈作業に役立った。

また、断層の深度方向の延びを把握するため、速度構造を構築する必要があったが、平成27年度に構築した速度構造との差異を無くすために、平成27年度の対象海域を取り込んだ速度構造を作成した。

一方、DBの構築では、これまで通り、収集したデータを登録すると共に、平成28年度の成果でもある当該海域の断層情報を登録した。DB公開に向けては、平成28年度は、DBに登録した様々な情報の内、主要な断層情報をWebサイト上で表示できるような図面類を作成し、これらを実際に表示する公開用DBのプロトタイプを作成した。

2) 今後の課題

来年度も引き続きデータの収集を図り、DBを充実させる予定である。ただし、データ量が膨大にあるため、DBのハード面での増強も必要となる。また、膨大なデータの整理に向けた検討も行う必要がある。

データの公開に向けては、一般人から研究者まで対象を広げてしまうと、期待する成果に違いが生ずる可能性が非常に高い。そこで、平成29年度は、より具体的に対象者を絞り込み、試験的な運用に向けて作業を進めたい。

(d) 引用文献

- 石油開発公団，昭和 46 年度 大陸棚石油・天然ガス基礎調査 基礎物理探査「東海」調査報告書，1972.
- 石油開発公団，昭和 49 年度 大陸棚石油・天然ガス基礎調査 基礎物理探査「東海～九州」調査報告書，1974.
- 石油開発公団，昭和 52 年度 大陸棚石油・天然ガス基礎調査 基礎物理探査「下北～東海沖」調査報告書，1977.
- 石油公団，昭和 53 年度 大陸棚石油・天然ガス基礎調査 基礎物理探査「東海沖～熊野灘、宮崎沖、伊豆七島海域（一部）」調査報告書，1978.
- 石油公団，昭和 54 年度 大陸棚石油・天然ガス基礎調査 基礎物理探査「伊豆七島海域、小笠原諸島海域」調査報告書，1979.
- 石油公団，昭和 55 年度 国内石油・天然ガス基礎調査 基礎物理探査「トカラ列島沖」調査報告書，1980.
- 石油公団，昭和 58 年度 大陸棚石油・天然ガス基礎調査 基礎物理探査「東海～熊野灘」「四国沖」調査報告書，1983.
- 石油公団，平成 2 年度 国内石油・天然ガス基礎調査 基礎物理探査「紀伊水道～四国沖」調査報告書，1990.
- 石油公団，平成 8 年度 国内石油・天然ガス基礎調査 基礎物理探査「南海トラフ」調査報告書，1996.
- 石油公団，平成 11 年度 国内石油・天然ガス基礎調査 基礎物理探査「東海沖浅海域」調査報告書，1999.
- 石油公団，平成 13 年度 国内石油・天然ガス基礎調査 基礎物理探査「東海沖～熊野灘」調査報告書，2001.
- 石油公団，平成 14 年度 国内石油・天然ガス基礎調査 基礎物理探査「東海沖～熊野灘」調査報告書，2002.
- (独) 石油天然ガス・金属鉱物資源機構，平成 20 年度 国内石油・天然ガス基礎調査 基礎物理探査「小笠原 2D・3D」調査報告書，2008.
- (独) 石油天然ガス・金属鉱物資源機構，平成 20 年度 国内石油・天然ガス基礎調査 基礎物理探査「宮崎沖 3D」調査報告書，2008.
- (独) 石油天然ガス・金属鉱物資源機構，平成 22 年度 国内石油・天然ガス基礎調査 基礎物理探査「宮崎沖 3D」調査報告書，2010.

(e) 収集文献

- (財) 日本水路協会，海底地形デジタルデータ M7000 シリーズ.
- (独) 産業技術総合研究所 地質調査総合センター，海洋地質図 (CDR) N0. 58～N0. 82.

3. 2 海域における既往探査データ等の解析及び統一的断層解釈

(1)業務の内容

(a) 業務題目 海域における既往探査データ等の解析及び統一的断層解釈

(b) 担当者

所属機関	役職	氏名
国立研究開発法人海洋研究開発機構	グループリーダー	高橋 成実
国立研究開発法人海洋研究開発機構	グループリーダー	清水 祥四郎
国立研究開発法人海洋研究開発機構	特任技術副主幹	安藤 五郎
国立研究開発法人海洋研究開発機構	特任技術副主任	佐藤 伸明
国立研究開発法人海洋研究開発機構	特任技術主事	新井 麗
国立研究開発法人海洋研究開発機構	特任技術主事	勝山 美奈子

(c) 業務の目的

統一的断層解釈を行うために収集された反射法地震探査データ（以下、「反射法データ」）等から、海底下最大10 km 程度までの反射面の分布や地質構造を把握するため、ノイズ除去手法などの最新のデータ解析を加え、深部イメージングの品質を向上させる。DBに登録後、断層の解釈、及び断層の三次元的な広がり进行评估する。その後、深さ方向を時間軸から深度軸に変換するための三次元地震波（P波）速度構造モデル（以下、「速度構造モデル」）を作成して、解釈した断層を深度領域に変換し、その中から主断層を選定しサブテーマ(3)に情報を提供する。断層の深部延長への解釈を加え、そのデータタッチメントの場所进行评估する。解釈結果は、客観性を保持するため、アドバイザー、評価助言委員の方々から意見を頂き、適宜改訂する。

(d) 7 ヶ年の年次実施業務の要約

1) 平成 25 年度：

収集したデータ（日本海）の再解析を開始、多重反射波除去のパラメータテストを行い、今後の解析のフローを作成した。また、既存の解釈データも収集、参考にしながら解釈作業を開始した。併せて日本海周辺の速度情報を収集、層構造構築を開始した。

2) 平成 26 年度：

引き続き収集したデータ（日本海）の再解析と解釈を行い、上記手法にしたがって断層評価を進めた。解釈結果はアドバイザーからの助言を得て適宜改訂を行った。

3) 平成 27 年度：

日本海データの解釈を取り纏め DB に登録した。南西諸島南部海域のデータを収集し、一部データについては再解析を行い、その結果と既存の収集データを活用して断層解釈を行い、断層評価を実施した。

4) 平成 28 年度：

南西諸島北部海域データの再解析と解釈を行い DB に登録した。速度構造モデルは南西諸島南部海域も含めた海域で構築し、断層モデルの深度変換作業に利用した。なお、解釈結果はアドバイザーからの助言を得て適宜改訂した。断層モデル、解釈結果及び速度構造モデルは、データ公開システムの仕様を検討しているサブテーマ(1)に提供した。断層モデルは適宜サブテーマ(3)に提供する。

5) 平成 29 年度：

伊豆・小笠原海域のデータの再解析と解釈を取り纏め DB に登録し、速度構造モデルを構築する。解釈結果はアドバイザーからの助言を得て適宜改訂を行い、サブテーマ(3)に提供する。

6) 平成 30 年度：

南海トラフ海域のデータの再解析と解釈を行い DB に登録し、速度構造モデルの構築を開始する。解釈結果はアドバイザーからの助言を得て改訂する。また、断層モデルは適宜サブテーマ(3)に提供する。

7) 平成 31 年度：

平成 30 年度に引き続き南海トラフ域のデータの再解析と解釈を行い DB に登録すると共に、南海トラフ海域全域での速度構造モデルを構築する。解釈結果はアドバイザーからの助言を得て改訂し、断層モデルは適宜サブテーマ(3)に提供する。また、情報展開のためのシステムを試作する。

(2) 平成 28 年度の成果

(a) 業務の要約

平成 28 年度は南西諸島北部海域において反射法データの再解析と解釈を実施した。対象となったデータの再解析は、JOGMEC から提供されたデータのうち、測線長計約 5,300 km のトカラ列島海域のマルチチャンネル反射法地震探査（以下、「MCS」）データであった。開始するに当たり、地震探査データ、坑井データ他、文献等々の収集を図ると共に、断層解釈の際に問題となる種々多重反射を取り除く処理、様々なデータ取得仕様を統一的な波形とする波形変換処理等の再解析を実施した。

また、SNSK（現在 JOGMEC にデータが移管されている）が取得した約 2,800km の反射法データは、フィルム断面図（アナログデータ）のみであったため、ベクトル化解析を行いデジタルデータに変換した。AIST のシングルチャンネル反射法地震探査（以下、「SCS」）データについてもノイズ除去等の解析を行なった。

速度構造モデルは南西諸島海域に対して構築した。速度構造モデルを作成するにあたり、反射法データの処理過程で得られる重合速度と、JCG が実施した地殻構造探査の OBS データ解析で得られた速度データを使用した。

地質構造を把握するためのホライゾン解釈としては、音響基盤と堆積層内の境界面の解釈を南西諸島北部海域に対して実施した。

断層の見直し作業は、日本海域の赤色立体地形図が新たなデータとして追加されたため、南西諸島周辺海域の断層解釈作業と並行して平成 26 年度業務成果として得られた日本海域の断層分布について詳細な海底地形を参考に実施した。

(b)業務の実施方法

本年度実施した基本的なMCSデータの再解析フローとしては、データチェックの後、フォーマット変換、トレースエディットと最小位相化解析、簡易速度解析の後にノイズ抑制解析、各種多重反射解析、振幅補償、デコンボリューション、Common Mid Point (CMP) ソート、1 km間隔の速度解析後のNormal Move Out (NMO) 補正、この時点で除去しきれないデータに対して再度多重反射波除去、タイムマイグレーション、F-X予測フィルター、帯域通過フィルターの内容で順に実施した。特に多重反射波解析については、海水面に起因する長周期多重反射波を抑制するSurface-Related Multiple Elimination (以下、「SRME」)、層間多重反射波に代表される短周期多重反射波を抑制するRadial Trace Deconvolution (以下、「RTD」) を用いた。デジタルデータが存在しない測線については、重合断面図(フィルム断面図)をスキャナーで読み取りベクトル化解析によりデジタルデータに変換し、フィルム上に記載された速度情報を使い、重合後マイグレーション処理を実施した。

AISTのSCSデータについては、トレースの連続性の着目したフィルター解析を実施した。JAMSTEC内でのデータ再解析は、フィールドデータに対して、フォーマット変換、振幅補償、走時補正、F-X予測フィルター、トレースミュート、タイムマイグレーションを実施、解析の基準フローを作成した。

これらの再解析したデータに加え、JOGMEC、JAMSTEC、JCGによって近年取得された、再解析の必要がない高品質のデータを合わせて断層解釈作業に使用した。なお、断層解釈作業にあたっては、既存の解釈結果や文献も参考に進めた。

速度構造モデルの構築は、南西諸島全域での海底面、解釈したA-horizon、B-horizonのデータを用いsurfaceを作成し、層構造を構築した。速度情報としては、反射法データやOBS調査データ及び坑井の速度データなどを使用して、基本となる速度キューブを作成した。この速度キューブに層構造を当てはめ、各層構造に様々な情報から速度関数を与え、速度構造モデルを構築した。速度構造モデルは水平方向1 kmグリッド、鉛直方向100m間隔の解像度で作成し、この速度構造モデルを用いて、反射法データ及び断層面の深度変換を行った。

断層解釈作業は、調査実施時期や調査仕様の異なる様々な反射法地震探査断面図(以下、「反射記録断面図」)を用い、時間断面上で解釈を行い、統一的な速度構造モデルを用いて深度変換し、断層の形状を確認して、最終的な断層解釈とした。その後、断層の空間的な連続性を同定するため、解釈の際に海底地形や地質構造の特徴、断層下端の位置にしたがって分類分けし、その特徴の連続性を判断の基準とした。

(c)業務の成果

1)データ再解析

平成28年度は、JOGMECより提供されたデータ約5,300 kmの測線に対するデータ再処理作業と、SNSKより提供されたデジタルデータが存在しない約2,800 kmに対するベクトル化作業を実施した。

このうちデータ再処理の対象となったのは、民間会社による1調査とJOGMECによる1調査(表1)で、JOGMEC調査の仕様は表2に示す通りである。

一方、ベクトル化作業の対象となる調査は、SNSK が 1973 年から 1977 年に実施した調査で、重合後のフィルムデータをスキャンし、デジタル化を図った（表 3）。図 1 は、今回実施したベクトル化作業の調査海域、及び測線図である。

表 1 データ再処理調査仕様

調査名	測線数	測線長(km)	発震点数	発震点間隔(m)	受振器間隔(m)	サンプリング間隔(msec)	記録長(sec)
トカラ列島海域 (1980)	58	3,058	122,388	25	50	4	5

表 2 解析対象の調査仕様

解析対象調査仕様

調査名	トカラ列島海域
取得年度	1980
旧測線名	80-x測線
新測線名	TKR80-x測線
Survey Bessel	M/V KAIYO
Recording	
Instrument	TI DFS/V
Record Length(sec)	5
Sample Rate(msec)	4
Number of Channel	48
Low Cut Filter	8Hz (18db/oct)
High Cut Filter	64Hz (72db/oct)
Tape Format	
Source	
Gun Type	BOLT Air Gun
Shot Point Interval(m)	25
Gun Volume(cu. in)	2090
Gun Pressure(psi)	2000
Gun Depth(m)	8
Receiver	
Instrument	Streamer Cable(SEC)
Receiver Interval(m)	50
Nearest Channel Offset(m)	310
Cable Length(m)	2400
Cable Depth(m)	15
Navigation	
Instrument	TELEDYNE TDL-601
Primary	LORAN-C system
Secondary	SATELLITE system

表 3 ベクトル化処理調査仕様

調査名	測線数	測線長 (km)	発震点数	発震点 間隔 (m)	受振器 間隔 (m)	サンプリング 間隔 (msec)	記録長 (sec)
SNSK トカラ	62	2,831	56,680	50	50	4	6～8

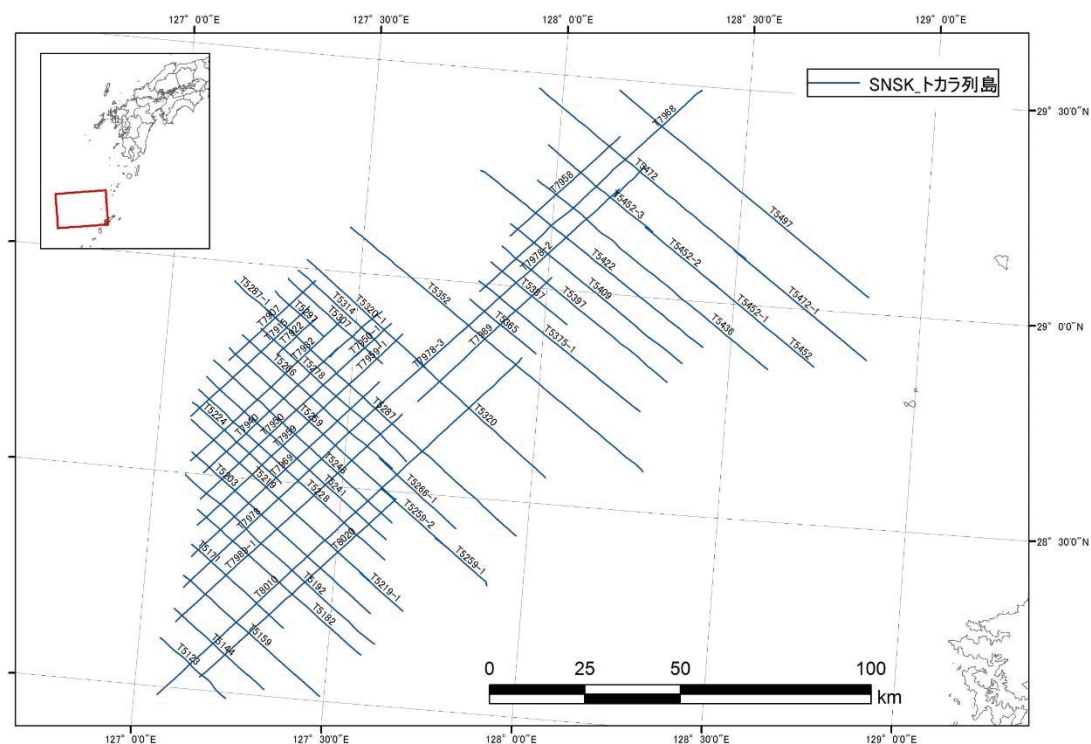


図 1 ベクトル化対象測線図

a) データ概要

解析対象調査のデータ概要をまとめる。

各調査における発震記録例を図 2 に示す。対象調査のデータ概要は以下の通りである。

- ・解析対象調査ではデータ取得時に 8 Hz のローカットフィルターが適用されているため、発震記録上に波浪ノイズ (Swell Noise) はほとんど確認できない。
- ・ケーブルノイズや船舶ノイズなどのコヒーレントノイズは見られず、品質は良好である。
- ・海底面に起因する多重反射波が卓越しており、一部の測線では反射波の識別を困難にしている。

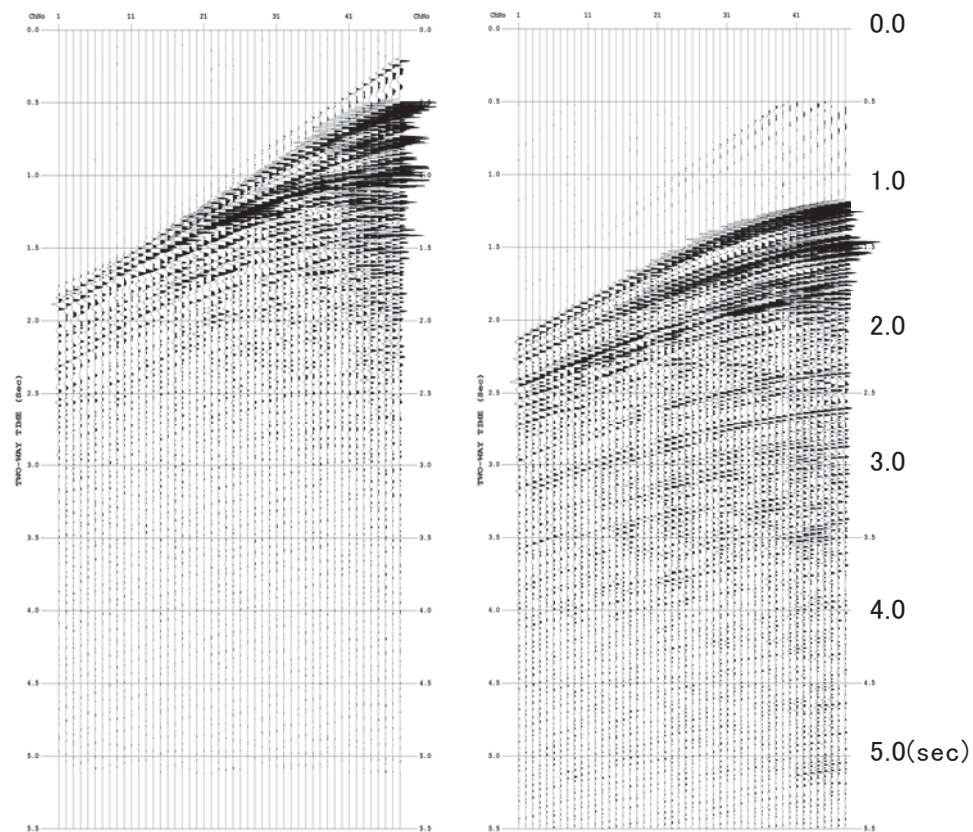


図2 発震記録例

b) データ再解析概要

本データ解析は、株式会社地球科学総合研究所の処理ソフトウェア「SuperX」を用いて実施された。重合前時間マイグレーションについては、TECHCO 社のソフトウェア「SUMMIG」が用いられた。各調査のデータ品質を考慮して最適な処理結果が得られるように、処理フロー及び処理パラメータを決定した。

本解析では、海域活断層のジオメトリー把握と可視化の観点から、解釈上の必要に応じて、複合型多重反射波抑制処理、重合前時間マイグレーション、Multi-dip 型 CRS 解析の追加解析を実施した。これらの追加解析の作業量は、仕様によりそれぞれ、解析対象調査の全有効測線長の 29%、6%及び3%を超えないものとした。

古い年代の解析対象データに関しては、一部で発震記録のデータ欠損が確認されている。各測線でデータ欠損が 25%を越えている場合は、対象測線をデータ解析から除外し、重合後記録のデジタルデータが残存する場合はその重合後記録を、残存しない場合はベクトル化処理で作成された重合後記録のデジタルデータを用いて、重合後の信号強調処理、重合後時間マイグレーション及び深度変換を実施した。データ欠損率が 25%以下であっても、測線全体に欠損箇所が散在し、データ解析に大きな支障となる場合には同様の対応を取った。

i) 複合型ノイズ抑制処理

対象記録のノイズ特性を考慮して、各種手法を複合的に組み合わせたノイズ抑制処理を検討し、適用した。一部の発震記録では探鉱機に由来するパルスノイズが見られたため、これを抑制する目的でパルスノイズ抑制処理を適用した。全調査の発震記録上には僅かではあるがランダムノイズが確認されたため、ランダムノイズ抑制効果のある F-X 予測フィルターを発震記録に適用し、空間的にコヒーレントな信号を抽出・強調した。ノイズ抑制手法の選択及びパラメータの決定においては、反射波を損傷しないように細心の注意を払った。

ii) 複合型多重反射波抑制処理

対象海域では海底深度が変化することから、長周期多重反射波、短周期多重反射波及び回折多重反射波などが重複的に発生している可能性があるため、各種手法を複合的に組み合わせた多重反射波抑制処理を検討し、適用した。短周期多重反射波の抑制には、標準解析で適用される RTD 法を用いた。長周期多重反射波の抑制には、SRME 法を用いた。SRME 法は、複雑な海底地形でも多重反射波の抑制効果が高く、反射波の損傷も小さく抑えられるため、仕様上は追加解析であったが全測線に適用することとした。ただし、SRME 法は波動方程式に準拠するため、二次元記録では三次元構造に起因する多重反射波の予測に誤差が生じ、このような多重反射波の抑制効果は低下する。また、ファーフセットでの多重反射波や、回折多重反射波についてはその抑制効果は限定的であるため、このような多重反射波が存在する場合には、放物線ラドン変換法を検証し、効果が見られた場合は適用することとした。ところで、対象調査ではニアオフセットギャップが大きく、浅海域では海底面反射波が正しく取得できないため、波動方程式に基づく SRME 法や周期性に基づく RTD 法では、海底面に起因する 1 回目の短周期多重反射波の抑制は困難である。このようなケースでも走時差に基づく放物線ラドン変換法では、短周期多重反射波の抑制効果が期待できるため、この手法を検証し、効果が見られた場合は適用することとした。放物線ラドン変換法の適用測線一覧を表 4 に示す。なお、本解析では SRME 法を対象調査の全測線に適用したため、複合型多重反射波抑制処理の対象測線長は、放物線ラドン変換法の適用測線長のこととなる。

iii) 重合前時間マイグレーション

過褶曲、複背斜あるいは衝上断層群といった短波長の構造不均質が顕著であり、海域活断層の解釈に重要な領域のデータに関しては、重合前時間マイグレーションを適用した。本年度の仕様では、重合前時間マイグレーションの対象測線長は全測線長の 6% と大きく制限された。ただし、測線端ではマイグレーションの口径（アパチャー）の影響により品質が低下するため、実際の重合前時間マイグレーションの解析作業では、選択範囲にこの影響が及ばないように測線全体を解析対象とし、処理結果から対象範囲を抜き出すこととした。

iv) Multi-dip 型 CRS 解析

海域断層の深部延長に関して、そのジオメトリー把握を目的とした微弱な深部反射波のイメージングが必要と判断されたデータについて、Common Reflection Surface (CRS) 法を適用した。CRS 法では、近軸波線理論 (Paraxial Ray Theory) に基づき、ゼロオフセット反射波走時に関わる CMP 間走時差の挙動を考慮したムーブアウト補正、つまり反射面沿いの振幅応答の集約を通じて飛躍的な重合数が確保される。CRS 法では反射面として連続的な曲面を仮定するため、細かな断層形態を把握することは困難と考えられるが、不明瞭な深部構造の大局的な構造や、大きな断層などの把握に関しては有効である。本解析では、複数の傾斜イベントに関して対応可能なアルゴリズム (Multi-dip 型 CRS 解析) を採用し、深部反射波イメージングの高精度化を図った。

v) ベクトル化处理

解析対象測線においてデータ欠損が多くデータ解析の除外となった測線で重合時間記録がデジタルデータとして残存していない場合と、JOGMEC より提供された SNSK の既存結果のうち JAMSTEC より指定された測線については、フィルムあるいは紙面で残存する CMP 重合断面図をスキャナーで読み取り SEG-Y データを生成するベクトル化处理を実施した。解析対象測線においてデータ欠損率が小さくても、データ欠損が連続することで重合記録上にデータ欠損が見られる場合には、同様の対応を取った。解析対象測線におけるベクトル化处理の適用測線では、原則としてデータ再解析は行われませんが、ある程度の区間で十分な品質の重合記録が作成可能な場合は、データ再解析も併せて実施した。解析対象測線でのベクトル化处理の適用測線一覧を表 4 に (注: ベクトル化の測線長は、フィールドデータが欠如して、紙或いはフィルム断面図よりベクトル化した測線長を示す。)、SNSK の既存結果のベクトル化対象測線一覧を表 5 に示す。

表 4 再処理対象測線一覧（トカラ列島 80）

トカラ列島80(1)				トカラ列島80(2)			
測線名	測線長(km)			測線名	測線長(km)		
	発震点数	SP測線	ベクトル化		発震点数	SP測線	ベクトル化
80-1	2,701	67.50		80-18-1	2,081	52.00	
80-1-1	701	17.50		80-19	2,561	64.00	
80-2	1,901	47.50		80-19-1	2,521	63.00	
80-2-1	801	20.00		80-20	221	5.50	
80-2-2	681	17.00		80-20-1	2,481	62.00	
80-3	3,121	78.00		80-21	2,201	55.00	
80-4	2,271	56.75		80-22	1,201	30.00	31.18
80-4-1	841	21.00		80-23	1,201	30.00	
80-5	961	24.00		80-24	2,101	52.50	53.68
80-5-1	1,721	43.00		80-25	1,201	30.00	
80-6	801	20.00		80-26	1,361	34.00	35.18
80-7	1,801	45.00		80-27	1,201	30.00	
80-8	1,361	34.00		80-A	1,561	39.00	
80-8-1	801	20.00		80-A-1	721	18.00	
80-9	1,701	42.50		80-B	2,501	62.50	
80-9-1	601	15.00		80-B-1	2,601	65.00	
80-10	2,401	60.00		80-B-2	321	8.00	
80-10-1	2,921	73.00		80-C	4,081	102.00	
80-11	871	21.75		80-C-1	1,661	41.50	
80-11-1	1,271	31.75		80-C-2	4,201	105.00	
80-11-2	441	11.00		80-C-3	3,921	98.00	
80-12	2,401	60.00	61.18	80-D	4,201	105.00	106.18
80-13	2,401	60.00	61.18	80-E	2,601	65.00	66.18
80-14	2,401	60.00		80-F	1,501	37.50	38.68
80-15	2,681	67.00		80-G	2,601	65.00	66.18
80-15-1	2,701	67.50		80-H	1,401	35.00	36.18
80-16	2,501	62.50	63.68	80-I	4,801	120.00	121.18
80-17	2,601	65.00	66.18	80-J	7,201	180.00	181.18
80-18	801	20.00		80-K	7,021	175.50	176.68

表 5 ベクトル化測線一覧

新西日本石油(SNSK)(1)			新西日本石油(SNSK)(2)		
測線名	取得年	測線長(km)	測線名	取得年	測線長(km)
T5123	1979	21.60	T5409	1978	56.20
T5144	1978	30.20	T5422	1974	72.60
T5159	1977	46.10	T5436	1977	76.20
T5171	1978	31.20	T5452	1977	10.30
T5182	1977	55.40	T5452/1	1977	25.00
T5192	1979	64.60	T5452/2	1977	23.20
T5203	1977	61.20	T5452/3	1977	33.80
T5219	1978	61.20	T5472	1974	68.40
T5219-1	1979	13.80	T5472-1	1979	43.60
T5224	1979	30.45	T5497	1979	83.40
T5228	1977	64.20	T-7907	1979	29.65
T5241	1978	61.20	T-7915	1979	41.80
T5246	1977	61.40	T-7922	1979	12.95
T5259	1978	57.20	T-7932	1978	52.20
T5259-1	1979	16.60	T-7940	1977	46.40
T5259-2	1979	22.20	T-7940-1	1979	15.80
T5266	1977	51.20	T-7950	1978	56.20
T5266-1	1979	25.60	T-7950-1	1979	11.75
T5278	1978	50.00	T-7958	1978	37.20
T5287	1974	86.20	T-7959	1977	54.40
T5287-1	1979	13.80	T-7959-1	1979	17.80
T5297	1979	15.95	T-7968	1979	76.60
T-5307	1979	32.00	T-7969	1978	65.20
T-5314	1979	27.60	T-7978/0	1977	69.20
T-5320	1979	44.00	T-7978/1	1977	10.20
T-5320	1979	40.80	T-7978/2	1977	54.40
T-5352	1974	97.95	T-7978/3	1979	31.60
T-5365	1978	21.20	T-7989/0	1978	46.20
T-5375/1	1977	52.20	T-7989/1	1978	78.20
T-5387	1978	24.20	T-8010	1979	127.60
T-5397	1977	54.20	T-8020	1977	67.40

c) データ解析内容

データ解析作業は、図 3 に示すデータ処理フローに基づき実施された。この解析作業は、標準解析、重合前時間マイグレーション解析（以下、「PSTM 解析」）、Multi-dip 型 CRS 解析（以下、「MDRS 解析」）、ベクトル化処理の 4 つに大別できる。以下に各段階での処理内容を解析作業ごとに示す。処理パラメータの詳細については表 6 に示す。なお、以下で処理番号が “(**)” で記載された項目は、検討の結果、適用しなかった処理を意味する。

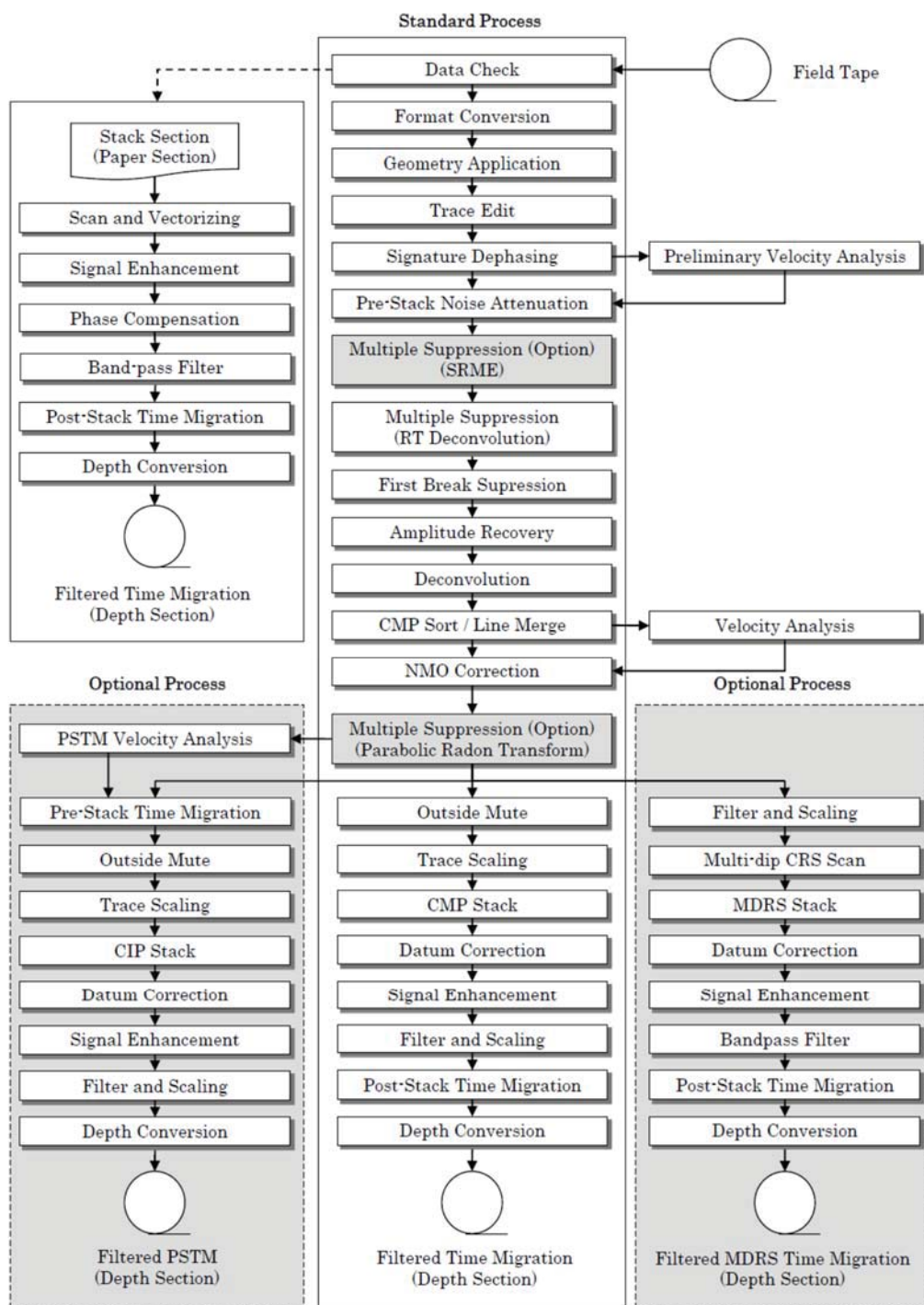


図 3 データ処理フロー

表6 処理パラメーター一覧

	Process	Parameters	トカラ列島海域	鹿児島～沖縄沖53
1	Data Check			
2	Format Conversion		SEG-Y to SuperX format	SEG-B to SuperX format
3	Geometry Application			
4	Trace Edit	Trace Edit Despike Method Spike Search Gate Length	Manual Spike and Zero Search 200 msec	
5	Signature Dephasing	Gun Sinature Polarity	Use Avaraged Sea Bottom Reflection Sea Bottom Reflector is positive	
6	Preliminary Velocity Analysis	Method Analysis Interval	Constant Velocity Scan Method 2000 m	
7	Pre-Stack Noise Attenuation	F-X Prediction Filter Domain Operator Type Operator Length Gate Length Time Gate Length Time Gate Overlap Length Tempolary AGC Gate Length	Shot Gather Two-Side 11 traces 48 traces 500 msec 250 msec 300 msec	
8	Surface-related Multiple Elimination	Survay Type Adaptive Subtraction(1st) Operator Length Time Window Space Window Adaptive Subtraction(2nd) Operator Length Time Window Space Window	2D 200 1500 msec 48 traces 48 100 or 500 msec 11 traces	
9	Radial Trace Deconvolution	Transformed Parameter Velocity Range Deconvolution Parameter Gate Length Operator Length Prediction Distance	-4000 ~ 4000 m/sec 3000 msec 300 msec 64 msec	
10	First Break Mute	Start Time Taper Length Sliding Velocity	Sea Bottom - 15msec 8 msec 1500 m/sec	
11	Amplitude Recovery	Method AGC Gate Length	Geometrical Spreading + AGC 1000 msec	
12	Deconvolution	Method Mode Gate Start Time at 0m offset Gate Length Operator Length Prediction Distance Gate Sliding Velocity White Noise	Trace by Trace Time Invariant Sea Bottom + 100msec 2000 msec 350 msec 4 msec 1500 m/sec 1.005	Trace by Trace Time Invariant Sea Bottom + 100msec 2000 msec 350 msec 2 msec 1500 m/sec 1.005
13	CMP Sort	CMP Interval Radius Limit	25 m Unlimited	
14	Line Merge			
15	Velocity Analysis	Method Analysis Interval	Constant Velocity Scan Method 1000 m	
16	NMO Correction	Stretch Factor	1.7	
17	Parabolic Radon Transform (optional)	Mode Reference Offset for Moveout Transform Moveout Range Filter Moveout Range	Multiple Extraction 2000 m -100 ~ 550 msec -100 ~ 200 msec	
18	Outside Mute	Base Time Start Time Start Offset Taper Length Sliding Velocity	Sea Bottom - 100 msec 1000 msec 1300 m 100 msec 2000 m/sec	Sea Bottom - 100 msec 1000 msec 1000 m 100 msec 2000 m/sec
19	Trace Scaling	Method Gate Length	AGC 600 msec	
20	CMP Stack	Method Divisor Type	Normal Stack Normalized by Square Root of Number of Fold	
21	Datum Correction	Datum Time Shift	Mea Sea Level 15.33 msec	Mea Sea Level 16.67 msec
22	Signal Enhancement	Method Operator Length Gate Length Time Gate Length Time Gate Overlap Length	F-X Prediction Filter 7 CMPs 50 CMPs 1000 msec 500 msec	
23	Band-pass Filter	Method Operator Length Gate Overlap Length Base Time Pass Band	Time Variant 300 msec 1000 msec Sea Bottom 10/10 - 60/60 Hz (0.0 - 1.5 sec) 6/6 - 50/50 Hz (1.5 - 3.0 sec) 6/6 - 40/40 Hz (3.0 - END sec)	Time Variant 300 msec 1000 msec Sea Bottom 10/10 - 50/50 Hz (0.0 - 1.5 sec) 6/6 - 40/40 Hz (1.5 - 3.0 sec) 6/6 - 30/30 Hz (3.0 - END sec)
24	Trace Scaling	Method	Trace Sigma Scale	
25	Post-Stack Time Migration	Method Approximation Angle Extrapolation Step Velocity Type Velocity Scaling Factor	T-X FD Migration 45 degree 4 msec Stacking Velocity 90 %	T-X FD Migration 45 degree 2 msec Stacking Velocity 90 %
26	Depth Conversion	Method	Vertical Stretch	

i) 標準解析

標準解析は、重合後時間マイグレーションの深度断面図を作成するまでの標準的な解析である。

① データ確認 (Data Check)

磁気テープ等の記録媒体に保存されている既存データを精査し、データ欠損の状況を集約した。データ欠損率が小さく、十分な品質の重合記録の作成が見込める記録について再解析の対象とした。発震点記録が欠落している記録あるいは発震記録内でトレースが欠落している記録に関しては、発震記録とデータシート(オブザーバズログ)の対応関係を確認し、過誤が認められた場合には正しい対応を再現した。

② フォーマット変換 (Format Conversion)

磁気テープ等の記録媒体に保存されている既存データから JGI 内部フォーマット (SuperX フォーマット) への変換を行った。複数の測線に分けて取得されたデータのうち、発震船の航行方向が同じであり、接続域で発震点位置を含めて測線が一致するような単純なケースについては、この段階で測線を接続した。なお、データ確認の際に判明したトレース順の過誤や発震記録ごとの記録開始時間のずれ等は、この段階で補正された。

③ 測線情報の入力 (Geometry Application)

発震点、受振点及び CMP のインデックスと座標、オフセット距離等の測線情報をトレースヘッダーに入力した。なお、ここで設定される座標値は、二次元測線上の相対的な値である。

この時点の結果を、データ解析に使用した原発震記録として SEG-Y ファイルに出力した。

④ トレースエディット (Trace Edit)

全発震記録を確認することで、以降の処理に悪影響を及ぼす不良記録を読み取り、処理対象から除外するとともに、パルスノイズ抑制処理を併せて適用した。図 4 (a) に不良記録の例を、図 4 (b) にパルスノイズ抑制処理の適用例を示す。図 4 (a) の赤枠で示した時間にデータ欠損が見られるが、探鉱機エラーに起因すると考えられる。このような発震記録は処理対象から除外した。図 4 (b) では 1 サンプルのパルスノイズが見られるが、探鉱機の電気ノイズに起因すると考えられる。パルスノイズ抑制処理により、パルスノイズが除去されたことが確認できる。

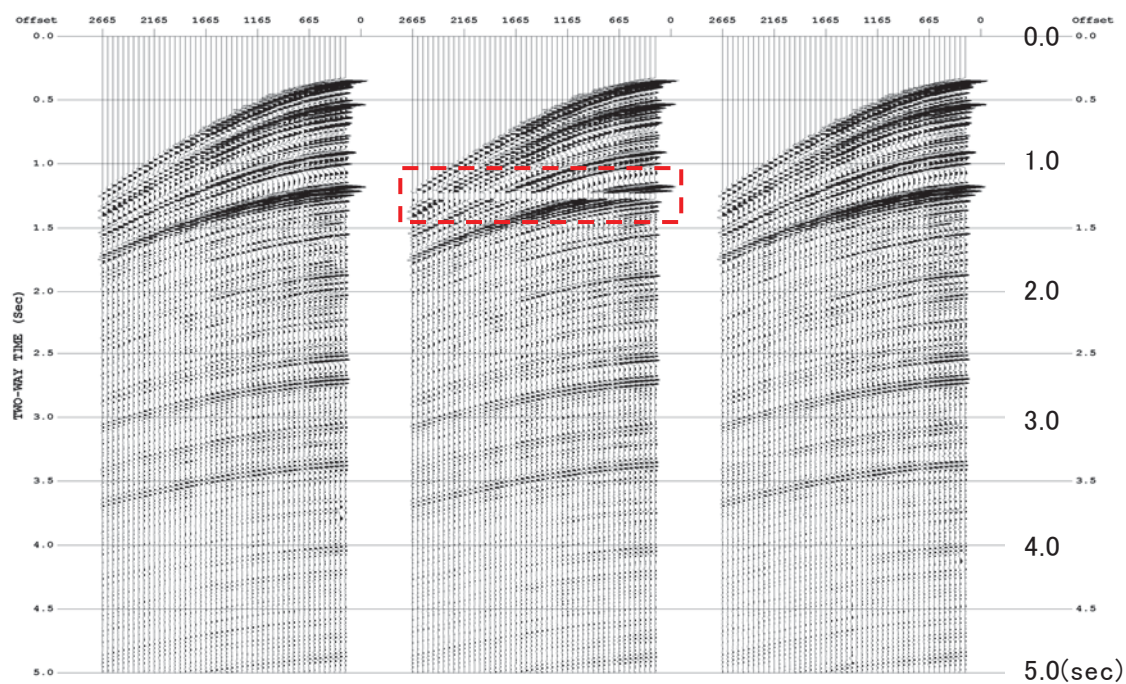


図 4 (a) 不良記録の例（赤囲いにデータの欠損あり）

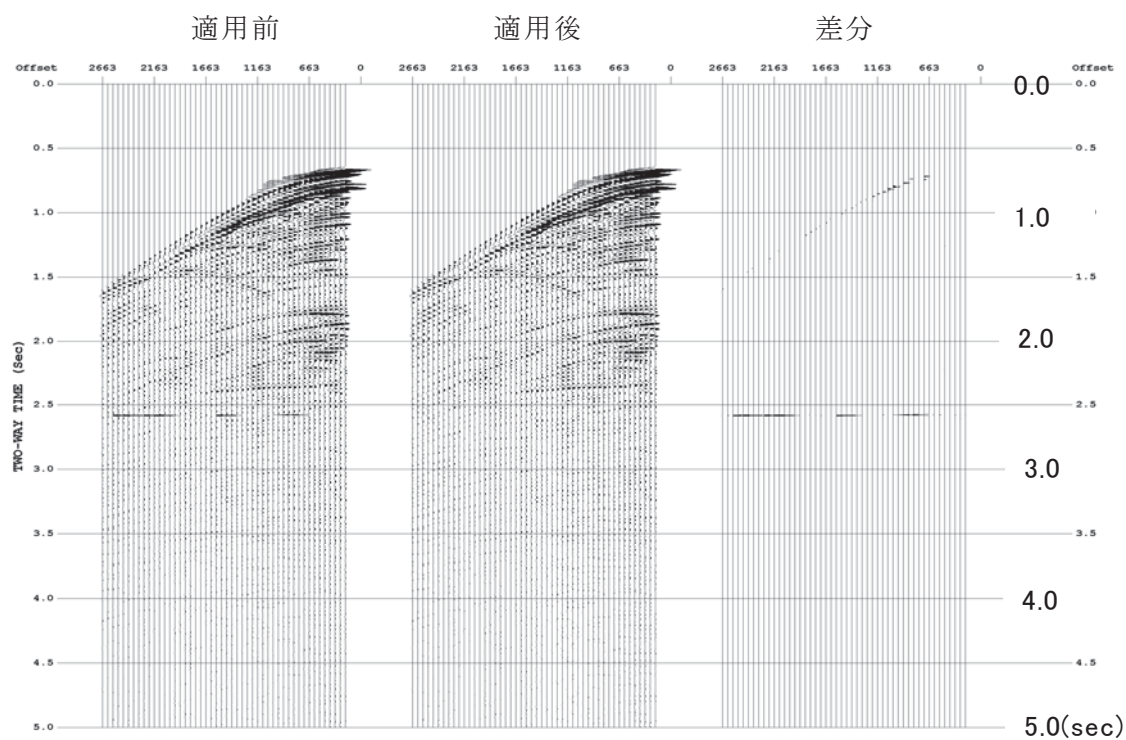


図 4 (b) 不良記録の例（パルスノイズ除去前後の比較）

(**) 対象調査ではデータ取得時に 8 Hz のローカットフィルターが適用されており、低周波数ノイズはほとんど確認できなかったため、帯域通過フィルターは適用しなかった。

⑤ 波形変換処理 (Signature Dephasing)

ニアトレース記録の海底反射波形から抽出したウェーブレットを用いて、最小位相変換を適用した。

対象調査では、適切なエアガン震源波形観測記録は存在せず、エアガンの容量及び配置の詳細情報の記載が既存報告書にはなく、ガン波形の作成もできなかったため、ニアトレース記録において海底反射波形の走時を読み取り、これを同一時間に揃えて重合することでウェーブレットを抽出した。ウェーブレット抽出までの過程を図5(a)に示す。抽出した海底面反射波形に対する波形変換処理例を図5(b)に、ニアトレース記録に対する海底面反射波形を用いた最小位相変換の適用例を図5(c)に、波形変換処理適用記録にホワイトニング型デコンボリューションを適用した例を図5(d)に示す。

なお、ここで用いたウェーブレットには、エアガンとケーブルの双方の位置でのゴースト成分が含まれているため、波形変換処理と後続のデコンボリューション処理を適用することで、両ゴースト成分が取り除かれたことになる。波形変換処理後の極性は、陸域の断面記録との接続を考慮して、海底面反射波が正となるように設定されたため、波形変換処理適用記録にホワイトニング型デコンボリューションを適用した例では、海底面反射波が正のピークとなる。

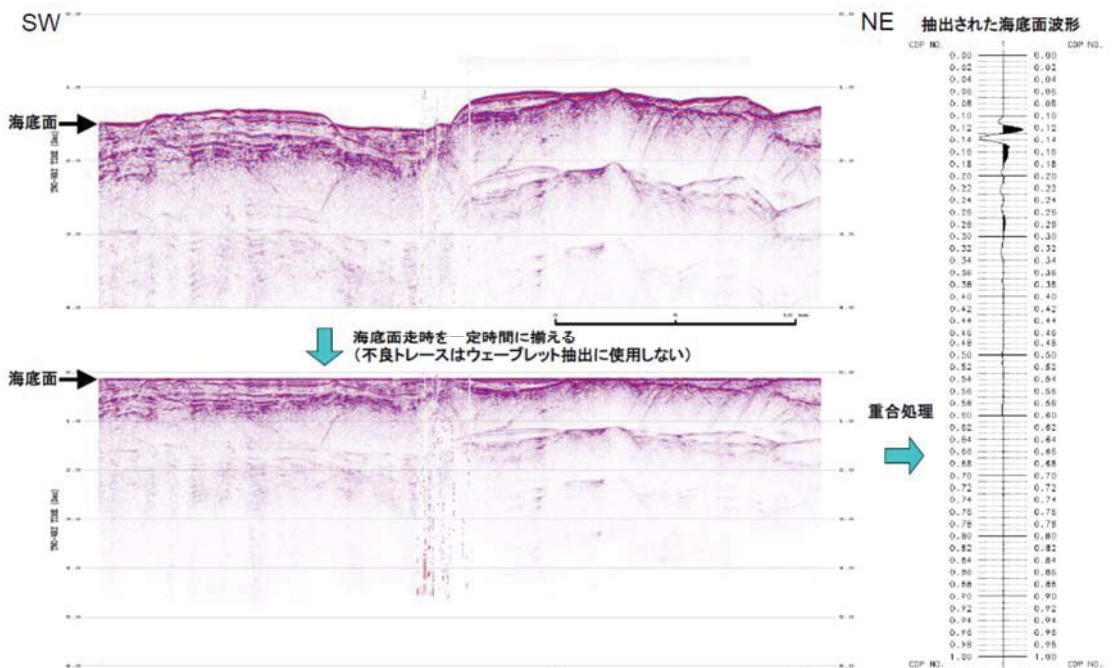


図5(a) 海底面波形の抽出

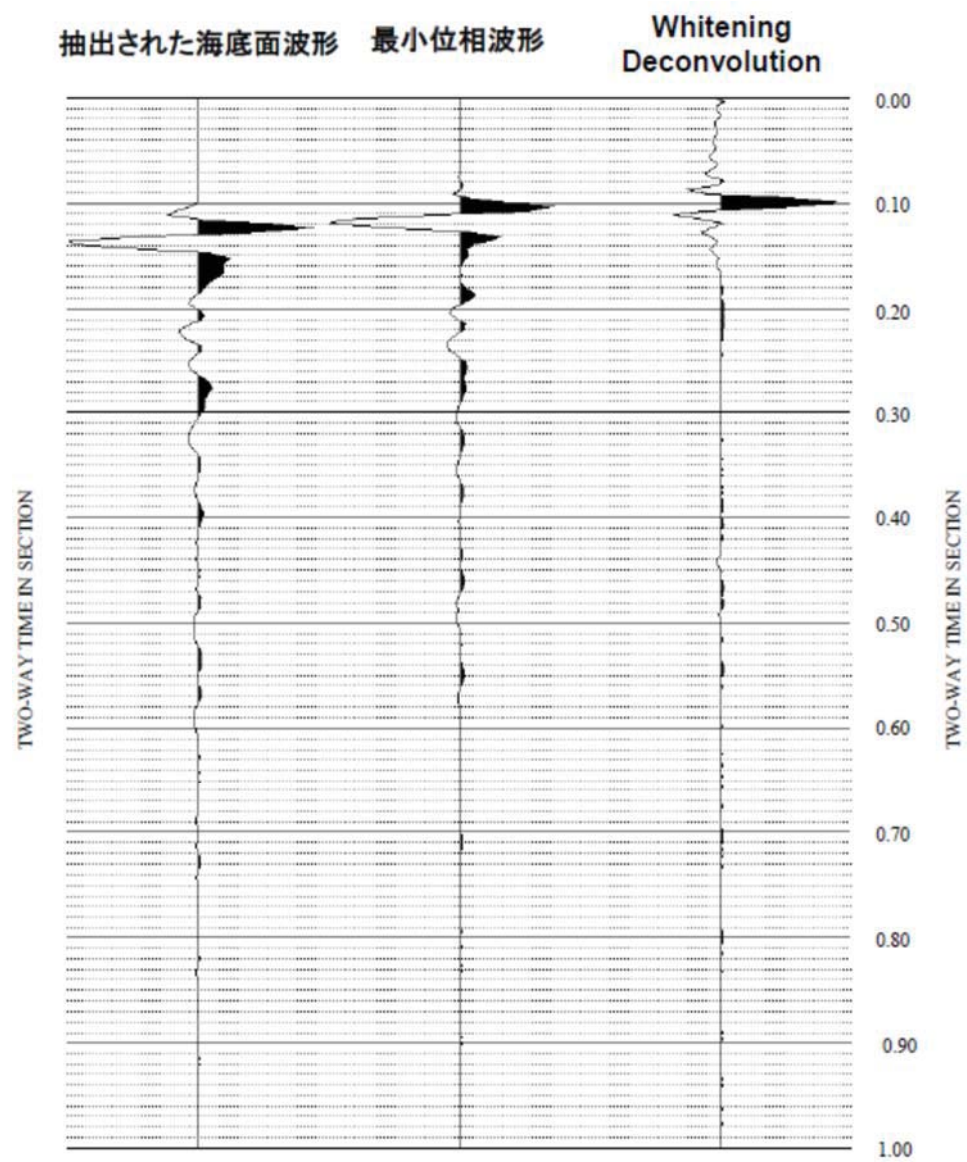


図 5 (b) 波形変換処理の例

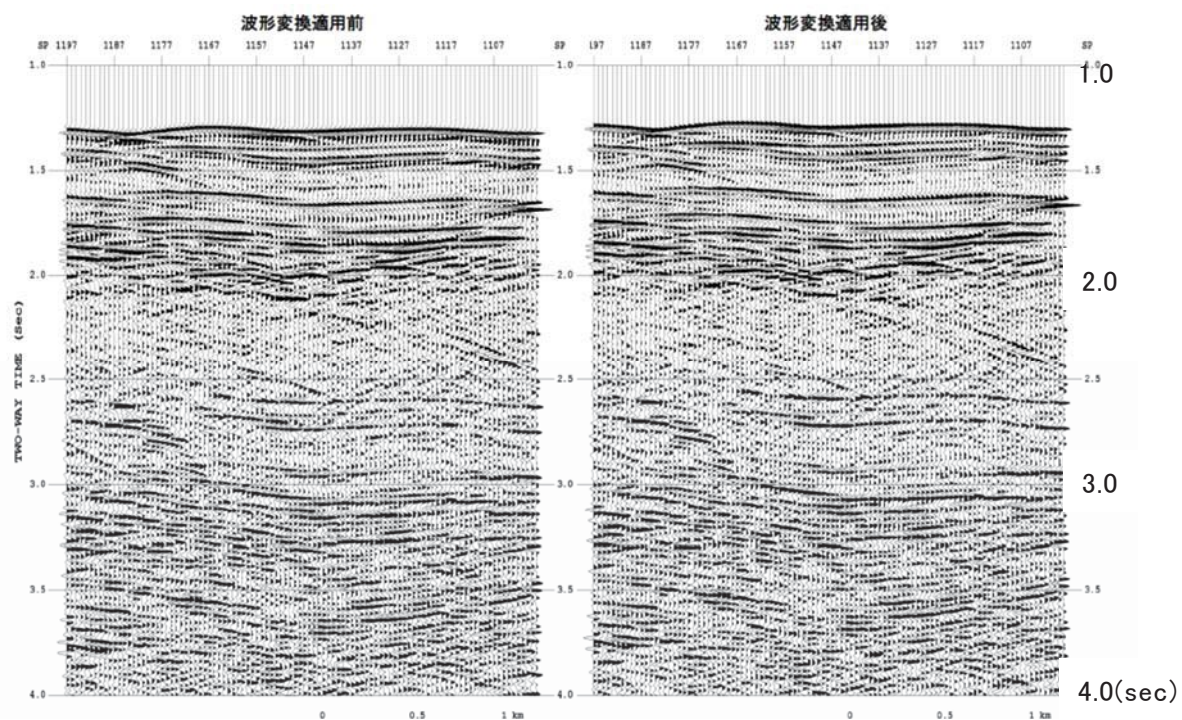


図 5 (c) 最小位相変換処理の例

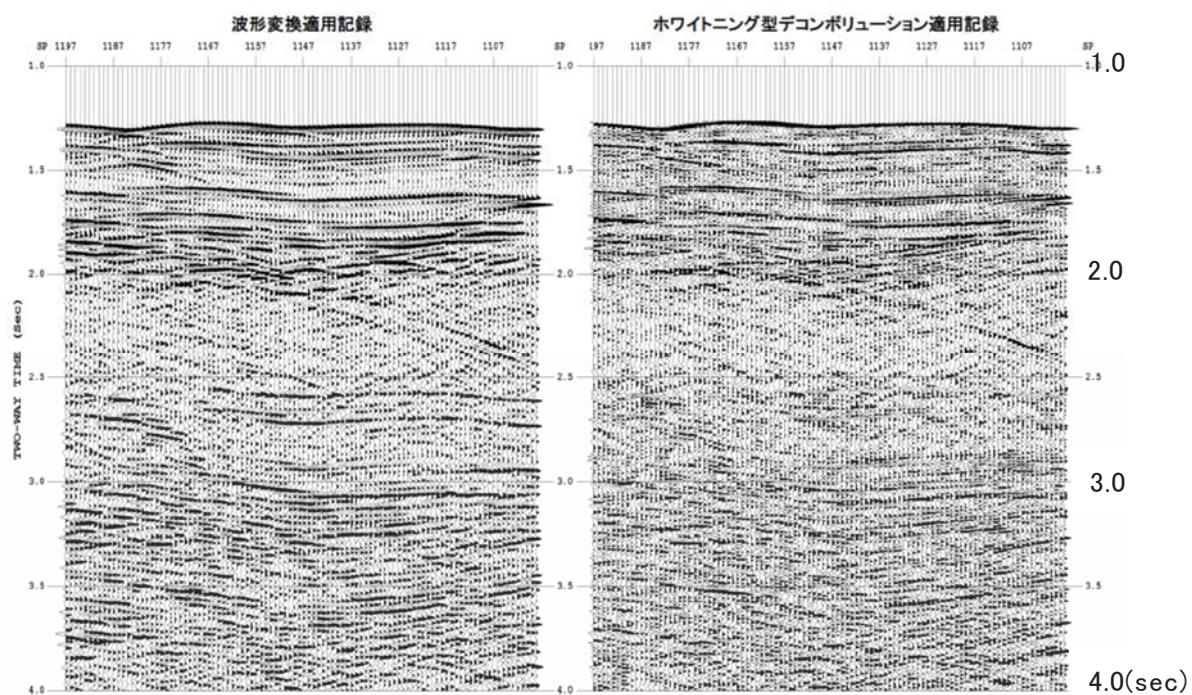


図 5 (d) ホワイトニング型デコンボリューションの適用例

⑥ 予備的な速度解析 (Preliminary Velocity Analysis)

定速度走査法 (Constant Velocity Scan) を用いて 2 km 毎に予備的な速度解析を行った。ここで得られた速度は、ノイズ抑制処理における一時的な速度の他、各処理の適用前後の結果を重合記録上で比較・確認するために用いられた。

⑦ 重合前ノイズ抑制処理 (Pre-Stack Noise Attenuation)

重合前記録の品質向上を目的としてノイズ抑制処理を適用した。ランダムノイズを抑制し、相対的に S/N を向上させる F-X 予測フィルターを全調査で適用した。ノイズ抑制処理は以下の処理が実施された。

⑦-1 F-X 予測フィルター (発震記録)

F-X 予測フィルターの発震記録での適用例を図 6 (a) に、重合前ノイズ抑制処理適用前後での重合記録の比較を図 6 (b) に示す。ランダムノイズが抑制されたことで、僅かではあるが深部で S/N の改善が見られた。

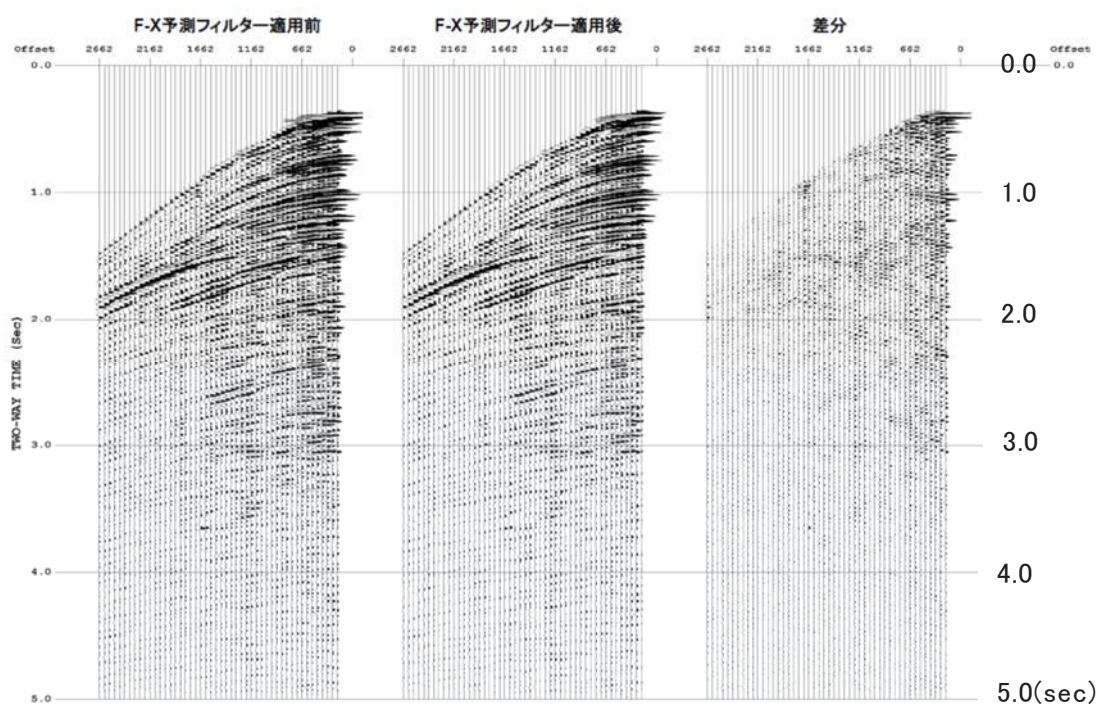


図 6 (a) F-X 予測フィルターの発震記録での適用例

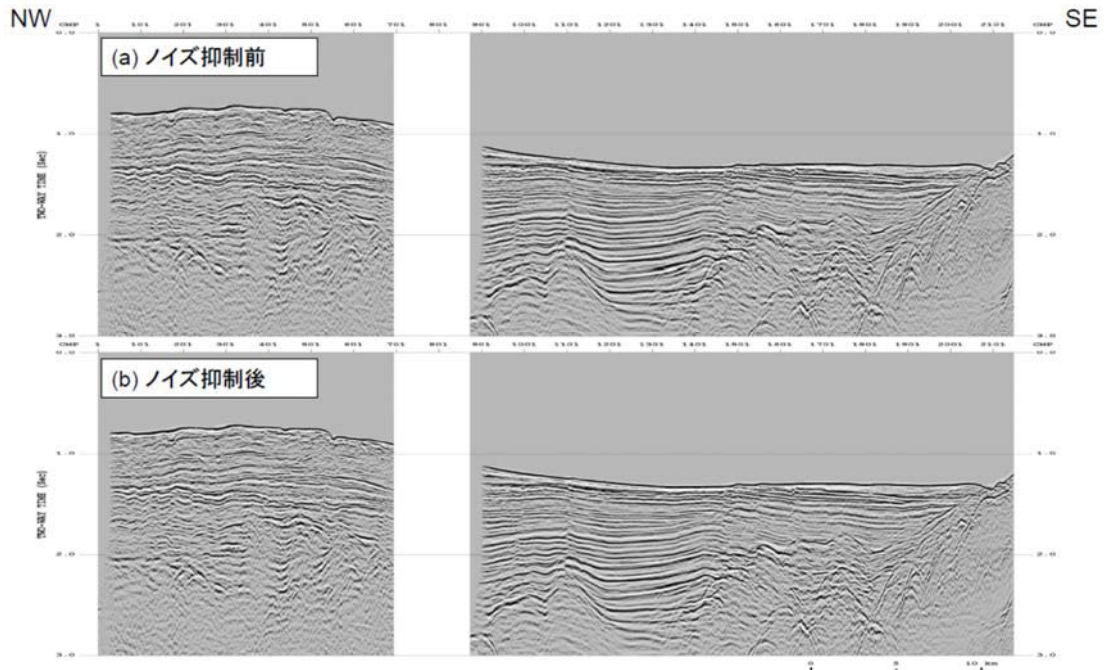


図 6 (b) 重合前ノイズ抑制処理適用前後での重合記録の比較

⑧ SRME (Surface Related Multiple Elimination)

海水面を介在する長周期多重反射波を抑制するために、SRME 法を適用した。SRME 法は、波動方程式に準拠する多重反射波抑制手法であり、波線経路に海面での反射を含む Surface-related 型の多重反射波を予測し抑制する。共通発震点記録の受振点と共通受振点記録の発震点の位置が一致するような 2 つのトレースをコンボリューションすることにより、一次反射波から多重反射波を合成する。合成された多重反射波は、最小二乗フィルターを用いた Adaptive Subtraction によって波形が調整され、取得された記録から減算される。

図 7 (a)～(c)に、SRME 法による多重反射波抑制処理の適用結果の例を示す。図 7 (a)は、発震記録上での記録の比較を示し、図 7 (b)は重合記録上での比較を示している。図 7 (c)は、SRME 法で予測された多重反射波（赤色）をグレー表示の重合記録上に重ね合わせて表示している。

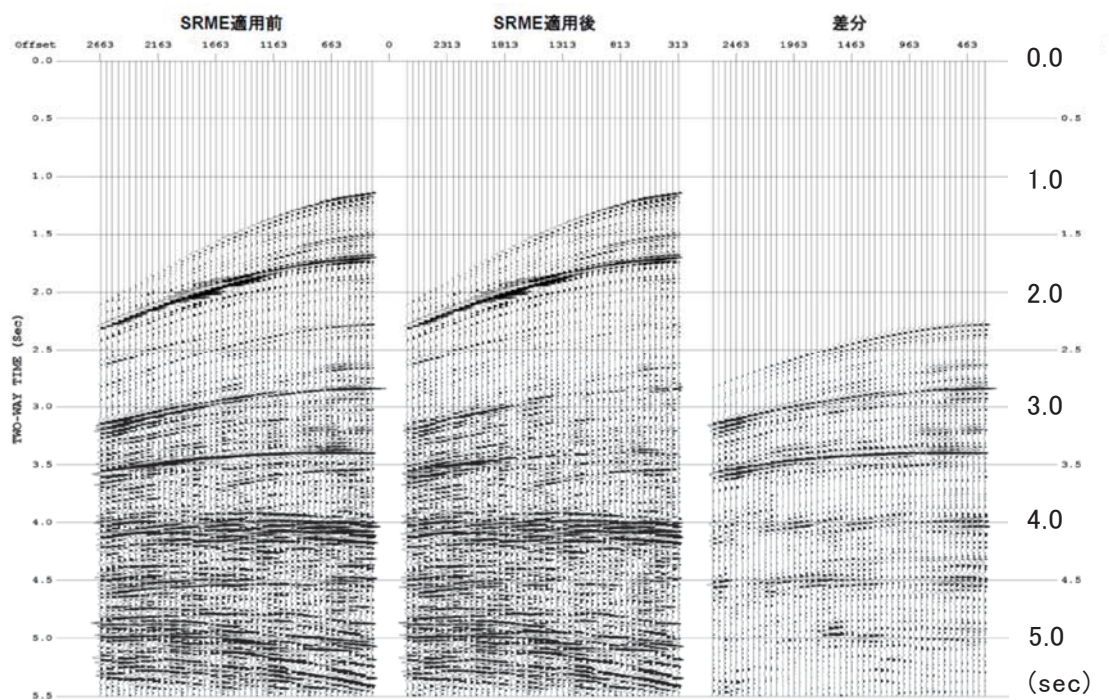


図 7 (a) SRME 適用前後の比較（発震記録）

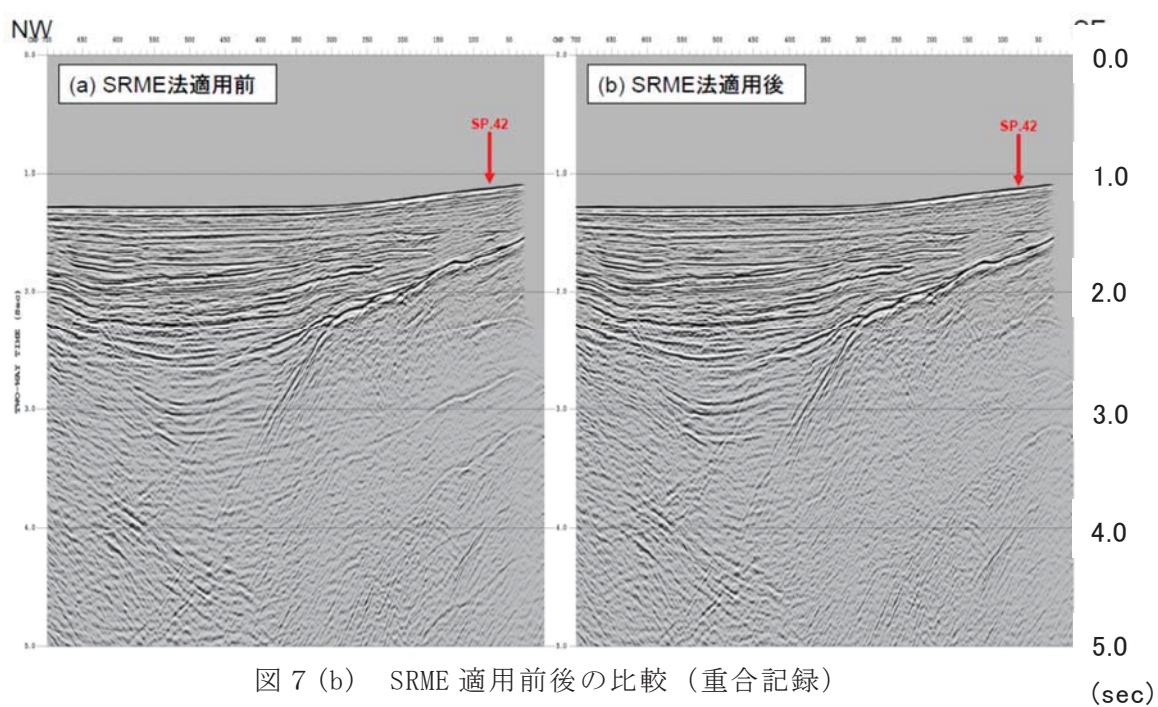


図 7 (b) SRME 適用前後の比較（重合記録）

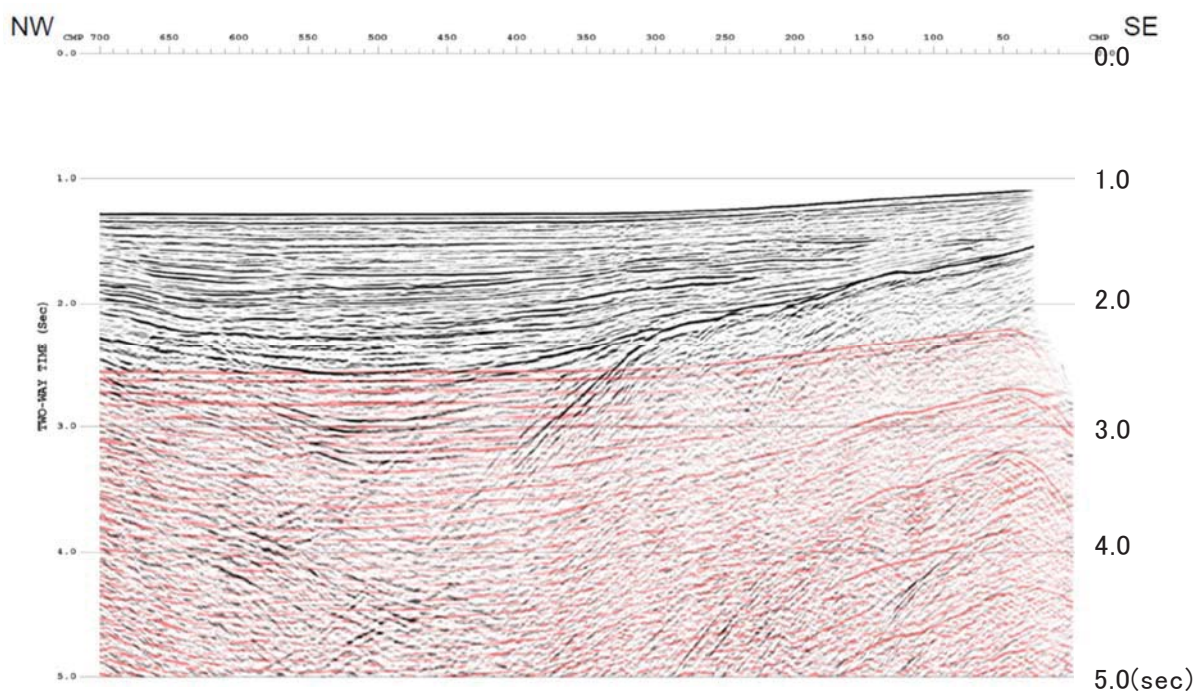


図 7 (c) SRME 法で予測された多重反射波（赤色：重合記録上に表示）

⑨ Radial トレースデコンボリューション (Radial Trace Deconvolution)

短周期多重反射波を抑制するために、Radial トレースデコンボリューション（以下、「RTD」）法を適用した。

オフセット－時間領域で表現された発震記録を、震源を原点とする様々な傾き（見掛け速度）を持つ放射状の軌跡に沿った時系列トレースに構成し直すことにより放射速度－時間領域（Radial Trace 領域：以下、「RT 領域」）の記録が得られる。一次反射波と多重反射波の走時差、及び多重反射波間の走時差は、層厚や区間速度に変動が無ければ、RT 領域においては時間方向に一定となるため、RT 領域で予測型デコンボリューションを適用することで周期性を持つ多重反射波を抑制できる。

図 8 (a)～(c)に、RTD 法による多重反射波抑制処理の適用結果の例を示す。図 8 (a)は、RTD 適用での発震記録の差異を示し、図 8 (b)では、重合後で RTD 適用後の違いを示している。また、図 8 (c)は、グレースケール記録が RTD 法適用後の重合記録、緑色が予測された多重反射波成分を示した断面図である。

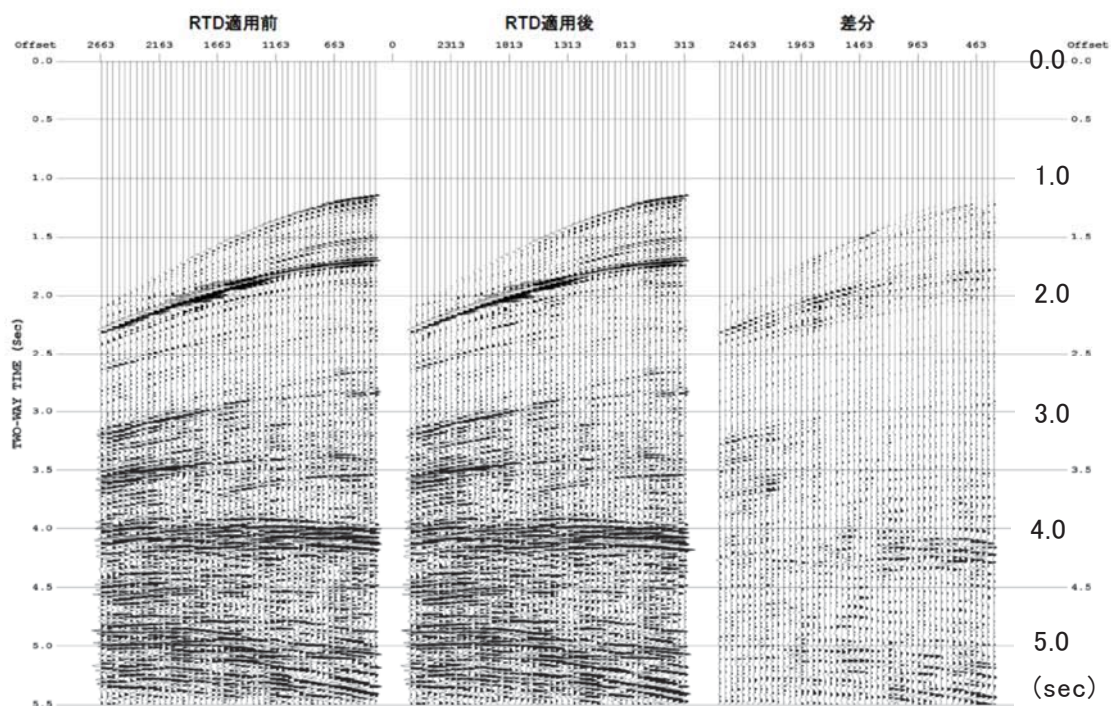


図 8 (a) RTD 適用前後の比較（発震記録）

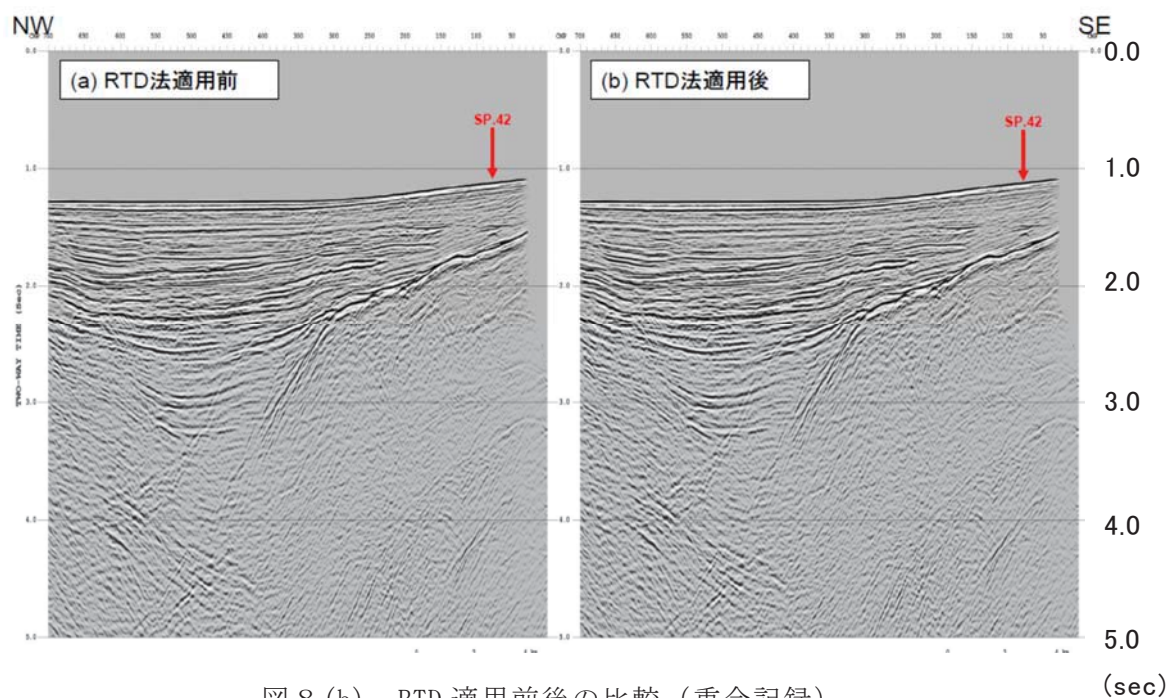


図 8 (b) RTD 適用前後の比較（重合記録）

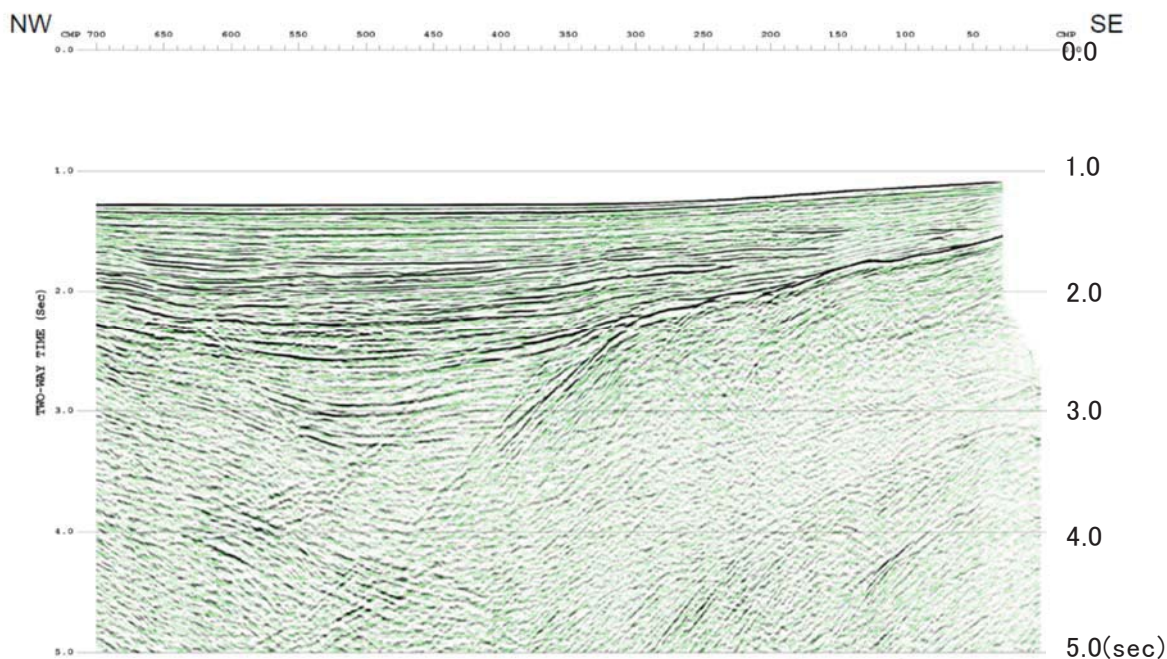


図 8 (c) RTD 法で予測される多重反射波（緑色は予測された多重反射成分）

⑩ 初動ミュート (First Break Mute)

初動付近では直接波や屈折波が卓越し、これらは幾何発散モデルから極度に逸脱した強振幅を示す。この様な反射波の重合に不都合な波群を予め除去するために初動抑制を実施した。

⑪ 振幅補償 (Amplitude Recovery)

震源から放出される弾性波は、様々な原因（三次元的伝播に起因する幾何学的発散効果、多層構造内の透過・反射に起因する伝播損失、非弾性散逸等）により振幅が減衰する。これらの原因による減衰を補償し、データの振幅の一様性を回復するため、振幅補償を適用した。ここでは、球面発散振幅補償適用後に、非弾性効果を補償する目的でゲート長 1,000msec の自動振幅補正 (AGC) を適用した。

⑫ デコンボリューション (Deconvolution)

地層の非弾性や観測系の諸特性により伸張した波形をパルスに戻す目的で、ホワイトニング型のデコンボリューションを適用した。デコンボリューション処理では、次式で示される一次元コンボリューションモデルが前提とされている。

$$F(t) = W(t) * R(t) + N(t)$$

ここに $F(t)$ は地震波トレース、 $W(t)$ は基本波形、 $R(t)$ はランダム定常な反射係数列、 $N(t)$ はランダムノイズである。このモデルにおいて基本波形を構成する要素としては、以下の項目が挙げられる。

- ・震源波形 ガン波形、ゴースト効果
- ・地層効果 多重反射波、非弾性による吸収
- ・記録系 受振器特性、ゴースト効果、探鉱機の応答特性

デコンボリューションでは、こうした要素の集積としての基本波形を地震トレースから推定・除去することで、記録の分解能向上を図ることが可能である。

⑬ 共通反射点編集 (CMP Sort)

共通発震点記録を、反射点(発震点と受振点の midpoint)を共通とするトレースの集合(CMP ギャザー)に編集した。

⑭ 測線接続 (Line Merge)

複数の測線に分けて取得されたデータについて、②の段階では接続が困難だった測線の接続を行った。測線接続の手法としては、共通反射点編集後のデータに対して、測線が交差あるいは近接する付近で両測線の CMP 番号の対応を取り、最近接 CMP で両測線を接続する方法を用いた。後述するマイグレーション処理や解釈作業を考慮すると、近接測線は接続されていることが望ましいため、測線が完全に交差していなくても、測線間の距離が 100 m 程度ならば、測線接続を行った。

⑮ 速度解析 (Velocity Analysis)

定速度走査法(constant velocity scan)を用いて 1 km 毎に速度解析を行った。

⑯ NMO 補正 (NMO Correction)

速度解析によって求められた重合速度関数を時間-空間方向に内外挿し、その速度テーブルにしたがって NMO 補正を適用した。NMO 補正は各トレースのオフセット距離を 0 m にする補正処理であり、この処理によって CMP アンサンブル内の反射波走時は同一時間となる。NMO 補正に伴い波形の伸長が生じるため、大きく伸長された波形を除去する目的でストレッチミュートを施した。ストレッチミュートの値が N の場合、元の波形に対して N 倍以上に伸長された波形を除去することを意味する。ストレッチミュートで抑制できない過伸張波形については、後述のアウトサイドミュートで取り除いた。

(**) 残差静補正 (Residual Static Correction) (採用せず)

各 CMP 内の反射波到達時間のばらつきを、統計的手法により発震点、受振点毎に算出し、時間シフト量として補正する残差静補正処理をテストした。残差静補正は表層の影響を補正する手法であるため一般に海域では適用されないが、浅海域では海底面の性状が空間方向に変化する場合があり、残差静補正により品質が改善するケースがある。また、発震点位置などのジオメトリ情報の誤差が残差静補正により補正される可能性もあるため、残差静補正処理を試みた。残差静補正の適用前後での重合記録の比較例を図 9 に示す。残差静補正適用後では、赤丸で示した範囲で海底面のがたつきや形状変化が見られた。テストの結果、全対象調査で残差静補正適用により海底面のがたつきや、反射波の連続性の低下が確認されたため、本解析では残差静補正は適用しないこととした。

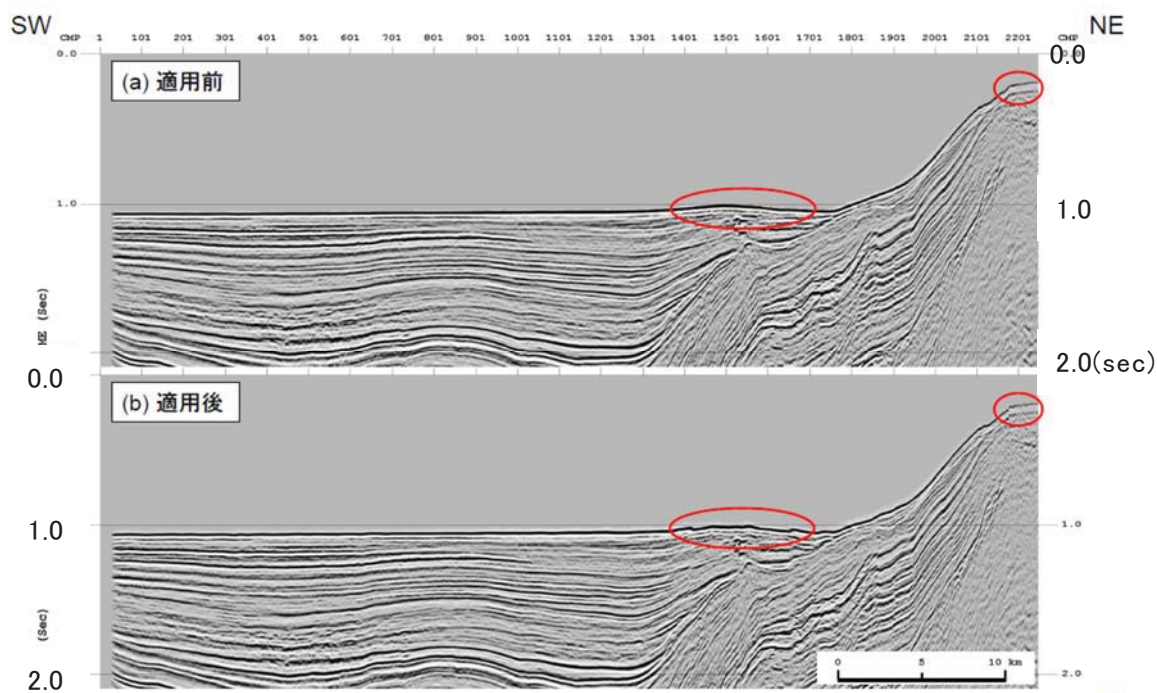


図 9 残差静補正適用前後の比較

⑰ 放物線ラドン変換法 (Parabolic Radon Transform)

SRME 法や RTD 法で抑制できなかった多重反射波を抑制するために、放物線ラドン変換 (Parabolic Radon Transform、以下、「PRT」) 法を適用した。

PRT 法では、NMO 補正後の CMP アンサンブルを入力として、水平に並ぶ一次反射波と、近似的に放物線軌跡で表現できる多重反射波を分離し、多重反射波を抽出・除去する。各調査で適用テストを実施したところ、対象調査の一部の測線で抑制効果が確認できたため、効果の見られた測線に限り、PRT 法を適用することとした。図 10(a)～(c)に、PRT 法による多重反射波抑制処理の適用結果の例を示す。図 10(a)と(b)は、PRT 法適用による差異を発震記録と重合記録で比較している。また、図 10(c)では、予測された多重反射波を重合記録上で表しており、グレースケール記録が PRT 法適用後の重合記録、青色が予測された多重反射波成分である。この時点の記録に、重合速度で逆 NMO 補正を適用した結果を、後述の追加処理 (PSTM 解析、MDRS 解析) の入力記録とした。

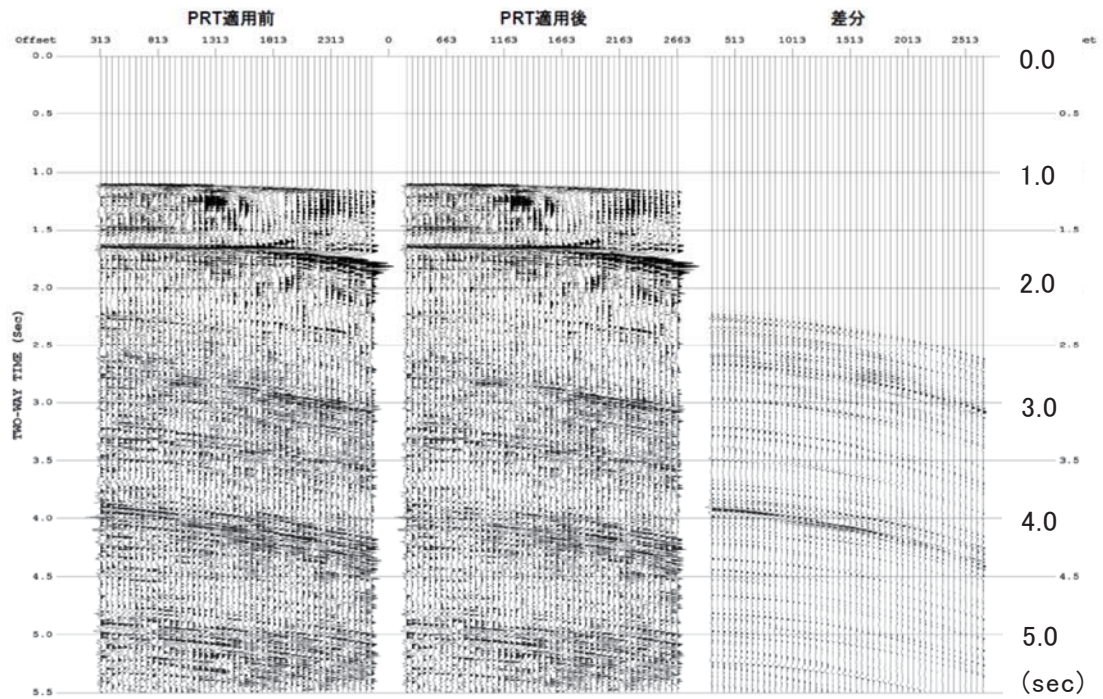


図 10(a) PRT 適用前後の比較（発震記録）

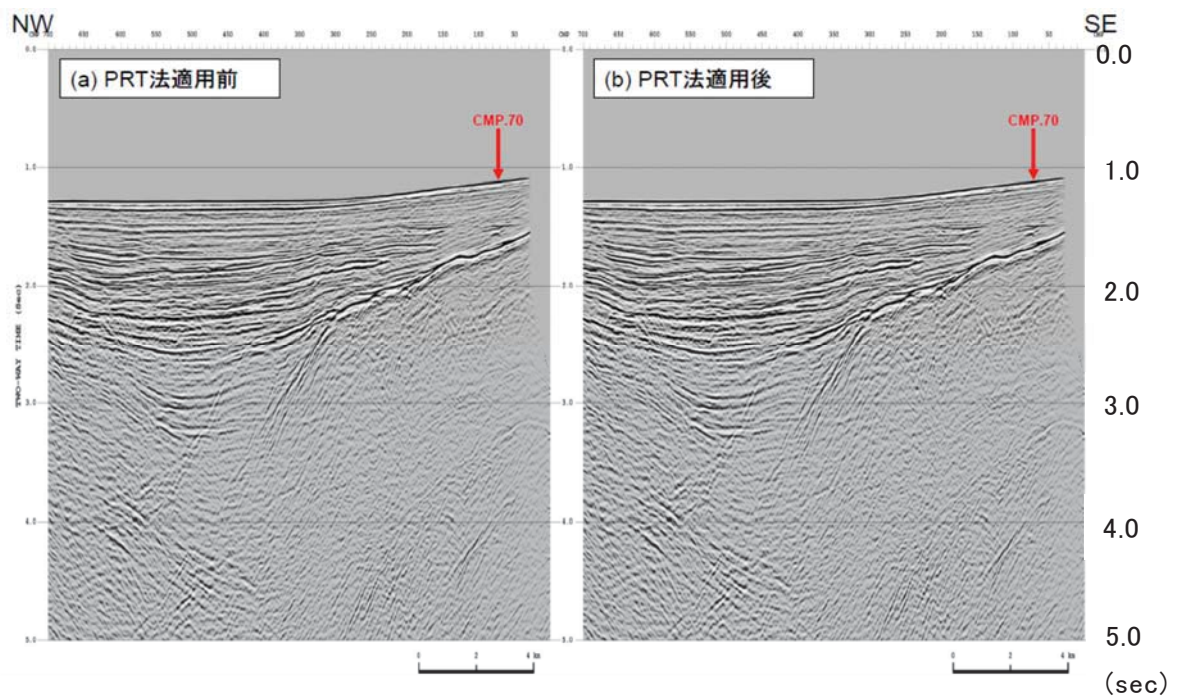


図 10(b) PRT 適用前後の比較（重合記録）

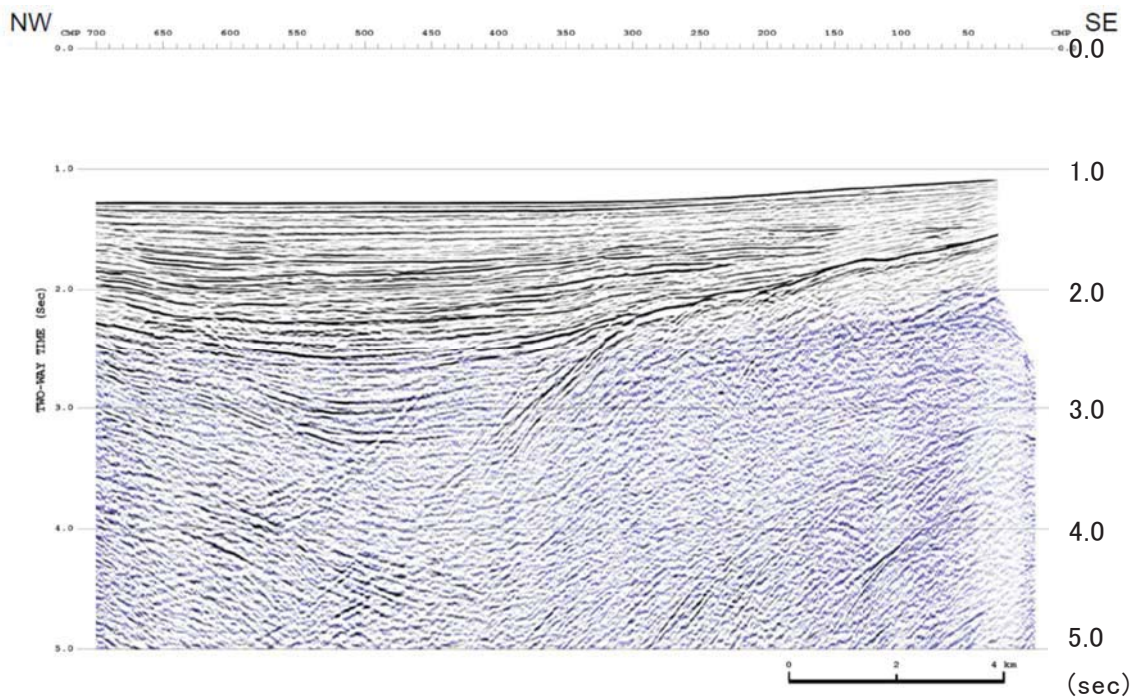


図 10(c) PRT 法で予測された多重反射波（青色）と重合断面図

(**)DMO 補正 (DMO Correction) (採用せず)

測線方向に地層傾斜が存在する場合、ゼロオフセットの反射点は傾斜上方に移動するため、CMP ギャザー内の反射点はばらつき、重合効果は低下する。DMO 補正の適用により、この反射点のばらつきを補正し、反射点を収束させることで、重合効果の向上を図ることができる。

本解析の仕様では、DMO 補正はその精度を確保するため受振点間隔 25m 以下の海域マルチチャンネルストリーマ記録を対象としている。対象調査の受振点間隔は全て 50m であるため、DMO 補正処理は適用しなかった。

⑱ アウトサイドミュート (Outside Mute)

NMO 補正に伴う波形の伸長及びファーオフセット側に残留する屈折波初動部分を抑制する目的で、ミュートを設計し適用した。

⑲ 振幅調整 (Trace Scaling)

時間方向の振幅バランスを整えるために、ゲート長 600 msec の AGC を適用した。

⑳ CMP 重合 (CMP Stack)

NMO 補正適用後の共通反射点アンサンブルに対して、水平重合処理を実施した。

㉑ 基準面補正 (Datum Correction)

基準面を平均海水面とするために、震源の深度、受振器ケーブルの深度及び海中の音速速度 (1,500m/sec) を参照して基準面補正を行った。

② 信号強調 (Signal Enhancement)

重合後記録の反射波の連続性を改善するために、ランダムノイズを抑制し、相対的に S/N を向上させる F-X 予測フィルターを適用した。

③ 帯域通過フィルター (Bandpass Filter)

反射波の周波数帯域外にあるノイズを抑制するために、周波数成分解析に基づき、タイム・バリエーション型の帯域通過フィルターを適用した。周波数成分解析の例を図 11(a) に、帯域通過フィルター適用前後の重合記録の比較を図 11(b) に示す。周波数成分解析例での赤線は、設定した周波数帯域を表す。

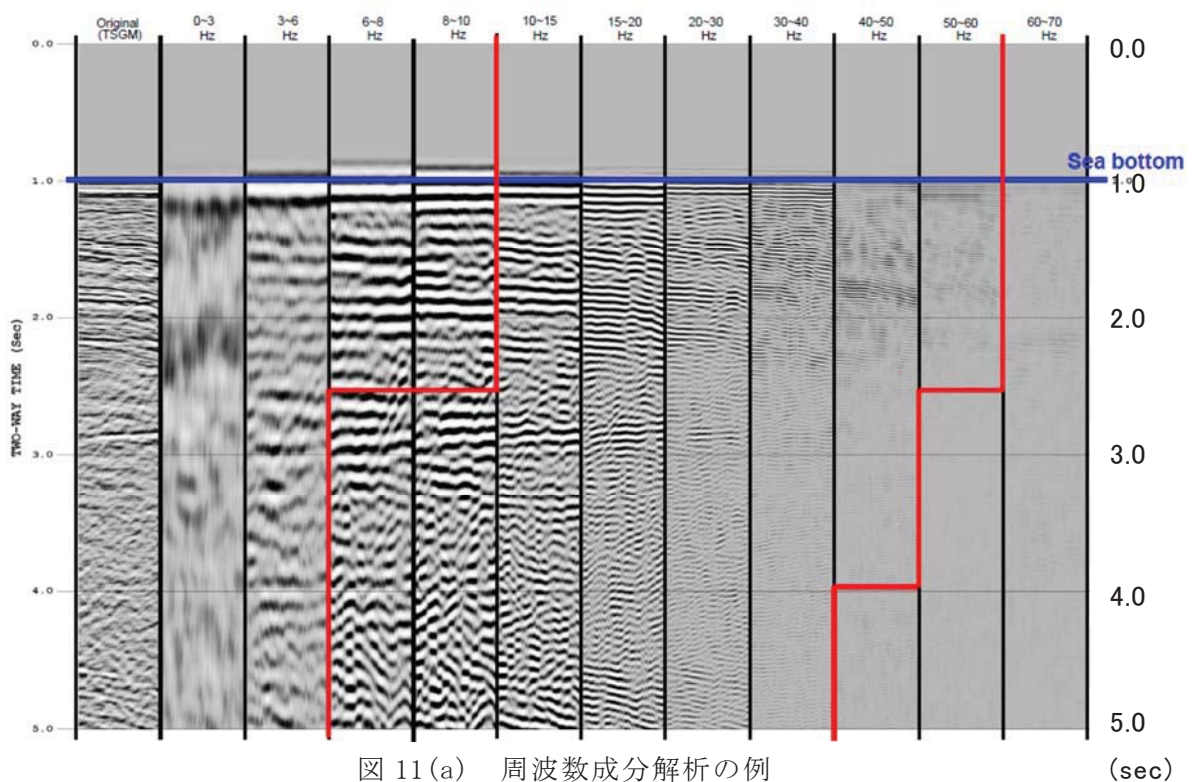


図 11(a) 周波数成分解析の例

(sec)

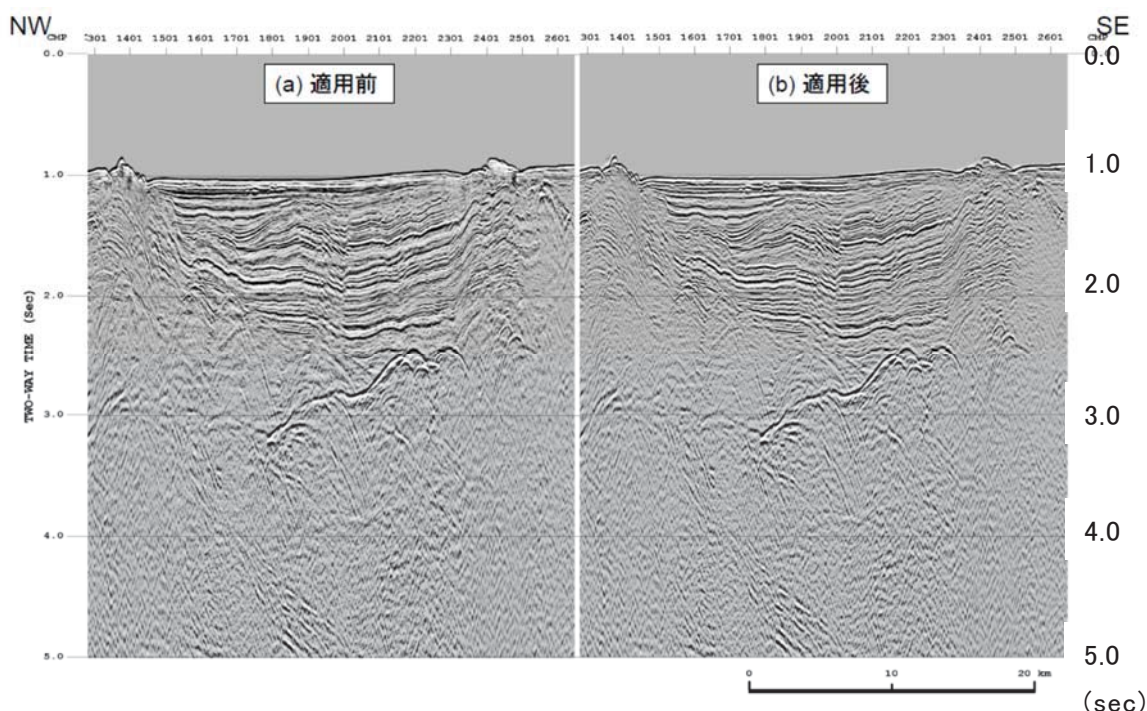


図 11(b) 帯域通過フィルター適用前後の比較（重合記録）

②④ 振幅調整 (Trace Scaling)

空間方向の振幅バランスを調整する目的で、トレースシングмасケールを適用した。この時点の記録を、重合時間断面図として SEG-Y ファイルに出力した。

②⑤ 重合後時間マイグレーション (Post-Stack Time Migration)

重合断面図では、反射波は各 CMP 位置からの垂直往復走時として表現されている。したがって傾斜した反射面に関して、重合断面図上の傾斜は真の傾斜より緩やかに表現されることとなる。この誤差を補正し各 CMP 直下の構造形態を得る処理がマイグレーション処理である。マイグレーション処理の手法としては、時間－空間領域での差分時間マイグレーションを採用した。マイグレーション速度としては、重合速度を空間方向に平滑化した速度関数をスケールリングして用いた。この時点の記録を、重合後時間マイグレーション時間断面図として SEG-Y ファイルに出力した。

②⑥ 深度変換 (Depth Conversion)

深度変換速度を用いて、Vertical Stretch 法による深度変換を実施した。深度変換速度は、重合速度を空間方向に平滑化した速度関数を用いた。この時点の記録を、重合後時間マイグレーション深度断面図として SEG-Y ファイルに出力した。

以上の解析手順により作成された重合時間断面図の例を図 12(a)に、重合後時間マイグレーション時間断面図の例を図 12(b)に、重合後時間マイグレーション深度断面図の例を図 12(c)に示す。

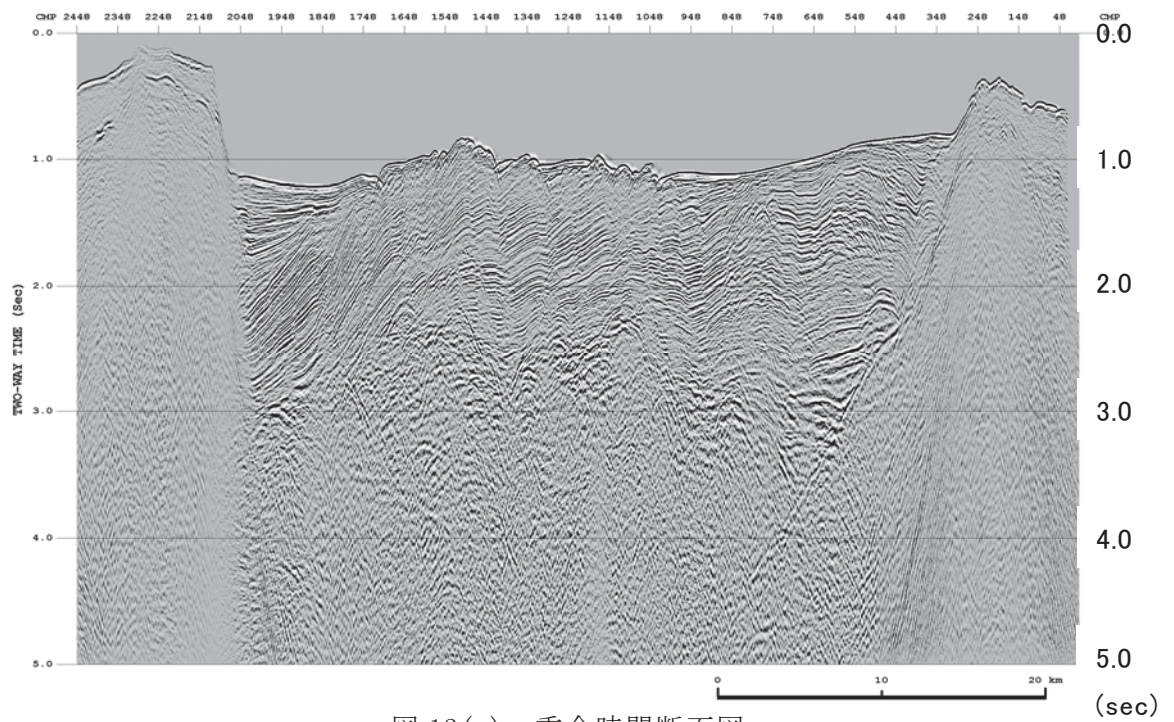


図 12(a) 重合時間断面図

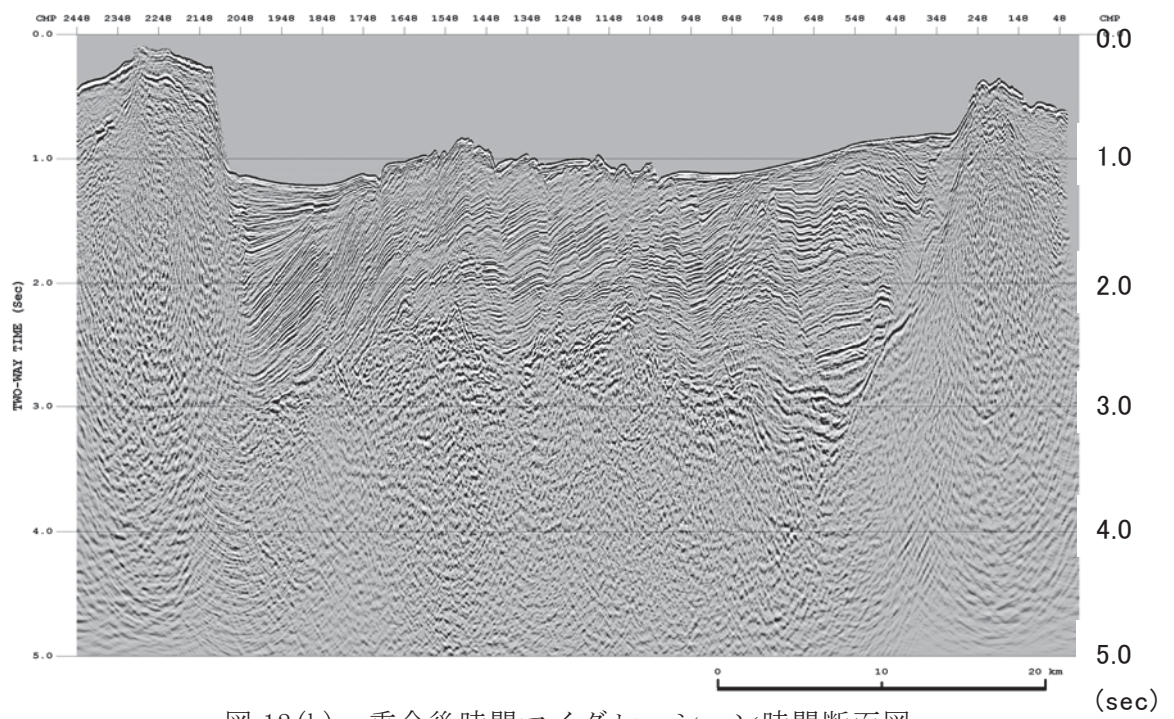


図 12(b) 重合後時間マイグレーション時間断面図

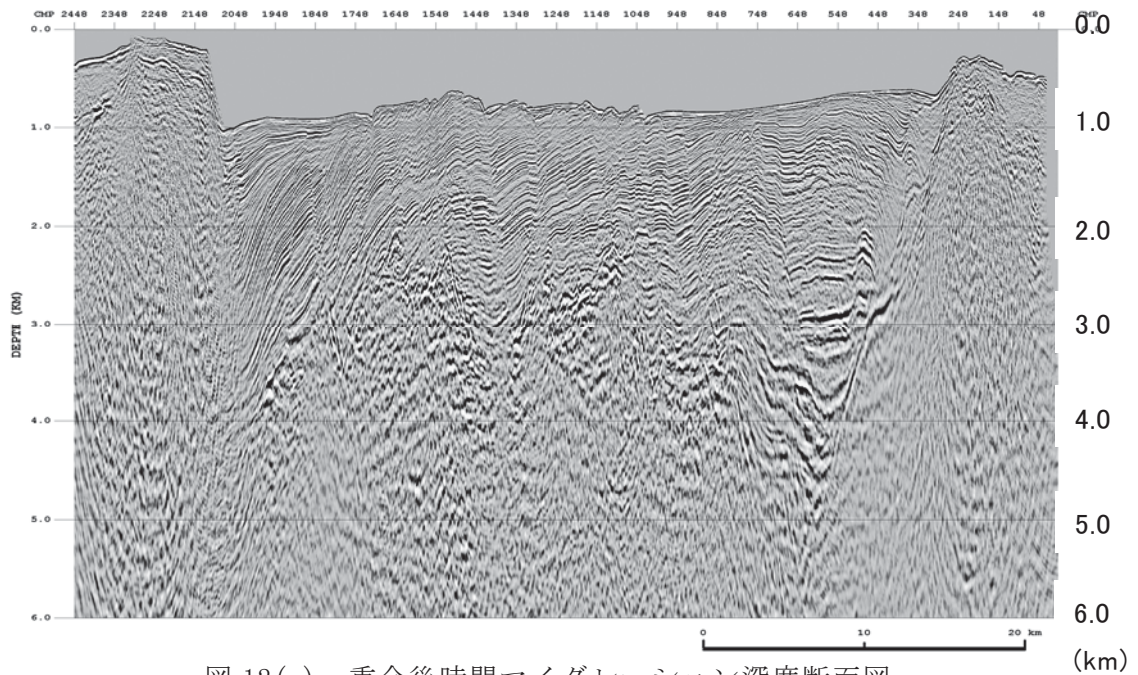


図 12(c) 重合後時間マイグレーション深度断面図

ii) PSTM 解析

PSTM 解析は、重合前時間マイグレーションの深度断面図を作成するまでの追加解析である。「i) 標準解析」における①から⑰の処理に続いて以下の処理を実施した。

⑱ PSTM 速度解析 (PSTM Velocity Analysis)

PSTM 処理に最適な速度を得るため、1 km 間隔で PSTM 速度解析を実施した。PSTM 速度解析は、逆 NMO 補正を適用した CMP 記録に対して、以下の手順で行った。

- 手順 1 重合速度を近似 PSTM 速度として PSTM 処理を適用
- 手順 2 PSTM 適用時の速度で逆 NMO 補正を適用
- 手順 3 「i) 標準解析」の「⑮ 速度解析」と同様の手法で速度解析を実施
- 手順 4 求めた速度を用いて PSTM 処理を適用

速度が収束するまで上記手順 2 から手順 4 を繰り返し実行した。なお、急傾斜構造では、近似 PSTM 速度（重合速度）と PSTM 速度の差が大きいため、上記の速度解析手法では PSTM 速度の推定誤差が大きくなる可能性がある。そのため、速度の精度向上のため Percentage Velocity PSTM Stack を用いた速度解析を追加実施した。Percentage Velocity PSTM Stack とは、基準速度（ここでは上記手順で得られた PSTM 速度）を様々な値でスケールした速度を用いて作成した PSTM 断面図のことである。各スケール速度から得られた PSTM 断面図上で最適なイメージを示す速度を読み取ることで、急傾斜構造においても最適なイメージを得ることができる。

⑲ 重合前時間マイグレーション (Pre-Stack Time Migration)

重合前データの見かけの反射点位置を真の位置に移動するとともに、回折波を回折点に復元するために⑱で求めた速度を用いて重合前時間マイグレーションを実施した。手法としては共通オフセット領域におけるキルヒホッフ積分マイグレーションを使用した。

⑳ アウトサイドミュート (Outside Mute)

波形の伸長を抑制する目的で、ミュートを設計し適用した。

㉑ 振幅調整 (Trace Scaling)

時間・空間方向の振幅バランスを整えるために、ゲート長 600msec の AGC を適用した。

㉒ CIP 重合 (CIP Stack)

PSTM 処理適用後の共通イメージ点 (CIP) アンサンブルに対して、水平重合処理を実施した。

㉓ 基準面補正 (Datum Correction)

基準面を平均海水面とするために、震源の深度、受振器ケーブルの深度及び海中の音速速度 (1,500m/sec) を参照して基準面補正を行った。

㉔ 信号強調 (Signal Enhancement)

重合後記録の反射波の連続性を改善するために、ランダムノイズを抑制し、相対的に S/N を向上させる F-X 予測フィルターを適用した。

㉕ 帯域通過フィルター (Bandpass Filter)

反射波の周波数帯域外にあるノイズを抑制するために、タイム・バリエーション型の帯域通過フィルターを適用した。

㉖ 振幅調整 (Trace Scaling)

空間方向の振幅バランスを調整する目的で、トレースシグマスケールを適用した。この時点の記録を、重合前時間マイグレーション時間断面図として SEG-Y ファイルに出力した。

㉗ 深度変換 (Depth Conversion)

“i) 標準解析” の「㉖ 深度変換」と同様の手法で、深度変換を実施した。この時点の記録を、重合前時間マイグレーション深度断面図として SEG-Y ファイルに出力した。

以上の解析手順により作成された重合前時間マイグレーション時間断面図の例を図 13(a)に、重合前時間マイグレーション深度断面図の例を図 13(b)に示す。

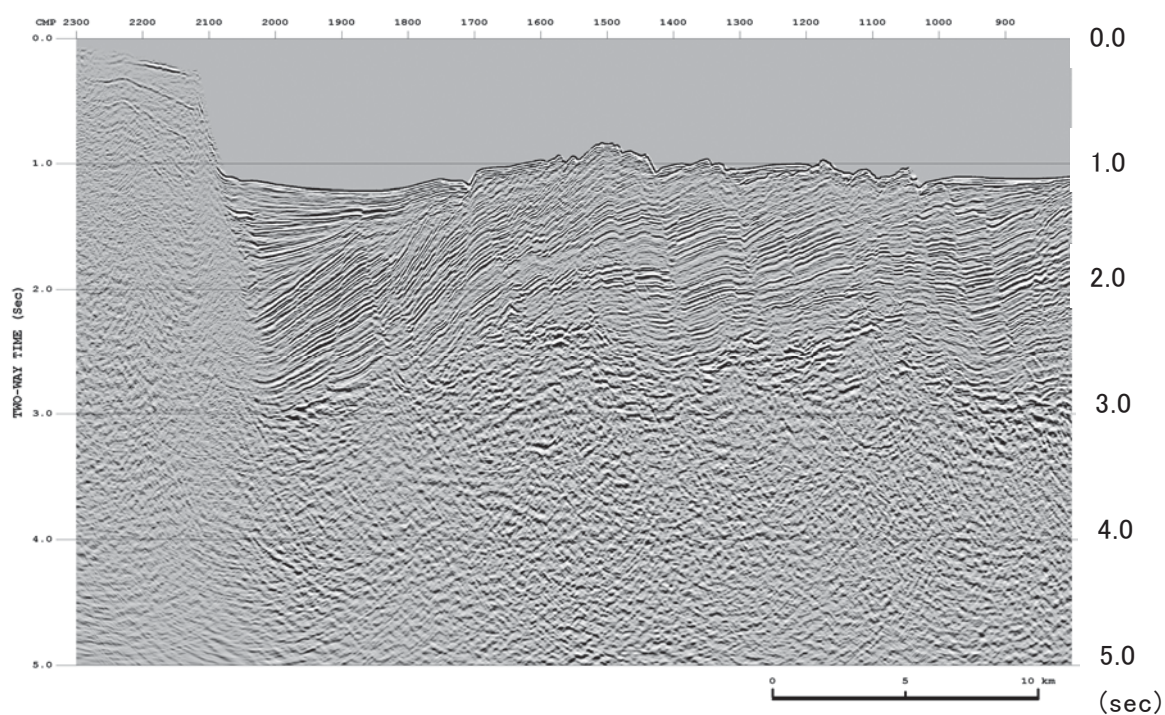


図 13(a) 重合前時間マイグレーション時間断面図

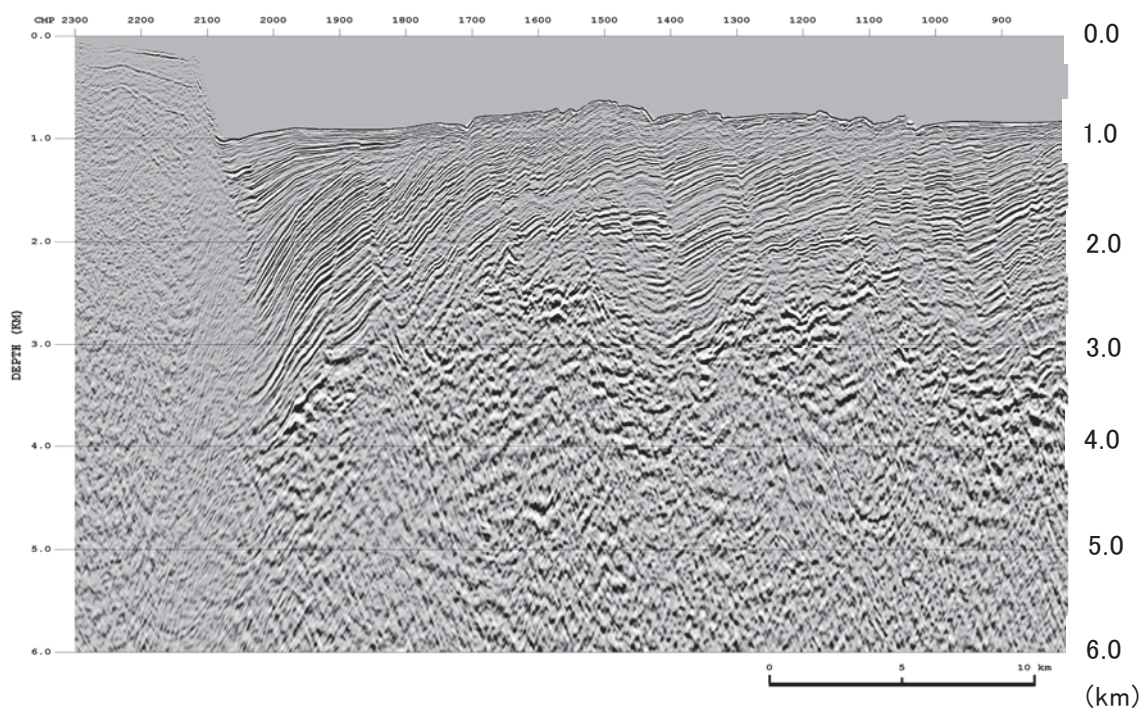


図 13(b) 重合前時間マイグレーション深度断面図

iii) MDRS 解析

MDRS 解析は、MDRS 重合後時間マイグレーション深度断面図を作成するまでの追加解析である。「i) 標準解析」における①から⑰の処理に続いて以下の処理を実施した。

⑱ 帯域通過フィルター (Bandpass Filter)

MDRS 解析の前処理として、反射波の周波数帯域外にあるノイズを抑制するために、帯域通過フィルターを適用した。

⑲ 振幅調整 (Trace Scaling)

MDRS 解析の前処理として、時間方向の振幅バランスを整えるために、ゲート長 600 msec の AGC を適用した。

⑳ マルチディップ CRS スキャン (Multi-dip CRS Scan)

CRS 法は CMP に属するトレースだけでなく、その近傍の CMP 多数を併せたスーパーギャザーを重合処理することで、従来の CMP 重合法に比べて飛躍的に高い S/N 比を得る手法である。しかし CRS 法では各時間サンプルで 1 つの傾斜角 (1 組の CRS パラメータセット) しか選択できないため、異なる反射面からの反射波が交差する状況 (コンフリクティング・ディップ) には対応できない。本解析の対象地域のように、複雑な地質構造を有する地域ではゼロオフセット断面上でコンフリクティング・ディップの存在が予想されるため、この問題を解決し、より忠実な反射面を再現するために、マルチディップ CRS スキャンを実施した。以下に手順を述べる。

手順 1 傾斜の範囲を 61 分割し、それぞれにおいて CRS スキャンを実施

手順 2 求めた CRS アトリビュートを用いてスーパーギャザーの走時を補正

手順 3 それぞれの傾斜範囲において重合処理を実施

以上の手順により、傾斜の各範囲で CRS 重合記録と関連するアトリビュートを 1 組ずつ、合計 61 組を作成した。

㉑ MDRS 重合 (MDRS Stack)

アトリビュートパネルのうち、センブランス値は CRS 重合記録における重合効果の指標であり、大きなセンブランス値が高い重合効果を表している。これを利用して、重合結果及び関連する各アトリビュートに対してサンプル毎にセンブランス値の高い順に並べ替える MDRS ピッキングを行い、センブランス値の高い方から 2 番目までのセクションを用いて MDRS 重合を実行することで、コンフリクティング・ディップに対応した CRS 重合記録を作成した。このようにセンブランス値の高い方から複数枚のセクションを加算することで、ゼロオフセット断面上で複数 (ここでは最大 2 つまで) の反射波が交差する状況に対応した。なお、センブラ

ンス値による並べ替えに際して、傾斜範囲に制限を設けることで不要な傾斜ノイズを除去した。

②② 基準面補正 (Datum Correction)

基準面を平均海水面とするために、震源の深度、受振器ケーブルの深度及び海中の音速速度 (1,500m/sec) を参照して基準面補正を行った。

②③ 信号強調 (Signal Enhancement)

重合後記録の反射波の連続性を改善するために、ランダムノイズを抑制し、相対的に S/N を向上させる F-X 予測フィルターを適用した。

②④ 帯域通過フィルター (Bandpass Filter)

反射波の周波数帯域外にあるノイズを抑制するために、「i 標準解析」の②③と同様のタイム・バリエーション型の帯域通過フィルターを適用した。この時点の記録を、MDRS 重合時間断面図として SEG-Y ファイルに出力した。

②⑤ 重合後時間マイグレーション (Post-Stack Time Migration)

「i 標準解析」の②⑤と同様の手法で、重合後時間マイグレーションを適用した。この時点の記録を、MDRS 重合時間マイグレーション時間断面図として SEG-Y ファイルに出力した。

②⑥ 深度変換 (Depth Conversion)

「i 標準解析」の「②⑥ 深度変換」と同様の手法で、深度変換を実施した。この時点の記録を、MDRS 重合時間マイグレーション深度断面図として SEG-Y ファイルに出力した。

以上の解析手順により作成された MDRS 重合時間断面図の例を図 14(a)に、MDRS 重合時間マイグレーション時間断面図の例を図 14(b)に、MDRS 重合時間マイグレーション深度断面図の例を図 14(c)に示す。

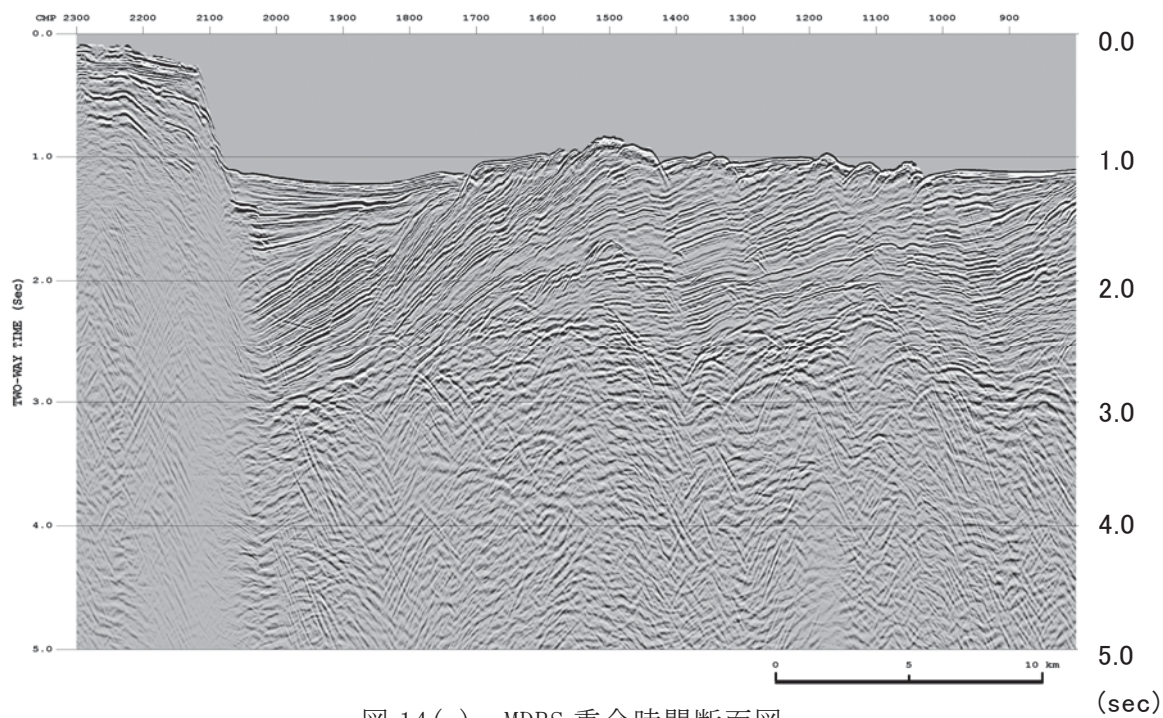


図 14(a) MDRS 重合時間断面図

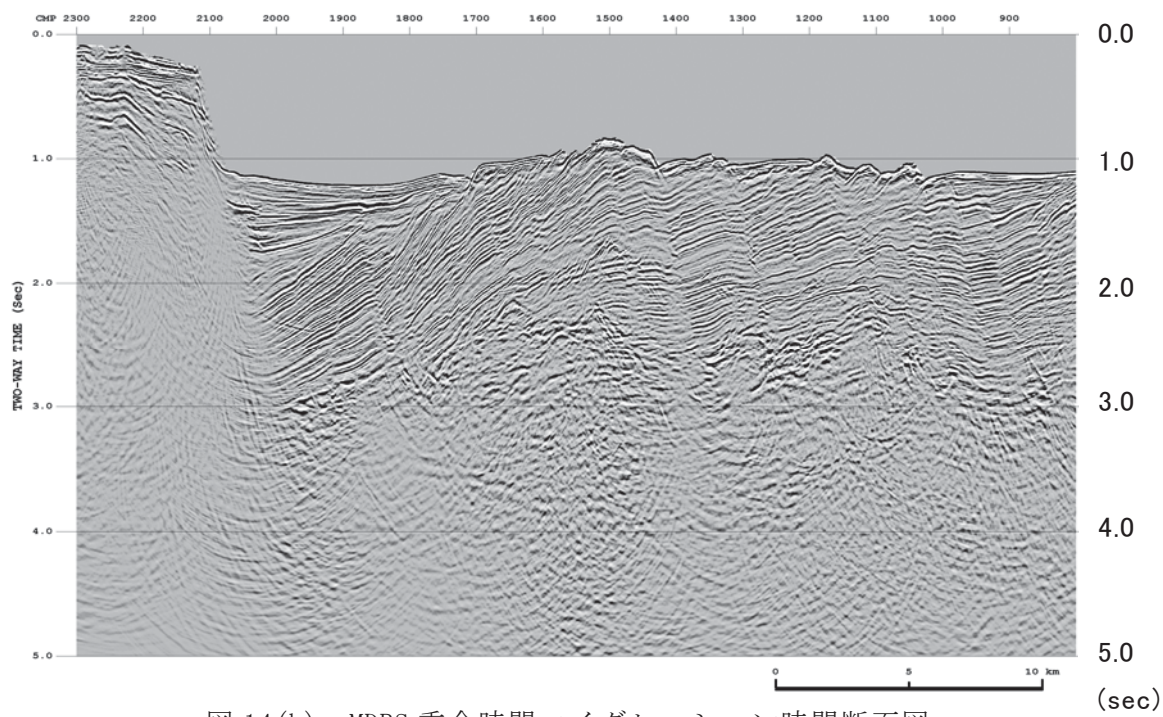


図 14(b) MDRS 重合時間マイグレーション時間断面図

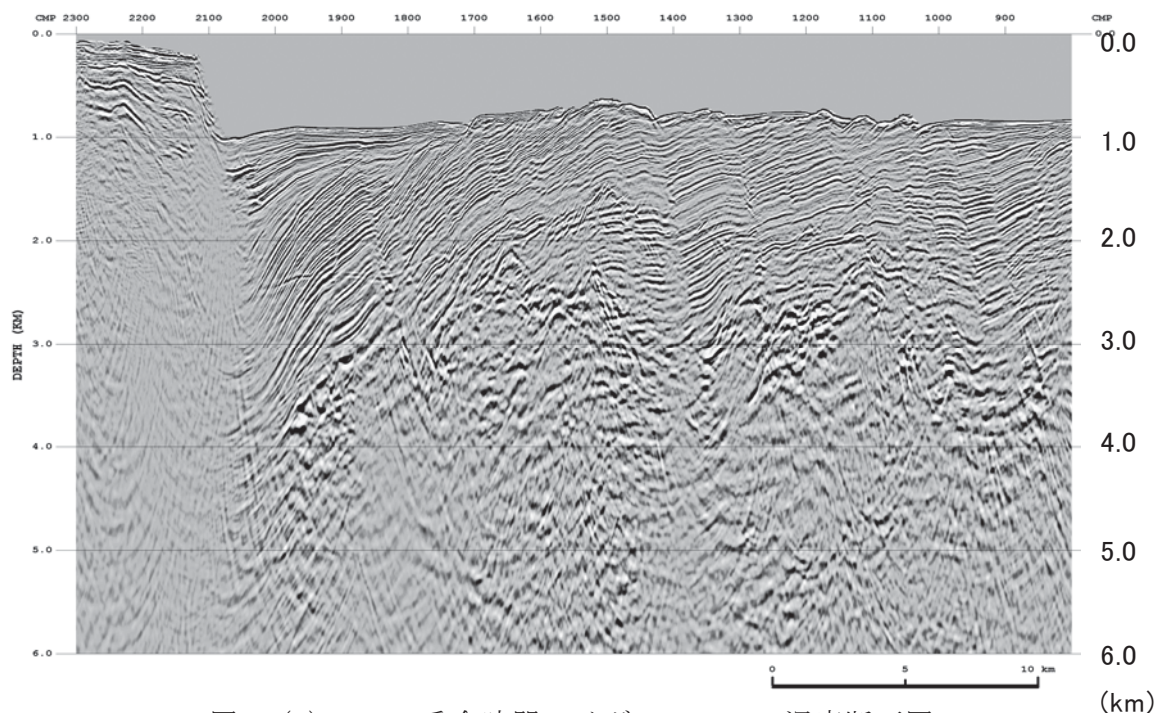


図 14(c) MDRS 重合時間マイグレーション深度断面図

iv) ベクトル化処理

ベクトル化処理は、フィルムあるいは紙面で残存する CMP 重合断面図から重合後時間マイグレーション深度断面図を作成するまでの処理である。対象測線は、解析対象測線でデータ欠損が大きく、データ再解析結果の重合記録上にデータ欠損が見られた測線と、JOGMEC から提供された SNSK の既存結果のベクトル化対象測線である。なお、解析対象測線でのベクトル化処理対象測線では、データ欠損範囲は限定的だったため、データ再解析も併せて実施された。

① スキャンとベクトル化処理 (Scan and Vectorizing)

大型スキャナーを使用してフィルムあるいは紙の重合時間断面図をスキャンした tiff フォーマットの画像データに対して、Lynx Information Systems Ltd 社のソフトウェア「SSV (Seismic Section Vectorizing)」を使用してトレースデータをベクトル化した。ベクトル化されたトレースデータに、同社のソフトウェア「TRACEPREP」を使用して振幅補正等の処理を行い、SEG-Y ファイルに出力した。

② 信号強調 (Signal Enhancement)

重合後記録の反射波の連続性を改善するために、ランダムノイズを抑制し、相対的に S/N を向上させる F-X 予測フィルターを適用した。

③ 位相補償 (Phase Compensation)

ベクトル化処理でデジタル化した記録を、本再解析結果と位相が整合するように、位相補償を適用した。

ベクトル化処理は、既往図面をデジタル化する処理であるため、既往結果の位

相がそのまま反映される。既往処理では、ガン波形に基づく波形変換処理を適用していないため基本波形は最小位相波形ではなく、ホワイトニングデコンボリューションを適用していてもゼロ位相波形にはならない。そのため、再解析結果と位相が整合していない可能性が高い。実際に、ベクトル化処理と併せて再解析を実施した測線で両結果の位相を比較したところ、位相にずれが見られたため、本再解析結果と位相が整合するように位相補償を適用した。位相補償としては、ベクトル化した記録において、海底反射波形の走時を読み取り、これを同一時間に揃えて重合することでウェーブレットを抽出し、この波形に基づきゼロ位相化処理を適用した。データの極性は、海底面反射波が正のピークとなるように設定された。

ウェーブレット抽出までの過程を図 15 に、位相補償適用前後の比較を図 16 に示す。図 16 での赤線は、位相補償適用前の記録の右端での海底面反射波の立ち下がり時間を表しているが、位相補償適用後の記録の右端では海底面反射波のピーク位置に対応しており、正しくゼロ位相化された結果と考えられる。位相の確認のため、位相補償適用前後でのベクトル化処理結果と再処理結果との比較結果を図 17 と図 18 に示す。図 17 と図 18 は、ベクトル化処理結果と再解析結果を鏡像の位置関係で表示したものであり、図面中央の縦線が同一 CMP 位置を表す。位相補償適用により、再解析結果との反射波出現時間の整合性が向上したことが確認できる。

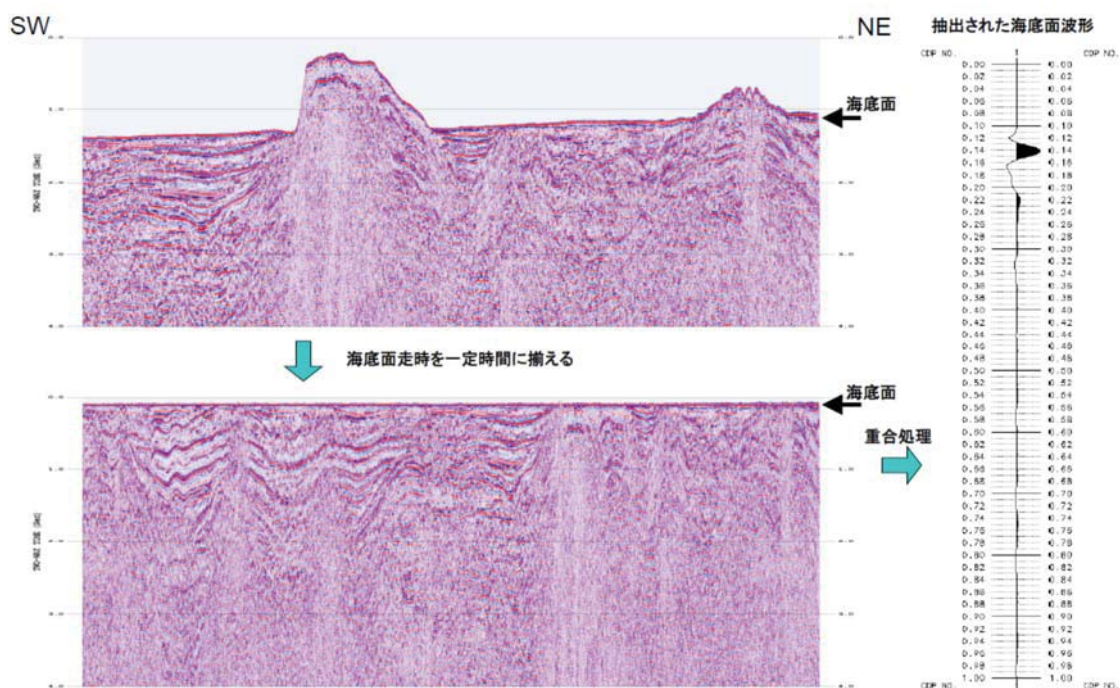


図 15 ベクトル化記録から抽出したウェーブレットの例

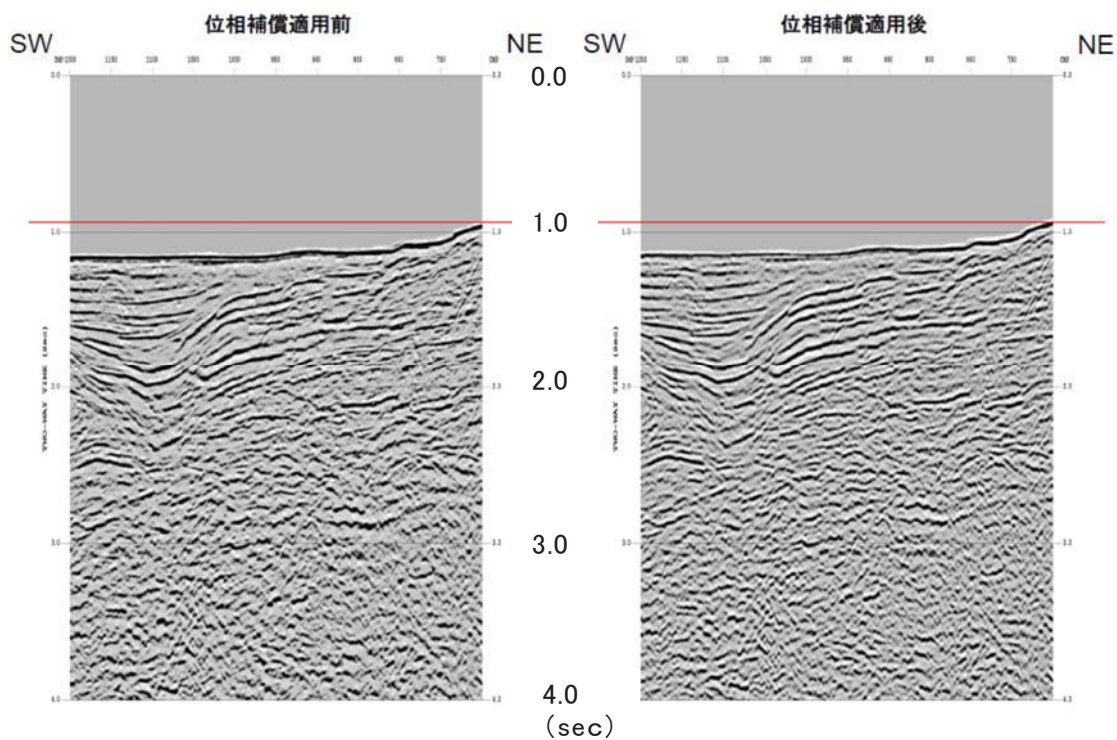


図 16 位相補償適用前後の比較

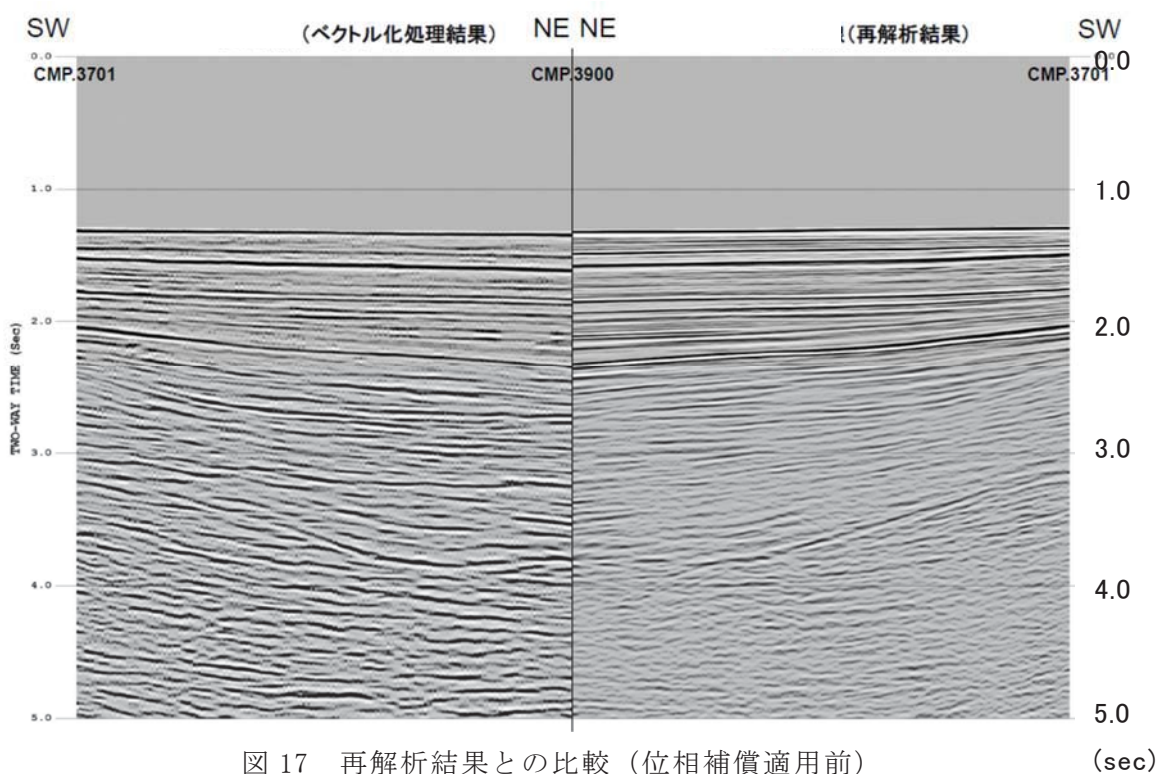


図 17 再解析結果との比較（位相補償適用前）

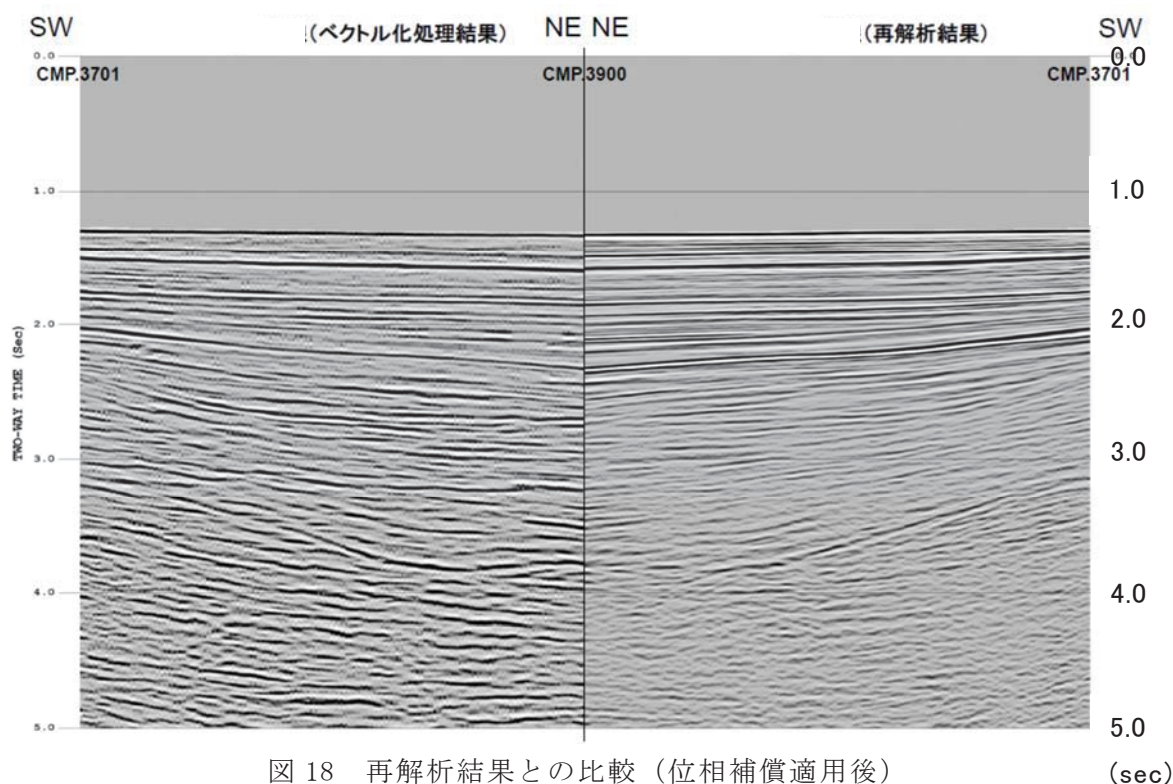


図 18 再解析結果との比較（位相補償適用後）

④ 帯域通過フィルター (Bandpass Filter)

一部の調査では低周波数ノイズが確認されたため、反射波の周波数帯域外にあるノイズを抑制するために、タイム・バリエーション型の帯域通過フィルターを適用した。この時点の結果を、ベクトル化処理の重合時間断面図として SEG-Y ファイルに出力した。

⑤ 重合後時間マイグレーション (Post-Stack Time Migration)

「i) 標準解析」の⑤と同様の手法で、重合後時間マイグレーションを適用した。マイグレーション速度としては、各調査の状況に合わせて採用した以下の速度情報を空間方向に平滑化し、スケーリングして用いた。トカラ列島海域では、対象測線で再解析を実施しているため、再解析で求めた重合速度を採用した。SNSK トカラでは、既存のフィルムの重合断面図に速度テーブルが記載されていたため、この速度情報を採用した。この時点の記録を、ベクトル化処理の重合後時間マイグレーション時間断面図として SEG-Y ファイルに出力した。

⑥ 深度変換 (Depth Conversion)

深度変換速度を用いて、Vertical Stretch 法による深度変換を実施した。深度変換速度は「⑤重合後時間マイグレーション」で参照した速度を空間方向に平滑化した速度関数を用いた。この時点の記録を、ベクトル化処理の重合後時間マイグレーション深度断面図として SEG-Y ファイルに出力した。

以上の解析手順により作成されたベクトル化処理の重合時間断面図の例を図 19 に、ベクトル化処理の重合後時間マイグレーション時間断面図の例を図 20 に、ベ

クトル化処理の重合後時間マイグレーション深度断面図の例を図 21 に示す。

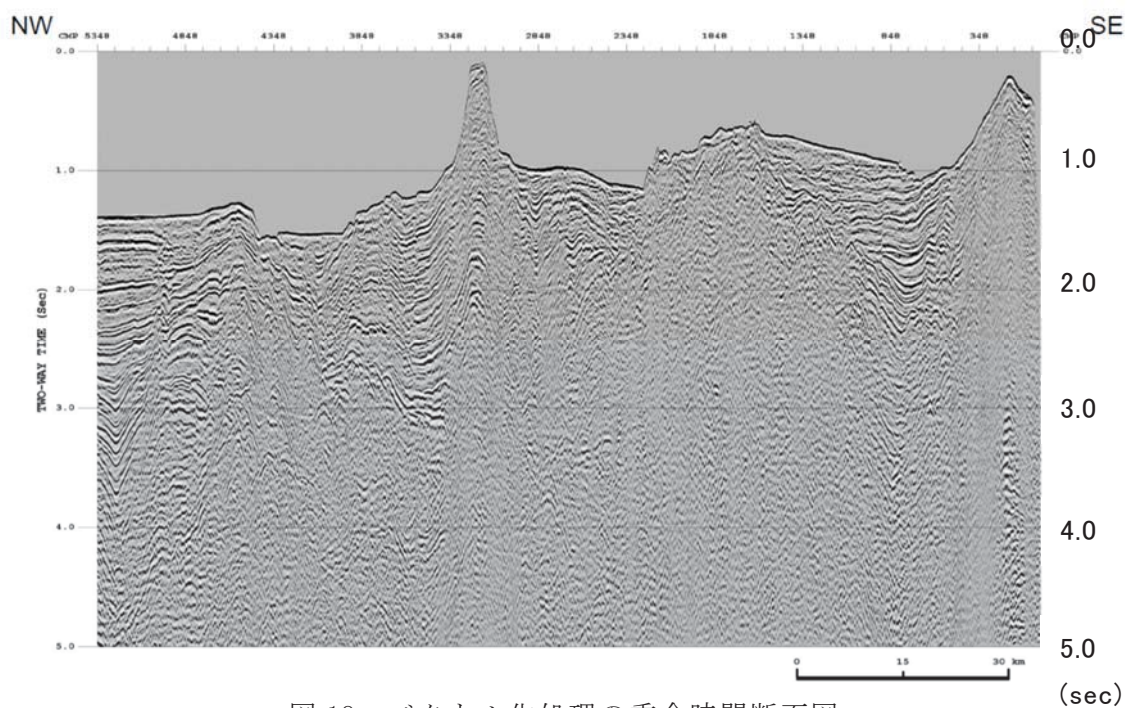


図 19 ベクトル化処理の重合時間断面図

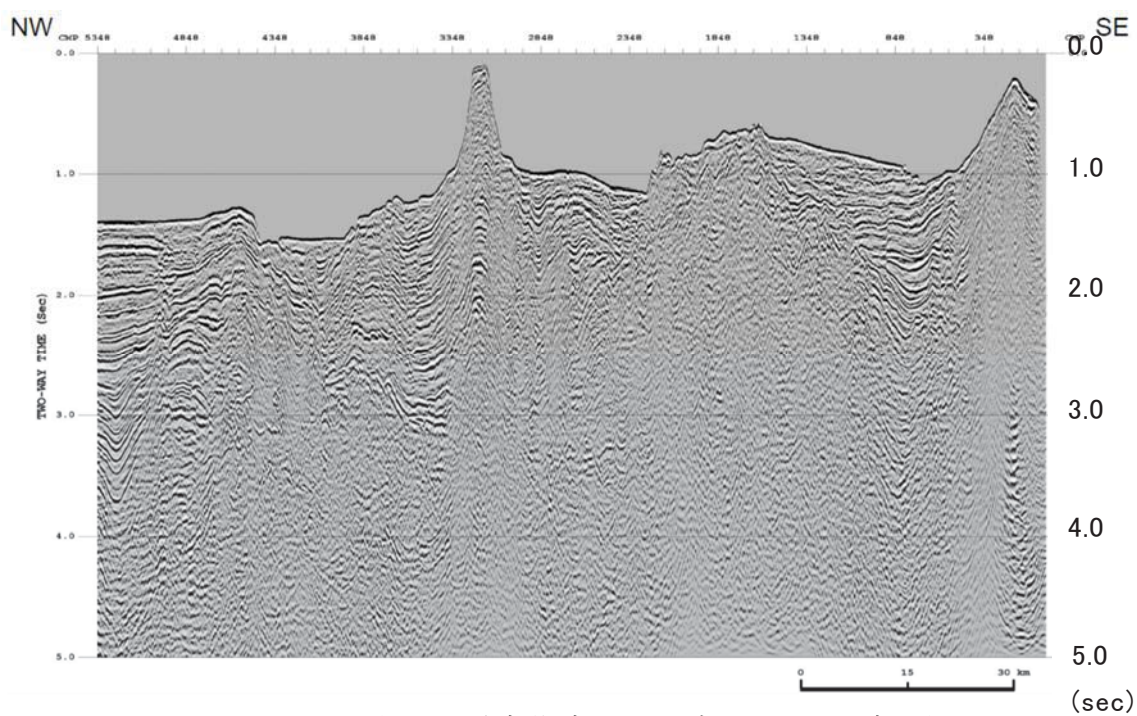


図 20 ベクトル化処理の重合後時間マイグレーション時間断面図

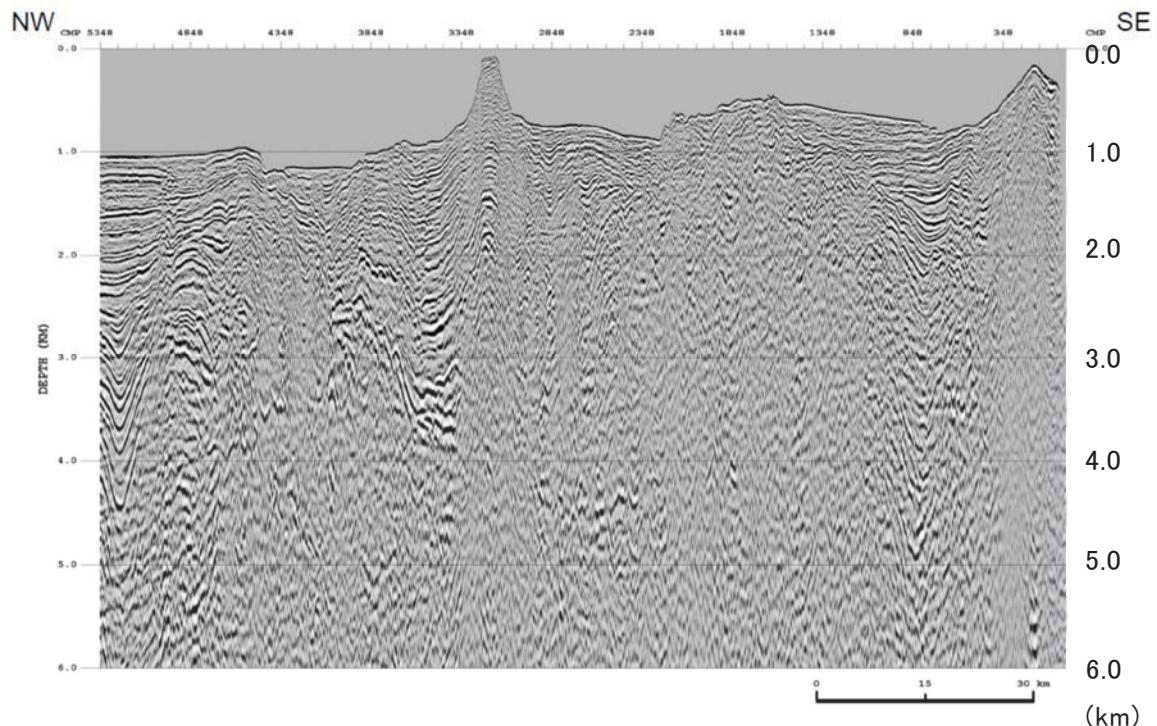


図 21 ベクトル化処理の重合後時間マイグレーション深度断面図

v) インハウス処理

インハウス処理の標準手順が確立されたため、昨年度に引き続き南西諸島海域においてインハウス処理を実施した。対象とした測線は JAMSTEC が 2015 年に調査船「かいれい」で取得した KY15-21 の RK01 と RK02 である（図 22）。位置は奄美大島の北の海域、測線長は 2 測線合わせて約 700 km である。このうち、各測線 200 km の合計 400 km を処理対象として選定した。

a) 業務の実施方法

処理フローの内容は、データチェックの後、フォーマット変換、トレースエディットと最小位相変換を行い、簡易速度解析の後にノイズ抑制処理、多重反射波除去処理、振幅補償、デコンボリューション、1 km 間隔の速度解析後の NMO 補正を行い、帯域通過フィルターを適用した後、最終重合断面を作成した。特に多重反射波解析については、海水面に介在する長周期多重反射波を抑制する SRME を用いた。

b) 既往探査データ等の解析

再解析を実施した既往探査データの概要について、対象とした測線の仕様は以下の通りである（図 22）。

- チャンネル数 444
- 受振点間隔 50 m
- 測線長 406.35 km (RK01)、288.85 km (RK02)、総測線長 695.20 km
- 発震点数 5,097 点

- サンプリング間隔 2 msec
- 発震間隔 50 m

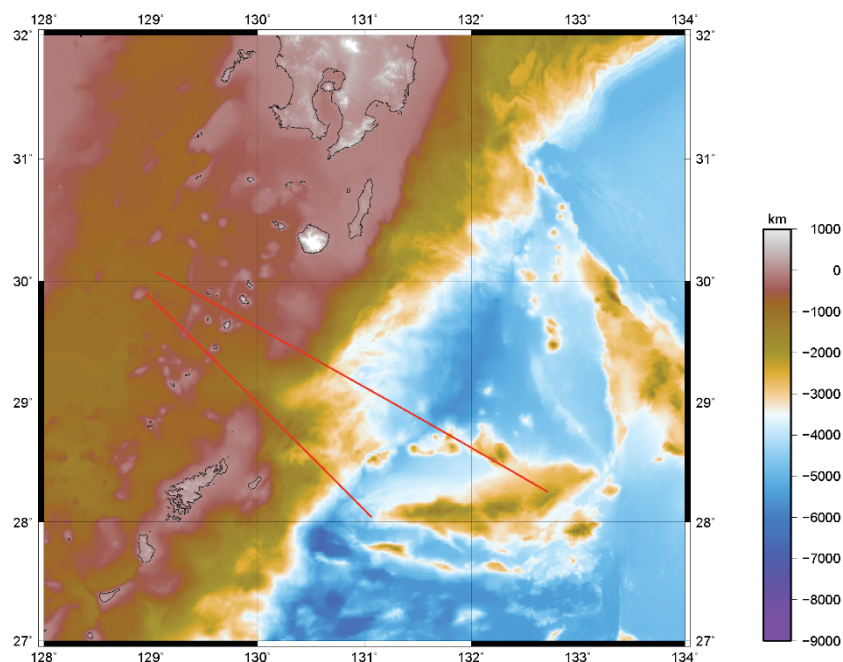


図 22 測線位置（北側が RK01 測線、南側が RK02 測線）

c) データ解析

データ解析は、前記のデータ再解析とほぼ同じ処理過程を踏襲したため、ここでは処理項目を順番に記載するのみで、特記すべき内容がない限り、処理内容については割愛する。

1. データ確認 (Data Check)
2. フォーマット変換 (Format Conversion)
3. 測線情報の入力 (Geometry Application)
4. トレースエディット (Trace Edit)
5. 波形変換解析 (Signature Dephasing)
6. 予備的な速度解析 (Preliminary Velocity Analysis)
7. 帯域通過フィルター (Bandpass Filter)
8. 重合前ノイズ抑制解析 (Pre-Stack Noise Attenuation)
9. Surface Related Multiple Elimination (SRME)
10. 振幅補償 (Amplitude Recovery)
11. デコンボリューション (Deconvolution)
12. 速度解析 (Velocity Analysis)
13. NMO 補正 (NMO Correction)
14. Dip Move Out 補正 (DMO Correction)
15. アウトサイドミュート (Outside Mute)

16. 振幅調整 (Trace Scaling)
17. CMP 重合 (CMP Stack)
18. 信号強調 (Signal Enhancement)

図 23 は、船上で実施された既存処理結果を示す。この処理結果を参考にインハウスで再処理を実施したが、その処理結果は図 24 である。

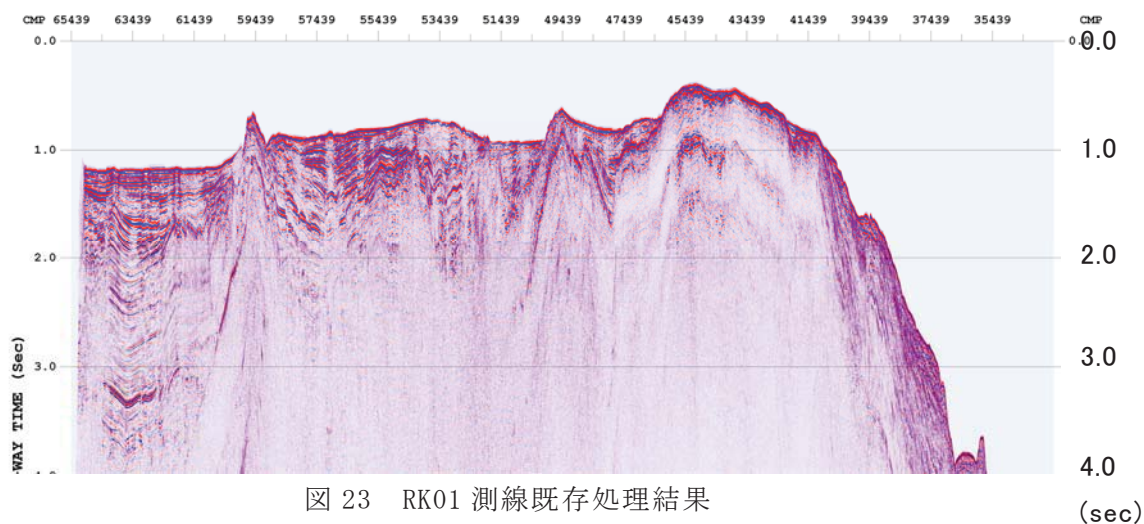


図 23 RK01 測線既存処理結果

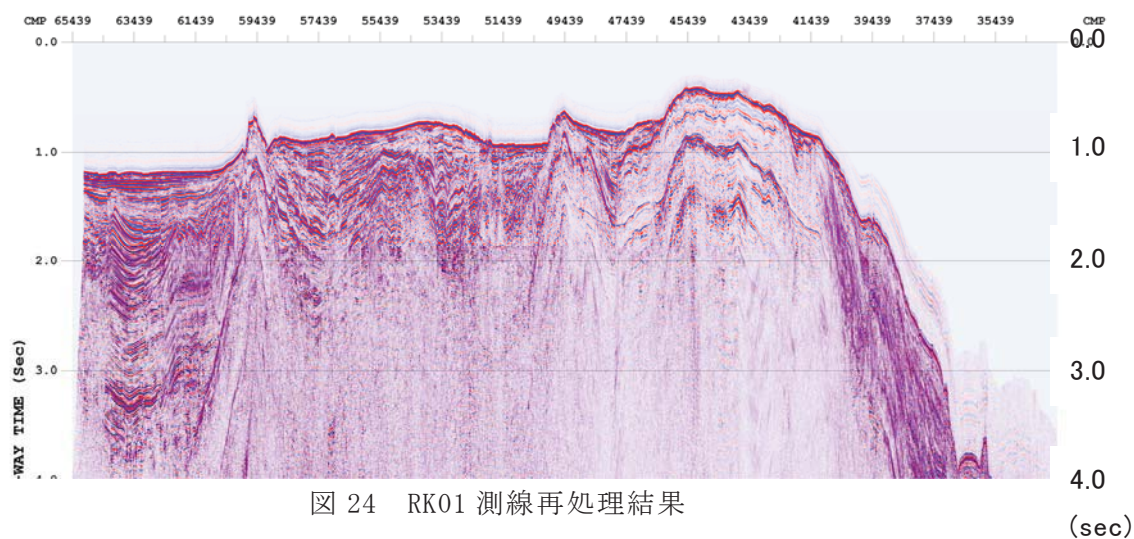


図 24 RK01 測線再処理結果

処理結果の違いを明らかにするために、既存処理、及び再処理結果の拡大図を以下に示す。図 25 は、既存処理を拡大したもので、図 26 は同じ範囲での再処理結果を示している。

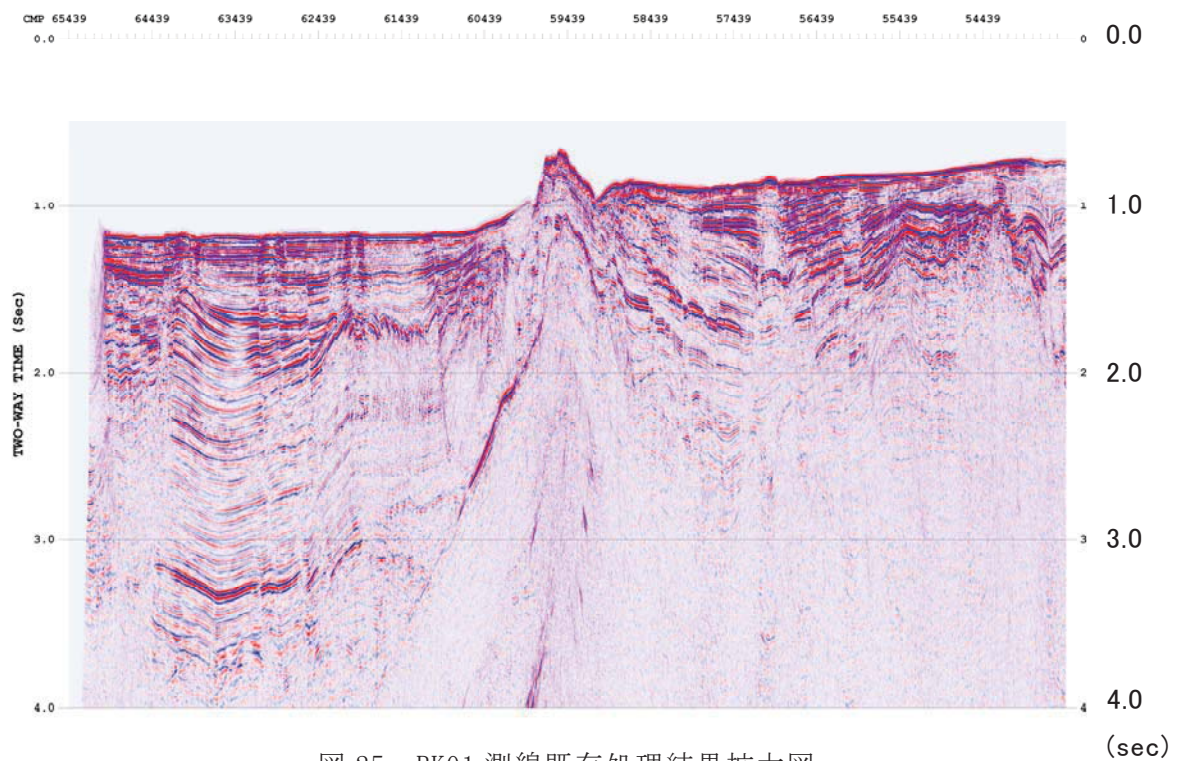


図 25 RK01 測線既存処理結果拡大図

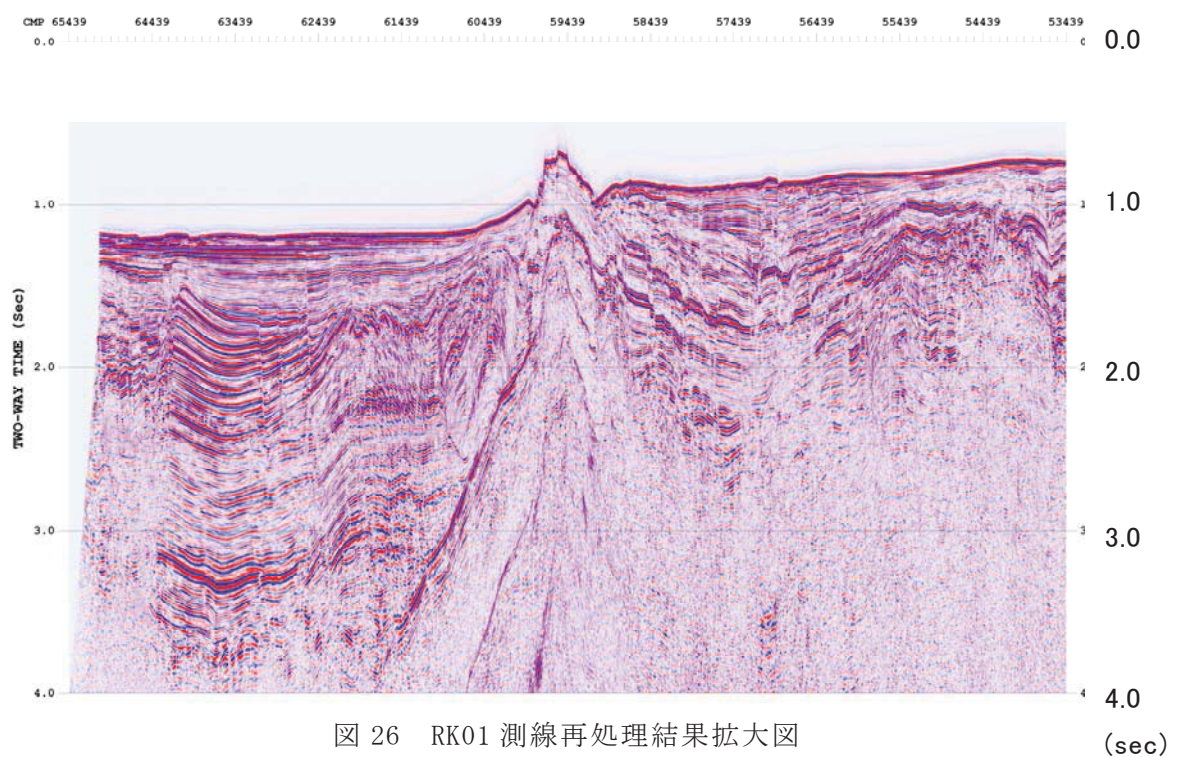


図 26 RK01 測線再処理結果拡大図

今回実施したインハウス処理では、既存の処理結果と比較し、海底に起因する多重反射の除去ができ、堆積層内の反射面の連続性が向上していることが明らかになった。

2) 海域における速度構造モデルの作成

様々な機関で取得されたデータを統一された速度構造モデルを利用して、一様に時間ドメインから深度ドメインへと変換を行う。過去に取得されたデータで深度断面が存在しないデータや SCS データで深度ドメインへの変換が行えないものなども、速度構造モデルを作成することで深度断面への変換が可能になる。これによって断層情報も時間ドメインから深度ドメインに変換することができ、断層モデルについて議論することができるようになった。

断層情報はその形状や深さ方向への広がりなどについては、深度での議論が望ましく、今回、深度で議論ができるようになったことで、より断層について詳細に評価を行えるようになった。深度ドメインへと変換を行った断層についてはサブテーマ(3)に情報を提供する。

平成 28 年度は南西諸島海域全域において速度構造モデルを作成した（図 27）。作成方法についても利用する速度データの検討を行い、平成 27 年度に実施した処理フローを修正した。なお、浅部の速度構造モデルを構築するにあたっては、反射法データの処理過程で使われる重合速度も使用した。



図 27 速度構造モデル対象領域（赤枠内）

a) 業務の実施方法

本年度は昨年度の南西諸島南部海域に南西諸島北部海域を追加したエリアにおいて速度構造モデルを構築した。作成するにあたり、JOGMEC、JAMSTEC、AIST、JCG などの様々な機関から提供された反射法データ、OBS 調査データ及び坑井の情報を使用し、海底面、A-horizon、B-horizon の解釈（図 28）を行った。A-horizon とし

て、主に南西諸島海域の広い領域に形成されている堆積層内の不整合面を追跡した。B-horizon は堆積層と上部地殻との境界、所謂、音響基盤と定義した。海底面は全ての測線で追跡し、海底面以下の A-horizon、及び B-horizon は深部まで反射波が明瞭に見えているマルチチャンネルデータ測線で解釈を行った。B-horizon 以下の C-horizon 及び Moho 面については既存の論文や海上保安庁が地殻構造探査として実施した OBS 調査測線の速度データを基にして作成した（図 29）。C-horizon は上部地殻と下部地殻の境界にあると考えられる速度ギャップの箇所とし、OBS 調査の速度情報や論文をもとに深度を決定し、情報のないエリアは上部の B-Horizon に平行となるように作成した。Moho 面は下部地殻とマントルとの境界で C-Horizon と同様に OBS 調査の速度構造や人工衛星（GOCE）による重力マップを参考に作成した。この各 horizon から 1 km グリッドの surface を作成した（図 30, 図 31）。作成した速度モデルは、地震波速度の差異に注目して境界を設定したため、必ずしも地質的な境界とは一致しない場合もある。

この解釈した horizon に基づいて surface を作成し、層構造の作成を行った。速度データとしては、反射法データや OBS 調査データ、坑井の速度データ及び既存論文情報などを使用して、各層構造に速度関数を与え、速度構造モデルを作成した。速度構造モデルは水平方向 1 km グリッド、鉛直方向 100m 間隔の解像度で作成した。作成した速度構造モデルを用いて、反射法データ及び断層情報の深度変換を行った。

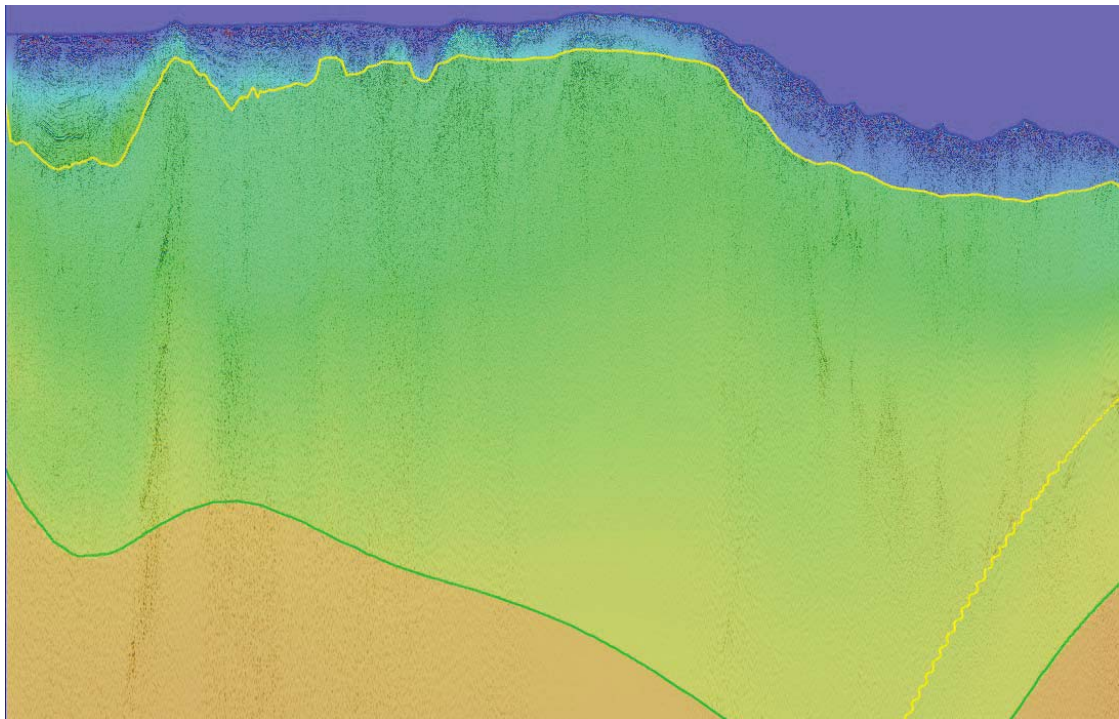


図 28 反射記録断面図上での Horizon 解釈の例（緑線は B-horizon を示す）

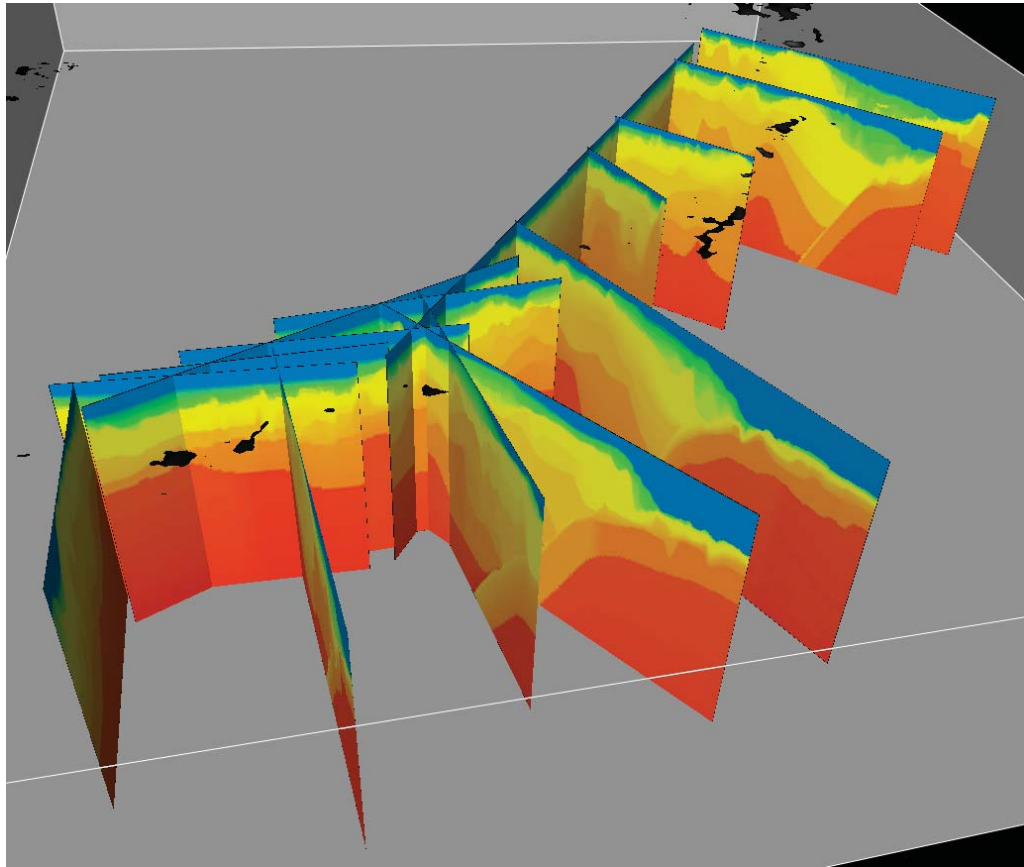


図 29 OBS 調査で得られた速度の例

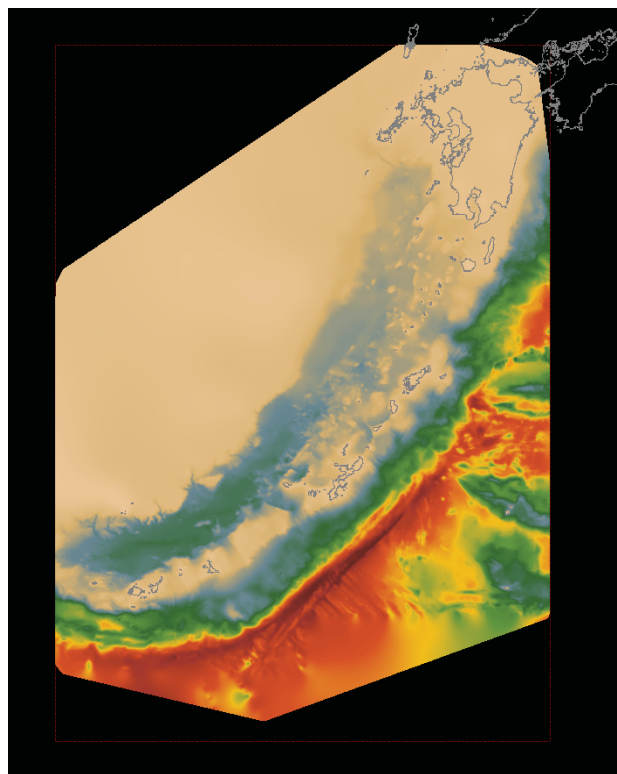


図 30 海底面の解釈範囲

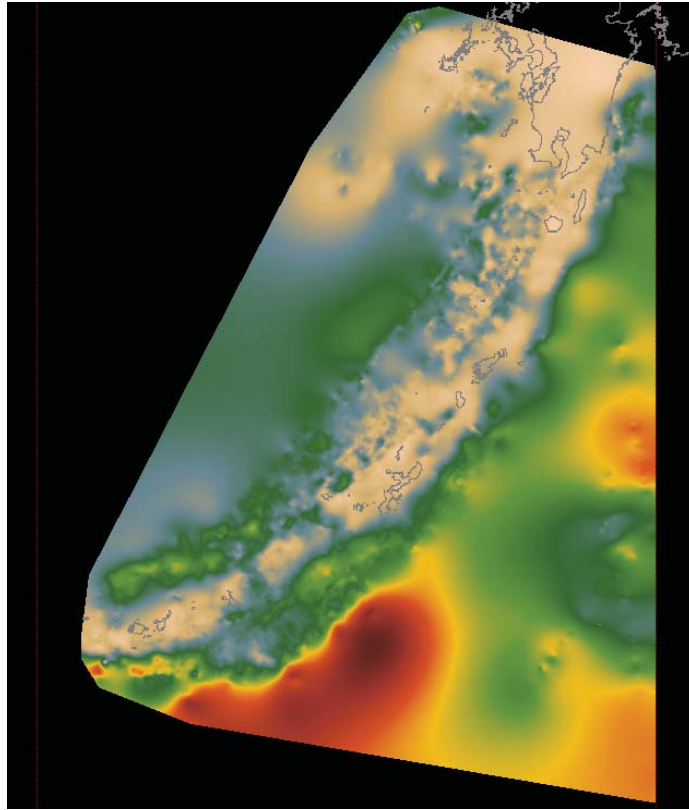


図 31 B-horizon の解釈範囲

b) 業務の成果

本年度は昨年度に引き続き南西諸島海域の速度構造モデルの作成を行ったが、昨年度作成した南部海域に北部海域のデータを追加し、南西諸島海域全体の速度構造モデルを作成した。基にした速度データは反射法データの再処理の際に得られるDMO処理時の速度データやOBS調査で作成された速度である。また、坑井のデータを用い速度のキャリブレーションを行ったが、本年度対象領域には坑井が少ないため、適用した範囲は少ない。

作成した各 surface から層構造 (Sea Water、Sediment、Upper Crust1、Lower Crust1、mantle1、Upper Crust2、Lower Crust2、mantle2) を作成する。今年度対象領域では、フィリピン海プレートがユーラシアプレートに沈み込んでいるため、層構造もそれを反映したものにした。前述の Upper Crust1、Lower Crust1、mantle1 がユーラシアプレート側、Upper Crust2、Lower Crust2、mantle2 がフィリピン海プレート側に位置する。フィリピン海プレート側のデータは少ないため、データが存在する地点からほぼ均一な厚さで外挿した。この層構造に速度を当てはめて計算を行い速度キューブを作成した。速度キューブの作成方法は、まず Sea Water、Sediment のみの速度キューブを用意し、この速度構造モデルを使用して時間ドメインであった海底面、A-horizon、B-horizon を深度ドメインに変換する。その後、マントルまでの最終速度構造モデルを深度ドメインで作成する。この時、Sediment には反射法データの再解析で得られた速度と OBS 調査で得られた速度を、Sediment 以下は上部地殻、下部地殻、マントルに区分し、OBS 速度情報や既存論文などを参考

に速度構造を求めた（図 32）。次に、上部地殻は下面を 6,200m/sec の速度、下部地殻は上面を 6,580 m/sec の速度とした。論文等では、上部地殻と下部地殻の境界には速度ギャップの存在が示唆され、本プロジェクトの速度構造モデルも速度ギャップを含むモデルとした。また、マントルの地震波速度は 8,000 m/sec 一定値とした。

次に、この最終速度構造モデルを使用して反射法データ及び断層情報の深度変換を行った。今回得られた三次元層構造を図 33 に示す。図 34 と図 35 は、対象エリア東西の速度プロファイルに対して、西から東にかけて速度構造が変化している様子を示した三次元速度構造を輪切りにしたイメージである。

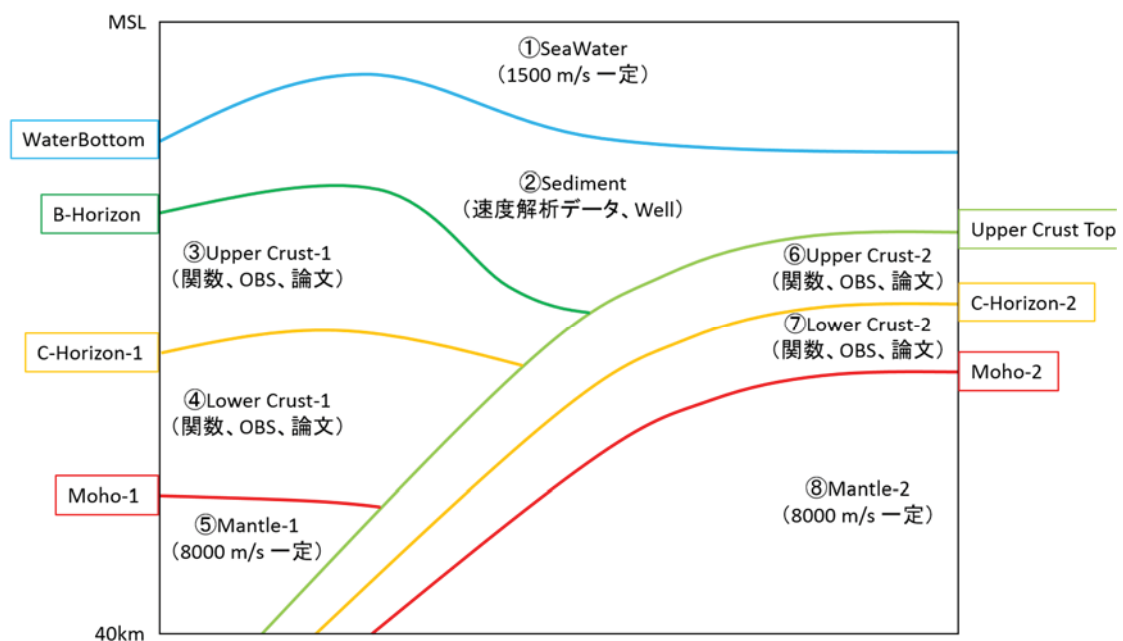


図 32 速度構造の層構造図

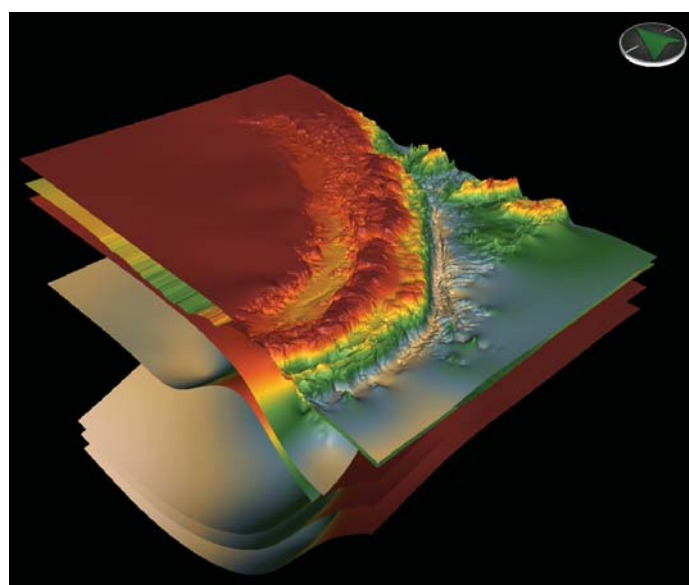


図 33 horizon 深度を示した三次元層構造

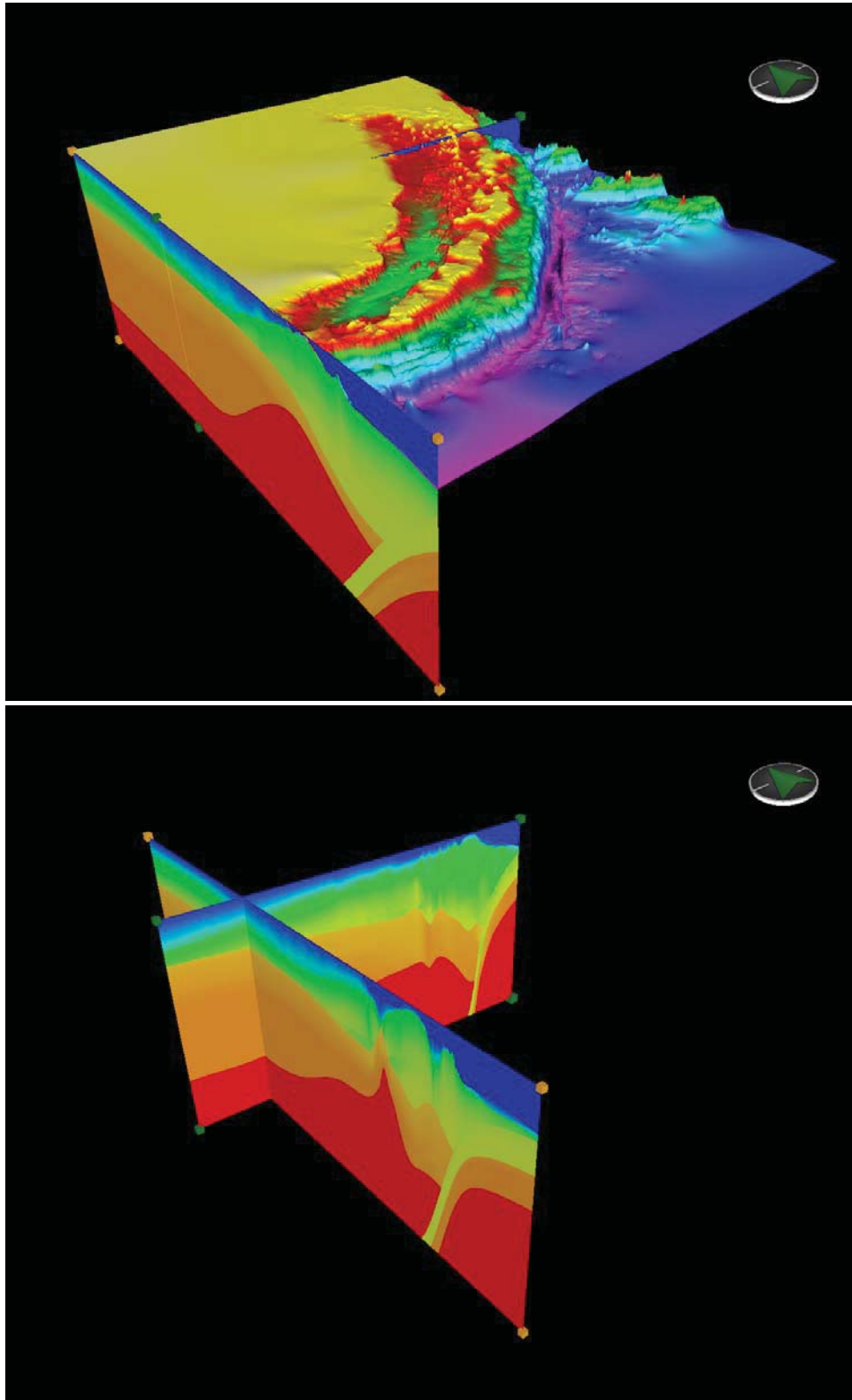


図 34 作成した速度構造モデル

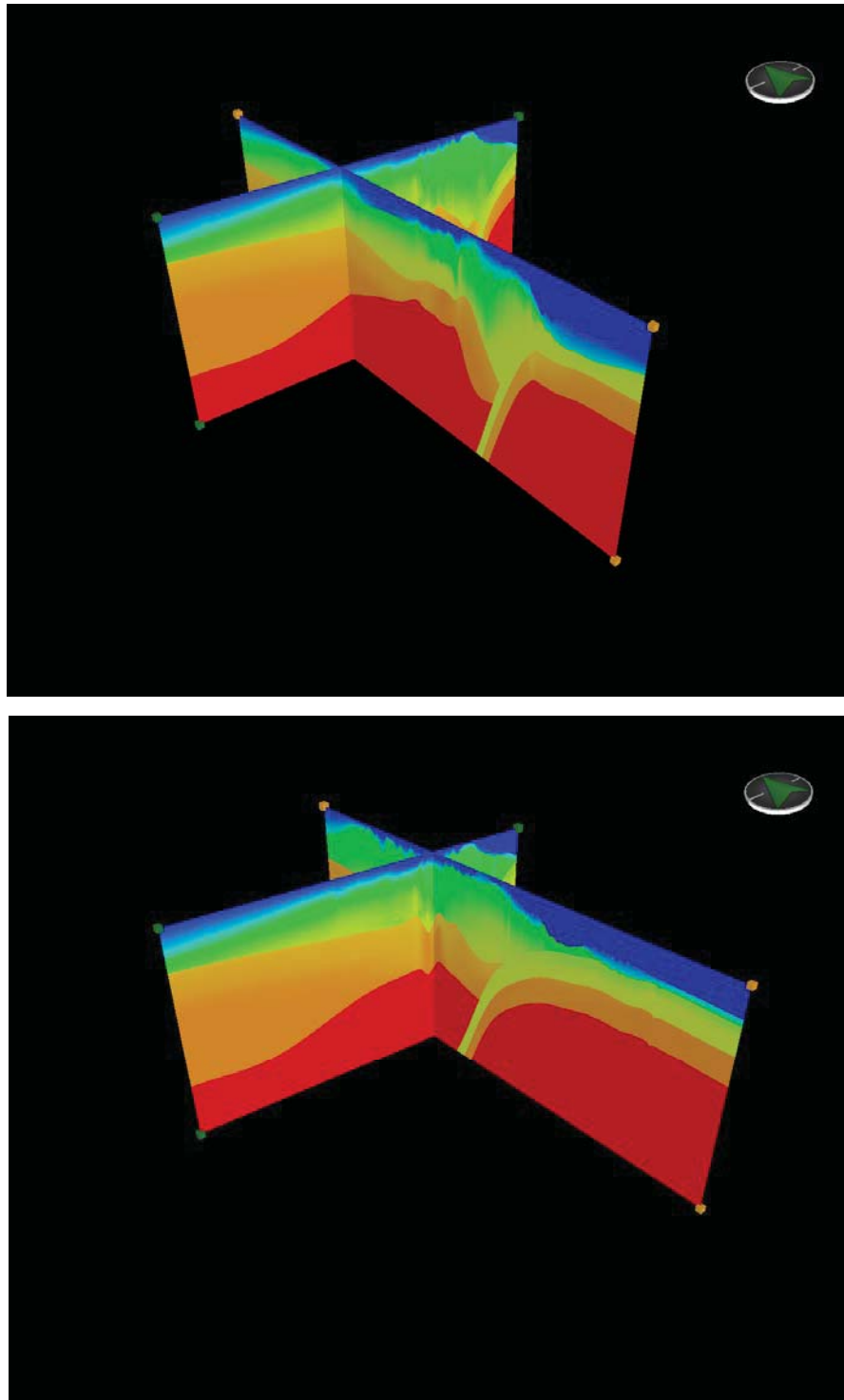


図 35 作成した速度構造モデル

c) 結果

南西諸島海域については、昨年度は南部海域の速度構造モデルを作成したが、本年度はこれを拡張し南西諸島海域全体の速度構造モデルを作成した。この速度構造モデルを使い、断層の深度変換を実施し、おおむね満足が行く結果が得られた。来年度は伊豆小笠原海域の速度構造モデルを作成する予定である。

3) 統一的断層解釈

a) 概要

平成 28 年度の対象海域は九州西岸から南西諸島北部である。南西諸島は九州から台湾にかけて連なっており、その距離は約 1,200 km に及び、海域においても琉球海溝や沖縄トラフを含んだ領域であるためかなりの広域となる。そのため南西諸島海域を北部と南部で2カ年度に分けて作業を実施した（図 36）。地震探査データの収集・登録と再処理については昨年度より着手しており、各機関や民間企業から借用した。本年度は北部の解釈準備ができたことから、九州西岸から南西諸島北部を対象海域とした。主に長崎県・熊本県西方海域と鹿児島県西方海域並びに大隅・奄美諸島海域の解釈作業を実施した。

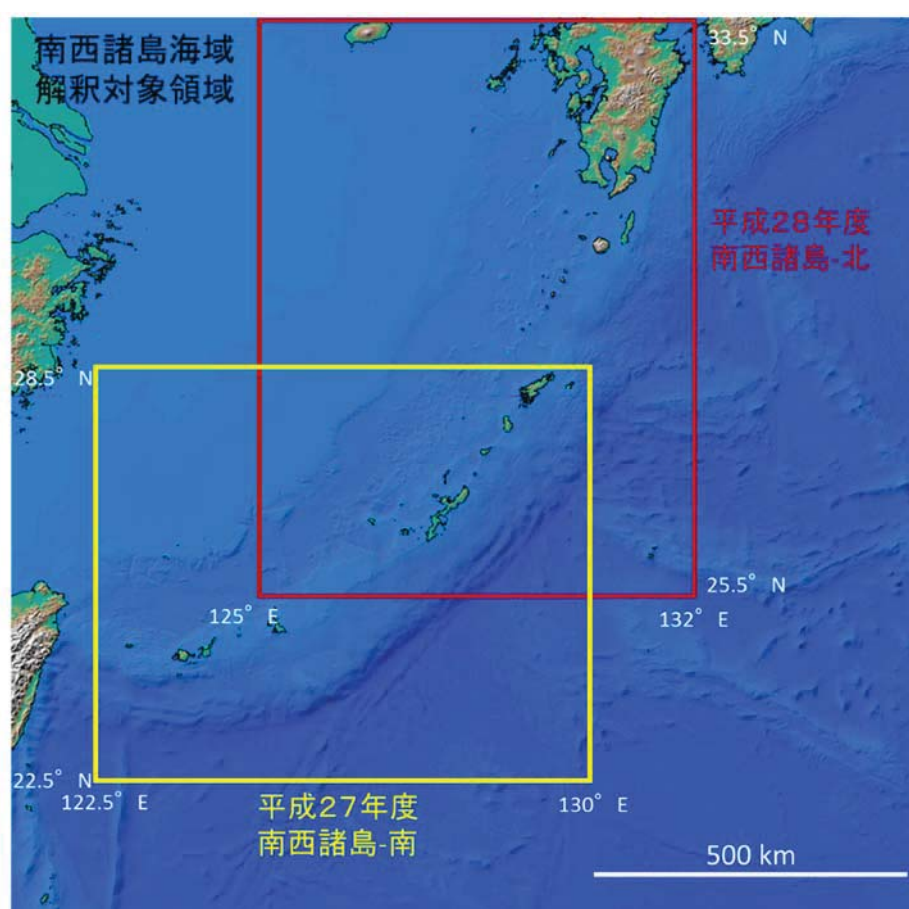


図 36 南西諸島海域解釈対象領域図

南西諸島は、九州から台湾にわたる琉球列島とその東側に位置する大東諸島を含む島嶼を指す。琉球列島は琉球弧を形作る列島で、種子島、屋久島、奄美大島、沖縄島、宮古島、石垣島などの琉球外弧の列と霧島火山群や桜島の延長上の火山島からなるトカラ列島を含む。琉球弧の太平洋側にはフィリピン海プレートが琉球海溝に沿って沈み込み、大陸側の背弧には沖縄トラフが発達する。対象地域の北端である九州は、地理的に対馬海峡を挟んで朝鮮半島と繋がるユーラシア大陸の一部であり、東北日本や琉球列島のようにトラフにより明瞭に大陸と分離されていない。対馬海峡は、幅約 200 km、水深 90 m～100 m の浅い海であり、海峡内に明らかな海盆は存在しないため氷河期の海水準低下期には陸橋であったと考えられる。それより南方の五島列島と天草下島との間には、水深 200 m 程の五島灘と天草灘が広がり、水深は福江島と天草下島を結ぶ線から南へ急激に深くなり、沖縄トラフ北端を構成する水深 1,000 m 程の男女海盆へと至る（図 37）。五島列島の南西には北西－南東方向に長軸を有する水深 300～500 m の福江海盆が存在し、北方からの古河川はここに集まる。福江海盆からは深い海底チャンネルが男女海盆へと直線的に南東方向に流れており、反射記録断面上でチャンネルが両岸の若い地層を削剥する様子が確認できることから、海水準低下期に福江海盆から溢れた水流により形成されたものと考えられる。沖縄トラフの西縁は東シナ海大陸棚により画されるが、東縁北部は雁行して南に延びる天草、甕島列島、宇治群島、草垣群島に規制され、草垣群島の南から屋久島と種子島のある種子・屋久海脚まで東に広がる。ここから沖縄本島付近まで沖縄トラフの東部はトカラ列島に代表される火山地帯として琉球列島に沿って複雑な地形を呈している。

対象海域の地質は、古第三紀～新第三紀層が五島列島や九州北西部の広い範囲に分布する一方、付加体の形成と関連した前期古生代の深成岩類やシルル紀～デボン紀の海成層及び付加コンプレックスが、九州中央部、九州山地北部の洞が岳や祇園山に沿って分布する。更に、九州南部からトカラ列島にかけては霧島や桜島などの活火山が列をなしている（図 38）。

九州西方沖、五島灘及び天草灘は、沖縄トラフ北端の影響を強く受け南に開いた堆積盆地となっており、この海域では基礎試錐や石油開発企業の探鉱活動により数坑の坑井が掘削されている。これにより、堆積盆地には層厚 2,000～4,000 m 以上の厚い新生代堆積物が確認されている。一方、陸側の天草諸島下島の海岸沿いには白亜紀層や三波川変成岩類が露出しており、このことから陸域と海域との間には落差の大きな断層が推定される。

甕島列島は、後期白亜紀～中期始新世の堆積岩で構成され、そこに中新世の花崗岩が貫入する。東の薩摩半島には前期～後期白亜紀の付加コンプレックスが広く分布し、その間の久多島にはジュラ紀の付加コンプレックスで構成されることから、この海域には広く基盤岩が露出していると考えられる。甕島列島と南に雁行する宇治海丘・草垣海丘は、基盤岩の上に噴出した後期中新世～鮮新世の火山岩より成り、九州大陸地殻の西縁を形成している。

大隅半島の南部に位置する大隅諸島は、四万十層群より成る種子島と四万十層群中に新第三紀花崗岩が貫入した屋久島とその西部に散在する火山島群より成る。四万十層群より成る基盤は、屋久島の南約 100 km のトカラチャンネルまで続き、種子・

屋久海脚と呼ばれている。トカラチャンネルの南の奄美諸島は主に大陸地殻より成るが、後期ジュラ紀～後期白亜紀の付加コンプレックスであり、北の種子・屋久海脚より古い時代を示す。

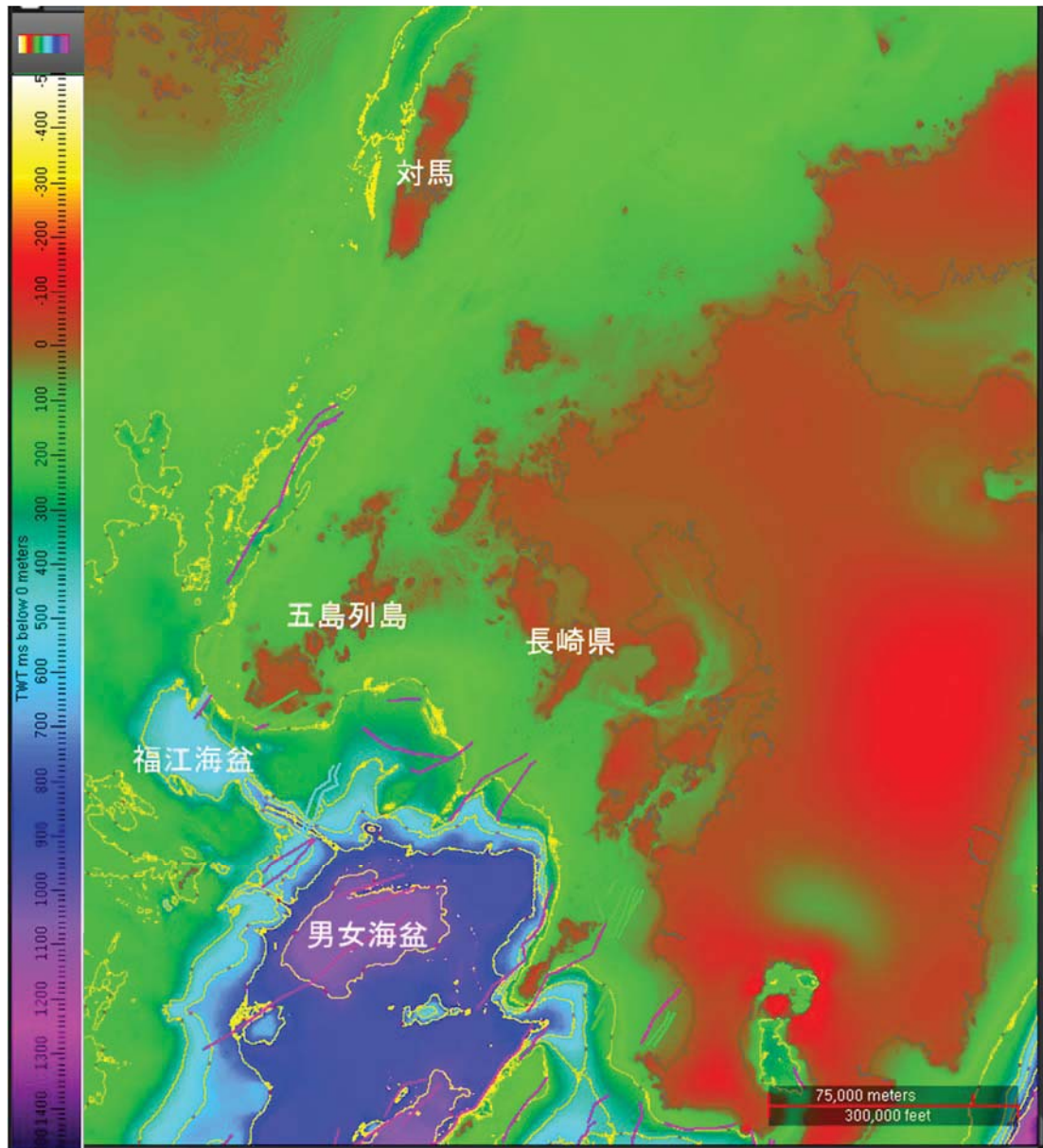


図 37 対馬海峡海底地形図（カラーマップ）

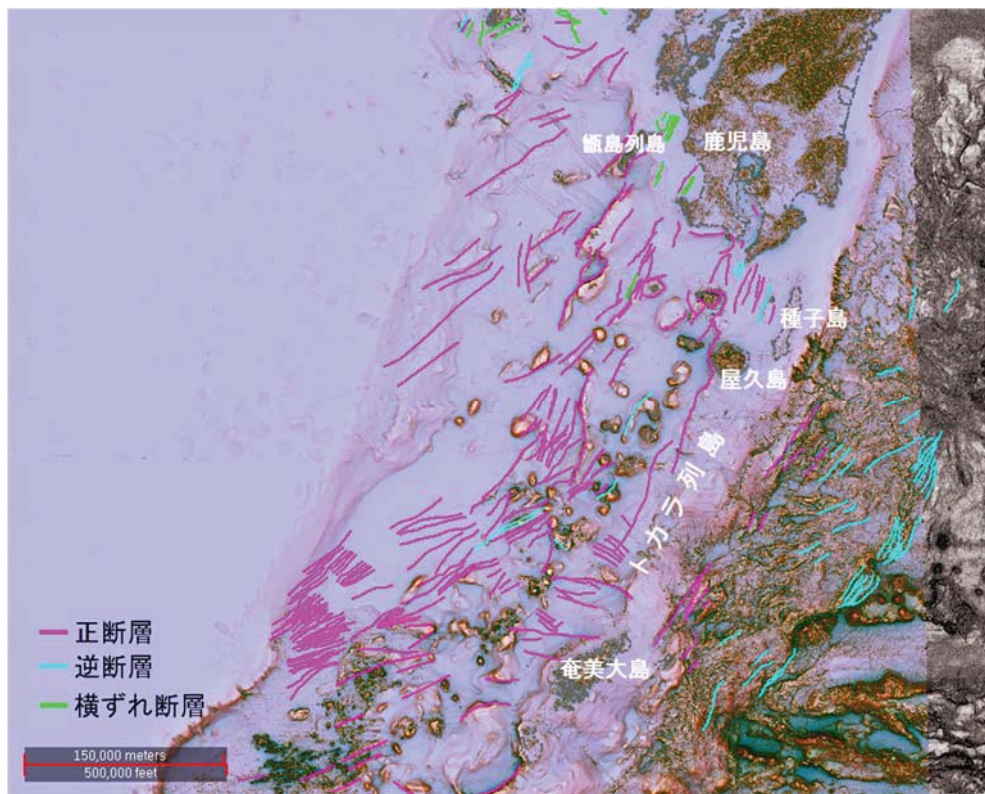


図 38 沖縄トラフ北部の海底地形と断層分布

b) 解釈方法

i) 断層の特定

本プロジェクトにおいて平成 26 年度に実施した日本海海域では、断層を特定する基準を海底面下の地質構造に変位（堆積層のずれや撓曲など）があることが第一の基準とし、海底地形に変位が現れているかを第二の基準とした。

特定した断層は断層面として空間的に連続するかを判断するために、以下の基準を設定した。

- ・断層が反射記録断面上で明確に確認できる。
- ・地質構造から、同じ断層と認識できる。
- ・新規断層の場合、連続して 3 測線以上の反射記録断面で確認できる。
- ・既存の断層位置とほぼ同じ位置にある場合は、連続して 2 測線で確認できる。

ただし、南西諸島海域の反射法データは測線密度が粗く、隣りあう測線でも連続した地質構造であるかどうか判断するのは困難であり、加えて断層が無数に存在するような特徴もみられ、それらの空間的な発達や分布域を特定することはできない。そのため、平成 27 年度の南西諸島南部海域と同様に海底地形図を用いて、反射記録断面で特定できた断層の空間的連続性を判断した。一方、東シナ海 seabed topography map は粗い部分が多く、JAMSTEC が作成した立体赤色地図も全てを盛り込むことができなかったため、陰影図、M7000 シリーズの DEM 等複数の素材を比較しな

がら連続性を判断した。

ここに、断層を特定するために考慮した6項目は、平成27年度と同様に、以下の通りである。

- ・ 小さな構造特徴を追跡するのではなく、既存の地質図や海底地形で認識できる大構造の断層を特定する（図39）。
- ・ 断層面と判断できる場合、断層両端の延長は海底地形図の地形特徴（リニアメント等）を参考に延長する（図40上図）。
- ・ 断層による海底地形の変位が1測線でのみ確認、且つ20km以内に測線が無い場合、海底地形図の地形特徴（リニアメント等）を参考にして延長し、断層と認定する（図40下図）。
- ・ 海底面まで変位は達するが、海底地形に変位が無い断層は2本以上の測線が必要である（図41）。
- ・ 反射記録断面で海底面直下の構造が不明瞭であっても、断層によるものと判断できる明瞭な地形特徴がある場合は、断層と特定する（図42）。
- ・ 測線が無い海域では断層を特定しない。

以上の条件に当てはまる断層面を特定し、平成27及び28年度の成果とした。

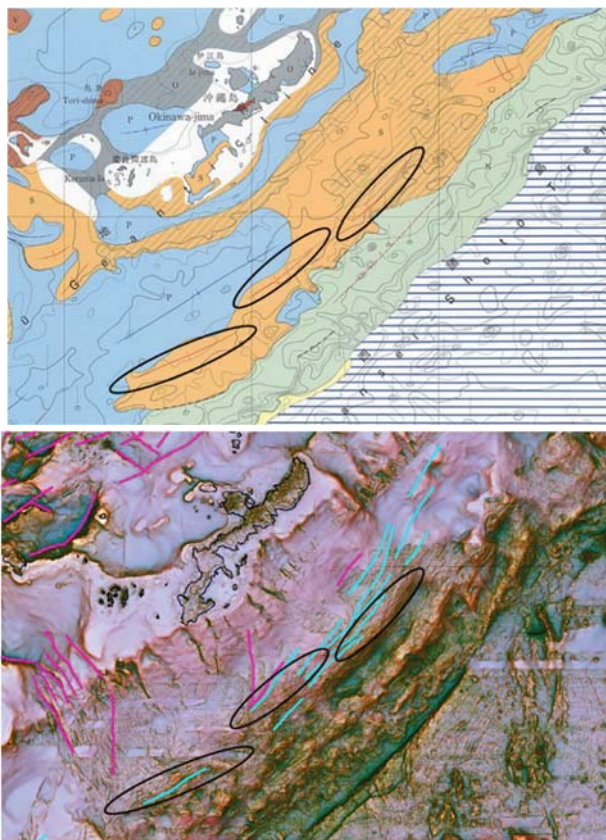


図 39 （上図）琉球島弧集権広域海底地質図（1977）においての構造（黒楕円）
（下図）同位置の解釈断層分布（構造線に沿った断層を認定した。）

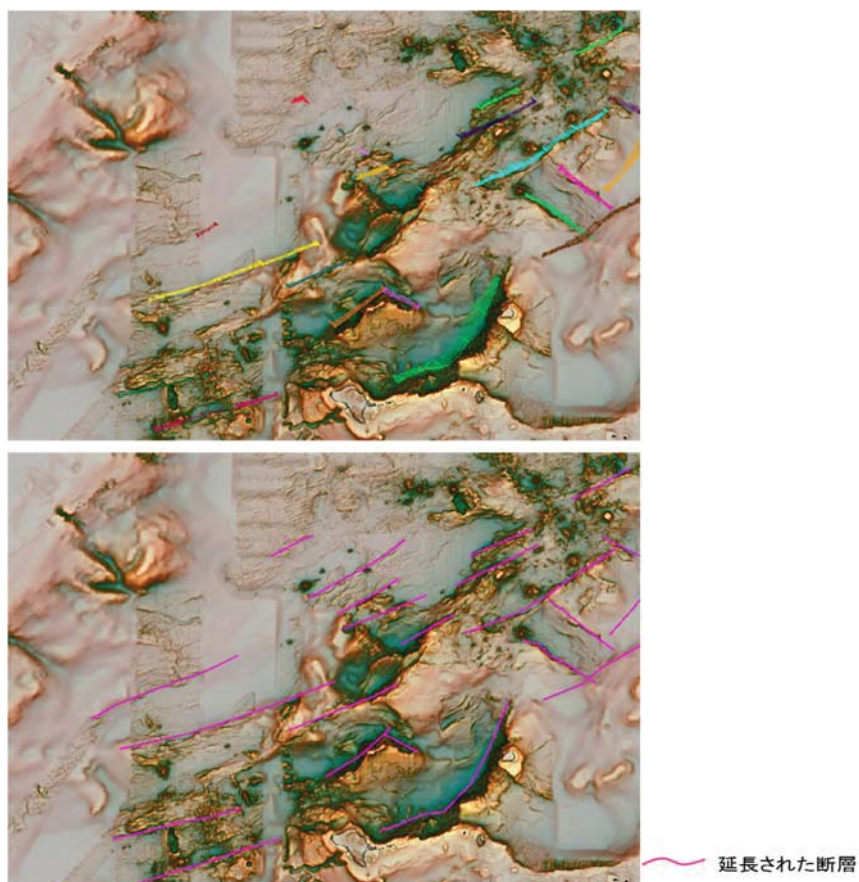


図 40 (上図) 各測線で解釈した断層 (色別に表示)
(下図) 海底地形を参考に解釈断層の延長部を決定

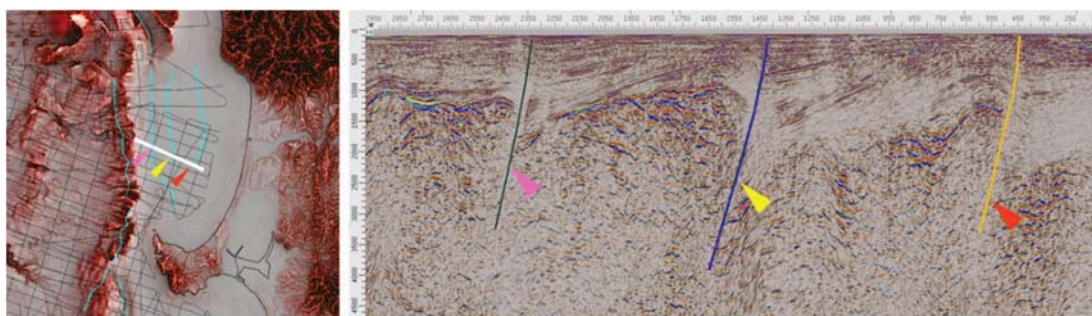


図 41 反射記録断面図で解釈した海底に変位がない断層 (色矢印)
(2 本以上の測線で連続性が確認できる場合は認定する。)

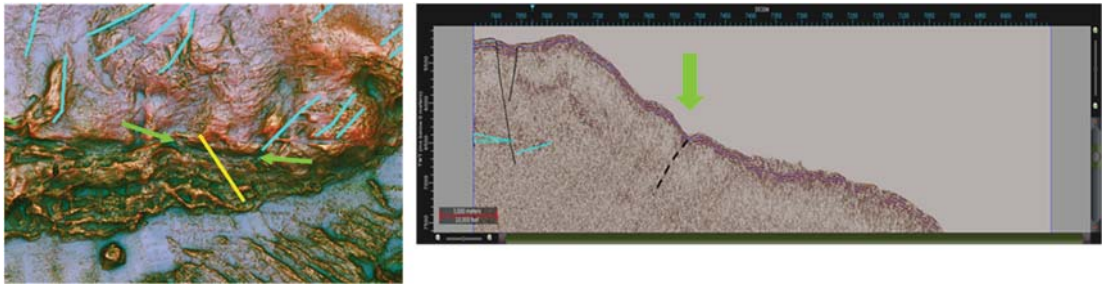


図 42 反射記録断面図では不確実な断層（黒破線）

（緑矢印：断層による地形と判断できる明瞭な特徴がある場合は断層と認定する。）

ii)断層のランク付け

本プロジェクトで断層モデルの作成に持ち込むためには、特定された断層が活断層であるのか否か、が重要な判断基準となる。断層による変位が海底地形に現れている場合は、断層が現在も活動していて今後も活動する可能性があるとは判断できる。また海底地形の変位が少なく、平坦になっている場合は海底地形の変位が削剥されるほど長期間活動がなかったことを示しているか、横ずれ断層の可能性もあり、海底面付近まで延びている場合は、活動を繰り返す可能性があるとは判断した。

今回の南西諸島海域で特定した断層は縦ずれの成分が大きく、変位が海底地形に現れている。日本海海域断層のランク付けの要素は海底地形の変位の有無であったが、南西諸島海域ではさらに断層面の確実度、「複数の解釈断層による空間的連続性を認定したものなのか」、「ひとつの解釈断層から地形特徴を参考に延長したものなのか」を分けて、表 7 に示すようなランク付けを行った。

ランクⅠ：複数の反射記録断面で地質構造に変位があり、且つ、海底地形にも変位がある。

ランクⅠ”：1つの反射記録断面で地質構造に変位があり、且つ、海底地形にも変位がある。

ランクⅡ：複数の反射記録断面で地質構造に変位があるが、海底地形には変位が見られない。

表 7 断層の確実度のランク付け表

	複数測線	単数測線
海底地形変位あり	Ⅰ	Ⅰ”
海底地形変位なし	Ⅱ	

また、断層がどの深度まで延びているかのランクは層序区分で判定した。

ランク A : Sediment 1 (通常堆積物中に見られる不整合面より浅い堆積物中)

ランク B : Sediment 2 (通常堆積物中の不整合面と音響基盤の間の堆積物中)

ランク C : Upper Crust (上部地殻中)

ランク D : Lower Crust (下部地殻中)

表 8 断層ランク付け一覧

	A	B	C	D
I	I A	I B	I C	I D
I "	I " A	I " B	I " C	I " D
II	II A	II B	II C	II D

表 8 は、断層の确实度と断層の延びを考慮した一覧表である。ここに記載されたランクが、断層と認定した解釈すべての断層に記載し取り纏めた。

iii) 利用したデータ一覧、及び各データの特徴

断層解釈作業に利用した反射記録データは以下の機関から提供された。

独立行政法人 石油天然ガス・金属鉱物資源機構 (JOGMEC)

国立研究開発法人 海洋研究開発機構 (JAMSTEC)

国立研究開発法人 産業技術総合研究所 (AIST)

石油資源開発株式会社 (JAPEX)

国際石油開発帝石株式会社 (INPEX)

新西日本石油開発株式会社 (SNSK)

海上保安庁 (JCG)

使用するのは MCS と SCS のデータである。MCS は JAMSTEC で取得したものをはじめ、JOGMEC や民間石油会社から提供された主に石油探査用のものと、JCG から提供された大陸棚調査用のものである。MCS データの特徴は以下のとおりである。

- ✓ 震源エネルギーが大きく、且つ重合効果で深部までのイメージを取得できる。
- ✓ 反射法データの処理過程で速度情報の入手が可能。
- ✓ ゼロオフセットへの補正がされているので、急斜面を除き、MCS 同士の交点では反射面が一致する場合が多い。
- ✓ 調査測線の密度が粗い。
- ✓ 震源の周波数帯域が相対的に低く、データの分解能が低い。

一方、AIST より提供された SCS データの特徴は、以下の通りである。

- ✓ ゼロオフセットへの補正がなされていないので、浅海では海底面が実際より深く出て MCS との対比でずれが大きい。
- ✓ 海底面からのマルチプルの影響が顕著で、特に浅海での地層解釈が困難となる。しかし、水深の深い所では比較的良好な反射が得られる。
- ✓ 鹿児島県周辺では甬島列島以東の 1984 年データが利用できるが、南西諸島地域では屋久島周辺より北寄りにしかデータがない。

なお、九州・南西諸島海域で AIST から提供された SCS は鹿児島県沖合のみであるため、鹿児島県本土周辺以外は MCS データのみを使用し、解釈作業を実施した。

iv) 解釈システム

当該プロジェクトを実施するに当たり、平成 25 年度に導入済みの解釈システム DecisionSpace (Landmark 社製) を利用した。表 9 はその詳細を示す。

表 9 導入されたソフトウェア一覧

ソフト名		ソフトの役割
CTC e-Geo	1 ライセンス	DB 構築用ソフトウェア
Landmark Openworks	7 ライセンス	再解析・解釈データプロジェクト管理ソフトウェア
Landmark GeoData Load	1 ライセンス	データインポート/エクスポートソフトウェア
Landmark ProMax2D/3D	1 ライセンス	地震探査データ処理ソフトウェア (2D/3D)
Landmark DecisionSpace Base Module	6 ライセンス	再解析・解釈データ可視化ソフトウェア
Landmark DecisionSpace Geophysics Module	2 ライセンス	速度構造モデル構築用ソフトウェア
Landmark Geologic Interpretation Component	2 ライセンス	地質解釈・地質モデリングソフトウェア
Landmark Seismic Interpretation Component	4 ライセンス	断層・ホライズン解釈ソフトウェア
Landmark DecisionSpace GIS Module	4 ライセンス	GIS データ表示
Landmark ZEH	1 ライセンス	CGM/CGM+表示/プロットイング/コンバートソフトウェア

図 43 は、解釈システムのハードウェア構成を示す。

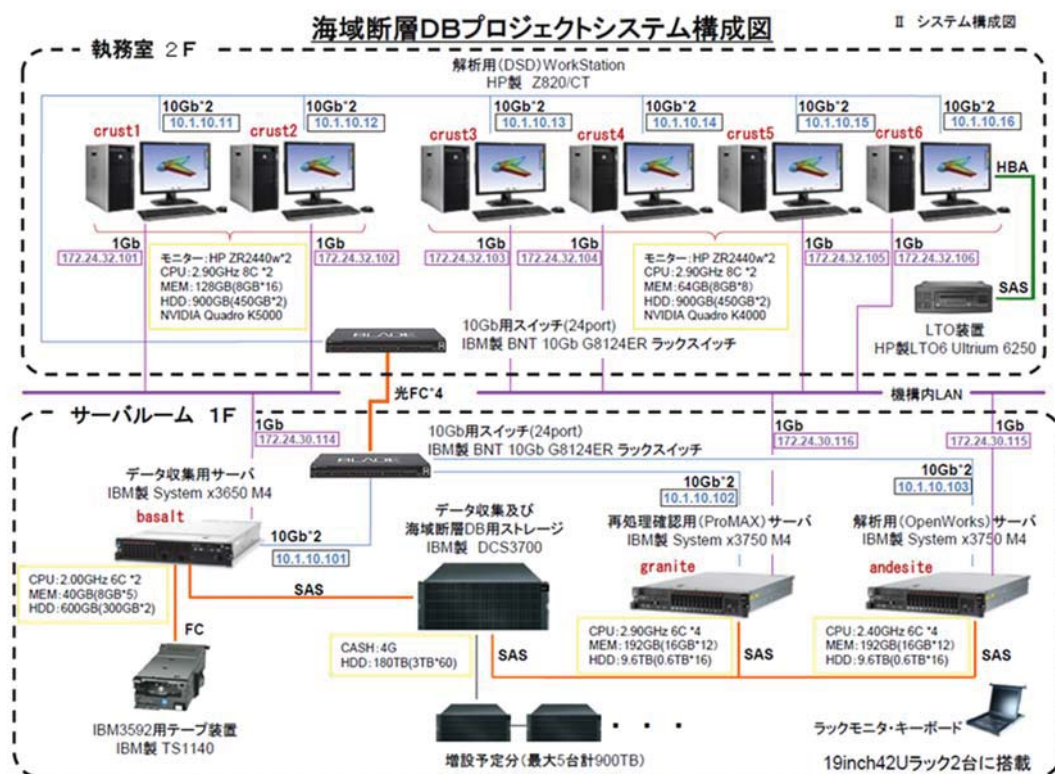


図 43 DB 及び解析・解釈システムのハードウェア全体構成図
(赤点線枠が DB 部分、枠外が解析・解釈システム部分を示す。)

v) 使用した資料等

① 日本周辺海域の第四紀地質構造図

南西諸島海域の断層を調べる上で、徳山・他（2001）による「日本周辺海域の第四紀地質構造図」の断層マッピングを断層解釈の参考とした。断層マッピングを解釈システム上にトレースし、反射記録断面上で認識できれば変位方向や形状をみて断層面として特定した。

② 水深図

海底地形図は以下のデータを編集した海底地形データを使用した。

- JAMSTEC シービーム
- JCG 水深グリッドデータ
- NOAA マルチビーム
- M7000 シリーズ
- J-EGG 500m メッシュ
- SRTM15 Plus
- GEBCO2014
- SRTM-1

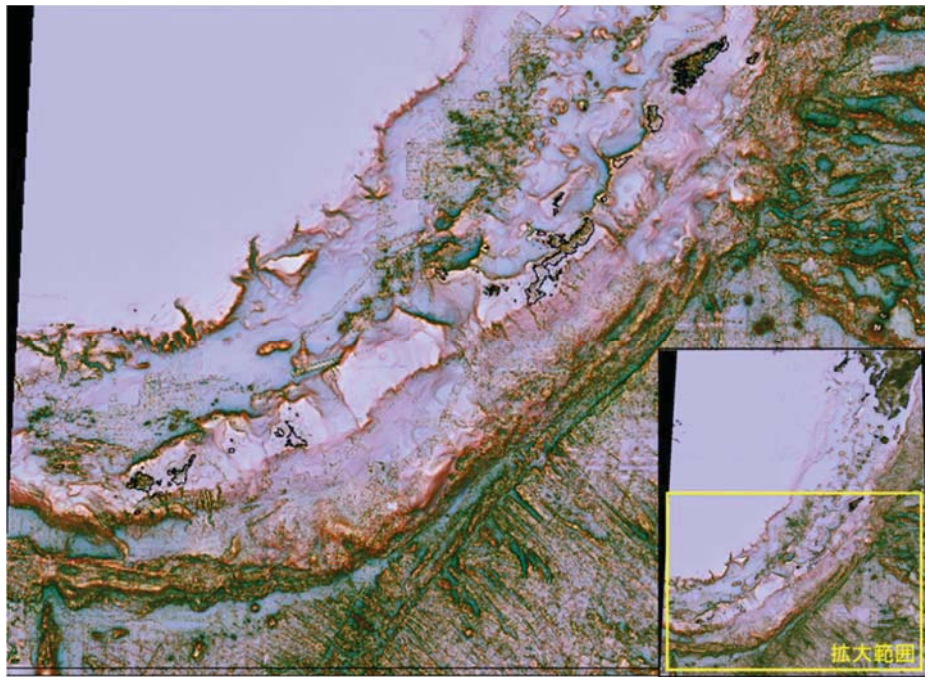


図 44 赤色立体地形図

海底地形データを赤色立体地図の手法で表示したものを図 44 に示す。この手法は斜度をグレースケールで表し、崖や谷などの地形の起伏を明暗で識別できるようにしたもので、平面的に見ても地形が容易に判読できる。陰影図という手法もあるが、方向依存性が高く、地形が読み取れないこともあるため、斜度によって地形を判読できる赤色立体地図はより適当な手法であると考えられる。これにより反射記録断面で解釈した断層の微小な変位も平面図上で認識でき、断層の空間的な広がりが特定できる。ただし、太平洋側に比べ東シナ海側は精密データが細切れで、利用できない場所が広範囲に存在する。

図 45 は八重山海底地溝を形成する正断層の 1 つを解釈した例である。赤色立体地図では八重山海底地溝では断層が雁行状、または階段状に発達する地形が詳細に現れているのがわかる。反射記録断面で特定したグラーベン底を縁取る断層は青色と水色の断層である。これらの断層は中央海丘より西側では 3 測線で解釈でき、実際に解釈した断層の位置と地形判読から断層形状が特定できる。しかし、中央海丘より東側へは反射法データがないため実際の断層位置は特定できない。この場合は解釈断層の海底面の変位などの地形の連続性を判読し断層の延長を決定した。このように断層形状を決定するためには詳細な地形データは不可欠である。

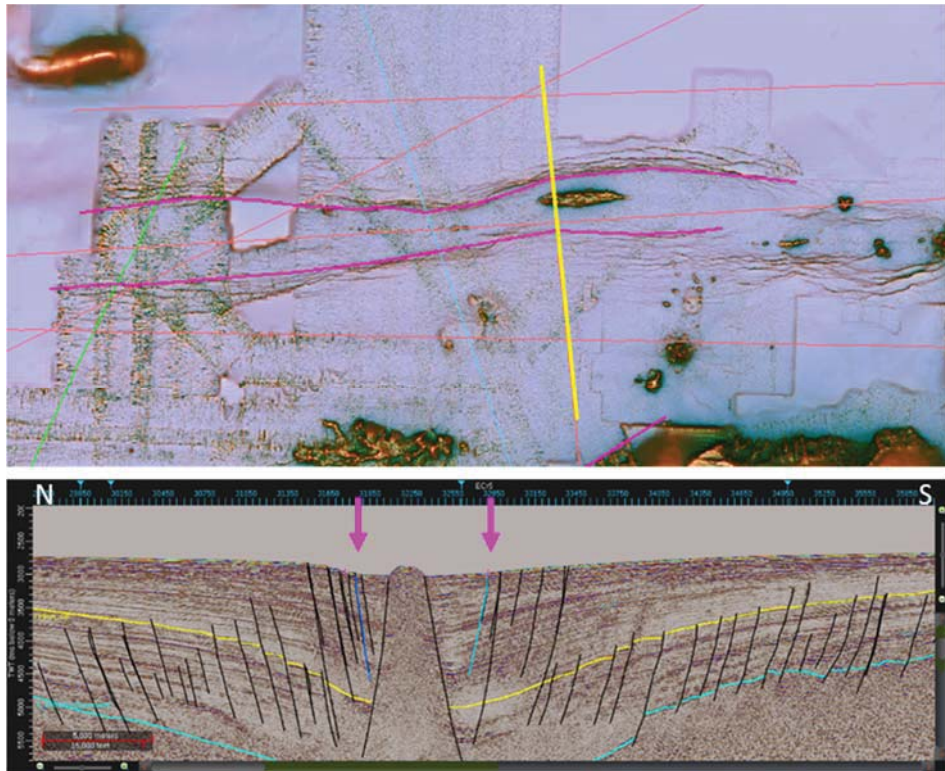


図 45 赤色立体地図による断層解釈の例

vi) 海域別の特徴

断層解釈を行うにあたり、琉球弧全体、とりわけフィリピン海プレートが沈み込む琉球海溝とリフト形成がみられる背弧海盆の沖縄トラフにおける応力場を理解する必要がある。Terakawa and Matsu'ura (2010) による応力パターン（図 46）によると、沈み込むフィリピン海プレートでは北西－南東方向に張力軸を持つ正断層型が優勢で、海溝付近の前弧側の付加体では、北西－南東方向に圧力軸を持つ逆断層型と横ずれ断層型や同方向に張力軸を持つ正断層型が混在している。島弧では北西－南東方向に圧力軸を持つ逆断層型と横ずれ断層型が優勢で、北東－南西方向に張力軸を持つ正断層の領域も存在する。沖縄トラフでは沖縄島を北限とした領域で北北東－南南西から北－南方向に張力軸を持つ正断層型が優勢で、沖縄島より北の領域では東北東－西南西から東－西方向の圧力軸を持つ横ずれ断層型が優勢となっている。このような応力パターンを理解した上で、図 47 に示す気象庁震源データの 2000 年～2014 年の 15 年間で発生した地震のうち、深度 5 km 以浅の震源情報を参考にして、地震活動と整合する断層解釈を行った。

図 48 に南西諸島北部海域の断層分布を示す。海溝側は沈み込むフィリピン海プレートによる圧縮の応力場の影響で逆断層が付加体や前弧海盆内に発達している。島弧では島弧軸に垂直方向の正断層が発達している。沖縄トラフ側はリフティング活動と思われる正断層が雁行状に発達している。

以下、各海域別に解釈結果を説明する。

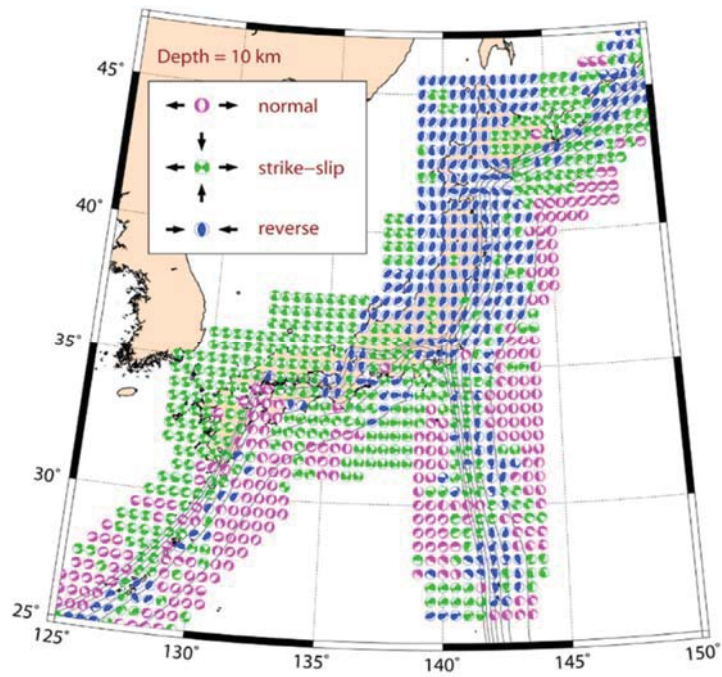


図 46 CMT 解析による応力パターン (Terakawa and Matsu'ura, 2010)

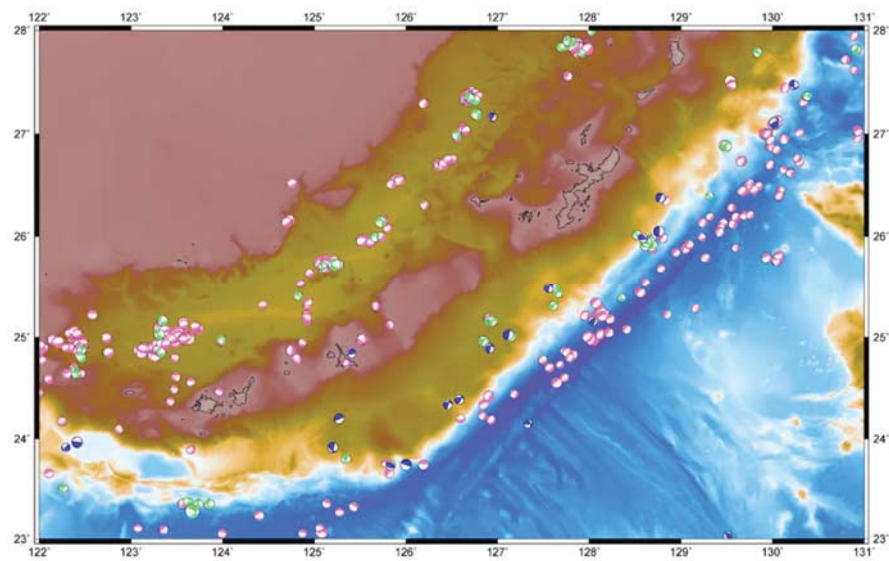


図 47 南西諸島海域の地震分布 (2000 年－2014 年の 15 年間で発生した地震のうち、深度 5 km 以浅の震源情報を抽出した。発震機構は Terakawa and Matsu'ura (2010) と比較し、応力場を把握した。)

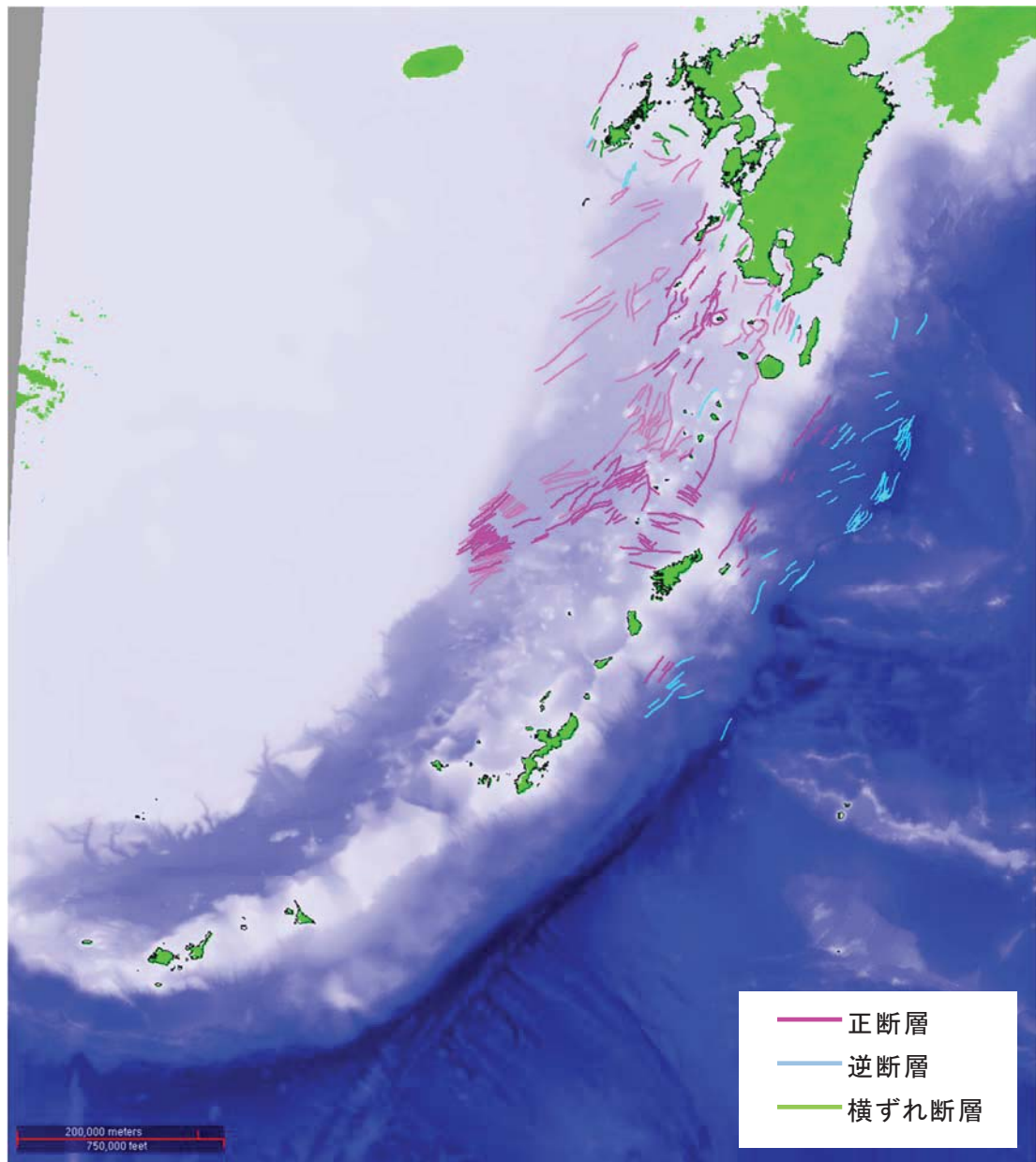


図 48 九州西部～南西諸島海域の断層分布

① 長崎県西方海域

長崎県の海域は対馬・壱岐周辺までの九州北部及び西部海域の大部分を占めるが、五島列島を挟んで朝鮮半島との間に横たわる対馬海峡と長崎半島側の五島灘に分かれる。対馬・壱岐海域は平成 26 年度に実施しているので、今回は五島列島周辺に対してスタディを実施した。五島列島と済州島の間には、古第三紀層で埋積された福江沖堆積盆地が存在し、日本側で 4 坑、韓国側で 2 坑の試掘が実施され、4,000 m 以上の堆積層が確認されている。古第三紀層の一部は石炭層を挟み九州北部・西部の挟炭層に対比されている。堆積盆地の東側は落差の大きい正断層で境界分けされ、西方は、対馬沖を参考にすれば、済州島方面に向かい徐々に厚さを減じていくものと考えられる。本堆積盆地では古第三紀層堆積後、激しい構造運動に見舞われ、多数の褶曲構造や断層が発達したが、その後沈静化し、中新世に

削剥平坦化された後、中新世後期ないし鮮新世以降の地層が不整合に堆積した。調査が密に実施されたメインの堆積盆地では、古第三紀層堆積後の激しい構造運動による多数の断層が確認されたが（図 49）、鮮新世以降はほとんど動いていないことが判明した。一方、五島列島寄りに細長く伸びるグラーベンは、その西縁を画する断層の内側の地層が下へ撓曲し、現在も活発に沈降していることを示している。

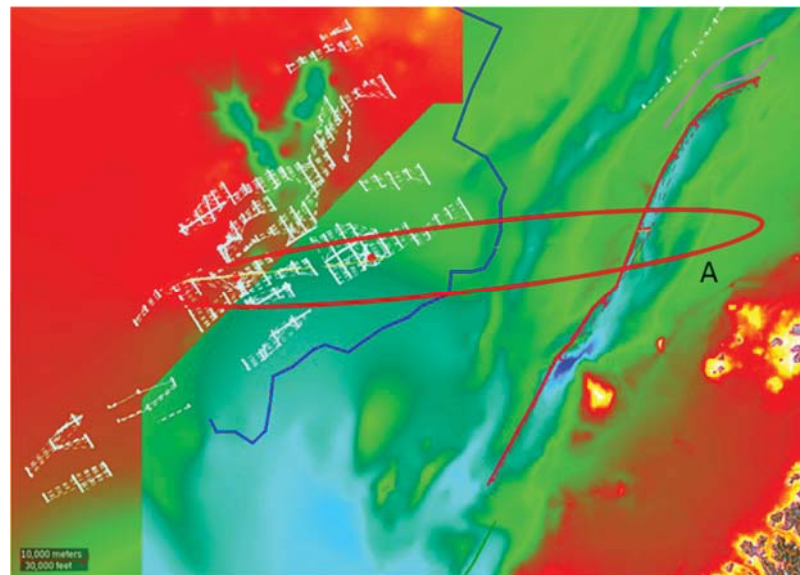


図 49 五島列島沖断層分布図（中央付近の青のラインはメインの堆積盆地東端を、赤で囲まれたエリアは図 50 の位置を、白のハッチエリアは古第三紀層内の断層面を、赤い点は坑井位置を示す。）

図 50 に五島列島沖を東西に切る反射記録断面を示す。中央より右側の基盤高を挟んで西側に、古第三紀層を主とする堆積盆地が発達している。黄色の不整合面より下位は、激しく褶曲し断層の多くもここで止まっていることから、現在は平穏な海域と考えられる。東の堆積盆地は細長く伸びており、地層が褶曲していることや海底地形に顕著な落差があることから、現在も活動している可能性が高い。この断層の南北にも数本の断層を確認したが、小さなものである。図 50 に示された赤い矢印は坑井位置を示し、矢印の長さは時間断面図上での掘削深度を表している。

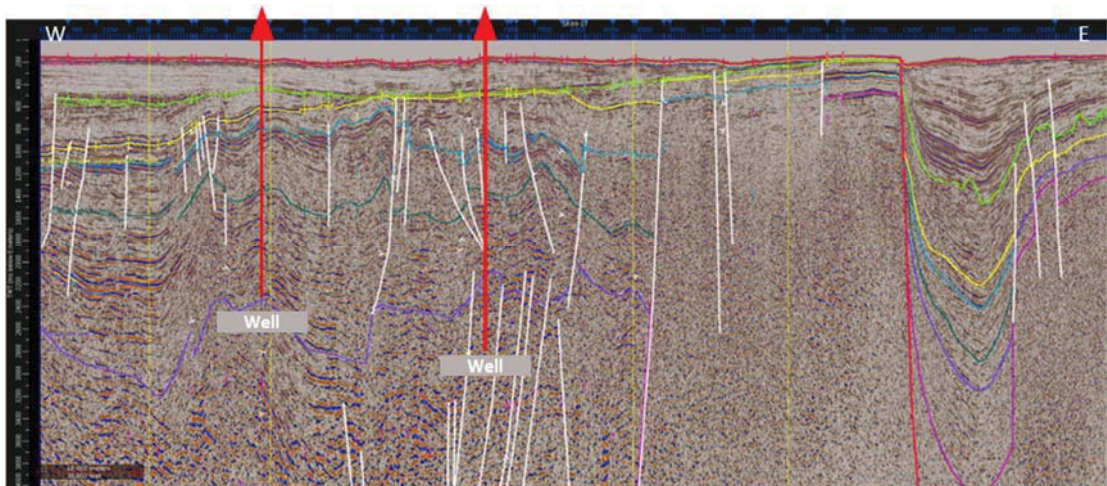


図 50 五島列島沖反射記録断面図

②五島灘・天草灘

五島列島と天草諸島の上に位置する五島灘や天草灘は、沖縄トラフと大陸地殻の間に位置し、南に開いた形状をしている（図 51）。また、中央付近には長崎半島の延長である長崎海脚は、五島列島と並行して伸びて地質構造の伸長方向と一致している。長崎半島や西彼杵半島及び一部の島は、主に白亜紀の三波川変成岩より成り、一部中新世の火山岩類に覆われているが、長崎半島の先端には更に古い三畳紀～ジュラ紀の三郡一周防変成岩類が露出している。天草諸島下島では、後期白亜紀の海成層の上に石炭層を挟在している古第三紀層が発達し、山地を形成している。長崎半島北の高島周辺にも、古第三紀層が発達しており、白亜紀末期のリフト運動によって形成されたグラーベンに厚い挟炭層が形成された。五島列島は、新第三紀堆積岩類及び深成岩類、第四紀火山岩類より成るが、東に隣接する江島や相ノ島は、前期白亜紀の火山岩や堆積岩なので、五島列島は第四紀になって隆起したものと考えられる。

Well-1 は 1,494 m の不整合を挟んで、上位は鮮新世及び厚い第四紀層が発達する比較的新しい堆積盆地であった。2,137 m の不整合まで挟炭層を含む古第三紀層が発達し、それ以深 3,041 m (TD) までは、主に深成岩及び火山岩からなる基盤からなっている。天草諸島下島本渡港南西に掘削された Well-2 は、古第三紀層が地表から 1,391m まで続き、以下掘止の 2,807 m まで白亜紀層が続いた。下島では海岸沿いに白亜紀層が露出しており、第四紀層の発達する天草灘とは大きな構造ギャップが想定される。

このように五島灘・天草灘では、古第三紀層を堆積したリフト運動の後、沖縄トラフの拡大に伴う急激な沈降が起こったものと考えられる。五島灘を東西に走る反射記録断面図（図 52）を見ると、地形凹地付近の堆積物は厚くなく、必ずしも堆積盆中心と一致していないので、地形による解析には注意が必要である。また、この海域の特徴として五島列島の南、肥前島及び男女群島の間に有明海ク拉斯の窪地「福江海盆」がある。

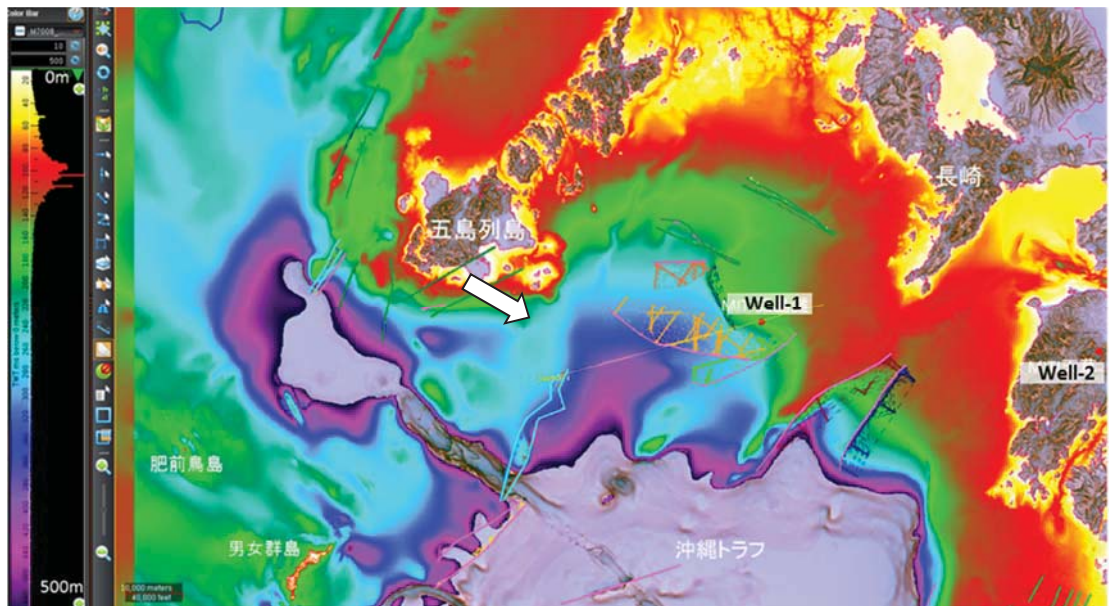


図 51 五島灘周辺の海底地形図（白矢印：五島列島の東、水深 200m 付近に見えるチャネルは地震探査が少なくはっきり確認できない。）

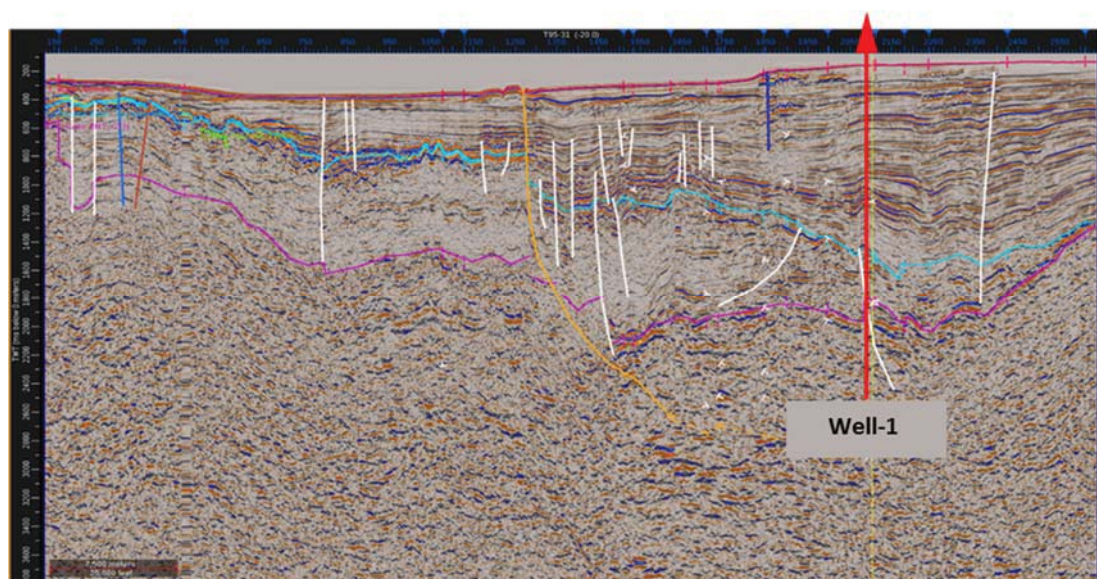


図 52 Well-1 を通る反射記録断面図（矢印は坑井位置を示す）

五島灘では福江島から東に伸びる基盤高の北側に北落ち正断層が発達し、五島灘堆積盆地の南を規制している。堆積盆地の中には、海底まで延びていない断層は多数存在するが、活断層の可能性のある断層は、中北部に見られる北北西－南南東方向の横ずれ断層と思われるものである。また、中央西南には地形にも表れる垂直に近い断層が見られるが、断層の対比は困難であった。

天草灘では、長崎半島延長の長崎海脚南を規制する北東－南西方向の南東落ち正断層と、堆積盆地中央付近の南東落ち正断層を確認した。

③ 甑島列島

鹿児島県西方海域では、甑島列島から南に宇治群島、草垣群島の海丘が南に向かい雁行して存在する（図 53）。これより西側は、比較的平坦な沖縄トラフの舟底構造を示す。

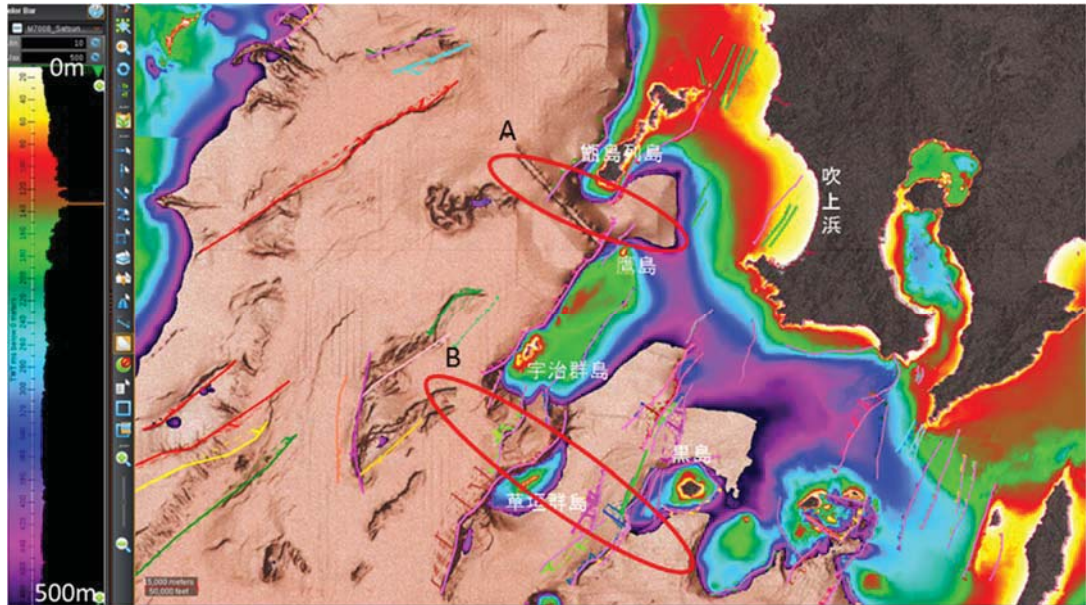


図 53 甑島列島周辺の海底地形と断層分布（赤線と緑線はそれぞれ、正断層と横ずれ断層を示す。）

甑島列島は、白亜紀から古第三紀始新世の堆積岩層と、新第三紀にそれらに併入した深成岩よりなり、大陸地殻の一部と思われる。宇治・草垣群島も同様に大陸地殻の一部と思われる。宇治群島以北には MCS の測線が全くないので、SCS を使って解釈を実施した。甑島列島の西を規制する断層は、沖縄トラフと大陸地殻を分ける断層で、急斜面沿いに天草諸島下島方面に向かうが、測線が無く追跡できない。東側の断層の東側が沈降し、特に南部は基盤が西に傾斜しハーフグラabenを形成し、窪地を新規堆積物が楔形に埋積している。甑島列島はリフト期に西側は大きく割れたが、東側はわずかに割れただけで、ホルスト状に残ったものと考えられる（図 54）。

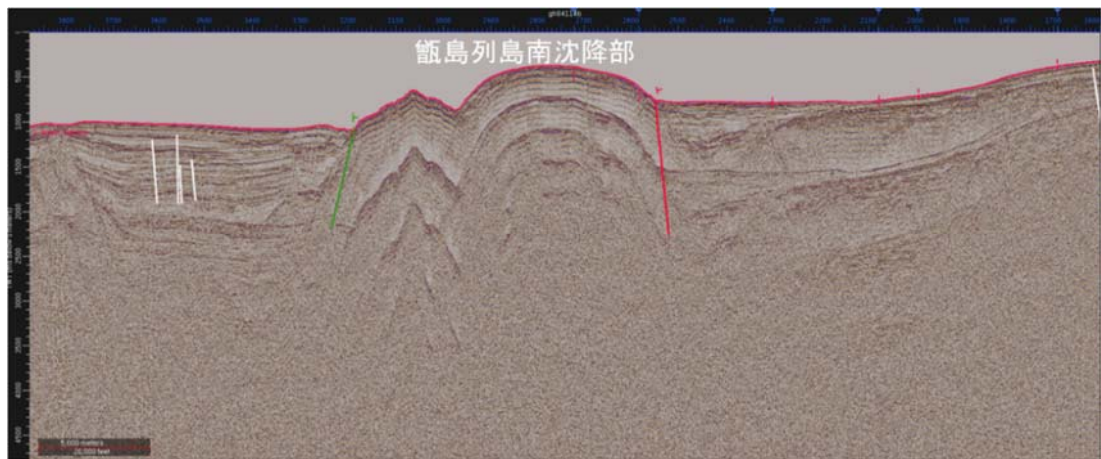


図 54 甬島列島南沈降部の SCS 反射記録断面図（図 53 赤枠 A 領域の測線）（赤線と白線はそれぞれ、特定した断層と海底まで延びていない断層を示す。）

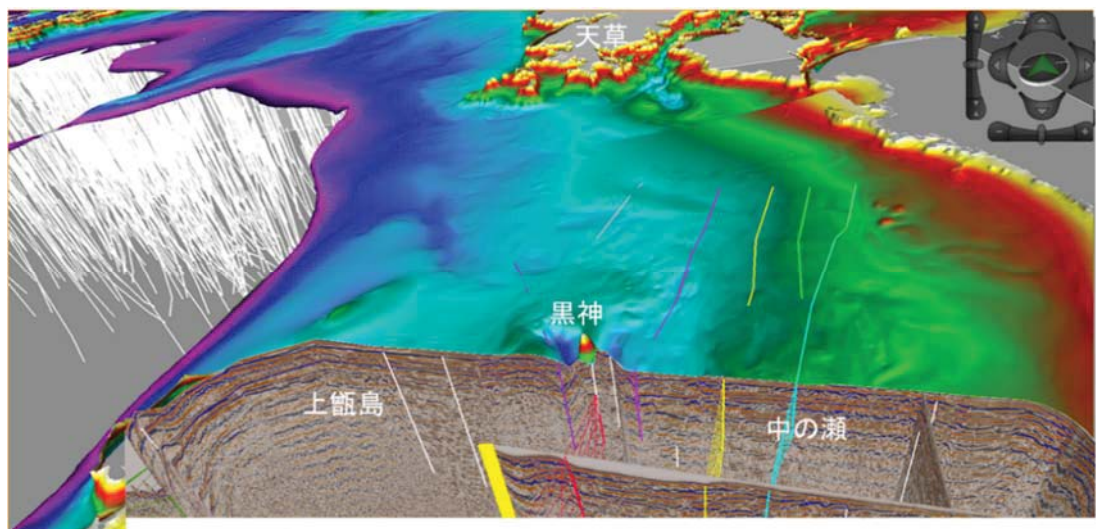


図 55 甬島列島北部の鳥瞰図

④甬海峡周辺

甬島列島北部の甬海峡周辺には、新しい堆積物はほとんど見られず海底も平坦なため、断層の同定には難しいものがある（図 55）。図 56 に示すように、甬島列島南部で西に開いた海盆の淵には海底崖がみられるが、堆積構造から海面低下時の砂州の先端と考えられる。

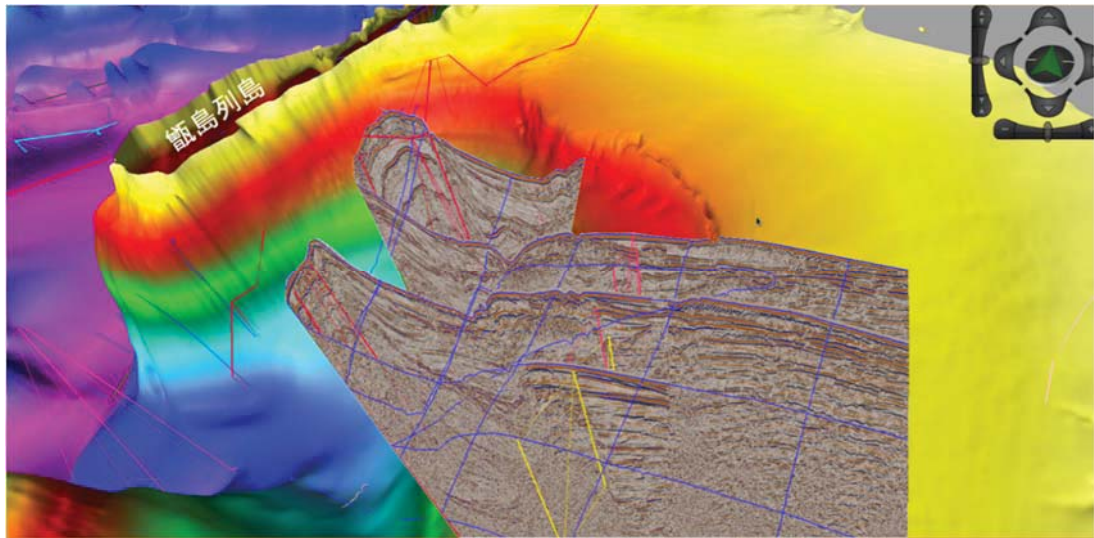


図 56 鰐島列島東方海域に見られる海底崖

⑤宇治群島

鰐島列島南に雁行状に続く宇治群島は、後期白亜紀の堆積岩の上に新第三紀後期の火山岩類が噴出したものである。宇治群島以南の雁行配列周辺の断層は、地層が東に傾動し、ハーフグラバーベンをいくつも形成している。南に行くに従い、リフティングが激しかった影響と考えられる（図 57）。鰐島列島や海丘群の雁行の原因メカニズムは不明である。

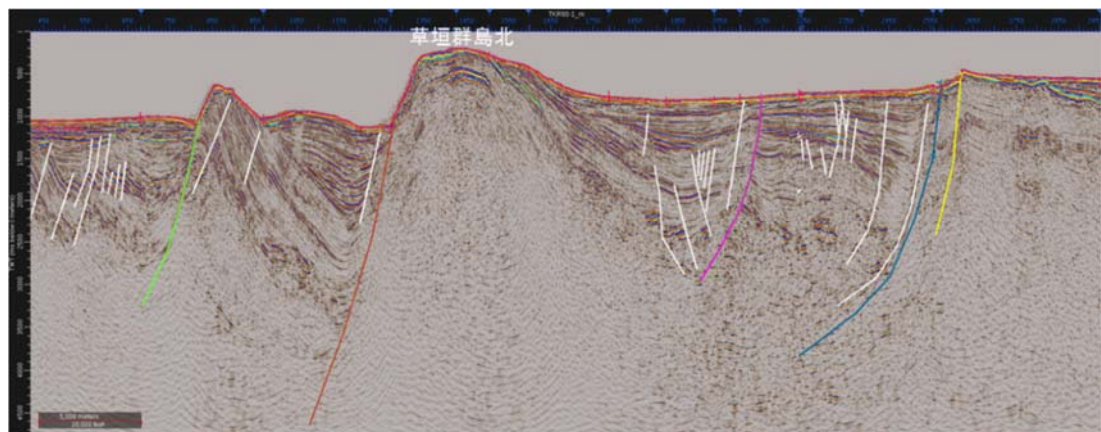


図 57 草垣群島北を通る MCS 反射記録断面図（図 53 赤枠 B 領域の測線）

鰐島列島東側の東落ち正断層と、狭い海峡を挟んで相対する南の宇治海丘の断層は、西落ち正断層である。これは鰐島列島がホルスト・グラバーベンを形成したのに対し、宇治海丘は傾動して西側が隆起したからであり、宇治海丘西の西落ち正断層は、鰐島列島の東落ち正断層の東に収束する（図 58）。鰐島列島は南方へ沈降し、宇治海丘がその東に隆起した。

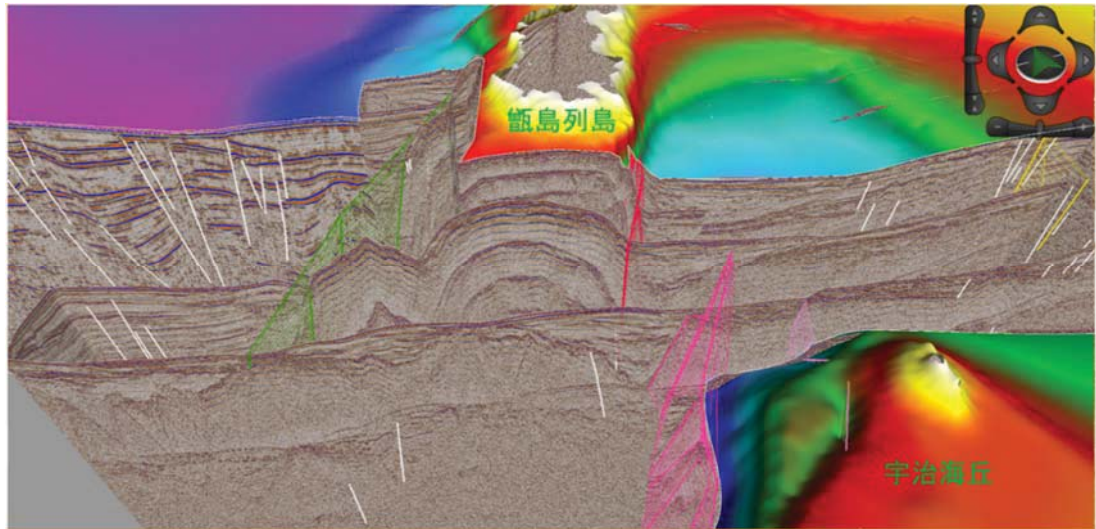


図 58 飜島列島と宇治海丘の断層関係を示す鳥瞰図

⑥宇治群島

宇治群島の東側、薩摩半島と硫黄島までの間は、比較的平坦な海底面を示す（図 59）。宇治群島の南には、雁行して草垣海丘が伸び黒島との間に、南南西に延びる海盆が発達する。この海盆は草垣海丘が東に傾動し、黒島の乗る基盤西側の断層との間に新生代の地層を厚く堆積したものであるが、北北西に延びる中部沖縄トラフの延長と考えられる。

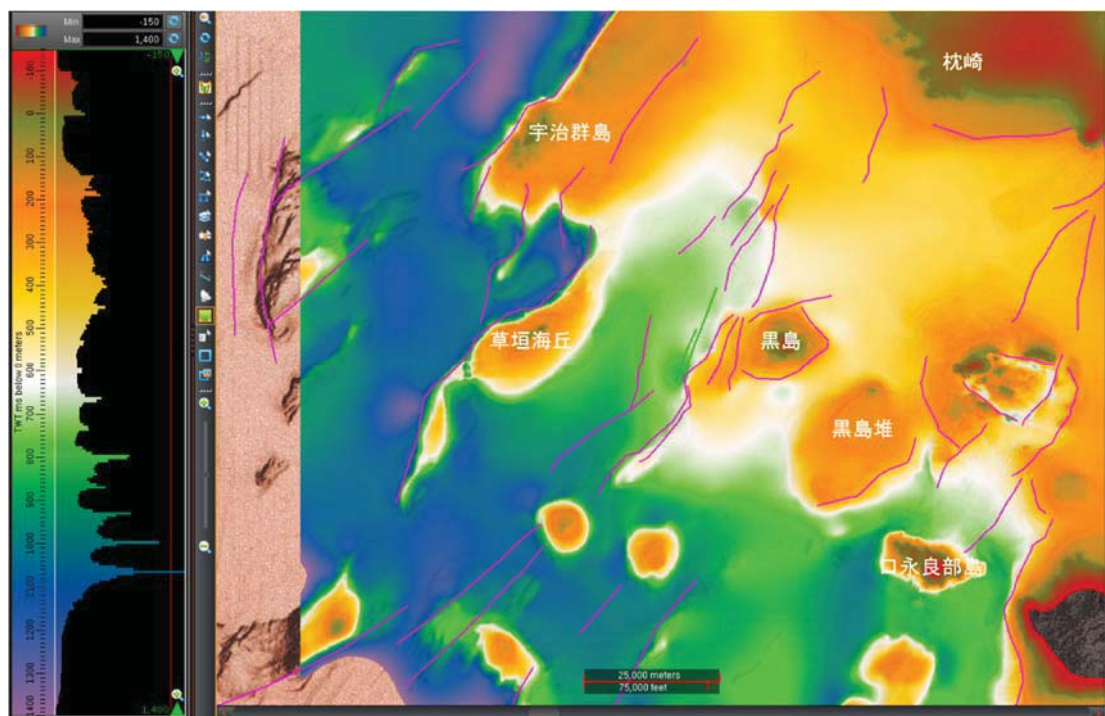


図 59 薩摩半島南西方の水深カラーコンターマップ

⑦草垣海丘・黒島

黒島が乗る堆は基盤が大きく東傾動したもので、草垣海丘との間に延びる中部沖縄トラフ北部の一部と、九州大陸棚を分ける正断層（図 60）である。草垣海丘との間のトラフの中央には大きな背斜構造が存在し、背斜形成に伴ってできたと思われる断層が発達する。背斜は、堆積層の下に併入した火成岩に押し上げられて形成したものと考えられる。黒島は傾動した基盤の後方にできた前期更新世の火山島だが、周囲を取り囲む断層によって隆起している。

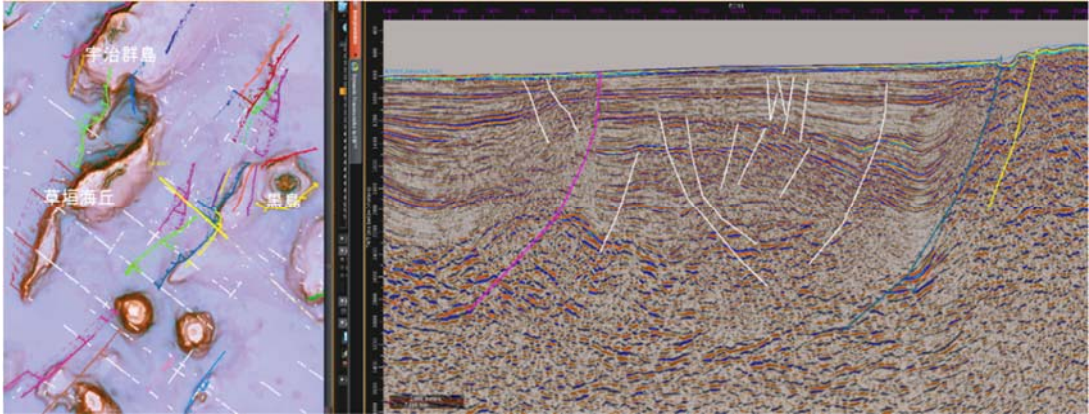


図 60 草垣海丘と黒島の間に発達する海底堆積盆地反射記録断面図

⑧大隅諸島

鹿児島と屋久島・種子島・黒島に囲まれた大隅諸島海域は、九州から続く大陸地殻が広がる地域である。この大陸地殻は、屋久島の南に 100 km 程南のトカラギャップ手前の種子・屋久海脚まで、舌状に伸びている。この大陸地殻地域は、鬼界カルデラを除き比較的平坦な海底である（図 61）が、屋久島と種子島の間から幅広い凹地が北西に向けて水深を増している。それを削るように薩摩半島の南では、開聞岳を要として西南西に扇形に低地が広がり、開聞岳から流出したと思われる溶岩流が、その頂部付近の一部を覆っている（図 62）。

薩摩半島は白亜紀の付加帯が山地を形成し、その低地を後期更新世～完新世の火山岩類が埋めている。佐多岬や屋久島の周囲、種子島は始新世～前期中新世の四万十層群付加帯よりなり、大隅半島や屋久島では中～後期中新世の花崗岩類が併入し、険しい山地を形成している。種子島周辺などの水深の浅い地域は、基盤岩が露出しているが、前述の低地には新規堆積物がかなり厚く（最大 2,000 m 程度）堆積して海底をなだらかにしている。

開聞岳西南西の低地は、開聞岳から西と南に延びる断層により境される（図 61）。西方へ伸びる断層は、陸棚に沿いほぼ東西に延びる南落ち正断層であるが、南に伸びる断層は、大きく南西に向きを変えている。これは中部沖縄トラフ北方延長による影響とも考えられる。

開聞岳－薩摩硫黄島と種子島の間には、種子島と走向を一にする断層が多数同定された。主に正断層であるが、佐多岬の延長や馬毛島西の断層は逆断層と考えられる。海底地形への影響は顕著ではないので活動度は低いと考えられる。

種子島陸上には、北西－南東方向のリニアメントが顕著で、北部の一本は活断層とされているが、海底への延長は確認できなかった。

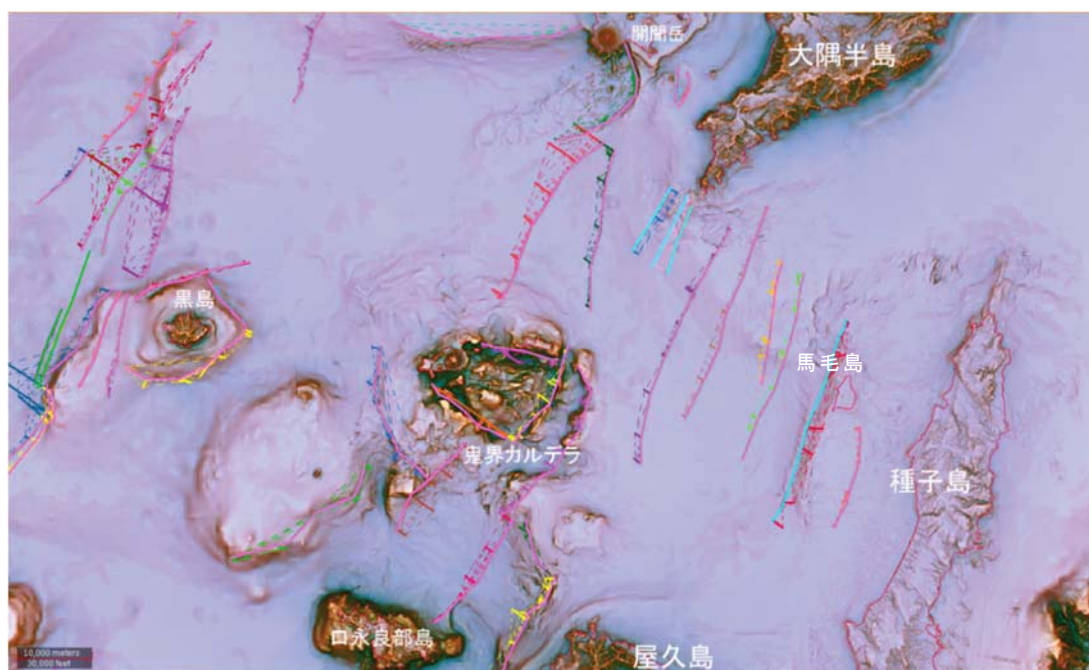


図 61 大隅諸島海域の断層分布

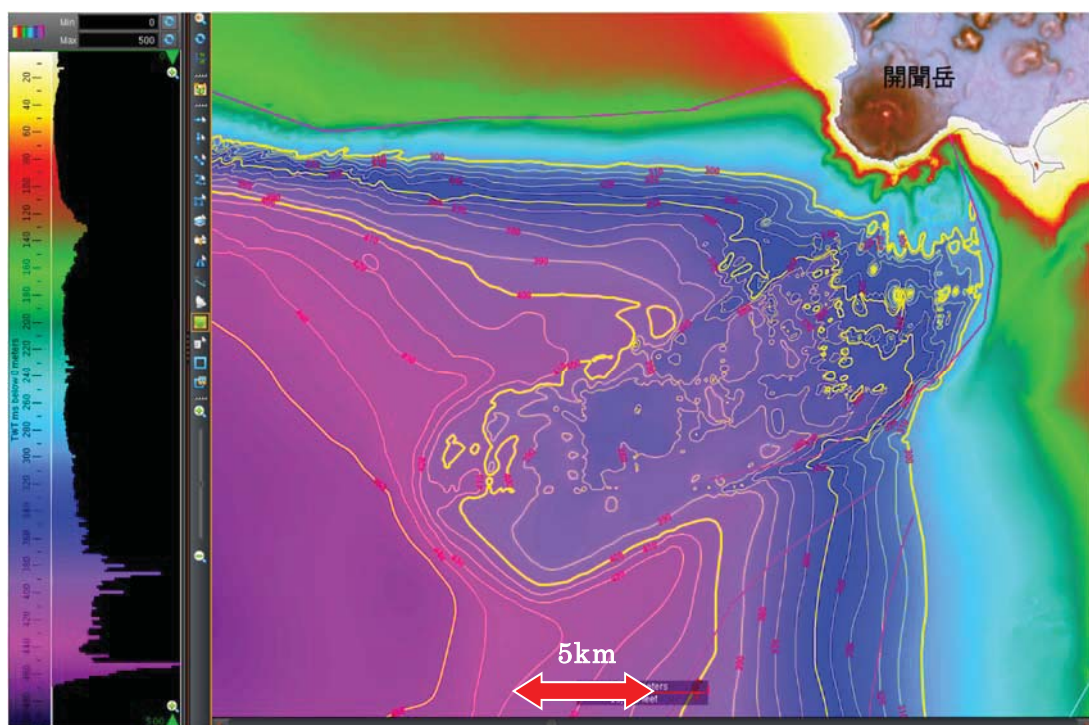


図 62 開聞岳から流出した溶岩流（コンター図で見ると溶岩流の範囲が明瞭にわかる。溶岩流の長さは約 20 km、幅は約 8 kmである。）

佐多岬延長部には半島の隆起に伴う逆断層の発達が見られるが、東西に向かっては南北方向に伸びるロールオーバー型の西落ち正断層が卓越している。反射記録断面では明瞭に見えるが、海底地形の変位はわずかな場合が多い。

種子島とその西側に位置する馬毛島は、古第三紀四万十層群よりなり、馬毛島の西の逆断層（図 61）により隆起している。種子島との間は窪んでおり、新規堆積物が充填している。種子島の西側にも逆断層が推定されるが、測線が足りず推定の域を出ない。種子島東方 20 km 付近から大陸棚斜面となり、沖縄海溝に向かい急激に深くなる。

鬼界カルデラは大隅諸島の中央付近に位置し、活火山の薩摩硫黄島と外輪山の一部と思われる竹島が海上に顔を出しているのみである。カルデラは方形をしていてカルデラ形成時の断層が 3 本確認できたが、西部の断層は硫黄島の噴出物に隠されていて確認できなかった。東部は二重カルデラの様相を呈する。外輪山南東部の一部が崩壊している様子が見られる（図 63）。

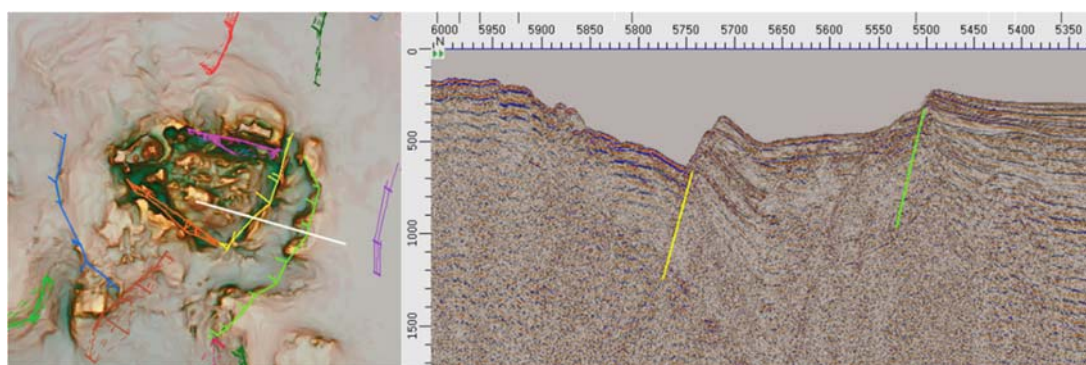


図 63 鬼界カルデラの立体赤色地図と反射記録断面

屋久島は古第三紀四万十層群中に中新世の花崗岩が貫入した島で、100 km 以上南のトカラギャップまで幅 50 km 程の大陸地殻からなる種子・屋久海脚が続き、その東は琉球海溝に向かい急激に深度を増している（図 64）。島の西側は断層により沖縄トラフ東部の堆積層と接している。この断層は正断層としたが、馬毛島を隆起させた断層のように種子・屋久海脚を隆起させた逆断層の可能性もある。いずれにせよ長大な断層であり、正逆複数の断層が混在している可能性もあるので、解像度の高い地震探査を実施する必要がある。

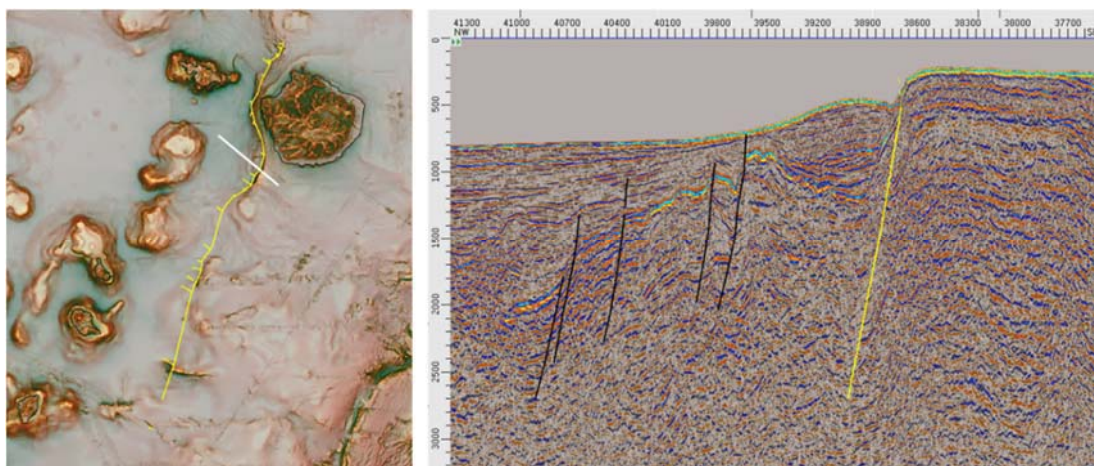


図 64 種子・屋久海脚の立体赤色地図と反射記録断面

⑨トカラ列島東堆積盆

種子・屋久海脚の南は、30 km程のトカラギャップを挟み奄美諸島の北延長の奄美海脚へと繋がる。奄美大島は、西側が古く東に新しくなる主に中生代の付加帯よりなる基盤岩より成り、西側が断層で隆起し、西側のトカラ列島との間に新生代の堆積盆地を形成する。奄美大島西方は、奄西海盆などと呼ばれているが、北側の諏訪之瀬島～宝島東方をトカラ列島東堆積盆と仮に呼ぶ。ギャップを完全にカバーする反射法地震探査測線（以下、「反射法測線」）はないが、その一部を見るとトカラギャップにも基盤岩の存在が暗示され、島弧の内側に新生代の堆積物が堆積したものと考えられる（図 65）。堆積盆東部には、列島に並行するようにチャネルの発達が見られる。海底面は現在、太平洋に向かい傾いているがチャネル形成時はほぼ水平であり、その後、トカラギャップが沈降したものと考えられる。

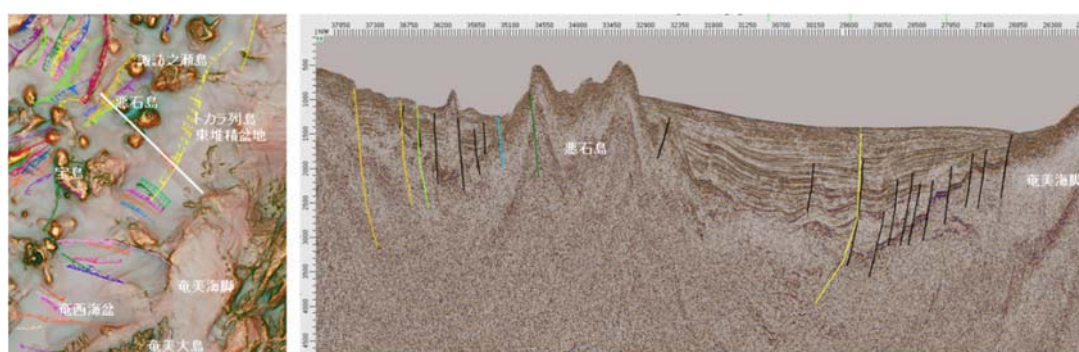


図 65 トカラ列島東堆積盆を横切る反射記録断面

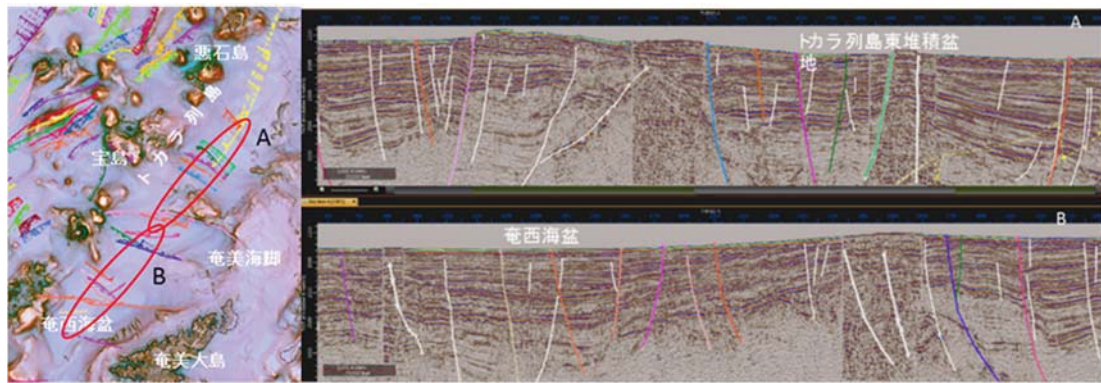


図 66 トカラ列島東堆積盆と奄西海盆を縦断する反射記録断面（A は北部のトカラ列島東堆積盆、B は南部の奄西海盆を切る反射記録断面）

トカラ列島と奄美・屋久島の間のトカラ列島東堆積盆地を切る断層は、長軸に直交する東西方向の断層が卓越している特徴がある（図 66）。確認された島弧方向に延びる断層は北部の一本だけであり、他地域との大きな違いとなっている。この断層は、東西の断層と一部交錯しているが、測線密度及び海底地形図が粗いため関係は分からない。

⑩ 沖縄トラフ中・北部海域

沖縄トラフは、水深 2,000 m～3,000 m と深い沖縄本島西方以南と、2,000 m 以下がほとんどの北部に分けられる。北部は更に屋久島の西方で、1,000 m より深い中部と浅い北部に分かれる。北部は比較的平坦な舟状海盆で、五島灘・天草灘付近で消滅し、中部とは草垣海丘から南西に点在する堆の列で分けられる。中部は西部の大陸棚東縁に広がる比較的平坦な舟状海盆と、トカラ列島に代表され、沖縄本島西方まで続く凹凸の激しい東部の火山地帯に分かれる。火山地帯では火山岩の貫入が激しく、断層を追跡していても貫入岩体に突き当たり追跡できなくなる場合が多々ある。溶岩の貫入は弱線に沿って行われる場合が多いため、断層として延ばすことも可能だが、反射記録上に明瞭な断層が見られない場合はそれ以上の伸延は行わなかった。底が平らな舟状海盆は、南西諸島西方沖 150 km～200 km にあり、東シナ海大陸棚縁辺に沿って北北東－南南西方向に伸びている。火山岩の貫入が少なく平坦である。呼称については、沖縄沖については沖縄舟状海盆と呼ばれているので、その延長として沖縄舟状海盆中・北部と呼ぶことにする。

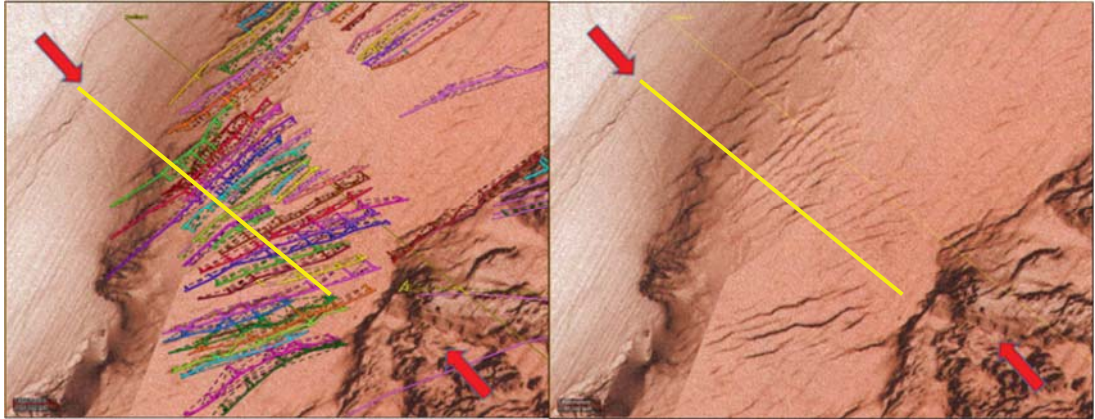


図 67 奄美大島西方沖縄トラフ西部の海底地形（右）と重ねた断層分布（左）

舟状海盆中・北部における断層方向は、南部と同様に北東－南西で、列島や海盆の方向とは若干斜行している。これは東シナ海大陸棚縁辺全域で見られる。

奄美大島西方海域の舟状海盆中部には、古いがかなりの数の反射法データがあり、更に、海底地形図も周辺に比べ詳細であったので、地形的特徴のトレースを進めることができた。しかし、海底地形図の微妙な欠如等により完璧な追跡ができたとは言えない。図 67 に海底地形図と摘出した断層を重ねた図を示す。陰影図は図の左上約半分が北西光源であり、右下半分は南東光源のものを合成して使用した。これは断層の落ちの方向がこの辺りで変化し、影ができる光源の方向を変えることで陰影の強調を一枚で示せるようにしたためである。

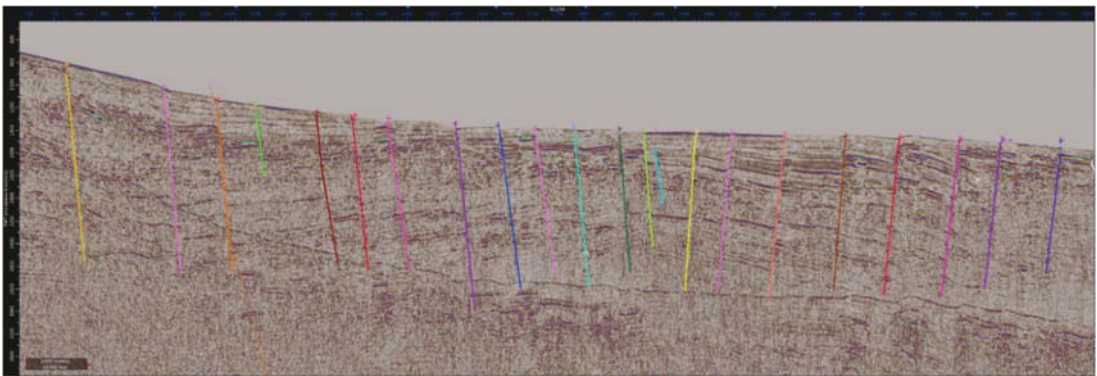


図 68 奄美大島西方沖縄トラフ西部の反射記録断面
(断面は図 67 の黄色線に位置する。)

図 68 は図 67 の黄色線で示した反射記録断面である。図中央右の水色と黄色の間で断層の落ち方向が変わっている。これはこの辺りを中心に隆起したため上位層が伸び、隙間を埋めるために中央が落ち込み、断層ができたものであり、背斜構造ではよく見られる現象である。北方で陰影図から影が急激に消えるが、反射記録断面にも海底まで延びた断層は見られず、海底地形図と整合する。図 67 で更に北に断層群が見られ、反射記録断面では落差が確認できるが、海底地形図では同方向のノイズによって消されてしまっている。更に北では南北方向のノイズが加わり、更に見づらくなっている。一方、南方には良く追跡可能で舟底から大陸斜面

に上っていく断層も確認できるが、陰影図と反射記録断面の位置合わせ等で対比が変わる可能性もある。この地域の解釈は、当初陰影図と一本の反射法測線だけで行っていたが、後に約 5 km メッシュの反射記録データが追加されたことで新たな知見が生まれた。それは背斜軸が断層の方向より南北に近く断層群と斜行していることであり、西翼に発達する東落ち正断層が南に行くにつれ東に向かって発生し、東落ち正断層の数が増えているというように構造の複雑さが明らかになった。

奄美大島の北、横当島と宝島の西方の舟状海盆でも、反射記録断面により断層の摘出が可能で、海盆東部で海底面の落差が大きい断層は陰影図で明瞭に確認できるが、特に南北方向の縦縞のノイズにより連続性を追跡することは難しい（図 69）。舟状海盆の中心に向かうにつれ海底面での落差が小さくなることもあり、海底陰影図を使った解釈は更に困難である。

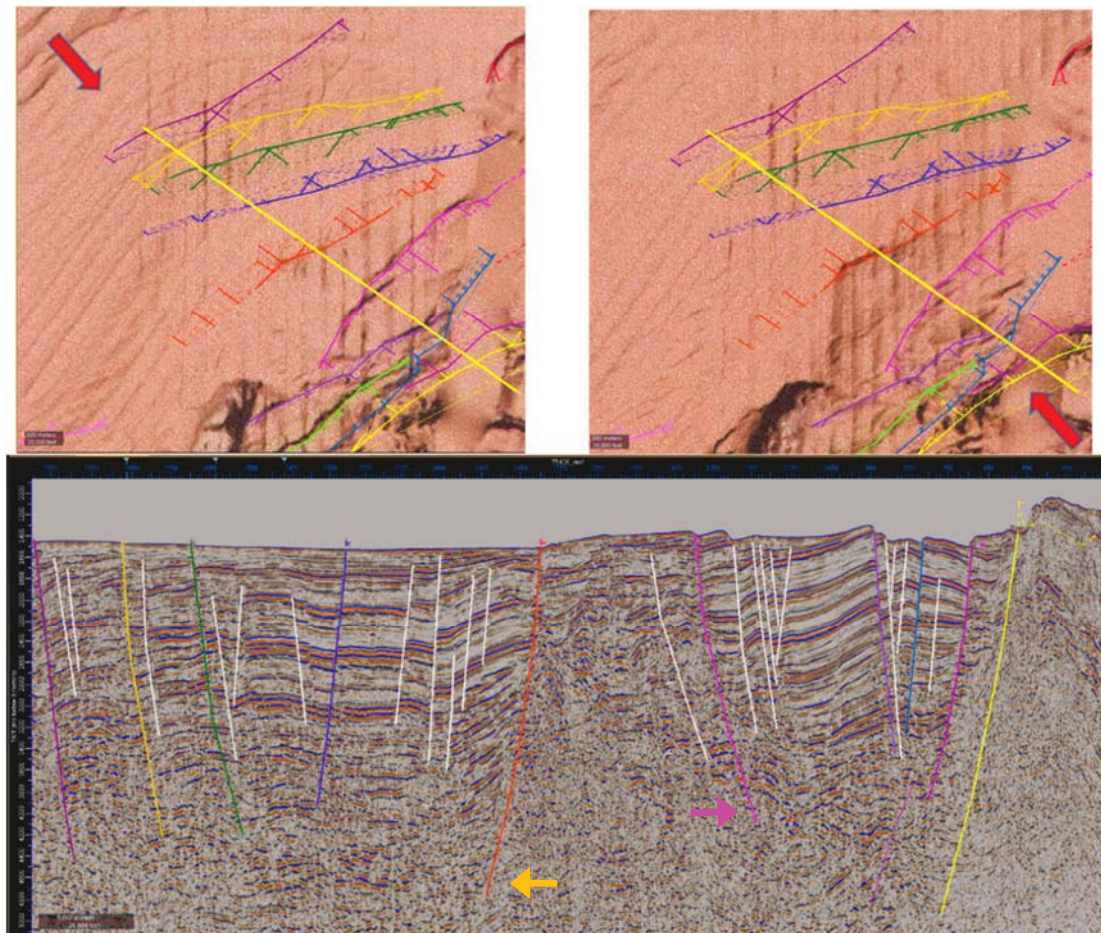


図 69 宝島～横当島西方舟状海盆内の海底陰影図と反射記録断面
（赤矢印：光源の方向。オレンジの西落ち断層（←）は南東からの光源陰影図（右上）、ピンクの東落ち断層（→）は北西からの光源陰影図（左上）から同定。）

宝島西方約 30 km 地点において 1978 年、SNSK が石油を対象とした Well-3 を掘削している（図 70）。ここは厚く堆積岩の分布する地域で、ロールオーバー型の正

断層が発達する中で逆断層によりポップアップしたとみられる、大きな背斜が地形的高まりを造っている。試掘井位置では、水深 84 m と周辺の 800 m 以上の水深に比べ極端に浅くなっている。坑井位置では鮮新世が-2,326 m まで厚く発達し、その下位に 100 m の後期中新世泥岩層と 500 m 強の凝灰岩層が出現し、更に花崗閃緑岩を 50 m 程掘削して-2,958 m で掘止めている。花崗閃緑岩の放射性年代は 70～77 百万年で、後期白亜紀のものである。この地域は断層が多数発達し、海底地形にも明瞭に影響を与えているはずだが海底地形図には余り反映されていない。

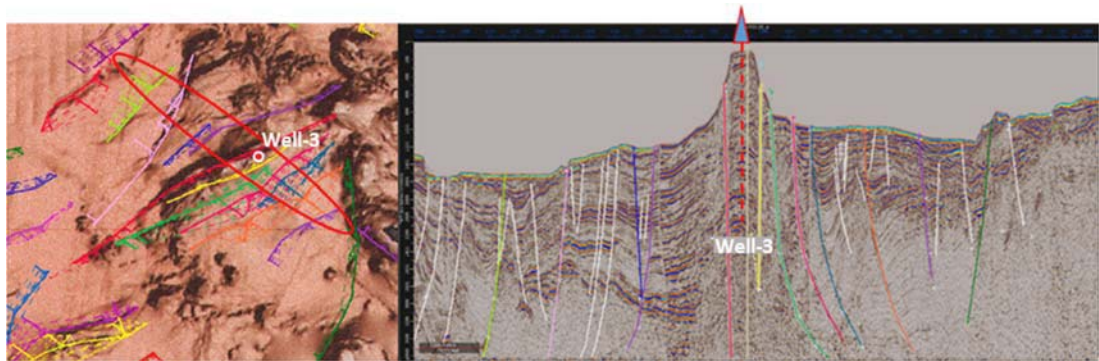


図 70 Well-3 (1978 年掘削) (赤い矢印は坑井位置を示す。)

更に北の諏訪之瀬島西方では図 71 中央に見られる沖臥蛇碓があるが、舟状海盆が再び広がりを見せ屋久島の西 120 km 位まで平坦な形状を示している。図の右端に見える南北の断層により東側が隆起し、この亜海盆の東縁をなしている。また、西方では長江の古デルタとも考えられる大陸棚の張り出しが見られる。陰影図ではここに大きな東西性の断裂らしきものが 2 本見られるが、反射記録断面が皆無で判定不能である。沖臥蛇碓は、堆積岩堆積後に火山岩が堆積層を押し上げて形成されたもので、火山岩は堆の南東極隆部に露出するだけで、それ以外は堆積岩より成る。沖臥蛇碓の隆起に伴って形成された周辺の小規模な凹地は、新規堆積物により埋積されている。沖臥蛇碓東から北に発達する断層群は、南北方向に軸を持つ数条の背斜が見られることから、背斜の形成に伴って発達した断層と考えられる。

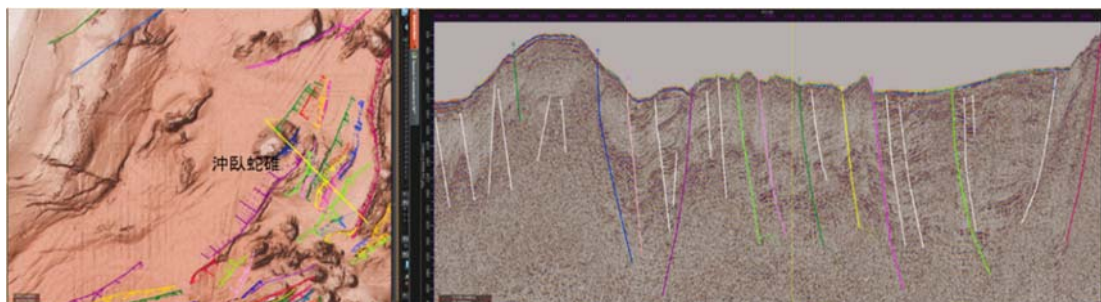


図 71 諏訪之瀬島西方海域の陰影図と反射記録断面図 (中央の高まりが沖臥蛇碓で、右端の断層は東の基盤が隆起して形成したもの。海盆内には数条の背斜が南北方向に走り、それに伴って断層が形成された。)

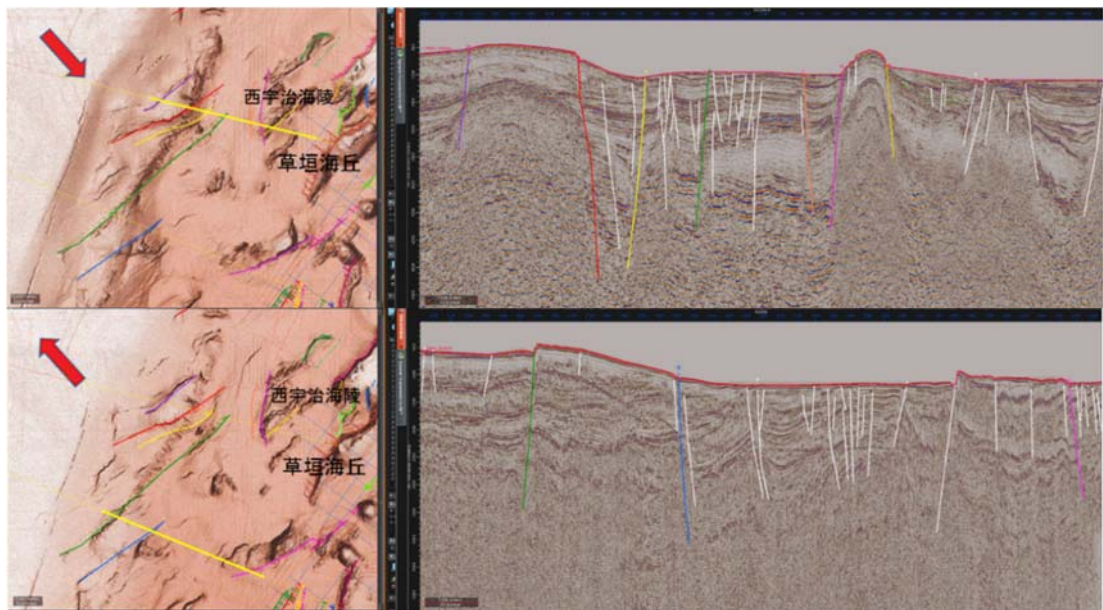


図 72 草垣群島西方海底陰影図と反射記録断面図（赤い矢印は光源の方向を示す。左上図は北西からの光源、左下図は南東からの光源による陰影図。上図の赤い断層（東落ち）は北西光源で下図の緑の断層（西落ち）は南東光源で明瞭に確認される。）

沖縄トラフ北部にあたる草垣群島西方海域では、2本の反射法測線が大陸棚の奥まで延びている。大陸棚はほとんどフラットで、1秒より浅い不整合面上に新規堆積物が薄く堆積していて、海底まで延びている断層はほとんど見あたらない。陰影図では大陸棚と大陸棚斜面の変換点に直線の窪みがはっきりと見えるが、反射記録断面ではわずかな変位が見えるだけである。大陸棚斜面では堆積物が厚みを増し、舟底では3秒ほどに厚さを増している。断層は、斜面中腹より舟底にかけて発達しているように見える。図72上（北）の10DAN-M測線では、大陸棚斜面末端地下に貫入岩体が存在し、大陸棚からの堆積物を止める役割を果たしていたように見える。これが上昇して赤と紫の断層を形成したと考える。図72下（南）の6109M測線では貫入岩は見られず、基盤がブロック状に上昇して緑と青の断層を形成したと考える。舟底では地下は激しく褶曲し、断層も発達しているが、大陸棚斜面から伸びた断層以外、海底まで延びている断層は少ない。舟底東部では貫入岩の影響もあり、海底に変形をもたらす断層が多く発達している。これら2測線の間隔は、70 kmほどあり青の断層以外は地形で延長した。大陸棚斜面の末端で南南西－北北東方向に伸びる急傾斜帯は、一本の断層では表せない破碎帯で朝鮮半島東岸から対馬・五島列島の西を通り、福江海盆で東にシフトし東シナ海大陸棚の淵を尖閣諸島付近まで延びる横ずれ断層の可能性はある。

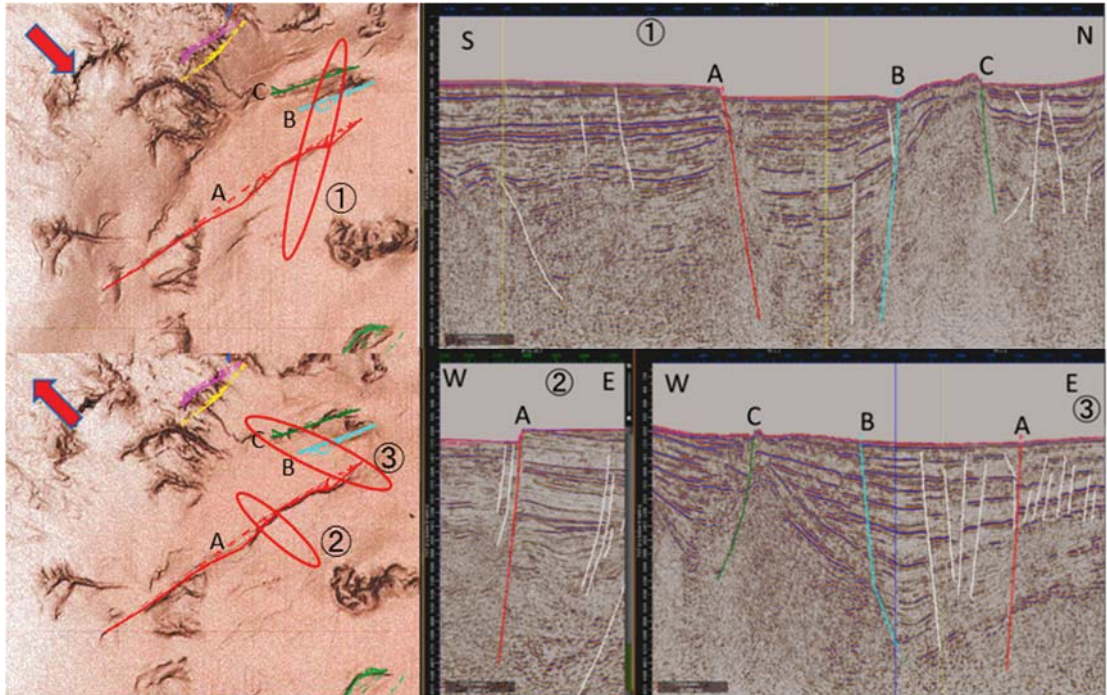


図 73 甕島列島西方沖縄トラフ最北端の海底地形陰影図と反射記録断面図（数字は測線、ABC は断層に対応している。A 及び C 断層は南東光源（下）で、B 断層は北西光源（上）で明瞭に確認される。）

沖縄トラフ最北端は甕島列島の西方に位置し、五島灘・天草灘へと浅くなっていく（図 73）。地下では激しく褶曲し、断層も多数観察されるが、海底面にまで影響を与えているものは摘出した 3 本のみである。A 断層の①、②測線での海底の落差は 100 m 以上あり、南東光源陰影図に明瞭に表れている。また、③測線では、僅かながら海底に段差が確認できた。一方、南西方向では海底地形の段差が明瞭なため、南西に大きく伸ばした。北東にも延びる可能性はあるが、地形・反射記録共に不明瞭なので伸延しなかった。

平成 28 年度の成果として解釈した断層の総数と海域別の内訳を表 10 に示す。最終的に、南西諸島北部海域で 301 個の断層を特定した。これらの各断層の特徴を記載した一覧は、以下の表 11 の通りである。

表 10 断層一覧表

海域別	総数	断層別(内訳)		
		正断層	逆断層	横ずれ断層
長崎県/熊本県沖	27	12	4	11
鹿児島県甕島列島周辺	42	28	0	14
鹿児島県薩南諸島	27	22	5	0
沖縄トラフ北部	89	86	3	0
沖縄トラフ中部	50	50	0	0
南西諸島北部 海溝側	66	19	47	0

表 11 断層一覧表

長崎県/熊本県沖断層一覧

断層名称	断層タイプ	走向	傾斜方向	長さ(km)	深さ(km)	ランク	信頼度	備考	
NGS-1	正断層	北北東-南南西	東	74	7.4	I	C	A	五島列島に並行する細長い新第三紀ハーフグラベン?の西側を境する正断層。地形的にも明確な段差が見られる。横ずれ断層の可能性あり。
NGS-2	正断層	北東-南西	西	10	2.8	I	C	A	NGS-01の北端部に並行し、ホルスト中にNGS-03との間に新第三紀小堆積盆を形成する
NGS-3	正断層	北東-南西	東	20	2.0	I	C	A	ホルスト中でNGS-02と並行し02との間に新第三紀小堆積盆を形成する。
NGS-4	横ずれ断層	北北東-南南西	西へ垂直	22	2.8	I	C	B	NGS-01のの南方延長部に位置し、ホルスト状の高まりを形成する。
NGS-5	横ずれ断層	北北東-南南西	東へ垂直	14	2.8	I	C	B	NGS-04の東に位置し、04とホルスト状の高まりを形成する。
NGS-6	逆断層	北北東-南南西	東	13	2.0	I	C	A	五島列島南西に位置する横ずれ断層。07とポジティブフラワーストラクチャーを形成する。赤色立体地図で北へ伸延
NGS-7	逆断層	北北東-南南西	西	11	1.1	I	C	A	NGS-06とポジティブフラワーストラクチャーを形成する断層で、NGS-08との間の地層は下にたまる。
NGS-8	正断層	北北東-南南西	西	10	1.8	I	C	A	NGS-07に並走する断層で、NGS-07との間の地層が下にたまる。
NGS-9	横ずれ断層	北-南	垂直	11	1.9	I	C	A	五島列島南端西沈降部にある南北に伸びる横ずれ断層。地形的凹地が見られる。
NGS-10	横ずれ断層	北-南	垂直	18	2.8	I	C	A	五島列島南に位置する横ずれ断層。赤色立体地図で北へ伸延。NGS-11との間が下にたまる。地形的には列島の西を北に向かい50km以上伸びる可能性がある。
NGS-11	横ずれ断層	北東-南西	垂直	22	2.4	I	C	A	五島列島南の東に位置する横ずれ断層。赤色立体地図で陸上を通り富江港の先まで北へ伸延。鬼岳はこの断層から噴出？
NGS-12	正断層	東北東-西南西	南	5	2.3	I	C	B	五島列島南に位置する正断層。ほぼ垂直。NGS-13との間が下にたまる。
NGS-13	横ずれ断層	北東-南西	垂直	22	1.9	I	C	A	五島列島南の東に位置する横ずれ断層。列島東を黒島に向かい北東へ伸延出来る
NGS-14	逆断層	北北東-南南西	東	31	3.3	I	C	A	五島列島南に位置する逆断層。15断層とポップアップ岩体を挟む。AW-19測線で不自然に東に曲がる。雁行状の貫入が測線の測量ミスが考えられる。
NGS-15	逆断層	北北東-南南西	西	33	3.2	I	C	A	五島列島南に位置する逆断層。14断層とポップアップ岩体を挟む。AW-19測線で不自然に東に曲がる。雁行状の貫入が測線の測量ミスが考えられる。
NGS-16	正断層	北東-南西	西	22	5.6	I	C	A	五島列島南の大規模チャネルを超えたところに位置する正断層。この付近では地形図からおびたしい数の海底河川の発達が予想される。
NGS-17	正断層	北東-南西	西	26	3.5	I	C	A	五島列島南の大規模チャネルを超えたところに位置する正断層。この付近では地形図からおびたしい数の海底河川の発達が予想される。
NGS-18	正断層	東北東-西南西	北	25	6.0	I	C	A	長崎半島南西延長部で五島灘堆積盆地の南方(東)を画する正断層。
NGS-19	正断層	西北西-東南東	北	32	5.5	I	C	A	長崎半島南西延長部、18断層の西で五島灘堆積盆地の南方(西)を画する正断層。
NGS-20	横ずれ断層	北北西-南南東	垂直	16	0.9	I	B	B	五島灘堆積盆地中央部の北北西-南南東方向の横ずれ断層。一部海底地形に明瞭だが海底地形に明らかな誤りあり(立体赤色地図)。
NGS-21	正断層	西北西-東南東	南	11	6.3	I	C	A	五島灘堆積盆地西部の正断層。海底地形図の精度が悪く西方への伸延は出来ない。
NGS-22	横ずれ断層	西北西-東南東	北	19	3.0	I	C	A	五島灘堆積盆地西部の横ずれ断層。断層東部では23と共役
NGS-23	横ずれ断層	西北西-東南東	南	20	2.6	I	C	A	五島灘堆積盆地西部の横ずれ断層。断層東部では22と共役。東半分は別断層の可能性あり。
NGS-24	横ずれ断層	西北西-東南東	垂直	22	3.2	I	C	A	五島灘堆積盆地北部の横ずれ断層。25断層との間の地層が上がったり下がったりしている。
NGS-25	横ずれ断層	西北西-東南東	垂直	22	3.1	I	C	A	五島灘堆積盆地北部の横ずれ断層。24断層との間の地層が上がったり下がったりしている。
NGS-26	正断層	北東-南西	東	38	5.0	I	C	A	長崎半島延長部で天草灘堆積盆地の北西方を画するリストラクチャー正断層。熊本県沖。
NGS-27	正断層	北東-南西	東	26	4.6	I	C	A	天草灘堆積盆地中央で大規模な背斜を伴うリストラクチャー正断層。熊本県沖。

鹿児島県甕島列島周辺海域断層一覧

断層名称	断層タイプ	走向	傾斜方向	長さ(km)	深さ(km)	ランク	信頼度	備考	
KSK-01	正断層	北北東-南南西	西	57	2.4	I	C	A	甕島列島西部沖合を列島と並走する正断層。KSK-02とともに甕島を形成する。
KSK-02	正断層	北東-南西	東	45	4.2	I	C	A	甕島列島東部沖合を列島と並走する正断層。KSK-01とともに甕島を形成する。
KSK-03	正断層	北北東-南南西	西	61	3.2	I	C	A	甕島の南、鹿島から宇治群島のある宇治海丘を隆起させた西の崖を形成する正断層
KSK-04	正断層	北北東-南南西	西	68	6.2	I	C	A	草垣海丘とその南の海丘の西側を横断する正断層。地層は東に傾動している。
KSK-05	正断層	北北東-南南西	西	11	1.3	I	C	A	宇治海丘南部でKSK-03から派生したと思われる正断層。地層は東に傾動している。
KSK-06	正断層	南北	西	29	3.0	I	C	A	宇治海丘南部から伸びる海丘を形成する正断層。地層は東に傾動している。
KSK-07	正断層	南北	西	17	3.3	I	C	A	宇治海丘南部から伸びる谷間を形成する正断層。地層は東に傾動している。
KSK-08	正断層	北北東-南南西	西	29	1.4	II	C	A	宇治海丘東部の正断層。地形の変形無し。
KSK-09	正断層	北東-南西	西	35	4.2	I	C	A	黒島の南南西延長、草垣海丘との間の堆積盆地中央付近を切る西落ち正断層。陰影図で南西に伸延。
KSK-10	正断層	北東-南西	東	36	4.1	I	C	A	黒島の南南西延長、草垣海丘との間の堆積盆地中央付近を切る東落ち正断層。東に火成岩ドーム有り。陰影図で南西に伸延。
KSK-11	正断層	北東-南西	東	12	3.0	II	C	A	KSK-12断層の西に発達する堆積盆地中に発達する横ずれ断層。
KSK-12	正断層	北東-南西	東	33	4.1	I	C	A	口永良部島南西、臥蛇島北方で深部貫入岩の影響により一部背斜構造を形成する細長い海丘の西側を横断する正断層。
KSK-13	正断層	南北	西	18	3.7	I	C	A	黒島と草垣群島間の堆積盆地の中央付近で背斜構造と関係した西落ち正断層。
KSK-14	正断層	北東-南西	東	24	3.7	I	B	A	黒島と草垣群島間の堆積盆地の中央付近で背斜構造と関係した東落ち正断層。
KSK-15	横ずれ断層	南北	垂直	11	0.9	II	B	B	黒島と草垣群島間の堆積盆地中の断層。地形の変形無し。
KSK-16	横ずれ断層	南北	垂直	20	0.7	II	B	B	黒島と草垣群島間の堆積盆地中の断層。地形の変形無し。
KSK-17	正断層	北東-南西	西	44	6.1	I	C	A	黒島西方の堆積盆地と黒島から伸びる隆起帯の西側を境する西落ち正断層
KSK-18	正断層	北東-南西	西	18	2.7	I	C	B	KSK-17断層に付随する西落ち正断層
KSK-19	正断層	北北東-南南西	東	14	0.3	I	C	A	KSK-17断層に正対し、ホルストを形成する東落ち正断層
KSK-20	正断層	北北東-南南西	東	14	0.4	I	C	B	黒島の西に小さな堆積盆地を形成する東落ち正断層。
KSK-21	正断層	東北東-西南西	南	19	4.1	I	C	A	黒島の南へ南東を区切り、黒島を隆起させた正断層。
KSK-22	正断層	西北西-東南東	北	8	1.9	I	B	B	黒島の北東を区切り、黒島を隆起させた正断層。
KSK-23	正断層	東北東-西南西	北	16	0.8	I	B	B	黒島の北方にあり、黒島の隆起に関連した正断層。
KSK-24	正断層	南北	西	24	7.1	I	C	A	黒島北方で東の海丘と西の海盆の境界にあり、双方を切る。24(南)～29(北)までエシェロン状に発達する。
KSK-25	正断層	南北	西	19	5.5	I	C	A	黒島北方で東の海丘と西の海盆の境界にあり、双方を切る。24(南)～29(北)までエシェロン状に発達する。
KSK-26	正断層	南北	西	16	5.3	I	C	A	黒島北方で東の海丘と西の海盆の境界にあり、双方を切る。24(南)～29(北)までエシェロン状に発達する。
KSK-27	正断層	南北	西	23	1.1	I	C	A	黒島北方で東の海丘と西の海盆の境界にあり、双方を切る。24(南)～29(北)までエシェロン状に発達する。
KSK-28	正断層	北北東-南南西	西	10	1.7	II	C	A	KSK-27の南。黒島と宇垣群島の間。地形の変形無し。
KSK-29	正断層	北北東-南南西	西	13	0.9	II	C	A	KSK-27の北。坊ノ岬と宇垣群島の間で坊ノ岬寄り。地形の変形無し。
KSK-30	正断層	南北	西	19	2.2	I	C	A	西側のハーフグラベンを形成する正断層。坊ノ岬沖合7kmほどの地点で向きを北北西に変える。反射パターンから推定。
KSK-31	横ずれ断層	北北東-南南西	垂直	14	0.7	II	C	B	久多島と吹上浜の間に発達する。32との間が陥没している。
KSK-32	横ずれ断層	北北東-南南西	垂直	14	0.5	I	C	A	久多島の東方に発達する。31との間が陥没している。
KSK-33	正断層	北北東-南南西	西	24	0.5	II	C	A	久多島の西方に発達する。西側が落ちているように見える。
KSK-34	横ずれ断層	北北東-南南西	垂直～東	8	1.1	II	C	B	甕海峡ベーズンへ向かう途中の斜面で良反射と乱反射の境。35と雁行する。
KSK-35	横ずれ断層	北北東-南南西	垂直	15	0.6	I	C	A	甕海峡ベーズンへ向かう途中の斜面で良反射と乱反射の境。34と雁行する。
KSK-36	横ずれ断層	北北東-南南西	垂直	19	0.5	II	C	A	上甕島と川内市の間の甕海峡内の断層。ほぼ垂直で横ずれ断層と考えられる。
KSK-37	横ずれ断層	北北東-南南西	垂直	9	0.3	I	C	A	上甕島と川内市の間の甕海峡内の断層。ほぼ垂直で横ずれ断層と考えられる。
KSK-38	横ずれ断層	北北東-南南西	垂直	19	0.4	I	C	A	上甕島と川内市の間の甕海峡内の断層。ほぼ垂直で横ずれ断層と考えられる。
KSK-39	横ずれ断層	北北東-南南西	垂直	14	0.4	II	C	A	上甕島と川内市の間の甕海峡内の断層。ほぼ垂直で横ずれ断層と考えられる。
KSK-40	横ずれ断層	北北東-南南西	垂直	6	0.2	I	C	A	上甕島北方の甕海峡内の断層。ほぼ垂直で横ずれ断層と考えられる。
KSK-41	横ずれ断層	北北西-南南東	垂直	9	0.8	II	C	A	上甕島と黒神島の間から北北東に延びる断層。ほぼ垂直で横ずれ断層と考えられる。
KSK-42	正断層	北北東-南南西	西	16	1.0	II	C	A	鹿島の西が落ちた正断層。KSK-03に北部で並走する。

鹿児島県薩南諸島海域断層一覧

断層名称	断層タイプ	走向	傾斜方向	長さ(km)	深さ(km)	ランク	信頼度	備考	
KGS-1	正断層	南北一北東南西	西	20	1.2	I	C	A	開聞岳から南西に延びる凹地の東縁～南縁を画する正断層
KGS-2	正断層	東西	南	27	1.5	I	C	A	開聞岳から南西に延びる凹地の北縁を画する正断層
KGS-3	正断層	南北	東	4	0.8	I	C	A	鹿児島湾口の小規模グラベン西側を規制する正断層。
KGS-4	正断層	南北	西	5	0.9	I	C	A	鹿児島湾口の小規模グラベン東側を規制する正断層。
KGS-5	正断層	北西-南東	西	8	0.9	I	B	A	鹿児島湾鹿屋沖の海岸と平行な正断層
KGS-6	正断層	北北東-南南西	東	26	4.7	I	C	A	薩摩半島と屋久島の間に延びるリストリック正断層
KGS-7	正断層	南北	西	22	3.2	I	C	A	薩摩半島と屋久島の間に延びる正断層
KGS-8	逆断層	北北東-南南西	東	10	2.0	II	C	A	佐多岬南方海域で基盤をポップアップさせている逆断層。
KGS-9	逆断層	北北東-南南西	東	11	2.3	I	C	A	佐多岬南方海域で基盤をポップアップさせている逆断層。
KGS-10	逆断層	南北	西	10	1.5	I	C	A	佐多岬南方海域で基盤をポップアップさせている逆断層。
KGS-11	正断層	北北東-南南西	西	34	1.8	I	C	A	佐多岬-屋久島と種子島の間にある堆積盆地中に発達する基盤隆起上の正断層。
KGS-12	正断層	北北東-南南西	西	31	1.9	I	C	A	佐多岬-屋久島と種子島の間にある堆積盆地中に発達する正断層
KGS-13	正断層	南北	西	17	1.8	I	C	A	佐多岬-屋久島と種子島の間にある堆積盆地中に発達する正断層
KGS-14	正断層	南北	西	27	1.7	I	C	A	佐多岬-屋久島と種子島の間にある堆積盆地中に発達する正断層
KGS-15	逆断層	北北東-南南西	東	29	4.1	I	C	B	馬毛島を隆起させた西側の逆断層。横ずれ断層の可能性あり。
KGS-16	正断層	南北	西	14	1.0	II	C	B	馬毛島と種子島の間の小堆積盆地中の正断層。
KGS-17	正断層	北東-南西	西	26	3.5	I	C	A	五島列島南の大規模チャネルを超えたところに位置する正断層。この付近では地形図からおびただしい数の海底河川の発達が予想される。
KGS-18	正断層	東北東-西南西	北	25	6.0	I	C	A	長崎半島南西延長部で五島灘堆積盆地の南方(東)を画する正断層。
KGS-19	正断層	北北東-南南西	西	25	3.1	I	C	A	喜界カルデラ外輪山の東壁(二重目)を形成する。
KGS-20	正断層	北北西-南南東	西	20	2.2	I	C	A	喜界カルデラ外輪山の南西外側の正断層。
KGS-21	正断層	西北西-東南東	南	11	6.3	I	C	A	五島灘堆積盆地西部の正断層。海底地形図の精度が悪く西方への伸延は出来ない。
KGS-22	正断層	北北東-南南西	東	15	3.2	I	C	B	喜界カルデラ南部出口の西を規制する正断層。
KGS-23	正断層	北東-南西	東	24	1.8	I	C	A	黒島海丘の東と南を規制する正断層。
KGS-24	正断層	北北東-南南西	西	17	3.0	I	C	A	屋久島、喜界カルデラ、黒島海丘、口永良部島に囲まれた堆積盆地内の正断層。
KGS-25	正断層	北北西-南南東	西	7	1.9	I	C	B	屋久島と喜界カルデラを結ぶ高まりの西側を規制する正断層。
KGS-26	正断層	南北	西	116	4.4	I	C	A	屋久島から南に延びる大陸地殻の西側を規制する正断層
KGS-27	逆断層	北北東-南南西	東	38	3.1	I	C	A	口之島、中之島の西の隆起を形成する逆断層。

沖縄トラフ北部断層一覧（1/2）

断層名称	断層タイプ	走向	傾斜方向	長さ(km)	深さ(km)	ランク	信頼度	備考	
trough_N_01	正断層	東西	北	28	3.4	I	C	B	奄美大島と横当島の間の堆積盆地に発達する北落ち正断層。東へは海底地形で伸ばした。
trough_N_02	正断層	東西	北	13	3.1	I	C	B	奄美大島と横当島の間の堆積盆地に発達する北落ち正断層。
trough_N_03	正断層	東西	北	67	2.9	I	C	A	奄美大島と横当島の間の堆積盆地に発達する北落ち正断層。東へは海底地形で伸ばした。
trough_N_04	正断層	西北西-東南東	南	16	1.9	I	C	B	奄美大島と横当島の間の堆積盆地に発達する南落ち正断層。
trough_N_05	正断層	西北西-東南東	南	15	2.3	I	C	A	奄美大島と横当島の間の堆積盆地に発達する南落ち正断層。N_06との間で傾斜方向が変わる。
trough_N_06	正断層	西北西-東南東	北	14	2.4	II	C	B	奄美大島と横当島の間の堆積盆地に発達する北落ち正断層。N_05との間で傾斜方向が変わる。
trough_N_07	正断層	北東-南西	西	6	1.3	I	C	B	奄美大島と横当島の間の堆積盆地に発達する西落ち正断層。
trough_N_08	正断層	西北西-東南東	北	15	2.2	I	C	B	奄美大島と横当島の間の堆積盆地に発達する北落ち正断層。
trough_N_09	正断層	北東-南西	東	15	3.4	I	C	A	横当島西方15kmに位置するリストラック正断層。
trough_N_10	正断層	北東-南西	東	10	3.7	I	C	A	横当島西方20kmに位置するリストラック正断層。
trough_N_11	正断層	北東-南西	東	20	4.6	I	C	A	横当島西方30kmに位置するリストラック正断層。
trough_N_12	正断層	北東-南西	東	11	4.4	I	C	A	横当島西方35kmに位置するリストラック正断層。
trough_N_13	正断層	北東-南西	西	51	7.6	I	C	A	横当島西方約35km、海底山地が隆起した西端付近の西落ち正断層。南と北へ地形で伸延した。
trough_N_14	正断層	北東-南西	西	36	4.4	I	C	A	横当島西方約40km、海底山地が隆起した西端付近の西落ち正断層。南と北へ地形で伸延した。
trough_N_15	正断層	北北東-南南西	西	42	4.5	I	C	A	横当島西方約60km、東翼で背斜中央を落とす西落ち正断層。南東光源陰影図で南に延ばした。
trough_N_16	正断層	北東-南西	東	48	6.2	I	C	A	横当島西方約65km、西翼で背斜中央を落とす東落ち正断層。北西光源陰影図で南に延ばした。
trough_N_16_a	正断層	北東-南西	東	36	2.8	I	C	A	横当島西方約85km、西翼で背斜中央を落とす東落ち正断層。北西光源陰影図に明瞭だが南北方向の観測ギャップの影響で不明な部分がある。
trough_N_17	正断層	北北東-南南西	東	46	6.7	I	C	A	横当島西方約70km、西翼で背斜中央を落とす東落ち正断層。北西光源陰影図に明瞭だが南北方向の観測ギャップの影響で不明な部分がある。
trough_N_18	正断層	北北東-南南西	西	45	6.7	I	C	A	横当島西方約80km、東の褶曲帯から西側の比較的平坦な海底に向かう途中の西落ち正断層。。南東光源陰影図に中央付近は明瞭だが南北両端に向かい地表落差は減少する。
trough_N_18_a	正断層	北北東-南南西	西	61	5.4	I	C	A	横当島西方約85km、褶曲帯西側に広がる平坦な沖縄トラフ東部にある西落ち正断層。海底での変形は軽微の上、南北方向の観測ギャップ等の影響で地形による解釈は不可。
trough_N_18_b	正断層	北北東-南南西	東	55	4.3	I	C	A	横当島西方約90km、褶曲帯西側に広がる平坦な沖縄トラフ東部にある東落ち正断層。海底での変形は軽微の上、南北方向の観測ギャップ等の影響で地形による解釈は不可。
trough_N_18_c	正断層	北北東-南南西	東	52	5.3	I	C	A	横当島西方約100km、褶曲帯西側に広がる平坦な沖縄トラフ東部にある東落ち正断層。海底での変形は軽微の上、南北方向の観測ギャップ等の影響で地形による解釈は不可。
trough_N_18_d	正断層	北北東-南南西	東	44	5.3	I	C	A	横当島西方約105km、褶曲帯西側に広がる平坦な沖縄トラフ東部にある東落ち正断層。海底での変形は軽微の上南北方向の観測ギャップ等の影響で地形による解釈は不可。
trough_N_19	正断層	東西	北	30	4.6	I	C	A	奄美大島とカラ列島間に発達する堆積盆地中で奄美大島北部から横当島に伸びる緩やかな高まりの北側を規制する正断層。
trough_N_20	正断層	西北西-東南東	南	16	1.8	I	C	A	N_53の共役断層
trough_N_21	正断層	東西	北	25	3.7	I	C	A	奄美大島とカラ列島間に発達する堆積盆地の中央付近に発達する正断層。
trough_N_22	正断層	東西	北	22	2.5	I	B	A	奄美大島とカラ列島間に発達する堆積盆地の中央付近に発達する正断層で、N_23断層の共役断層。
trough_N_23	正断層	東西	南	64	6.3	I	C	A	奄美大島とカラ列島間に発達する堆積盆地の北部で、横当島の北、上ノ根島の北から東に奄美大島の北まで延びる正断層。東は海底地形で延伸。
trough_N_24	逆断層	北北西-南南東	北	14	5.4	I	C	A	宝島を押し上げた逆断層
trough_N_25	正断層	南北	西	41	3.8	I	C	A	横当島北、宝島の西で東の海山群と西の堆積盆を分ける正断層。
trough_N_26	正断層	北東-南西	東	18	3.1	I	C	A	Well-3と宝島・横当島の間の堆積盆地中に発達したリストラック正断層。
trough_N_27	正断層	北東-南西	東	35	4.8	I	C	A	Well-3と宝島・横当島の間の堆積盆地中に発達したリストラック正断層。陰影図で南西に伸延。
trough_N_28	正断層	北東-南西	東	19	4.0	I	C	A	Well-3と宝島・横当島の間の堆積盆地中に発達したリストラック正断層。
trough_N_29	正断層	北東-南西	東	35	4.3	I	C	A	Well-3と宝島・横当島の間の堆積盆地中に発達したリストラック正断層。陰影図で南西と北東に伸延。
trough_N_30	正断層	北東-南西	東	33	5.2	I	C	A	Well-3と宝島・横当島の間の堆積盆地中に発達したリストラック正断層。
trough_N_31	逆断層	北東-南西	西	26	3.4	I	C	A	Well-3のある構造をtrough_N_32と一緒にポップアップさせた東側の逆断層。海底地形で北東及び南西に伸延。
trough_N_32	逆断層	北東-南西	東	64	6.9	I	C	A	Well-3のある構造をtrough_N_31と一緒にポップアップさせた西側の逆断層
trough_N_33	正断層	北東-南西	西	33	4.1	I	C	A	Well-3の西側グラベン内のリストラック正断層。海底地形で南西に伸延
trough_N_34	正断層	北東-南西	東	12	2.6	I	B	A	Well-3の西側の正断層。trough_N_33と共役断層。
trough_N_35	正断層	北東-南西	西	39	5.0	I	C	A	Well-3の西側グラベン内のリストラック正断層。陰影図で北に伸延。
trough_N_36	正断層	北東-南西	西	20	6.0	I	C	A	Well-3の西側グラベン内のリストラック正断層。陰影図で南西及び北東に伸延。
trough_N_37	正断層	北東-南西	東	20	6.6	I	C	A	試掘井ToKa-1の西側グラベンの西を規制する正断層。
trough_N_38	正断層	西北西-東南東	北	20	3.8	I	C	A	奄美大島とカラ列島の間の堆積盆地に形成された正断層グループ。
trough_N_39	正断層	西北西-東南東	北	22	2.7	I	C	A	奄美大島とカラ列島の間の堆積盆地に形成された正断層グループ。
trough_N_40	正断層	西北西-東南東	北	22	3.6	I	C	A	奄美大島とカラ列島の間の堆積盆地に形成された正断層グループ。北落ち断層の最北端。
trough_N_41	正断層	西北西-東南東	南	20	2.9	I	C	A	奄美大島とカラ列島の間の堆積盆地に形成された正断層グループ。
trough_N_42	正断層	西北西-東南東	南	19	3.4	I	C	A	奄美大島とカラ列島の間の堆積盆地に形成された正断層グループ。南落ち断層の最南端。
trough_N_43	正断層	西北西-東南東	南	10	4.9	I	C	A	奄美大島とカラ列島の間の堆積盆地に形成された正断層グループ。
trough_N_44	正断層	北北東-南南西	西	94	4.7	I	C	A	薩南諸島とカラ列島間の堆積盆地中央部カラギヤップ西に盆地長軸方向に発達するリストラック正断層。南部で西北西-東南東の断層群と直交するが関係は不明。
trough_N_45	逆断層	北東-南西	東	19	4.1	I	C	B	悪石島を隆起させた逆断層。陰影図で南西と北東に伸延。
trough_N_46	正断層	北東-南西	東	11	1.4	I	C	B	悪石島隆起に影響された島の西の堆積盆地との境界付近の正断層
trough_N_47	正断層	北東-南西	東	22	3.7	I	C	A	悪石島西の堆積盆地中のリストラック正断層
trough_N_48	正断層	北東-南西	東	17	4.5	I	C	A	悪石島西の堆積盆地中のリストラック正断層
trough_N_49	正断層	北東-南西	東	9	4.0	I	C	A	悪石島西の堆積盆地中のリストラック正断層。陰影図で北東に伸延。
trough_N_50	正断層	北東-南西	東	21	5.3	I	C	A	平島の東に発達する正断層。南部ではリストラック正断層。背斜の胴切り断層。

沖縄トラフ北部断層一覧 (2/2)

断層名称	断層タイプ	走向	傾斜方向	長さ(km)	深さ(km)	ランク	信頼度	備考	
trough_N_51	正断層	北東-南西	東	30	5.8	I	C	A	平島の西に発達するリストリック正断層。堆積盆地の西縁を面する。
trough_N_52	正断層	南北	西	91	4.7	I	C	A	臥蛇島〜平島西部に発達する長大な正断層。地形に明瞭だが基盤内の反射が不明の為ははっきりしない。基盤と新規堆積物の境界が断層面の可能性もある。
trough_N_53	正断層	東北東-西南西	東	18	4.4	I	B	A	平島西部でN_52断層と一部共役断層。陰影図に明瞭。
trough_N_54	正断層	北東-南西	東	21	5.3	I	B	A	臥蛇島〜平島西部に発達する堆積盆地中のリストリック正断層
trough_N_55	正断層	北東-南西	東	50	5.2	I	B	A	臥蛇島〜平島西部に発達する堆積盆地中のリストリック正断層
trough_N_56	正断層	南北	西	38	4.0	I	B	A	臥蛇島〜平島西部に発達する堆積盆地中の正断層。フラワーストラクチャー的背斜構造の東翼を構成する。
trough_N_57	正断層	北北東-南南西	東	25	4.2	I	C	A	平島西方平島管根中央のリストリック正断層。地形で北に伸ばす。N_56断層と形成する背斜を北部で斜めに切る。
trough_N_58	正断層	北北東-南南西	東	29	4.0	I	C	A	平島西方平島管根中央のリストリック正断層。地形で北に伸ばす。N_56断層との間に形成する背斜で北部で斜めに切る。
trough_N_59	正断層	北北東-南南西	東	20	3.1	I	C	A	平島西方平島管根中央のリストリック正断層。地形で南北に伸ばす。N_56断層等と背斜を形成する。
trough_N_60	正断層	北北東-南南西	東	51	4.4	I	C	A	平島西方平島管根中央のリストリック正断層。N_56断層との間に背斜を形成する。
trough_N_61	正断層	南北	東	27	4.6	I	C	A	平島西方平島管根中央のリストリック正断層。地形で南北に伸ばす。
trough_N_62	正断層	南北	東	26	4.6	I	C	A	平島西方平島管根中央のリストリック正断層。地形で南に伸ばす。
trough_N_63	正断層	北北東-南南西	西	66	6.6	I	C	A	平島西方平島管根と琉球トラフ最深部を分ける正断層。南西光源陰影図で明瞭に追跡可能。
trough_N_64	正断層	北北東-南南西	東	11	3.5	I	C	A	沖臥蛇窪東側の沖縄トラフ中の正断層。地形で南北に伸ばす。
trough_N_65	正断層	北北東-南南西	東	18	5.1	I	C	A	沖臥蛇窪東側を規制する正断層。地形で南北に伸ばす。
trough_N_66	正断層	南北	西	22	3.7	II	B	A	沖臥蛇窪北でネガティブフラワーストラクチャーが形成する背斜の東翼に形成された正断層
trough_N_67	正断層	南北	西	23	3.7	I	B	A	沖臥蛇窪北でネガティブフラワーストラクチャーが形成する背斜の東翼に形成された正断層
trough_N_68	正断層	北北東-南南西	東	20	4.1	I	B	A	沖臥蛇窪北でネガティブフラワーストラクチャーが形成する背斜の西翼に形成された正断層
trough_N_69	正断層	北北東-南南西	東	30	4.8	I	C	A	沖臥蛇窪北でネガティブフラワーストラクチャーが形成する背斜の西翼に形成された正断層
trough_N_70	正断層	北東-南西	東	48	2.9	I	C	A	草垣群島と沖臥蛇窪の中央付近の海山の東側を規制する正断層。北光源の陰影図で明瞭。南西へ延ばす。
trough_N_71	正断層	北東-南西	東	55	5.4	I"	C	B	大陸棚斜面に斜行するように発達する正断層。陰影図で南に伸延。東側にハーフグラベン形成。
trough_N_72	正断層	北東-南西	西	116	4.8	I	C	A	大陸棚斜面に斜行するように発達する正断層。トラフまで延びる。南に地形で延伸。
trough_N_73	正断層	北東-南西	西	46	5.4	I"	C	A	大陸棚斜面に斜行するように発達する正断層。陰影図で南に伸延。西にグラベン形成。
trough_N_74	正断層	北東-南西	東	67	7.0	I"	C	A	大陸棚斜面に斜行するように発達する正断層。陰影図で南北に伸延。東にグラベン形成。N_75との間にホルストを形成。
trough_N_75	正断層	北東-南西	西	33	2.6	I"	C	A	大陸棚斜面に斜行するように発達する正断層。陰影図で南北に伸延。N_74との間にホルストを形成。西に大陸棚堆積盆発達。
trough_N_76	正断層	北東-南西	東	24	2.5	I"	C	A	草垣海丘の西、トラフ中の高まりの東側を規制。陰影図で北に延伸。
trough_N_77	正断層	北東-南西	東	20	1.8	I	B	B	宇治群島西方約18kmの沖縄トラフ中の正断層
trough_N_78	正断層	北東-南西	東	31	4.2	I"	C	A	宇治群島西方約27kmの沖縄トラフ中の小規模海丘を形成する正断層。N72-1測線のみ。陰影図で南方へ伸延。
trough_N_79	正断層	北北東-南南西	西	22	1.9	I	C	A	宇治群島西方約27kmの沖縄トラフ中の小規模海丘を形成する正断層。大きく屈曲する。
trough_N_80	正断層	南北	西	43	4.1	I"	C	A	宇治群島南西方約55kmの沖縄トラフ中の小規模海丘西側の正断層。N_81との間にグラベン形成。1測線図のみ。南西光源の陰影図により南北方向に伸延。
trough_N_81	正断層	南北	東	31	3.4	I"	C	A	N_80断層の西約5kmを並走する正断層。N_80との間にグラベン形成。1測線のみ。
trough_N_82	正断層	北東-南西	西	90	5.1	I	C	A	下甕島と五島市男女群島の中間、沖縄トラフから大陸棚斜面まで続く正断層。陰影図で南西方向に伸延。
trough_N_83	正断層	北東-南西	東	24	5.1	I	C	A	上甕島と五島市男女群島の中間、沖縄トラフ内の正断層。陰影図で北東に伸延。N_84とグラベンを形成。N-86とホルストを形成。
trough_N_84	正断層	北東-南西	西	27	3.3	I	C	A	上甕島と五島市男女群島の中間、沖縄トラフ内の正断層。N_83とホルストを形成。

沖縄トラフ中部断層一覧

断層名称	断層タイプ	走向	傾斜方向	長さ(km)	深さ(km)	ランク	信頼度	備考	
trough_C.46	正断層	東西	南	23	1.3	I ⁺	C	A	第2奄美確南側を規制する正断層。1測線のみだが陰影図で東西に伸延。
trough_C.47	正断層	北東-南西	東	46	2.1	I	B	A	南奄西海丘と大陸棚斜面間の沖縄トラフ平坦地に見られるリストリック正断層。微地形に一部明瞭。
trough_C.47_a	正断層	北東-南西	西	28	1.4	I	B	A	南奄西海丘と大陸棚斜面間の沖縄トラフ平坦地に見られるリストリック正断層。微地形に一部明瞭。
trough_C.47_b	正断層	北東-南西	西	42	3.9	I	B	A	南奄西海丘と大陸棚斜面間の沖縄トラフ平坦地に見られるリストリック正断層。微地形に一部明瞭。
trough_C.47_c	正断層	北東-南西	西	44	2.3	I	C	A	南奄西海丘と大陸棚斜面間の沖縄トラフ平坦地に見られるリストリック正断層。微地形に一部明瞭。
trough_C.48	正断層	北東-南西	西	36	3.2	I	C	A	南奄西海丘と大陸棚斜面間の沖縄トラフ平坦地に見られるリストリック正断層。微地形に一部明瞭。
trough_C.48_a	正断層	北東-南西	西	28	2.2	I	B	A	南奄西海丘と大陸棚斜面間の沖縄トラフ平坦地に見られるリストリック正断層。微地形に一部明瞭。
trough_C.48_b	正断層	北東-南西	西	41	2.7	I	C	A	南奄西海丘と大陸棚斜面間の沖縄トラフ平坦地に見られるリストリック正断層。地形への影響は少ない。
trough_C.48_c	正断層	北東-南西	西	47	4.0	I	C	A	南奄西海丘と大陸棚斜面間の沖縄トラフ平坦地に見られるリストリック正断層。微地形に明瞭だが陰影図とは必ずしも一致しない。
trough_C.49	正断層	北東-南西	西	21	3.1	I	C	A	奄西海丘西端に位置するリストリック正断層。3測線と陰影図で南西と北東に伸延。
trough_C.50	正断層	北東-南西	西	20	4.7	I	C	A	奄西海丘西端に位置する正断層。震探3測線と陰影図で南西に伸延。
trough_C.51	正断層	北東-南西	西	34	2.0	I	B	A	南奄西海丘と大陸棚斜面間の沖縄トラフ平坦地に見られる西落ち正断層。地形で南西と北東に延伸。
trough_C.52	正断層	北東-南西	西	46	2.5	I	B	A	南奄西海丘と大陸棚斜面間の沖縄トラフ平坦地に見られる西落ち正断層。地形に一部明瞭だが陰影図とは必ずしも一致しない。
trough_C.52_a	正断層	北東-南西	西	29	2.1	I	B	A	南奄西海丘と大陸棚斜面間の沖縄トラフ平坦地に見られるリストリック西落ち正断層。地形に一部明瞭だが陰影図とは必ずしも一致しない。
trough_C.52_b	正断層	北東-南西	西	33	2.1	I	B	A	南奄西海丘と大陸棚斜面間の沖縄トラフ平坦地に見られるリストリック西落ち正断層。地形に一部明瞭だが陰影図とは必ずしも一致しない。
trough_C.52_c	正断層	北東-南西	西	23	2.4	I	C	A	南奄西海丘と大陸棚斜面間の沖縄トラフ平坦地に見られるリストリック西落ち正断層。地形に一部明瞭だが陰影図とは必ずしも一致しない。
trough_C.53	正断層	北東-南西	西	32	4.3	I	C	A	南奄西海丘と大陸棚斜面間の沖縄トラフ平坦地に見られる西落ち正断層。地形に一部明瞭だが陰影図とは必ずしも一致しない。
trough_C.54	正断層	北東-南西	西	20	2.1	I	B	A	南奄西海丘と大陸棚斜面間の沖縄トラフ平坦地に見られる西落ち正断層。地形にわずかに見られる。
trough_C.55	正断層	北東-南西	西	40	2.0	I	B	A	南奄西海丘と大陸棚斜面間の沖縄トラフ平坦地に見られる西落ち正断層。地形に明瞭だが陰影図とは必ずしも一致しない。背斜東翼の西落ち主要断層の西端。
trough_C.56	正断層	北東-南西	西	28	2.2	I	B	A	南奄西海丘と大陸棚斜面間の沖縄トラフ平坦地に見られる西落ち正断層。地形に一部明瞭だが陰影図とは必ずしも一致しない。
trough_C.57	正断層	北東-南西	西	23	1.5	I	B	A	南奄西海丘と大陸棚斜面間の沖縄トラフ平坦地に見られる西落ち正断層。地形に一部明瞭だが陰影図とは必ずしも一致しない。
trough_C.58	正断層	北東-南西	西	13	1.3	I	B	A	南奄西海丘と大陸棚斜面間の沖縄トラフ平坦地に見られる西落ち正断層。震探で海底面変化がわずかに見られるが地形にはほとんど見られない。
trough_C.59	正断層	北東-南西	西	12	1.3	I	B	A	南奄西海丘と大陸棚斜面間の沖縄トラフ平坦地に見られる西落ち正断層。震探で海底面変化がわずかに見られるが地形にはほとんど見られない。
trough_C.60	正断層	北東-南西	東	34	1.7	I	B	A	南奄西海丘と大陸棚斜面間の沖縄トラフ平坦地に見られる東落ち正断層。地形に一部明瞭だが陰影図とは必ずしも一致しない。背斜西翼の東落ち主要断層の東端。
trough_C.60_a	正断層	北東-南西	東	9	1.0	I	B	A	南奄西海丘と大陸棚斜面間の沖縄トラフ平坦地に見られる東落ち正断層。震探で海底面変化がわずかに見られるが地形にはほとんど見られない。背斜西翼頂部付近の東落ち断層。
trough_C.60_b	正断層	北東-南西	東	22	2.3	I	B	A	南奄西海丘と大陸棚斜面間の沖縄トラフ平坦地に見られる東落ち正断層。地形に一部明瞭だが陰影図とは必ずしも一致しない。背斜西翼頂部付近の東落ち断層。北延長上にあるC.59とは落ちる方向が逆。
trough_C.60_c	正断層	北東-南西	東	15	1.2	I	B	A	南奄西海丘と大陸棚斜面間の沖縄トラフ平坦地に見られる東落ち正断層。地形に一部明瞭だが陰影図とは必ずしも一致しない。背斜西翼頂部付近の東落ち断層。北延長上にあるC.58とは落ちる方向が逆。
trough_C.61	正断層	北東-南西	東	19	2.0	I	B	A	南奄西海丘と大陸棚斜面間の沖縄トラフ平坦地に見られる東落ち正断層。地形に一部明瞭だが陰影図とは必ずしも一致しない。
trough_C.62	正断層	北東-南西	東	32	2.3	I	B	A	南奄西海丘と大陸棚斜面間の沖縄トラフ平坦地に見られる東落ち正断層。地形に一部明瞭だが陰影図とは必ずしも一致しない。
trough_C.63	正断層	北東-南西	東	13	1.2	I	B	A	南奄西海丘と大陸棚斜面間の沖縄トラフ平坦地に見られる東落ち正断層。地形に一部明瞭だが陰影図とは必ずしも一致しない。
trough_C.64	正断層	北東-南西	東	18	1.6	I	B	A	南奄西海丘と大陸棚斜面間の沖縄トラフ平坦地に見られる東落ち正断層。地形に一部明瞭だが陰影図とは必ずしも一致しない。
trough_C.64_a	正断層	北東-南西	西	25	1.7	I	B	B	C.64の北延長方向に伸びる断層。南奄西海丘と大陸棚斜面間のトラフ平坦地に見られる正断層。微妙な海底地形がマルチビーム測線方向の縋ぎ不備に影響された陰によって消され、測線間対比困難。
trough_C.65	正断層	北東-南西	東	52	1.6	I	B	A	南奄西海丘と大陸棚斜面間の沖縄トラフ平坦地に見られる東落ち正断層。地形に明瞭だが陰影図とは必ずしも一致しない。地形を利用し南西の大陸棚斜面まで伸延。
trough_C.65_a	正断層	北東-南西	東	25	1.6	I	B	B	C.65の北延長方向に伸びる断層。南奄西海丘と大陸棚斜面間のトラフ平坦地に見られる東落ち正断層。微妙な海底地形がマルチビーム測線方向の縋ぎ不備に影響された陰によって消され、測線間対比困難。
trough_C.65_b	正断層	北東-南西	東	24	1.2	I	B	B	C.65の北延長方向に伸びる断層。南奄西海丘と大陸棚斜面間のトラフ平坦地に見られる東落ち正断層。微妙な海底地形がマルチビーム測線方向の縋ぎ不備に影響された陰によって消され、測線間対比困難。
trough_C.66	正断層	北東-南西	東	29	2.0	I	B	A	南奄西海丘西方、大陸棚斜面下部から沖縄トラフ平坦地に見られる東落ち正断層。地形に明瞭だが陰影図とは必ずしも一致しない。
trough_C.66_a	正断層	北東-南西	東	24	3.2	I	B	B	C.66の北延長方向に伸びる断層。南奄西海丘と大陸棚斜面間の沖縄トラフ平坦地に見られる東落ち正断層。海底地形がわずかに追跡できる。
trough_C.67	正断層	北東-南西	東	44	2.2	I	B	A	南奄西海丘西方、大陸棚斜面下部から沖縄トラフ平坦地に見られる東落ち正断層。地形に明瞭だが陰影図とは必ずしも一致しない。地形を利用し南西の大陸棚斜面まで伸延。
trough_C.67_a	正断層	北東-南西	東	23	1.8	I	B	A	C.67の北延長方向に伸びる断層。南奄西海丘と大陸棚斜面間の沖縄トラフ平坦地に見られる東落ち正断層。海底地形がわずかに追跡できる。
trough_C.68	正断層	北東-南西	東	27	2.6	I	B	A	南奄西海丘西方、大陸棚斜面下部に見られる正断層。地形に明瞭だが陰影図とは必ずしも一致しない。地形を利用し南西の大陸棚斜面下部まで伸延。
trough_C.68_a	正断層	北東-南西	東	34	3.7	I	B	A	南奄西海丘西方、大陸棚斜面に見られる東落ち正断層。地形に明瞭だが陰影図とは必ずしも一致しない。地形を利用し南西の大陸棚縁辺まで伸延。
trough_C.69	正断層	北東-南西	東	35	3.1	I	B	A	南奄西海丘西方、大陸棚斜面から沖縄トラフ平坦地に見られる正断層。地形に明瞭だが陰影図とは必ずしも一致しない。地形を利用し南西の大陸棚斜面まで伸延。
trough_C.69_a	正断層	北東-南西	東	21	1.5	I	B	A	南奄西海丘と大陸棚斜面間の沖縄トラフ平坦地に見られる正断層。海底地形がわずかに追跡できる。
trough_C.69_b	正断層	北東-南西	東	21	1.3	I	B	A	南奄西海丘と大陸棚斜面間の沖縄トラフ平坦地に見られる正断層。海底地形がわずかに追跡できる。
trough_C.69_c	正断層	北東-南西	東	20	1.9	I	B	A	南奄西海丘と大陸棚斜面間の沖縄トラフ平坦地に見られる正断層。海底地形がわずかに追跡できる。
trough_C.70	正断層	北東-南西	東	54	3.3	I ⁺	B	A	南奄西海丘西方、大陸棚斜面下部から沖縄トラフ平坦地に見られる東落ち正断層。地形に明瞭だが陰影図とは必ずしも一致しない。
trough_C.70_a	正断層	北東-南西	東	22	2.7	I	B	A	南奄西海丘西方、大陸棚斜面に見られる東落ち正断層。地形に明瞭だが陰影図とは必ずしも一致しない。
trough_C.71	正断層	北東-南西	東	55	2.7	I ⁺	B	A	南奄西海丘の西、大陸棚斜面に見られる正断層。地形に明瞭で震探断面と良く対比が可能。南方へ地形で伸延。
trough_C.72	正断層	北東-南西	東	22	3.2	I	C	A	南奄西海丘の西、大陸棚斜面に見られる正断層。地形に明瞭で震探断面と良く対比が可能。北方へ地形で伸延。
trough_C.73	正断層	北東-南西	東	46	3.5	I	C	A	南奄西海丘の西、大陸棚斜面に見られる正断層。地形に明瞭で震探断面と良く対比が可能。北方へ地形で伸延。

琉球海溝北部海域断層一覧

断層名称	断層タイプ	走向	傾斜方向	長さ(km)	深さ(km)	ランク		信頼度	備考
trench_N_1	逆断層	北東-南西	北西	25	4.1	I	C	B	前弧海盆に発達した撓曲
trench_N_2	正断層	北東-南西	南東	36	3.1	I	C	B	島棚斜面に差し目傾斜で発達する
trench_N_3	正断層	北東-南西	北西	11	3.2	I	C	A	島棚斜面に差し目傾斜で発達する
trench_N_4	逆断層	北東-南西	北西	14	3.4	I	C	B	前弧海盆に発達した撓曲
trench_N_5	正断層	北東-南西	南東	27	3.1	I	C	A	島棚斜面に差し目傾斜で発達する
trench_N_7	逆断層	北東-南西	北西	58	3.4	I	C	B	前弧海盆に発達した撓曲
trench_N_8	逆断層	北東-南西	北西	15	3.7	I	C	B	前弧海盆に発達した撓曲
trench_N_9	逆断層	(東北東-西南西)	北西	22	3.9	I	C	A	前弧海盆に発達した撓曲
trench_N_10	正断層	(北東-南西)	北西	10	4.3	I	C	A	島棚斜面に発達する、ブロック状に傾倒する
trench_N_12	逆断層	北北東-南南西	北西	40	5.7	I	C	A	前弧海盆に発達した撓曲
trench_N_13	正断層	(北東-南西)	北西	10	4.4	I	C	A	島棚斜面に発達する、ブロック状に傾倒する
trench_N_14	正断層	(北東-南西)	北西	27	2.2	I	C	A	フラワー構造の中央部、断層崖が発達しリッジを形成する。
trench_N_15	逆断層	(北東-南西)	北西	28	4.2	I	C	A	付加体が発達し、プレート境界から分岐する断層
trench_N_17	正断層	(北東-南西)	北西	29	2.7	I	C	A	フラワー構造の中央部、断層崖が発達しリッジを形成する。
trench_N_18	正断層	(北東-南西)	北西	7	2.8	I	C	A	フラワー構造の外縁の断層、
trench_N_19	正断層	(北東-南西)	北西	40	2.5	I	C	A	フラワー構造の中央部、断層崖が発達しリッジを形成する。
trench_N_20	正断層	北東-南西	南東	61	4.8	I	C	A	フラワー構造の外縁の断層、
trench_N_21	正断層	(北-南)	西	12	5.5	I	C	A	島棚斜面に発達する、ブロック状に傾倒する
trench_N_22	逆断層	(北東-南西)	北西	17	7.9	I	C	A	付加体が発達し、プレート境界から分岐する断層
trench_N_23	逆断層	(北東-南西)	北西	12	7.2	I	C	A	付加体が発達し、プレート境界から分岐する断層
trench_N_24	逆断層	(北東-南西)	北西	14	3.1	I	C	A	付加体が発達し、プレート境界から分岐する断層
trench_N_25	逆断層	(北東-南西)	北西	17	2.7	I	C	A	付加体が発達し、プレート境界から分岐する断層
trench_N_26	逆断層	北東-南西	北西	24	6.0	I	C	A	付加体が発達し、プレート境界から分岐する断層 (2017/01)
trench_N_27	逆断層	北東-南西	北西	30	5.5	I	C	A	付加体が発達し、プレート境界から分岐する断層
trench_N_28	逆断層	北東-南西	北西	28	6.1	I	C	A	海溝軸で発達する堆積層内の断層
trench_N_29	逆断層	北東-南西	北西	11	5.2	I	C	A	付加体が発達し、プレート境界から分岐する断層
trench_N_30	逆断層	(北東-南西)	北西	15	4.6	I	C	A	付加体が発達し、プレート境界から分岐する断層
trench_N_31	正断層	(北東-南西)	南東	24	4.8	I	C	A	島棚斜面に発達する、ブロック状に傾倒する
trench_N_32	正断層	(北東-南西)	南東	21	2.1	I	C	A	島棚斜面に発達する、ブロック状に傾倒する
trench_N_33	正断層	(北東-南西)	南東	21	5.2	I	C	A	島棚斜面に発達する、ブロック状に傾倒する
trench_N_34	正断層	(北東-南西)	南東	11	2.6	I	C	A	島棚斜面に差し目傾斜で発達する
trench_N_35	正断層	(北東-南西)	南東	15	1.5	I	C	A	島棚斜面に発達する、ブロック状に傾倒する
trench_N_36	正断層	(北東-南西)	南東	13	2.4	I	C	A	島棚斜面に発達する、ブロック状に傾倒する
trench_N_37	正断層	北東-南西	南東	20	2.1	I	C	A	フラワー構造の中央部、断層崖が発達しリッジを形成する。
trench_N_38	正断層	(北東-南西)	南東	12	2.6	I	C	A	島棚斜面に差し目傾斜で発達する
trench_N_39	逆断層	(北東-南西)	北西	28	2.1	I	C	A	海溝軸で発達する堆積層内の断層
trench_N_40	逆断層	北東-南西	北西	52	5.2	I	C	A	付加体が発達し、プレート境界から分岐する断層
trench_N_41	逆断層	(北東-南西)	北西	29	2.2	I	C	A	海溝軸で発達する堆積層内の断層
trench_N_42	逆断層	(北東-南西)	北西	42	2.0	I	C	A	海溝軸で発達する堆積層内の断層
trench_N_43	逆断層	(北北東-南南西)	北西	26	1.9	I	C	A	海溝軸で発達する堆積層内の断層
trench_N_44	逆断層	(北東-南西)	北西	29	1.9	I	C	A	海溝軸で発達する堆積層内の断層
trench_N_45	逆断層	(北北東-南南西)	北西	32	4.3	I	C	A	海溝軸で発達する堆積層内の断層
trench_N_46	逆断層	(北北東-南南西)	北西	32	4.7	I	C	A	海溝軸で発達する堆積層内の断層
trench_N_47	逆断層	(北東-南西)	北西	13	3.1	I	C	A	海溝軸で発達する堆積層内の断層
trench_N_48	逆断層	(北北東-南南西)	北西	26	3.3	I	C	A	海溝軸で発達する堆積層内の断層
trench_N_49	逆断層	北東-南西	北西	23	2.2	I	C	A	海溝軸で発達する堆積層内の断層
trench_N_50	逆断層	北東-南西	北西	15	3.5	I	C	A	海溝軸で発達する堆積層内の断層
trench_N_51	逆断層	北東-南西	北西	17	2.5	I	C	A	海溝軸で発達する堆積層内の断層
trench_N_52	逆断層	(北東-南西)	北西	16	2.2	I	C	A	海溝軸で発達する堆積層内の断層
trench_N_53	逆断層	(北東-南西)	北西	25	2.8	I	C	A	海溝軸で発達する堆積層内の断層
trench_N_54	逆断層	北東-南西	北西	29	1.0	I	C	A	海溝軸で発達する堆積層内の断層
trench_N_55	逆断層	北北東-南南西	北西	33	1.1	I	C	A	海溝軸で発達する堆積層内の断層
trench_N_56	逆断層	(北東-南西)	北西	9	1.7	I	C	A	海溝軸で発達する堆積層内の断層
trench_N_57	逆断層	北東-南西	北西	23	2.6	I	C	A	海溝軸で発達する堆積層内の断層
trench_N_59	逆断層	(北北東-南南西)	西	26	1.1	I	C	A	海溝軸で発達する堆積層内の断層
trench_N_60	逆断層	(北東-南西)	北西	26	3.0	I	C	A	海溝軸で発達する堆積層内の断層
trench_N_61	逆断層	(北東-南西)	北西	32	3.9	I	C	A	海溝軸で発達する堆積層内の断層
trench_N_63	逆断層	(北東-南西)	北西	17	4.3	I	C	A	付加体が発達し、プレート境界から分岐する断層
trench_N_64	逆断層	北東-南西	北西	19	4.5	I	C	A	付加体が発達し、プレート境界から分岐する断層
trench_N_65	逆断層	北東-南西	北西	34	4.0	I	C	A	付加体が発達し、プレート境界から分岐する断層
trench_N_66	逆断層	北東-南西	北西	20	3.6	I	C	A	前弧海盆に発達した撓曲
trench_N_67	逆断層	北東-南西	北西	12	3.0	I	C	A	前弧海盆に発達した撓曲 (2017/01)
trench_N_68	逆断層	(北東-南西)	北西	27	1.6	I	C	A	プレート上の海山・海嶺によって隆起する構造内の断層
trench_N_69	逆断層	(北東-南西)	北西	25	1.8	I	C	A	海溝軸で発達する堆積層内の断層
trench_N_70	逆断層	(北-南)	西	23	1.5	I	C	A	前弧海盆に発達した撓曲
trench_N_71	逆断層	北東-南西	北西	26	2.1	I	C	A	前弧海盆に発達した撓曲

4) 日本海域における断層の見直し作業

本プロジェクトでは、日本周辺の海域断層イメージを得るため、民間企業や研究機関が所有する反射法データ等の収集を行い、統一的に整理し、効率的に検索できるデータベースシステムを構築することが目的の一つである。そのため、新規データの追加に伴って断層既往解釈海域についても、定期的な断層分布の更新が必須となる。そこで本年度は、日本海域の赤色立体地形図が新たなデータとして追加されたため、南西諸島周辺海域の断層解釈作業と並行して、平成 26 年度業務成果として得られた日本海域の断層分布について、詳細な海底地形を参考に断層の見直し作業を実施した。

a) 作業方針

海底面には地震活動や構造運動に伴い変位や変形が生じるため、海底地形はその地域のテクトニクスや構造発達史を解明する重要な手がかりの一つである。断層調査において詳細な海底地形データを活用することで、断層の有無やその連続性の評価にあたりその精度・信頼性を向上させることができる。

今回使用した赤色立体地形図は、一部マルチビームによる高品質な海底地形データを用いて作成されており、本作業では詳細な海底地形図と反射記録断面図をもとに断層延長あるいは分割といった既往解釈断層の連続性を含めた断層解釈を実施した。加えて、横ずれ断層が多く発達する山口県沖について、三次元反射法地震探査データ（以下、「3D 反射法データ」）を活用し、新規断層の有無について検討した。

なお、断層の認定基準は平成 26 年度事業に準拠し、その基準は以下の通りである。

反射記録断面上での断層認定の基準

- ✓ 地質構造（堆積層内での変位、撓曲など）に変形が認められる
- ✓ 且つ、海底地形の変位が見られる

断層面を特定する基準

- ✓ 断層が反射記録断面上で明確に認定できる
- ✓ 地質構造から、同じ断層と認識できる
- ✓ 新規断層の場合、連続して 3 測線以上の反射記録断面上で確認できる

海底地形から断層の長さを延長できそうな場合でもそのエリアに反射法測線が存在せず、反射記録断面図で断層の有無を確認できない場合にはその断層は延長していない。なお、ランク付けは、平成 26 年度に実施した日本海の断層解釈作業を踏襲した。

b) 追加データ：赤色立体地形図

赤色立体地形図は、文部科学省の地震防災研究戦略プロジェクト「日本海地震・津波調査プロジェクト」の受託研究の一環として、JAMSTEC が作成したもので、そ

の地形データ統合範囲は北緯 33 度～46 度、東経 128 度～142 度である（図 74）。陸域の地形データについては、国土地理院発行「国土地理院数値地図 50m メッシュ（標高）」及び SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) の SRTM-3（3 秒メッシュ、90 m）を、海域については以下の 4 種類を用いている。

- ✓ JCG と JAMSTEC の船舶によって取得されたデータ（マルチビーム）
- ✓ JCG 海洋情報部海洋情報課/海洋データセンターの J-EGG500（500 m メッシュ）
- ✓ 一般財団法人日本水路協会発行「海底デジタルデータ」M7000 シリーズ
- ✓ GEBCO (General Bathymetric Chart of the Oceans) のデータ

陸域の地形に関して、日本領土内は国土地理院のデータを使用し、日本の領土外は SRTM データを用いている。海域の地形については、データの品質・分解能を考慮して、JCG・JAMSTEC データ、M7000 データ、J-EGG データ、GEBCO データの順で基本的にデータが採用されている。作成された赤色立体地形図が図 75 である。

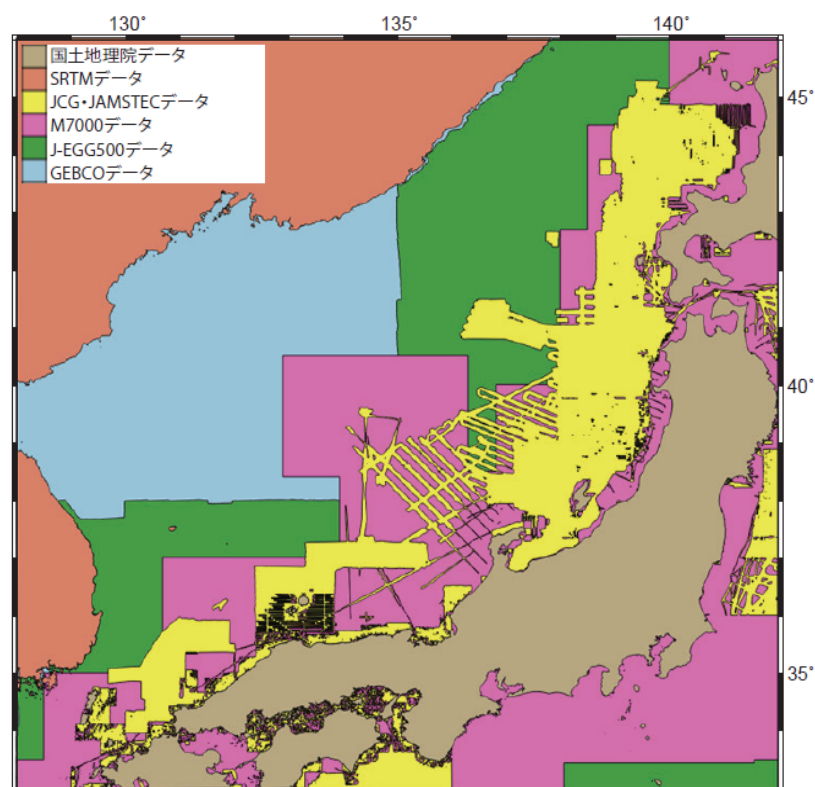


図 74 赤色立体地形図の統合データ範囲と使用したデータの分類
(野・他, 2015)

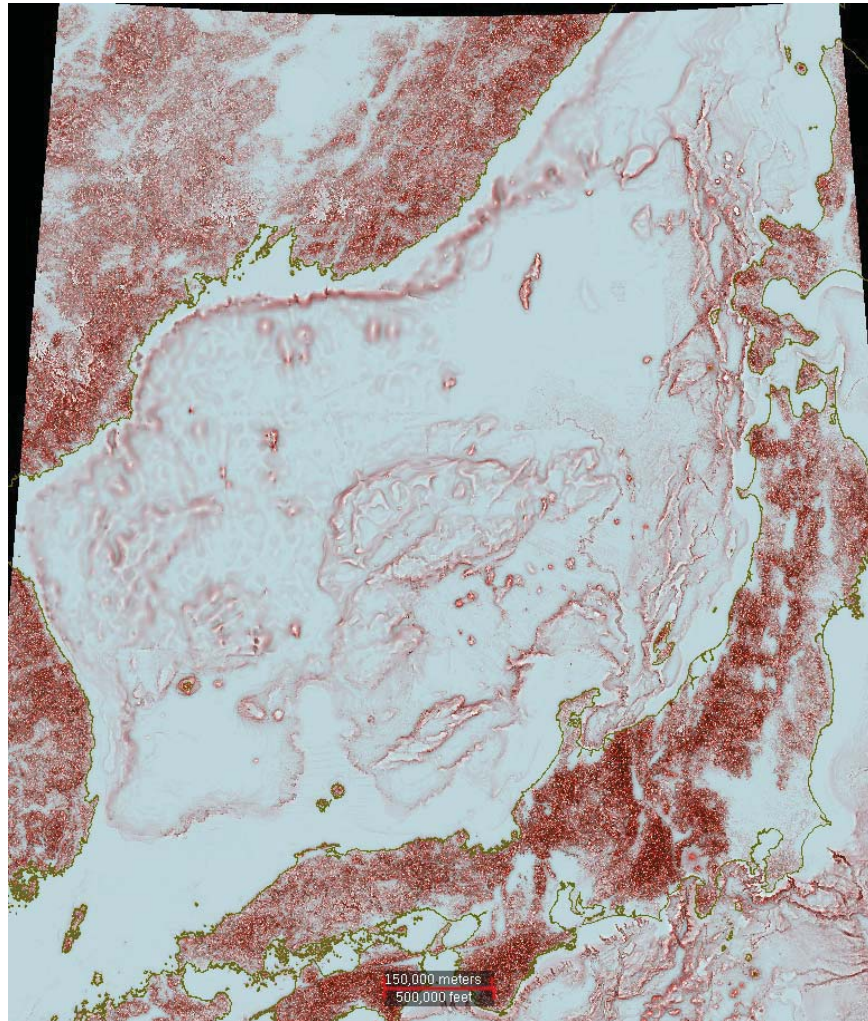


図 75 赤色立体地形図（日本海域）

c) 修正及び新規追加断層

本見直し作業を通して 32 断層が修正及び新たに追加された（図 76）。その内訳を海域別に表 12 に示す。なお、表中の「WG 報告書」は、日本海における大規模地震に関する調査検討会海底断層ワーキンググループ報告書（日本海における大規模地震に関する調査検討会海底断層ワーキンググループ，2014）で認定された海域断層で、今回本プロジェクトでも認定されたものを指す。

修正された断層は、海底地形と反射記録断面図の解釈をもとに数 km の延長あるいは短縮されたものがほとんどであり、その地域の応力場と周辺に発達する断層タイプから正断層から逆断層に変更した北海道積丹半島南西沖の断層（HKD-32）を除き、その多くは大きな修正ではない。新規に追加された断層については、沿岸部を中心に断層長が 10～20km 程度の比較的小規模なものである。海域別の断層の特徴は平成 26 年度事業成果報告書にまとめられたとおりであり、ここでは大きく修正を加えた断層及び新たに追加した断層について述べる（図 76）。

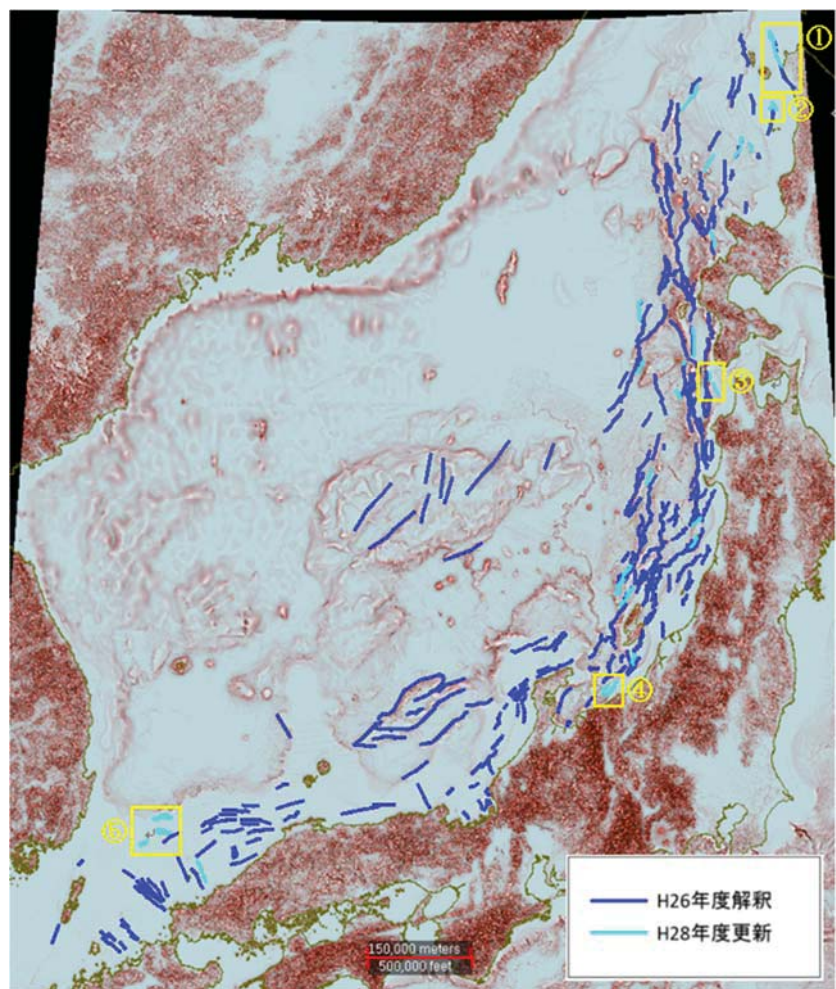


図 76 修正及び新たに追加された断層（水色）

表 12 H28 年度更新で修正及び追加された断層数（海域別）

	修正	追加	
		WG 報告書	新規
北海道西方沖	6	1	3
青森県西方沖	0	0	4
秋田県沖	1	0	2
山形県沖	0	1	0
新潟県沖	3	1	3
山口県沖	0	1	6
計	10	6	16

以下、黄枠の断層について詳述する。

i) 北海道北西方沖

稚内西方沖にはサロベツ原野周辺と同様に地下構造に東に傾斜する顕著な逆断層と複数の背斜構造が存在し、本作業では逆断層 HKD-48（図 76 の①）の南部に

修正を加えた。

図 77 が示すように稚内西方沖には複数の背斜構造が存在し、平成 26 年度成果では断層 HKD-48 の南部は天塩平野沿岸部に存在する稚咲内背斜に沿うように解釈されていた（図 77 の青線）。今回の更新では、B-B' 断面において稚咲内背斜の方向に伸びる位置に断層は確認できず（図 77 左図及び図 78 の赤矢印）、むしろ A-A' 断面と同様にユークル背斜の西翼部に断層が位置するため、ユークル背斜に関連した断層と解釈として断層南部を背斜軸の傾向と調和するように修正した（図 78 及び図 79 の青矢印）。また、この断層の北部の解釈について、ブーマーマルチチャンネル音波探査データ等を活用した、「沿岸海域における活断層調査 サロベツ断層帯（海域部）」の成果報告書（独立行政法人産業技術総合研究所、北海道立総合研究機構地質調査所，2013）では、断層 HKD-48 北端から南に約 10 km の地点で断層を分割し、背斜構造の分布に調和するように北側と南側で別々の断層として解釈している（図 80、北側：青い楕円、南側：赤い楕円）。この点において本業務成果とは異なる解釈結果であるため、今後新たなデータが追加された際に改めて検討する必要がある。

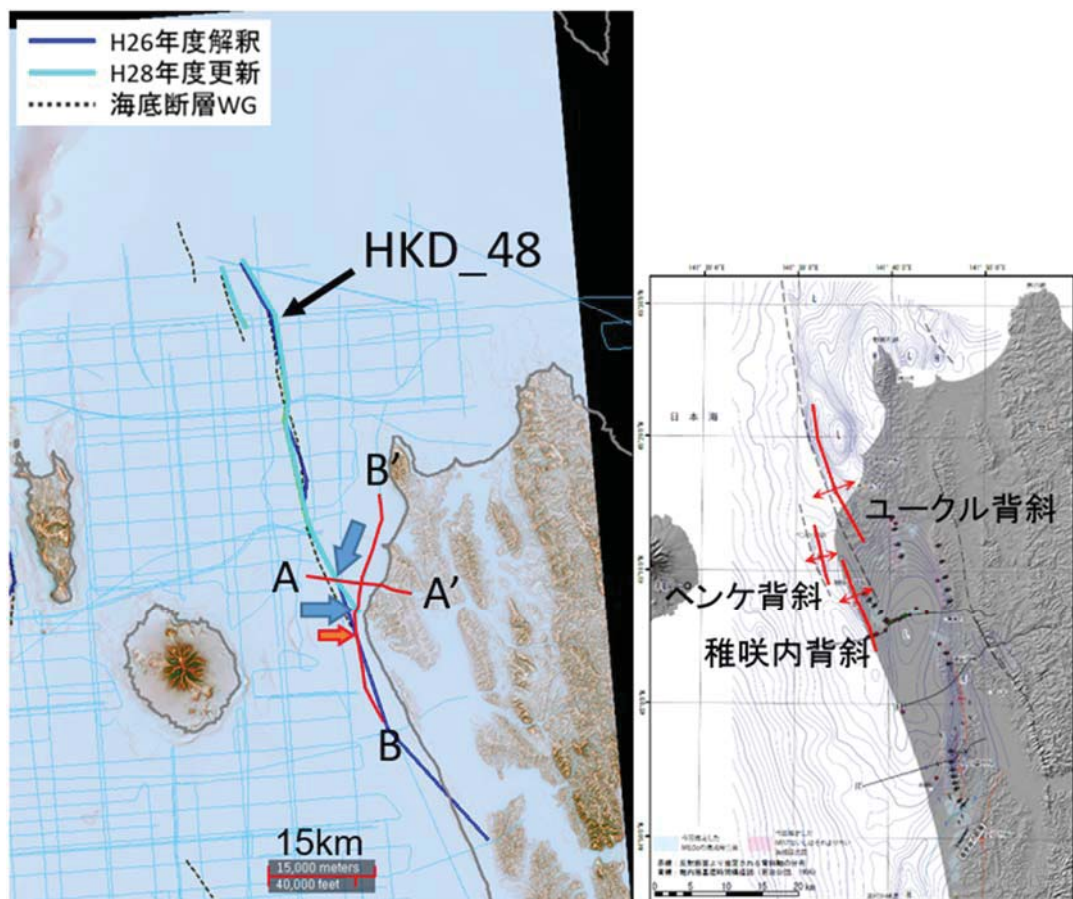


図 77 断層 HKD-48 位置図（左図）とサロベツ原野周辺の背斜軸の分布（右図）
（右図は地震調査研究推進本部地震調査委員会（2007）「サロベツ断層帯の
評価」に一部加筆。）

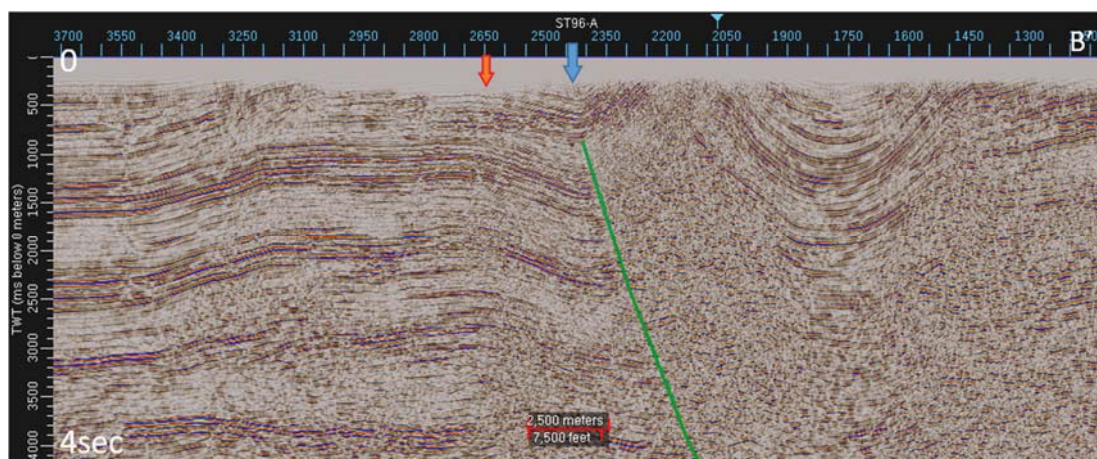


図 78 断層 HKD-48 の B-B' 反射記録断面図（時間断面）

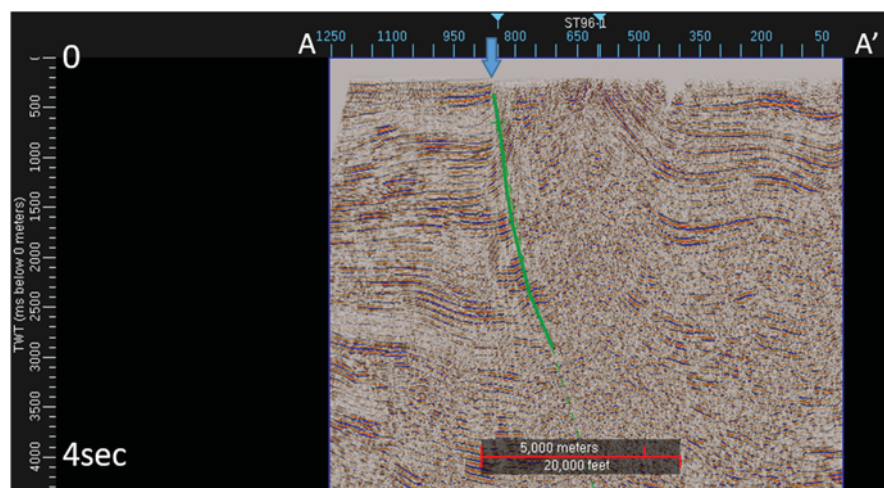


図 79 断層 HKD-48 の A-A' 反射記録断面図（時間断面）

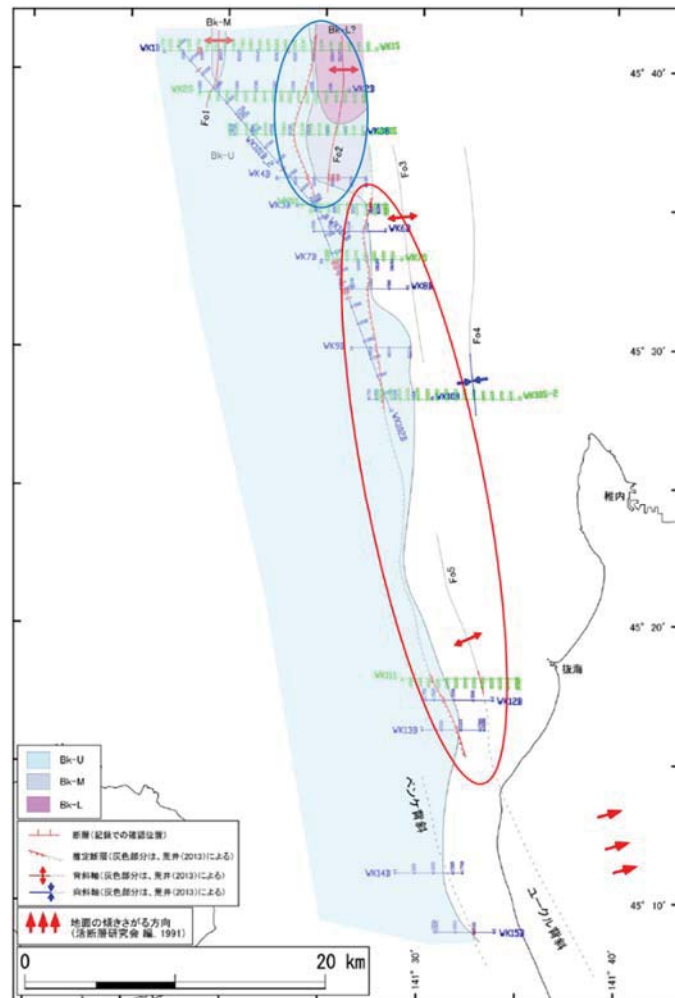


図 80 サロベツ断層帯（海域部）地質構造図（平成 24 年度「沿岸海域における活断層調査 サロベツ断層帯（海域部）」成果報告書から引用、一部加筆。）

さらに、利尻島南方、平成 22 年度に実施された基礎物理探査「天北西方 3D」の 3D 反射法データを活用し、新規断層を特定した（図 76 の②、図 81）。図 82 は、サイスミックアトリビュート計算により海底面付近の地震波反射面の不連続部分を暗色に抽出したもの（Discontinuity Attribute）である。この図から、北東～北北東方向のリニアメントが確認でき、反射記録断面図ではこれら不連続部分は断層して確認できる。しかし、これらの断層の多くは断層長 5 km 前後と小規模であり、海底面までその変位が達するものはほとんど存在しない。今回特定した 2 断層（HKD-51 と HKD-52）は共役関係にあり、この地域では北北東方向のリニアメントが卓越することから、HKD-52 が主として発達し、HKD-51 は副次的に形成された断層であると推測される。これら断層の規模は断層長 10km 程度と小さく、海底面付近まで変位が達しているものの、海底地形及び反射記録断面において海底地形の変形が認められない（図 83）。

Terakawa and Matsu'ura (2010) によると、この地域の現在の応力場は逆断層タイプまたは横ずれ断層タイプであり、反射記録断面上ではその鉛直方向の変

位から正断層として解釈したが、鉛直方向の変位を伴う横ずれ断層の可能性がある。

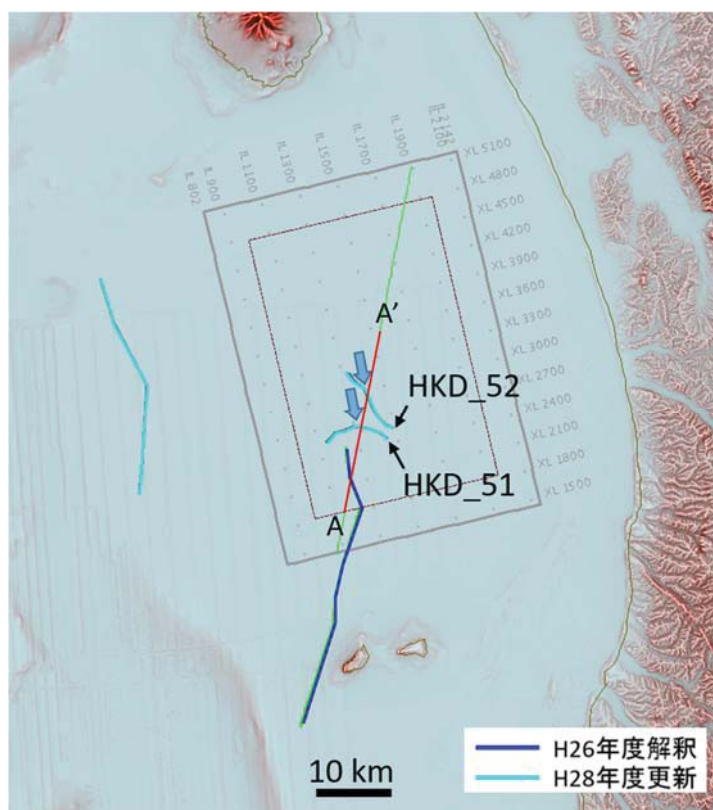


図 81 新規断層 HKD-51 及び HKD-52 の位置図

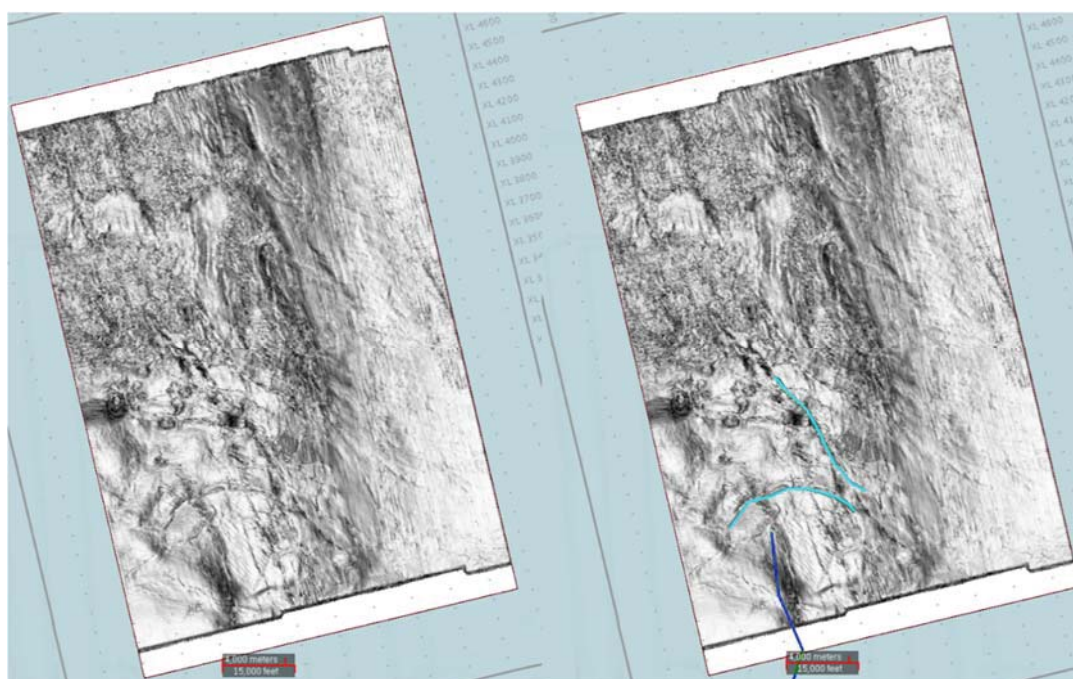


図 82 500ms タイムスライス：サイスミックアトリビュート
(左図と右図はそれぞれ、断層解釈なしと断層解釈入りを示す。)

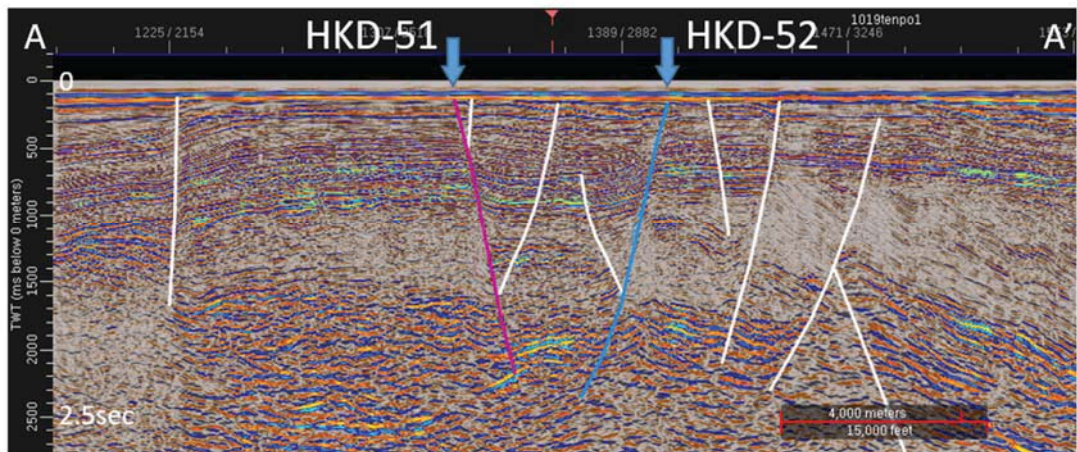


図 83 新規断層 HKD-51 及び HKD-52 の A-A' 反射記録断面図（時間断面）

ii) 青森県西方沖

津軽海峡西方沖、西津軽海盆の東側、西津軽堆の南西に位置する逆断層 AOM-18 を新たに追加した（図 76 の③、図 84）。

海底地形には西津軽鞍部の南西に沿った比較的小規模な撓曲崖として現れており、反射記録断面図では背斜構造に関連した東傾斜の逆断層として認定できる

（図 85）。この断層により西津軽海盆と西津軽鞍部との間に小規模な堆積盆地が形成されている。断層の変位が海底面まで達しているかは不明瞭であり、その活動時期についても不明だが、断層の下盤側では上盤側に比べて浅層堆積物が厚く堆積する様子が確認できる（図 85）。

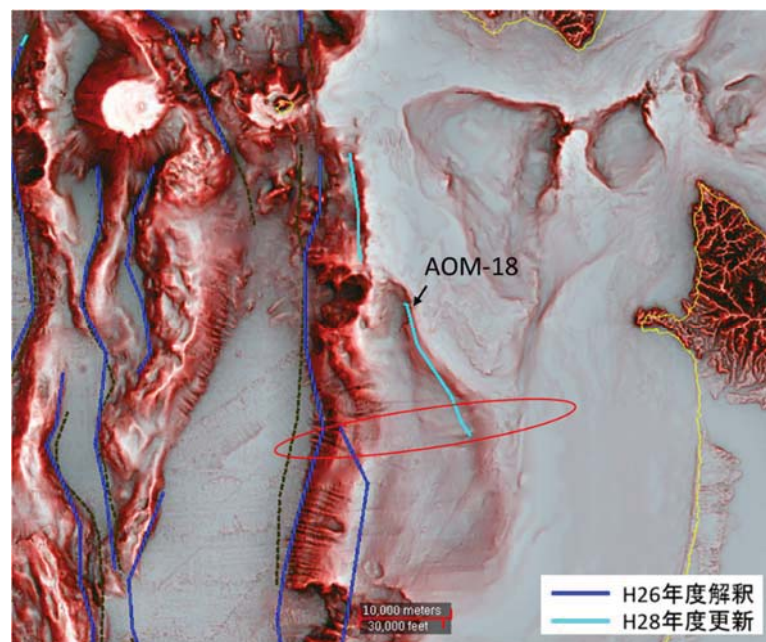


図 84 新規断層 AOM-18 の位置図

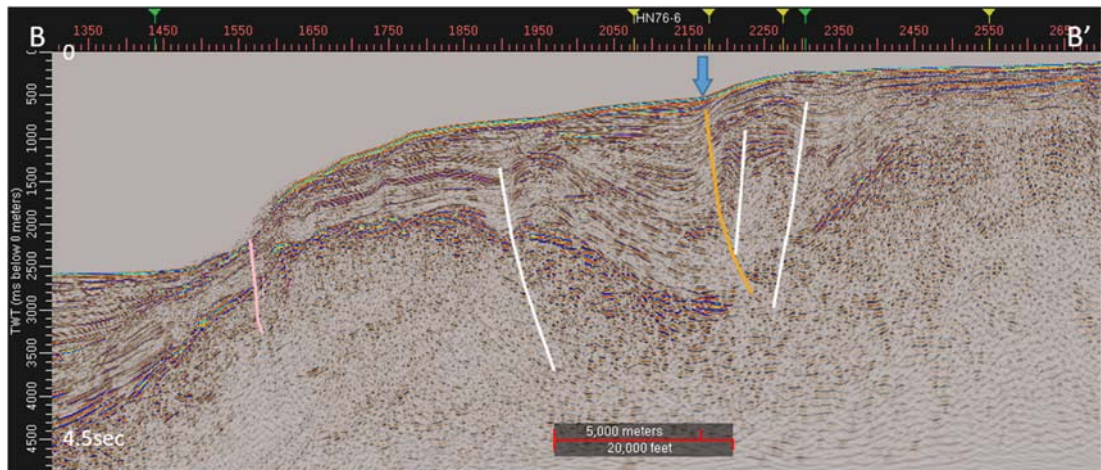


図 85 新規断層 A0M-18 の反射記録断面図（時間断面）

iii) 新潟県沖

糸魚川北方沖に北東－南西方向の逆断層を新たに特定した（図 76 の④及び図 86）。ここでは逆断層 NGT-38 を例に示す。

この海域の応力場は東西方向の圧縮応力であり、地質構造は北東－南西方向で非対称的な褶曲と覆瓦状の逆断層系が発達する。新規断層として追加した NGT-38 は、東側が隆起した東傾斜の逆断層であり、海底地形には糸魚川北方沖陸棚縁辺（図 86 の A、B、C のエリア）に撓曲崖として現れる（図 87）。しかし、エリア B の反射記録断面では背斜頂部堆積層の削剥された様子が確認でき、そのため現在は活動していない古断層の可能性がある。

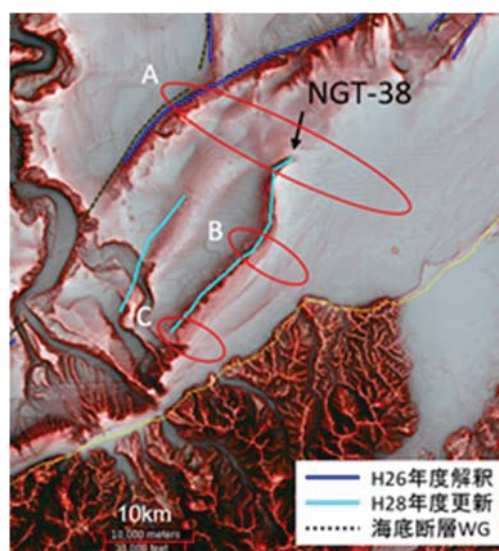


図 86 新規断層 NGT-38 位置図



図 87 新規断層 NTG-38 のエリア A の反射記録断面図（時間断面）

iv) 山口県沖

長崎県上対馬町の北東約 130km 沖合で平成 23 年度に取得された「山口沖 3D」の 3D 反射法データを活用して、サイスミックアトリビュート計算の結果をもとに新規の横ずれ断層を特定した（図 76 の⑤、図 88、図 89）。

調査地域は北端を除いて北西方向への緩傾斜する陸棚上に位置し、赤色立体地形図では比較的平坦な海底地形を示し、明瞭なリニアメントは認められない。そこで、断層の有無を評価するためサイスミックアトリビュート計算により海底面付近の反射面の不連続性を抽出し、浅部断層の解釈に利用した。使用したサイスミックアトリビュートでは水平方向の不連続部分を暗色で表現しており、海底面付近である 500 msec のタイムスライスにおいて東北東－西南西方向のリニアメントが発達することが示された（図 90）。反射記録断面図での断層解釈と合わせると、東北東の走向を持つ南傾斜の正断層が卓越し、それと斜交する北傾斜の副次断層が多数存在することが明らかとなった（図 91）。この断層の配列は、図 92 のような右横ずれ断層の解放性屈曲にみられる特徴であり、断面上では負のフラワー構造が確認できる（図 90）。そのため、本海域に発達する断層は右横ずれ成分を伴う正断層であると考えられ、個々の断層の長さは最長でも 19 km と小規模であるが、複数の小規模断層が雁行配列し形成する東北東－西南西方向の断層群と解釈するのが妥当と思われる。Terakawa and Matsu'ura (2010) によると、本海域周辺では東西から西北西－東南東の最大圧縮応力軸が卓越しており、断層の形状及び発達方向は現在の応力場と調和的な結果である。

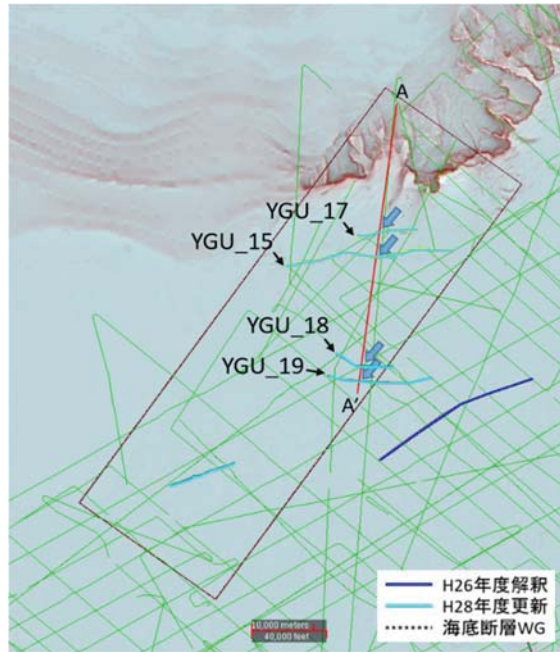


図 88 山口県沖 新規断層の位置図

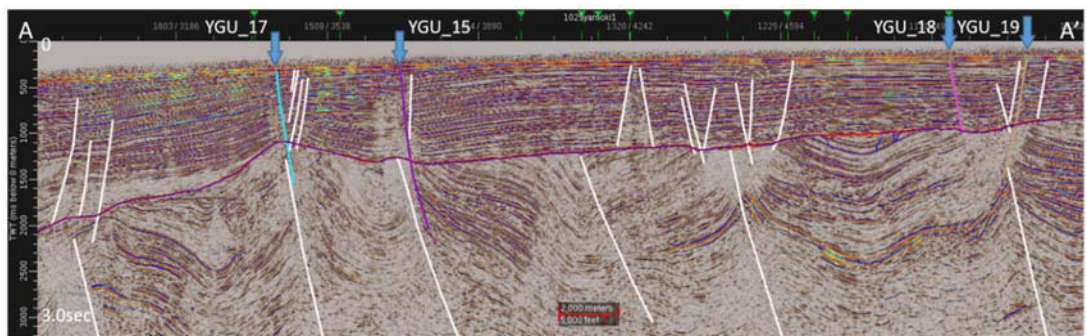


図 89 A-A' 反射記録断面図（時間断面）

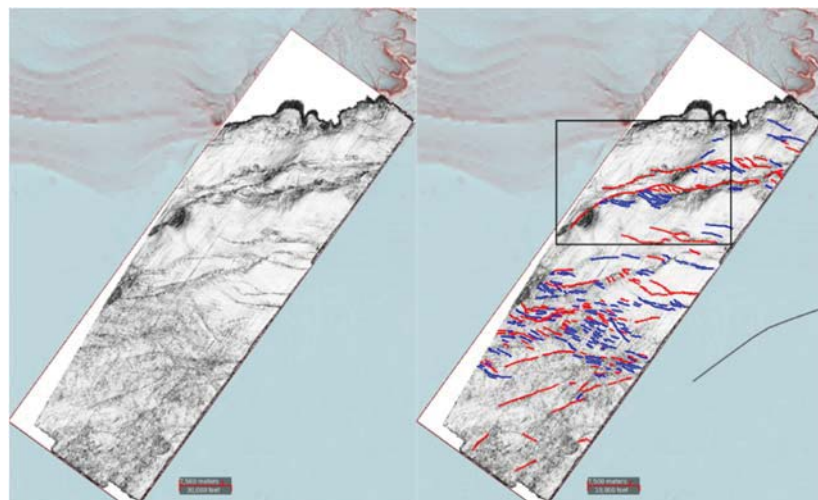


図 90 500 msec のタイムスライス：サイズミックアトリビュート
 （左図と右図はそれぞれ、解釈なしとありを示す。）
 （赤色：南傾斜断層、青色：北傾斜断層）

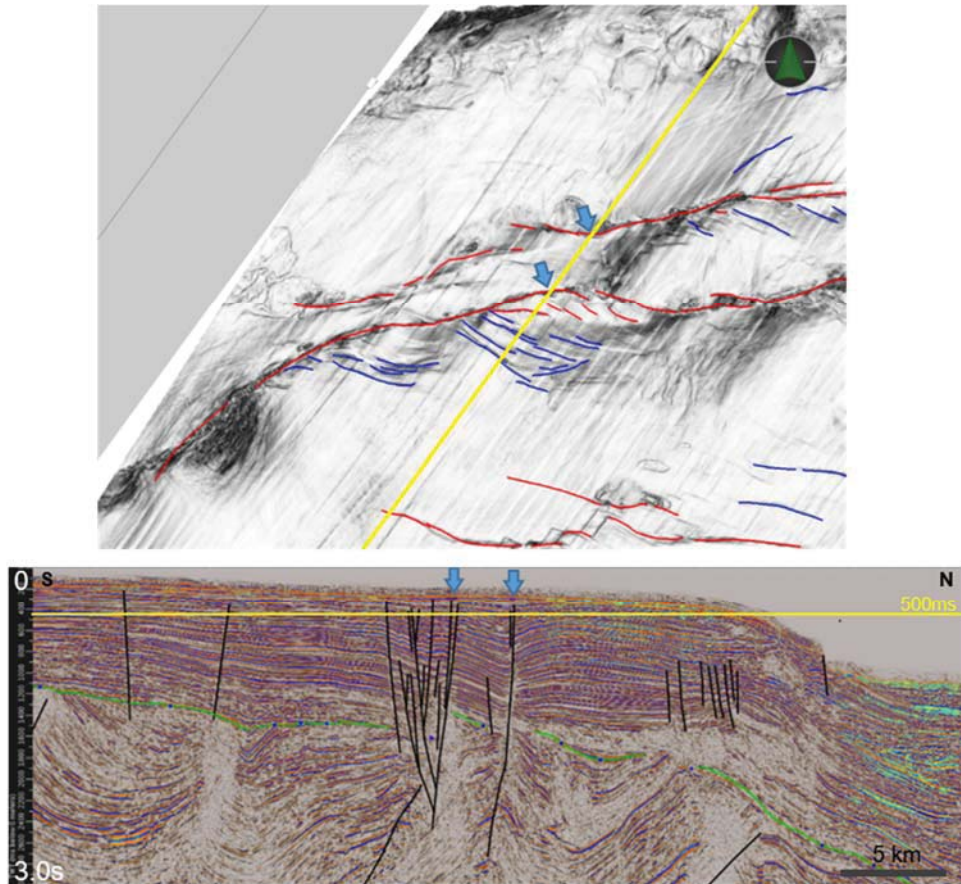


図 91 (上図) 500 msec のタイムスライス
(下図) 反射記録断面図 (黄線)
(上図の位置は、図 90 の黒枠内)

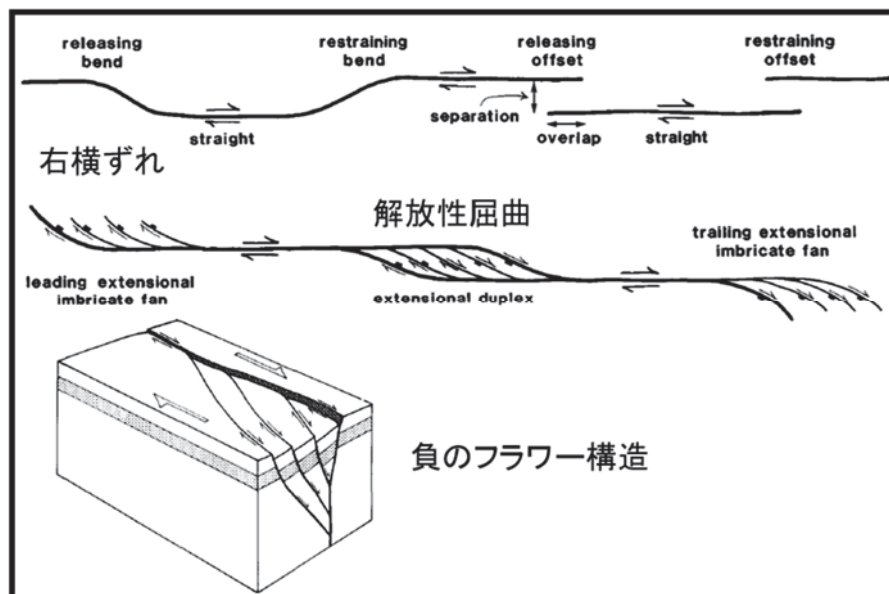


図 92 右横ずれ断層の解放性屈曲とそれに伴って形成される負のフラワー構造の模式図 (Woodcock & Fischer, 1986 から抜粋、一部加筆。)

今回の見直し作業の結果をもとに更新した日本海海域の断層分布図を図 93 に示す。データの量及び質の問題から断層評価を十分に実施できていない海域があり、今後も新たなデータの収集・蓄積に伴い、定期的な断層分布の更新作業が必須である。特に、秋田県沿岸など沿岸エリアでは、いくつかの測線で断層が確認されているものの、その測線密度の低さから、断層の特定にまでは至っていない。陸上の活断層との関連を踏まえた、沿岸エリアの断層分布を明らかにすることが今後の課題である。

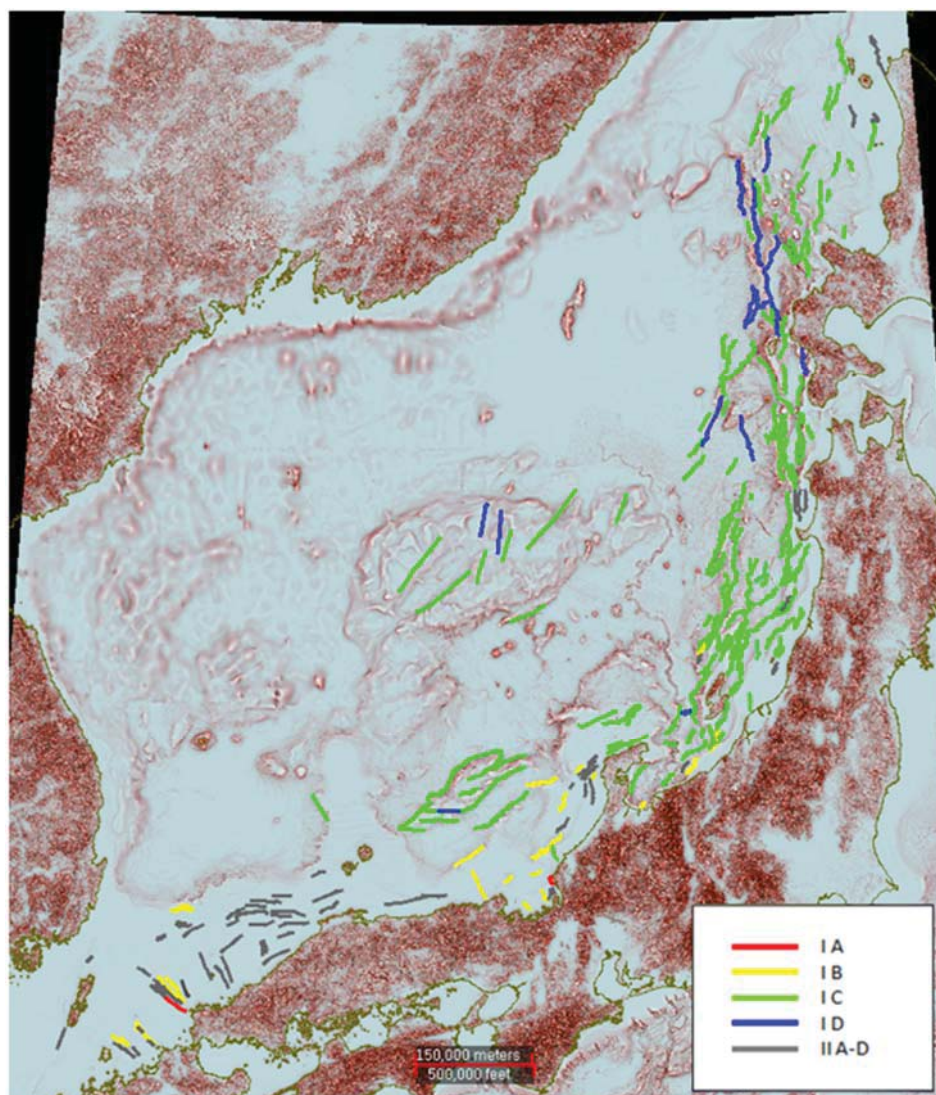


図 93 断層分布図（平成 28 年度更新）（断層ランクは表 8 参照）

(d) 引用文献

地震調査研究推進本部地震調査委員会，サロベツ断層帯の評価，2007.

日本海における大規模地震に関する調査検討会海底断層ワーキンググループ，日本海における大規模地震に関する調査検討会海底断層ワーキンググループ報告書，2014.

野 徹雄，平松孝晋，佐藤 壮，三浦誠一，千葉達朗，上山沙恵子，壺岐信二，小平秀一，日本海及びその周辺の地形データの統合と赤色立体図，JAMSTEC Rep. Res. Dev, 22, 13-29, 2015.

独立行政法人産業技術総合研究所，北海道立総合研究機構地質調査所，岸海域における活断層調査（サロベツ断層帯海域部）委託業務成果報告書，2013.

Terakawa, T., and M. Matsu'ura, The 3-D tectonic stress fields in and around Japan inverted from centroid moment tensor data of seismic events, Tectonics, 29, 2010.

徳山英一，本座栄一，木村政昭，倉本真一，芦寿一郎，岡村行信，荒戸裕之，伊藤康人，徐垣，日野亮太，野原壮，阿部寛信，坂井真一，向山建二郎，日本周辺海域中新世最末期以降の構造発達史，海洋調査技術，第 13 巻 第 1 号，p. 27-53, 2001.

Woodcock, N.H., and Fischer, M., Strike-slip duplexes, Journal of Structural Geology, 8, 725-735, 1986.

3. 3 海域における断層モデルの構築

(1)業務の内容

(a)業務題目 海域における断層モデルの構築

(b)担当者

所属機関	役職	氏名
国立研究開発法人防災科学技術研究所	部門長	藤原 広行
	総括主任研究員	平田 賢治
	主任研究員	中村 洋光
	主幹研究員	大角 恒雄
	主任研究員	森川 信之
	主任研究員	前田 宜浩
	主任研究員	河合 伸一

(c)業務の目的

サブテーマ(2)で再解析・解釈して求めた日本周辺海域の三次元断層分布から、断層面の広がり大きい主断層を抽出し、断層モデルを構築する。M7程度以上であると推定されるもので、かつ、津波や地震動の記録が存在する地震の震源断層と考えられるものについては、地震動と津波のシミュレーションを行うことにより、構築した断層モデルの妥当性を検証する。モデル構築及びシミュレーションについては、必要に応じて地震調査研究推進本部地震調査委員会の下に設置された評価部会等に報告し、その議論も踏まえて進める。また、断層分布と地殻内の変形構造との整合性を確認する。

(d)7 ヶ年の年次実施業務の要約

1)平成 25 年度：

サブテーマ(1)でのデータベース(以下、DB)構築と平行して、断層モデルの構築手法を検討した。

2)平成 26 年度：

解釈を終えた日本海の断層分布から主断層を抽出、津波や地震動の記録が存在する M7 程度以上の断層モデルについて、強震動や津波のハザード評価に資する検討を行った。

3)平成 27 年度：

解釈を終えた日本海の断層分布から主断層を抽出、津波や地震動の記録が存在する M7 程度以上の断層モデルについて、強震動や津波のハザード評価に資する検討を行った。

4)平成 28 年度：

解釈を終えた南西諸島海域の断層分布から主断層を抽出、津波や地震動の記録が存在する M7 程度以上の断層モデルについて、強震動や津波のハザード評価に資する検討を行った。断層モデル例を公開システムの仕様検討担当のサブテーマ(1)に

提供を行った。

5) 平成 29 年度：

解釈を終えた南西諸島海域の断層分布から主断層を抽出、津波や地震動の記録が存在する M7 程度以上の断層モデルについて、強震動や津波のハザード評価に資する検討を行う。

6) 平成 30 年度：

解釈を終えた伊豆・小笠原海域の断層分布から主断層を抽出、津波や地震動の記録が存在する M7 程度以上の断層モデルについて、強震動や津波のハザード評価に資する検討を行う。

7) 平成 31 年度：

解釈を終えた南海トラフ域の断層分布から主断層を抽出、津波や地震動の記録が存在する M7 以上の断層モデルについて、強震動や津波のハザード評価に資する検討を行う。評価した断層モデル全体を取り纏め、データ公開システム上での検索・表示内容の検証を行う。

(2) 平成 28 年度の成果

(a) 業務の要約

当該年度においては、津波や地震動の元となる断層モデルの構築手法を検討した。その際、サブテーマ(1)、(2)の検討から得られる主断層の断層パラメータの確からしさ等の質の違いに応じたモデル化を考慮した。また、構築した断層モデルの妥当性を、津波や地震動のシミュレーションを用いて検証するための手法を検討した。具体的には、南西諸島南部において自治体の被害想定を含む既往の津波波源の検討結果等を踏まえ、日本海で発生した過去の津波や地震動の記録を中心に、系統的に収集・整理し、それらとシミュレーション結果を比較すること等により断層モデルの妥当性を検証する手法を検討した。南西諸島海域の 142 本の断層について合計 284 の断層モデルを設定した。今年度業務においては、南西諸島南部海域で得られたデータに基づいた断層モデルの構築方法についての検討を行った。また、断層下端はコンラッド面とモホ面の間に存在すると考え、断層下端深度については認識論的不確定性を考慮した。コンラッド面とモホ面の間で実際の地震は留まっていると考え、不確定性の幅として、実際に起こる地震による津波も、その間には納まるという考えに基づき感度解析を実施した。

(b) 業務の実施方法

日本海周辺地域の海域の活断層の活動によるものと考えられる既往の歴史地震津波の波源にかかわる想定断層モデルを整理し、その結果を踏まえて、データが不完全な場合も考慮し、本プロジェクトで提供される断層についてのデータを用いて断層パラメータの不確実性を含む断層モデルを構築する方法を検討した。また、既往文献を参考に今回得られた断層モデルに対し、津波シミュレーションを実施し、津波痕跡値の比較を行なった。断層モデルに基づく地震動指標(震度など)を評価し、歴史資料あるいは観測資料との適合を確認した。津波の予測では、日本海海域全域の津波予測

計算用地形データ(海底及び沿岸で遡上の可能性のある範囲を含む)を作成して計算を行った。さらに、震源不特定の地震の断層モデルを設定するため、代表的な想定波源断層についてパラメータスタディを実施し、日本海周辺海域に設定した断層モデルの各パラメータの違いが沿岸の津波の波高にどれだけ影響するかを検討した。サブテーマ(2)で得られた断層データから断層モデルを設定する方法・ロジックは、今後さらにデータを蓄積し断層モデル設定方法を検討していく必要がある。偶然的ばらつきを考える対象として、スケーリングから与えられるすべり量が挙げられる。ばらつきの範囲がどのくらいなのかは、将来、確率論的な評価を実施するのであれば、ハザードカーブの計算において考慮される。認識論的な不確定性は、ロジックツリーを用いて複数のハザードカーブを計算することにより評価に繋がっていくことになる。また、サブテーマ(2)では、測線密度が粗い南西諸島海域における断層解釈での考え方をもとに、音波探査データのみでなく、地形データや地震活動をもとに断層トレースの検討が行われ、日本海中部地震及び北海道南西沖地震の震源域に設定された断層トレースを、検証用の断層モデルについて検討するパラメータスタディを実施し、パラメータスタディにより選定された断層モデルを用いた詳細計算による検証を行い、付録1及び2に示した。

(c) 業務の成果

1) 準備

a) 南西諸島周辺海域の一部及び九州西岸地域における既往地震津波に関する既往資料の収集

南西諸島周辺海域の一部及び九州西岸地域における既往地震津波に関する既往資料の整理を進めるために、当該地域のテクトニクスに関する情報を収集した。南西諸島海域は、地形的な特徴から以下の3つに大きく区分される(図1)。

- ① 西部から中国大陸より広がる浅海部(東シナ海大陸棚)
- ② 沖縄トラフ・琉球弧(琉球海嶺・南西諸島弧)
- ③ 南西諸島・琉球諸島の島嶼部

南西諸島海溝は琉球弧東側に位置し、フィリピン海プレートが北西方向に向かって沈み込んでいると考えられている。琉球弧から南西諸島海溝に至る大陸斜面は、前弧海盆が発達し、多くの海底谷が大陸斜面を下刻している。

沖縄トラフは東シナ海の大陸棚と琉球諸島の間に位置し、九州から台湾にかけて伸びる海盆である。トラフの北側では平坦な海底に海丘などの浅海域が存在し、沖縄トラフの中・南部では海盆の中軸部にみられる中央地溝帯とその中央の裂け目に貫入する中央海山や海丘がある。また、沖縄トラフの西側斜面はトラフの斜面における第四期火山の活動により複雑に入り組んでいる(図2)。

琉球弧周辺のテクトニクスは背弧海盆の発達として理解されている。背弧海盆は島弧が長さ方向に分裂して形成されるが、これはおおむね島弧列のマグマ軸に沿って起こる。この過程で、マグマ弧が分裂して残存島弧が形成されると、次の

形成過程に入った島弧軸から離れて漂流することになる。背弧海盆はこの海洋底拡大過程にともなって拡大し、成長する。堆積物の多くは活発なマグマ弧から供給されるため、きわめて非対称な堆積作用を形成する。背弧海盆は拡大が数千年程度続いたあとに活動を停止する。

今年度に断層モデルを設定する対象となった南西諸島南部、そして今後の対象である南西諸島北部及び九州西岸地域は基本的に、このようなテクトニクスの影響下にあり、それを踏まえた検討が必要である。

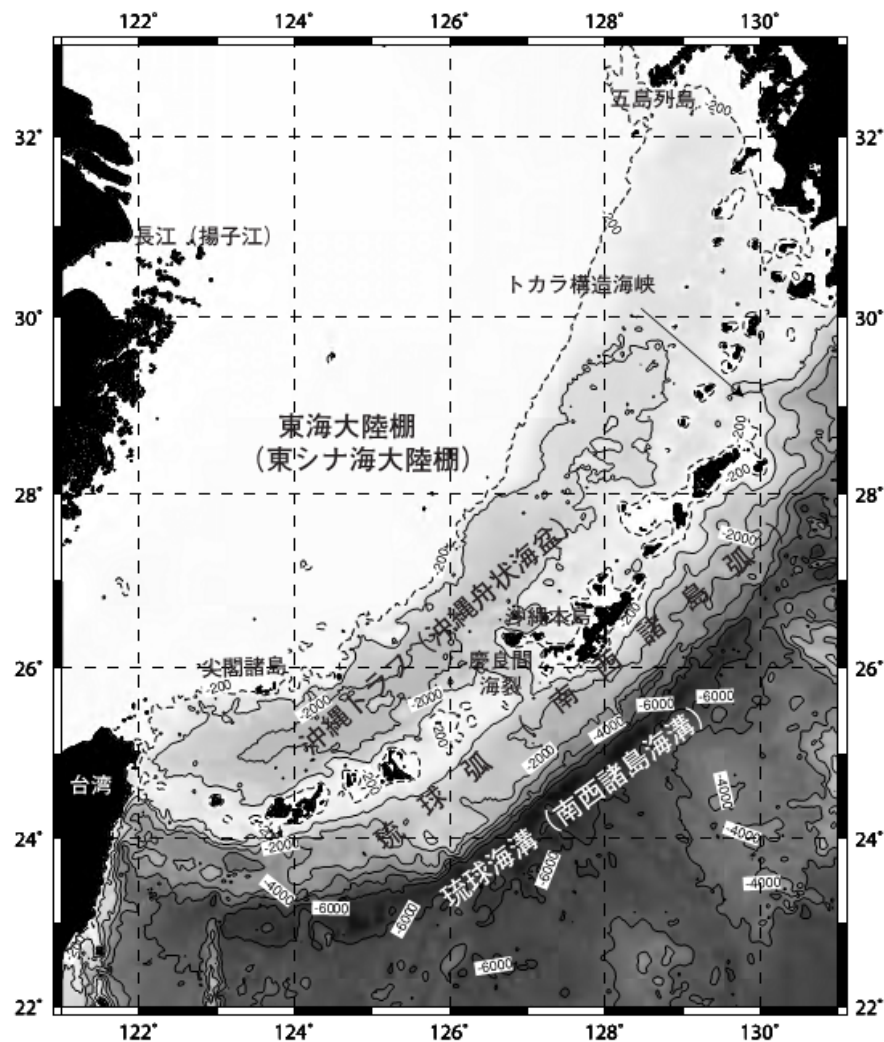


図 1 南西諸島周辺海域の地域図(井上, 2007)。

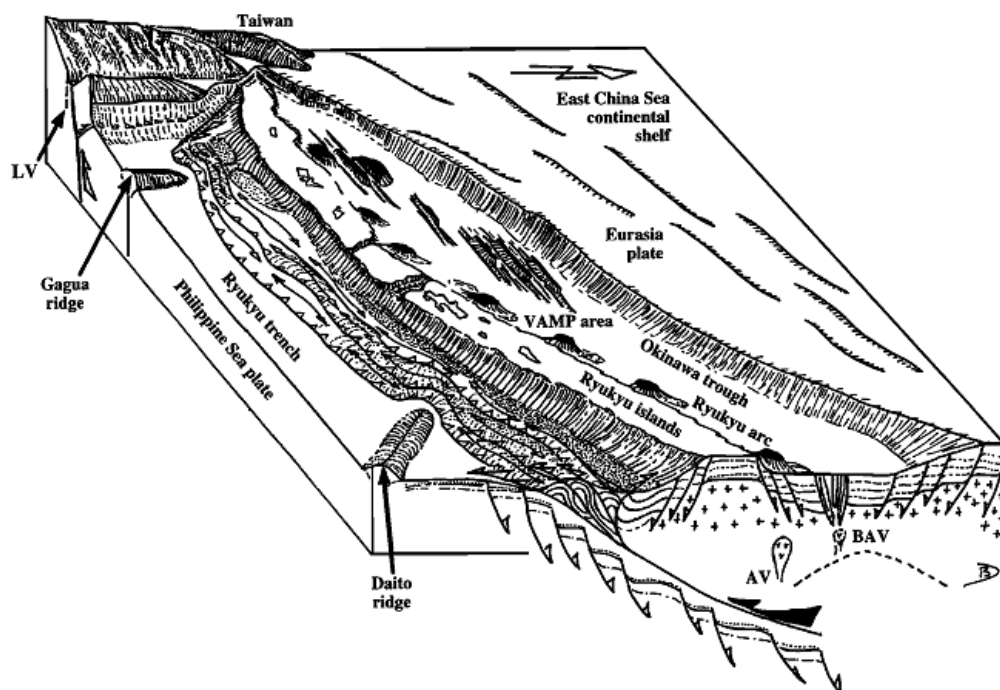


Figure 16. Three-dimensional artist view (B. Deffontaines) of the Ryukyu subduction system looking southwest with the three different types of volcanism (arc, backarc, and cross-backarc volcanisms) which appear in the Okinawa Trough. BAV, backarc volcanism; AV, arc volcanism; LV, Longitudinal Valley.

図 2 沖縄トラフ及び南西諸島海溝周辺の 3 次元イメージ図 (Sibuet et al., 1998)。

南西諸島海域で発生した地震活動のうち、主に被害地震、津波を発生させた地震、 $M6$ 以上もしくは最大震度 4 以上であるものを中心に表 1 にまとめた。なお、表中及び以降の本文中において、「吐噶喇列島」は正式表記が複雑であるため、「トカラ列島」とする。

当該地域で以下の地震に関して、整理した。

- ・ 1911 年奄美大島近海地震 (喜界島地震)
 - ・ 1992 年甕島周辺の地震
 - ・ 1995 年奄美大島近海地震 (喜界島地震)
 - ・ 2010 年沖縄本島近海地震
 - ・ 2015 年薩摩半島西方沖の地震 (甕島周辺)
 - ・ 2016 年トカラ列島近海の地震

 - ・ 1911 年奄美大島近海地震 (喜界島地震)
- 1911 年 6 月 15 日に喜界島の南方で発生した地震であり、この地震の規模については諸説あるものの、宇津 (1982) では $M8.0$ 程度と記載されている。奄美大島の名瀬測候所においては震度 6 相当、那覇で震度 5 相当の揺れが観測されている。フィリピン海プレートがユーラシアプレート (沖縄マイクロプレート) に沈み込む南西諸島海溝で発生した地震であると考えられているが、詳細は不明である。この地震の震源の深さについて、宇津 (1982) のカタログでは 100 km、Gutenberg and Richter (1954) のカタログでは 160 km とされているが、後に後藤 (2012) の研究で

は 60km 程度に求められている。しかし、周辺の地震活動を考えると深さ 10 km の浅部で発生した地震である可能性も考えられる。

都司(1997)の研究では 1 m よりも有意に大きい津波が観測されていることから、震源は浅かったことが示唆されている。また、岩本・後藤(2013)の研究では喜界島地震についての口頭伝承の収集が実施され、喜界島、奄美大島、加計呂麻島での伝承がまとめられた。それによると、喜界島の西海岸及び奄美大島では 5 m 以上の津波があったとされる。また、調査で明らかになった中で最大の津波は喜界島中里で 10m というものだった。これらの調査結果から岩本・後藤(2013)では喜界島地震の震源域は喜界島の北～北東方向にあり、低角逆断層の地震であるとしている。

・ 1992 年甬島周辺の地震

甬島の近傍において M_j 4.9 の地震が発生した。鹿児島県枕崎市において震度 3 が観測され(福岡管区気象台, 1992)、これにより 300 個以上の余震が確認されている。甬島列島の西側には、北西側が低下する急崖(断層)があり、東側には南東側が低下する断層が存在する。これらによって、甬島列島は地塁状の地形となっている(九州活構造研究会, 1989)。この地震の震央周辺では、10 か月くらい前から深さ 5 km 前後で群発地震が発生していた。また、この地震のメカニズム解は九州中部の八代海及び天草灘で発生する地震と調和的な、東西圧縮・南北拡張の横ずれ成分が卓越している(八木原ほか, 1994)。

・ 1995 年奄美大島近海地震(喜界島地震)

奄美大島近海の喜界島の南東で M_j 6.9 の地震が発生し、震源の深さは 37 km であった。喜界島で震度 5、奄美大島の名瀬で震度 4 が観測された。また、喜界島では 3 m 程度の津波が観測された。この地震の翌日には M_j 6.7 の余震が深さ約 21 km で発生した。この余震においても、喜界島で 1.5m の津波が観測されている(都司, 1996)。1995 年の喜界島地震については、清水ほか(1996)によると顕著な前震活動があったとされている。

これらの地震について、笠原・佐藤(1997)は密度が相対的に小さく、「沈み込みに抵抗する海洋側のプレート上の海山部分」と、密度が相対的に大きな「先に沈み込んだ海洋プレート部分」との境界上の正断層の地震であるとしている。

・ 2010 年沖縄本島近海地震

2010 年 2 月 27 日に M_j 7.2 の地震が発生し、震源の深さは 37 km であった。沖縄本島南東部の琉球海溝付近のユーラシアプレート内で発生したと考えられ、北西－南東方向に張力軸をもつ横ずれ断層の地震だと推定されている。沖縄本島及び与論島で震度 5 弱～4 が観測されており、特に沖縄本島で震度 5 以上の揺れが観測されるのは 1909 年以来である。地震動により石垣の崩落等が確認された。この地震で津波警報が沖縄本島に、津波注意報が奄美諸島、トカラ列島、宮古島等に発令されたが、沖縄本島の南城市で約 10cm の津波が観測された以外は津波の観測事例はみられない。

・2015 年薩摩半島西方沖の地震(甕島周辺)

2015 年 11 月 14 日に薩摩半島西方沖(甕島周辺)で **Mj 7.1** の地震が発生し震源の深さが約 17 km であった。この地震は北西－南東方向に圧縮軸を持つ横ずれ型であった。佐賀県、鹿児島県などで最大震度 4 を観測し、九州～近畿地方にいたるまで震度 3～1 を観測している。また、奄美群島及びトカラ列島で津波を観測し、最大はトカラ列島の中之島で 0.3m であった。この地震による余震は比較的少なかった。

・2016 年トカラ列島近海の地震

2016 年 2 月 3 日にトカラ列島近海(宝島・小宝島付近)で地震活動がやや活発化し、2 月 11 日には一連の活動で最大の **Mj 3.0** の地震が発生した(気象庁, 2016)。この時の最大震度は 2 であった。トカラ列島周辺では過去にもまとまった地震活動が知られている(図 3)。1923 年以降でこの領域では **M5.0** 以上の地震が発生することが時々あり、2000 年 10 月に発生した悪石島付近の地震は **Mj 5.9**、最大震度 5 強が今のところ最大である。また、2003 年 8 月にも **Mj 5.2** の地震が発生し、最大震度 4 が観測された。

表 1 南西諸島周辺における主な地震活動

発生 年月日	元号	震央	緯度 (° N)	経度 (° E)	深さ (km)	規模 (M)	最大 震度		出典
1625	寛永 2	石垣島						石垣島樺海村が津波で流出 (八重山島年来記)	「沖縄の歴史地震」琉球大学理学部 HP
1664	寛文 4	沖縄島島	27.9	128.3				死者 1 名。海底の噴火及び津波があったとされる。	「沖縄の歴史地震」琉球大学理学部 HP 「理科年表 平成 24 年」
1768/7/22	明和 5	沖縄本島南西沖	26.2	127.5				石垣の崩壊。慶良間島で津波により田園や民家に被害があった。	「沖縄の歴史地震」琉球大学理学部 HP 「理科年表 平成 24 年」
1771/4/24	明和 8	八重山・宮古群島(八重山地震)	24.0	124.3		7.4	4?	八重山列島及び宮古列島で最大 30m 弱の津波があったとされる。人的被害、建物被害が甚大。	地震調査研究推進本部(2004)
1898/9/1	明治 31	多良間島沖	24.5	124.75		7.0		那覇で石垣の崩壊。	宇津、1990 「沖縄の歴史地震」琉球大学理学部 HP
1901/6/24	明治 34	奄美大島近海	28	130		7.5		奄美大島の名瀬市で石垣の崩壊。宮崎県細島で～25cm の高潮。	宇津、1990 地震調査研究推進本部(2004)
1909/8/29	明治 42	沖縄島付近	26	128		6.2		那覇及びその周辺で家屋の倒壊、死者 2 名。	「理科年表 平成 24 年」
1911/6/15	明治 44	奄美大島近海(喜界島地震)	28.0	130.0	140	8.0	6	死者 12 名。喜界島、奄美大島等で家屋の倒壊。徳之島でがけ崩れ。沖縄本島でも石垣の崩壊がみられた。	地震調査研究推進本部(2004)
1915/1/6	大正 4	石垣島北西沖	25.1	123.3	150	7.4	4	石垣島で石垣が崩壊。	地震調査研究推進本部(2012) 「沖縄の歴史地震」琉球大学理学部 HP
1923/7/13	大正 12	九州地方南東沖	30.9	132.0	44	7.3	4		気象庁震度 DB 検索
1926/6/29	大正 15	沖縄本島北西沖	27.78	126.76	150	7.0	4		気象庁震度 DB 検索
1926/8/7	大正 15	宮古島近海	24.74	124.83	28	7.0	4		気象庁震度 DB 検索
1938/6/10	昭和 13	宮古島北西沖	25.56	125.04	22	7.7	4	宮古島平良港で 1.5m の津波が観測され、栈橋が流された。	地震調査研究推進本部(2004)
1947/9/27	昭和 22	与那国島近海	24.7	123.2	96	7.4	5	石垣島及び西表島で死者 5 名。瓦の落下、地割れ等がみられた。	「理科年表 平成 24 年」
1958/3/11	昭和 33	石垣島近海	24.81	124.39	57	7.2	5	死者 2 名。	地震調査研究推進本部(2012)
1966/3/13	昭和 41	与那国島近海	24.24	122.67	42	7.8	5	与那国島で死者 2 名。家屋被害、石垣倒壊がみられた。小津波が発生した。	地震調査研究推進本部(2004)
1970/1/1	昭和 45	奄美大島近海	28.4	129.2	50	6.1	5		気象庁震度 DB 検索
1987/4/30	昭和 62	奄美大島近海	28.39	128.78	9	5.2	5		気象庁震度 DB 検索
1992/10/14	平成 4	西表島付近	24.43	123.76	4	4.9	5		気象庁震度 DB 検索

1992/10/20	平成 4	西表島付近	24.47	123.74	8	5.0	5		気象庁震度 DB 検索
1992/11/18	平成 4	西表島付近	24.45	123.74	4	3.7	5		気象庁震度 DB 検索
1993/5/17	平成 5	西表島付近	24.49	123.74	6	4.4	5		気象庁震度 DB 検索
1995/10/18	平成 7	奄美大島近海	28.03	130.38	39	6.9	5		気象庁震度 DB 検索
1995/10/19	平成 7	奄美大島近海	28.02	130.44	21	6.7	5		気象庁震度 DB 検索
1998/5/4	平成 10	石垣島南方沖	22.38	125.44	35	7.7	3	石垣島、宮古島の験潮所で最大 0.1m の津波が観測された。	地震調査研究推進本部 (2004)
2000/10/2	平成 12	トカラ列島近海	29.40	129.34	22	5.3	5 弱		気象庁震度 DB 検索
2000/10/2	平成 12	トカラ列島近海	29.41	129.46	25	5.9	5 強		気象庁震度 DB 検索
2000/10/2	平成 12	トカラ列島付近	29.46	129.43	21	4.6	5 弱		気象庁震度 DB 検索
2000/11/14	平成 12	西表島付近	24.49	123.75	8	4.9	5 弱		気象庁震度 DB 検索
2001/12/9	平成 13	奄美大島近海	28.25	129.49	36	6.0	5 強		地震・火山月報 (防災編) (2002)
2001/12/18	平成 13	与那国島近海	23.89	122.82	8	7.3	4	与那国島で最大 0.1m の津波が観測された。	地震・火山月報 (防災編) (2002)
2002/3/26	平成 14	石垣島近海	23.20	124.27	0	7.0	1		気象庁震度 DB 検索
2004/10/15	平成 16	与那国島近海	24.60	122.83	83	6.6	5 弱		気象庁震度 DB 検索
2008/7/8	平成 20	沖縄本島近海	27.47	128.55	45	6.1	5 弱		気象庁震度 DB 検索
2010/2/27	平成 22	沖縄本島近海	25.92	128.68	37	7.2	5 弱	負傷者 2 名、家屋の一部破損等。南城市で 0.1m の津波が観測された。	地震・火山月報 (防災編) (2010)
2011/11/8	平成 23	沖縄本島北西沖	27.30	125.74	217	7.0	4		地震・火山月報 (防災編) (2011)
2015/4/20	平成 27	与那国島近海	23.96	122.43	22	6.8	4	台湾新北市で火災により死者 1 名。	気象庁震度 DB 検索 AFP 通信 (2015 年 4 月 20 日)

「沖縄の歴史地震」(ウェブサイト、2017 年 3 月閲覧)琉球大学理学部 <http://seis.sci.u-ryukyu.ac.jp/hazard/large-eq/history.html>

国立天文台, 2011, 「理科年表 平成 27 年」丸善出版.

地震調査研究推進本部地震調査委員会 (2004 年 2 月 27 日) 「日向灘及び南西諸島周辺海域の地震活動の長期評価」

宇津徳治, 1990, 世界の被害地震の表 (古代から 1989 年まで), 宇津徳治, 東京, 243 p.

Utsu, T., 2002, A list of deadly earthquakes in the World: 1500-2000, in International Handbook of Earthquake and Engineering Seismology Part A, edited by Lee, W.K., Kanamori, H., Jennings, P.C., and Kisslinger, C., pp. 691-717, Academic Press, San Diego.

宇津徳治, 2004, 世界の被害地震の表 (古代から 2002 年まで), 宇津徳治先生を偲ぶ会, 東京, 電子ファイル最終版.

地震調査研究推進本部 (2012 年 1 月 1 日) 「沖縄県の地震活動の特徴」

気象庁震度データベース検索 (ウェブページ、2017 年 3 月閲覧) <http://www.data.jma.go.jp/svd/eqdb/data/shindo/index.php>

気象庁 (2002 年 1 月) 「平成 13 年 12 月地震・火山月報 (防災編)」

気象庁 (2010 年 3 月) 「平成 22 年 2 月地震・火山月報 (防災編)」

気象庁 (2011 年 12 月) 「平成 23 年 11 月地震・火山月報 (防災編)」

AFP 通信 (ウェブサイト、2015 年 4 月 20 日) <http://www.afpbb.com/articles/-/3045901>

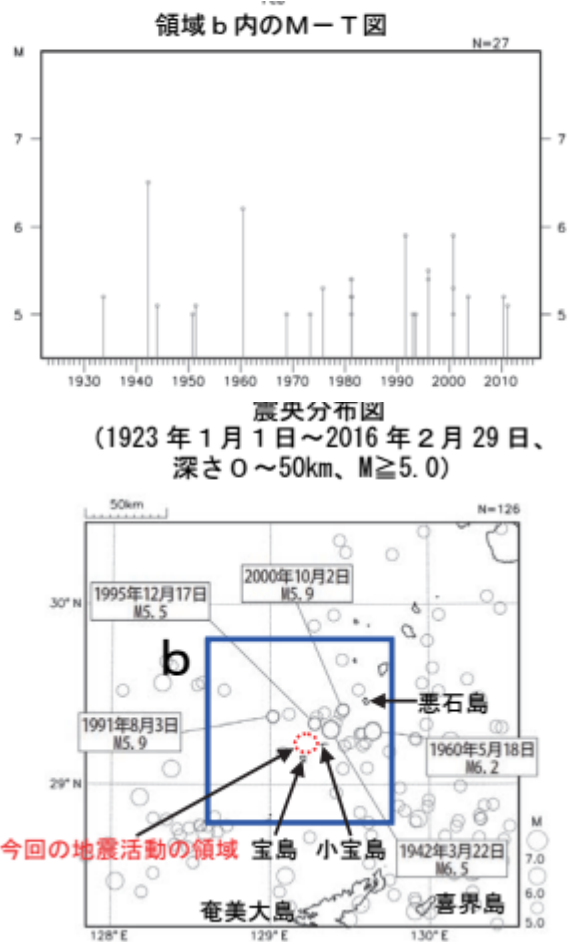
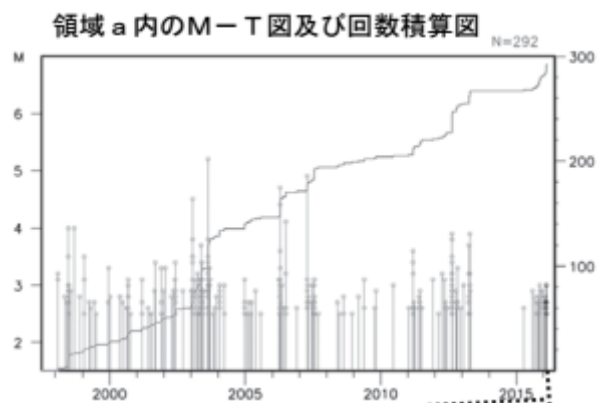


図3 トカラ列島近海の地震活動(気象庁, 2016)。



b) 妥当性チェックのための地震津波事例の選定

断層パラメータの設定方法の検証方法を検討するにあたって、その妥当性を確かめるために参照する地震津波の事例を選別した。条件として地震動及び津波の両方の資料が利用できるものとして事例を検討した。津波については東北大学工学研究科及び原子力安全基盤機構により整備されている「津波痕跡データベース」(東北大学災害科学国際研究所災害リスク研究部門津波工学研究分野低頻度リスク評価研究分野・原子力規制庁長官官房技術基盤グループ安全技術管理官(地震・津波担当)付, <http://tsunami-db.irides.tohoku.ac.jp/tsunami/kiyaku.php>)、及び先行研究例を用いて記録及び被害を考慮した。その結果、南西諸島南部海域において発生した地震津波の津波記録の数は以下の表 2 のようにまとめられる。信頼度のランク付けについての説明は以下の表 3 の通りである。表 2 において、津波痕跡データの数が比較的多いのは八重山地震津波及び奄美大島付近地震津波であるが、奄美大島付近地震津波については、この地震の近傍の断層データが平成 28 年度のサブテーマ(2)の作業ではまだ整理されていないため、妥当性チェックの対象とはできない。以下に八重山地震津波の概要を示す。

表 2 南西諸島南部海域で発生した地震津波の津波記録の数
(津波痕跡高データベースより, 2017 年 3 月 8 日閲覧)

年	地震津波名	A	B	C	D	X	Z	合計
1768	明和沖縄本島南西沖地震津波	0	0	1	0	0	1	2
1771	八重山地震津波	107	8	72	8	8	61	256
1911	喜界島地震津波	0	1	1	0	0	1	3
1938	宮古島付近地震津波	0	0	0	0	0	0	0
1995	奄美大島付近地震津波(本震)	83	7	1	0	0	29	120
1995	奄美大島付近地震津波(余震)	41	3	2	0	0	22	68
2001	与那国島付近地震津波	6	0	0	0	0	0	6
2002	石垣島南方沖地震津波	4	0	0	0	0	0	4

表 3 信頼度のランク付けについての基準(津波痕跡データベースの用語集より抜粋)

A	信頼度大なるもの	古文書・郷土史等に記載され、痕跡の場所を現在でも確認でき、しかも近年になって測量されて高さの確定されたもの
B	信頼度中なるもの	古文書・郷土史等に記載され、痕跡の場所を現在でも確認できるが、近年の再測量のなされていないもの
C	信頼度小なるもの	古文書・郷土史等に記載、或いは言い伝えられてはいるが、字名、集落名などにとどまり、到達地点を確かめることのできないもの
D	参考値にとどまるもの	古文書等の関連現象・被害の記述から推測されたもの
X	全く信頼できないもの	・明らかに引用の間違い、記載間違いであるもの ・利用すべきでないもの、除外すべきもの ・歴史津波の場合で、古文書史料などの精査により文献信頼度を×と判定したもの
Z	カタログ作成の元になった原文献に戻って判定すべきもの	・カタログ類と分類された場合 ・その区分(かなり広い範囲)の値を総括した値と思われるもの
	重複	・痕跡データベースに登録された別の文献からの孫引き(同じ地点の値が重複)
	浸水計算の確認に利用できる定性的な情報	・高さに関する記述ではないため、痕跡信頼度(A、B、C、D 及び X)を評価しようがないが、遡上位置、範囲に関する記述など、浸水計算結果(浸水の有無)の確認に利用できる定性的な情報

・ 1771 年八重山地震津波

南西諸島南部の先島諸島で発生し、大津波を発生させた。石垣島南東岸から東岸では最大遡上高が 30m に達し、多良間島から宮古島南部海岸にかけても、遡上高は 10 m 以上に達したとされている。12,000 人もの死者が出るなど、被害も甚大なものだったといわれる。

この大津波の原因として、フィリピン海プレートがユーラシアプレートの下に沈み込む時のひずみによる海溝型地震であるとの考えと、石垣島と多良間島の間位置する正断層が原因であるとの考えがある。また、これほどの大きな津波を発生させた原因として、海底地すべりを挙げる説もあるが、海底調査等の結果では今のところは地すべりによる堆積物等の証拠は発見されていない。ただし、これを地震のみで説明しようとする場合には、断層面上に非常に大きなすべり量を仮定する必要がある。中村(2014)では、**Mw 8.7** 程度のプレート境界地震であると考えるのが妥当としつつも、分岐断層や海底地すべりの可能性も考慮すべきだと

している。

八重山地震津波は、活断層が関係しているとの指摘もあるが、プレート境界地震や海底地すべりの可能性も示唆され、さらにはこれらの複合である可能性も言われており、今のところは詳しい発生過程は明らかになっていない。そのため、このような発生過程の不明な地震は断層モデルの検証に用いることはできない。

このほかの地震については、津波痕跡データの数が多いものでも6地点と少なく、この数では津波痕跡高と計算値の空間的な適合度を表す指標として、相田(1977)による幾何平均 K 及び幾何標準偏差 κ を用いた定量的な比較をすることは精度上困難である(K - κ による評価方法については土木学会原子力土木委員会津波評価部会(2002)を参照)。

よって、この海域について、妥当性チェックのための地震津波事例は適切なものが無いと判断する。そのため、今回は設定した全断層モデルについて津波予測計算及び地震動予測計算を実施しこれに替えることとする。

c) 津波予測計算用断層モデルの作成

地震調査研究推進本部の長期評価では、南西諸島海域は「日向灘及び南西諸島海溝周辺の地震活動」として評価されている(地震調査研究推進本部地震調査委員会, 2004、以下、長期評価と示す)。南西諸島周辺の地震は、フィリピン海プレートと南西諸島が載っている陸のプレートとの境界面で発生するプレート間地震、沈み込むフィリピン海プレートの内部で発生するプレート内地震、陸のプレート内部で発生する地震に分類されている。また、南西諸島周辺では、 M 7.5 以上の地震が発生しているものの、それらが繰り返し発生している場所は確認されていない。ただし、震源分布から概略的に、南西諸島周辺で発生する浅発地震(陸のプレート内部の地震、フィリピン海プレート内部の地震、それらの境界で発生する地震の3種類、深さ約 60km 以浅)と、九州から南西諸島周辺にかけて発生するやや深発地震(プレート内地震、深さ約 60~150 km)に区分されている(図 4)。南西諸島周辺で発生した M 7.5 以上、深さ 60 km 以浅の浅発地震について、長期評価ではこれらの発生領域及び地震のタイプは表 4 のようにまとめている。

南西諸島周辺の浅発地震及び九州から南西諸島周辺のやや深発地震に関しては、地震発生の特性の解明が十分でないことや、その長大な設定領域において、大地震が繰り返し発生する場所が特定できないことから、次の地震の発生確率は評価されていない。この領域に発生する地震のタイプ及び地震発生確率をより良く評価するためには、地震発生のテクニクスの調査研究をさらに進めることが必要であるとされている。

また、長期評価においては図 5 のように地震活動が整理されている。赤文字にアンダーバーを付けて示されたものは津波を発生させた地震であり、1771 年 4 月 24 日の八重山地震津波、1938 年 6 月 10 日の宮古島西方沖地震津波、1966 年 3 月 13 日の与那国島近海地震津波、1998 年 5 月 4 日の石垣島南方地震津波が示されている。これらは前項でまとめた表 1 にも示している。

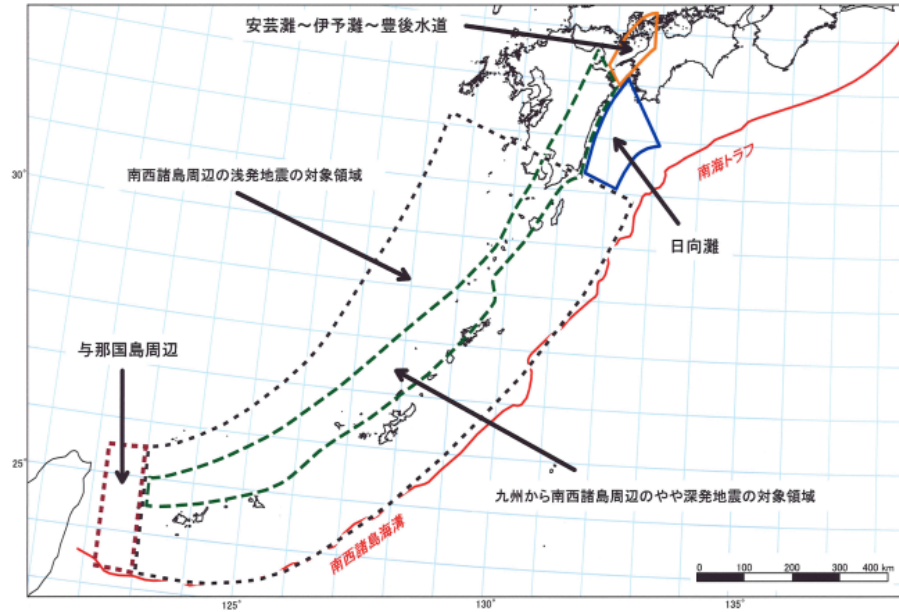


図1 日向灘および南西諸島海溝周辺の評価対象領域

図4 長期評価で設定された日向灘及び南西諸島海溝周辺の評価対象領域。

表4 南西諸島周辺の浅発地震の発生域及び地震のタイプ等(長期評価, 2004)

項目	特性	根拠	評価の信頼度
(1) 地震の発生領域の目安	図4の当該領域 ・陸側プレートの内部、フィリピン海プレートの内部、もしくはそれらの境界面。 ・トカラ海谷以南は(2)で示された複数のタイプを分離することが難しいので、ここでは深さを60 km 程度以浅とした。 ・発生領域の中の具体的な場所は特定できない。	過去の当該領域の地震活動を参考にして判断。	-
(2) 想定する地震のタイプ	・プレート内地震、またはプレート間地震		
(3) 発生間隔等	評価しない。	地震発生の特性を明らかにするための十分な知見が得られていないことや、広大な設定領域において発生する場所を特定できないことによる。	

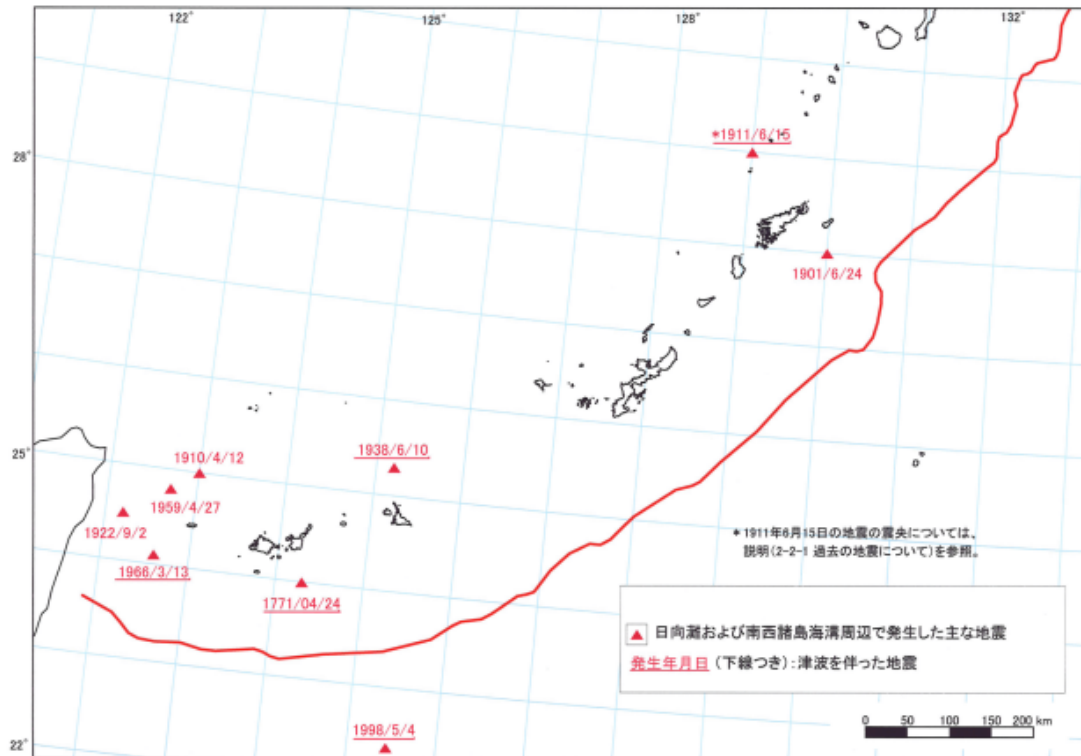


図 6-2 南西諸島海溝周辺で発生した主な地震と主な震源域

図 5 南西諸島海溝周辺で発生した主な地震と震源域(長期評価, 2004)。

また、このほか、琉球大学により沖縄諸島周辺の断層について断層モデルを構築し、津波シミュレーションが実施されている(琉球大学理学部物質地球科学科地学系中村衛(地震学)研究室, HP: <http://seis.sci.u-ryukyu.ac.jp/hazard/tsunami/tsunami-okinawa.htm>)。海溝軸付近の断層及び背弧側の、島弧に平行するような走向の断層と、島弧部の、島弧を横断する走向の断層がモデル化されている(図 6)。なお、これらの断層モデルについて詳しいパラメータは公表されていない。

沖縄県の津波浸水被害想定では図 7 のような断層モデルが想定されている。琉球海溝沿いで発生する地震及びトラフ域で発生する地震に加えて、八重山地震を想定したモデルも検討されている。また、海溝側の波源については連動パターンについても検討されている。

ここに挙げた事例を参考にし、この海域の地震活動及びテクトニクスに留意することで南西諸島海域のサブテーマ(2)による断層データをもとにした断層モデルの構築方法について以下に示す。

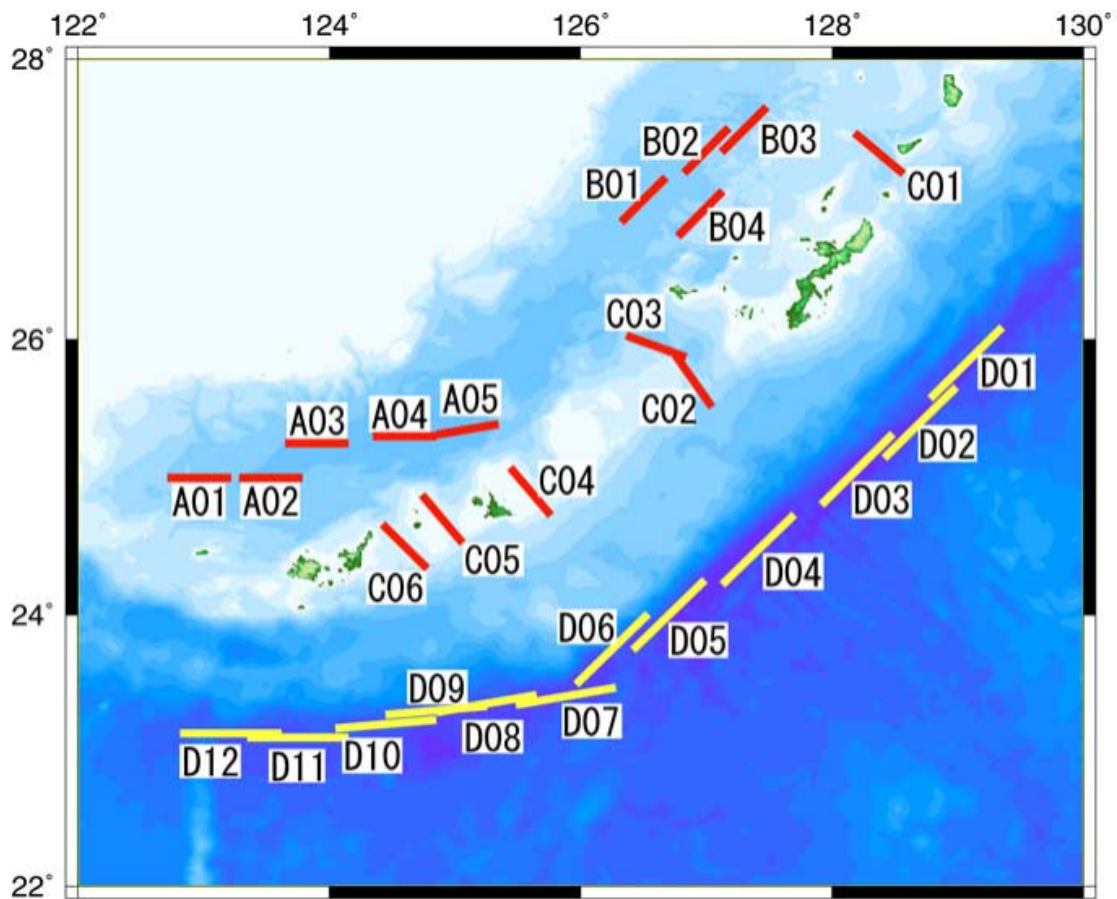


図 6 琉球大学による沖縄諸島周辺の断層モデル

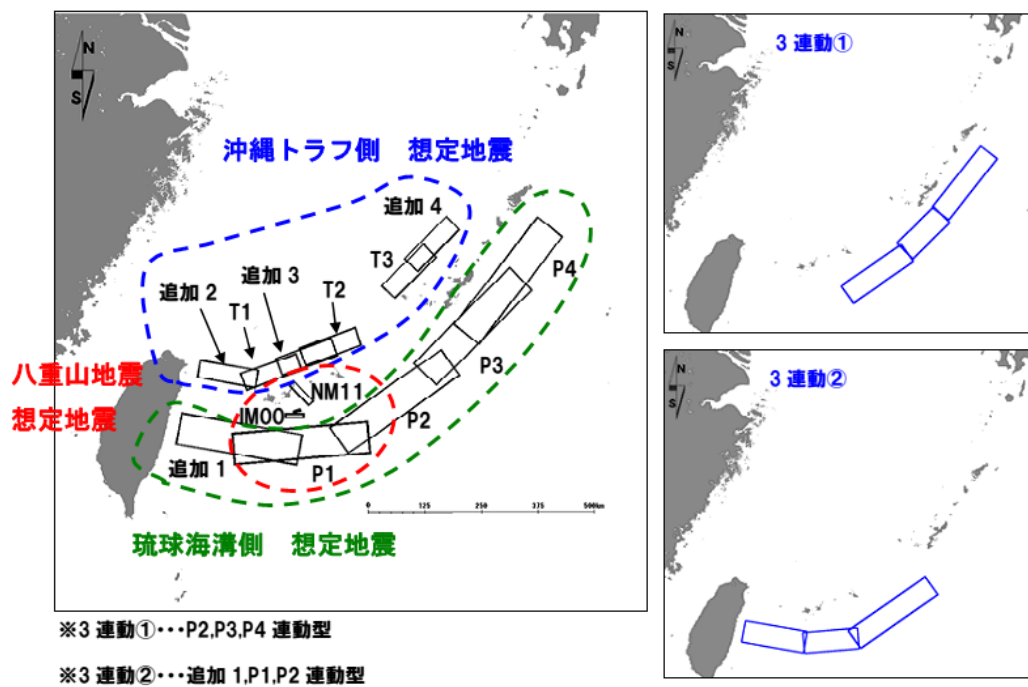


図 7 沖縄県の津波浸水被害想定で設定された想定地震。

2) 断層モデルの設定及び検証

本検討の目的は、サブテーマ(2)において解析・解釈が行われた南西諸島南部海域の断層データを整理し、断層モデルの構築を行うことである。断層モデルの構築に必要なパラメータの設定方法について検討し、設定した断層モデルを用いた津波及び地震動の予測計算を行った。

a) 断層モデルの設定

本検討において設定する断層モデルは、サブテーマ(2)における調査結果に基づいて設定する。サブテーマ(2)の断層データから設定する断層モデルを「基本モデル」とする。断層モデルの設定範囲は、背弧域、島弧域、前弧域とし、海溝軸付近の逆断層については、プレート境界の分岐断層であると考えられるため、南海トラフ等の分岐断層の検討を踏まえてモデル化するため、今年度の作業とはしていない。サブテーマ(2)において図8で示した黄色線の位置に、プレートに収束するような分岐断層の構造が確認されている。

震源として考える場合には、分岐断層を独立した震源と考えなくても、プレート境界ないしプレート内の地震の評価で包含できると考えられる。また、津波の波源としてはプレート境界と位置がずれることから、分岐断層について何らかの評価が必要である。南海トラフにおいて分岐断層を規定しているように見えるアウターライズの位置や分布も踏まえた総合的な検討が必要である。

今回は、サブテーマ(2)で示された分岐断層と考えられる断層よりも島弧側の断層について断層モデルを設定することとする。

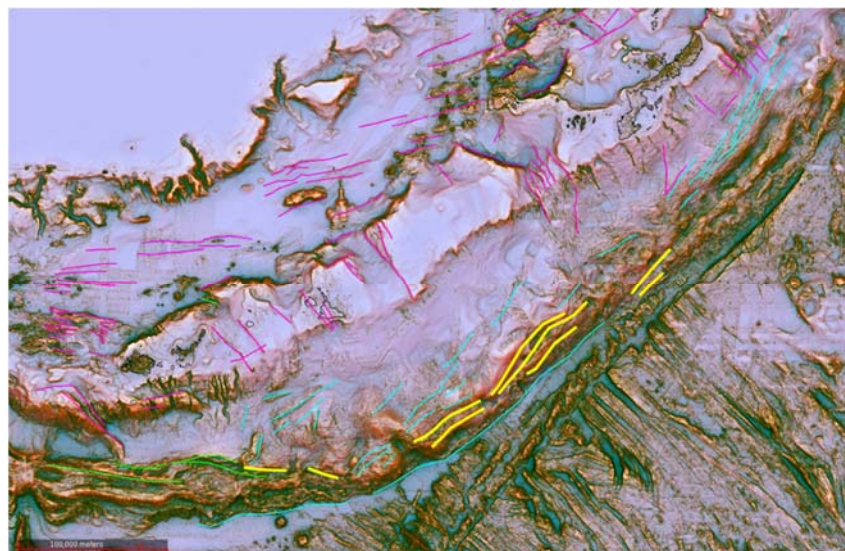


図8 サブテーマ(2)で確認された海溝軸周辺の分岐断層。

i) 津波波源断層モデルの設定

津波波源断層モデルの設定として、断層の巨視的特性をあらわすパラメータの設定方法について検討した。サブテーマ(2)の地質学的・地球物理学的知見による

データに基づいて断層パラメータを設定する際には、データをもとに設定することができるパラメータと、データのみでは確定できないパラメータがある。また、データが得られていないパラメータについては、先行研究例や既往の断層モデルの設定方針をもとに設定する。ここではおもに地震調査研究推進本部の「震源断層を特定した地震の強震動評価手法(「レシピ」)」(地震調査研究推進本部地震調査委員会, 2009、以降「強震動レシピ」)を参照し、設定している。また、③及び④で述べるような断層情報の不完全さやパラメータのばらつきの観点から、不確定性を考慮した設定としている。以下に断層パラメータの設定方法を記す。

・断層の位置、長さ、走向

断層モデルの上端の位置は、サブテーマ(2)において整理された音波探査で得られた断層の海底面との交点の位置で設定する。音波探査断面による断層と海底面との交点のデータをつないで表現したものを断層トレースとし、これを1枚ないし複数枚の矩形で近似したものを断層面とする。断層トレースが途中で大きく走向を変える場合に複数枚の断層面を設定することとするが、今年度の対象とする海域のデータでは直線的な断層がほとんどで、すべての断層データは1枚の矩形断層モデルとして設定した。断層の長さは矩形の上端部を合計した長さとした。走向は矩形の上端部の方向を走向とする。これら断層の位置や長さの情報については、堆積層内部での断層の分岐や消滅などから、断層の連続性や不連続性が不確かである可能性もある。特に断層端部の位置については判断が難しく、不確定性の大きな要素である。サブテーマ(2)のデータにおける断層の連続性及び断層端部の位置は海底地形データから判断されており、ある程度の連続性が考慮されたものであると言える。サブテーマ(2)のデータから得られた断層トレースの分布は図9のようになっている。図9では、長さレンジごとに色を変えて示している。灰色の断層トレースは分岐断層と考えられる海溝軸付近の逆断層である。

断層の長さが18 km以下の短い断層がみられるが、これらについては地震調査研究推進本部の「活断層の長期評価手法(暫定版)」報告書(地震調査研究推進本部地震調査委員会長期評価部会, 2010)の考えにもとづき、18kmになるように断層の両端部を延長することとした。「活断層の長期評価手法(暫定版)」では「地表に変位が現れている活断層については、最低限考慮すべき地震規模としてM 6.8を設定する。」としており、「短い活断層」と判断する「起震断層」の長さは15~18km程度を目安とする。」としている。この考えから、音波探査断面に変位が確認された断層は18km程度の長さがあるとみなして延長することとした。

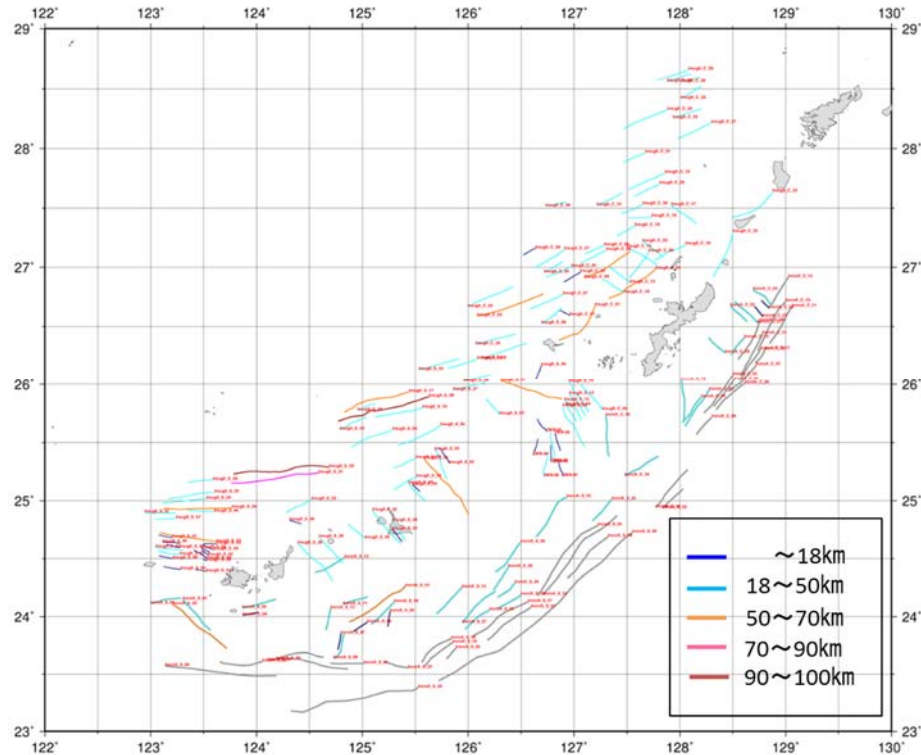


図 9 長さレンジごとに色分けして示した南西諸島南部海域のサブテーマ(2)による断層データ。

・断層上端深度の設定

基本的に海底面(0 km)として設定する。サブテーマ(2)のデータにおいて、多くの断層で海底面付近までのデータが得られているため、断層上端は浅いと言える。また、平成 27 年度業務において、断層下端深度の不確定性の評価を行った結果から、断層下端深度の設定は津波の高さに大きく影響しないことが示された。

・断層傾斜角の設定

サブテーマ(2)で得られたデータの平均的な値を考慮し、正断層を 60° 、横ずれ断層を 90° とする。逆断層は標準的な値として 45° として設定する。サブテーマ(2)で得られた「みかけ傾斜角」のレンジごとの分布は図 10 のようになっている。正断層の約 75% が $50^\circ \sim 70^\circ$ の範囲にあり、逆断層は約 80% が $50^\circ \sim 70^\circ$ の範囲にある。

平成 27 年度までに設定した日本海海域の断層モデルでは、深部に至るまでの 3 次元構造がわかるデータが含まれていたことから、認識論的不確定性を考慮して断層上端から下端をひとつの傾斜角で近似する場合と、断層浅部では高角、深部では低角となるような、深部と浅部で傾斜角を分けた設定とする場合の 2 通りの断層モデルを作成した。しかし、南西諸島海域ではこのような構造データは見られず、また、この海域の正断層は多くが 60° 程度の傾斜角を持つため、このような設定を行ってもほとんどコントラストが見られず、効果が期待できないため、行わないこととした。

逆断層については、得られたデータの平均的な値がやや高角であり、逆断層としては応力と断層タイプの物理的な関係から考えにくい。また、これら前弧海盆に位置する断層のデータは多くが浅部のみしか得られておらず、変位も小さく不確定性が大きいいため標準的な値として設定することとした。

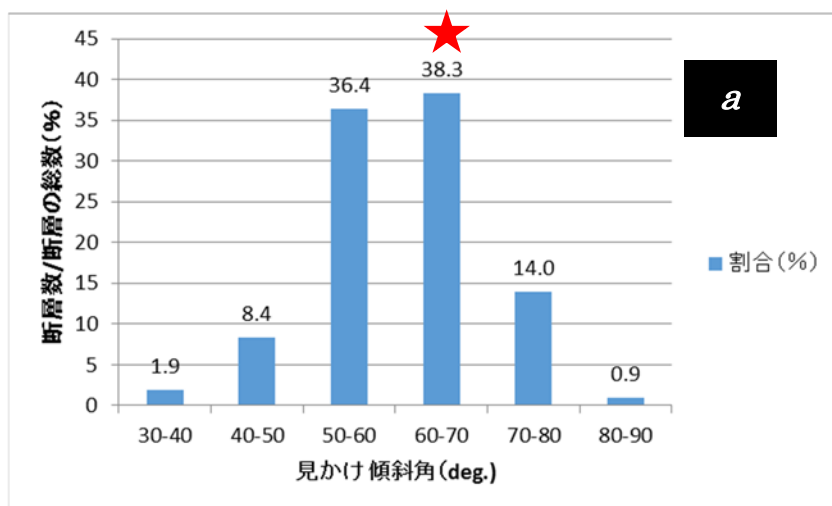


図 10a) 正断層、横ずれ断層

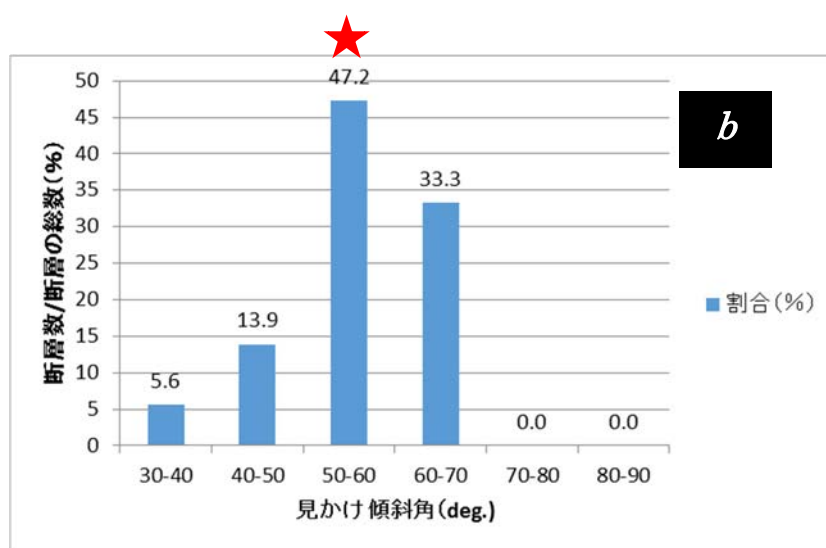


図 10b) 分岐断層と考えられるものを除く逆断層

- ・断層下端深度の設定

サブテーマ(2)で得られた3次元速度構造から設定する。認識論的不確定性を考慮し、断層下端をコンラッド面とする場合とモホ面とする場合の2通りの設定とした。コンラッド面及びモホ面の深度分布は以下の図11のようになっている。

従来の考え方では断層下端深度をコンラッド面とすることが一般的だが、今回のサブテーマ(2)で得られているデータではコンラッド面の深度が他の海域に比べて浅くなっていることを考慮し、断層下端深度をモホ面として地殻全体を破壊するような設定も含めてパラメータを設定することで過小評価にはならないようにすることとした。なお、断層下端深度をモホ面とする場合には、サブテーマ(2)によるモホ面深度分布では30 kmを超える深さとなる地点もあるが、観測データの不確定性も考慮し、平均的なコンラッド面深度のおおむね2倍の深度までを、断層モデルの下端深度の下限とした。

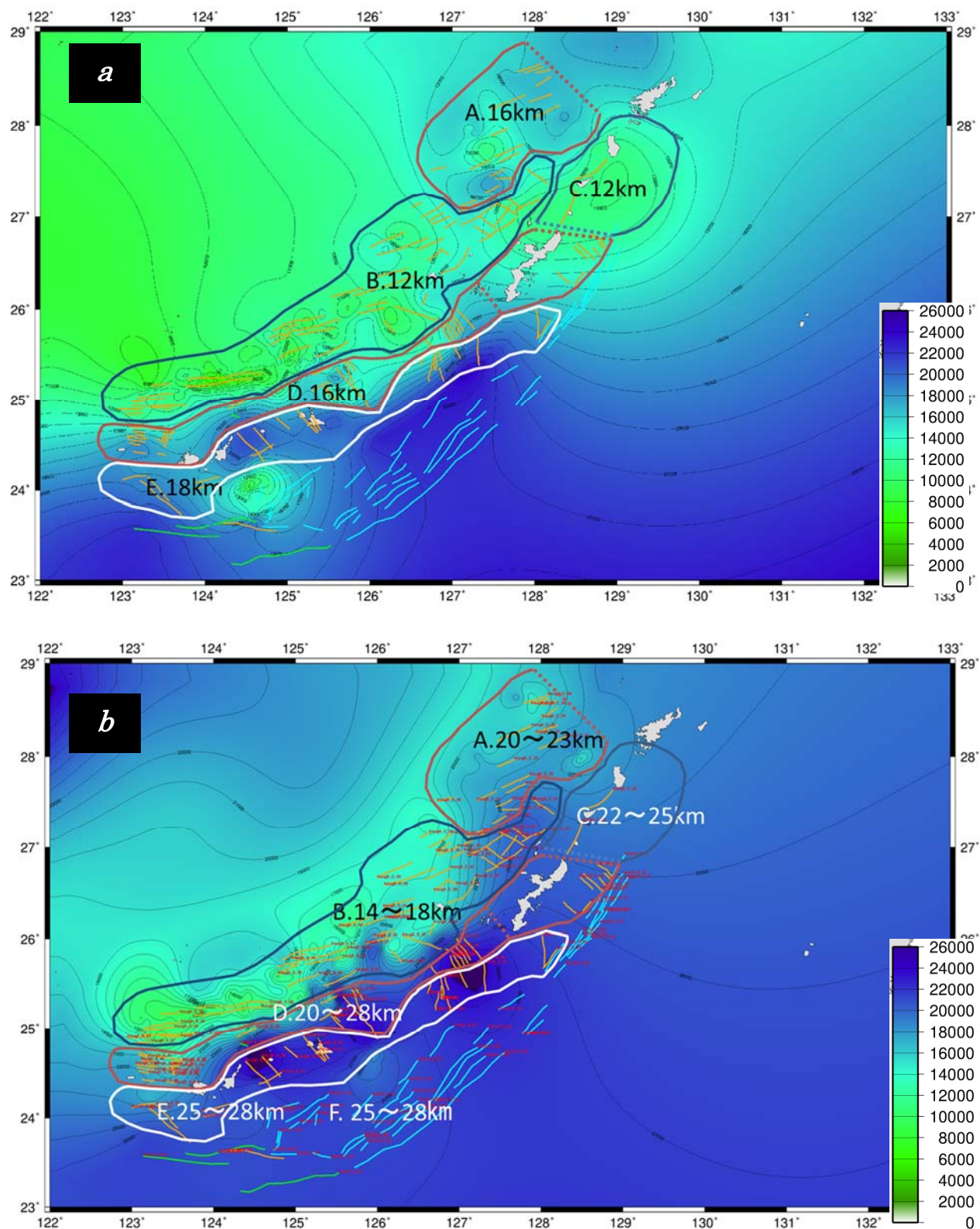


図 11 サブテーマ (2) のデータによる a) コンラッド面深度分布 b) モホ面深度分布。

- ・断層幅の設定

断層上端深度及び下端深度と傾斜角の関係から設定する。短い断層については長さとのアスペクト比が 1 : 1 となるように断層下端深度を浅くする。

- ・すべり角の設定

サブテーマ(2)において、すべり角を推定できるようなデータは得られていないため、「強震動レシピ」の考え方から、正断層 270°、逆断層 90°、右横ずれ断層 180°、左横ずれ断層 0° として設定する。

- ・すべり量の設定

断層面積とモーメント量の経験的關係を示すスケーリング則から設定し、偶然的ばらつきを考慮する。断層面積をもとに、入倉・三宅(2001)のスケーリング則の平均的な値として設定し、+1 σ 程度のばらつきの範囲を考慮することで、観測データ及び実際の断層に含まれるばらつきを包含することとする。

ここで述べた方法により、南西諸島南部海域の 142 本の断層データについてモデル化を行った。断層モデルは断層下端深度をモホ面とする場合とコンラッド面とする場合の 2 通りで設定し、合計 284 モデルである。設定した断層モデルの形状及びモデルパラメータを以下の図 12、図 13 及び表 5、表 6 に示す。

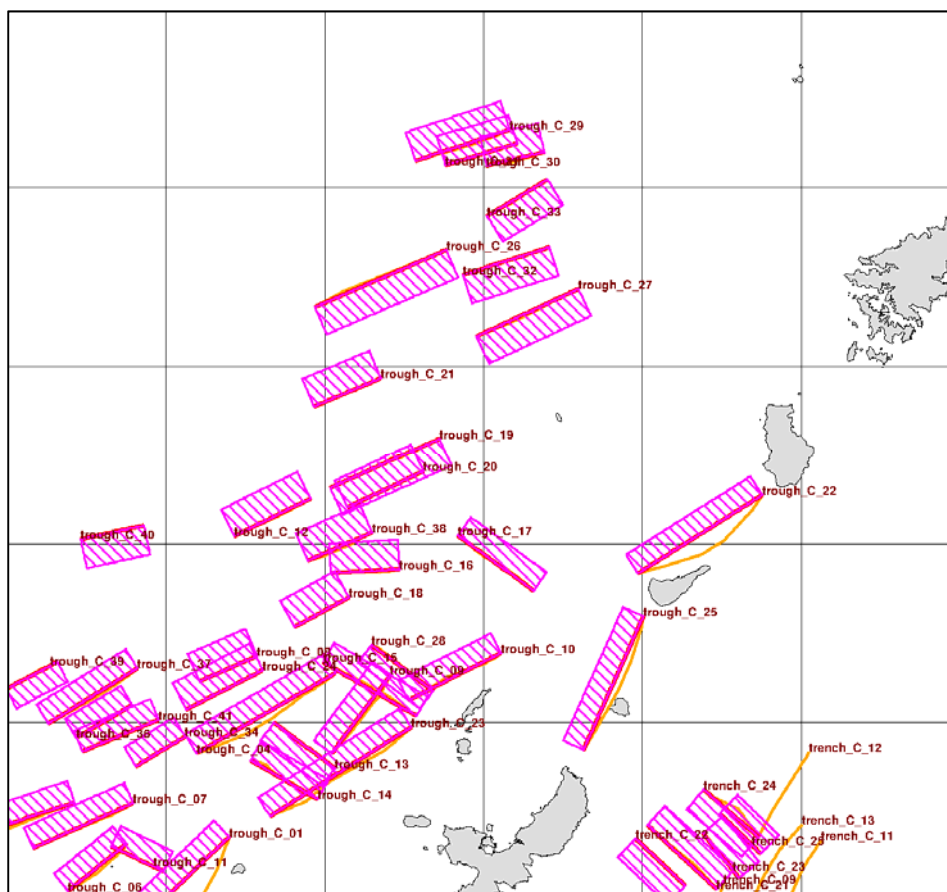
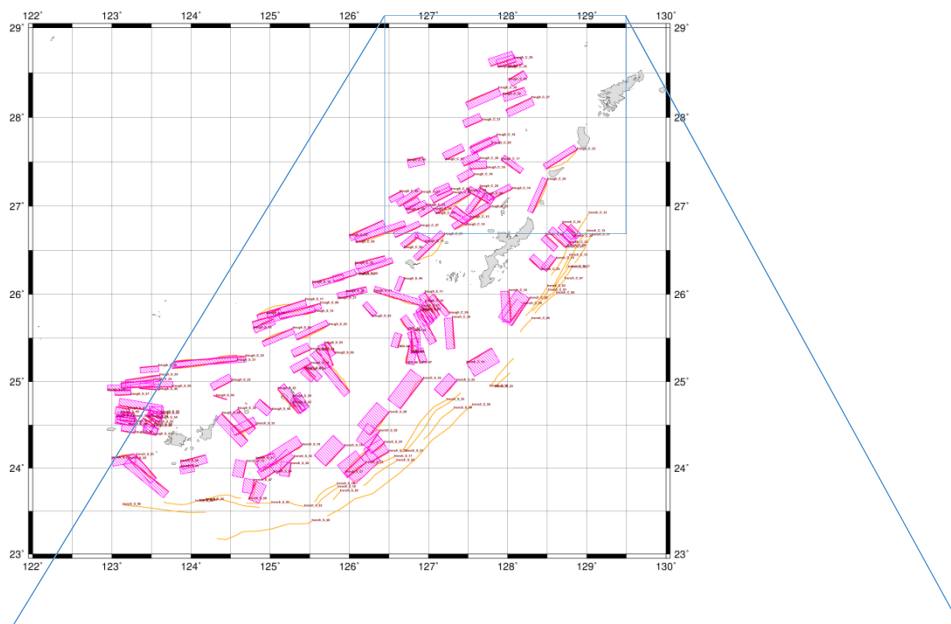


図 12-a 断層下端深度をコンラッド面とした場合の断層モデルの形状。
サブテーマ(2)による断層データ(橙実線)に対し設定した断層モデル(矩
形)。

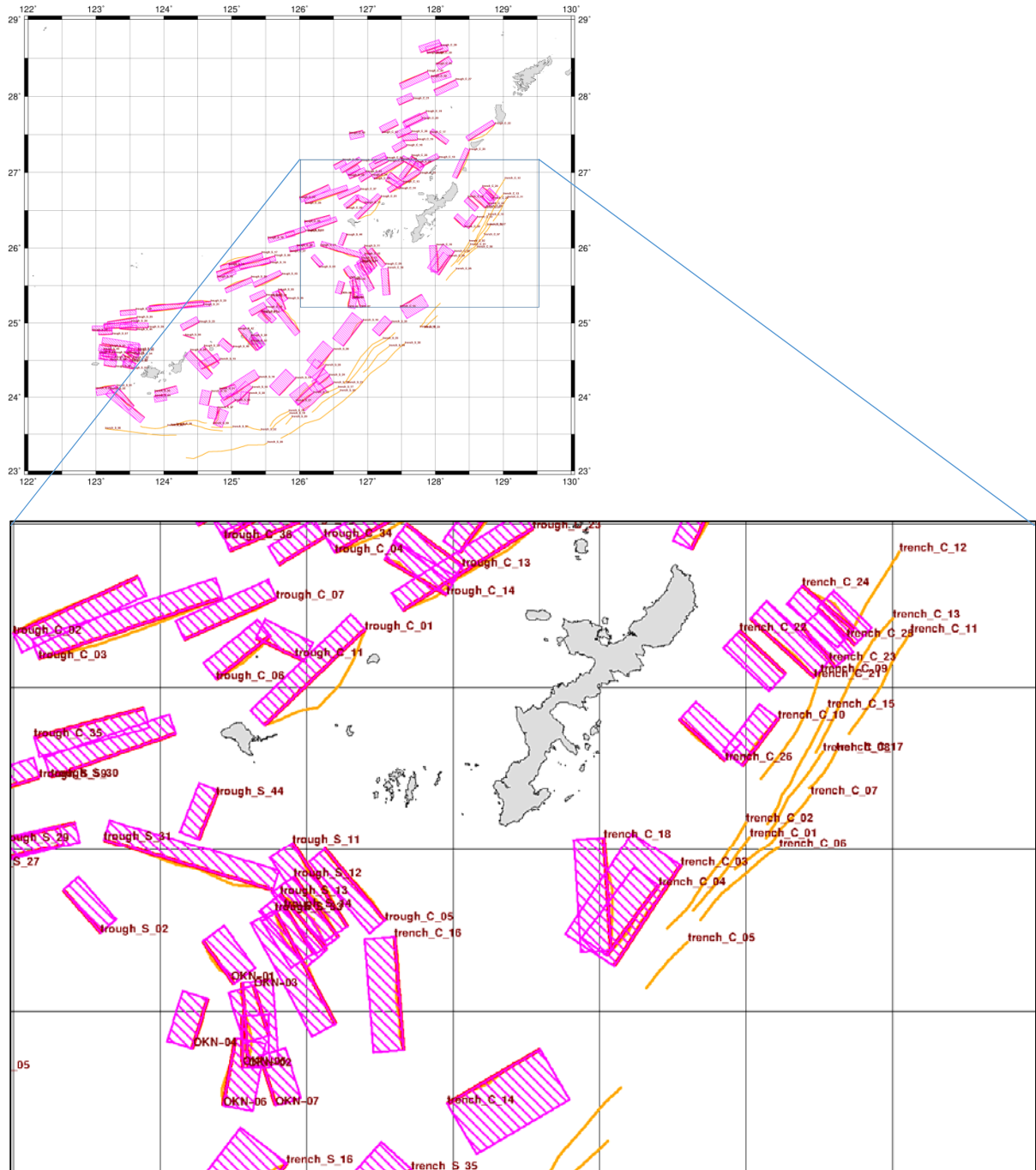


図 12-b 断層下端深度をコンラッド面とした場合の断層モデルの形状。
サブテーマ(2)による断層データ(橙実線)に対し設定した断層モデル(矩形)。

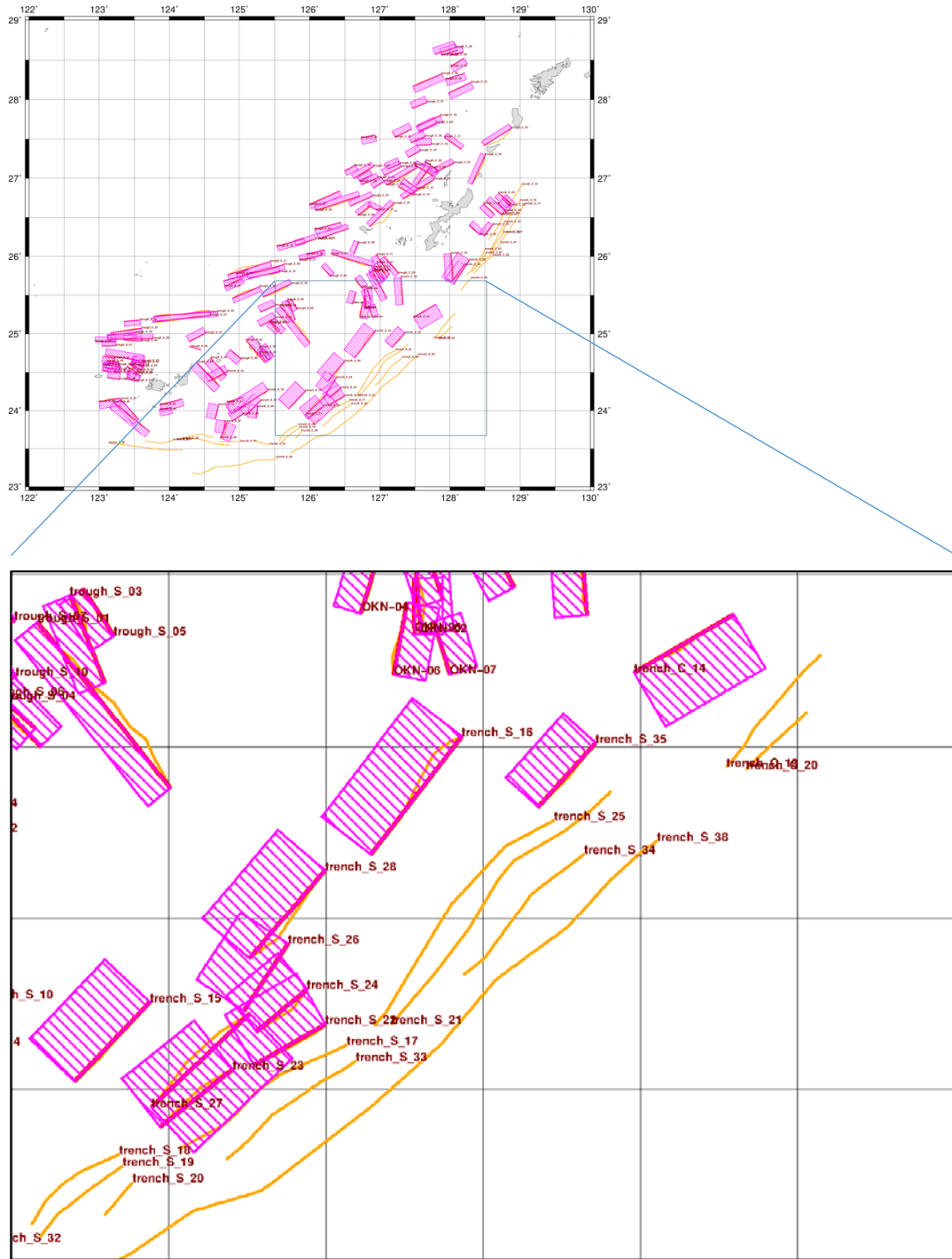


図 12-c 断層下端深度をコンラッド面とした場合の断層モデルの形状。
サブテーマ(2)による断層データ(橙実線)に対し設定した断層モデル(矩
形)。

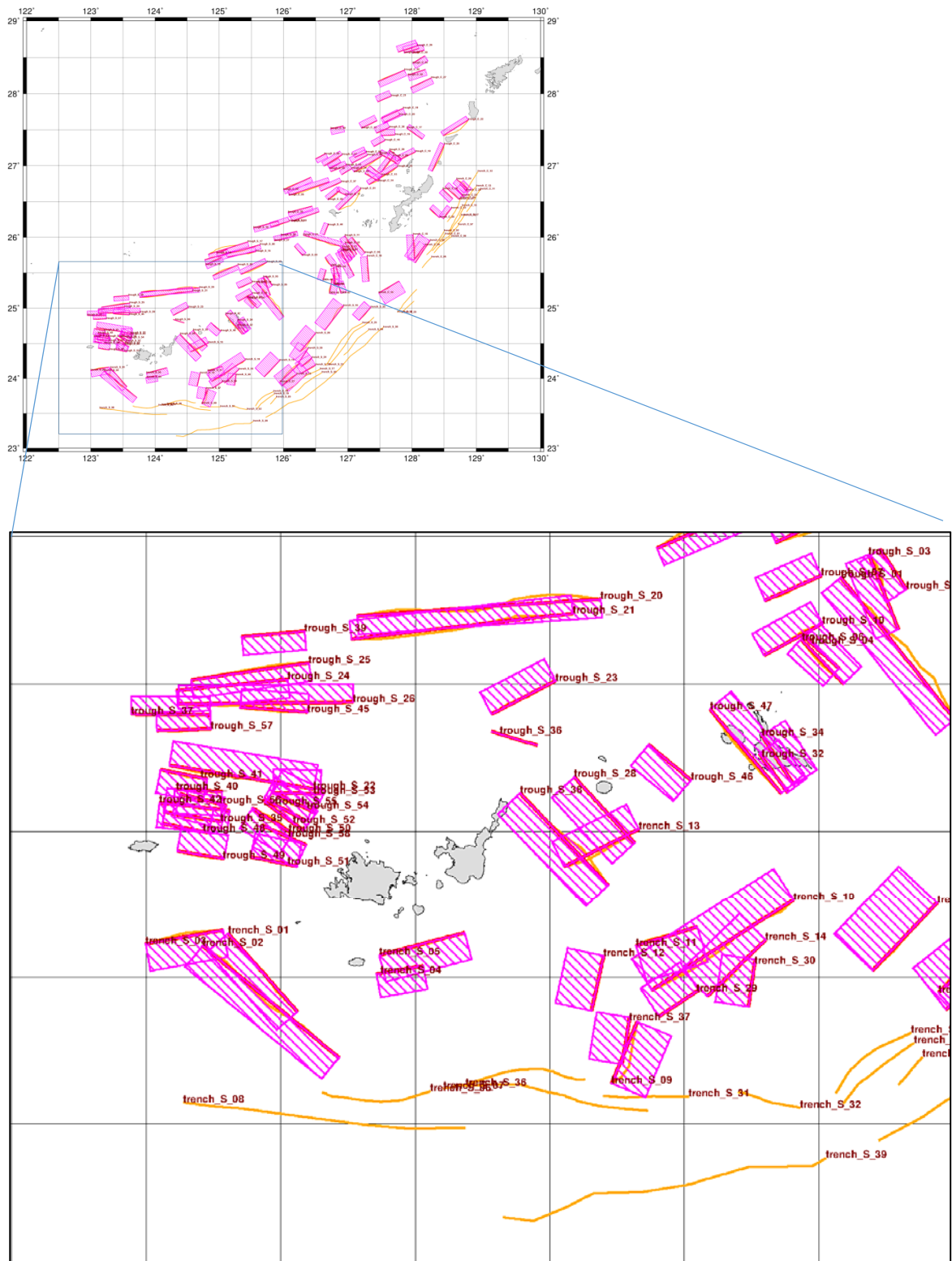


図 12-e 断層下端深度をコンラッド面とした場合の断層モデルの形状。
サブテーマ(2)による断層データ(橙実線)に対し設定した断層モデル(矩
形)

表 5(1) 断層下端深度をコンラッド面とした場合のモデルパラメータ

モデル	緯度 (deg.)	経度(deg.)	上端(km)	下端(コン ラッド面, km)	走向 (deg.)	傾斜 (deg.)	すべり角 (deg.)	長さ(km)	幅(km)	Mo	Mw	平均すべ り量(m)
NI-trough-C con-01	26.6781	127.2001	0	12	227.2	60	270	47.24	13.86	2.40E+19	6.85	1.06
NI-trough-C con-02	26.6646	126.0001	0	12	66.7	60	270	46.55	13.86	2.30E+19	6.84	1.05
NI-trough-C con-03	26.7758	126.7125	0	12	252.7	60	270	65.76	13.86	4.60E+19	7.04	1.48
NI-trough-C con-04	27.1392	127.5353	0	12	240.8	60	270	50.21	13.86	2.70E+19	6.89	1.13
NI-trough-C con-05	26.0017	127.0628	0	12	140.7	60	270	32.02	13.86	1.10E+19	6.63	0.72
NI-trough-C con-06	26.6586	126.8771	0	12	232.2	60	270	23.54	13.86	5.60E+18	6.43	0.50
NI-trough-C con-07	26.7731	126.8981	0	12	247.0	60	270	34.33	13.86	1.30E+19	6.67	0.77
NI-trough-C con-08	27.1866	127.2877	0	16	247.2	60	270	19.56	18.48	6.50E+18	6.48	0.53
NI-trough-C con-09	27.1338	127.7072	0	12	217.4	60	270	30.61	13.86	1.00E+19	6.60	0.69
NI-trough-C con-10	27.1951	128.0550	0	12	243.5	60	270	32.31	13.86	1.10E+19	6.63	0.73
NI-trough-C con-11	26.5817	126.9921	0	12	296.6	60	270	18.00	13.86	3.70E+18	6.32	0.44
NI-trough-C con-12	27.6275	127.4555	0	16	244.5	60	270	26.33	18.48	1.30E+19	6.68	0.79
NI-trough-C con-13	26.9999	127.3402	0	12	127.3	60	270	23.85	13.86	5.70E+18	6.44	0.50
NI-trough-C con-14	26.7845	127.4781	0	12	300.8	60	270	24.25	13.86	5.80E+18	6.44	0.51
NI-trough-C con-15	27.0187	127.7894	0	12	300.5	60	270	33.57	13.86	1.20E+19	6.65	0.75
NI-trough-C con-16	27.4298	127.7353	0	16	267.4	60	270	21.39	18.48	7.50E+18	6.52	0.55
NI-trough-C con-17	27.3704	128.1583	0	12	306.3	60	270	29.11	13.86	9.00E+18	6.57	0.65
NI-trough-C con-18	27.3510	127.5766	0	16	242.1	60	270	19.23	18.48	6.40E+18	6.47	0.52
NI-trough-C con-19	27.6579	127.5181	0	16	66.2	60	270	37.15	18.48	2.60E+19	6.88	1.11
NI-trough-C con-20	27.7048	127.8115	0	16	245.0	60	270	26.09	18.48	1.30E+19	6.67	0.78
NI-trough-C con-21	27.9665	127.6772	0	16	247.7	60	270	22.47	18.48	9.60E+18	6.59	0.67
NI-trough-C con-22	27.6370	128.8776	0	12	238.0	60	270	45.57	13.86	2.20E+19	6.83	1.02
NI-trough-C con-23	26.9867	127.7728	0	12	238.5	60	270	52.09	13.86	2.90E+19	6.91	1.17
NI-trough-C con-24	27.1471	127.3058	0	16	243.7	60	270	26.84	18.48	1.40E+19	6.69	0.80
NI-trough-C con-25	27.2977	128.5036	0	12	204.5	60	270	45.50	13.86	2.20E+19	6.83	1.02
NI-trough-C con-26	28.1654	127.4693	0	16	67.1	60	270	44.30	18.48	3.70E+19	6.98	1.33
NI-trough-C con-27	28.0831	127.9780	0	16	65.3	60	270	34.80	18.48	2.30E+19	6.84	1.04
NI-trough-C con-28	27.2186	127.6478	0	12	127.2	60	270	23.94	13.86	5.70E+18	6.44	0.50
NI-trough-C con-29	28.6592	128.0827	0	16	252.2	60	270	30.57	18.48	1.80E+19	6.77	0.92
NI-trough-C con-30	28.5965	128.1918	0	16	257.3	60	270	18.24	18.24	5.80E+18	6.44	0.50
NI-trough-C con-31	28.6208	128.1063	0	16	253.6	60	270	23.04	18.48	1.00E+19	6.60	0.69
NI-trough-C con-32	28.2553	127.9357	0	16	72.5	60	270	28.05	18.48	1.50E+19	6.72	0.84
NI-trough-C con-33	28.4190	128.0123	0	16	59.0	60	270	21.73	18.48	9.00E+18	6.57	0.65
NI-trough-C con-34	26.9606	127.0614	0	12	239.8	60	270	18.00	13.86	3.70E+18	6.32	0.44
NI-trough-C con-35	26.3474	126.0714	0	12	76.5	60	270	38.65	13.86	1.60E+19	6.74	0.87
NI-trough-C con-36	27.0495	126.8949	0	12	240.7	60	270	20.31	13.86	4.50E+18	6.37	0.46
NI-trough-C con-37	27.1523	126.9108	0	12	239.2	60	270	32.66	13.86	1.10E+19	6.64	0.73
NI-trough-C con-38	27.5334	127.6497	0	16	246.8	60	270	21.78	18.48	9.00E+18	6.57	0.65
NI-trough-C con-39	27.0948	126.4986	0	12	63.3	60	270	18.00	13.86	3.70E+18	6.32	0.44
NI-trough-C con-40	27.5141	126.7323	0	16	78.7	60	270	20.11	18.48	6.80E+18	6.49	0.53
NI-trough-S con-01	27.0079	126.9781	0	12	248.4	60	270	25.73	13.86	6.40E+18	6.47	0.52
NI-trough-S con-01	25.3596	125.5835	0	16	142.7	60	270	68.22	18.48	8.80E+19	7.23	2.04
NI-trough-S con-02	25.7428	126.2990	0	12	319.8	60	270	19.46	13.86	4.20E+18	6.35	0.45
NI-trough-S con-03	25.4374	125.6859	0	16	159.7	60	270	30.21	18.48	1.70E+19	6.76	0.91
NI-trough-S con-04	25.1617	125.4437	0	16	133.6	60	270	18.00	18.00	5.50E+18	6.43	0.50
NI-trough-S con-05	25.4559	125.7279	0	16	148.0	60	270	18.00	18.00	5.50E+18	6.43	0.50
NI-trough-S con-06	25.0007	125.5928	0	16	317.6	60	270	22.65	18.48	9.70E+18	6.59	0.68
NI-trough-S con-07	25.3657	125.5094	0	16	247.9	60	270	22.98	18.48	1.00E+19	6.60	0.69
NI-trough-S con-08	25.6834	124.7739	0	12	76.5	60	270	89.47	13.86	8.60E+19	7.22	2.01
NI-trough-S con-09	25.4594	124.8988	0	12	68.7	60	270	42.44	13.86	1.90E+19	6.79	0.95
NI-trough-S con-10	25.2043	125.5140	0	16	242.9	60	270	24.98	18.48	1.20E+19	6.65	0.75
NI-trough-S con-11	26.0204	126.9529	0	16	147.7	60	270	34.23	18.48	2.20E+19	6.83	1.03
NI-trough-S con-12	25.9160	126.9567	0	16	144.6	60	270	25.79	18.48	1.30E+19	6.67	0.77
NI-trough-S con-13	25.8621	126.9111	0	16	141.1	60	270	24.90	18.48	1.20E+19	6.65	0.75
NI-trough-S con-14	25.8220	126.9250	0	16	148.4	60	270	18.76	18.48	6.10E+18	6.46	0.52
NI-trough-S con-15	25.7990	125.5697	0	12	260.5	60	270	45.87	13.86	2.20E+19	6.83	1.03
NI-trough-S con-16	26.1318	125.5346	0	12	76.1	60	270	39.69	13.86	1.70E+19	6.75	0.89
NI-trough-S con-17	25.7600	124.8320	0	12	74.2	60	270	64.21	13.86	4.40E+19	7.03	1.44
NI-trough-S con-18	25.6117	124.7883	0	12	67.4	60	270	27.88	13.86	7.20E+18	6.51	0.54
NI-trough-S con-19	25.7750	124.9572	0	12	72.1	60	270	18.06	13.86	3.80E+18	6.32	0.44
NI-trough-S con-20	25.2299	123.7846	0	12	88.1	60	270	91.59	13.86	9.00E+19	7.23	2.06
NI-trough-S con-21	25.2384	124.5864	0	12	265.5	60	270	83.74	13.86	7.50E+19	7.18	1.88
NI-trough-S con-22	24.6441	123.6231	0	16	281.7	60	270	55.18	18.48	5.80E+19	7.11	1.65
NI-trough-S con-23	25.0107	124.5221	0	16	244.4	60	270	27.14	18.48	1.40E+19	6.70	0.81
NI-trough-S con-24	24.9775	123.1126	0	12	86.6	60	270	42.09	13.86	1.90E+19	6.78	0.95
NI-trough-S con-25	25.0131	123.1664	0	12	84.1	60	270	44.85	13.86	2.10E+19	6.82	1.01
NI-trough-S con-26	24.9380	123.7695	0	12	271.8	60	270	65.70	13.86	4.60E+19	7.04	1.48
NI-trough-S con-27	26.0140	126.1719	0	12	258.6	60	270	32.09	13.86	1.10E+19	6.63	0.72
NI-trough-S con-28	24.6838	124.5920	0	20	139.3	60	270	33.69	23.09	3.40E+19	6.95	1.26
NI-trough-S con-29	26.0268	125.9596	0	12	77.2	60	270	25.86	13.86	6.40E+18	6.47	0.52
NI-trough-S con-30	26.3581	126.5541	0	12	252.1	60	270	45.08	13.86	2.20E+19	6.82	1.01
NI-trough-S con-31	25.8748	126.8869	0	12	287.7	60	270	60.45	13.86	3.90E+19	6.99	1.36
NI-trough-S con-32	24.6324	125.3845	0	18	325.3	60	270	18.00	18.00	5.50E+18	6.43	0.50
NI-trough-S con-33	25.8120	126.8919	0	16	152.6	60	270	44.12	18.48	3.70E+19	6.98	1.32
NI-trough-S con-34	24.6579	125.4070	0	18	328.8	60	270	22.11	20.78	1.20E+19	6.65	0.75
NI-trough-S con-35	24.5330	123.2774	0	16	282.0	60	270	22.01	18.48	9.20E+18	6.58	0.66
NI-trough-S con-36	24.8387	124.2846	0	16	108.8	90	0	18.00	16.00	4.60E+18	6.38	0.47
NI-trough-S con-37	24.8950	123.2370	0	12	273.0	60	270	29.64	13.86	9.40E+18	6.58	0.67
NI-trough-S con-38	24.6298	124.3896	0	20	138.2	60	270	48.29	23.09	6.90E+19	7.16	1.81
NI-trough-S con-39	25.1600	123.3557	0	12	87.4	60	270	23.67	13.86	5.60E+18	6.43	0.50
NI-trough-S con-40	24.6428	123.1057	0	16	95.3	60	270	18.00	18.00	5.50E+18	6.43	0.50

表 5(2) 断層下端深度をコンラッド面とした場合のモデルパラメータ

モデル	緯度 (deg.)	経度 (deg.)	上端(km)	下端(コン ラッド面 km)	走向 (deg.)	傾斜 (deg.)	すべり角 (deg.)	長さ(km)	幅(km)	Mo	Mw	平均すべ り量(m)
NI-trough-S con-41	24.7096	123.0541	0	16	103.6	60	270	18.00	18.00	5.50E+18	6.43	0.50
NI-trough-S con-42	24.5970	123.0491	0	16	98.7	60	270	26.70	18.48	1.40E+19	6.69	0.80
NI-trough-S con-43	25.6470	125.7384	0	12	246.4	60	270	44.16	13.86	2.10E+19	6.81	0.99
NI-trough-S con-44	26.1832	126.6989	0	12	202.5	60	270	18.00	13.86	3.70E+18	6.32	0.44
NI-trough-S con-45	24.9048	123.5998	0	12	276.5	60	270	25.30	13.86	6.20E+18	6.46	0.52
NI-trough-S con-46	24.7942	124.8680	0	18	131.6	60	270	20.78	20.78	1.00E+19	6.61	0.70
NI-trough-S con-47	24.6290	125.3611	0	18	321.3	60	270	41.45	20.78	4.10E+19	7.01	1.40
NI-trough-S con-48	24.4947	123.2339	0	16	283.7	60	270	18.00	18.00	5.50E+18	6.43	0.50
NI-trough-S con-49	24.4065	123.2906	0	16	281.6	60	270	18.00	18.00	5.50E+18	6.43	0.50
NI-trough-S con-50	24.5787	123.3954	0	16	124.6	60	270	18.00	18.00	5.50E+18	6.43	0.50
NI-trough-S con-51	24.3807	123.5614	0	16	283.7	60	270	18.00	18.00	5.50E+18	6.43	0.50
NI-trough-S con-52	24.5027	123.5847	0	16	308.6	60	270	18.00	18.00	5.50E+18	6.43	0.50
NI-trough-S con-53	24.6276	123.6488	0	16	273.2	60	270	18.00	18.00	5.50E+18	6.43	0.50
NI-trough-S con-54	24.5640	123.6265	0	16	298.4	60	270	18.00	18.00	5.50E+18	6.43	0.50
NI-trough-S con-55	24.5349	123.5957	0	16	300.1	60	270	18.00	18.00	5.50E+18	6.43	0.50
NI-trough-S con-56	24.6272	123.1271	0	16	106.6	60	270	18.00	18.00	5.50E+18	6.43	0.50
NI-trough-S con-57	24.8475	123.2406	0	12	270.8	60	270	20.38	13.86	4.50E+18	6.37	0.47
NI-trough-S con-58	24.5198	123.4330	0	16	116.6	60	270	18.00	18.00	5.50E+18	6.43	0.50
NI-trough-S con-59	26.2244	126.0896	0	12	254.2	60	270	29.69	13.86	9.40E+18	6.58	0.67
NI-OKN con-03	25.5803	126.8199	0	16	164.1	60	270	18.00	18.00	5.50E+18	6.43	0.50
NI-OKN con-02	25.3296	126.8023	0	18	356.8	60	270	28.88	20.78	2.00E+19	6.80	0.97
NI-OKN con-05	25.3262	126.7827	0	18	0.5	60	270	18.00	18.00	5.50E+18	6.43	0.50
NI-OKN con-04	25.5395	126.6634	0	16	198.1	60	270	18.00	18.00	5.50E+18	6.43	0.50
NI-OKN con-07	25.2078	126.8954	0	18	344.0	60	270	18.00	18.00	5.50E+18	6.43	0.50
NI-OKN con-01	25.5852	126.7528	0	16	324.9	60	270	18.00	18.00	5.50E+18	6.43	0.50
NI-OKN con-06	25.2087	126.7161	0	18	11.4	60	270	23.53	20.78	1.30E+19	6.68	0.79
NI-trench-C con-03	25.9506	128.2776	0	20	213.8	45	90	41.30	28.28	7.60E+19	7.19	1.89
NI-trench-C con-04	25.8885	128.2018	0	18	216.9	60	270	29.90	20.78	2.10E+19	6.82	1.01
NI-trench-C con-10	26.4044	128.6104	0	14	217.4	60	270	20.03	16.17	5.50E+18	6.43	0.50
NI-trench-C con-14	25.2140	127.4811	0	20	60.3	45	90	36.99	28.28	6.10E+19	7.12	1.70
NI-trench-C con-16	25.7305	127.3012	0	18	176.2	60	270	38.84	20.78	3.60E+19	6.97	1.31
NI-trench-C con-18	26.0368	128.0158	0	18	176.9	60	270	38.53	20.78	3.60E+19	6.97	1.30
NI-trench-C con-21	26.5318	128.7335	0	14	312.8	60	270	29.36	16.17	1.30E+19	6.67	0.77
NI-trench-C con-22	26.6741	128.4791	0	14	133.7	60	270	21.45	16.17	6.10E+18	6.46	0.52
NI-trench-C con-23	26.5628	128.8043	0	14	321.2	60	270	18.00	16.17	4.70E+18	6.38	0.47
NI-trench-C con-24	26.8113	128.6933	0	14	130.9	60	270	22.70	16.17	6.70E+18	6.48	0.53
NI-trench-C con-25	26.6308	128.8732	0	14	314.3	60	270	18.00	16.17	4.70E+18	6.38	0.47
NI-trench-C con-26	26.2755	128.4292	0	14	312.6	60	270	20.79	16.17	5.90E+18	6.44	0.51
NI-trench-S con-01	24.1494	123.3052	0	18	140.7	60	270	39.60	20.78	3.80E+19	6.98	1.33
NI-trench-S con-02	24.1072	123.2101	0	18	131.5	60	270	66.93	20.78	1.10E+20	7.29	2.26
NI-trench-S con-03	24.1139	122.9980	0	18	82.2	60	270	29.88	20.78	2.10E+19	6.82	1.01
NI-trench-S con-04	24.0109	123.8564	0	18	81.9	60	270	18.00	18.00	5.50E+18	6.43	0.50
NI-trench-S con-05	24.0755	123.8662	0	18	77.4	60	270	33.51	20.78	2.70E+19	6.89	1.13
NI-trench-S con-09	23.6385	124.7304	0	14	24.3	45	90	25.24	19.80	1.40E+19	6.70	0.81
NI-trench-S con-10	24.2646	125.4067	0	14	239.1	45	90	63.62	19.80	8.80E+19	7.23	2.04
NI-trench-S con-11	24.1069	124.8201	0	14	74.3	45	90	24.28	19.80	1.30E+19	6.67	0.78
NI-trench-S con-12	24.0731	124.7009	0	14	194.3	45	90	21.32	19.80	9.90E+18	6.60	0.68
NI-trench-S con-13	24.5068	124.8311	0	18	245.2	60	270	31.49	20.78	2.40E+19	6.85	1.06
NI-trench-S con-14	24.1270	125.3023	0	14	227.5	45	90	30.62	19.80	2.00E+19	6.81	0.98
NI-trench-S con-15	24.2544	125.9404	0	20	224.9	45	90	35.35	28.28	5.60E+19	7.10	1.62
NI-trench-S con-16	25.0292	126.9326	0	20	218.4	45	90	47.86	28.28	1.00E+20	7.27	2.20
NI-trench-S con-22	24.1899	126.4989	0	20	241.3	45	90	26.66	26.66	2.80E+19	6.90	1.15
NI-trench-S con-23	24.0590	126.2034	0	20	232.7	45	90	29.92	28.28	4.00E+19	7.00	1.37
NI-trench-S con-24	24.2925	126.4411	0	20	231.3	45	90	21.34	21.34	1.20E+19	6.64	0.74
NI-trench-S con-26	24.4254	126.3799	0	20	214.4	45	90	25.97	25.97	2.50E+19	6.87	1.09
NI-trench-S con-27	23.9467	125.9451	0	20	47.5	45	90	44.05	28.28	8.60E+19	7.22	2.02
NI-trench-S con-28	24.6406	126.4978	0	20	221.5	45	90	37.54	28.28	6.30E+19	7.13	1.72
NI-trench-S con-29	23.9560	125.0539	0	14	238.2	45	90	18.00	18.00	5.50E+18	6.43	0.50
NI-trench-S con-30	24.0610	125.2645	0	14	189.8	45	90	18.00	18.00	5.50E+18	6.43	0.50
NI-trench-S con-35	25.0108	127.3592	0	14	222.7	45	90	27.64	19.80	1.70E+19	6.75	0.89
NI-trench-S con-37	23.8635	124.7980	0	14	191.1	45	90	18.00	18.00	5.50E+18	6.43	0.50

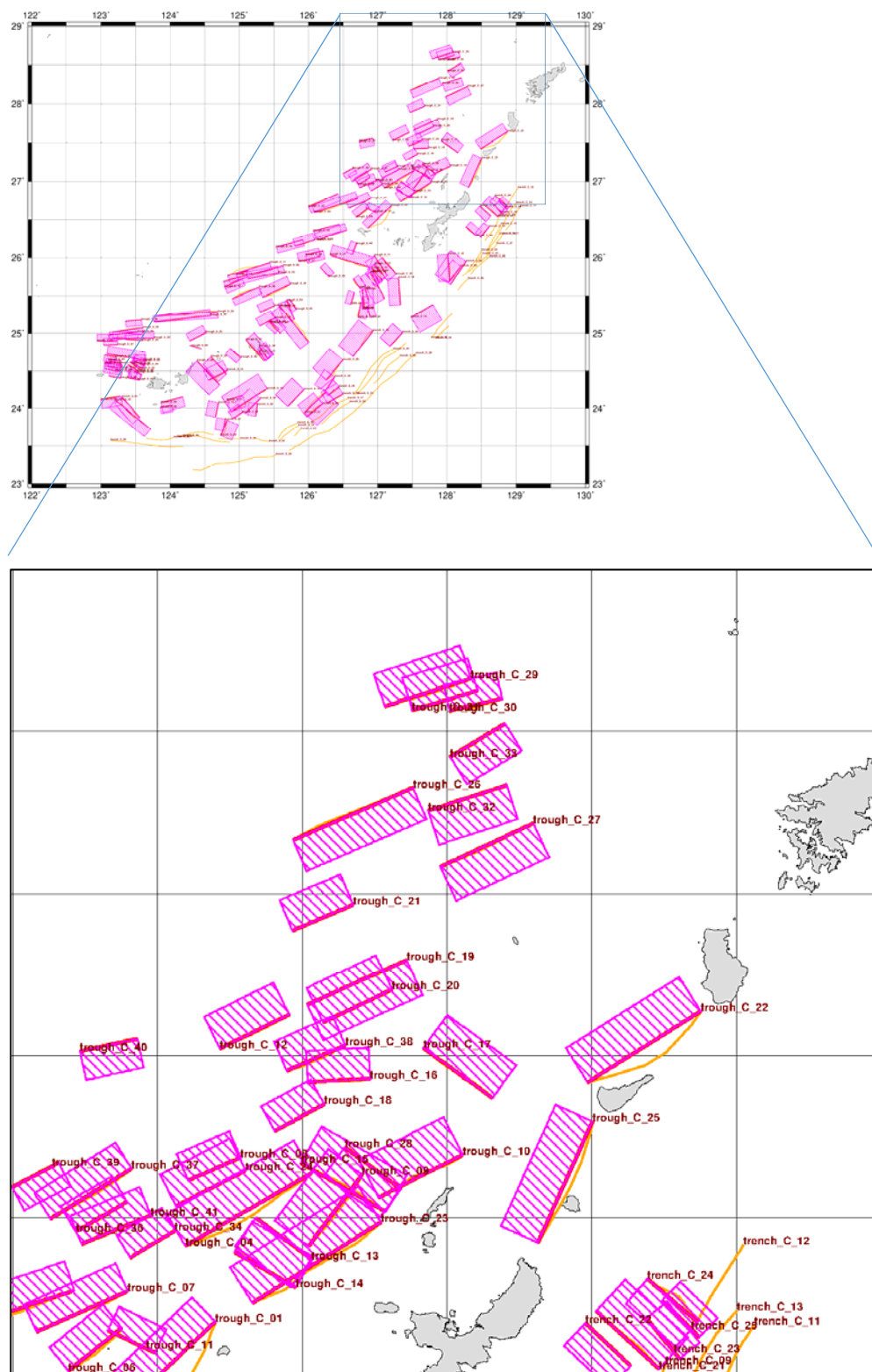


図 13-a 断層下端深度をモホ面とした場合の断層モデルの形状。
サブテーマ(2)による断層データ(橙実線)に対し設定した断層モ
デル(矩形)。

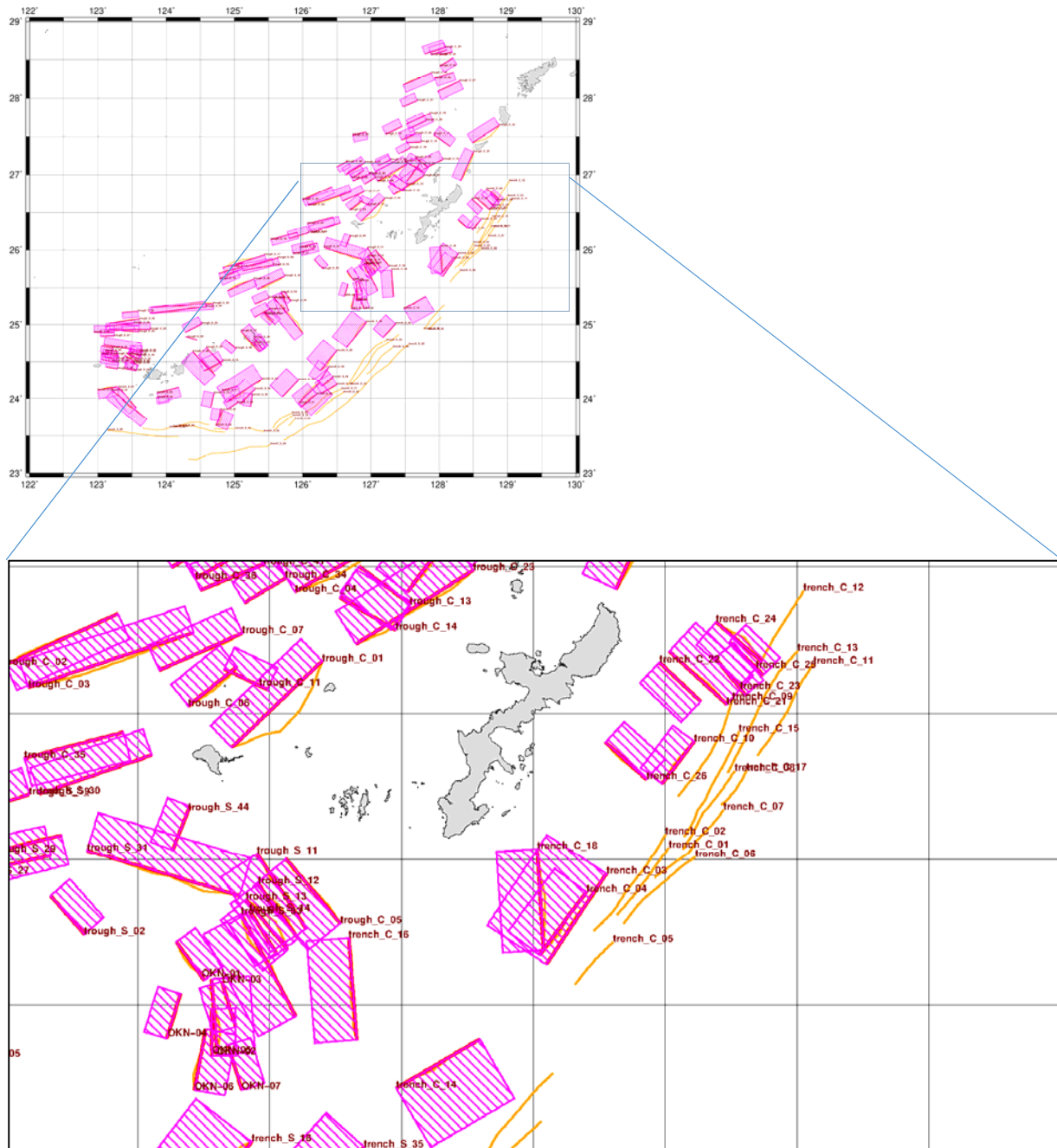


図 13-b 断層下端深度をモホ面とした場合の断層モデルの形状。サブデータマ(2)による断層データ(橙実線)に対し設定した断層モデル(矩形)。

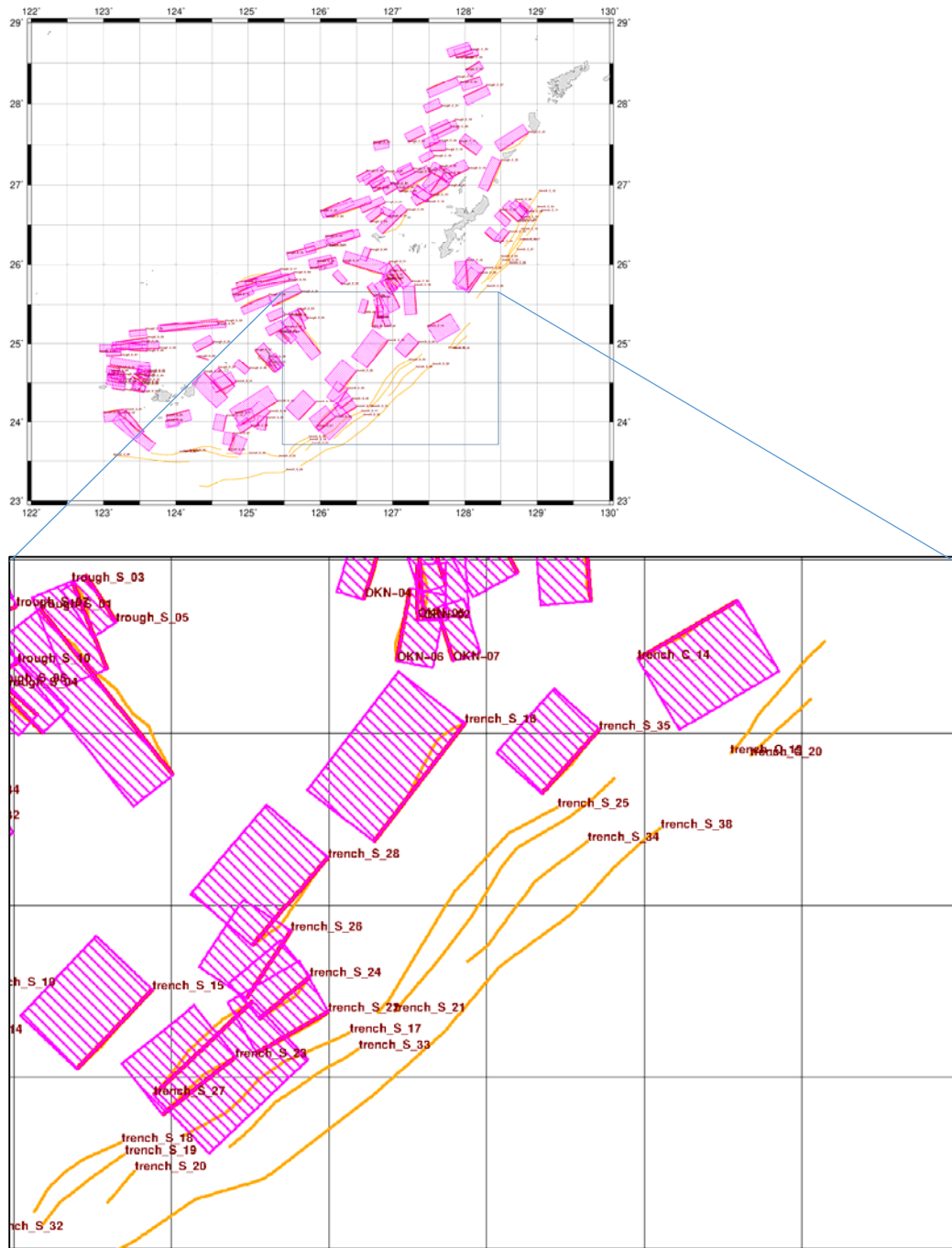


図 13-c 断層下端深度をモホ面とした場合の断層モデルの形状。サブテーマ(2)による断層データ(橙実線)に対し設定した断層モデル(矩形)。

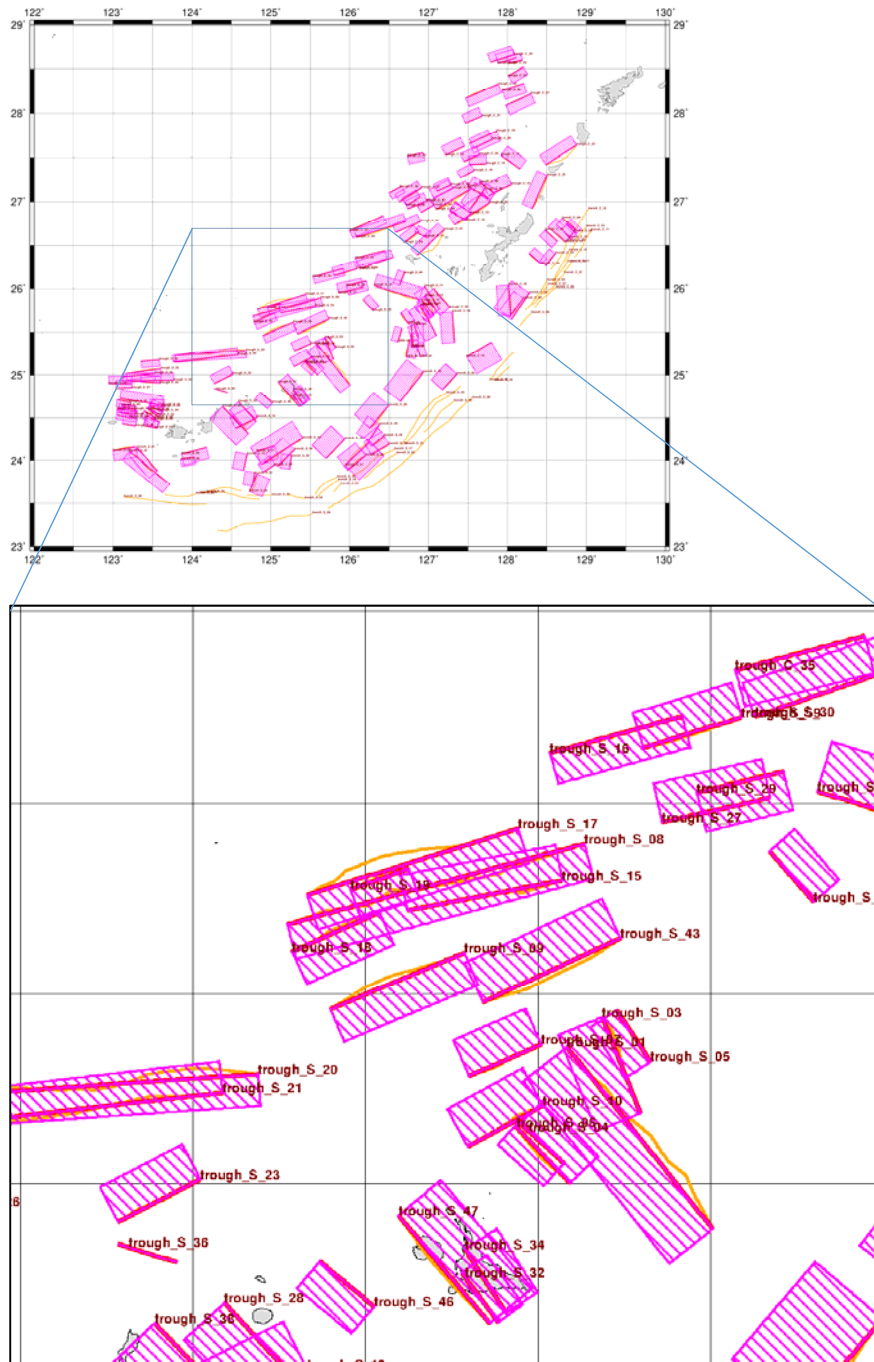


図 13-d 断層下端深度をモホ面とした場合の断層モデルの形状。サブテーマ(2)による断層データ(橙実線)に対し設定した断層モデル(矩形)。

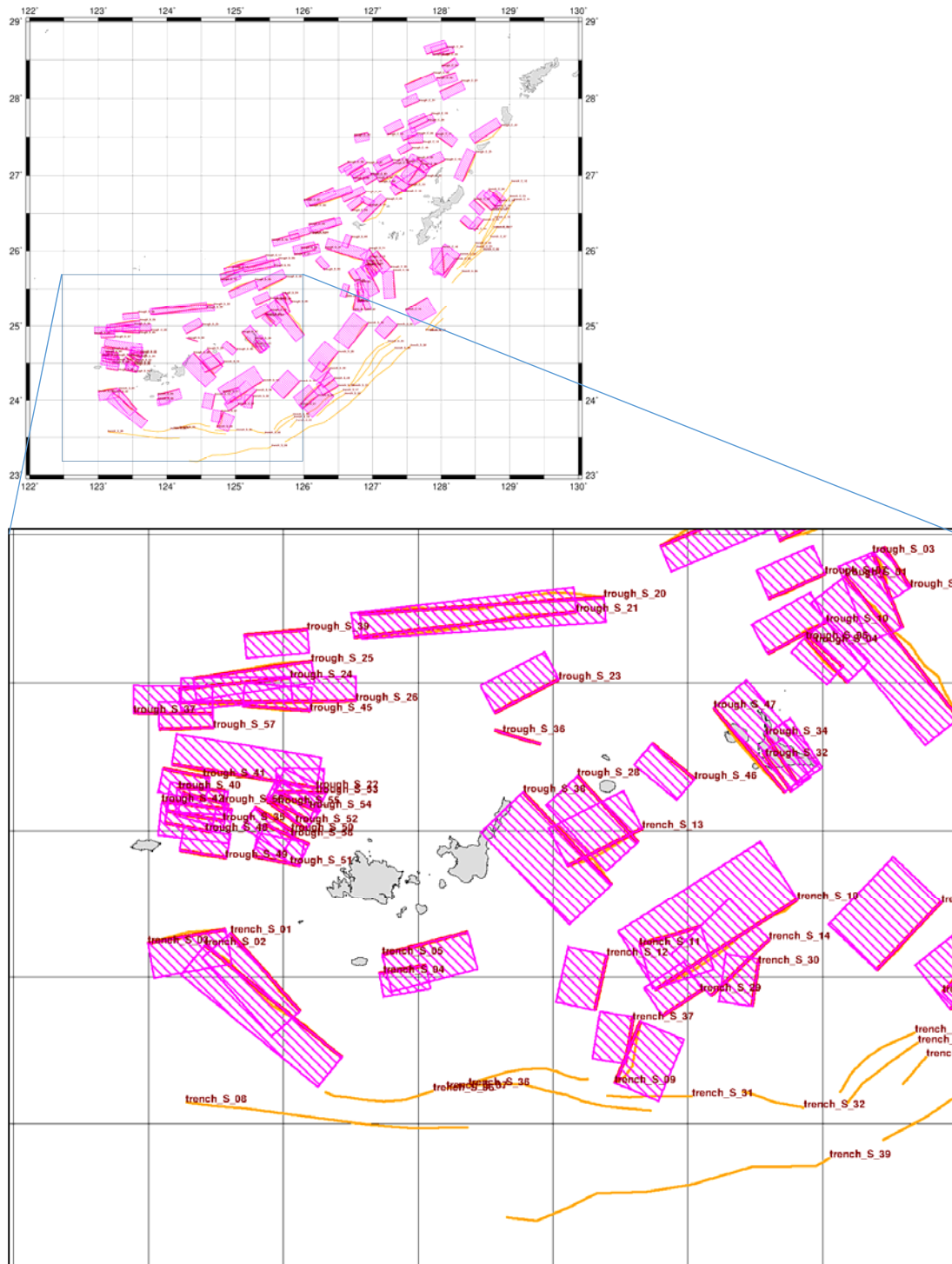


図 13-e 断層下端深度をモホ面とした場合の断層モデルの形状。サブテ
ーマ(2)による断層データ(橙実線)に対し設定した断層モデル(矩形)。

表 6(1) 断層下端深度をモホ面とした場合のモデルパラメータ

モデル	緯度 (deg.)	経度(deg.)	上端(km)	下端(モホ 面, km)	走向 (deg.)	傾斜 (deg.)	すべり角 (deg.)	長さ(km)	幅(km)	Mo	Mw	平均すべ り量(m)
NI-trough-C moho-01	26.6781	127.2001	0	20	227.2	60	270	47.24	23.09	6.60E+19	7.15	1.77
NI-trough-C moho-02	26.6646	126.0001	0	18	66.7	60	270	46.55	20.78	5.20E+19	7.08	1.57
NI-trough-C moho-03	26.7758	126.7125	0	18	252.7	60	270	65.76	20.78	1.00E+20	7.28	2.22
NI-trough-C moho-04	27.1392	127.5353	0	22	240.8	60	270	50.21	25.40	9.00E+19	7.24	2.07
NI-trough-C moho-05	26.0017	127.0628	0	28	140.7	60	270	32.02	32.02	5.90E+19	7.11	1.66
NI-trough-C moho-06	26.6586	126.8771	0	18	232.2	60	270	23.54	20.78	1.30E+19	6.68	0.79
NI-trough-C moho-07	26.7731	126.8981	0	18	247.0	60	270	34.33	20.78	2.80E+19	6.90	1.16
NI-trough-C moho-08	27.1866	127.2877	0	20	247.2	60	270	19.56	19.56	7.10E+18	6.50	0.54
NI-trough-C moho-09	27.1338	127.7072	0	25	217.4	60	270	30.61	28.87	4.30E+19	7.03	1.43
NI-trough-C moho-10	27.1951	128.0550	0	25	243.5	60	270	32.31	28.87	4.80E+19	7.06	1.51
NI-trough-C moho-11	26.5817	126.9921	0	19	296.6	60	270	18.00	18.00	5.50E+18	6.43	0.50
NI-trough-C moho-12	27.6275	127.4555	0	21	244.5	60	270	26.33	24.25	2.30E+19	6.84	1.04
NI-trough-C moho-13	26.9999	127.3402	0	24	127.3	60	270	23.85	23.85	1.80E+19	6.77	0.92
NI-trough-C moho-14	26.7845	127.4781	0	23	300.8	60	270	24.25	24.25	1.90E+19	6.79	0.95
NI-trough-C moho-15	27.0187	127.7894	0	25	300.5	60	270	33.57	28.87	5.20E+19	7.08	1.57
NI-trough-C moho-16	27.4298	127.7353	0	24	267.4	60	270	21.39	21.39	1.20E+19	6.64	0.74
NI-trough-C moho-17	27.3704	128.1583	0	24	306.3	60	270	29.11	27.71	3.60E+19	6.97	1.31
NI-trough-C moho-18	27.3510	127.5766	0	24	242.1	60	270	19.23	19.23	6.80E+18	6.49	0.53
NI-trough-C moho-19	27.6579	127.5181	0	23	66.2	60	270	37.15	26.56	5.40E+19	7.09	1.60
NI-trough-C moho-20	27.7048	127.8115	0	23	245.0	60	270	26.09	26.09	2.60E+19	6.87	1.10
NI-trough-C moho-21	27.9665	127.6772	0	21	247.7	60	270	22.47	22.47	1.40E+19	6.70	0.82
NI-trough-C moho-22	27.6370	128.8776	0	24	238.0	60	270	45.57	27.71	8.90E+19	7.23	2.05
NI-trough-C moho-23	26.9867	127.7728	0	25	238.5	60	270	52.09	28.87	1.30E+20	7.33	2.44
NI-trough-C moho-24	27.1471	127.3058	0	21	243.7	60	270	26.84	24.25	2.40E+19	6.85	1.06
NI-trough-C moho-25	27.2977	128.5036	0	24	204.5	60	270	45.50	27.71	8.80E+19	7.23	2.04
NI-trough-C moho-26	28.1654	127.4693	0	20	67.1	60	270	44.30	23.09	5.80E+19	7.11	1.66
NI-trough-C moho-27	28.0831	127.9780	0	22	65.3	60	270	34.80	25.40	4.30E+19	7.03	1.43
NI-trough-C moho-28	27.2186	127.6478	0	25	127.2	60	270	23.94	23.94	1.80E+19	6.77	0.93
NI-trough-C moho-29	28.6592	128.0827	0	20	252.2	60	270	30.57	23.09	2.80E+19	6.90	1.14
NI-trough-C moho-30	28.5965	128.1918	0	20	257.3	60	270	18.24	18.24	5.80E+18	6.44	0.50
NI-trough-C moho-31	28.6208	128.1063	0	20	253.6	60	270	23.04	23.04	1.60E+19	6.73	0.86
NI-trough-C moho-32	28.2553	127.9357	0	21	72.5	60	270	28.05	24.25	2.60E+19	6.87	1.10
NI-trough-C moho-33	28.4190	128.0123	0	20	59.0	60	270	21.73	21.73	1.20E+19	6.66	0.77
NI-trough-C moho-34	26.9606	127.0614	0	19	239.8	60	270	18.00	18.00	5.50E+18	6.43	0.50
NI-trough-C moho-35	26.3474	126.0714	0	19	76.5	60	270	38.65	21.94	4.00E+19	7.00	1.38
NI-trough-C moho-36	27.0495	126.8949	0	18	240.7	60	270	20.31	20.31	9.50E+18	6.58	0.67
NI-trough-C moho-37	27.1523	126.9108	0	18	239.2	60	270	32.66	20.78	2.60E+19	6.87	1.10
NI-trough-C moho-38	27.5334	127.6497	0	23	246.8	60	270	21.78	21.78	1.30E+19	6.67	0.77
NI-trough-C moho-39	27.0948	126.4986	0	18	63.3	60	270	18.00	18.00	5.50E+18	6.43	0.50
NI-trough-C moho-40	27.5141	126.7323	0	18	78.7	60	270	20.11	20.11	9.10E+18	6.57	0.66
NI-trough-C moho-41	27.0079	126.9781	0	18	248.4	60	270	25.73	20.78	1.60E+19	6.73	0.87
NI-trough-S moho-01	25.3596	125.5835	0	28	142.7	60	270	68.22	32.33	3.40E+20	7.62	4.49
NI-trough-S moho-02	25.7428	126.2990	0	20	319.8	60	270	19.46	19.46	7.00E+18	6.50	0.54
NI-trough-S moho-03	25.4374	125.6859	0	24	159.7	60	270	30.21	27.71	3.90E+19	6.99	1.36
NI-trough-S moho-04	25.1617	125.4437	0	27	133.6	60	270	18.00	18.00	5.50E+18	6.43	0.50
NI-trough-S moho-05	25.4559	125.7279	0	25	148.0	60	270	18.00	18.00	5.50E+18	6.43	0.50
NI-trough-S moho-06	25.0007	125.5928	0	27	317.6	60	270	22.65	22.65	1.50E+19	6.71	0.83
NI-trough-S moho-07	25.3657	125.5094	0	20	247.9	60	270	22.98	22.98	1.60E+19	6.73	0.86
NI-trough-S moho-08	25.6834	124.7739	0	18	76.5	60	270	89.47	20.78	2.90E+20	7.57	4.49
NI-trough-S moho-09	25.4594	124.8988	0	18	68.7	60	270	42.44	20.78	4.30E+19	7.02	1.43
NI-trough-S moho-10	25.2043	125.5140	0	25	242.9	60	270	24.98	24.98	2.20E+19	6.82	1.01
NI-trough-S moho-11	26.0204	126.9529	0	28	147.7	60	270	34.23	32.33	6.80E+19	7.16	1.79
NI-trough-S moho-12	25.9160	126.9567	0	28	144.6	60	270	25.79	25.79	2.50E+19	6.86	1.08
NI-trough-S moho-13	25.8621	126.9111	0	28	141.1	60	270	24.90	24.90	2.10E+19	6.82	1.01
NI-trough-S moho-14	25.8220	126.9250	0	28	148.4	60	270	18.76	18.76	6.30E+18	6.46	0.52
NI-trough-S moho-15	25.7990	125.5697	0	18	260.5	60	270	45.87	20.78	5.10E+19	7.07	1.55
NI-trough-S moho-16	26.1318	125.5346	0	16	76.1	60	270	39.69	18.48	3.00E+19	6.92	1.19
NI-trough-S moho-17	25.7600	124.8320	0	18	74.2	60	270	64.21	20.78	9.90E+19	7.26	2.16
NI-trough-S moho-18	25.6117	124.7883	0	18	67.4	60	270	27.88	20.78	1.90E+19	6.78	0.94
NI-trough-S moho-19	25.7750	124.9572	0	18	72.1	60	270	18.06	18.06	5.60E+18	6.43	0.50
NI-trough-S moho-20	25.2299	123.7846	0	16	88.1	60	270	91.59	18.48	2.60E+20	7.54	4.49
NI-trough-S moho-21	25.2384	124.5864	0	16	265.5	60	270	83.74	18.48	1.30E+20	7.35	2.51
NI-trough-S moho-22	24.6441	123.6231	0	20	281.7	60	270	55.18	23.09	9.00E+19	7.24	2.07
NI-trough-S moho-23	25.0107	124.5221	0	20	244.4	60	270	27.14	23.09	2.20E+19	6.83	1.02
NI-trough-S moho-24	24.9775	123.1126	0	14	86.6	60	270	42.09	16.17	2.60E+19	6.87	1.10
NI-trough-S moho-25	25.0131	123.1664	0	14	84.1	60	270	44.85	16.17	2.90E+19	6.91	1.18
NI-trough-S moho-26	24.9380	123.7695	0	16	271.8	60	270	65.70	18.48	8.20E+19	7.21	1.97
NI-trough-S moho-27	26.0140	126.1719	0	20	258.6	60	270	32.09	23.09	3.10E+19	6.92	1.20
NI-trough-S moho-28	24.6838	124.5920	0	28	139.3	60	270	33.69	32.33	6.60E+19	7.15	1.77
NI-trough-S moho-29	26.0268	125.9596	0	20	77.2	60	270	25.86	23.09	2.00E+19	6.80	0.97
NI-trough-S moho-30	26.3581	126.5541	0	18	252.1	60	270	45.08	20.78	4.90E+19	7.06	1.52
NI-trough-S moho-31	25.8748	126.8869	0	26	287.7	60	270	60.45	30.02	2.80E+20	7.56	4.49
NI-trough-S moho-32	24.6324	125.3845	0	28	325.3	60	270	18.00	18.00	5.50E+18	6.43	0.50
NI-trough-S moho-33	25.8120	126.8919	0	28	152.6	60	270	44.12	32.33	1.10E+20	7.30	2.31
NI-trough-S moho-34	24.6579	125.4070	0	28	328.8	60	270	22.11	22.11	1.30E+19	6.68	0.79
NI-trough-S moho-35	24.5330	123.2774	0	21	282.0	60	270	22.01	22.01	1.30E+19	6.68	0.79
NI-trough-S moho-36	24.8387	124.2846	0	26	108.8	90	0	18.00	18.00	5.50E+18	6.43	0.50
NI-trough-S moho-37	24.8950	123.2370	0	18	273.0	60	270	29.64	20.78	2.10E+19	6.82	1.00
NI-trough-S moho-38	24.6298	124.3896	0	38	138.2	60	270	48.29	43.88	3.30E+20	7.61	4.49
NI-trough-S moho-39	25.1600	123.3557	0	15	87.4	60	270	23.67	17.32	9.30E+18	6.58	0.66
NI-trough-S moho-40	24.6428	123.1057	0	20	95.3	60	270	18.00	18.00	5.50E+18	6.43	0.50

表 6(2) 断層下端深度をモホ面とした場合のモデルパラメータ

モデル	緯度 (deg.)	経度 (deg.)	上端 (km)	下端(モホ面, km)	走向 (deg.)	傾斜 (deg.)	すべり角 (deg.)	長さ(km)	幅(km)	Mo	Mw	平均すべり量(m)
NI-trough-S moho-41	24.7096	123.0541	0	20	103.6	60	270	18.00	18.00	5.50E+18	6.43	0.50
NI-trough-S moho-42	24.5970	123.0491	0	22	98.7	60	270	26.70	25.40	2.60E+19	6.87	1.10
NI-trough-S moho-43	25.6470	125.7384	0	22	246.4	60	270	44.16	25.40	7.00E+19	7.16	1.82
NI-trough-S moho-44	26.1832	126.6989	0	19	202.5	60	270	18.00	18.00	5.50E+18	6.43	0.50
NI-trough-S moho-45	24.9048	123.5998	0	15	276.5	60	270	25.30	17.32	1.10E+19	6.62	0.71
NI-trough-S moho-46	24.7942	124.8680	0	28	131.6	60	270	20.78	20.78	1.00E+19	6.61	0.70
NI-trough-S moho-47	24.6290	125.3611	0	28	321.3	60	270	41.45	32.33	1.00E+20	7.27	2.17
NI-trough-S moho-48	24.4947	123.2339	0	22	283.7	60	270	18.00	18.00	5.50E+18	6.43	0.50
NI-trough-S moho-49	24.4065	123.2906	0	22	281.6	60	270	18.00	18.00	5.50E+18	6.43	0.50
NI-trough-S moho-50	24.5787	123.3954	0	20	124.6	60	270	18.00	18.00	5.50E+18	6.43	0.50
NI-trough-S moho-51	24.3807	123.5614	0	22	283.7	60	270	18.00	18.00	5.50E+18	6.43	0.50
NI-trough-S moho-52	24.5027	123.5847	0	20	308.6	60	270	18.00	18.00	5.50E+18	6.43	0.50
NI-trough-S moho-53	24.6276	123.6488	0	20	273.2	60	270	18.00	18.00	5.50E+18	6.43	0.50
NI-trough-S moho-54	24.5640	123.6265	0	20	298.4	60	270	18.00	18.00	5.50E+18	6.43	0.50
NI-trough-S moho-55	24.5349	123.5957	0	20	300.1	60	270	18.00	18.00	5.50E+18	6.43	0.50
NI-trough-S moho-56	24.6272	123.1271	0	20	106.6	60	270	18.00	18.00	5.50E+18	6.43	0.50
NI-trough-S moho-57	24.8475	123.2406	0	18	270.8	60	270	20.38	20.38	9.60E+18	6.59	0.67
NI-trough-S moho-58	24.5198	123.4330	0	20	116.6	60	270	18.00	18.00	5.50E+18	6.43	0.50
NI-trough-S moho-59	26.2244	126.0896	0	18	254.2	60	270	29.69	20.78	2.10E+19	6.82	1.00
NI-OKN moho-03	25.5803	126.8199	0	28	164.1	60	270	18.00	18.00	5.50E+18	6.43	0.50
NI-OKN moho-02	25.3296	126.8023	0	28	356.8	60	270	28.88	28.88	3.90E+19	6.99	1.35
NI-OKN moho-05	25.3262	126.7827	0	28	0.5	60	270	18.00	18.00	5.50E+18	6.43	0.50
NI-OKN moho-04	25.5395	126.6634	0	28	198.1	60	270	18.00	18.00	5.50E+18	6.43	0.50
NI-OKN moho-07	25.2078	126.8954	0	28	344.0	60	270	18.00	18.00	5.50E+18	6.43	0.50
NI-OKN moho-01	25.5852	126.7528	0	28	324.9	60	270	18.00	18.00	5.50E+18	6.43	0.50
NI-OKN moho-06	25.2087	126.7161	0	28	11.4	60	270	23.53	23.53	1.70E+19	6.75	0.90
NI-trench-C moho-03	25.9506	128.2776	0	27	213.8	45	90	41.30	38.18	1.40E+20	7.36	2.56
NI-trench-C moho-04	25.8885	128.2018	0	27	216.9	60	270	29.90	29.90	4.40E+19	7.03	1.45
NI-trench-C moho-10	26.4044	128.6104	0	26	217.4	60	270	20.03	20.03	9.00E+18	6.57	0.65
NI-trench-C moho-14	25.2140	127.4811	0	28	60.3	45	90	36.99	36.99	1.00E+20	7.28	2.22
NI-trench-C moho-16	25.7305	127.3012	0	28	176.2	60	270	38.84	32.33	8.80E+19	7.23	2.04
NI-trench-C moho-18	26.0368	128.0158	0	27	176.9	60	270	38.53	31.18	8.00E+19	7.20	1.95
NI-trench-C moho-21	26.5318	128.7335	0	26	312.8	60	270	29.36	29.36	4.10E+19	7.01	1.40
NI-trench-C moho-22	26.6741	128.4791	0	26	133.7	60	270	21.45	21.45	1.20E+19	6.65	0.75
NI-trench-C moho-23	26.5628	128.8043	0	26	321.2	60	270	18.00	18.00	5.50E+18	6.43	0.50
NI-trench-C moho-24	26.8113	128.6933	0	26	130.9	60	270	22.70	22.70	1.50E+19	6.71	0.84
NI-trench-C moho-25	26.6308	128.8732	0	26	314.3	60	270	18.00	18.00	5.50E+18	6.43	0.50
NI-trench-C moho-26	26.2755	128.4292	0	26	312.6	60	270	20.79	20.79	1.00E+19	6.61	0.70
NI-trench-S moho-01	24.1494	123.3052	0	25	140.7	60	270	39.60	28.87	7.30E+19	7.17	1.85
NI-trench-S moho-02	24.1072	123.2101	0	25	131.5	60	270	66.93	28.87	3.00E+20	7.58	4.49
NI-trench-S moho-03	24.1139	122.9980	0	23	82.2	60	270	29.88	26.56	3.50E+19	6.96	1.29
NI-trench-S moho-04	24.0109	123.8564	0	25	81.9	60	270	18.00	18.00	5.50E+18	6.43	0.50
NI-trench-S moho-05	24.0755	123.8662	0	25	77.4	60	270	33.51	28.87	5.20E+19	7.08	1.57
NI-trench-S moho-09	23.6385	124.7304	0	26	24.3	45	90	25.24	25.24	2.30E+19	6.84	1.03
NI-trench-S moho-10	24.2646	125.4067	0	26	239.1	45	90	63.62	36.77	3.60E+20	7.64	4.49
NI-trench-S moho-11	24.1069	124.8201	0	26	74.3	45	90	24.28	24.28	1.90E+19	6.79	0.96
NI-trench-S moho-12	24.0731	124.7009	0	26	194.3	45	90	21.32	21.32	1.10E+19	6.64	0.74
NI-trench-S moho-13	24.5068	124.8311	0	28	245.2	60	270	31.49	31.49	5.50E+19	7.09	1.61
NI-trench-S moho-14	24.1270	125.3023	0	26	227.5	45	90	30.62	30.62	4.90E+19	7.06	1.52
NI-trench-S moho-15	24.2544	125.9404	0	26	224.9	45	90	35.35	35.35	8.70E+19	7.23	2.03
NI-trench-S moho-16	25.0292	126.9326	0	27	218.4	45	90	47.86	38.18	2.80E+20	7.57	4.49
NI-trench-S moho-22	24.1899	126.4989	0	27	241.3	45	90	26.66	26.66	2.80E+19	6.90	1.15
NI-trench-S moho-23	24.0590	126.2034	0	27	232.7	45	90	29.92	29.92	4.50E+19	7.03	1.45
NI-trench-S moho-24	24.2925	126.4411	0	26	231.3	45	90	21.34	21.34	1.20E+19	6.64	0.74
NI-trench-S moho-26	24.4254	126.3799	0	26	214.4	45	90	25.97	25.97	2.50E+19	6.87	1.09
NI-trench-S moho-27	23.9467	125.9451	0	26	47.5	45	90	44.05	36.77	1.50E+20	7.38	2.63
NI-trench-S moho-28	24.6406	126.4978	0	26	221.5	45	90	37.54	36.77	1.10E+20	7.28	2.24
NI-trench-S moho-29	23.9560	125.0539	0	26	238.2	45	90	18.00	18.00	5.50E+18	6.43	0.50
NI-trench-S moho-30	24.0610	125.2645	0	26	189.8	45	90	18.00	18.00	5.50E+18	6.43	0.50
NI-trench-S moho-35	25.0108	127.3592	0	28	222.7	45	90	27.64	27.64	3.20E+19	6.94	1.24
NI-trench-S moho-37	23.8635	124.7980	0	26	191.1	45	90	18.00	18.00	5.50E+18	6.43	0.50

ii) 断層パラメータの不確定性の影響度評価

・断層下端深度の検討

沖縄県が実施した津波浸水被害想定において、想定地震に対して設定された断層下端深度を以下の図 14 及び表 7 に示す。沖縄県の被害想定においては、背弧域でおおむね 22 km、石垣島南方沖で 20 km、石垣島東方沖で 28.5 km として設定されている。

一方、本検討においては、サブテーマ(2)で設定された 3 次元速度構造データより地震発生層の下端を設定する。平成 27 年度に実施した日本海海域においては断層下端深度をコンラッド面として設定した。本検討においても、コンラッド面を基本として設定するが、図 11a) のコンラッド面深度分布においては断層下端が 12 km～18 km と浅くなっている。南西諸島海域の断層には、長さが比較的長いものも含まれていることから、断層長さに対して幅が極端に狭い断層モデルになることが予想される。そのため、もうひとつの設定方法として断層下端深度をモホ面とする場合についてもパラメータの設定として考慮した。断層の破壊は必ずしもコンラッド面で止まるものとは限らず、Zhao et al. (1994) などの研究例においては、地震発生層の下限はモホ面付近にあるとするものもある。よって、このような、地殻全体を破壊するような設定も加えることとし、これらを認識論的不確定性とした。認識論的不確定性については、複数パターンを設定を実施し、その影響度を感度解析することとしていることから、断層下端深度をコンラッド面とする場合とモホ面とする場合についてパラメータスタディを実施した。

パラメータスタディには南西諸島海域に設定した断層モデルから、背弧域及び島弧域の 4 つの断層について津波予測計算を実施した。津波予測計算の計算条件は表 8 とし、最小格子サイズが 150 m の概略計算である。次の項目で述べるスケーリング則についてのパラメータスタディにおいても同様の概略計算を実施している。

パラメータスタディに用いた断層の位置を以下の表 9～表 12 及び図 15 に示す。これらの断層は次の項目で述べるスケーリング則のパラメータスタディでも同様に用いている。この 4 つの断層の選定理由は、島嶼に比較的近い断層の中で規模が大きめであり、 M_w 6.8～7.2(下端をコンラッド面とした場合)と近い規模のレンジにあることである。

これらの断層モデルを使用した津波予測計算の計算結果を図 16～図 19 に示す。各断層モデルから計算された最大水位上昇量(m)を±7 m の範囲で、カラースケールで示した。

これらの検討の結果、1 m を超えるような津波が予測される範囲は、断層の近傍に位置する島嶼部であり、限定的な範囲であると言える。また、今回の検討例においては、断層下端深度をコンラッド面にする場合とモホ面にする場合では断層面積は 1.5～2.0 倍程度大きくなり、モーメント量 M_0 では 2.3～2.5 倍程度大きくなる。その結果、沿岸の水位上昇量は 1.6～2.5 倍程度大きくなることがいえる。計算結果の概要及び比較を表 13 及び図 20 に示す。

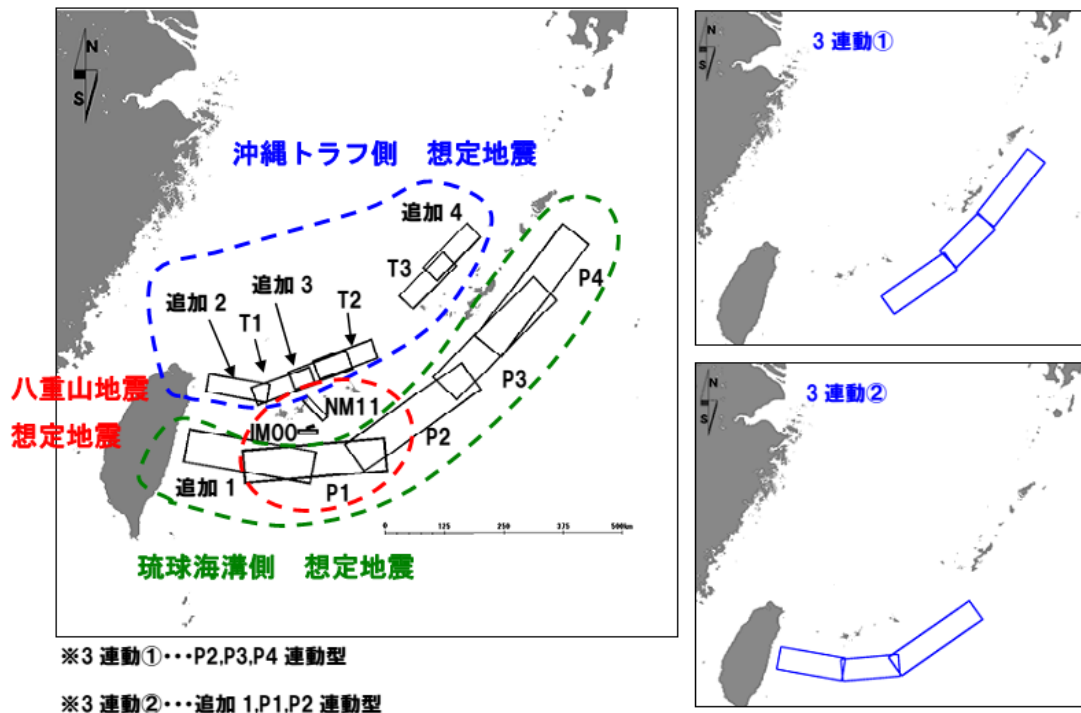


図 14 沖縄県の津波浸水被害想定で設定された想定地震(図 7 の再掲載)

表 7 沖縄県の津波浸水被害想定で設定された想定地震のモデルパラメータ
(沖縄県土木建築部海岸防災課, 2015)

表 3.1 H24 年度想定にて設定した断層パラメータ

No	想定地震	名称	緯度	経度	深さ (m)	走向角 (°)	傾斜角 (°)	すべり角 (°)	断層長さ (m)	断層幅 (m)	すべり量 (m)	Mw(※1)
①	追加1	八重山諸島南西沖地震	23.000	124.400	2000	280	12	90	270000	70000	20	8.7
②	P1	八重山諸島南東沖地震	23.235	125.987	2000	265	12	90	300000	70000	20	8.8
③	P2	八重山諸島南東沖地震	24.746	127.956	2000	235	12	90	300000	70000	20	8.8
④	P3	沖縄本島南東沖地震	26.406	129.620	2000	225	12	90	300000	70000	20	8.8
⑤	P4	沖縄本島東方沖地震	27.424	130.346	2000	218	12	90	300000	70000	20	8.8
⑥	IM00	石垣島南方沖地震(※2)	23.966	124.553	1000	270	70	90	40000	20000	20	7.8
			24.088	124.486	0	260	70	90	15000	10000	90	(※3)
⑦	NM11	石垣島東方沖地震(※2)	24.672	124.345	300	135	70	270	60000	30000	20	8.0
⑧	追加2	与那国島北方沖地震	24.550	123.500	2000	280	30	270	130000	40000	8	8.1
⑨	T1	石垣島北方沖地震	24.899	124.521	2000	250	30	270	130000	40000	8	8.1
⑩	追加3	多良間島北方沖地震	25.200	125.300	2000	250	30	270	130000	40000	8	8.1
⑪	T2	宮古島北方沖地震	25.399	125.821	2000	250	30	270	130000	40000	8	8.1
⑫	T3	久米島北方沖地震	27.126	127.519	2000	225	30	270	130000	40000	8	8.1
⑬	追加4	沖縄本島北西沖地震	27.650	128.050	2000	225	30	270	130000	40000	8	8.1
⑭	3連動①	P2	24.450	127.470	2000	235	12	90	240000	70000	20	9.0
		P3	25.575	128.680	2000	225	12	90	170000	70000	20	
		P4	27.424	130.346	2000	218	12	90	260000	70000	20	
⑮	3連動②	追加1	23.110	123.727	2000	280	12	90	200000	70000	20	9.0
		P1	23.230	125.470	2000	265	12	90	175000	70000	20	
		P2	24.746	127.956	2000	235	12	90	300000	70000	20	

表 8 津波予測計算の計算条件

計算条件	
支配方程式	非線形長波理論
数値解法	Staggered Leap-frog 差分スキーム
計算時間	12 時間
境界条件	陸側：陸域への遡上計算 海側：完全無反射で透過
計算格子サイズ	1,350 m, 450 m, 150 m （概略計算）
地形データ	南西諸島海域の地形(後述、(2)-①-a), b))
建物条件	各種施設は考慮しない
潮位	T.P. = 0 m
粗度係数	0.025

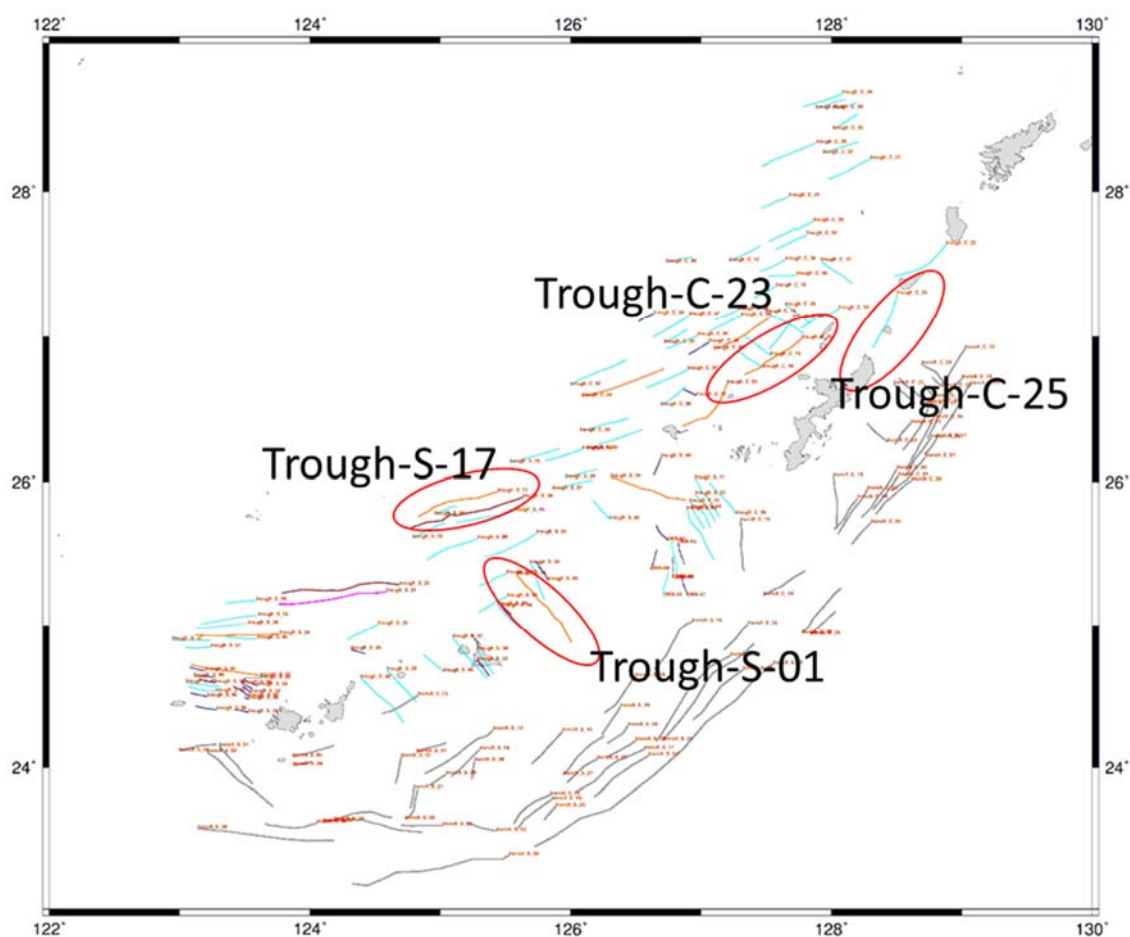


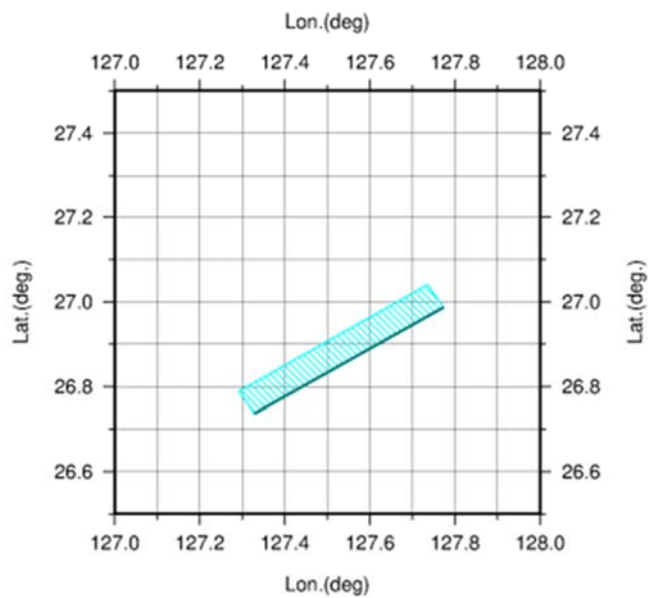
図 15 パラメータスタディに使用した断層の位置。

表 9 Trough-C-23 : 沖縄本島西側に近接した背弧域の島弧に平行した断層

Model: NI-tr-C23-con

C23_con:断層下端深度をコンラッド面とした場合

Lat.	Lon.	Top(km)	Bottom(km)	Strike	Dip	Rake	L. (km)	W. (km)	D. (m)	Mw
26.9867	127.7728	0.00	12.00	238.50	60.00	270	52.09	13.86	1.17	6.91



Model: NI-tr-C23-moho

C23_moho:断層下端深度をモホ面とした場合

Lat.	Lon.	Top(km)	Bottom(km)	Strike	Dip	Rake	L. (km)	W. (km)	D. (m)	Mw
26.9867	127.7728	0.00	25.00	238.50	60.00	270	52.09	28.87	2.44	7.33

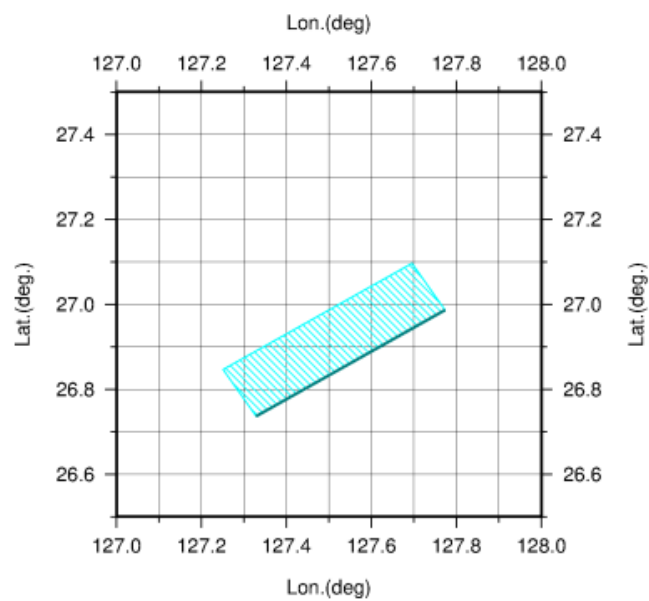
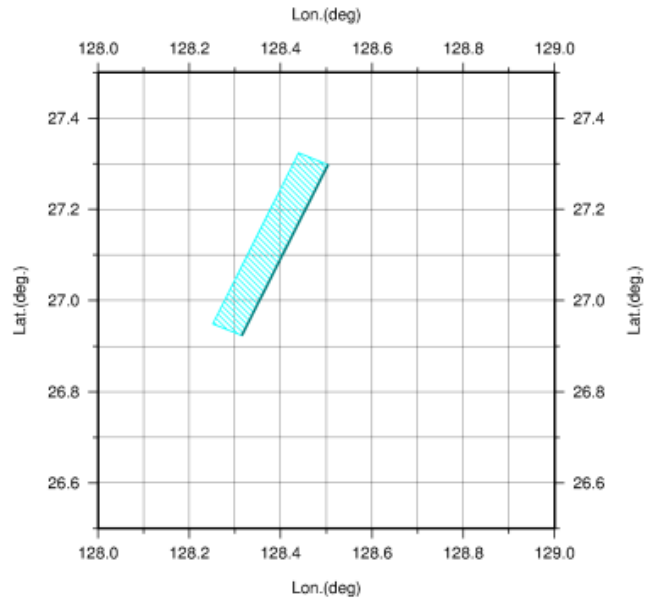


表 10 Trough-C-25：沖縄本島北東側に位置する島弧域の、島弧に平行した断層

Model: NI-tr-C25-con

C25_con:断層下端深度をコンラッド面とした場合

Lat.	Lon.	Top(km)	Bottom(km)	Strike	Dip	Rake	L. (km)	W. (km)	D. (m)	Mw
27.2977	128.5036	0.00	12.00	204.50	60.00	270	45.50	13.86	1.02	6.83



Model: NI-tr-C25-moho

C25_moho:断層下端深度をモホ面とした場合

Lat.	Lon.	Top(km)	Bottom(km)	Strike	Dip	Rake	L. (km)	W. (km)	D. (m)	Mw
27.2977	128.5036	0.00	24.00	204.50	60.00	270	45.50	27.71	2.04	7.23

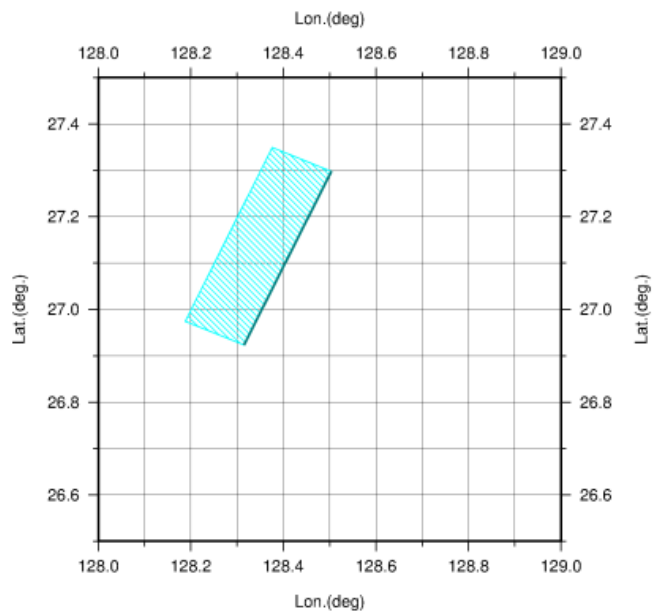
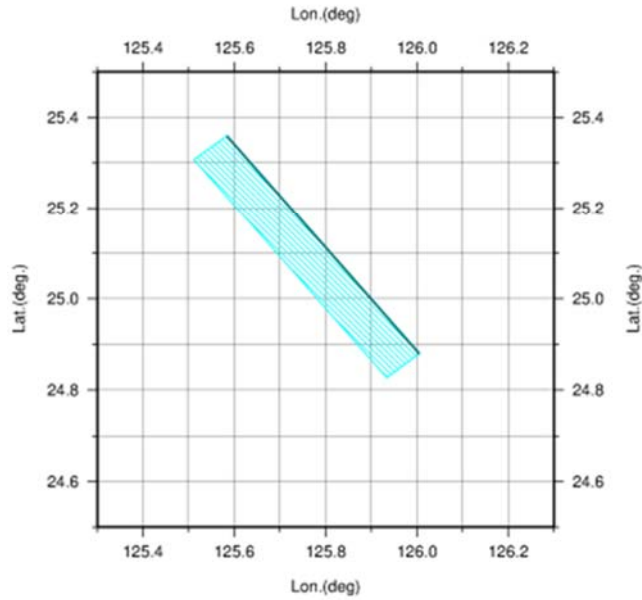


表 11 Trough-S-01 : 宮古島北東側に近接した島弧域の、島弧を横断する断層

Model: NI-tr-S01-con S01_con:断層下端深度をコンラッド面とした場合

Lat.	Lon.	Top(km)	Bottom(km)	Strike	Dip	Rake	L. (km)	W. (km)	D. (m)	Mw
25.3596	125.5835	0.00	16.00	142.70	60.00	270	68.22	18.48	2.04	7.23



Model: NI-tr-S01-moho S01_moho:断層下端深度をモホ面とした場合

Lat.	Lon.	Top(km)	Bottom(km)	Strike	Dip	Rake	L. (km)	W. (km)	D. (m)	Mw
25.3596	125.5835	0.00	28.00	142.70	60.00	270	68.22	32.33	3.58	7.55

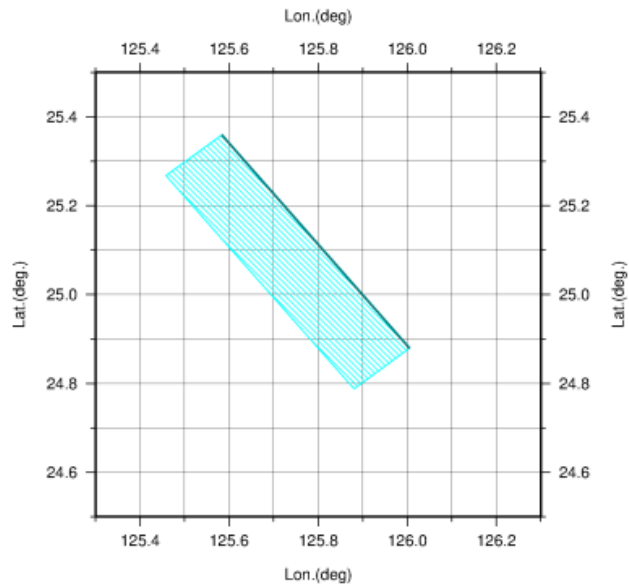
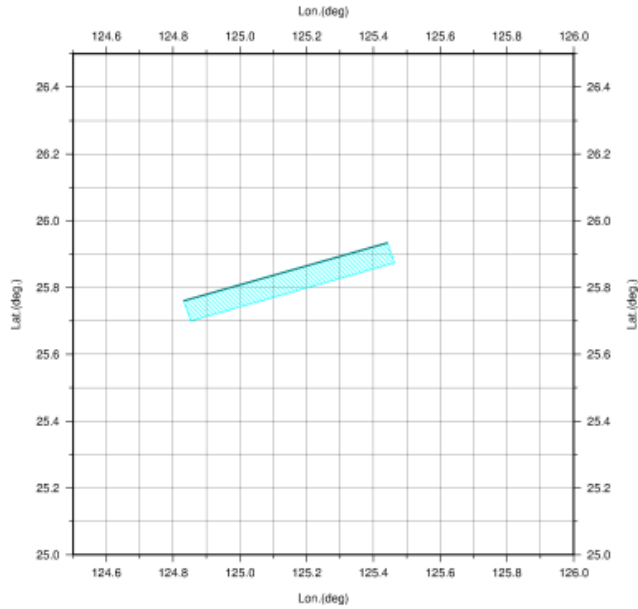


表 12 Trough-S-17：宮古島北方沖の背弧域の、島弧に平行した断層

Model: NI-tr-S17-con

S17_con:断層下端深度をコンラッド面とした場合

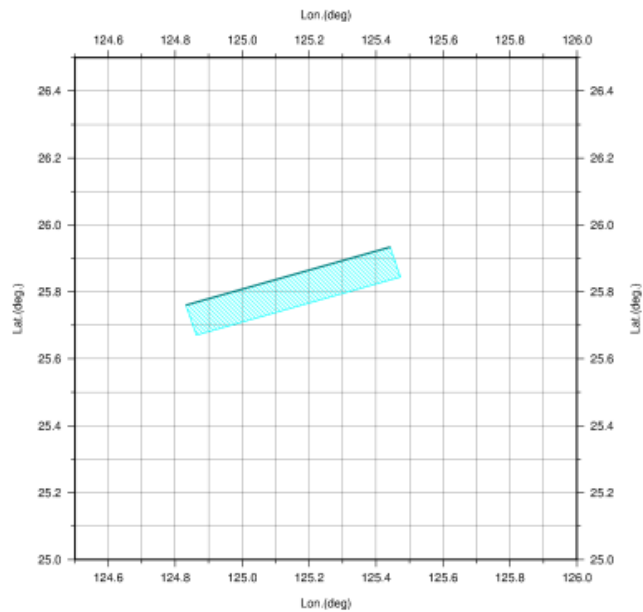
Lat.	Lon.	Top(km)	Bottom(km)	Strike	Dip	Rake	L. (km)	W. (km)	D. (m)	Mw
25.7600	124.8320	0.00	12.00	74.20	60.00	270	64.21	13.86	1.44	7.03



Model: NI-tr-S17-moho

S17_moho:断層下端深度をモホ面とした場合

Lat.	Lon.	Top(km)	Bottom(km)	Strike	Dip	Rake	L. (km)	W. (km)	D. (m)	Mw
25.7600	124.8320	0.00	18.00	74.20	60.00	270	64.21	20.78	2.16	7.26



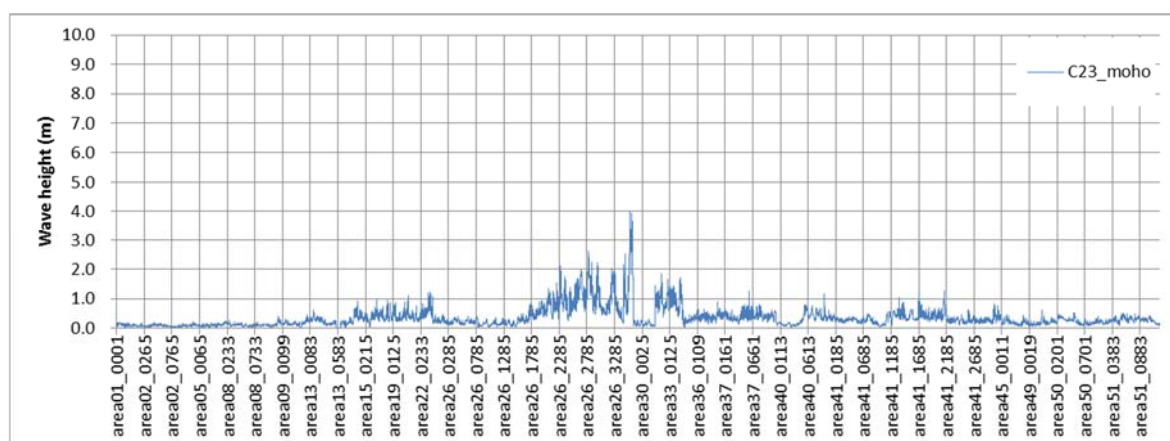
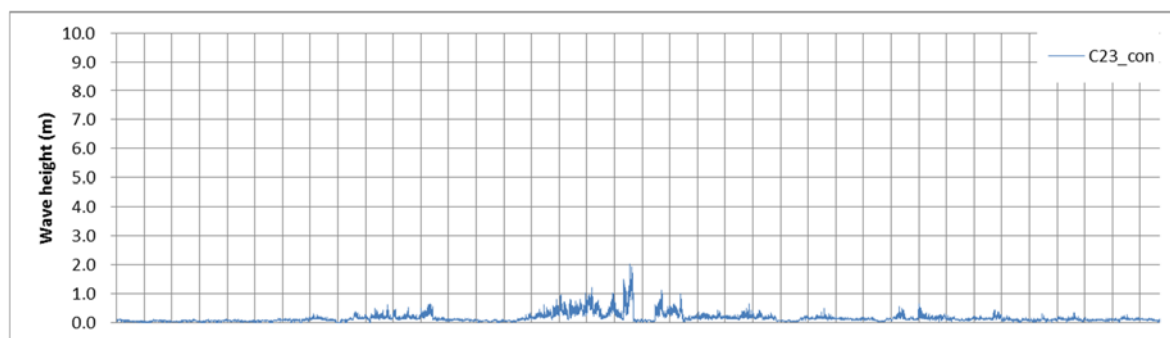
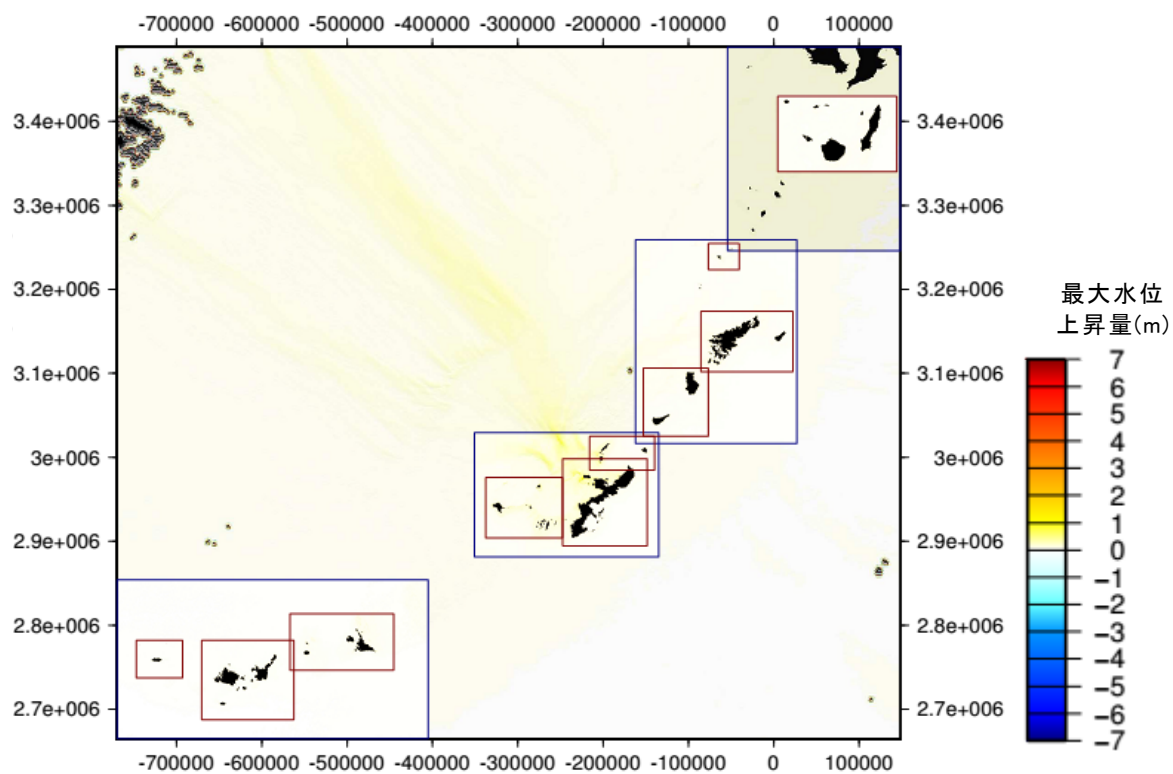


図 16 C-23 の断層モデルを使用した最大水位上昇量の包絡線。

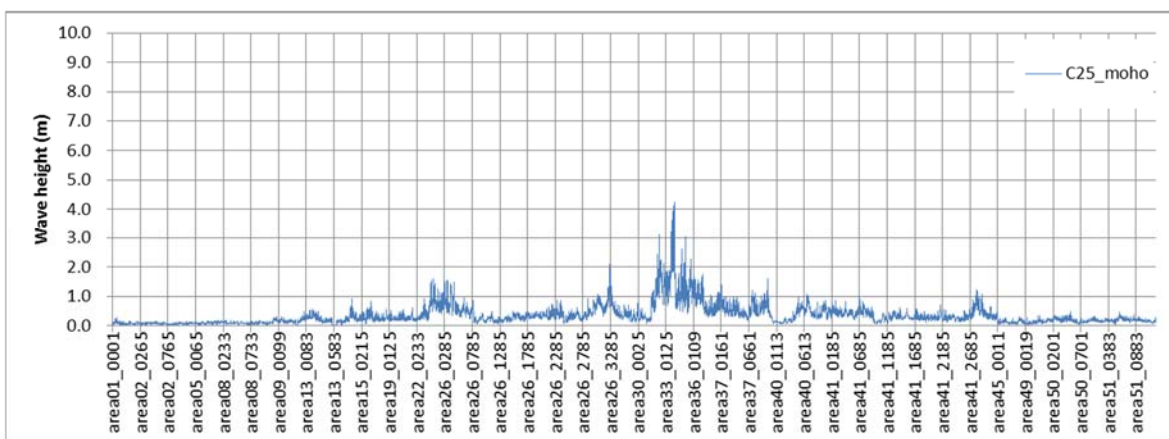
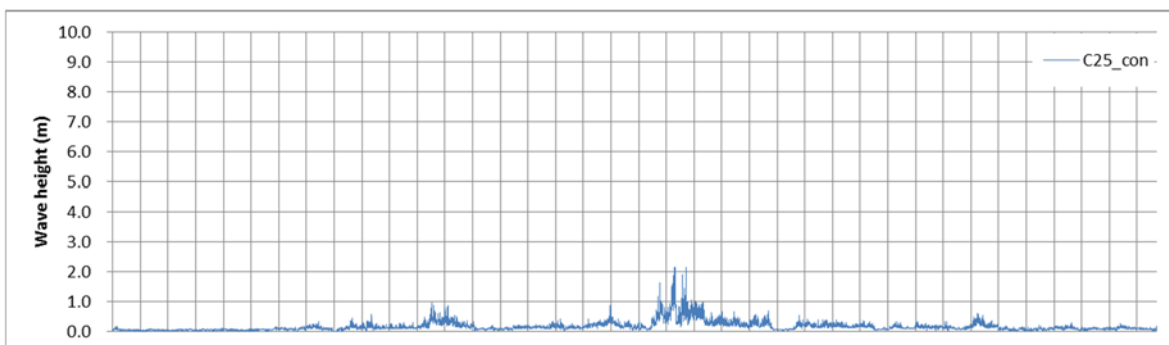
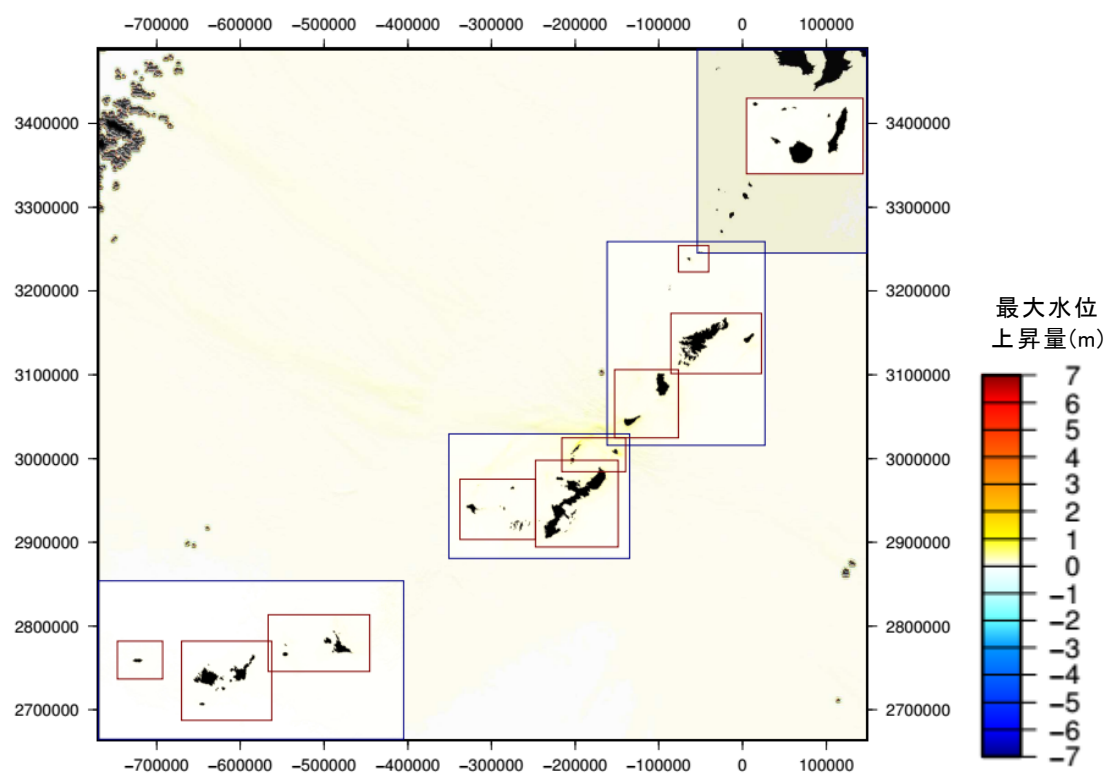


図 17 C-25 の断層モデルを使用した最大水位上昇量の包絡線。

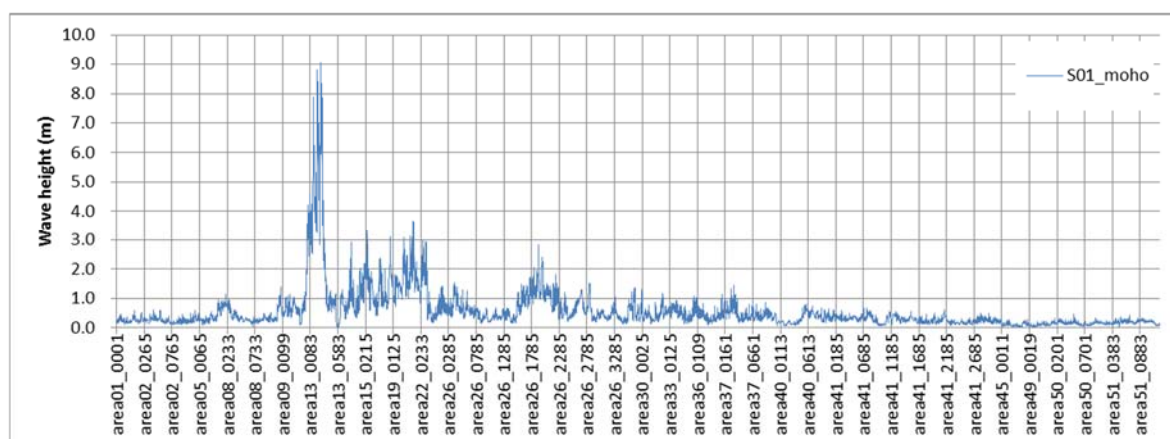
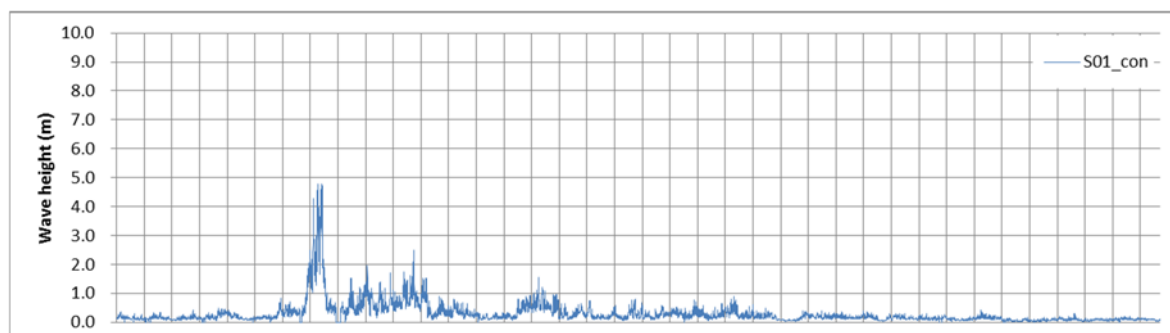
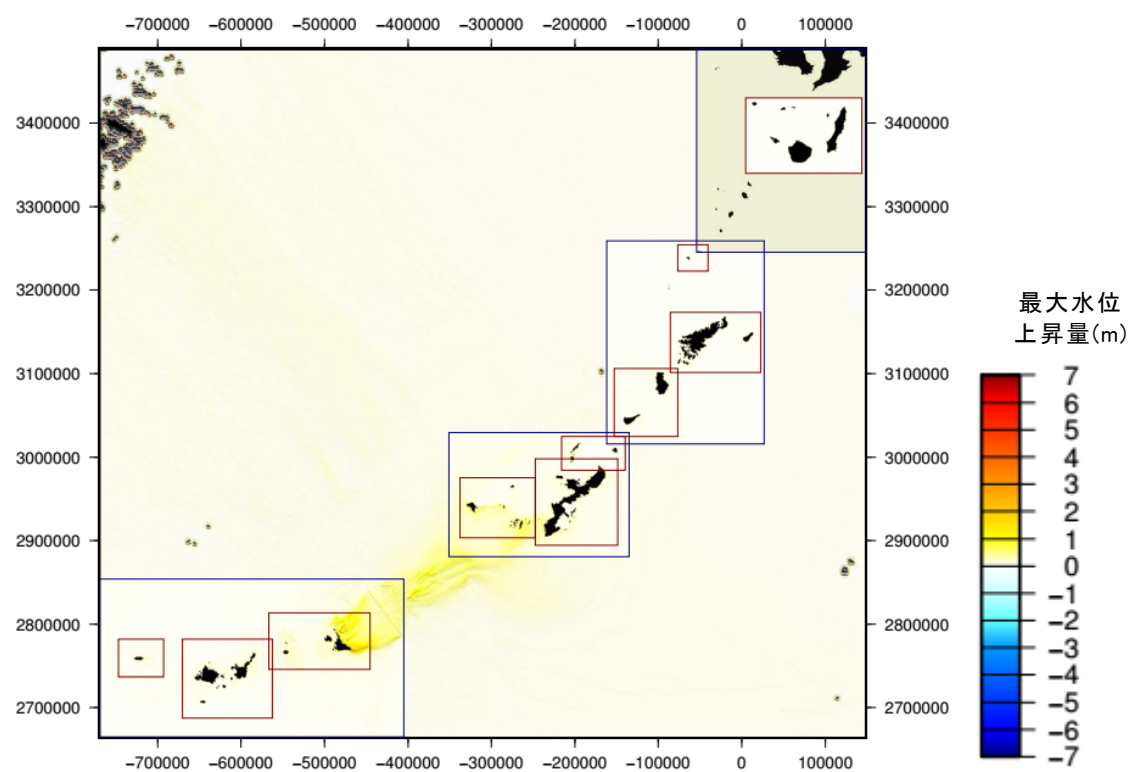


図 18 S01 の断層モデルを使用した最大水位上昇量の包絡線。

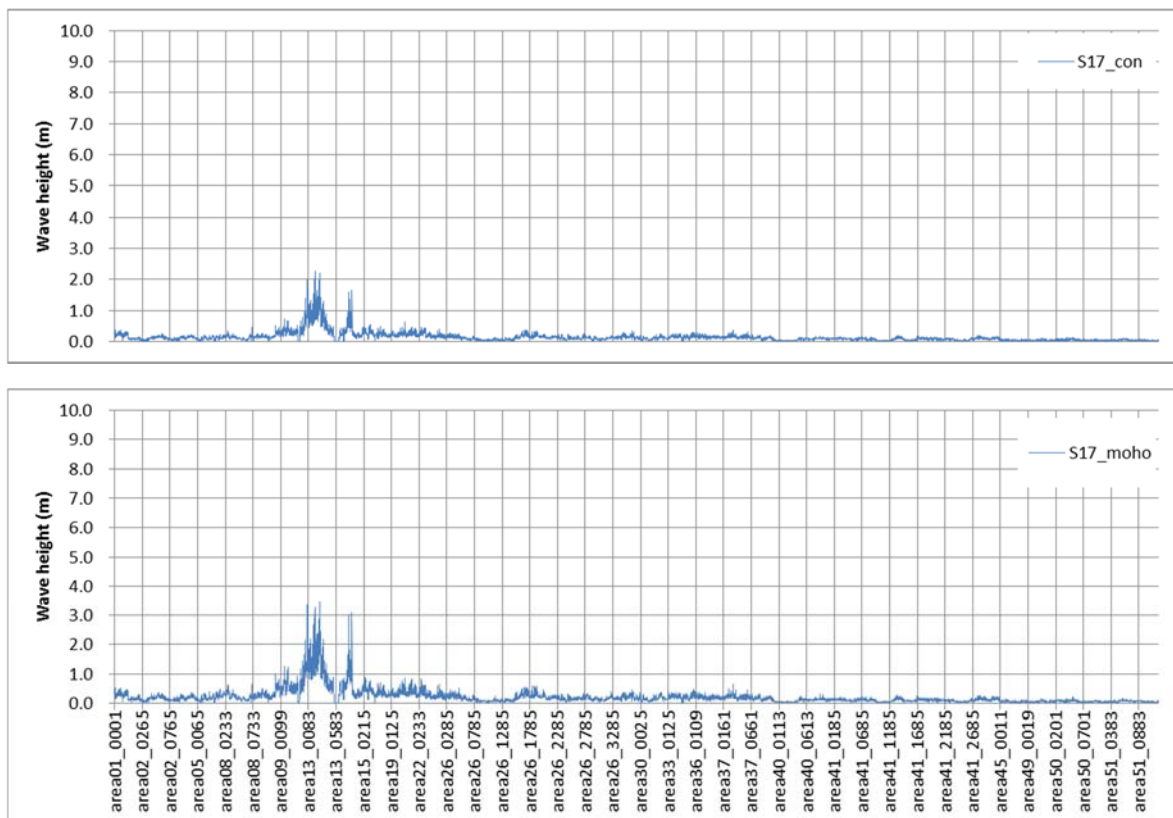
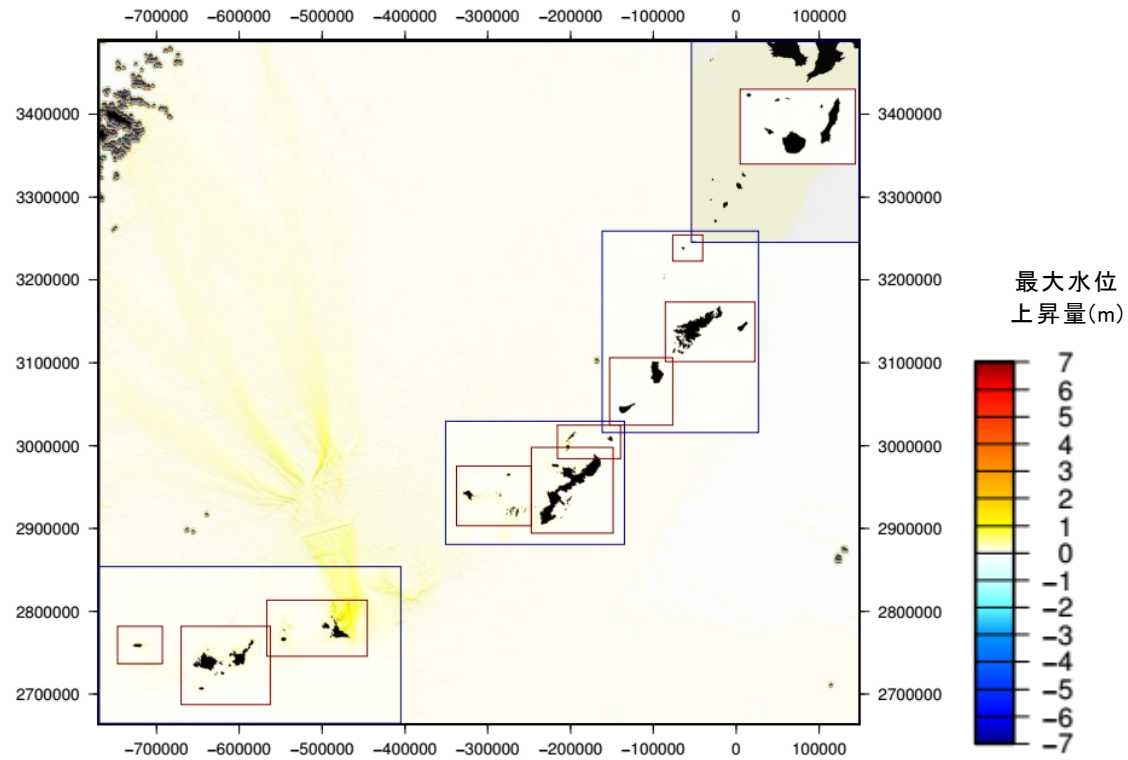


図 19 S17 の断層モデルを使用した最大水位上昇量の包絡線。

表 13 計算結果の比較

	コンラッド		モホ		変化の割合(モホ/コンラッド)				
	下端深度 (km)	断層幅 (km)	下端深度 (km)	断層幅 (km)	下端深度	断層幅	モーメント量 Mo	津波高さ の変化	
C-23	12	13.86	25	28.87	2.1	2.1	4.5	2.0	沖縄本島西側(背弧域)
C-25	12	13.86	24	27.71	2.0	2.0	4.0	2.5	沖縄本島北東側。島弧に平行。
S-01	16	18.48	28	32.33	1.8	1.7	3.1	1.6	宮古島北東側。島弧横断型。
S-17	12	13.86	18	20.78	1.5	1.5	2.3	2.0	宮古島北方沖(背弧域)

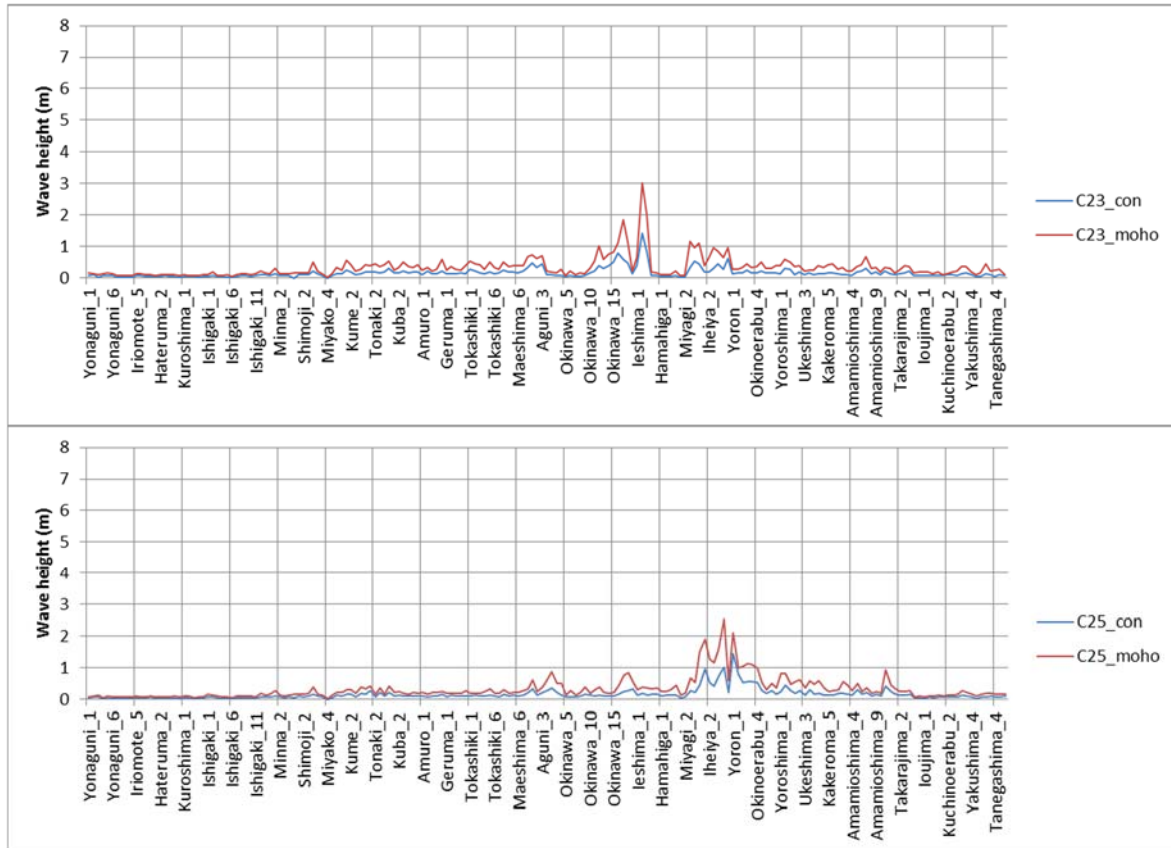


図 20(1) 断層下端深度をコンラッド面(青)とした場合とモホ面(赤)とした場合の最大水位上昇量の比較。

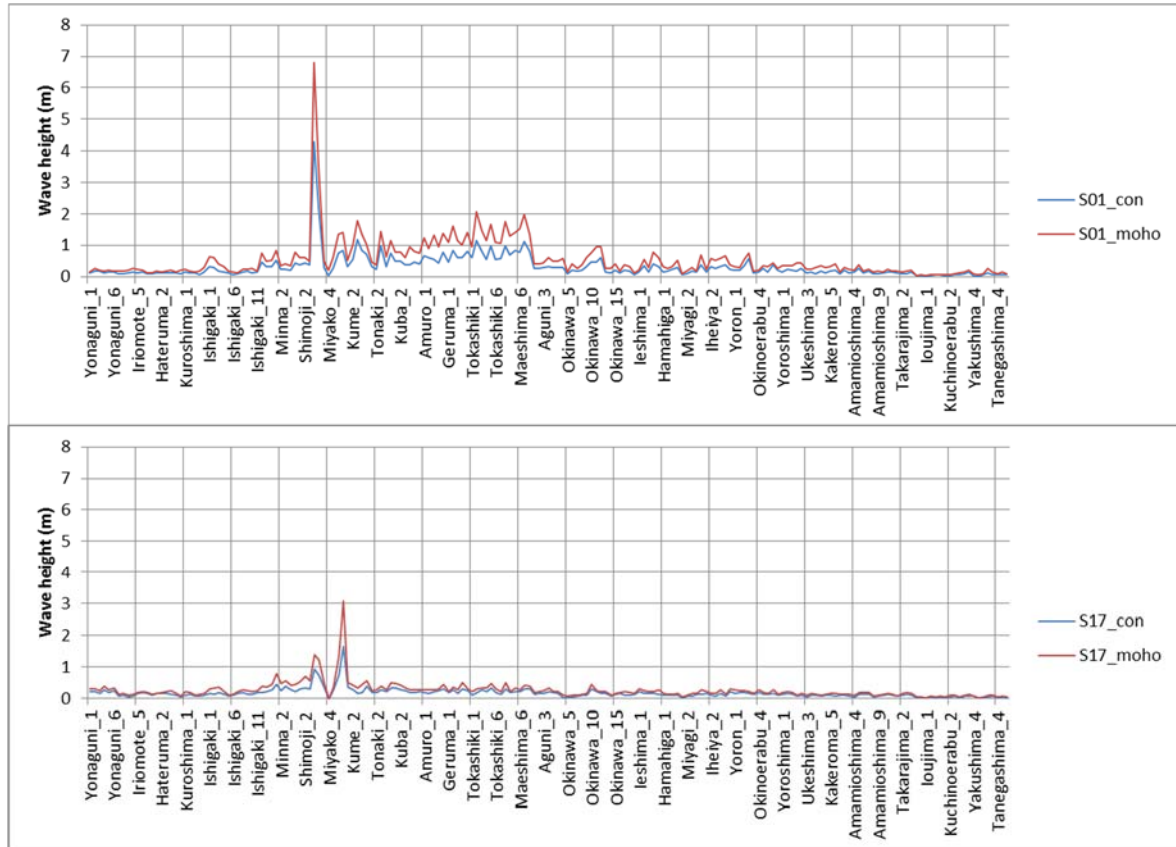


図 20(2) 断層下端深度をコンラッド面(青)とした場合とモホ面(赤)とした場合の最大水位上昇量の比較。

・スケーリング則のばらつきの検討

先行研究で示されてきた断層面積や断層長と地震規模との経験的關係は、既往の地震から得られた観測値や推定値の分布を近似する回帰式として表される。そのため、スケーリング則は、使用したデータの平均的なものを表すものであると言える。よってスケーリング則から推定される地震規模や、そこから計算される平均すべり量は、ある範囲のばらつきをもつ値である。断層パラメータには全て偶然的ばらつきが含まれているが、個々のパラメータに対するばらつきをそれぞれ評価することは難しい。そのため、スケーリング則の平均として求められる地震規模に対して $+\sigma$ のばらつきの範囲を考慮することにより、スケーリング則の持つばらつきや断層パラメータの持つ偶然的ばらつきを包含することを試みた。

Irikura and Miyake(2011)には、入倉・三宅(2001)及び Somerville et al. (1999)のスケーリング則から推定される断層面積とモーメント量との関係と、スケーリング則を得るために使用された地震データが示されている(図 21)。入倉・三宅(2001)の論文中にはこのスケーリング則のばらつきの範囲について明示的な値は示されていない。しかし、入倉・三宅(2001)が 1 ステージ目として採用している Somerville et al. (1999)のスケーリング則については、モーメント量に対する面積のばらつきが 1.6 倍程度であることが記載されている。式(1)に示すように、Somerville et al. (1999)ではモーメント量は面積の 1.5 乗に比例することから、

面積に対するモーメント量のばらつきは $1.6^{1.5}$ で 2 倍程度である。これと同様に考えると、入倉・三宅(2001)の 2 ステージ目では式(2)から、モーメント量は面積の 2 乗に比例することから、 1.6^2 であり、2.6 倍程度となる。

入倉・三宅(2001)のスケーリング則では目安としてモーメント量が 7.5×10^{18} を超えると 2 ステージ目に入るが、Somerville et al. (1999)のばらつきの範囲は図 21 においてはそれ以上のモーメント量までのデータを含めて考慮されている。スケーリング則から計算されるモーメント量と面積の経験的關係は平均的なものであると考えられることから、スケーリング則の 1 ステージ目から 2 ステージ目に移行するポイントも平均的なものであると考えられ、1 ステージ目と 2 ステージ目を明確に切り分けられるものではない。Somerville et al. (1999)や入倉・三宅(2001)においても、面積に対するモーメント量のばらつきの範囲は明記されておらず、2 倍ないし 2.6 倍という範囲は数式から推定される理論的な値であり、これらの情報のみでスケーリング則のばらつきの適用範囲を確定することはできない。

$$M_0 = (S/2.23 \times 10^9)^{1.5} \times 10^{-7} \quad (M_0 < 7.5 \times 10^{18}) \quad \cdots (1)$$

$$M_0 = (S/4.24 \times 10^5)^{2.0} \times 10^{-7} \quad (M_0 \geq 7.5 \times 10^{18}) \quad \cdots (2)$$

以上の検討から、ここでは面積に対するモーメント量のばらつきの 1σ を 2 倍と 2.6 倍にする場合について、 $+0.75\sigma$ 、 $+1\sigma$ 、 $+1.5\sigma$ 、 $+2.0\sigma$ のばらつきの範囲で感度解析的な検討を行った。使用した断層モデルは前項の検討で使ったものから断層下端深度をコンラッド面とした 4 つの断層モデルである(図 22～図 29)。

沿岸の評価点において、それぞれの断層モデルに対する計算結果で、スケーリング則の平均で計算されるすべり量から水位上昇量を計算した場合と平均 $+0.75\sigma \sim +2\sigma$ のばらつきを考慮した場合で沿岸の評価点における最大水位上昇量を比較すると次の図 30～図 33 のようになる。

以上から、 1σ を 2 倍と 2.6 倍にした場合には、モーメント量が 1σ 変化することで、それぞれ沿岸の水位上昇量が 1.3～1.8 倍程度、1.4～2.0 倍程度変化する結果となった。また、沿岸の水位上昇量のばらつきは、評価地点から波源が離れているほうが大きくなる傾向があった。

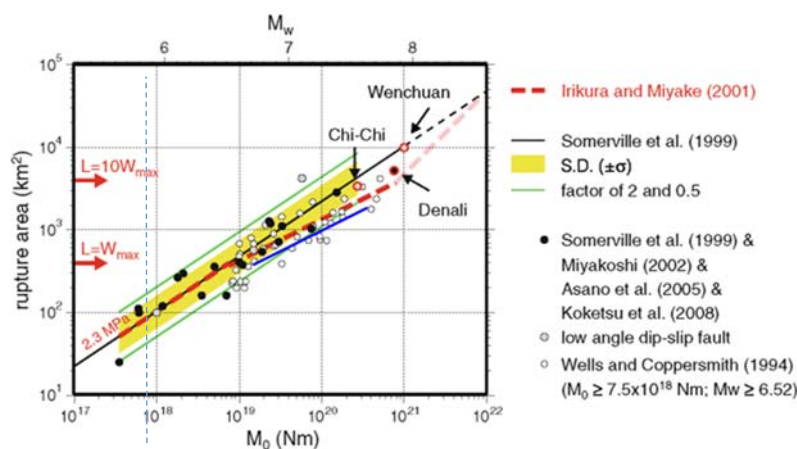


図 21 入倉・三宅(2001)のスケーリング則と地震データとの関係
(入倉・三宅(2001)より抜粋、加筆)。

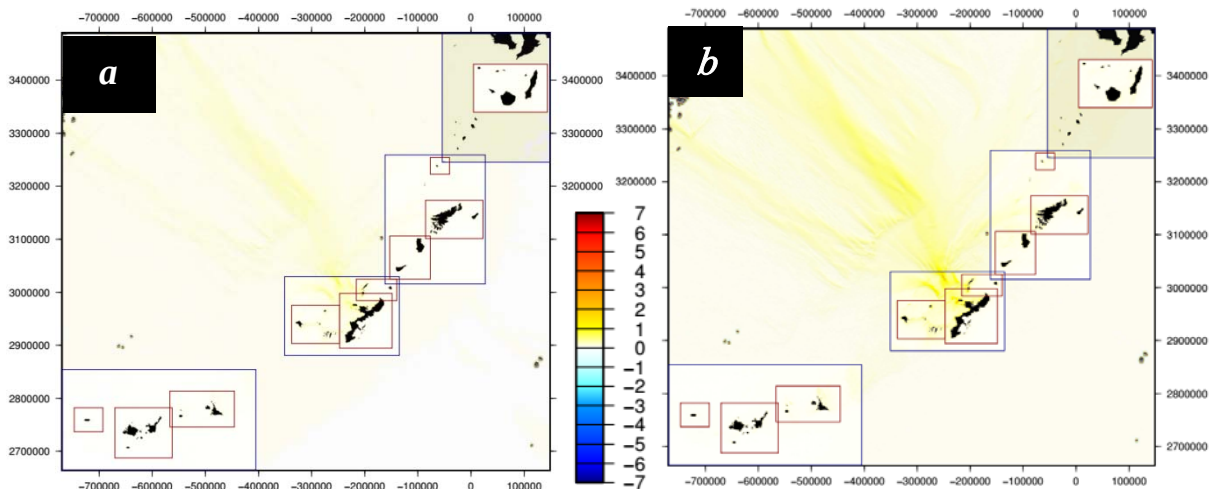


図 22 C23 の断層における a) スケーリング則の平均からすべり量を求めた場合の最大水位上昇量の分布と b) スケーリング則の平均に対して $+1\sigma$ (2.6 倍) のばらつきの範囲を考慮した場合の最大水位上昇量の分布。

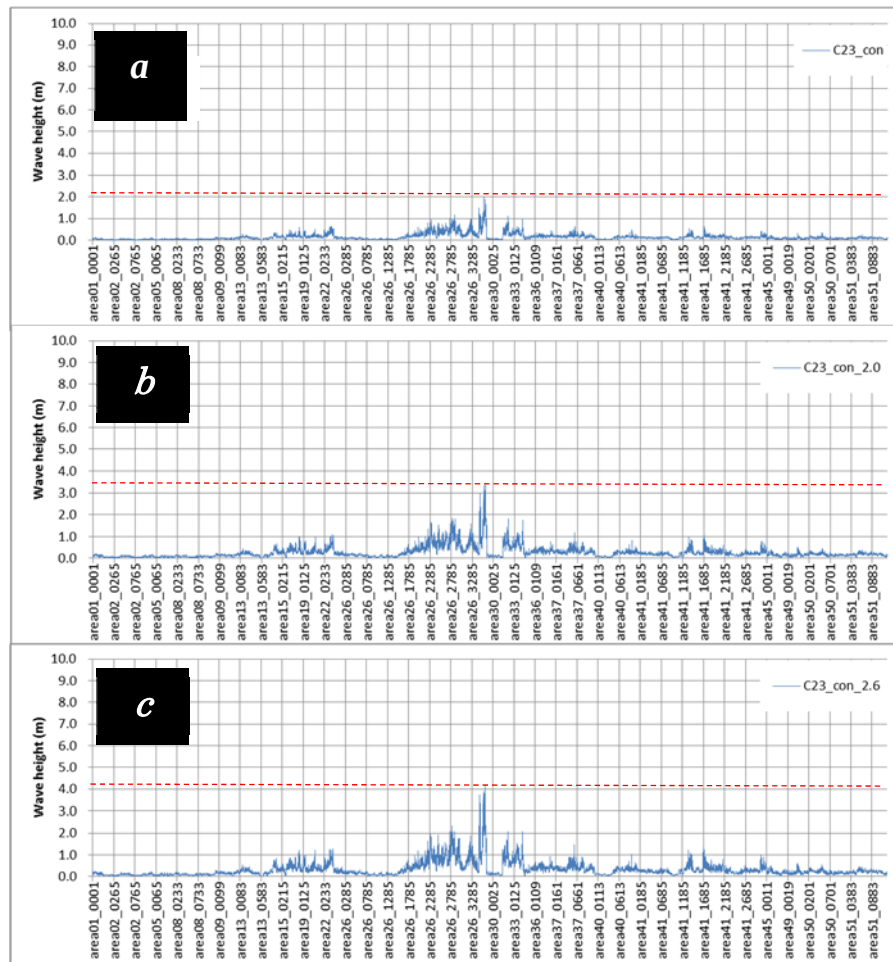


図 23 C23 の断層における a) スケーリング則の平均からすべり量を求めた場合の島嶼部沿岸の最大水位上昇量の分布、b) スケーリング則の平均に対して $+1\sigma$ (2.0 倍) のばらつきの範囲を考慮した場合の島嶼部沿岸の最大水位上昇量の分布、c) スケーリング則の平均に対して $+1\sigma$ (2.6 倍) のばらつきの範囲を考慮した場合の島嶼部沿岸の最大水位上昇量の分布。最大水位上昇量の最大値を赤い点線で示した。

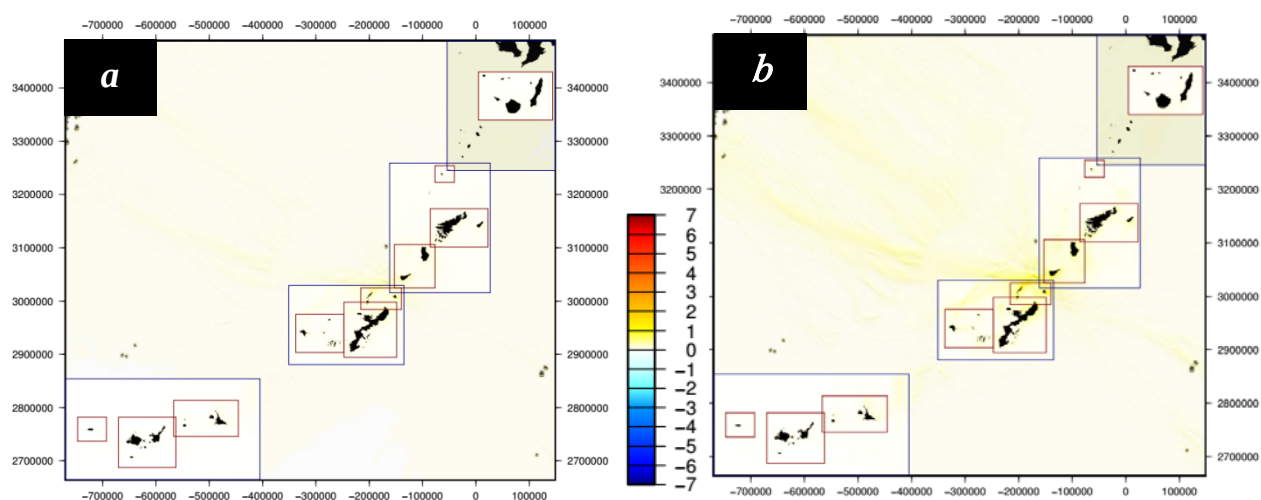


図 24 C25 の断層における a) スケーリング則の平均からすべり量を求めた場合の最大水位上昇量の分布と b) スケーリング則の平均に対して $+1\sigma$ (2.6 倍) のばらつきの範囲を考慮した場合の最大水位上昇量の分布。

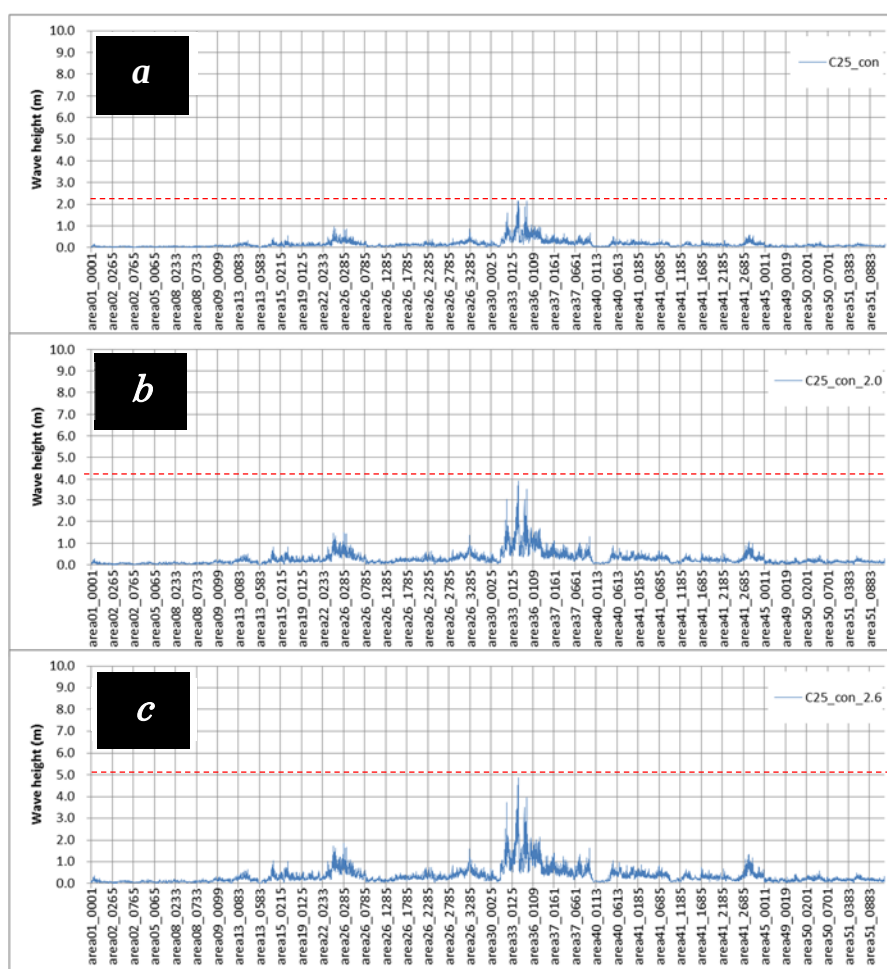


図 25 C25 の断層における a) スケーリング則の平均からすべり量を求めた場合の島嶼部沿岸の最大水位上昇量の分布、b) スケーリング則の平均に対して $+1\sigma$ (2.0 倍) のばらつきの範囲を考慮した場合の島嶼部沿岸の最大水位上昇量の分布、c) スケーリング則の平均に対して $+1\sigma$ (2.6 倍) のばらつきの範囲を考慮した場合の島嶼部沿岸の最大水位上昇量の分布。最大水位上昇量の最大値を赤い点線で示した。

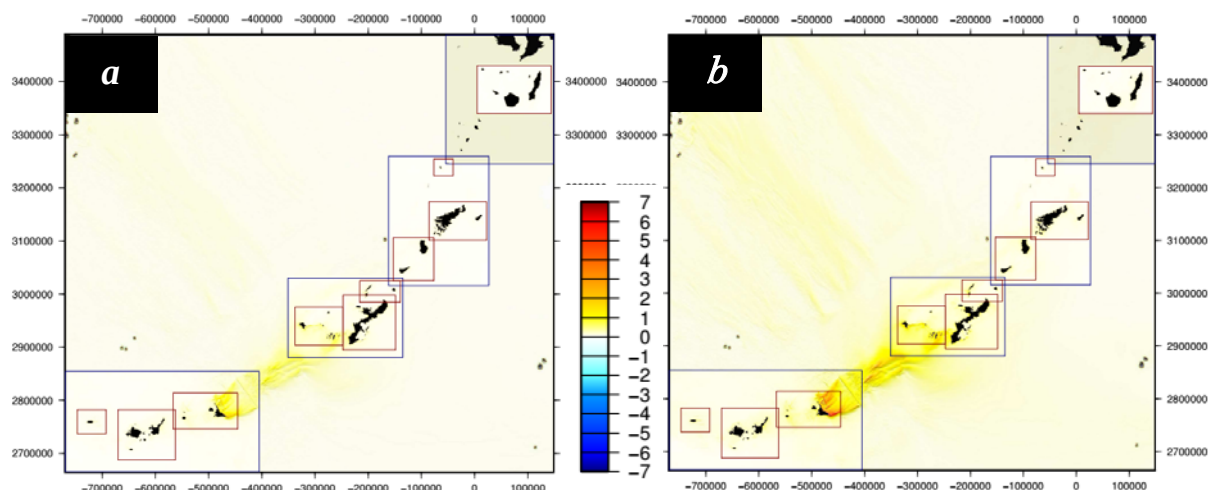


図 26 S01 の断層における a) スケーリング則の平均からすべり量を求めた場合の最大水位上昇量の分布、b) スケーリング則の平均に対して $+1\sigma$ (2.6 倍) のばらつきの範囲を考慮した場合の最大水位上昇量の分布。

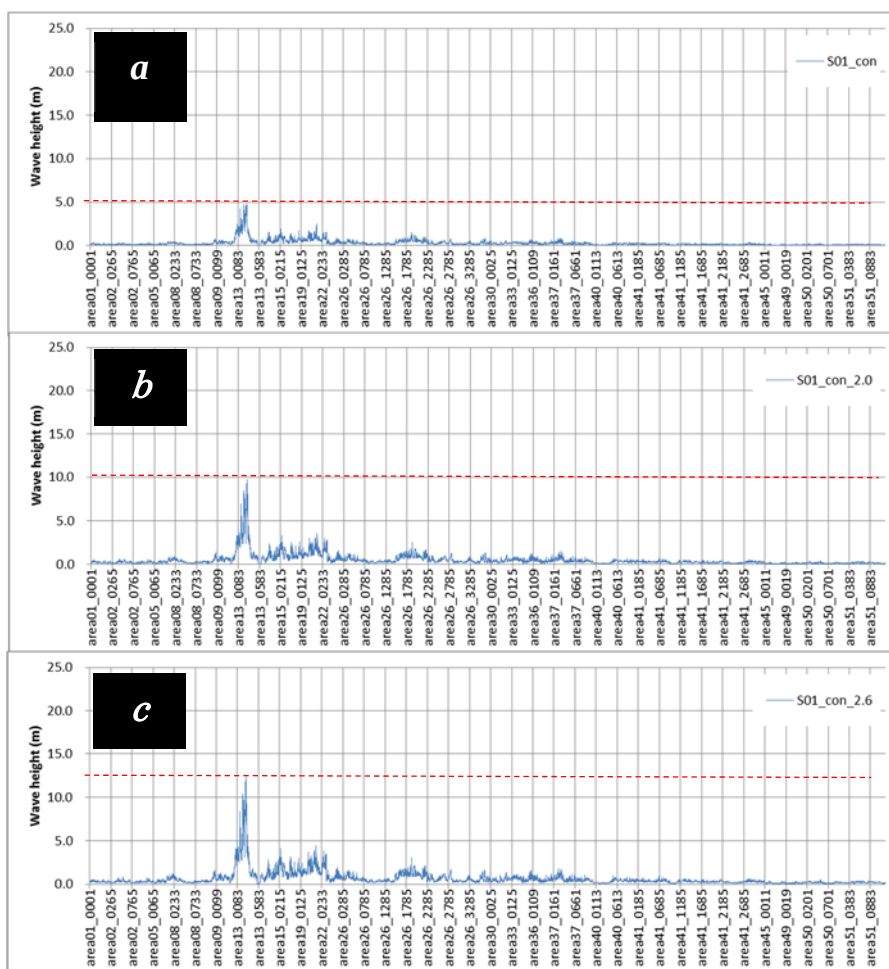


図 27 S01 の断層における a) スケーリング則の平均からすべり量を求めた場合の島嶼部沿岸の最大水位上昇量の分布、b) スケーリング則の平均に対して $+1\sigma$ (2.0 倍) のばらつきの範囲を考慮した場合の島嶼部沿岸の最大水位上昇量の分布、c) スケーリング則の平均に対して $+1\sigma$ (2.6 倍) のばらつきの範囲を考慮した場合の島嶼部沿岸の最大水位上昇量の分布。最大水位上昇量の最大値を赤い点線で示した。

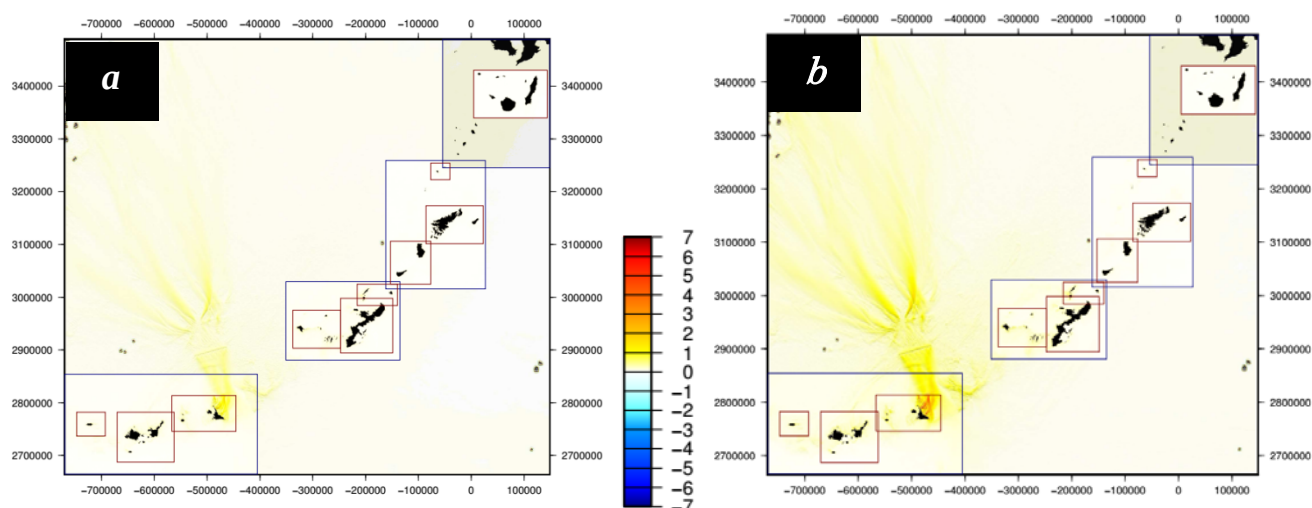


図 28 S17 の断層における a) スケーリング則の平均からすべり量を求めた場合の最大水位上昇量の分布、b) スケーリング則の平均に対して $+1\sigma$ (2.6 倍) のばらつきの範囲を考慮した場合の最大水位上昇量の分布。

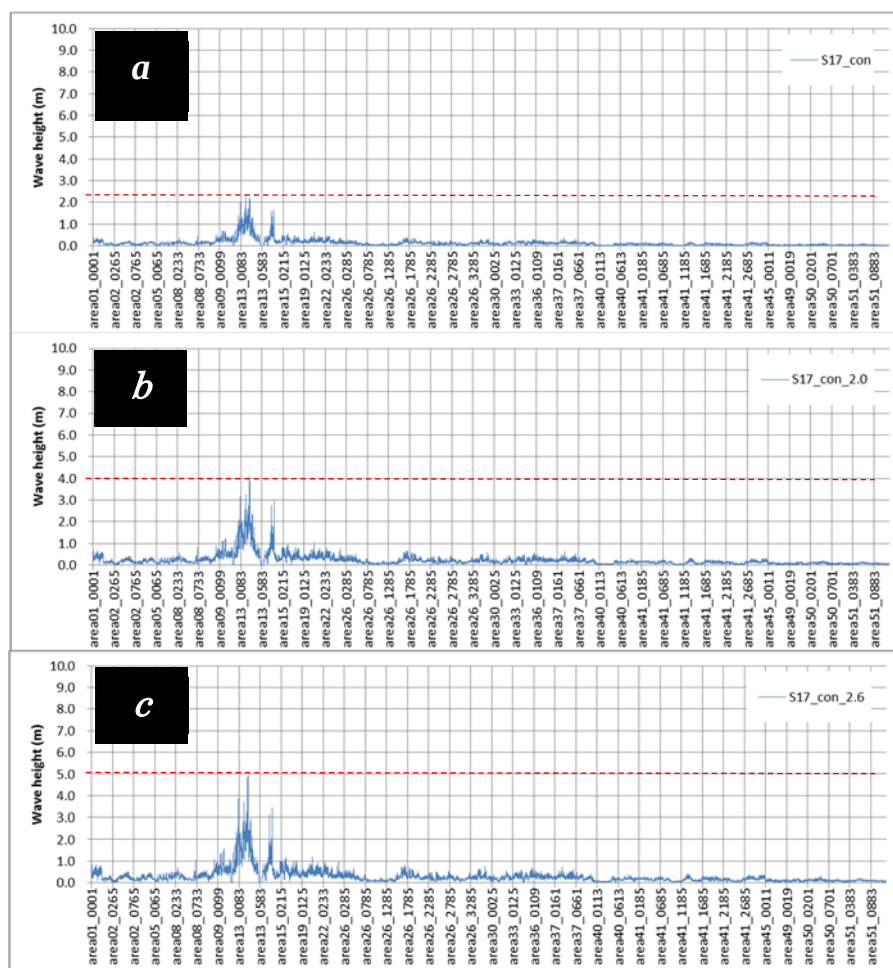


図 29 C17 の断層における a) スケーリング則の平均からすべり量を求めた場合の島嶼部沿岸の最大水位上昇量の分布、b) スケーリング則の平均に対して $+1\sigma$ (2.0 倍) のばらつきの範囲を考慮した場合の島嶼部沿岸の最大水位上昇量の分布、c) スケーリング則の平均に対して $+1\sigma$ (2.6 倍) のばらつきの範囲を考慮した場合の島嶼部沿岸の最大水位上昇量の分布。最大水位上昇量の最大値を赤い点線で示した。

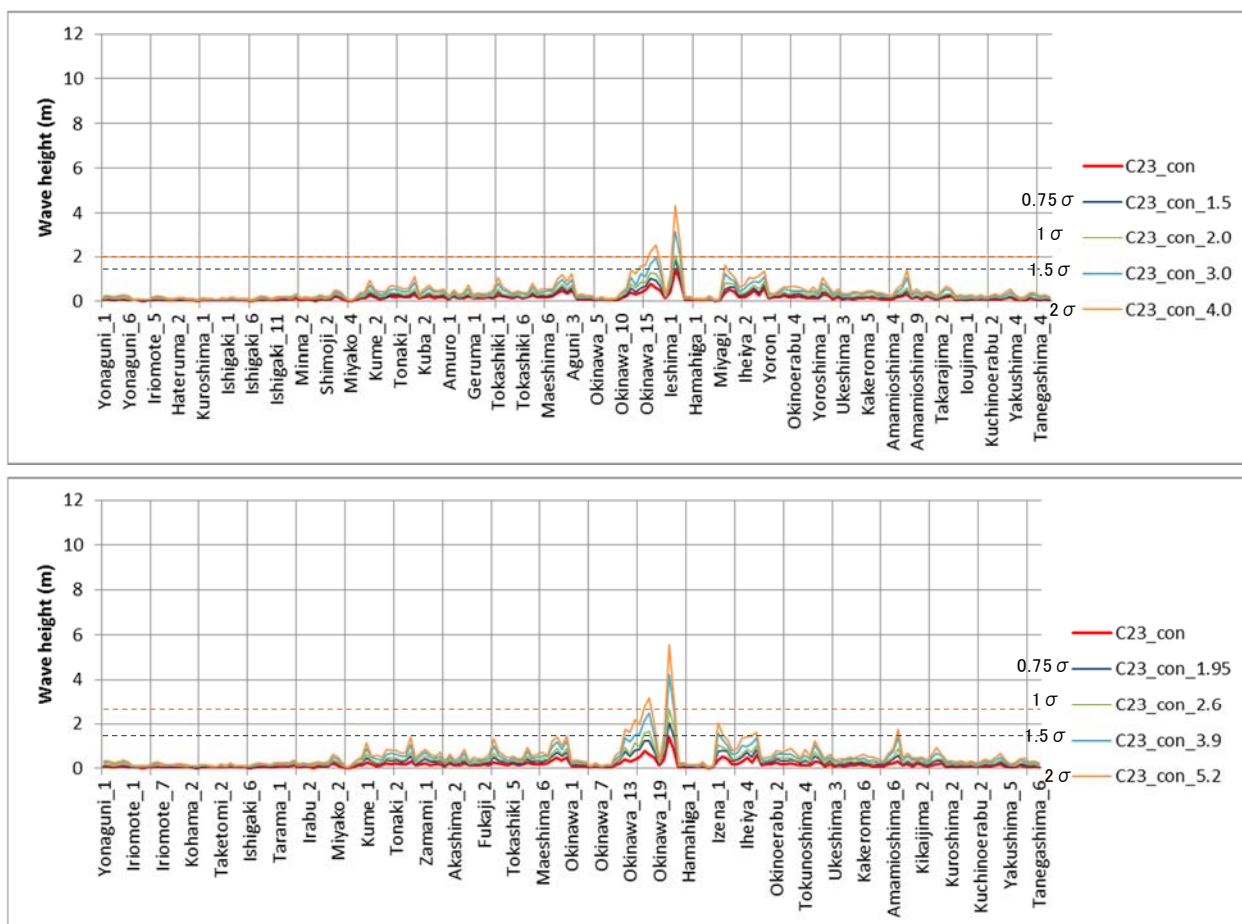


図 30 スケーリング則のばらつきの幅を $0.75 \sim 2\sigma$ と変化させたときの C23 断層による沿岸の水位上昇量のばらつき。上の図は $\sigma=2.0$ とした場合、下の図は $\sigma=2.6$ とした場合を示す。また、すべり量をスケーリング則の平均として設定した場合とばらつきを考慮して平均に対して $+1\sigma$ とした場合の津波高さの最大をそれぞれ青点線と赤点線で示した。

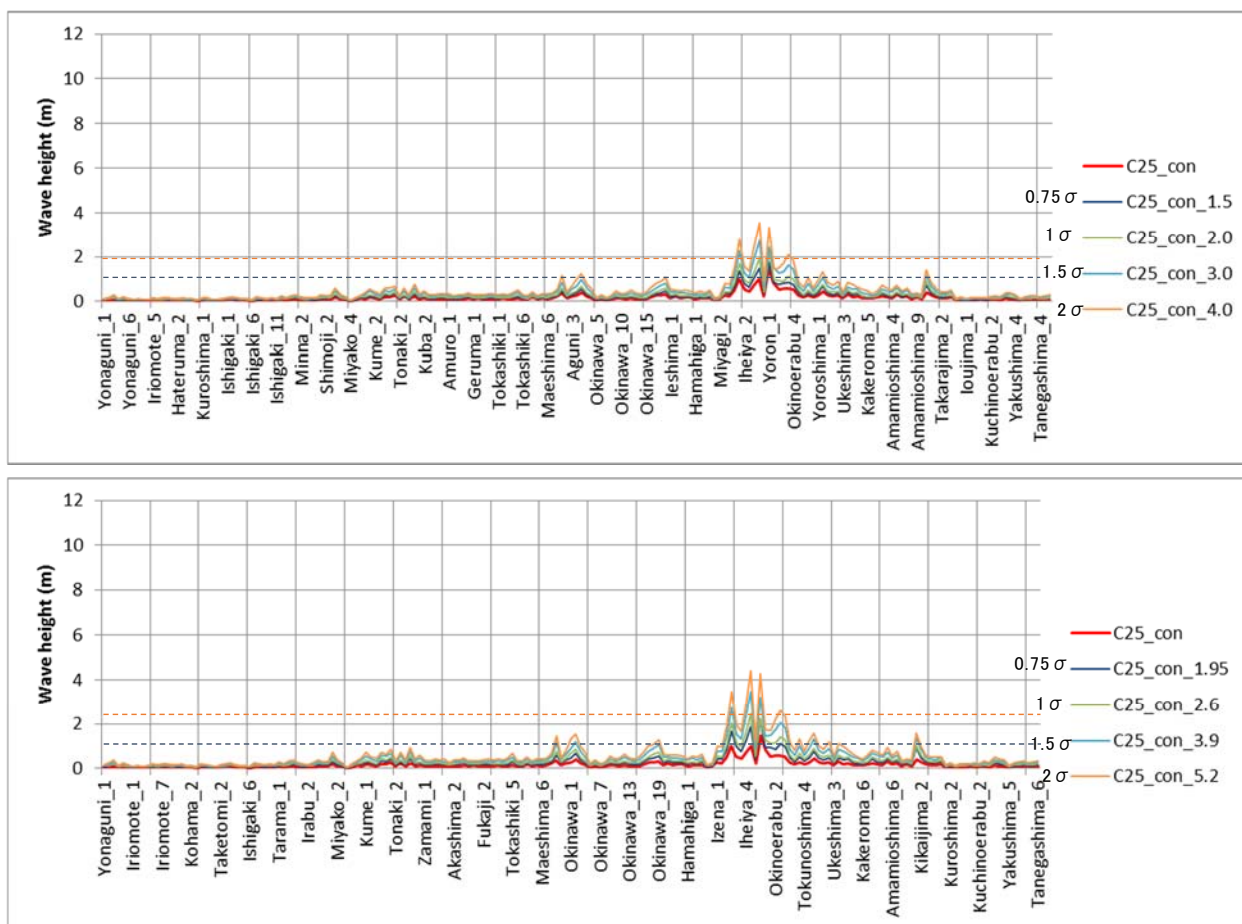


図 31 スケーリング則のばらつきの幅を $0.75 \sim 2\sigma$ と変化させたときの C25 断層による沿岸の水位上昇量のばらつき。上の図は $\sigma = 2.0$ とした場合、下の図は $\sigma = 2.6$ とした場合を示す。また、すべり量をスケーリング則の平均として設定した場合とばらつきを考慮して平均に対して $+1\sigma$ とした場合の津波高さの最大をそれぞれ青点線と赤点線で示した。

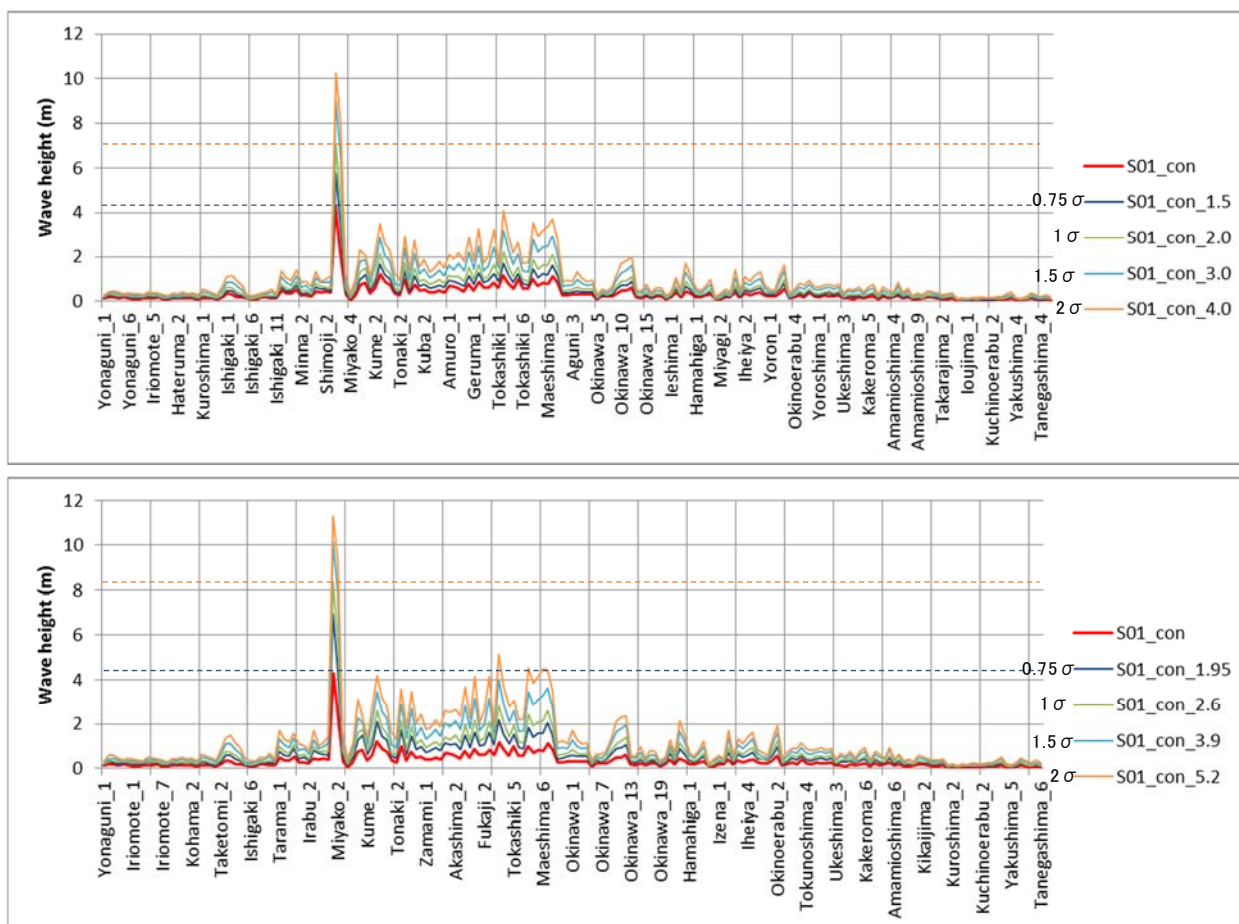


図 32 スケーリング則のばらつきの幅を $0.75 \sim 2\sigma$ と変化させたときの S01 断層による沿岸の水位上昇量のばらつき。上の図は $\sigma=2.0$ とした場合、下の図は $\sigma=2.6$ とした場合を示す。また、すべり量をスケーリング則の平均として設定した場合とばらつきを考慮して平均に対して $+1\sigma$ とした場合の津波高さの最大をそれぞれ青点線と赤点線で示した。

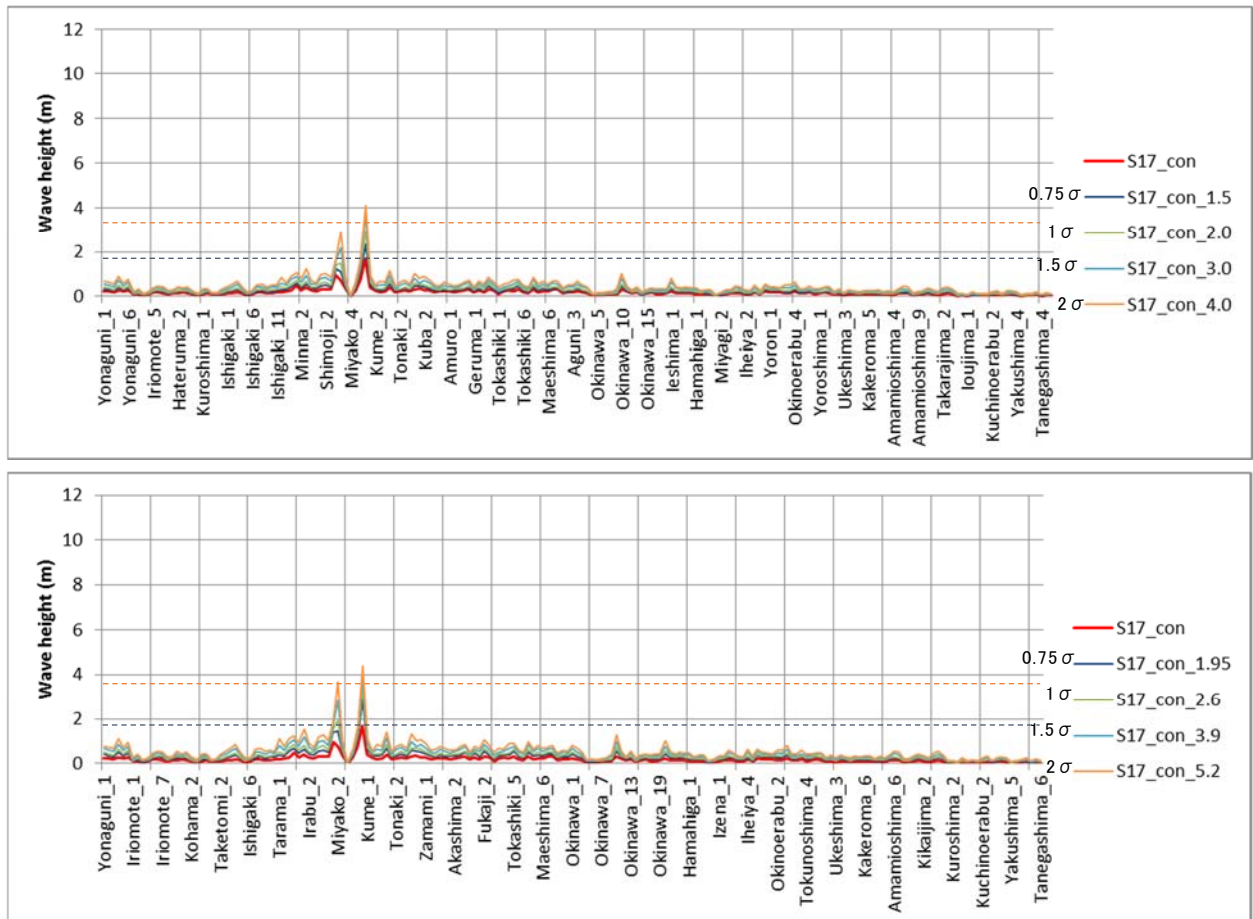


図 33 スケーリング則のばらつきの幅を $0.75 \sim 2\sigma$ と変化させたときの S17 断層による沿岸の水位上昇量のばらつき。上の図は $\sigma=2.0$ とした場合、下の図は $\sigma=2.6$ とした場合を示す。また、すべり量をスケーリング則の平均として設定した場合とばらつきを考慮して平均に対して $+1\sigma$ とした場合の津波高さの最大をそれぞれ青点線と赤点線で示した

b) 断層モデルの検証

i) 津波の検証

・波源断層モデルの検証方針

南西諸島周辺海域においては、過去に発生した地震津波による痕跡データで検証可能なものが存在しない(表 2)ため、作成した波源断層モデルの妥当性を痕跡との比較によって検証することができない。そこで本検討では、計算値のみを使った定性的な議論にとどめることとした。前節で設定した波源断層モデルを使い津波伝播解析を実施し、南西諸島沿岸の最大水位上昇量(T.P. 0m 基準)を求め、水位上昇量の規模や分布について考察した。

・津波伝播解析の手法

① 計算領域

津波伝播解析の計算領域は、図 34 に示すとおり南西諸島周辺を含む範囲とした。

南西諸島周辺に設定する計算領域については、外洋から沿岸に近づくほど細かい格子サイズとなるように、1 対 3 の割合で計算領域を細分化し、各計算領域の格子サイズを外洋部から順に 1,350 m、450 m、150 m、50 m で設定した。これらの計算領域は、震源域から沿岸域までを一括して計算するため、異なる格子サイズの領域間で接続される。領域数は、外洋の 1,350 m 格子領域が 1 領域、450 m 格子領域が 5 領域、150 m 格子領域が 12 領域、沿岸の 50 m 格子領域が 28 領域である。50m 格子領域の位置図を図 35 に示す。

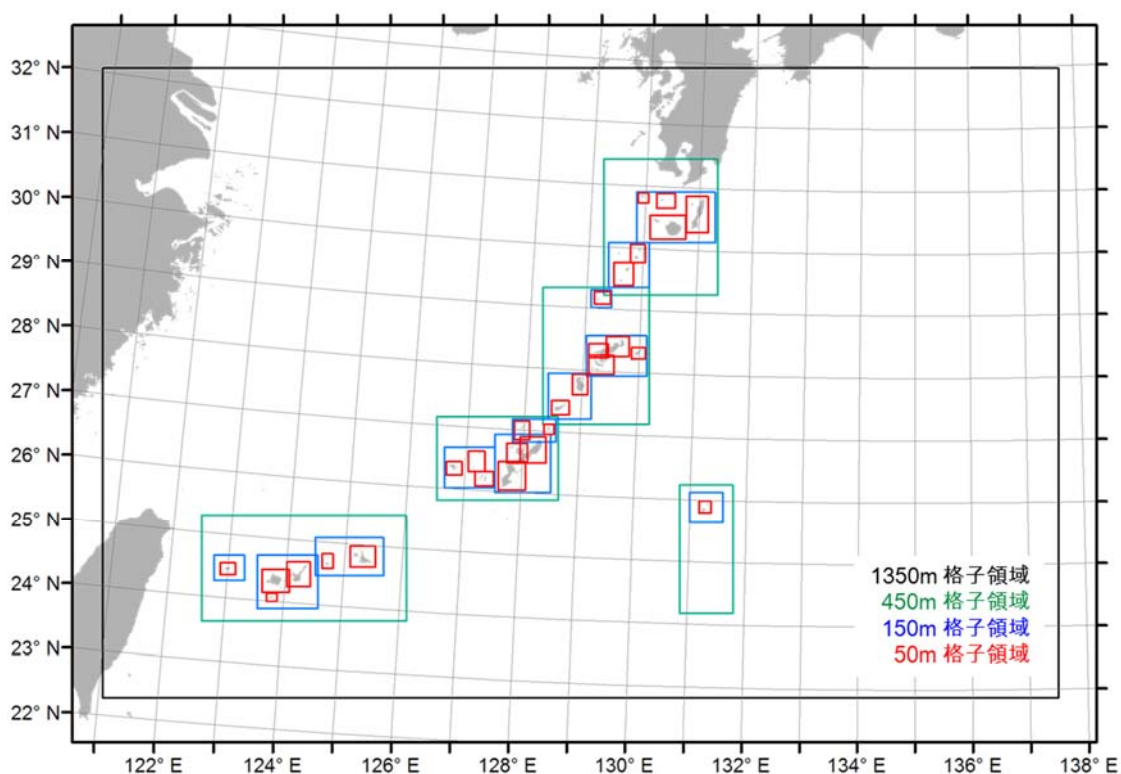


図 34 計算領域の位置。

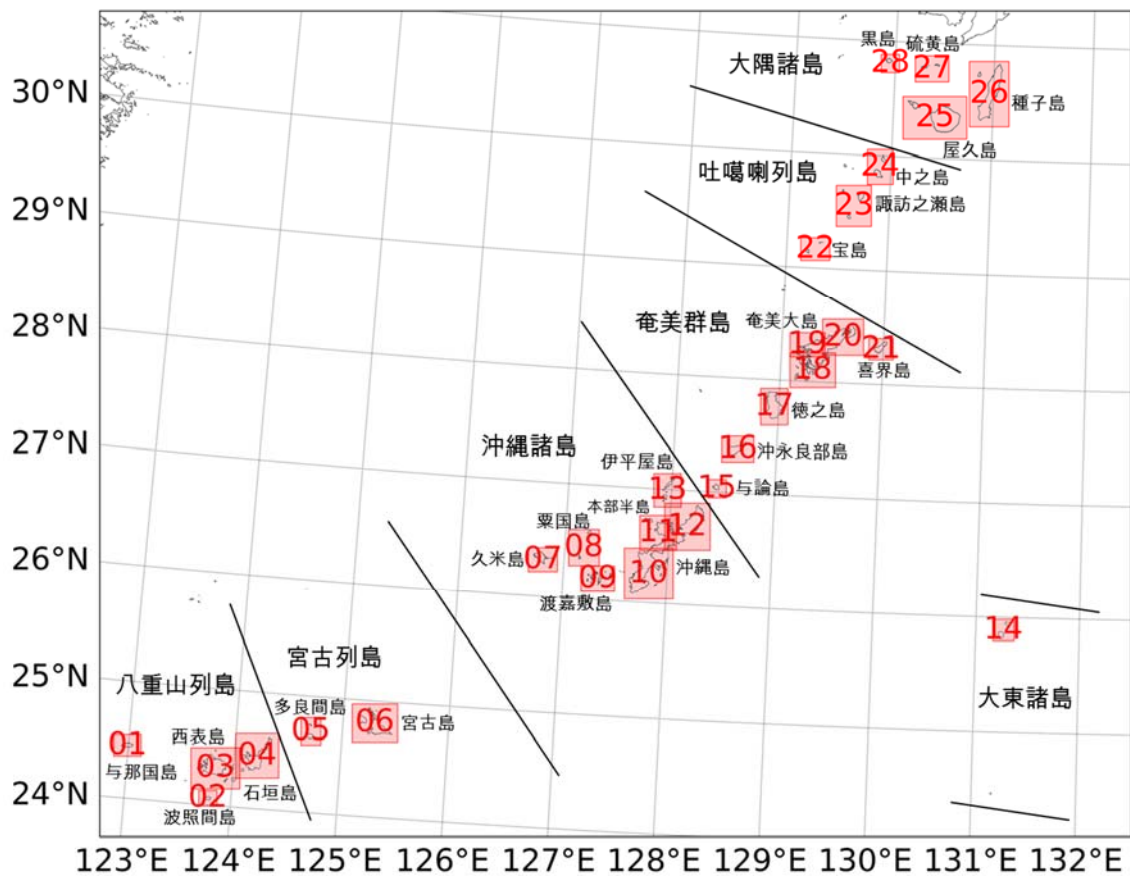


図 35 50 m 格子領域の領域番号と位置。

②地形モデル

使用した地形モデルの諸元を表 14 に示す。地形モデルの範囲、格子サイズ、領域数はそれぞれの計算領域と同じである。地形モデルの標高・水深は、表 15 に示したデータソースを参考にし、本検討用の座標系 (UTM53 帯) と格子サイズへ変換した値である。

表 14 地形モデルの諸元

領域番号	格子サイズ (m)	領域南西端 UTM53_E(m)	領域南西端 UTM53_N(m)	格子数 x 方向	格子数 y 方向	上位接続 領域番号
1350-001	1,350	-945,000	2,530,000	1,300	830	-
0450-001	450	-769,500	2,665,000	811	421	1350-001
0450-002	450	81,000	2,678,500	210	510	1350-001
0450-003	450	-351,000	2,881,000	480	330	1350-001
0450-004	450	-162,000	3,016,000	420	540	1350-001
0450-005	450	-54,000	3,245,500	450	540	1350-001
0150-001	150	-747,000	2,737,000	360	300	0450-001
0150-002	150	-670,500	2,687,500	720	630	0450-001
0150-003	150	-567,000	2,746,000	810	450	0450-001
0150-004	150	99,000	2,840,500	390	360	0450-002
0150-005	150	-337,500	2,903,500	600	480	0450-003
0150-006	150	-247,500	2,894,500	660	690	0450-003
0150-007	150	-216,000	2,984,500	510	270	0450-003
0150-008	150	-153,000	3,025,000	510	540	0450-004
0150-009	150	-85,500	3,101,500	720	480	0450-004
0150-010	150	-76,500	3,223,000	240	210	0450-004
0150-011	150	-45,000	3,259,000	480	540	0450-005
0150-012	150	4,500	3,340,000	930	600	0450-005
0050-001	50	-736,500	2,747,500	540	420	0150-001
0050-002	50	-654,000	2,699,500	360	300	0150-002
0050-003	50	-661,500	2,716,000	960	810	0150-002
0050-004	50	-618,000	2,726,500	840	870	0150-002
0050-005	50	-555,000	2,758,000	390	540	0150-003
0050-006	50	-505,500	2,761,000	900	750	0150-003
0050-007	50	-334,500	2,926,000	570	480	0150-005
0050-008	50	-295,500	2,932,000	600	720	0150-005
0050-009	50	-283,500	2,906,500	660	510	0150-005
0050-010	50	-241,500	2,899,000	960	1,020	0150-006
0050-011	50	-226,500	2,947,000	720	690	0150-006
0050-012	50	-202,500	2,947,000	900	930	0150-006
0050-013	50	-213,000	2,989,000	540	660	0150-007
0050-014	50	115,500	2,858,500	420	420	0150-004
0050-015	50	-160,500	2,998,000	360	360	0150-007
0050-016	50	-147,000	3,032,500	630	510	0150-008
0050-017	50	-109,500	3,068,500	540	720	0150-008
0050-018	50	-81,000	3,104,500	900	690	0150-009
0050-019	50	-81,000	3,134,500	690	480	0150-009
0050-020	50	-49,500	3,136,000	810	720	0150-009
0050-021	50	-4,500	3,131,500	480	420	0150-009
0050-022	50	-70,500	3,229,000	570	450	0150-010
0050-023	50	-36,000	3,262,000	690	810	0150-011
0050-024	50	-6,000	3,302,500	510	690	0150-011
0050-025	50	28,500	3,346,000	1,260	840	0150-012
0050-026	50	93,000	3,358,000	780	1,290	0150-012
0050-027	50	40,500	3,401,500	660	510	0150-012
0050-028	50	7,500	3,410,500	360	360	0150-012

表 15 地形モデルのデータソース

刊行者	刊行物
内閣府	南海トラフの巨大地震モデル検討会(第二次報告), 2012 年
アメリカ海洋大気庁(NOAA)	ETOPO2, 2001 年
イギリス海洋データセンター(BODC)	GEBCO One Minute Grid, 2008 年

② 計算条件

津波伝播解析の計算条件を表 16 に示す。数値計算の支配方程式は、海底での摩擦及び移流を考慮した 2 次元非線形長波理論式とし、差分法は Staggered grid の Leap-frog 法とした。差分法の計算時間間隔は、計算格子間隔毎に、計算の安定性を考慮し CFL 条件を満たす中で適切に設定した。境界条件は、海域では完全無反射の透過境界として扱い、陸域では遡上を考慮した。初期水位は、鉛直方向と水平方向を考慮した海底地盤変動量の計算から得られる鉛直成分を Okada(1992)の手法で算出した。津波伝播解析の潮位条件は T.P.=0.0 m とし、各計算領域の最大水位上昇量を計算した。計算時間は、6 時間で設定した。

表 16 津波伝播解析の計算条件

内容	
支配方程式	非線形長波理論
数値解法	Staggered Leap-frog 差分スキーム
計算領域	南西諸島周辺海域(図 34)
計算領域の格子サイズ	外洋から順に 1350m、450m、150m、50m
境界条件	陸域では遡上を考慮 海側では無反射の透過境界
各種施設の取り扱い	各種施設(堤防・水門等)は考慮しない
計算時間	6 時間
初期水位	Okada(1992)で算出した海底地盤変位量
潮位	T.P. 0 m
打ち切り水深	10^{-2} m
粗度係数	0.025

・津波伝播解析の結果と考察

波源断層モデル(表 5 と表 6)を使って計算した津波伝播解析から得られた最大水位上昇量を図 36 と図 37 に示す。図 36 は 50 m 格子間隔で抽出した沿岸での最大水位上昇量である。モホ面の波源断層モデルの場合、142 波源の沿岸での最大水位上昇量を抽出し、それらの最大値を 50 m 格子毎に求め、包絡線(青)にした。同様に、コンラッド面の波源断層モデル 142 波源についても包絡線(赤)を求めた。横軸の番号は図 35 に示した 50 m 格子領域の八重山列島与那国島(領域番号 1)から大熊諸島黒島(領域番号 28)までに対応している。図 37-a～図 37-m は、図 36 に示した包絡線を構成する主な最大水位上昇量と、その波源断層モデルの位置及び 1, 350 m 格子での最大水位上昇量分布図である。

以下、津波伝播解析の計算結果についてまとめる。モホ面モデルの計算結果で得られた沿岸の最大水位上昇量(T.P. 0 m)の規模は西表島から久米島まで(領域番号 1 から 7)の 4 m~10m、栗国島から徳之島まで(領域番号 8 から 17)の 2 m~ 5 m、奄美大島から黒島まで(領域番号 18 から 28)の 2 m 以下に大きく分けられる。最大値は久米島南西部の海岸で出現し島尻崎周辺で 11m となった。その他、久米島八重山列島の沿岸では石垣島で最大 9 m、宮古列島の沿岸では宮古島で最大 10m、沖縄諸島の沿岸では久米島で最大 11m、沖縄島の南城市で最大 6 m、伊平屋島で最大 4 m、奄美群島の沿岸では沖永良部島で最大 4 m、徳之島で最大 3 m、奄美大島及びトカラ列島、大隅諸島の沿岸では最大 2 m となった。

コンラッド面モデルの計算結果で得られる沿岸の最大水位上昇量(T.P. 0 m)の規模は、モホ面モデルの規模のおよそ 0.5 倍となった。最大水位上昇量のピークの位置は概ねモホ面モデルと一致するが、コンラッド面モデルで出現した久米島島尻崎周辺の最大値 11m はコンラッド面モデルでは最大値とはならなかった。コンラッド面モデルの最大値は宮古島北東部の海岸で出現し平瀬尾神崎や浦底漁港周辺で 5 m となった。

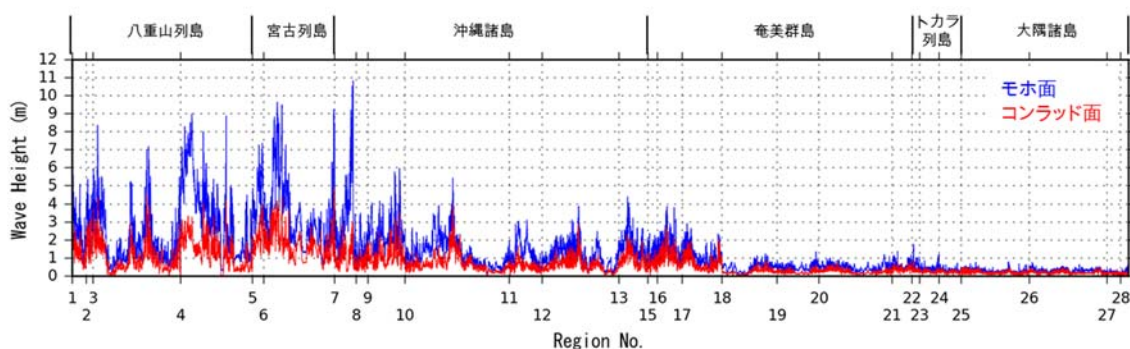


図 36 津波伝播解析で計算した沿岸の最大水位上昇量(赤：すべてのコンラッド面断層モデル 142 波源の包絡線、青：すべてのモホ面断層モデル 142 波源の包絡線)。

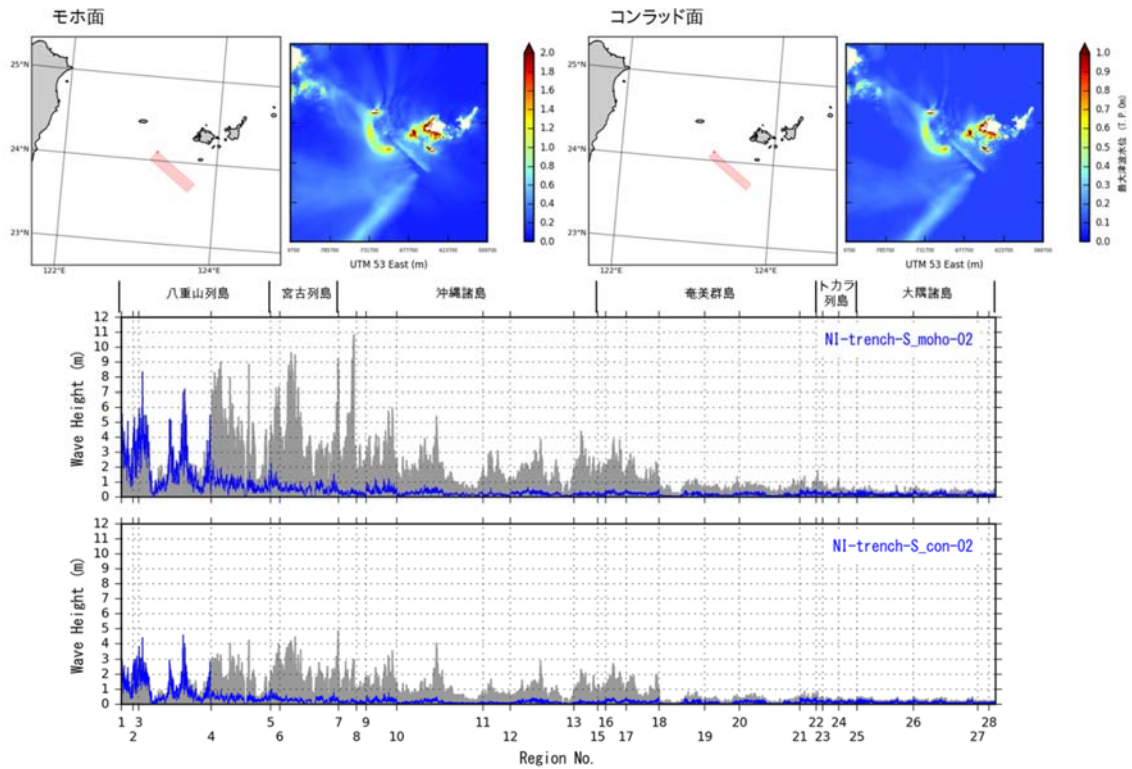


図 37-a 西表島周辺の最大水位上昇量の包絡線。灰色はすべての断層モデル 142 波源で計算された包絡線。青色は断層モデル Trough_S02 の波源で計算された包絡線。上のグラフは断層下端深度をモホ面、下のグラフはコンラッド面とした場合の計算結果を示している。

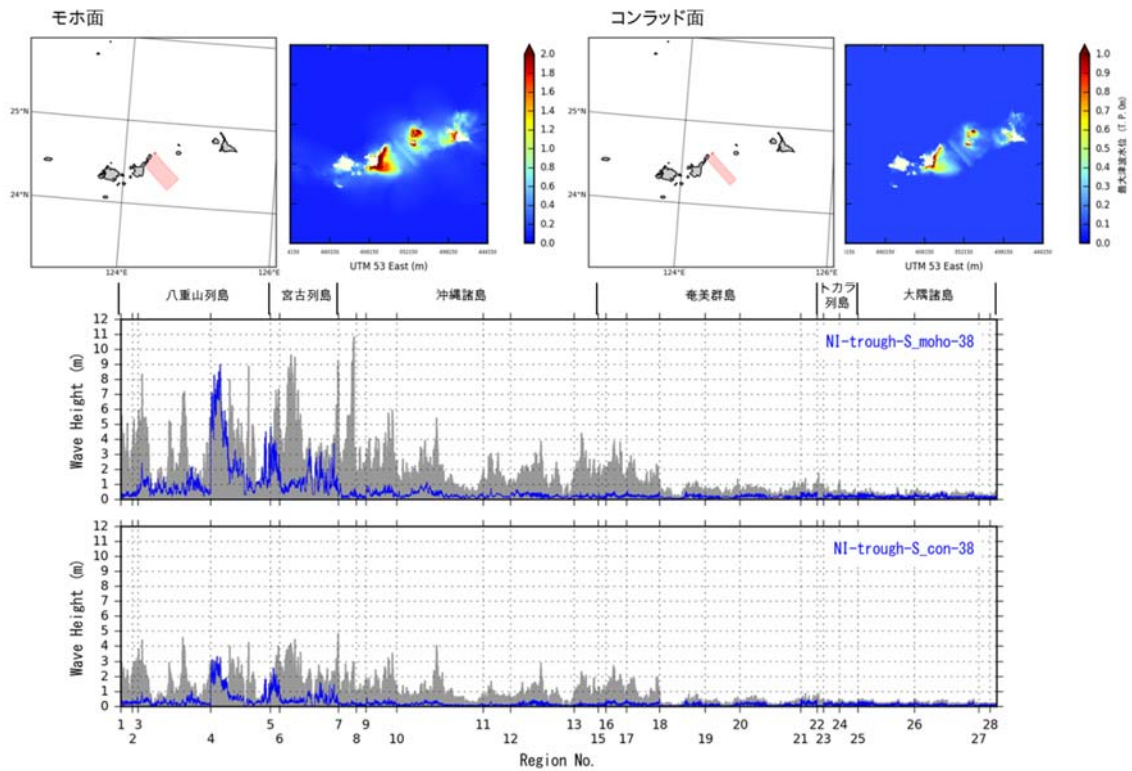


図 37-b 石垣島周辺の最大水位上昇量の包絡線。灰色はすべての断層モデル 142 波源で計算された包絡線。青色は断層モデル NI-trough-S38 の波源で計算された包絡線。上のグラフは断層下端深度をモホ面、下のグラフはコンラッド面とした場合の計算結果を示している。

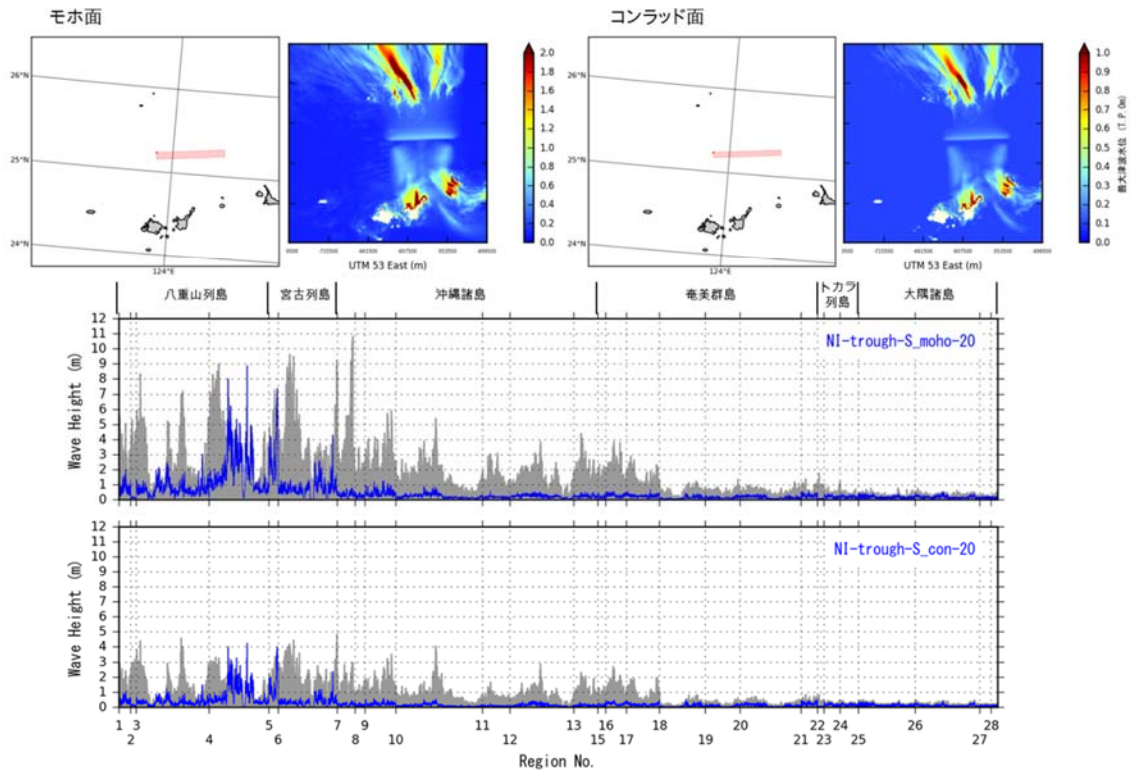


図 37-c 石垣島及び多良間島周辺の最大水位上昇量の包絡線。灰色はすべての断層モデル 142 波源で計算された包絡線。青色は断層モデル NI-trough-S20 の波源で計算された包絡線。上のグラフは断層下端深度をモホ面、下のグラフはコンラッド面とした場合の計算結果を示している。

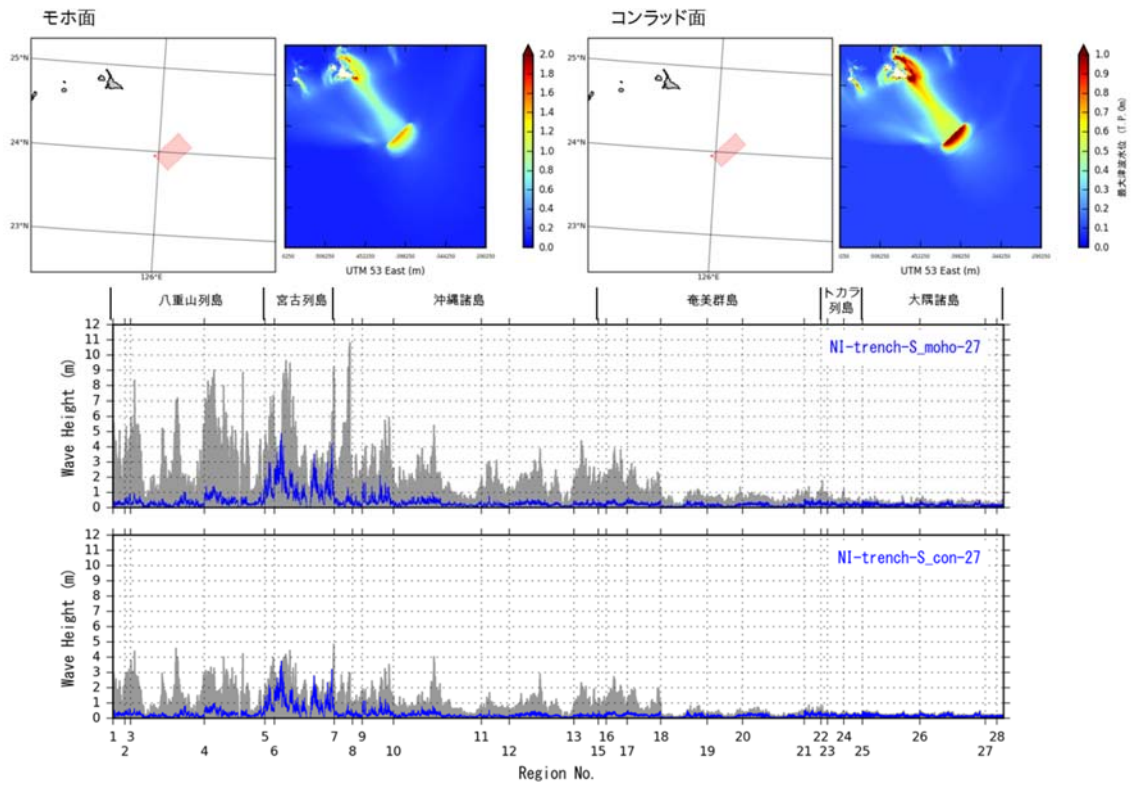


図 37-d 宮古島周辺の最大水位上昇量の包絡線。灰色はすべての断層モデル 142 波源で計算された包絡線。青色は断層モデル NI-trench-S27 の波源で計算された包絡線。上のグラフは断層下端深度をモホ面、下のグラフはコンラッド面とした場合の計算結果を示している。

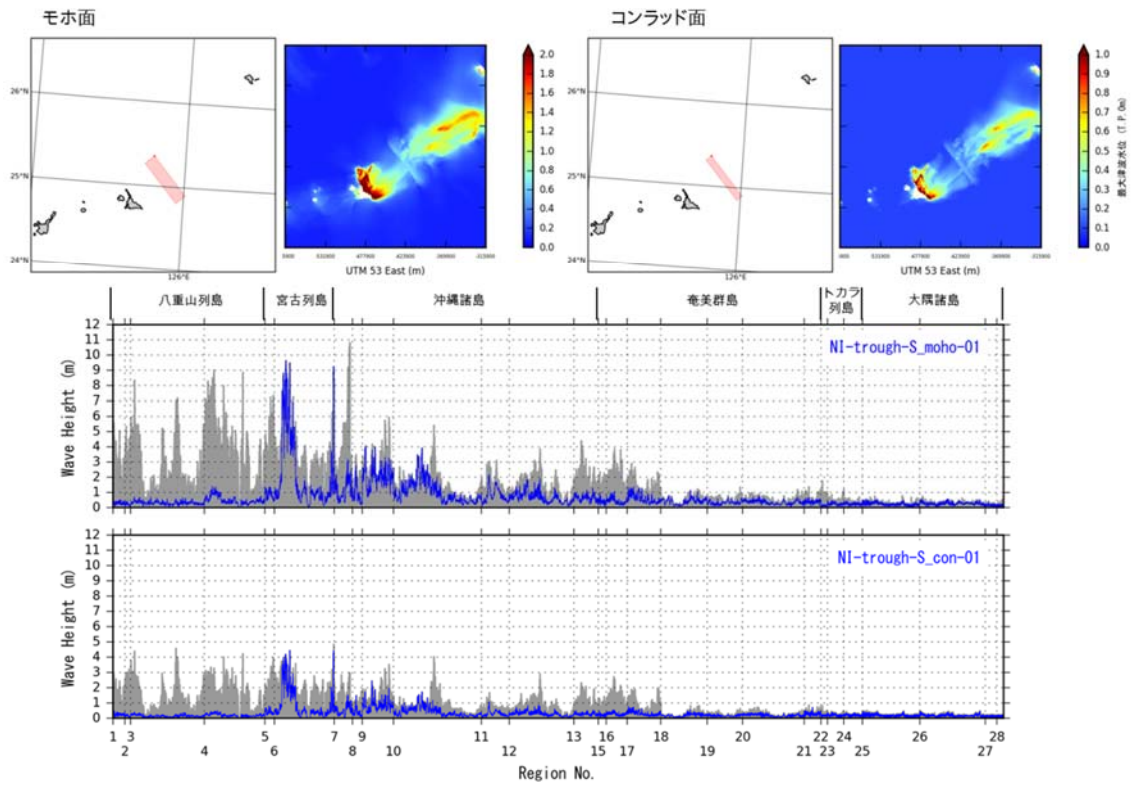


図 37-e 宮古島周辺の最大水位上昇量の包絡線。灰色はすべての断層モデル 142 波源で計算された包絡線。青色は断層モデル NI-trough-S01 の波源で計算された包絡線。上のグラフは断層下端深度をモホ面、下のグラフはコンラッド面とした場合の計算結果を示している。

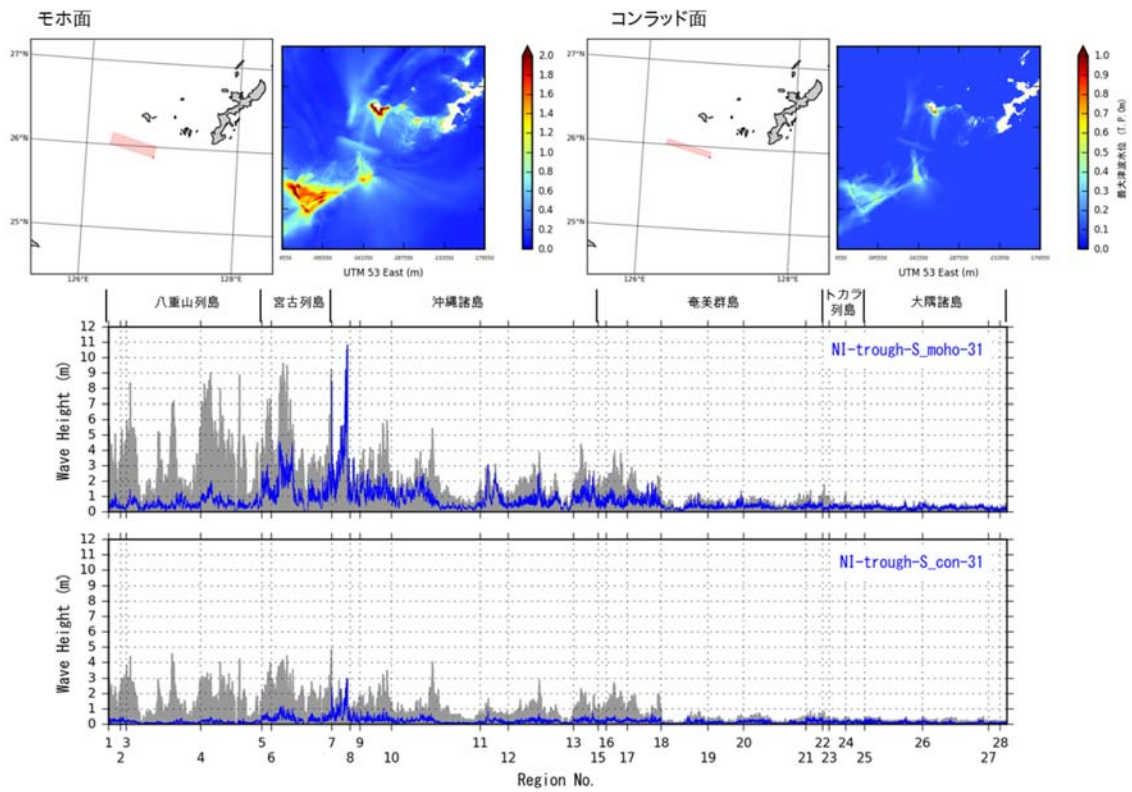


図 37-f 久米島周辺の最大水位上昇量の包絡線。灰色はすべての断層モデル 142 波源で計算された包絡線。青色は断層モデル NI-trough-S31 の波源で計算された包絡線。上のグラフは断層下端深度をモホ面、下のグラフはコンラッド面とした場合の計算結果を示している。

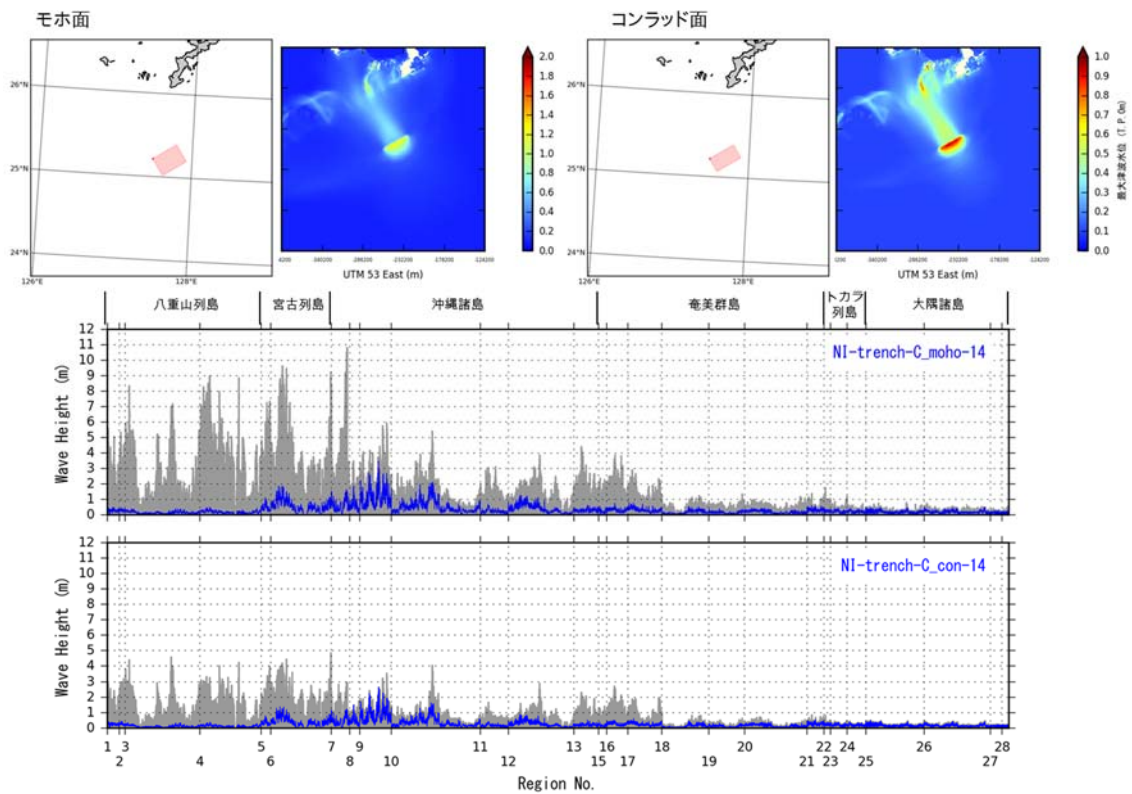


図 37-g 渡嘉敷島周辺の最大水位上昇量の包絡線。灰色はすべての断層モデル 142 波源で計算された包絡線。青色は断層モデル NI-trench-C14 の波源で計算された包絡線。上のグラフは断層下端深度をモホ面、下のグラフはコンラッド面とした場合の計算結果を示している。

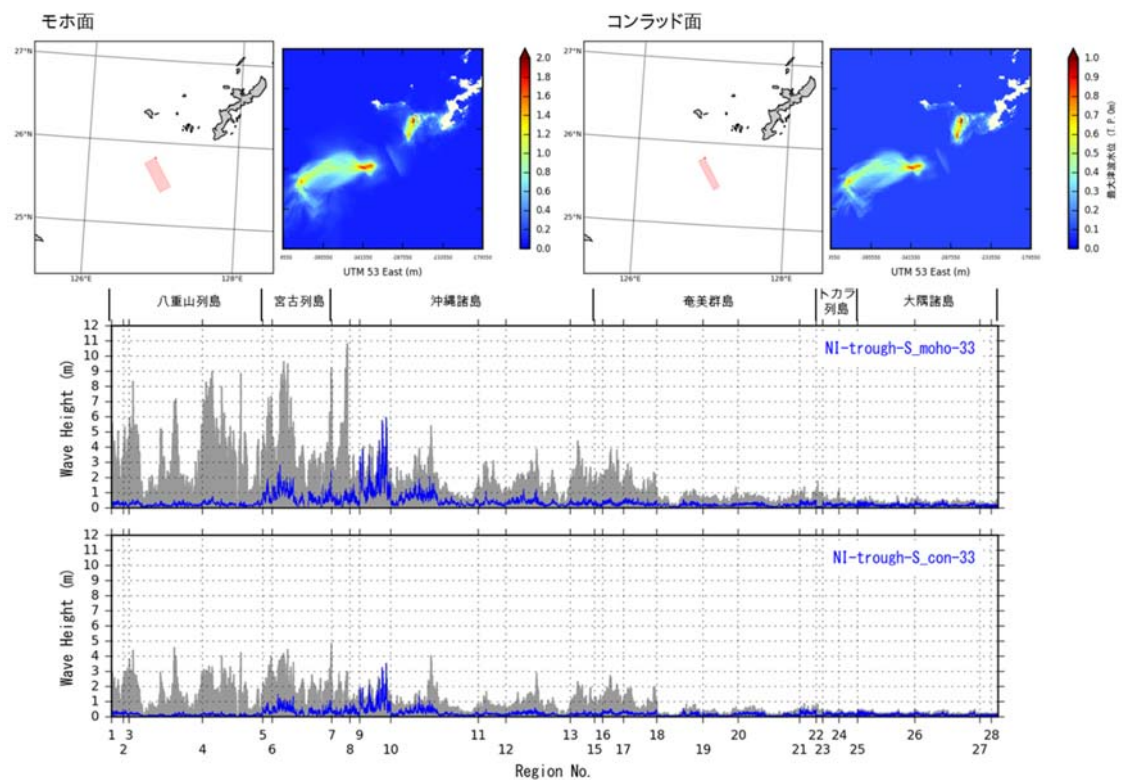


図 37-h 渡嘉敷島周辺の最大水位上昇量の包絡線。灰色はすべての断層モデル 142 波源で計算された包絡線。青色は断層モデル NI-trough-S33 の波源で計算された包絡線。上のグラフは断層下端深度をモホ面、下のグラフはコンラッド面とした場合の計算結果を示している。

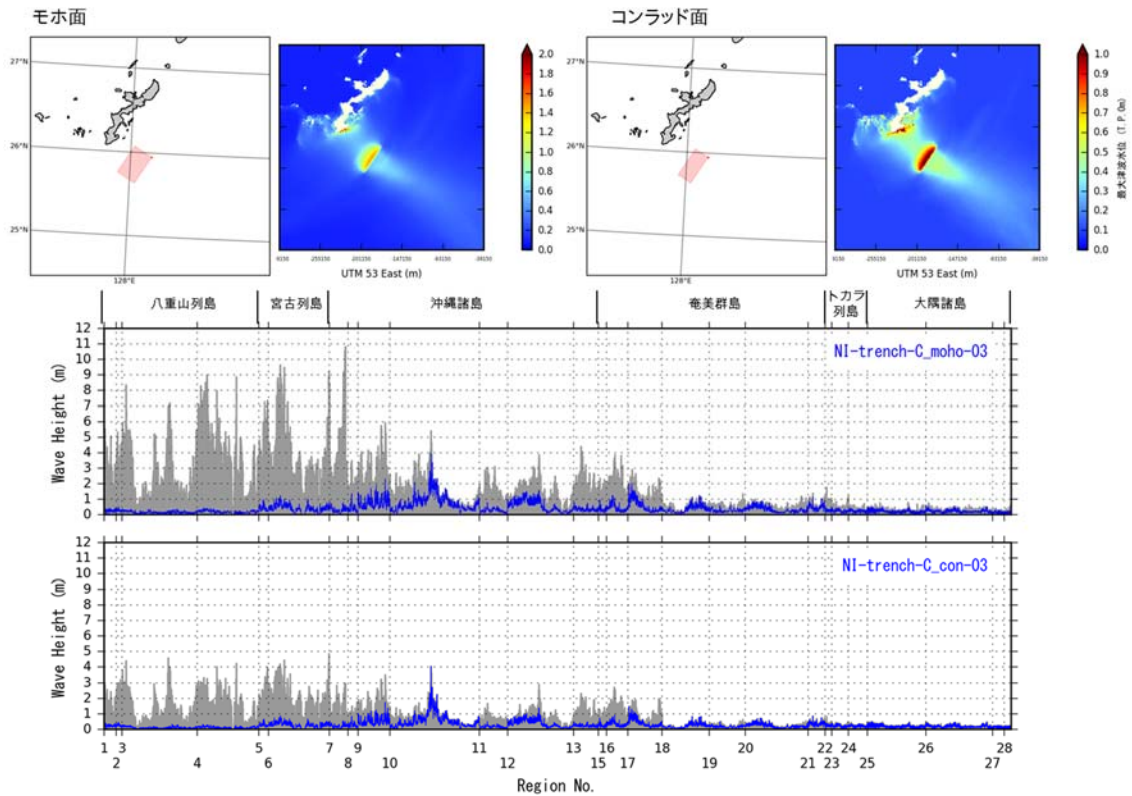


図 37-i 沖縄本島南部周辺の最大水位上昇量の包絡線。灰色はすべての断層モデル 142 波源で計算された包絡線。青色は断層モデル NI-trench-C03 の波源で計算された包絡線。上のグラフは断層下端深度をモホ面、下のグラフはコンラッド面とした場合の計算結果を示している。

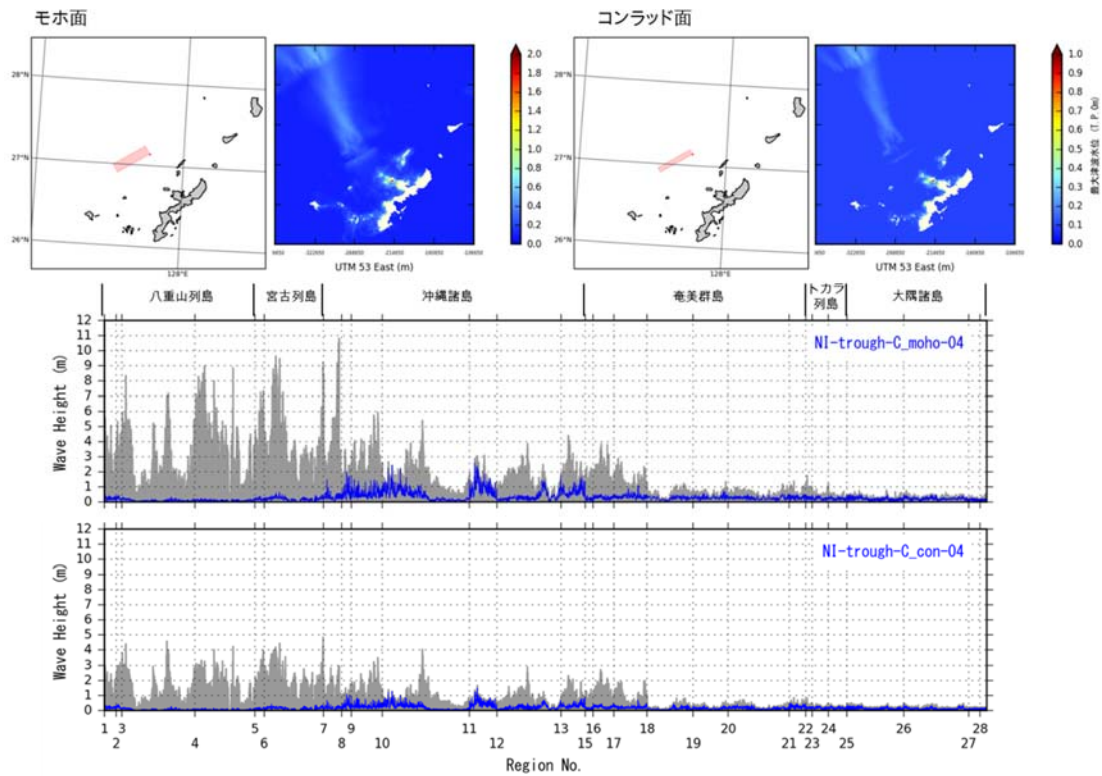


図 37-j 沖縄島本部半島周辺の最大水位上昇量の包絡線。灰色はすべての断層モデル 142 波源で計算された包絡線。青色は断層モデル NI-trough-C04 の波源で計算された包絡線。上のグラフは断層下端深度をモホ面、下のグラフはコンラッド面とした場合の計算結果を示している。

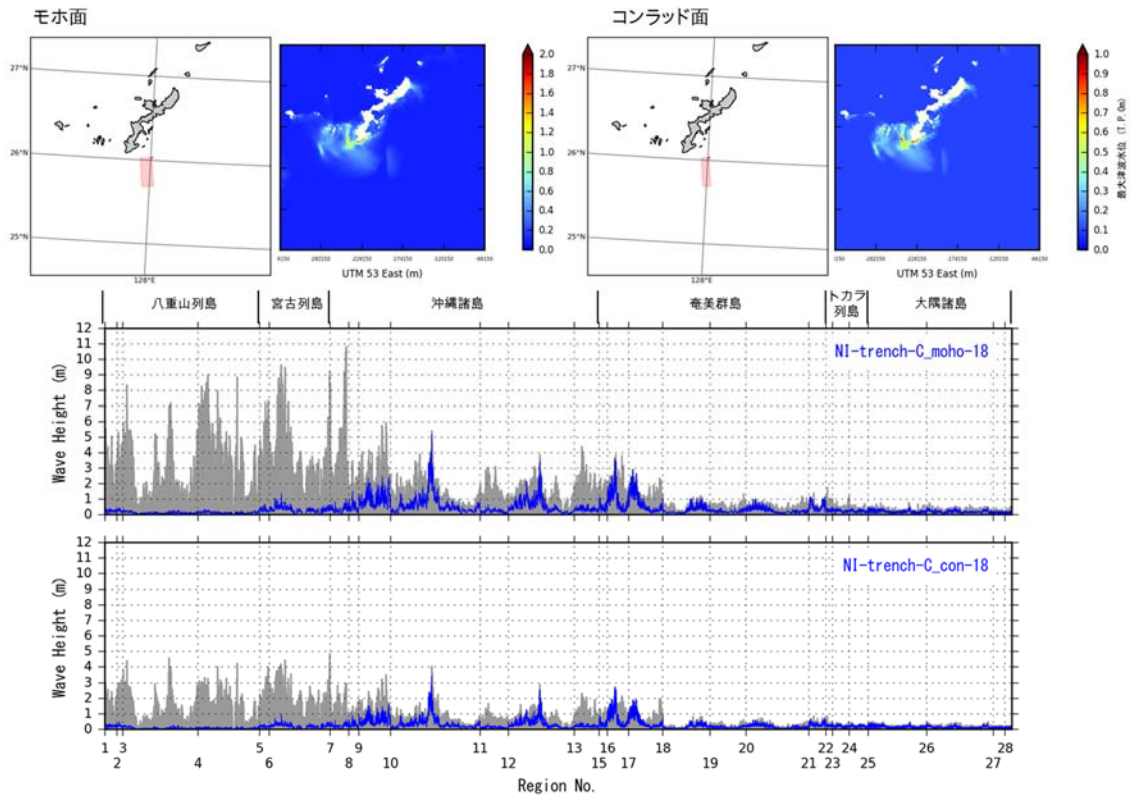


図 37-k 沖縄本島南部、北部及び沖永良部島、徳之島周辺の最大水位上昇量の包絡線。灰色はすべての断層モデル 142 波源で計算された包絡線。青色は断層モデル NI-trench-C18 の波源で計算された包絡線。上のグラフは断層下端深度をモホ面、下のグラフはコンラッド面とした場合の計算結果を示している。

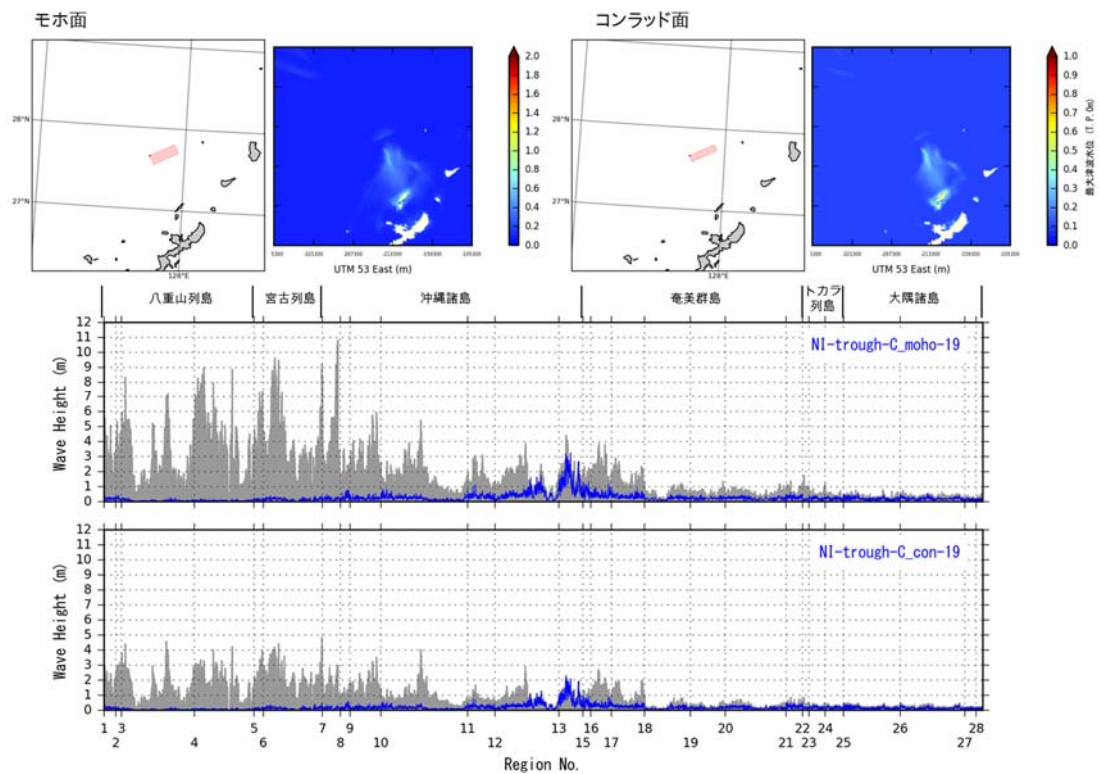


図 37-1 伊平屋島周辺の最大水位上昇量の包絡線。灰色はすべての断層モデル 142 波源で計算された包絡線。青色は断層モデル NI-trough-C19 の波源で計算された包絡線。上のグラフは断層下端深度をモホ面、下のグラフはコンラッド面とした場合の計算結果を示している。

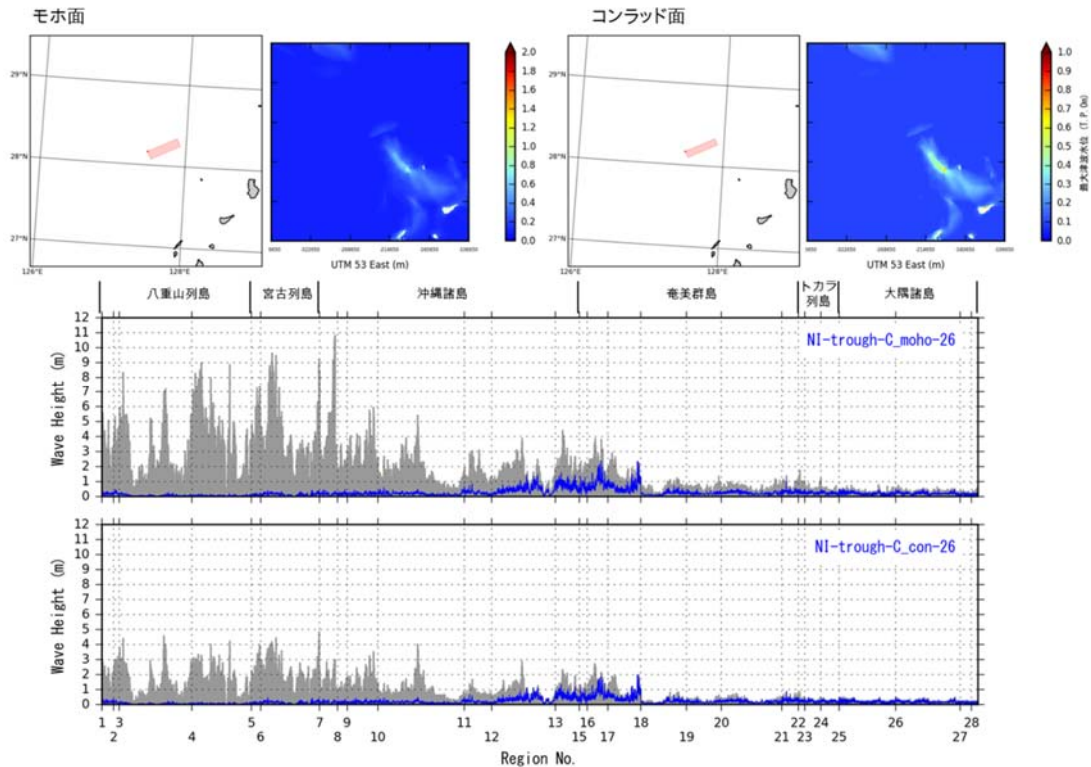


図 37-m 徳之島周辺の最大水位上昇量の包絡線。灰色はすべての断層モデル 142 波源で計算された包絡線。青色は断層モデル NI-trough-C26 の波源で計算された包絡線。上のグラフは断層下端深度をモホ面、下のグラフはコンラッド面とした場合の計算結果を示している。

ii) 地震動の検証

断層モデルの検証に用いる過去に発生した地震はおおむね $M7$ 以上であり、津波痕跡データ及び地震動データの両方を参照することができるものとしているが、南西諸島周辺海域においては、過去に発生した地震津波による痕跡データで検証可能なものが存在しない(1)b)及び表 2 参照)ため、地震動のシミュレーションについても設定したすべての断層モデルについて計算を実施し、断層モデルから予測される地震動の強さの分布をまとめることで、そのおよその規模感を示すこととする。

また、モホ面モデルとコンラッド面モデルによる地震動強さの違いについて検証する。以下では、地震動の推定方法を説明し、比較結果を示す。

・地震動強さの推定方法

以下に、地震動強さの推定の計算方法を説明する。推定する地震動強さは次の 4 つである。

- ・工学的基盤 ($V_s=400\text{m/s}$) における最大速度 (PGV)
- ・表層における PGV
- ・表層における最大加速度 (PGA)
- ・計測震度

①工学的基盤における PGV の算出

工学的基盤における PGV (PGV_{b400}) の推定のため、まず司・翠川(1999)による距離減衰式によって硬質基盤 ($V_s=600\text{m/s}$) における PGV (PGV_{b600}) を推定する。

$$\log PGV_{b600} = 0.58M_w + 0.0038H + d - 1.29 - \log(X + 0.0028 \times 10^{0.5M_w}) - 0.002X \quad (1)$$

ここで、 X は断層最短距離、 H は震源深さ、 d は断層タイプごとの定数(地殻内地震は0)である。 PGV_{b400} は(1)式で求めた PGV_{b600} に、硬質基盤から工学的基盤までの速度の増幅率 1.41 を乗じて求める。

$$PGV_{b400} = PGV_{b600} \times 1.41 \quad (2)$$

②表層における PGV の算出

表層における PGV (PGV_s) は、工学的基盤における PGV に対し工学的基盤から表層までの速度の増幅率 ARV を乗じて求める。

$$PGV_s = PGV_{b400} \times ARV \quad (3)$$

ARV の値は、藤本・翠川(2006)による AVS30(微地形区分から算出した、地表から深さ 30m までの平均 S 波速度)と地盤増幅率の関係式により算出する。AVS30 及び ARV の分布データは、J-SHIS で公表されている 250m メッシュ別の分布データ(Wakamatsu and Matsuoka, 2013)を用いる。 ARV の分布図を図 38 に示す。

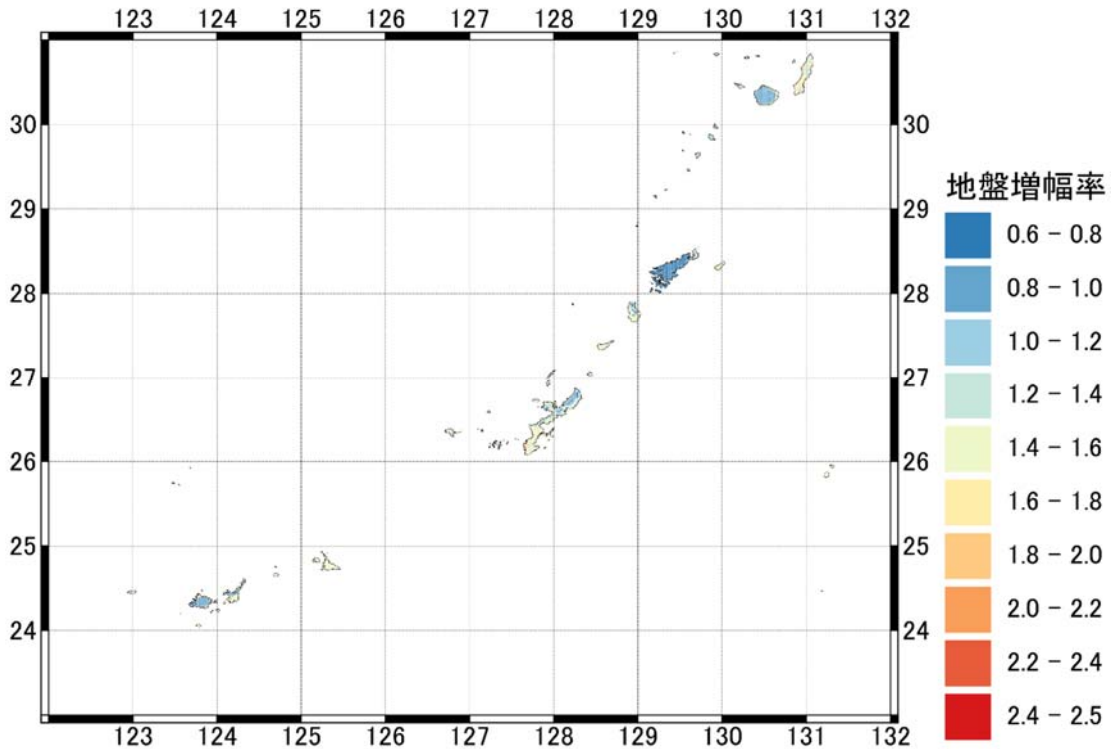


図 38 南西諸島における地盤増幅率の分布図。

③表層における PGA の算出

表層における PGA(PGA_s)は、司・翠川(1999)による距離減衰式によって推定する。

$$\log PGA_s = 0.50Mw + 0.0043H + d + 0.61 - \log(X + 0.0055 \times 10^{0.5Mw}) - 0.003X \quad (4)$$

④計測震度の算出

計測震度(I)は今回対象とする地震が地殻内地震(地震カテゴリーⅢ)であることから、表層基盤での PGV を用いて藤本・翠川(2005)の経験的關係式により推定する。

$$I = 2.002 + 2.603 \log PGV_s - 0.213(\log PGV_s)^2 \quad (5)$$

・地震動の検証結果

図 39～図 41 に設定した全ての断層モデルによる計測震度、工学的基盤における PGV、表層における PGA の最大値の分布図を示す。全てのモデルの最大値分布では、宮古島周辺で最も地震動強さが大きくなり、計測震度は 6.0 以上となった。

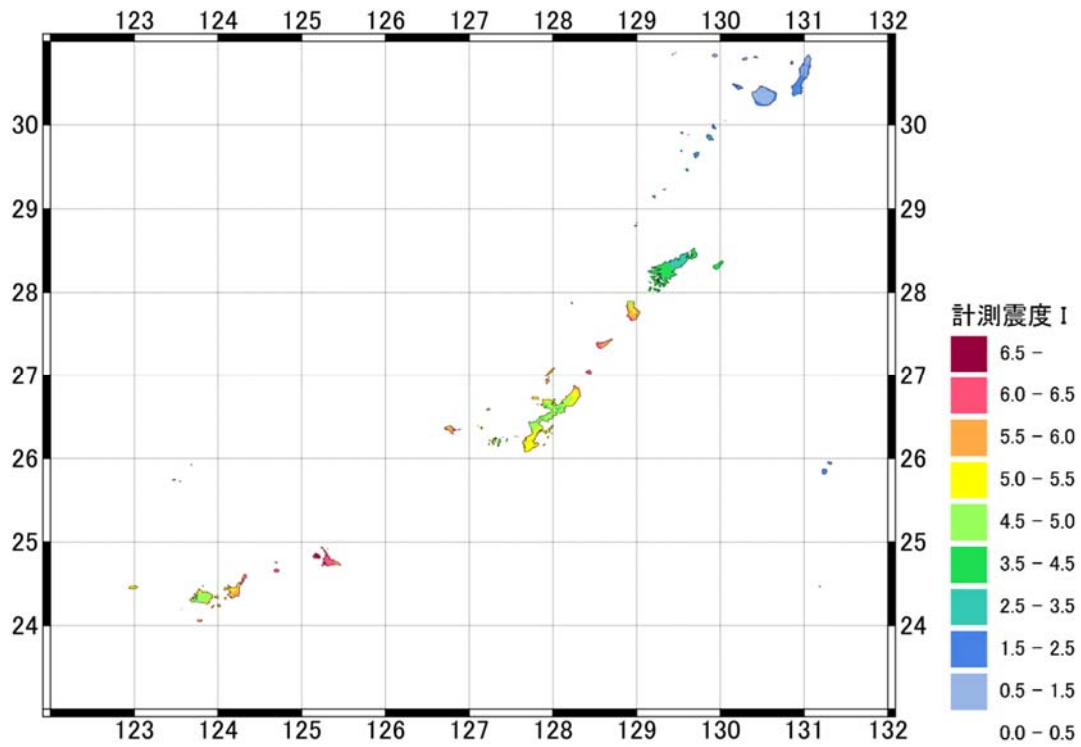


図 39 全ての断層モデルの計測震度の最大値分布。

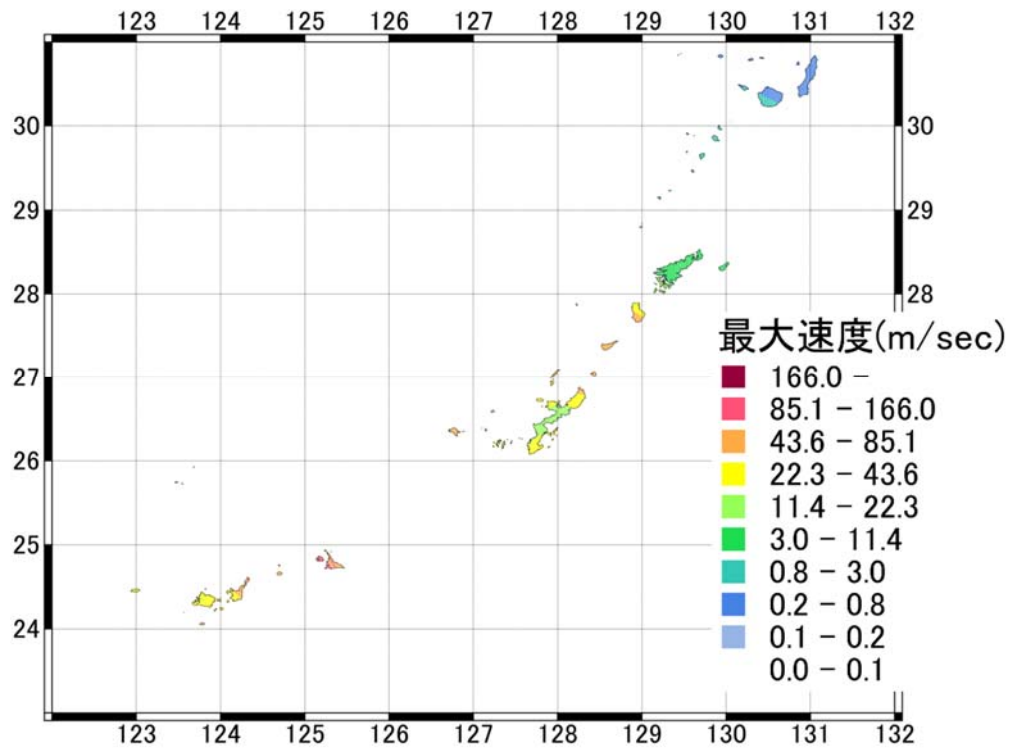


図 40 全ての断層モデルの工学的基盤 PGV の最大値分布

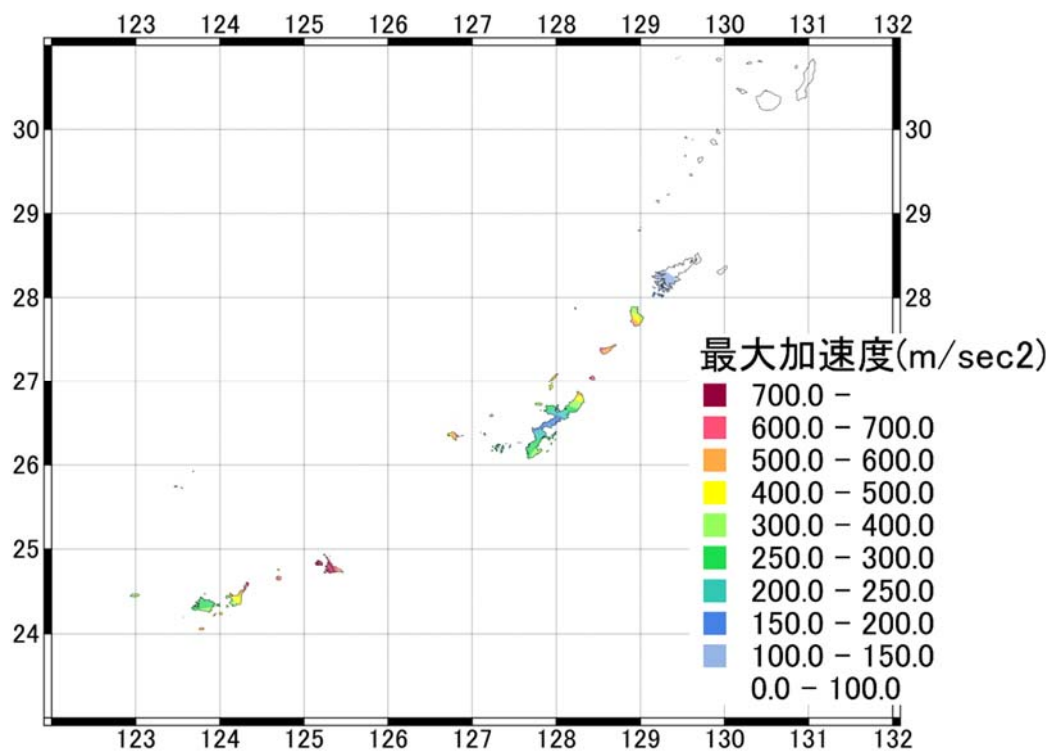


図 41 全ての断層モデルの表層 PGA の最大値分布

・コンラッド面モデルとモホ面モデルの比較

次に、表 17 に示 M_w の大きい 6 個のモデルについて、コンラッド面モデルとモホ面モデルの地震動強さの比較を行った。図 42～図 47 に、両モデルの計測震度分布図を示す。モホ面モデルの方が、マグニチュードが大きくなるため、計測震度が大きくなることが分かる。

次に、工学的基盤における $PGV(PGV_{b400})$ と表層における $PGA(PGA_s)$ について、コンラッド面モデルに対するモホ面モデルの比の分布を調べた(図 48～図 53)。両モデルにおける PGV_{b400} 及び PGA_s の比の分布には次のような傾向があった。

- ① M_w の差が大きいほど比が大きい
- ② 断層距離が離れるほど比が大きい

①は(1)式及び(4)式に示す距離減衰式の第一項の影響であり、②については第五項の影響である。

表 17 地震動強さの検証を行った断層モデル(モデル名はモホ面モデルのみ標記)

モデル名	コンラッド面モデル			モホ面モデル		
	下端 (km)	幅 (km)	M_w	下端 (km)	幅 (km)	M_w
NI-trough-C_moho-23	12	13.86	6.91	25	28.87	7.33
NI-trough-C_moho-25	12	13.86	6.83	24	27.71	7.23
NI-trough-S_moho-01	16	18.48	7.23	28	32.33	7.62
NI-trough-S_moho-20	12	13.86	7.23	16	18.48	7.54
NI-trough-S_moho-26	12	13.86	7.04	16	18.48	7.21
NI-trough-S_moho-38	20	23.09	7.16	38	43.88	7.61

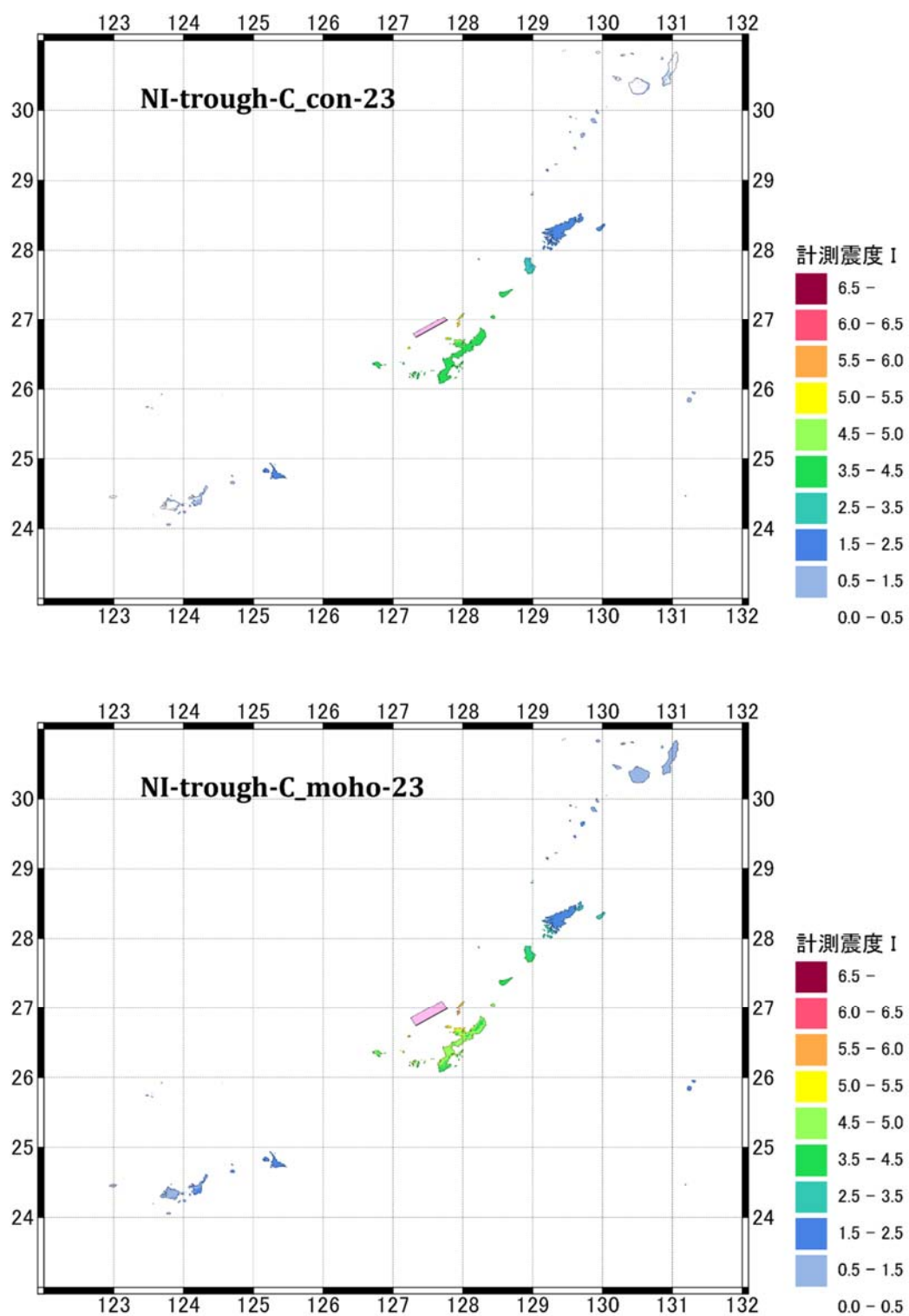


図 42 コンラッド面モデルとモホ面モデルの計測震度分布の比較
(NI-trough-C_con-23 と NI-trough-C_moho-23)。

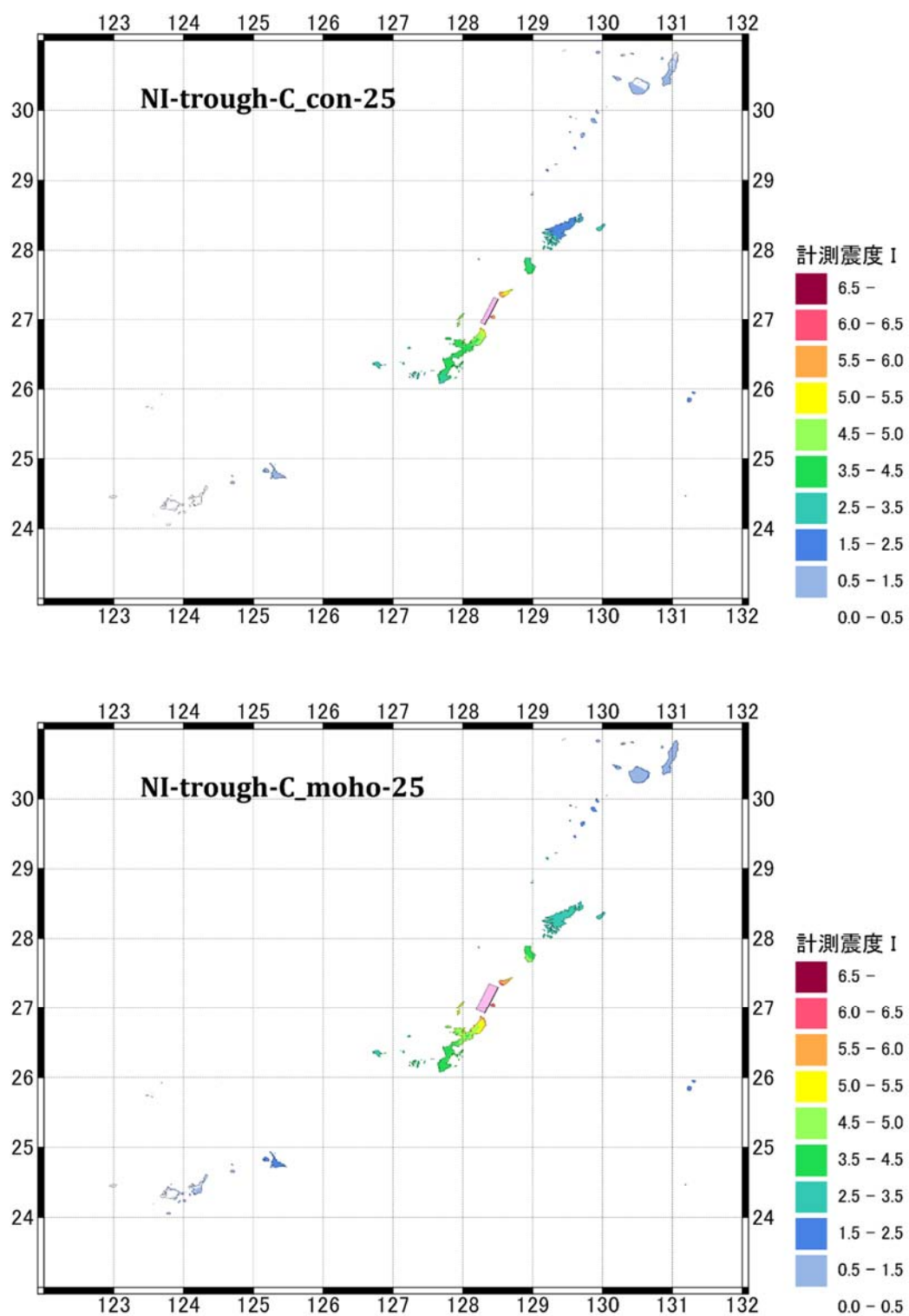


図 43 コンラッド面モデルとモホ面モデルの計測震度分布の比較
(NI-trough-C_con-25 と NI-trough-C_moho-25)。

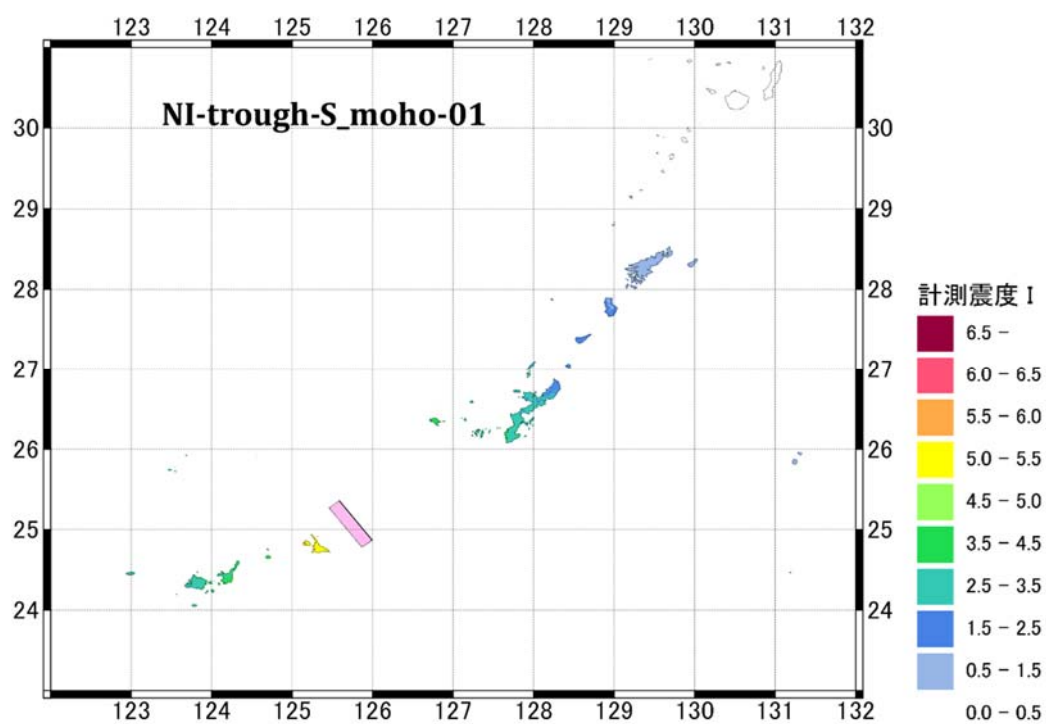
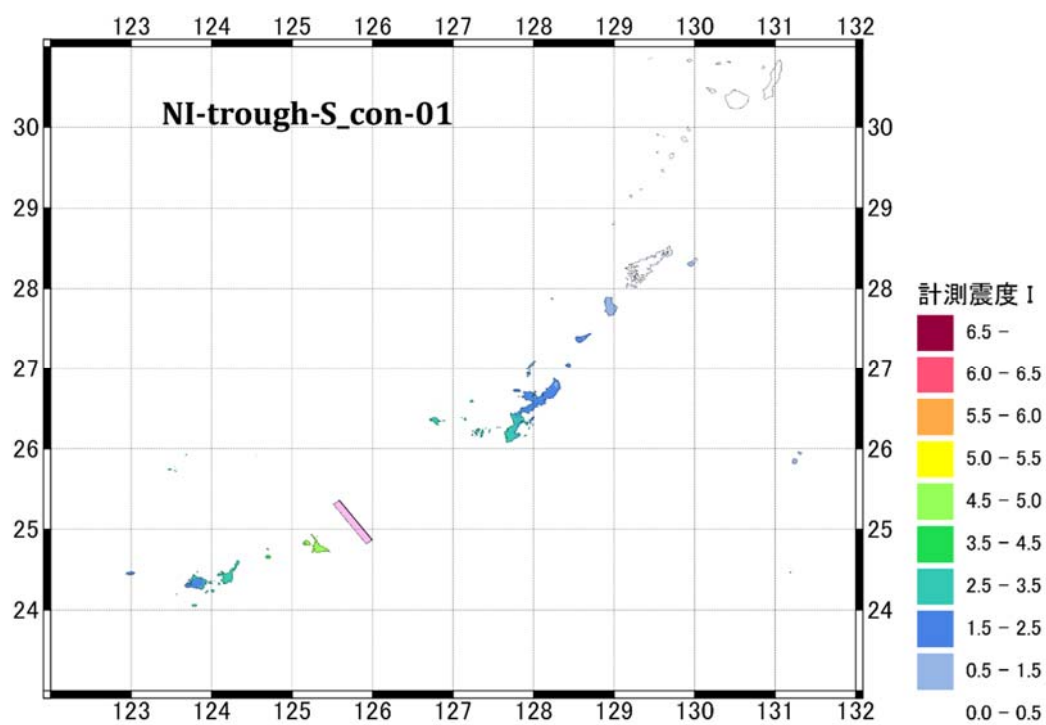


図 44 コンラッド面モデルとモホ面モデルの計測震度分布の比較
(NI-trough-S_con-01 と NI-trough-S_moho-01)。

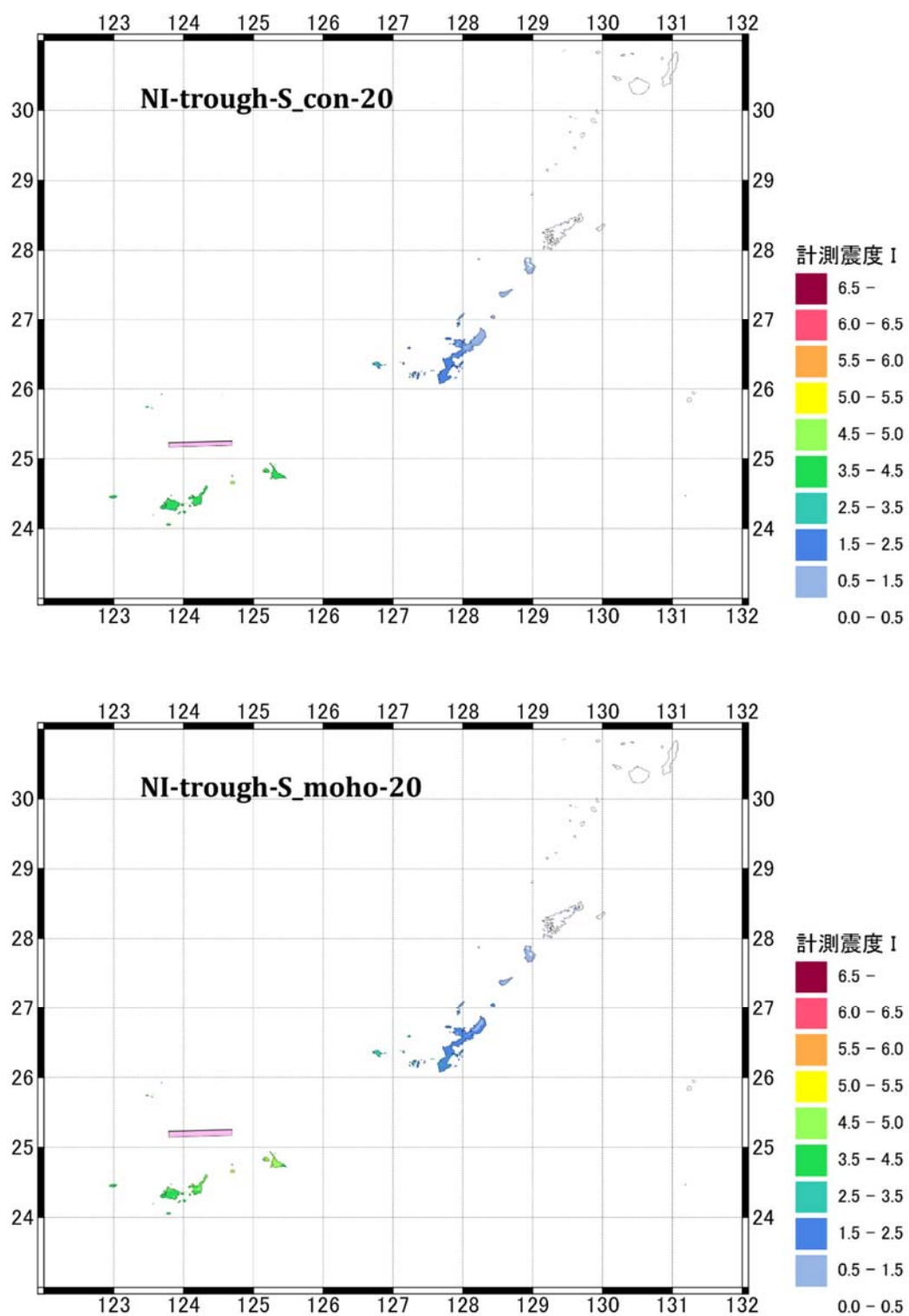


図 45 コンラッド面モデルとモホ面モデルの計測震度分布の比較
(NI-trough-S_con-20 と NI-trough-S_moho-20)。

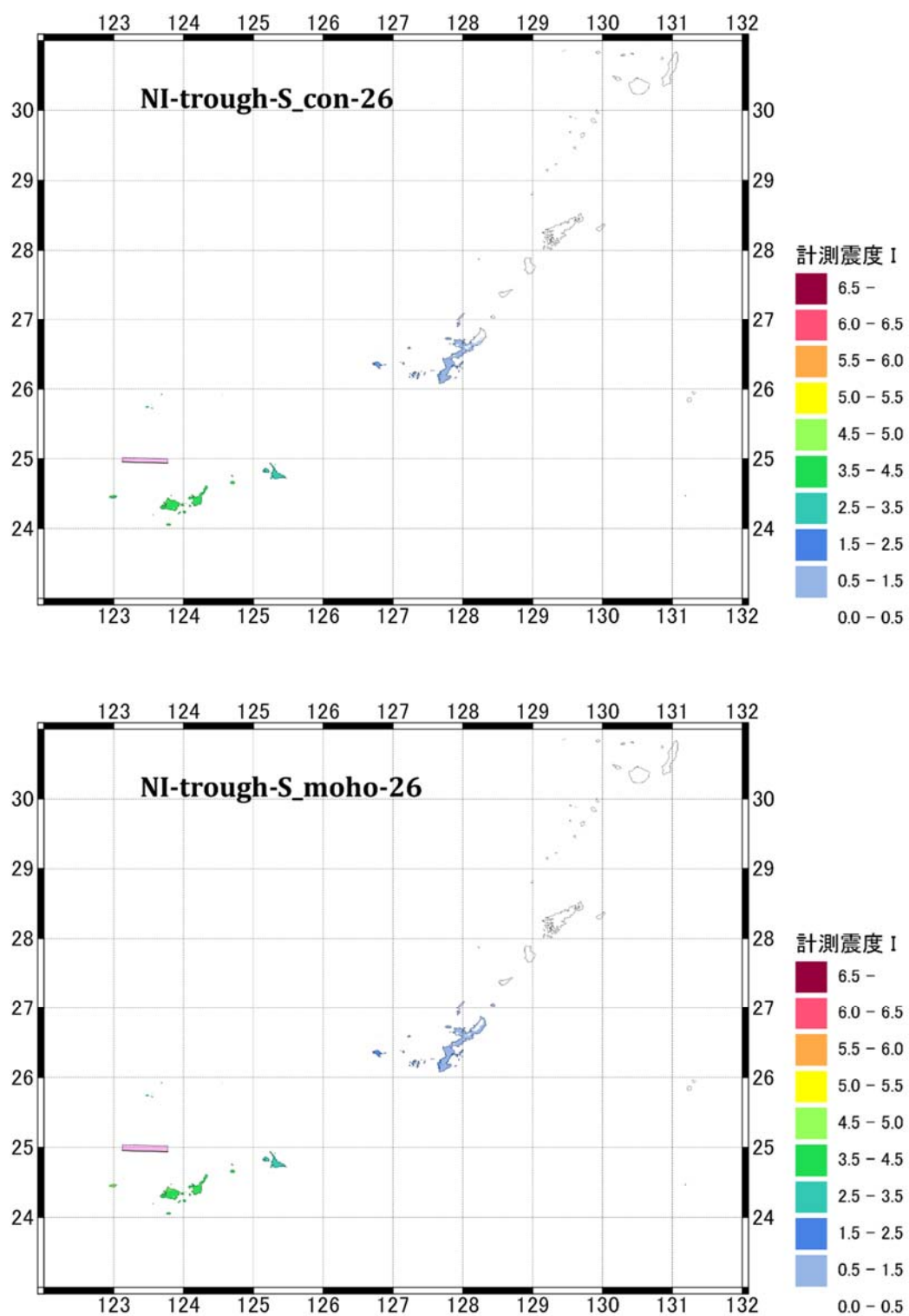


図 46 コンラッド面モデルとモホ面モデルの計測震度分布の比較
(NI-trough-S_con-26 と NI-trough-S_moho-26)。

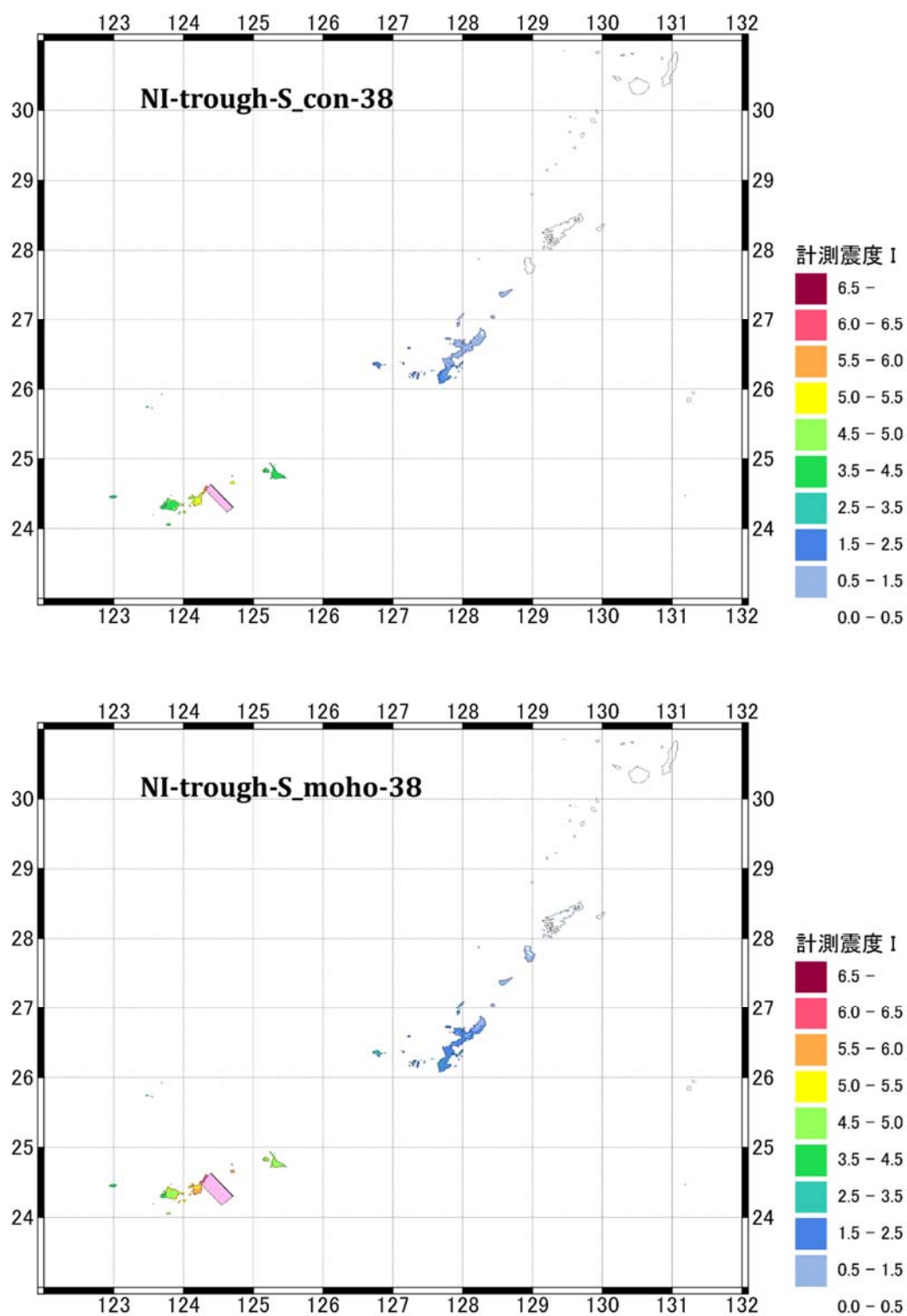


図 47 コンラッド面モデルとモホ面モデルの計測震度分布の比較
(NI-trough-S_con-38 と NI-trough-S_moho-38)。

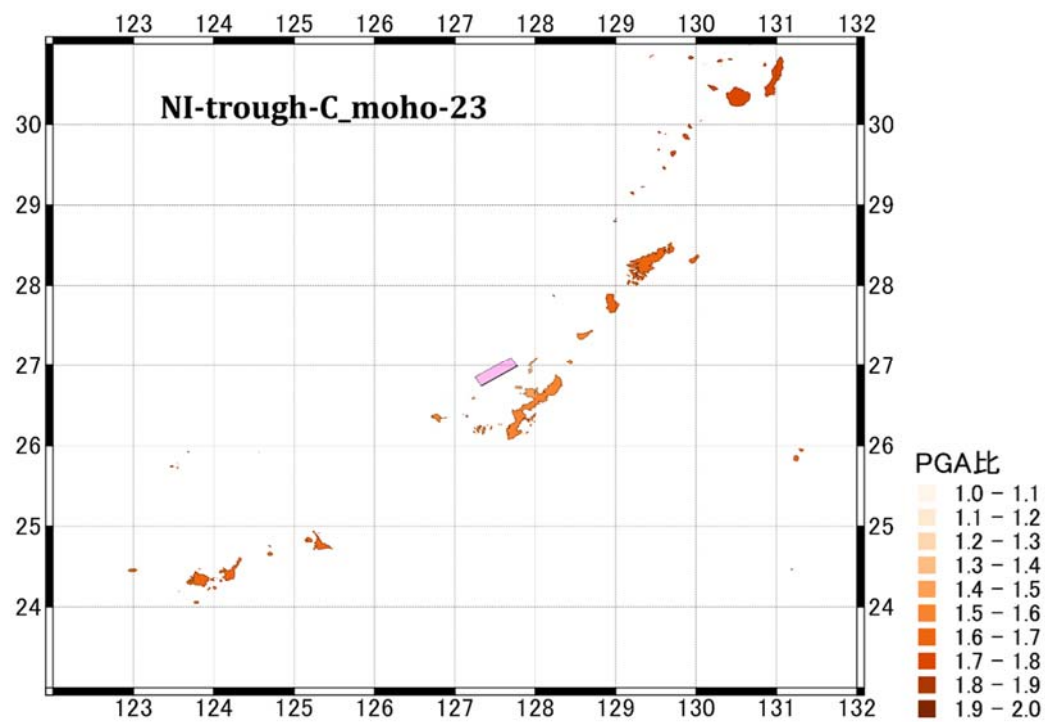
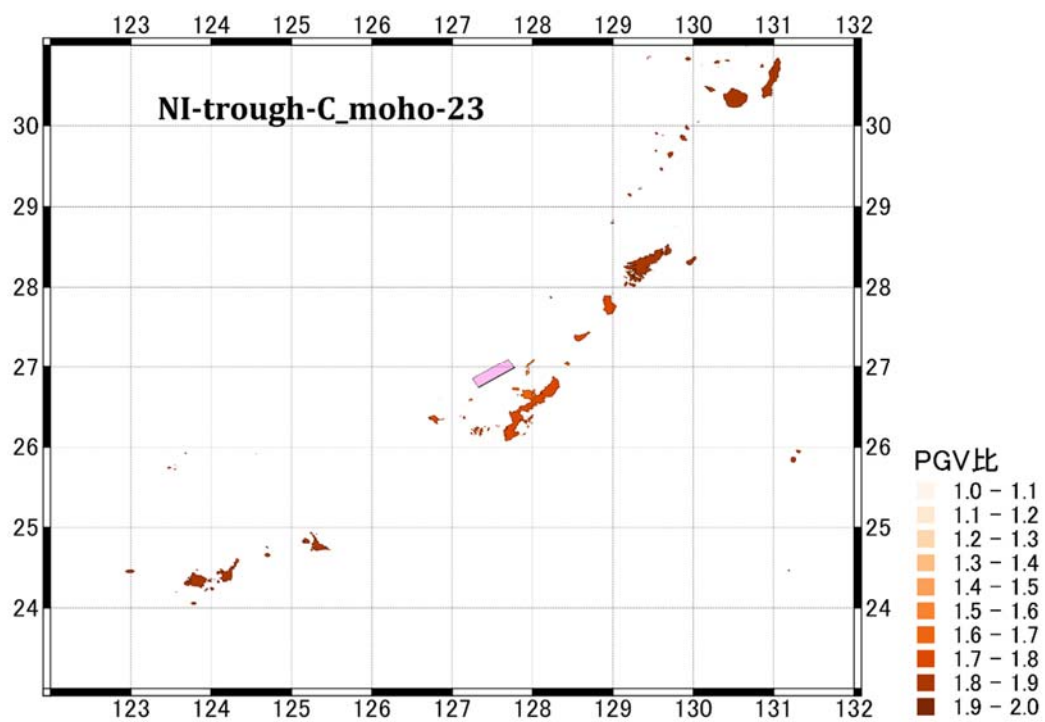


図 48 コンラッド面モデルとモホ面モデルの工学的基盤における PGV と表層における PGA の比の分布図 (NI-trough-C_con-23 と NI-trough-C_moho-23)。

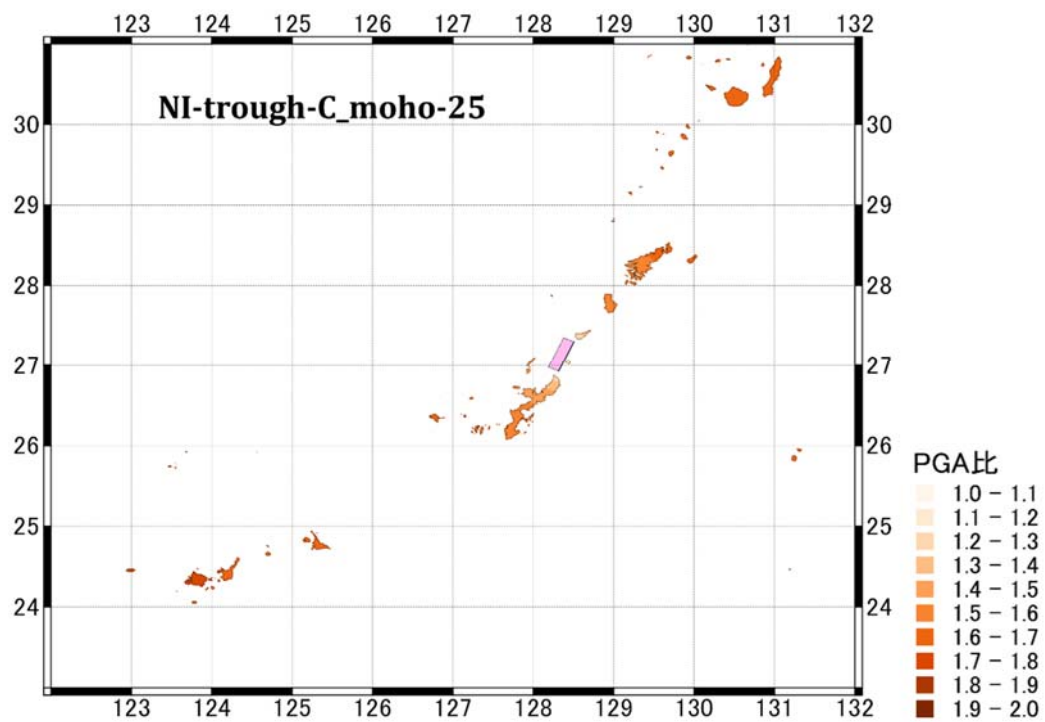
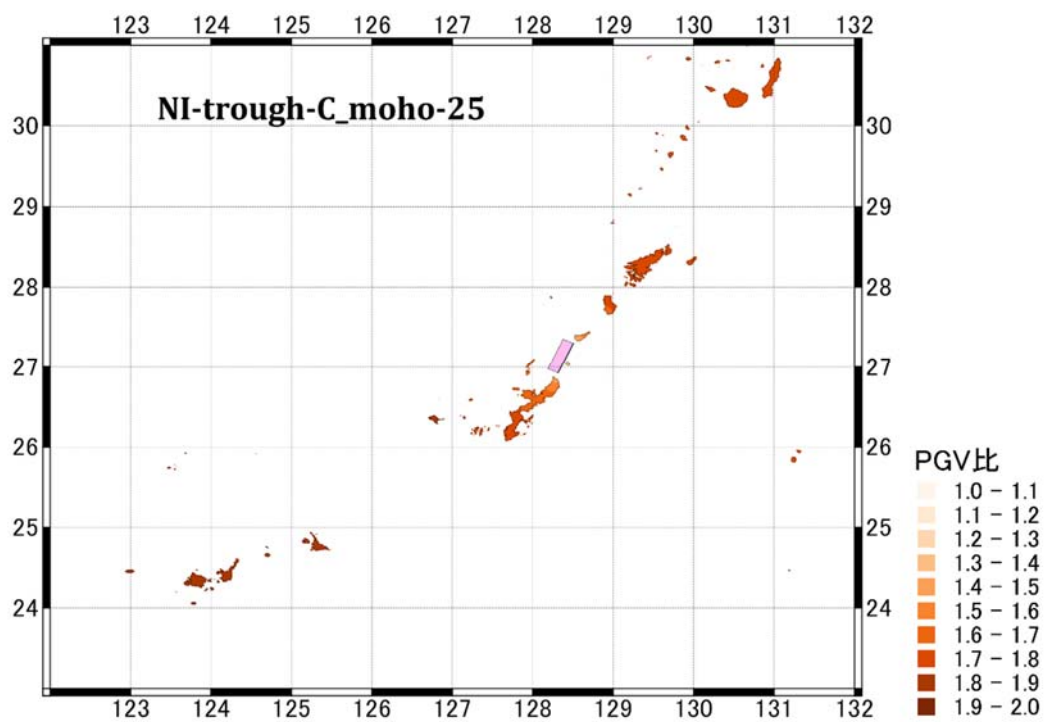


図 49 コンラッド面モデルとモホ面モデルの工学的基盤における PGV と表層における PGA の比の分布図 (NI-trough-C_con-25 と NI-trough-C_moho-25)。

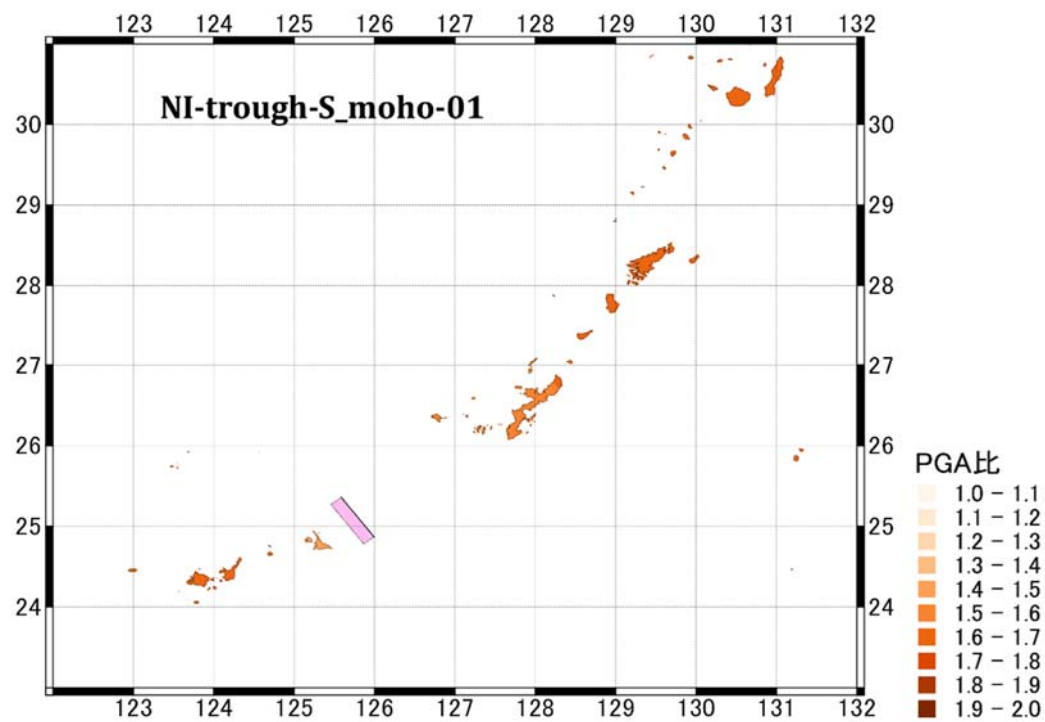
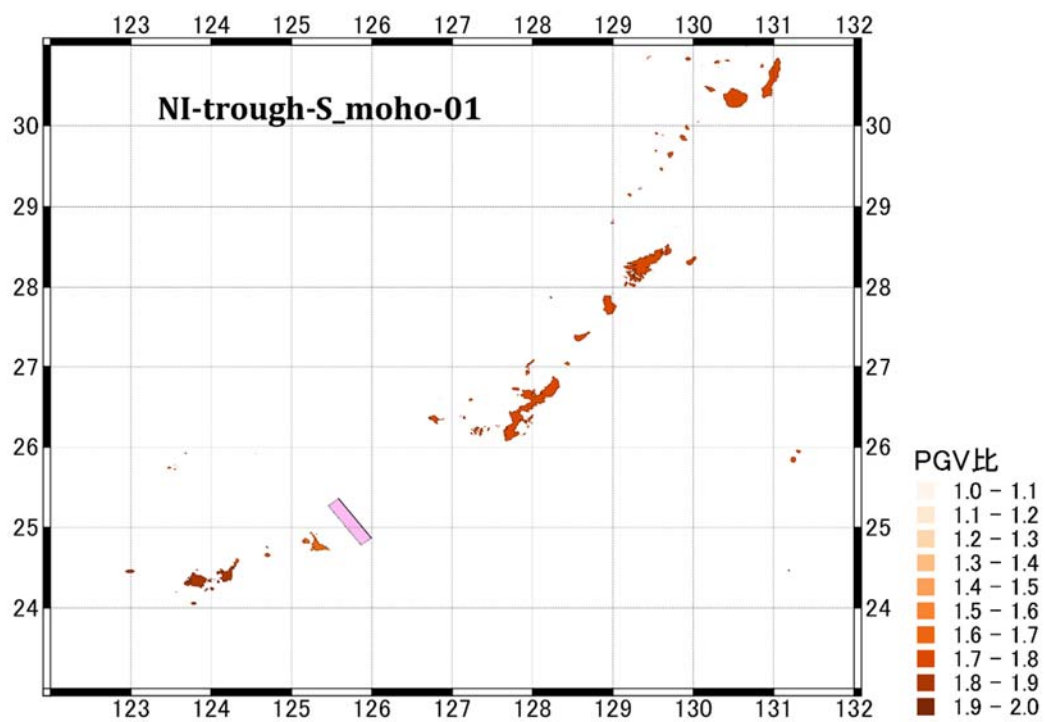


図 50 コンラッド面モデルとモホ面モデルの工学的基盤における PGV と表層における PGA の比の分布図 (NI-trough-S_con-01 と NI-trough-S_moho-01)。

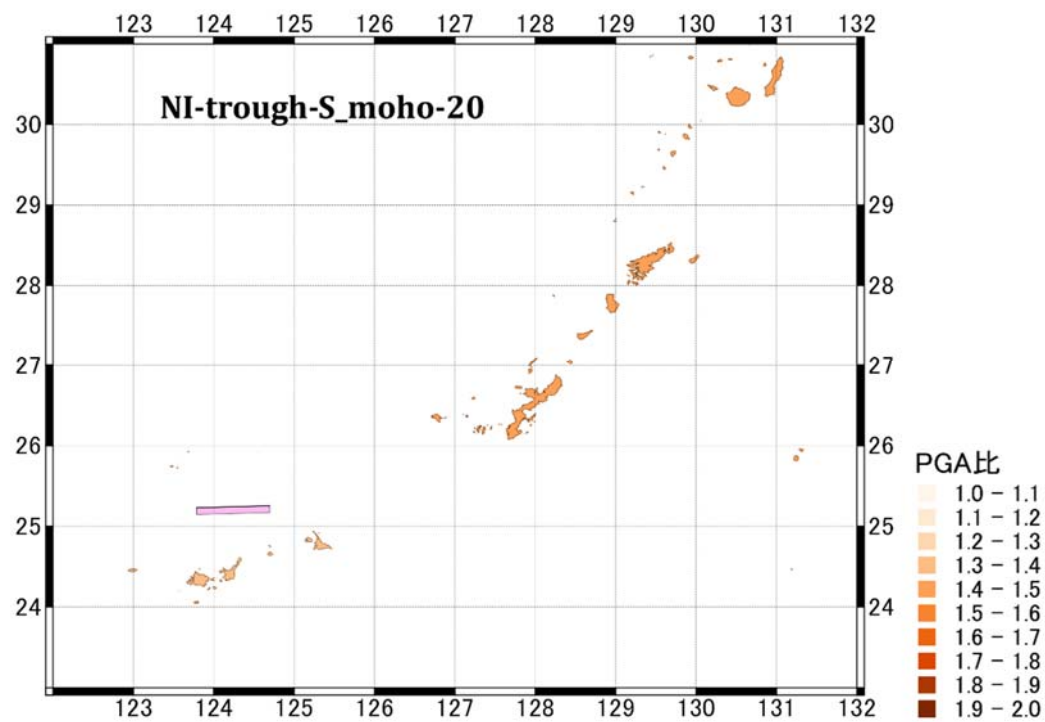
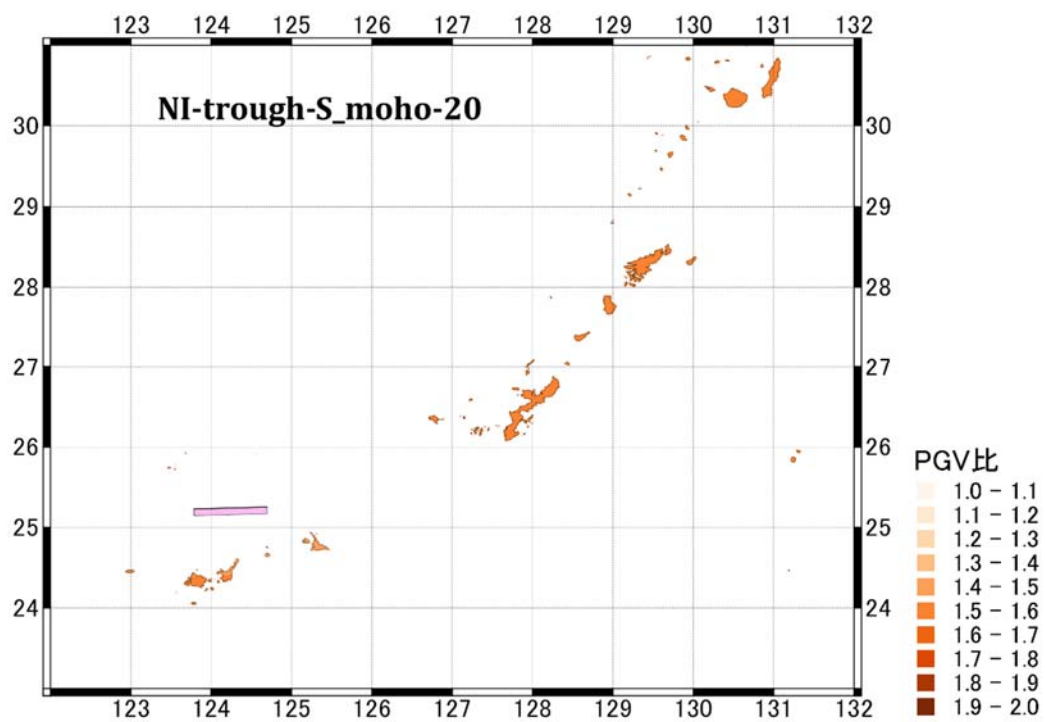


図 51 コンラッド面モデルとモホ面モデルの学的基盤における PGV と表層における PGA の比の分布図 (NI-trough-S_con-20 と NI-trough-S_moho-20)。

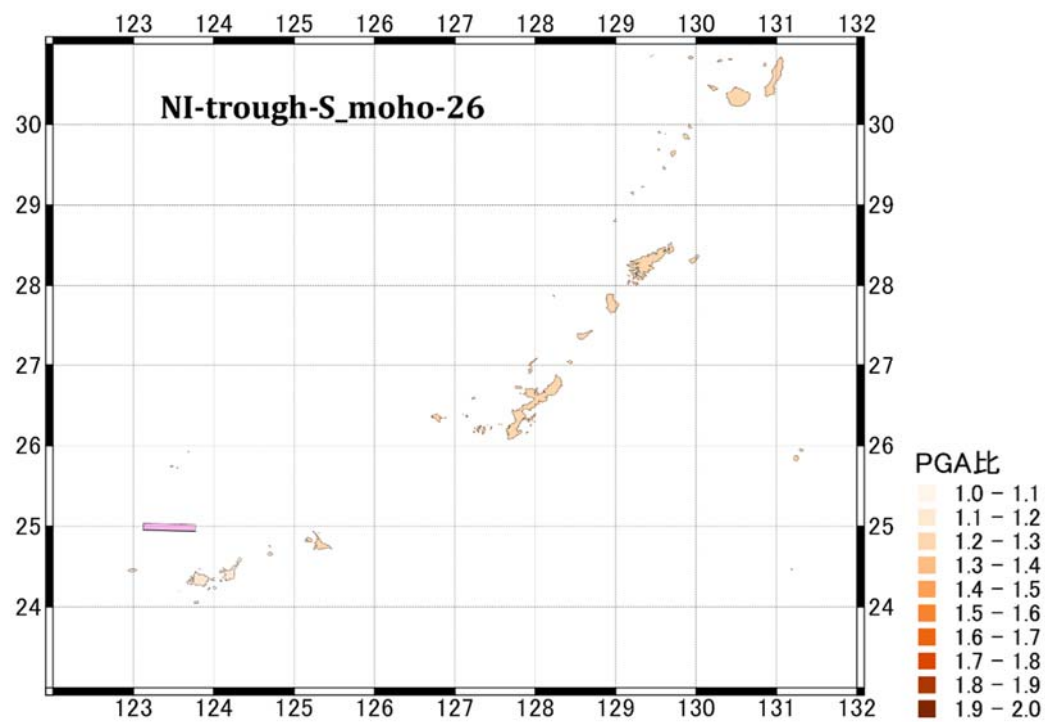
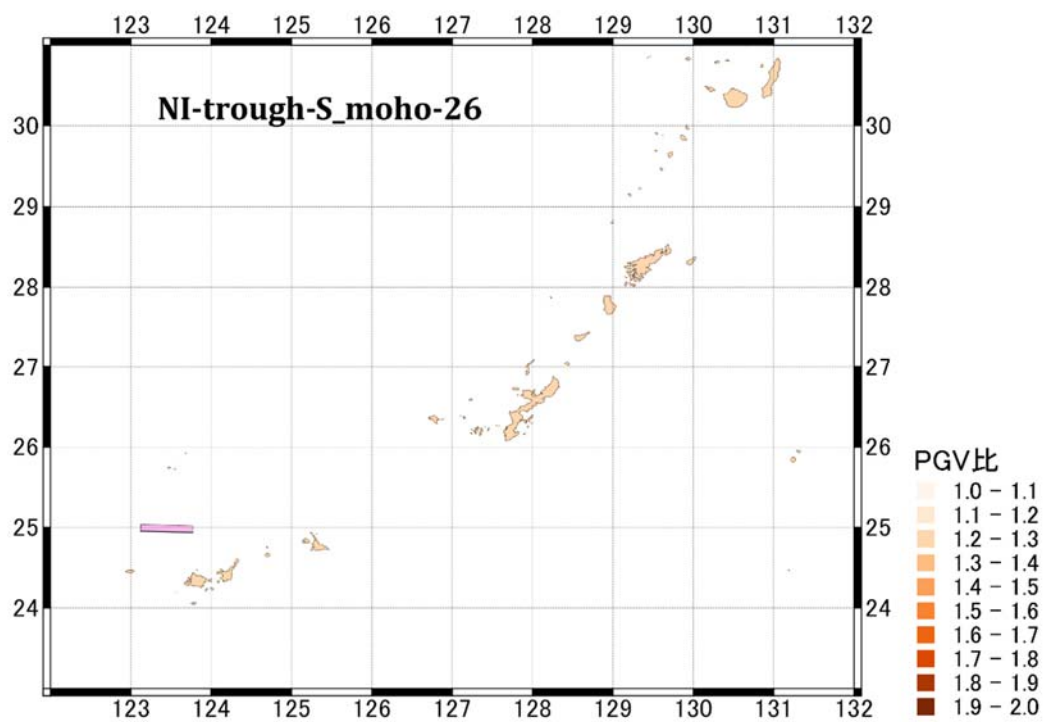


図 52 コンラッド面モデルとモホ面モデルの工学的基盤における PGV と表層における PGA の比の分布図 (NI-trough-S_con-26 と NI-trough-S_moho-26)。

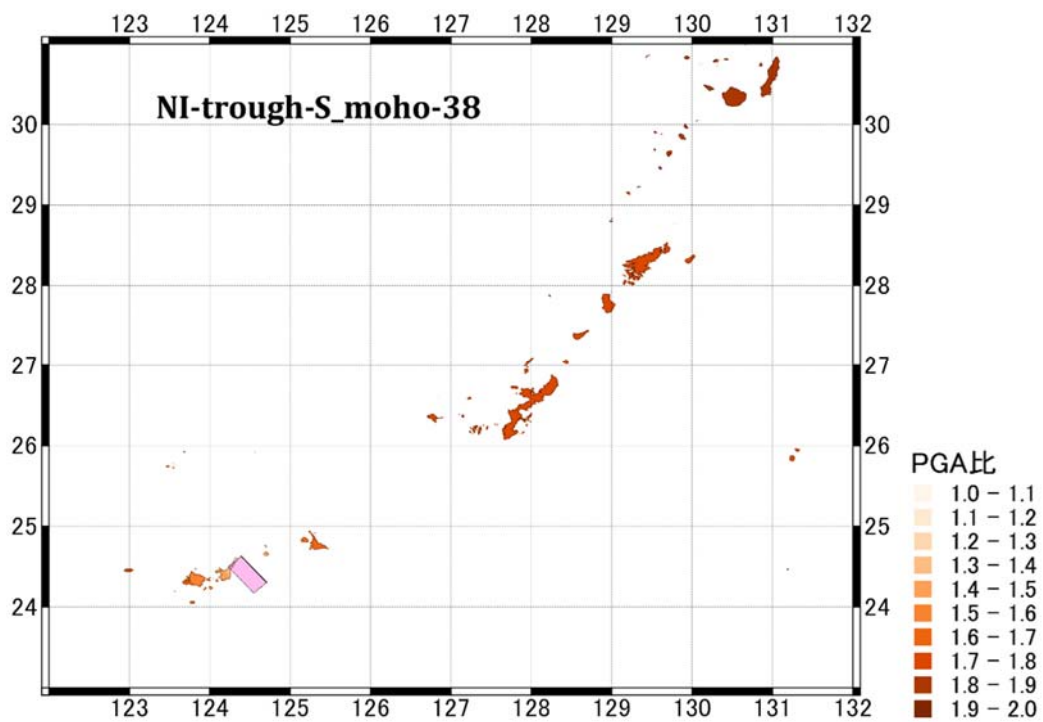
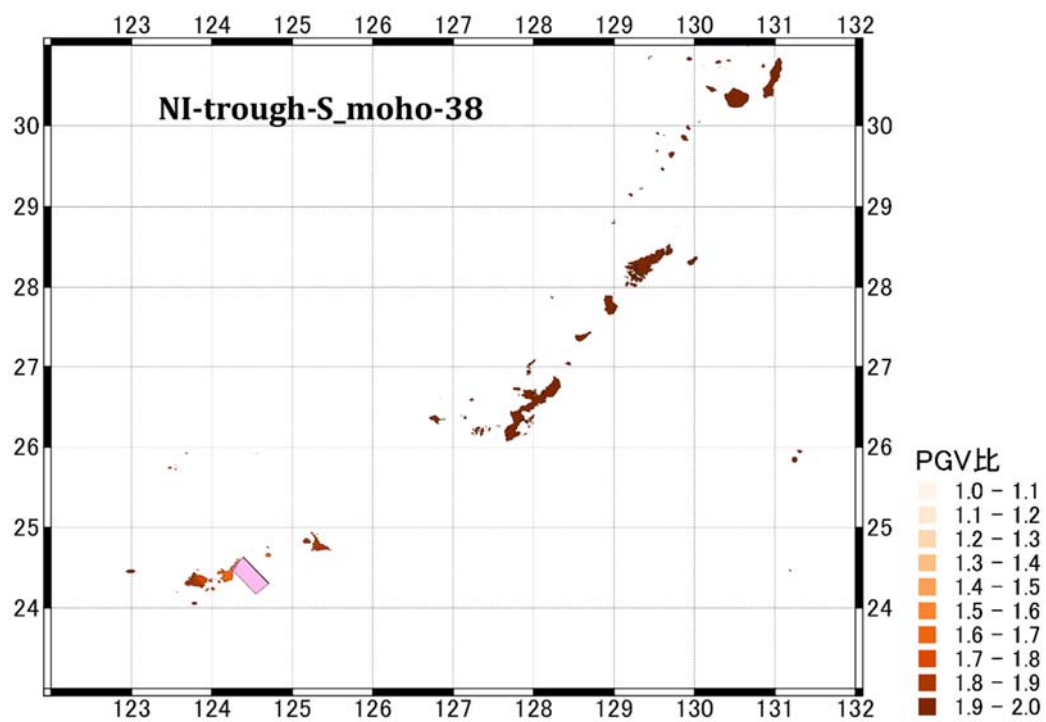


図 53 コンラッド面モデルとモホ面モデルの工学的基盤における PGV と表層における PGA の比の分布図 (NI-trough-S_con-38 と NI-trough-S_moho-38)。

(d) 今年度成果と今後の課題

1) 断層モデルの設定

【今年度成果】

- ・今年度業務においては、南西諸島南部海域で得られたデータに基づいた断層モデルの構築方法についての検討を行った。大きな不確定性を持つパラメータについては、認識論的不確定性及び偶然的ばらつきを考慮することにより、予測される地震規模を包含するような断層モデルの構築方法を検討した。
- ・上の検討により、南西諸島海域の 142 本の断層について合計 284 の断層モデルを設定した。南西諸島海域については、この海域の活断層を網羅する断層モデルは設定されてこなかったため、今回の結果は今後の当該領域のハザード評価が検討される際に重要なものとなると思われる。
- ・実際の断層下端はコンラッド面とモホ面の間に存在すると考え、断層下端深度については認識論的不確定性を考慮した。コンラッド面を下端にするのとモホ面を下端にするのでは、断層の大きさが変わり、すべり量の増加で津波高が変化することとなる。下端の設定は地震発生層の下限(コンラッド面)が基本になると考えているが、下限値を超えるものの存在を想定し、その範囲としてモホ面まで考慮した。熊本地震の後、地震モーメントの与え方について、従来の手法では過小評価になる可能性もあるという研究結果が報告されている状況を踏まえた検討である。コンラッド面とモホ面の間で実際の地震は留まっていると考え、不確定性の幅として考えておけば、実際に起こる地震による津波も、その間には納まるだろうという考えに基づき感度解析を実施した。

【今後の課題】

- ・サブテーマ(2)で得られた断層データから断層モデルを設定する方法・ロジックは、各海域の地殻構造、テクトニクスの相違等により異なる。今後さらにデータを蓄積し断層モデル設定方法を検討していく必要がある。
- ・偶然的ばらつきを考える対象として、スケーリングから与えられるすべり量が挙げられる。回帰式を使っていること自体で元のデータがばらついている。ばらつきの範囲がどのくらいなのかは、将来、確率論的な評価を実施するのであれば、ハザードカーブの計算において考慮される。認識論的な不確定性は、ロジックツリーを用いて複数のハザードカーブを計算することにより評価に繋がっていくことになる。
- ・今回、断層面積とモーメント量の経験的關係として入倉・三宅(2001)のスケーリング則の平均的な値として断層モデルのモーメント量を計算し、それに対して $+\sigma$ のばらつきを考慮し、平均すべり量を与えるという断層モデルの設定方法を採用している。しかし、 1σ のばらつきの範囲についてはその値を確定するまでには至っていない。スケーリング則やばらつきの扱いについては今後も課題として検討していく必要がある。

2) 津波予測計算

【今年度成果】

- ・今年度業務の対象範囲である南西諸島南部の海域においては、過去の地震による津波痕跡高を用いた定量的な比較検討を行うという目的で用いることができる地震の発生がなく、本業務において設定した断層モデルを検証することは難しいと判断した。よって、設定した全断層モデル(142 断層×下端深度 2 ケース)について津波予測計算を実施することにより、南西諸島南部海域の活断層により発生する地震で発生する津波の規模や範囲を示した。これは、今後の防災対策の検討の上で有益な情報となりうるものである。

【今後の課題】

- ・今後対象としていく海域についても、過去の津波の再現による断層モデルの検証に合わせて作成した断層モデルによって発生すると予想される津波の規模、範囲を示すことは有効と考えられる。

3) 地震動予測計算

【今年度成果】

- ・今年度業務の対象範囲においては、津波と同様、検証可能な地震の発生がなかったため、設定した全断層モデル(142 断層×下端深度 2 ケース)について地震動予測計算を実施することにより、南西諸島南部海域の断層により発生する地震のよる地震動の大きさを示した。

【今後の課題】

- ・地震動予測計算については、司・翠川(1999)の距離減衰式による検討を行っているが、他の経験式を用いた比較検討や、地域性を考慮した補正項の必要性の有無などについて検討を行う。

今年度業務で設定した断層モデル及び津波予測計算の計算結果、地震動予測計算の計算結果は、サブテーマ(1)で実施されているデータベースの作成に提供していく予定である。

(e)引用文献

AFP 通信: <http://www.afpbb.com/articles/-/3045901>

(ウェブサイト、2015 年 4 月 20 日公表).

相田勇, 三陸沖の古い津波のシミュレーション, 東京大学地震研究所彙報, 52, 71-101, 1977.

土木学会原子力土木委員会津波評価部会, 原子力発電所の津波評価技術(本編), 1-9, pp.2-110~190, 2002.

福岡管区気象台, 九州地方とその周辺の最近の地震活動(1991 年 11 月~1992 年 4 月), 地震予知連絡会議会報, 48, 372-380, 1992.

藤本一雄・翠川三郎, 近接観測点ペアの強新記録に基づく地盤増幅度と地盤の平均 S 波速度の関係, 日本地震工学会論文集, 6, 1, 2006.

藤本一雄・翠川三郎, 近年の強震記録に基づく地震動強さの指標による計測震度推定法, 地域安全学会論文集, 7, 2005.

後藤和彦, 1911 年に喜界島近海で発生した巨大地震の震源位置の再評価, 地震, 2, 65, 231-242, 2012.

Gutenberg, B. and C. F. Richter, Seismicity of the Earth and Associated Phenomena, 2nd Ed., Princeton Univ. Press., Princetone., NJ., 310pp., 1954.

井上卓彦, 東シナ海における地質構造発達史—研究レビュー—, 地質ニュース, 633, 37-44, 2007.

Irikura, K. and H. Miyake, Recipe for Predicting Strong Ground Motion from Crustal Earthquake Scenarios, PAGEOPH, 168, 85-104, 2011.

入倉孝次郎・三宅弘恵, シナリオ地震の強震動予測, 地学雑誌, 110, 849-875, 2001.

岩本健吾・後藤和彦, 1911 年に喜界島近海で発生した巨大地震(M8.0)に伴う津波の聞き取り調査, 地球惑星科学連合 2013 年大会講演要旨, SSS31-P37, 2013.

地震調査研究推進本部, 「沖縄県の地震活動の特徴」, 2012.

地震調査推進本部地震調査委員会長期評価部会, 「活断層の長期評価手法」報告書(暫定版), 2010.

地震調査研究推進本部地震調査委員会，震源断層を特定した地震の強震動予測手法（「レシピ」）（平成 21 年 12 月 21 日改定），2009.

地震調査研究推進本部地震調査委員会，日向灘及び南西諸島海溝周辺の地震活動の長期評価，平成 16 年 2 月 27 日，2004.

笠原順三・佐藤利典，沈み込む海山と 1995 年奄美大島近海地震のテクトニクスの解釈，地学雑誌，106，557 - 566，1997.

気象庁：気象庁震度データベース検索：

<http://www.data.jma.go.jp/svd/eqdb/data/shindo/index.php>

（オンライン、2017 年 3 月閲覧）

気象庁，「平成 28 年 12 月地震・火山月報(防災編)」，2016.

気象庁，「平成 27 年 11 月地震・火山月報(防災編)」，2015.

気象庁，「平成 23 年 11 月地震・火山月報(防災編)」，2011.

気象庁，「平成 22 年 2 月地震・火山月報(防災編)」，2010.

気象庁，「平成 13 年 12 月地震・火山月報(防災編)」，2002.

国立天文台，「理科年表 平成 27 年」丸善出版，2011.

九州活構造研究会，九州の活構造、九州活構造研究会(編集)，東京大学出版会，1989.

中村衛，1771 年八重山津波の断層モデルの再検討、日本地球惑星科学連合 2014 年大会講演要旨，SSS34-R27，2014.

Okada, Y., Internal Deformation due to Shear and Tensile in a half-space, Bull. Seismol. Soc. Am., 85,1018-1040, 1992.

沖縄県土木建築部海岸防災課，沖縄県沿岸における津波浸水想定(平成 27 年)，2015.

琉球大学理学部：<http://seis.sci.u-ryukyu.ac.jp/hazard/large-eq/history.html>
（「沖縄の歴史地震」ウェブサイト、2017 年 3 月閲覧）.

琉球大学理学部物質地球科学科地学系中村衛(地震学)研究室

<http://seis.sci.u-ryukyu.ac.jp/hazard/tsunami/tsunami-okinawa.htm>

(オンライン、2017 年 3 月閲覧).

Somerville, P.G., K. Irikura, R. Graves, S. Sawada, D. Wald, N. Abrahamson, Y., Iwasaki, T. Kagawa, N. Smith and A. Kowada, Characterizing crustal earthquake slip models for the prediction of strong ground motion. *Seismol. Res. Lett.*, 70. 59-80, 1999.

司宏俊・翠川三郎, 断層タイプ及び地盤条件を考慮した最大加速度・最大速度の距離減衰式, 日本建築学会構造系論文集, 第 523 号, pp.63-70, 1999.

Sibuet, J-C., B. Deffontaines, S. K. Hsu, N. Thureau, J-P. Le Formal, C-S. Liu, and ACT party, Okinawa trough Back basin: Early tectonic and magmatic evolution, *J. Geophys. Res.*, 103, B12, 30,245-30,267, 1998.

清水力・宮町宏樹・後藤和彦・角田寿喜・平野舟一郎・山田智朗・日野亮太・塩原肇・西澤あずさ・佐藤利典・長尾栄広・五十嵐俊博・平松秀行・岩切一宏・伊藤忍・島村秀紀・金沢敏彦・笠原順三, 1995 年奄美大島近海地震の余震活動, 鹿児島大学理学部紀要, 29, 113-128, 1996.

東北大学災害科学国際研究所災害リスク研究部門津波工学研究分野低頻度リスク評価研究分野・原子力規制庁長官官房技術基盤グループ安全技術管理官(地震・津波担当)付:津波痕跡データベース、
<http://tsunami3.civil.tohoku.ac.jp> (オンライン、2017 年 3 月閲覧).

都司嘉宣, 1995 年奄美大島近海地震による地震及び津波被害について, 地学雑誌, 106, 557-566, 1997.

都司嘉宣, 1995 年奄美大島近海地震による喜界島における地震・津波被害、笠原順三(編集), 1995 年奄美大島近海の地震活動とその被害に関する調査研究, 平成 7 年度文部科学省科学研究費総合研究 A 調査研究報告書, 75-90, 1996.

宇津徳治, 世界の被害地震の表(古代から 2002 年まで), 宇津徳治先生を偲ぶ会, 東京, 電子ファイル最終版, 2004.

Utsu, T., A list of deadly earthquakes in the World: 1500-2000, in *International Handbook of Earthquake and Engineering Seismology Part A*, edited by Lee, W.K., Kanamori, H., Jennings, P.C., and Kisslinger, C., pp. 691-717, Academic Press, San Diego, 2002.

宇津徳治, 世界の被害地震の表(古代から 1989 年まで), 宇津徳治, 東京, 243 p., 1990.

宇津徳治, 日本付近の M6.0 以上の地震及び被害地震の表:1885 年～1980 年, 地震研究所彙報, 57, 401-463, 1992.

Wakamatsu, K. and M., Matsuoka, Nationwide 7.5 arc second Japan Engineering Geomorphologic Classification Map and Vs30 zoning, J. of Disaster Res., 8, 904-911, 2013.

八木原寛・角田寿喜・後藤和彦・清水洋, 特異な震源分布を示す甕海峡北部の地震活動, 地震, 2, 47, 1, 53-61, 1994.

Zhao, D., A. Hasegawa, and H. Kanamori, Deep structure of Japan subduction zone as derived from local, regional, and teleseismic events, J. Geophys. Res., 99, B11, 22, 313-22, 329, 1994.

付録 1：1983 年日本海中部地震の再現断層モデルの検証

1. 検討の背景と手法

サブテーマ(3)では、サブテーマ(2)による地質学的・地球物理学的データに基づいて設定した断層モデルについて、津波予測計算による断層モデル設定方法の検証を実施している。平成 27 年度には 1940 年神威岬沖地震による津波について、津波予測計算及び津波痕跡データとの比較を実施した。本検討においては、日本海で発生した津波地震について、より代表的で発生年代の新しい例として 1983 年日本海中部地震について断層モデルの設定と検証を行った。

1-1 サブテーマ(2)による青森県沖の断層データ

サブテーマ(2)の成果として青森県沖の海域では 15 条の断層が確認されており(図 1-1 a))、すべて逆断層と解釈されている。各断層はマルチチャンネル反射法地震探査(MCS)によって確認されたものであり比較的深い上部地殻下方まで読み取られている。また、これらの断層では、断層による落差が海底地形にも明瞭にあらわれている。

この中で、AOM-09 は 1983 年 5 月 26 日に発生した日本海中部地震の震源域に位置する断層である。サブテーマ(2)の結果では、南北方向に約 55 km の長さがあることが確認されており、この断層を横切る測線の探震断面図が得られている(図 1-1 a))。この測線は、容量が非常に大きいエアガンを用いた MCS のデータであるため、深部までの反射波を取得でき、断層の深部に至るまでの構造が得られている。平成 24 年度まで実施された「ひずみ集中帯の重点調査観測・研究プロジェクト」(独立行政法人防災科学技術研究所, 2013)においても青森県沖の断層が確認されていたが、本プロジェクトにおいても AOM-09 の空間的な連続性が確認された。図 1-1 a)に示された断面図は速度断面であるが、反射法地震探査、坑井データ及び OBS の解析から得られる速度情報をもとに作成した速度構造モデルにより、この断面を深度変換すると AOM-09 の下端は約 15 km の深さまで延びており、上部地殻と下部地殻の境界を越えてモホ面まで達しているという結果になる(本プロジェクト平成 26 年度報告書(文部科学省研究開発局・国立研究開発法人海洋研究開発機構, 2015)参照)。

1-2 先行研究に示される日本海中部地震による余震の震源分布

日本海中部地震の発生後、東北大学及び弘前大学では、両大学の地震観測網データを一括処理することで、本震発生後から 7 月末のおよそ 2 か月間に約 8,000 個を超える地震の震源を決定している。余震域は日本海盆の東縁に位置し、南北に長い逆「く」の字型をしている。1983 年 5 月 31 日から 6 月末までに発生した日本海中部地震震源域の地震の震央分布及び震源分布を図 1-1 b) (高木・他(1984)より引用)に示す。

図 1-1 b)には余震分布を A~F のグループに分けて、それぞれに取った鉛直断面と、南北方向の鉛直断面が示されている。

観測網は東北大学が実施した臨時観測点により強化されているものの陸域のみで展開されており、震源域は陸から遠い海域であるため、深さ方向の精決定度は必ずしも良くはない。しかし、C~F の領域では震源の深さが西から東に向かって深くなる傾向がみられる。

この傾向は本震の震源近傍にあたる D 及び E の領域でとくに明瞭である。なお、最大余震の震源近傍を含む A 及び B の領域では震源分布の明瞭な傾斜はみられない。震源の深さが西から東に向かって深くなる傾向は、震源域に近い観測点のみのデータを用いて震源再決定を行った海野・他(1983)の研究とも一致しており、日本海中部地震は東側に低角に傾斜した断層面を持つと考えられる。さらに、高木・他(1984)は、5月31日の本震のあと、6月9日に M6.4 及び M6.1 の余震が発生した前後に南側への余震域の拡大があったとしている。また、6月21日の最大余震の前後にも余震域が北側に拡大する様子が見られたとしている。このことは、日本海中部地震の震源域が、本震のみでなく、その後数回の M6 規模の余震によって拡大し形成されたことを示している。

1-3 サブテーマ(2)のデータに基づく断層のモデル化

サブテーマ(2)では、測線密度が粗い南西諸島海域において地形データを用いた断層解釈を行っている。それと同時に日本海海域についても南西諸島海域の方法と同様に海底地形からの断層の推定を含めて断層データの見直しが実施されている。当初(平成26年度成果)では日本海中部地震の震源域周辺の断層データについて図 1-1 a)に示されるように、AOM-09 のような日本海中部地震の震源断層の一部である可能性がある断層は見られるものの、余震域の特徴とされる南北方向に逆「く」の字型に連なるような断層面は確認されていなかった。そのため、サブテーマ(2)では平成27年度の作業で今回の検討に用いる断層データとして、音波探査データに加えて海底地形のデータ、地震活動を考慮して断層トレースの再検討が行われた。

この結果、サブテーマ(2)の成果として示されている日本海中部地震の震源域に設定された断層トレースを図 1-1 b)に示す。この断層トレースをもとに、この地震による津波を再現するような断層モデルを設定するためのパラメータスタディを実施した。また、パラメータスタディにより選定された断層モデルを用いた津波予測計算の詳細計算を行うことにより断層モデル設定方法の妥当性の検証を実施した。

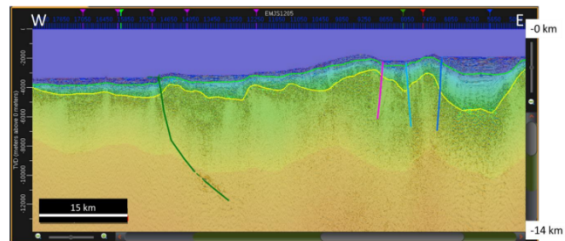
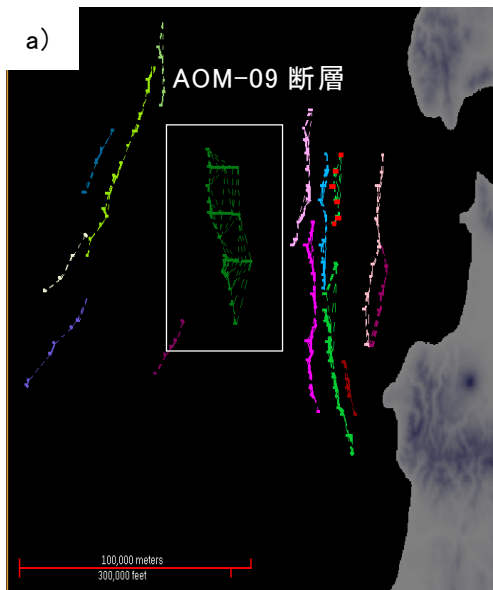


図 90 深度断面図上の AOM-09：日本海中部地震震源近傍の断層。
カースケールは図 76 と同様。

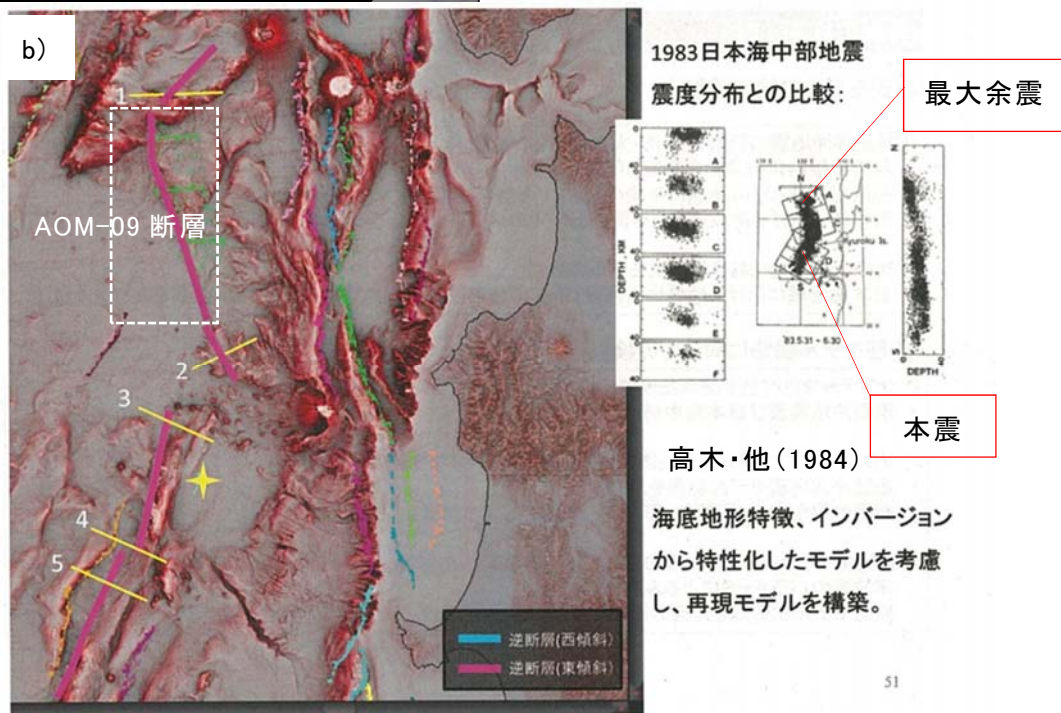


図 1-1 a)サブテーマ(2)において測線データのみで判断された青森県沖の断層（左上）と AOM-09 断層を横切る反射記録断面（右上）。b)サブテーマ(2)において地形及び震源分布を参照し設定された日本海中部地震の震源近傍の断層トレース（左下）と日本海中部地震の本震及び余震分布（右下）。

サブテーマ(2)で示された断層トレース(図 1-1 b))に基づき設定した矩形断層モデルを図 1-2 に示す。測線データから示されていた既存の断層 AOM-09 に加え、サブテーマ(2)で新たに海底地形データや地震データを考慮することにより得られた南北に連なる断層(図 1-2 中の c-1~c-4)をモデル化の対象とした。

パラメータの設定では、傾斜角 45° 、断層上端深度 0 km、断層下端深度 15 km として矩形で近似した。これを初期断層モデルとして、断層の近似方法、断層トレースの組み合わせや形状、大すべり域等の諸条件について検討した。断層モデルのパラメータを表 1-1 に示す。

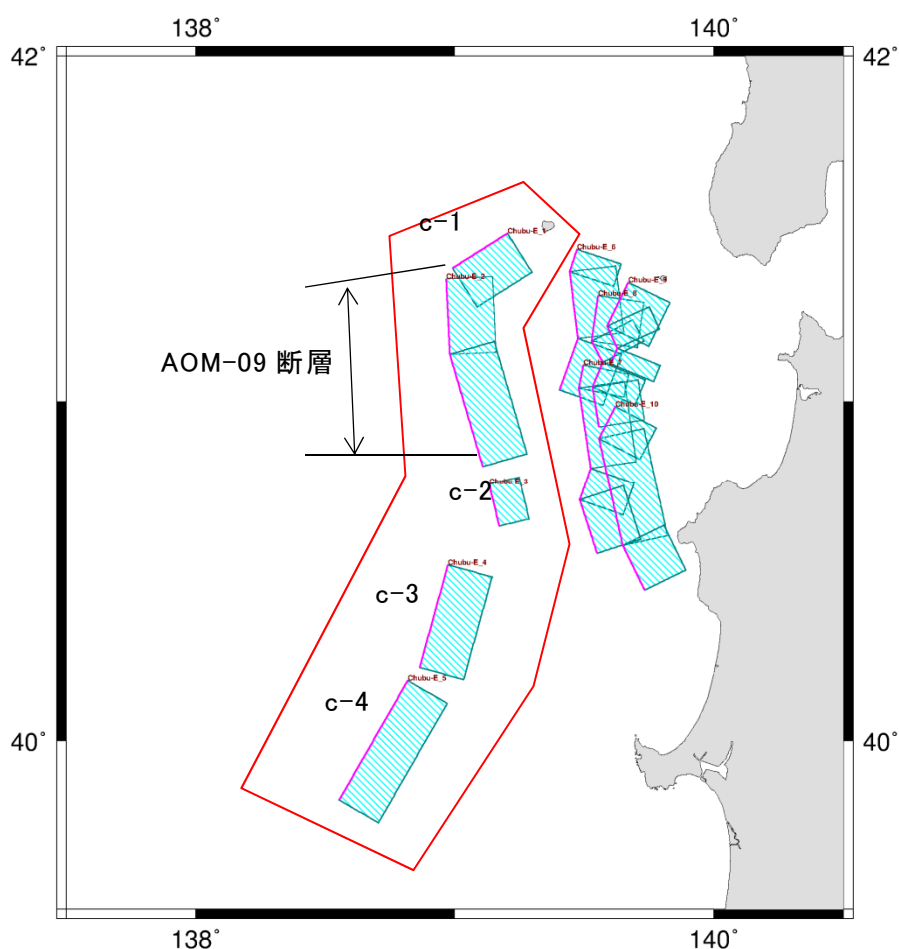


図 1-2 日本海中部地震の震源域近傍の断層モデル。

表 1-2 に主な既往研究における断層パラメータを示す。この断層モデルのマグニチュードは M_w 7.87 である。日本海中部地震についての既往研究に示される断層モデルにおけるマグニチュードは M_w 7.7~7.9 で、その範囲内に含まれている。

表 1-1 初期断層モデルのパラメータ

Model: Chubu-MX

Lat.	Lon.	Top(km)	Bottom(km)	Strike	Dip	Rake	L. (km)	W. (km)	D. (m)	Mw
41.3880	138.9916	0.00	15.00	55.00	45.00	90	20.97	21.21	6.12	7.87
41.1372	138.9810	0.00	15.00	354.60	45.00	90	24.46	21.21		
40.8089	139.1081	0.00	15.00	341.00	45.00	90	38.04	21.21		
40.6331	139.1717	0.00	15.00	343.90	45.00	90	14.18	21.21		
40.2169	138.8645	0.00	15.00	12.90	45.00	90	34.88	21.21		
39.8240	138.5538	0.00	15.00	27.50	45.00	90	45.40	21.21		

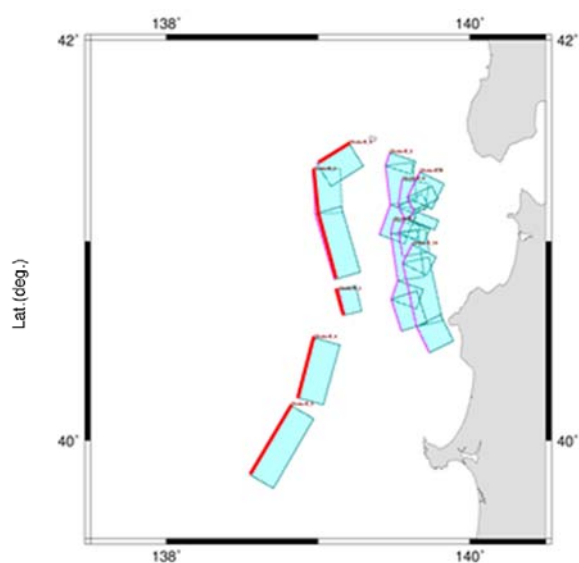
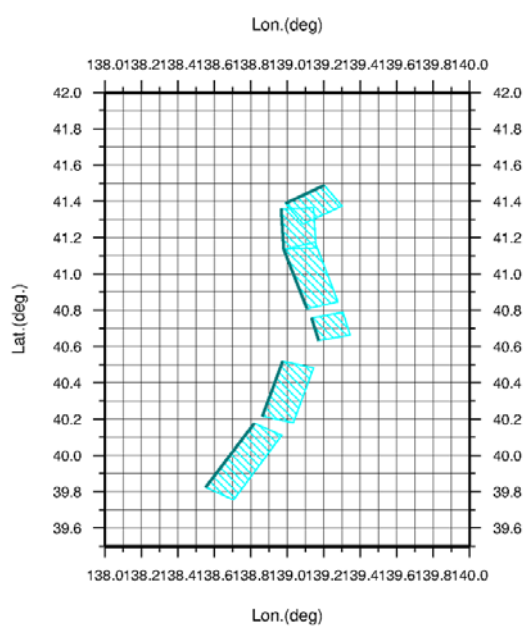


表 1-2 1983 年日本海中部地震の既存断層モデル

a) 相田 (1984)

緯度 (deg.)	経度 (deg.)	上端 深度 (km)	走向 (deg.)	傾斜 (deg.)	すべり 角 (deg.)	長さ (km)	幅 (km)	平均す べり量 (m)	合計 長さ (km)	Mw
40.21	138.84	2.0	22	40	90	40	30	4.87	100	7.7
40.54	139.02	3.0	355	25	80	60	30			

b) 多田 (1984)

緯度 (deg.)	経度 (deg.)	上端 深度 (km)	走向 (deg.)	傾斜 (deg.)	すべり 角 (deg.)	長さ (km)	幅 (km)	平均す べり量 (m)	合計 長さ (km)	Mw
40.20	138.80	0.0	13	20	90	60	40	3.5	120	7.7
40.73	138.96	0.0	335	20	90	60	30			

c) 田中・他 (1984)

緯度 (deg.)	経度 (deg.)	上端 深度 (km)	走向 (deg.)	傾斜 (deg.)	すべり 角 (deg.)	長さ (km)	幅 (km)	平均す べり量 (m)	合計 長さ (km)	Mw
40.37	138.87	0.0	15	20	120	30	35	4.61	90	7.8
40.61	139.06	0.0	350	20	90	60	40			

d) Satake (1985)

緯度 (deg.)	経度 (deg.)	上端 深度 (km)	走向 (deg.)	傾斜 (deg.)	すべり 角 (deg.)	長さ (km)	幅 (km)	平均す べり量 (m)	合計 長さ (km)	Mw
40.37	138.87	0.0	15	20	120	30	35	4.61	90	7.8
40.61	139.06	0.0	350	20	90	60	40			

e) Kanamori and Astiz (1985)

緯度 (deg.)	経度 (deg.)	上端 深度 (km)	走向 (deg.)	傾斜 (deg.)	すべり 角 (deg.)	長さ (km)	幅 (km)	平均す べり量 (m)	合計 長さ (km)	Mw
40.10	138.70	-	21	30	115	150	40	2.0	150	7.7

f) Sato (1985)

緯度 (deg.)	経度 (deg.)	上端 深度 (km)	走向 (deg.)	傾斜 (deg.)	すべり 角 (deg.)	長さ (km)	幅 (km)	平均す べり量 (m)	合計 長さ (km)	Mw
40.27	138.86	0.0	15	20	90	35	35	6.07	105	7.9
40.58	138.97	0.0	15	20	90	35	35			
40.84	139.06	0.0	345	20	90	35	35			

g) 小菅・他 (1986)

緯度 (deg.)	経度 (deg.)	上端 深度 (km)	走向 (deg.)	傾斜 (deg.)	すべり 角 (deg.)	長さ (km)	幅 (km)	平均す べり量 (m)	合計 長さ (km)	Mw
40.79	139.09	0.0	345	25	90	40	40	4.60	100	7.8
40.65	139.03	0.0	20	25	90	30	40			
40.39	138.91	0.0	20	25	90	30	40			

2. パラメータスタディー

2-1 検討準備

図 1-2 の断層モデルについて、これらの断層の連動を想定する場合に断層形状の近似方法のちがいで、どの程度、沿岸の水位上昇量が変化するかについて検討した。比較に使用した断層モデルの形状を図 1-3 に示す。

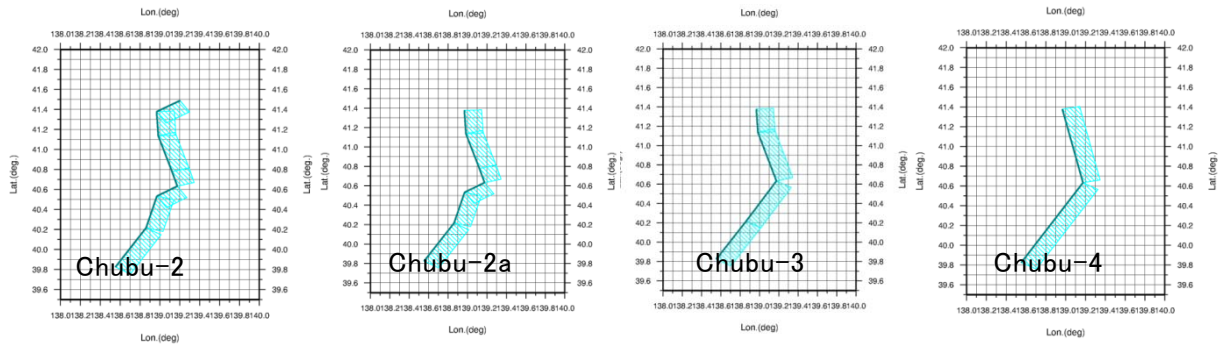


図 1-3 検討した 4 つの近似方法。Chubu-2 については北端に小断層を追加。

図 1-3 の断層は以下に示す考え方で設定した。

- ・ Chubu-2 : 図 1-2 の初期的断層モデルの各断層の端部を延長し、つなげて設定した断層モデル (AOM-09+c-1~c-4)。
- ・ Chubu-2a : 図 1-2 の初期的断層モデルのうち、北端の断層を除いて各断層の端部を延長し、つなげてモデル化した断層モデル (AOM-09+c-2~c-4)。
- ・ Chubu-3 : 図 1-2 の初期的断層モデルのうち、折れ曲がりの北半分と南半分の断層を単純化してそれぞれ 2 枚、合計 4 枚の断層で近似した断層モデル。
- ・ Chubu-4 : 図 1-2 の初期的断層モデルのうち、折れ曲がりの北半分と南半分の断層を単純化してそれぞれ 1 枚、合計 2 枚の断層で近似した断層モデル。

なお、津波予測計算は表 1-3 の条件で実施した。

表 1-3 津波予測計算の計算条件

内容	
支配方程式	非線形長波理論
数値解法	Staggered Leap-frog 差分スキーム
計算領域	北海道南部及び日本海東縁部の沿岸
計算領域の格子サイズ	外洋から順に 1,350m、450m、150m(最小 150m)
境界条件	陸域では遡上を考慮 海側では無反射の透過境界
各種施設の取り扱い	各種施設は考慮しない
計算時間	12 時間
初期水位	Okada (1992) で算出した海底地盤変動量
潮位	T. P. 0 m
打ち切り水深	10^{-2} m
粗度係数	0.025

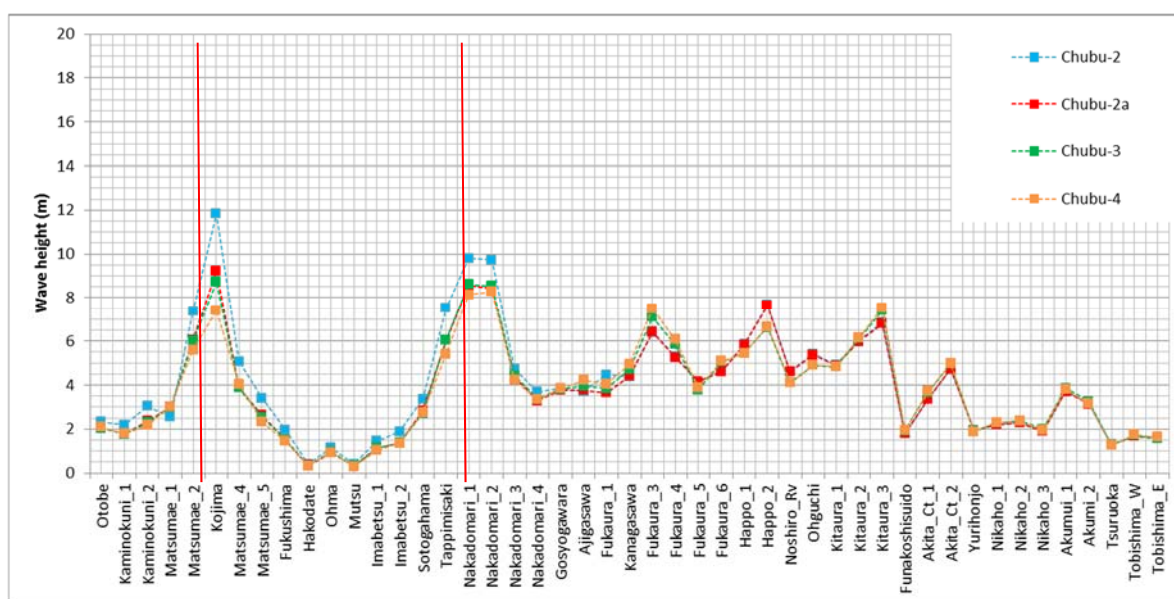


図 1-4 図 1-3 の 4 つのモデルから沿岸の水位上昇量計算結果。

パラメータスタディの結果(図 1-4)で、北端の断層まで含めてモデル化している Chubu-2 の断層モデルでは、北端の断層を含まない Chubu-2a、Chubu-3、Chubu-4 に比べて、小島周辺及び中泊周辺において最大水位上昇量が高くなっている。それ以外は、断層形状の近似方法の異なる Chubu-2a、Chubu-3、Chubu-4 において、最大水位上昇量に目立ったちがいはみられない。この結果から、断層形状の近似方法のちがいは津波予測計算の計算結果に大きく影響しないと判断し、以降の検討では、なるべく単純化した形状であらわすこととし、Chubu-4 の断層モデルを基本として採用することとした。

2-2 パラメータスタディ：第1段階

2-1 の検討により、断層形状は単純化した形で近似できると判断した。ここでは、大すべり域の設定位置を変化させることによって、沿岸の津波の最大水位上昇量がどれだけ変化するかについて検討した。

この検討で用いる断層形状は図 1-5 に示した 2 通りの形状である。①は前節で検討した Chubu-4 の断層モデルと同様の南北 2 枚の断層であらわされるモデルである。②は①の北端に、図 1-3 中の Chubu-2 の断層モデルで示したように、北端の断層を追加した 3 枚の断層で示される断層モデルである。②の断層モデルの北端の断層をのぞいた、メインの 2 枚の断層における大すべり域の設定方法の組み合わせパターンを図 1-6 に示した。ここでは、この大すべり域の組み合わせパターンについて津波予測計算を行い、最大水位上昇量の変化を比較する。なお、②の断層モデルの北端の断層については面積が小さく、大すべり域の位置を変えても計算結果に大きく影響しないと考えられることから、断層の上端中央に設定する場合のみとした。

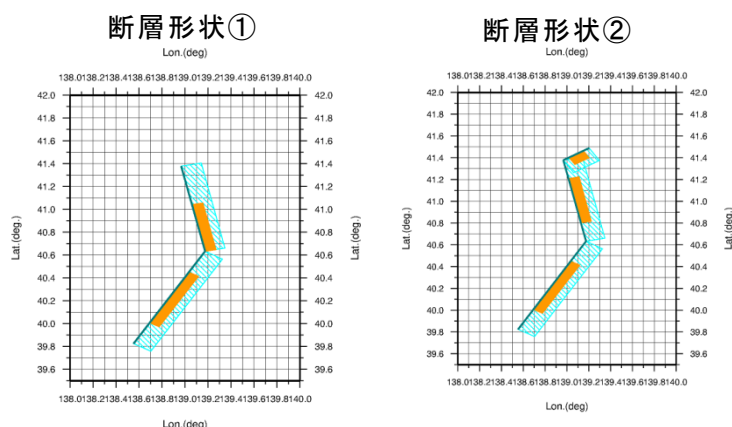


図 1-5 検討に使用する断層形状。

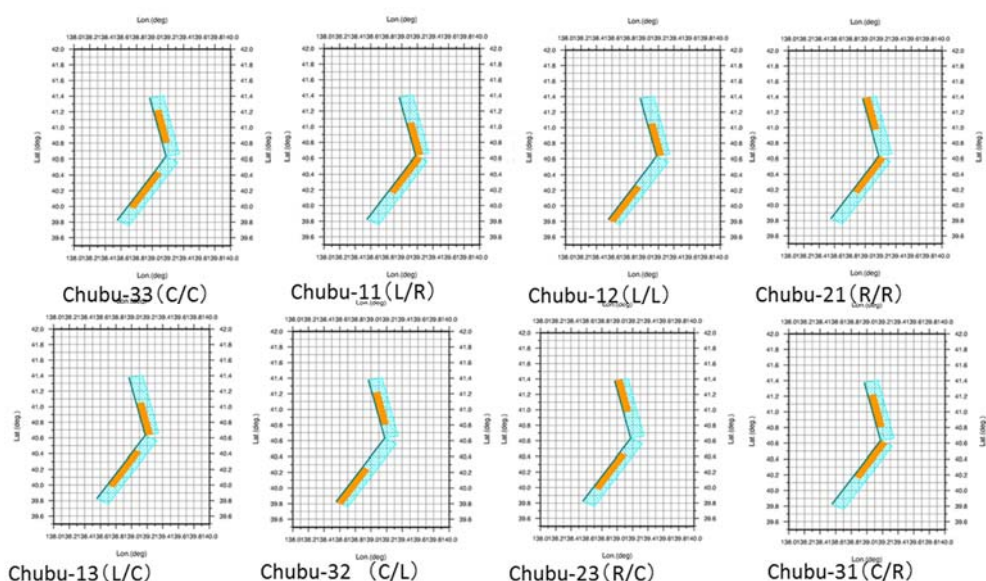


図 1-6 検討した大すべり域設定位置の組み合わせパターン(北端の断層を除いて示している)。

本検討においては、図 1-6 に示した大すべり域の 8 パターンの組み合わせに加えて、断層傾斜角を浅部では高角、深部では底角となるように変化させた場合(図 1-7)についても検討を実施した。

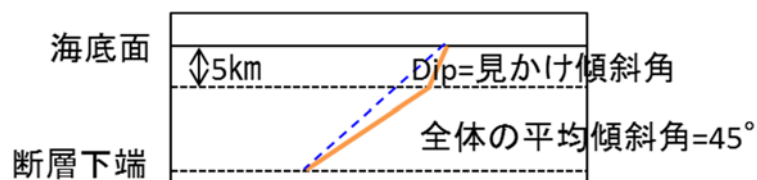


図 1-7 断層傾斜角の設定方法。

ここで設定した断層モデルの主なパラメータを表 1-4 に示す。

表 1-4 設定した断層モデルの主要パラメータ

断層モデル		断層上端 深度 (km)	断層下端 深度 (km)	走向 (deg.)	傾斜角 (deg.)	すべり角 (deg.)	長さ (km)	幅 (km)	背景領域 の平均す べり量 (m)	大すべり 域の平均 すべり量 (m)	Mw
断層形状① 2枚断層	傾斜角一定	0.0	15.0	345.40	45.0	90	84.59	21.21	3.71	12.99	7.91
				28.00			104.18				
	傾斜角を変化させる	0.0	5.0	345.40	60.0	90	84.59	5.77	3.76	13.15	7.91
		5.0	15.0		39.5			15.71			
		0.0	5.0	28.00	60.0		104.18	5.77			
		5.0	15.0		39.5			15.71			
断層形状② 3枚断層	傾斜角一定	0.0	15.0	55.40	45.0	90	23.33	21.21	4.30	14.30	7.97
				345.40			84.59				
	傾斜角を変化させる	0.0	5.0	55.40	60.0	90	23.33	5.77	3.47	14.78	7.97
		5.0	15.0		39.5			15.71			
		0.0	5.0	345.40	60.0		84.59	5.77			
		5.0	15.0		39.5			15.71			
		0.0	5.0	28.00	60.0		104.18	5.77			
		5.0	15.0		39.5			15.71			

表 1-2 に示した合計 32 パターンの断層モデルについてパラメータスタディを行い、沿岸での水位上昇量を比較した(図 1-8)。ただし、本報告においては、図 1-5 において②として示した 3 枚断層モデルの計算結果は省略することとする。

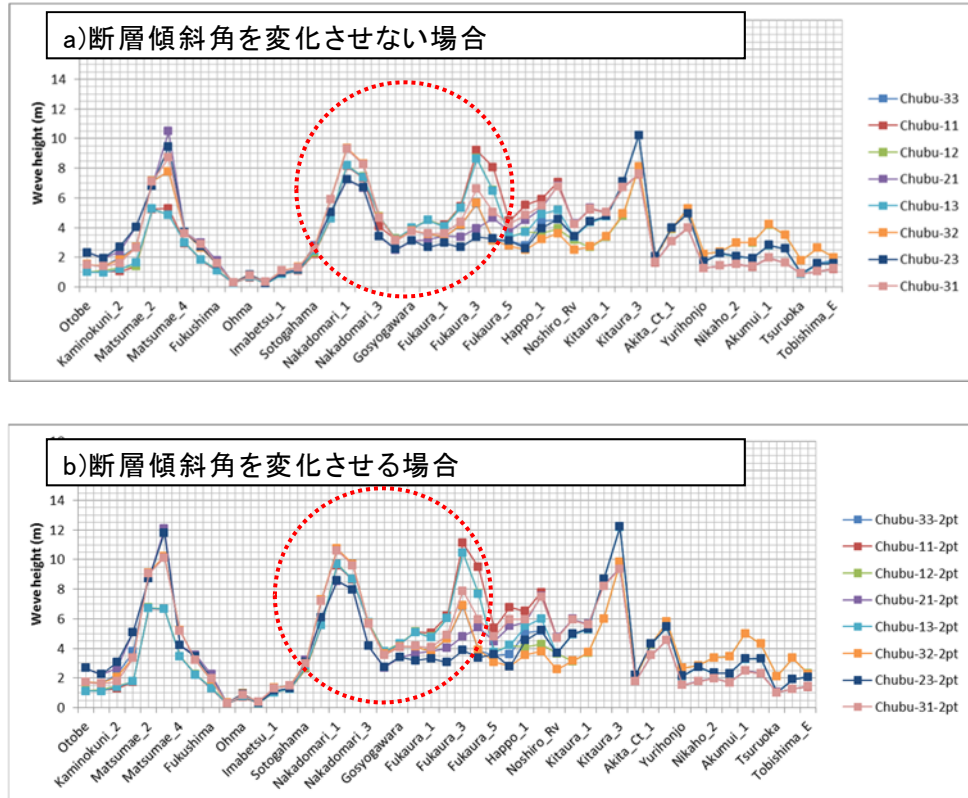


図 1-8 北端の断層を考慮しない 2 枚断層モデルの場合の沿岸での水位上昇量の計算結果。

今回実施したパラメータスタディ結果の傾向として、北端を除く主要な 2 枚の断層の折れ目付近の対岸の地域で水位上昇量のばらつきが大きくなっている傾向がみられる(図 1-8 中の赤点線で囲った部分)。この傾向を、沿岸の津波痕跡高と比較した(図 1-9)。津波痕跡高は東北大学工学研究科及び原子力安全基盤機構により整備されている「津波痕跡データベース」(東北大学災害科学国際研究所災害リスク研究部門津波工学研究分野低頻度リスク評価研究分野・原子力規制庁長官官房技術基盤グループ安全技術管理官(地震・津波担当)付, <http://tsunami-db.irides.tohoku.ac.jp/tsunami/kiyaku.php>)から信頼度 A、B のみを使用し、内陸部にある津波痕跡地点を、周辺の沿岸の 150m メッシュに対応させている。

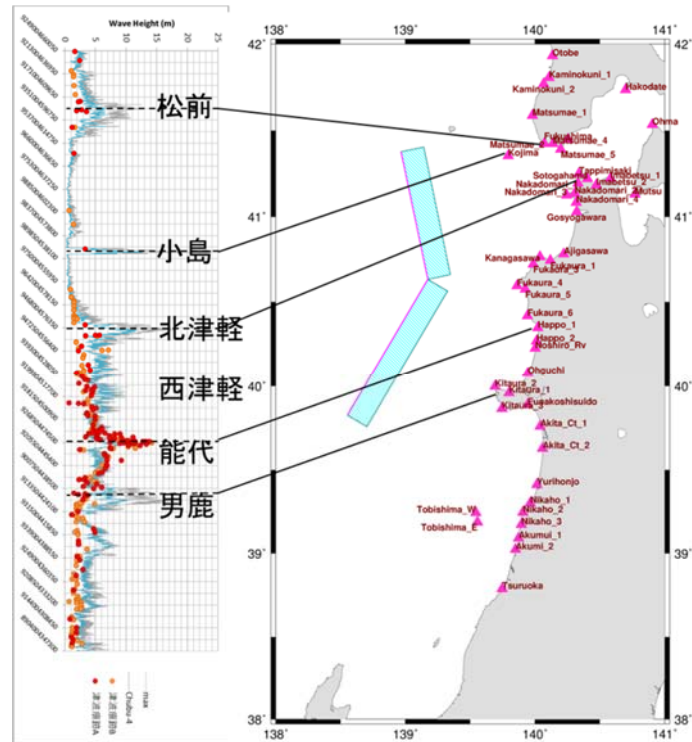


図 1-9 津波痕跡高と計算された沿岸での水位上昇量の比較の例(グラフと地図上の各地点との対応関係を示す)。

松前周辺においては、主な 2 枚の断層のうち北側の断層の大すべり域を南寄りに設定することで水位上昇量が低下し、痕跡高に近づく傾向にある。小島周辺においても松前周辺と同様、北側の断層の大すべり域を南寄りに設定することによって痕跡高に近づく傾向がある。西津軽周辺では、北側の断層の大すべり域を南寄りに設定することで痕跡高より高くなり、北寄りに設定することで痕跡高に近づく。能代周辺においては、津波痕跡高が局所的に高くなっており、全ての断層モデルにおいて津波痕跡高を再現することはできなかった。また、男鹿半島周辺においては、全ての断層モデルにおいて計算水位上昇量が痕跡高よりも高くなる傾向となった。図 1-10 に計算結果の比較を示す。

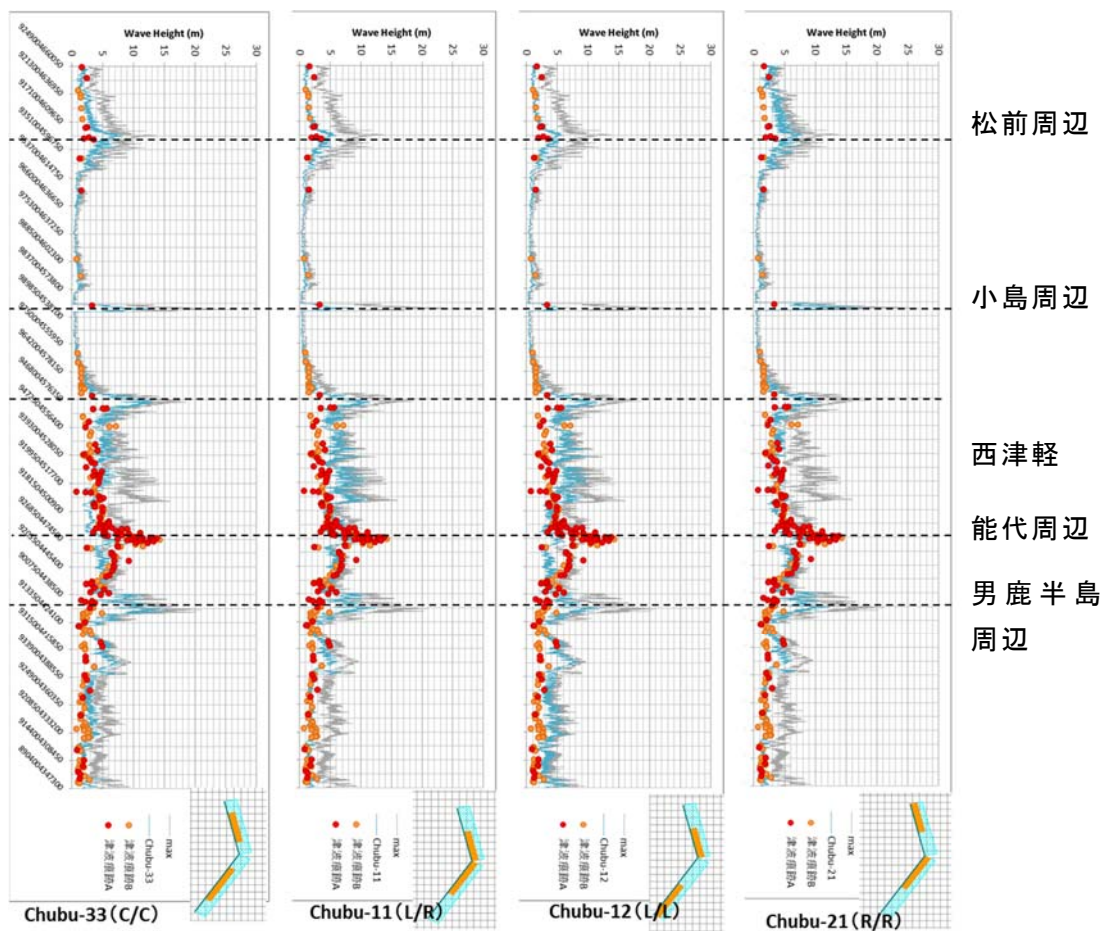


図 1-10 大すべり域の設定位置を変えた断層モデルによる主な計算結果の比較。

2-3 パラメータスタディ：第2段階

2-2 の検討の結果を踏まえて、領域北部の水位上昇量を抑え、能代周辺に高い波を集めるような断層モデルの設定方法を検討した。検討した断層モデルのパターンは、北側の断層に大すべり域を設定しない場合、大すべり域の位置、面積、アスペクト比を変えた場合、サブテーマ(2)の断層形状をそのまま使用する場合について、沿岸における最大水位上昇量と津波痕跡高を比較した(合計 10 ケース)。

ここでは詳細は省略し、主な計算結果のみを示す(図 1-11)。

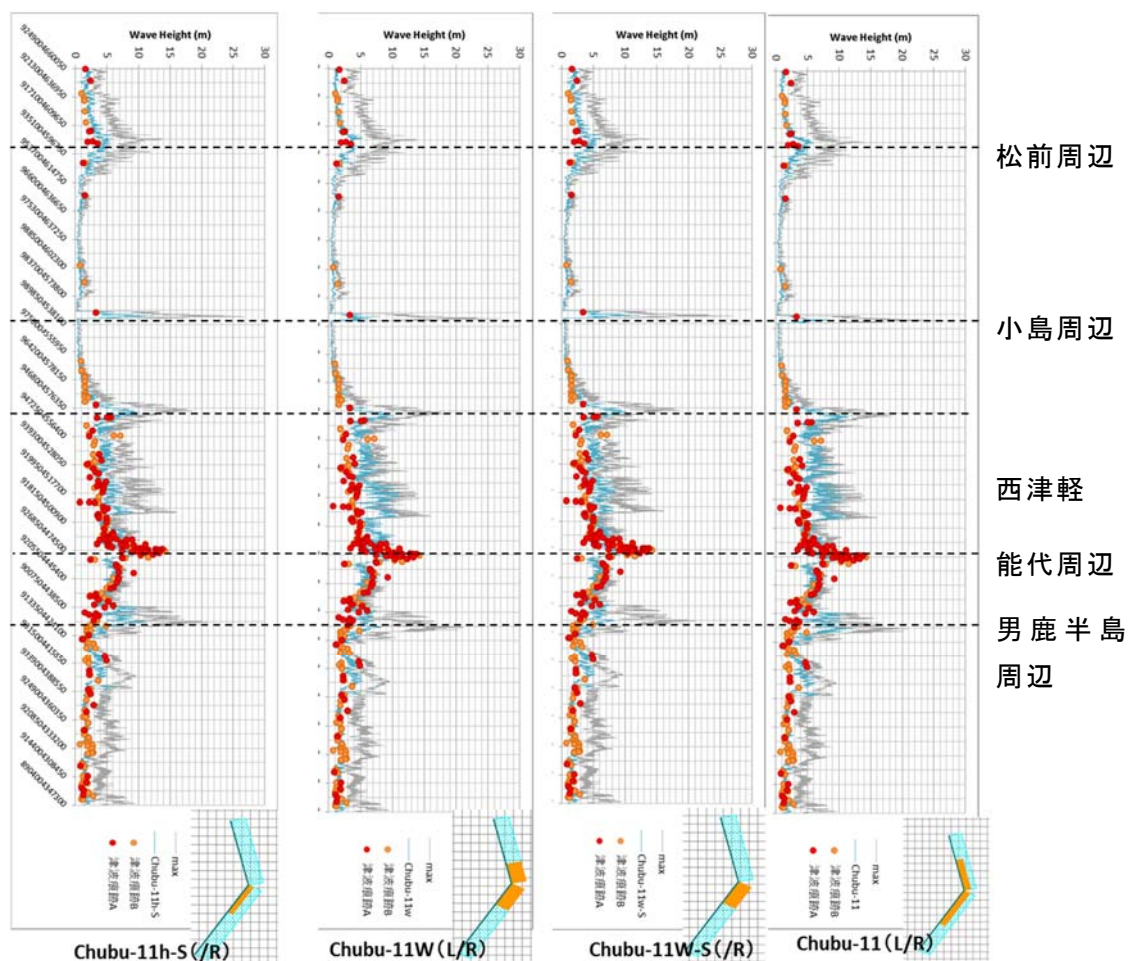


図 1-11 大すべり域の設定方法を変えた場合の沿岸における最大水位上昇量と津波痕跡高の比較。

なお、図 1-11 に示した計算ケースについては、以下のような設定である(図 1-11 の右から順)。

- Chubu-11 : 図 1-10 の右から 2 番目の結果の再掲載。結果を比較するにあたり、基準として掲載。
- Chubu-11W-S : Chubu-11 に対して、大すべり域の面積を変えないように断層幅を約半分にし、南側の断層のみに設定した場合。
- Chubu-11W : Chubu-11 に対して、大すべり域の面積を変えないように断層幅を約半分にし、南側・北側の断層に設定した場合。

- ・ Chubu-11h-S : Chubu-11 に対して、大すべり域の面積を半分にし、南側の断層のみに設定した場合。このとき、大すべり域で解放するモーメント量は通常通り (Chubu-11 と同じ) とする。

図 1-11 の結果から松前周辺においては北側の断層の大すべり域を南寄りに設定するか、大すべり域を設定しないことで痕跡高に近づくことが示された。小島周辺においては、長さを短くした大すべり域を南寄りに設定することで痕跡高に近づくことが示された。しかし、この場合、大すべり域を設定した場合の背景領域のすべり量よりも、大すべり域を設定しない場合の断層全体の平均すべり量のほうが大きくなることから、小島に近接する部分の断層のすべり量が大きくなり、計算水位上昇量は高くなる。西津軽周辺においては計算値が痕跡高を上回る傾向にあるが、北側の断層に大すべり域を設定しないことで津波痕跡高に近づいた。しかし、この場合には小島周辺における計算水位上昇量が高くなるため、第 1 段階で実施したパラスタの結果と同様に、小島周辺と西津軽周辺の津波痕跡高の条件を同時に満たすことは難しい。能代周辺においては今回、計算を実施した断層モデルではどのパターンにおいても津波痕跡高を再現することはできなかった。男鹿半島周辺では南側の断層の大すべり域の長さが短い場合に痕跡高に近づくことが示された。

これらの結果から、松前周辺の津波は北側の断層に大すべり域を設定しないことで津波痕跡高をおおむね説明できることが示された。また、西津軽周辺では計算水位上昇量が痕跡高よりもやや高くなる傾向にあり、能代周辺では、この地域で得られている津波痕跡高を再現できるような結果は、大すべり域の設定方法や断層形状を変えても得られなかった。

この原因として、能代周辺については、首藤(1984)などによって発生が報告されているソリトンにより局所的に津波痕跡高が高くなった可能性が考えられる。図 1-12 に米代川を遡上するソリトンを示す。また、岩瀬・他(2002)の研究においても、八森地区の沿岸で発生したソリトン波が、一度は碎波減衰するものの、汀線付近で後続の分散波列が、先行する分散波列に追いついて増幅する結果が示されている。



図 1-12 米代川を遡上するソリトン
(写真左側が上流になる)
東海大学海洋学部 (1984) : 昭和 58 年
日本海中部地震写真報告集より

2-4 パラメータスタディ：第3段階

地質学的・地形学的データで示される断層は、過去の活動が累積した結果の表現であると考えられ、現在、断層として表れているものが必ずしも日本海中部地震で活動した範囲を示すものとは言えない。これまでに検討してきた断層モデルは、サブテーマ(2)で候補として挙げられてきた断層トレース全体を使用してモデル化したものであり、この断層モデルは相田(1984)の断層モデルや、日本海における大規模地震に関する調査検討会(2014、以下、日本海検討会とする)の断層モデルよりも断層の長さが長くなっている。本検討で設定した断層モデルのモーメントマグニチュードは2枚断層モデルの場合で $M_w 7.91$ 、3枚断層モデルの場合で $M_w 7.97$ である。一方、先行研究の断層モデルの規模は相田のモデルが $M_w 7.7$ 、Sato(1985)のモデルは $M_w 7.9$ であり、本検討の2枚断層モデルについては先行研究で発表されている断層モデルの規模から乖離したものではない。本検討の断層モデルは断層の長さが先行研究よりも大幅に長いものの、先行研究では日本海中部地震の断層面を低角に設定していることから断層幅が大きい。図 1-13 に断層モデルの比較及び日本海中部地震による余震分布を示す。

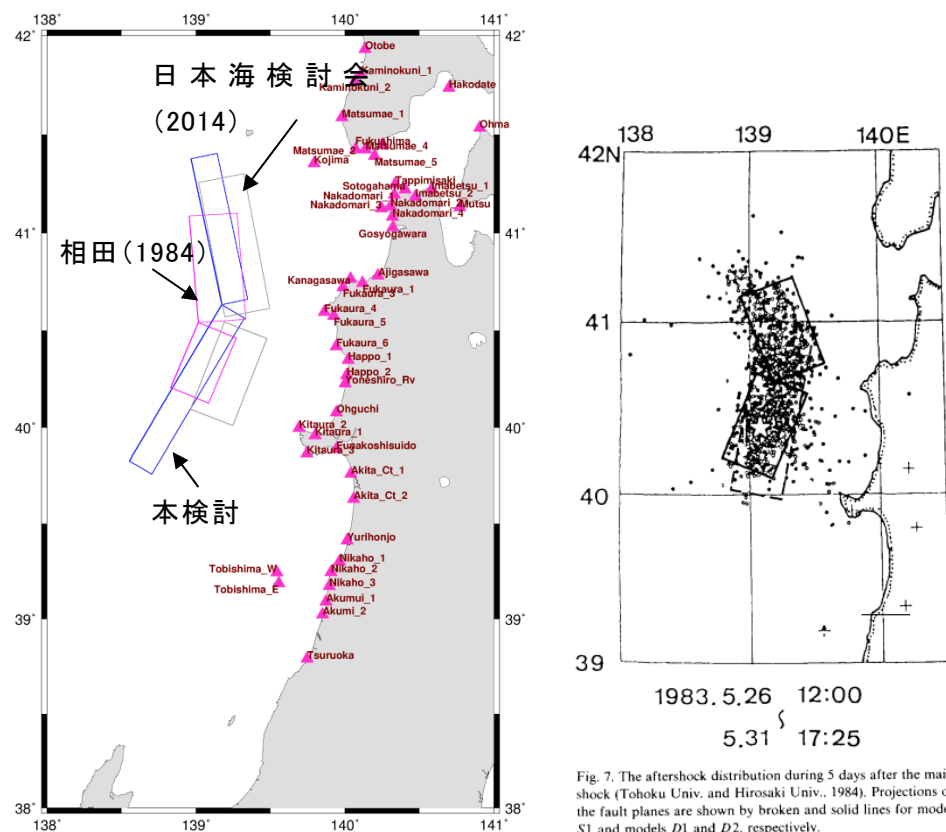


図 1-13 本検討・相田(1984)・日本海検討会(2014)の断層モデルと震源分布の比較。左)断層モデル、右)日本海中部地震の余震域(Satake, 1985)。

本検討で使用した断層形状と余震域と比較すると、サブテーマ(2)のデータから設定した断層モデルの南端は男鹿半島より南まで至っているが、余震域は男鹿半島より北の範囲で収まっている。断層モデルの北端部は北海道の松前半島まで至るが、余震が多くみられる領域は青森県沖より南の範囲である。サブテーマ(2)で読み取られた断層データと個々の地震で実際に活動した区間は異なる可能性がある。

そこで、日本海中部地震をおおむね再現できるような断層モデルを設定するためには、余震分布等から実際に活動した区間を考えた断層モデルを設定することとし、次のように断層パラメータを考えた検討を行った。

2-4-1 断層形状の検討

次に述べる2つの断層形状について、大すべり域を設定する位置、大すべり域の個数についてパラメータスタディを行い、日本海中部地震による津波を説明できる断層モデルについて検討した。まず、断層の長さについては、余震分布からそれに近接する断層の組み合わせを考えることで設定した。その結果、設定する長さは相田(1984)等、先行研究に近い長さとなったが(約110 km)、相田(1984)の断層長さよりも10km程度長い。

・断層形状1

断層傾斜角が先行研究では低角であるとされていることから、地震調査研究推進本部の「震源断層を特定した地震の強震動評価手法(「レシピ」)」にもとづく考え方により30°で設定した。設定した断層パラメータ及び断層形状を表1-5及び図1-14に示す。断層形状1の断層モデルを用いて計算した場合と、相田(1984)の断層モデルを用いて計算した場合の最大水位上昇量と日本海中部地震による津波の痕跡高を比較したものを図1-15に示す。最大水位上昇量は相田(1984)の断層モデルを使用した場合と大きくは変わらないが、計算領域の北側(グラフの左側)でやや本検討の断層モデルを用いたほうが高くなる傾向にある。津波痕跡高に対してはおおむね一致していると言える。

表 1-5 余震域を考慮した断層モデル：断層形状1

Lat.	Lon.	Top(km)	Bottom(km)	Strike	Dip	Rake	L. (km)	W. (km)	D. (m)	Mw
40.6331	139.1717	0.00	15.00	341.30	30.00	90	58.30	30.00	5.42	7.80
40.2169	138.8645	0.00	15.00	26.80	30.00	90	53.12	30.00		

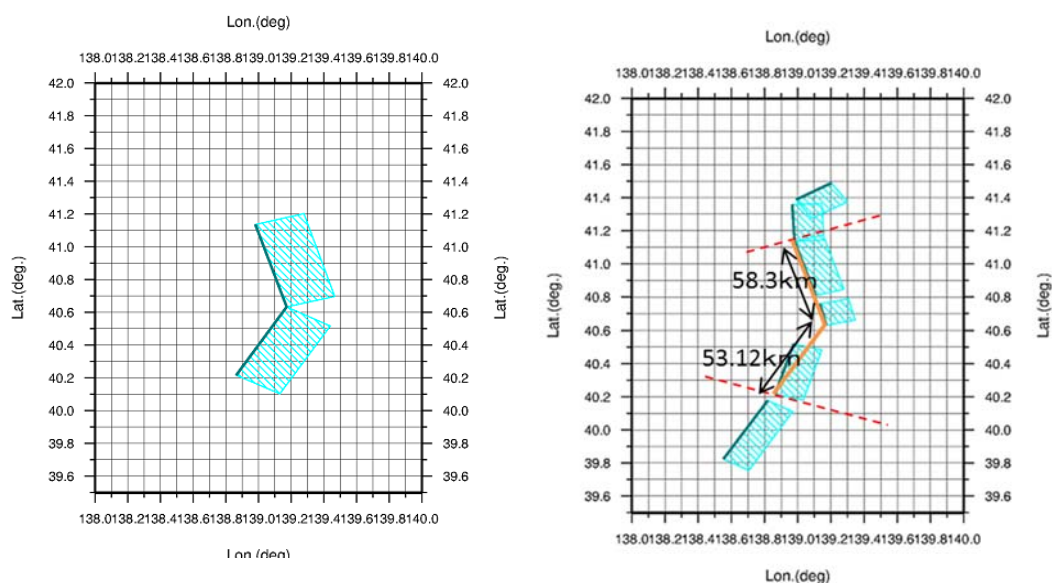
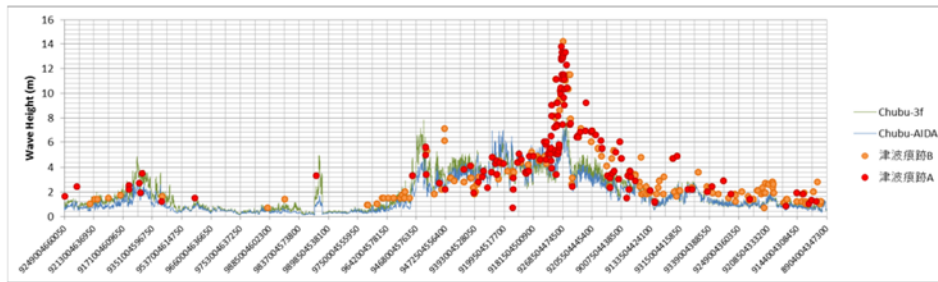


図 1-14 左)設定した断層形状 右)設定方法の考え方。



緑線:本検討
青線:相田(1984)

図 1-15 断層形状 1 の断層モデルを使用した場合の沿岸の最大水位上昇量を相田 (1984) の断層モデルを使用した場合及び津波痕跡高と比較。

・断層形状 2

断層傾斜角をこれまでの断層モデルの設定方針と同様に断層浅部では高角、深部では低角となるように傾斜角を変化させた設定とした。マグニチュードが M_w 7.61 と規模が先行研究に比べるとやや小さめになる。設定した断層パラメータ及び断層形状を表 1-6 及び図 1-16 に示す。

断層形状 2 の断層モデルを用いて計算した場合と、相田 (1984) の断層モデルを用いて計算した場合の最大水位上昇量と日本海中部地震による津波の痕跡高を比較したものを図 1-17 に示す。

表 1-6 余震域を考慮した断層モデル：断層形状 2

Lat.	Lon.	Top(km)	Bottom(km)	Strike	Dip	Rake	L. (km)	W. (km)	D. (m)	Mw
40.6331	139.1717	0.00	5.00	341.30	69.00	90	58.30	5.36	3.94	7.61
40.6379	139.1935	5.00	15.00	341.30	37.40	90	58.30	16.47		
40.2169	138.8645	0.00	5.00	26.80	69.00	90	53.12	5.36		
40.2085	138.8841	5.00	15.00	26.80	37.40	90	53.12	16.47		

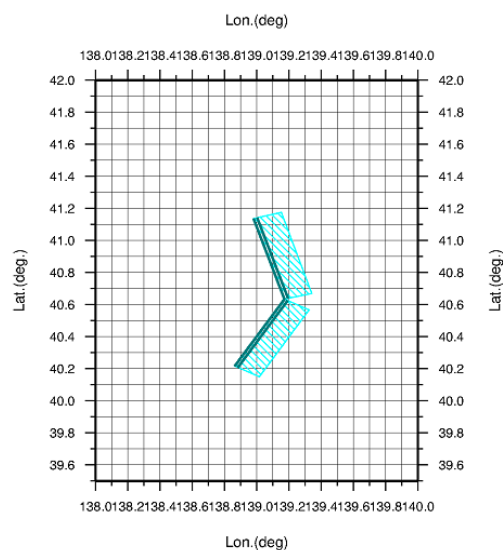
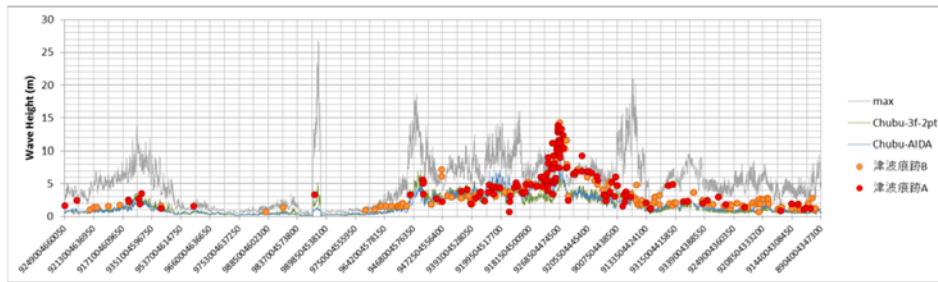


図 1-16 設定した断層形状。



緑線:本検討
青線:相田(1984)

図 1-17 断層形状 2 の断層モデルを使用した場合の沿岸の最大水位上昇量を相田(1984)の断層モデルを使用した場合及び津波痕跡高と比較。

図 1-17 に示される結果では能代周辺を除いてほぼ津波痕跡高と同等程度か、やや小さいくらいとなっている。

さらに、以上のように設定した断層形状 1 及び 2 と、断層形状 1 について浅部で低角、深部で高角となるような変化をさせて全体の平均を 30° とした断層モデルの 3 種類の断層形状に対して大すべり域の設定方法を検討した。大すべり域の位置は、北側の断層は南寄りに設定し南側の断層は北寄りに設定することを基本としている。大すべり域の設定の検討パターンは以下の 4 通りであり合計 3 種類 $\times$ 4 通=12 ケースである。

- ① 北側、南側の両方の断層に大すべり域を設定する場合
- ② 南側のみに設定する場合
- ③ 断層上端部に設定する場合
- ④ 断層下端部に設定する場合

図 1-18 において主な計算結果について比較する。

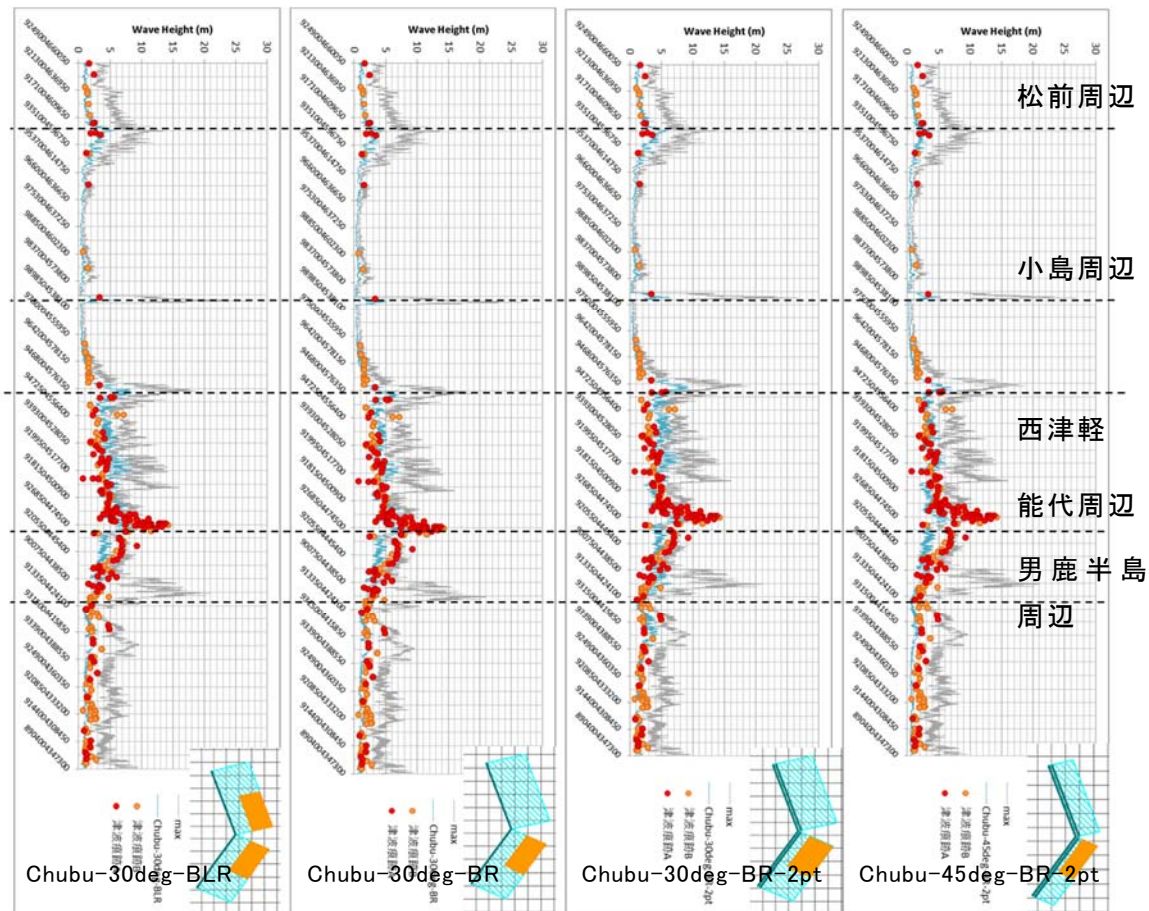


図 1-18 3 種類の断層形状を用いた場合の主な計算結果の比較(今回は合計 12 ケースの計算結果のうち 4 ケースのみを表示)。

図 1-18 において結果を示した断層の、モデル設定の考え方について下記に示す。

- ・ Chubu-30deg-BLR : 断層傾斜角を 30° として設定。
北側、南側の断層の下端部に大すべり域を設定する。
- ・ Chubu-30deg-BR : 断層傾斜角を 30° とし、南側の断層のみ、下端部に大すべり域を設定する。
- ・ Chubu-30deg-BR-2pt : 断層傾斜角を浅部と深部で変化させ、平均 30° とする。
南側の断層のみ下端部に大すべり域を設定する。
- ・ Chubu-45deg-BR-2pt : 断層傾斜角を浅部と深部で変化させ、平均 45° とする。
南側の断層のみ下端部に大すべり域を設定する。

図 1-18 に示した 4 ケースの計算結果では、いずれも松前周辺及び小島周辺では痕跡高と同程度、西津軽周辺では痕跡高と同程度か、やや高い程度の最大水位上昇量が示された。能代周辺では痕跡高より低くなっている一方で、男鹿周辺では痕跡高と同程度の結果が得られた。

この結果から余震分布をもとに断層の組み合わせを考慮することで、日本海中部地震による津波をある程度説明できる可能性が示された。以上の検討は最小格子サイズが 150m の地形モデルを使用し実施した概略計算である。この検討で比較的、津波痕跡高の再現性が良かった断層モデルについて 50m メッシュの地形モデルを使用した詳細計算用の断層モデ

ルとすることとした。このため、パラメータスタディの計算結果について K - κ による比較を行う。

断層モデルの適合度合を評価する指標として相田(1977)による幾何平均 K 及び幾何標準偏差 κ を用いて津波痕跡高と計算津波高さを比較した。

K 及び κ の定義式は次で示される。

$$\log K = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \log K_i \quad \cdots(1)$$

$$\log \kappa = \left[\frac{1}{n} \{ \sum_{i=1}^n (\log K_i)^2 - n(\log K)^2 \} \right]^{1/2} \quad \cdots(2)$$

ここで、

n : 地点数

K_i : R_i/H_i

R_i : i 番目の地点での痕跡高

H_i : i 番目の地点での計算値

土木学会原子力土木委員会津波評価部会(2002)による基準では、断層モデルがよく適合しているときの目安として $0.95 < K < 1.05$ 及び $\kappa < 1.45$ という範囲を示している。

表 1-7 に最小 150m メッシュの計算を行った主な断層モデルの K - κ を挙げる。50m メッシュの詳細計算においては、海底地形や海岸地形の局所的な影響により、150m メッシュの概略計算における最大水位上昇量よりも計算結果が高くなることが経験的に予想されることから、50m メッシュを用いた詳細計算を行う断層モデルは、 K が 1.0 よりも大きいものとするほうが再現性としては良くなると考え、 K が 1.2 前後のものを中心に選定した。

表 1-7 パラメータスタディを行った主な断層モデルの K - κ

model	本検討 (最小 150m メッシュ)		model	本検討 (最小 150m メッシュ)	
	K	kappa		K	kappa
Chubu-33	0.89	1.82	Chubu-11h	0.84	1.64
Chubu-11	0.85	1.63	Chubu-11w	0.85	1.56
Chubu-12	0.85	1.96	Chubu-11-S	0.90	1.56
Chubu-21	0.93	1.59	Chubu-11-S-2pt	0.79	1.59
Chubu-13	0.83	1.77	Chubu-MX	1.10	1.70
Chubu-32	0.93	2.07	Chubu-MX-fupper	1.00	1.73
Chubu-23	0.95	1.83	Chubu-test-1	0.93	1.57
Chubu-31	0.87	1.61	Chubu-test-1-fupper	0.87	1.60
Chubu-3f-33	0.80	1.83	Chubu-11h-S	0.89	1.52
Chubu-3f-11	0.76	1.63	Chubu-11w-S	0.88	1.51
Chubu-3f-12	0.76	1.95			
Chubu-3f-21	0.84	1.61	Chubu-AIDA	1.44	1.51
Chubu-3f-13	0.75	1.77	Chubu-3f (30deg)	1.33	1.49
Chubu-3f-32	0.83	2.06	Chubu-3f-LR	1.23	1.63
Chubu-3f-23	0.86	1.84	Chubu-3f-R	1.31	1.53
Chubu-3f-31	0.79	1.63	Chubu-30deg-BLR	1.16	1.54
Chubu-33-2pt	0.77	1.83	Chubu-30deg-BR	1.23	1.51
Chubu-11-2pt	0.74	1.65	Chubu-30deg-2pt	1.10	1.57
Chubu-12-2pt	0.74	1.99	Chubu-30deg-LR-2pt	0.91	1.67
Chubu-21-2pt	0.80	1.61	Chubu-30deg-R-2pt	0.99	1.61
Chubu-13-2pt	0.73	1.79	Chubu-30deg-BLR-2pt	1.03	1.53
Chubu-32-2pt	0.81	2.10	Chubu-30deg-BR-2pt	1.06	1.54
Chubu-23-2pt	0.82	1.85	Chubu-3f-2pt (45deg.)	1.61	1.56
Chubu-31-2pt	0.76	1.64	Chubu-3f-2pt_fupper	1.47	1.61
Chubu-3f-33-2pt	0.72	1.85	Chubu-3f-LR-2pt	1.54	1.73
Chubu-3f-11-2pt	0.69	1.67	Chubu-3f-R-2pt	1.63	1.62
Chubu-3f-12-2pt	0.70	2.03	Chubu-45deg-BLR-2pt	1.53	1.58
Chubu-3f-21-2pt	0.77	1.64	Chubu-45deg-BR-2pt	1.58	1.59
Chubu-3f-13-2pt	0.68	1.81			
Chubu-3f-32-2pt	0.78	2.18			
Chubu-3f-23-2pt	0.78	1.89			
Chubu-3f-31-2pt	0.72	1.66			

3. 1983 年日本海中部地震を対象とした津波予測計算

3-1 断層パラメータ

ここまです実施した 150m メッシュの地形モデルを用いた津波予測計算の概略計算による結果(表 1-7)を考慮して選定した、50m メッシュの地形モデルによる詳細計算に資する断層モデルのパラメータを表 1-8 に示す。

表 1-8 断層パラメータ

Lat. (deg.)	Lon. (deg.)	Top (m)	Bottom (m)	Strike (deg.)	Dip (deg.)	Rake (deg.)	L. (m)	W. (m)	D. (m)	Mag. (Mw)
①相田(1984)の断層モデル。大すべり域なし。 Chubu-AIDA										
40.2	138.8	2000	19300	22.0	40.0	90	40000	30000	4.87	7.70
40.5	139.0	3000	12700	355.0	25.0	80	60000	30000	4.87	
②断層長さを余震域から設定。傾斜角を低角(30°)として設定。大すべり域なし。 Chubu-3f_30deg										
40.6	139.2	0	15000	341.3	30.0	90	58300	30000	5.42	7.80
40.2	138.9	0	15000	26.8	30.0	90	53120	30000	5.42	
③断層長さを余震域から設定。傾斜角を低角(30°)として設定。南側の断層にのみ上端部北寄りに大すべり域を設定。 Chubu-3f-R										
40.6	139.2	0	15000	341.3	30.0	90	58300	30000	5.42	7.80
40.2	138.9	0	15000	26.8	30.0	90	53120	30000	3.10	
40.4	139.0	0	8220	26.8	30.0	90	29100	16430	10.80	
④断層長さを余震域から設定。傾斜角を低角(30°)として設定。下端部に大すべり域を設定。北側の断層は南寄り、南側の断層は北寄り。 Chubu-30deg-BLR										
40.6	139.2	0	15000	341.3	30.0	90	58000	30000	3.10	7.80
40.2	138.9	0	15000	26.8	30.0	90	53120	30000	3.10	
40.7	139.3	6790	15000	341.3	30.0	90	31930	16430	10.80	
40.4	139.1	6790	15000	26.8	30.0	90	29100	16430	10.80	
⑤断層長さを余震域から設定。傾斜角を低角(30°)として設定。南側の断層のみ、北寄りの下端部に大すべり域を設定。 Chubu-30deg-BR										
40.6	139.2	0	15000	341.3	30.0	90	58000	30000	5.42	7.80
40.2	138.9	0	15000	26.8	30.0	90	53120	30000	3.10	
40.4	139.1	6790	15000	26.8	30.0	90	29100	16430	10.80	
⑥断層長さを余震域から設定。平均傾斜角を低角(30°)として設定。大すべり域なし。 Chubu-30deg-2pt										
40.6	139.2	0	5000	341.3	69.0	90	58300	5360	5.68	7.82
40.6	139.2	5000	15000	341.3	22.6	90	58300	26060	5.68	
40.2	138.9	0	5000	26.8	69.0	90	53120	5360	5.68	
40.2	138.9	5000	15000	26.8	22.6	90	53120	26060	5.68	

Lat. (deg.)	Lon. (deg.)	Top (m)	Bottom (m)	Strike (deg.)	Dip (deg.)	Rake (deg.)	L. (m)	W. (m)	D. (m)	Mag. (Mw)
⑦断層長さを余震域から設定。平均傾斜角を低角(30°)として設定。南側の断層のみ、 下端部の北寄りに大すべり域を設定。 Chubu-30deg-BR-2pt										
40.6	139.2	0	5000	341.3	69.0	90	58300	5360	5.68	7.82
40.6	139.2	5000	15000	341.3	22.6	90	58300	26060	5.68	
40.2	138.9	0	5000	26.8	69.0	90	53120	5360	3.24	
40.2	138.9	5000	15000	26.8	22.6	90	53120	26060	3.24	
40.1	138.9	7930	15000	26.8	22.6	90	29100	18430	11.40	
⑧断層長さを余震域から設定。傾斜角を一般的な値(45°)として設定。大すべり域なし。 Chubu-3f-2pt_45deg										
40.6	139.2	0	5000	341.3	69.0	90	58300	5360	3.94	7.61
40.6	139.2	5000	15000	341.3	37.4	90	58300	16470	3.94	
40.2	138.9	0	5000	26.8	69.0	90	53120	5360	3.94	
40.2	138.9	5000	15000	26.8	37.4	90	53120	16470	3.94	
⑨断層長さを余震域から設定。傾斜角を一般的な値(45°)として設定。南側の断層のみ、 上端部の北寄りに大すべり域を設定。 Chubu-3f-R-2pt										
40.6	139.2	0	5000	341.3	69.0	90	58300	5360	3.94	7.61
40.6	139.2	5000	15000	341.3	37.4	90	58300	16470	3.94	
40.2	138.9	0	5000	26.8	69.0	90	53120	5360	2.25	
40.2	138.9	5000	15000	26.8	37.4	90	53120	16470	2.25	
40.4	139.0	0	5000	26.8	69.0	90	29100	5360	7.89	
40.4	139.1	5000	9530	26.8	37.4	90	29100	7450	7.89	
⑩断層長さを余震域から設定。平均傾斜角を一般的な値(45°)として設定。南側の断層 のみ、上端部の北寄りに大すべり域を設定。 Chubu-45deg-BR-2pt										
40.6	139.2	0	5000	341.3	69.0	90	58300	5360	3.95	7.61
40.6	139.2	5000	15000	341.3	37.4	90	58300	16470	3.95	
40.2	138.9	0	5000	26.8	69.0	90	53120	5360	2.25	
40.2	138.9	5000	15000	26.8	37.4	90	53120	16470	2.25	
40.4	139.1	7220	15000	26.8	37.4	90	29100	12810	7.89	

3-2 津波予測解析の手法

①計算領域

津波予測解析の計算領域を図 1-19 に示す。計算領域については、外洋から沿岸へ 3 対 1 の割合で計算領域を細分化した。各計算領域の格子サイズは外洋から順に 1, 350m、450m、150m、50m である。沿岸の 50m 格子領域の位置図を図 1-20 に示す。

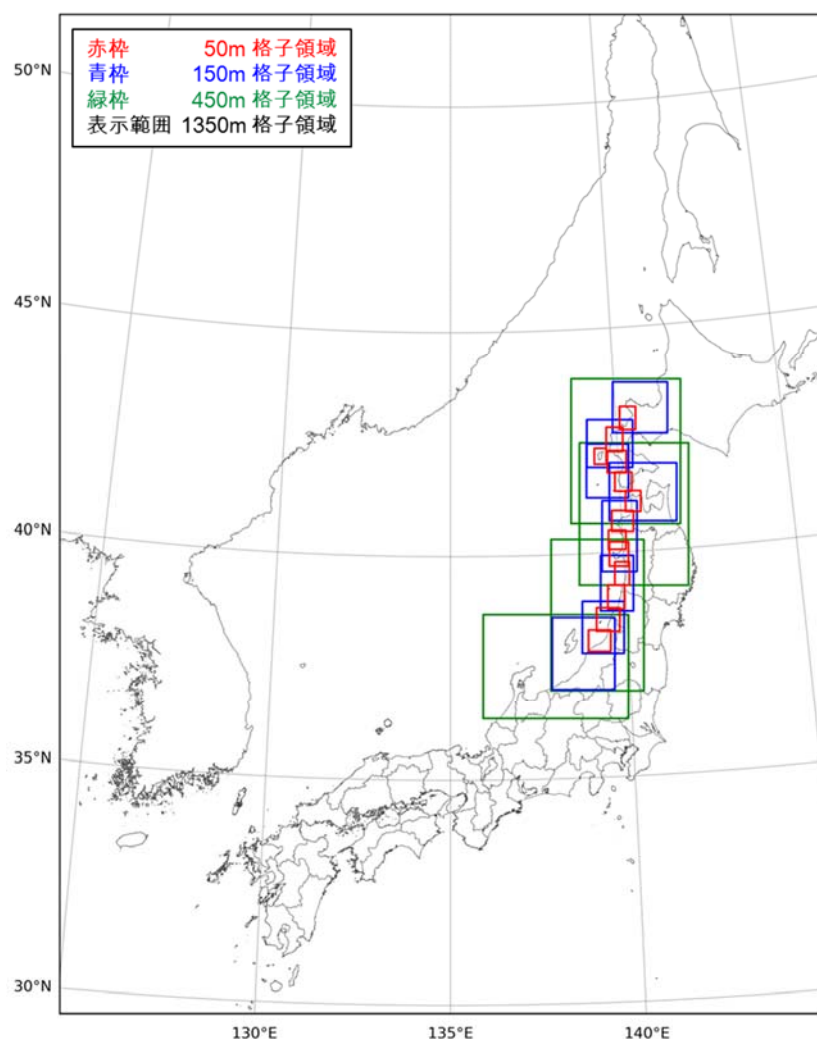


図 1-19 計算領域の位置。

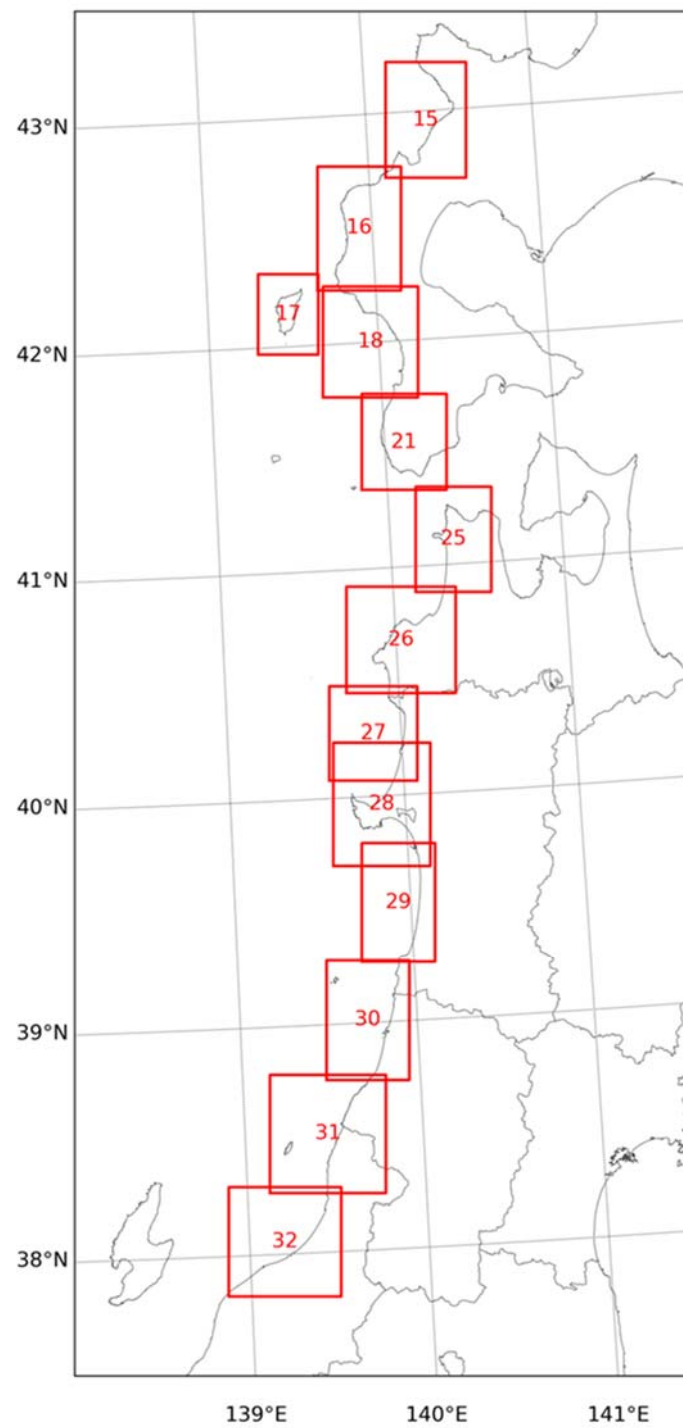


図 1-20 沿岸の 50m 格子領域の位置と領域番号。

②地形モデル

地形モデルは本プロジェクトにおいて平成 27 年度に整備したものを使用した。

③計算条件

表 1-9 に津波予測解析の計算条件を示す。

表 1-9 津波予測解析の計算条件

内容	
支配方程式	非線形長波理論
数値解法	Staggered Leap-frog 差分スキーム
計算領域	日本海東縁部周辺海域(図 1-20)
計算領域の格子サイズ	外洋から順に 1,350m、450m、150m、50m(図 1-20)
境界条件	陸域では遡上を考慮 海側では無反射の透過境界
各種施設の取り扱い	各種施設(堤防・水門等)は考慮しない
計算時間	6 時間
初期水位	Okada(1992)で算出した海底地盤変位量
潮位	T.P. 0 m
打ち切り水深	10^{-2} m
粗度係数	0.025

3-3 津波予測解析の結果と妥当性の検証

津波予測解析の結果を図 1-21～図 1-30 に示す。断層モデルの妥当性については、津波予測解析で計算した沿岸の最大津波水位と痕跡とを比較し、幾何平均値 K と幾何標準偏差 κ を求めることで検証した(表 1-10)。 K - κ による評価方法については 252～275 頁で述べた通りである。

使用した痕跡は、「津波痕跡データベース」に記載されている 1983 年日本海中部地震津波に該当する計 2,662 地点(2016 年 7 月閲覧)のうち、検討地域沿岸から 100m 以内にある痕跡信頼度が A か B かつ痕跡パターンが浸水高である地点とした。

表 1-10 断層モデルの妥当性

断層モデル名	K	κ
① Chubu-AIDA	1.35	1.58
② Chubu-3f_30deg	1.45	1.53
③ Chubu-3f-R	0.97	1.53
④ Chubu-30deg-BLR	0.92	1.58
⑤ Chubu-30deg-BR	1.01	1.56
⑥ Chubu-30deg-2pt	0.98	1.60
⑦ Chubu-30deg-BR-2pt	0.89	1.62
⑧ Chubu-3f-2pt_45deg	1.51	1.59
⑨ Chubu-3f-R-2pt	1.32	1.56
⑩ Chubu-45deg-BR-2pt	1.38	1.60

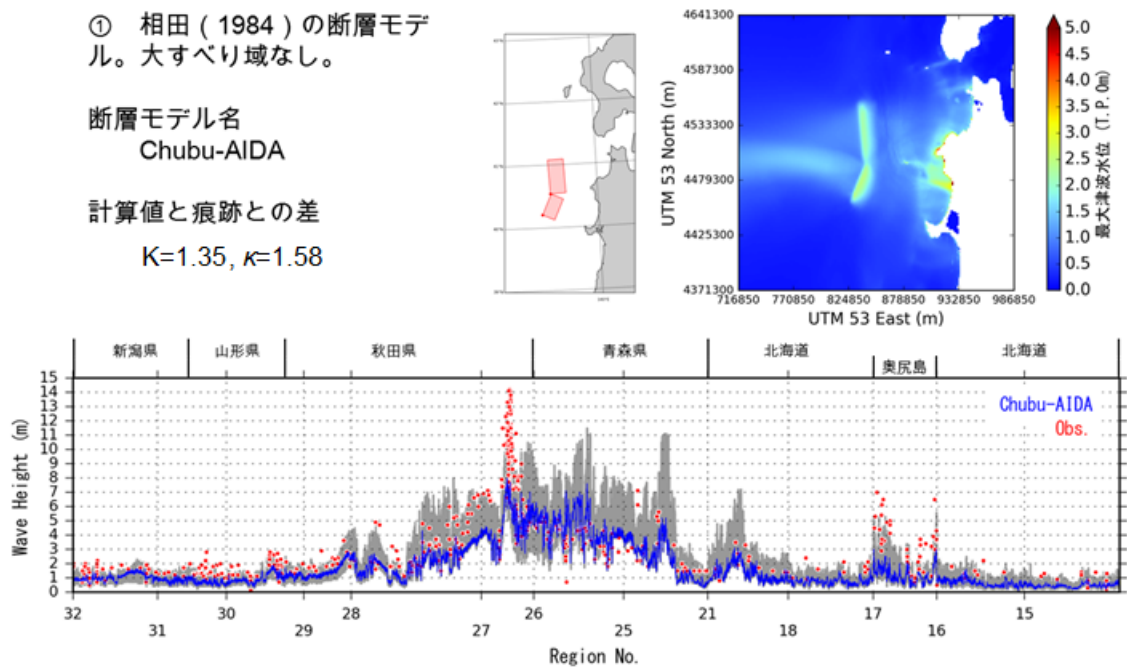


図 1-21 最大水位上昇量 T.P. 0 m(Chubu-AIDA モデルの計算値)と痕跡。

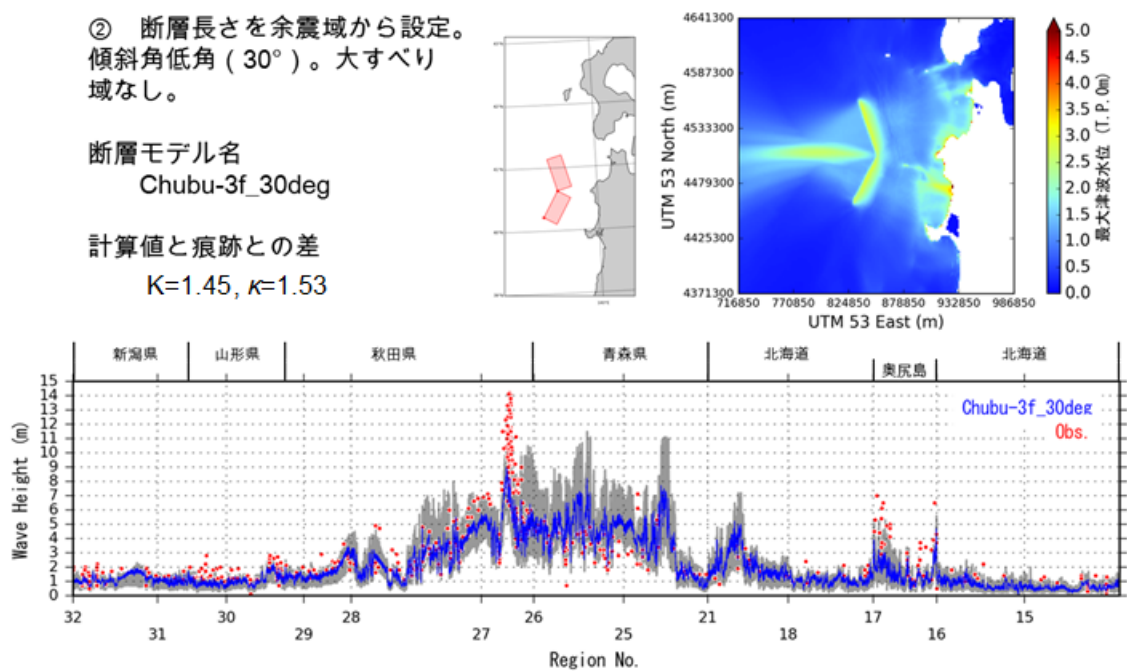


図 1-22 最大水位上昇量 T.P. 0 m(Chubu-3f_30deg モデルの計算値)と痕跡。

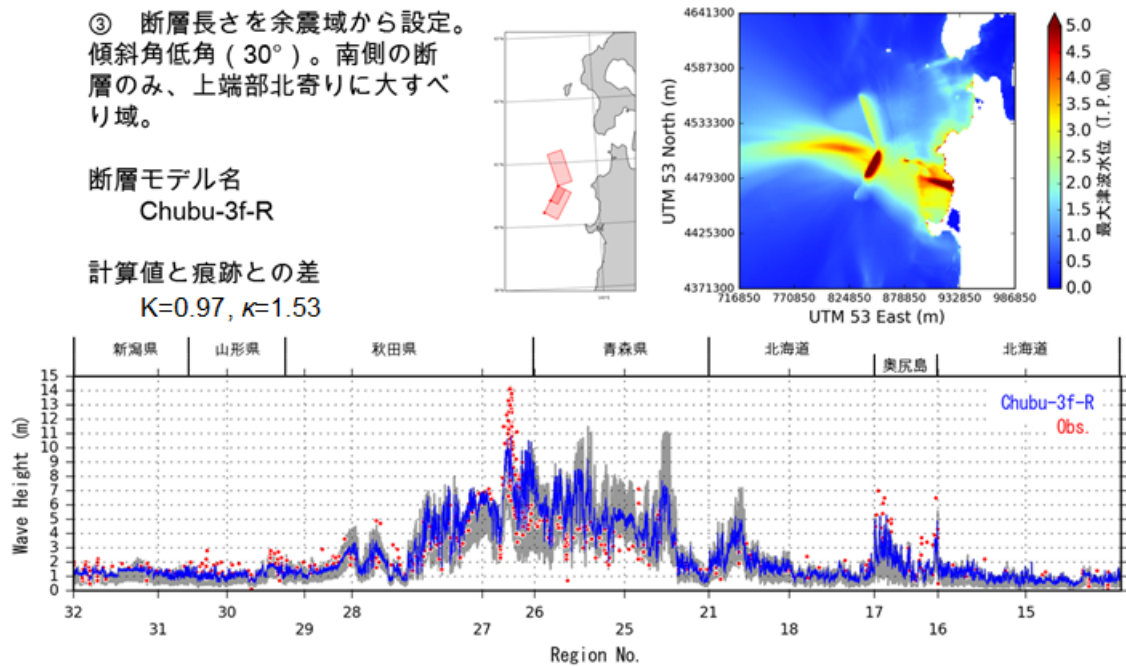


図 1-23 最大水位上昇量 T.P. 0 m (Chubu-3f-R モデルの計算値) と痕跡。

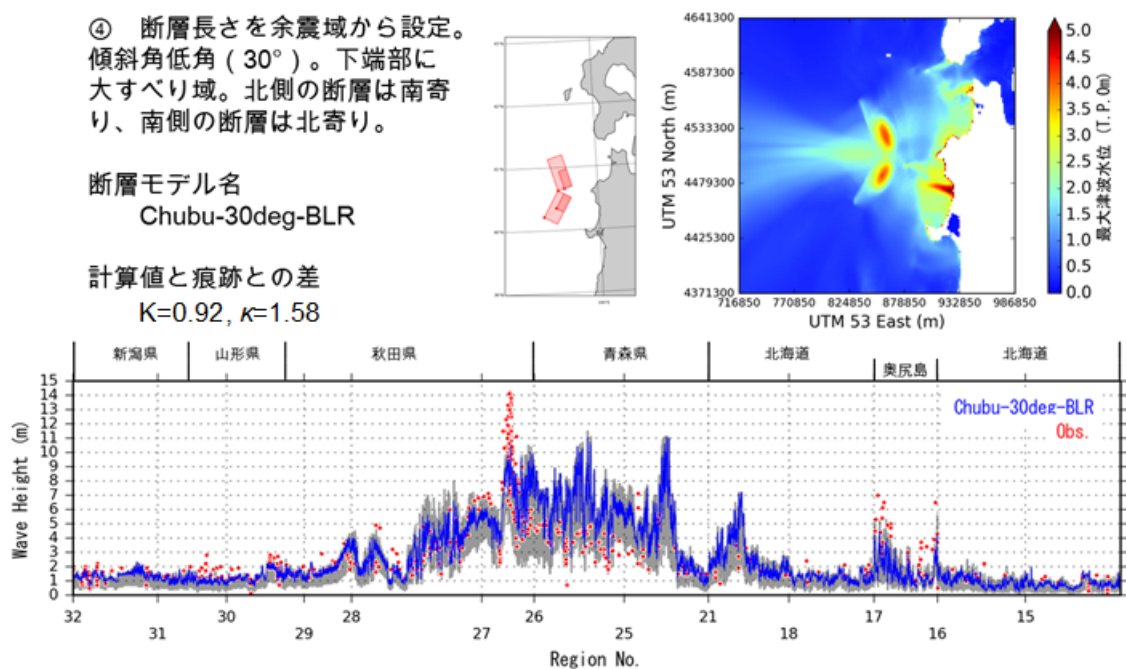


図 1-24 最大水位上昇量 T.P. 0 m (Chubu-30deg-BLR モデルの計算値) と痕跡。

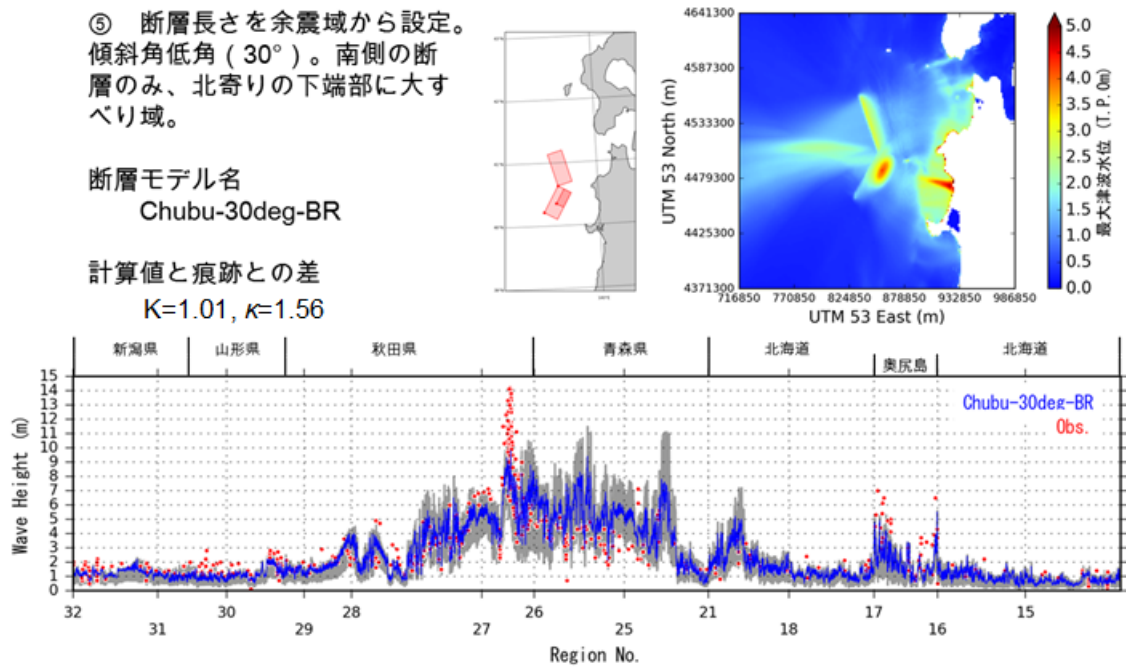


図 1-25 最大水位上昇量 T.P. 0 m (Chubu-30deg-BR モデルの計算値) と痕跡。

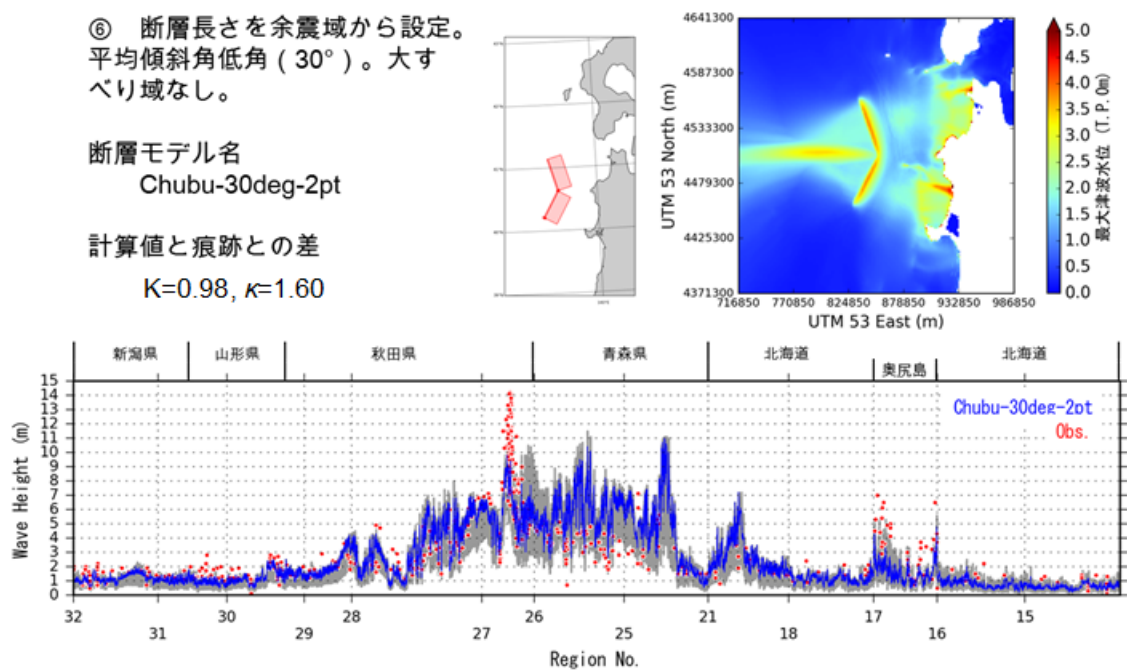


図 1-26 最大水位上昇量 T.P. 0 m (Chubu-30deg-2pt モデルの計算値) と痕跡。

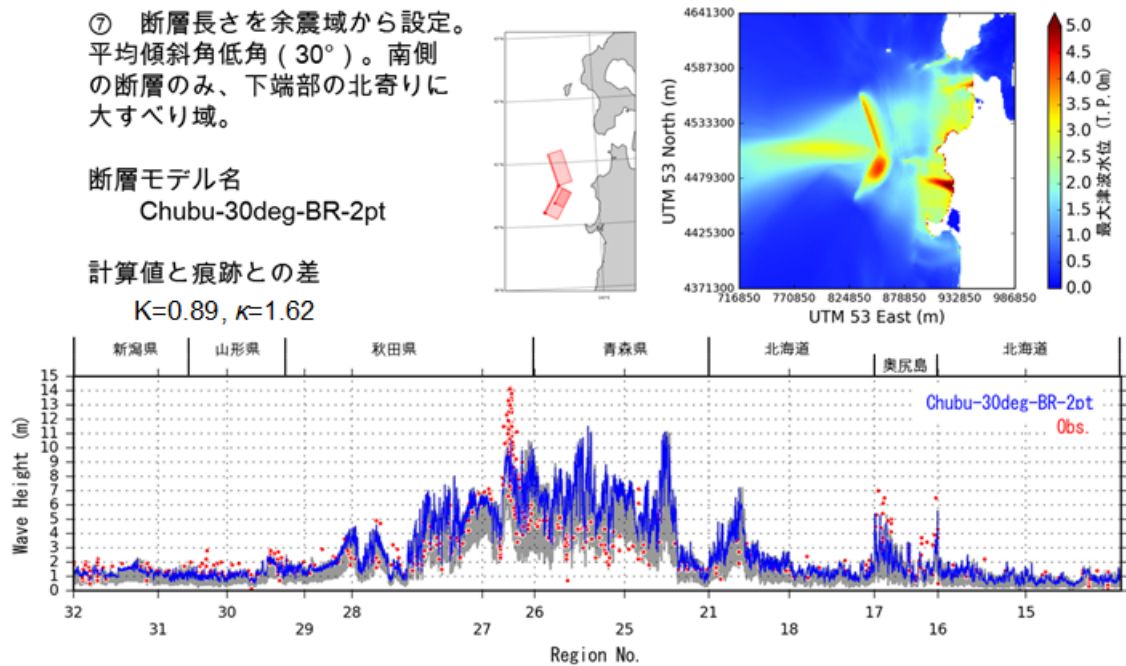


図 1-27 最大水位上昇量 T.P. 0 m (Chubu-30deg-BR-2pt モデルの計算値) と痕跡。

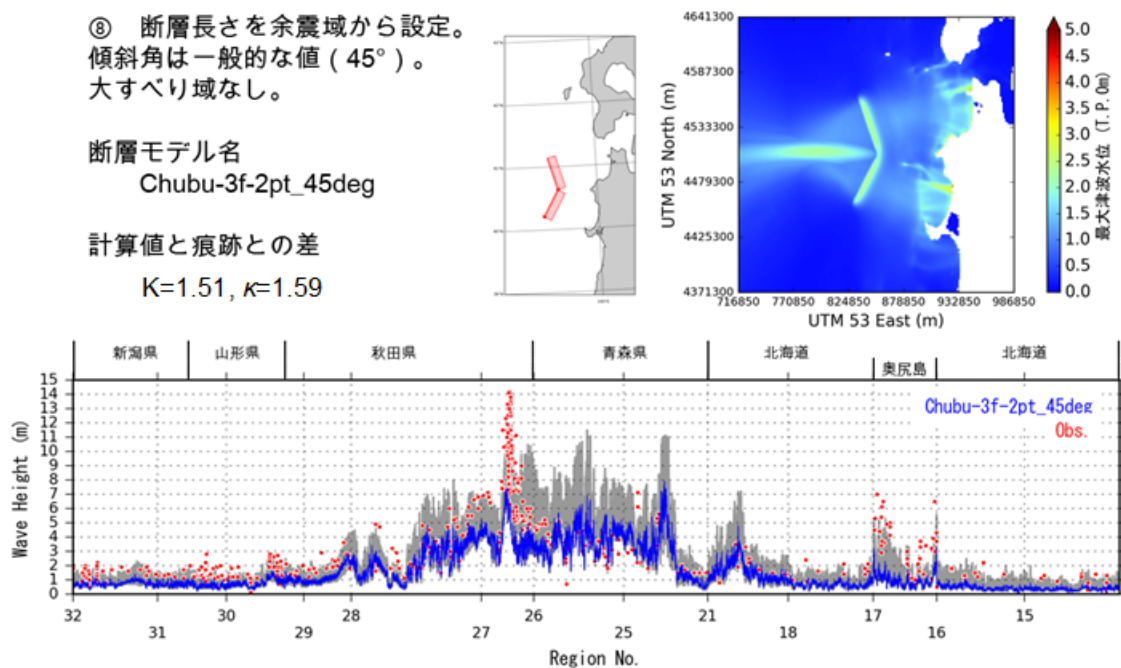


図 1-28 最大水位上昇量 T.P. 0 m (Chubu-3f-2pt_45deg モデルの計算値) と痕跡。

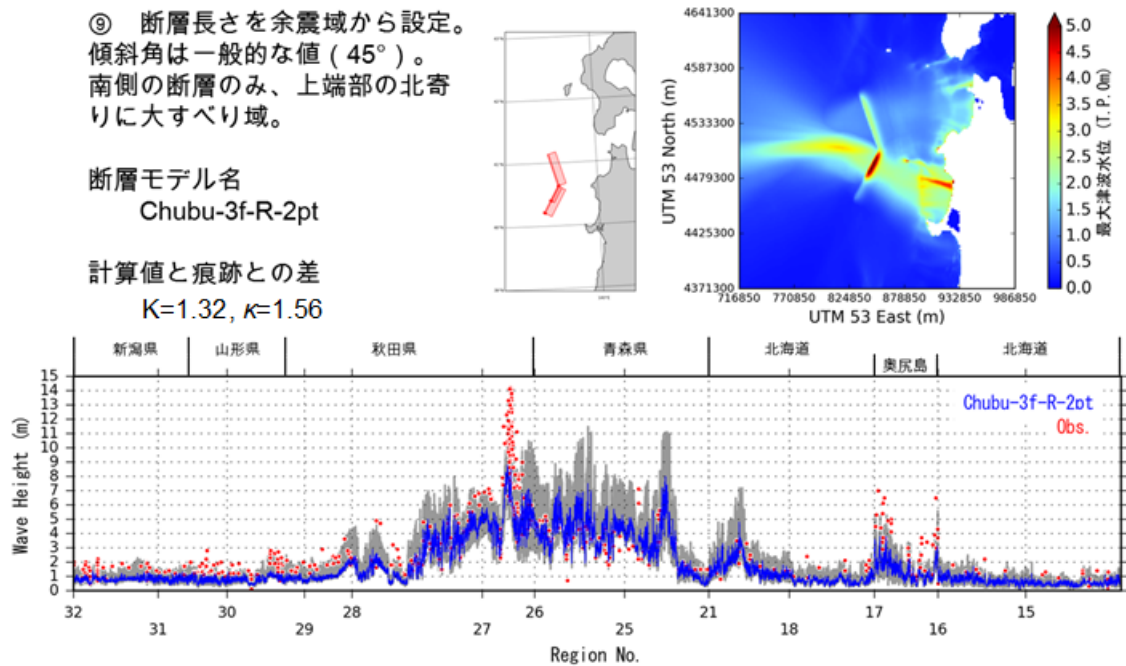


図 1-29 最大水位上昇量 T.P. 0 m (Chubu-3f-R-2pt モデルの計算値) と痕跡。

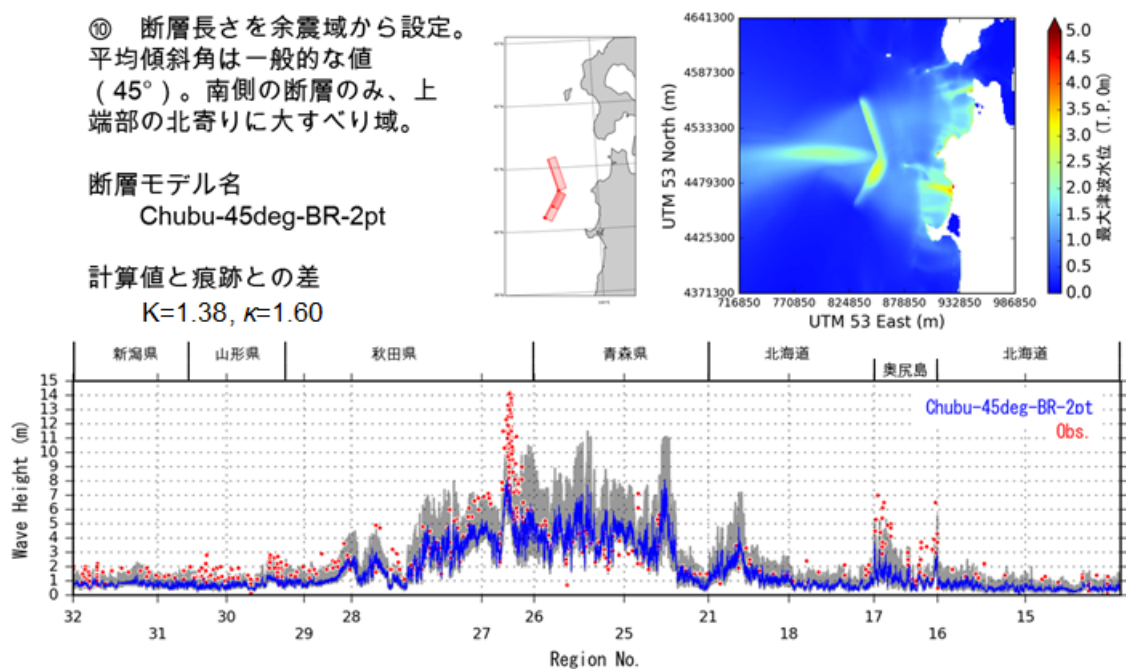


図 1-30 最大水位上昇量 T.P. 0 m (Chubu-45deg-BR-2pt モデルの計算値) と痕跡。

最小 150 m メッシュの地形モデルを用いた計算により選定した断層モデルをベースに設定した合計 10 個の断層モデルについて、50 m メッシュの地形モデルを用いた津波予測計算を実施することで、日本海中部地震による津波の再現性について検討を行った。妥当性の評価方法については、津波予測計算で得られた沿岸の最大津波水位と日本海中部地震による津波痕跡高を比較し、幾何平均値 K と幾何標準偏差 κ を求める方法により行った。

先行研究の事例として相田(1984)の断層モデルを使用して計算した場合の K - κ は、 $K=1.35$ 、 $\kappa=1.58$ となった。本検討において設定した断層モデルについては、以下の 2 つのパターンで比較的良好な K - κ が得られた。

a) 傾斜角を低角 (30°) とし、

南側の断層のみ、断層上端部北寄りに大すべり域を設定した場合… $K=0.97$ 、 $\kappa=1.53$

b) 傾斜角を低角とし、

南側の断層のみ、断層下端部北よりに大すべり域を設定した場合… $K=1.01$ 、 $\kappa=1.56$

相田(1984)の断層モデル及び本検討で設定した断層モデルにおいて、 K の値は $0.89 \sim 1.51$ と適合度に大きな幅を持つものの、 κ の値については $1.53 \sim 1.62$ とあまり大きな違いが見られなかった(表 1-10)。土木学会原子力土木委員会における適合性の基準として、 $\kappa < 1.45$ とされているが、この範囲にある結果は今回、得られていない。しかし、 K については、 $0.95 < K < 1.05$ の範囲に入る計算結果は複数得られており、津波高さの再現性については日本海中部地震により発生した津波の高さを再現できる断層モデルを示すことができたと考える。

これらの結果から、地質学的データや地形を参照して得られた断層データと、余震分布等の地震学的データを合わせて考慮することにより、過去の地震による津波痕跡高を、ある程度は説明できる可能性が示された。

4. まとめ

4-1 パラメータスタディによる詳細計算用断層モデルの選定

サブテーマ(2)で得られた断層データのモデル化方法について検討した。その結果、以下のような結果を得た。

①津波予測計算の結果において、断層トレースの近似方法による顕著な違いは見られなかったことから、断層モデルは単純化した形で設定することができると判断し、南北で合計 2 枚ないし 3 枚の断層からなる断層モデルを採用した。

②①の結果から設定した断層モデルに対して、断層傾斜角を一定とする場合と、断層傾斜角を浅部では高角、深部では底角とする場合の 2 通りの設定。さらに大すべり域の位置について 8 通りのパターンを設定したパラメータスタディを行った。その結果、北側の断層と南側の断層の境界となる屈折部分の対岸付近の地域で断層パラメータの設定のちがいによる沿岸の水位上昇量のバラツキが大きくなった。また、北側の断層の大すべり域を南よりに設定することで、松前周辺の最大水位上昇量を

津波痕跡高に近づく結果となった。能代周辺においては、津波痕跡高が局所的に高くなっているため、これを再現することはできなかった。

- ③②の結果から、大すべり域の設定方法が異なる断層モデルを複数パターン、パラメータスタディを行うことで、計算領域の北部の水位上昇量を低く抑え、能代周辺に高い波を集めるような断層モデルを検討した。その結果、松前周辺の津波痕跡高は、北側の断層に大すべり域を設定しないこととおおむね説明できることが示された。能代周辺については、これを再現できるような高い津波高さを得ることができなかった。能代周辺については、先行研究によって、ソリトン波が観測されたことが報告されており、これが原因で局所的に高い津波が発生した可能性がある。しかし、今回の津波予測計算の方法ではソリトン波の発生を検証することはできない。
- ④①～③までの結果考慮し、また、先行研究における断層モデルの違いと日本海中部地震による余震域を比較した。これにより、余震域を参照した断層モデルを設定し、断層傾斜角を低角(30°)とする場合と通常通り(45°)の場合、断層傾斜角を浅部と深部で変化させる場合について津波予測計算を実施し比較した。また、大すべり域の設定方法についても検討した。その結果、余震域を考慮して断層モデルを設定することで日本海中部地震による津波痕跡高をおおむね説明できる可能性が示された。パラメータスタディの結果を、 $K-\kappa$ を用いることで断層モデルの適合度を定量的に判断することにより、検証用の断層モデルを選定した。

4-2 日本海中部地震を対象とした津波予測計算

4-1 で選定した断層モデルをベースに 50m メッシュの地形モデルを用いた津波予測計算を実施することで、日本海中部地震による津波の再現性について検討を行った。

- ①先行研究の事例として相田(1984)の断層モデルを使用して計算した場合の $K-\kappa$ は $K=1.35$ 、 $\kappa=1.58$ となった。
- ②本検討において設定した断層モデルのうち以下の2つのパターンで比較的良好な $K-\kappa$ が得られた。
- a) 傾斜角を低角(30°)とし、南側の断層のみ、断層上端部北寄りに大すべり域を設定した場合
 - b) 傾斜角を低角とし、南側の断層のみ、断層下端部北よりに大すべり域を設定した場合
- 得られた $K-\kappa$ は、a)の場合で、 $K=0.97$ 、 $\kappa=1.53$
- b)の場合で、 $K=1.01$ 、 $\kappa=1.56$ となった。
- ③相田(1984)の断層モデル及び本検討で設定した断層モデルにおいて、 K の値は $0.89 \sim 1.51$ と適合度に大きな幅を持つものの、 κ の値については $1.53 \sim 1.62$ とあまり大きな違いが見られなかった。土木学会原子力土木委員会における適合性の基準として、 $\kappa < 1.45$ とされているが、この範囲にある結果は今回、得られていない。しかし、 K については、 $0.95 < K < 1.05$ の範囲に入る計算結果は複数得られている。
- ④①～③の結果から、地質学的データや地形を参照して得られた断層データと、余震分布等の地震学的データを合わせて考慮することにより、過去の地震による津波痕跡高を、ある程度は説明できる可能性が示された。

5. 引用文献

相田勇, 1983 年日本海中部地震津波の波源数値モデル, 東京大学地震研究所彙報, 59:99-104, 1984.

相田勇, 三陸沖の古い津波のシミュレーション, 東京大学地震研究所彙報, 52, 71-101, 1977.

土木学会原子力土木委員会津波評価部会, 原子力発電所の津波評価技術(本編), 1-9, pp. 2-110~190, 2002.

独立行政法人防災科学技術研究所, 「ひずみ集中帯の重点的調査観測・研究プロジェクト」文部科学省委託研究, ひずみ集中帯の重点的調査観測研究, 総括成果報告書, 平成 25 年 5 月, 2013.

岩瀬浩之・見上敏文・後藤智明・藤間功司, 津波の伝播計算を対象とした非線形分散長波式の比較, 土木学会論文集, No. 705/II-59, 2002.

地震調査研究推進本部地震調査委員会, 震源断層を特定した地震の強震動予測手法(「レシピ」)(平成 21 年 12 月 21 日改定), 2009.

Kanamori, H. and L. Astiz, The 1983 Akita-Oki Earthquake ($M_w = 7.8$) and Its Implications for Systematics of Subduction Earthquakes, *Terra Scientific Publishing Company (Terrapub)*, Tokyo, Japan. Earthq. Predict. Res. 3 (1985) 305-317, 1985.

小菅正裕・池田仁美・鎌塚吉忠・佐藤裕, 余震分布・地殻変動・津波データによる 1983 年日本海中部地震の静的断層モデル, 測地学会誌, 32(4) 290-302, 1986.

文部科学省研究開発局・国立研究開発法人海洋研究開発機構, 海域における断層情報総合評価プロジェクト平成 26 年度成果報告書,
http://www.jishin.go.jp/database/project_report/kaiiki-h26/, 2015.

日本海における大規模地震に関する調査検討会, 日本海における大規模地震に関する調査検討会報告書(平成 26 年 9 月),
http://www.mlit.go.jp/river/shinngikai_blog/daikibojishinchousa/, 2014.

Okada, Y., Internal Deformation due to Shear and Tensile in a half-space, Bull. Seismol. Soc. Am., 85, 1018-1040, 1992.

Satake, K. , The mechanism of the 1983 Japan Sea earthquake as inferred from long-period surface waves and tsunamis, *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, 37:249-260, 1985.

Sato, T. , Rupture Characteristics of the 1983 Nihonkai Chubu (Japan Sea) Earthquake as Inferred from Strong Motion Accelerograms *J. Phys. Earth*, 33:525-557, 1985.

首藤伸夫, 秋田県北部沿岸における日本海中部地震津波, 津波工学研究報告, 1:12-26, 1984.

多田堯, 日本海中部地震と地殻変動, 月刊地球, 6, 18-21, 1984.

高木章雄・長谷川昭・西城忠泰・山本明・三品正明・海野徳仁・植木貞人・橋本恵一・佐藤俊也・堀修一郎・立花憲司・村上栄寿・河野俊夫・仁田交市・清水洋・松沢暢・小原一成・野坂正史・佐藤裕・田中和夫・佐藤魂夫・小菅正裕・浜口博之・小山順二, 1983 年日本海中部地震による災害の総合的調査研究, 2.2 本震前後の地震活動, 文部省科学研究費 (No. 58022002) 自然災害特別研究突発災害研究成果, 乗富一雄編, 24-30, 1984.

田中和夫・佐藤魂夫・小菅正裕・佐藤裕, 1983 年日本海中部地震による災害の総合的研究, 2.4 日本海中部地震の特性, 文部省科学研究費 (No. 58022002) 自然災害特別研究突発災害研究成果, 乗富一雄編, 39-45, 1984.

東北大学災害科学国際研究所災害リスク研究部門津波工学研究分野低頻度リスク評価研究分野・原子力規制庁長官官房技術基盤グループ安全技術管理官(地震・津波担当) 付:津波痕跡データベース、
<http://tsunami3.civil.tohoku.ac.jp> (オンライン, 2017 年 3 月閲覧).

東海大学海洋学部, 昭和 58 年日本海中部地震写真報告集, P64, 1984.

海野徳仁・松沢暢・小原一成・清水洋・長谷川昭・高木章雄・小菅正裕・田中和夫・佐藤魂夫・佐藤裕, 1983 年日本海中部地震—(2)余震の震源分布—, 1983 年秋季地震学会講演予稿集, 4, 1983.

付録 2：1993 年北海道南西沖地震の再現断層モデルの検討

1. 検討の背景と手法

サブテーマ(3)では、サブテーマ(2)による地質学的・地球物理学的データに基づいて設定した断層モデルについて、津波予測計算による断層モデル設定方法の検証を実施している。平成 27 年度には 1940 年神威岬沖地震による津波について、津波予測計算及び津波痕跡データとの比較を実施した。平成 28 年度の作業としては、日本海で発生した津波地震について、より発生年代の新しい例として付録 1 で示した 1983 年日本海中部地震及び本付録で述べる 1993 年北海道南西沖地震について断層モデルの設定と検証を行った。

1-1 サブテーマ(2)による北海道西方沖の断層データ

北海道西方沖においては、サブテーマ(2)によって 45 条の断層が確認されている。サブテーマ(2)による断層面分布を図 2-1 a)に示す。この図によれば、渡島半島から積丹半島の沖合にかけて数多くの断層が確認できており、この海域がテクトニクス的に活発であることを示している。一方、天北から稚内の沖合では、海底まで延びるような断層はほとんど無く、断層活動が比較的低いことを示唆する。

1993 年の北海道南西沖地震の震源域に、この地震に関係しているとみられる断層が特定されている。図 2-1 a)に示した、北海道南西沖地震の震源域を横断する探震断面図には、共役関係の 2 本の断層が確認できる。この 2 本の平行した断層は、サブテーマ(2)によりほぼ南北方向に約 50 km 長連続していることが確認されている(本プロジェクト平成 26 年度報告書(文部科学省研究開発局・国立研究開発法人海洋研究開発機構, 2015)参照)。

1-2 先行研究に示される北海道南西沖地震による余震の震源分布

北海道南西沖地震は奥尻島西部の海域で発生し、余震域は多くの先行研究において、図 2-1 b)に示すように南北に長い「く」の字型をしているとされる。しかし、その一方で震源分布については、さまざまな震源決定方法や震源インバージョン解析、OBS による観測等が実施されたものの、断層面の傾斜方向が西傾斜なのか東傾斜なのかを明瞭に決定することはできていない。先行研究については次の 2 章において詳しく述べる。

1-3 サブテーマ(2)のデータに基づく断層のモデル化

サブテーマ(2)では、測線密度が粗い南西諸島海域において地形データを用いた断層の解釈を行っている。それと同時に日本海海域についても南西諸島海域の方法と同様に海底地形からの断層の推定を含めて断層データの見直しが実施されている。当初(平成 26 年度成果)では北海道南西沖地震の震源域周辺の断層データについて図 2-1 a)に示されるように、北海道南西沖地震に関係していると思われる断層を含む平行して存在する断層が確認されている。しかし、北海道南西沖地震の余震域の一部において断層を示すような地表変位が観察されていない部分がある。サブテーマ(2)では平成 27 年度の作業で、今回の検討に用いる断層データとして、音波探査データに加えて海底地形のデータ、地震活動を考慮して断層トレースの再検討が行われた。この結果、サブテーマ(2)の成果として示されている北海道南西沖地震の震源域近傍に設定された断層トレースを図 2-1 b)に示す。

今回は、北海道南西沖地震についての先行研究をレビューした上で、北海道南西沖地震の断層形状について可能性のある組み合わせを網羅するような断層モデルを設定してパラメータスタディを実施し、波源断層モデルの設定方法について検討した。

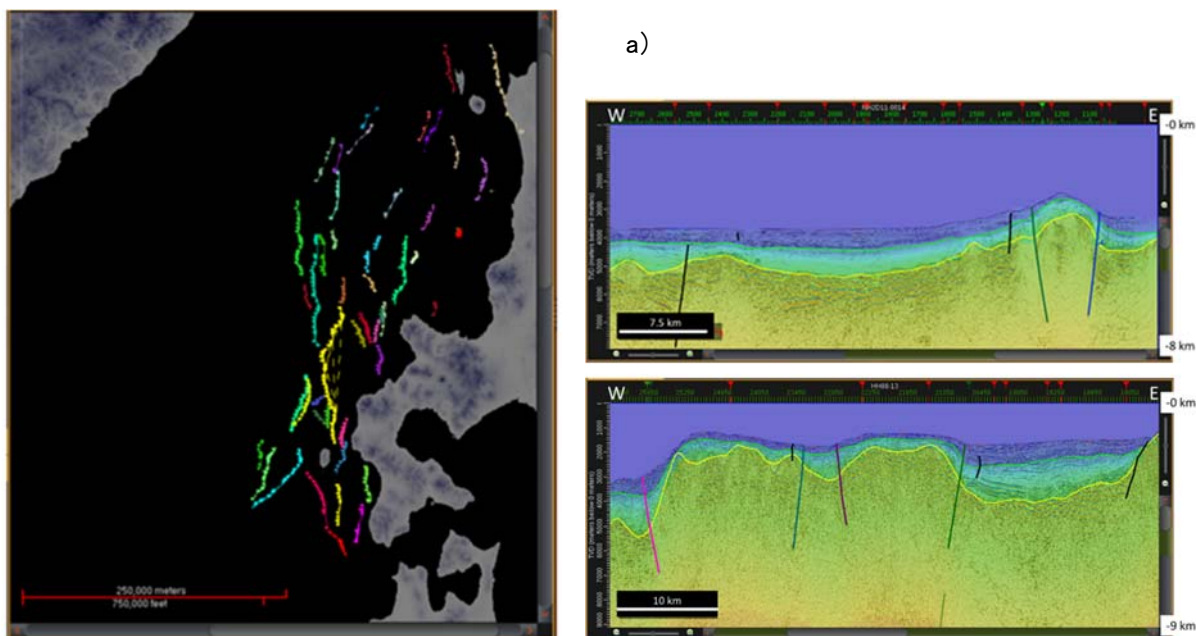


図 2-1 a) サブテーマ(2)において測線データのみで判断された北海道西方沖の断層と北海道南西沖地震の震源断層と考えられる断層を横切る断面。

b)

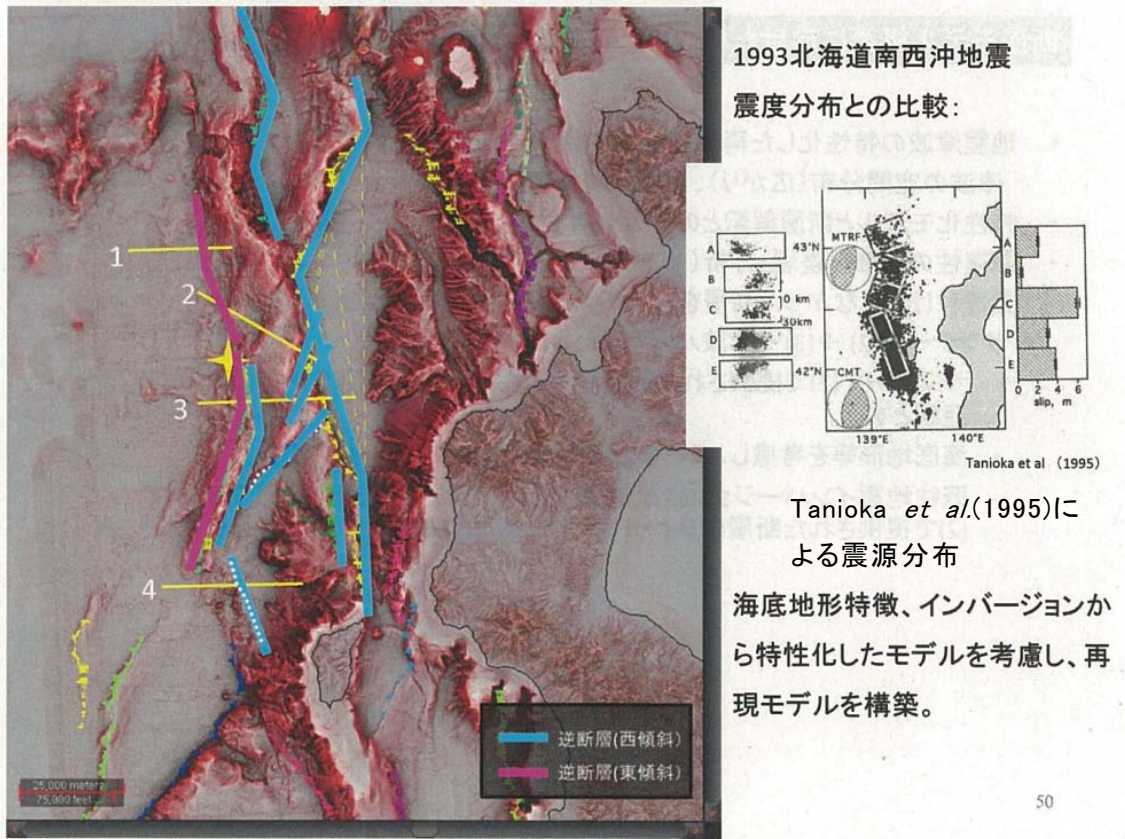


図 2-1 b) サブテーマ(2)において地形及び震源分布を参照し設定された北海道南西沖地震の震源近傍の断層トレースと北海道南西沖地震の本震及び余震分布 (Tanioka et al., 1995)。

2. 先行研究

2-1 北海道南西沖地震についての先行研究

① 日本海における大規模地震に関する調査検討会(2014、以降、日本海検討会)

日本海における大規模地震に関する調査検討会海底断層ワーキンググループ(2014、以降、海底断層 WG)による断層位置(図 2-2)と日本海検討会による断層モデル(図 2-3)を示す。

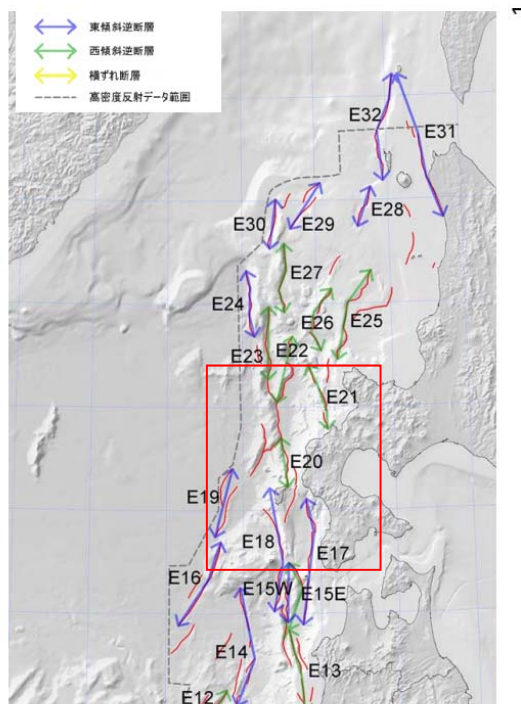


図5 津波断層モデルの海底における位置(北海道沖から東北沖)

図 2-2 海底断層 WG の断層位置。

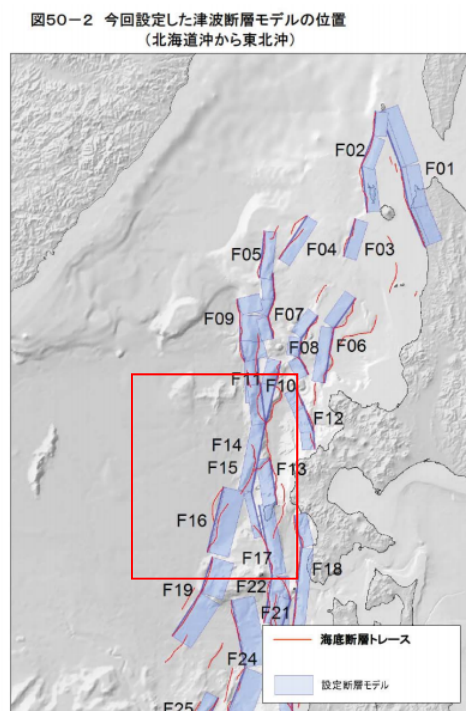


図 2-3 日本海検討会の断層モデル位置。

奥尻島西方の海域では反射断面による断層の設定が難しいため、北海道南西沖地震の震源断層に相当する海底断層の設定は行っていない。一方、地域における最大クラスとして北海道南西沖地震に相当する津波波源モデルが必要となることから、1993 年北海道南西沖地震の地震津波観測データに基づく既往研究を参考に設定している。

北海道南西沖地震の波源域付近に設定された海底断層 WG の断層位置及び日本海検討会の断層モデルを以下に挙げる。

E20 (F15・F14) : 奥尻島北方の西傾斜の断層

(1993 年北海道南西沖地震の断層と連続するが未破壊)。

E22 (F11) : 積丹半島西方沖の西傾斜の断層

(北海道南西沖地震の断層と連続するが未破壊)。

E23 (F10) : 北海道南西沖地震の北側に連続する西傾斜の断層。

海底断層 WG 及び日本海検討会では明確には北海道南西沖地震の断層に相当するモデルは設定していないが、F14 及び F15 断層が震源域に最も近い断層であり、北海道南西沖地震の断層を含んでいる可能性がある。表 2-1 に F14 及び F15 断層の、日本海検討会による断層モデルのパラメータを示す。

表 2-1 日本海検討会による北海道南西沖地震震源域周辺の断層モデルのパラメータ

	長さ	幅	深さ	走向	傾斜角	すべり角	すべり量
F14	43.3 km	20.3 km	3.6 km	195°	45°	99°	6.0m
	79.6 km	20.3 km	3.6 km	192°	45°	111°	
	51.9 km	16.6 km	3.6 km	167°	60°	105°	
F15	45.2 km	20.1 km	3.8 km	173°	45°	97°	6.0m
	79.6 km	20.1 km	3.8 km	192°	45°	111°	
	51.9 km	16.4 km	3.8 km	167°	60°	105°	

これらの断層モデルは3分割の断層モデルで、西傾斜として設定されている。ただし、海底断層 WG で設定されている E20 のような、北海道南西沖地震では未破壊の領域も、未破壊であっても断層としては連続していると判断し、連続してモデル化されている。

②北海道総務部危機対策局防災消防課(2010)

：平成 21 年度津波シミュレーション及び被害想定業務(北海道日本海沿岸)

北海道総務部危機対策局防災消防課(2010)の地震津波被害想定では、地震調査研究推進本部地震調査委員会(以下、地震本部(2003))を参照し、北海道南西沖で発生し得る地震の典型例として 1993 年北海道南西沖地震の波源断層を想定し設定している。断層パラメータは、Tanioka *et al.* (1995)にもとづいて設定されている(表 2-2)。断層形状は以下のように設定されている。詳細については次の Tanioka *et al.* (1995)のレビューにおいて述べる。

・長さ と 幅： 長さ 25～35 km、幅 30～40 km の 5 個の断層からなる。

・傾斜角 と 傾斜方向： 北から順に

Dip=30° 東北東下がり

Dip=30° 西北西下がり(2 個)

Dip=60° 西南西下がり(2 個)

長さ約 150 km 程度

③ Tanioka *et al.* (1995)：断層モデル

Tanioka *et al.* (1995) で設定された断層モデルの形状を図 2-4 で示し、断層パラメータを表 2-2 に示す。

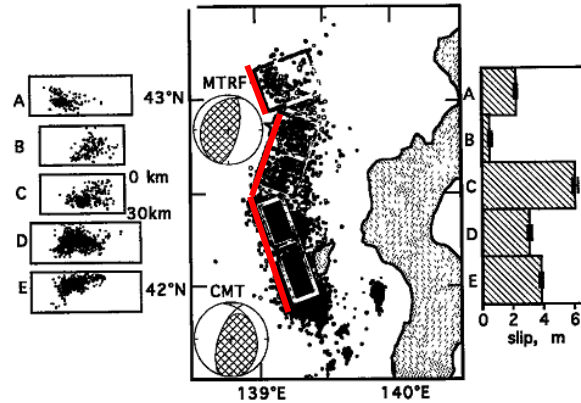


Figure 4. The aftershock distribution from *Kasahara et al. [1994]* with the two focal mechanisms. A star shows the epicenter of the mainshock. Frames in the map show the location of the five subfaults used for the joint inversion (A through E, north to south). Left panels show the cross-sections perpendicular to the strike of each subfault. Right panel shows the slip distribution estimated from the joint inversion.

図 2-4 Tanioka *et al.* (1995) の断層モデルの形状。
余震分布は笠原・他(1994)による。

表 2-2 Tanioka *et al.* (1995) による断層パラメータ

Total length = 137km

$M_w = 7.73$

Table 1. Result of the Joint Inversion

subfault	length km	width km	dip	slip m	error m	M_0 10^{20}Nm
A	27	40	30°E	2.26	0.06	0.85
B	25	30	30°W	0.52	0.12	0.14
C	25	30	30°W	6.07	0.18	1.59
D	27	30	60°W	3.10	0.13	0.88
E	35	30	60°W	3.79	0.05	1.39
total						4.85

Tanioka *et al.* (1995) では 90 秒間の P 波波形を使用した Moment Tensor Rate Function (MTRF) インバージョンから、震源の最適な深さ、モーメントテンソル及び震源時刻歴を求めている。また、長周期表面波をもちいた Centroid Moment Tensor (CMT) インバージョンも行っている。これら 2 種類のインバージョンで得られたメカニズム解は異なった結果となったことから、著者らは、北海道南西沖地震が複雑なジオメトリを持った地震であるとしている。断層面上のコサイスミックなすべり分布を求めるため、津波と地殻変動データを用いたジョイントインバージョンを行った。日本 16 点、韓国 2 点における験潮記録、奥尻島 25 点における地殻変動記録を使用している。これら津波及び地殻変動記録を満たす断層モデルとして傾斜方向の異なる 5 つの断層面が示されている(図 2-4)。

Tanioka *et al.* (1995) における断層面の位置等は、笠原・他(1994)を参照したと思われるが、D 及び E の断層面の傾斜方向は震源分布から判断することが難しいため、ジョイントインバージョンで試行錯誤的に決定されたものと推測される。

④羽鳥(1994)：北大理予知セ・他(1993)の余震域と波源域

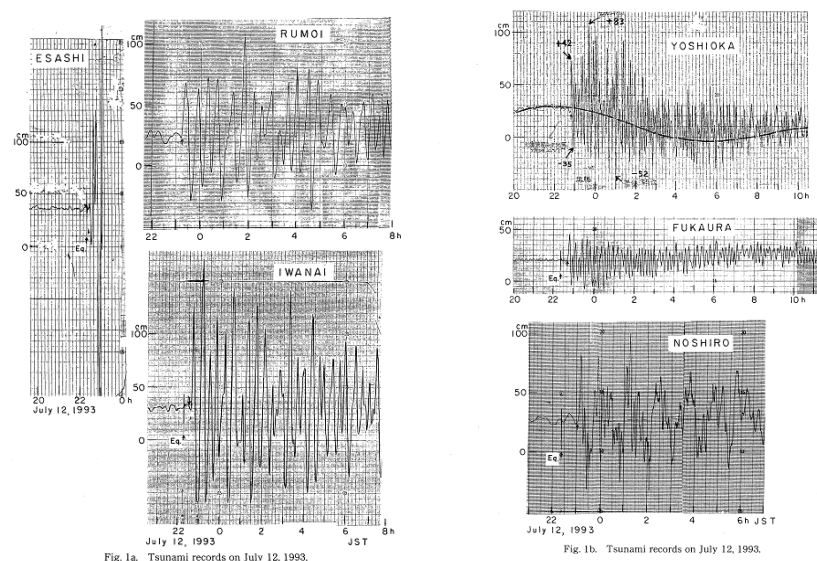


図 2-5 北海道南西沖地震の津波記録。

この論文では震源域周辺における9か所の津波観測点の津波伝播時間(図 2-5)から逆伝播図を作成している。その結果、波源域は水深 3,000m を中心に南北 150 km、幅 70 km と推定され、東縁は渡島半島に近接するものとなっている。波源域の形状は北大理予知セ・他(1993)の、奥尻海嶺と日本海盆の間の急崖に沿う「くの字型」の余震域を包むような形となる(図 2-6)。

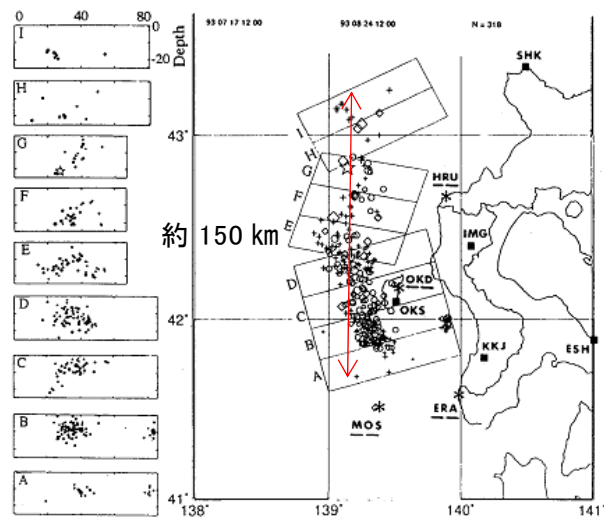


図-2 余震分布

図 2-7 高橋・他(1994, 1995)で参照されている余震分布。北大理予知セ・他(1993)による。

図 2-7 の断面図 C、F、G では断層面は西下がりのように見えるが、B、D、E などでは判然としない。

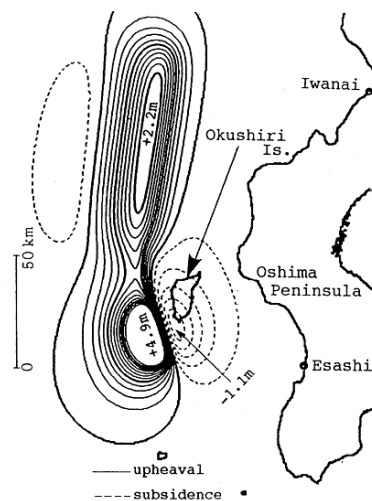


図-6 DCRC-17a による地盤変位

図 2-8 高橋・他(1994)の断層モデルによる地殻変動量の分布。

図 2-8 には全体が東下りの断層面として示されている。この断層面は北大理予知セ・他(1993)の余震分布にあわせるように初期的な断層形状を設定し、津波及び地殻変動が実測値とよく合うように調整していくことで設定されたものであると思われる。高橋・他(1994)による断層パラメータを表 2-3 に示す。

この断層モデルは北、中央、南の3枚の断層からなるモデルであるが、中央の断層は幅、走向、傾斜角が南の断層と同じであることから、実質は2枚の断層面で、中央の断層は奥尻島西岸での打ち上げ高の再現のための調整で設けられたものである。地殻変動量及び打ち上げ高は実測値と良く一致しているが、初松前周辺での打ち上げ高の実測最大値を下回っている。

表 2-3 高橋・他(1994)の断層パラメータ

Total length =144.5km $M_w = 7.81$

表-1 DCRC-17aの断層パラメータ

Fault	North	Center	South
$M_0 (\times 10^{27} \text{ dyne}\cdot\text{cm})$ Total : 6.62×10^{27}	3.85	0.56	2.21
Width (km)	25	25	25
Length (km)	90	30	24.5
Depth (km)	10	5	5
Strike (°)	188	175	163
Dip angle (°)	35	60	60
Slip angle (°)	80	105	105
Dislocation (m)	5.71	2.50	12.00

⑥高橋・他(1995)：越村・萱場(2010)でも使用されている波源モデル

高橋・他(1995)の断層モデルは前述の高橋・他(1994)を再検討し修正されたものである。断層モデルの形状を図 2-9 に、パラメータを表 2-4 に示す。形状は高橋・他(1994)に対して、断層の幅及び走向が大きく変わっており、北大理予知セ・他(1993)の余震分布によりよく合う形になっている。再検討では、より実測値に近い打ち上げ高分布と地殻変動分布を得ることができたとしている。一方で北海道の西岸において津波の第一波の到達時刻が実測及び目撃証言よりも5分程度遅い結果となっている。

ただし、この論文で著者らが実施した津波予測計算は空間格子間隔が450mと粗いため、細かい部分の再現性があまり良くないことが、第一波の到達時刻等の違いに影響している可能性が考えられる。

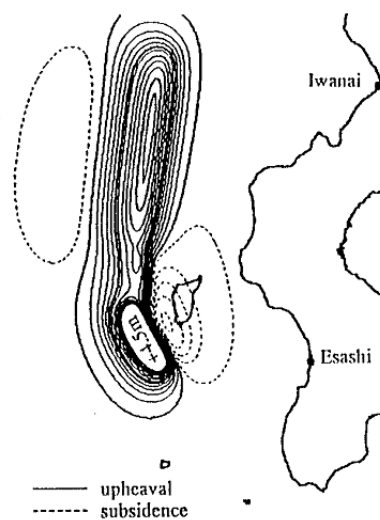


図 1 DCRC-26 モデルにおける地盤変位

図 2-9 高橋・他(1995)の断層モデルによる地殻変動量の分布。

表 2-4 高橋・他(1995)による断層モデルのパラメータ

表 1 DCRC-26 モデルの断層パラメータ

Fault	South	Central	North
Width (km)	25.0	25.0	15.0
Length (km)	90.0	26.0	30.5
Strike (°)	188	175	150
Dip Angle (°)	35	60	60
Slip Angle (°)	80	105	105
Depth (km)	10	5	5
Dislocation (m)	5.71	4.00	12.00
M_0 ($\times 10^{27}$ dyne $\cdot$ cm)	3.85	0.78	1.65

断層全体が東下りの断層面。
全長 146.5 km、 $M_w = 7.80$
※South と North のパラメータが逆であり
元の論文の誤植と思われる。

⑦岡村(2010)：余震域、地質構造

岡村(2010)による地質構造と断層分布を図 2-10 に示す。この中には北海道南西沖地震の余震域が合わせて示されている。余震域として参照している震源分布は日野・他(1994)である。断層モデルは久家・他(1994)、橋本・他(1994)、Tanioka, *et al.* (1995)の名前を挙げて参考としている。このうち、Tanioka *et al.* (1995)では南部は西傾斜の断層面を津波と地殻変動のジョイントインバージョンから設定している。

破壊域の北部の地質構造は西傾斜の逆断層とその上盤の非対称な背斜構造で特徴づけられる。逆断層は海嶺の東縁に分布し、余震も断層上盤側の非対称背斜構造にほぼ一致して広がっている。海嶺東縁の逆断層に沿ってリニアメントや変動地形が観察されている(竹内・他, 1996 など)。これらの観察の結果から、震源断層の一部が奥尻海嶺の東縁に露出していると考えられる。破壊域南部の奥尻海嶺は、奥尻島を中心とする南北方向の隆起帯とその西側の北北東－南南西方向の隆起帯からなる。いずれも、西翼が急傾斜する非対称な背斜構造であることから東傾斜の逆断層が推定されるのに対して、余震分布では西傾斜と推定されている。さらに、余震域は地質構造の隆起に対応しているとは言えない。潜水調査においても、奥尻島西側の斜面上に地震に関連した変動地形が数多く報告されているが、本震の原因となった活断層は確認されていない。地震時に奥尻島が沈降したことも、奥尻島の隆起を示す段丘の存在とは矛盾している。

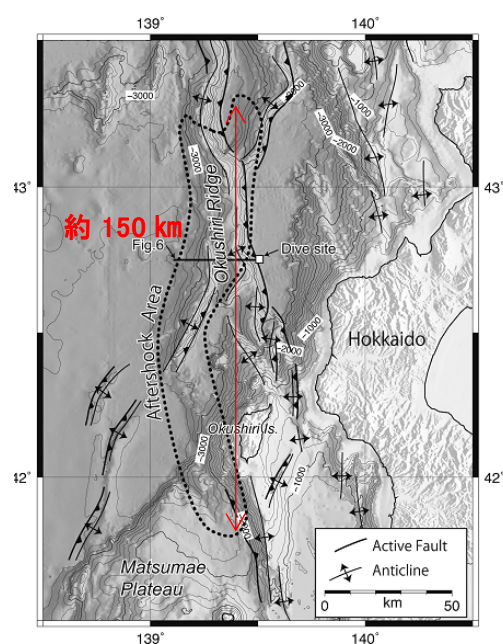


Fig. 8. Geological structure in and around the source area of the 1995 Hokkaido-Nansei-Oki Earthquake. The geological structure is modified from Okamura and Kato (2002) and the aftershock area is based on Hino *et al.* (1995). The dive site is the location where fresh deformation was observed on the seafloor after the 1995 Earthquake.

図 2-10 岡村 (2010) による地質構造と断層分布。

⑧加藤・都司(1994)：震源分布及び断層モデル

加藤・都司(1994)における断層パラメーターの決定手順は以下の通りである。

- A) 水平方向及び鉛直方向の余震分布から断層面の空間的な広がり进行想定する。
- B) A)で決定できなかったパラメーターについて断層面にもっとも近いと思われる江差、岩内での驗潮記録及び奥尻島での地殻変動記録に適合する値を求める。
- C) A)及びB)で求められなかった値については、先行研究の地震波解析結果を参考にし、地殻変動計算に必要な断層パラメータのすべての値を求める。

使用された余震分布データを図 2-11 に示す。また、これらの手順により設定された断層モデルを図 2-12 に示す。

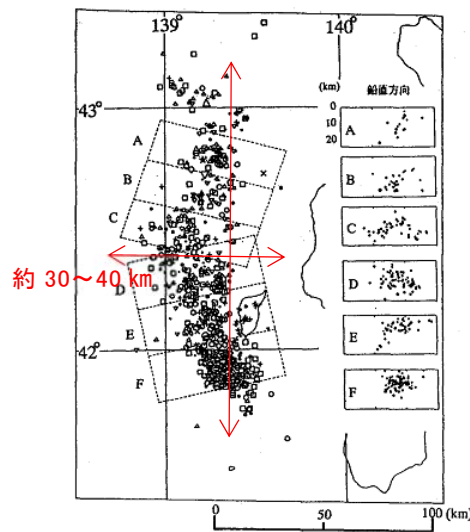


Fig. 1. Aftershock distribution of the Hokkaido-Nansei-Oki Earthquake from July 17 to August 24. The hypocenters were determined by the Faculty of Science, Hokkaido University. The location of the main shock is shown by a star (*).

図 2-11 加藤・都司(1994)による震源分布と断層モデル。

加藤・都司(1994)の断層モデルでは余震分布は 1993 年北海道南西沖地震余震観測グループによって決定された 7 月 12 日から 8 月 5 日までに発生した地震を示している。余震域の範囲は奥尻島西方海域を南端とする南北約 100 km、東西約 30 km～40 km 幅の海域である。

この断層モデルは断層面を北側と南側の 2 枚としている(図 2-12)。北側の断層は長さ 81 km、地表投影の幅は 25 km、傾斜角は 30° の西下がりで、走向は 186° 、また断層上端の深さは余震分布から 5 km とされている。南側の断層は長さ 35 km、地表投影面の幅は 25 km、断層上端深度は余震分布から 1 km である。傾斜方向及び傾斜角については地殻変動を説明する値として解析を行った。最適解として得られたのは、西下がりの断層面に対しては走向 $120^\circ \sim 180^\circ$ の範囲で傾斜角 50° 、すべり量 8～10 m、東下がりの場合は走向 $270^\circ \sim 360^\circ$ の範囲で傾斜角 25° 、すべり量 8～10 m の 2 つであった。これら 2 つについて、津波数値計算により江差における驗潮記録をより説明す

る解を決定している。津波数値計算の結果では、西下がりのモデルでは奥尻島の地殻変動及び江差の験潮記録とよく合っているものの、押し波第一波のプラス片振幅と引き波第一波のマイナス片振幅の比が観測記録とあまり適合していない。東下がりのモデルでは、地殻変動、験潮記録、片振幅比の3つの条件をよく説明しているが、地殻変動の標準偏差の適合度合は西下がりより低い。よって西下がりのモデルを採用している(表 2-5)。

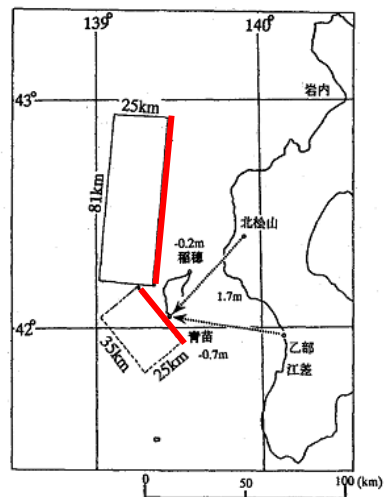


図 2-12 加藤・都司（1994）により設定された断層モデル。断層上端位置を加筆。

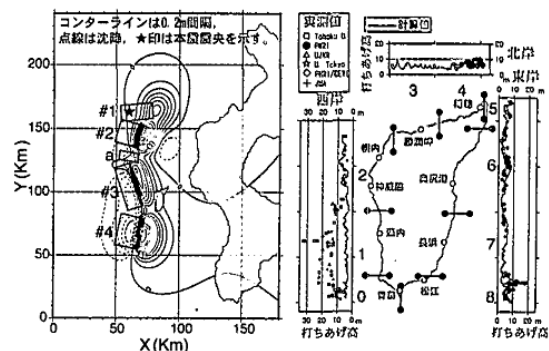
表 2-5 加藤・都司(1994)で設定されたモデルパラメーター(total length=116km)

	長さ	幅	深さ	走向	傾斜角	すべり角	すべり量
北側	81 km	29 km	5 km	186°	30°	86°	4m
南側	35 km	39 km	1 km	140°	50°	90°	6m

⑨松山・他(2003)：断層パラメータ(将来予測)

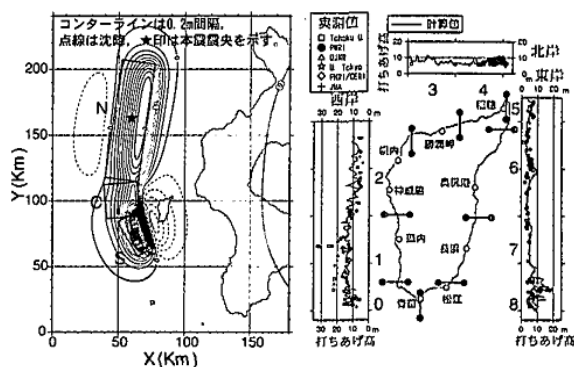
久家・他(1994)などの既往の研究成果と海底地震計データ、反射法プロファイル、海底地形、底質変状を総合的に検討し、6枚の矩形であらわされる断層モデルを推定している。

図 2-13 に松山・他(2003)で比較検討された久家・他(1994)の断層モデルと DCRC26(高橋・他(1995))の断層モデルを示す。表 2-6 にその断層パラメータの比較を示す。



(a) コンターラインは地盤上下変位分布、(b) 打ちあげ高に関する計算結果と実測結果の比較

図-1 本断層モデル (久家ら, 1994)



(a) コンターラインは地盤上下変位分布、(b) 打ちあげ高に関する計算結果と実測結果の比較

図-2 DCRC26 モデル (首藤ら, 1994)

図 2-13 久家・他(1994)と DCRC26 の断層モデルの比較。

表 2-6 久家・他(1994)と DCRC26 の断層パラメータの比較

表-1 各断層モデルの静的な断層パラメータ

(a) 本断層モデル (久家ら, 1994, Kuge ら, 1996) を基にした断層パラメータ

断層面	走向中央位置		深さ	長さ	幅	走向	傾斜角	変位量	滑り角	モーメント
	X (km)	Y (km)	d (km)	L (km)	W (km)	$\theta (^{\circ})$	$\delta (^{\circ})$	U (m)	$\lambda (^{\circ})$	M_0 (Nm)
#1	78.4	164.1	13	12.5	25	175	34	10.35 m	79	0.97×10^{20}
#2	68.6	143.6	5	18	18	196	28	9.67 m	81	0.25×10^{20}
a	59.3	124.6	9	15	7	280	80	7.94 m	80	0.25×10^{20}
#3	65.8	106	5	35	12.5	162	73	6.25 m	86	0.82×10^{20}
#4	68.2	67.3	5	25	17	192	72	11.37 m	104	1.45×10^{20}
total										4.43×10^{20}

(b) DCRC26 (首藤, 1996) を基にした断層パラメータ

断層面	走向中央位置		深さ	長さ	幅	走向	傾斜角	変位量	滑り角	モーメント
	X (km)	Y (km)	d (km)	L (km)	W (km)	$\theta (^{\circ})$	$\delta (^{\circ})$	U (m)	$\lambda (^{\circ})$	M_0 (Nm)
North	71	159.3	10	90	25	188	35	5.71 m	100	3.85×10^{20}
Central	65.1	101.8	5	26	25	175	60	3.99 m	75	0.78×10^{20}
South	69.9	78.5	5	30.4	15	168.5	60	12.00 m	75	1.65×10^{20}
total										6.28×10^{20}

久家・他(1994)：断層全長=85.5 km、 M_w 7.7

DCRC26：断層全長=146.6 km

※論文の誤植で、DCRC26 の出典は正しくは高橋・他(1995)

既往の研究成果を比較検討した結果、著者らは図 2-14 に示す断層モデルを得た。断層パラメータは表 2-7 に示す。得られた断層モデルから、3次元有限要素法によって地盤上下変位量を算出しているが、安全側の評価として考慮し、断層の変位量を逆断層の上盤側のみに生じたものとしている。この地盤変位量を用いて津波数値計算を行い、断層群による最大級の津波の想定を実施している。

Total length= 138.1km M_w 7.70

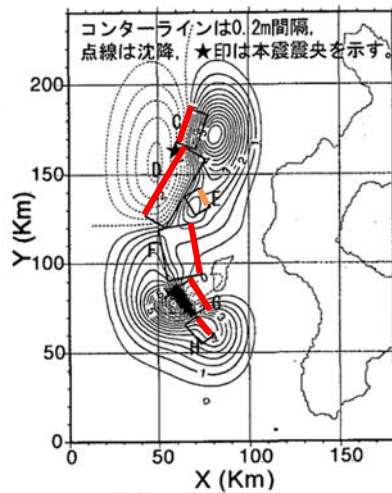


図-3 本研究で提案した波源モデル
(図中の矩形は各断層形状を示す。)

図 2-14 松山・他(2003)による断層モデル。断層上端位置を追記。

松山・他(2003)の断層モデルでは観測された現実の断層パラメータを用いたうえで津波を安全側に評価することを目的としている。北海道南西沖地震を再現することではなく、最大級の津波の想定であり、津波に関係したデータ及び情報は使用していない。

なお、この断層モデルのモデルパラメータは青柳・他(2000-b)により提案されたものである。青柳・他(2000-b)による断層パラメータを表 2-7 に示す。

表 2-7 青柳・他(2000-b)による断層パラメータ

(c) 青柳ら(2001)による提案する静的な断層パラメータ										
断層面	走向中央位置		深さ	長さ	幅	走向	傾斜角	変位量	滑り角	モーメント
	X (km)	Y (km)	d (km)	L (km)	W (km)	θ (°)	δ (°)	U (m)	λ (°)	M_0 (Nm)
C	74.5	173.8	10	20.2	12	200	30	15.0 m	90	0.97×10^{20}
D	64.5	139.5	11	44.4	13.8	210	20	5.76 m	90	0.94×10^{20}
E	67.3	132.3	8	12.1	19.1	330	60	4.09 m	90	0.25×10^{20}
F	53.1	104.6	10	29.3	21.9	350	30	4.81 m	90	0.82×10^{20}
G	62.9	78.5	5	18.2	12	330	25	14.44 m	90	0.83×10^{20}
H	76.1	65.7	7	13.9	16	145	75	5.38 m	90	0.62×10^{20}
total										4.43×10^{20}

※元の論文の誤植で、正しくは「青柳ら(2000)」である

⑩大塚・森谷(1998)：震源分布・震源再決定

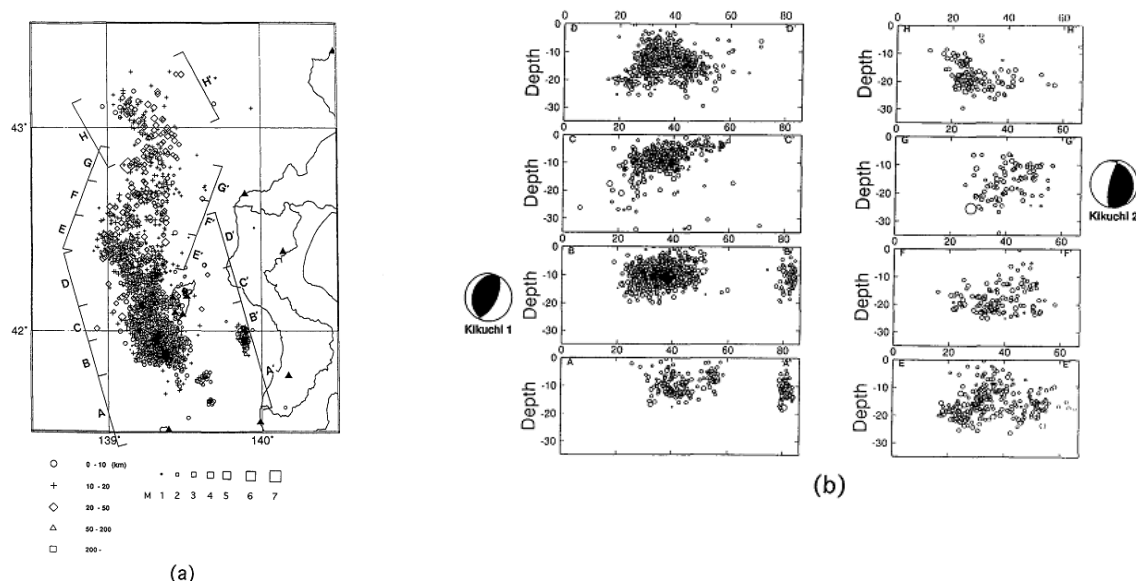


Fig. 1. (a) Epicenter distribution of aftershocks of 1993 Hokkaido Nansei-Oki earthquake (after Hokkaido Univ., 1994). (b) The distribution of aftershock hypocenters projected on to vertical planes in the region from A to H shown in Fig. 1(a) and the source mechanism solutions projected on lower hemisphere (after Kikuchi, 1993).

図 2-15 北海道大学理学部(1994)による余震の震央分布及び断面。

北海道大学理学部(1994)の余震分布では奥尻島近辺の余震域南部では断面図に西落ちの傾向がはっきりあらわれているが、本震の震央がある余震域北部では断層の傾斜方向が明瞭にあらわれていない(図 2-15)。本震がマルチプルショックであると考えられ、北海道南西沖地震の断層運動が既往研究においては複数の断層面によってモデル化されている。しかし、その断層面は余震分布とは必ずしも一致していない。1993 年北海道南西沖地震余震観測グループでは、北側は西下がり、南側は西下がりの傾向は見えるものの北側ほど明瞭でないとしている。北大理予知セ・他(1993)では主に北側の断層で西下がり、南側は明瞭でないとしている。笠原・他(1994)でも、一番北の小断層は東傾斜であるがそれ以外の北側は西傾斜で、南側は分からないとしている。これらの結果と、挙げられている断層モデルでは必ずしも矛盾はしない。

著者らは、震源決定の手法及び観測データに関する問題点を指摘し、とくに渡島半島下でのモホ面を考慮した補正をおこなうことで震源再決定の精度を向上させようと試みている。使用している震源決定手法は堀江・渋谷(1979)のアルゴリズムで、速度構造、震源要素、観測点補正を同時決定する方法である。再決定された震源分布を図 2-16 に示す。

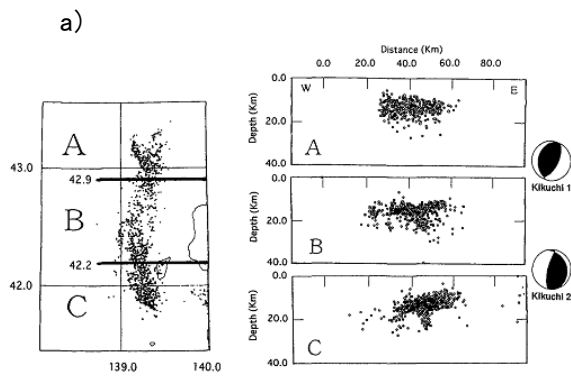


Fig. 11. The aftershock distribution determined by the ocean bottom seismogram observation array (left, Hino, 1994) and distribution of the hypocenters projected on to vertical planes parallel to east-west in the region from A to C (right). The source mechanism solutions (after Kikuchi, 1993) are added.

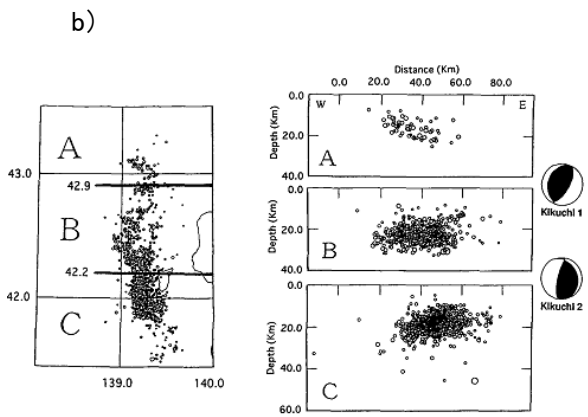


Fig. 14. The aftershock distribution and the projection of the hypocenters on to vertical planes parallel to east-west for total analysis period. The source mechanism solutions (after Kikuchi, 1993) are added.

図 2-16 大塚・森谷(1998)による震源分布。a)1993 年 7 月 21～8 月 16 日までにおこなわれた OBS 観測データによる震源分布、b)1993 年 7 月 20 日～1994 年 3 月 31 日の陸域観測データから決定した震源。

この結果では気象庁と北大理学部の実体波初動の観測記録を併合して震源再決定をおこない、また、OBS の観測データからもとめた震源分布と比較されている。これらの結果から、北部では 10° 程度の東落ち、南部では 20° 程度の西落ちであるとしている。

※なおこの研究について、北部の断層とは A 領域だけを言っているのか、折れ曲がりの北側全体を言っているのかが、論文の記載では明確でない。他の研究では「く」の字の折れまがりの上側を北部としている。

⑪菊地(1993)：南北に主に 2 枚の断層面

⑫久家・他(1994)：5 個のサブイベント

この二つの論文では著者が重複しており、同様の手法で実施されているため、断層モデルは類似している。これらの断層モデルは、北部が低角で西に傾斜、南部が低角で東に傾斜したモデルとなっている。これらについては詳細を入手することは難しく、断層の傾斜方向のみの記載とする。

⑬ 青柳・他(2000-a)：地形・震源・断層モデル

青柳・他(2000-a)は、久家・他(1994)の遠地実体波インバージョンによる断層面と海上保安庁水路部による海底地形図、気象庁による本震から1週間の震央分布を重ね描きして比較している(図 2-17 及び図 2-18)。余震域が本震の断層面よりも広範囲に及んでいることから久家・他(1994)の断層モデルは海底地殻変動領域の面積を過小評価している可能性があるとしている。

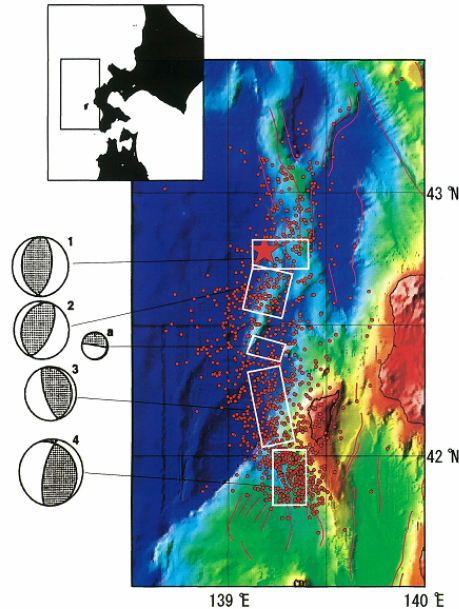


図 5 海上保安庁水路部の海底地形図(シービームマップ)を重ねた気象庁による 1993 年北海道南西沖地震の余震分布。本震から 1 週間分の震央分布をプロットした。星印が本震を表す。紫色の実線は活断層研究会による活断層。震源メカニズム解は久家ほか(1994)によるもので、彼らの提案する断層モデルを白線で示した。

図 2-17 久家・他(1994)による断層面と海底地形図及び震央分布の比較。

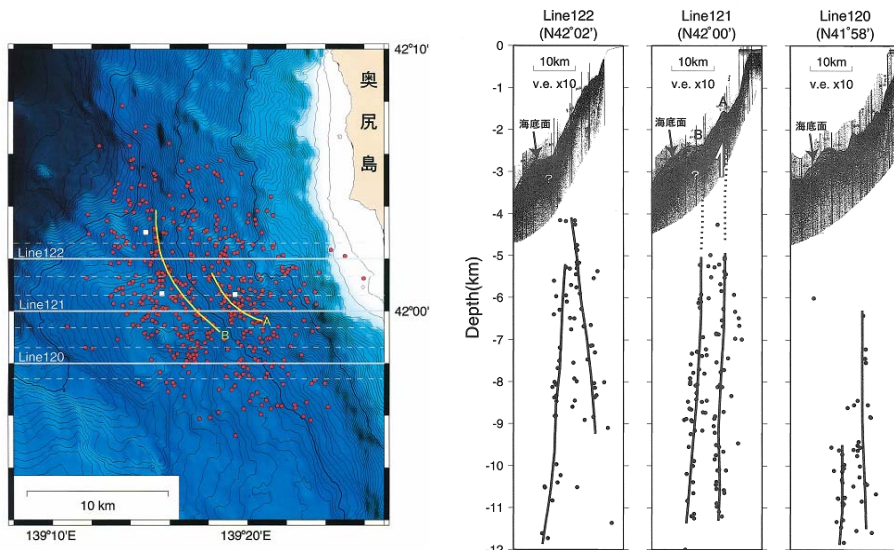


図 8 奥尻島南西斜面における北海道南西沖地震の余震分布(青柳ほか、1998)。白四角が観測点、赤丸が震央を表す。海底地形は海上保安庁水路部のシービームマップ。黄色の実線 A、B はそれぞれ、水深約 1700m、約 2200m で斜面勾配の変化する様状領域を示す。地質調査所による反射法地震探査の測線を灰色の実線で示す。図 9 には、この測線両側に示す断層間にある震源をプロットした。

図 9 東西の反射法地震探査断面(地質調査所、未公表)に投影した余震分布。反射断面の深さは、シービームマップと反射断面の海底面を合わせたもの。図の右端が奥尻海嶺で、黒丸が震源を表す。灰色の実線が震源分布から解釈される断層。断層が震源分布と反射断面から予想される断層面。

図 2-18 青柳・他(2000-a)による震源分布。

さらにこの論文では、震源域南部の余震分布、反射法探査、海底地形、海底潜航調査のデータを組み合わせることで、地殻構造の不均質さを示し、余震分布及び海底地殻変動に与える影響を考察している。余震分布は本震か8日後から行われたOBS観測から決定された、誤差1 km以内の地震を用いて議論されている。

余震は北北西—南南東の走向をもつ海底地形に沿って発生し、線(A)水深約 1,700m と線(B)水深約 2,200m 付近にある斜面勾配の変化する部分に沿って分布する傾向にあるとしている。これらは、ふたつのグループとして分離されているものとしている。

⑭青柳・他(2000-b：地形・震源・断層モデル)

青柳・他(2000-b)では気象庁によって決定された震源分布をOBS観測のデータを用いて決定された震源データから補正することで1993年7月21日～8月16日までに発生した地震のうち、気象庁のリストとOBSのリストで共通する564個について比較を実施している。共通する地震における位置のずれは観測点配置や速度構造の違いに起因する。この違いを用いてOBS観測による震源を基準に気象庁の震源の位置を補正している。補正を行い再決定した地震は本震発生から約1日間に発生した441個である(図2-18)。これら余震分布の連続性及び傾斜の違いから震源域を8つのセグメント(A～H)に区分することで本震の震源断層をモデル化した(図2-18及び表2-8)。

久家・他(1994)ではA、Bに相当する断層は設定されていない。本震の破壊開始点はC付近に設定されていて、破壊は南に伝播したとされている。北側のA、Bでは本震直後には比較的地震活動は少ないが、後になって活発化したことから本震発生による応力変化により発生したものと考察している。

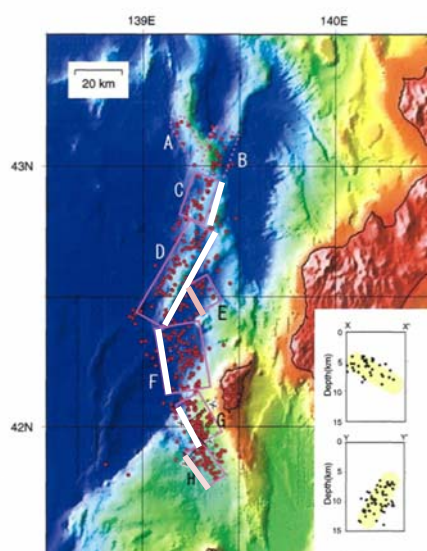


図7 海底地形図に重ねた補正後の震央分布
震央分布から推定される断層モデルをA～Hの長方形で示す。右下枠内の深度断面は、本震の約50日後に同海域で実施された海底地震計臨時観測の結果(青柳ほか、1998)

図2-18 青柳・他(2000-2)による断層モデルと震源分布。

表 2-8 青柳・他（2000-b）による余震分布の基づく断層パラメータ

表 1 余震分布に基づく断層パラメータ

記号	表 2 で対応する断層	上辺深さ (kmbsl)	面積 S (km ²)	Mo (10 ²⁰ Nm)	走向	傾斜	変位量 U (m)
C	#1	10.0	243.40	0.97	N20E	30N	15.0
D	#2	11.0	614.37	0.94	N30E	20N	5.76
E	#a	8.0	230.49	0.25	N30W	60N	4.09
F	#3	10.0	640.72	0.82	N10W	30N	4.81
G	#4 (前)	5.0	216.90	0.83	N30W	25N	14.44
H	#4 (後)	7.0	221.83	0.62	N35W	75S	5.38

なお、この E の部分の地震活動について、なぜ、面を分けているのかが論文中では述べられていなかった。E の南にも断層面の矩形から外れた地震活動はみられる。

⑮松山・他(2002)：従来の知見に基づく断層モデルをテストし新知見による断層モデルを設定

松山・他(2002)では従来の断層モデルとして久家・他(1994)及び DCRC26 モデル(論文中では首藤・他(1996)としているが、高橋・他(1995)と思われる)について津波数値計算を行い、実測値と比較している。久家・他(1994)のモデルでは、奥尻島西岸南部の打ち上げ高が過小評価となっている。

DCRC26 モデルでは全体的に津波の挙動をよくあらわしているものの、20 m を超える打ち上げ高が記録されている奥尻島西岸南部において計算値の最大が 15 m 程度と小さくなっている。

この研究は、原子力発電所の津波にたいする安全性を考えた場合に、これらの過小評価がある断層モデルでは不十分であるとし、最大でどの程度の津波が発生するかを見積もるモデルとして位置づけられている。

図 2-19 に松山・他(2002)の断層モデルによる津波の数値計算結果と DCRC26 断層モデルによる数値計算結果の比較を示す。

松山・他(2002)で新知見として従来のモデルと比較されている断層モデル自体は青柳・他(2000-b)で設定されたものである。断層モデルの形状及びパラメータを図 2-20 及び表 2-9 に示す。

この論文の断層モデルは、青柳・他(2000-b)によって、精度よく再決定された余震分布及び海底地形などの観測データから設定されたものであり、津波を安全側に評価することを目指して設計されたものとしている。この論文ではさらに、最大クラスの海底面の隆起量を想定するため完全な逆断層としてすべり角を 90° として設定している。また、断層の上盤側のみが優位的に活動するものと仮定して、断層の変位を逆断層の上盤側に押し付けるように強制変位させている。

このモデルによる打ち上げ高分布は、従来の断層モデルでは過小評価の傾向だった奥尻島西岸南部で実測値を上回り、奥尻島北岸及び東岸では実測値とほぼ一致している。西岸域においては、中央部から北部では実測値の倍以上になる地点もあるが、30m

を超える最大実測値の地点では 23m 程度と下回っている。これは、局所的な海底及び陸域地形の影響であると考えられている。

青柳(2000-b)には、遡上高を安全側に推定するために、不確定なパラメータを上下変位が最大になるような設定をしたという記述がある。北海道南西沖地震についての久家・他(1994)の断層面が余震分布をカバーしていないことが問題であるとして、高精度な震源決定から、余震分布をカバーする断層面を見積もっているが、これは著者らがメインの課題としている、過去の地震における実測値が計算値より低くなることを解決するためのアプローチであるとみられる。

以上の既往研究における断層長さや断層傾斜方向のまとめを表 2-10 に示す。また、既往研究における断層北端、南端のおおよその位置(M：断層モデル、E：余震分布)を図 2-21 に示す。

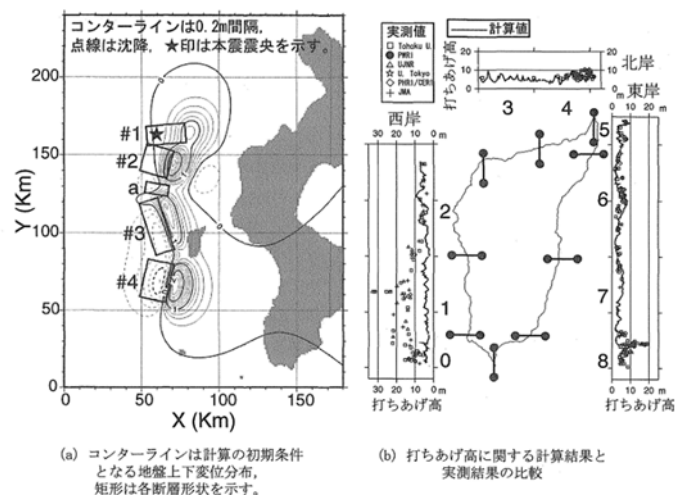


図 1-2 本震断層モデルと従来の地盤上下変位算出方法に基づく奥尻島の津波の数値計算結果

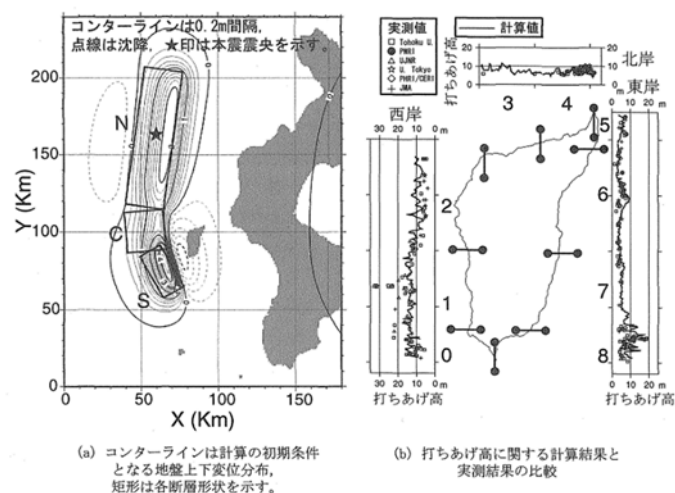


図 1-3 DCRC26 モデルと従来の地盤上下変位算出方法に基づく奥尻島の津波の数値計算結果

図 2-19 松山・他(2002)及び DCRC26 断層モデルと従来の断層モデルにおける津波高さの比較。

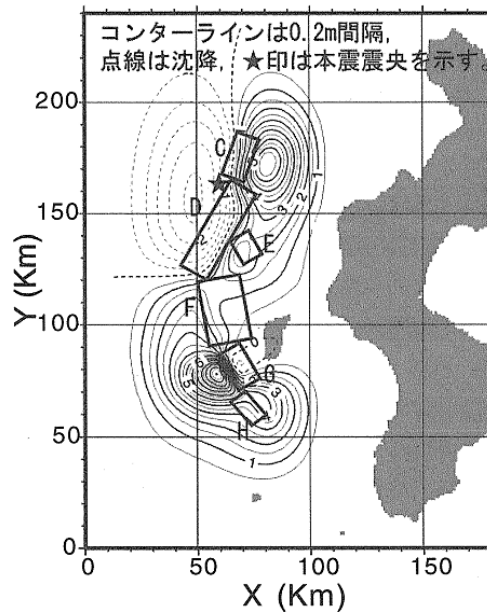


図 2-2 新たな波源モデルによる地盤上下変位分布, 図中の矩形は各断層形状を示す。

図 2-20 松山・他(2002)によって新知見として検討された青柳・他(2000-b)の断層モデルの形状と地殻変動量の上下成分。

表 2-9 青柳・他(2000-b)による断層パラメータ

表 2-1 青柳らによる静的な断層パラメータ

断層面	走向中央位置		深さ	長さ	幅	走向	傾斜角	変位量	滑り角	モーメント
	X(km)	Y(km)	d(km)	L(km)	W(km)	$\theta(^{\circ})$	$\delta(^{\circ})$	U(m)	$\lambda(^{\circ})$	$M_0(\text{Nm})$
C	74.5	173.8	10	20.2	12.0	200	30	15.0m	90°	0.97×10^{20}
D	64.5	139.5	11	44.4	13.8	210	20	5.76m	90°	0.94×10^{20}
E	67.3	132.3	8	12.1	19.1	330	60	4.09m	90°	0.25×10^{20}
F	53.1	104.6	10	29.3	21.9	350	30	4.81m	90°	0.82×10^{20}
G	62.9	78.5	5	18.2	12.0	330	25	14.44m	90°	0.83×10^{20}
H	76.1	65.7	7	13.9	16.0	145	75	5.38m	90°	0.62×10^{20}
total										4.43×10^{20}

total length=138.1 km Mw 7.70

表 2-10 既往研究における断層長さと傾斜方向

出典		種別	長さ (約, km)	M_w	北端部の小断層の有無 (E or W, deg)	北 (E or W, deg)			南 (E or W, deg)		
日本海検討会 (2014)	F14	モデル	175	7.83	なし	W45	W45		W60		
	F15	モデル	177	7.83	なし	W45	W45		W60		
北海道総務部危機対策局防災消防課 (2010)	地震本部 (2003)	モデル	150	7.8	あり (E30)	W30			W60		
Tanioka et al. (1995)	笠原・他 (1994)	震源	150	×	あり (E)	W	W		?	?	
	断層モデル	モデル	137	7.73	あり (E30)	W30	W30		W60	W60	
羽鳥 (1994)	北大理予知セ・他 (1993)	震源	150		なし				(西側隆起)		
高橋・他 (1995)	DCRC-26	モデル	146.5	7.80	なし	E35	E60		E60		
高橋・他 (1994)	北大・他 (1993)	震源	150	×	あり	E30			W?		
	DCRC-17a	モデル	120	7.81	なし	E35	E60		E60		
岡村 (2010)	日野・他 (1994)	震源	150	×	あり						
加藤・都司 (1994)	余震観測 G	震源	100	×	あり						
	断層モデル	モデル	116	?	なし	W30			W50		
久家・他 (1994)		モデル	85.5	7.70	なし	W34	W28	W80	W73	W73	
青柳・他 (2000-a, b)		モデル	138.1	7.70	なし	W30	W20	E60	E30	E25	W75
大塚・森谷 (1998)		震源	150	×	あり (E)	E10			W20		

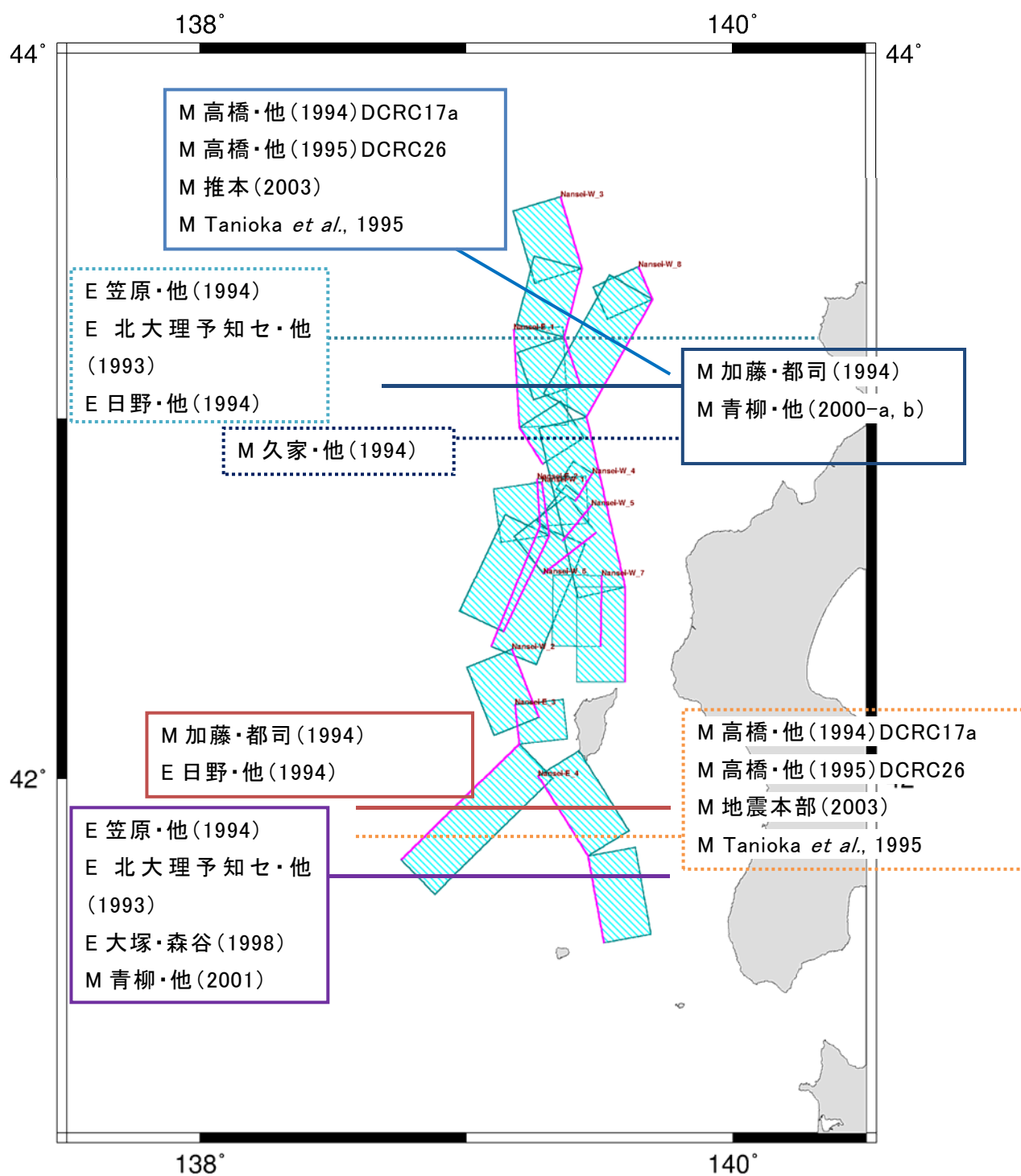


図 2-21 先行研究における断層面の断層北端・南端の位置。

2-2 断層モデルの設定方針

① 断層の形状と分布についての考え方

先行研究において余震域は南北に 150 km 程度の範囲とされるが、断層モデルとしては、約 120 km～140 km 程度の長さで設定されている。久家・他(1994)では 85.5 km と他の研究に比べて大幅に短くなっている。北端の断層については、余震分布では地震活動が確認されているものの、本震直後にはこの部分の地震活動は活発ではなく、時間が経つにつれて活発化していったことから、本震により破壊したものではなく、後の応力変化により破壊したものと考えられる。断層幅は、20～40 km 程度の範囲で設定されているが、断層の分割数によって 10 km 程度になるところがあるなど、断層モデルのセグメント数に依存している。セグメント数は南北 2 セグメントの単純なモデルから 6 セグメントのモデルまで設定されており、断層の傾斜方向も北側、南側の断層はともに、東傾斜を主張するもの、西傾斜を主張するものがあり、先行研究からその傾向を判断することはできない。サブテーマ(2)の断層データからもこの周辺は西傾斜と東傾斜の断層が近接して存在することから、設定する断層モデルの傾斜方向を一義的に決めることはできないものと思われる。また、傾斜角は北側の断層で低角、南側でやや高角な傾向がみられるが、これについても検討する必要がある。

北海道南西沖地震の断層モデルを設定するにあたって、既往断層モデルのうち Tanioka et al. (1995)及び高橋・他(1995)の断層モデルをベースに検討するのが適当と判断した。理由として、久家・他(1994)の断層モデルでは他の断層モデル及び余震域に対して長さが短く、また、青柳・他(2000-a, b)の断層モデルは著者らを含む後の研究(松山・他, 2003)において最大クラスを想定した断層モデルであることを主張しており、また北側の 2 番目の断層近傍に、他のモデルでは設定されていない小さな東傾斜の断層を設定していることから、今回の検討からは外すこととした。

この 2 つの断層モデルを参照し、モデルの断層トレースに近接するサブテーマ(2)による断層トレースを選び、グループ化することで北海道南西沖地震の再現的モデルのためのトレースを設定し、それらに対して、「く」の字の北側及び南側のグループの断層傾斜方向について西傾斜・東傾斜の両方を検討した。

北海道南西沖地震は、発生過程がマルチプルショックであるとされるなど複雑であり、余震分布から想定される震源断層に当たる部分に地形や地殻構造の明確な変化がない部分が含まれるなど、よく分からない部分が多い地震である。そのため、サブテーマ(2)の断層データからも、該当する基本モデルを選ぶことが難しいと考えられることから、並行し近接する断層をひとつのグループとみなし、それを断層位置と考えて設定した。サブテーマ(2)による断層の位置と本検討において設定する断層モデルの位置を次の図 2-22 に示す。

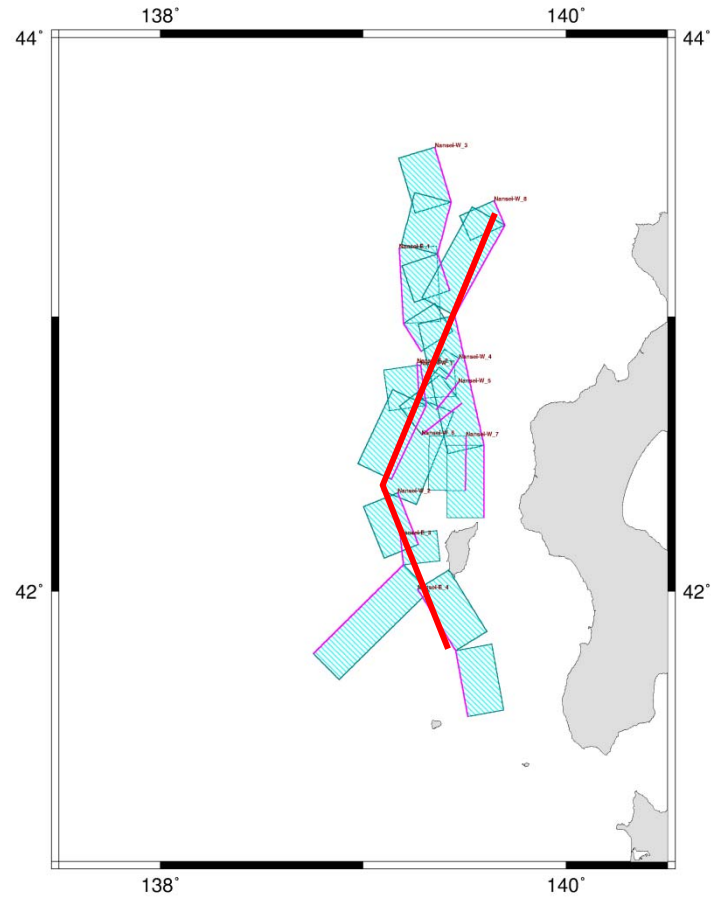


図 2-22 再現的モデルの断層トレースの設定イメージ。

サブテーマ(2)のデータに示された断層トレースを基に下端深度 15 km、傾斜角 45° として、断層を矩形モデル化し、断層位置の分布から近接したものを、ひとまとめと考えて断層トレースを検討した。

②大すべり域の設定の考え方

日本海中部地震と同様、かならずしも1つのセグメントにひとつの大すべり域とはせず、また設定位置についても多様性を検討することとした。日本海中部地震よりも1つ当たりのセグメント面積が小さくなることが予想されることから、大すべり域を設定することによる津波の高さへの効果があまり無い可能性も考慮した。

2-3 パラメータスタディ

①パラメータスタディ用断層モデルの基本形状

先行研究において示された既往断層モデルや震源分布を比較した結果、それらからは北海道南西沖地震の断層傾斜方向を判断することはできなかった。よって、断層傾斜方向の組み合わせと断層傾斜角を変えたパラメータスタディを行うことによって、それらのパラメータについて検討することとした。表 2-11 に②の項目で設定した断層に対して南北の断層の傾斜角がともに東傾斜であり、傾斜角が 45° である場合のパラメータの例を示す。

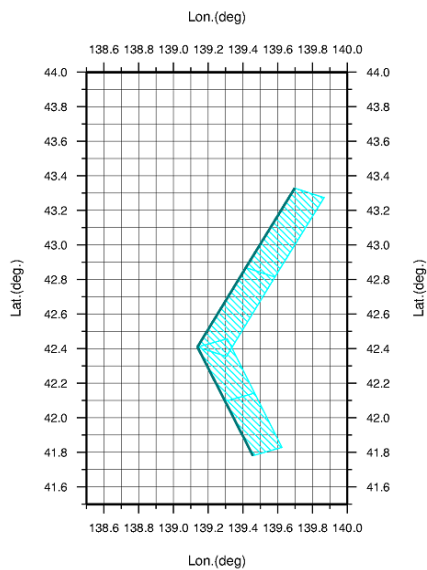
表 2-11 北部、南部の断層がともに東傾斜で、傾斜角が 45° の場合のパラメータの例

Lat.	Lon.	Top(km)	Bottom(km)	Strike	Dip	Rake	L. (km)	W. (km)	D. (m)	Mw
42.8697	139.4160	0.00	15.00	21.10	45.00	90	56.06	21.21	6.42	7.89
42.4091	139.1387	0.00	15.00	21.10	45.00	90	56.06	21.21		
42.0952	139.2981	0.00	15.00	336.50	45.00	90	37.31	21.21		
41.7811	139.4560	0.00	15.00	336.50	45.00	90	37.31	21.21		

図 2-23 に本検討で設定する断層の傾斜方向の組み合わせ(全 4 通り)と先行研究の断層モデルのうち類似するものとの対応関係を示す。

a) 北部の断層=東傾斜、南部の断層=東傾斜

EEEE

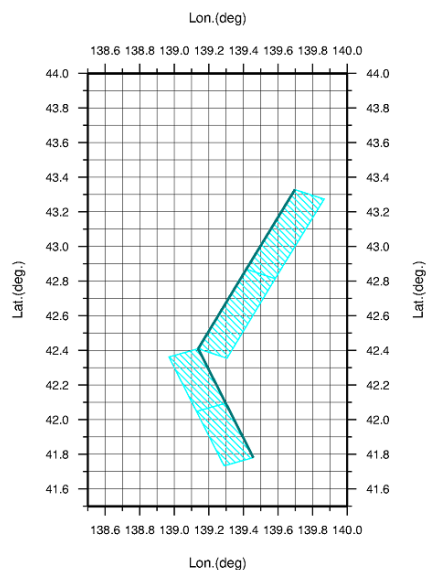


高橋ほか(1995)北DCRC(1993)

高橋ほか(1994)太田RC森谷(1998)

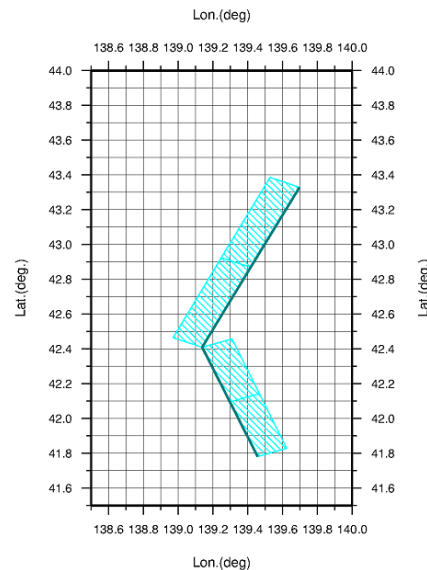
b) 北部の断層=東傾斜、南部の断層=西傾斜

EEWW



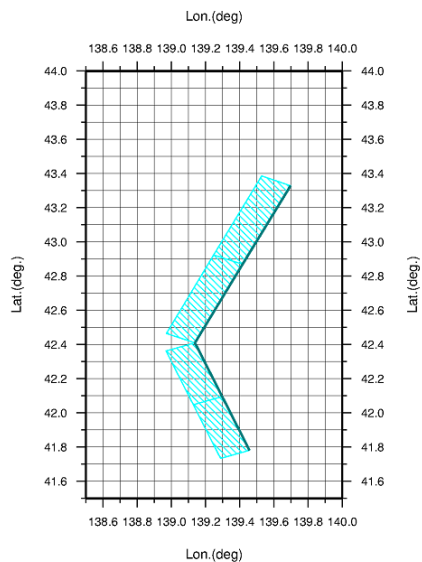
北部の断層=西傾斜、南部の断層=東傾斜

WWE



d) 北部の断層=西傾斜、南部の断層=西傾斜

WWWW



日本海検討会 (2014) 地震本部 (2003)

Tanioka *et al.*, 1995

加藤・都司 (1994) 久家ほか (1994)

図 2-23 断層傾斜方向の組み合わせと既往研究のモデルとの対応関係。

表 2-12～表 2-14 は、断層傾斜方向の組み合わせの一例として北部と南部の断層がともに東傾斜の場合について断層傾斜角を 30° 、 60° 、北部が 30° 、南部が 60° とした場合の断層パラメータを示す。

表 2-12 北部、南部の断層がともに東傾斜で、傾斜角が 30° の場合のパラメータの例

Lat.	Lon.	Top(km)	Bottom(km)	Strike	Dip	Rake	L. (km)	W. (km)	D. (m)	Mw
42.8697	139.4160	0.00	15.00	21.10	30.00	90	56.06	30.00	9.08	8.10
42.4091	139.1387	0.00	15.00	21.10	30.00	90	56.06	30.00		
42.0952	139.2981	0.00	15.00	336.50	30.00	90	37.31	30.00		
41.7811	139.4560	0.00	15.00	336.50	30.00	90	37.31	30.00		

表 2-13 北部、南部の断層がともに東傾斜で、傾斜角が 60° の場合のパラメータの例

Lat.	Lon.	Top(km)	Bottom(km)	Strike	Dip	Rake	L. (km)	W. (km)	D. (m)	Mw
42.8697	139.4160	0.00	15.00	21.10	60.00	90	56.06	17.32	5.25	7.78
42.4091	139.1387	0.00	15.00	21.10	60.00	90	56.06	17.32		
42.0952	139.2981	0.00	15.00	336.50	60.00	90	37.31	17.32		
41.7811	139.4560	0.00	15.00	336.50	60.00	90	37.31	17.32		

表 2-14 北部、南部の断層がともに東傾斜で、傾斜角は北部が 30° 、南部が 60° の場合

Lat.	Lon.	Top(km)	Bottom(km)	Strike	Dip	Rake	L. (km)	W. (km)	D. (m)	Mw
42.8697	139.4160	0.00	15.00	21.10	30.00	90	56.06	30.00	7.55	7.99
42.4091	139.1387	0.00	15.00	21.10	30.00	90	56.06	30.00		
42.0952	139.2981	0.00	15.00	336.50	60.00	90	37.31	17.32		
41.7811	139.4560	0.00	15.00	336.50	60.00	90	37.31	17.32		

M_w としては先行研究では M_w 7.8 程度であるのに対して、ここで設定しているモデルは M_w 7.9～8.0 程度とやや大きい。合計断層長さが 187 km と、30 km 程度長いことによる。

以上の検討から、本検討において設定する断層傾斜方向と傾斜角の組み合わせを、全部で以下の 16 通りとしてパラメータスタディを実施した。組み合わせを表 2-15 に示す。

表 2-15 パラメータスタディを実施した断層モデルの傾斜方向と傾斜角の組み合わせ

傾斜 方向	設定 ①	設定 ②	設定 ③	設定 ④	傾斜角	①	②	③	④
北部①	東	東	西	西	北部①	30°	45°	60°	30°
北部②	東	東	西	西	北部②	30°	45°	60°	30°
南部①	東	西	西	東	南部①	30°	45°	60°	60°
南部②	東	西	西	東	南部②	30°	45°	60°	60°

なお、パラメータスタディは表 2-16 に示す津波予測計算の計算条件により実施した。

表 2-16 津波予測計算の計算条件

内容	
支配方程式	非線形長波理論
数値解法	Staggered Leap-frog 差分スキーム
計算領域	北海道南部及び日本海東縁部の沿岸
計算領域の格子サイズ	外洋から順に 1,350m、450m、150m(最小 150m メッシュ)
境界条件	陸域では遡上を考慮 海側では無反射の透過境界
各種施設の取り扱い	各種施設は考慮しない
計算時間	6 時間
初期水位	Okada(1992)で算出した海底地盤変動量
潮位	T. P. 0 m
打ち切り水深	10^{-2} m
粗度係数	0.025

②パラメータスタディの結果

前項の「パラメータスタディ用断層モデルの基本形状」において述べた、全部で 16 通りの断層モデルについて津波予測計算によるパラメータスタディを実施した結果を示す。ここでは、断層モデルを使用して計算した結果として津波の最大水位上昇量と津波痕跡高との比較を行った。津波痕跡高は東北大学工学研究科及び原子力安全基盤機構により整備されている「津波痕跡データベース」(東北大学災害科学国際研究所災害リスク研究部門津波工学研究分野低頻度リスク評価研究分野・原子力規制庁長官官房技術基盤グループ安全技術管理官(地震・津波担当)付, <http://tsunami-db.irides.tohoku.ac.jp/tsunami/kiyaku.php>)において、信頼度 A 及び B とされているものとを比較した。以降の図中において、青線はそれぞれの断層モデルを使用して

計算した最大水位上昇量を示し、灰色の線は全モデルの計算結果を重ね合わせた場合の最大津水位昇量の各評価地点での最大値を示したものである。また、オレンジ色の点は津波痕跡高のうち、信頼度が B であるもの、赤い点は信頼度が A であるものを示している。

a) 北部の断層=東傾斜、南部の断層=東傾斜

北部の断層の傾斜方向が東傾斜で、南部も東傾斜の場合において断層傾斜角を変えた計算結果を図 2-24 に示す。

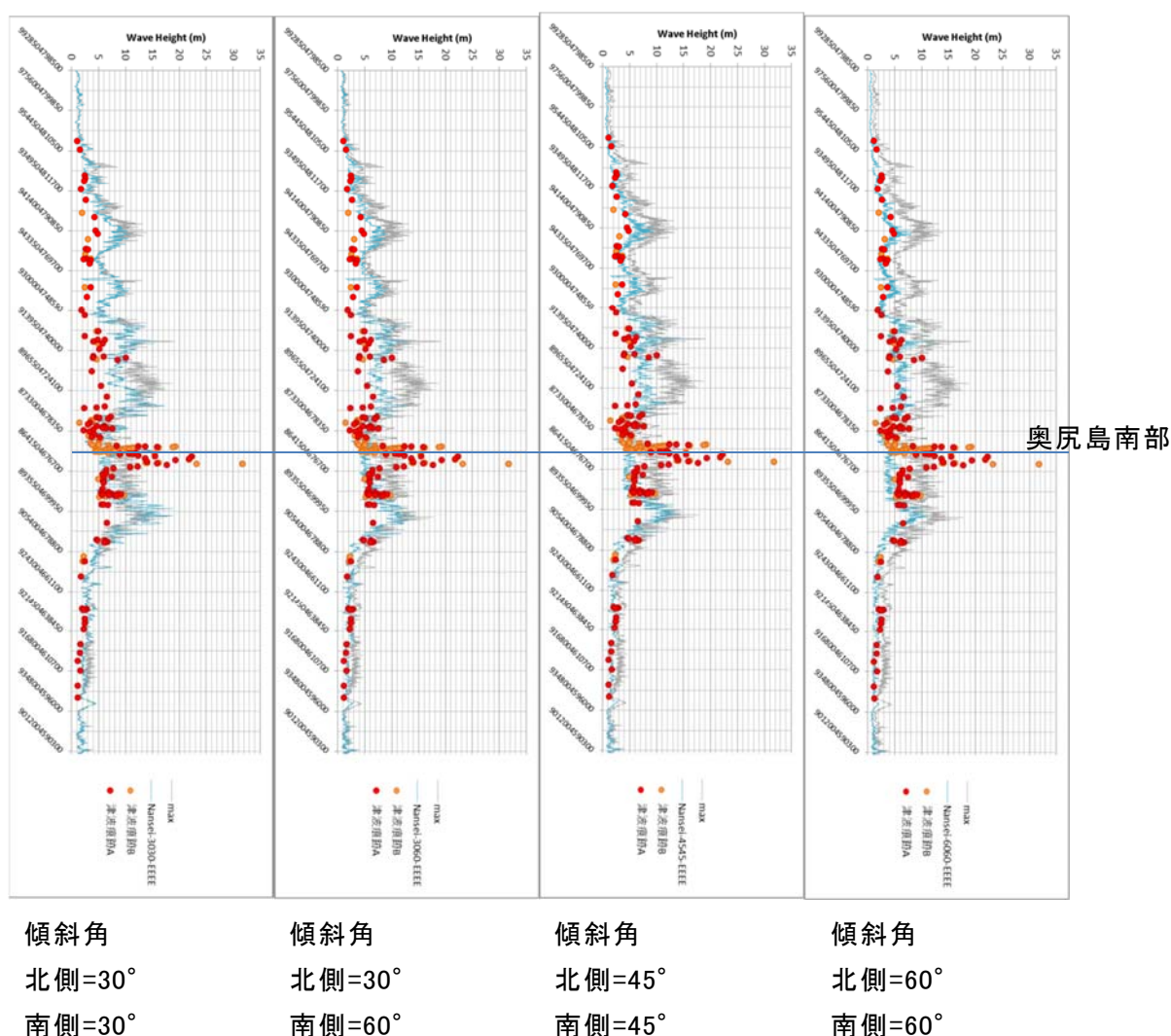


図 2-24 断層モデルを用いた最大水位上昇量と津波痕跡高との比較。

縦軸は 150 m メッシュ計算領域における沿岸の評価地点を示し、上が北、下が南となっている。北端は北海道増毛郡、南端は北海道松前郡となっている。

b) 北部の断層=東傾斜、南部の断層=西傾斜

北部の断層の傾斜方向が東傾斜で、南部は西傾斜の場合において断層傾斜角を変えた計算結果を図 2-25 に示す。

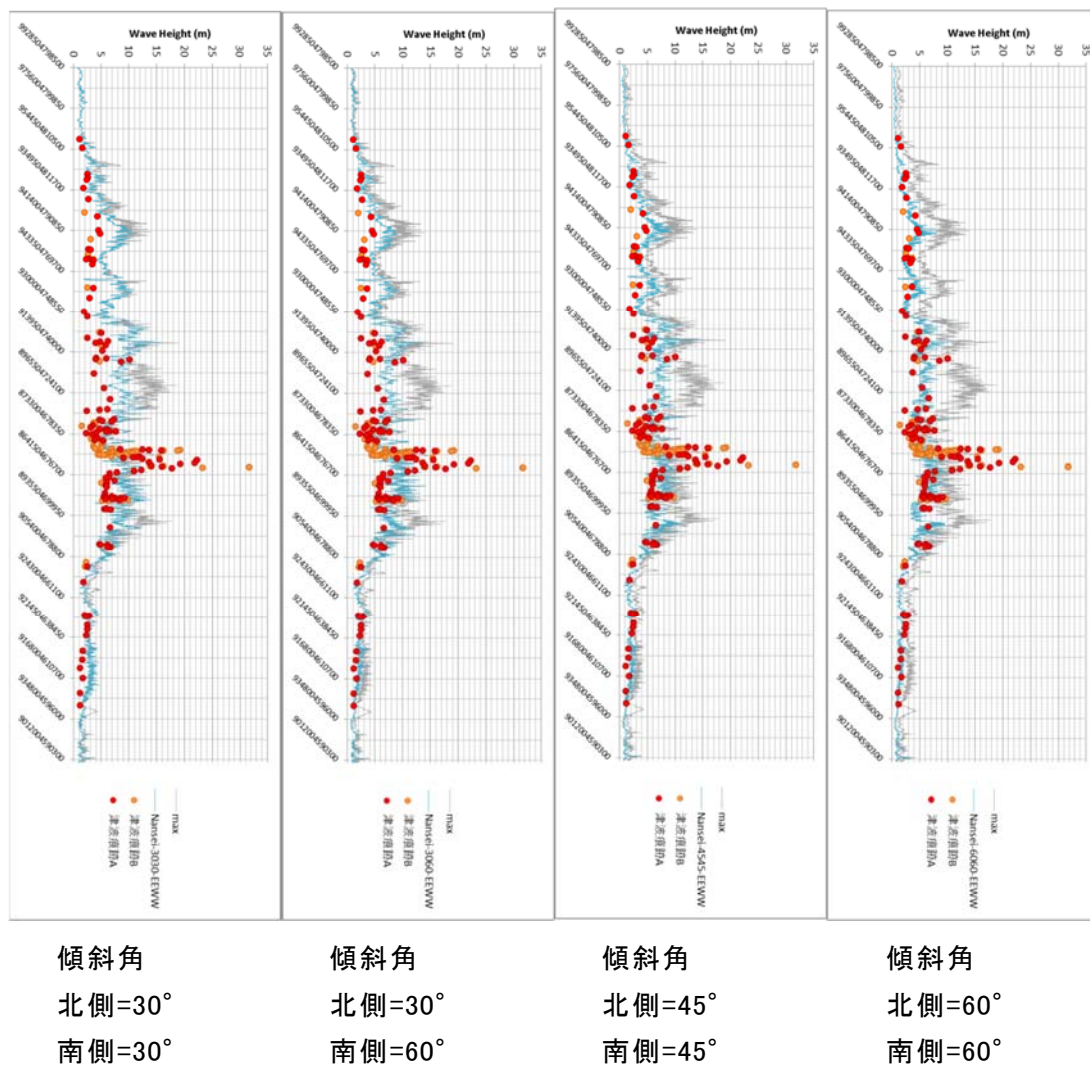


図 2-25 断層モデルを用いた最大水位上昇量と津波痕跡高との比較。

c) 北部の断層=西傾斜、南部の断層=東傾斜

北部の断層の傾斜方向が西傾斜で、南部が東傾斜の場合において断層傾斜角を変えた計算結果を図 2-26 に示す。

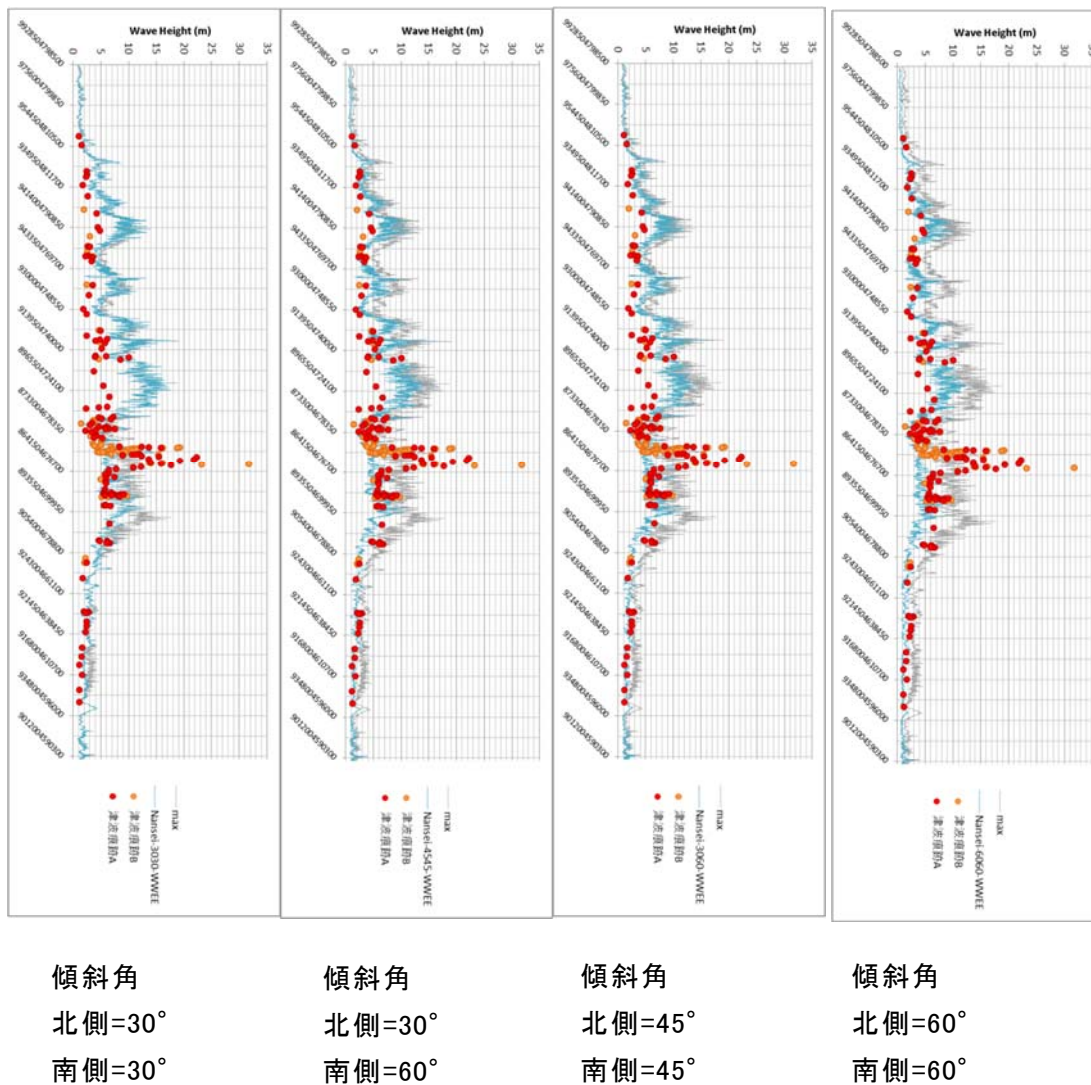
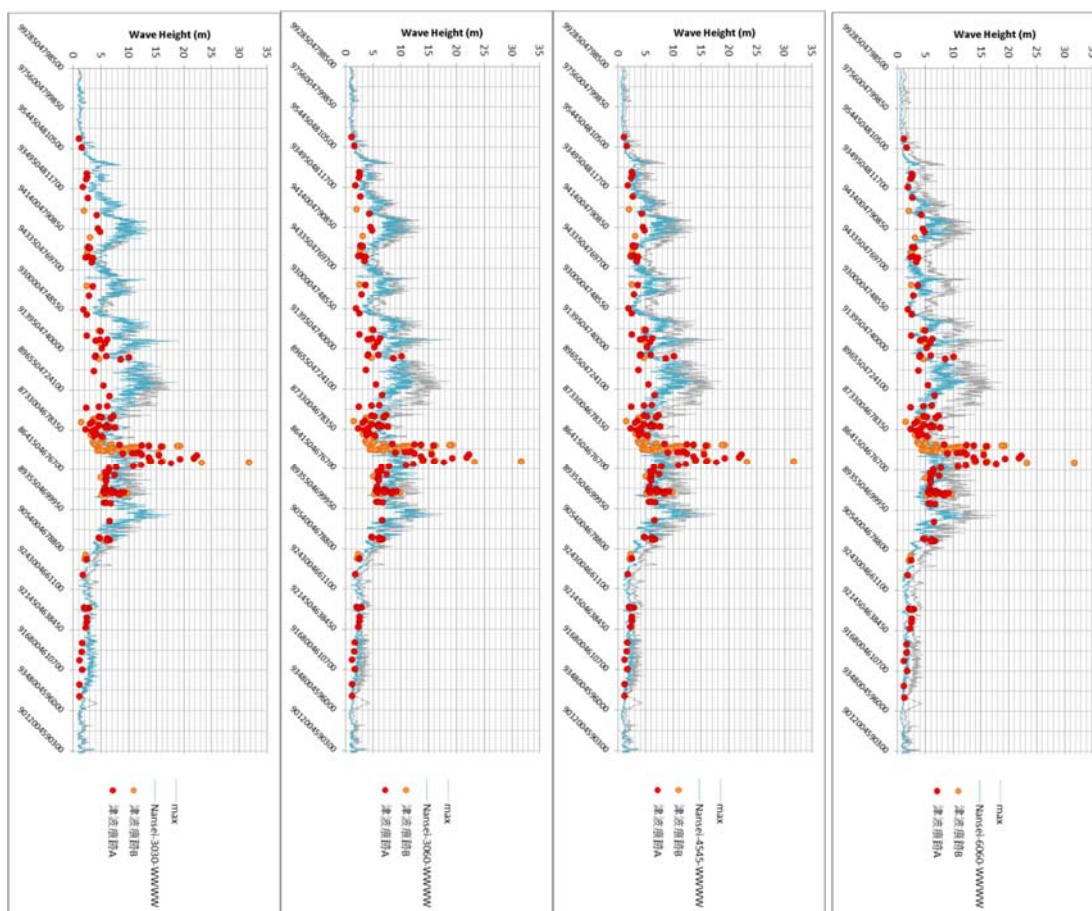


図 2-26 断層モデルを用いた最大水位上昇量と津波痕跡高との比較。

c) 北部の断層=西傾斜、南部の断層=西傾斜

北部の断層の傾斜方向が西傾斜で、南部も西傾斜の場合において断層傾斜角を変えた計算結果を図 2-27 に示す。



傾斜角

北側=30°

南側=30°

傾斜角

北側=30°

南側=60°

傾斜角

北側=45°

南側=45°

傾斜角

北側=60°

南側=60°

図 2-27 断層モデルを用いた最大水位上昇量と津波痕跡高との比較。

・ K- κ による比較

断層モデルの適合度合を評価する指標として相田(1977)による幾何平均 K 及び幾何標準偏差 κ を用いて津波痕跡高と計算津波高さを比較した(表 2-17)。

土木学会原子力土木委員会(2002)による基準では、断層モデルがよく適合しているときの目安として $0.95 < K < 1.05$ 及び $\kappa < 1.45$ という範囲を示している。

表 2-17 断層モデルを用いた

各地点の最大水位上昇量の予測結果と津波痕跡高の $K-\kappa$ による比較

model	北部断層	南部断層	K	κ
Nansei-3030-EEEE	東傾斜	東傾斜	0.79	1.88
Nansei-3030-EEWW	東傾斜	西傾斜	0.75	1.69
Nansei-3030-WWEE	西傾斜	東傾斜	0.86	1.85
Nansei-3030-WWWW	西傾斜	西傾斜	0.79	1.68
Nansei-3060-EEEE	東傾斜	東傾斜	0.97	1.86
Nansei-3060-EEWW	東傾斜	西傾斜	0.78	1.60
Nansei-3060-WWEE	西傾斜	東傾斜	1.06	1.82
Nansei-3060-WWWW	西傾斜	西傾斜	0.83	1.58
Nansei-4545-EEEE	東傾斜	東傾斜	1.08	1.81
Nansei-4545-EEWW	東傾斜	西傾斜	0.93	1.62
Nansei-4545-WWEE	西傾斜	東傾斜	1.16	1.78
Nansei-4545-WWWW	西傾斜	西傾斜	0.99	1.60
Nansei-6060-EEEE	東傾斜	東傾斜	1.38	1.75
Nansei-6060-EEWW	東傾斜	西傾斜	1.11	1.55
Nansei-6060-WWEE	西傾斜	東傾斜	1.46	1.73
Nansei-6060-WWWW	西傾斜	西傾斜	1.18	1.54

表 2-17 に示した本検討の結果をみると、先行研究における M_w が 7.7～7.8 程度に対して、本検討で設定した断層モデルでは M_w 7.9～8.1 程度とやや大きい
ためか、傾斜角を標準から低角に設定しているパターンでは K が小さく、過大評価になる傾向がある。ただし、これらの断層モデルでも、奥尻島周辺において観測された高い津波は再現されていない。奥尻島の津波高さについては、大すべり域の設定を検討することによって改善する可能性もある。 κ については、この検討で比較的小さ目だった断層モデルは表 2-17 で色をつけて示しているが、すべて、南側の断層が西傾斜のモデルである。北側の断層についても、西傾斜のほうがやや優位な傾向にある。

断層の傾斜方向のパターンが異なる 4 つの断層モデルを、同じ傾斜角の場合について比較する(図 2-28)。北側の断層は西傾斜より東傾斜のほうが予測される津波の高さが低く(図 2-28 の a)、痕跡高に近い結果となっている。南側の断層については、北側の断層と同じ傾斜方向の場合には、奥尻島以南の地域に小さいピークができることから、北側の断層とは異なる傾斜方向のほうが、痕跡高の分布パターンに近い(図 2-28 の b)。

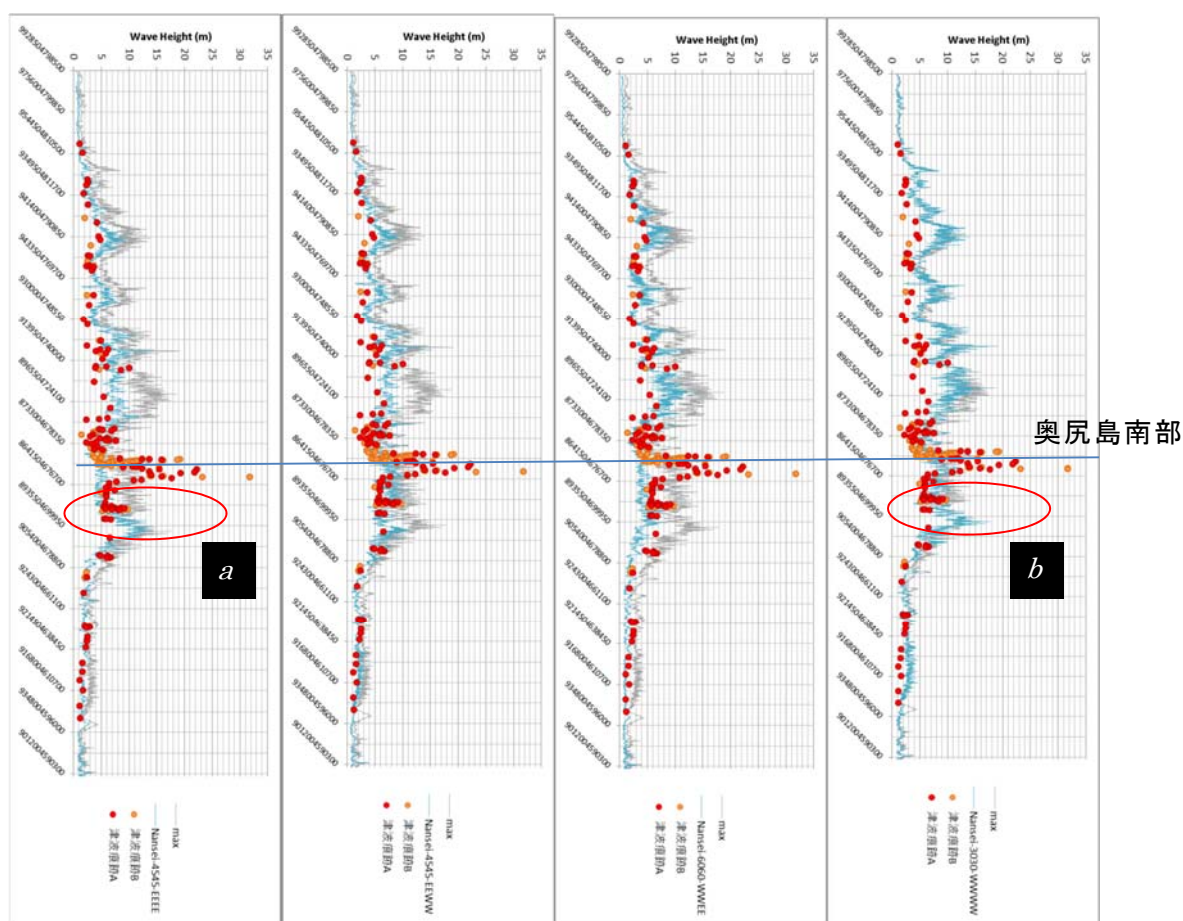


図 2-28 断層モデルを用いた最大水位上昇量の比較。

ここで、奥尻島を除き、北側と南側の沿岸で分けて $K-\kappa$ を比較した(表 2-18 及び表 2-19)。

表 2-18 断層モデルを用いた
各地点の最大水位上昇量の予測結果と津波痕跡高の K - κ による比較

奥尻島以北のエリア

model	北部(傾斜方向 (傾斜角))	南部傾斜方向 (傾斜角))	K	κ
Nansei-3030-EEEE	東傾斜(30°)	東傾斜(30°)	0.47	1.40
Nansei-3030-EEWW	東傾斜(30°)	西傾斜(30°)	0.47	1.40
Nansei-3030-WWEE	西傾斜(30°)	東傾斜(30°)	0.49	1.43
Nansei-3030-WWWW	西傾斜(30°)	西傾斜(30°)	0.50	1.42
Nansei-3060-EEEE	東傾斜(30°)	東傾斜(60°)	0.54	1.40
Nansei-3060-EEWW	東傾斜(30°)	西傾斜(60°)	0.55	1.39
Nansei-3060-WWEE	西傾斜(30°)	東傾斜(60°)	0.56	1.38
Nansei-3060-WWWW	西傾斜(30°)	西傾斜(60°)	0.57	1.40
Nansei-4545-EEEE	東傾斜(45°)	東傾斜(45°)	0.66	1.44
Nansei-4545-EEWW	東傾斜(45°)	西傾斜(45°)	0.66	1.42
Nansei-4545-WWEE	西傾斜(45°)	東傾斜(45°)	0.68	1.45
Nansei-4545-WWWW	西傾斜(45°)	西傾斜(45°)	0.69	1.44
Nansei-6060-EEEE	東傾斜(60°)	東傾斜(60°)	0.87	1.41
Nansei-6060-EEWW	東傾斜(60°)	西傾斜(60°)	0.88	1.40
Nansei-6060-WWEE	西傾斜(60°)	東傾斜(60°)	0.88	1.46
Nansei-6060-WWWW	西傾斜(60°)	西傾斜(60°)	0.92	1.48

表 2-19 断層モデルを用いた

各地点の最大水位上昇量の予測結果と津波痕跡高の K - κ による比較奥尻島以南のエリア

model	北部傾斜方向 (傾斜角))	南部傾斜方向 (傾斜角))	K	κ
Nansei-3030-EEEE	東傾斜 (30°)	東傾斜 (30°)	0.59	1.28
Nansei-3030-EEWW	東傾斜 (30°)	西傾斜 (30°)	0.66	1.33
Nansei-3030-WWEE	西傾斜 (30°)	東傾斜 (30°)	0.68	1.19
Nansei-3030-WWWW	西傾斜 (30°)	西傾斜 (30°)	0.70	1.36
Nansei-3060-EEEE	東傾斜 (30°)	東傾斜 (60°)	0.88	1.31
Nansei-3060-EEWW	東傾斜 (30°)	西傾斜 (60°)	0.74	1.25
Nansei-3060-WWEE	西傾斜 (30°)	東傾斜 (60°)	1.06	1.25
Nansei-3060-WWWW	西傾斜 (30°)	西傾斜 (60°)	0.80	1.29
Nansei-4545-EEEE	東傾斜 (45°)	東傾斜 (45°)	0.91	1.25
Nansei-4545-EEWW	東傾斜 (45°)	西傾斜 (45°)	0.91	1.33
Nansei-4545-WWEE	西傾斜 (45°)	東傾斜 (45°)	1.06	1.20
Nansei-4545-WWWW	西傾斜 (45°)	西傾斜 (45°)	0.93	1.36
Nansei-6060-EEEE	東傾斜 (60°)	東傾斜 (60°)	1.23	1.22
Nansei-6060-EEWW	東傾斜 (60°)	西傾斜 (60°)	1.15	1.33
Nansei-6060-WWEE	西傾斜 (60°)	東傾斜 (60°)	1.49	1.22
Nansei-6060-WWWW	西傾斜 (60°)	西傾斜 (60°)	1.15	1.31

奥尻島以北のエリアにおいては、モデル相互間の κ の差が小さいが、その中でも比較的 κ が小さいモデルのなかに東傾斜と西傾斜の両方があり、どのモデルが再現性が良いのかの判断が難しい。奥尻島以南のエリアでは、南側の断層が東傾斜のモデルが κ が小さくなっている。また、組み合わせとしても、北側が西傾斜、南側が東傾斜という組み合わせより κ が小さくなっている。表 2-20 に計算を実施した範囲全域の沿岸の地点における、モデルタイプごとの K 及び κ の平均を示す。

表 2-20 断層モデルを用いた各地点の最大水位上昇量の予測結果と津波痕跡高の K - κ による比較幾何平均 K 及び幾何標準偏差 κ の平均

モデルタイプ	北部断層	南部断層	K	κ
EEEE	東傾斜	東傾斜	0.86	1.50
EEWW	東傾斜	西傾斜	0.80	1.44
WWEE	西傾斜	東傾斜	0.95	1.48
WWWW	西傾斜	西傾斜	0.84	1.45

この結果では、「EEWW」（北部断層：東傾斜、南部断層：西傾斜）の組み合わせが優位となった。EEWW の組み合わせは、北大理予知セ・他(1993)等の震源分布により支持される組み合わせである。

3. まとめ

- 1) サブテーマ(2)で平成 26 年度に実施された成果から、北海道南西沖地震の震源域近傍に、西傾斜と東傾斜の、共役関係とみられる断層の存在が確認された。平成 27 年度の、海底地形や地震活動を参照し再検討された結果では、北海道南西沖地震の余震域に相当する領域において、平行する西傾斜と東傾斜の断層トレースが示された。
- 2) 先行研究をレビューした結果、先行研究において示される断層傾斜方向についても、北側の断層、南側の断層はともに、西傾斜を主張するもの、東傾斜を主張するものの両方があり、どちらの傾斜方向が優勢であるかを決定する材料とはならなかった。
- 3) 1) 及び 2) の結果から、断層の傾斜方向を一義的に決定することはできないため、考え得る組み合わせを網羅し、また傾斜角も複数パターンを設定を考慮したうえで、パラメータスタディを実施した。断層の傾斜方向のパターンが異なる 4 つの断層モデルを、同じ傾斜角の場合について比較すると、北側の断層は西傾斜より東傾斜のほうが予測される津波の高さが低く、痕跡高に近い結果となっている。南側の断層については、北側の断層と同じ傾斜方向の場合には、奥尻島以南の地域に小さいピークができることから、北側の断層とは異なる傾斜方向のほうが、痕跡高の分布パターンに近い。
- 4) 奥尻島に限定すると、断層モデルを用いた各地点の最大水位上昇量の予測結果と津波痕跡高の $K-\kappa$ による比較幾何平均 K 及び幾何標準偏差 κ の平均の比較では、「EEWW」、つまり、 $K-\kappa$ による最大水位上昇からは北部東傾斜と南部西傾斜の組み合わせが優位となった。この北部東傾斜と南部西傾斜組み合わせは、北大理予知セ・他(1993)等の震源分布により支持される組み合わせである。
- 5) 3) 及び 4) の結果から、津波予測計算の結果を評価する方法によっても、東傾斜が優勢となる場合と西傾斜が優勢となる場合があり、その度合いも僅差であるため、今回の検討においては、断層の傾斜方向を決定することはできなかった。

4. 引用文献

相田勇，三陸沖の古い津波のシミュレーション，東大地震研彙報，52，71-101，1977.

青柳恭平・阿部信太郎・田中寛好・井上大栄，詳細な海底地殻変動解析による津波波源域評価手法の提案(その2) 電力中央研究所報告，U99077，2000-b.

青柳恭平・阿部信太郎・田中寛好・井上大栄・倉本真一・西澤あずさ，詳細な海底地殻変動解析による津波波源域評価手法の提案(その1) 電力中央研究所報告，U99034，2000-a.

土木学会原子力土木委員会，原子力発電所の津波評価技術，2002.

橋本学・小沢慎三郎・吉村愛一郎・鷺谷威・多田堯・辻広道，北海道南西沖地震に伴う地殻変動と断層モデル，月刊海洋号外，7：55-61，1994.

羽鳥徳太郎，1993年北海道南西沖地震の規模及び波源域 地震第2輯，47：1-9，1994.

日野亮太・金沢敏彦・末広潔・佐藤利典・島村英紀，海底地震計による1993年北海道南西沖地震の余震分布，月刊海洋，号外7：35-42，1994.

北海道大学理学部，地震予知連絡会会報，51，15-16，1994.

北大理予知セ・東北大理予知セ・東大地震研地震移動班，1993年7月12日北海道南西沖地震の余震の震源分布，日本地震学会予稿集，1993年秋大会，1993.

北海道総務部危機対策局防災消防課，平成21年度 津波シミュレーション及び被害想定業務(北海道日本海沿岸)報告書，2010.

堀江晶子・渋谷和雄，関東地方の深さ150 kmまでのPは速度構造，地震第2輯，32：125-140，1979.

地震調査研究推進本部地震調査委員会，「日本海東縁部の地震活動の長期評価」，2003.

笠原稔・小平秀一・本谷義信・高波鉄夫・前田亟・岡山宗夫・石山春義・一柳昌義・山本明・松本聡・津村紀子・岡田知己・矢部康男・飯高隆・平田直，1993年北海道南西沖地震の余震活動とその分布，文部省科学研究費(No. 05306012)突発災害調査研究成果自然災害総合研究班編「平成5年北海道南西沖地震・津波とその被害に関する調査研究」：13-19，1994.

加藤健二・都司嘉宣，1993 年北海道南西沖地震の断層要素の推定とその津波の特性 地震研究所彙報，69:39-66，1994.

菊池正幸，遠地実体波による北海道南西沖地震 破壊過程—他の大津波地震，非津波地震との比較—，日本地震学会予稿集，1993 年秋大会，1993.

越村俊一・萱場真太郎，1993 年北海道男性沖地震の家屋被害の再考—津波被害関数の構築に向けて— 日本地震工学会論文集，10-3，2010.

久家慶子・菊池正幸・J. Zhang，遠地実体波，表面波でみる北海道南西沖地震(1993 年 7 月 12 日)の複雑な震源過程，月刊海洋，号外 7：21-28，1994.

松山昌史・青柳恭平・田中寛好・阿部信太郎，新たな海底地殻変動解析による津波評価手法—1993 年北海道南西沖地震による検証— 海岸工学論文集，50：336-340，2003.

松山昌史・青柳恭平・田中寛好・阿部信太郎，詳細な海底地殻変動解析による津波波源域評価手法の提案(その 3) 電力中央研究所報告，2002.

文部科学省研究開発局・国立研究開発法人海洋研究開発機構，海域における断層情報総合評価プロジェクト平成 26 年度成果報告書，
http://www.jishin.go.jp/database/project_report/kaiiki-h26/，2015.

日本海における大規模地震に関する調査検討会，日本海における大規模地震に関する調査検討会報告書，2014.

日本海における大規模地震に関する調査検討会海底断層ワーキンググループ，日本海における大規模地震に関する調査検討会海底断層ワーキンググループ報告書，2014.

Okada, Y , Internal Deformation due to Shear and Tensile in a half-space, Bull. Seismol. Soc. Am., 85,1018-1040, 1992.

岡村行信，日本海東縁の地質構造と震源断層との関係，地質学雑誌，116 - 11:582-591，2010.

大塚健・森谷武男，1993 年北海道南西沖地震の余震の空間分布に関する問題，北海道大学地球物理学研究報告，61:69-84，1992.

高橋武之・高橋智幸・今村文彦・首藤伸夫，北海道南西沖地震津波の波源の再検討，土木学会東北支部技術研究発表会(平成 6 年度)，II -60，1995.

高橋智幸・首藤伸夫・今村文彦・Modesto Ortiz (1994) : , 津波を説明するための北海道南西沖地震断層モデル, 津波工学, 1994.

竹内章・藤岡換太郎・藤倉克則・加藤幸弘・長沼毅・倉本真一・岡村行信・岡野肇・青木美澄・小寺透, 津波地震による海底地盤変動—1993 年北海道南西沖地震震源域潜航調査—, JAMSTEC Jour. Deep Sea Res, no.12, 65-81, 1996.

Tanioka, Yuichiro, Kenji Satake, and Larry Ruff , Total analysis of the 1993 Hokkaido Nansei-oki earthquake using seismic wave, tsunami, and geodetic data *Geophy. Res. Let.* 22-1:9-12, 1995.

東北大学災害科学国際研究所災害リスク研究部門津波工学研究分野低頻度リスク評価研究分野・原子力規制庁長官官房技術基盤グループ安全技術管理官(地震・津波担当)付: 津波痕跡データベース、<http://tsunami3.civil.tohoku.ac.jp> (オンライン, 2017 年 3 月閲覧).

4. 全体成果概要

海域断層に関する既往調査結果の収集及び海域断層データベースの構築では、今年度は、南西諸島北部海域(沖縄本島北部～九州南方海域)の反射法地震探査データ(以下、「反射法データ」)、速度構造データ、坑井データを収集し、収集したデータの品質管理を行うとともに、既存のDBに登録した。また、データ公開に向けては、データセキュリティの重要性を念頭に置き、様々なデータの表示方法を検討し、プロトタイプを作成した。

海域における既往探査データ等の解析及び統一的断層解釈では、反射法データの一部の再解析を行うとともに、南西諸島海域で収集した反射法データを使い、断層解釈作業を行った。断層の深度変換作業は、速度構造データ、坑井データ、論文等を使って求められた三次元速度構造を使い実施し、その結果をサブテーマ(3)の実施者である国立研究開発法人防災科学技術研究所へ提供した。

海域における断層モデルの構築では、サブテーマ(2)で解釈を終えた南西諸島南部海域で得られたデータに基づいた断層モデルの構築方法についての検討を行った。また、構築した断層モデルの妥当性を、津波や地震動のシミュレーションを用いて検証するための手法を検討した。

5. 成果の論文発表・口頭発表等

(1) 海域断層に関する既往調査結果の収集及び海域断層データベースの構築

(a) 成果の論文発表・口頭発表等

著者	題名	発表先	発表年月日
新井麗、清水祥四郎、佐藤伸明、勝山美奈子、安藤五郎、高橋成実、金田義行	南西諸島海域の断層分布と構造的特徴	日本地球惑星科学連合 2016 年大会	2016 年 5 月 22 日
佐藤伸明、清水祥四郎、及川信孝、安藤五郎、新井麗、勝山美奈子、田中恵介、高橋成美、金田義行	沖縄南西沖における断層分布	日本地球惑星科学連合 2016 年大会	2016 年 5 月 22 日
安藤五郎、清水祥四郎、新井麗、勝山美奈子、佐藤伸明、田中恵介、高橋成実、金田義行	日本海海域における断層分布と集油構造	平成 28 年度 石油技術協会 特別講演会・春季講演会	2016 年 6 月 9 日

(b) 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
 - 2) ソフトウェア開発
 - 3) 仕様・標準等の策定
- なし

(2) 海域における既往探査データ等の解析及び統一的断層解釈

(a) 成果の論文発表・口頭発表等

(1) と同様

(b) 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
 - 2) ソフトウェア開発
 - 3) 仕様・標準等の策定
- なし

(3) 海域における断層モデルの構築

(a) 成果の論文発表・口頭発表等

著者	題名	発表先	発表年月日
大角恒雄、齊藤龍、 村田泰洋、乗松君 衣、松山尚典、藤原 広行	1940 年積丹半島沖 地震震源域におけ る断層モデルの検 証	土木学会論文集、 A1、Vol.72、I- 331～337.	2016 年 5 月
Ohsumi, T., Fujiwara, H.	A Study on Fault Modeling for The Japan Sea Area Based on The Offshore Faults Research Project	16WCEE, Santiago	2017 年 1 月 12 日

(b) 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
 - 2) ソフトウェア開発
 - 3) 仕様・標準等の策定
- なし

6. むすび

本年度で4年目となる本プロジェクトに関しては、各サブテーマに基づいて既往調査結果のデータ収集も順調に行い、再解析も実施され順調に推進している。

7. 委員会・会議

(1) 運営委員会

(a) 設置趣旨及び役割

国立研究開発法人海洋研究開発機構において、文部科学省からの受託事業「海域における断層情報総合評価プロジェクト」を円滑に推進するため、「海域における断層情報総合評価プロジェクト」運営委員会（以下「運営委員会」という。）を設置する。

運営委員会は、受託事業「海域における断層情報総合評価プロジェクト」に関し、次の各号に掲げる事項を行う。

- ・ 研究実施の全体計画及び個別年度計画の検討並びに進捗状況の評価
- ・ 年度成果報告の検討及び評価
- ・ 文部科学省が行う中間評価及び事後評価における評価資料の取り纏め
- ・ その他、研究開発を推進するために必要な事案の検討

(b) 活動報告

「海域における断層情報総合評価プロジェクト」第7回運営委員会

1. 日時：平成28年9月14日（水） 14:00～16:00
2. 開催場所：海洋研究開発機構 東京事務所 共用会議室 A、B
3. 議事

議題1 海域断層に関する既往調査結果の収集及び海域断層データベースの構築進捗状況報告

議題2 海域における既往探査データ等の解析及び統一的断層解釈進捗状況報告

議題3 海域における断層モデルの構築進捗状況報告

議題4 総合討論

「海域における断層情報総合評価プロジェクト」第8回運営委員会

1. 日時：平成29年3月3日（金） 14:00～16:00
2. 開催場所：海洋研究開発機構 東京事務所 共用会議室 A、B
3. 議事

議題1 海域断層に関する既往調査結果の収集及び海域断層データベースの構築進捗状況報告

議題2 海域における既往探査データ等の解析及び統一的断層解釈進捗状況報告

議題3 海域における断層モデルの構築進捗状況報告

議題4 総合討論

(c) 構成員

< 委員長 >

佐竹 健治 東京大学地震研究所 地震火山情報センター 教授

< 委員 >

加藤 幸弘 海上保安庁 海洋情報部技術・国際課 課長

加藤 史訓 国土交通省 国土技術政策総合研究所
河川研究部 海岸研究室 室長
佃 栄吉 国立研究開発法人産業技術総合研究所 理事
市川 真 独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構 理事
横田 崇 内閣府(防災担当)政策参与

(2) 評価助言委員会

(a) 設置趣旨及び役割

国立研究開発法人海洋研究開発機構において、文部科学省からの受託事業「海域における断層情報総合評価プロジェクト」を円滑に推進するため、「海域における断層情報総合評価プロジェクト」評価助言委員会(以下「評価助言委員会」という。)を設置する。

評価助言委員会は、受託事業「海域における断層情報総合評価プロジェクト」に関し、次の各号に掲げる事項を行う。

- ・ 研究実施計画の年次計画及び当該年度計画への評価及び助言
- ・ 解析されたデータに関する評価及び助言
- ・ その他、研究開発を推進するために必要な事項の評価及び助言

(b) 活動報告

「海域における断層情報総合評価プロジェクト」第7回評価助言委員会

1. 日時：平成28年9月13日(火) 10:00～12:00
2. 開催場所：海洋研究開発機構 東京事務所 共用会議室 A、B
3. 議事
 - 議題1 海域断層に関する既往調査結果の収集及び海域断層データベースの構築進捗状況報告
 - 議題2 海域における既往探査データ等の解析及び統一的断層解釈進捗状況報告
 - 議題3 海域における断層モデルの構築進捗状況報告
 - 議題4 総合討論

「海域における断層情報総合評価プロジェクト」第8回評価助言委員会

1. 日時：平成29年3月3日(金) 10:00～12:00
2. 開催場所：海洋研究開発機構 東京事務所 共用会議室 A、B
3. 議事
 - 議題1 海域断層に関する既往調査結果の収集及び海域断層データベースの構築進捗状況報告
 - 議題2 海域における既往探査データ等の解析及び統一的断層解釈進捗状況報告
 - 議題3 海域における断層モデルの構築進捗状況報告
 - 議題4 総合討論

(c) 構成員

＜委員長＞

今村 文彦 東北大学災害科学国際研究所 所長

＜委員＞

大堀 道広 福井大学附属国際原子力工学研究所 原子炉構造システム・
廃止措置部門 准教授

篠原 雅尚 東京大学地震研究所 観測開発基盤センター 教授

日野 亮太 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
沈み込み帯物理学分野 教授

古村 孝志 東京大学地震研究所 災害科学系研究部門 教授

江波戸俊和 独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構 探査部 部長

(3) アドバイザー会議

(a) 設置趣旨及び役割

国立研究開発法人海洋研究開発機構において、文部科学省からの受託事業「海域における断層情報総合評価プロジェクト」を円滑に推進するため、「海域における断層情報総合評価プロジェクト」アドバイザー会議（以下「アドバイザー会議」という。）を設置する。

アドバイザー会議は、受託事業「海域における断層情報総合評価プロジェクト」に関し、次の各号に掲げる事項を行う。

- ・研究実施計画の年次計画及び当該年度計画へのアドバイス
- ・データの解析手法や断層の解釈、解釈した断層の空間分布の同定に関するアドバイス
- ・その他、研究開発を推進するために必要な事項のアドバイス

(b) 活動報告

「海域における断層情報総合評価プロジェクト」第12回アドバイザー会議

1. 日時：平成28年5月19日（木） 13:00～17:00

2. 開催場所：海洋研究開発機構 東京事務所 共用会議室 A、B

3. 議事

議題1 海域断層に関する既往調査結果の収集及び海域断層データベースの構築進捗状況報告

議題2 海域における既往探査データ等の解析及び統一的断層解釈進捗状況報告

議題3 海域における断層モデルの構築進捗状況報告

議題4 総合討論

「海域における断層情報総合評価プロジェクト」第13回アドバイザー会議

1. 日時：平成28年8月4日（木） 13:00～17:00

2. 開催場所：海洋研究開発機構 東京事務所 共用会議室 A、B

3. 議事

- 議題 1 海域断層に関する既往調査結果の収集及び海域断層データベースの構築進捗状況報告
- 議題 2 海域における既往探査データ等の解析及び統一的断層解釈進捗状況報告
- 議題 3 海域における断層モデルの構築進捗状況報告
- 議題 4 総合討論

「海域における断層情報総合評価プロジェクト」第 14 回アドバイザー会議

- 1. 日時：平成 28 年 11 月 17 日(木) 13:00～17:00
- 2. 開催場所：海洋研究開発機構 東京事務所 共用会議室 A、B
- 3. 議事
 - 議題 1 海域断層に関する既往調査結果の収集及び海域断層データベースの構築進捗状況報告
 - 議題 2 海域における既往探査データ等の解析及び統一的断層解釈進捗状況報告
 - 議題 3 海域における断層モデルの構築進捗状況報告
 - 議題 4 総合討論

「海域における断層情報総合評価プロジェクト」第 15 回アドバイザー会議

- 1. 日時：平成 29 年 2 月 2 日(木) 13:00～17:00
- 2. 開催場所：海洋研究開発機構 東京事務所 共用会議室 A、B
- 3. 議事
 - 議題 1 海域断層に関する既往調査結果の収集及び海域断層データベースの構築進捗状況報告
 - 議題 2 海域における既往探査データ等の解析及び統一的断層解釈進捗状況報告
 - 議題 3 海域における断層モデルの構築進捗状況報告
 - 議題 4 総合討論

(c) 構成員

- 芦 寿一郎 東京大学大学院 新領域創成科学研究科 准教授
- 今泉 俊文 東北大学大学院 理学研究科 教授
- 岡村 行信 国立研究開発法人産業技術総合研究所 首席研究員
- 加藤 幸弘 海上保安庁 海洋情報部 技術国際課 課長
- 鳥海 光弘 国立研究開発法人海洋研究開発機構 研究推進担当役