

海域における  
断層情報総合評価プロジェクト

(平成25年度)

成果報告書

平成26年5月

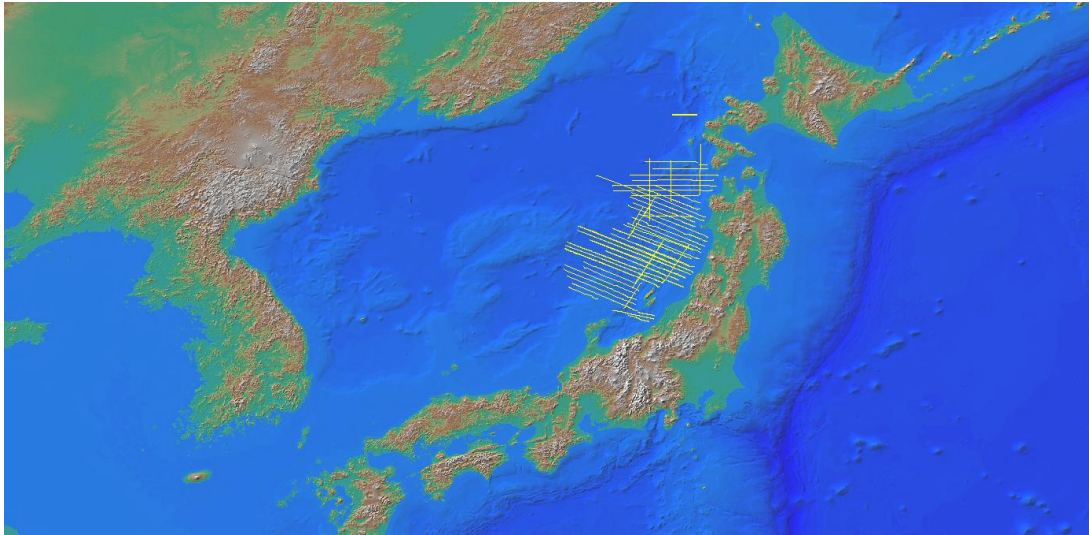
文部科学省 研究開発局

独立行政法人 海洋研究開発機構

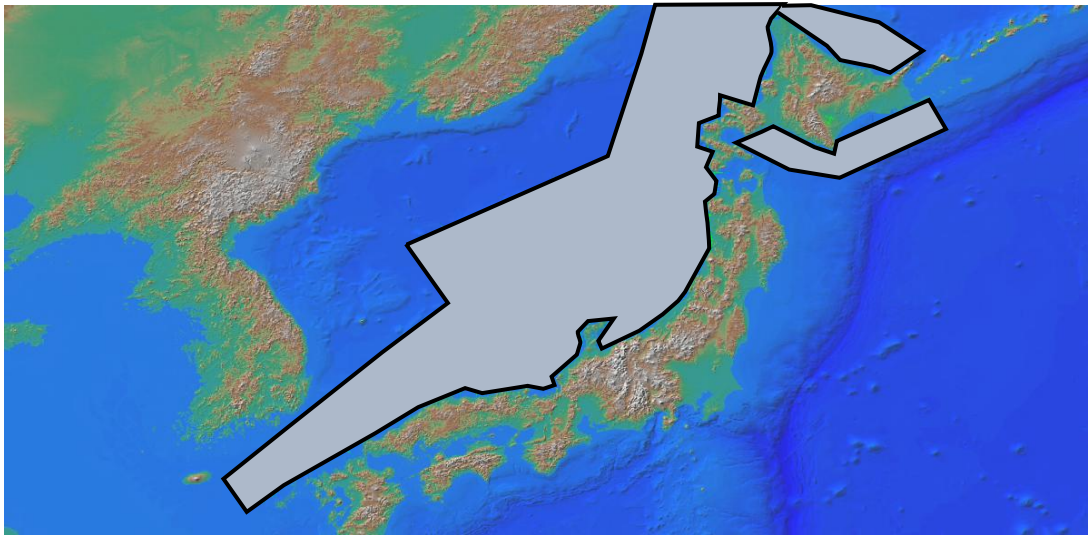
本報告書は、文部科学省の科学技術基礎調査等委託事業による委託業務として、独立行政法人海洋研究開発機構が実施した平成 25 年度「海域における断層情報総合評価プロジェクト」の成果を取りまとめたものです。

無断複製等禁止

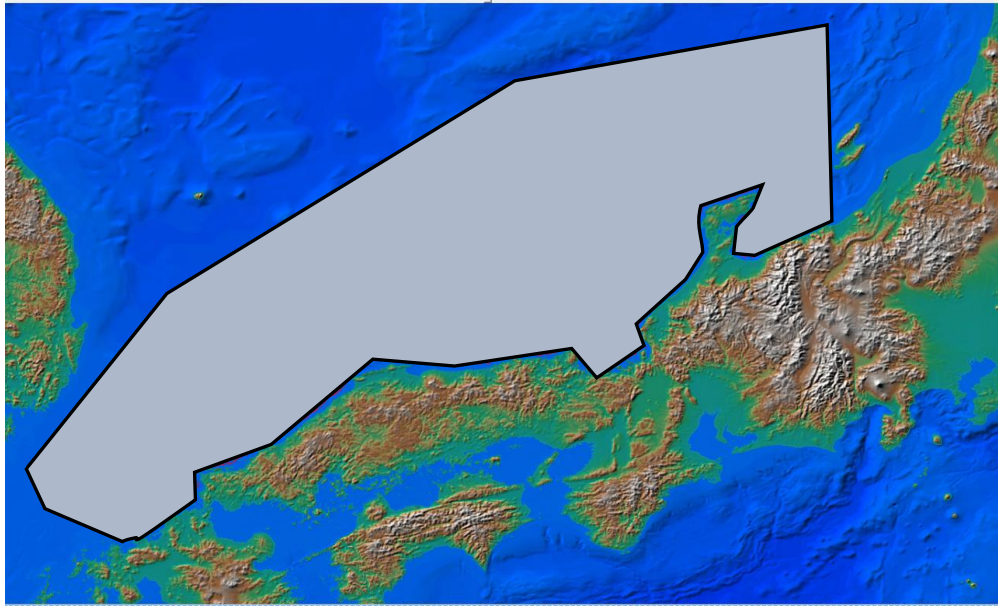
図 1. 海域断層に関する既往調査結果の収集及び海域断層 DB の構築



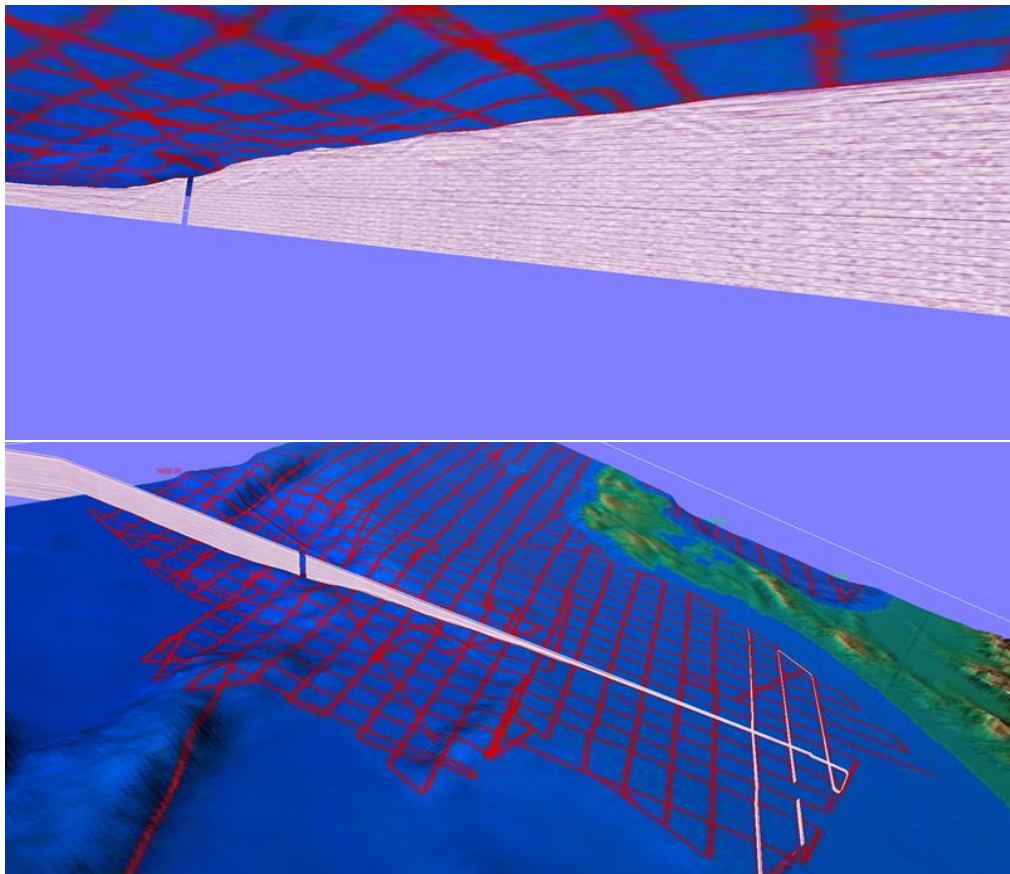
JAMSTEC 収集データ (日本海)  
黄線が測線は測線位置を示す



JOGMEC 収集データエリア (日本海、オホーツク海及び太平洋の一部)  
色塗りハッチ部分



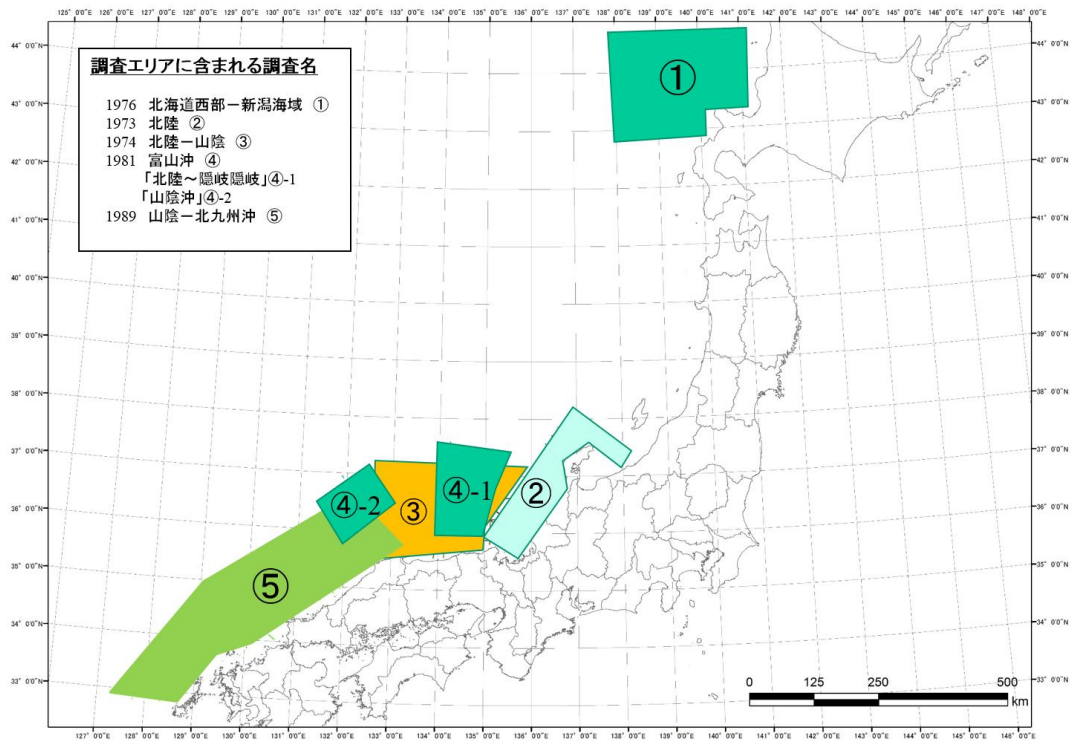
AIST 収集データエリア（能登半島周辺以西）  
色塗りハッチ部分



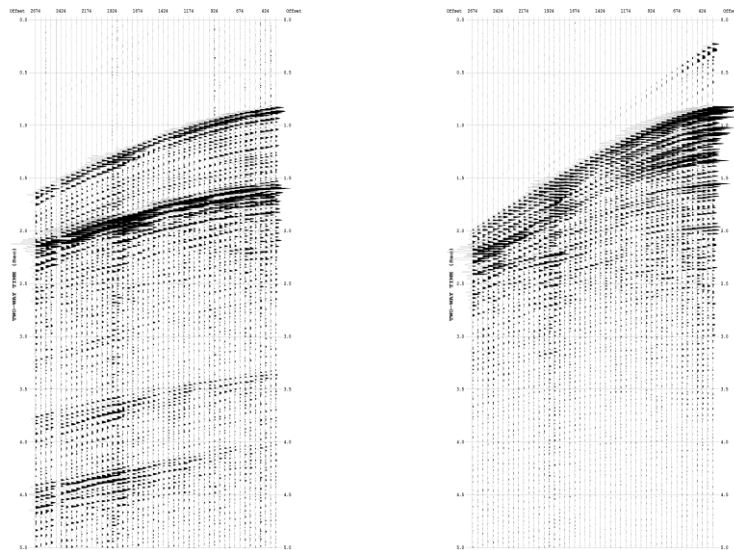
登録時の簡易的なデータ QC 例

記録上の海底地形と DB 上の海底地形との比較でクオリティコントロールを実施した

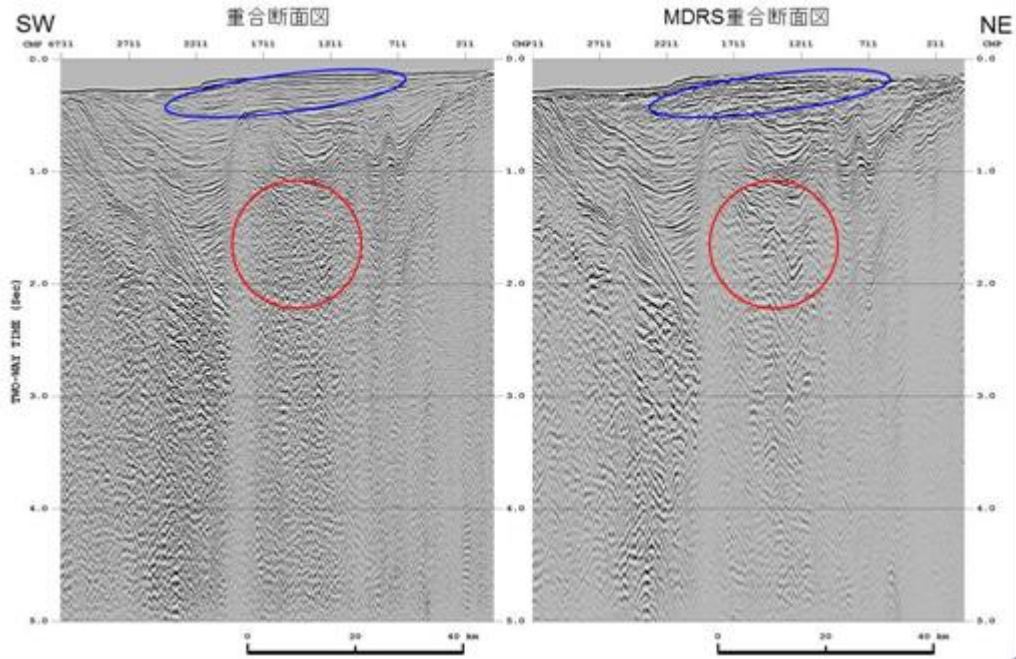
図 2. 海域における既往探査データ等の解析及び統一断層解釈



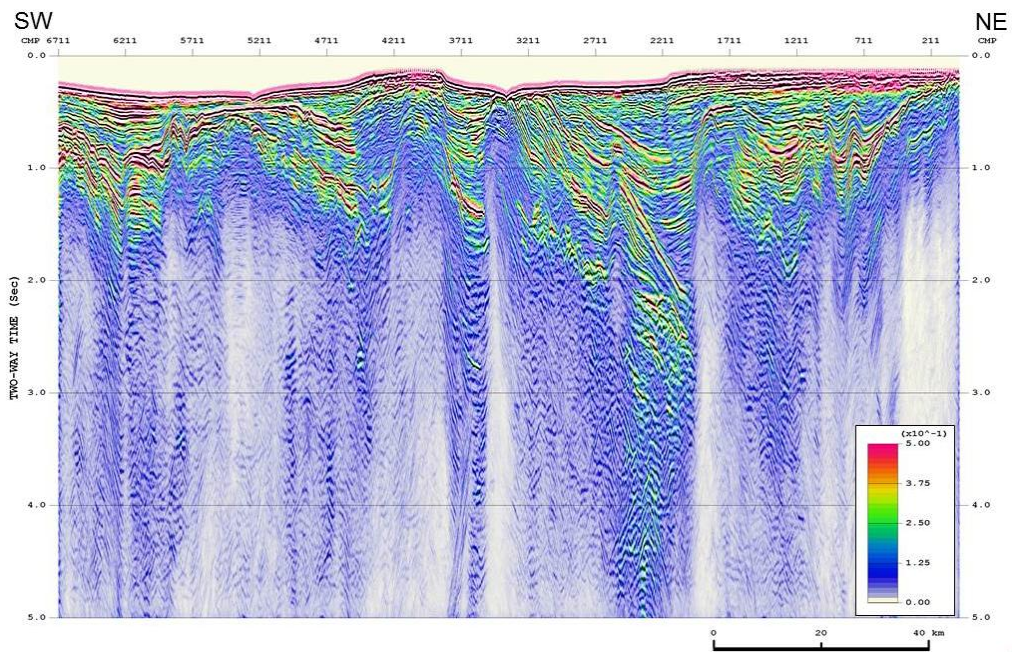
再処理対象エリア（色塗りハッチ部分）



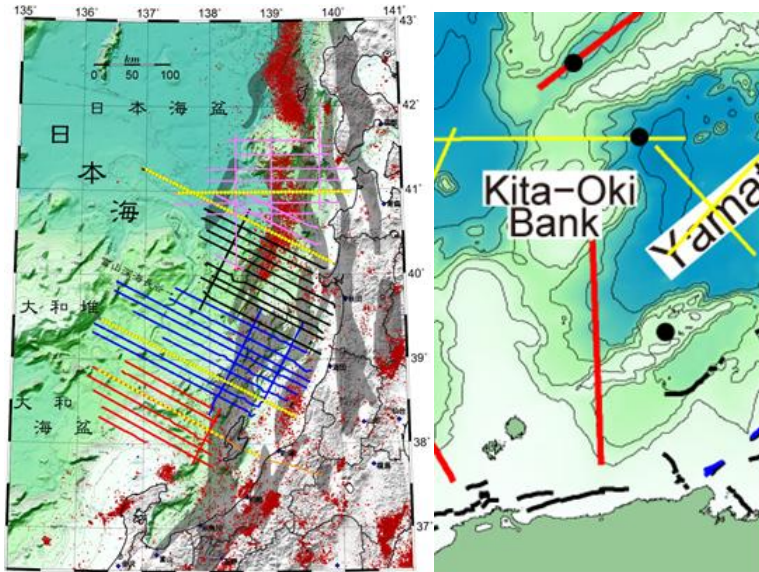
発振記録例



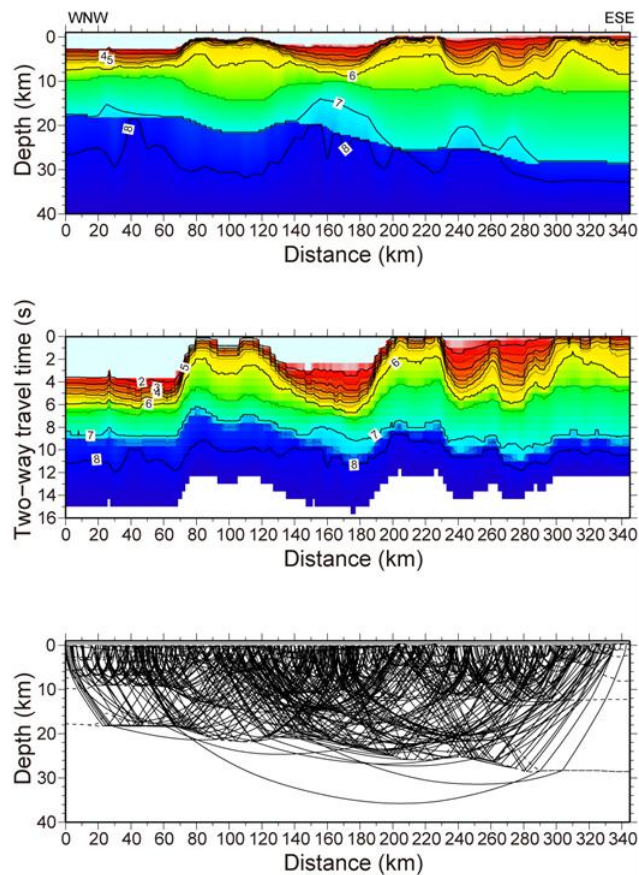
重合断面図と MDRS 重合断面図の比較。赤いエリアでは反射面が強調されているが、青いエリアでは多重反射面が強調されている。



MDRS 重合断面図と MDRS アトリビュート (センブルランス)。



ひずみ集中帯の重点的調査観測・研究の中で実施された構造探査測線。黄色丸が海底地震計を示す。この4本を主に用いて、速度構造ボリュームを作成する。灰色は Okamura et al. (2007) が示したひずみ集中帯、赤点は気象庁一元化震源を示す。



能登半島沖～佐渡島～越後平野に至る速度構造。(上)速度構造。(中)時間断面に変換した速度構造。(下)速度構造の信頼区間を示す波線図

## 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	
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 担当：独立行政法人海洋研究開発機構	…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 担当：独立行政法人海洋研究開発機構	…24
3.3 海域における断層モデルの構築 担当：独立行政法人防災科学技術研究所	…89
4. 全体成果概要	…326
5. 成果の論文発表・口頭発表等	…326
6. むすび	…326
7. 委員会・会議	…327



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(1981)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、海洋研究開発機構(JAMSTEC)、石油天然ガス・金属鉱物資源機構(JOGMEC)、産業技術総合研究所(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実施する。

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、産総研による浅層反射探査、海洋機構や海上保安庁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るほか、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探査データ等を収集する。ここでは、独立行政法人、官公庁、各大学などで取得されてきたエアガンを震源とする反射法探査データと深度に変換する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(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

収集された統一的断層解釈を行うために必要な反射法探査データ等のデータから、海底下最大10~20km程度までの反射面の分布を把握し、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3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(3)に情報を提供する。断層の深部延長も解釈を加え、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、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3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25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	独立行政法人海洋研究開発機構 地震津波・防災研究プロジェクト プロジェクトリーダー	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	独立行政法人海洋研究開発機構 地震津波・防災研究プロジェクト 調査役	及川信孝
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	独立行政法人海洋研究開発機構 地震津波・防災研究プロジェクト システム・運用管理グループ 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	独立行政法人防災科学技術研究所 社会防災システム研究領域 領域長	藤原 広行

### 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 DB 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 DB の構築

(b) 担当者

所属機関	役職	氏名
独立行政法人海洋研究開発機構	調査役	及川 信孝
	グループリーダー代理	高橋 成実

(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システムを構築する。ここでは、独立行政法人、官公庁、各大学などで取得されてきたエアガンを震源とする反射法地震探査データと位置データ、深度に変換する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、データベース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、成果を公開できるデータベースをプロジェクト全体の進捗に合わせて構築する。

(d) 7カ年の年次実施業務の要約

1) 平成 25 年度：

データベース (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 へ登録を行った。

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 への登録を行う。平成 25 年度に再解析したデータ・解釈結果を登録し、DB の充実を行う。

3) 平成 27 年度：

南海トラフから南西諸島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 26 年度に再解析したデータ・解釈結果を登録し、DB の充実を行う。

4) 平成 28 年度：

引き続き南海トラフから南西諸島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 27 年度に再解析したデータ・解釈結果を DB に登録し、DB の充実を行う。

5) 平成 29 年度：

日本海溝・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 の充実を行う。DB の外部への情報公開の方針を決め、情報公開のためのシステムを構築する。

6) 平成 30 年度：

日本海溝・十勝沖・オホーツク海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。データ公開システムを検証、仮運用開始を行う。

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 25 年度の成果

### (a) 業務の要約

平成 25 年度の業務の目的は、日本海で実施された既往の反射法地震探査データ、速度構造、ならびに海底地形情報を収集し、再解析や解釈に十分な品質を持つデータを選別し、データベースを構築することである。日本周辺海域の既往データ量、拡張性と柔軟性を考慮した DB と収集データの再解析、解釈を行うシステムを設計・構築し、収集したデータは整理・分類を行い、クオリティコントロールを実施した上で、構築した DB に登録する。

データの収集にあたっては、当機構（JAMSTEC）をはじめとして他の外部機関である（独）石油天然ガス・金属鉱物資源機構（JOGMEC）と（独）産業総合技術研究所（AIST）の保管所有するデータを対象としたが、JAMSTEC と JOGMEC のデータについてはほぼすべてについて、AIST のデータについては能登半島以西のデータを収集した。DB 及び再解析・解釈を行うシステムの構築については、仕様を十分満たすハードウェア、ソフトウェアの検討と選定を行い、種々のデータを一元的に管理できる DB 及び再解析・解釈システムを完成させた。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が整合性を確認して登録した。メタ情報を付加しているので、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 へ登録を行っている。

### (b) 業務の実施方法

#### 1) データ収集

日本海での既往調査の反射法地震探査データは、そのほとんどが JAMSTEC、JOGMEC と AIST により保管・所有されている。このため平成 25 年度はそれらの機関のデータを中心に収集を実施した。その他の（独）防災科学技術研究所、海上保安庁海洋情報部、各大学、石油などの資源掘削や電力関連の民間事業者にもヒアリングを行い、データ

提供の可能性について議論した。下記に収集した各研究組織のデータ概要を示す。

はじめにJAMSTECのデータに関しては、平成19年度「新潟県中越沖地震に関する緊急調査研究」及び平成21年度から平成24年度の4年間にわたって実施された「日本海東縁ひずみ集中帯における地震探査調査研究」等のデータ収集を行った（表1、図1参照）。いずれも大容量のエアガンを発震源とし、マルチチャンネルストリーマーで受振したデータである。

表1 JAMSTEC 収集データ

調査名	2次元 調査測線長 (km)
平成7年度「日本海東縁部の地震発生ポテンシャル評価に関する総合評価」 MCS95 (Leg2) 航海	752.05
平成19年度「新潟県中越沖地震に関する緊急調査研究」 KR07-E01航海	195.35
平成21年度「日本海東縁ひずみ集中帯における地震探査調査研究」 KR09-09航海	1,188.85
平成22年度「日本海東縁ひずみ集中帯における地震探査調査研究」 KR10-10航海	2,686.00
平成23年度「日本海東縁ひずみ集中帯における地震探査調査研究」 KR11-08航海	1,924.50
平成24年度「日本海東縁ひずみ集中帯における地震探査調査研究」 KR12-10航海	2,037.40

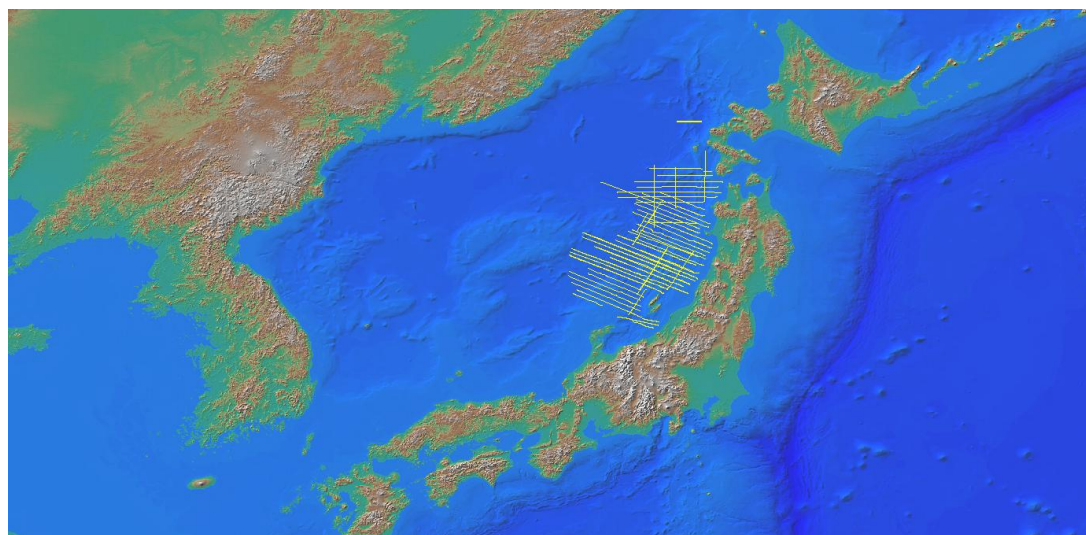


図1 JAMSTEC 収集データ（日本海） 黄線が測線。

次に、JOGMECが保管している日本海で実施された基礎物理探査データに関しては、昭和44年度「秋田・山形・新潟陸棚エアガン」調査から平成23年度「山口沖3D」調査ま

での総数23調査にわたるが、そのほぼ全データとオホーツク海と太平洋での一部調査についても収集を行った（表2、図2 参照）。JOGMECデータも、JAMSTECデータ同様に、エアガンを発震源とし、マルチチャンネルストリーマーで受振したデータである。JOGMECデータは2次元だけでなく3次元データも存在する。これらのうち、2次元データに対して再処理を別サブテーマで実施した。

表2 JOGMEC 収集データ（既往調査）

調査名	2次元調査 測線長 (km)	3次元調査 面積 (km <sup>2</sup> )
昭和44年度「秋田・山形新潟陸棚エアガン」調査	844.10	
昭和45年度「石狩-礼文島」調査	1,829.70	
昭和47年度「日高-渡島」調査	1,529.50	
昭和48年度「北陸」調査	1,440.40	
昭和49年度「北陸～山陰」調査	2,057.70	
昭和51年度「北海道西部～新潟」調査	5,020.00	
昭和56年度「富山、北陸～隠岐沖、山陰沖」調査	3,012.00	
昭和57年度「オホーツク海、十勝～釧路海域、後志沖」調査	3,001.95	
昭和60年度「大和堆」調査	4,002.75	
昭和62年度「秋田～青森浅海域」調査	81.60	
昭和62年度「西津軽～新潟沖」調査	4,010.00	
昭和63年度「秋田～青森浅海域」調査	79.05	
昭和63年度「北海道西部～北東部海域」調査	4,045.20	
平成元年度「秋田～青森浅海域」調査	81.50	
平成元年度「山陰～北九州沖」調査	4,134.50	
平成13年度「佐渡沖南西2D・3D」調査	250.00	253
平成20年度「佐渡西方 3D」調査		1,706
平成20年度「大和海盆2D・3D」調査	2,229.00	720
平成22年度「天北西方3D」調査		770
平成22年度「能登東方3D」調査		1,744
平成23年度「日本海北部2D」調査	3,968.00	
平成23年度「佐渡沖北西2D」調査	1,565.00	
平成23年度「山口沖3D」調査		2,070



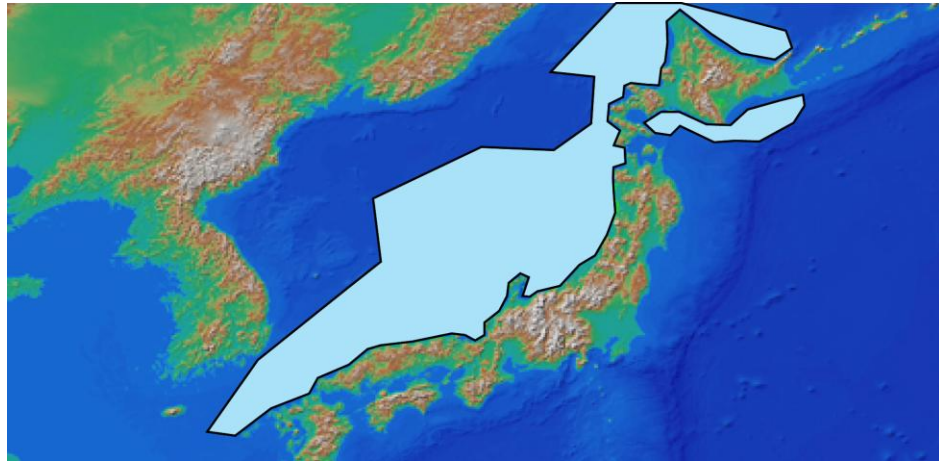


図 2 JOGMEC 収集データエリア

(日本海、オホーツク海及び太平洋の一部 ハッチ部)

また、AISTの保管・所有するデータに関しては、シングルチャンネルデータということもあり、調査測線の数が前述2機関のそれに比べ膨大であるため、平成25年度は、GH85-2及びGH85-4, GH86-2及びGH86-4, GH87-2及びGH87-4, GH88-2及びGH88-4と能登半島周辺以西の調査航海のデータに限定して収集を行った(表3、図3参照)。AISTデータは、JAMSTECやJOGMECのデータと異なり、1チャンネルしか受振点をもたない短いストリーマケーブルを採用しているため、深部のイメージングはあまり適さないが、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。測線間隔も狭いため、水平方向の空間分解能を得るには重要なデータである。発震源は他二機関と同様にエアガンを用いている。

表 3 AIST 収集データ

調査名	2次元調査測線長(km)
GH85-2及びGH85-4 調査航海	約12,280
GH86-2及びGH86-4 調査航海	約11,789
GH87-2及びGH87-4 調査航海	約11,079
GH88-2及びGH88-4 調査航海	約12,765



図 3 AIST 収集データエリア（能登半島周辺以西 色塗りハッチ部分）

各機関の調査をまとめたものを表4に示す。2次元反射法探査データは約10万km、3次元反射法探査データは約7,300km<sup>2</sup>となった。

表 4 各機関による調査概要

データの種類	機	総測線長／調査面積	合計
2次元反射法地震探査データ	JAMSTEC	8,784.15 (km)	約 99,879.1 (km)
	JOGMEC	43,181.95 (km)	
	AIST	約 47,913.00 (km)	
3次元反射法地震探査データ	JOGMEC	約 7,263 (km <sup>2</sup> )	約 7,263 (km <sup>2</sup> )

## 2) DBの設計と構築

海域断層プロジェクトで構築される断層モデルについて将来的に一般公開、各研究機関へ成果を公開するため、そのモデル化プロセスは網羅性・追跡性を持って適切に構築し、管理する必要がある。これを実現するDBとして、平成25年度は、統一的に解釈された断層データに、実施した作業プロセスや収集データ、関連文書等を関連付けて管理するDBの設計・仕様検討を行い、また、あわせて収集データの種類、数量等を考慮して、それらのデータを効率的かつ適切に扱うことの

できる解析・解釈を行うシステムを検討した。DB の規模や解析・解釈に必要な仕様を十分満たすハードウェア、ソフトウェアを選定の上、全体システムを構築・導入し、収集したデータの登録と将来的な公開に備えた。

今回は既往の調査データを登録しているが、今後長く運用することを考えると、いくつか備えるべき機能が存在する。一つ目は拡張性である。今後、新しい調査が行われた際にも十分対応できる必要がある。これは新しいデータが付加されることによるデータ増大に対応するだけでなく、より高精度な異なる手法によって得られるデータに対しても対応できるシステムにしなければならない。二つ目は柔軟性である。これから各機関にデータの提供をさらにもお願いすることになるが、調査仕様については、その時点での導入した技術の発達程度による。もっともわかりやすいのは測位技術である。1990年代はロラン C など電波航法を主として利用していたが、昨今は Global Positioning System (GPS) から GNSS(Global Navigation Satellite System)が主流となり、測位精度も上がってきている。過去データは、これらの測位技術や計測技術等が現在より落ちるものがあり、データを蓄積して最終的に採用したデータの整合性を確認する必要がある。仮に整合しないデータがあれば、その原因を特定した上で、採用の可否を判断しなければならない。場合によっては、デジタルデータが存在せず、紙記録しか存在しない場合もある。この場合は、画像データとして、解釈の参考に用いる。過去から現在に至るまで、あらゆる観測技術、測位技術、調査仕様等のばらつきに対応するには、システムとしての柔軟性が必要である。三つ目は簡便性である。必要な時に必要な仕様のデータを抜き出せる機能が必要である。上記に示したように、ある特定の原因で調査精度が落ちているものとするれば、解釈の際にこれらのデータを省くかどうかの判断が必要になる。何らかのキーワードを入力して、それらを外す機能を持っていた方が良い。但し、観測精度が下がったからデータとして不要なわけではない。これらのデータは、精度が悪くとしても、その場のテクニクスを十分反映しているため、読み取りには使えなくても、その場を知る手掛かりになる。検索のキーワードとしてエリアや調査仕様、実施機関、調査時期などを選択して所望するデータのみを取り出すことが可能となるシステムとした。四つ目は安全性である。今回お借りしたデータは貴重な資源であり、各機関にとって非常に重要なものである。万一にも外部からの不正アクセスなどによってデータが外部に漏れることがあってはならない。セキュリティは、単独のデータベースだけでなく、ファイアウォールも含め、とりまく環境全体で実現するものである。また、データ公開時には、将来のユーザーに対して公開の基準を複数ケース設定しなければならない可能性がある。最終的な公開の形は今後の検討課題であるが、データを守るセキュリティが完全であることはシステムに必要な機能である。

表 5、表 6 に選定・導入された主要なハードウェア、ソフトウェアを、図 4 に全体のシステム図を示した。ハードウェアの導入の基準は以下である。

- (1) データ量に合わせたディスクの増強が可能であり、増強によるトラブルのリスクをできるだけ小さくすること。

- (2) 過去データも含めて多様な保存用デバイスに対応できること。
- (3) 大量のデータの解釈作業を実施するため、クライアントとサーバー間のネットワークが太いこと。

今回収集する反射法探査データは、石油探鉱や資源調査に古くから使われてきた記録媒体を使用している。これらの調査は 1960 年代から行われているが、信頼できるテープデバイスとして 1/2 インチのテープデバイスを歴代使用してきた。これらは、IBM 社製品であることが多かったため、これらのテープデバイスの取り付けには、IBM 社製のサーバーを採用した。解析、解釈用には仕様の高い x3750、データ収集用に限定したサーバーとして x3650 を採用した。ストレージは IBM 社製 DCS3700 を採用し、今年度は 150TB までの容量であるが、順次 900TB まで対応可能なストレージを導入した。テープデバイスは LTO と TS1140 を採用した。特に TS1140 h a SuperDLT, 3590, 3592 など複数のメディアに対応している。これに解釈用のワークステーション Z820 を 6 台導入し、データ入出力のサーバー間は 4 本の光回線を新規導入、スイッチも 10Gb 対応の製品を採用した。

表 5 選定・導入された主要ハードウェア

機器名	機器の役割
IBM TS1140 1台	SDLT、3590、3592 などの磁気媒体で収録されているデータの読み込み用テープドライブ
IBM DCS3700 1台	DB 用データ格納ストレージ 容量 900TB (順次増設可能)
IBM System x3650M4 1台	データ収集用サーバー
IBM System x3750M4 1台	再解析用サーバー
IBM System x3750M4 1台	解釈用サーバー
HP Z820/CT 6台	再解析・解釈用システム

表 6 選定・導入された主要ソフトウェア

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 6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 ProMax2D 1ライセンス Landmark ProMax2D/3D 1ライセンス	地震探査データ処理ソフトウェア
Landmark DecisionSpace Base Module 6ライセンス	地震探査データ解釈ソフトウェア
Landmark Geophysics Module	速度モデル構築用ソフトウェア

## 海域断層DBプロジェクトシステム構成図

Ⅱ システム構成図

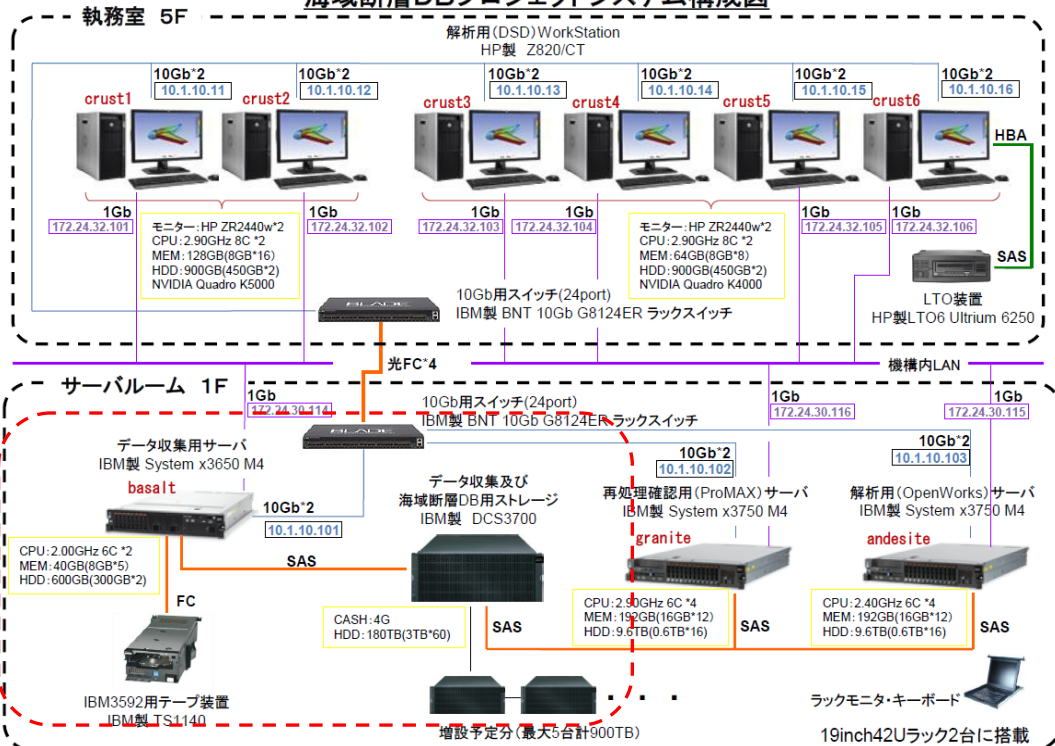


図4 DB及び解析・解釈システムのハードウェア全体構成図  
(赤点線枠がDB部分、枠外が解析・解釈システム部分)

ソフトウェアの選定には、先に挙げた特徴に加え、広域のデータを扱いやすいアプリケーションを選択した。一般に石油探鉱には鉱区を設定した中で解釈作業を実施する。今回のケースでは、今回収集する反射法探査データは、石油探鉱や資源調査のプロジェクトであり、調査範囲は鉱区の範囲に限られるため、調査エリアは比較的限定されたエリアであった。今回のプロジェクトでは長大測線を読み込む必要がある上、一度にハンドリングするエリアを広く設定する必要がある。このような使い方に実績のあるLandmark社のProMaxをベースとしたシステムにした。データベース構築用のソフトウェアとしてe-Geo、地震探査データの処理用としてProMax2D/3D、解釈用ソフトウェアとしてDecisionSpace、速度構造モデル構築用ソフトウェアとしては、Geophysics ModuleをDecisionSpaceと合わせて使用する(表6)。別サブテーマでは解釈を実施して断層の連続性を評価することになるが、異なる調査機関のデータを用いて解釈をする場合、深度断面では断層位置の整合性がとれないことがしばしば存在する。これは用いる速度データが異なるために起こる事態であるが、これは、反射法探査データから速度構造を

見積もる場合に含まれる誤差に起因する。そのため、本プロジェクトでは海底地震計から求めた速度構造を元に3次元的速度構造モデルを構築し、時間断面上で解釈した断層面を深度変換する方針とした。3次元的速度構造モデルは南海トラフで実施した例があるが(仲西他, 2014)、実際の2次元の速度モデル構築の結果と3次元速度ボリュームを求めてから2次元断面を作成した結果がほぼ遜色ないことを確認している。これに用いたソフトウェアはLandmark社のDecisionSpaceであり、南海トラフという広いエリアに対して速度モデルを構築できた実績を持っている。

### 3) 収集データの分類・整理・登録

収集したデータは各機関の既往調査データの全体量を把握し、データの種別毎に分類した(図5)。デジタルで収録されているデータについては媒体(磁気テープ、CD、DVD)からデータ品質のチェックを行いディスクへコピーした。その際、デジタルデータのヘッダー部に記載されている内容と報告書との整合性や、ナビゲーションデータのショット数とデジタルデータのトレース数の整合性等を確認している。ナビゲーションファイルは、測地系が異なることもあるが、WGS84に変換、統一してデータを登録した。更に、分類されたデータを整理し、DB構築用ソフトウェアe-GeoDBを使用してDBに入力した。また、入力後のデータが種々の検索項目で検索可能となるよう、入力時に検索の対象となるメタ情報の付加も行った。これにより、あらかじめ反射法地震探査断面をキャプチャーしてDBに登録することにより、反射法地震探査測線を表示させながら、その測線に関連する所望する情報を検索機能により選択的に抽出することを可能とした。e-Geoを用いて3次元的に表示させることで、これらの登録したデータの測線と海底地形の合致を確認して、簡易なクオリティコントロールを実施している。具体的な手順は下記のとおりである。

- (1) 地震探査データのキャプチャー画面作成とSEG-Yフォーマットデータからメタ情報を取得
- (2) e-Geoを用いてDBに登録するメタ情報を整理
- (3) ナビゲーションファイルのフォーマットを整理
- (4) 各調査の測線ごとの測度情報、オブザーバーログの有無などの詳細情報をまとめる。
- (5) ナビゲーション、地震探査データキャプチャ、報告書などの関連データ、平面図などをe-Geoを用いてDBに登録
- (6) 登録したデータが正しいかe-Geo内でクオリティコントロールを実施
- (7) データ処理・解釈のため、Openworksに登録

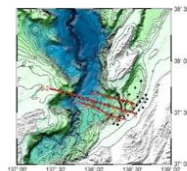
## 登録しているデータの種別

- オブザーバースログ
- ナビゲーションデータ
- サイスマックデータ
- 報告書(データ取得、データ処理、データ解釈)
- 速度データ

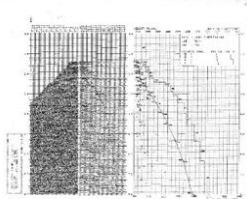
オブザーバースログ



ナビゲーションデータ



速度データ



報告書



サイスマックデータ

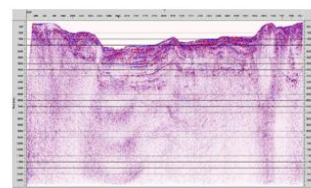


図5 DBに登録しているデータ

### a) メタ情報の整理

検索の対象となるメタ情報は、よく利用されるであろう検索項目の検討・選定を行い、選定された検索項目のメタ情報を各調査のデータ取得/データ処理/解釈等の報告書から収集した。例えば、対象深度の目安になるメタ情報としては震源の容量やチャンネル数、記録長などが指標になる。浅部の高解像度イメージングを目的とした調査の目安としては、発震点間隔、震源容量、ストリーマー長、チャンネル数、サンプリング間隔などが指標になる。調査の精度としては、ナビゲーションの測地系や欠損率などが指標になる。このように、メタ情報を整理しておくことで、後々の解釈実行時の不具合に素早く対応できるシステムとした。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、e-GeoDB のメタ情報登録テンプレートの該当事項に空欄で登録し、後で判明後に登録することとした。各調査で収集したメタ情報の種類を表7に示す。

表7 メタ情報の種類

項目名	項目の内容
調査領域面積(3D)	調査領域面積(3D)：単位[km <sup>2</sup> ]
測線長(2D)	測線長(2D)：単位[km]
総測線数(2D)	総測線数(2D)

発震点間隔	発震点間隔：単位[m]
震源数	震源数
震源圧力	震源圧力：単位[psi]
震源容量	震源容量：単位[in3]
震源間隔	震源間隔：単位[m]
サブアレイ数	サブアレイ数
震源深度	震源深度：単位[m]
ストリーマ数	ストリーマ数
ストリーマ長	ストリーマ長：単位[m]
ストリーマ間隔	ストリーマ間隔：単位[m]
ストリーマ深度	ストリーマ深度：単位[m]
チャンネル数	チャンネル数
受振点間隔	受振点間隔：単位[m]
記録長	記録長：単位[msec]
サンプリング間隔	サンプリング間隔：単位[msec]
CMP ビンサイズ	CMP ビンサイズ：単位[m]
標準重合数	標準重合数
ナビゲーション／測地系・投影法	ナビゲーションの測地系・投影法
ナビゲーション情報／コメント	ナビゲーション情報に関するコメント
PreStack/PostStack	PreStack/PostStack データか
処理段階の有無	処理段階かの有無
処理段階／詳細	処理段階の場合、migration 等詳細状況を記載
品質／欠損の有無	データ内に欠損値があるかの有無
品質／欠損率	欠損率[%]
品質／欠損率に関するコメント	欠損率に関するコメント
品質／重合処理の有無	重合処理の有無
品質／重合処理に関するコメント	重合処理に関するコメント
プロジェクト名	
大域名	
地域名	
地名	
データ種別	
調査実施機関	
調査日	
調査位置	
水深	
マップデータ	

#### b) 登録データの確認とクオリティコントロール

DB に 2 次元 (2D) 測線及び 3 次元 (3D) 調査領域が正しく表示されているか確認するため e-Geo 上の DB のマップ表示機能を使用し、報告書等に記載の測線図と比較・確認しながら登録を進めた。また、年代の古い調査の中にはナビゲーションデータ（測位情報）に精度的な問題や、データ取得時の十分な情報がないなどの場合があるため、海底地形に反射法地震探査断面を重ね合わせることにより、収集されたデータが正しい測位情報かどうかなどについて簡易的なクオリティコントロールも行って登録を進めた（図 6）。これにより、登録した各項目の確認も同時に実施している。但し、この時点では、検証に用いている海底



地形は比較的粗いデータを使用している。この時点では、測線の位置の確かさを確認することを主目的とし、海底に露出している断層を海底地形から特定することを目的としない。

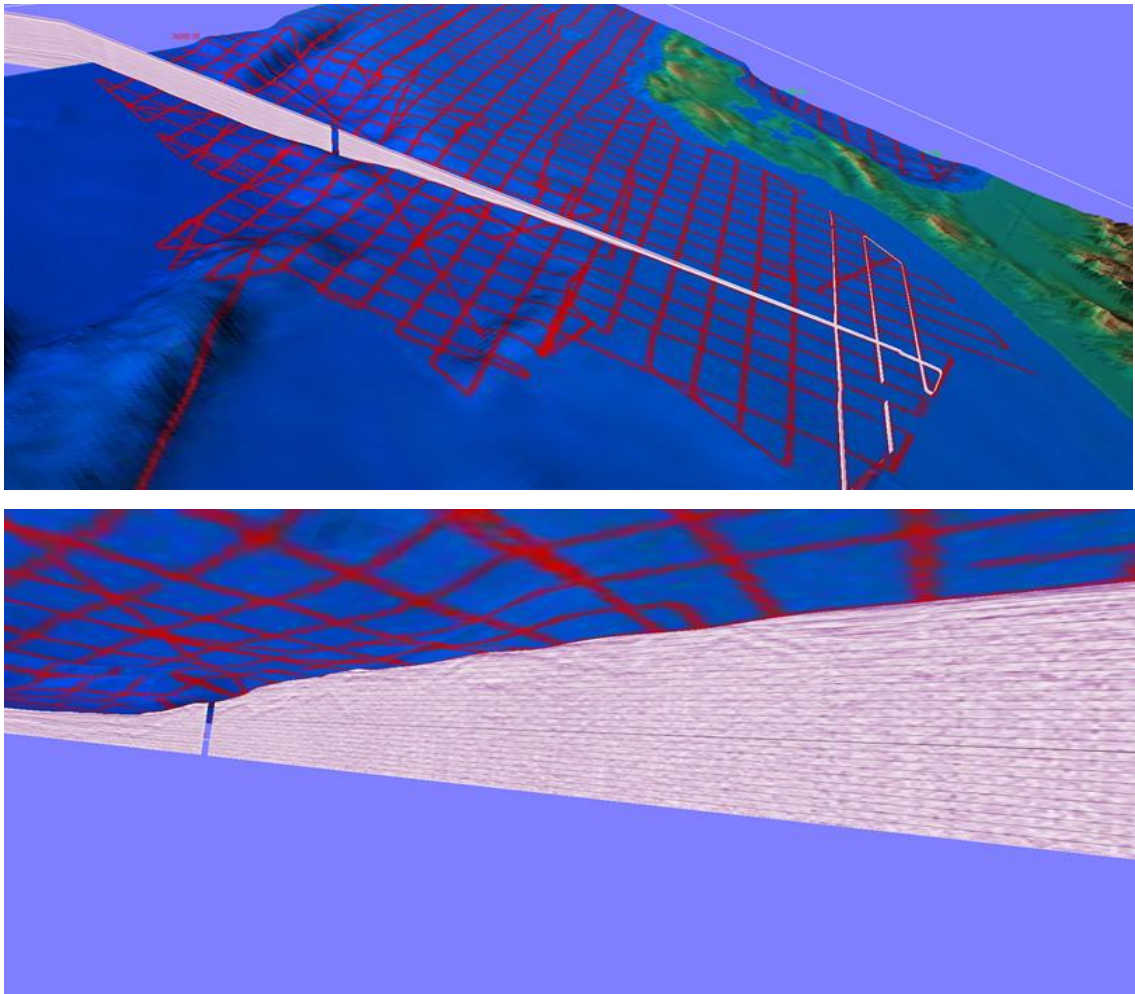


図 6 DB 登録時の簡易的なデータクオリティコントロールの例。記録上の海底地形と DB 上の海底地形との比較でクオリティコントロールを実施した。

(c) 今年度の成果

JOGMEC、JAMSTEC、AIST のデータの収集と海洋保安庁海洋情報部などの他調査機関へのデータ借用の調整を行った。その結果、約 10 万 km 以上の 2 次元反射法探査データと、7 千 km<sup>2</sup> 以上の 3 次元反射法探査データを借用できた。これらのデータは、デジタルデータのヘッダー部と報告書上の記述の整合性、デジタルデータと報告書やナビゲーションファイル上のトレース数の整合性などを確認、デジタルデータと海底地形を比較して簡易なクオリティチェックを実施した。報告書とデジタルデータに矛盾があるときには、ナビゲーションファイル等、その他のデータとも整合性を確認し、デジタルデータと矛盾がないことを確認の上、DB に登録した。

DB を構築するに当たり、今後の運用を視野に入れ、拡張性、柔軟性、簡便性、安全性に配慮して DB を設計した。あらゆるデータは、統一的なディレクトリのツリ

一構造の傘下に収められ、検索を簡単に実施できるようにメタ情報を整理した。

平成 25 年度は日本海のデータ収集を実施したが、JOGMEC と JAMSTEC の全データ、AIST データの半分を収集することができ、これらを DB に登録した。また、民間事業者等他のデータについては、今後の調整を踏まえて、すでに公開されている論文等を収集した。電力関連と資源掘削関連は、多くのデータを抱えているため、今後調整を進めていく予定である。

別のサブテーマで実施したデータ再処理の結果も合わせて DB に登録した。また、解釈を別サブテーマで本格的に実施するにあたり、地震探査データ以外のデータの収集も開始している。その断層が活断層であるかの判断には、年代を示す情報が必要である。日本海海域にはあまり多くの掘削データは存在しないが、可能な限り掘削データも収集した。日本海西部には香取沖と鳥取沖に基礎試錐データが存在する。これらに基づいた第四紀層のホライゾンデータも収集した。断層解釈に備えた既存解釈データも収集した。

#### (d) 結論ならびに今後の課題

##### 1) 結論

本プロジェクトの開始にあたり、各機関に反射法探査データを中心にデータ借用の調整を行い、複数の研究機関から協力を頂くことができた。これらのデータは今後も増大するため、拡張性、柔軟性、簡便性、安全性に留意して DB を設計、構築を開始した。借用したデータは、デジタルデータ、報告書、ナビゲーションデータとの整合性をすべて確認し、順次登録した。これらのクオリティコントロールの手順を作成し、ある程度作業のルーチン化に成功した。具体的には下記の通り。

- 1) 日本海における JAMSTEC、JOGMEC の既往調査のデータについてはほぼすべてを収集し、AIST の分については能登半島周辺以西のデータを収集した。
- 2) 将来、成果の一般公開を予定する DB については、日本周辺海域の既往調査のデータ量を見越し、また各種データを一元的に管理・保管可能な DB の設計・構築を行った。また DB 用のソフトウェアを導入してデータの分類、種々のメタ情報を付加することにより、充実した検索機能を持たせた。
- 3) 1) で収集したデータについては、データの欠損などの品質のチェック行うとともに年代の古いデータについてはナビゲーションデータの不確かさから生じがちな測線のズレがあるかを海底地形と合わせることなど、データのクオリティコントロールを行い DB へ登録を行った。

##### 2) 今後の課題

アドバイザー会議を通じて、デジタルデータが存在しない紙記録の重要性をご指摘頂き、そのような記録の DB への登録念頭に収集している。ナビゲーションデータの有無やスキャンした画像データのハンドリングに検討を要する。また、来年度中に解釈を終えることを踏まえるとデータ収集は来年度前半までには終える必要

があり、これからデータをお借りする機関のデータの詳細を早めに確認する必要がある。今後解決すべき具体的な課題を整理すると下記の通りになる。

1) デジタルデータが存在せず紙データのみの場合、基本的には紙データをスキャンして得られる画像データを DB へ登録するが、調査により大量な紙データが見込まれる場合、物理的にすべての画像データ作成が困難となったときにデータを取捨選択する規準が必要となる。

2) 平成 25 年度は、DB への登録は反射法地震探査データのみであったが、断層解釈や速度構造作成時に参照データとして使用する重磁力や坑井データも順次登録する必要がある。

3) 次年度以降、取り扱うデータ量の増加が見込まれるため、データ収集、収集データの整理及び DB への登録作業を行っていくにあたり、平成 25 年度の作業経験を基にして作業フローの確定と作業のルーチン化を図っていく必要がある。

#### (e) 引用文献

石油開発公団， 昭和 44 年度大陸棚・石油天然ガス資源基礎調査 基礎物理探査「秋田・山形・新潟陸棚エアガン」調査報告書，1970

石油開発公団， 昭和 45 年度大陸棚・石油天然ガス資源基礎調査 基礎物理探査「石狩一礼文島」調査報告書，1971

石油開発公団， 昭和 47 年度大陸棚石油・天然ガス基礎調査 基礎物理探査「日高一渡島」調査報告書，1973

石油開発公団， 昭和 48 年度大陸棚石油・天然ガス基礎調査 基礎物理探査「北陸」調査報告書，1974

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「北陸一山陰」調査報告書，1975

石油開発公団， 昭和 51 年度大陸棚石油・天然ガス基礎調査 基礎物理探査「北海道西部一新潟海域」調査報告書，1977

石油公団， 昭和 56 年度国内石油・天然ガス基礎調査 基礎物理探査「富山沖・北陸～隠岐沖・山陰沖」調査報告書，1982

石油公団， 昭和 57 年度国内石油・天然ガス基礎調査 基礎物理探査「後志沖」「十勝～釧路沖」「オホーツク海」調査報告書 1983

石油公団， 昭和 57 年度国内石油・天然ガス基礎調査 基礎試錐「鳥取沖」調査報告書，1983

石油公団， 昭和 60 年度国内石油・天然ガス基礎調査 基礎物理探査「大和堆」調査報告書，1986

石油公団， 昭和 60 年度国内石油・天然ガス基礎調査 基礎試錐「金沢沖」調査報告書，1986

石油公団， 昭和 62 年度国内石油・天然ガス基礎調査 基礎物理探査「秋田～青森浅海域」調査報告書，1988

石油公団， 昭和 62 年度国内石油・天然ガス基礎調査 基礎物理探査「西津軽～新潟沖」調査報告書，1988

石油公団， 昭和 63 年度国内石油・天然ガス基礎調査 基礎物理探査「秋田～青森浅海域」調査報告書，1989

石油公団， 昭和 63 年度国内石油・天然ガス基礎調査 基礎物理探査「北海道西部～北東部」調査報告書，1989

石油公団， 昭和 63 年度国内石油・天然ガス基礎調査 基礎試錐「香住沖」調査報告書，1989

石油公団， 平成 1 年度国内石油・天然ガス基礎調査 基礎物理探査「秋田～青森浅海域」調査報告書，1990

石油公団， 平成 1 年度国内石油・天然ガス基礎調査 基礎物理探査「山陰～北九州沖」調査報告書，1990

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「佐渡沖南西」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「佐渡西方 3 D」データ取得、処理、解釈報告書，2010

(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「大和海盆 2 D・3 D」データ取得、処理報告書，2010

(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「大和海盆 2 D・3 D」データ取得、処理報告書, 2010

(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「天北西方 3 D」データ取得、処理、解釈報告書, 2012

(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「能登東方 3 D」データ取得、処理、解釈報告書, 2012

(独) 石油天然ガス・金属鉱物資源機構, 平成 23 年度国内石油・天然ガス基礎調査 基礎物理探査「日本海北部 2 D」データ取得、処理、解釈報告書, 2013

(独) 石油天然ガス・金属鉱物資源機構, 平成 23 年度国内石油・天然ガス基礎調査 基礎物理探査「山口沖 3 D」データ取得、処理、解釈報告書, 2013

(独) 産業技術総合研究所, 響灘・見島沖海域 GH85-2 及び GH85-4 調査航海  
昭和 60 年度研究報告書 西南日本周辺大陸棚の海底地質  
に関する研究 一響灘・見島沖海域一, 1985

(独) 産業技術総合研究所, 日御碕沖・鳥取沖海域 GH86-2 及び GH86-4 調査航海  
昭和 61 年度研究概要報告書 西南日本周辺大陸棚の海底  
地質に関する研究 一日御碕沖・鳥取沖海域一, 1986

(独) 産業技術総合研究所, 経ヶ岬沖・ゲンタツ瀬海域 GH87-2 及び GH87-4 調査航海  
昭和 62 年度研究概要報告書 西南日本周辺大陸棚の海底  
地質に関する研究 一経ヶ岬沖・ゲンタツ瀬海域一, 1987

(独) 産業技術総合研究所, 能登半島周辺海域 GH88-2 及び GH88-4 調査航海  
昭和 62 年度研究概要報告書 西南日本周辺大陸棚の海底  
地質に関する研究 一能登半島周辺海域一, 1987

Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology (JAMSTEC), KR09-09 Cruise Report  
Intensive seismic study around the deformed zone in the eastern margin of the Japan  
Sea (Multichannel seismic reflection survey), 2009

Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology (JAMSTEC), KR10-10 Cruise Report  
Intensive seismic study around the deformed zone in the eastern margin of the Japan  
Sea (Multichannel seismic reflection survey), 2010

Japan Agency for Marine–Earth Science and Technology (JAMSTEC), KR11–08 Cruise Report  
Intensive seismic study around the deformed zone in the eastern margin of the Japan  
Sea (Multichannel seismic reflection survey), 2011

Japan Agency for Marine–Earth Science and Technology (JAMSTEC), KR12–10 Cruise Report  
Intensive seismic study around the deformed zone in the eastern margin of the Japan  
Sea & the Japan Trench, 2012

(f) 収集文献

文部科学省，沿岸海域における活断層調査 概要報告書 (独)産業技術総合研究所，2010

文部科学省，沿岸海域における活断層調査 五日市断層 (海域延長部) 成果報告書 (独)  
産業技術総合研究所，2010

文部科学省，沿岸海域における活断層調査 西山断層帯 (海域部) 及び菊川断層帯 (海域  
部) 委託業務成果報告書 (財)地震予知総合研究振興会，2010

文部科学省，沿岸海域における活断層調査 雲仙断層群北部 (海域) 及び雲仙断層群南東  
部 (海域) 成果報告書 (独)産業技術総合研究所 千葉大学理学部 東海大学海洋学  
部 地域地盤環境研究所，2010

文部科学省，沿岸海域における活断層調査 岩国断層帯 (海域延長部) 成果報告書 (独)  
産業技術総合研究所，2010

文部科学省，沿岸海域における活断層調査 概要報告書 (独)産業技術総合研究所，2011

文部科学省，沿岸海域における活断層調査 布田川–日奈久断層帯/中部・南西部 (海域部)  
成果報告書 (独)産業技術総合研究所 (財)地域地盤環境研究所 東海大学，2011

文部科学省，沿岸海域における活断層調査 福井平野東縁断層帯 (海域部) 成果報告書 (財)  
地震予知総合研究振興会，2011

文部科学省，沿岸海域における活断層調査 呉羽山断層帯 (海域部) 成果報告書 (財)地  
域地盤環境研究所，2011

(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) NO. 58~NO. 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
独立行政法人海洋研究開発機構	グループリーダー代理	高橋 成実
独立行政法人海洋研究開発機構	調査役	及川 信孝

(c) 業務の目的

統一的断層解釈を行うために必要な反射法探査データ等の収集されたデータから、海底下最大10～20km程度までの反射面の分布を把握し、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3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。断層の深部延長も解釈を加え、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、評価助言委員の方々から意見を頂き、適宜改訂する。

(d) 7カ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、今後の処理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。合わ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、上記手法に従って断層評価を進める。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う。

3) 平成27年度：

日本海データの解釈をとりまとめDBに登録する。南海トラフ・南西諸島海域のデータの再解析と解釈を行う。

4) 平成28年度：

南西諸島海域データの解釈をとりまとめDBに登録する。南海トラフ域のデータ再解析と解釈を継続する。解釈結果はアドバイザーからの助言を得て適宜改訂する。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)に日本海の解釈例の提供を行う。

5) 平成29年度：

南海トラフのデータの解釈をとりまとめDBに登録する。日本海溝・伊豆小笠原海域のデータ再解析と解釈を行う。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う。

6) 平成30年度：



伊豆小笠原海域の解釈をとりまとめ DB に登録を行う。日本海溝・十勝沖再解析と解釈を行う。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う。

7) 平成 31 年度：

日本海溝・十勝沖海域のデータの解釈をとりまとめ DB に登録する。オホーツク海の再解析と解釈を行い、解釈結果はアドバイザーからの助言を得て、適宜改訂する。日本周辺の断層評価の整合性を確認し、最終的に取りまとめを行う。

## (2) 平成 25 年度の成果

### (a) 業務の要約

日本海海域において反射法探査データの再解析と解釈を開始した。特に日本海西部海域においては、(独)石油天然ガス・金属鉱物資源機構のマルチチャンネル反射法データ (MCS データ) のうち、測線長計 10592 km の MCS データの再解析を実施し、解析のフローを作成した。デジタルデータが存在せず、紙記録しか残っていない一部のデータについては、スキャンして MCS データをベクタライズ、デジタル化を実施した。(独)産業総合研究所のシングルチャンネル反射法探査データ (SCS データ) についても、能登半島沖のデータから再解析を開始、解析フローを作成した。最終的なイメージは深度変換の必要があるため、既存の屈折法探査のデータを用いて地殻の層構造作成を開始した。

### (b) 業務の実施方法

日本海西部海域の特に10年以上前に取得したMCSデータに対して主として再解析を実施した。具体的には、昭和48年北陸、昭和49年北陸～山陰、昭和51年北海道西部～新潟、昭和56年北陸～隠岐沖、昭和556年山陰沖、平成元年山陰～北九州沖の(独)石油天然ガス・金属鉱物資源機構の各プロジェクトのデータである。これらのデータを用いて、再解析のフローを作成した。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处理、簡易速度解析の後にノイズ抑制処理、各種多重反射処理、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てい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順で再処理した。特に多重反射波処理については、海水面に介在する長周期他盾反射波を抑制するSurface-Related Multiple Elimination (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(RTD)を用いた。

(独)産業技術総合研究所のSCSデータについては、多重反射波除去は不可能であるため、トレースの連続性の着目したフィルター処理が中心である。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。これらのデータは当時、アナログでデータを記録しており、データ再生時のレコーダーヘッドの再生速度の不安定や不均等など品質に問題がある部分も存在する。海底地形データをもとに反射波初動をそろえ、明らかに記録に問題のあるものは除去した。

これらの再解析したデータに加え、近年の(独)石油天然ガス・金属鉱物資源機構と(独)海洋研究開発機構の近年取得のデータを合わせて解釈作業を開始した。解釈にあたっては、既存の解釈結果や文献を参考に解釈している。

### (c) 業務の成果

本サブテーマでは、(独)石油天然ガス・金属鉱物資源機構(JOGMEC)データ、(独)海洋研究開発機構(JAMSTEC)データ、(独)産業総合研究所(AIST)データの再処理を検討し、解釈へとつなげた。ここではそれぞれのデータのクオリティと処理内容について具体的に記述する。

#### 1) データ処理

##### (ア) 石油天然ガス・金属鉱物資源機構データ

JOGMEC データには、2次元反射法探査(MCS)データと3次元MCSデータを借用した。報告書やデジタルデータを確認し、古いデータを中心に約1万kmの2次元MCSデータを再処理した。

##### a. データ概要

今回の再処理の対象測線が含まれる調査の海域エリアを図1に示す。対象の調査は全てJOGMECの基礎調査であり、能登半島より西方の5調査と北海道西部の1調査の、合わせて5調査(6地域)である。表1に対象調査の概要を示す。各調査のデータ取得仕様を表2に示す。

各調査における発震記録例を図2に示す。「山陰～北九州沖(1989)」以外の調査ではデータ取得時に遮断周波数8Hz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。「山陰～北九州沖(1989)」ではデータ取得時のローカットフィルターの遮断周波数は3Hzと他調査よりも低いため、一部で波浪ノイズと思しき低周波数ノイズが確認できる。全調査の記録で、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も見られず、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。

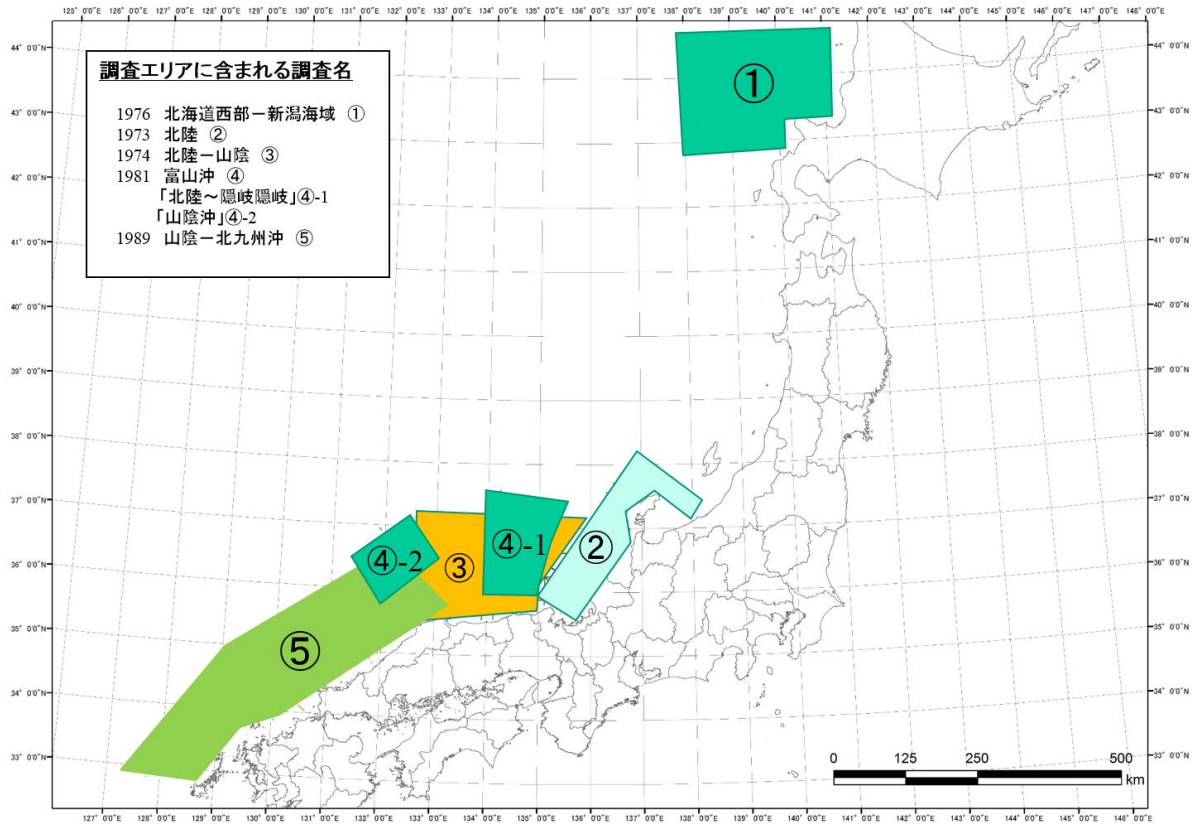


図 1 再処理対象調査の各調査海域エリア（色塗りハッチ部分）

表 1 再処理対象調査名

調査名	測線数	測線長 (km)	発震点 数	発震点 間隔	受振 器	サンプリング 間隔	記録長 (sec)
山陰～北九州沖 (1989)	31	4,138	165,561	25	12.5	4	8
富山沖(1981) 「北陸～隠岐沖」	21	1,203	48,141	25	50	4	5
富山沖(1981) 「山陰沖」	15	971	38,855	25	50	4	5
北陸～山陰(1974)	27	2,054	41,114	50	50	4	5 or 6
北陸(1973)	23	1,429	28,599	50	50	4	5
北海道西部～新潟 海域	7	793	15,870	50	50	4	5

表 2 再処理対象調査仕様

調査名	山陰～北九州沖	富山沖、北陸～ 隠岐沖、山陰沖	北陸～山陰	北陸	北海道西部～新 潟海域
取得年度	1989	1981	1974	1973	1976
調査船	M/V GECO MY	M/V KAIYO	M/V TAKUYO	M/V TAKUYO	M/V TAKUYO
<b>音源</b>					
ガンタイプ	BOLT Air Gun	BOLT Air Gun	BOLT Air Gun	BOLT Air Gun	BOLT Air Gun
ショット間隔(m)	25	25	50	50	50
ガン容量(cu.in)	4768	2090	960	810	810
ガン圧(psi)	2000	2000	2000	2000	2000
ガン深さ(m)	7.5	8	10	10	10
<b>受信機</b>					
ストリーマー	Streamer Cable(FJORD)	Streamer Cable(SEG)	Streamer Cable(SEG)	Streamer Cable(SEG)	Streamer Cable(SEG)
受振点間隔(m)	12.5	50	50	50	50
チャンネル数	240	48	48	48	48
オフセット(m)	168	323.5 ~ 335.7	330	322	323.5
ケーブル長(m)	3000	2400	2400	2400	2400
ケーブル深(m)	12	15	15	15	15
<b>記録系</b>					
探鉱機	NESSIE- II (GECO)	TI DFS/V	TI DFS/IV	TI DFS/IV	TI DFS/IV
サンプリング (msec)	4	4	4	4	4
記録長(sec)	8	5	5 ~ 6	5	5
ローカットフイ ルター	3Hz (18db/oct)	8Hz (18db/oct)	8Hz (18db/oct)	8Hz (18db/oct)	8Hz (18db/oct)
ハイカットフイ ルター	62Hz (72db/oct)	64Hz (70db/oct)	62Hz (72db/oct)	62Hz (72db/oct)	62Hz (72db/oct)
<b>測位</b>					
装置	TEKEDYNE TDL-601	TEKEDYNE TDL-601	SHORAN System(Type-IV)	HI-FIX 電波測量 器	TEKEDYNE TDL-601
主	SYLEDIS system	SYLEDIS system	SHORAN system	HI-FIX chain	LORAN-C
副	INTERNAV	LORAN-C+SATE LLITE system	SATELLITE system	SATELLITE system	SATELLITE system

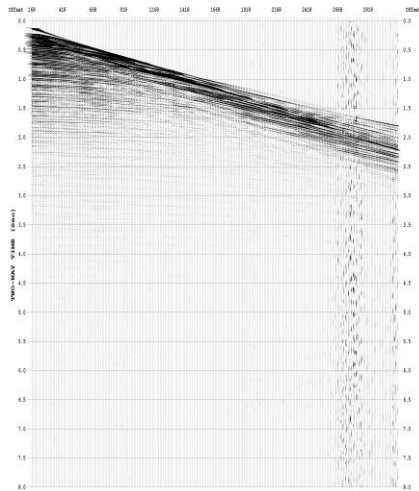


図2 発震記録例  
「山陰～北九州沖」調査 1989

#### b. データ解析

本解析では、海域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 **Common Reflection Surface(CRS)**解析を実施した。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、対象測線をデータ再解析から除外し、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。主な処理項目について以下にまとめる。

まず複合型ノイズ抑制処理である。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。「山陰～北九州沖(1989)」では一部で低周波数の強振幅ノイズが見られたため、強振幅成分の抑制を目的として**F-X**エディットを適用した。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。対象記録では、ケーブルノイズや船舶ノイズといった海域特有のコヒーレントノイズは存在しなかったため、急傾斜構造の反射波の損傷を避けるためにも、速度フィルターに代表されるコヒーレントノイズ抑制処理は適用しなかった。

次に複合型多重反射波抑制処理である。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**Radial**トレースデコンボリューション法を用いた。長周期多重反射波の抑制には、**Surface-Related Multiple Elimination (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、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、ファーオ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、ラドン変換法(PRT法)を検証し、効果が見られた場合は適用することとした。割合は全体の34%程度である。なお、本解析ではSRME法を全測線に適用した。

3つ目は重合前時間マイグレーションである。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(割合は全体の12%程度)。

4つ目はMulti-dip型CRS解析である。海域活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、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Multi Dip Reflection Surface (MDRS)法のアルゴリズムを採用し、深部反射波イメージングの高精度化を図った(割合は全体の5%程度)。

最後は、ベクトル化処理である。データ欠損が多くデータ再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ファイルを生成するベクトル化処理を実施した。ベクトル化処理の適用測線では、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。ベクトル化処理の適用測線は全体の19%程度であった。

c. データ再処理内容

データ解析作業について、データ処理フローを図 3 に示す。解析作業は、標準解析、重合前時間マイグレーション解析 (PSTM 解析)、Multi-dip 型 CRS 解析 (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。

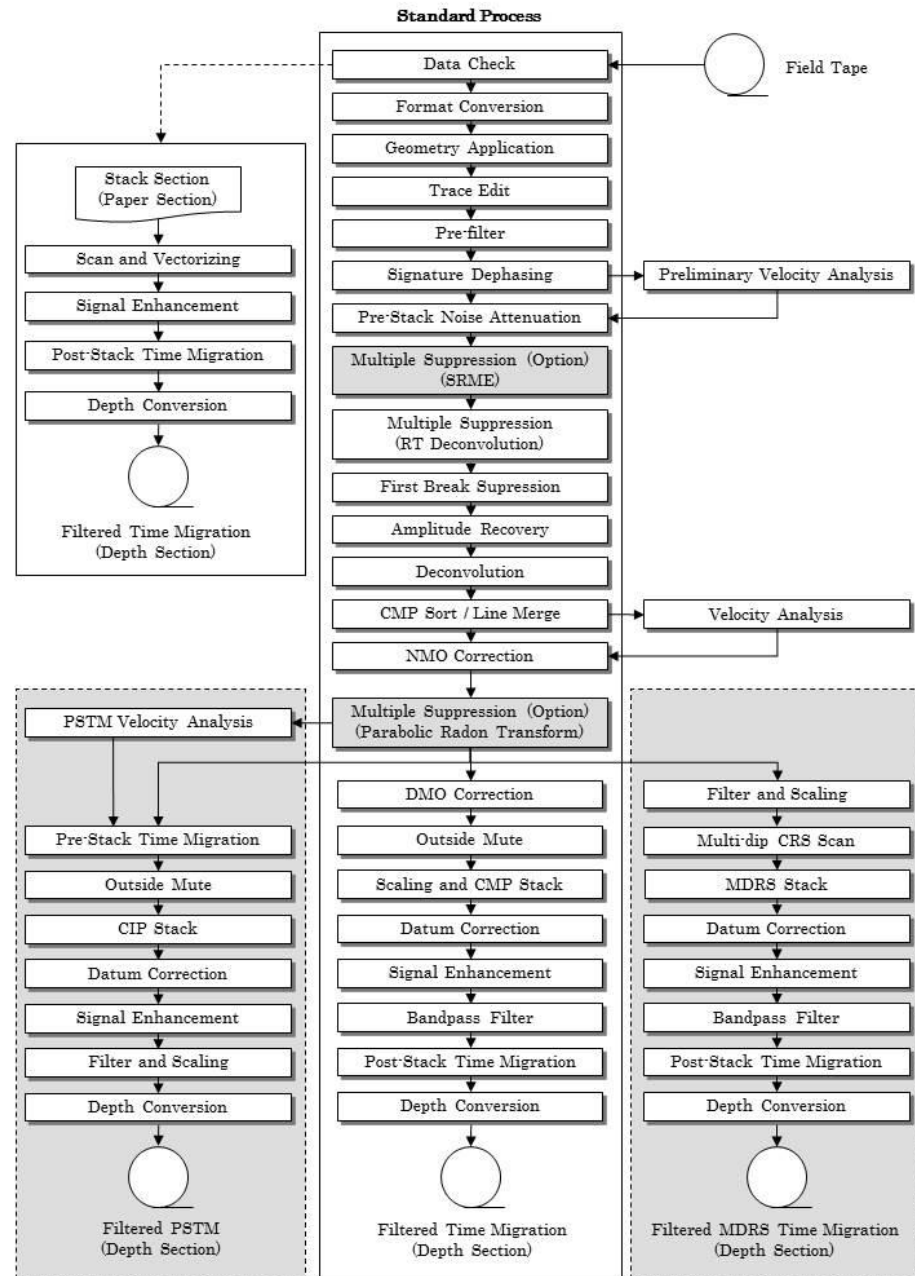


図 3 データ処理フロー  
PSTM 法と MDRS 法は一部に適用した

1. 標準解析

以下、標準解析について、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の内容を記す。

#### 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(オブザーバーズログ)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(「山陰～北九州沖(1989)」は SEG-D フォーマット、それ以外の調査は SEG-Y フォーマット)から内部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基本発震記録として 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、処理対象から除外した。不良記録の例を図4に示す。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。

#### 5) プレフィルター (Pre-filter)

発震記録全体で、僅かではあるが低周波数ノイズが確認されたため、波形変換処理への悪影響を取り除くために、帯域通過フィルターを適用した。周波数帯域はデータ取得時と同じに設定したため、低周波数側の遮断周波数は「山陰～北九州沖(1989)」では3Hz、それ以外の調査では8Hzである。

#### 6) 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。処理対象調査ではエアガン震源波形観測記録は取得されておらず、同一エアガン構成及び発震深度仕様による既存震源波形記録も存在しなかった。また、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かったため、本解析では、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5-1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 5-2 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 5-3 に示す。ここで抽出された海底面反射波形には、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、ここでの波形変換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。なお、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。図 5-4 は、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あるが、海底面反射波が正のピークとして確認できる。

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

定速度走査法 (constant velocity scan) を用いて 2km 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。

#### 8) 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、相対的にシグナルノイズ比(S/N)を向上させる F-X 予測フィルターを適用した。「山陰～北九州(1989)」では低周波数の強振幅ノイズが一部で確認されたため、F-X 予測フィルターに先立ち、F-X エディットを適用した。ノイズ抑制処理は以下の手順で実施された。

- ① F-X エディット (発震記録) : 「山陰～北九州(1989)」のみ適用
- ② F-X 予測フィルター (発震記録)

F-X エディットの発震記録での適用例を図 6-1 に、F-X 予測フィルターの発震記録での適用例を図 6-2 に示す。重合前ノイズ抑制処理適用前後での重合記録の比較例を図 6-3 と図 6-4 に示す。大きな品質改善は得られてはいないが、僅かではあるが S/N の改善は見られるため、上記の重合前ノイズ抑制処理を全測線に適用することとした。

#### 9) 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(例えば Verschuur et al., 1992)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 7-1～7-3 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 7-3 は、SRME 法で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 SRME 法適用後の重合記録、赤色が予測された多重反射波成分である。

#### 10) ラディアル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、ラディアルトレースデコンボリューション (Radial Trace Deconvolution, RTD; 例えば Henry, 1999) 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: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、およ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 8-1~図 8-3 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 8-3 は、RTD 法で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 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である。

#### 11) 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。

#### 12) 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 1000msec の自動振幅補正(AGC)を適用した。

#### 13) 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。

#### 14) 共通反射点編集 (CMP Sort)

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

#### 15) 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 100m 程度ならば、測線接続を行った。

#### 16) 速度解析 (Velocity Analysis)

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

#### 17) 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従って 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 0m 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。

#### 18) 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 と略す) 法を適用した。PRT 法では、NMO 補正後の CMP ごとにソートされた 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、「山陰～北九州沖(1989)」以外では抑制効果が得られなかったため、「山陰～北九州沖(1989)」で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 9-1～図 9-2 に、PRT 法による多重反射波抑制処理適用前後の、NMO 補正後 CMP 記録および重合記録の比較結果を示す。図 9-3 は、PRT 法で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を、青色が予測された多重反射波成分を表している。

#### 19) Dip Move Out (DMO)補正 (DMO Correction)

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った。本解析では仕様により DMO 補正は受振点間隔 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ため、DMO 補正の処理対象調査は「山陰～北九州沖(1989)」に限られる。対象調査は、海域のマルチチャンネルストリーマ記録であり、オフセット分布は均質であるため、共通オフセット領域 DMO 補正を採用した。DMO 補正に最適な速度を得るため、1km 間隔で DMO 速度解析を実施した。DMO 速度解析は、重合速度による NMO 補正済み記録に対して以下の手順で行った。

- ① DMO 補正を適用
- ② 重合速度で逆 NMO 補正を適用
- ③ 「(16) 速度解析」と同様の手法で速度解析を実施

重合速度で逆 NMO 補正した記録に対して、DMO 速度解析で得られた速度を用いて NMO 補正を適用した後に、DMO 補正を適用した。DMO 補正適用前後の重合記録の比較を図 10 に示す。

#### 20) 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。

#### 21) 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 600msec の AGC を適用した。

#### 22) 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。

#### 23) 基準面補正 (Datum Correction)

震源の深度、受振器ケーブルの深度および海水中の音速速度 (1500m/sec) を参照して、基準面を平均海水面とするための補正を行った。

#### 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、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。周波数成分解析結果と帯域通過フィルター適用前後の重合記録の比較を図 11 に示す。この時点の記録を、重合時間断面図 (図 12) として SEG-Y ファイルに出力した。

#### 26) 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。従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、DMO 速度あるい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。以上の解析手順により作成された重合後時間マイグレーション断面図例を図 13 に示す。

#### 27) 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。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。重合後時間マイグレーション深度断面図を図 14 に示す。

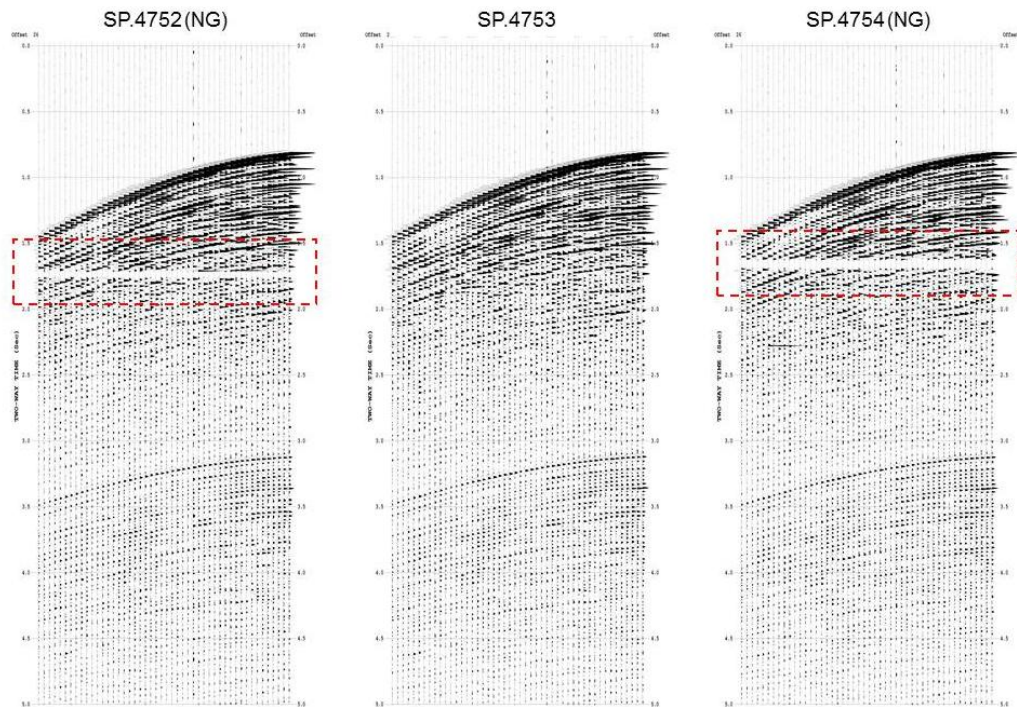


図 4 不良記録の例  
「山陰沖」調査 1981  
赤い点線で囲まれた部分が抜けている箇所

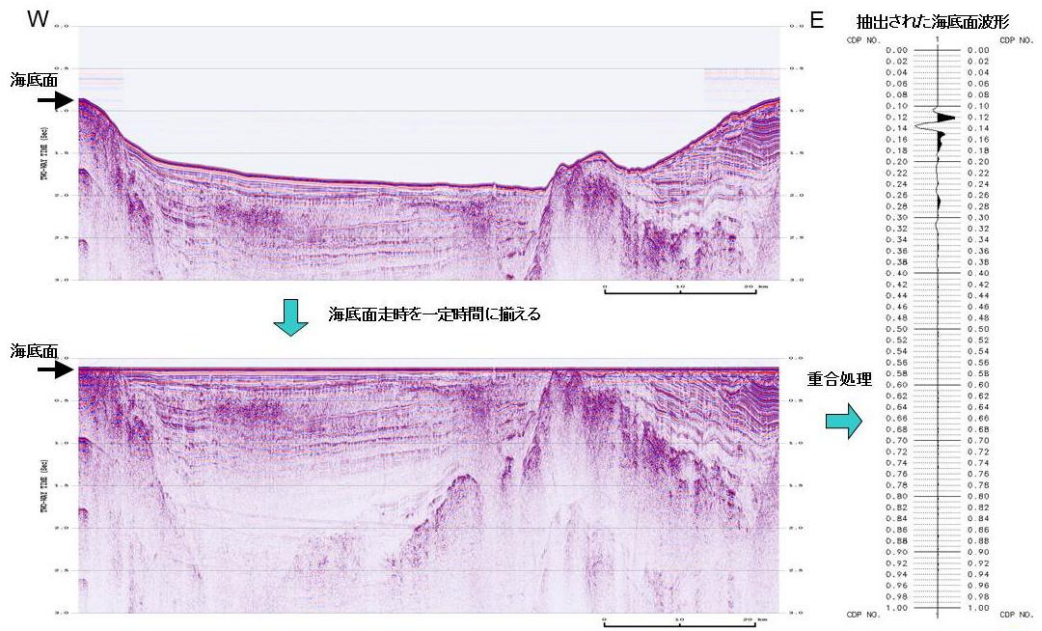


図 5-1 海底面波形から抽出したウェーブレットの例  
「北陸～隠岐沖」調査 1981

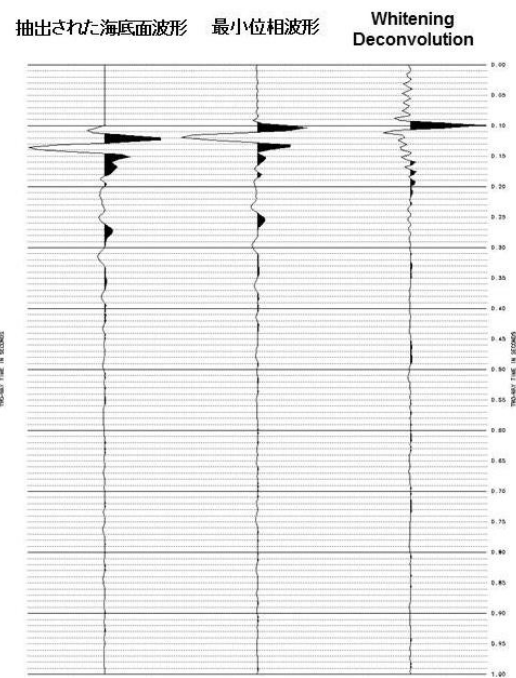


図 5-2 海底面波形から抽出したウェーブレットの波形処理例  
「北陸～隠岐沖」調査 1981

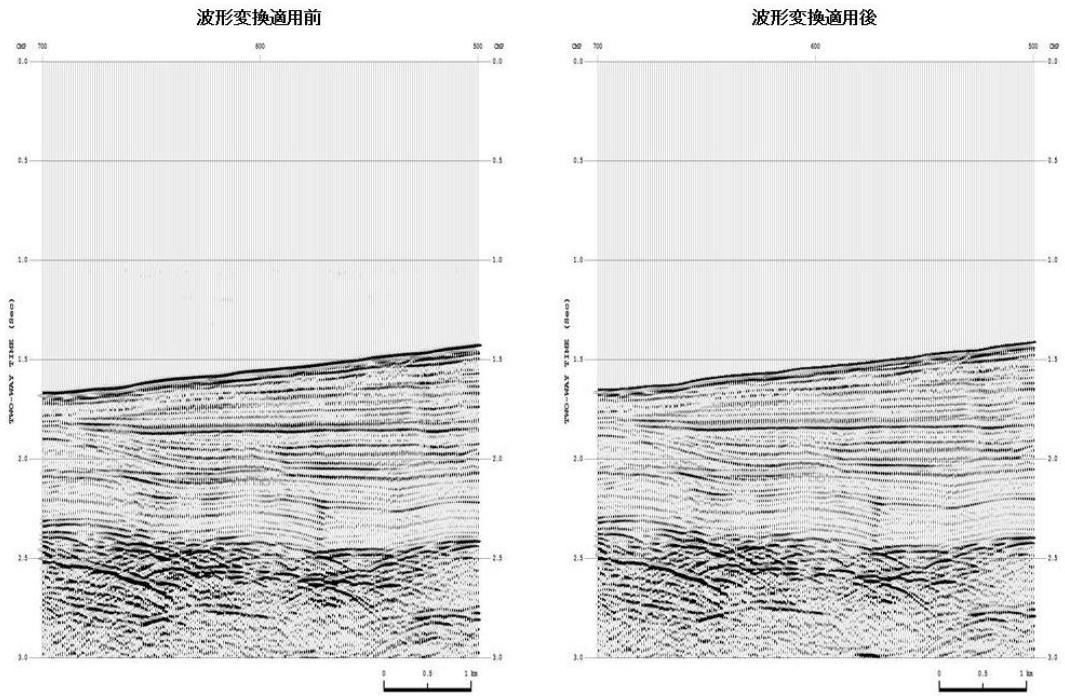


図 5-3 波形変換処理適用前後のニアトレース記録の比較例  
「北陸～隠岐沖」調査 1981

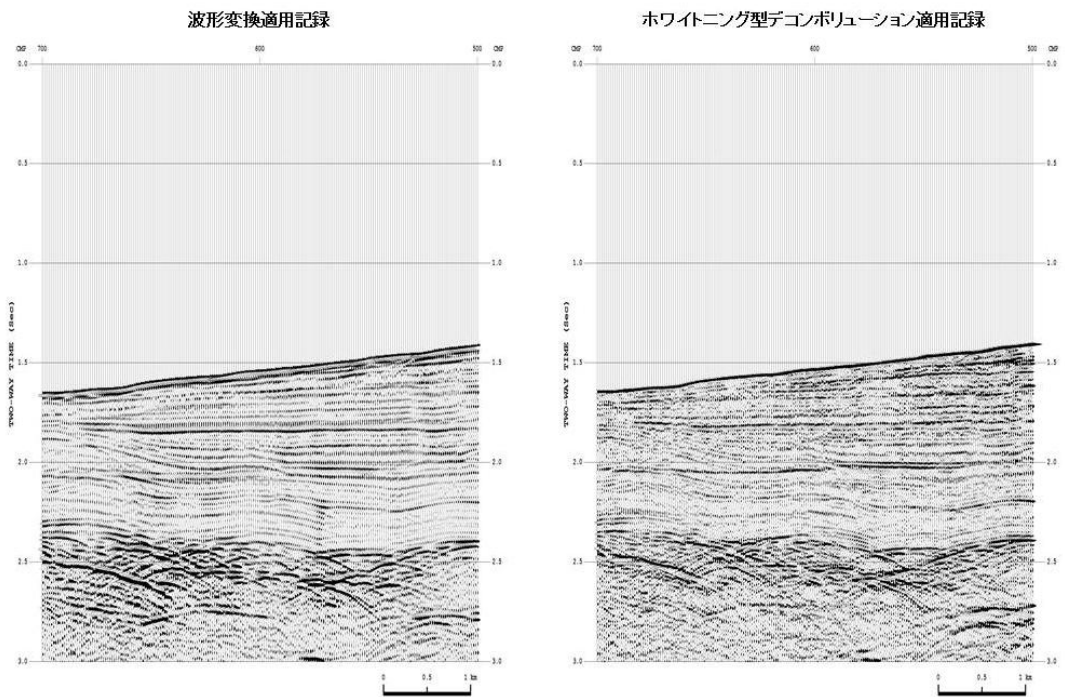


図 5-4 波形変換処理適用記録へのデコンボリューション適用例  
「北陸～隠岐沖」調査 1981

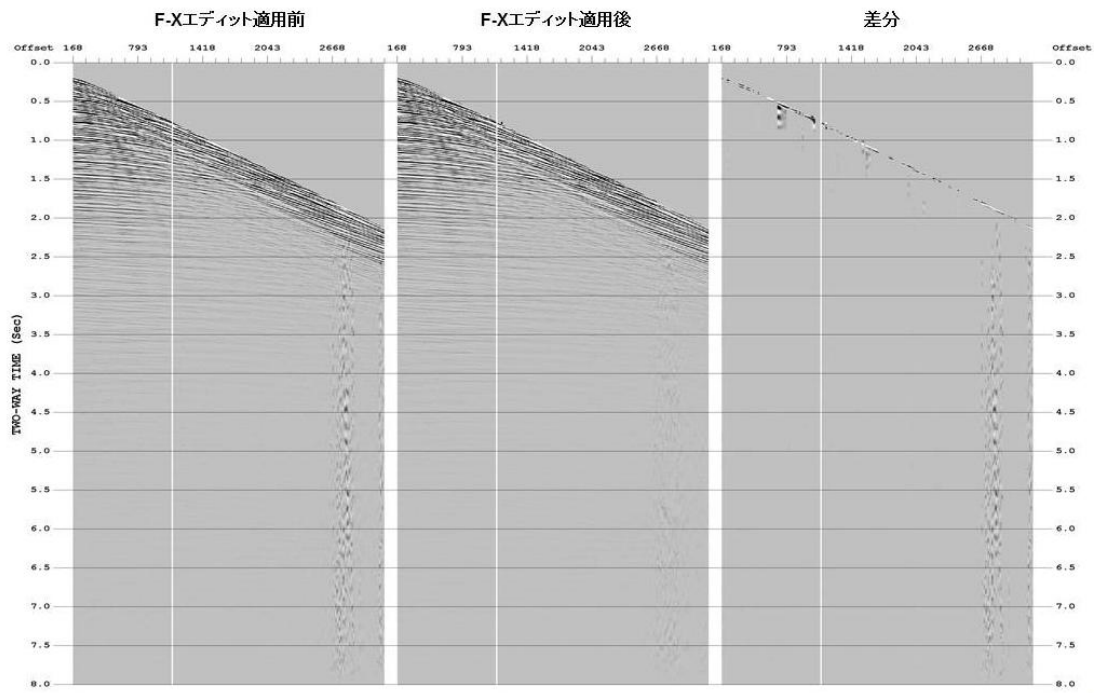


図 6-1 F-X エディット適用例 発震記録  
「山陰～北九州沖」調査 1989

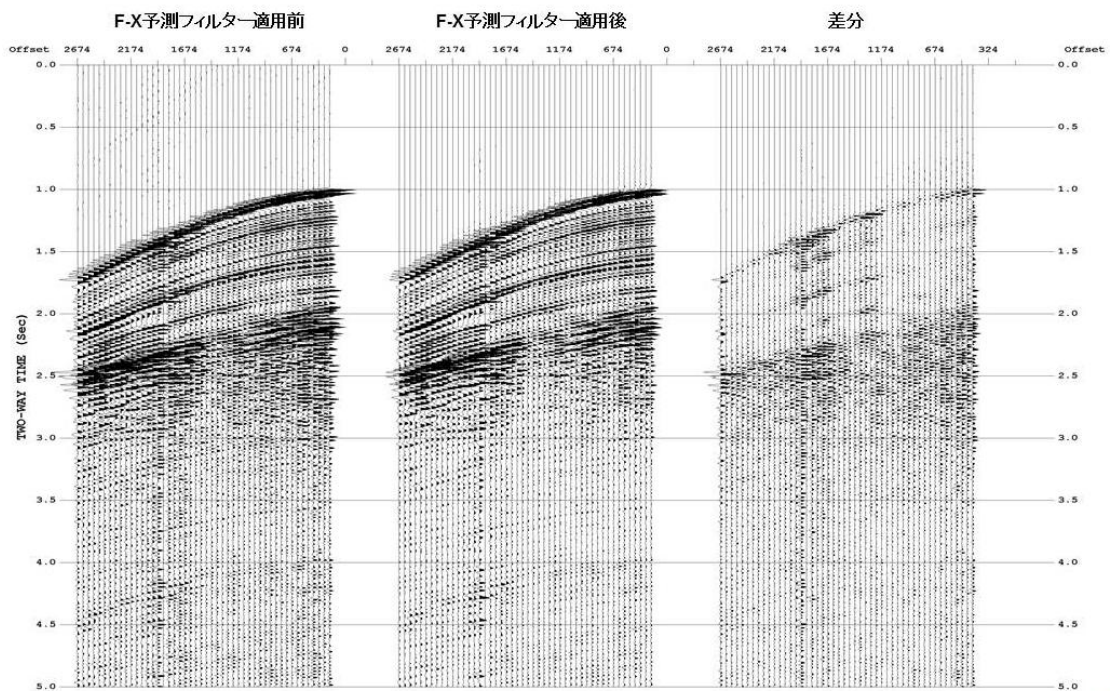


図 6-2 F-X 予測フィルター適用例 発震記録  
「北海道西部～新潟沖」調査 1976



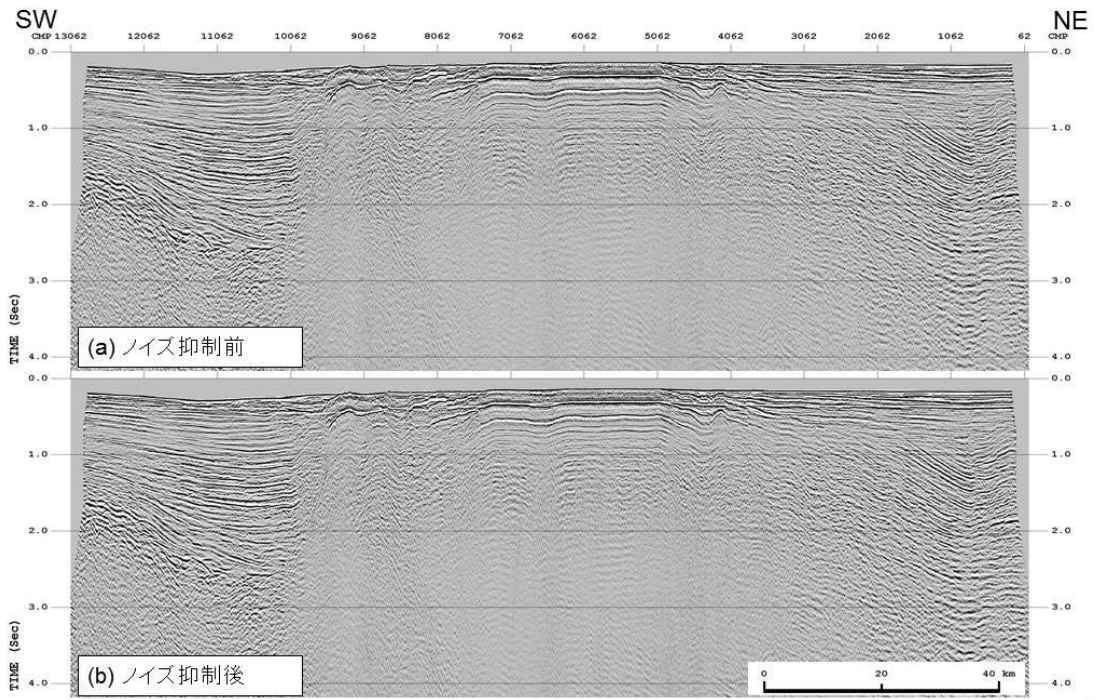


図 6-3 重合前ノイズ抑制処理適用前後の比較例 重合記録  
「山陰～北九州沖」調査 1989

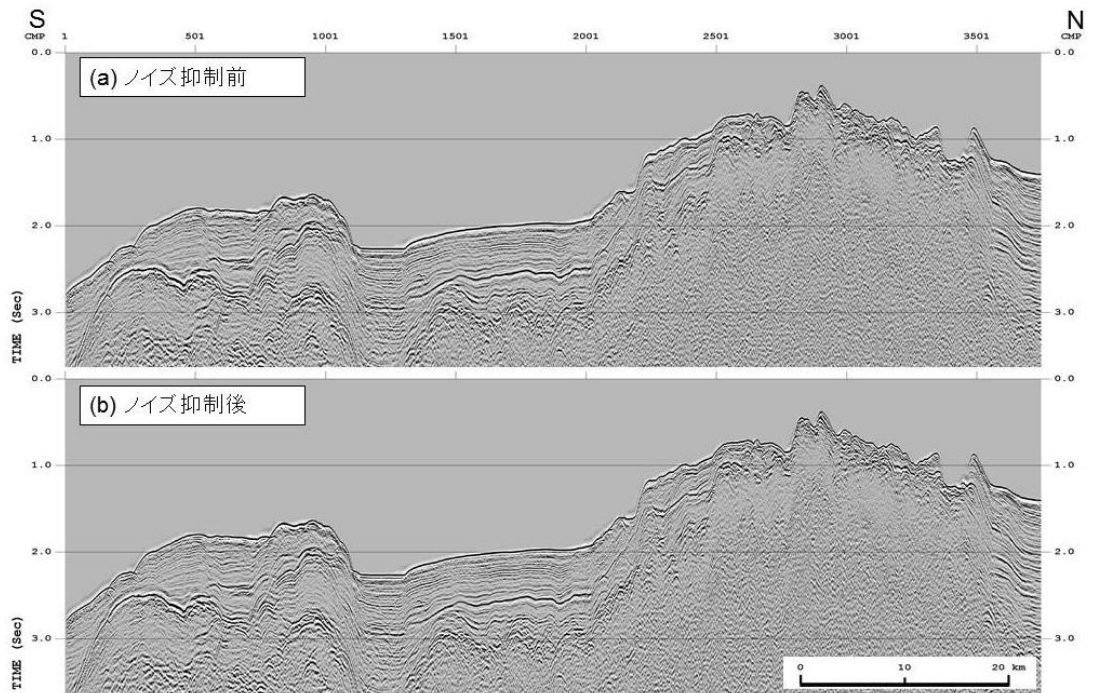


図 6-4 重合前ノイズ抑制処理適用前後の比較例 重合記録  
「北海道西部～新潟沖」調査 1976

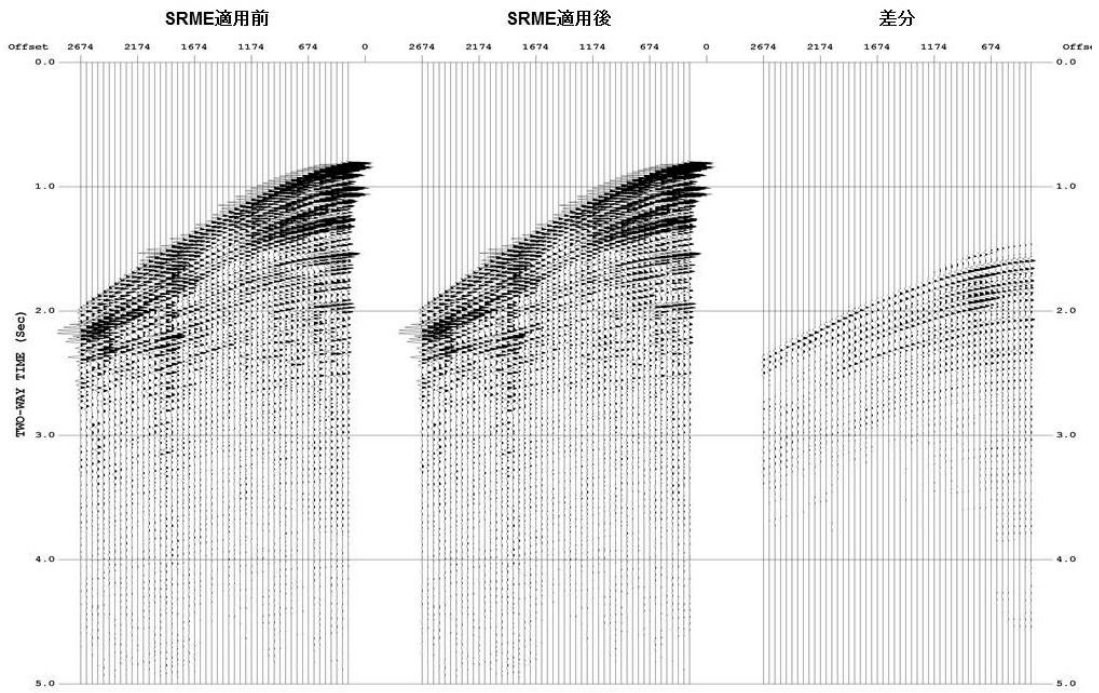


図 7-1 SRME 法適用前後の比較 発震記録  
「北海道西部～新潟沖」調査 1976

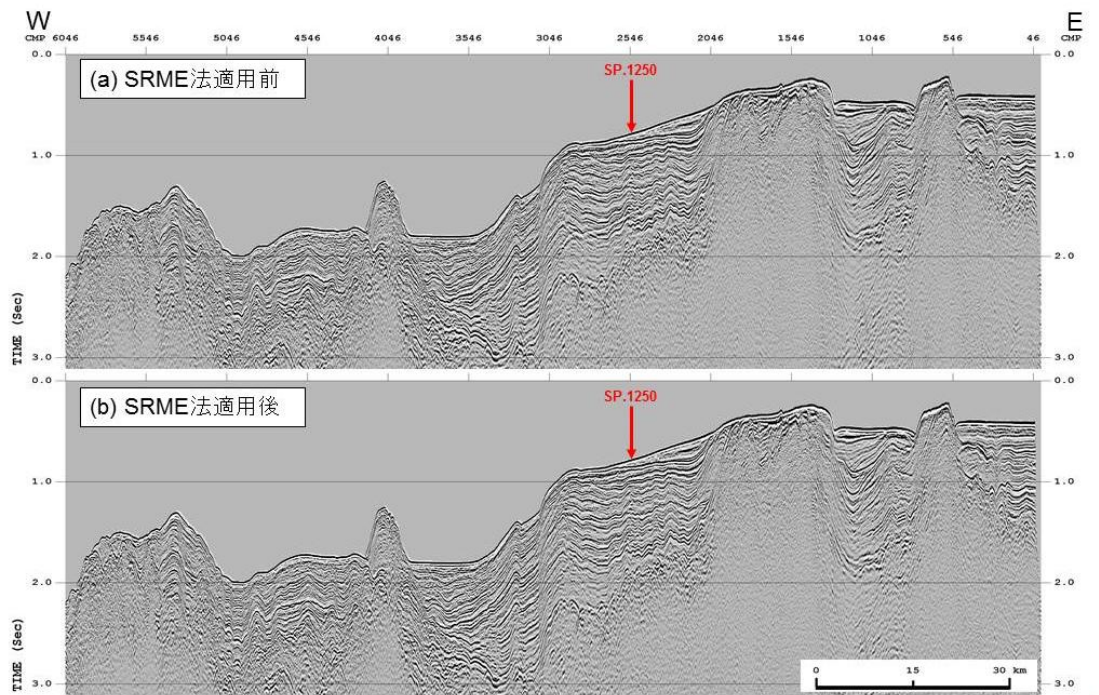


図 7-2 SRME 法適用前後の比較 重合記録  
「北海道西部～新潟沖」調査 1976

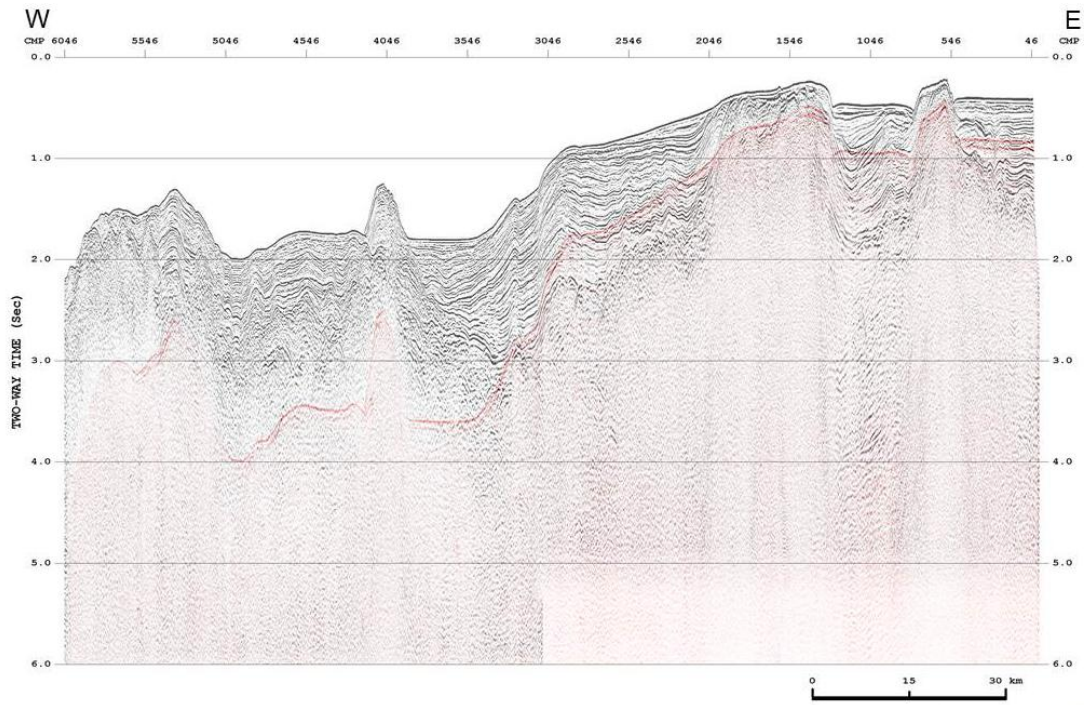


図 7-3 SRME 法で予測された多重反射波の重合記録  
「北海道西部～新潟沖」調査 1976  
赤い部分が予測された多重反射波部分を示す

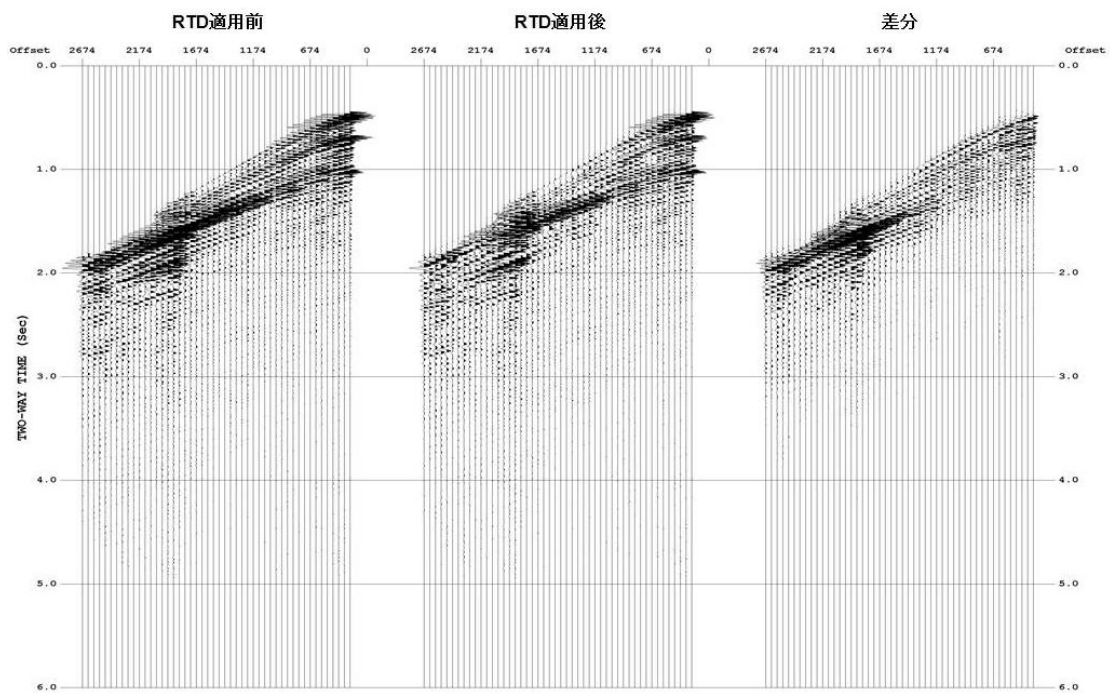


図 8-1 RTD 法適用前後の比較 発震記録  
「北海道西部～新潟沖」調査 1976

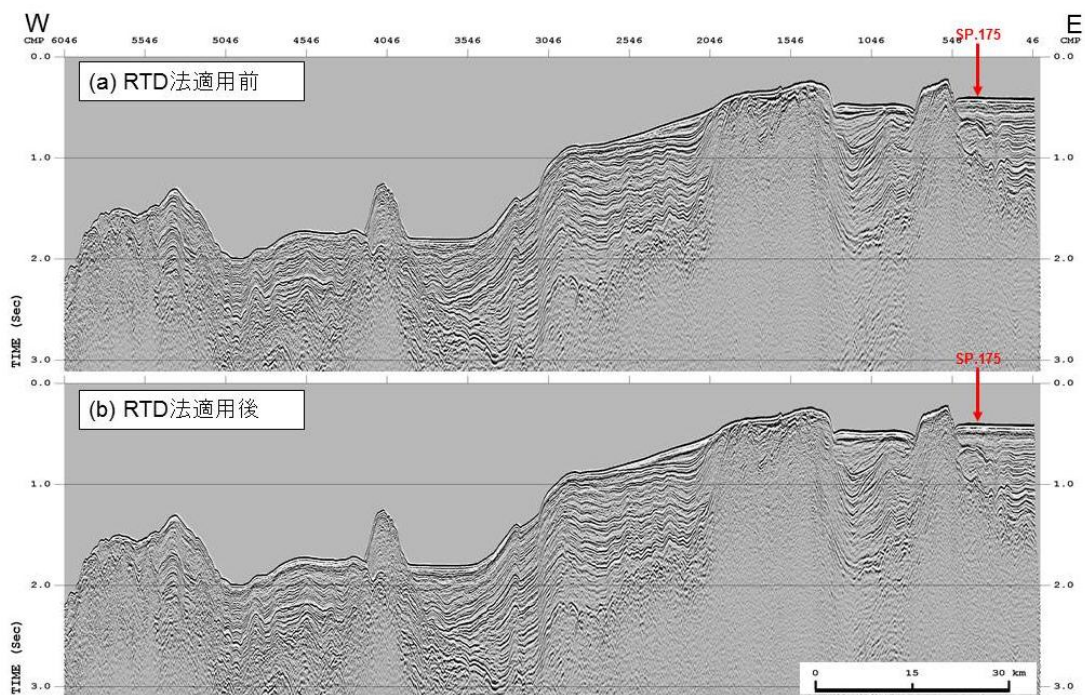


図 8-2 RTD 法適用前後の比較 重合記録  
「北海道西部～新潟沖」調査 1976

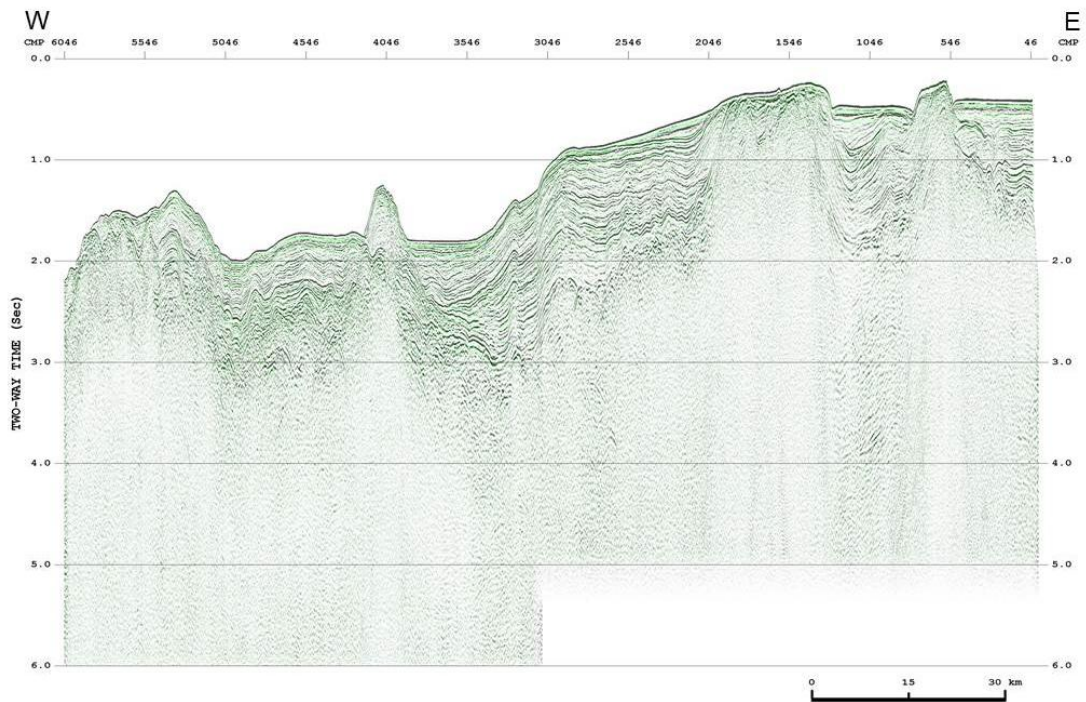


図 8-3 RTD 法で予測された多重反射波の重合記録  
「北海道西部～新潟沖」調査 1976  
緑色の部分が予測された多重反射波成分

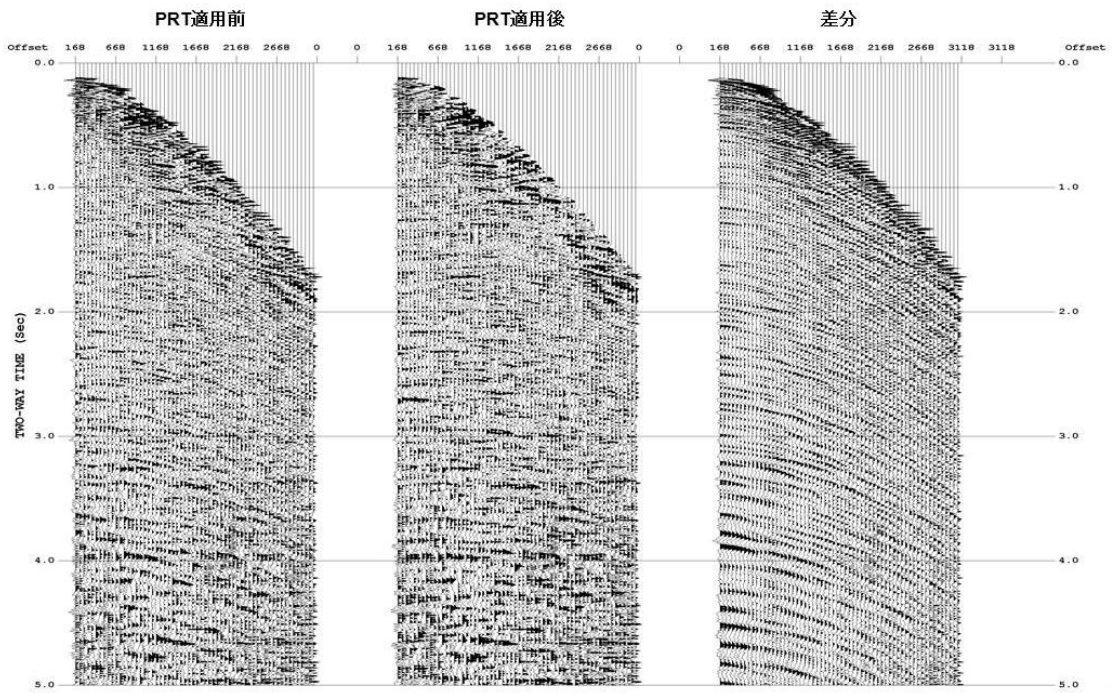


図 9-1 PRT 法適用前後の比較 NMO 補正後 CMP 記録  
「山陰～北九州沖」調査 1989

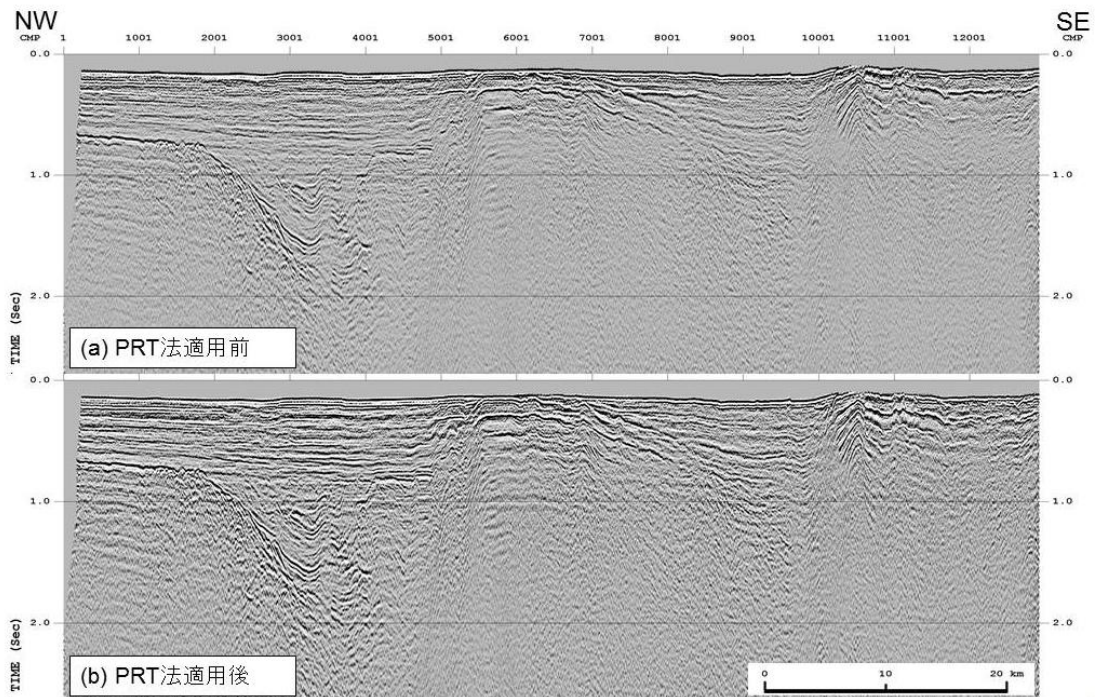


図 9-2 PRT 法適用前後の比較 重合記録  
「山陰～北九州沖」調査 1989

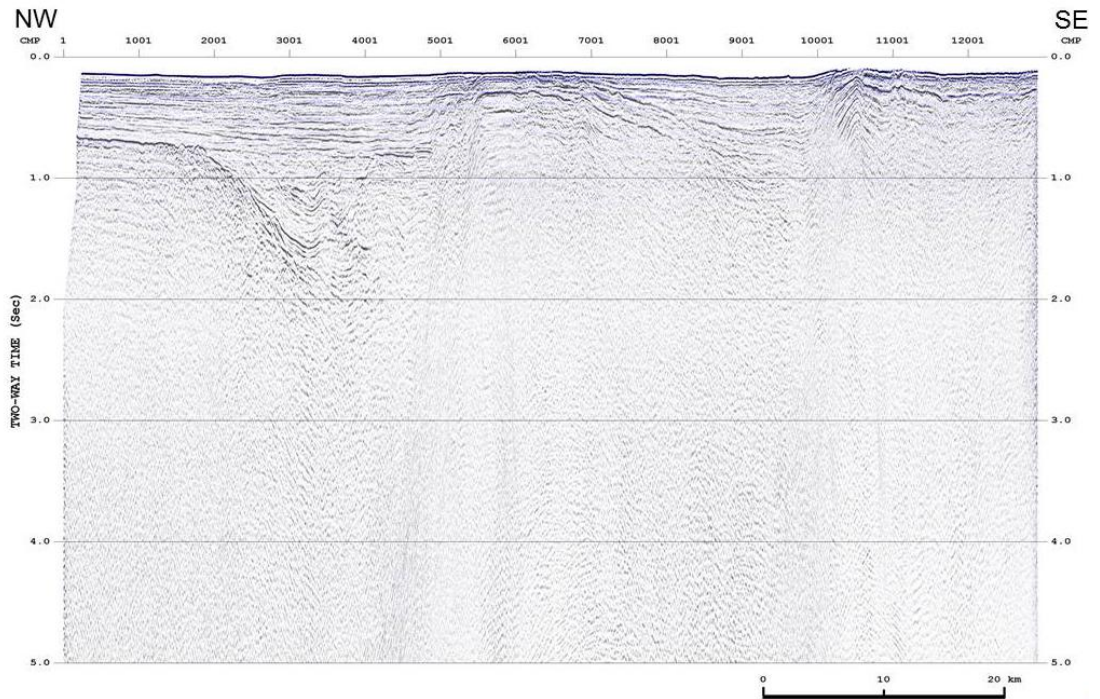


図 9-3 PRT 法で予測された多重反射波の重合記録  
「山陰～北九州沖」調査 1989  
青色の部分が予測された多重反射波成分

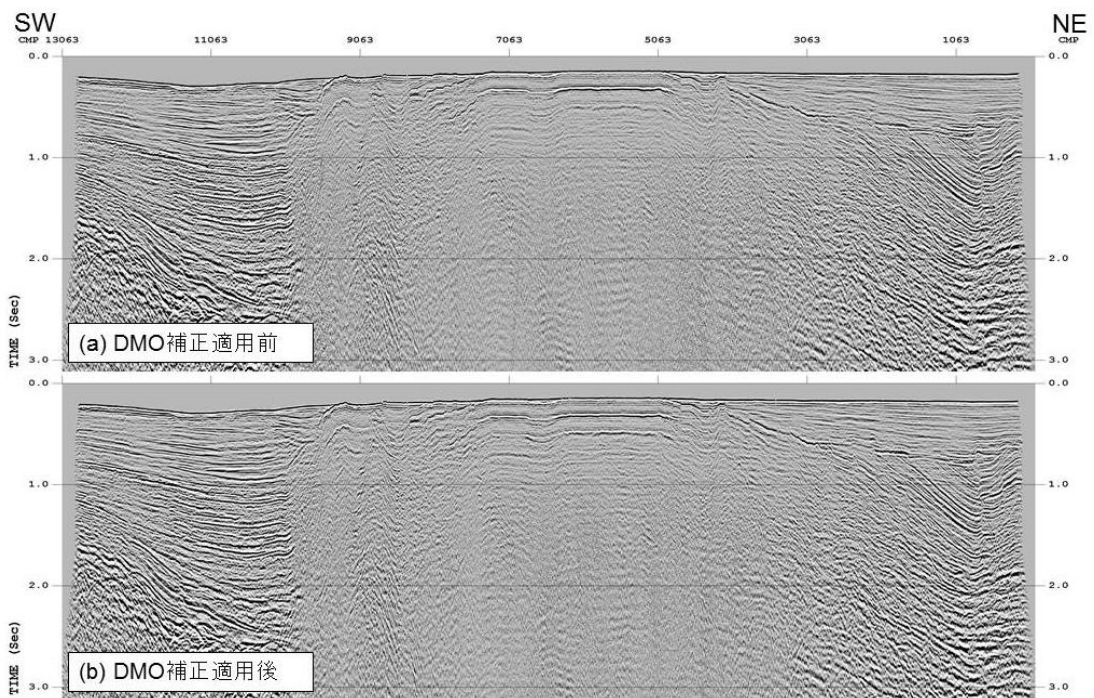


図 10 DMO 補正適用前後の比較 重合記録、  
「山陰～北九州沖」調査 1989

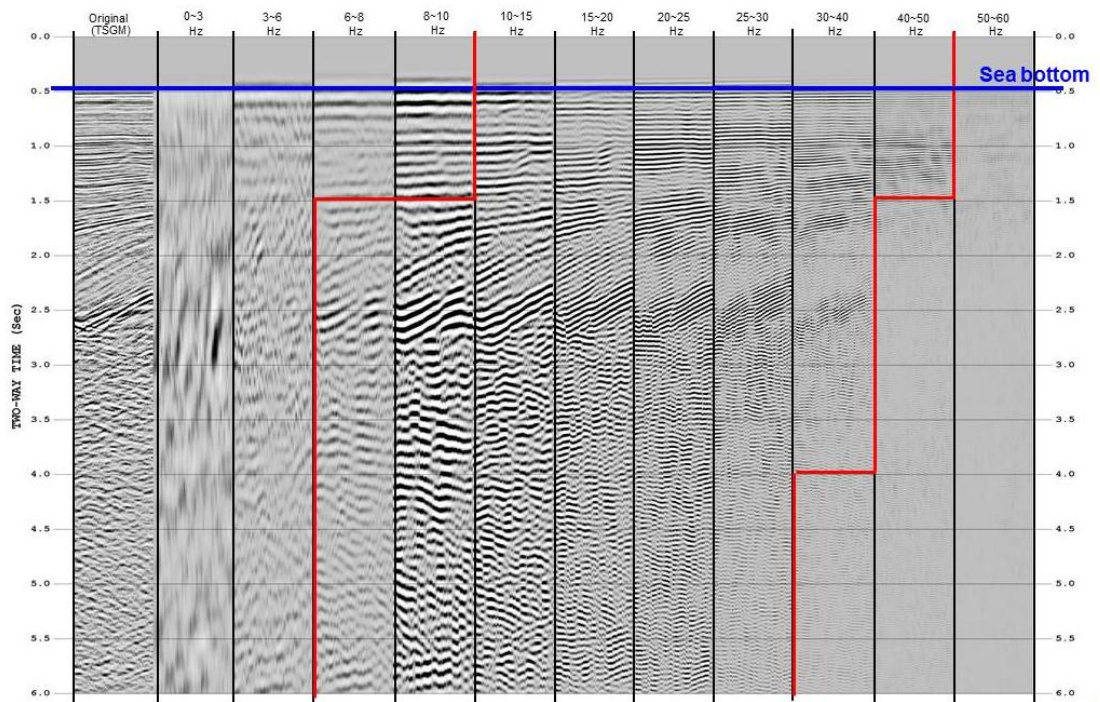


図 11 周波数成分解析の例  
「北陸～山陰」調査 1974

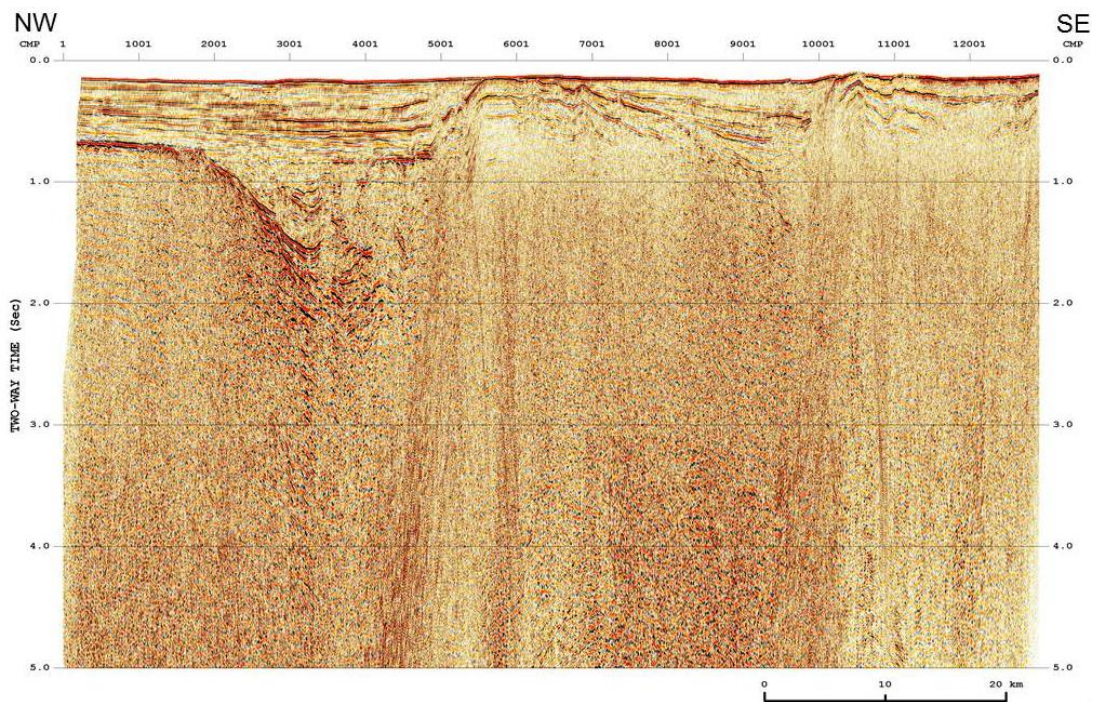


図 12 重合時間断面図  
「山陰～北九州沖」調査 1989



## 2. Pre-Stack Time Migration 解析

Pre-Stack Time Migration (PSTM)解析は標準解析から更に進んだ特殊解析の部類に含まれるが、地殻内の精緻なイメージングが可能になる手法である。ここでは重合前時間マイグレーションの深度断面図の作成までの詳細を記す。1. 標準解析の 1)から 18)の処理に続いて以下の処理を行った。

### 19) PSTM 速度解析 (PSTM Velocity Analysis)

PSTM 処理に最適な速度を得るため、1km 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。

- ① 重合速度を近似 PSTM 速度として PSTM 処理を適用
- ② PSTM 適用時の速度で逆 NMO 補正を適用
- ③ 「1. 標準解析」の「16) 速度解析」と同様の手法で速度解析を実施
- 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②から④を繰り返し実行した。なお、急傾斜構造では、近似 PSTM 速度（ここでは重合速度）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。上記速度から得られた PSTM 断面図で十分な品質が得られなかった場合は、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。PSTM 断面図上で直接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。

### 20) 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 19)で求めた速度を用いてキルヒホッフ・アルゴリズムによる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。

### 21) 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。

### 22) Common Imaging Point (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および海中の音速速度 (1500m/sec) を参照して静補正を行った。

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)

「1. 標準解析」の「27) 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 15 に、重合前時間マイグレーション深度断面図の例を図 16 に示す。

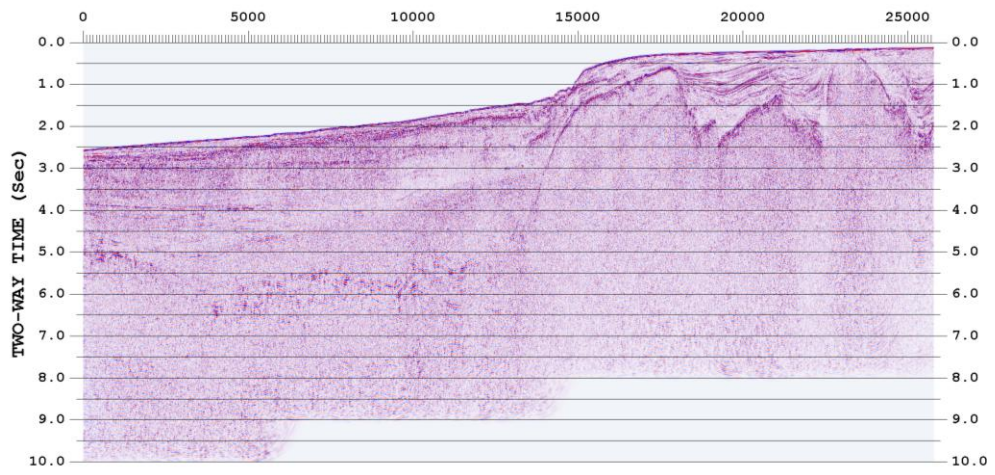


図 13 重合後時間マイグレーション断面図  
「山陰-北九州沖」調査 1989

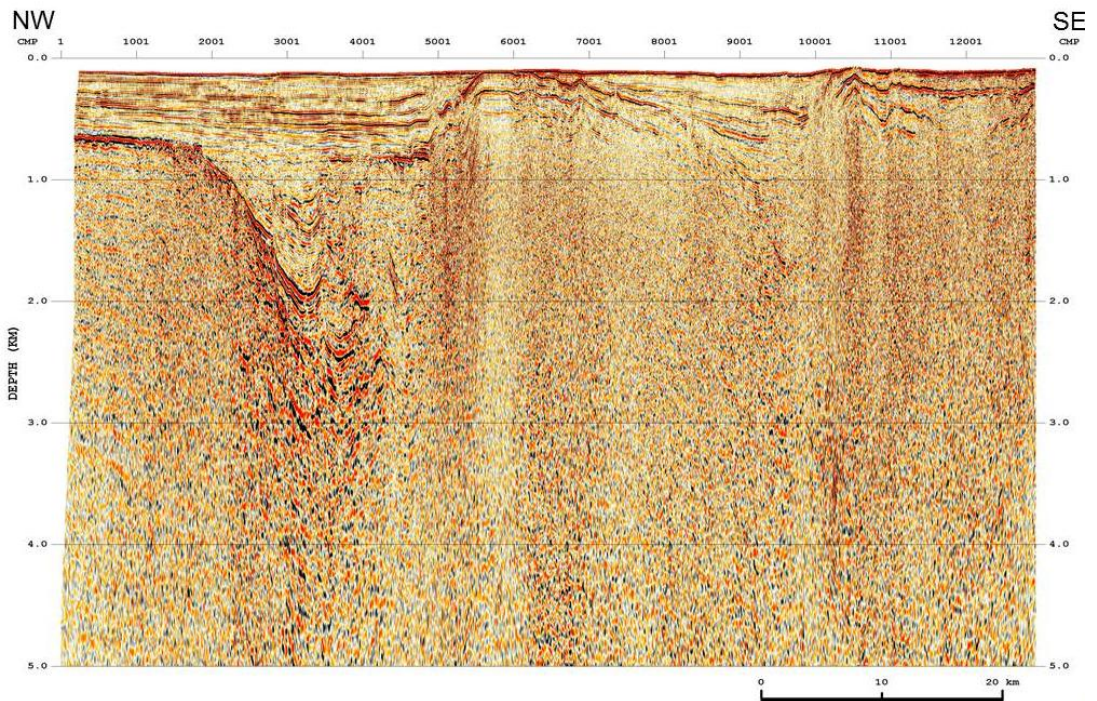


図 14 重合後時間マイグレーション深度断面図  
「山陰-北九州沖」調査 1989

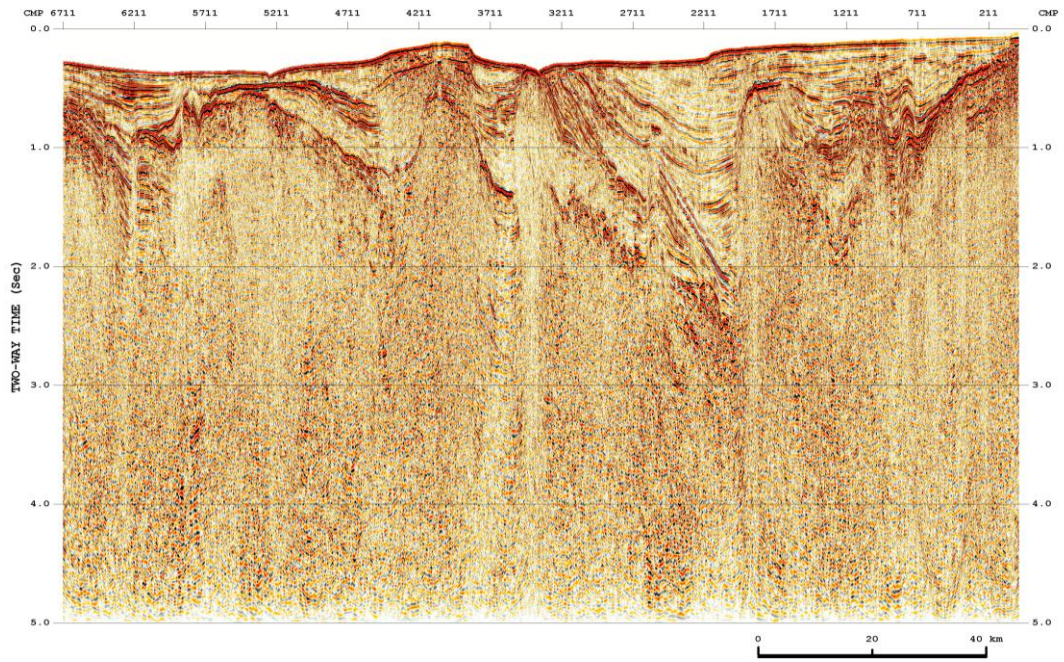


図 15 重合前時間マイグレーション時間断面図  
「北陸」調査 1973

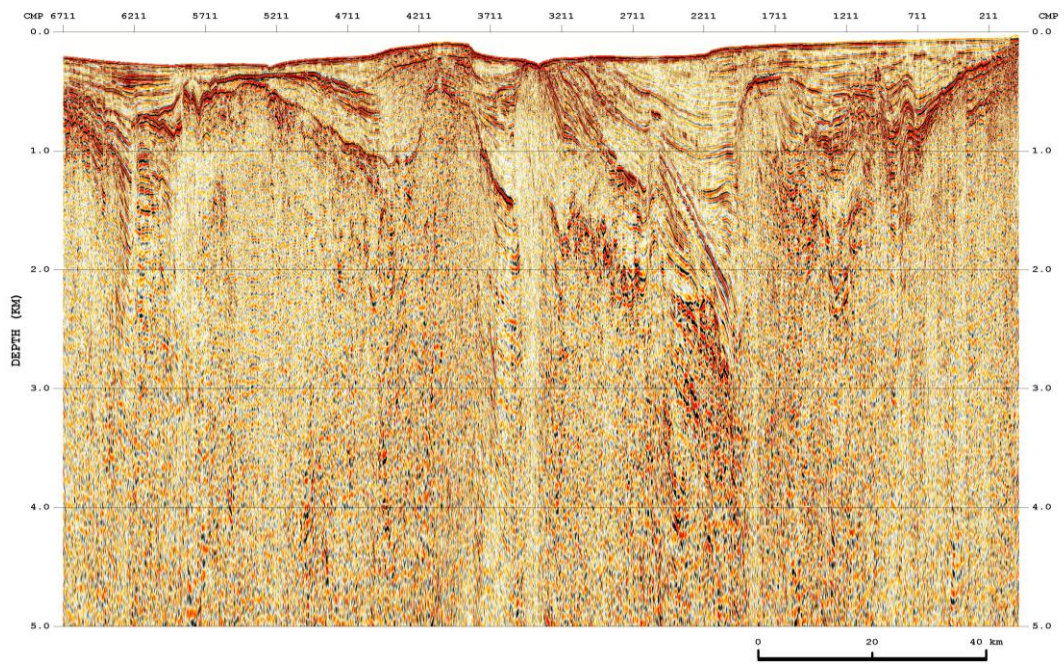


図 16 重合前時間マイグレーション深度断面図  
「北陸」調査 1973

### 3. MDRS (Muliti Dip Reflection Surface)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。「1. 通常解析」における 1)から 18)の処理に続いて以下の処理を実施した。

#### 19) 帯域通過フィルター (Bandpass Filtler)

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。

#### 20) 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 600msec の AGC を適用した。

#### 21) マルチディップ CRS スキャン (Multi-dip Common Reflection Surface Scan)

CRS(Common Reflection Surface)法は CMP(Common Mid Point)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。

- 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
- 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
- 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。

#### 22) MDRS 重合 (MDRS Stack)

一般に反射記録を解釈するにあたり、様々な数値解析を行うが、これを圧トリビュート解析という。これらのアトリビュート解析のうち、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、重合結果およ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、センブル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。

#### 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および海水中の音速速度 (1500m/sec) を参照して静補正を行った。

#### 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、「1. 標準解析」の(25)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。

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

「1. 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。

#### 27) 深度変換 (Depth Conversion)

「1. 標準解析」の「27) 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 17-1 に、MDRS 重合時間マイグレーション時間断面図の例を図 17-2 に、MDRS 重合時間マイグレーション深度断面図の例を図 17-3 に示す。

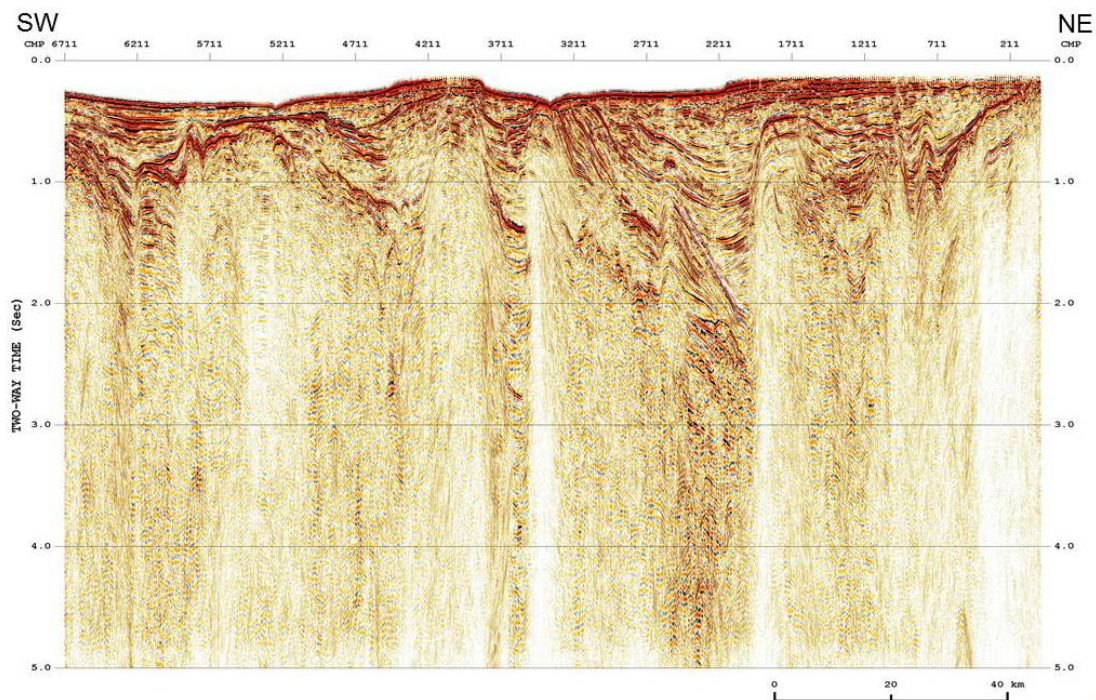


図 17-1 MDRS 重合時間断面図  
「北陸」調査 1973

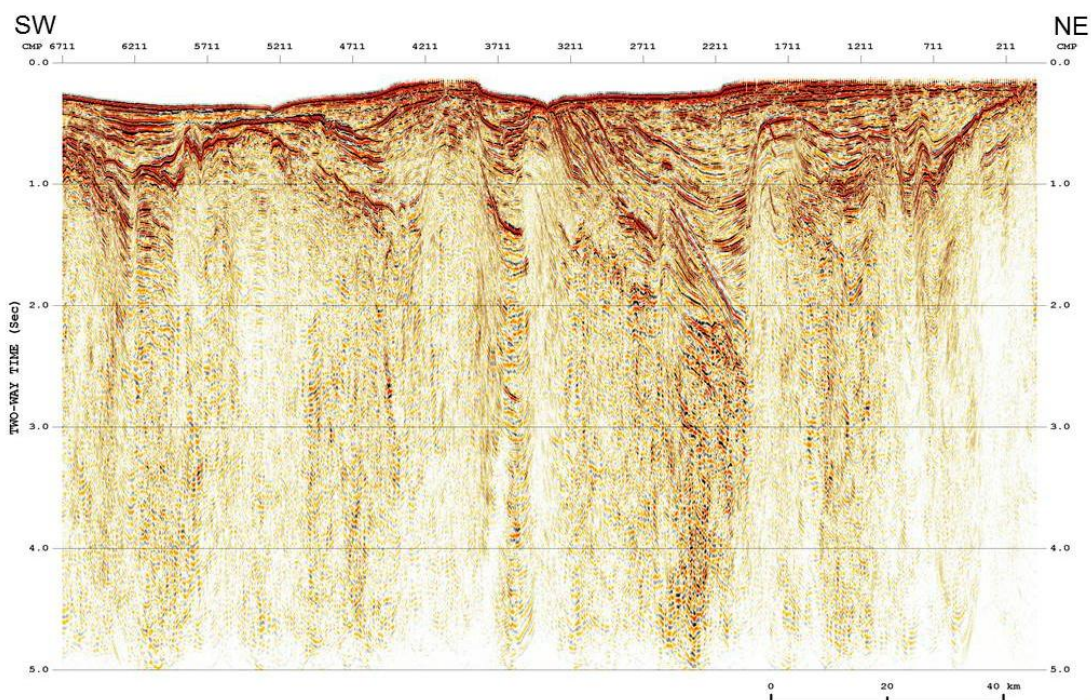


図 17-2 MDRS 重合後時間マイグレーション時間断面図  
「北陸」調査 1973

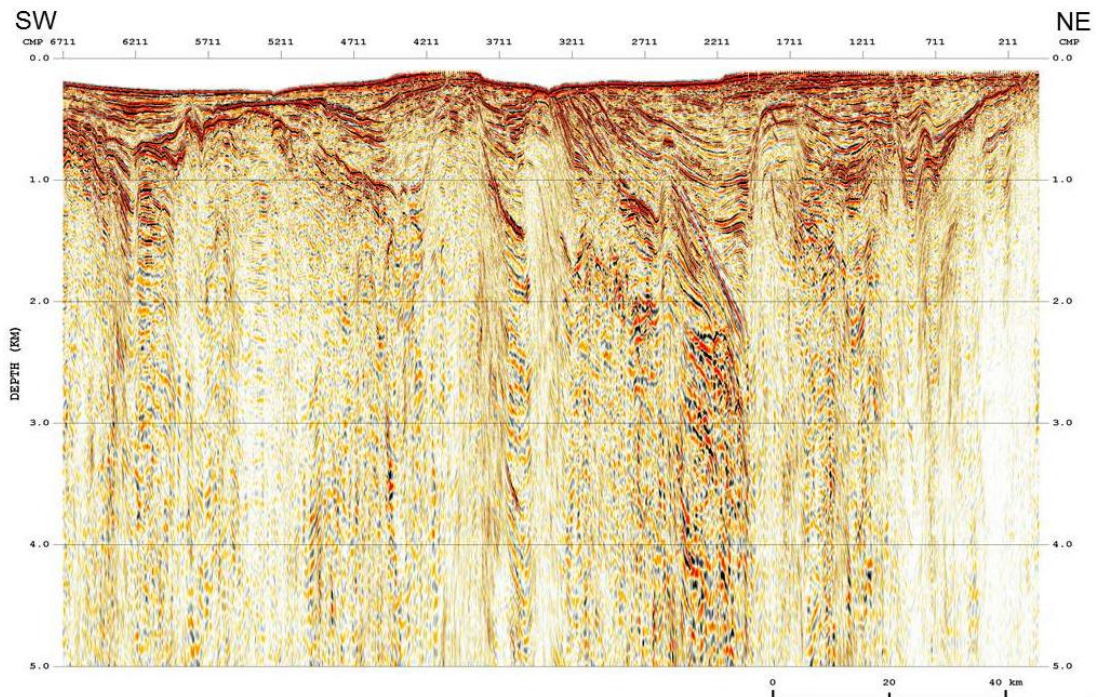


図 17-3 MDRS 重合後時間マイグレーション深度断面図  
「北陸」調査 1973

#### 4. ベクトル化処理

ベクトル化処理は、データ欠損が大きくデータ再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に、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。「山陰～北九州沖(1989)」の一部測線については、重合時間記録がデジタルデータとして残存していたため、ベクトル化処理は行わず 3)以降の処理を適用した。

##### 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。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。

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

「1. 標準解析」の 26)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、対象測線で再解析を実施している場合はその速度を用い、再解析を実施していない場合は近接測線の速度を投影



し、これを用いた。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時間断面図として SEG-Y ファイルに出力した。

#### 4) 深度変換 (Depth Conversion)

「1. 標準解析」の「27) 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、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 18 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 19 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 20 に示す。

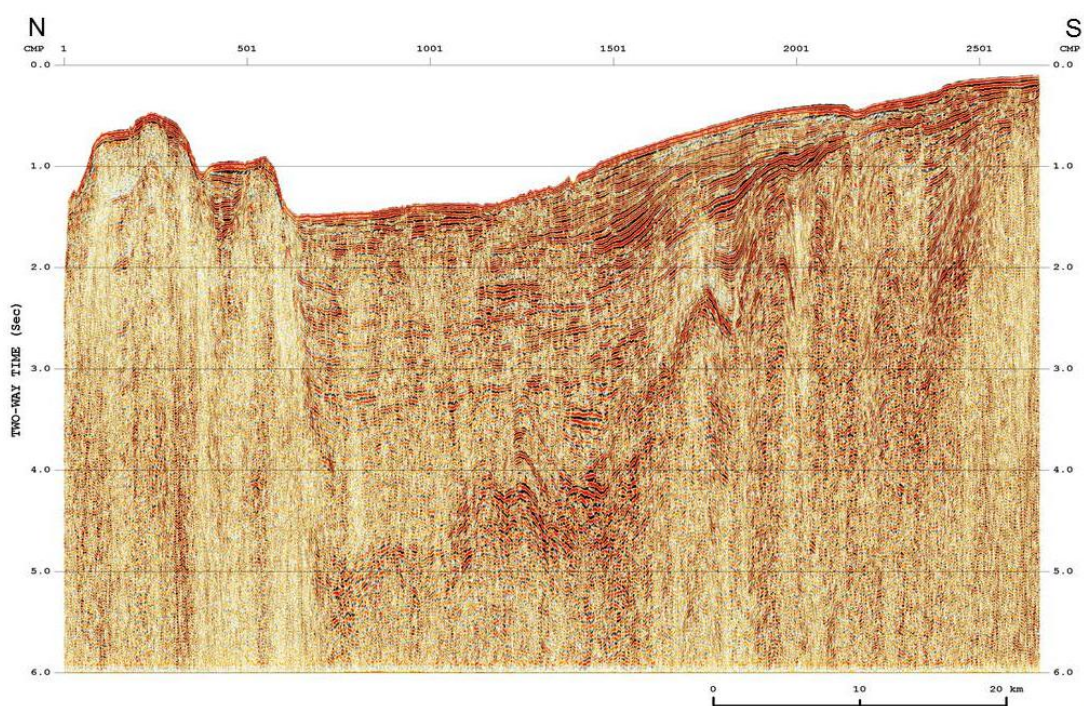


図 18 ベクトル化処理の重合時間断面図  
「北陸～山陰」調査 1974

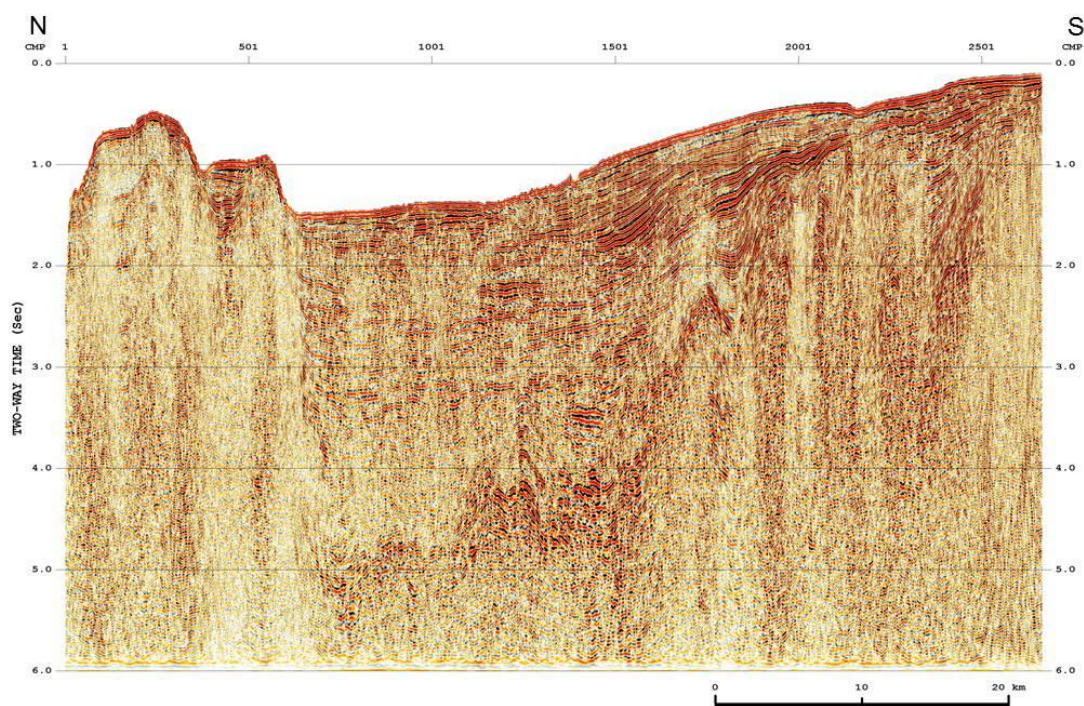


図 19 ベクトル化処理の重合後時間マイグレーション時間断面図  
「北陸～山陰」調査 1974

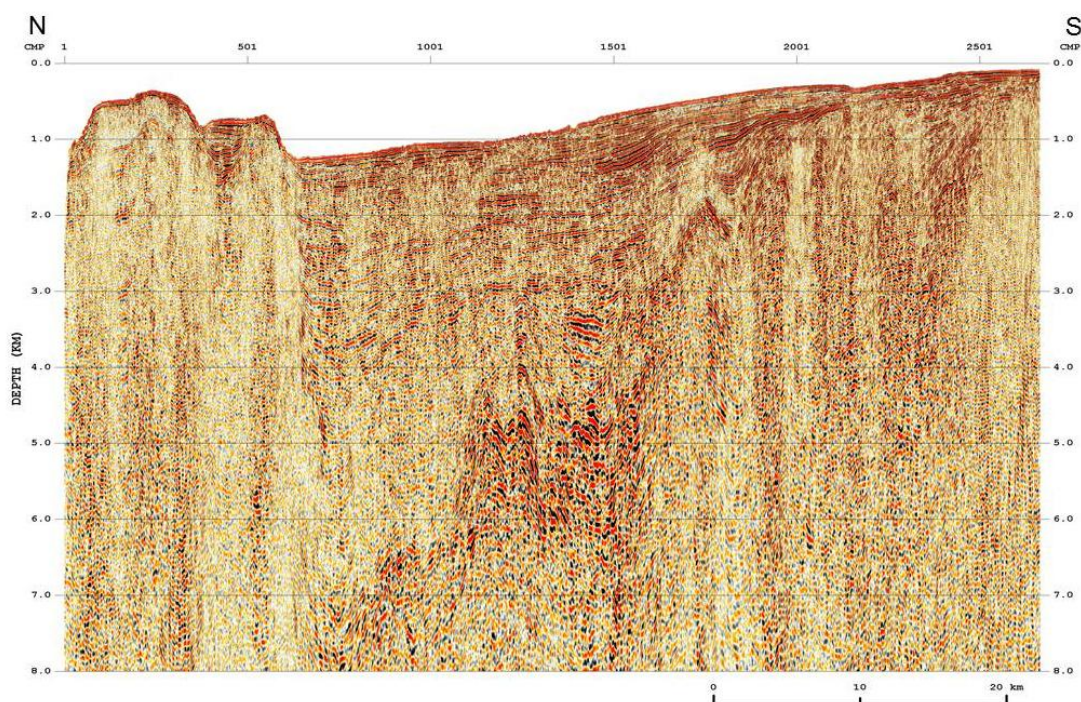


図 20 ベクトル化処理の重合後時間マイグレーション深度断面図  
「北陸～山陰」調査 1974

d. 処理結果検討

処理対象調査の記録は概ね S/N が良好であったが、多重反射波が顕著であり地

震探査記録の解釈を阻害する要因となると考えられた。本解析では、重複的に発生しうる様々な多重反射波に対応するために、複数の抑制手法を複合的に適用した。ここで各多重反射波除去の特性を整理した上で、その効果について検討した。

多重反射波除去の手法としては、SRME 法、RTD 法、PRT 法を選択した。SRME 法は波動方程式に準拠した多重反射波抑制手法であり、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、長周期多重反射波の抑制に最も有効な手法である。ただし、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、ファーオ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ことが知られている。RTD 法は多重反射波の周期性に準拠した抑制手法であり、層間多重反射波を含む短周期多重反射波の抑制に有効な手法である。ただし、水平成層構造を仮定しているため、海底面の不規則な形状変化や海底面近傍の速度不均質には対応できないという問題がある。PRT 法は、一次反射波と多重反射波の走時差に準拠した手法である。走時差が存在すれば多重反射波の周期に関係なく抑制可能であるが、長周期であるほど走時差が顕著になるため、長周期多重反射波の抑制効果が高い。多重反射波の抑制効果は、走時差の小さいニアオフセットでは低く、走時差の大きくなるファーオフセットで高い。多重反射波の走時が放物線で近似可能ならば、回折多重反射波や三次元構造に起因する多重反射波も抑制可能なため、SRME 法とは補完的な関係にある。

ここで、2,3 の測線を例に多重反射波処理の効果を検証する。

#### 1. 深部海域における多重反射抑制処理検証

海底が十分に深く長周期多重反射波が見られる海域の例として、「北海道西部～新潟海域(1976)」の一測線において、多重反射波抑制処理の効果を検証した。図 21-1 に SRME 法適用後の、図 21-2 に SRME 法と RTD 法を適用後の重合記録を示す。これらの図を見比べると、海底面の一次多重反射波は確認できるが、それ以外の多重反射波成分の識別は、適用結果の比較からは困難である。多重反射波成分の識別を容易にするために、SRME 法および RTD 法で予測された多重反射波（多重反射波予測結果）の重合記録を図 21-3 に、この多重反射波成分を重ねて表示した、多重反射波抑制処理適用後の重合記録を図 21-4 に示す。

多重反射波予測結果は、多重反射波の抑制段階で得られた多重反射波成分を、標準解析の手順に従い一次反射波速度で重合した記録のことである。標準解析にはデコンボリューションや AGC といったデータ依存処理が含まれるため、位相や振幅の絶対値の評価は困難であるが、多重反射波の出現時間や相対的な振幅の強弱は保持されているため、多重反射波成分の識別に有効な表示である。この図を見ると、SRME 法で抑制された海底面多重反射波や、RTD 法で抑制された短周期多重反射波が明瞭に確認でき、両手法の抑制効果が確認できる。

図 21-4 において赤枠で示した範囲を拡大表示した結果を図 21-5 に示す。この図で、(a)は多重反射波抑制前、(b)は多重反射波抑制後、(c)は多重反射波予測結果を重ねて表示した重合記録である。(a)の赤矢印で示した位置に海底面一次多

重反射波が確認できるが、(b)ではこの成分が抑制されたことで、被覆されていた反射波が明瞭になっている。(c)では予測された多重反射波が明瞭に確認でき、海底面直下の短周期多重反射波が抑制されていることが分かる。(d)は速度スペクトルの比較図であり、(a)から(c)で青矢印で示したCMP位置における、多重反射波抑制前、SRME法適用後、SRME法とRTD法適用後の結果を示している。抑制前のピンク丸で示した位置は海水速度に相当するため、この成分は海底面多重反射波と考えられるが、SRME法適用後ではこの成分は見られず、SRME法により海底面多重反射波が抑制されたことが分かる。RTD法適用前後（中図が適用前、右図が適用後）の速度スペクトルを比較すると、短周期で縦に並ぶ成分が抑制されており、短周期多重反射波が抑制されたことが分かる。多重反射波抑制処理により、速度スペクトルが整理され、速度が読みやすくなったことから、この後の速度解析の精度向上が期待できる。

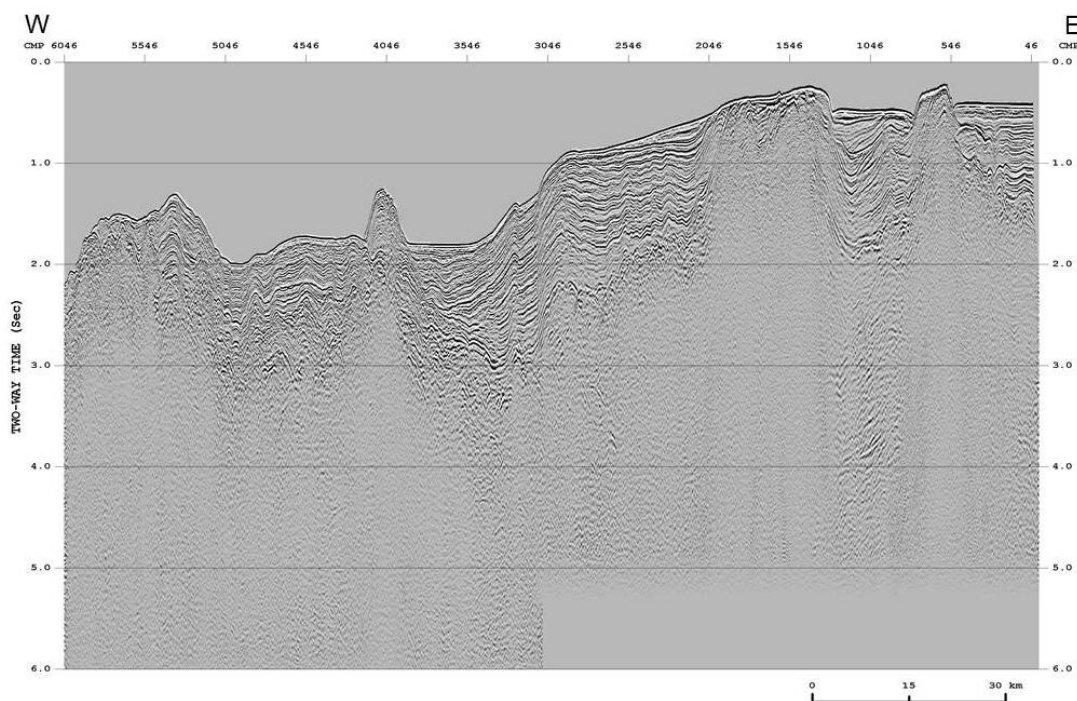


図 21-1 SRME 適用後の重合記録例  
「北海道西部～新潟沖」調査 1976

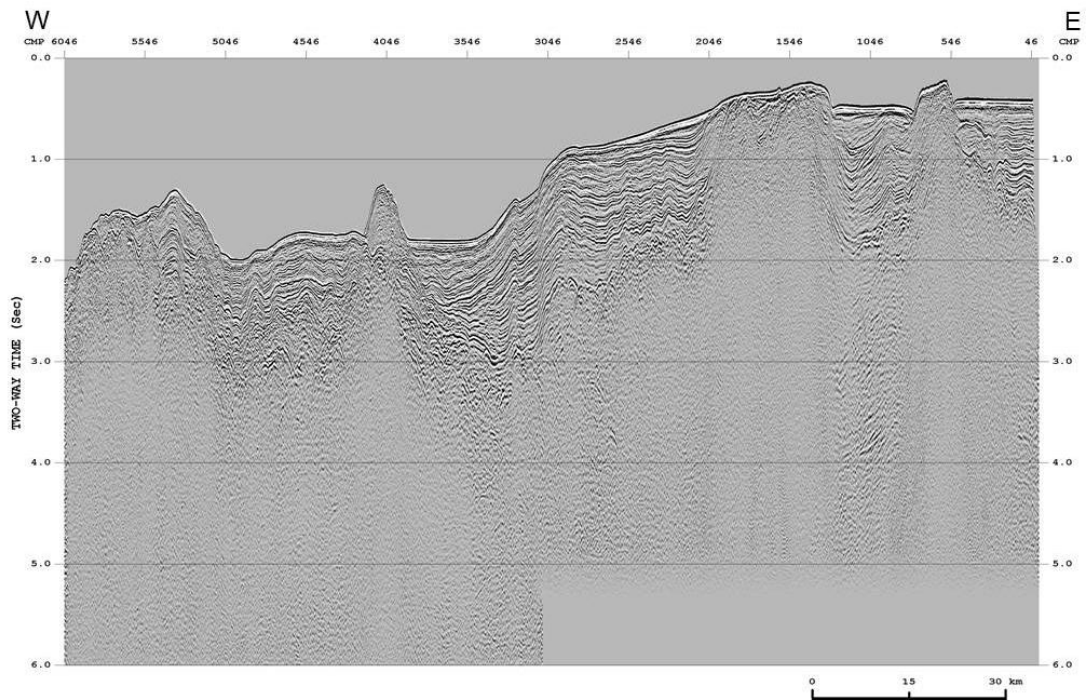


図 21-2 多重反射波処理適用後の重合記録例  
「北海道西部～新潟沖」調査 1976

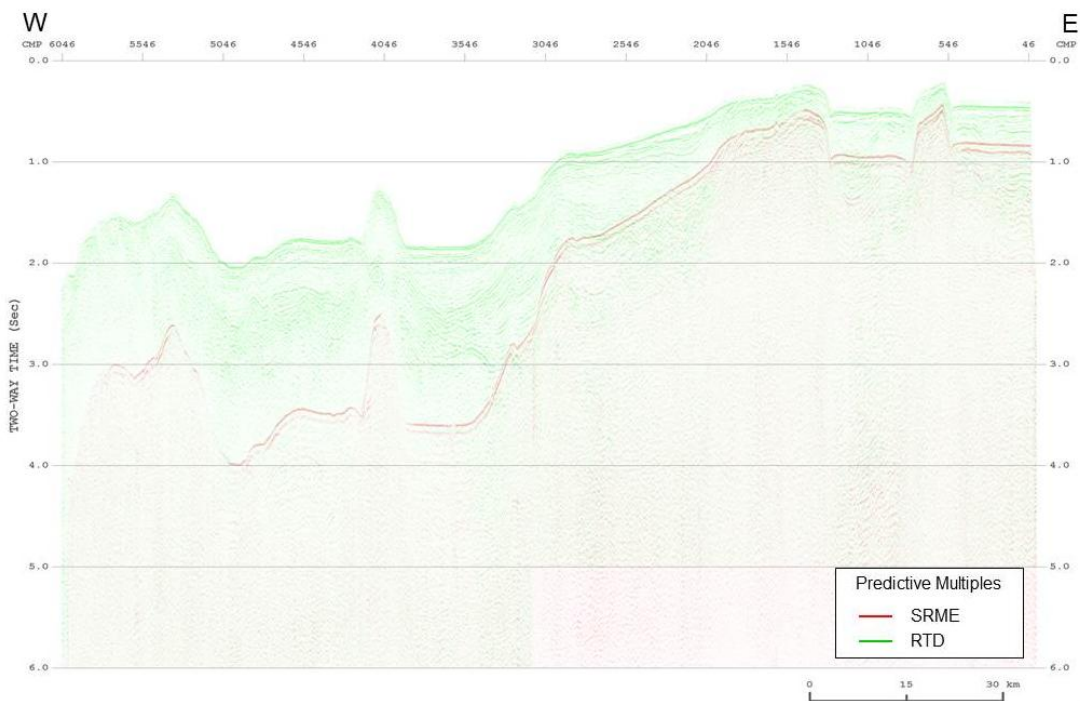


図 21-3 多重反射波予測結果の重合記録例  
「北海道西部～新潟沖」調査 1976

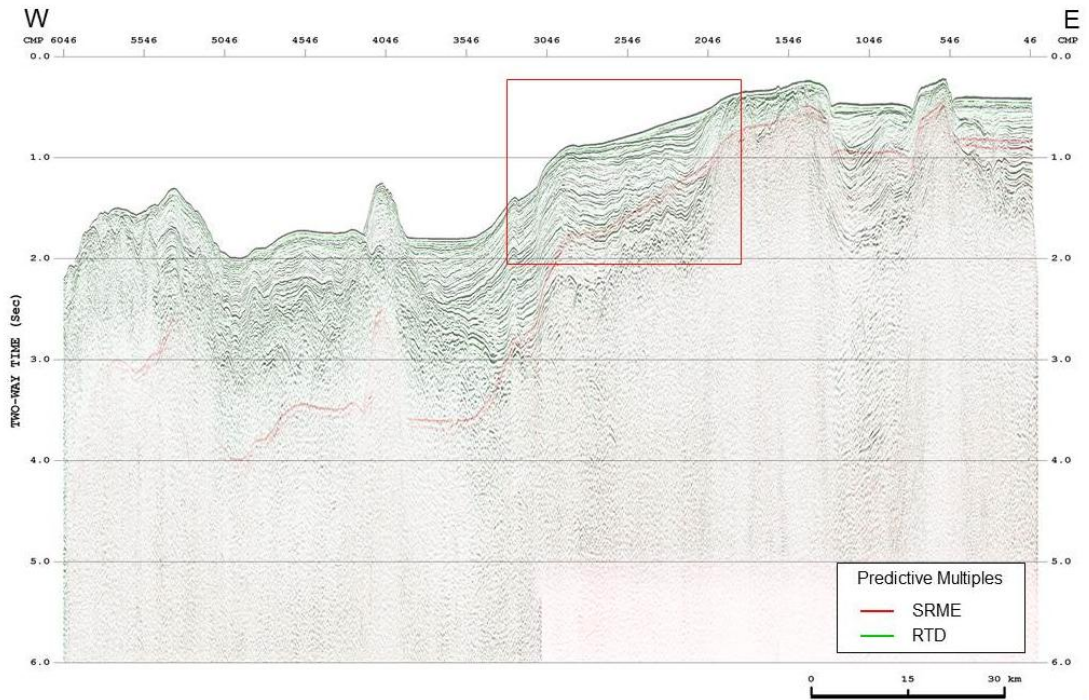


図 21-4 多重反射波予測結果を重ねて表示した重合記録例  
「北海道西部～新潟沖」調査 1976

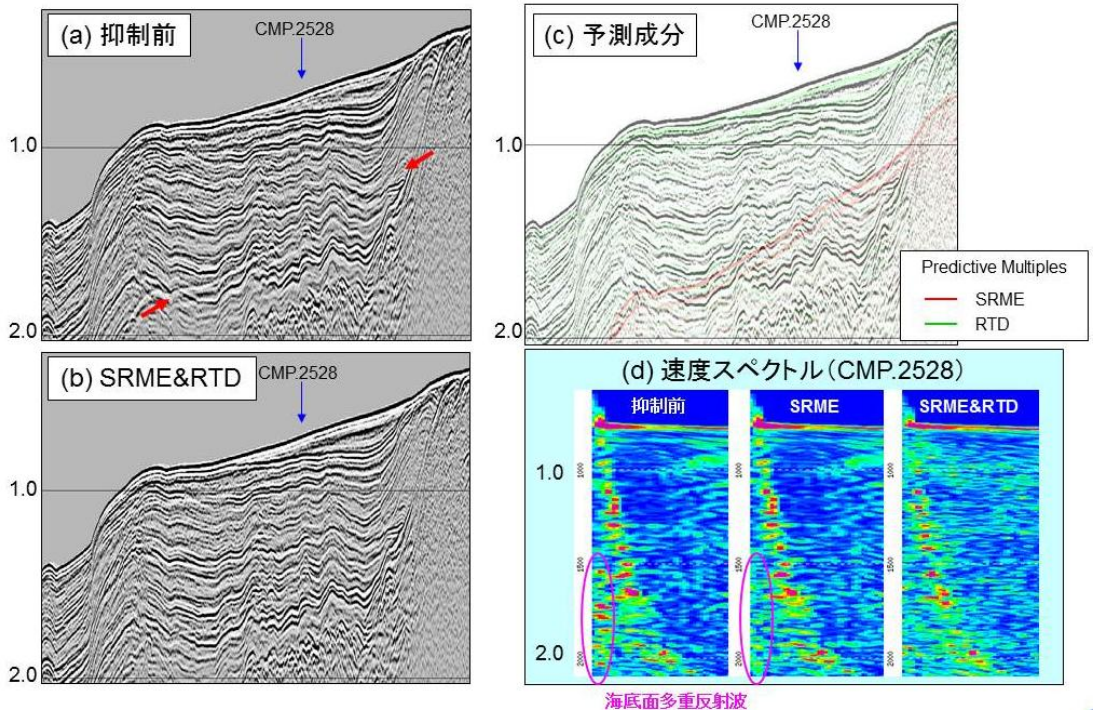


図 21-5 多重反射波抑制処理の効果検証  
「北海道西部～新潟沖」調査 1976

## 2. 浅部海域における多重反射抑制処理検証

海底が浅く短周期多重反射波が見られる海域の例として、「山陰～北九州沖(1989)」の一測線について、多重反射波抑制処理の効果を検証した。図 22-1 に多重反射波抑制処理前の、図 22-2 に SRME 法適用後の、図 22-3 に RTD 法適用後の、図 22-4 に SRME 法と RTD 法、PRT 法を適用した複合型多重反射波抑制処理の重合記録を示す。これらの図を見比べると、(1)の赤丸で示した位置に見られる海底面多重反射波が、(2)では SRME 法により抑制されており、さらに(3)では RTD 法により僅かに残存する多重反射波が抑制されたことが確認できる。また、(3)の青丸で示した位置に見られる多重反射波は、SRME 法と RTD 法だけでは抑制効果が不十分であるが、(4)を見ると PRT 法により抑制され、多重反射波に被覆されていた一次反射波が確認できるようになった。このように複数の手法を組み合わせることで多重反射波を効果的に抑制できることが分かる。

多重反射波成分の識別を容易にするために、各手法で予測された多重反射波（多重反射波予測結果）の重合記録を図 22-5 に、この多重反射波成分を重ねて表示した、多重反射波抑制処理適用後の重合記録を図 22-6 に示す。浅部に注目すると、各手法で予測された多重反射波が入り乱れており存在していることから、3つの手法を組み合わせた複合型多重反射波抑制処理により、単独の手法を適用した結果に比較して高い抑制効果が得られたことが分かる。

図 22-6 において赤枠で示した範囲を拡大表示した結果を図 22-7 に示す。この図で、(a)は多重反射波抑制前、(b)は多重反射波抑制後、(c)は多重反射波予測結果を重ねて表示した重合記録である。(a)の赤丸で示した位置に海底面の短周期多重反射波が確認できるが、(b)ではこの成分が抑制されたことで、被覆されていた波が明瞭になっている。(c)では予測された多重反射波が明瞭に確認できる。短周期多重反射波は各手法により抑制されており、特に海底面直下では RTD 法と PRT 法の効果が大きいことが分かる。(d)は速度スペクトルの比較図であり、(a)から(c)で青矢印で示した CMP 位置における、多重反射波抑制前、SRME 法適用後、SRME 法と RTD 法適用後、SRME 法と RTD 法と PRT 法適用後の結果を示している。抑制前のピンク丸で示した位置は海水速度に相当するため、この成分は海底面の短周期多重反射波と考えられる。SRME 法適用により二次以降の多重反射波は抑制されているが一次多重反射波は抑制できておらず、RTD 法適用により一次多重反射波が弱まり、PRT 法適用により完全に抑制されたことが分かる。短周期多重反射波については、複数の手法を組み合わせることで、効果的に抑制できることが改めて確認できた。多重反射波抑制処理により、速度スペクトルが整理され、速度が読みやすくなったことから、この後の速度解析の精度向上が期待できる。

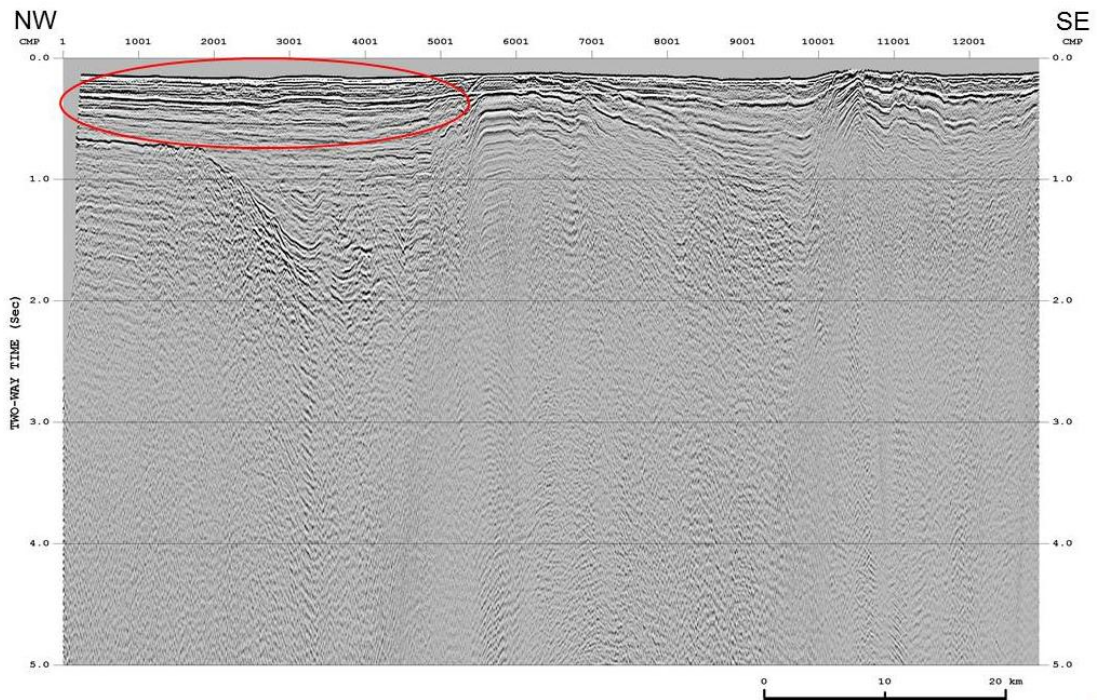


図 22-1 多重反射波抑制処理前の重合記録例

「山陰-北九州沖」調査 1989

赤線で囲まれたエリアは多重反射波が顕著に確認できる場所を示す

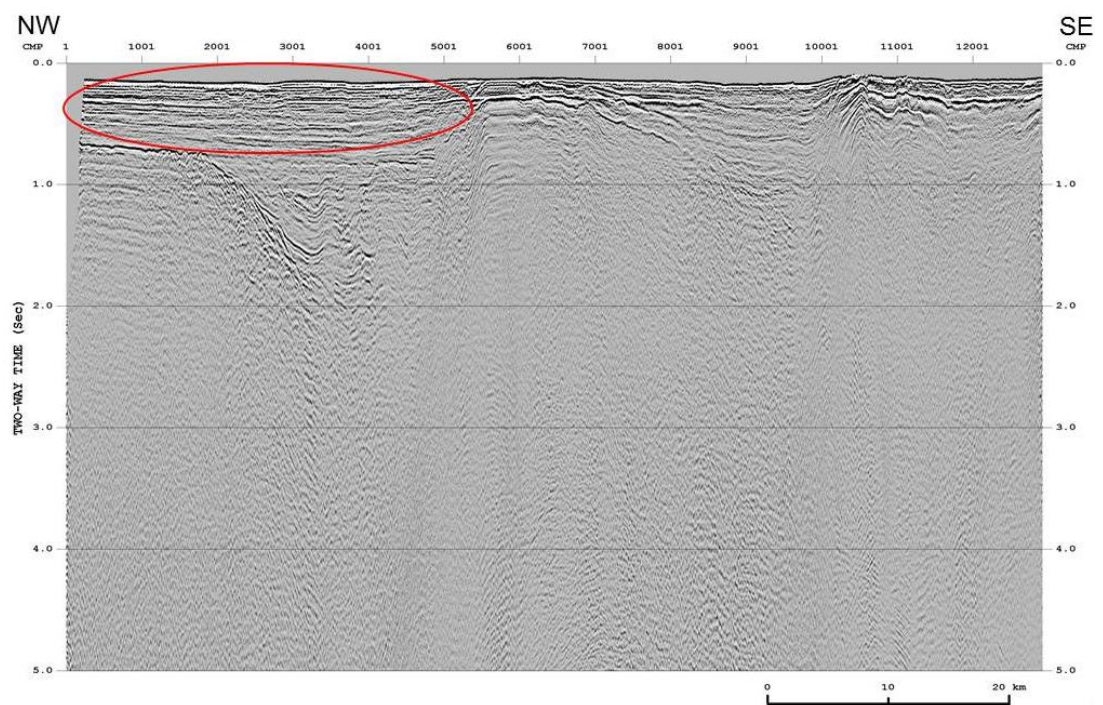


図 22-2 SRME 法適用後の重合記録例

「山陰-北九州沖」調査 1989

赤線で囲まれたエリアは多重反射波が顕著に確認できる場所を示す



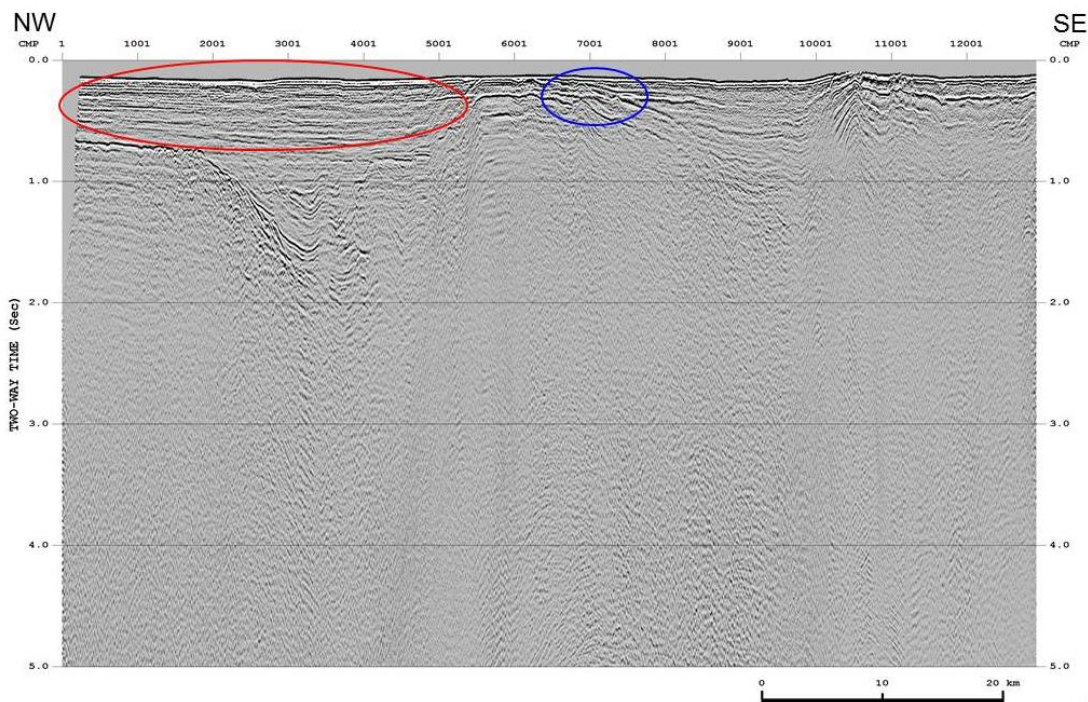


図 22-3 RTD 法適用後の重合記録例。

「山陰-北九州沖」調査 1989

赤いエリアの多重反射波は除去されたが、青いエリアの多重反射波は残る

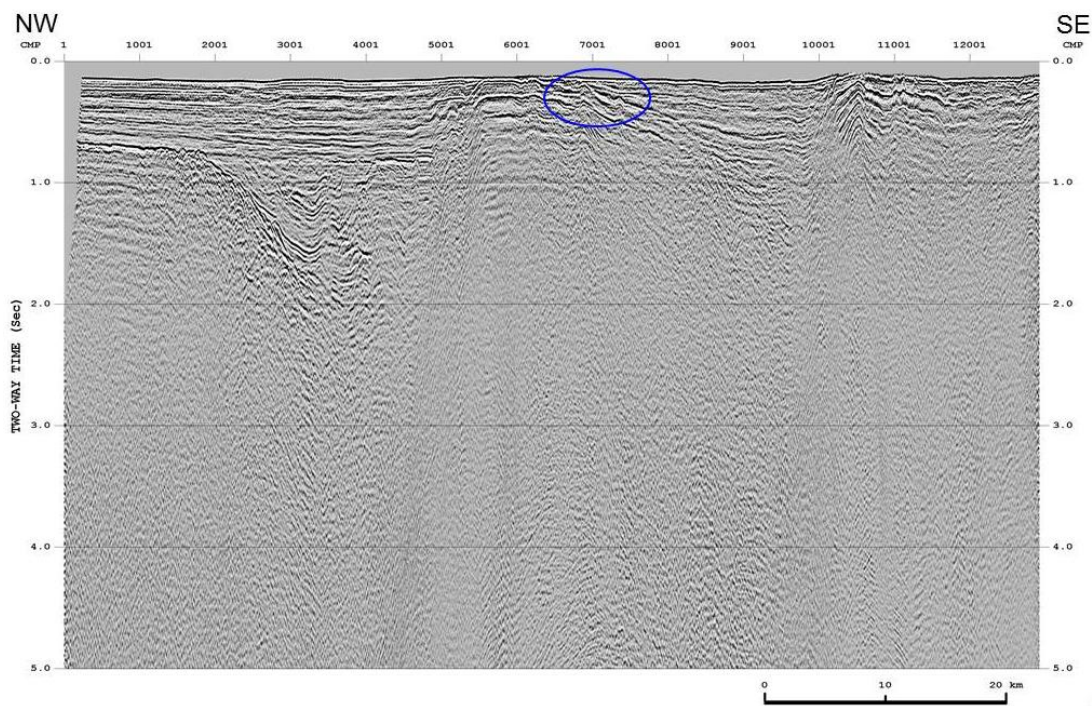


図 22-4 多重反射波抑制処理適用後の重合記録例

「山陰-北九州沖」調査 1989

青いエリアの多重反射波が抑制された

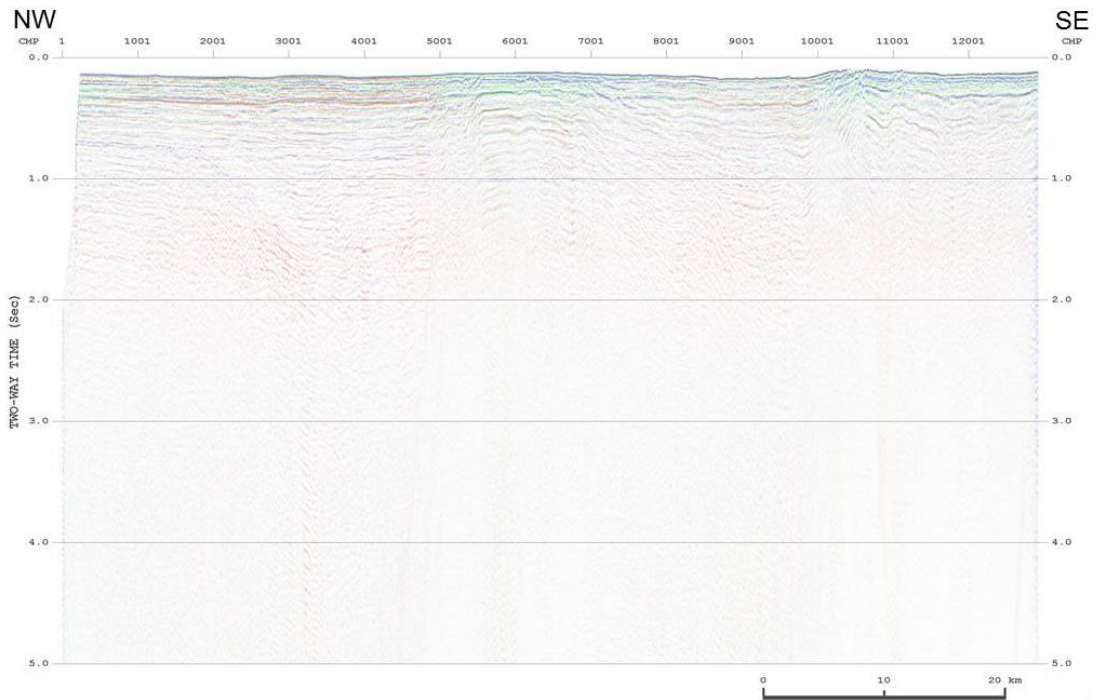


図 22-5 多重反射波予測結果の重合記録例  
「山陰-北九州沖」調査 1989

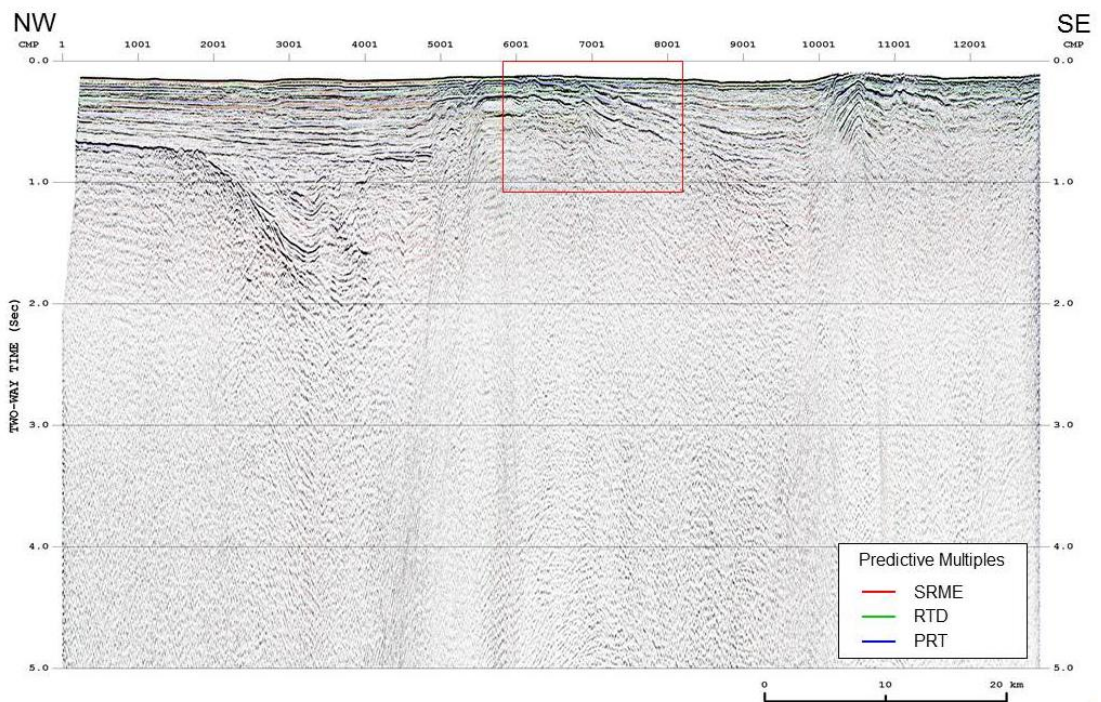


図 22-6 多重反射波予測結果を重ねて表示した重合記録例  
「山陰-北九州沖」調査 1989  
赤線で囲まれたエリアの拡大図を図 22-7 で示す

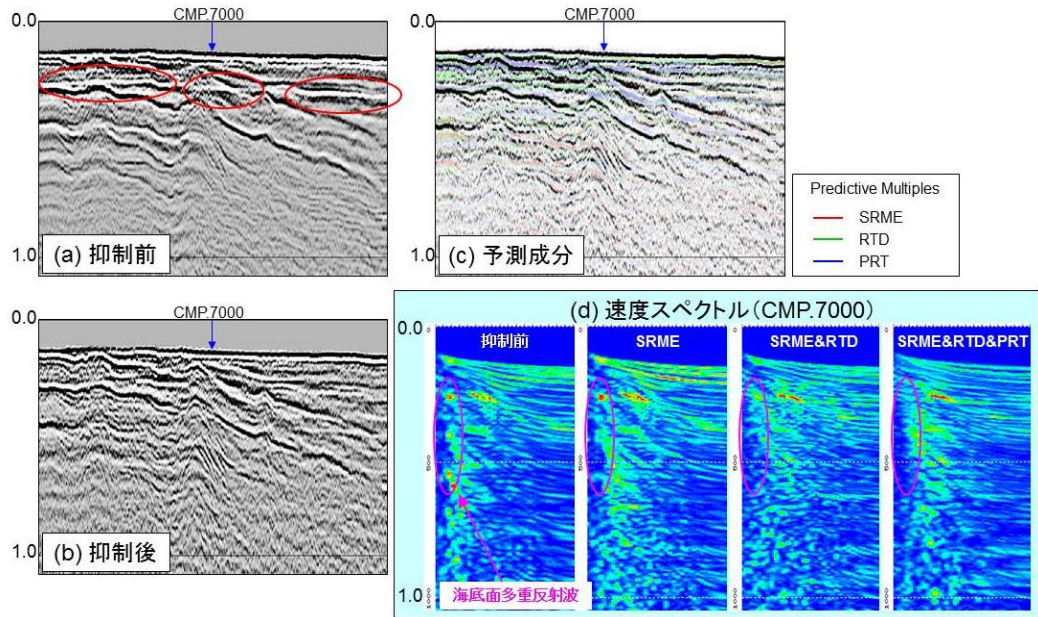


図 22-7 多重反射波抑制処理の効果検証  
「山陰-北九州沖」調査 1989

### 3. PRT 法の適用限界

本解析では、処理対象の全調査において PRT 法の適用テストを実施したが、「山陰～北九州沖(1989)」以外では品質の改善が見られなかったため適用しなかった。「北陸～山陰(1974)」の一測線における PRT 法適用前後の比較を、図 23 に示す。

PRT 法適用前の(a)において赤丸で示した位置には海底多重反射波の消え残りと思しき成分が見られる。SRME 法の抑制効果が限定的だった理由として、この付近は海底面深度の変化が大きいため、三次元的な構造に起因した多重反射波が発生していることが考えられ、PRT 法による抑制効果が期待された。しかし、PRT 法適用後の(b)では、この成分は強調されており、抑制効果は得られなかった。

抑制効果が得られなかった原因としては、対象調査では受振点間隔が 50m と大きくエイリアシングが発生しやすい状況であること、ニアオフセットギャップが 330m ありラドン変換に誤差が生じやすいこと、ケーブル長が 2400m 程度しかなく走時差に基づき多重反射波を抽出・抑制する PRT 法には厳しい状況にあることが考えられる。

効果の見られた「山陰～北九州沖(1989)」は、受振点間隔が 12.5m、ニアオフセットギャップは 168m、ケーブル長は 3000m 程度のため、上記の調査よりも条件が良かったと考えられる。今後の再解析では、PRT 法の適用測線の選定に際しては、受振点間隔やニアオフセットギャップ、ケーブル長も考慮することが望ましいと考える。

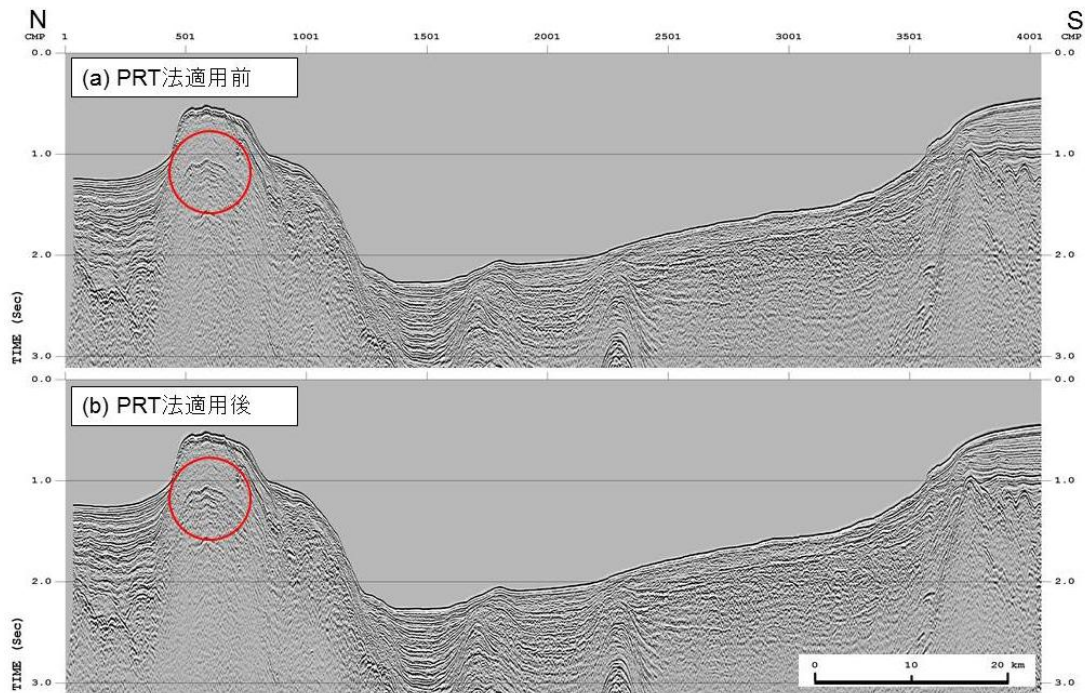


図 23 PRT 法適用前後の比較例  
「北陸～山陰」調査 1974

#### 4. 重合前時間マイグレーション (PSTM) の効果

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、より高精度のイメージが期待できる、重合前時間マイグレーションを適用した。

PSTM 処理の効果を検証するために、「北陸(1973)」の HK73-C-2 測線における PSTM と重合後時間マイグレーションの時間断面図の比較を図 24-1 に、この図の赤枠の領域を拡大表示した図面を図 24-2 に示す。PSTM 結果では、回折波が収束するとともにマイグレーションノイズも小さく、反射波の識別が容易になった。分解能の改善も見られることから、構造解釈の精度が向上することが期待される。

図 25-1 と図 25-2 に、重合速度と PSTM 速度の RMS 速度プロファイルを示す。2 秒以深については、有意な反射波は確認できなかったため両者の違いに意味はないが、2 秒以浅に注目すると PSTM 速度には細かな速度変化が確認できる。浅部の速度プロファイルを、マイグレーション断面図に重ねて表示した図面を図 26-1 に、この図の赤枠の領域を拡大表示した図面を図 26-2 に示す。これらの図で、(a)は重合後時間マイグレーション断面図に重合速度を、(b)は PSTM 断面図に PSTM 速度を重ねて表示した図面である。これらの図を見ると、PSTM 速度で抽出された速度変化は重合速度結果と比較して水平方向のばらつきが抑制され、反射波と整合していることから、反射波の明瞭な浅部については、PSTM 速度解析により高精度の速度情報が抽出されたと考えられる。

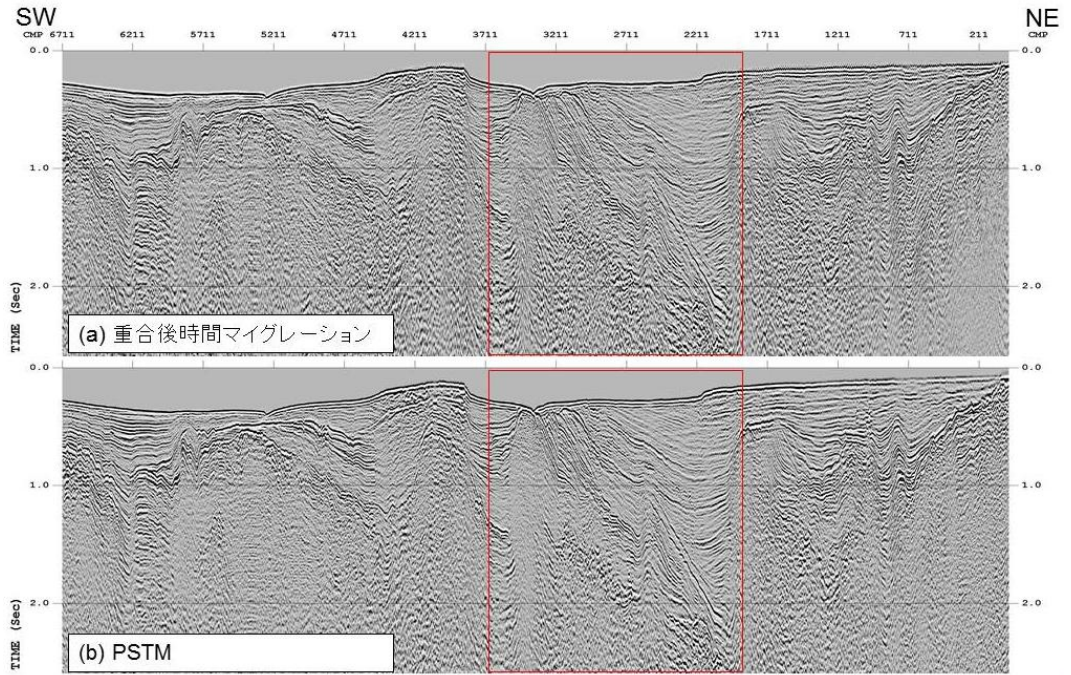


図 24-1 重合後時間マイグレーションと PSTM の比較。  
「北陸」調査 1973  
赤い四角内を拡大図を図 24-2 に示す。

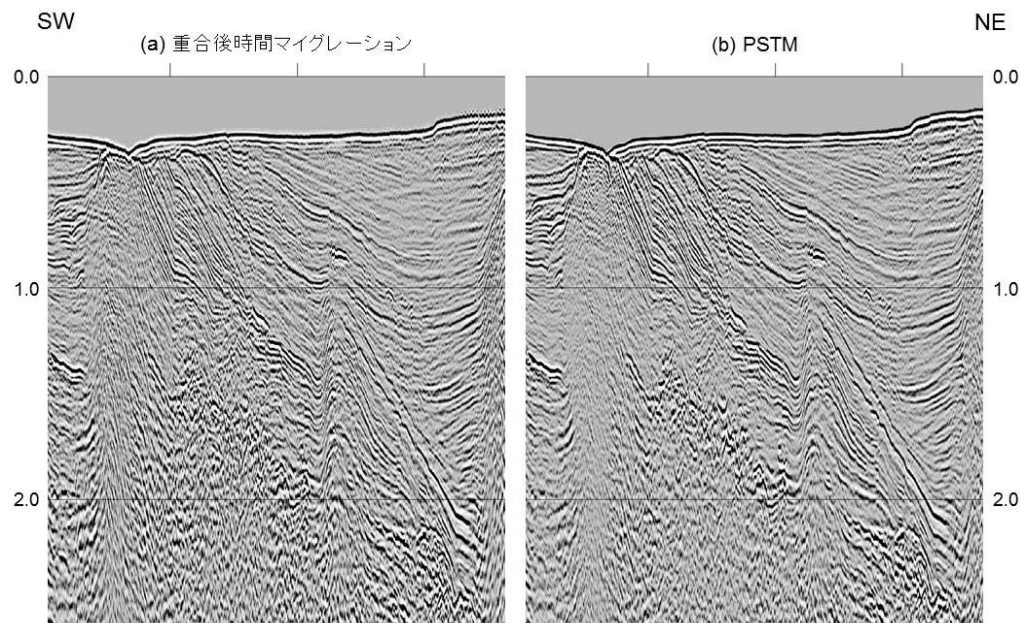


図 24-2 重合後時間マイグレーションと PSTM の比較（拡大図）  
「北陸」調査 1973

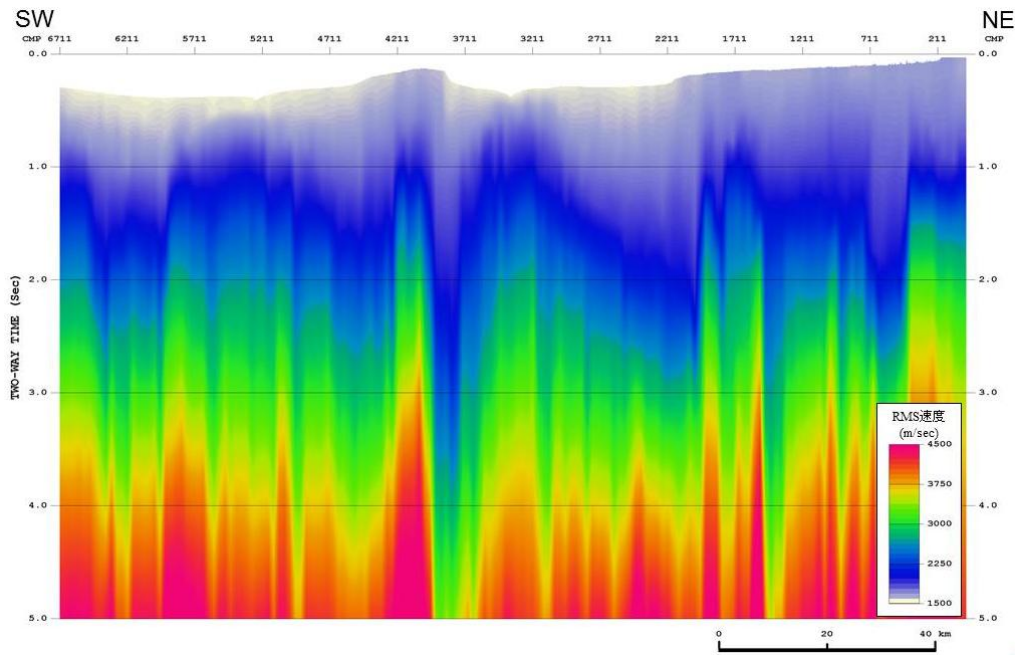


図 25-1 重合速度プロファイル (RMS 速度)  
「北陸」調査 1973

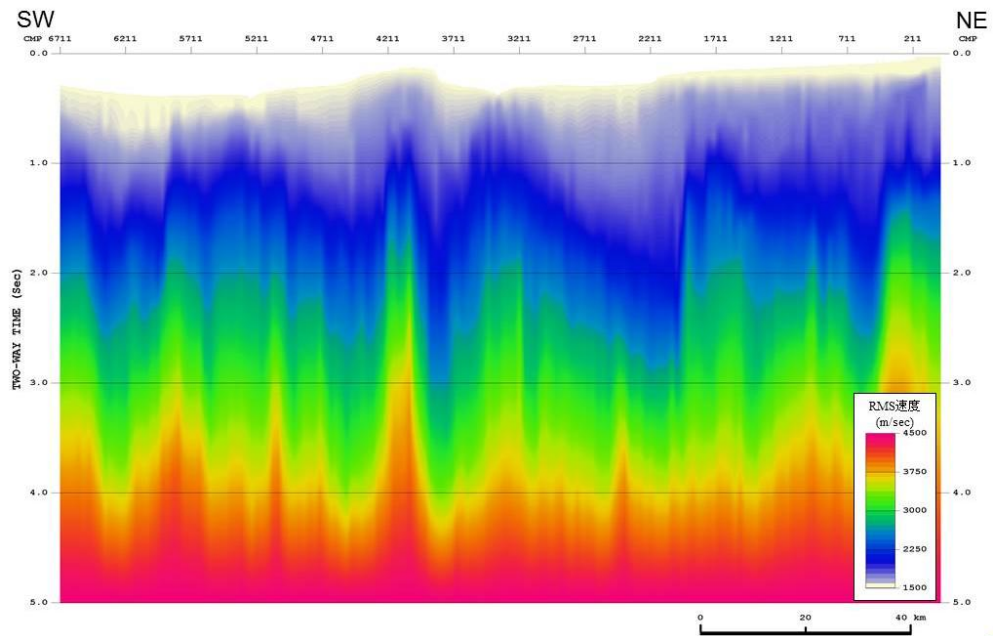


図 25-2 PSTM 速度プロファイル (RMS 速度)  
「北陸」調査 1973

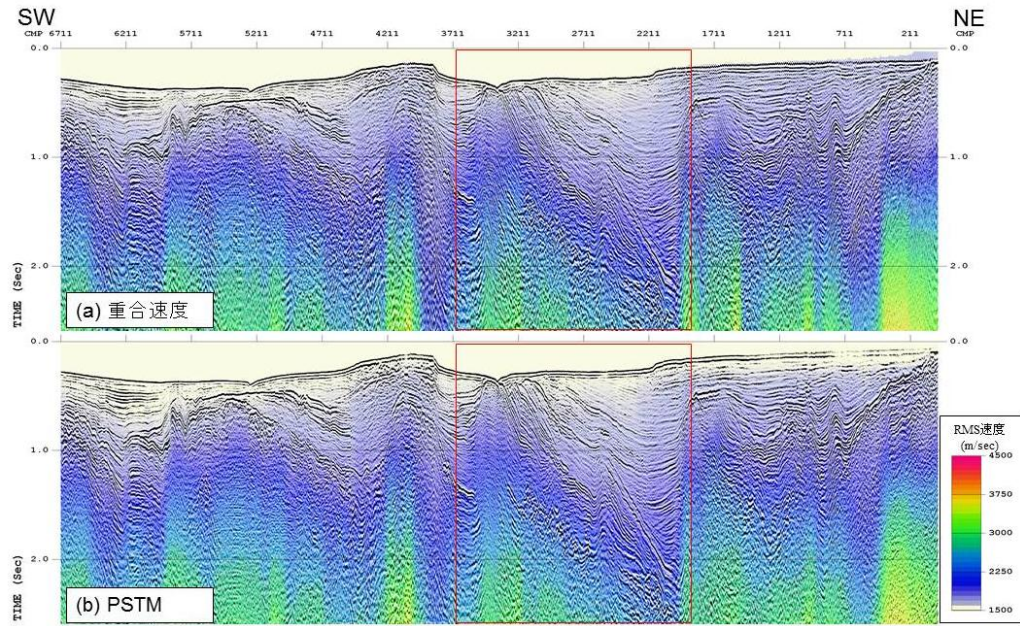


図 26-1 重合速度と PSTM 速度の比較  
「北陸」調査 1973  
赤い四角内の拡大図を図 26-2 に示す。

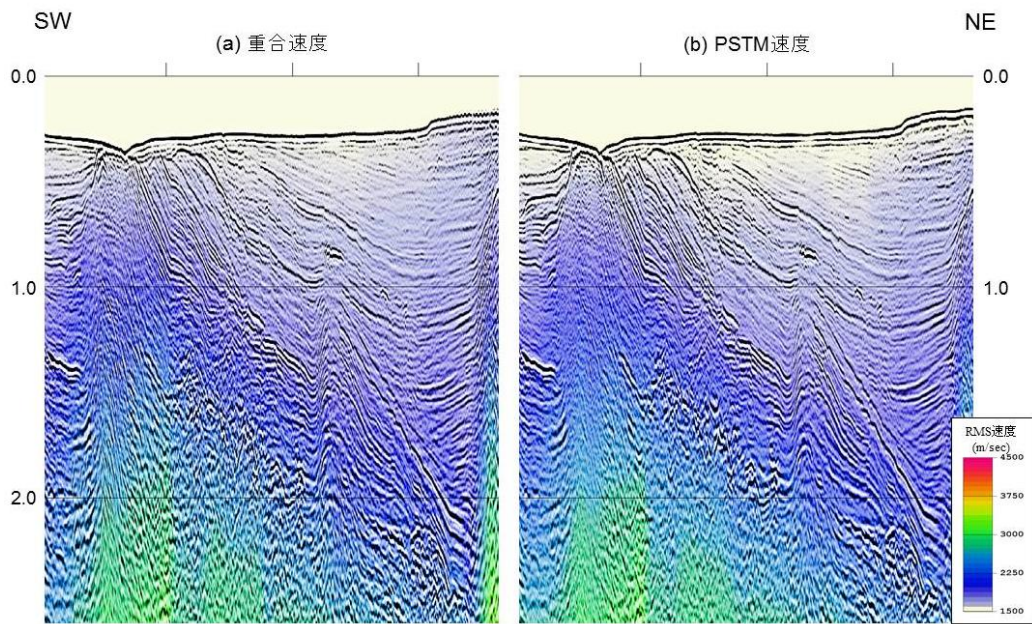


図 26-2 重合速度と PSTM 速度の比較 (拡大図)  
「北陸」調査 1973

## 5. MDRS 法の効果

MDRS 法では反射面の傾斜や曲率を考慮しながら近傍の CMP に属するトレースも重合に利用することで、CMP 重合法よりも遥かに多い重合数を確保しつつも、空間分解能の劣化を抑えることが可能であり、S/N 比を飛躍的に改善することが可能である。MDRS 処理の効果を検証するために、「北陸(1973)」の HK73-C-2 測線における重合断面図と MDRS 重合断面図の比較を図 27 に示す。この比較から、MDRS 解析により S/N が向上しており、反射波の連続性の改善が確認できる。赤丸で示した領域に注目すると、重合断面図ではノイズに被覆されて僅かにしか確認できなかった構造が、MDRS 重合断面図では波を追えるまで品質が向上しており、MDRS 解析により微弱な深部反射波が抽出されたことが分かる。一方で、青丸で示した領域では、重合断面図で抑制されていた多重反射波が強調されていることが確認できる。MDRS 解析では、多重反射波に代表されるコヒーレントノイズも強調されるため、MDRS 解析結果を解釈で使用する際には注意が必要である。

MDRS 解析の一環として、各種のアトリビュート解析を実施しているが、この中で処理の品質管理や解釈に有用な値は、センブランスと RMS 速度である。HK73-C-2 測線の MDRS 解析で得られたセンブランスと RMS 速度を図 28 に示す。図 28-1 はセンブランスを MDRS 重合断面図上に重ねて表示した図面である。センブランスは重合効果の指標であり、大きいほど重合効果が高いことを意味するため、センブランスは MDRS 重合断面図上の反射波の信頼性の指標となる。図 28-2 は、MDRS 解析で得られた RMS 速度である。この速度は局所的で空間変化が大きく、ノイズの影響を受けやすいため低 S/N 領域では信頼性が低いという問題もあるが、指定した速度範囲内で重合効果を最大とする速度を自動で求めていることから、解析者によらずに速度を推定できること、速度解析点の間隔よりも短い周期で速度変化を捉えられることを考慮すると、MDRS 解析の速度は解釈に有用な情報となりうると考えられる。図 28 の重合速度プロファイルと比較すると、大域的な速度構造は保持しつつも局所的な速度変化を抽出していることが確認できる。



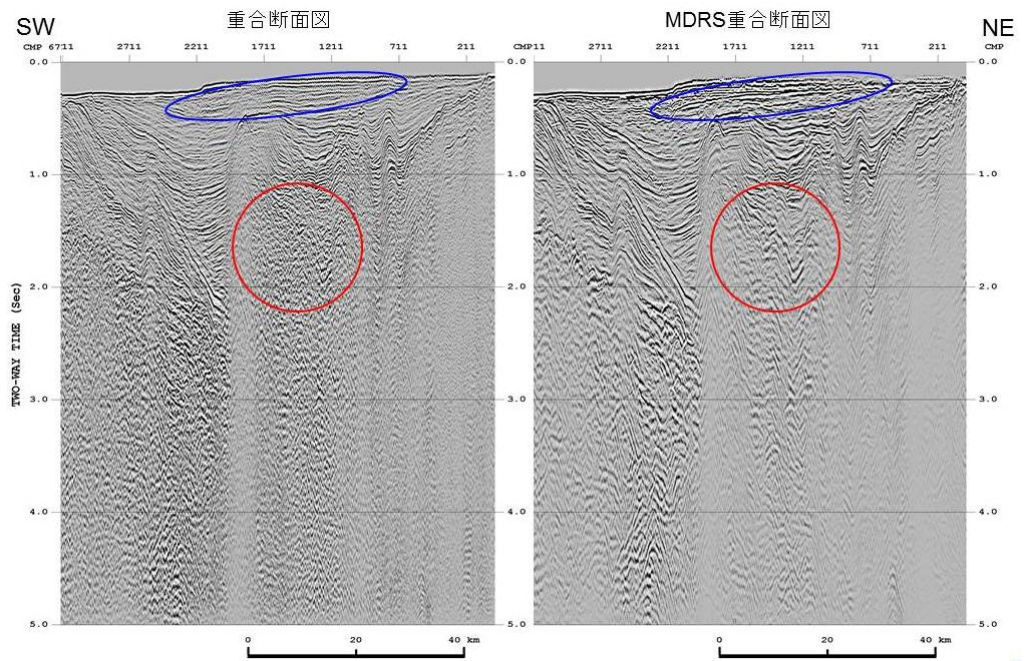


図 27 重合断面図と MDRS 重合断面図の比較

「北陸」調査 1973

赤いエリアでは反射面が強調されているが、青いエリアでは多重反射面が強調されている

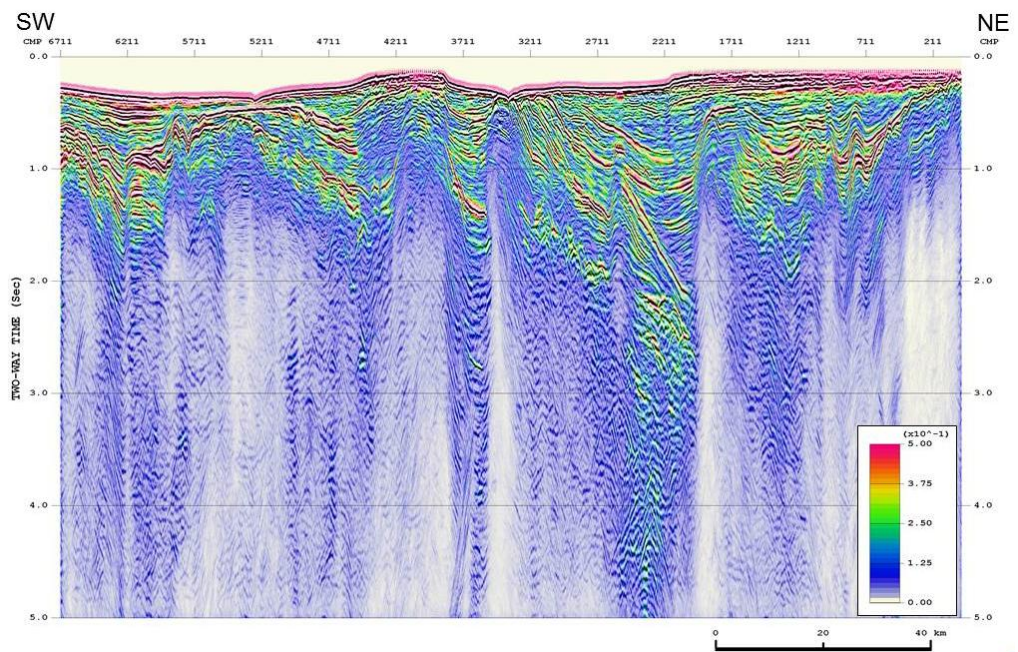


図 28-1 MDRS 重合断面図と MDRS アトリビュート (センブランス)

「北陸」調査 1973

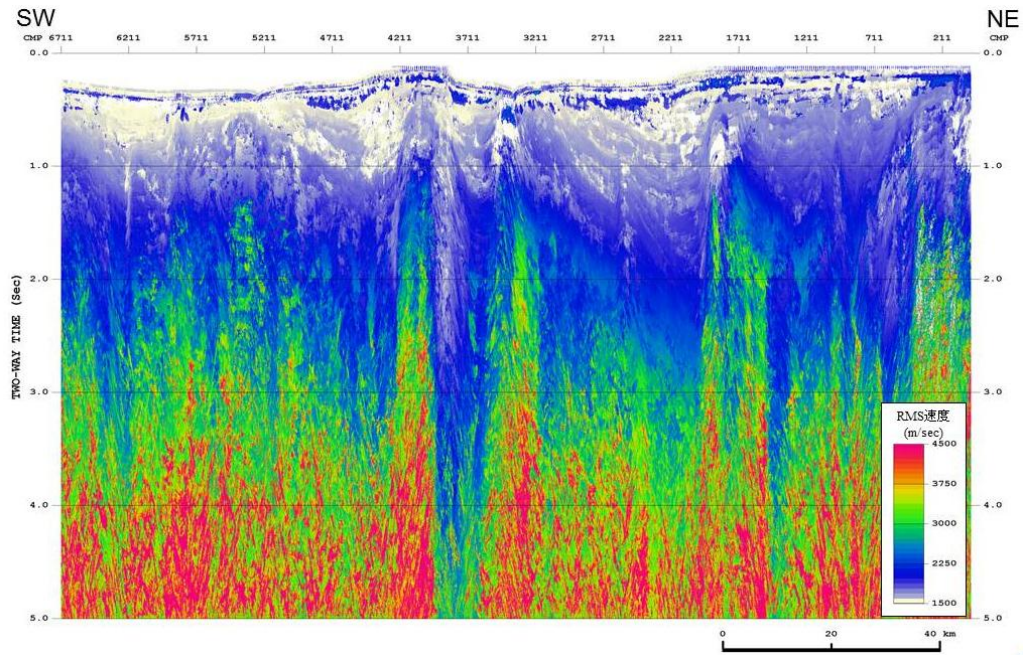


図 28-2 MDRS アトリビュート (RMS 速度)  
「北陸」調査 1973

#### 6. ベクトル化処理データの品質

ベクトル化は、デジタルデータが現存せず紙記録のみに残る場合、スキャンしてデジタルデータを作る作業である。ある一定のトレース密度でなければ復元できない上、その品質は紙面の断面図の品質に大きく影響を受ける。品質の異なる紙断面図でのベクトル化処理結果について、検証した。

図 29 に高品質の紙断面図のケース (HS74-1-3 測線) を、図 30 に低品質の紙断面図のケース (TS81-2 測線) を示す。図 29-1 の紙断面図では細部まで反射波の確認が可能であり、図 29-2 のベクトル化処理結果は紙イメージを完全に再現できており、良好な結果である。一方、図 30-1 の紙断面図では浅部の波形が黒く潰れており、(2)のベクトル化処理結果も不明瞭である。図 30-2 の測線はデータ欠損が一部に限られたため、標準解析も併せて実施されている。その結果の図 30-3 と比較すると、ベクトル化処理結果は赤丸で示した位置で反射波の連続性や解像度で大きく劣っていることが分かる。

紙断面図の状態が悪い場合にベクトル化処理の品質が低下することは明らかであるが、上記の紙断面図はどちらも紙の状態は良好であった。図 29 の紙断面図はトレース間隔が 1.0mm でありトレースが明瞭に確認できるのに対して図 30 の紙断面図はトレース間隔が 0.5mm でありトレースが黒潰れしてウィグルは確認できない。以上から、紙断面図の品質は、紙の状態だけでなく、プロットのトレース間隔にも依存していることが分かった。

ところで、残存する紙断面図の中には図 33-1 のように解釈結果の線が書き込まれているものが存在する。このような場合、ベクトル化処理結果の図 33-2 でもこれらの線の影響が残るため、解釈の際には注意が必要である。

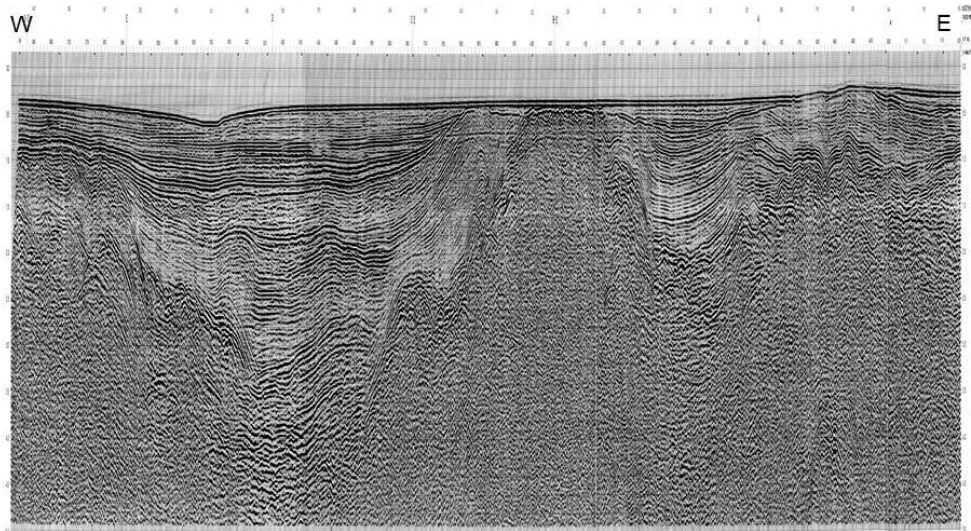


図 29-1 ベクトル化处理の対象紙断面図のイメージ（高品質）  
「北陸～山陰」調査 1974

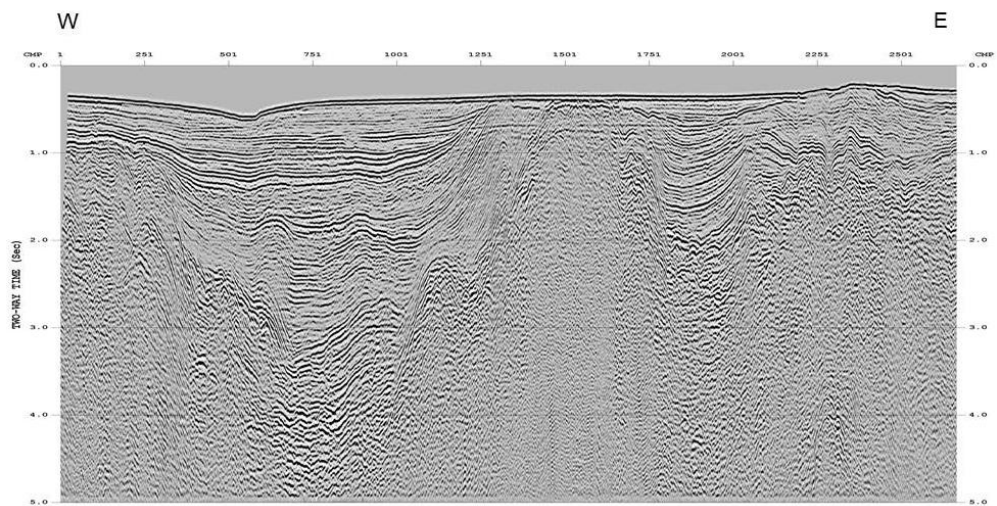


図 29-2 ベクトル化处理適用後の重合時間断面図  
「北陸～山陰」調査 1974

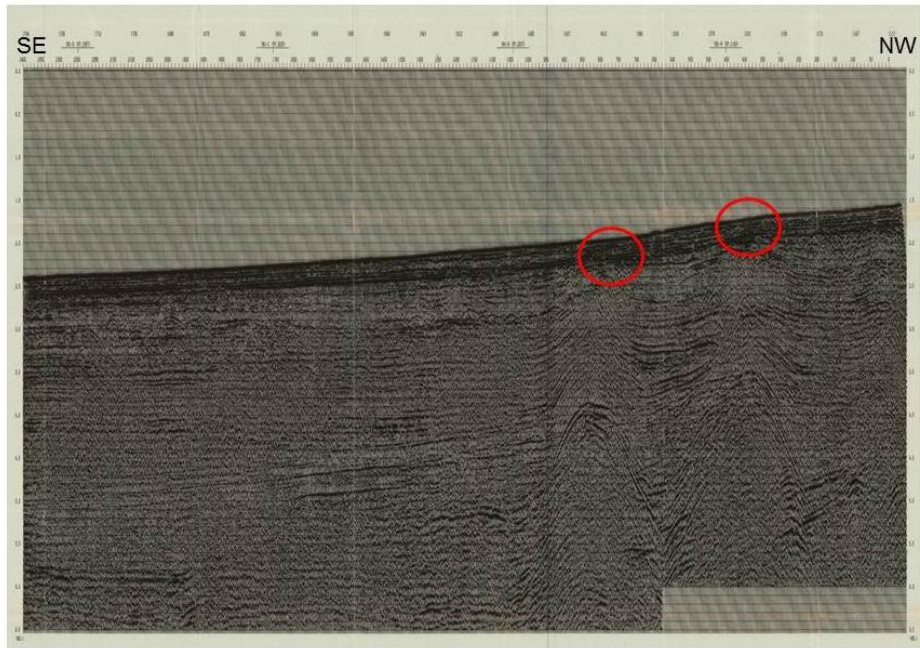


図 30-1 ベクトル化処理の対象紙断面図のイメージ（低品質）  
「山陰沖」調査 1981

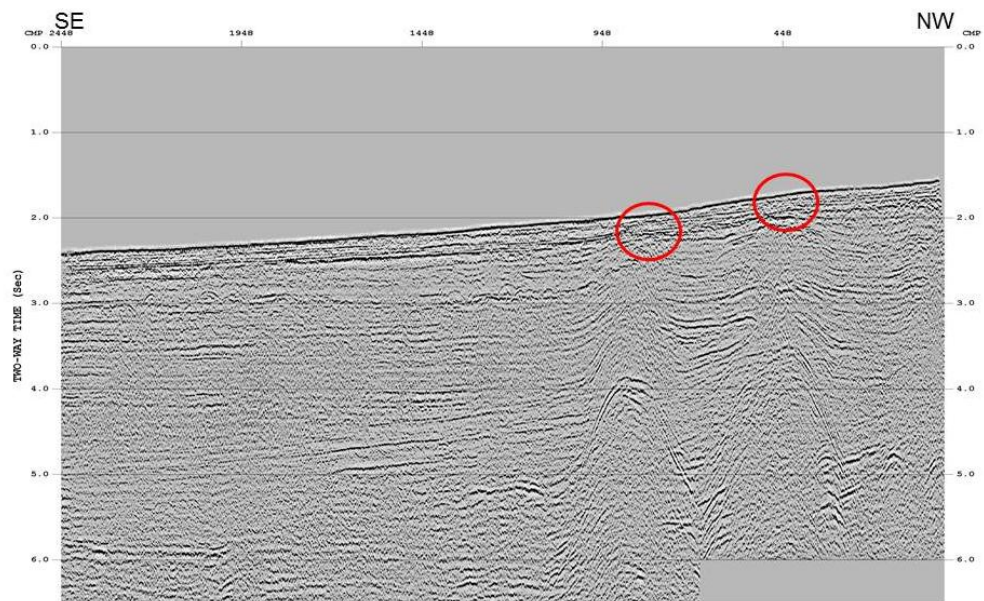


図 30-2 ベクトル化処理適用後の重合時間断面図  
「山陰沖」調査 1981

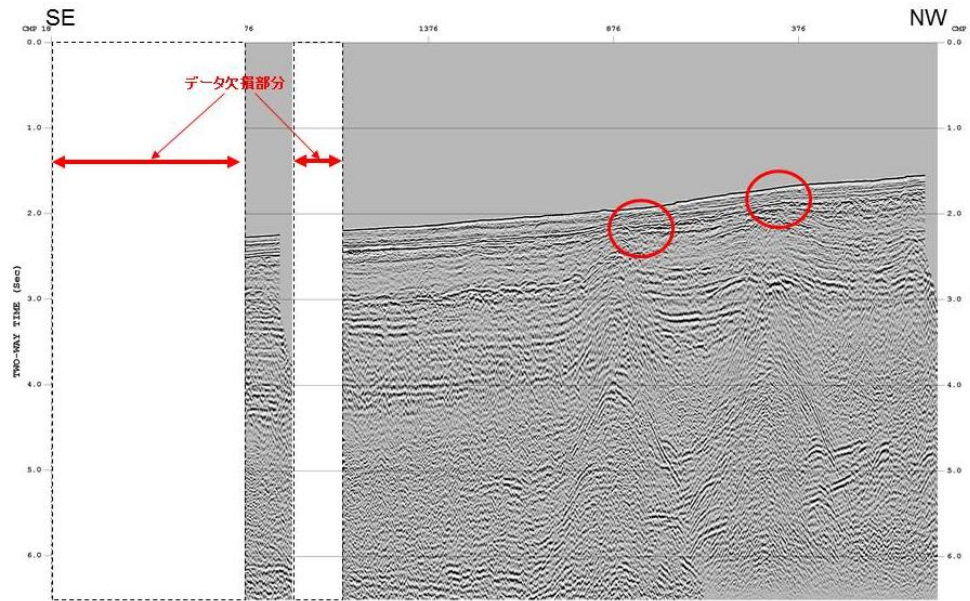


図 30-3 標準解析の重合時間断面図  
「山陰沖」調査 1981

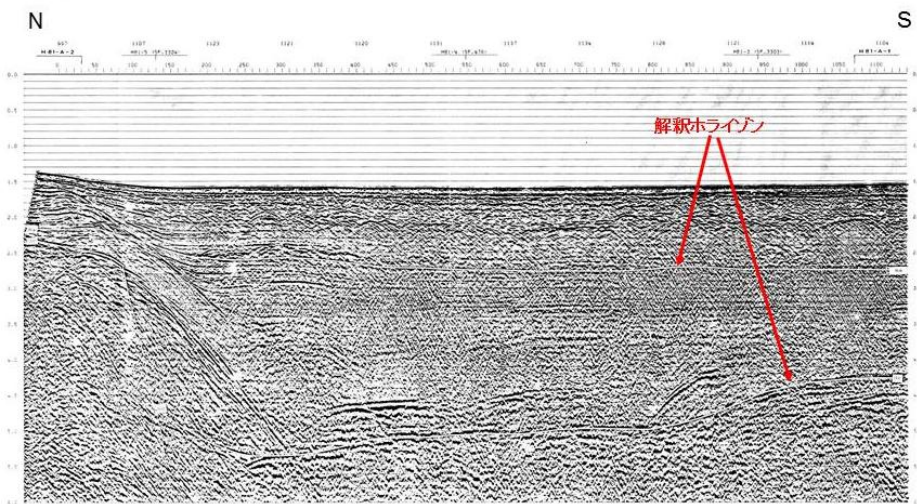


図 33-1 ベクトル化処理の対象紙断面図のイメージ（解釈あり）  
「北陸～隠岐沖」調査 1981

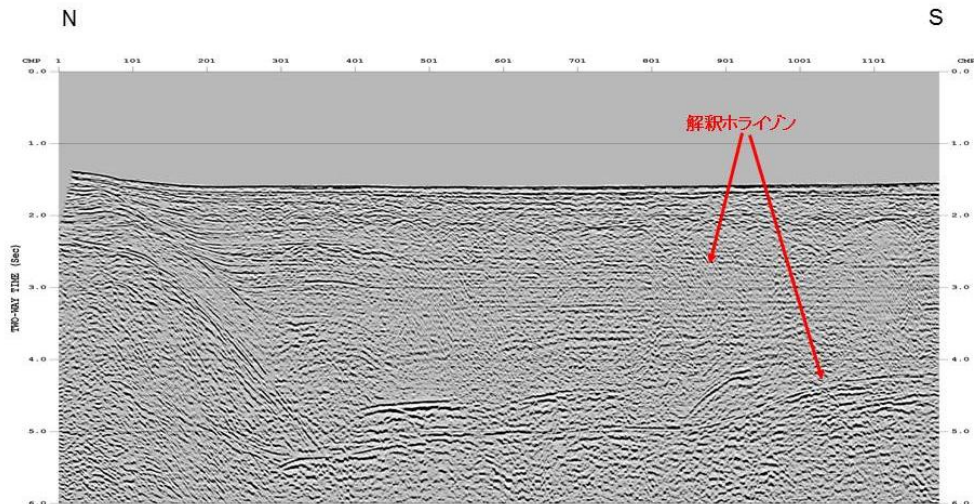


図 33-2 ベクトル化処理適用後の重合時間断面図  
「北陸～隠岐沖」調査 1981

## 7. まとめ

JOGMEC の既存の二次元海上反射法地震探査データを、最新の技術で統一的な再解析を行い、以下に本解析の結果を得た。

- 1) 対象記録において最も解釈の妨げとなる要因は多重反射波の存在であった。対象海域では海底深度が変化することから、様々な種類の多重反射波が発生していたため、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、適用することで多重反射波を抑制することができた。
- 2) 短波長の構造不均質が顕著で、海域活断層の解釈に重要な測線については、重合前時間マイグレーションを適用することで、標準解析に比較して高 S/N で分解能の高いイメージが得られた。
- 3) 海域活断層の深部延長といっ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測線については、MDRS 解析を実施することで、S/N が大きく改善し深部反射波の品質を向上できた。
- 4) 古い年代の解析対象データで発震記録に欠損が確認された記録については、紙面で残存する重合記録断面図をデジタル化し、重合後処理を行うことで、再解析結果には劣るものの解釈に資する断面図が得られた。

### (イ) 海洋研究開発機構データ

海洋研究開発機構データは、444 チャンネルの長大ストリーマーと大容量のチューンドエアガンを用いたもので、深部のイメージングも期待できる。主なデータ処理は、トレースエディット、F-K フィルター、バンドパスフィルター、振幅回復、CMP 編集、最小位相変換フィルター、プレディクティブデコンボリューション、DMO 処理、多重反射波除去処理、速度解析、NMO 補正、CMP 重合、F-X デコンボリューション、キルヒホッフ時間マイグレーションである（ひずみ集中帯の重点的調査観測・研究プロジェクト 平成 21 年度成果報告書, 2009; 同 平成 22 年度成果

報告書, 2010; 同 平成 23 年成果報告書, 2011; 同 平成 24 年度成果報告書, 2012; No et al., accepted)。多重反射波除去処理も行っており可データ処理後の記録断面の品質は確保されているとして、既に得られている反射記録断面をそのまま使用することとした。

(ウ) 産業技術総合研究所データ

産業技術総合研究所のデータは、GH85-2, GH85-4, GH86-2, GH86-4, GH87-2, GH87-4, GH88-2, GH88-4 調査航海のシングルチャンネルデータであるが、試行錯誤的に処理内容を検討し、新たな反射記録断面を作成した。ナビゲーションデータの信頼性を確認し、解釈に使用できるデータを抽出した。元データは、振幅のバランスや位相の連続性に改善要素があった。振幅補償、ウェーブエフェクトの除去、デコンボリューション、F-X プレディクションフィルター、ミュート、時間マイグレーション、ゲイン調整を実施した(図 32)。特に、F-X プレディクションフィルターは水平方向の位相の連続性を改善するフィルターであり、これらのデータのクオリティの改善に大きく寄与した。これらのデータはショット間隔の時刻を一定としてデータを取得されている。仮に使用船舶の測線に対する速度が天候や潮流などによりゆらいでしまうと、現実的なショット間隔がばらばらになってしまう。この場合、時間マイグレーションを適用しても除去すべき散乱波の走時をそろえることができず、なかなかマイグレーション処理による改善がみられないことになる。実際、このようなケースはナビゲーションのデータの品質に依存するので、これ以上の改善は望めない。しかし、このような事例は一部であるため、時間マイグレーション処理は反射断面の品質向上には有益である。図 32 に示した処理フローをシングルチャンネル反射法データの標準処理として用いることとした。

この処理フローに従って処理した結果、堆積層内の変形や層序もよく確認できた。産業総合研究所データについてはデータ再処理もルーチン化でき、H26 年度は日本海全体に広げる予定である。

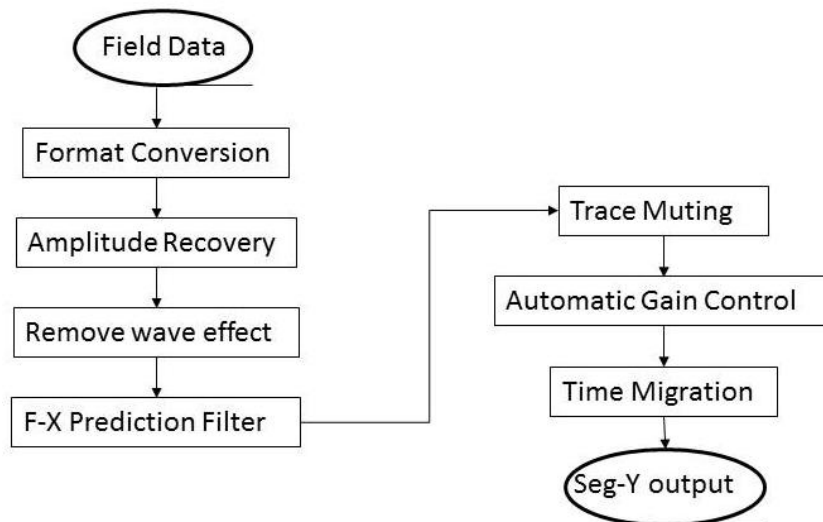


図 32 シングルチャンネルデータの処理フロー

## 2) 3次元速度構造ボリューム構築

断層解釈において、その傾斜を見積もるためには、時間断面を深度断面に変換する必要がある。解釈自体を深度断面で行うことも可能であるが、深度断面作成時の速度構造が統一的でなければ、測線ごとのタイが取れなくなることは自明である。各機関とも深度断面を作成しているが、必ずしも速度構造は同一ではなく、整合しないことが多々ある。一般にMCSデータにおける速度解析は反射面が同定できなければ速度解析はできない。また、測線に対してオフセットしたところからの散乱波や反射波を速度解析に使うと遅い速度が見積もられてしまう。そのため、本プロジェクトでは、海底地震計を用いた屈折法探査結果をもとに3次元の測度ボリュームを作成する方針とした。

最近の屈折法探査解析は客観性を重視し、トモグラフィックインバージョンの手法を用いて構造イメージングを実施することが多い。しかし、この手法は速度構造の内部に特異点を発生させることもあり、これは残っていると3次的に影響が広がってしまう。そのため、シンプルなレイヤー構造を作成して速度ボリュームを構築する方針とした。図33に測線図を図34に日本海東縁における屈折法探査データに基づくレイヤー構造を示す。

H26年度では時間断面に変換した速度構造を用いて、MCSデータを用いて各レイヤーの空間的な広がり求め、速度構造ボリュームを構築する予定である。

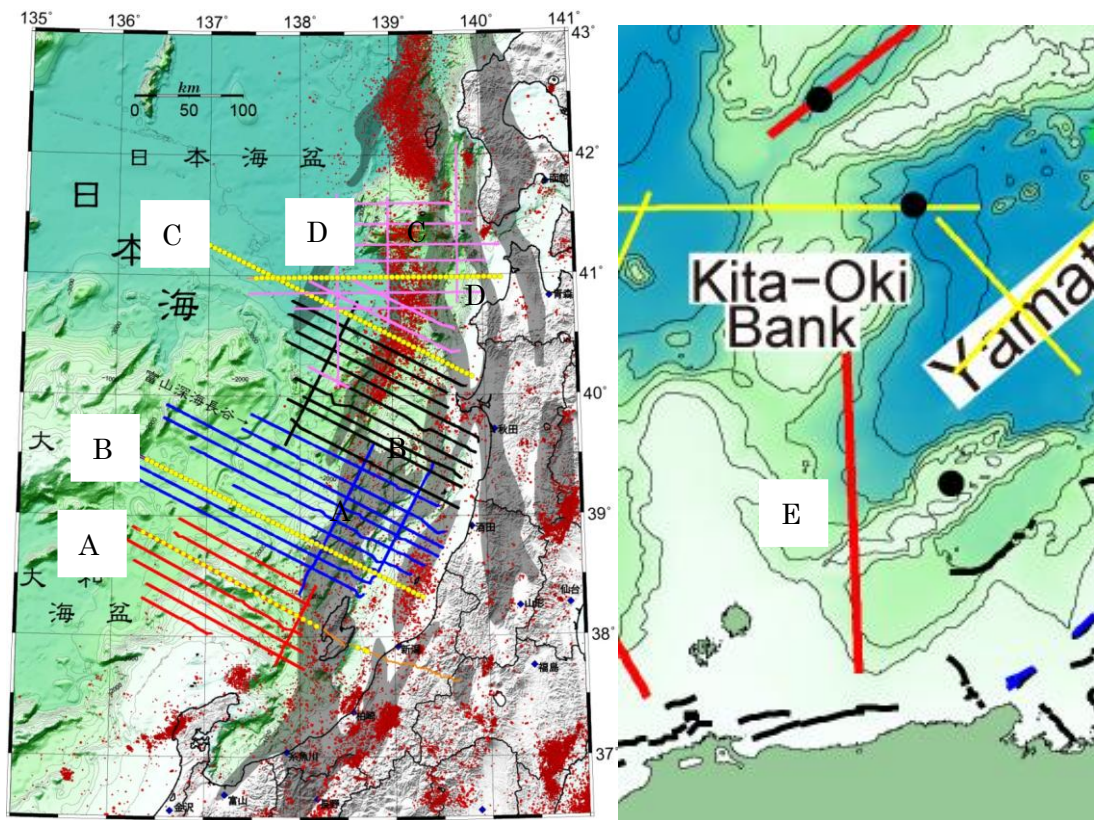


図33 ひずみ集中帯の重点的調査観測・研究の中で実施された構造探査測線。黄色丸が海底地震計を示す。この4本を主に用いて、速度構造ボリュームを作成する。灰色は Okamura et al. (2007)が示したひずみ集中帯、赤点は気象庁一元化震源を示す。A, B, C, D は図34 に示した速度構造の便宜的な測線番号を示す。



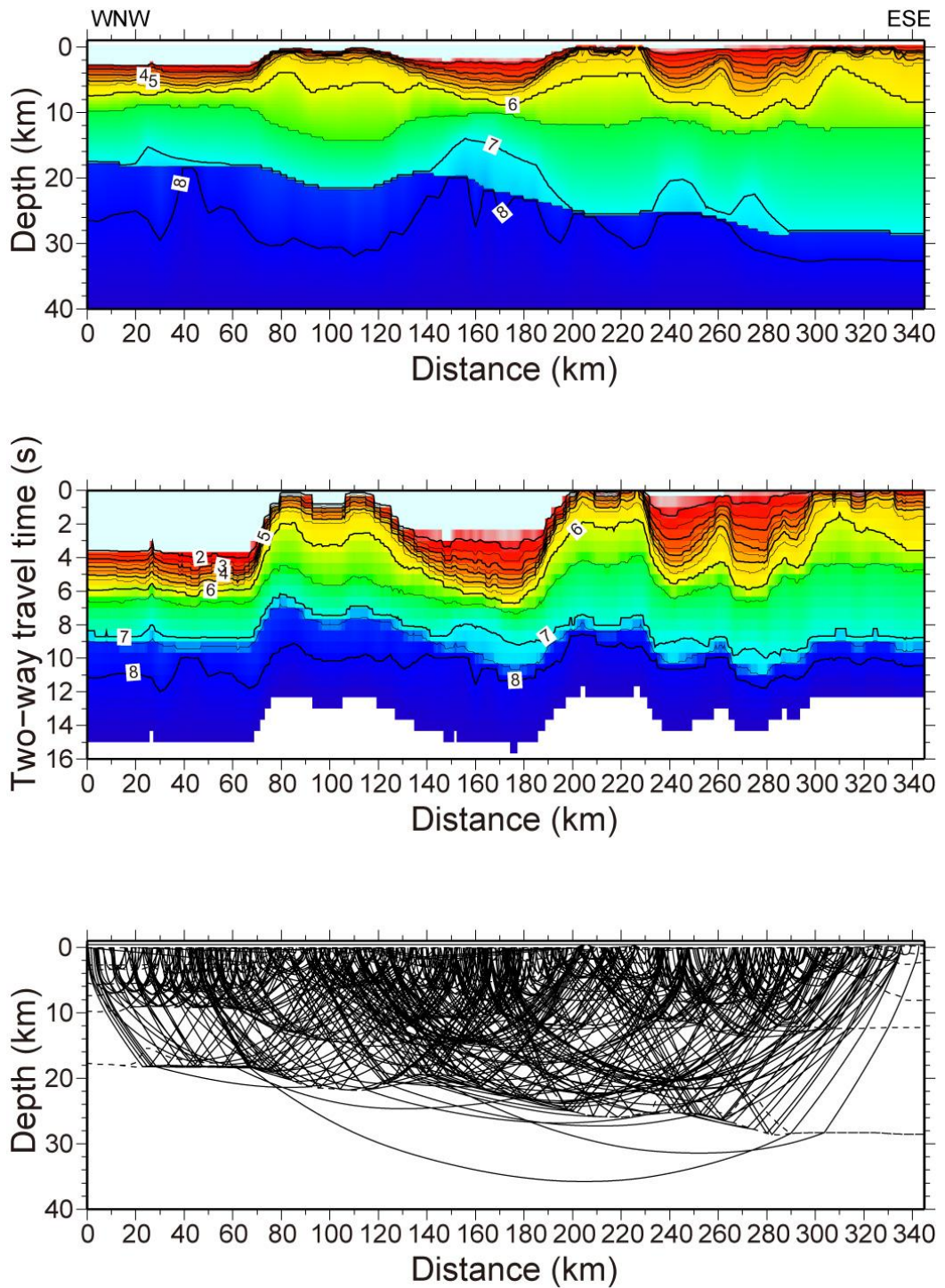


図 34-1 能登半島沖～佐渡島～越後平野に至る速度構造（図 33 の B）。（上）速度構造。（中）時間断面に変換した速度構造。（下）速度構造の信頼区間を示す波線図。

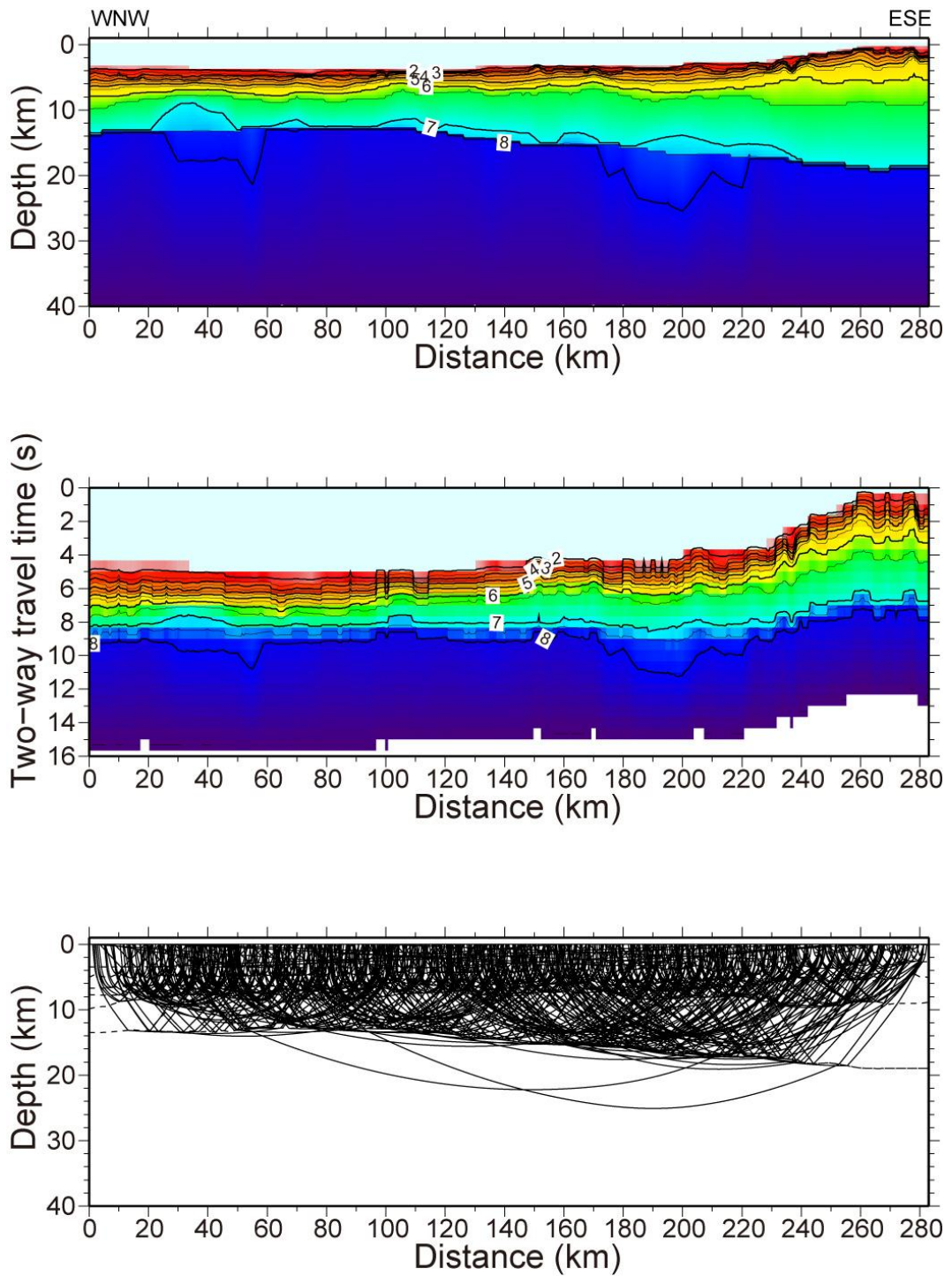


図 34-2 大和堆～栗島沖に至る速度構造（図 33 の B）。（上）速度構造。（中）時間断面に変換した速度構造。（下）速度構造の信頼区間を示す波線図。

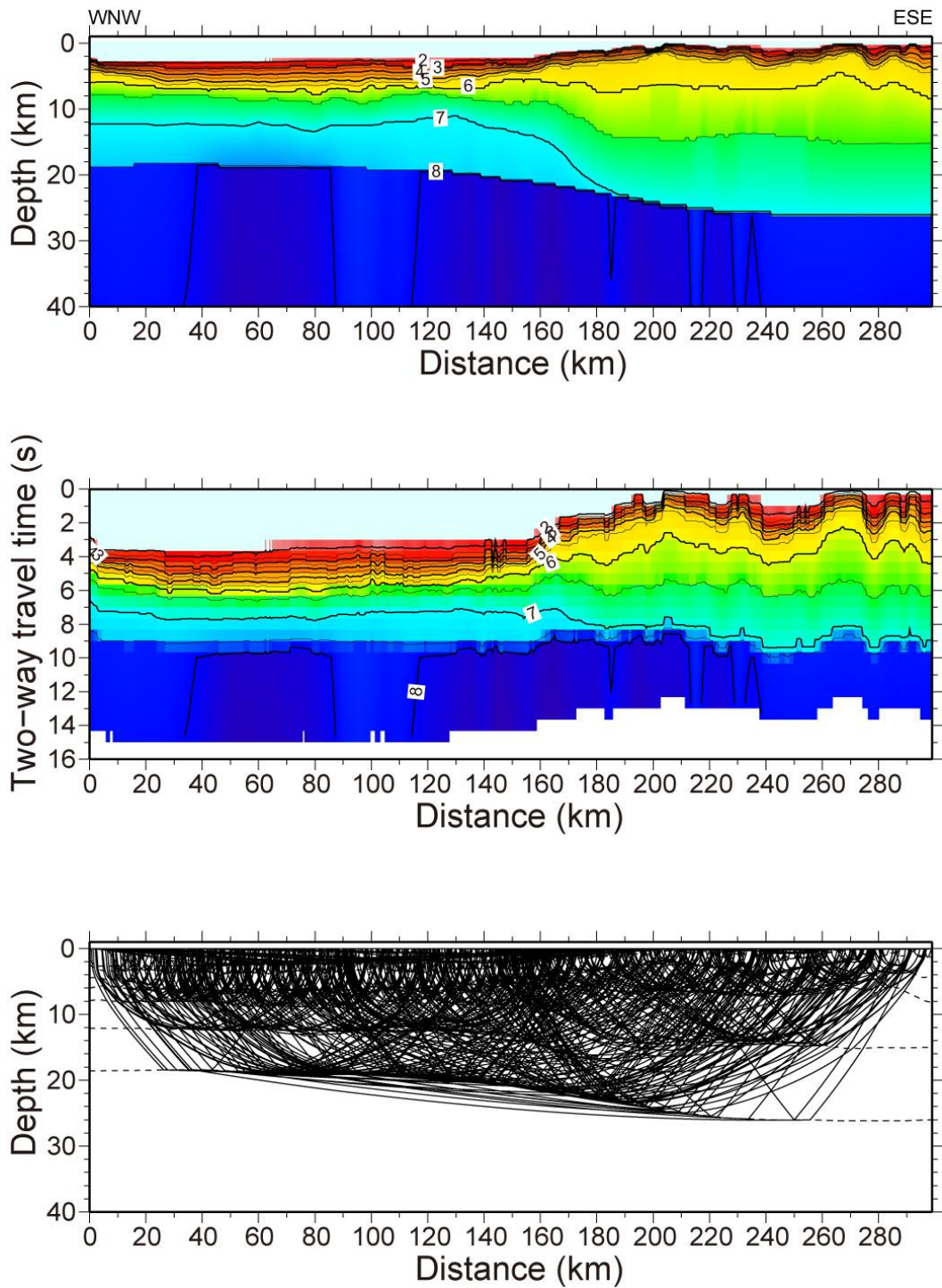


図 34-2 日本海盆～男鹿半島沖に至る速度構造 (図 33 の C)。(上) 速度構造。(中) 時間断面に変換した速度構造。(下) 速度構造の信頼区間を示す波線図。

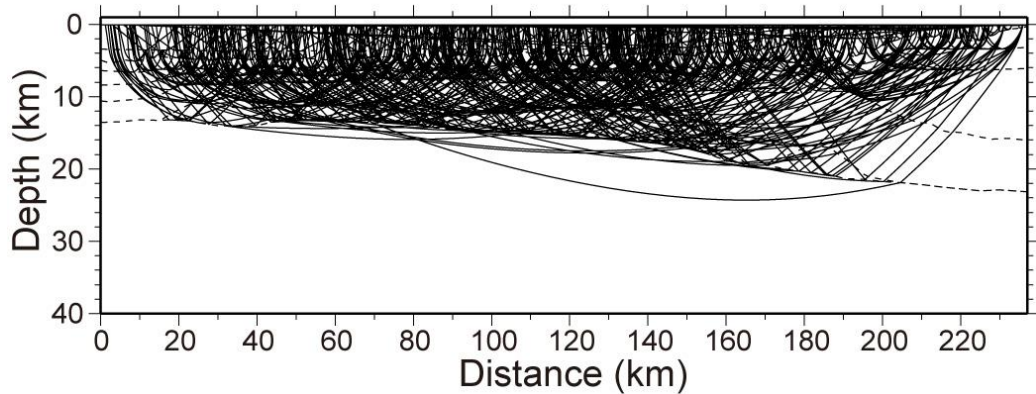
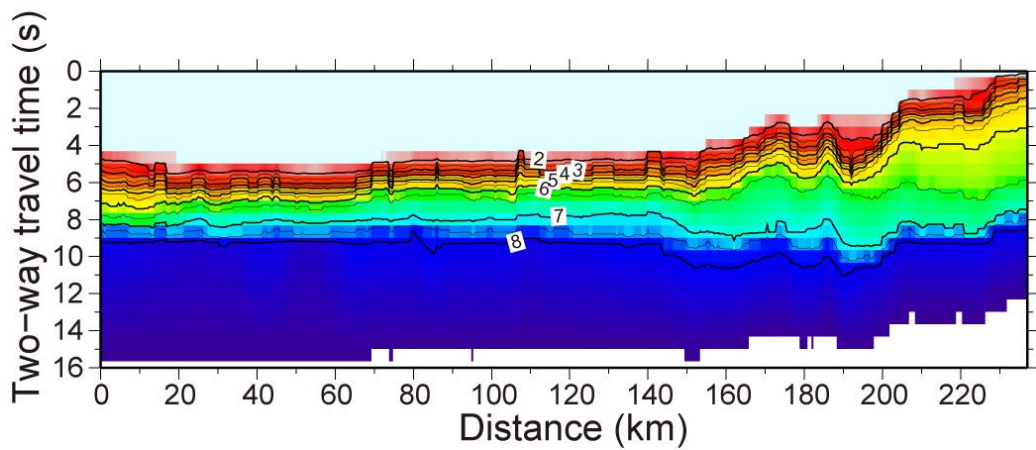
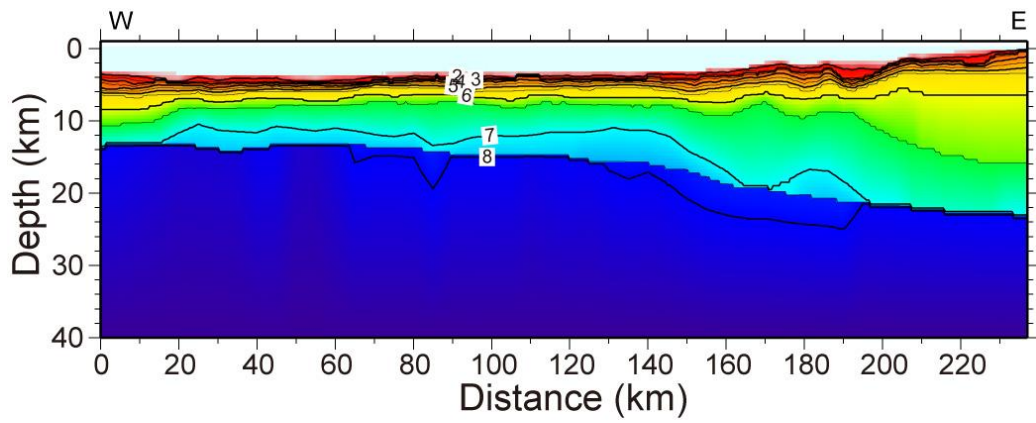


図 34-4 日本海盆～津軽半島沖に至る速度構造（図 33 の D）。（上）速度構造。（中）時間断面に変換した速度構造。（下）速度構造の信頼区間を示す波線図。

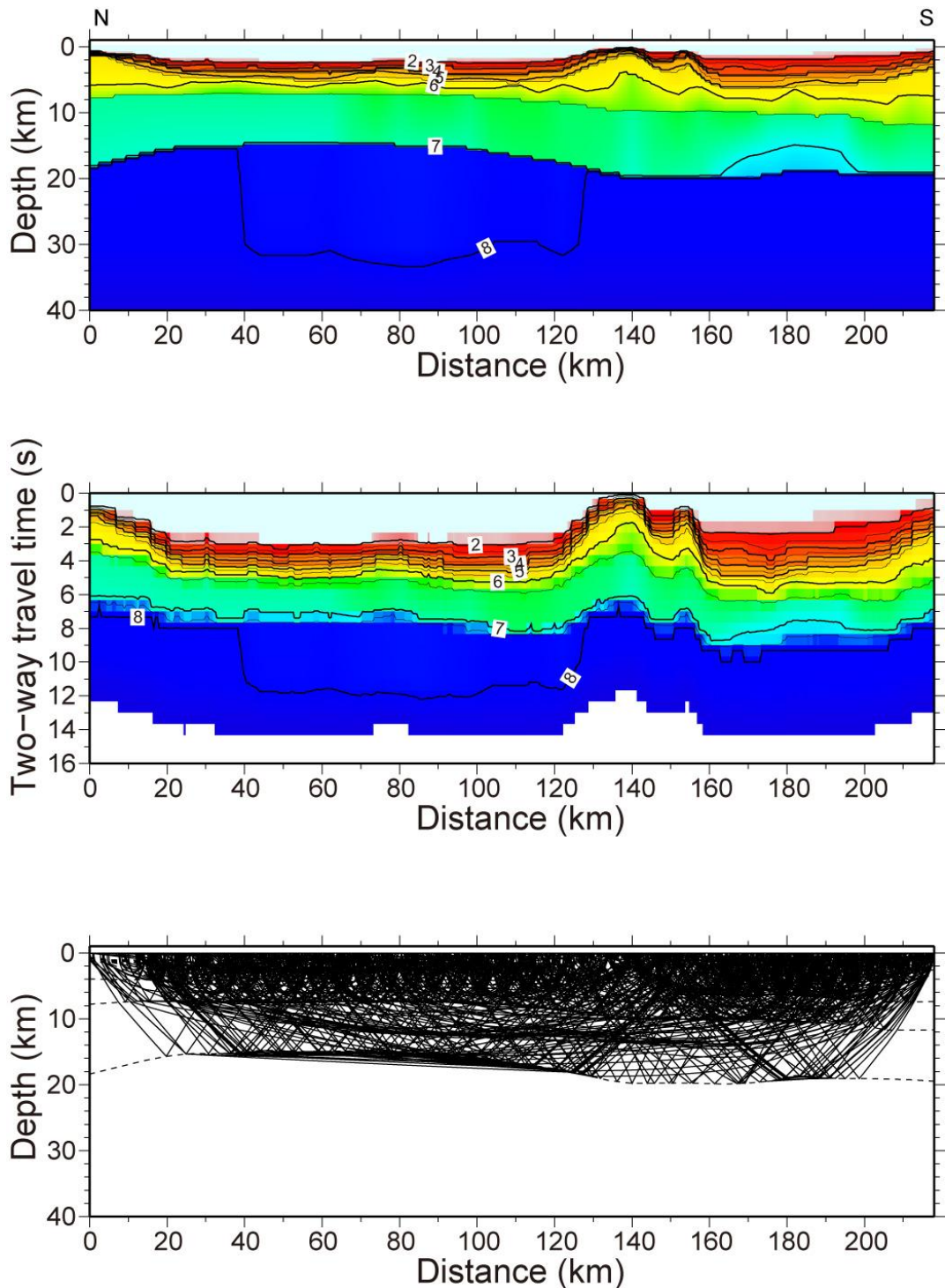


図 34-5 北隠岐堆～鳥取沖に至る速度構造 (図 33 の E)。(上)速度構造。(中)時間断面に変換した速度構造。(下)速度構造の信頼区間を示す波線図

### 3) 解釈

今年度はデータ借用についての各機関との調整とデータ収集、データ再処理と処理フローの策定に比重を置いたため、解釈の作業はあまり進んでいない。しかし、H26年度からの本格的な解釈作業に向けて、既往の解釈結果等の情報を収集した。例えば、日本海盆から大和海盆にかけては、西側の海盆域では正断層が、海盆より陸側ではインバージョンテクトニクスが発達し逆断層が分布することも明らかになっている (図 35)。また、海盆との境界域ではモホ面まで切るような大きな断層が発達して

おり（図 36）、これらが 1983 年の日本海中部地震の震源断層であったことが知られている。一方、1964 年の新潟地震など、沿岸に近いところでは、上部地殻内で断層が発達していることも見えてきている。これらの知見を生かし、現実の再処理済みのデータについて本格的な解釈を加えていく。

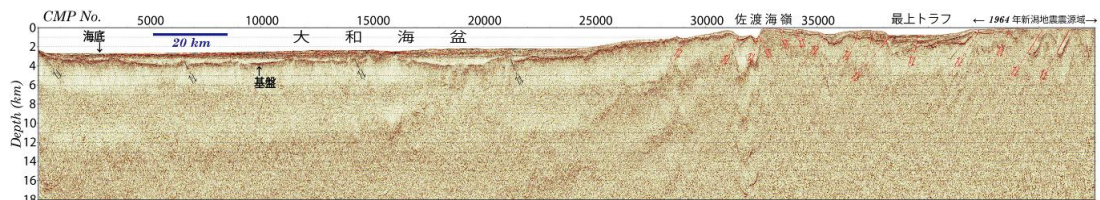


図 35 大和海盆～栗島沖に至る測線の反射記録断面と解釈（H25 年度ひずみ集中帯における重点的調査観測・研究の報告書より引用）。黒線は正断層、赤線は逆断層が発達している場所を示す。

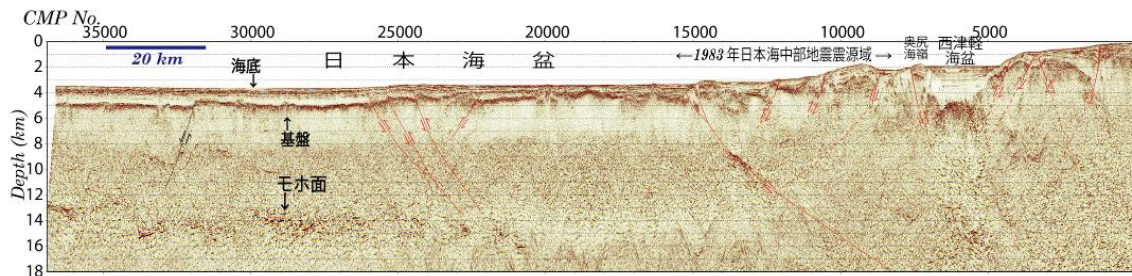


図 36 日本海盆～男鹿半島沖に至る測線の反射記録断面と解釈（H25 年度ひずみ集中帯における重点的調査観測・研究の報告書より引用）。黒線は正断層、赤線は逆断層が発達している場所を示す。

#### (d) 結論ならびに今後の課題

古いデータのクオリティコントロールを終え、多重反射波除去を通じて十分な再処理の効果を出すことができた。シングルチャンネル反射データも記録の品質を向上させることができた。一連の処理フローを固めることができたことも今後につなげることができる。一方、予定通り日本海の半分の海域のデータ再処理が終えているものの、解釈は既往の解釈結果の収集にとどまっており、3次元速度構造ボリュームの構築もこれから本格化する必要がある。H26年度中の断層モデル構築に向けて、これらの作業を急ぐ必要がある。

#### (e) 引用文献

石油開発公団，昭和 48 年度大陸棚石油・天然ガス基礎調査 基礎物理探査「北陸」調査報告書,1974

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「北陸－山陰」調査報告書,1975

石油開発公団，昭和 51 年度大陸棚石油・天然ガス基礎調査 基礎物理探査「北海道西部

－新潟海域」調査報告書,1977

石油公団, 昭和 56 年度国内石油・天然ガス基礎調査 基礎物理探査「富山沖・北陸～隠岐沖・山陰沖」調査報告書,1982

石油公団, 平成 1 年度国内石油・天然ガス基礎調査 基礎物理探査「山陰～北九州沖」調査報告書, 1990

(独) 産業技術総合研究所, 響灘・見島沖海域 GH85-2 及び GH85-4 調査航海  
昭和 60 年度研究報告書 西南日本周辺大陸棚の海底地質に関する研究 ー響灘・見島沖海域ー,1985

(独) 産業技術総合研究所, 日御碕沖・鳥取沖海域 GH86-2 及び GH86-4 調査航海  
昭和 61 年度研究概要報告書 西南日本周辺大陸棚の海底地質に関する研究 ー日御碕沖・鳥取沖海域ー,1986

(独) 産業技術総合研究所, 経ヶ岬沖・ゲンタツ瀬海域 GH87-2 及び GH87-4 調査航海  
昭和 62 年度研究概要報告書 西南日本周辺大陸棚の海底地質に関する研究 ー経ヶ岬沖・ゲンタツ瀬海域ー,1987

(独) 産業技術総合研究所, 能登半島周辺海域 GH88-2 及び GH88-4 調査航海  
昭和 62 年度研究概要報告書 西南日本周辺大陸棚の海底地質に関する研究 ー能登半島周辺海域ー,1987

仲西理子・高橋成実・山本揚二郎・高橋努・尾鼻浩一郎・小平秀一・金田義行, 構造研究に基づく南海トラフ域の 3 次元速度構造モデル, ブルーアース 2014 シンポジウム ポスター講演, 2014

ひずみ集中帯の重点的調査観測・研究プロジェクト, 平成 21 年度成果報告書, 2009.

ひずみ集中帯の重点的調査観測・研究プロジェクト, 平成 22 年度成果報告書, 2010.

ひずみ集中帯の重点的調査観測・研究プロジェクト, 平成 23 年度成果報告書, 2011.

ひずみ集中帯の重点的調査観測・研究プロジェクト, 平成 24 年度成果報告書, 2012.

松本剛, 笠原敬司, 平田賢治, 一北岳夫, フィリップ・ジャービス, 西澤あずさ, 倉本真一, 仲村明子他, プレート収束域における海底地下深部構造－MCS95 調査航海成果速報, JAMSTEC 深海研究, 第 12 号, 45-64, 1996

Yukinobu Okamura, Tatsuya Ishiyama, and Yukio Yanagisawa., Fault-related folds above the source fault of the 2004 mid-Niigata Prefecture earthquake, in a fold-and-thrust belt caused by

basin inversion along the eastern margin of the Japan Sea,  
J.Geophys.Res.,112,BS03S08,doi:10.1029/2006JB004320, 2007

Henley, D.C., Coherent noise attenuation in the radial trace domain: introduction and demonstration,  
CREWES Research Report Vol. 11, 1999.

Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology (JAMSTEC), KR09-09 Cruise Report  
Intensive seismic study around the deformed zone in the eastern margin of the Japan Sea  
(Multichannel seismic reflection survey), 2009

Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology (JAMSTEC), KR10-10 Cruise Report  
Intensive seismic study around the deformed zone in the eastern margin of the Japan Sea  
(Multichannel seismic reflection survey), 2010

Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology (JAMSTEC), KR11-08 Cruise Report  
Intensive seismic study around the deformed zone in the eastern margin of the Japan Sea  
(Multichannel seismic reflection survey), 2011

Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology (JAMSTEC), KR12-10 Cruise Report  
Intensive seismic study around the deformed zone in the eastern margin of the Japan Sea & the  
Japan Trench, 2012

No, T., Sato, T., Kodaira, S., Ishiyama, T., Sato, T., Takahashi, N., and Kaneda, Y., The source  
fault of the 1983 Nihonkai-Chubu earthquake revealed by seismic imaging, Earth Planets Sci.  
Lett., accepted.

Verschuur, D.J., Berkhout, A.J., and Wapenaar, C.P.A., "Adaptive surface-related multiple  
elimination," Geophysics 57, 9, 1166-1177, 1992.



### 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
独立行政法人防災科学技術研究所	領域長	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
	研究員	前田 宜浩

(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3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ヵ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 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う。

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う。

4) 平成 28 年度：

解釈を終えた南海トラフ・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。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)に提供を行う。

5) 平成 29 年度 :

解釈を終えた南海トラフ・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。

6) 平成 30 年度 :

解釈を終えた日本海溝・十勝沖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 :

解釈を終えた十勝沖・オホーツク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 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とりまとめ、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 25 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、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。

これらの手法を用いることで、次年度以降、抽出した断層について断層モデルの構築を進める。

### (b) 業務の実施方法

日本海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、その結果をふまえて、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、この作業とは別に、震源不特定の場合の地震活動の統計則（グーテンベルグ・リヒター則：以下G-R則と示す）をもとにした断層モデル群の考え方を検討した。

また、歴史地震津波事例を1例選別し、既往の断層モデルを参照して断層モデルを設定し、津波と地震の予測計算を行い断層パラメータの感度解析を含む断層モデルの検証方法を検討した。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。

(c) 業務の成果

(I) 準備

①日本海海域における地震・津波に関する既往資料の収集整理

a) 地質構造と震源（波源）となる可能性のある断層の分布

日本海海域における震源（波源）断層に関連しては、多くの地形、地質学的な研究がなされているが、ここでは、総括的な文献で、本プロジェクトにおける今後の断層モデル作成作業において主な参照対象となる可能性があるものから、地質構造図ないし断層の分布図を整理した。これらの資料では、海底地形や各種の音波探査データを用いて海域の断層ないし関連する構造が認定されている（図 I. 1-1～図 I. 1-6）。

- ・活断層研究会(1991)の付図 I, II : 100 万分の 1 日本活断層図

海域の活断層、活撓曲・活褶曲（背斜・向斜）を認定し、「確実」と「推定」に区分し、規模別で示している。

- ・地質調査所（1992）：日本地質構造図（縮尺 1/300 万）

活断層かどうかの評価は示されていない。

- ・徳山ほか（2001）の付図：日本周辺海域の第四紀地質構造図（縮尺 1/200 万）

活断層に準ずる地質構造については、認定度としてクラスを 3 つに分け、以下のように定義している。

認定度 I	高解像音響地殻断面上で地層あるいは基準地形面のズレが認められ、それが一部の層準のみならず下部の地層まで連続する断層。
認定度 II	高解像音響地殻断面上で地層あるいは基準地形面のズレが認められるが、それが下部（又は上部）の地層まで連続するズレか否かが不明瞭な場合。
認定度 III	高解像音響地殻断面上で地層あるいは基準地形面のズレは認められないが、高解像海底地形図から断層が推定される場合。また、音響地殻断面は存在しないが、高解像海底地形図・海底音響画像から堆積性起源と区別されるリニアメントが認められる場合この事例とする。その理由は、海底地形に表現される構造は表層堆積物（第四紀後半（600ka）以降に堆積したものと考えられる）に変位を与えていると考えられることから、活断層の可能性が強く示唆されるためである。

- ・地質調査所：海底地質図 縮尺 1/20 万、縮尺 1/100 万

地質断層が図示されている。表層の堆積層との関係で活構造かどうか判別できる場合がある。

- ・岡村(2010)：日本海東縁地域における圧縮領域（ハッチ部）と主な逆断層が示されている。

これらのデータは、今後、本プロジェクトで提供される断層データの位置、性状評価等のクロスチェック対象として扱う必要がある。

このほか、韓国、ロシアの研究者も含めた日本海の地質構造に関する資料や図面は、N. Isezaki et al. (1996)、Sung Kwun Chough(2013)等に示されており、やや古い資料は、鮎野(1992)にとりまとめられている。

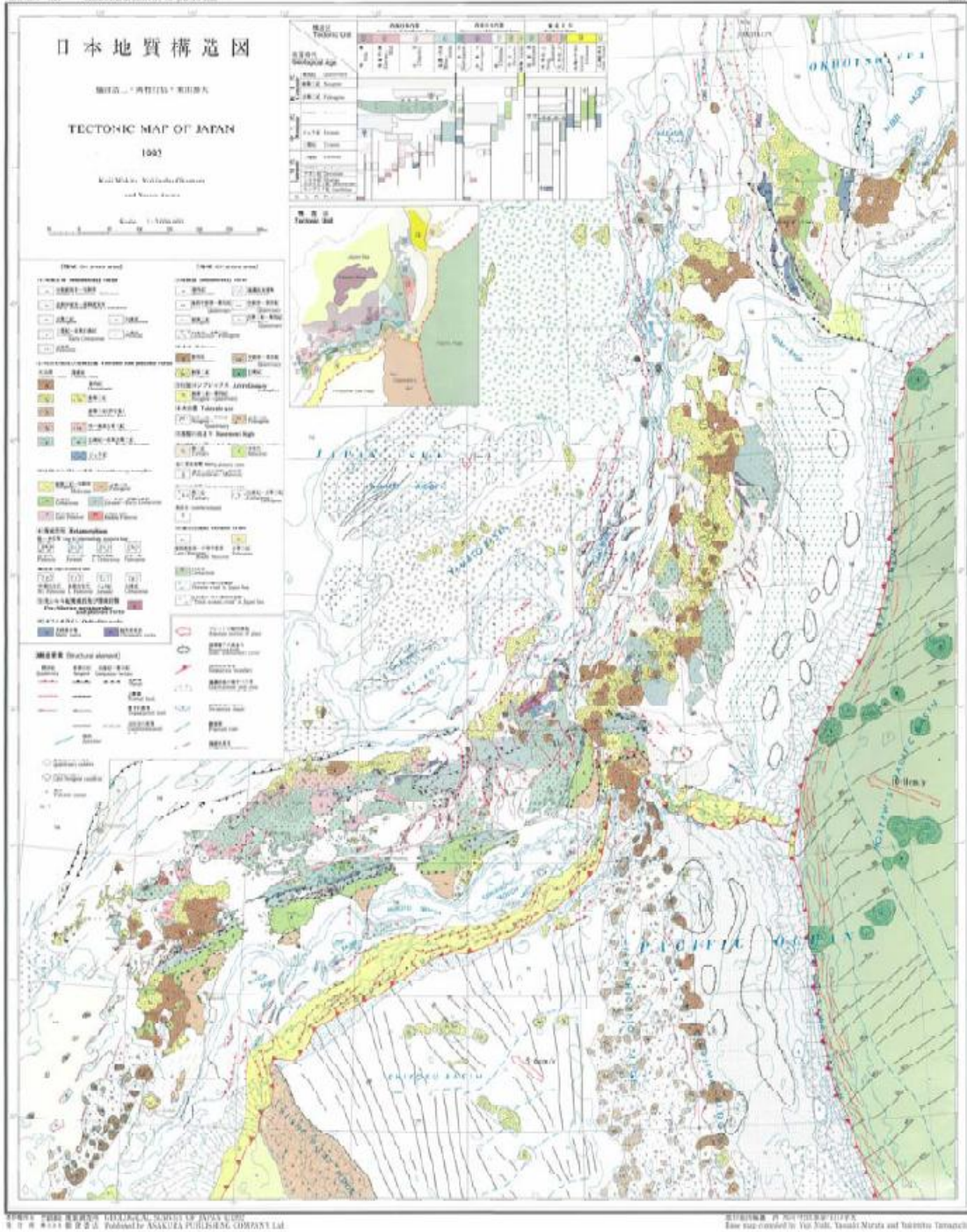


図 I. 1-1 日本海海域の断層分布図① (地質調査所, 1992 : 日本地質構造図)  
 この図には、活断層かどうかの評価は示されていない。

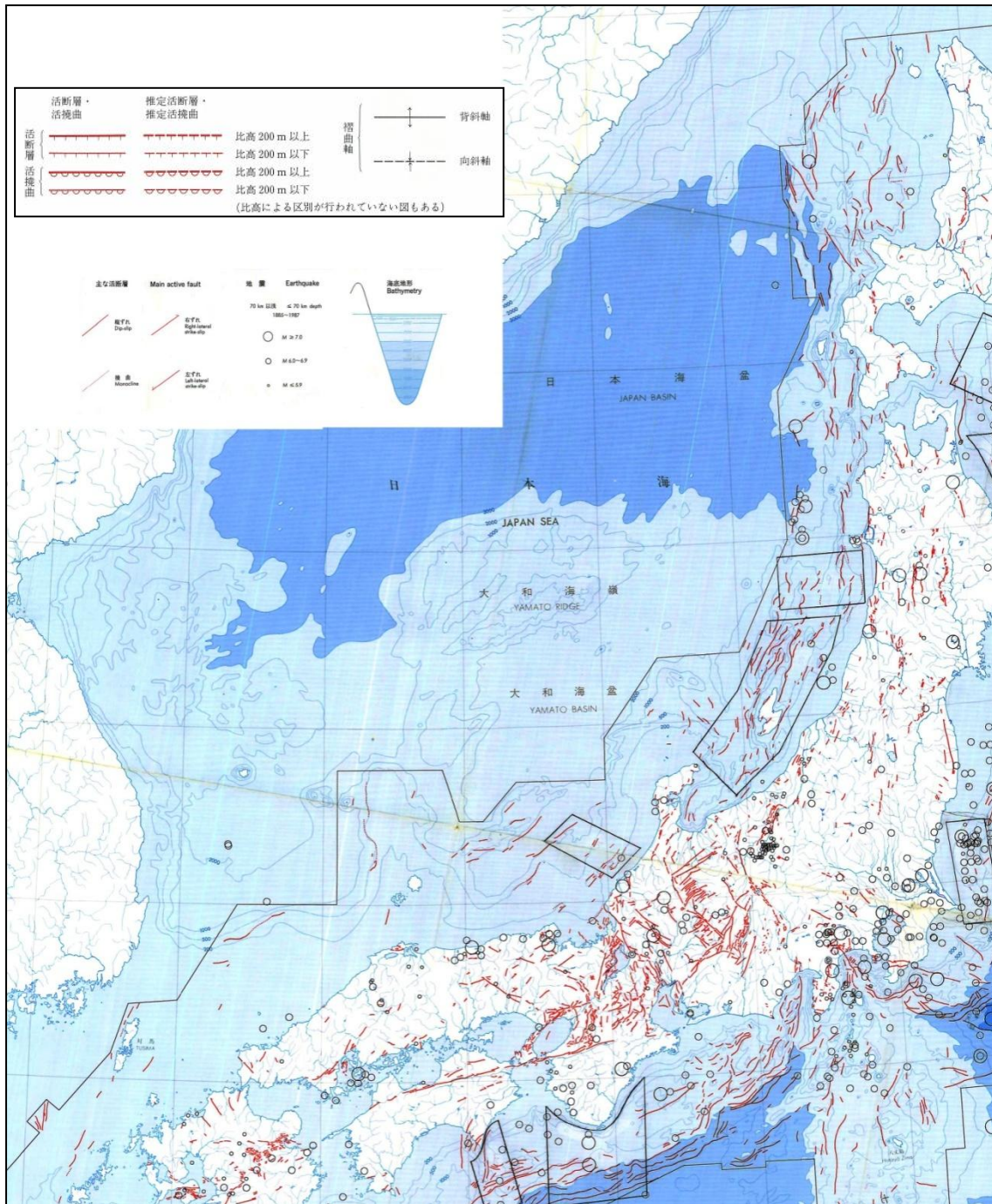


図 I.1-2 日本海海域の断層分布図② (活断層研究会, 1991 : 日本活断層図)  
活断層・活撓曲と判断されたものが確実度、規模で区分されている。

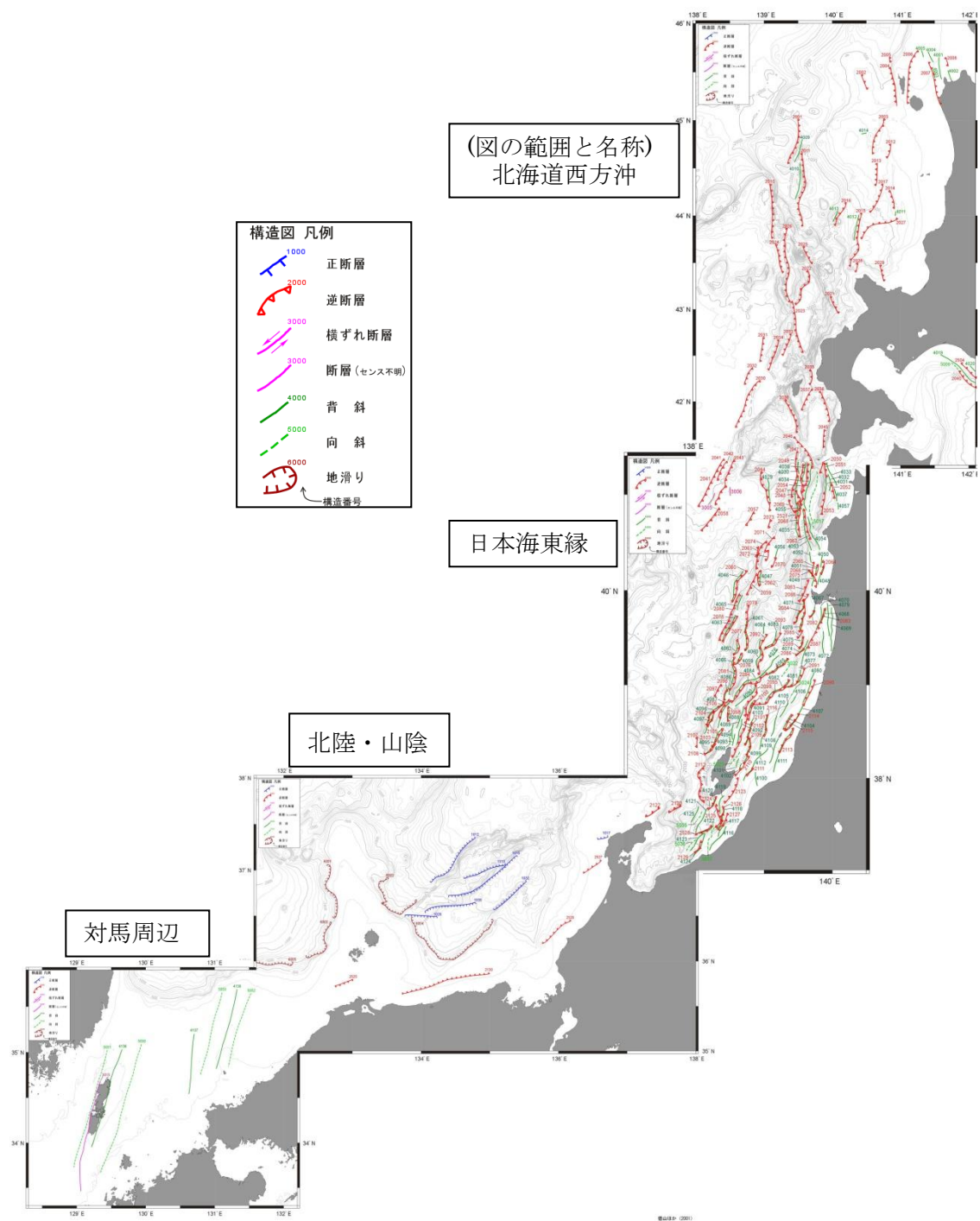
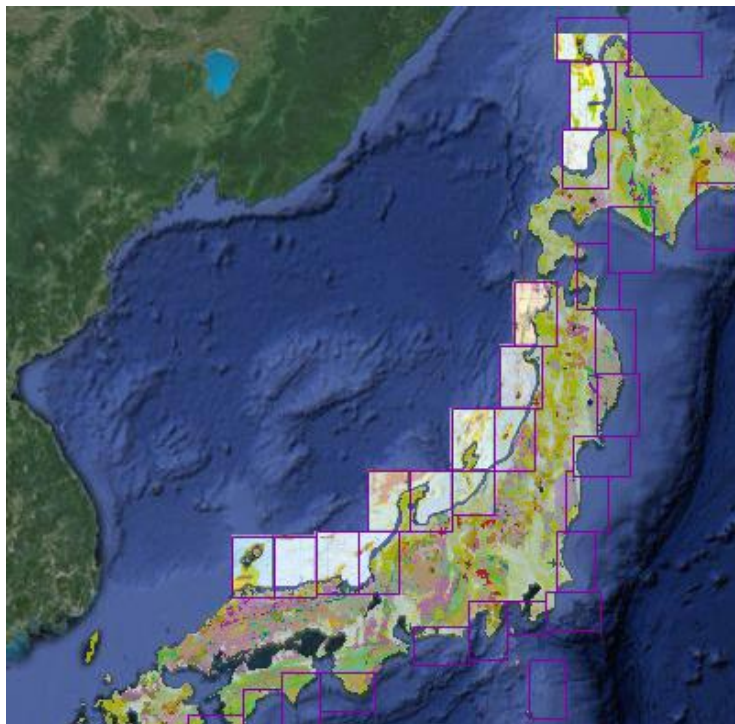


図 I.1-3 日本海海域の断層分布図③  
 (徳山ほか, 2001: 日本周辺海域の第四紀地質構造図)  
 活断層に準ずる地質構造については、認定度としてクラスを3つに分けている。

1/20万 海底地質図

(名称)

- ・宗谷岬沖
- ・天売島周辺
- ・石狩湾
- ・西津軽海盆
- ・秋田西方
- ・粟島周辺
- ・佐渡島北方
- ・佐渡島南方
- ・能登半島東方
- ・能登半島西方
- ・ゲンタツ瀬
- ・経ヶ岬沖
- ・鳥取沖
- ・隠岐海峡



1/100万 海底地質図

(名称)

- ・北海道周辺日本海およびオホーツク海域広域海底地質図(1979)
- ・日本海中部海域広域海底地質図(1981)
- ・日本海南部および対馬海峡周辺広域海底地質図(1979)

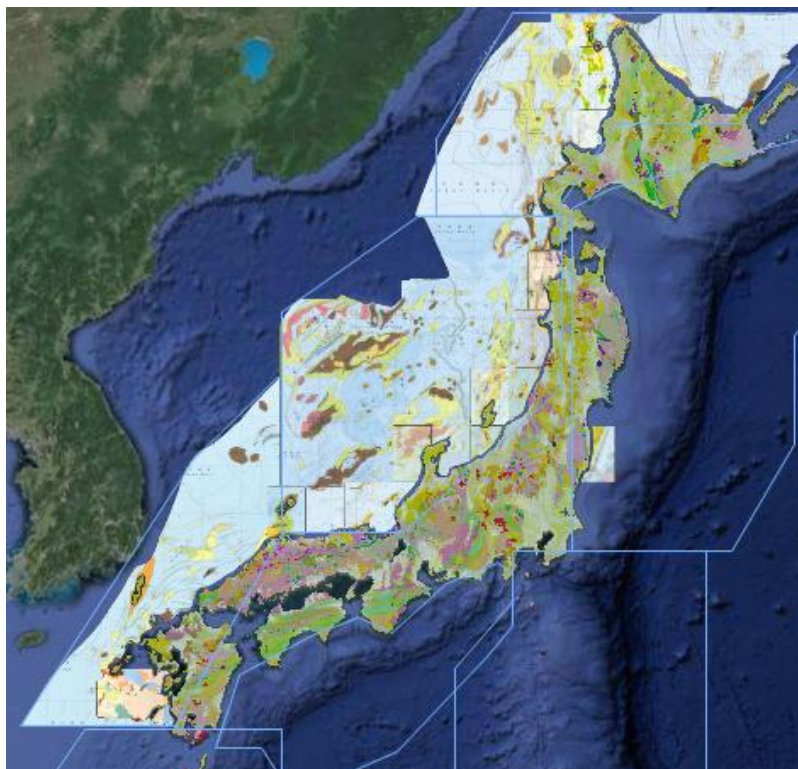


図 I.1-4 日本海海域の断層分布図④ (地質調査所：海底地質図)

地質断層が図示されている。表層の堆積層との関係で活構造かどうか判別できる場合がある。

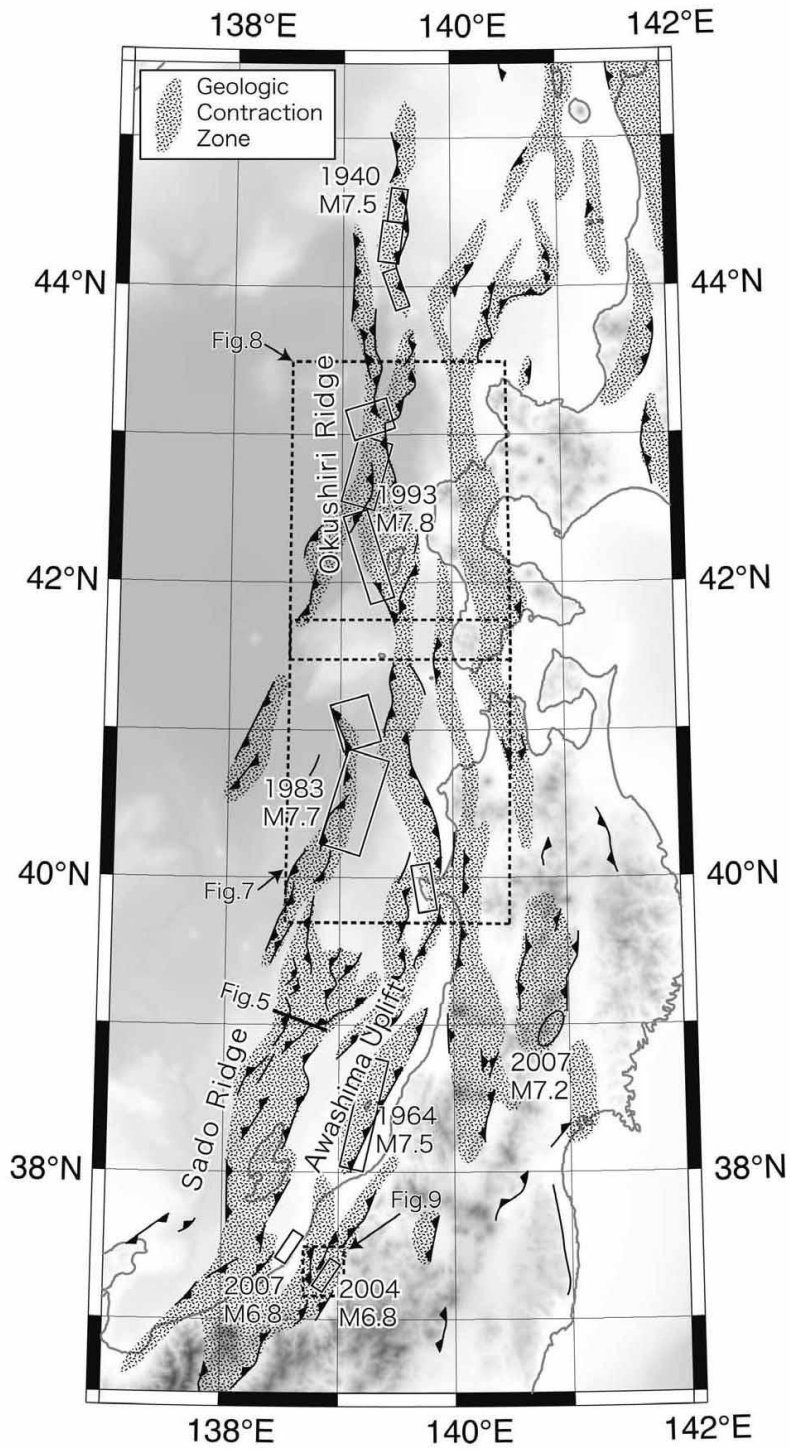


図 I. 1-5 日本海海域の断層分布図⑤ (岡村, 2010)

日本海東縁地域における圧縮領域（ハッチ部）と主な逆断層の分布。南北走向の非対称な断層関連褶曲構造が発達する。



АКАДЕМИЯ НАУК СССР  
Тихоокеанский океанологический институт  
ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА ДНА ЯПОНСКОГО МОРЯ  
(со снятым покровом рыбных четвертичных отложений)

ACADEMY OF SCIENCES OF THE USSR  
Pacific Oceanological Institute  
GEOLOGICAL MAP OF THE JAPAN SEA  
(EXCEPT FOR QUATERNARY SEDIMENTS)

Масштаб 1:5000 000  
Редактор И. И. Берсенева  
Карту составили: И. И. Берсенева, В. Л. Безверхний,  
Е. П. Леликов, И. К. Пушчин, В. Т. Сьедин  
1988

Editor I. I. BERSENEVA  
The Map is compiled by: I. I. BERSENEVA, V. L. BEZVERCHNIY,  
E. P. LELIKOV, I. K. PUSHCHIN, V. T. SYEDIN  
1988

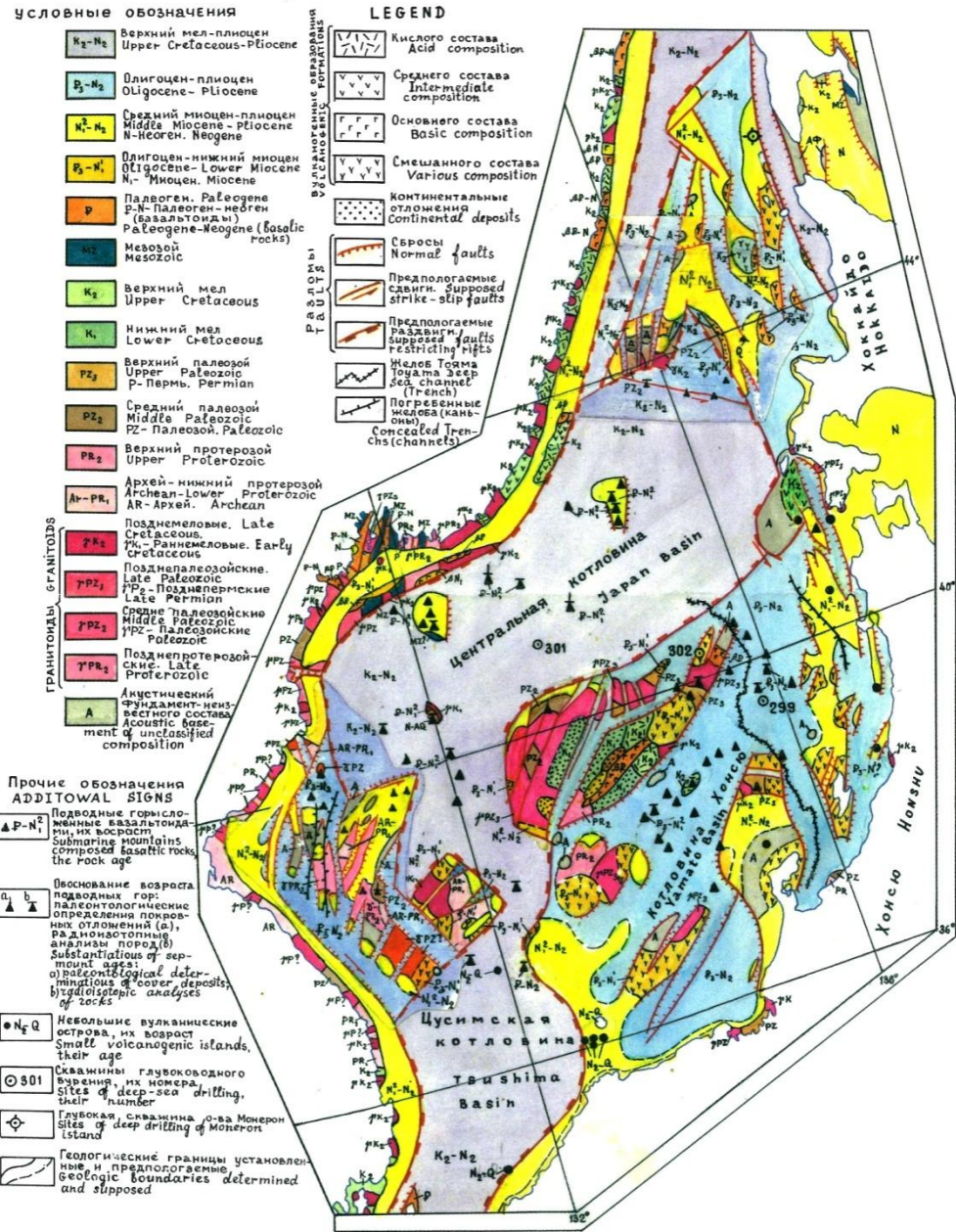


图 I.1-6 日本海海域の断層分布図⑥ (N. Isezaki et al. eds. (1996))  
国内の文献に示されていない断層が記載されている。

## b) 浅部地殻の地質構造

海域の断層モデル作成にあたっては、震源（波源）断層のパラメータ設定にかかわる断層の深部構造や地震発生層を含む浅部地殻の構造についての資料が必要である。この分野でも個々の研究資料は多数あるが、総括的な資料としては、大竹ほか(2002)があるほか、国機関のプロジェクトによる最新の成果がある。以下、関連する項目ごとに代表的な見解を整理する。

### i) 日本海東縁のテクトニクス調査・研究

日本海東縁部に初生的なプレート境界が存在するという説は1983年に中村一明（中村, 1983）と小林洋二（小林, 1983）によって提唱された。

この地域に日本海側からの沈み込みの可能性があるとされた根拠としては、秋田市沖地震(1969年)の余震分布が陸側に深くなっていることや、日本海東縁地帯で、逆断層型の大地震が発生していることが挙げられてきた。また、この地域の短縮変動は、北米プレートとユーラシアプレートのシベリア東部の回転極以南での収束の結果であり、日本海東縁変動帯が新生プレート境界であるとされた（瀬野, 1983 など）。

日本海東縁の新生プレート境界説（中村, 1983）の公表直後に、この説に対応する東傾斜の断層面で1983年日本海中部地震（ $M. 7$ ）が発生し、プレート境界説が信憑性のある学説として注目を浴びた。しかしながら、10年後の1993年北海道南西沖地震では、震源断層は西傾斜を示し、単純なプレート沈み込みモデルでは説明できないことが明らかとなった。

このような状況をふまえ、日本海東縁部のテクトニクスに関して、文部科学省による次のような調査・研究プロジェクトが実施されている。

- 『日本海東縁部における地震発生ポテンシャル評価に関する総合研究』（科学技術振興調整費）（平成6年～平成10年）
  - ・この調査の結果は、「日本海東縁の活断層と地震テクトニクス」（大竹・平・太田, 2002）にまとめられている。
- 『ひずみ集中帯の重点的調査観測・研究』（平成19年～平成24年）  
海域構造探査（JAMSTEC）

### ii) 現状における日本海東縁の地質構造の解釈

これらのプロジェクトの結果にもとづく、日本海東縁における地質構造についての解釈は、現状では次のようにまとめられる（図 I. 1-7～図 I. 1-10）。

- ・日本海東縁には海溝軸のような単純なプレート境界は存在せず、プレート相対運動は圧縮場の地質構造が集中する「ひずみ集中帯」によって担われているとの共通理解となっている。
- ・歪み集中帯の形状は、日本海拡大時のテクトニクスによって規定されている。
- ・活断層の分布は、日本海盆～大和海盆と大陸棚の境界付近ではあるが、大陸棚側へ広がりを持っており、ひずみ集中帯となっている。
- ・ひずみ集中帯には、多くの活断層や伏在活断層の活動によると考えられる非対称背斜構造が認められる（前出図 I. 1-5）。

- 日本海東縁部における既往地震は、海域活断層と一致するものも一致しないものもある。
- 日本海の海底が沈み込む場合は、東傾斜の境界断層が想定されるが、海域構造探査によると活断層の傾斜は東傾斜と西傾斜が混在する。
- これらの内、西傾斜の逆断層は、日本海拡大時に形成された西傾斜の正断層が、現在の東西圧縮場でインバージョンにより逆断層として活動していると考えられる。
- したがって、西傾斜の活断層は日本海拡大時に形成された正断層の位置は、沈み込み位置との関係は明確ではないと考えられる。
- 東傾斜の活断層の位置も、必ずしも日本海盆と大陸棚斜面の境界に沿ってはいない。
- 以上より、現在のところ、プレートの沈み込みは確認されていない。

### iii) 日本海の地殻構造

Tamaki (1988) に日本海の地殻構造が示されている (図 I. 1-11)。上記、文科省プロジェクト『ひずみ集中帯の重点的調査観測・研究』の成果として、日本海の地殻構造については、次のようにまとめられている。

- 日本海盆は、日本海拡大時に形成された海洋底地殻で、厚さは南縁部で約 9 km
- 大和海盆は、日本海拡大時に正断層等で引き伸ばされた大陸地殻で、厚さは約 18 km
- 東北地方沿岸の大陸棚では、地殻の厚さは約 21~24 km

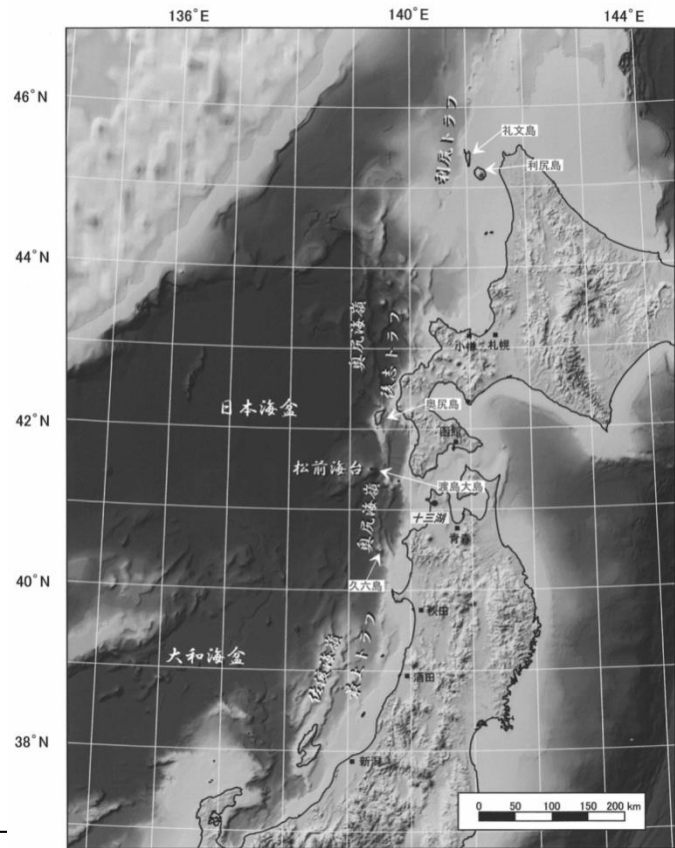


図 I. 1-

2003)

図4 日本海東縁部の海底地形図

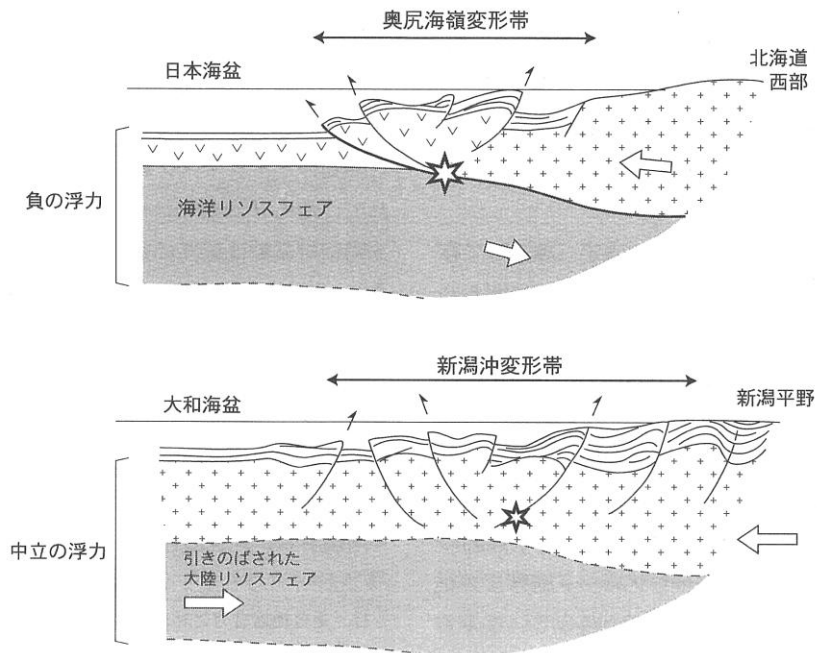
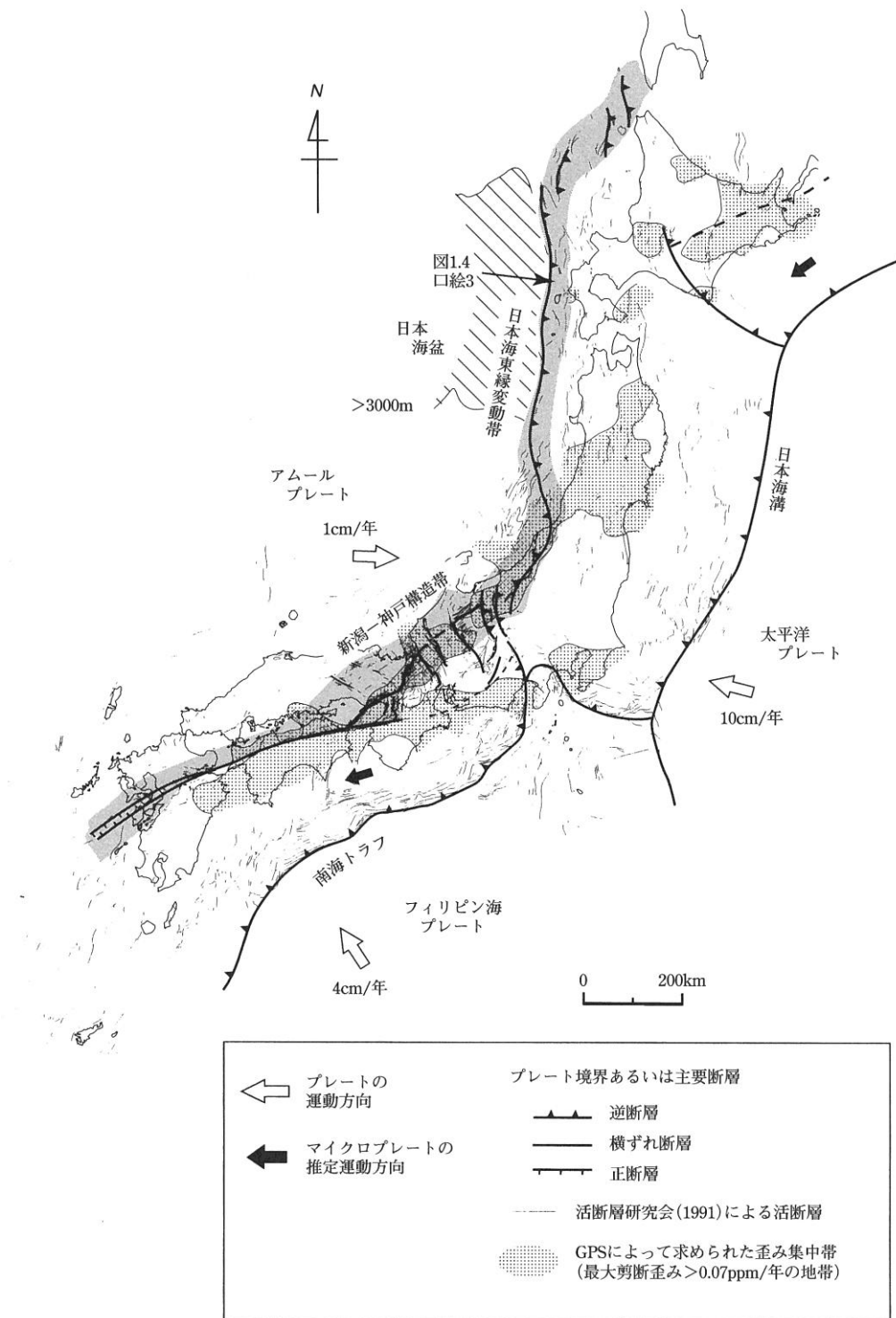


図 1.5 日本海東縁のテクトニクス様式の模式断面図  
 上が奥尻海嶺の例。下が新潟沖の例。

図 I. 1-9 日本海東縁地域の地殻模式断面図 (平, 2002)



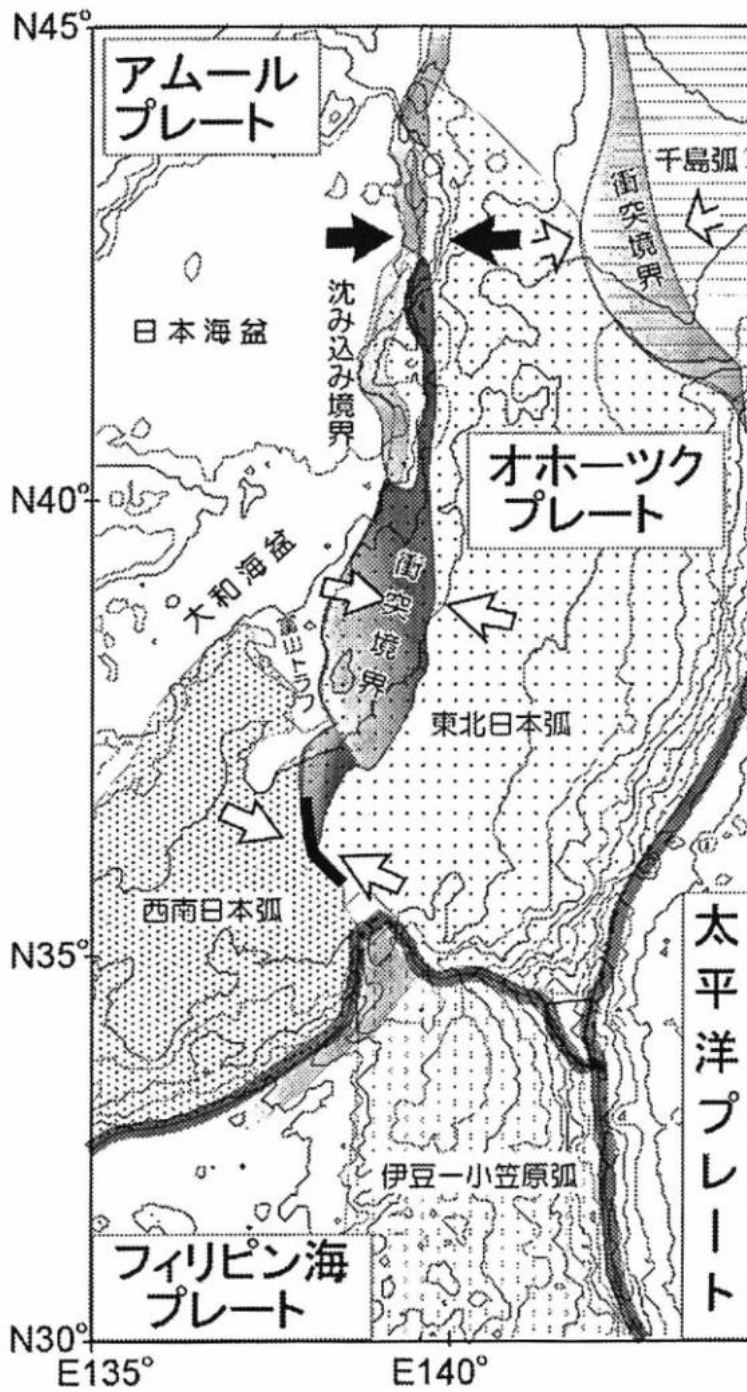


図 I.1-10 日本海東縁新生プレート境界の態様 瀬野(1995)を改変・加筆 (竹内, 2005)

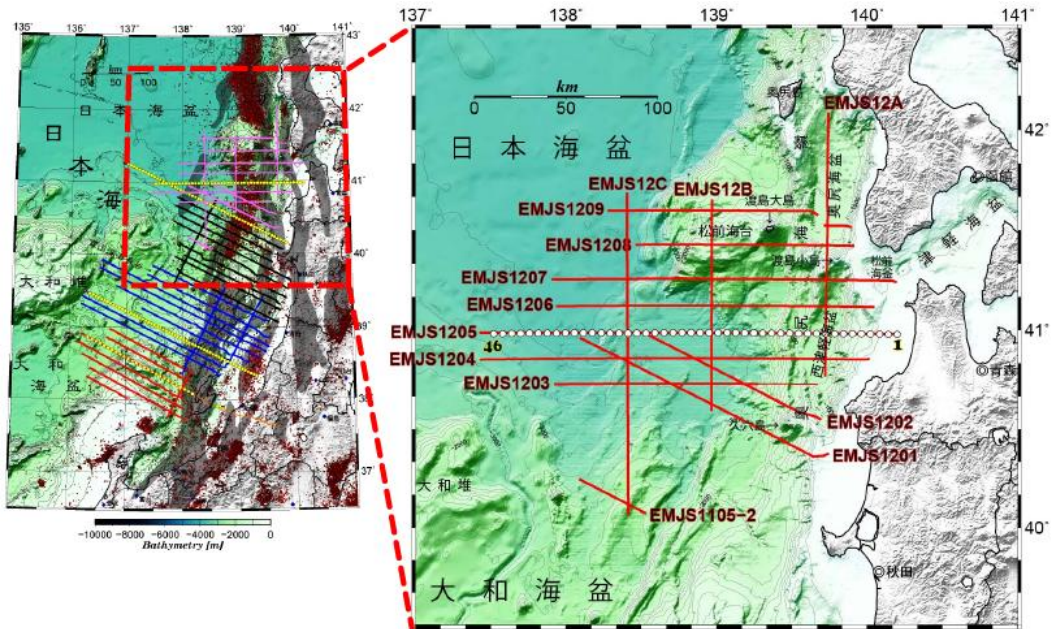


図1 [右図]本研究の調査海域図。実線がマルチチャンネル反射法地震探査測線、○印が海底地震計設置点。[左図] 気象庁一元化震源と地震年報<sup>22)</sup>による日本海東縁の震源分布図(●印、深さ:0~50 km、期間:1923~2011年、マグニチュード:  $M_j > 3$ )と日本海東縁ひずみ集中帯の分布<sup>23)</sup>(灰色)。

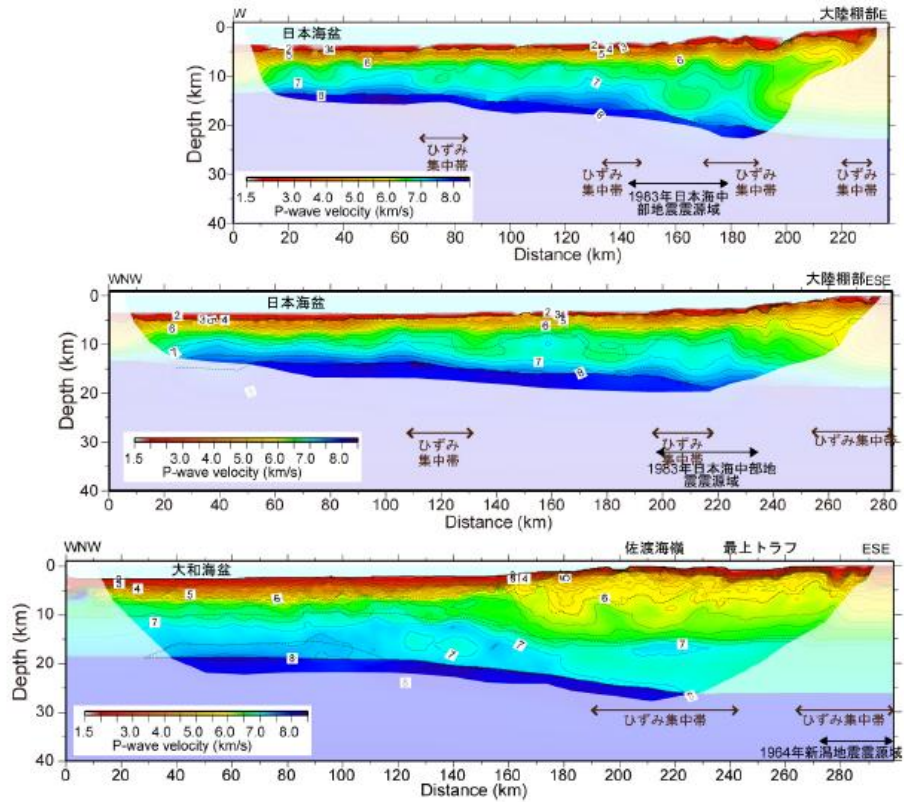


図12 日本海盆南縁部~青森県西方沖・西津軽海盆の暫定的なP波速度構造イメージ(上)、日本海盆南縁部~男鹿半島北方沖のP波速度構造イメージ(中)と粟島沖の大和海盆~粟島南方沖大陸棚部のP波速度構造イメージ(下)。

図 I.1-11 日本海東縁部の地殻構造探査の結果  
(上: 探査測線位置図、下: P波速度構造)  
(文部科学省・防災科学技術研究所, 2013)

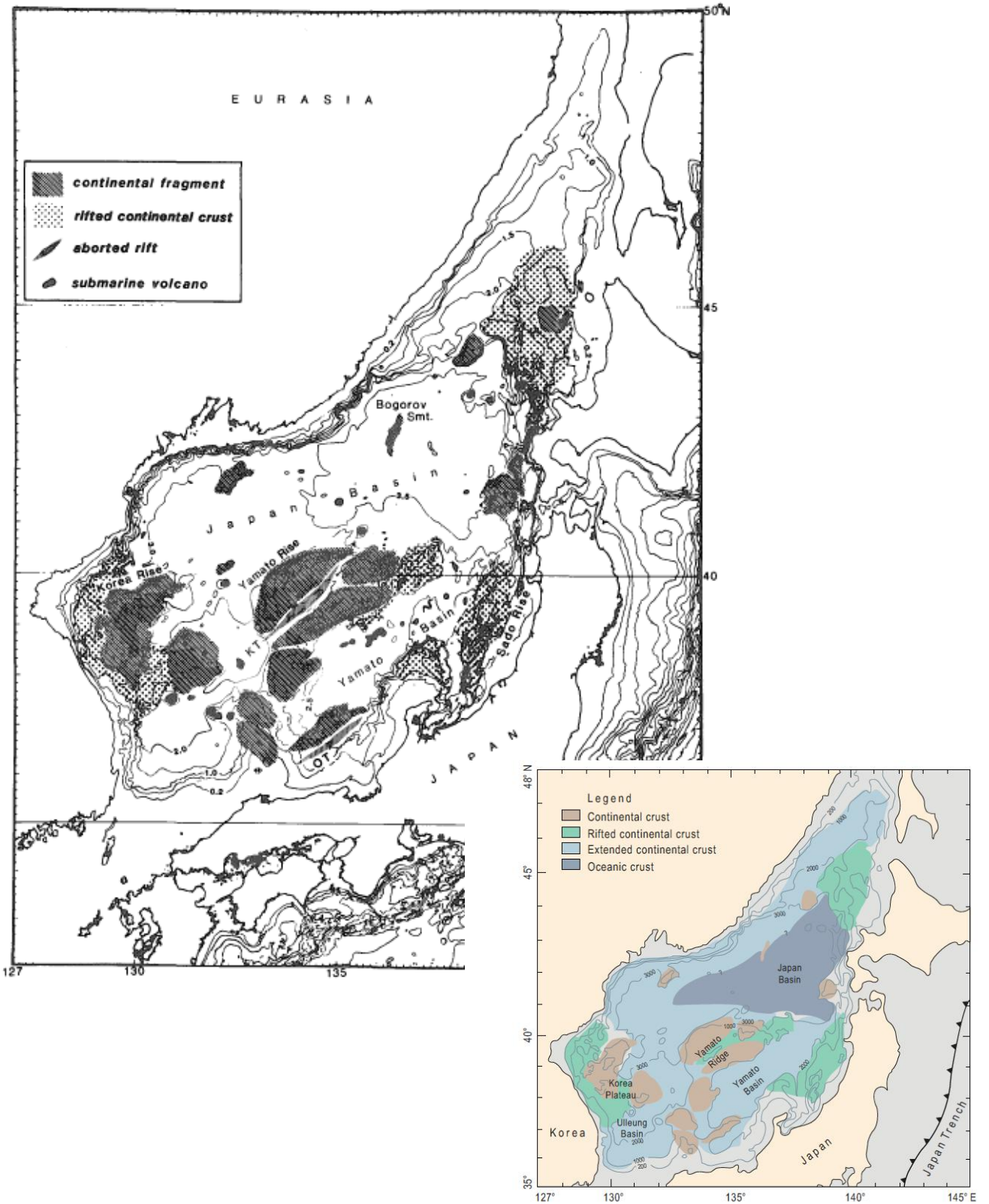


Figure 12.1 Crust types of the East Sea. Contours of water depth in meters. Source: Tamaki (1988).

図 I.1-11 日本海の地殻構造 (Tamaki, 1988)  
右下は、Chough(2013)によるリライト図



#### iv) 地震観測データ

日本海における地震発生状況を検討するにあたり、ISC (International Seismological Centre) カタログデータを用いて、周辺陸域を含むこの地域の震源分布等をまとめた。

このカタログにはISCが独自に震源を再計算したものと、各国および各機関で公表されているデータが含まれている。年代別データ数を表 I. 1-1 に、データ源別データ数を表 I. 1-2 に示す。全期間の全観測震データの震央分布を図 I. 1-12 に示す。

##### ・年代別の地震活動

近年になって日本海海域で発生した次の5つの地震でデータの年代を区分した震央分布を図 I. 1-13 に示す。

＜データを区分した年代と地震＞

- ・1940年～1982年
- ・1983年～1992年 : 1983年日本海中部地震
- ・1993年～2004年 : 1993年北海道西方沖地震
- ・2005年～2006年 : 2005年福岡県西方沖地震
- ・2007年～2013年 : 2007年新潟県中越沖地震

これらの主要な地震以後には余震域の地震活動が増加する傾向がみられ、日本海中部地震や北海道西方沖地震の余震活動は、その後数年間継続している。

##### ・データソース別の分布

データを各国機関別に区分した場合の震央分布を図 I. 1-13 に示す。

＜各機関のデータ＞

日本周辺の小～中地震：主に JMA、全域の中～大地震：主に ISC

韓国周辺の小規模地：KMA (Korea Meteorological Administration) による

古い年代のデータはほとんどがアメリカのネットワークによるデータである。

##### ・CMT 分布：

The Global CMT Project ([/www.globalcmt.org](http://www.globalcmt.org)) によるグローバルCMT解が得られた地震イベントの分布(合計1940イベント;1976年～2013年)を図 I. 1-14 に示す。日本の沿岸では浅い地震が多いが、ウラジオストーク周辺では深い地震のCMT解も得られている。

表 I. 1-1 年代別データ数

[データ数は計算エリア内 (図 I. 1-12) で発生したもののみ]

Years	No. of Events	
1940 - 1949	30	
1950 - 1959	58	
1960 - 1969	422	
1970 - 1979	490	1983年: 日本海中部地震 (M7.7)
1980 - 1989	2069	
1990 - 1999	13134	1993年: 北海道西方沖地震 (M7.8)
2000	2659	
2001	3491	
2002	4658	
2003	4521	
2004	4120	
2005	17451	福岡県西方沖地震 (M7.0)
2006	5942	
2007	13341	新潟県中越沖地震 (M6.8)
2008	6349	
2009	5136	
2010	5220	
2011	4156	
2012	3636	
2013	49	

表 I. 1-2 データソース別データ数 [データ数は計算エリア内で発生したもののみ]

Author	No. of Data	
JMA	84875	Japan Meteorological Agency
ISC	11319	International Seismology Centre
KMA	271	Korea Meteorological Agency
IDC	194	International Data Centre, CTBTO (Austria)
ISS	66	International Seismological Summary
NEIS	22	National Earthquake Information Service (USGS)
LAO	20	Large Aperture Seismic array (United States)
SKL	90	Sakhalin Complex Scientific Research Institute (Russia)
CGS	11	Coast and Geodetic Survey of the United States
MOS	12	Geophysical Survey of Russian Academy of Sciences
GUTE	9	Gutenberg and Richter Seismicity of the Earth
EIDC	8	Experimental (GSETT3) International Data Center
BCIS	7	Bureau Central International de Seismologie (France)
GFZ	7	Helmholtz Centre Potsdam GFZ German Research for geosciences
BJI	4	China Earthquake Networks Center
SNSN	3	Saudi National Seismic Network (Saudi Arabia)
USCGS	3	United States Coast and Geodetic Survey (NEIC)
AWI	2	Alfred Wegener Institute for polar and marine Recerch (German)
SYKES	2	Sykes Catalogue of Earthquakes 1950 onwards (Sykes L. R.)
DJA	1	Badan meteorologi Klimatologi dan Geofisika (Indonesia)
PDE	1	Prelimicary Determination of Epicentres

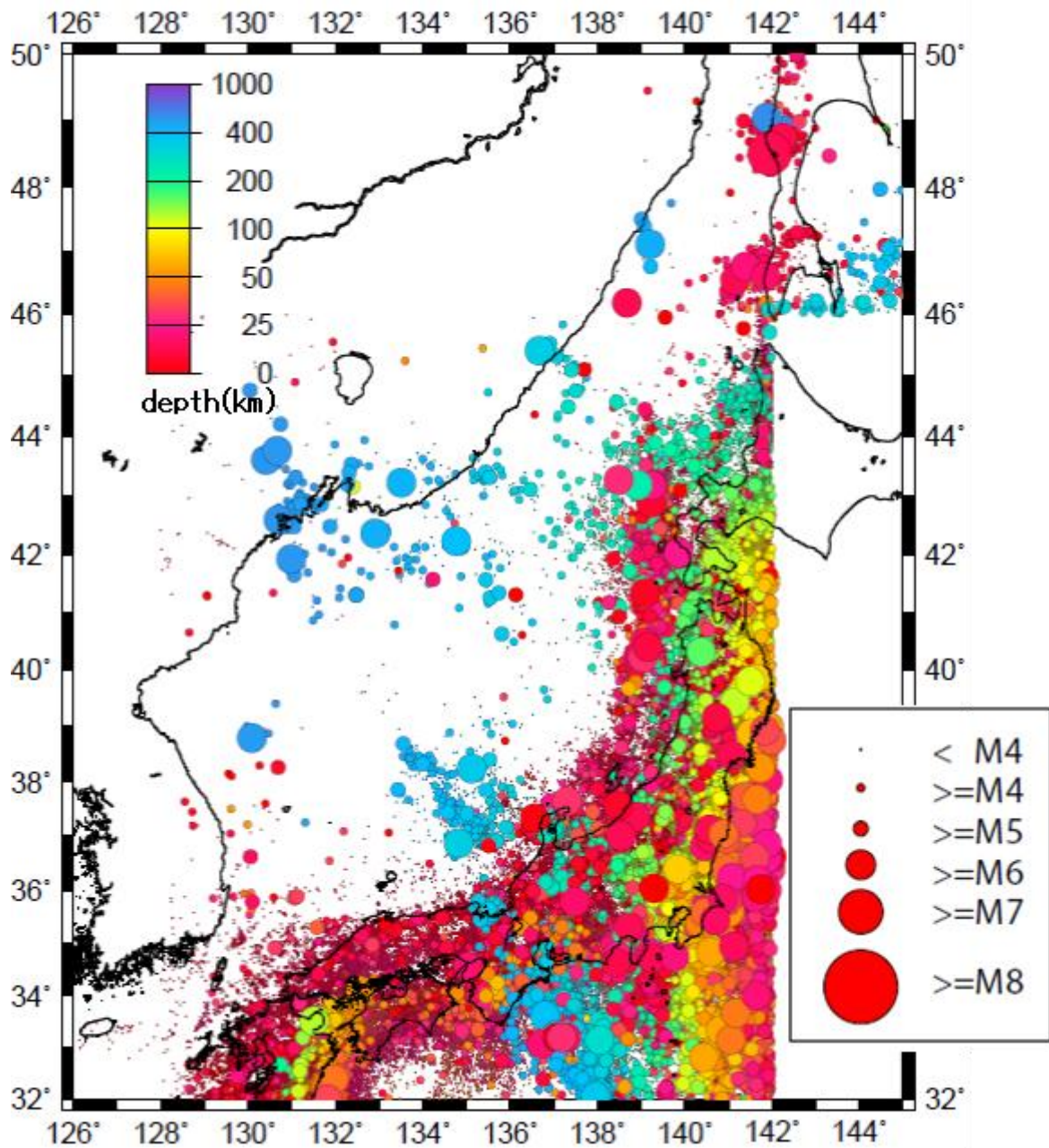


図 I. 1-12 日本海および周辺地域の震源分布（1940年～2013年、全期間の全観測データ）  
震源深さ別に色分け・地震規模は円の大きさで区分している。  
図示範囲は、北緯46°以南の東経126° -142°、北緯46°以北の東経126° -145°。  
以下の図 I. 1-13(1), (2)、図 I. 1-14(1), (2)も同様の震源の範囲を図示。

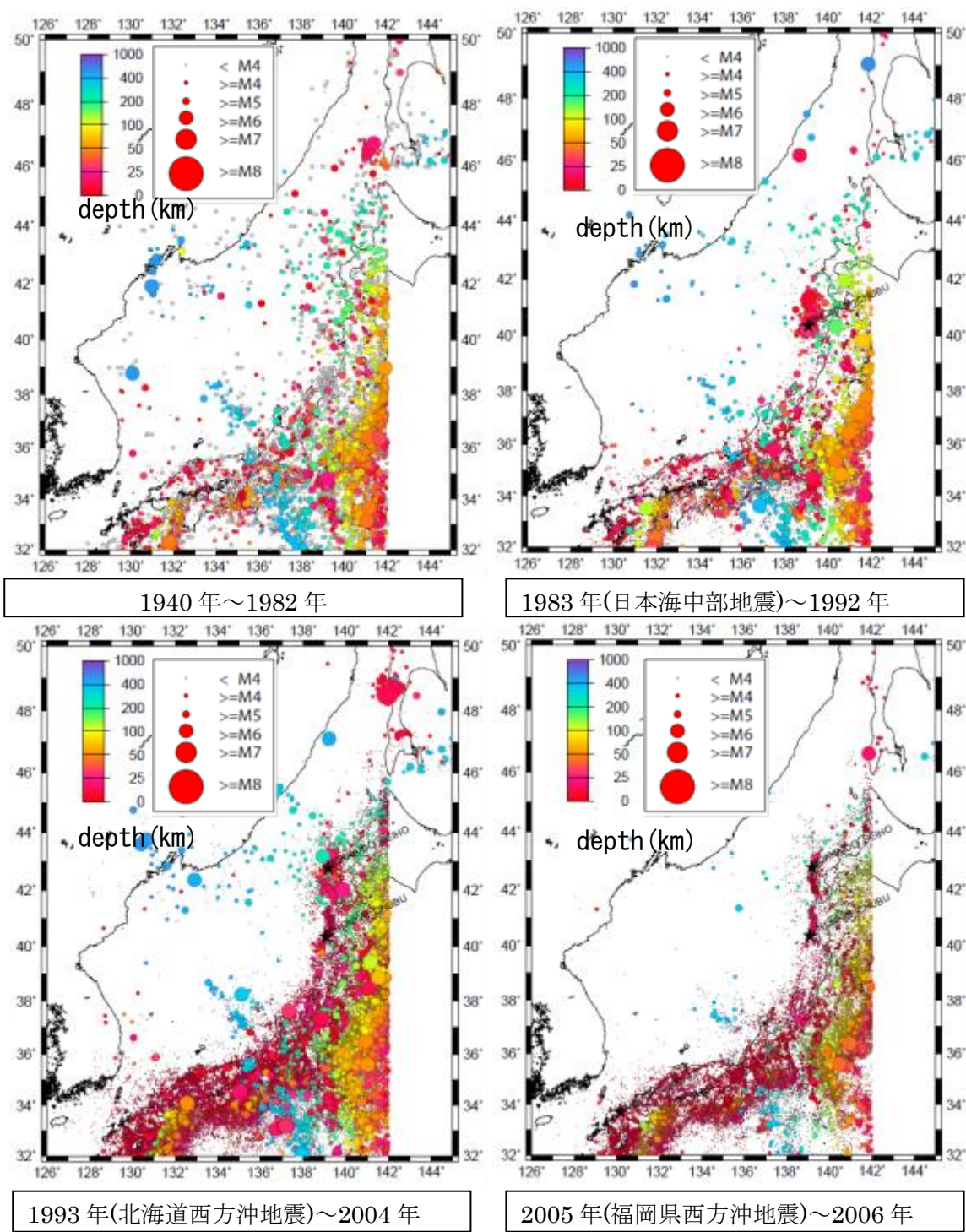
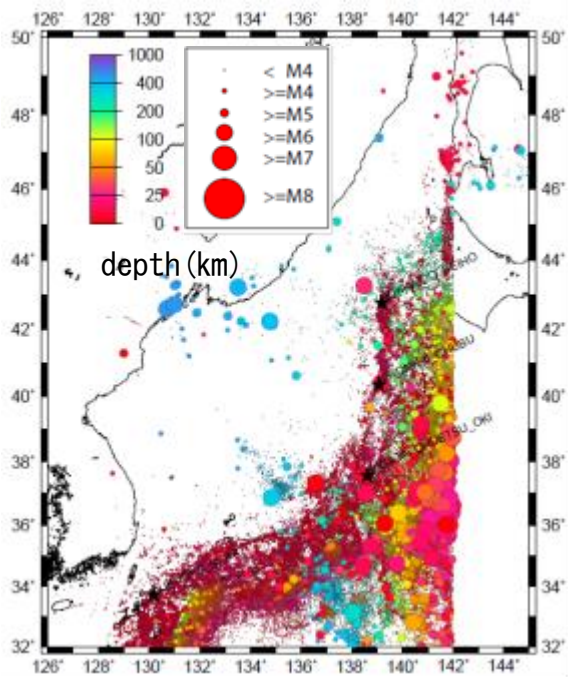
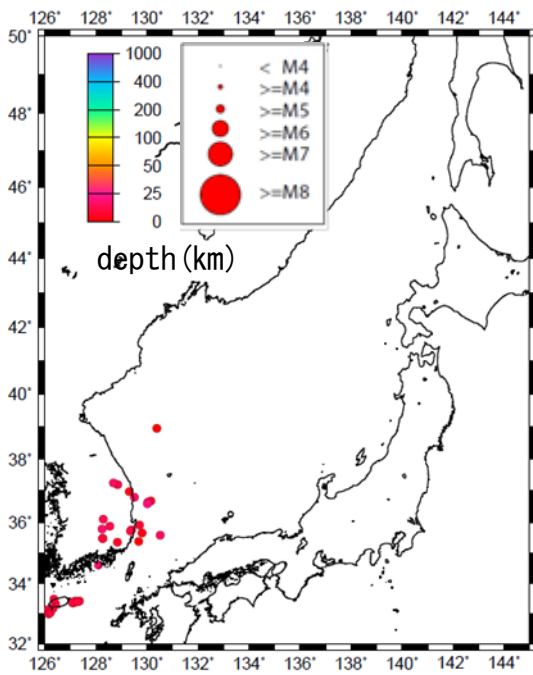
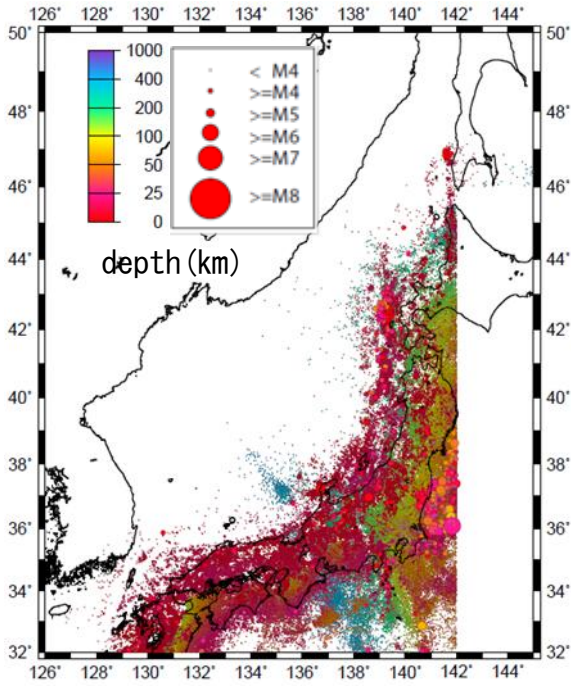


図 I.1-13(1) 年代別の震央分布

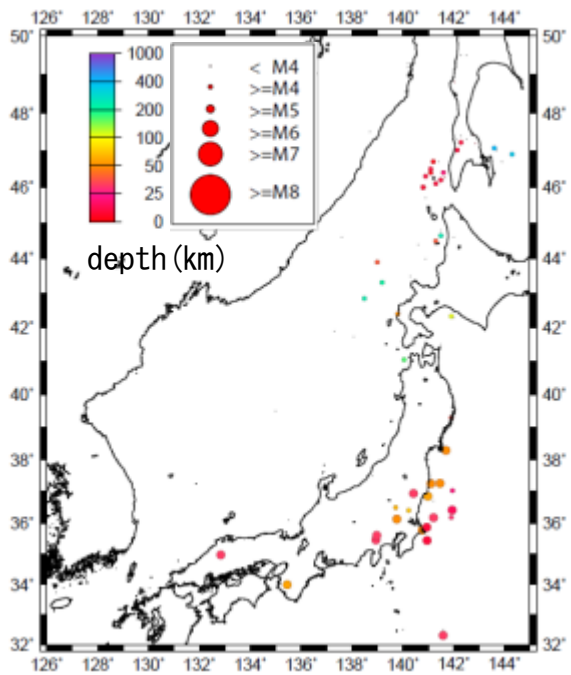


2007年（新潟県中越沖地震）～2013年

図 I. 1-13(2) 年代別の震央分布

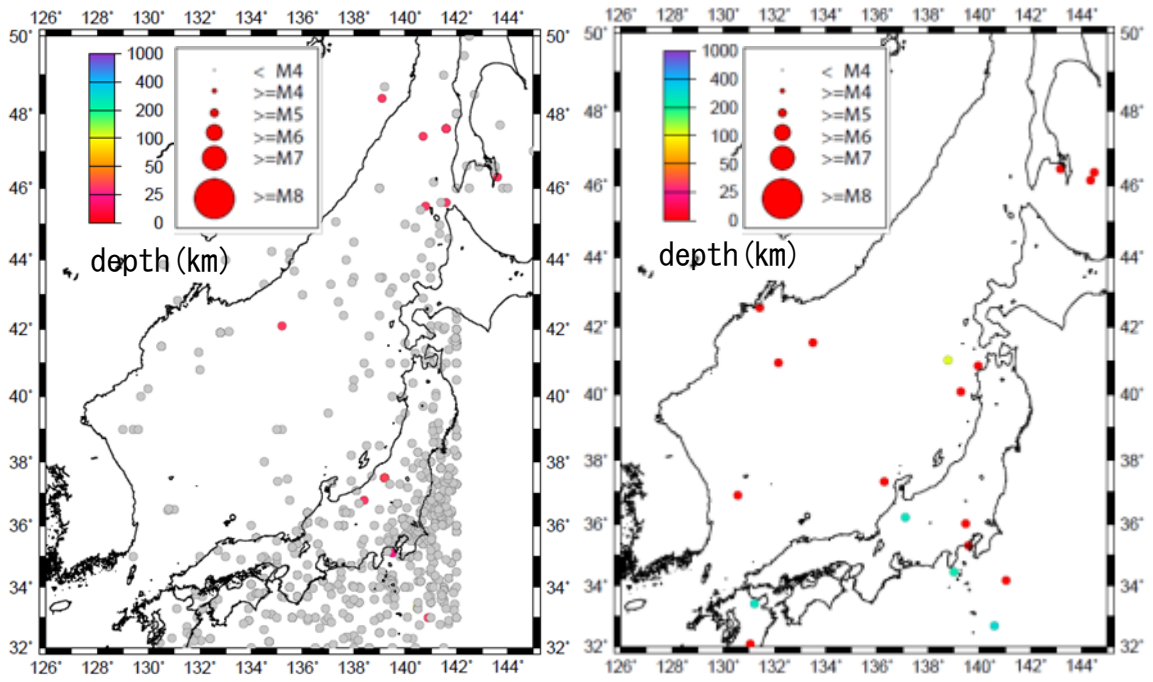


韓国 (KMA)  
 ※震源円の大きさはMによらず一定



ロシア (SKL, MOS)

図 I.1-14(1) 観測機関別の震央分布(1)



アメリカ (ISS, NEIS, LAO, CGS,  
USCGS, PDE)  
※震源円の大きさは M によらず一定

国連 (IDC, EIDC)  
※震源円の大きさは M によらず一定

図 I. 1-14(2) 観測機関別の震央分布(2)

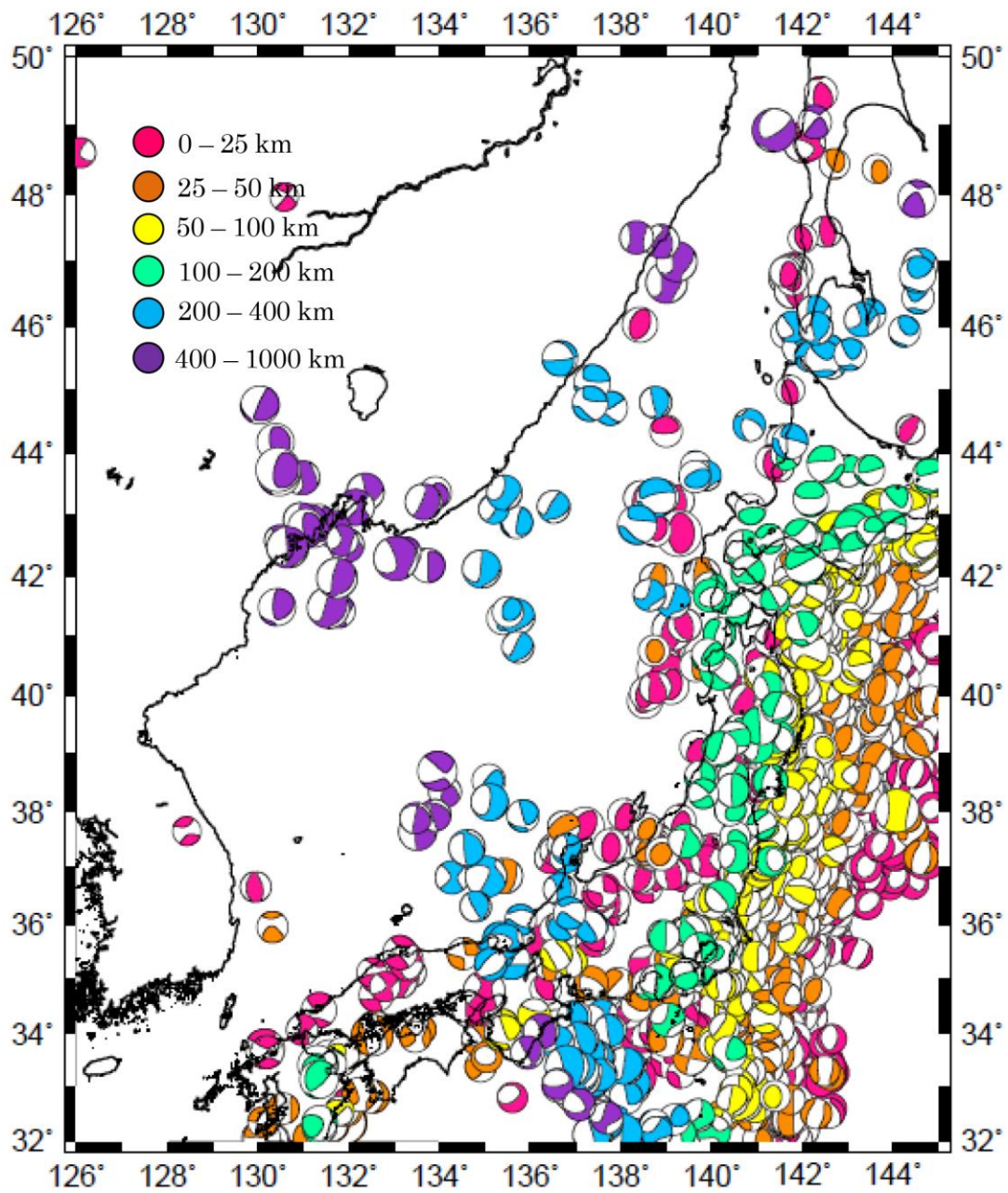


図 I. 1-15 グローバル CMT 解分布 (1976 年～2013 年；合計 1940 イベント)

日本海東縁領域では逆断層センスが、日本海西部では横ずれ断層センスがそれぞれ卓越している。



v) 既往断層モデル

ここには、日本海東縁の既往地震についての断層モデルのパラメータを示す。  
本節②においても震源(波源)モデルを整理している。

表 I. 1-3 日本海東縁の既往地震の断層モデルにおけるパラメータ

地域	地震名	文献	セグメント	長さ L (km)	幅 W (km)	面積 S (km <sup>2</sup> )	地震モーメント Mo (Nm)	すべり量 U (m)	応力降下量 Δσ (Mpa)
日本海東縁	1983日本海中部地震	Shimazaki & Mori(1983) Mori & Shimazaki(1983)	①			1,050	2.50E+20	6.00	17.89
			②			2,100	3.30E+20	3.90	8.35
			全体			3,150	5.80E+20		
		相田(1984)	①	40	30	1,200	3.60E+20	7.60	21.08
			②	60	30	1,800	2.20E+20	3.05	7.01
			全体			3,000	5.80E+20		
		石川ほか(1984)		120	30	3,600	7.50E+20		12.00
		多田(1984)	①	60	40	2,400	2.86E+20	3.50	5.91
			②	60	30	1,800	2.14E+20	3.50	6.83
			全体			4,200	5.00E+20		
		田中ほか(1984) 小菅ほか(1984)	①	30	35	1,050	1.90E+20	6.00	13.59
			②	60	40	2,400	2.90E+20	4.00	6.00
			①	60	40	2,400	4.20E+20	5.00	8.70
		Satake(1985)	②	60	40	2,400	3.36E+20	4.00	6.96
			全体			4,800	7.60E+20		
			Kanamori & Astiz(1985)		150	40	6,000	5.90E+20	2.00
		Sato(1985)	①	35	35	1,225	3.00E+20	6.80	17.03
			②	35	35	1,225	2.00E+20	4.60	11.36
			③	35	35	1,225	3.00E+20	6.80	17.03
		小菅ほか(1986)	①	40	40	1,600	2.24E+20	4.00	8.52
	②		30	40	1,200	2.10E+20	5.00	12.30	
	③		30	40	1,200	2.10E+20	5.00	12.30	
	全体				4,000	6.50E+20			
	Fukuyama & Irikura(1986)	①	30	30	900	1.52E+20		13.67	
		②	60	30	1,800	3.03E+20		9.67	
		全体			2,700	4.55E+20			
	1993北海道南西沖地震	Tanioka et al.(1995)	A	27	40	1,080	8.5E+19	2.26	5.83
			B	25	30	750	1.4E+19	0.52	1.66
C			25	30	750	1.6E+20	6.07	18.84	
D			27	30	810	8.8E+19	3.10	9.29	
E			35	30	1,050	1.4E+20	3.79	9.94	
全体					4,440	4.85E+20			
Mendoza & Fukuyama(1996)						13,300	3.4E+20	4.00	0.72
1940積丹半島沖地震		Fukao & Furumoto(1975)		170	50	8,500	4.20E+20	1.10	1.70
Satake(1986)			100	35	3,500	2.40E+20	1.50	3.30	
1964男鹿半島沖地震	Fukao & Furumoto(1975)		50	20	1,000	4.30E+19	1.20	3.60	
千島海溝	2003十勝沖	Yamanaka & Kikuchi(2003)				8,800	1.00E+21	6.00	2.95
		Honda et al.(2004)				22,400	2.90E+21	3.90	2.11
		Koketsu et al.(2004)				12,000	2.20E+21		
		Tanioka et al.(2004)				9,600	1.00E+21	7.60	2.59
		Yagi(2004)				22,100	1.70E+21	3.05	1.26
		Nagai et al.(2001)				31,200	3.50E+21	4.00	0.11
	1968十勝沖	Nagai et al.(2001)				9,000	3.10E+20	3.50	0.88
日本海溝	1994三陸はるか沖	Tanioka et al.(1996)				17,000	4.00E+20	3.50	0.44
		Nakayama & Takeo(1997)				15,400	4.40E+20		
		Nagai et al.(2001)				9,100	7.60E+20		2.80
相模トラフ	1923関東	Wald & Somerville(1995)				9,100	1.10E+21		2.13
		Kobayashi & Koketsu(2005)				59,400	3.90E+21		
南海トラフ	1946南海	Satake(1993)				54,000	4.00E+21	2.00	0.76
		Kato & Ando(1997)				52,650	5.30E+21	6.80	0.81
		Tanioka & Satake(2001)				52,650	4.90E+21	4.60	1.07
		Baba et al.(2002)				48,600	2.00E+21	6.80	1.11
	1944東南海	Satake(1993)				43,200	2.80E+21	4.00	0.54
		Kato & Ando(1997)				42,525	2.00E+21	5.00	0.78
		Tanioka & Satake(2001)				30,800	2.40E+21	5.00	0.90
		Ichinose et al.(2003)				11,200	1.00E+21		
		Kikuchi et al.(2003)				1,032	2.30E+19		
	1996/10日向灘	Yagi et al.(1999)				853	1.50E+19		12.00
	1996/12日向灘	Yagi et al.(1999)				4,536	2.50E+20	5.00	2.39
1968日向灘	Yagi et al.(1998)								

※日本海東縁は主として佐藤(1989)によった。日本海東縁以外は Murotani et al. (2008)によった

※応力降下量の値が示されていない場合は、【 $\Delta\sigma = Mo/16*7*\pi^{3/2}/S^{3/2}$ 】により算出

※複数のセグメントに区分されている場合は、全体の面積と地震モーメントを算出。セグメントの番号は便宜的に区分したもの。

## ② 妥当性チェックのための地震津波事例の選定

日本海海域における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(ロシア連邦沿海地方沿岸及び朝鮮半島東岸を含む)の波源にかかわる想定断層モデルについて、文献、国や自治体の被害想定報告、原子力施設の安全審査等を含む資料を収集し、整理した。地震および津波の事例をそれぞれ地震編・津波編としてそれぞれまとめた。

### 【津波編】

地震津波の事例と規模を整理するため、日本海で発生した主な地震津波について取り扱った文献を収集し、表 I. 2-1 にまとめた。収集した文献のうち表 I. 2-1(c)、(d)は、表 I. 2-1(a)、(b)の資料に取りまとめられていた資料、もしくは、地震断層に関連する資料である。収集した文献を用いて、684年から1996年までの間に日本海で発生した津波の諸元を表 I. 2-2 に整理した。

表 I.2-1 (a) 日本海で発生した地震・津波に係る参考文献：原著論文・著書・総説・報告書

文献番号	地震名/地域	著者	タイトル	出版元・発行所	出版日	キーワード
1	-	渡辺偉夫	日本被害津波総覧第2版	財団法人東京大学出版会	1998年2月	既往地震・津波、地盤変動(海底)、痕跡高、津波伝播図
2	北海道南西沖地震	土木学会耐震工学委員会 編	1993年北海道南西沖地震震害調査報告：震害調査シリーズ3	社団法人土木学会	1997年2月	既往津波、打ち上げ高、津波高、被害、地盤構造、地盤の被害
3	北海道南西沖地震	-	平成5年北海道南西沖地震に関する緊急研究成果報告書	科学技術庁研究開発局	1994年7月	地盤変動、断層モデル、潮汐記録、遡上高、津波高、津波伝播図、ソリトン波
4	北海道南西沖地震	高山知司 他	港湾技研資料 1993年北海道南西沖地震津波の特性と被害	運輸省港湾技術研究所	1994年6月	断層モデル、遡上高、検潮記録、津波到達時刻、津波高
5	北海道南西沖地震	石山裕二	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	自然災害総合研究班	1994年3月	被害、打ち上げ高、浸水高、津波伝播図、津波到達時間
6	日本海中部地震	土木学会日本海中部地震震害調査委員会 編	1983年日本海中部地震震害調査報告書	社団法人土木学会	1986年10月	既往地震・津波、余震、破壊過程、地震モーメント、断層モデル、津波伝播図、津波高
7	日本海中部地震	秋田県総合地震対策研究会 編	昭和58年(1983年)日本海中部地震の記録：被災要因と実例	秋田県	1984年12月	地盤変動分布、既往地震、断層モデル、津波到達時間、津波伝播図、痕跡
8	日本海中部地震	乗富一雄	1983年日本海中部地震による災害の総合的調査研究	自然災害科学総合研究班	1984年3月	波源モデル、津波高、津波伝播図、痕跡
9	日本海中部地震	青森県土木部河川課 編	1983・5・26日本海中部地震の記録：公共土木施設等被災写真集	青森県土木部河川課	1983年12月	津波高、遡上高、潮位観測
10	-	羽鳥徳太郎、片山通子	日本海沿岸における歴史津波の挙動とその波源域：地震研究所彙報 Vol52 pp49-70	地震研究所、東海大学海洋学部	1977年4月	既往津波、津波高、津波伝播図
11	新潟地震	気象庁 編	昭和39年6月16日新潟地震調査報告：気象庁技術報告第43号	気象庁	1965年5月	既往地震・津波、津波伝播、検潮記録
12	新潟地震	運輸省港湾局第一港湾建設局港湾技術研究所 編	新潟地震津波調査報告	運輸省港湾技術研究所	1964年8月	津波高、津波伝播図、検潮記録、痕跡高、浸水範囲
13	若狭湾岸	羽鳥徳太郎	歴史津波からみた若狭湾岸の津波の挙動	歴史地震, No. 25, pp75-80	2010	若狭湾、既往津波、津波高、伝播図、検潮記録、活断層

表 I.2-1 (b) 日本海で発生した地震・津波に係る参考文献：Web サイト

文献番号	地震名/地域	公開元	タイトル	URL	公開日	キーワード
14	-	東北大学工学研究科、原子力安全基盤機構	津波痕跡データベース	<a href="http://tsunami3.civil.tohoku.ac.jp">http://tsunami3.civil.tohoku.ac.jp</a>	2010年	既往津波、痕跡高 (CSV データ)

表 I. 2-1 (c) 日本海で発生した地震・津波に係る参考文献：著書・総説・報告書

文献番号	地震名/地域	著者	タイトル	出版元・発行所	出版日	キーワード
15	北海道	北海道総務部機器対策局防災消防課	津波シミュレーション及び被害想定調査業務（北海道日本海沿岸）報告書	北海道総務部機器対策局防災消防課	2010年3月	津波シミュレーション、地形モデル、津波浸水予測図、被害想定調査
16	北海道	北海道電力株式会社	泊発電所平成23年度東北地方太平洋沖地震の知見等を踏まえた原子力施設への地震動及び津波の影響に関する安全性評価 地質調査結果報告書	北海道電力株式会社	2013年1月	岩内堆南方、黒松内低地帯、断層、地質調査（海域・陸域）、地質構造（海域・陸域）
17	北海道	北海道電力株式会社	平成23年東北地方太平洋沖地震の知見等を踏まえた原子力施設への地震動及び津波の影響に関する安全性評価の実施状況について	北海道電力株式会社		断層分布（海域）
18	北海道	北海道電力株式会社	泊発電所の基準津波について	北海道電力株式会社		泊発電所、歴史津波、文献調査、基準津波、津波シミュレーション、断層（海域）、地震以外の津波（山体崩壊、地すべり、斜面崩壊）
19	青森県	青森県県土整備部河川砂防課	陸奥湾・津軽沿岸 津波浸水想定業務委託 報告書	青森県県土整備部河川砂防課	2013年3月	
20	秋田県	秋田県総務部総合防災課	秋田県地震被害想定調査報告書	秋田県総務部総合防災課	2013年8月	
21	山形県	山形県生活環境部危機管理・くらし安心局危機管理課	山形県津波浸水域予測図等作成業務 報告書	山形県生活環境部危機管理・くらし安心局危機管理課	2012年2月	
22	新潟県	新潟県防災局	新潟県津波浸水想定調査業務 報告書	新潟県防災局	2012年6月	
23	富山県	富山県知事政策局 防災・危機管理課	富山県津波調査研究業務 報告書（概要版）	富山県知事政策局 防災・危機管理課	2012年3月	
24	石川県	石川県	石川県津波浸水想定調査 報告書	石川県	2012年3月	
25	福井県	福井県	福井県津波浸水想定調査 報告書	福井県	2012年3月	
26	鳥取県	鳥取県防災局	鳥取県地震防災調査研究報告書	鳥取県防災局		
27	島根県	島根県	島根県地震被害想定調査 報告書	島根県	2012年6月	
28	島根県	日本保全学会津波対策評価ガイドライン	中国電力（株）島根原子力発電所の津波対策とその評価および耐震評価	日本保全学会津波対策評価ガイドライン		根原子力発電所、地震動、海域活断層、宍道断層、880年出雲地震、津波対策
29	島根県	原子力安全・保安院	島根原子力発電所3号炉 津波の検討	原子力安全・保安院		既往津波、既往津波高、津波シミュレーション、計算水位時系列、海底活断層、大田沖断層、鳥取沖東部断層、波源モデル
30	山口県	山口県	第4回山口県地震・津波防災対策検討委員会	山口県	2013年1月	
31	福岡県	福岡県	津波に関する防災アセスメント 報告書	福岡県	2012年3月	
32	長崎県	長崎県地域防災計画見直し	海溝型地震津波想定に関する報告	長崎県地域防災計画見	2012年3月	

		検討委員会		直し検討委員会		
33	日本海東縁	大竹政和 他	日本海東縁の活断層と地震テクトニクス	東京大学出版会	2002	
34	北海道南西沖	高田至郎、西浦克敏、上野淳一、片桐信	北海道南西沖地震調査報告書(1993年7月12日)～本道各市町の被害と復旧～	神戸大学、神戸大学、(株)鴻池組、(株)コボタ	1993年8月	被害(地域別)、復旧
35	日本海中部	秋田県生活環境部消防防災課 編	日本海中部地震の記録：被害概況と応急対策	秋田県	1984年3月	津波伝播図、痕跡高、浸水海岸、(記述少ない、他の資料と内容が重複する)
36	新潟地震	新潟市	新潟地震誌	新潟市	1966年11月	痕跡高、浸水範囲(「新潟地震津波調査報告」と重複)
37	新潟地震	土木学会 編	昭和39年新潟地震震害調査報告書	社団法人土木学会	1966年5月	地盤変動(海底、地上)
38	新潟地震	佐藤光之助	地質調査所特別報告 第3号 新潟地震調査研究報告	工業技術院地質調査所	1966年3月	地質、平野部の変動、地下水
39	新潟地震	港湾局 編	新潟地震港湾被害報告第2部	運輸省港湾局港湾技術研究所第一港湾建設局	1965年3月	土質、復旧、余震観測、震害
40	新潟地震	斎藤正夫	新潟地震、火災に関する研究 非常火災対策の調査研究報告書	消防庁	1964年度	津波到達時間(記述少ない)、震害
41	-	-	新潟県沿岸における津波堆積物調査の評価結果について ( <a href="http://www.tepco.co.jp/nu/kk-np/press_kk/2012/pdf/24042601p.pdf">http://www.tepco.co.jp/nu/kk-np/press_kk/2012/pdf/24042601p.pdf</a> )	東京電力株式会社	2012年4月	津波堆積物、痕跡調査

表 I.2-1 (d) 日本海で発生した地震・津波に係る参考文献：原著論文・学会発表

文献番号	地震名/地域	著者	タイトル	出版元・発行所	出版日	キーワード
42	山形庄内沖地震(1833)	酒井哲弥	山陰に押し寄せた津波の痕跡を探る：2012年度津波堆積物検出調査の結果報告	島根大学総合理工学研究科		津波堆積物、痕跡調査
43	天正地震、寛文地震	-	若狭湾沿岸における天正地震による津波について	原子力安全・保安院	2012年6月	津波堆積物、津波シミュレーション
44	-		津波堆積物調査			津波堆積物、秋田県沿岸、過去の津波
45	-	卜部厚志	新潟県佐渡市加茂湖および村上市旧岩船潟における津波堆積物	JPGU Abstract	2013	津波堆積物、日本海、新潟、加茂湖、岩船湯
46	-	仁科健二 他	日本海東縁、北海道南西沖、奥尻島の沖積低地で認められた複数の津波堆積物	JPGU Abstract	2013	津波堆積物、日本海東縁、沿岸低地、対比

表 I.2-2 歴史地震津波の整理結果

番号	発生西暦	日本暦	震央			規模[※2]			波源域	備考	最大津波高 (m) [※1]	文献番号
	年 月 日	年	東経(度)	北緯(度)	深さ(km)	M	Mt	M				
1	701 5 12	大宝 1	135.4	35.6		7.0		(2)	若狭湾			2, 10
2	850 11 27	嘉祥 3	139.9	39.0		7.0		(2)	山形県沖	出羽地震		2, 7, 10
3	887 8 2	仁和 3	138.1	37.5		7.5		(2)	新潟県南部沖			2, 10
4	1026 6 16	万寿 3				7.6		(3)	島根県益田沖			2
5	1092 11 13	寛治 6						2? 羽	新潟県沖			2
6	1341 10 31	興国 2						3? 羽	北海道南西沖(渡島沖)	津軽十三湖の津波	9 (岩木川流域)	2
7	1614 11 26	慶長 19	138.0	37.5		7.7		(2)	新潟県南部沖			2, 10
8	1644 9 18	寛永 21	140.1	39.4		6.9		1 羽	秋田県本荘	天保羽後本荘地震		2
9	1694	元禄 7				7.0				出羽・津軽地震		7
10	1662 6 16	寛文 2							近畿地方北部(琵琶湖西岸付近)	寛文近江・若狭地震、寛文京都地震 (津波の可能性に留意)		13
11	1704	宝永 1				6.9				出羽・津軽地震		7
12	1741 10 13	寛保 1				7.5?		3	北海道西方沖			10
13	1762 10 31	宝暦 12	138.7	38.1		7		(1)	新潟県沖			1, 10
14	1792 6 13	寛政 4	140	43.75		7.1		2	北海道西方沖(積丹半島沖)		3 (積丹町)	1
15	1793 2 8	寛政 4	139.95	40.85		7.0MJ		1.0 羽	青森県西方沖	西津軽地震	3 (鯨ヶ沢)	14
16	1799 6 29	寛政 11	136.6	36.6		7.2		1 羽	石川近海	加賀地震	4 (金沢市)	2, 10
17	1804 7 10	文化 1	139.95	39.05		7.0MJ	7.7	1.5 羽	秋田・山形県境沿岸	象潟地震	5 (象潟)	14
18	1810 9 25	文化 7	139.9	39.9		7.0		(-1)	男鹿半島沿岸	(津波の記事はみあたらない)		10
19	1833 12 7	天保 4	139.25	38.9		7.5MJ	8.1	2.5 羽	山形県沖	鼠ヶ関西方沖地震	8 (湯野浜-府屋)	14
20	1834 2 9	天保 5	141.4	43.3		6.4		1 羽	石狩湾	(津波の記事もあるがおそらく誤りだろう)		2
21	1872 3 14	明治 5	132.1	35.15		7.4		(0)	島根沖	浜田地震 (津波被害無し)		10
22	1892 12 9	明治 25	136.7	37.1		7.0		(0)	石川県西岸	(小さい津波を目撃)		10

23	1894 10 22	明治 27	139.8	38.9		7.3		-1 羽	山形県			2
24	1898 4 3	明治 31				6.8		-1	山口県見島			2
25	1925 5 23	大正 14				7.0		-1 羽	兵庫県北部			2
26	1927 3 7	昭和 2	135.1	35.6		7.5		(0)	丹後			10
27	1939 5 1	昭和 14	139.52	40.13	0	7.0	6.8	(-1)	男鹿半島沖	男鹿地震		10, 1
28	1940 8 2	昭和 15	139.47	44.25	10	7.5	7.7	2 羽	北海道西方沖	積丹半島沖地震、神威岬津波	2.9 (利尻島南西部)、3.5 (ロシア沿岸州テチェック)	14, 1
29	1947 11 4	昭和 22	141.02	43.82	0	7.1		(1)	北海道西方沖		2 (利尻島杵形)	10
30	1964 5 7	昭和 39	139.00	40.33	0	6.9	7.1	(-1)	秋田県沖	(津波被害無し)		1, 10
31	1964 6 16	昭和 39	139.18	38.35	40	7.6Mw	7.9	2 羽	新潟県沖	新潟地震	5 (新潟県桑川)	14
32	1964 12 11	昭和 39	138.93	40.38	40	6.3	6.5	-1	秋田県沖	秋田県沖地震		1
33	1971 9 6	昭和 46	141.38	46.67	0	6.9	7.5	0	樺太南西沖		2 (モネロン島セブミノ)	1
34	1983 5 26	昭和 58	139.08	40.35	14	7.9Mw	8.1	3 羽	秋田・青森県沖	日本海中部地震 (大陸と日本列島の間における津波の反射)	10 (秋田県)、5 (韓国ウルルン島)	14
35	1983 6 21	昭和 58	139.00	41.25	6	7.1	7.1	0	青森県西方沖	日本海中部地震の余震		1
36	1993 2 7	平成 5	137.30	37.65	25	6.6Mw	6.7	-0.5 羽	能登半島沖			14
37	1993 7 12	平成 5	139.18	42.78	35	7.7Mw	8.1	3.0 羽	北海道南西沖	北海道南西沖地震	25 (奥尻島)、2 (韓国)	14
38	1993 8 8	平成 5	139.88	41.95	24	6.3	6.6	-1	北海道南西沖	北海道南西沖地震の余震		1

※1：最大津波高は 1m 以上かつ文献に記載されている最も大きな値を載せた。

※2：M はマグニチュード (MJ は気象庁、Mw はモーメント)、Mt は阿部の津波マグニチュード、m は津波規模階級 (羽は羽鳥、() は今村・飯田) である。

また、日本海海域で発生した主な津波の推定波源分布を図 I.2-1 に示す。本報告では、「特徴的・地域代表する津波」を抽出するにあたり、最大津波高が1m以上の地震津波を表 I.2-2 から12事例（番号6、14、15、16、17、19、28、29、31、33、34、37）挙げ、その震央位置を赤点で示した（図 I.2-2 参照）。

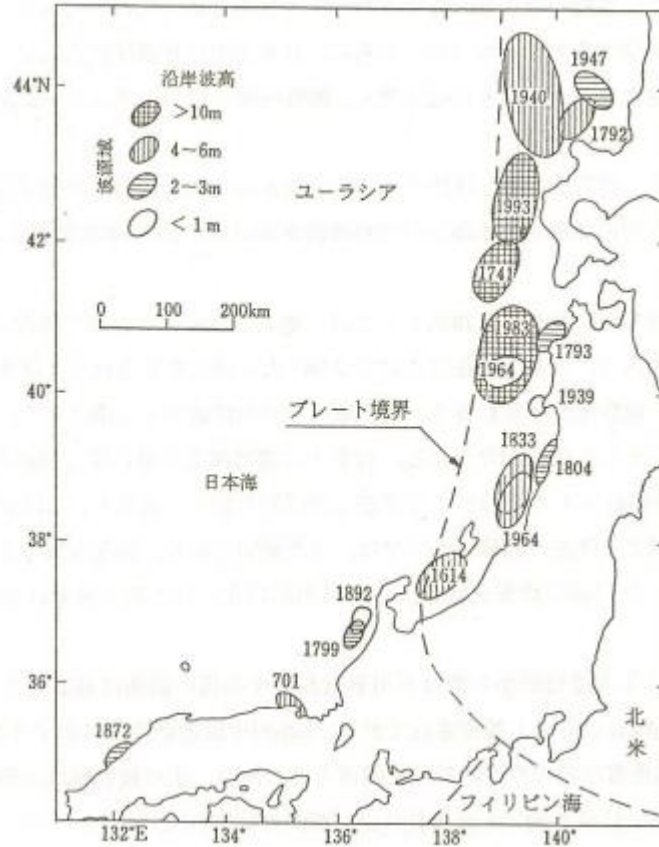


図 I.2-1 日本海で発生した津波の推定波源分布  
 (1993年北海道南西沖地震震害調査報告：震害調査シリーズ3より抜粋)



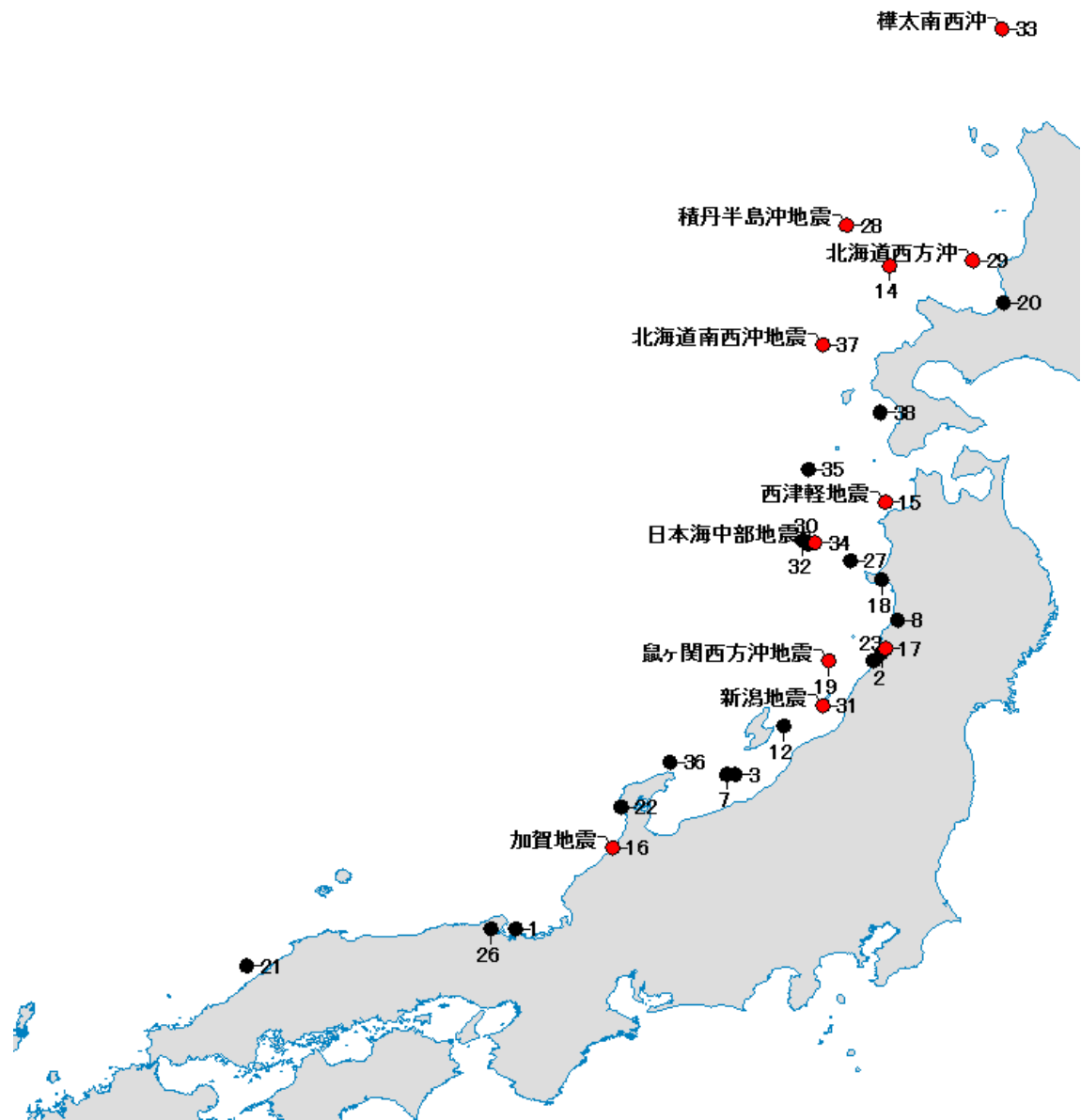


図 I. 2-2 「特徴的・地域代表する津波」として挙げた地震津波 12 事例の震央位置（ドット赤）とそれ以外の震央位置（ドット黒）：図中の数字は表 I. 2-2 の番号と一致するが震央が不明なものは記載していない。

## (1) 妥当性チェックのための地震事例の選定

後述するモデル設定方法並びに断層モデル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歴史地震事例を表 I. 2-2 で収集整理した事例の中から1例選定する。

選定にあたり、地震・津波の観測記録のうち、津波の観測記録が地震に比べて少ないことから、まず、津波の記録があるものを選定し、地震の観測記録を調べ、十分存在するかを確認する。

収集整理した津波事例のうち、検証対象データが他の地震津波より比較的多いことから、次の3事例を候補とした。

- ・ 1993年北海道南西沖地震
- ・ 1983年日本海中部地震
- ・ 1964年新潟地震

候補の3地震について、文献に記載されている観測値の信頼度や観測範囲と数から本調査の検証に最も適する既往津波を今年度検討では事例紹介として一つに絞る。適した候補を判断するため、上述した3つの既往津波の津波伝播図、津波高（痕跡高/遡上高）、津波到達時間、浸水範囲の図表を資料（表 I. 2-1）から抜粋し、参考資料：津波事例候補の資料収集にまとめた。また、津波痕跡データベースで整理されている痕跡値の数と信頼度の内訳を表 I. 2-3 にまとめた。ここで、信頼度の定義は1960年チリ地震津波以前と以降で異なり、今回は1964年新潟地震以降を検討するため、チリ地震津波以降の信頼度の分類を示す（表 I. 2-4 参照）。

表 I. 2-3 から、日本海中部地震は痕跡値が多く信頼度も高いことがわかる。そのため、津波の観測記録からは、1983年日本海中部地震を断層モデル設定方法並びに断層モデルの検証方法の妥当性を確認する歴史地震事例に選定した。

表 I. 2-3 津波痕跡データベースで整理されている痕跡地の数と信頼度の内訳

地震名	信頼度 A-B	信頼度 C-D	信頼度 Z	合計
1993年 北海道南西沖地震	504	157	249	910
1983年 日本海中部地震	876	226	531	1633
1964年 新潟地震	122	92	152	366

表 I.2-4 痕跡高の信頼度分類 (A-D: 1960年チリ地震津波以降、X-Z: 暫定)  
[津波痕跡データベースの用語集から抜粋]

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	<ul style="list-style-type: none"> <li>・明らかに引用の間違い、記載間違いであるもの</li> <li>・利用すべきでないもの、除外すべきもの</li> <li>・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</li> </ul>
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	<ul style="list-style-type: none"> <li>・カタログ類と分類された場合</li> <li>・その地区 (かなり広い範囲) の値を総括した値と思われるもの</li> </ul>
	重複	<ul style="list-style-type: none"> <li>・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)</li> </ul>
	浸水計算の確認に利用できる定性的な情報	<ul style="list-style-type: none"> <li>・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。</li> </ul>

## (2) 選定した日本海中部地震の津波痕跡記録の整理

選別した1983年日本海中部地震の痕跡高の整理を行った。

整理にあたり、津波痕跡データベース[2014年1月29日閲覧]のデータを基本とし、表 I.2-1で紹介した参考文献を確認し、データベースと異なる地点で観測された痕跡高がある場合に追記した。「1983年日本海中部地震震害調査報告書」の一部のデータについて追加し、他の参考資料は、津波痕跡データベースですでに精査されていた。

津波痕跡データベース[2014年1月29日閲覧]に追加した痕跡値を図 I.2-3に、痕跡高を図 I.2-4にプロットした。痕跡高は下限値と上限値を持つが、ここではT.P.基準に補正した上限値かつ0mより大きな値のみを抽出した。また、津波痕跡データベースに整理されている痕跡高の信頼度は精査中を除いたAからDまでとZを採用した(図 I.2-5)。

参考文献[1983年日本海中部地震震害調査報告書]に記載されている痕跡値のうち、北海道の痕跡値は津波痕跡データベースにも信頼度を付したデータとして記載されているが、青森県から山形県までの痕跡値は精査中となっている。また、新潟県以南はデータが無く、今後、津波痕跡データベース[2014年1月29日閲覧時点]に入力されるものと思われる。そのため、新潟以南のデータについて追記した。

プロットした観測点の数は津波痕跡データベースの1633地点(表 I.2-3)と参考文献の52地点で、合計1685地点となり、全体に占める信頼度の割合A-B:54%、C-D:14%、Z:32%となった。整理した痕跡高は、GISデータとして整理した。

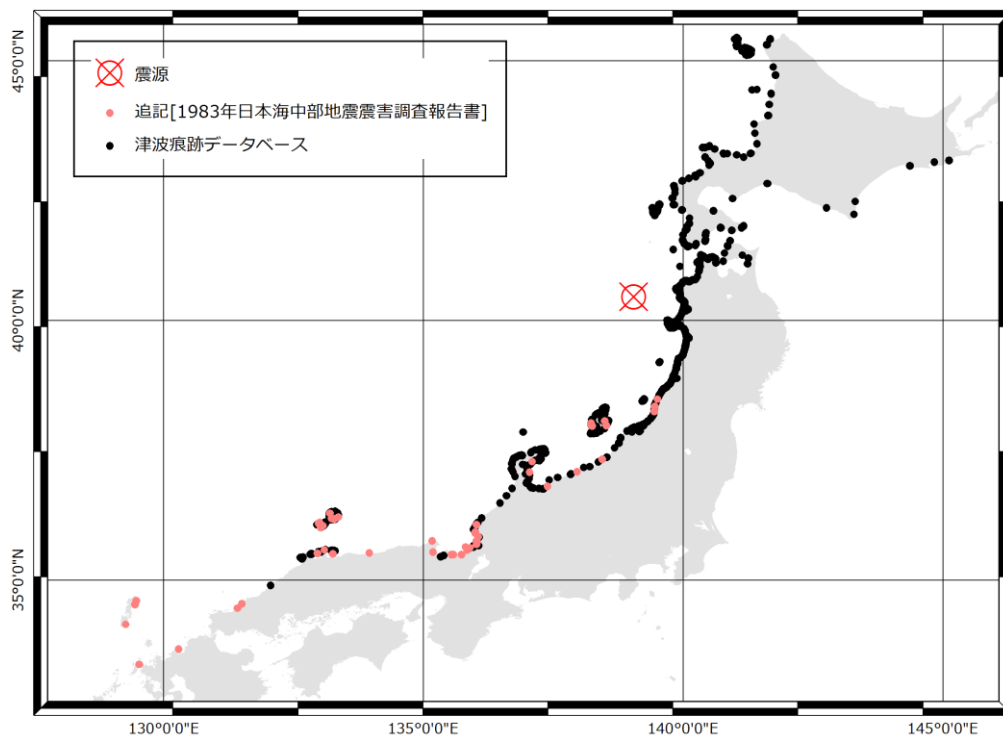


図 I.2-3 1983年日本海中部地震における津波痕跡の位置(黒点:1津波痕跡データベース、赤点:1983年日本海中部地震震害調査報告書に記載されている地点(データベースとの重複地点以外))

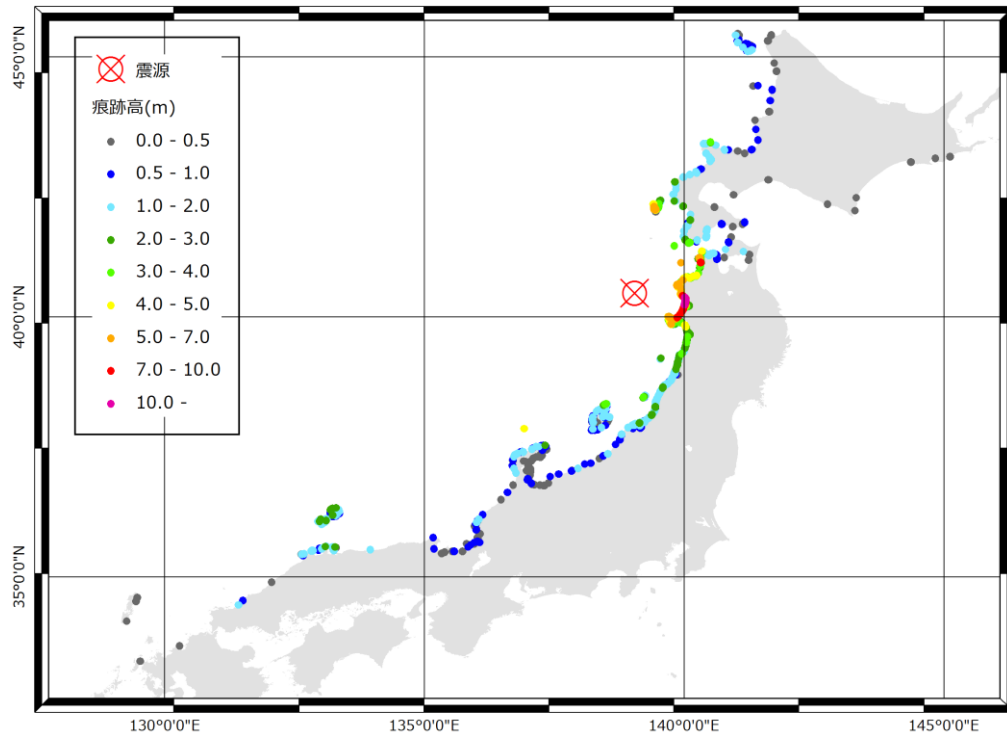


図 I. 2-4 図 I. 2-3 でプロットした地点の痕跡高

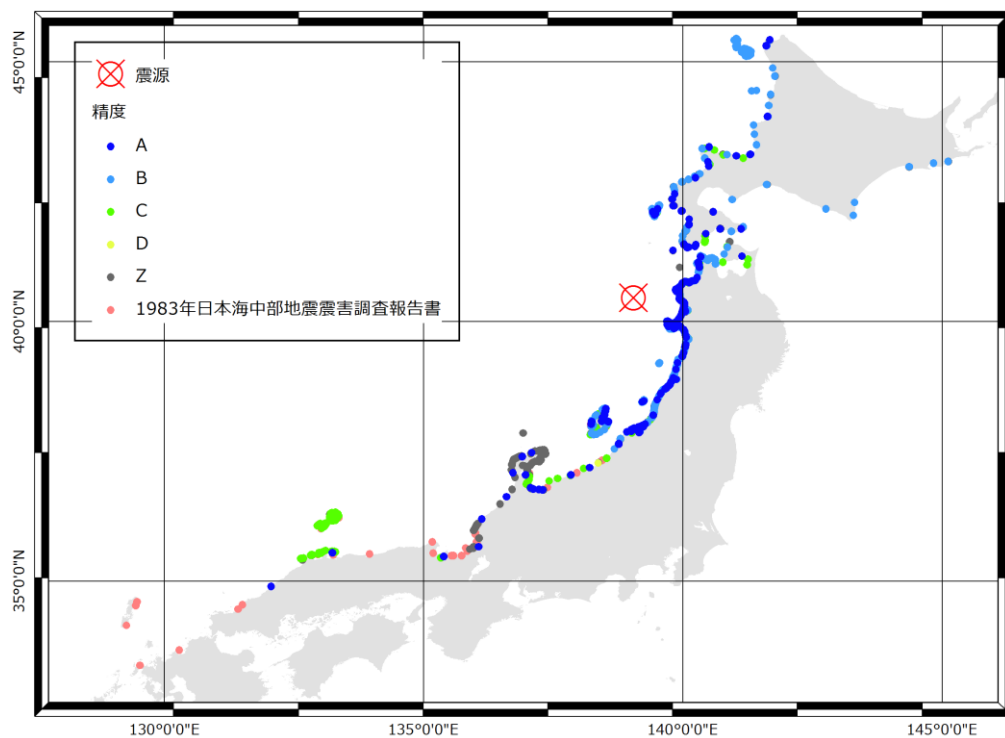


図 I. 2-5 津波痕跡データベースから取得した1983年日本海中部地震における津波痕跡値の信頼度(1983年日本海中部地震震害調査報告書の地点は、参考値)

【地震編】

日本海側で発生した地震の一覧を表 I. 2-5 に示す。

表 I. 2-5 日本海側で発生した地震の一覧（気象庁による）

地震名	マグニチュード	最大震度
1964年新潟地震	7.5	5 (新潟、長岡、仙台)
1983年日本海中部地震	7.7	5 (秋田、深浦、むつ)
1993年北海道南西沖地震	7.8	6 (奥尻島)
1993年能登半島沖地震	6.6	5 (輪島)
2000年鳥取県西部地震	7.3	6強 (日野、境港)
2004年新潟県中越地震	6.8	7 (川口)
2005年福岡県西方沖地震	7.0	6弱 (福岡、前原)
2007年能登半島地震	6.9	6強 (穴水、輪島、七尾)
2007年新潟県中越沖地震	6.8	6強 (柏崎、長岡、刈羽、長野県飯綱)

(1) 妥当性チェックのための地震事例の選定

モデル設定方法および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歴史地震の事例を表 I. 2-5 より選択する。選択する事例については、地震動に関わる資料と津波に関わる資料の双方が利用できることを勘案する。その結果、地震動シミュレーションの妥当性をチェックするための検証対象データが比較的多い下記の事例を候補とする。

- 1) 1993年北海道南西沖地震
- 2) 1983年日本海中部地震
- 3) 1964年新潟地震

(2) 検証対象データ

- 1) 1993年北海道南西沖地震

1993年北海道南西沖地震の諸元を表 I. 2-6 に示す。

表 I.2-6 北海道南西沖地震の諸元 (気象庁による)

発震時刻	1993年7月12日22時17分
震央	東経139°12'、北緯42°47'
深さ	約34km
マグニチュード	7.8

各地の震度を表 I.2-7 に示す。また、震度の分布を図 I.2-6 に示す。なお、奥尻島では気象官署がないので震度は発表されていないが、北海道南西沖地震調査報告書(1993)によれば、震度6程度と推測されている。

表 I.2-7 各地の震度 (気象庁による)

震 度	地 名
5	寿都、江差、深浦、小樽
4	青森、函館、むつ、室蘭、倶知安、苫小牧
3	秋田、八戸、札幌、岩見沢、留萌、羽幌、帯広
2	新庄、酒田、盛岡、浦河、旭川、稚内
1	小名浜、新潟、山形、仙台、大船渡、宮古、広尾、釧路、網走、雄武

地震が発生した日本海沿岸は、太平洋側に比べて地震の発生頻度はかなり小さい領域であるが、過去には被害の大きな地震がいくつか発生している。図 I.2-7 に過去に日本海周辺で発生した地震と地殻構造を示す。ユーラシアプレートと北米プレートの境界上に地震が多く発生していることが分かり、1993年北海道南西沖地震もこのプレート境界上で発生したと推測できる。

表 I.2-8 には北海道の日本海沿岸で過去に発生した地震の被害一覧を示す。地震のマグニチュードや地震による被害を見ても、1993年北海道南西沖地震が最大規模の地震であったことが分かる。

最大加速度分布を図 I.2-8 に示す。図 I.2-9 には震度5を記録した北海道・寿都における加速度地震波形、図 I.2-10 には加速度応答スペクトルを示す。

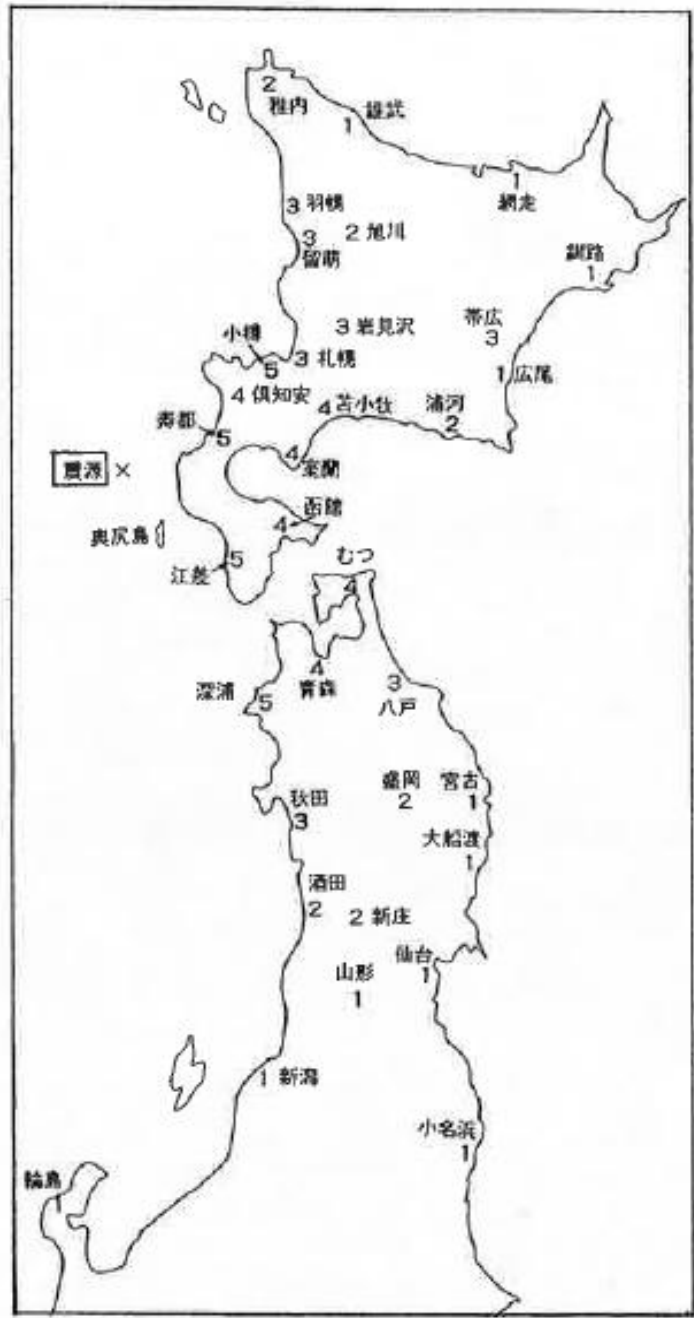


図 I.2-6 北海道南西沖地震の震度分布図 (北海道南西沖地震調査報告書より引用)





図 I. 2-7 北海道西部沿岸の過去の被害地震と地殻構造（北海道南西沖地震調査報告書より引用）

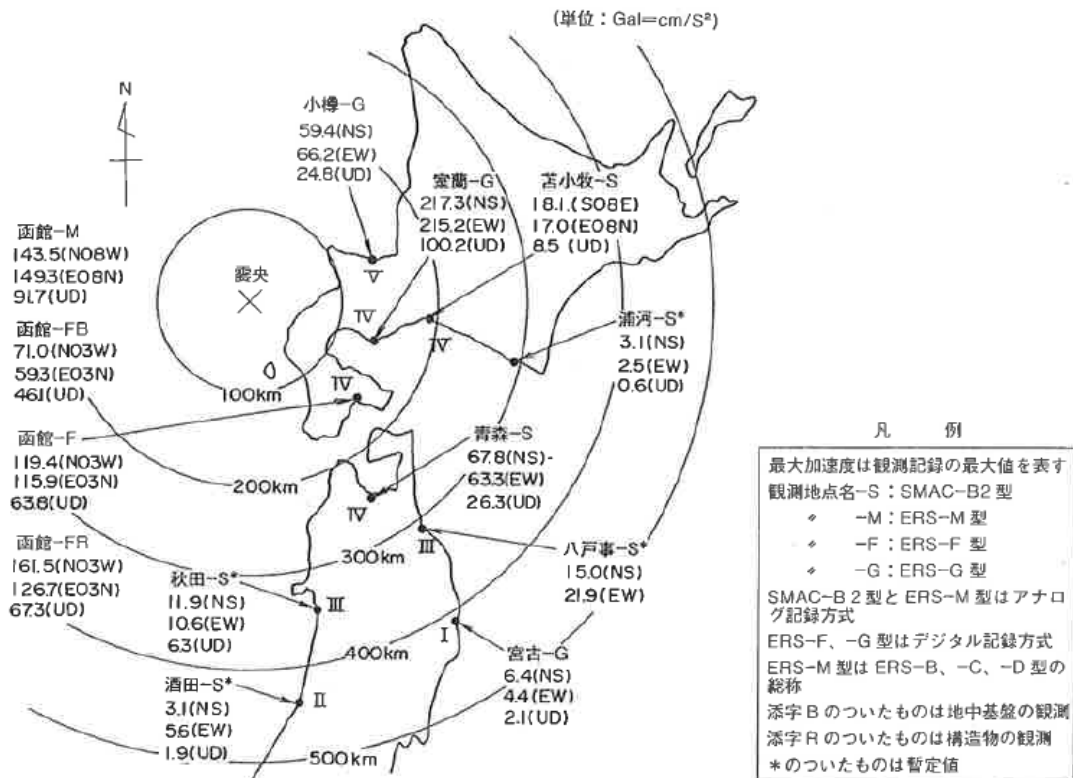


図 I. 2-8 北海道南西沖地震の最大加速度分布（北海道南西沖地震震害調査報告書より引用）

表 I. 2-8 北海道の日本海沿岸の過去の地震の被害一覧（北海道南西沖地震調査報告書より引用）

No.	発生年月日	震央位置	マグニチュード*	被害概要
2	1635 3.11	北海道南西沖	—	松前で強震、火災
5	1741 8.29	渡島大島	6.9	津波は渡島半島西岸を襲い、北海道で死者1467, 流出家屋729, 同破損33, 非住家流出29, 船舶破損1521、熊石以北にも相当の被害があった。
9	1792 6.13	北海道西方沖	6.9	忍路で港頭の岸壁崩れ、沿岸の夷船漂流出漁中の夷人5名溺死。美国で若干溺死
35	1910 9. 8	北海道北西沖	5.9	留萌町河岸低地・鬼鹿・苫前・羽幌・初山別天売・焼尻で陶器・びん類の破損あり。鬼鹿村小殿子で住家破損 3, 苫前村幌内付近見徳寺で鴨居脱落。
40	1918 5.26	北海道北西沖 (留萌沖)	6.0	留萌郡鬼鹿村で商品転倒及び家屋土蔵に軽微な被害あり。
49	1940 8. 2	北海道北西沖 (積丹半島沖)	7.5	死者10, 住家の全壊・流出26と日本海側の地震としては、希にみる大地震であった震源から遠かったため地震被害は小さかったが、大津波による被害が大きく最大波高は利尻島で3mであった。
50	1947 11. 4	北海道西方沖	6.7	小舟破損、漁具の被害などがあった。津波あり（利尻島で2m）。
54	1953 7.14	檜山支庁中部 (熊石付近)	5.1	熊石付近で地すべり等の被害あり。
58	1959 11. 8	北海道西方沖	6.2	小樽で変電所等に軽微な被害。

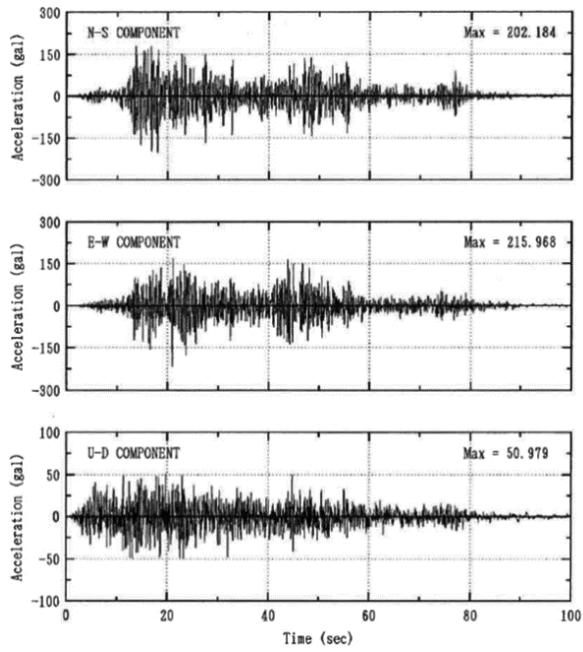


図 I. 2-9 1993年北海道南西沖地震の寿都  
都  
における加速度地震波形  
(北海道南西沖地震調査報告書より引用)

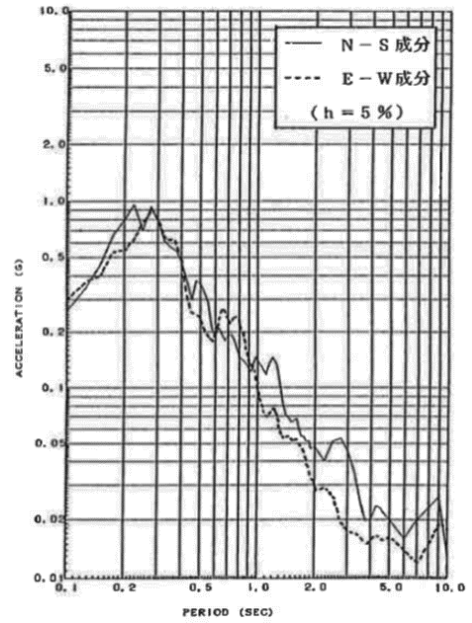


図 I. 2-10 1993年北海道南西沖地震の寿  
都  
における加速度応答スペクトル  
(北海道南西沖地震調査報告書より引用)

2) 1983 年日本海中部地震

1983 年日本海中部地震の緒元を表 I.2-9 に、各地の震度を表 I.2-10 に、震度の分布を図 I.2-11 に示す。

表 I.2-9 1983 年日本海中部地震の諸元(気象庁)

発震時刻	1983 年 5 月 26 日 11:59:57.5
震央	東経 139° 4.4'、北緯 40° 21.6'
深さ	14km
マグニチュード	7.7±0.2

表 I.2-10 各地の震度 (気象庁による)

震 度	都道府県	地 名
5	青森県	深浦町深浦、むつ市金曲
	秋田県	秋田市山王
4	北海道	渡島森町上台町、檜山江差町姥神
	青森県	青森市花園、八戸市湊町 (旧)
	岩手県	盛岡市山王町
	山形県	酒田市亀ヶ崎 (旧)
3	北海道	函館市美原、倶知安町南 1 条、室蘭市山手町 (旧)、帯広市東 4 条
	岩手県	宮古市鉾ヶ崎、大船渡市大船渡町
	宮城県	仙台宮城野区五輪
	福島県	福島市松木町
	新潟県	上越市大手町、新潟中央区幸西、佐渡市相川三町目 (旧)
	石川県	輪島市鳳至町
2	北海道	札幌中央区北 2 条、小樽市勝納町、寿都町新栄 (旧)、留萌市大町 (旧)、 苫小牧市しらかば、浦河町潮見 (旧)
	福島県	白河市郭内、いわき市小名浜、会津若松市材木町 (旧)
	群馬県	前橋市昭和町
1	北海道	岩見沢市 5 条、旭川市 8 条通、羽幌町南 3 条、網走市台町、広尾町 並木通、釧路市幣舞町 (旧)
	宮城県	石巻市泉町
	石川県	金沢市西念
	茨城県	水戸市金町 (旧)
	埼玉県	熊谷市桜町
	千葉県	館山市長須賀 (旧)
神奈川県	横浜中区山手町	
震 度	都道府県	地 名
1	福井県	福井市豊島、敦賀市松栄町
	長野県	長野市箱清水、諏訪市湖岸通り

静岡県	三島市東本町 (旧)
兵庫県	豊岡市桜町 (旧)
鳥取県	米子市博労町 (旧)
島根県	隠岐の島町西町 (旧)

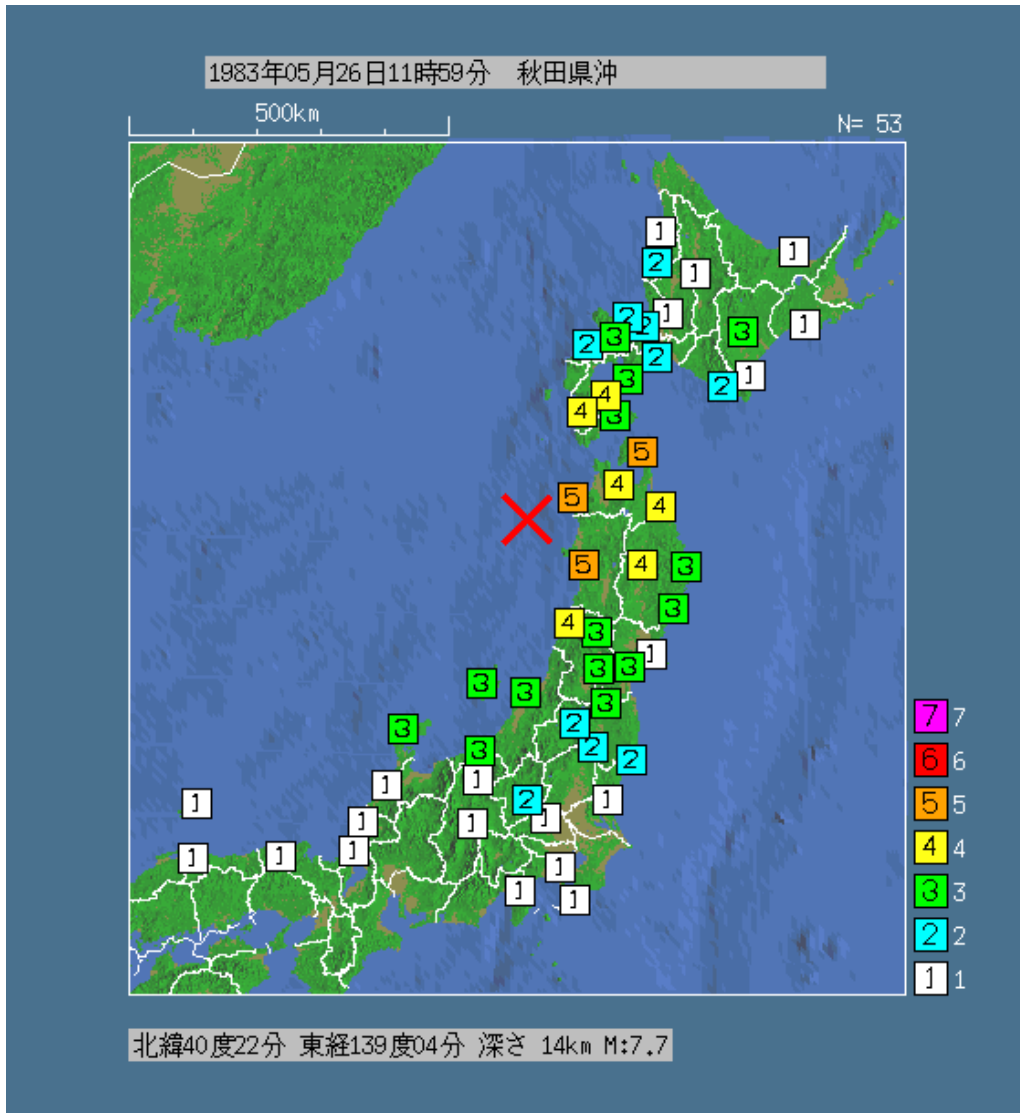


図 I. 2-11 1983 年日本海中部地震震度分布 (気象庁 HP より引用)

日本地震被害総覧では、気象庁震度を基に、コンターラインを引いている（図 I. 2-12）。これを見ると、秋田県から青森県の日本海沿岸を中心に震度階 5、同心円に広がるように北海道、山形沿岸が震度階 4 と距離が遠くなるにつれて、震度が小さくなっており、特に異常震域はないことが分かる。

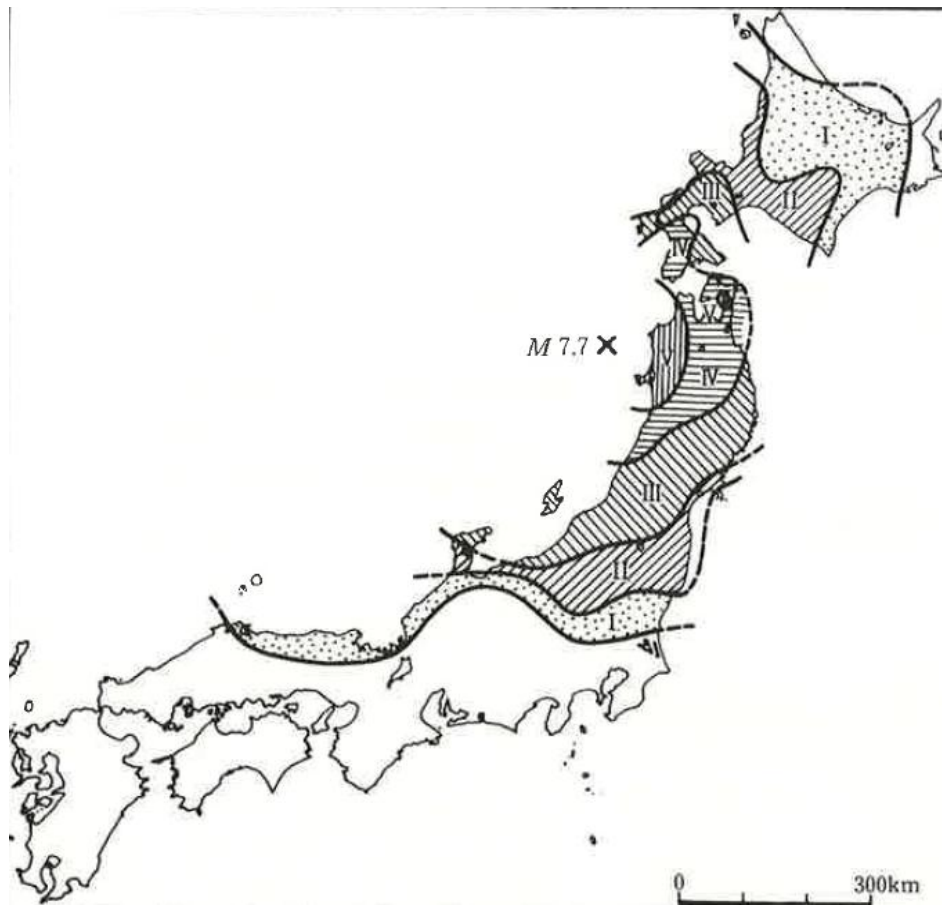


図 I. 2-12 1983 年日本海中部地震震度分布（日本地震被害総覧より引用）

また、1983 年日本海中部地震被害調査報告書（土質工学会 東北支部）では、アンケート調査による震度分布が示されている（図 I. 2-13）。その調査には、秋田県を対象として約 11,000 部のアンケートを配布し、その回収結果より各市町村ごとの行政区域での平均震度を算出している。



図2・3・5 秋田県震度分布（行政区域平均震度）

図 I. 2-13 秋田県 震度分布（1983年日本海中部地震被害調査報告書より引用）

本地震では、運輸省(当時)の港湾地域強震観測網の観測点をはじめ、各地で多くの強震記録が得られた。以下、加速度型の強震計により強震記録の得られた、観測点及びそれらの観測点における最大振幅値を図 I.2-14、表 I.2-11 にまとめた。

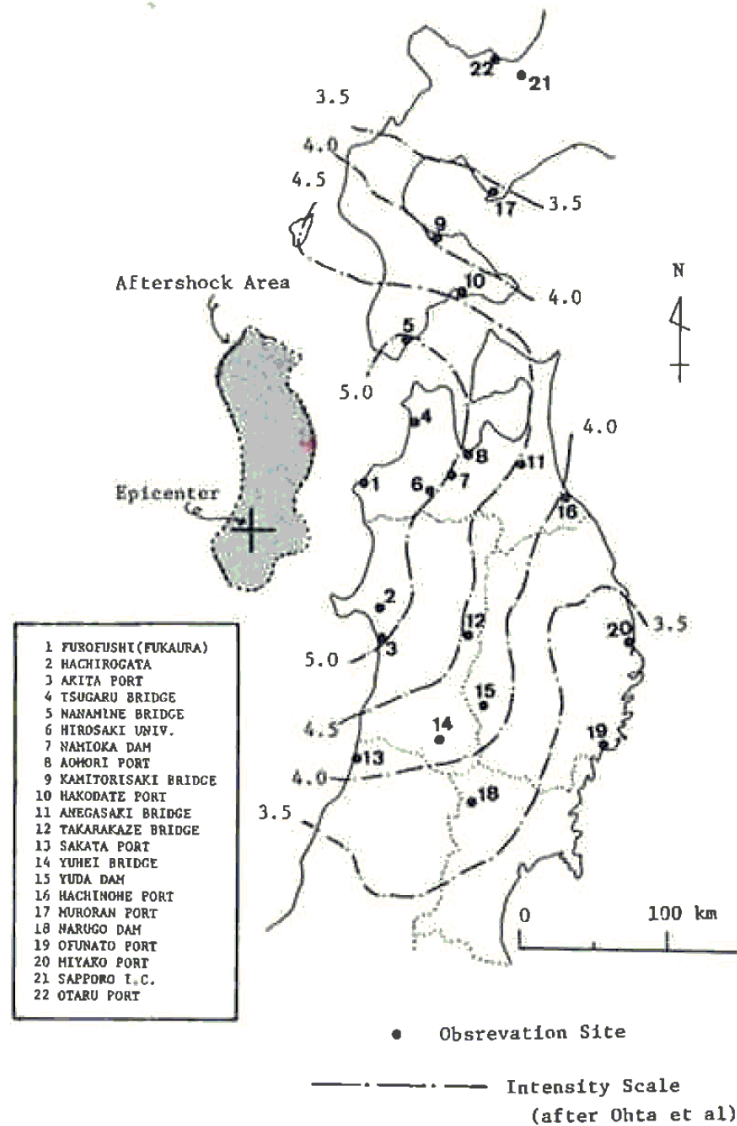


図 I.2-14 東北地方 強震記録観測点 (1983年日本海中部地震被害調査報告書より引用)



表 I.2-11 東北地方 強震記録観測点における最大振幅値  
(1983年日本海中部地震被害調査報告書より引用)

No.	観測点	最大加速度 (cm/sec <sup>2</sup> )			最大速度 (cm/sec)			最大変位 (cm)			強震計型式	設置機関	文献番号
		NS	EW	UD	NS	EW	UD	NS	EW	UD			
1	不老不死温泉	224	150	135	17	14	8	7	9	6	SMA1	電力中央研究所	3)
2	八郎潟正面堤	200	162	204	74	51	12	33	21	4	SMAC-B	土木研究所	2)
3	秋田港	219	235	54	28	25	9	12	11	4	SMAC-B2	港湾技術研究所	1)
4	津軽大橋(地盤)	270	245	180							SMAC-D	土木研究所	4)
5	七峰橋(地盤)	275	260	88							SMAC-B2	〃	4)
6	弘前大学	158	141	67	20	12	13	8	6	4	OKI-WS	弘前大学理学部	3)
7	浪岡ダム(地盤)	130	80									東北農政局	3)
8	青森港	121	168	—	22	29	—	8	12	—	SMAC-B2	港湾技術研究所	1)
9	上烏崎橋(地盤)	128	125	50							SMAC-Q	土木研究所	4)
10	函館港	59	59	44	12	14	7	7	7	3	ERS-C	港湾技術研究所	1)
11	姉ヶ崎	119	110	63								日本国有鉄道	3)
12	宝風橋(地盤)	50	42	25							SMAC-Q	土木研究所	4)
13	酒田港	39	52	18	8	9	4	6	6	3	SMAC-B2	港湾技術研究所	1)
14	雄平橋(地盤)	27	35	12							SMAC-B2	土木研究所	4)
15	湯田ダム(地盤)	72	59	52							電磁式	〃	4)
16	八戸港	23	24	14	6	6	3	4	4	2	SMAC-B2	港湾技術研究所	1)
17	室蘭港	40	30	14	3	2	1	1	2	1	SMAC-B2	〃	1)
18	鳴子ダム(地盤)	6	7	8							電磁式	土木研究所	4)
19	大船渡港	6	6	4							SMAC-B2	港湾技術研究所	1)
20	宮古港	8	8	3							SMAC-B2	〃	1)
21	札幌IC	19	20	20								土木研究所	4)
22	小樽港	6	6	5							SMAC-B2	港湾技術研究所	1)

(土木研究所の水平成分はN-S, E-W方向に設置されていないが、ここでは、便宜上HAをN-S, HBをE-Wとした。)

3) 1964年新潟地震

1964年新潟地震の諸元を表 I. 2-12 に示す。

表 I. 2-12 新潟地震の諸元 (気象庁による)

発震時刻	1964年6月16日13時01分39.9秒±0.1秒
震央	東経139° 11' ±00'、北緯38° 21' ±00'
深さ	約40km
マグニチュード	7.5±0.2

各地の震度を表 I. 2-13 に示す。また、震度の分布を図 I. 2-15 に示す。

表 I. 2-13 各地の震度 (気象庁による)

震 度	地 名
6	鶴岡
5	新潟、相川、酒田、仙台
4	輪島、高田、永野、前橋、柿岡、小名浜、白河、福島、山形、石巻、水沢、盛岡、秋田
3	富山、松本、追分、甲府、秩父、熊谷、宇都宮、東京、横浜、御前崎、大船渡、宮古
2	金沢、松代、飯田、船津、三島、銚子、水戸、青森
1	豊岡、剣山、福井、彦根、津、高山、静岡、宮崎、八戸、函館、森、室蘭、帯広

(参考のため気象庁震度階と国際的に用いられている MM 震度階との対比が示されている)

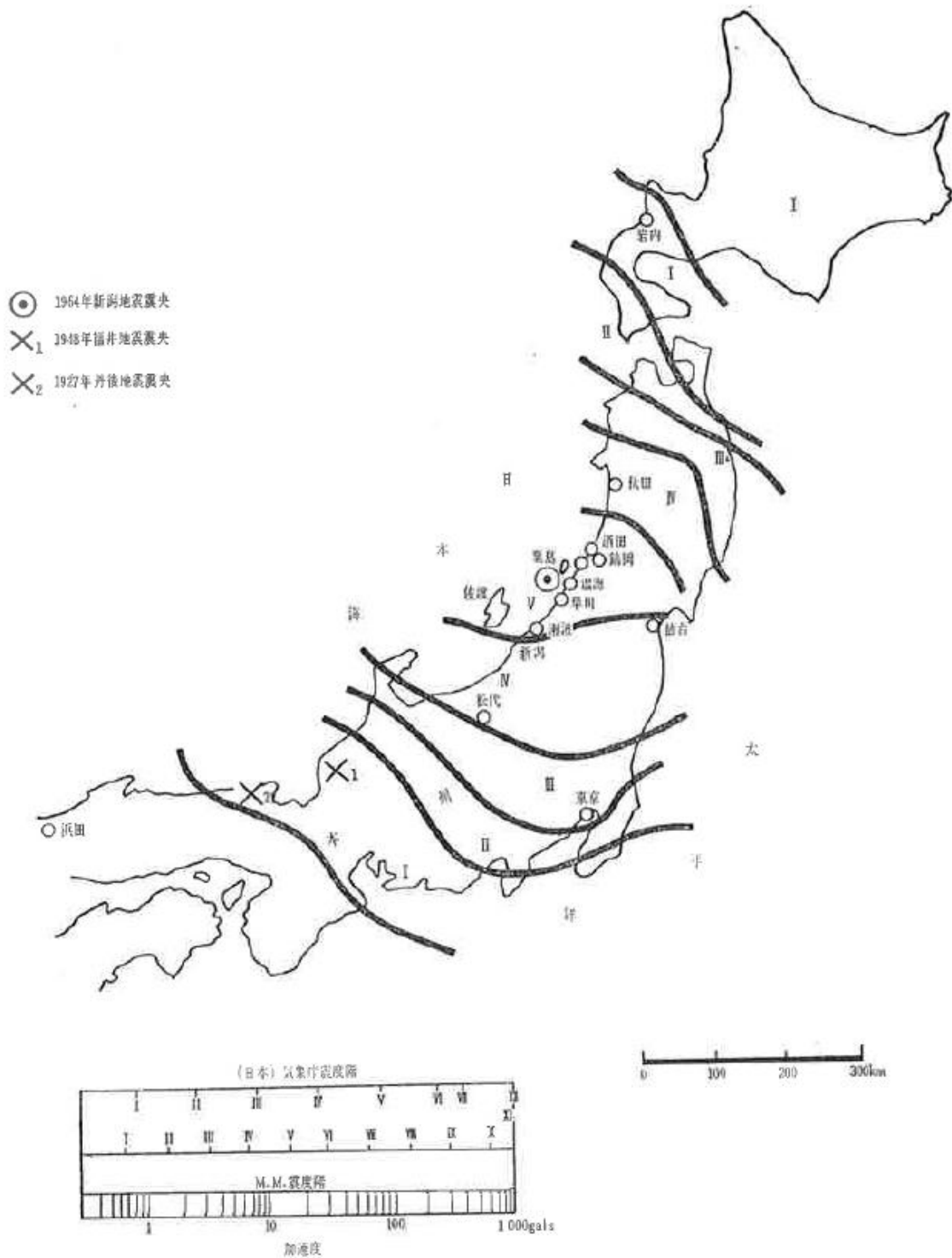


図 I. 2-15 1964 年新潟地震震度分布図 (新潟地震震害調査報告より引用)

1964 年新潟地震における震央距離と震度の関係を図 I. 2-16 に示す。なお、図 I. 2-16 には比較のため、1964 年新潟地震以外の既往の地震についても並べて示されている。図 I. 2-16 より、1964 年新潟地震における震央距離と震度の関係は、概ね 1923 年大正関東地震や 1948 年福井地震と同じ傾向にあることが確認される。

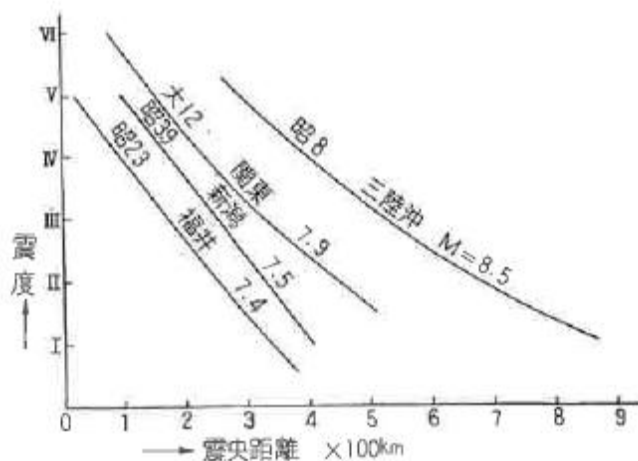


図 I.2-16 震央距離と震度の関係（新潟地震震害調査報告より引用）

本地震では川岸町の県営アパートの地階と屋上で加速度記録が計測されている。その記録の最大加速度を表 I.2-14 に、また、時刻歴波形を図 I.2-17 に示す。

表 I.2-14 最大加速度（川岸町アパート）

	EW 成分 (gal)	NS 成分 (gal)
地階 (SMAC 型)	159	155
屋上 (DC 型)	150	184

(新潟地震震害調査報告より引用)



(川岸町アパート 2号棟地階 SMAC-A 型)



(川岸町アパート 2号棟屋上 DC 型)

図 I. 2-17 1964 年新潟地震加速度記録 (新潟地震震害調査報告より引用)

### ③ 津波予測計算用地形データの作成

検証方法の妥当性を評価するための津波予測計算に必要な海底及び沿岸の地形データを作成した。

波源域から沿岸域までを一括して計算するため、外洋から陸域に近づくほど細かい格子間隔となるように1:3の割合で計算格子を細分化する方法によって地形モデルを構成し、外洋部から1350m、450m、150m、50mの空間格子間隔となるように設定した。基礎データとしては、以下の資料を利用した。

表 I. 3-1 地形モデル作成のための基礎データ一覧

資料名	最小メッシュのデータの範囲と各領域のメッシュサイズおよび座標系	発行年等
日本海の津波調査業務 (中央防災会議)	<ul style="list-style-type: none"> <li>北海道オホーツク海～山口県の沿岸</li> <li>1350m、450m、150m、50m メッシュ</li> <li>東経 139° を中心とした UTM 座標(平成 12 年測量法改正前の旧測地系)</li> </ul>	平成 19 年 3 月
津波に関する防災アセスメント調査(福岡県)	<ul style="list-style-type: none"> <li>福岡県沿岸</li> <li>2430m、810m、270m、90m、30m、10m メッシュ</li> <li>平面直角座標系 I 系(世界測地系)</li> </ul>	平成 24 年 3 月

データの作成に当たっては、UTM 座標(53 帯)を採用した。測地系は、世界測地系である。また、データの取扱いの便を考え、擬東経+500,000m を与えた。収集した地形データに対して、データ補間を行った。データ補間法としては、収集データから TIN(Triangulated Irregular Network : 三角形不規則網)を作成し、線形補間により各計算格子に対して格子中心での標高を与える方法を用いた(図 I. 3-1 参照)。

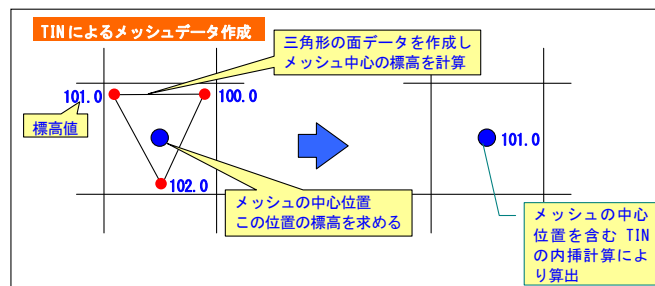


図 I. 3-1 TIN 法の概念図

作成した格子間隔ごとの領域数は以下のとおりである。

- ・ 1350m メッシュ領域 : 1 領域
- ・ 450m メッシュ領域 : 9 領域
- ・ 150m メッシュ領域 : 23 領域
- ・ 50m メッシュ領域 : 55 領域

各領域の UTM53 帯における位置、およびメッシュ数を表 I.3-2～表 I.3-5 に示す。各領域の位置は、領域の南西端及び北東端の位置を示している（図 I.3-2 参照）。図 I.3-3(1)～図 I.3-4(4) に各領域の位置図を示す。また、表中には、上位接続エリアのエリア No. のほか、各領域の最大水深および計算格子間隔に対する計算の安定条件となる計算時間間隔  $\Delta t$  を参考値として示した。

$$\Delta t \leq \frac{\Delta x}{\sqrt{2gh_{\max}}} \text{----- (1)}$$

ここに、 $\Delta t$  は計算時間間隔、 $\Delta x$  は計算格子間隔、 $h_{\max}$  は最大水深、 $g$  は重力加速度である。なお、実際に計算を行う場合は、数値誤差や現象の非線形性が介在するため、計算時間間隔は余裕をもって小さく設定する必要がある。

表 I.3-2 1350m メッシュ領域の位置およびサイズ等

エリアNo.	メッシュサイズ (m)	南西端の位置		北東端の位置		メッシュ個数		上位接続 エリア	最大水深 (m)	安定条件 $\Delta t$ (s)
		X座標(m)	Y座標(m)	X座標(m)	Y座標(m)	X方向(個)	Y方向(個)	エリアNo.		
1350-01	1,350	-465,750	3,298,050	1,424,250	5,768,550	1,400	1,830		-9697	3.09

表 I. 3-3 450m メッシュ領域の位置およびサイズ等

エリアNo.	メッシュサイズ (m)	南西端の位置		北東端の位置		メッシュ個数		上位接続 エリア	最大水深 (m)	安定条件 $\Delta t$ (s)
		X座標(m)	Y座標(m)	X座標(m)	Y座標(m)	X方向(個)	Y方向(個)	エリアNo.		
0450-01	450.0	935,550	4,870,800	1,362,150	5,170,500	948	666	1350-01	-3532	1.70
0450-02	450.0	827,550	4,768,200	1,111,050	5,170,500	630	894	1350-01	-3705	1.66
0450-03	450.0	797,850	4,509,000	1,067,850	4,868,100	600	798	1350-01	-3717	1.66
0450-04	450.0	818,100	4,357,800	1,088,100	4,708,800	600	780	1350-01	-3701	1.66
0450-05	450.0	747,900	4,095,900	977,400	4,471,200	510	834	1350-01	-3178	1.80
0450-06	450.0	580,500	4,025,700	939,600	4,284,900	798	576	1350-01	-2745	1.93
0450-07	450.0	448,200	3,898,800	756,000	4,217,400	684	708	1350-01	-3024	1.84
0450-08	450.0	249,750	3,877,200	619,650	4,133,700	822	570	1350-01	-2769	1.93
0450-09	450.0	37,800	3,732,750	383,400	4,045,950	768	696	1350-01	-2026	2.25

表 I. 3-4 150m メッシュ領域の位置およびサイズ等

エリアNo.	メッシュサイズ (m)	南西端の位置		北東端の位置		メッシュ個数		上位接続 エリア	最大水深 (m)	安定条件 $\Delta t$ (s)
		X座標(m)	Y座標(m)	X座標(m)	Y座標(m)	X方向(個)	Y方向(個)	エリアNo.		
0150-01	150	1,219,050	4,896,000	1,345,050	4,993,200	840	648	0450-01	-2455	0.68
0150-02	150	1,119,150	4,892,850	1,258,650	5,002,650	930	732	0450-01	-1659	0.83
0150-03	150	1,043,550	4,939,200	1,161,450	5,066,100	786	846	0450-01	-153	2.73
0150-04	150	941,400	4,988,250	1,082,700	5,125,050	942	912	0450-02	-815	1.18
0150-05	150	965,250	4,881,150	1,060,650	5,010,750	636	864	0450-02	-560	1.43
0150-06	150	947,250	4,785,300	1,051,650	4,911,300	696	840	0450-02	-815	1.18
0150-07	150	900,000	4,733,550	1,035,900	4,860,450	906	846	0450-03	-2366	0.69
0150-08	150	836,550	4,647,600	949,950	4,766,400	756	792	0450-03	-3700	0.55
0150-09	150	835,200	4,572,450	939,600	4,706,550	696	894	0450-03	-3705	0.55
0150-10	150	891,900	4,516,200	1,059,300	4,660,200	1,116	960	0450-04	-1910	0.77
0150-11	150	873,900	4,391,550	960,300	4,566,150	576	1,164	0450-04	-2660	0.65
0150-12	150	870,300	4,294,350	952,200	4,432,050	546	918	0450-05	-1620	0.84
0150-13	150	825,750	4,189,050	929,250	4,318,650	690	864	0450-05	-800	1.19
0150-14	150	751,050	4,098,600	906,750	4,278,600	1,038	1,200	0450-06	-2010	0.75
0150-15	150	641,700	4,059,900	794,700	4,176,900	1,020	780	0450-06	-1809	0.79
0150-16	150	614,250	4,061,250	731,250	4,209,750	780	990	0450-06	-2251	0.71
0150-17	150	565,200	3,966,300	672,300	4,100,400	714	894	0450-07	-1257	0.95
0150-18	150	479,700	3,917,700	607,500	3,994,200	852	510	0450-07	-319	1.89
0150-19	150	376,200	3,917,700	499,500	3,989,700	822	480	0450-08	-826	1.17
0150-20	150	270,900	3,900,150	392,400	4,037,850	810	918	0450-08	-1251	0.95
0150-21	150	190,800	3,833,550	314,100	3,947,850	822	762	0450-09	-212	2.32
0150-22	150	89,100	3,791,700	228,600	3,886,200	930	630	0450-09	-143	2.82
0150-23	150	64,350	3,738,150	147,150	3,829,050	552	606	0450-09	-127	3.01



表 I. 3-5 50m メッシュ領域の位置およびサイズ等

エリアNo.	メッシュサイズ (m)	南西端の位置		北東端の位置		メッシュ個数		上位接続 エリア	最大水深 (m)	安定条件 $\Delta t$ (s)
		X座標(m)	Y座標(m)	X座標(m)	Y座標(m)	X方向(個)	Y方向(個)	エリアNo.		
0050-01	50	1,292,100	4,916,400	1,336,800	4,972,200	894	1,116	0150-01	-2011	0.25
0050-02	50	1,237,200	4,901,400	1,298,100	4,938,600	1,218	744	0150-01	-912	0.37
0050-03	50	1,183,800	4,911,000	1,245,000	4,949,700	1,224	774	0150-02	-341	0.61
0050-04	50	1,131,150	4,929,450	1,186,650	4,966,350	1,110	738	0150-02	-130	0.98
0050-05	50	1,094,250	4,956,300	1,140,450	5,009,400	924	1,062	0150-03	-131	0.98
0050-06	50	1,053,000	5,004,600	1,104,600	5,051,400	1,032	936	0150-03	-103	1.11
0050-07	50	1,007,700	5,036,400	1,066,800	5,082,600	1,182	924	0150-04	-114	1.05
0050-08	50	959,100	5,004,000	1,003,800	5,062,800	894	1,176	0150-04	-502	0.50
0050-09	50	1,001,250	4,998,450	1,044,450	5,060,250	864	1,236	0150-04	-118	1.03
0050-10	50	1,010,100	4,944,750	1,047,300	5,008,350	744	1,272	0150-05	-91	1.18
0050-11	50	993,300	4,894,200	1,045,200	4,948,800	1,038	1,092	0150-05	-337	0.61
0050-12	50	985,200	4,841,400	1,041,600	4,899,000	1,128	1,152	0150-06	-380	0.57
0050-13	50	980,100	4,791,150	1,027,500	4,849,950	948	1,176	0150-06	-344	0.60
0050-14	50	925,500	4,792,950	985,200	4,825,650	1,194	654	0150-07	-600	0.46
0050-15	50	917,400	4,741,950	957,600	4,799,850	804	1,158	0150-07	-921	0.37
0050-16	50	884,100	4,687,200	925,800	4,748,700	834	1,230	0150-08	-2992	0.20
0050-17	50	855,000	4,655,700	885,000	4,695,900	600	804	0150-08	-3210	0.19
0050-18	50	886,800	4,634,700	934,200	4,690,200	948	1,110	0150-09	-1420	0.29
0050-19	50	854,250	4,595,550	872,850	4,613,850	372	366	0150-09	-2093	0.24
0050-20	50	892,500	4,580,700	911,100	4,599,300	372	372	0150-09	-1375	0.30
0050-21	50	905,700	4,588,950	948,000	4,637,550	846	972	0150-10	-1420	0.29
0050-22	50	933,900	4,604,100	985,800	4,652,400	1,038	966	0150-10	-230	0.74
0050-23	50	981,900	4,589,550	1,044,600	4,651,950	1,254	1,248	0150-10	-496	0.50
0050-24	50	968,100	4,531,650	1,030,800	4,594,050	1,254	1,248	0150-10	-193	0.81
0050-25	50	932,100	4,539,000	969,900	4,591,500	756	1,050	0150-10	-440	0.53
0050-26	50	898,200	4,489,350	952,800	4,542,450	1,092	1,062	0150-11	-1910	0.25
0050-27	50	889,950	4,446,750	933,750	4,493,550	876	936	0150-11	-944	0.36
0050-28	50	891,900	4,404,750	940,200	4,466,550	966	1,236	0150-11	-777	0.40
0050-29	50	905,700	4,357,500	942,300	4,417,200	732	1,194	0150-12	-440	0.53
0050-30	50	888,450	4,299,300	929,850	4,359,300	828	1,200	0150-12	-468	0.52
0050-31	50	860,850	4,243,950	918,750	4,303,050	1,158	1,182	0150-13	-620	0.45
0050-32	50	840,600	4,193,550	896,700	4,247,850	1,122	1,086	0150-14	-158	0.89
0050-33	50	772,800	4,180,200	822,600	4,259,700	996	1,590	0150-14	-1647	0.27
0050-34	50	813,750	4,157,700	865,050	4,207,500	1,026	996	0150-14	-520	0.49
0050-35	50	779,700	4,112,700	831,000	4,161,000	1,026	966	0150-14	-1031	0.35
0050-36	50	727,050	4,090,950	785,250	4,129,050	1,164	762	0150-15	-1357	0.30
0050-37	50	672,450	4,064,400	732,150	4,098,300	1,194	678	0150-15	-1075	0.34
0050-38	50	662,400	4,092,750	693,600	4,132,650	624	798	0150-16	-1041	0.34
0050-39	50	657,900	4,181,100	679,500	4,201,200	432	402	0150-16	-198	0.80
0050-40	50	657,600	4,124,250	719,100	4,171,350	1,230	942	0150-16	-1255	0.31
0050-41	50	631,800	4,082,550	663,900	4,143,450	642	1,218	0150-16	-170	0.86
0050-42	50	607,050	4,030,500	670,350	4,098,000	1,266	1,350	0150-17	-389	0.57
0050-43	50	577,950	3,979,800	640,650	4,043,100	1,254	1,266	0150-17	-332	0.61
0050-44	50	542,550	3,922,800	604,650	3,983,400	1,242	1,212	0150-18	-270	0.68
0050-45	50	486,300	3,919,050	547,800	3,965,850	1,230	936	0150-18	-211	0.77
0050-46	50	432,750	3,928,800	490,350	3,959,100	1,152	606	0150-19	-251	0.71
0050-47	50	383,250	3,923,850	436,650	3,955,350	1,068	630	0150-19	-233	0.74
0050-48	50	306,000	3,977,550	363,900	4,030,350	1,158	1,056	0150-20	-200	0.79
0050-49	50	325,200	3,918,600	387,300	3,962,700	1,242	882	0150-20	-200	0.79
0050-50	50	279,900	3,921,150	332,400	3,960,150	1,050	780	0150-20	-180	0.84
0050-51	50	256,500	3,885,750	297,600	3,934,050	822	966	0150-21	-174	0.85
0050-52	50	216,000	3,847,350	261,000	3,898,350	900	1,020	0150-21	-144	0.94
0050-53	50	160,950	3,807,900	223,350	3,863,700	1,248	1,116	0150-22	-111	1.06
0050-54	50	108,750	3,801,450	163,050	3,861,450	1,086	1,200	0150-22	-137	0.96
0050-55	50	88,500	3,741,600	138,300	3,805,800	996	1,284	0150-23	-106	1.09

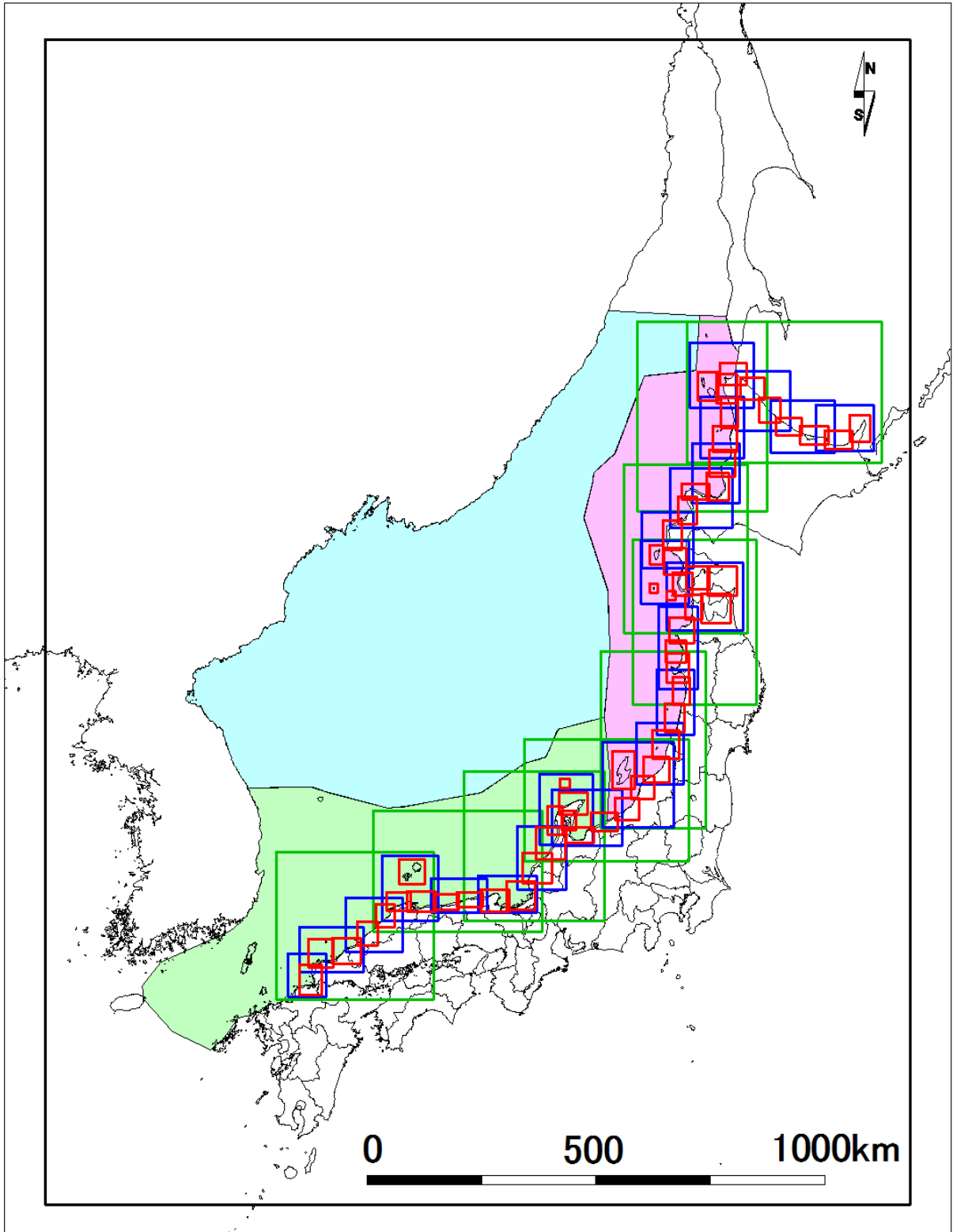
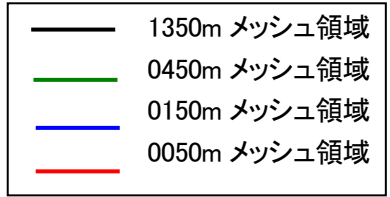
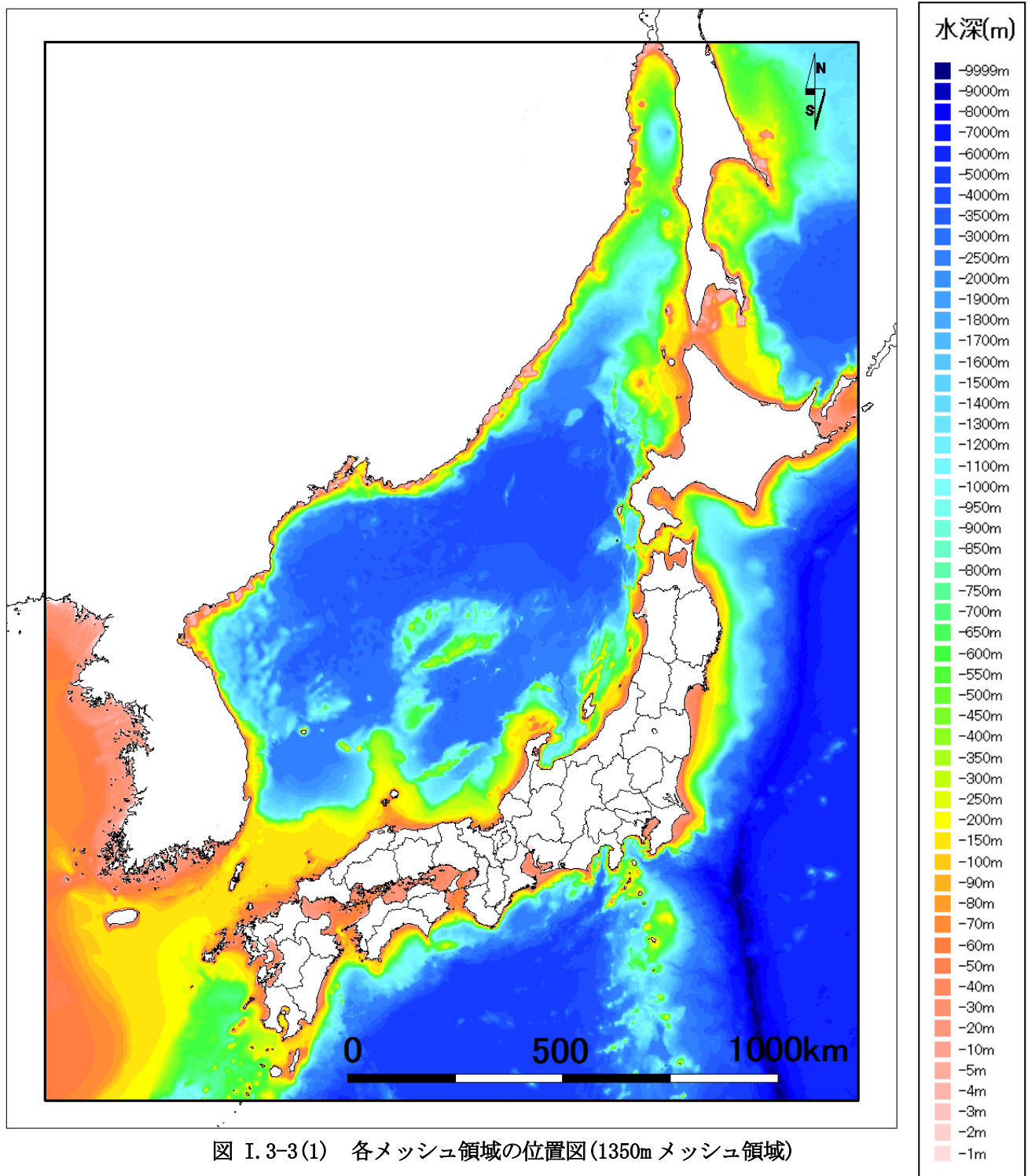


図 I. 3-2 各メッシュ領域の位置図





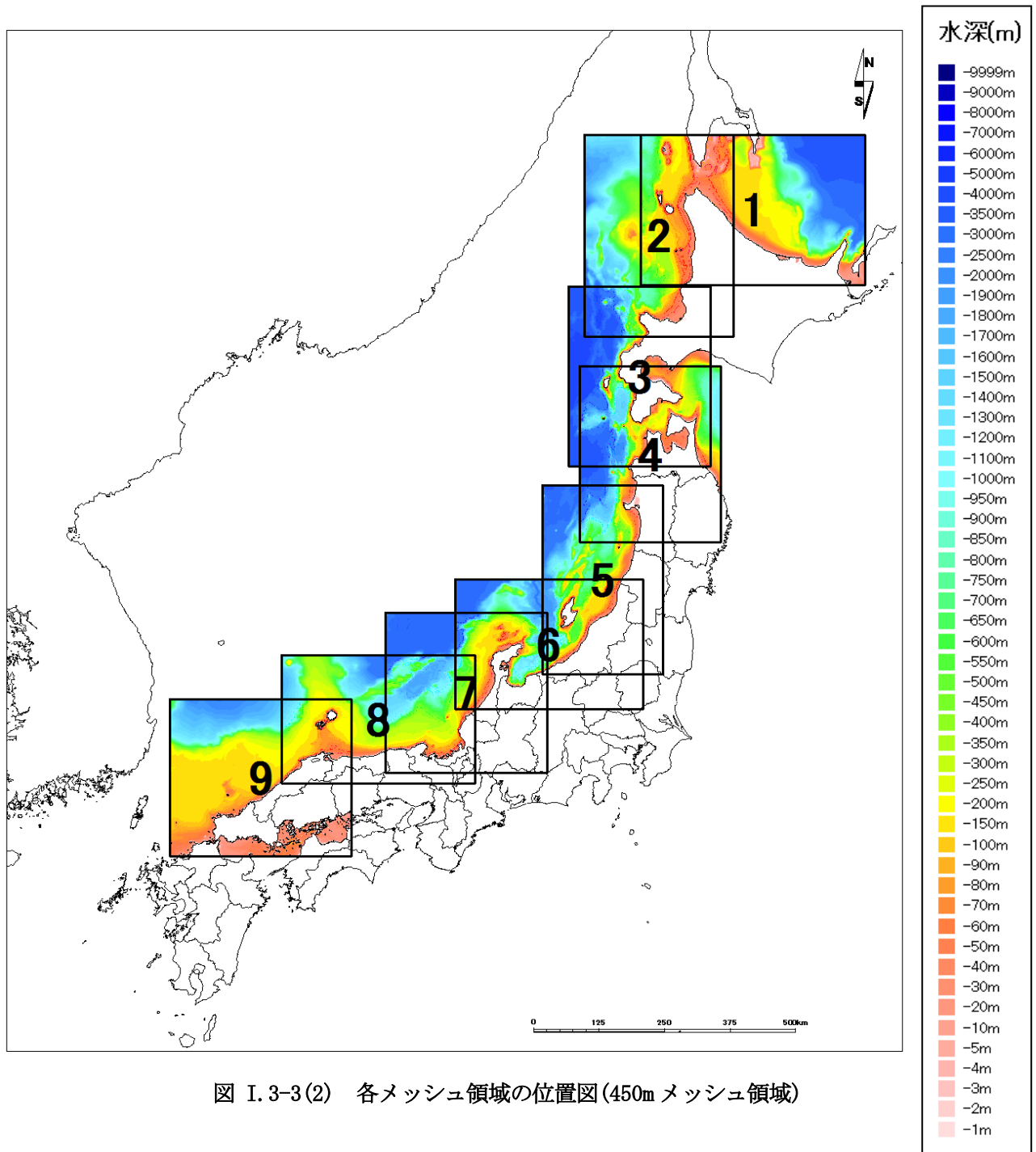
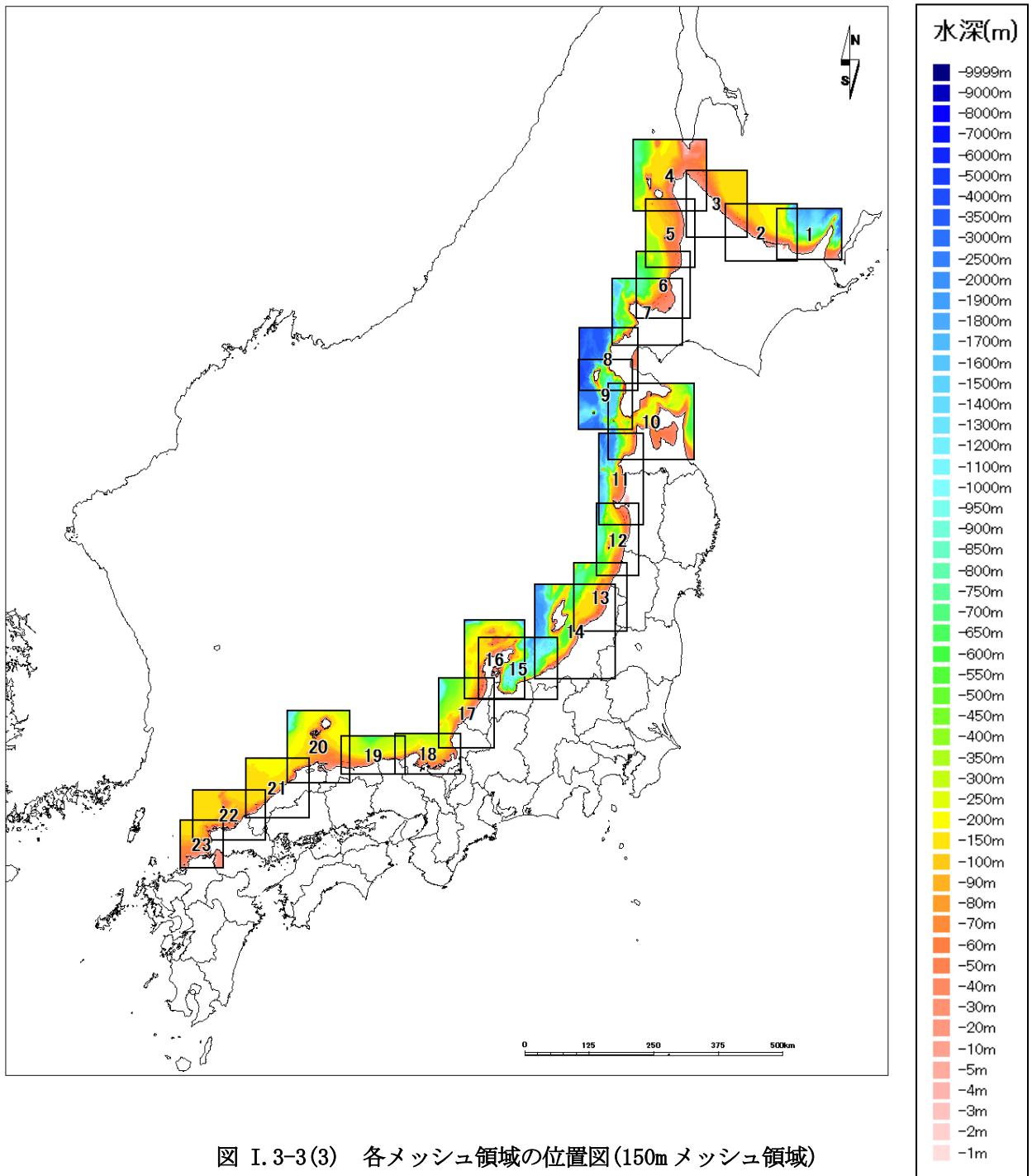


図 I. 3-3(2) 各メッシュ領域の位置図(450m メッシュ領域)



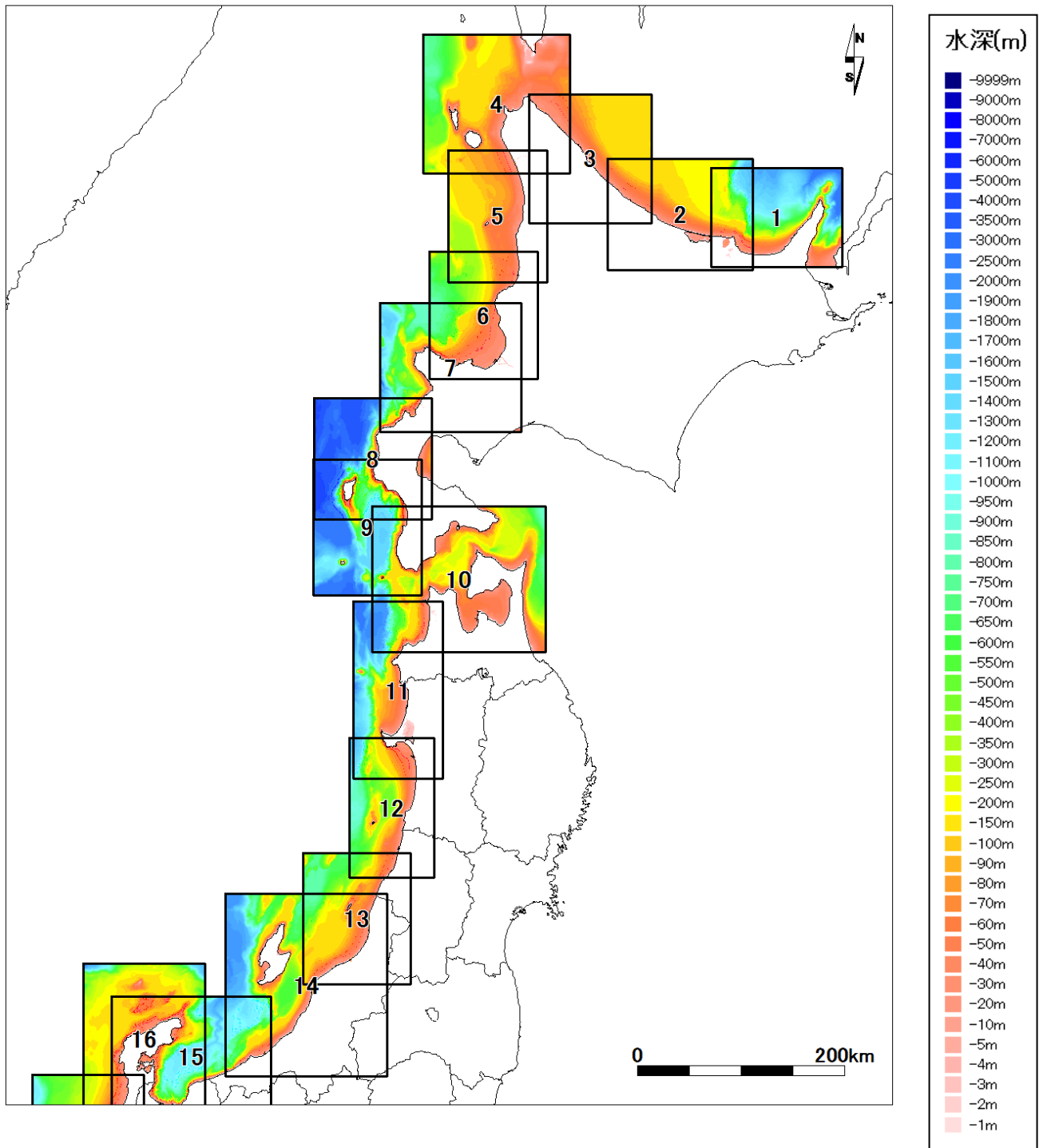
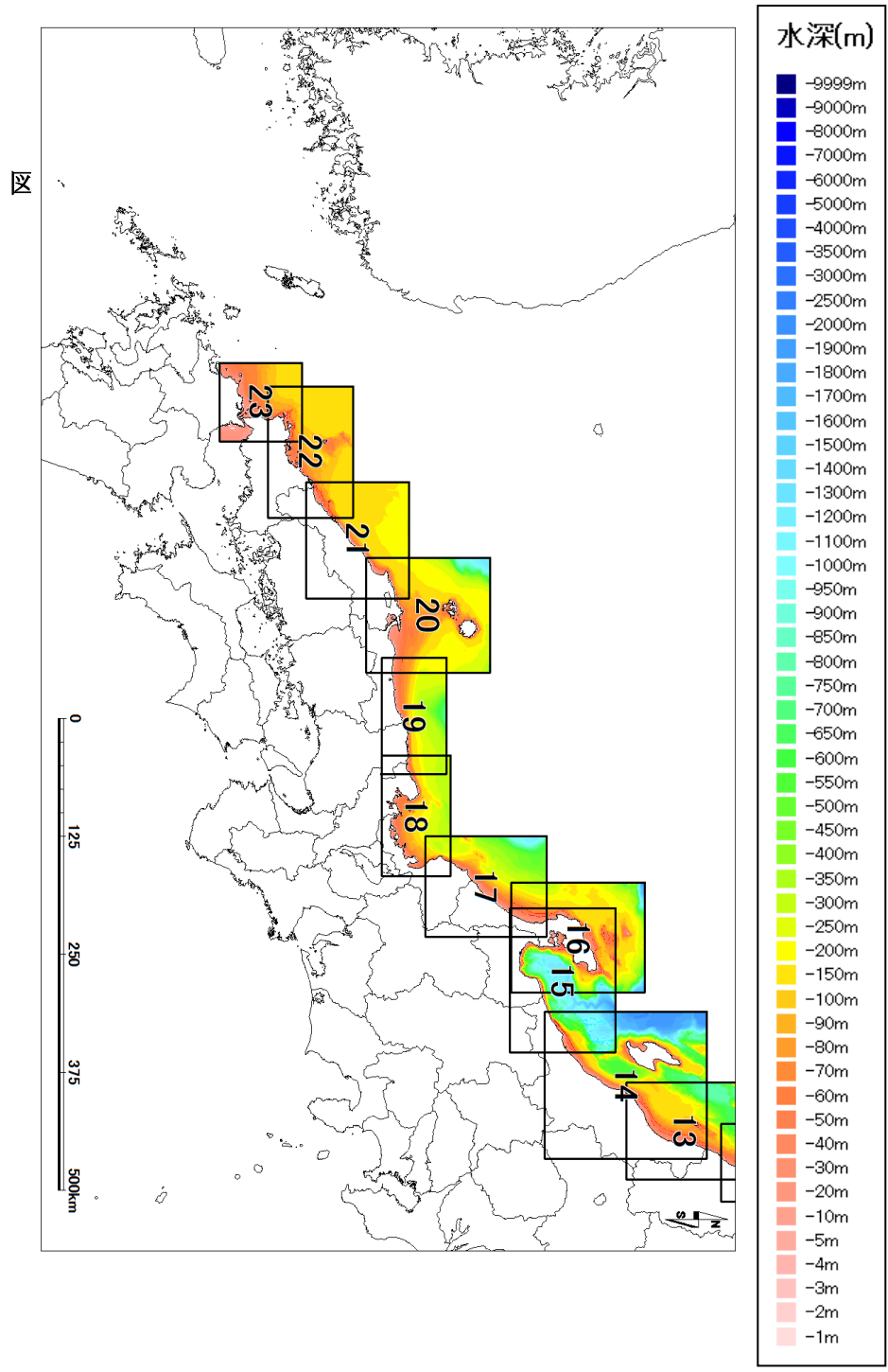


図 I. 3-3(3-1) 各メッシュ領域の位置図(150mメッシュ領域)



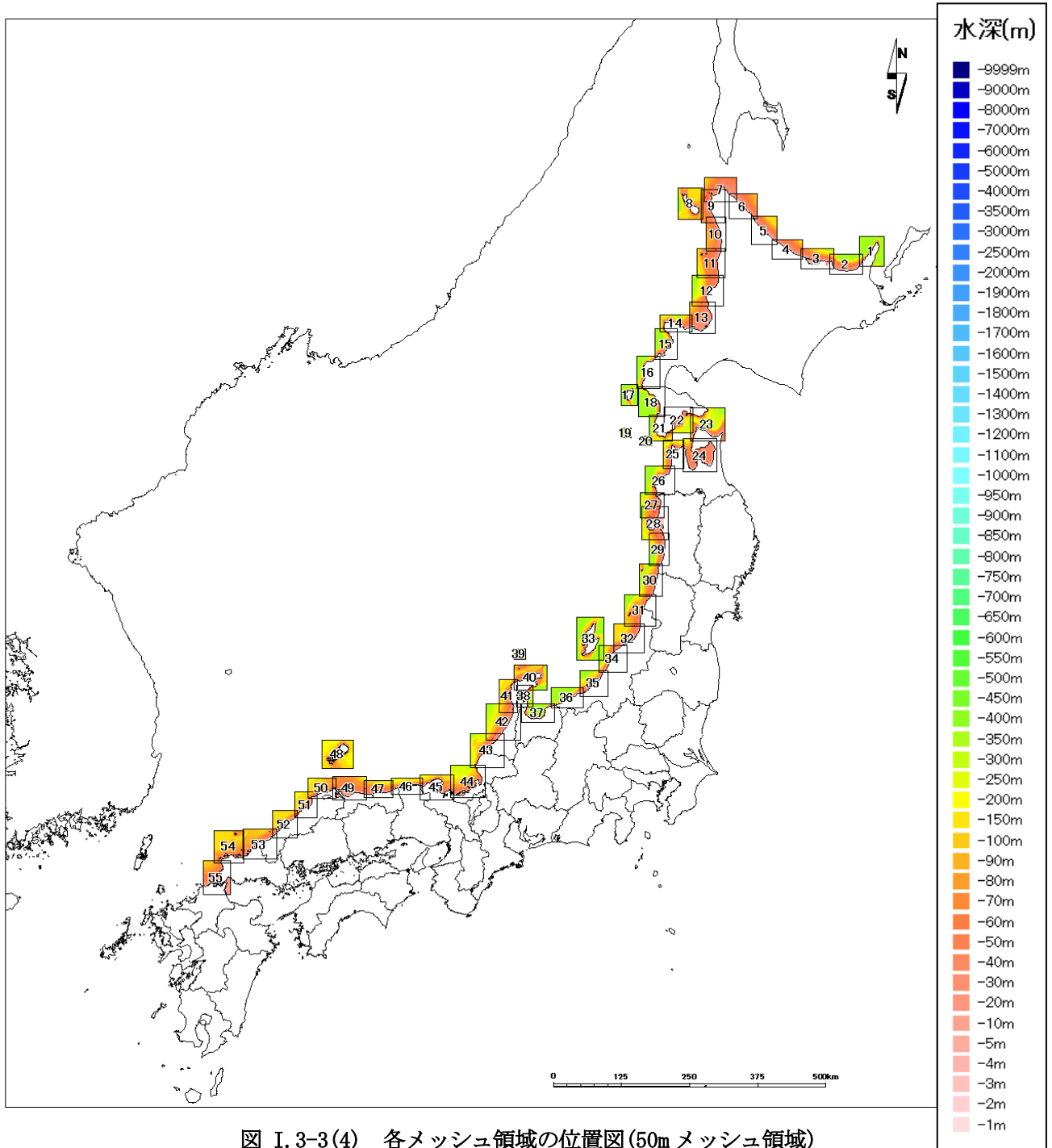


図 I.3-3(4) 各メッシュ領域の位置図(50mメッシュ領域)



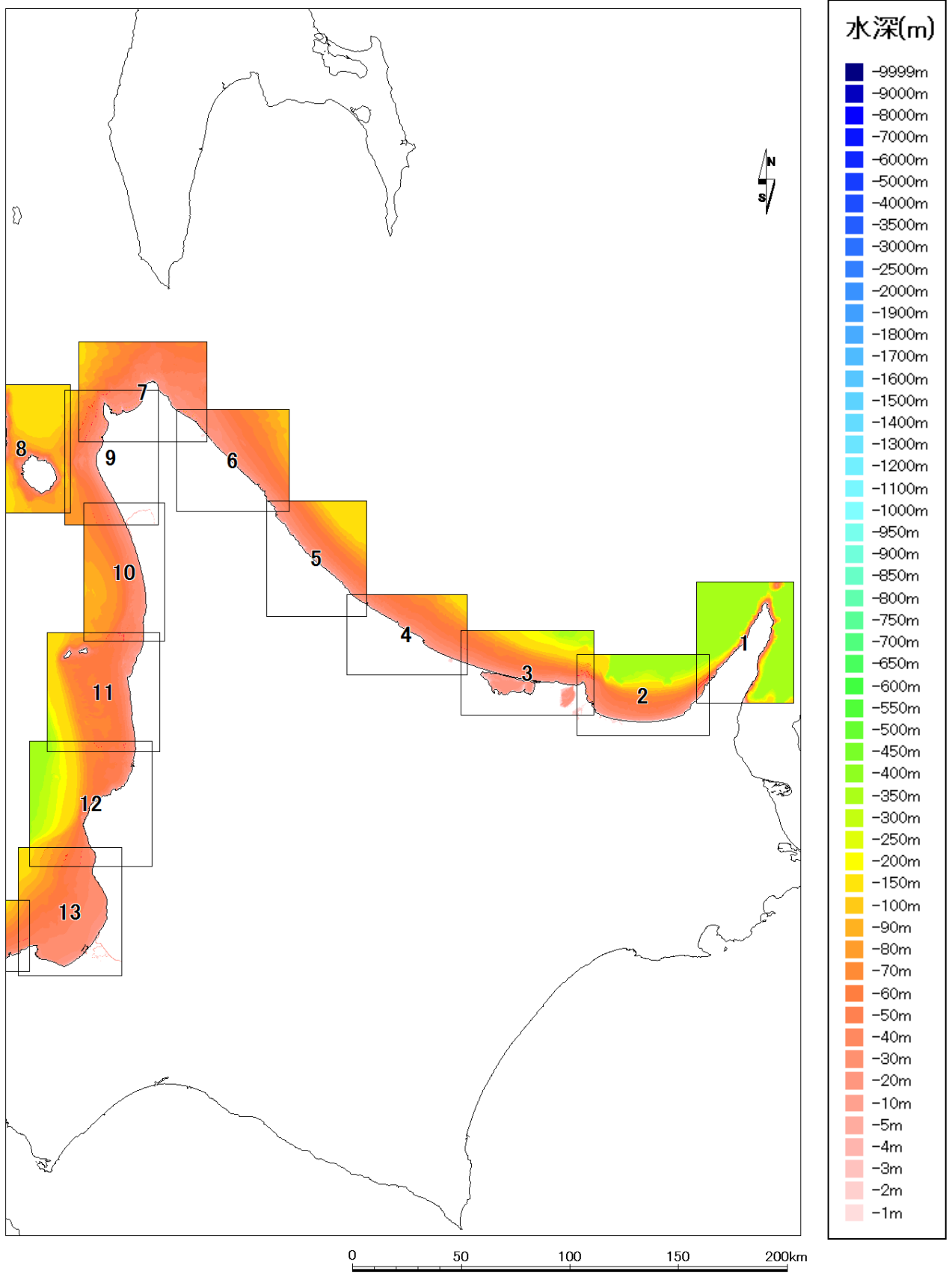


図 I.3-3(4-1) 各メッシュ領域の位置図(50mメッシュ領域)

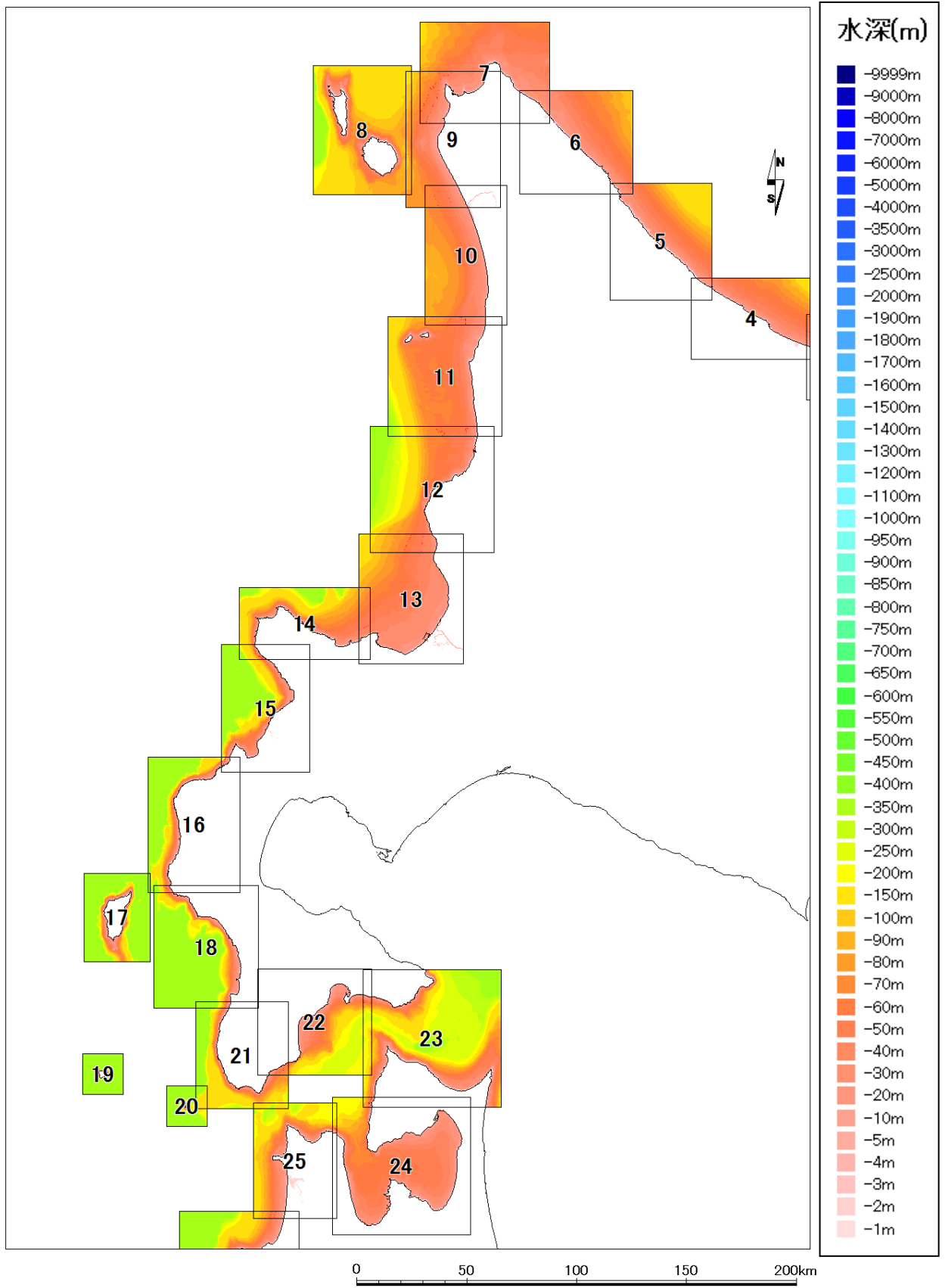


図 I.3-3(4-2) 各メッシュ領域の位置図(50mメッシュ領域)

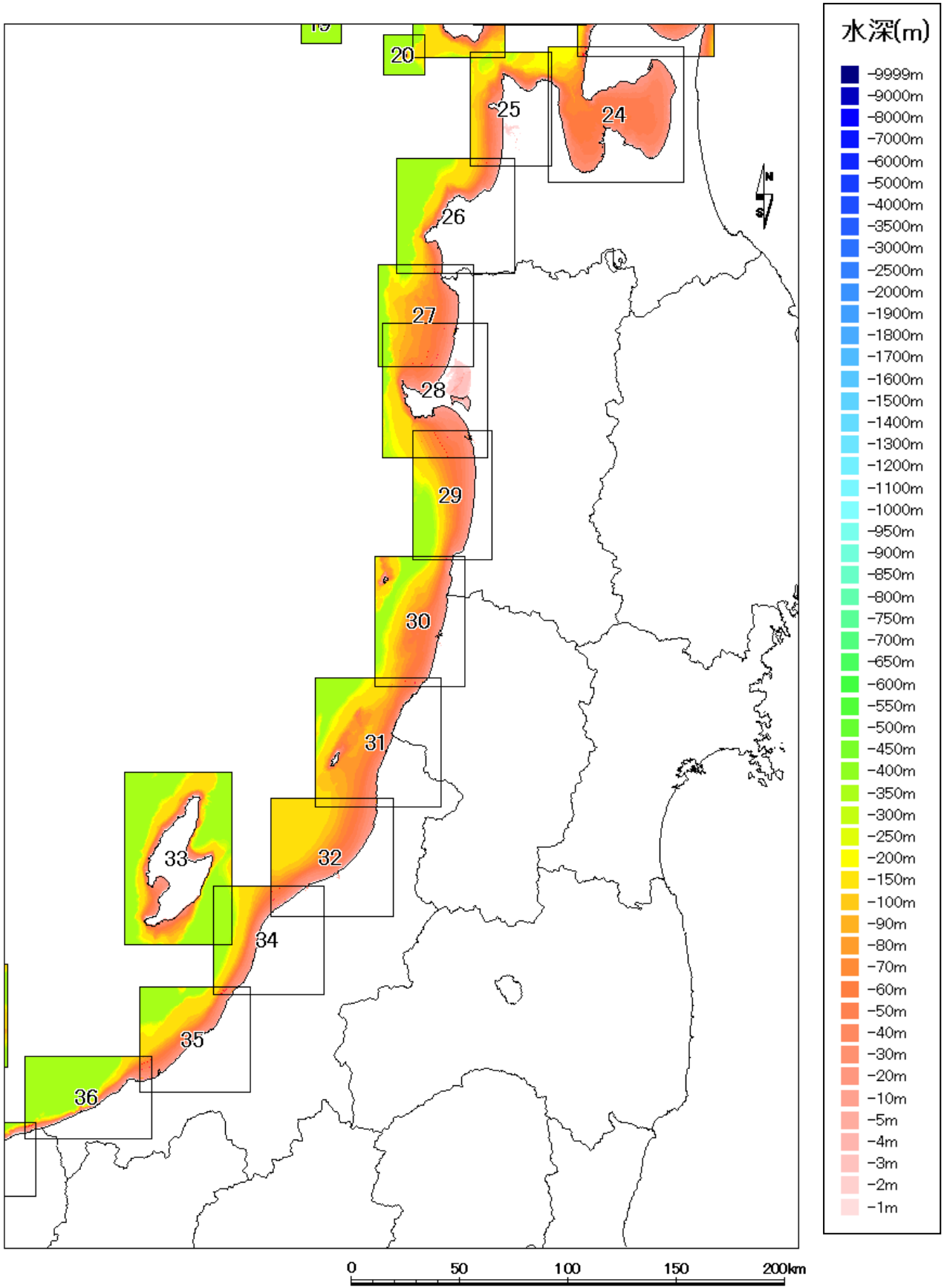
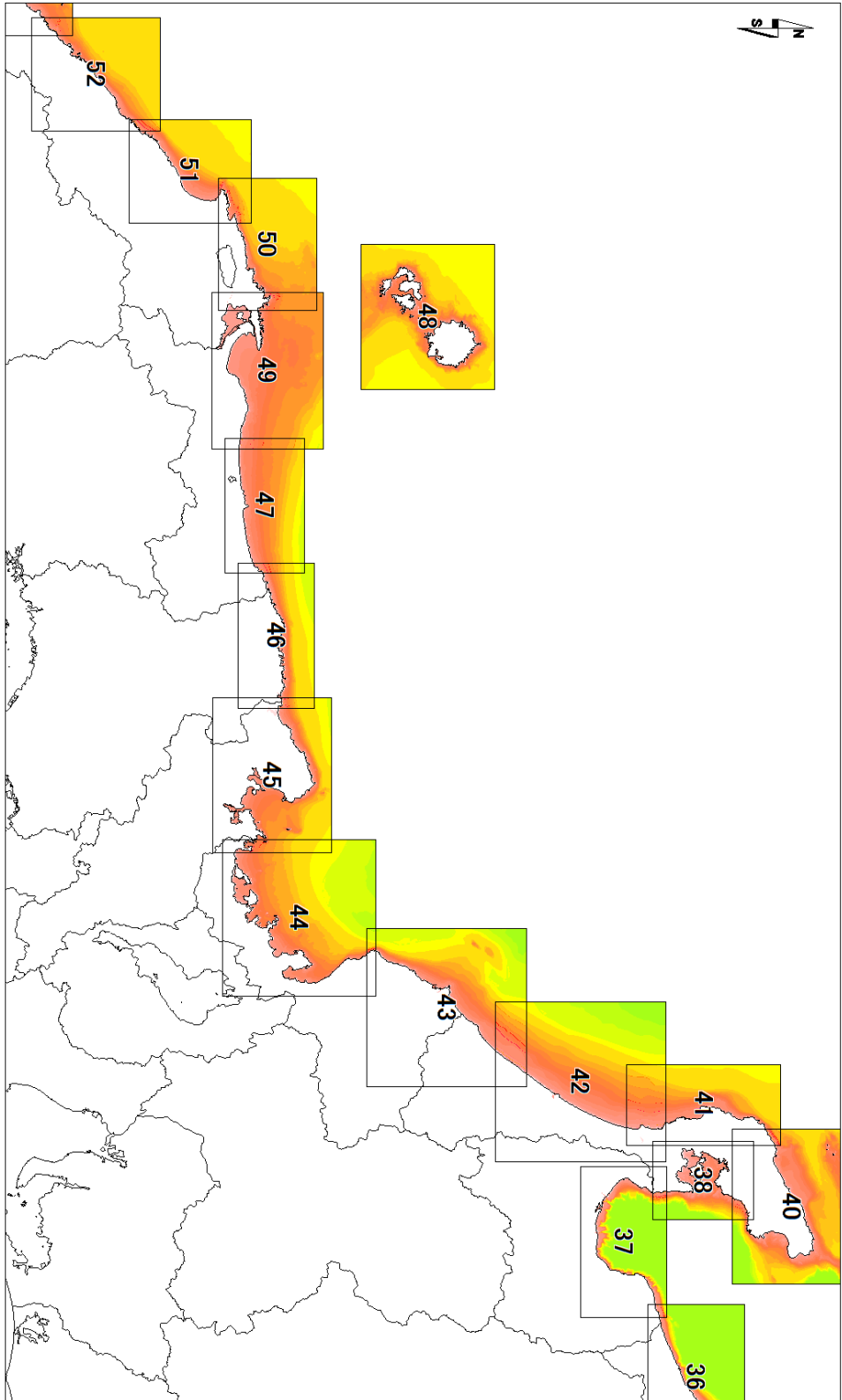


図 I.3-3(4-3) 各メッシュ領域の位置図(50mメッシュ領域)



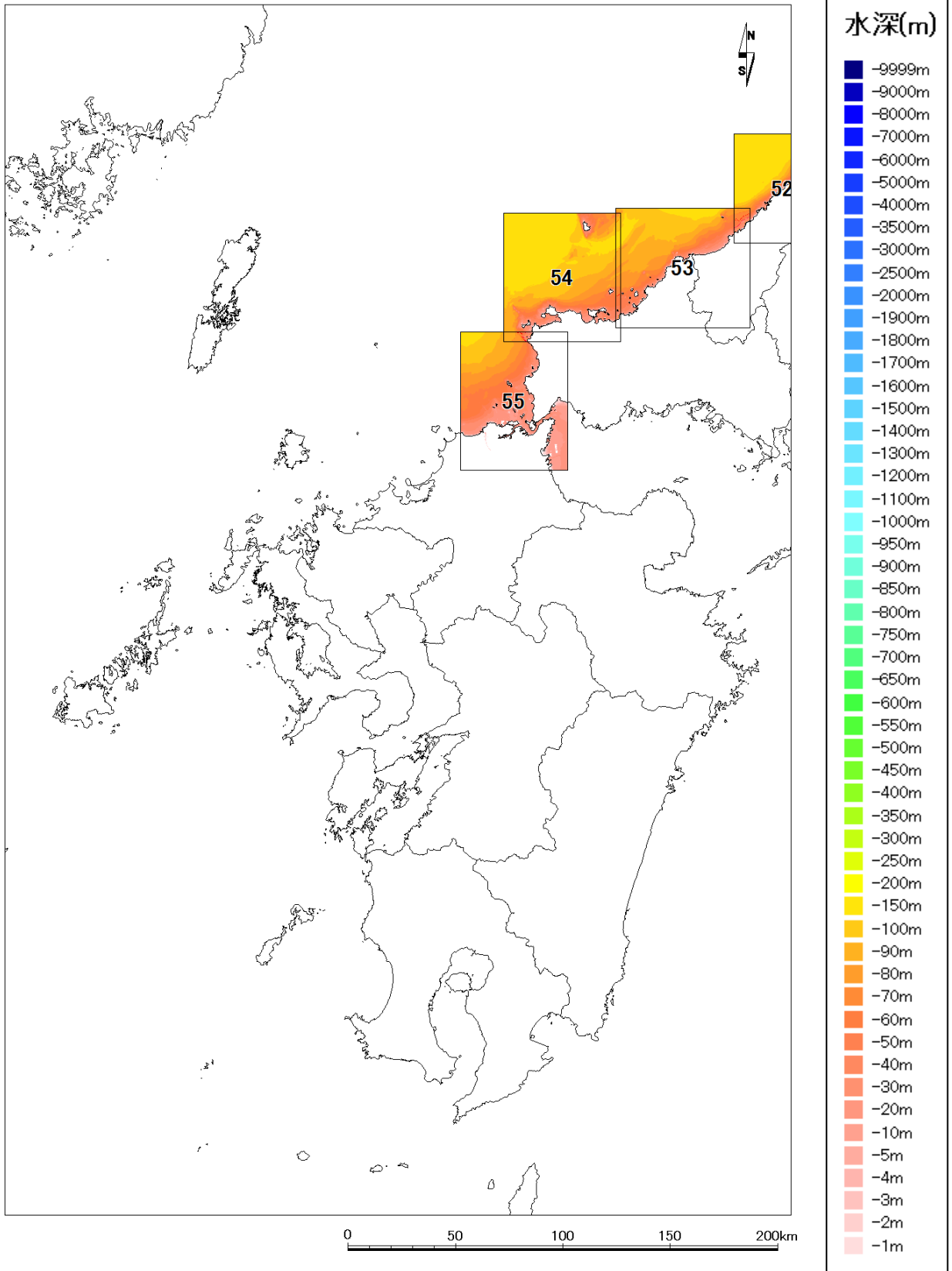


図 I. 3-3(4-5) 各メッシュ領域の位置図(50mメッシュ領域)

#### ④ 断層モデルパラメータの不確実性に関する既往研究事例の整理

##### a) 概要

海域における断層モデルの構築手法の検討においては、必要に応じて不確実性を含んだ断層モデルを構築することも検討する必要がある。そのため、これまでの研究事例において、海域における断層の位置、走向、傾斜、すべり角度、すべり量、発生層厚さから決まる断層幅等パラメータを目的に応じて検討した事例を収集し整理した。

##### b) 対象とする文献

対象とした文献を以下の表にまとめた。

表 I. 4-1 不確実性に関するレビューの対象とした文献

No	文献名	発行年	著者
地震 1	「全国を概観した地震動予測地図」 報告書	2009	地震調査研究推進本部 地震調査委員会
津波 1	原子力発電所の津波評価技術	2002/10	土木学会 原子力土木委員会
津波 2	確率論的津波ハザード解析の方法	2011/9	土木学会 原子力土木委員会
津波 3	原子力安全基盤調査研究 津波波源モデルの精度向上に関する研究	2010 年度	(独)原子力安全基盤機構

##### c) 整理の方法

該当文献から目的に応じて不確実性を持たせた断層パラメータに対するばらつきの設定方法及び地震動、津波波高等の結果に与える影響を抽出する。そのため、各文献において以下の各項目を整理することとする。

- 1) 不確実性を持たせた断層パラメータ
- 2) パラメータのふり幅（最大、最小）及び刻み幅
- 3) 結果に与えた影響度
- 4) その他

d) 既往文献事例

i) 地震1 「全国を概観した地震動予測地図」報告

「全国を概観した地震動予測地図」(地震調査推進研究本部地震調査委員会, 2009)は、日本全国の地震による強い揺れの危険性の評価を確率論的ハザード評価の手法を用いて実施したものであり、日本全国の範囲で様々な種類の地震を対象としたハザード評価として参考となる既往報告である。以下に、「全国を概観した地震動予測地図」において不確実性を持たせた断層パラメータとその取扱いについて説明する。

a) 不確実性を持たせた断層パラメータ

「全国を概観した地震動予測地図」では、地震の規模と震源の位置の不確実性の扱いについて、「震源断層を予め特定できる地震」と「震源断層を予め特定しにくい地震」で区別している。「震源断層を予め特定できる地震」は長期評価によって震源断層が特定された主要活断層帯で発生する地震や海溝型地震であり、規模や震源断層の位置を特定してハザード評価を行うが、断層パラメータの不確実性は陽には考慮されていない。一方で、「震源断層を予め特定しにくい地震」は活断層が知られていないところで発生する内陸の浅い地震や海溝型の中小地震などであり、地震の一つ一つについて事前に発生場所、規模、発生確率を特定することが困難であるため、地震群としての特徴を確率モデルで表現している。具体的には、あるマグニチュードの地震の発生確率を過去の観測記録から推定し、マグニチュード毎の発生確率がb値0.9のG-R則に従うものと仮定してマグニチュード毎に分配し、発生位置については特定の地域の範囲で空間的に均等な確率で発生するものとして確率を計算している。

一方で、「全国を概観した地震動予測地図」では、地震動強さを距離減衰式とそのばらつき(標準偏差)を用いて評価しているが、断層のメカニズム やアスペリティ分布などの不確実性が距離減衰式のばらつきの要因の一つとして扱われている。距離減衰式のばらつきの要因は、大きく次の3つに分けられる。

- ・サイト特性
- ・伝播経路特性
- ・震源特性

ばらつきの要因をそれぞれ定量的に評価することは困難である。そこで、サイト特性によるばらつきの検討として、2003年十勝沖地震を対象にしたばらつきの定量的検討でサイト補正を行った比較をしている。ここで「サイト補正」とは、観測地点ごとの観測記録と距離減衰式の推定値との比の平均値を「サイト係数」として、距離減衰式の推定値から差し引く補正である。サイト補正前のばらつきが常用対数標準偏差で約0.22であったのに対し、サイト補正後にはばらつきは約0.19となった。震源特性の不確実性に伝播経路特性の不確実性を加えた結果ではあるが、ばらつきの大きさは常用対数標準偏差で約0.19と評価された。

ii) 津波 1 原子力発電所の津波評価技術

土木学会の津波評価部会は平成 14 年の「原子力発電所の津波評価技術」(以下、土木学会, 2002)において、過去に海域で発生した地震に対する調査結果を取りまとめ、震源メカニズムのばらつきの大きさについて検討した上で、震源メカニズムの不確実性が津波計算結果にどの程度の違いを生むかを数値計算によるパラメータスタディを実施して検討した。ここでは、土木学会(2002)の調査結果を整理する。日本海溝-千島海溝及び日本海東縁部で過去に発生した地震の、既存断層パラメータのばらつきについての調査結果を表 I. 4-2 に示す。この結果を踏まえて断層パラメータの範囲を設定し、パラメータスタディを実施している。

表 I. 4-2 既存断層パラメータのばらつきの評価結果 (土木学会, 2002 より抜粋)

海域 大区分	海域小区分	萩原マップ で対応する 海域区分	解析対象 データ	データ 数	走向(°)		すべり方向(°)		すべり角(°)		傾斜角(°)	
					平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差
日本海溝 千島海溝 (南部)	千島海溝南部	41°N 以北	プレート間 逆断層地震 のハーバード解	43	222.3	14.1	304.3	10.8			21.7	6.4
	日本海溝北部	38~41°N		29	185.4	12.1	295.0	7.7			16.0	5.7
	日本海溝南部	35.3~38°N		14	204.2	13.5	292.3	12.2			21.1	5.1
日本海 東縁部	北部	40°N 以北	断層モデル	6(3)	-2.7	9.6			91.7	11.3	43.3	14.0
	南部	40°N 以南 138°E 以东		5(3)	25.2	6.3			96.0	13.4	57.0	6.7

(注)・日本海溝および千島海溝(南部)沿い海域では、ハーバード CMT による発震機構解(1976 年 1 月~2000 年 1 月に発生した  $M_w6.0$  以上、深さ 60km 以下の地震)を解析対象とした。  
 ・日本海東縁部では、発震機構解の節面の特定が困難であるため、津波の痕跡高を説明できる断層モデルのパラメータを用いてばらつきを評価した。  
 ・「すべり方向」は、スリップベクトルの水平投影が真北から時計回りになす角度である。  
 ・日本海東縁部のデータ数のうち括弧内の値は、走向に対して適用した 1 枚断層換算のモデル数である。  
 ・日本海東縁部(南部)の新潟地震モデルには Noguera and Abe (1992) を採用している。天保山形沖地震(1833)は沖合・沿岸近くの両モデルを採用している。  
 ・萩原マップは萩原尊禮編(1991)による。

a) 不確実性を持たせた断層パラメータ

断層パラメータの不確実性に関するパラメータスタディ(以下、パラスタと記す)は、次の 4 つの領域を対象に行われた。

- ・三陸沿岸(日本海溝沿い)
- ・熊野灘沿岸(南海トラフ沿い)
- ・日本海東縁部沿岸
- ・若狭湾沿岸

パラスタの実施手順は次の通りである。まず概略検討として断層の位置を動かしたパラスタを実施して、対象地域で最も厳しい津波水位の結果が得られる断層位置を特定する。次にその断層位置を基準として傾斜角・走向・すべり角などの断層パラメータを変えることにより、詳細検討のパラスタを実施する。最後に、詳細検討において最大となった水位が既往最大の痕跡高を包絡しているか調べ、十分大きな津波を想定できているかを考察する。数値計算における基礎方程式には非線形長波理論を用い、計算格子サイズは領域ごとに異なる。

以下では、詳細検討のパラスタについて領域ごとにパラメータのふり幅や結果に与えた影響度について記述する。

ア) 三陸沿岸でのパラスタ

三陸沿岸では図 I. 4-1 に示す 3 つの基準断層モデルを対象に概略検討のパラスタを実施し、その結果領域 4 の断層を最も南に置いたケースを対象に詳細検討のパラスタを実施した。表 I. 4-3 に基準断層の断層パラ



メータを示す。詳細検討では、「上端深さ」「走向」「傾斜角」を対象にして、次の条件でパラスタを実施した。最小格子サイズは80mである。

- 上端深さ : 0, 1, 2km
- 傾斜角 : 基準値 $\pm 5^\circ$
- 走向 : 基準値 $\pm 10^\circ$

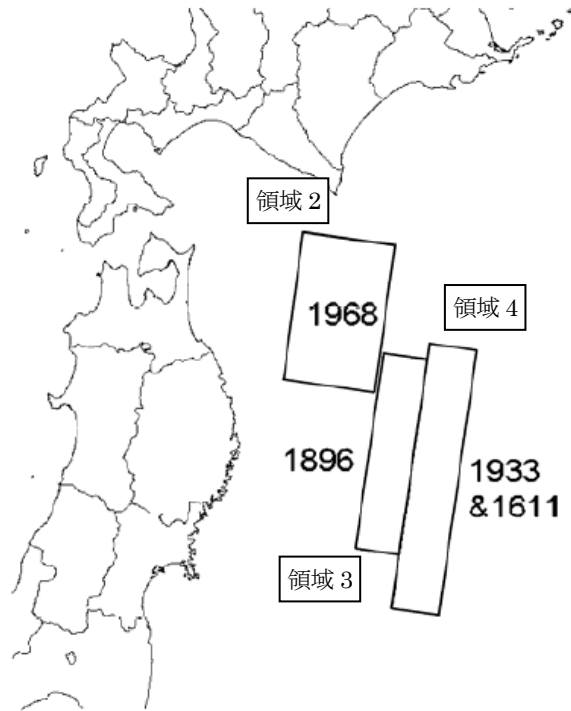


図 I.4-1 三陸沿岸での基準断層モデルの位置 (土木学会, 2002 より抜粋)

表 I.4-3 三陸沿岸での基準断層パラメータ一覧。詳細検討は領域4で実施。(土木学会, 2002 より抜粋)

領域番号	2	3	4
$M_w$	8.4	8.3	8.6
$L$ (km)	155	210	283
$W$ (km)	104	50	50
$d$ (km)	12	1	1
$D$ (m)	6.21	9.7	10.1
$\delta$ (°)	20	20	45
$\theta$ (°)	193	188	188
$\lambda$ (°)	80	75	270
領域に対応する既往最大地震津波	1968年	1896年	1933年 1611年

以上の3パラメータについて、パラメータの変動範囲における最大水位の最大値と最小値の比 ( $H_{max}/H_{min}$ ) の頻度分布図を図 I.4-2 に示す。頻度は全沿岸観測点の結果を加算したものである。

三陸沿岸でのパラスタでは、断層の走向の値が結果に与える影響度が最も大きく、上端深さの値は影響度が小さかった。3パラメータを全て変えて比較すると、最大で約2.7倍の違いが生じる。

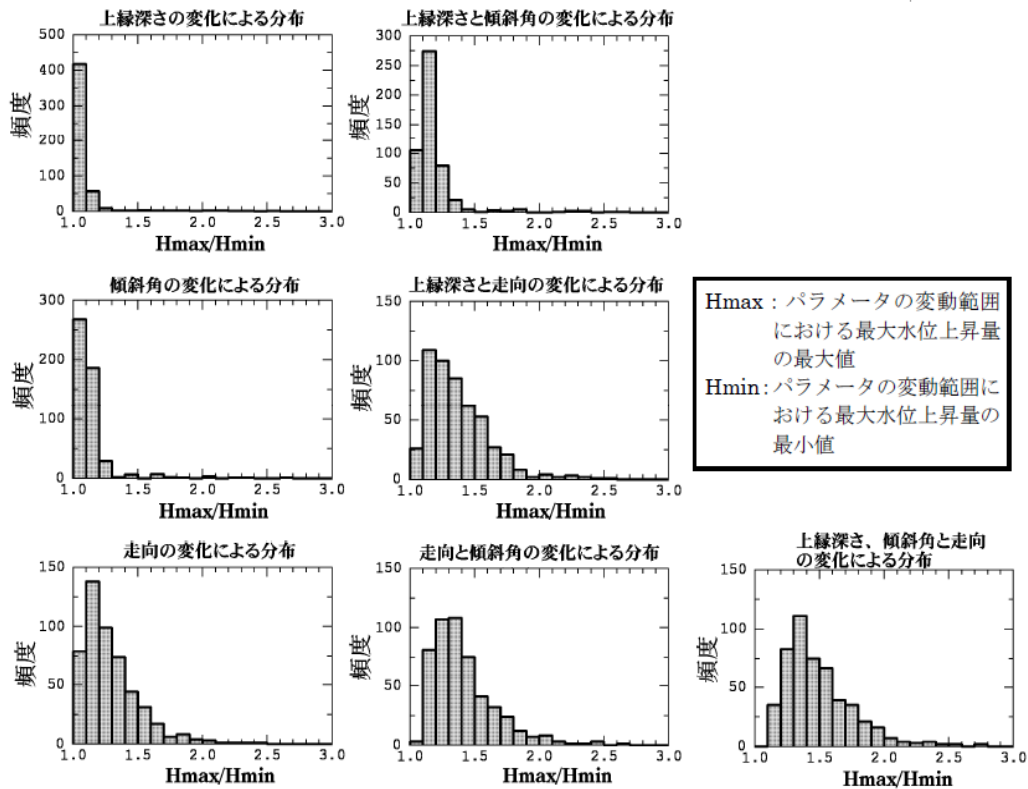


図 I.4-2 三陸沿岸でのパラスタ結果 (土木学会, 2002 より抜粋)

イ) 熊野灘沿岸のパラスタ

熊野灘沿岸では図 I.4-3 に示す4つの基準断層のセグメントを対象に、セグメントの組合せを変えた概略検討のパラスタを実施し、詳細検討ではN2とN3の組合せの断層で、N2の断層パラメータ「傾斜角」「走向」「すべり角」を変化させた。表 I.4-4 に熊野灘の4つのセグメントの断層パラメータを示す。最小格子サイズは100mである。パラメータの変動範囲は次の通りである。

- ・傾斜角 : 5°, 7.5°, 10°, 12.5°, 15°
- ・走向 : 基準値±10°

・すべり角 : 基準値±10°

表 I.4-4 熊野灘沿岸における断層セグメントの基準断層パラメーター一覧 (土木学会, 2002 より抜粋)

セグメント	$M_w$	長さ (km)	幅 (km)	すべり 量(cm)	走向 (°)	傾斜 角(°)	すべり 角(°)	断層面 上縁深さ (km)
N1	8.1	120	50	596	193	20	71	5
N2	8.5	205	100	691	246	10	113	5
N3	8.4	155	100	646	251	12	113	8
N4	8.5	125	120	944	250	8	113	11

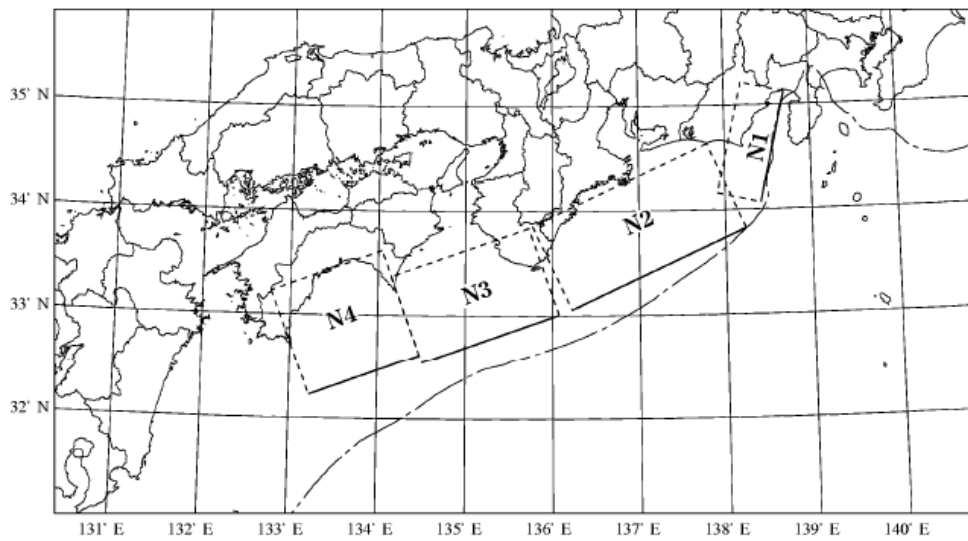


図 I.4-3 熊野灘沿岸における断層セグメントの位置 (土木学会, 2002 より抜粋)

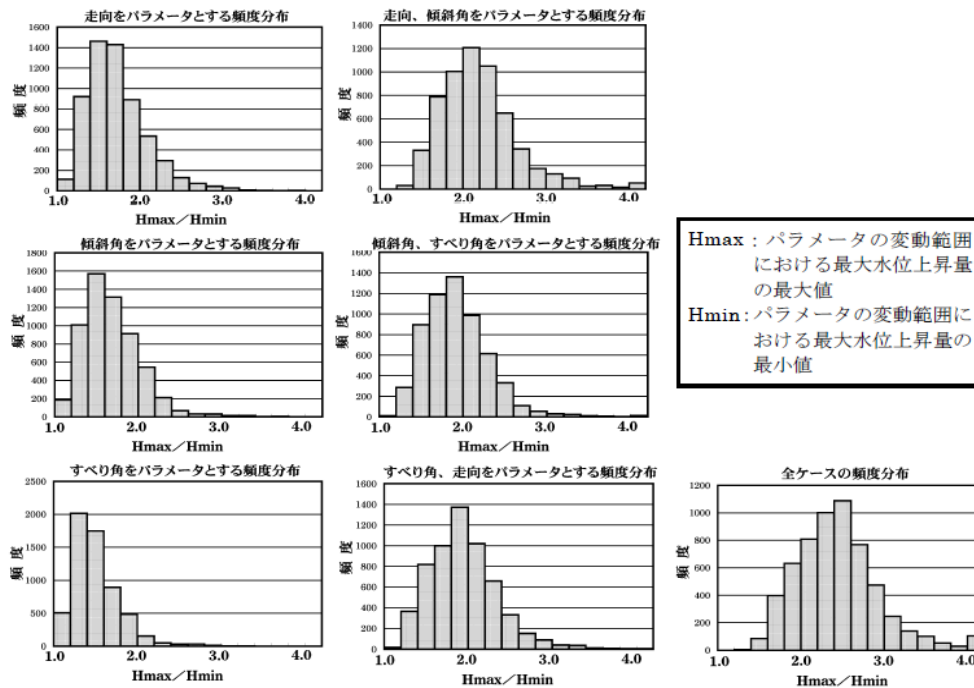


図 I.4-4 熊野灘でのパラスタ結果（土木学会，2002 より抜粋）

3つの断層パラメータについて、パラメータの変動範囲における最大水位の最大値と最小値の比 ( $H_{max}/H_{min}$ ) の頻度分布図を図 I.4-4 に示す。

熊野灘沿岸でのパラスタでは、走向と傾斜角の値が結果に与える影響度が大きく、観測点によっては約3倍の違いが生じる。3パラメータを全て変えて比較すると、最大で約4倍の違いが生じる。

ウ) 日本海東縁部沿岸のパラスタ

日本海東縁部沿岸では、図 I.4-5 及び表 I.4-5 に示す基準断層を対象に詳細検討のパラスタを実施した。「上端深さ」「傾斜角」「走向」を対象にして次の条件でパラスタを実施した。最小格子サイズは200mである。

- ・ 上端深さ : 0, 2.5, 5km
- ・ 傾斜角 : 45°, 52.5°, 60°
- ・ 走向 : 基準値±10°

表 I.4-5 日本海東縁部沿岸での基準断層パラメータ (土木学会, 2002 より抜粋)

走向 (°)	3°
$d$ (km)	0
$D$ (m)	9.44
$\delta$ (°)	60
傾斜方向	東傾斜
$\lambda$ (°)	90

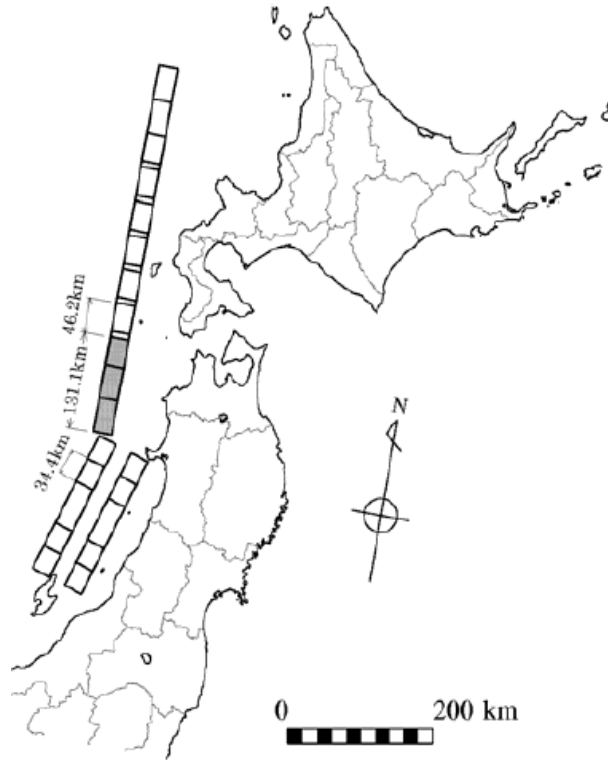


図 I.4-5 日本海東縁部沿岸の基準断層モデル設定位置 (土木学会, 2002 より抜粋)

パラメータの変動範囲における最大水位の最大値と最小値の比 ( $H_{max}/H_{min}$ ) の頻度分布図を図 I.4-6 示す。走向の値が結果に与える影響度が最も大きく、最大で約 2 倍の違いが生じる。3 パラメータ全てを変えた場合には、最大で約 2.8 倍の違いが生じる

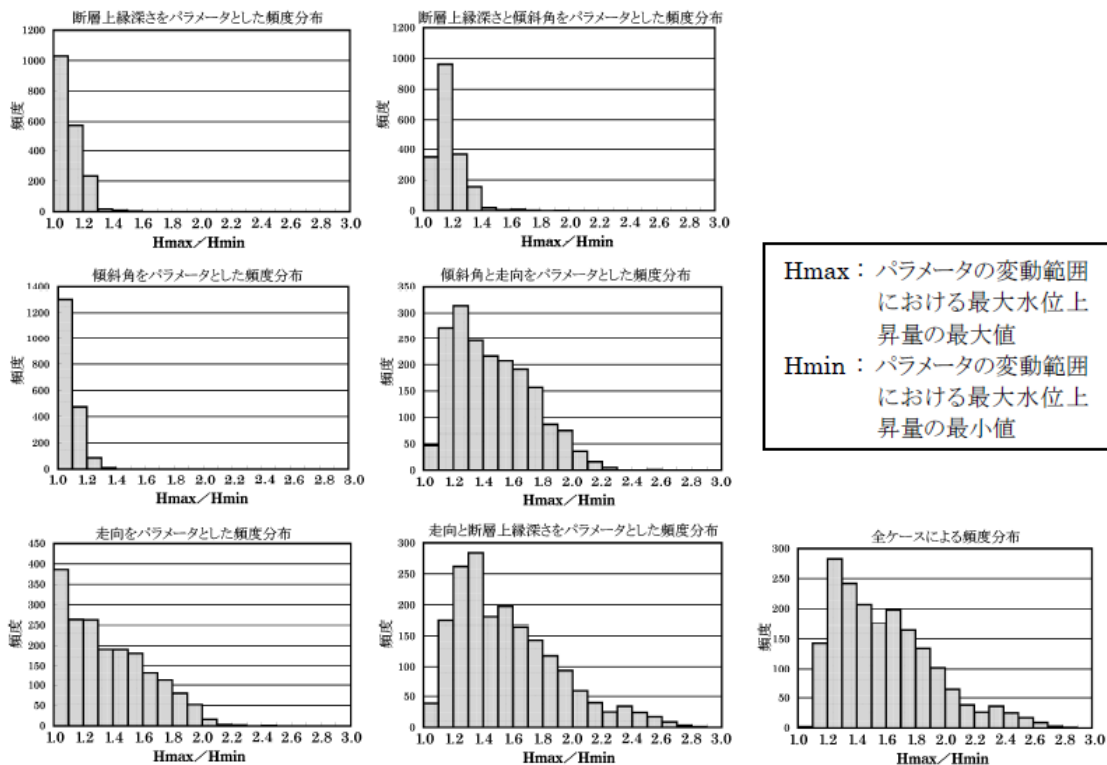


図 I.4-6 日本海東縁部沿岸でのパラスタ結果 (土木学会, 2002 より抜粋)

エ) 若狭湾沿岸のパラスタ

若狭湾沿岸では、図 I.4-7 I.4-7 及び表 I.4-6 に示す基準断層を対象に概略検討のパラスタを実施し、このうち最も厳しい結果が得られた表 I.4-7 に示す断層パラメータのケースで詳細検討のパラスタを実施した。対象とした断層パラメータは次の3つである。最小格子サイズは200mである。

- ・ 上端深さ : 0, 2.5, 5km
- ・ 傾斜角 : 75°, 82.5°, 90°
- ・ すべり角 : 75°, 90°, 105°

概略検討パラスタと詳細検討パラスタの最大水位上昇量の最大値の比較結果を図 I.4-8 に示す。地点によっては詳細検討パラスタの最大値が5%程度上回ることもあるが、全体的に上記の3パラメータを変えることによる結果への影響度は小さかった。

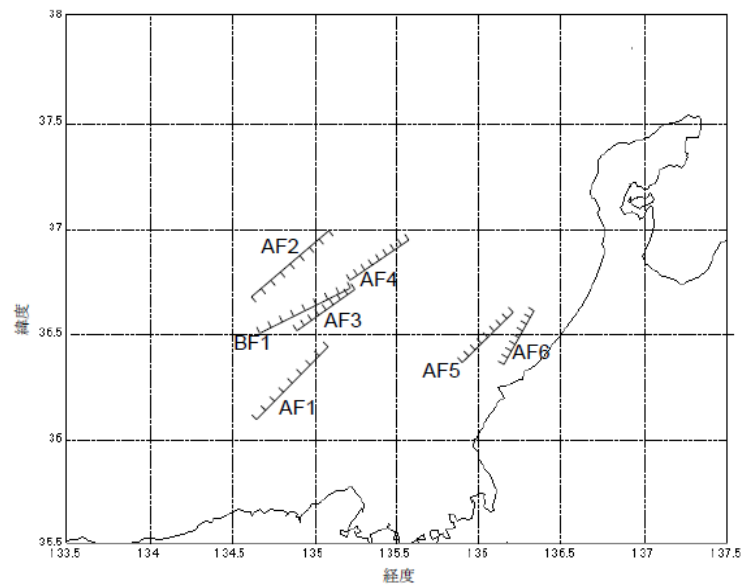
表 I. 4-6 若狭湾での基準断層モデルのパラメータ一覧 (土木学会, 2002 より抜粋)

断層	AF1			AF2			AF3			AF4		
$M_w$	7.29			7.29			7.09			7.09		
$L$ (km)	50			50			35			35		
$W$ (km)	$15/\sin\delta$			$15/\sin\delta$			$15/\sin\delta$			$15/\sin\delta$		
$d$ (km)	0			0			0			0		
$\theta$ (°)	45			230			55			56		
$\delta$ (°)	90	67.5	45	90	67.5	45	90	67.5	45	90	67.5	45
$\lambda$ (°)	105-180	110-170	110-160	110-180	120-180	120-170	120-180	125-180	125-180	120-180	125-180	125-180
$D$ (m)	4.16	3.87	2.94	4.16	3.87	2.94	2.91	2.69	2.06	2.91	2.69	2.06

断層	AF5			AF6			BF1		
$M_w$	7.09			7.00			7.29		
$L$ (km)	35			30			50		
$W$ (km)	$15/\sin\delta$			$15/\sin\delta$			$15/\sin\delta$		
$d$ (km)	0			0			0		
$\theta$ (°)	46			30			64		
$\delta$ (°)	90	67.5	45	90	67.5	45	90	67.5	45
$\lambda$ (°)	105-180	110-175	115-160	90-125	90-135	90-135	130-180	140-180	140-180
$D$ (m)	2.91	2.69	2.06	2.49	2.3	1.76	4.16	3.87	2.94

表 I. 4-7 若狭湾での詳細検討の基準断層パラメータ (土木学会, 2002 より抜粋)

断層	AF1
$M_w$	7.3
$L$ (km)	50
$W$ (km)	$15/\sin\delta$
$d$ (km)	0
$D$ (m)	4.16
$\delta$ (°)	90
$\theta$ (°)	45
$\lambda$ (°)	105



AF1~AF6: 活断層研究会編 (1991)による。  
 BF1: 通商産業省工業技術院地質調査所編 (1992)による。

図 I. 4-7 若狭湾での基準断層モデル設定位置 (土木学会, 2002 より抜粋)

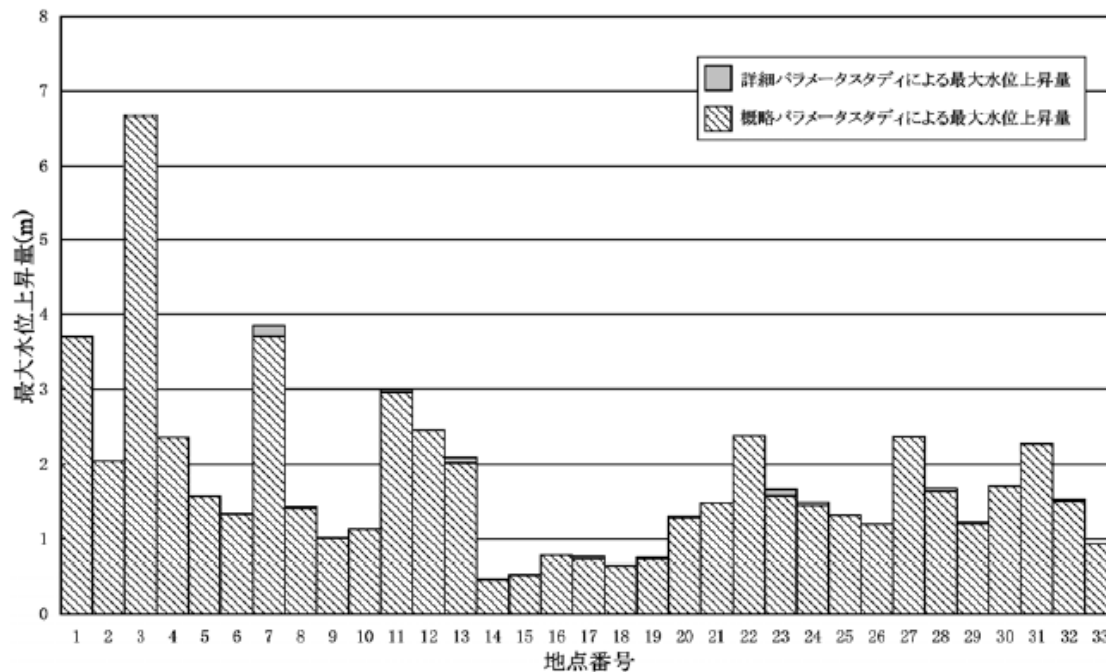


図 I.4-8 若狭湾での概略検討パラスタと詳細検討パラスタの最大値の比較（土木学会，2002 より抜粋）

以上の4つの領域におけるパラスタの結果を以下にまとめる。

b) パラメータのふり幅(最大、最小)及び刻み幅

表 I.4-8 断層上端深さ (km)

	最小値	最大値	ふり幅	刻み幅
三陸沿岸	0	2	±1	1
熊野灘沿岸	—	—	—	—
日本海東縁部沿岸	0	5	±2.5	2.5
若狭湾沿岸	0	5	±2.5	2.5

表 I.4-9 傾斜角 (°)

	最小値	最大値	ふり幅	刻み幅
三陸沿岸	40	50	±5	5
熊野灘沿岸	5	15	±5	2.5
日本海東縁部沿岸	45	60	±7.5	7.5
若狭湾沿岸	75	90	±7.5	7.5

表 I.4-10 走向 (°)

	最小値	最大値	ふり幅	刻み幅
三陸沿岸	178	198	±10	10



熊野灘沿岸	236	256	±10	10
日本海東縁部沿岸	-7	13	±10	10
若狭湾沿岸	—	—	—	—

表 I.4-11 すべり角(°)

	最小値	最大値	ふり幅	刻み幅
三陸沿岸	—	—	—	—
熊野灘沿岸	103	123	±10	10
日本海東縁部沿岸	—	—	—	—
若狭湾沿岸	75	105	±15	15

c) 結果に与えた影響度

4領域全体の傾向として、走向が最も大きく結果に影響を与えていた。走向についてのパラスタを行わなかった若狭湾沿岸では、走向以外の3パラメータを変えても結果に大きな違いは生じなかった。

なお、パラスタ結果の最大値と最小値の比較のみのため、標準偏差などのばらつきの定量的な検討は行われていない。

d) その他

本文献での検討は、最小格子サイズが80m~200mであり、地形が複雑な沿岸での津波計算の精度が低い点を留意する必要がある。

### iii) 津波2 確率論的津波ハザード解析の方法

土木学会(2011)による「確率論的津波ハザード解析の方法」では、地震動について行われてきた確率論的ハザード解析の手法を津波被害に対して適用する方法の提案をしている。以下に、確率論的津波ハザード解析で提案された不確実性の扱い方について記す。

まず、確率論的津波ハザード解析は不確実性を「偶然的ばらつき」と「認識論的不確定性」とに分けて考えている。偶然的ばらつきは、現実存在しているが現状では予測不可能と考えられるものであり、ハザード評価においてばらつきとして一本のハザード曲線で評価される。認識論的不確定性は、研究が進展すれば確定できるが現状では予測不可能なものと考えられる不確実性である。これに対しては、判断が分かれる事項(分岐)に関して複数の選択肢を設定し、各分岐に重み付けすることで重みの異なる複数のハザード曲線群を算出して評価する、「ロジックツリー手法」を用いる。

ロジックツリー手法を用いる場合、考慮する地震の数が多くなると分岐の組合せの数が膨大となり現実的に解析が不可能となる場合が多い。そこで土木学会(2011)では、分岐の組合せを求める際に乱数を用い、各分岐の重みによってサンプルして必要な数のハザード曲線群を作成し統計処理する、「モンテカルロ手法」をとっている。モンテカルロ手法を用いることで、離散的な分岐でなくても、連続的分布の分岐から確率によって組み合わせを求めることができる。

土木学会(2011)は確率論的津波ハザード解析の手法の提案を主にするものであり、ケーススタディとして三陸北部の震源域による津波ハザード評価例を示しているが、断層パラメータの不確実性が津波高さに与える影響のパラメータスタディなどは特に行っていない。断層パラメータの不確実性の扱い方としては、日本海東縁部海域、海域活断層、大地震以外の地震(背景的地震)でのハザード評価方針を示している。断層パラメータの不確実性は基本的に認識論的不確定性に分類され、連続的分布の分岐に対してモンテカルロ手法によるサンプリングで評価する、としている。

以下では、日本海東縁部海域、海域活断層、背景的地震についての、断層パラメータの不確実性の扱いについてまとめる。なお、津波水位の計算を伴うパラスタは実施されていないため、「c) 結果に与えた影響度」の項目は該当しない。

a) 不確実性を持たせた断層パラメータ

ア) 日本海東縁部海域

地震調査研究推進本部「日本海東縁部の地震活動の長期評価について」(2003)等の知見を基に断層パラメータの基準値を設定し、

- ・ 傾斜角
- ・ 傾斜方向
- ・ 走向

の3項目に対し不確実性を考慮する。その他の断層パラメータの設定方法一覧を表 I. 4-12 に示す。

表 I. 4-12 日本海東縁部海域の断層パラメータ設定方法 (土木学会, 2011 より抜粋)

断層長さ	スケーリング則に基づき, $M_w$ から求める。
幅	地震発生層の厚さ(15km)を考慮し傾斜角に応じて決める。
すべり量	$\log M_0(N \cdot m) = 1.5M_w + 9.1$ , $D = M_0 / \mu LW$ により算出する。
上縁深さ	0km とする。
走向	海底地形の走向に基づき設定する。
傾斜角	30~60° とする。西傾斜と東傾斜の双方を考慮する。
すべり角	90° とする。
剛性率	$3.5 \times 10^{10} (N/m^2)$ とする。
スケーリング則 1	幅 (地震発生層厚さ) に上限あり。 スケーリングの変曲点を境に, $M_w$ が大きいとき武村(1998)の関係 $\log L(km) = 0.75M_w - 3.77$ , $L \propto D, W = const.$ が, $M_w$ が小さいとき $W = \frac{2}{3}L, L \propto W \propto D$ の関係が成り立ち, 両者が連続的に接続するものとする。
スケーリング則 2	推本の地震動予測手法 (「レシビ」) などで用いられる $M_0[N \cdot m] = (S[km^2] / 4.24 \times 10^{-11})^2 \times 10^{-7}$ (Wells and Coppersmith(1994)などのデータに基づく入倉・三宅 (2001) の提案式, 地震モーメント $7.5 \times 10^{18} N \cdot m$ 以上の地震に適用する) を適用する。

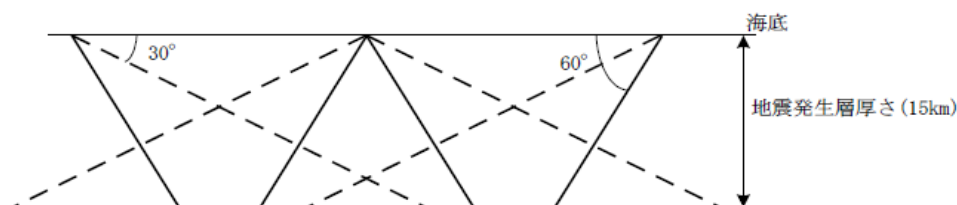


図 I. 4-9 日本海東縁部海域における鉛直断面内の断層パターン (土木学会, 2011 より抜粋)

イ) 海域活断層

個々の海域活断層に関する情報や地震動評価との整合性を踏まえることが必要であるため、断層の長さや走向といった断層パラメータは調査による情報に則って設定し、次の4つの断層パラメータの不確実性を考慮する。

- ・断層上端深さ
- ・傾斜角
- ・すべり角
- ・傾斜方向

#### ウ) 背景的地震

背景的地震の断層パラメータは、地震動評価と同じ位置に断層の中心を設定し、以下の4つの断層パラメータについては、周辺断層のパラメータを基準値として不確実性を考慮し、設定する。

- ・断層上端深さ
- ・傾斜角
- ・すべり角
- ・走向

#### b) パラメータのふり幅(最大、最小)及び刻み幅

##### ア) 日本海東縁部海域

- ・傾斜角

30~60° の一様分布とする。

- ・傾斜方向

西傾斜と東傾斜を考える。分岐の確率は両方で等しいものとする。

- ・走向

活動域の走向に対して±20° の範囲にほぼすべての地震が含まれることを前提に、標準偏差の範囲を活動域主軸の走向±10° とする。確率分布形状は正規分布とする。

##### イ) 海域活断層

- ・断層上端深さ

0~5km の一様分布とする。

- ・傾斜角

西南日本では45~90°、中越地方では30~60° の切断正規分布とする。

- ・すべり角

広域応力場から断層毎に範囲を設定する。確率分布は一様分布とする。

- ・傾斜方向

褶曲のように傾斜方向が未知の場合には両方向を設定し、等確率とする。

##### ウ) 背景的地震

- ・断層上端深さ

断層面の範囲を地表~地震発生層(15km) 下端までとし、確率を一様分布とする。

- ・傾斜角

西南日本では45~90°、中越地方では30~60° の切断正規分布とする。

- ・すべり角

広域応力場から断層毎に範囲を設定する。確率分布は一様分布とする。

- ・走向

周辺断層から基準値を決定し、 $\pm 20^\circ$  程度のばらつきを一様分布で考慮する。

c) 結果に与えた影響度

該当なし

d) その他

iv) 津波3 原子力安全基盤調査研究 津波波源モデルの精度向上に関する研究

a) 不確実性を持たせた断層パラメータ

断層のすべり分布を離散的な小断層に分割したときの分割数

b) パラメータのふり幅(最大、最小)及び刻み幅

・2007年新潟県中越沖地震(Mw6.7) 40枚を基準として、24分割、20分割、16分割、12分割、8分割、4分割、2分割、一様すべりの波源モデルの比較

・2003年十勝沖地震(Mw.8.0) 48枚を基準として、12分割、8分割、4分割、一様すべりの波源モデルの比較

c) 結果に与えた影響度

・非一様なすべり分布と一様すべり分布モデルによる違い

各地震すべり分布モデルの違いが与えた波高への影響度を比較した(表表 I.4-13、表表 I.4-14)。また、空間的な分布の違いを図 I.4-10 と図 I.4-11 に示す。全体的な傾向は一様モデルでも表現可能であるが、局所的な沿岸波高を再現することは一様モデルでは難しい。

表 I.4-13 2007年新潟県中越沖地震の隆起・沈降分布

	隆起・沈降 形状	最大 隆起量	沿岸津波高	
			押し	引き
一様すべり分布モデル	緩い傾斜	20cm弱	全体傾向は一致するが、非一様モデルに存在する局所的に大きな(2倍程度)値が一様すべりにはない。	
非一様なすべり分布 (40枚モデル) 長さ4km×幅4km	鋭い傾斜	40cm弱		

表 I.4-14 2003年十勝沖地震の隆起・沈降分布

	隆起・沈降 形状	最大 隆起量	沿岸津波高	
			押し	引き
一様すべり分布モデル	海溝軸沿い	20cm弱	全体的に非一様モデルのほうが高め。同程度の地域もあるので、K倍等の対処では調整できない。	
非一様なすべり分布 (40枚モデル) 長さ20km×幅20km	陸側	60cm弱		

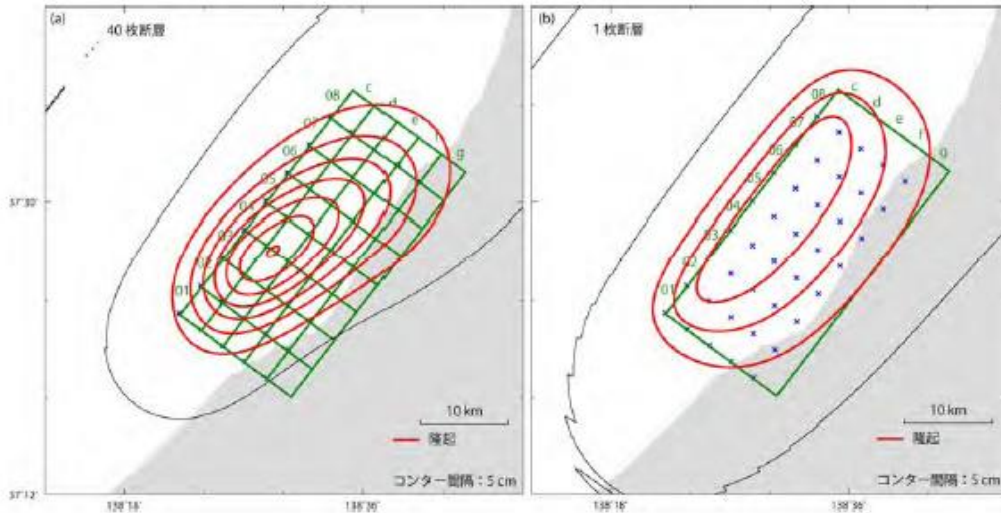


図6 (a) 2007年新潟県中越沖地震津波の波源域を40枚の小断層に分割した波源モデル(基礎波源モデル)における隆起・沈降量分布. 赤線は隆起量のコンターを表し, その間隔は5 cmである. 緑色の矩形は, 設置した小断層を表し緑色の番号はその小断層番号を表す. (b) 波源域を1枚断層(一様すべり)で表現したさいの隆起・沈降量分布.

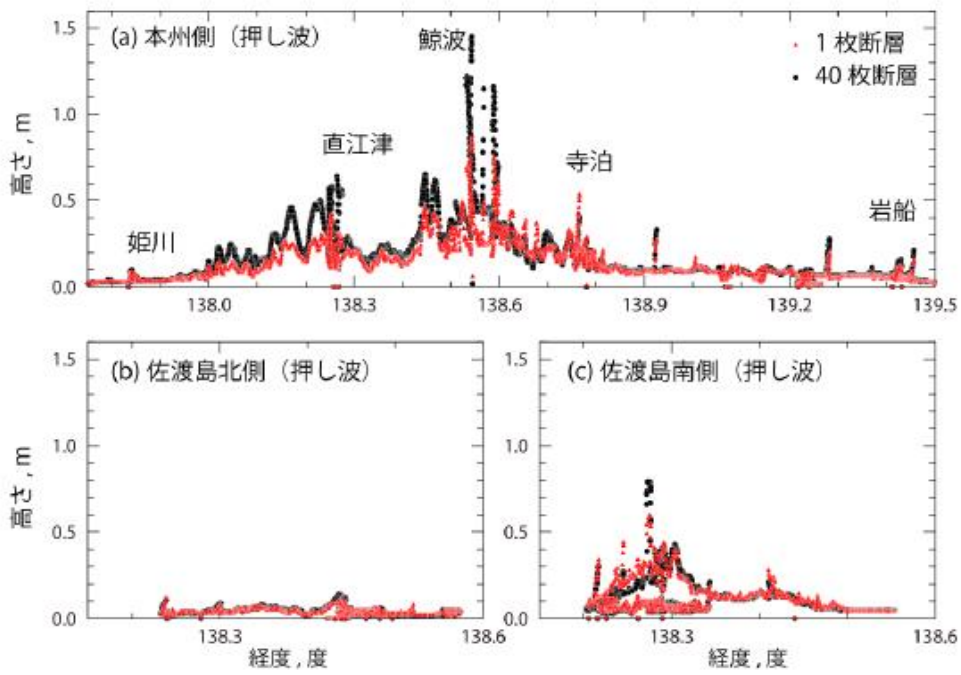


図7 2007年新潟県中越沖地震津波の波源域を40枚の小断層に分けたモデル(基礎波源モデル)と1枚断層(一様すべり)のモデルによる計算沿岸津波高さの比較. (a)本州沿岸, (b)佐渡島北側沿岸, (c)佐渡島南側沿岸

図 I. 4-10 2007年新潟県中越沖地震 1枚と40枚で表現した場合の隆起/沈降分布と沿岸津波高さ分布(原子力基盤機構, 2010より抜粋)

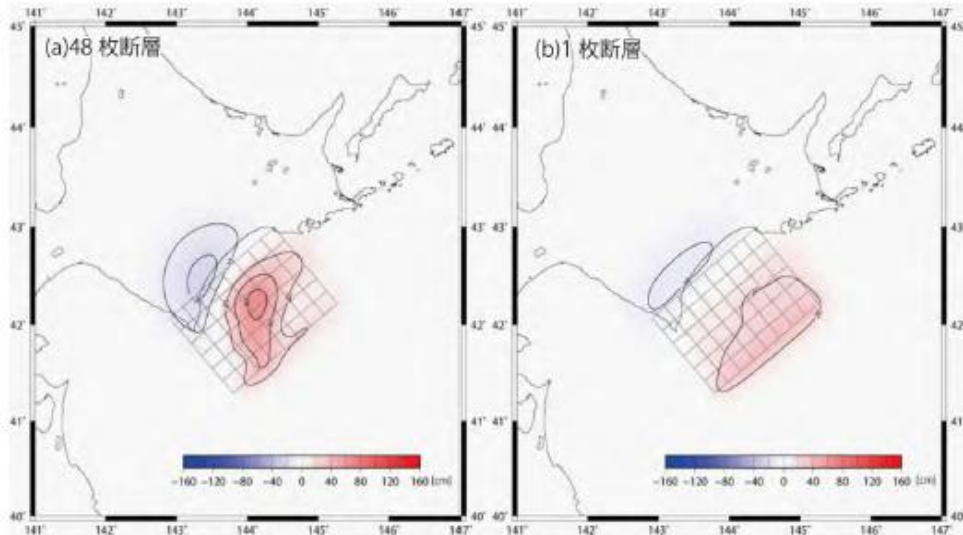


図8 (a) 2003年十勝沖地震津波の波源域を48枚の小断層に分割した波源モデル(基礎波源モデル)における隆起・沈降量分布。(b) 波源域を1枚断層(一様すべり)で表現したさいの隆起・沈降量分布。

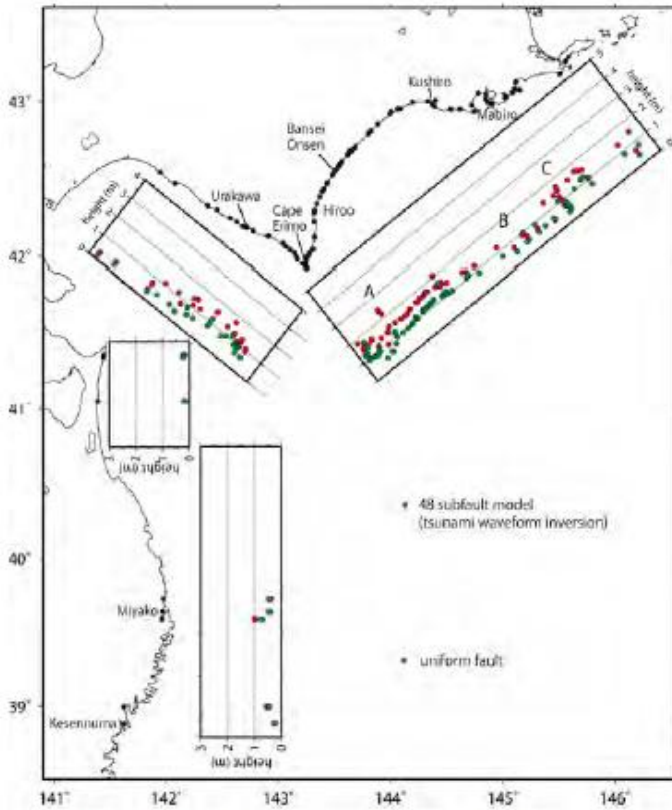


図9 2003年十勝沖地震津波の波源域を48枚の小断層に分けたモデル(基礎波源モデル)と1枚断層(一様すべり)のモデルによる計算沿岸津波高さの比較。

図 I. 4-11 2003年十勝沖地震 1枚と40枚で表現した場合の隆起/沈降分布と沿岸津波高さ分布 (原子力基盤機構, 2010より抜粋)



・波源モデル分割数による違い

沿岸の津波高さの分割数による感度を見るため、基礎波源モデル（2007年40枚、2003年48枚）に対して分割数を変えた場合の幾何平均  $K$  及び幾何標準偏差  $\kappa$  を算出している（表表 I.4-15、表表 I.4-16）。分割数を変えたモデルの断層すべり量は、基礎波源モデルのすべり量を平均した値を用いている。

2007年中越沖地震の場合は  $K$  の値に分割数依存性はなく、沿岸津波高さの規模はさほど影響を受けなかったが、2003年十勝沖地震では分割数と  $K$  の大きさが反比例し、分割数が大きく詳細な波源ほど津波高が大きくなる。

また、 $\kappa$  については両ケースとも、分割数が小さく、粗い不均質分布ほど大きくなり、局所的な分布を表せない傾向がある。

表 I.4-15 2007年中越沖地震 各モデルの  $K$  及び  $\kappa$  の値（原子力基盤機構，2010より抜粋）

	押し波		引き波	
	$K$	$\kappa$	$K$	$\kappa$
40分割波源モデル(基礎波源モデル)	1	1	1	1
24分割波源モデル	1.03	1.07	1.03	1.08
20分割波源モデル	0.94	1.14	0.95	1.17
16分割波源モデル	0.89	1.2	0.89	1.23
12分割波源モデル	0.98	1.13	0.99	1.16
8分割波源モデル	0.96	1.22	0.93	1.25
4分割波源モデル	1.02	1.24	1.01	1.26
2分割(長さ方向)波源モデル	1.16	1.26	1.14	1.3
2分割(幅方向)波源モデル	0.96	1.28	0.94	1.33
一様波源モデル	1.14	1.26	1.12	1.31

表 I.4-16 2003年十勝沖地震 各モデルの  $K$  及び  $\kappa$  の値（原子力基盤機構，2010より抜粋）

	$K$	$\kappa$
48分割(基礎)波源モデル	1	1
12分割波源モデル	1.23	1.10
8分割波源モデル	1.12	1.22
4分割波源モデル	1.44	1.31
一様波源モデル	1.48	1.24

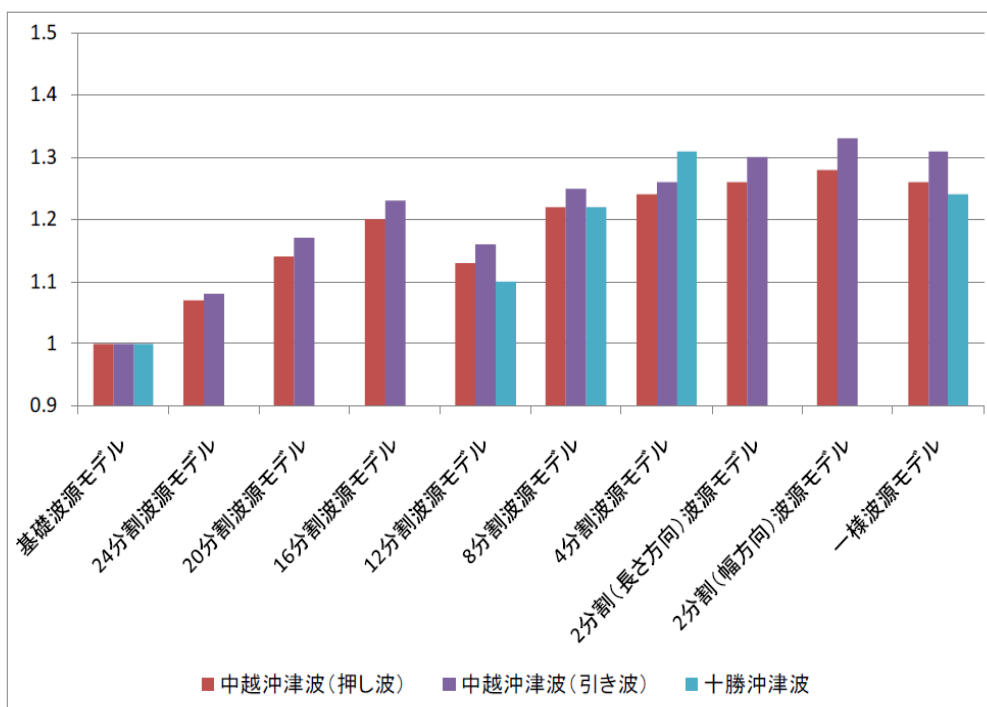


図 I.4-12 基礎波源モデルによる沿岸高さに対する各モデルの沿岸高さの  $\kappa$  の値の比較(原子力基盤機構, 2010 より抜粋)

d) その他

インバージョン解析の断層モデルの要素単位を変化させて、推定した波源モデルを用いた計算波形と観測波形と比較した残差については、図 I.4-13 に見えるように 12 分割程度までは波源の分割数とともに減少するが、それ以上波源を分割しても変化しないように見える。

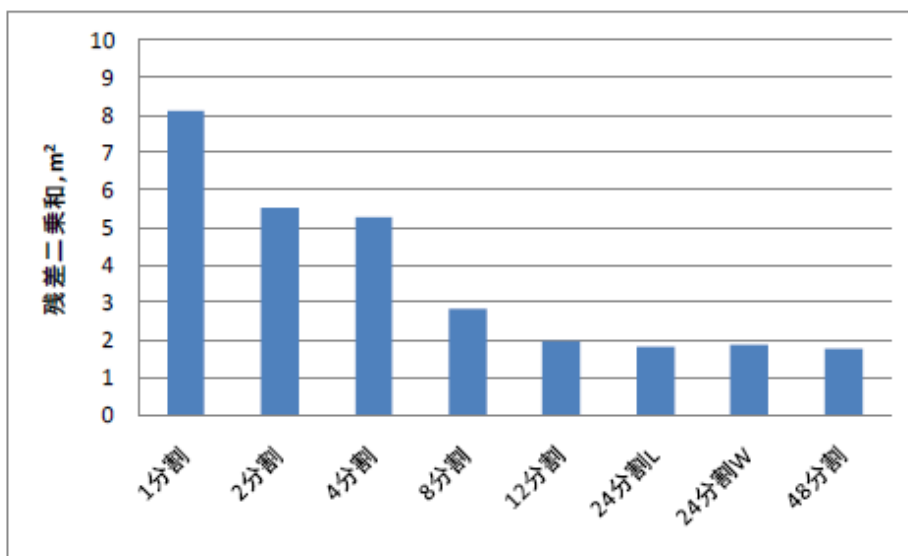


図 I.4-13 波源(断層面を仮定)の分割数に対する計算波形と観測波形との残差二乗和の比(原子力基盤機構, 2010 より抜粋)

## (II) 津波波源の断層モデル設定方法・検証方法の検討

### ① 断層モデル設定方法の検討

#### 1) 断層モデル設定方法の検討

##### a) 設定の基本となるデータ

表Ⅱ.1-1 に示す内容で想定される本プロジェクトで提供される断層データをもとに、別途国土交通省、内閣府及び文部科学省を事務局として進められている「日本海における大規模地震に関する調査検討会」（以下、日本海調査検討会）の成果も参照して断層モデルを構築する。

表Ⅱ.1-1 本プロジェクト等で提供される予定の断層の評価・パラメータ

データソース	提供される断層の評価、パラメータ						
	位置・ 端点 (長さ・走 向)	傾斜角	すべ り量	すべ り角	地下構 造	活構造 か どうか	既往津 波波源 との対 応
本プロジェクト	○				○ ※3		なし
国土交通省	△ ※1	規格化※2			○ ※3	○	なし

※1：範囲内の全対象を網羅しているかどうか不明。

※2：縦ずれ45°、横ずれ90°で設定。

※3：一部ではあるがデータあり。

##### b) 既往文献に示された断層モデル作成方法

日本海海域における断層モデルの作成方法を系統的にまとめた公表資料としては、次のものがある。これらを参照しつつ、断層モデルの構築方法を検討した。

- ・土木学会原子力委員会津波評価部会（2002）：原子力発電所の津波評価技術  
日本海東縁部および海域活断層を対象にした断層モデルの設定方法が詳細に検討されている（図Ⅱ.1-1, 2）。
- ・原子力規制庁（2013）：基準津波及び耐津波設計方針に係る審査ガイド（案）  
「3.3.4 海域の活断層による地殻内地震に起因する津波波源の設定」という項目があり、活断層タイプの津波発生事例として、1983年日本海中部地震津波と1993年北海道南西沖地震津波を挙げている。また、地震調査研究推進本部・地震調査委員会による、「日本海東縁部の地震活動の長期評価（平成15年6月）」の対象地震についても同様であり、土木学会（2002）の方針とやや異なる
- ・内閣府（2007）：日本海の津波調査業務 報告書

このほか、日本海調査検討会における断層モデルの検討の成果も積極的に業務に反映する予定である。

対象海域	大区分	日本海東縁部	地震・断層モデルの特徴	<ul style="list-style-type: none"> <li>津波の痕跡高を説明できる波源モデルのモーメントマグニチュードと断層長さの間に内陸地震に対する武村(1998)の関係が適用できることが、本報告において明らかとなった。</li> <li>浅い地震で、地震発生層の厚さが限られている。</li> <li>西傾斜、東傾斜の両方のタイプが発生する</li> <li>走向は等水深線にほぼ一致し、ほぼ純粋な縦ずれ断層である。</li> </ul>
	中区分			波源設定法の基本的考え方
	小区分			
位置	<p>地震の活動域 (黒く塗った活動域内に断層モデルを設定する。)</p> <p>鉛直面内における位置と傾斜方向・傾斜角の関係 (傾斜方向、傾斜角は東西方向の位置に連動する。)</p>			
津波の痕跡高を説明できる断層モデルの既往最大 $M_w$	上図の黒く塗った活動域全体で、1993年北海道南西沖地震津波が最大であり、 $M_w$ 7.8である。			
基準断層モデルのパラメータ設定方法	断層長さ	スケーリング則に基づき、 $M_w$ から求める。	<p>長方形は津波計算に必要な断層パラメータを、影付きの項目はパラメータ設定に先立って必要な情報を表す。</p>	
	幅	地震発生層の厚さ(15km)を考慮し傾斜角に応じて決める。		
	すべり量	$\log M_0(N \cdot m) = 1.5 M_w + 9.1,$ $D = M_0 / \mu L W$ により算出する。		
	上縁深さ	0kmとする。		
	走向	海底地形の走向に基づき設定する。		
	傾斜角	30~60°とする。 西傾斜と東傾斜の双方を考慮する。		
	すべり角	90°とする。		
剛性率	$3.5 \times 10^{10}(N/m^2)$ とする。			
スケーリング則	幅(地震発生層厚さ)に上限あり。 スケーリングの変曲点を境に、 $M_w$ が大きいとき武村(1998)の関係 $\log L(km) = 0.75 M_w - 3.77,$ $L \propto D, W = const.$ が、 $M_w$ が小さいとき $W = 2L/3, L \propto W \propto D$ の関係が成り立ち、両者が連続的に接続するものとする。			

本編参考資料3 基準断層モデルの設定方法—日本海東縁部—

図 II. 1-1 日本海東縁部の断層モデル設定方法  
(土木学会原子力委員会津波評価部会, 2002)

対象海域	大区分	海域活断層	地震・断層モデルの特徴	<ul style="list-style-type: none"> <li>活断層による大規模な既往の地震津波はない。</li> <li>地震発生層の厚さが限られている。</li> <li>地殻構造は陸域から連続すると考えられる。</li> <li>傾斜角は高角側に集中している。</li> </ul>
	中区分			
	小区分			
位置	<ul style="list-style-type: none"> <li>位置は活断層調査結果に基づいて設定する。</li> </ul>			
モーメントマグニチュード	<ul style="list-style-type: none"> <li>断層長さから、スケーリング則を適用して設定する。</li> </ul>			
基準断層モデルのパラメータ設定方法	断層長さ	基本的には活断層調査結果に基づいて設定する。 $M_0$ から長さを決定する際には、スケーリング則にしたがう。		<p>長方形は津波計算に必要な断層パラメータを、影付きの項目はパラメータ設定に先立って必要な情報を表す。モーメントマグニチュードを断層長さより先に設定する場合は、破線で示した流れにより、モーメントマグニチュードから断層長さを算出する。傾斜角等のパラメータについても、活断層調査等から明らかな場合は、確定的に取り扱うことができる。</p>
	幅	地震発生層の厚さを考慮し傾斜角に応じて決める。地震発生層厚さは15m。		
	すべり量	$\log M_0(N \cdot m) = 1.5M_w + 9.1$ $D = M_0 / \mu LW$ により算出する。		
	上縁深さ	0kmとする。		
	走向	活断層調査結果に基づいて設定する。		
	傾斜角	発震機構解の分析等により設定する。45°~90°とする。		
	すべり角	断層面の走向・傾斜角と主応力軸方向範囲に基づき設定する。		
	剛性率	$9.5 \times 10^{10}(N/m^2)$ とする。		
	スケーリング則	幅（地震発生層厚さ）に上限あり。スケーリングの変曲点を境に、 $M_0$ が大きいとき武村(1996)の関係 $\log L(km) = 0.75M_w - 3.77$ , $L \propto D, W = const.$ が、 $M_0$ が小さいとき $W = 2L/3, L \propto W \propto D$ の関係が成り立ち、両者が連続的に接続するものとする。		

図Ⅱ.1-2 海域活断層の断層モデル設定方法  
(土木学会原子力委員会津波評価部会, 2002)

### c) 断層モデル構築の考え方

以下では、本プロジェクトで提供されると想定される断層データを用いて、震源（波源）断層モデルを構築する方法について、現時点での考え方をまとめる。地震と津波の断層モデルは、現時点では別々に設定するが、今後は統一したモデルの可能性も検討する。

#### i) 海域の領域区分

地震活動、地質構造の特徴から日本海全域を次の3つの大領域に区分し（図Ⅱ.1-3）、それぞれの領域で、地質環境・地史にもとづくモデルへの拘束条件を考慮し、以下のモデル群（活断層による地震・津波のモデル）を構築する。

- ・領域Ⅰ（日本列島東北部の沿岸）：地震活動が活発で断層密度が大きい。断層は、縦ずれ断層主体で走向は日本列島にほぼ平行。
- ・領域Ⅱ（日本列島西南部の沿岸）：領域Ⅰに比べると地震活動はあまり活発ではなく、断層密度も小さい。縦ずれ断層に加えて横ずれ断層も存在し、走向が日本列島の延びに高角で交差するものもある。
- ・領域Ⅲ（ユーラシア大陸沿岸を含むその他の領域）：地震活動は低調であり、既往の地質図に記載されている断層密度はかなり低い。断層評価に関する反射法探査等のデータは少ない。

領域Ⅰにおける既往地震については、地震調査研究推進本部の日本海東縁部の長期評価で検討された「海溝型地震」としての震源モデルがあり、この領域での最大規模の地震としては、これらを含めて検討する必要があるが、このような規模の大きい地震については、地震発生層の下端深度が20km以深となる可能性がある。また、スケーリング則も、その他一般の日本海の海域断層に適用するスケーリング則と同じものとするか、異なるスケーリング則を用いるのかも検討する必要がある。このような点についても、今後留意して本プロジェクトにおいて提供される断層データを取り扱う必要がある。

#### ii) 断層モデル群の考え方

今後本プロジェクトで使用できる断層データは、断層モデル作成という観点からみると、限定的であると予想される。そこで、不足するデータを補う方法を念頭におき、使用する断層データ、設定の考え方の異なる次の2つのモデル群を構築することとする。

### 【震源（波源）断層モデル群 1】

主として、本プロジェクトで作成、提供される断層データを用いて、各領域で基本モデル（群）を設定する。

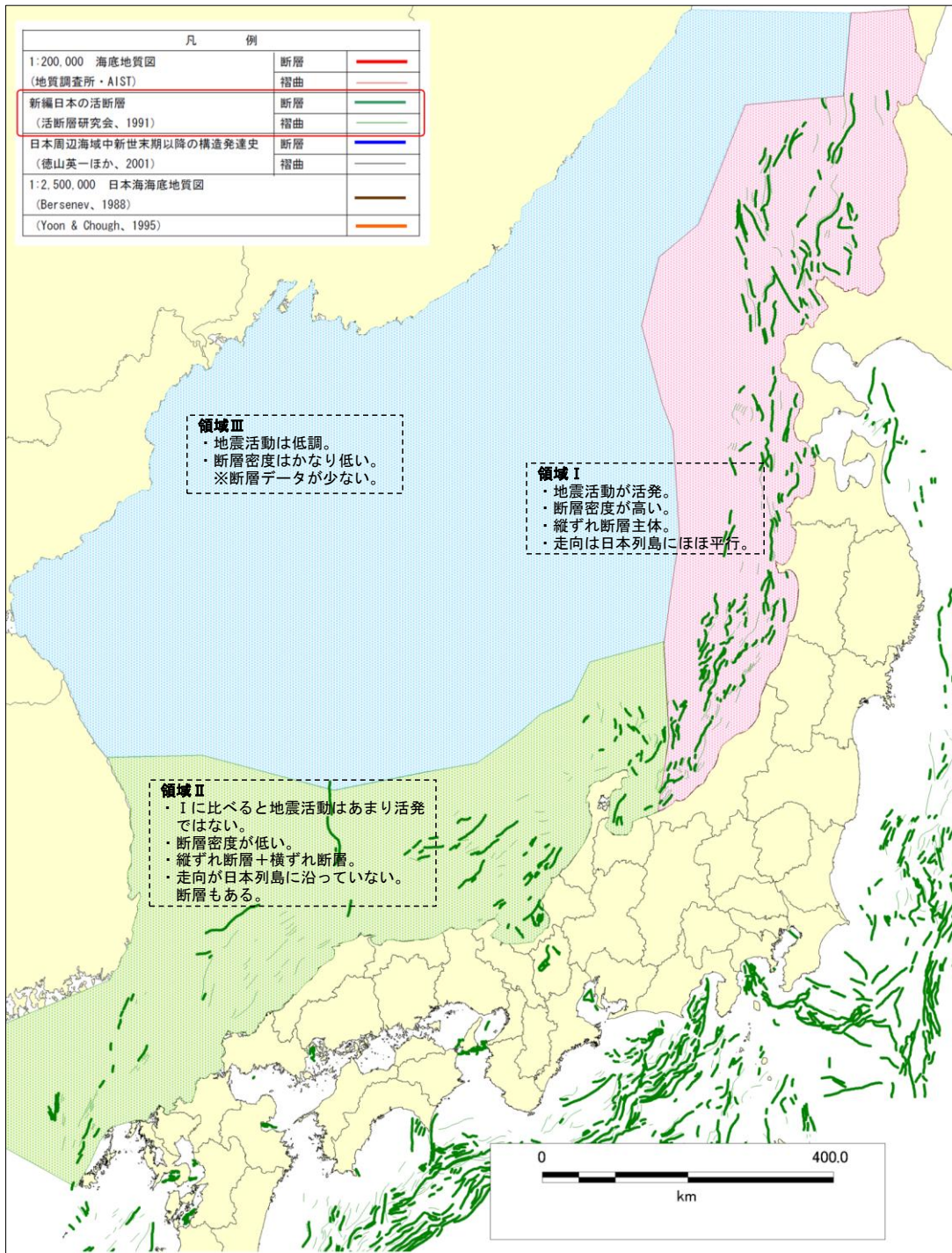
- ・日本海調査検討会による断層のグルーピングを一つの例とし、位置が若干ずれていても、走向、傾斜が類似するものは一連のものとみなし、複数の断層を一括して波源断層とする。

- ・セグメント区分、連動も検討する。設定方法は、提供される断層データの位置等の精度を考慮して別途ルール化する。
- ・基本モデルないしセグメント区分、連動の組み合わせで、既往の被害地震・津波の震源（波源）に近いものを設定する。
- ・これらの波源断層（セグメント区分、連動を考慮したものも含む）のそれぞれについて、パラメータの不確実性を考慮した複数のケースを設定する。
- ・断層の「連動」可能性を最大限考慮した場合として、最大規模の地震を設定する。
- ・最小規模の波源（沿岸でのハザード評価上で最小）については、沿岸に影響を与えないような地震は考えない。
- ・領域Ⅰの大規模地震については、長期評価をもとに、地震規模を設定して活断層型の断層モデル群に追加する。
- ・地震発生確率を設定することが必要な場合には、領域Ⅰでは、地震調査研究推進本部の日本海東縁部の地震活動の長期評価を参照し、長期評価の領域区分に対応する活断層震源にその領域の確率を与える。領域Ⅱ、Ⅲでは、長期評価等による地震活動の評価が行われていない現状を踏まえ、地震活動をポアソン過程としてモデル化し、グーテンベルク・リヒター則（以下、G-R 則）により設定する（グーテンベルク・リヒター則については、c) iii) で記述）。

## 【震源（波源）断層モデル群 2】

サブテーマ（1）で収集したデータの調査領域は日本周辺海域が中心であり、日本海全域を網羅してはいない。調査不足領域があることを前提に、ユーラシア大陸や朝鮮半島の沿岸を含む日本海全域を網羅する断層モデル群を設定することが必要な場合には、調査不足領域について、断層密度を考慮して、沿岸でのハザード評価に必要な最小規模の  $M_w$  ～ 最大規模の  $M_w$  まで、 $M_w$  の刻み幅 0.1 で対象全領域に矩形の断層モデルを敷き詰めて網羅的な断層モデル群を設定する。発生確率は G-R 則により設定する。

2つのモデル群ともに、その中に既往の被害地震・津波の震源（波源）の再現におおよそ対応する断層モデルが含まれるように設定する。ただし、既往の被害地震・津波の再現のために研究されてきた詳細な断層モデルと比べるとモデルに反映できるデータが少ない（波形インバージョンなどは実施しない）ので、今回作成する断層モデルを用いた既往の被害地震・津波の再現に限界が生じると予想される。



図Ⅱ.1-3 断層モデル構築における領域区分  
(背景の断層分布は、活断層研究会(1991))



## 2) 不確実性を含む断層パラメータの設定の考え方

断層モデルの各々のパラメータについての、本プロジェクトで提供される断層に関するデータに含まれる不確実性を考慮した現状での設定方針と、実際にデータが提供されるまでの検討課題をまとめる。

### a) 断層の形状

基本的に津波に影響しない変化に関しては、矩形に単純化したモデルとするが、規模の大きい地震については、大すべり領域を設定する可能性も検討する。その場合には、ロジックツリーの分岐で両モデルの設定の条件（地震の規模など）を考慮する。大すべり域設定に際しては、既往検討事例（内閣府, 2007 等）や、地震調査研究推進本部の強震動評価レシピにおける内陸活断層でのアスペリティ設定方法を参照する。

大すべり域は、基本的にセグメントごとに1つとし、地震本部の内陸活断層モデルの検討事例をふまえて、上端側から断層幅の3割くらいにあたる深さで、走向方向には断層の中央部分に置く。

### b) 位置、長さ、走向

モデル群1においては、提供される断層に関するデータを用いて、基本モデルを構成する断層（複数）の端点を結んで直線で近似する。その際には、探査データや読み取りの誤差を考慮して、端点位置および走向、長さのばらつきを検討する。長さについては、基本的に固定して扱うこととし、走向のばらつきについては、ロジックツリーの分岐として検討する。基本モデルをもとに、断層のセグメント区分、連動も考慮することとし、探査測線間の距離が数 km 程度あることを勘案して、連動を考える際には、必ずしも「5 km ルール」（地震調査委員会長期評価部会, 2010）にはこだわらず、探査測線間隔、断層読み取りの精度等を考慮するものとする。

モデル群2においては、提供される断層データをもとに、領域ごとに震源（波源）断層の一般的な走向、断層の位置（相互の離隔距離）を設定して、領域を敷き詰めるように網羅的なモデル群を設定する。

### c) 断層の上端

津波波源としての上端は、基本的に海底面とし、(2)で断層端点を近似した直線を断層の上端とする。震源としては、微小地震の震源の深度分布をもとに、D10の深度を参考に上端を設定する。断層の深さ0～3 km程度の範囲は、地震モーメントには寄与するが、地震動自体（断層近傍を除く）にはあまり影響しないと考えられるが、この点については、断層の破壊速度も考慮した最新の解析事例などを参考にした検討を、今後行う必要がある。また、上端が海底面となる場合に津波波源の計算条件として問題がないかをパラスタで検討

する。

d) 断層の下端

原則として、微小地震の震源の深度分布から得られる D90 や大局的な地殻構造、大深度の地質構造探査データ等を参照して設定するが、地震観測データの精度について検討する必要がある（後述）。

e) 断層面の傾斜

本プロジェクトの断層解釈を基本とするが、断層面の傾斜の解釈に十分なデータが得られていない場合には、内陸活断層の長期評価で採用されている値（低角： $0^{\circ}$ ～ $30^{\circ}$ 、高角： $60^{\circ}$ ～ $90^{\circ}$ ）を採用することとし、基本的に次のように設定し、傾斜角の不確実性については、ロジックツリーの分岐として検討する。

縦ずれ断層： $45^{\circ}$ （ $\pm 15^{\circ}$ の不確実性を与える）

横ずれ断層： $90^{\circ}$

f) 断層の幅

断層の上、下端深度、面の傾斜をもとに設定する。傾斜角のばらつきに合わせてロジックツリーの分岐に組み込まれる。

g) すべり角

地震調査研究推進本部の日本海東縁の長期評価（地震本部, 2002）では、各領域について地震時における震源断層面の平均的なずれの向きを示しており、これをもとにすべり角を検討することもできるが、本プロジェクトでは、日本海西部地域も対象とすることを考慮し、地震本部の内陸活断層の強震動評価レシピで与えられている一般的な値を用いる。具体的には、縦ずれ断層では  $90^\circ$ 、横ずれ断層では  $0^\circ$  もしくは  $180^\circ$  を基本とする。ただし、広域応力場等、既存の情報も考慮し、それらに応じた不確実性も検討する。

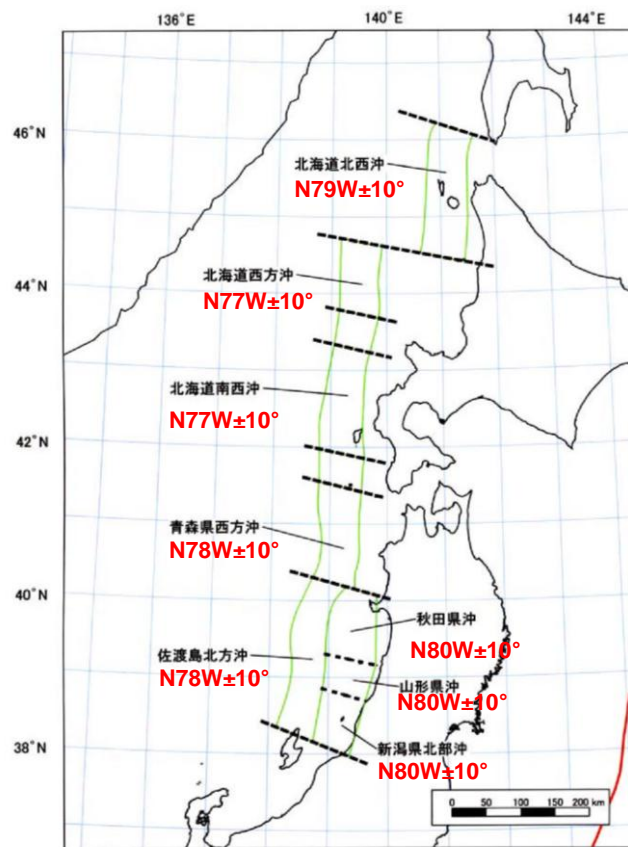


図 II. 1-4 日本海東縁部の地震活動の長期評価における各評価対象領域の地震時における震源断層面の平均的なずれの向き（赤文字）（地震本部, 2002）

h) すべり量

断層のすべり量は、断層面積  $S$  と地震モーメント  $M_0$  のスケーリング式に基づいて設定する。スケーリング則については、スケーリング則として、既往の提案式(下記)のいずれを採用するかは、今後の課題であり、日本海調査検討会での検討結果をふまえて検討することとする。

【既往のスケーリング式 (図 II. 1-5)】

入倉・三宅 (2001)、Irikura and Miyake (2011) : 3-stage model

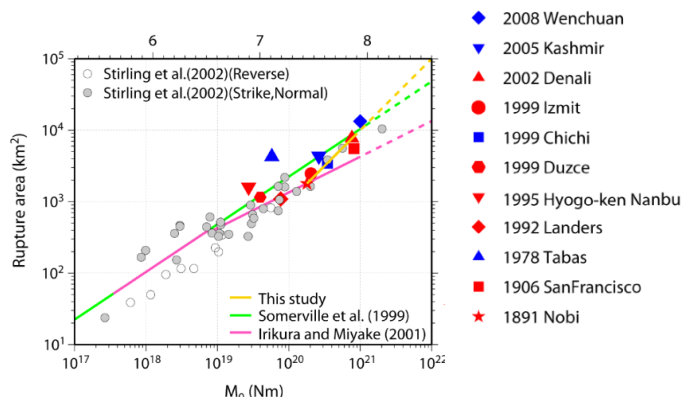
$$M_0 = (S/2.23 \times 10^9)^{3/2} \times 10^{-7} \quad (M_w < 6.5)$$

$$M_0 = (S/4.24 \times 10^5)^2 \times 10^{-7} \quad (6.5 \leq M_w < 7.7)$$

$$\text{Murotani et al. (2010)} : M_0 = 1.0 \times S \times 10^{11} \quad (M_w \geq 7.4)$$

$$\text{田島ほか (2013)} : M_0 = 0.88 \times S \times 10^{11} \quad (M_w \geq 7.5)$$

Murotani *et al.*  
(2010)



田島ほか  
(2013)

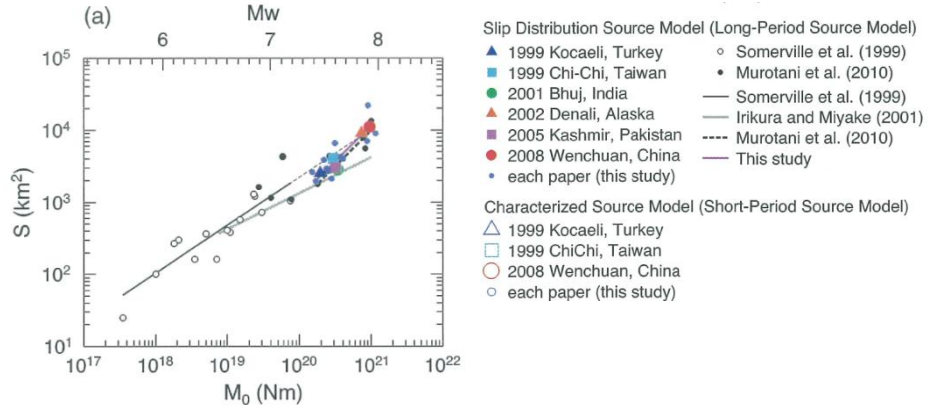


図 II. 1-5 断層面積  $S$  と地震モーメント  $M_0$  のスケーリング式

### 3) 地震観測データによるパラメータの検討

前項で述べた断層パラメータの設定の根拠として、地震観測データが必要である。以下、地震観測データを断層パラメータ設定の観点で整理した結果をまとめる。

#### a) 断層の位置について

Powers and Jordan (2010)などでは、“fault core”といわれる断層面のごく近傍の薄い面では大きい地震は発生せず、微小地震が発生しているとされている。今回の作業では、微小地震の分布を示すことにより、“fault core”に類似するような構造をみることができると考え、小規模地震の分布と既往文献に示された断層の位置との関係を検討した。プロットする  $M$  が大きくなるとイベント数が多くなって断層に沿う震源分布等の特徴が見えなくなるので、ここでは、 $M.0$  以下で検討している。

$M$  以下の小規模地震の分布と断層分布をみると、断層線が引かれていない位置にも系統的な震源の分布がみられる場合がある (図 II. 1-6)。震源位置の精度検討と合わせて、このような場合の位置、長さの設定方法を検討する必要がある。

#### b) 地震発生層の深さについて

##### i) 気象庁一元化地震カタログによる検討

カタログの 1923 年から 2012 年までのデータから震央の深度分布図を作成し (図 II. 1-5(1)、(2))、これをもとに地震発生層の厚さの評価に用いられている D90 について考察した。

D90 の検討に関する先行研究においては、伊藤・中村 (1998) では 30 km 以浅について検討している。藤原ほか (2012) においては、日本海東縁部の地震は 40 km 以浅で検討されている。ここでは、日本海側において太平洋プレートの沈み込みに伴う深発地震があり、これらは今回の検討対象である地殻内地震とは性質が異なるため分けるべきであると考えたこと、震源決定のバラツキ等を考慮し、50 km 以浅の地震について検討をおこなった。

どの領域においても深度における積算地震数が総数の 90% をしめる D90 は 40 km 以浅であるが、大局的な特徴として、D90 は東から西に向かって浅くなっているようにみえる。

また、日本周辺における D90 の平面的な分布を図 II. 1-7 に示した。同様に、D90 が東側で深く、西に向かうほど浅くなってきているという特徴がみられる。

##### ii) 日本海中部地震の余震域についての検討

日本海で発生した主な地震のなかで、詳細に震源域が調べられ検討されたものとして、1983 年日本海中部地震について検討した。この地震は「前震・本震・余震」型であり、本震は 2 つか 3 つのサブイベントからなるマルチプルショックであったため、地震の発生構造および震源域の広がり等が注目された。

日本海中部地震については、既存の観測網とは別に東北大学および弘前大学が中心とな

って余震観測が実施された。これらのデータを使用し、詳細な震源再決定を行い余震域を推定した研究がいくつかある。海野ほか（1985）では相対震源決定法の一つである Homogeneous Station 法を使用し、震源域を求めており、震源はすべて 20 km より浅く、地殻内で発生したものであるとしている（図 II. 1-8）。Sato *et al* (1986) では傾斜構造を持つ地震速度構造モデルを使用し震源再決定を行い、速度構造モデルの違いが震源再決定の結果に大きく関与することを示している。著者らが良く決まるとみている結果では震源の深さはお概ね 20 km 以浅であるが（図 II. 1-9）、断層モデルを提案した Sato (1986) においては、震源の深さはお概ね 30 km 以浅であると述べている。

この地震の断層モデルについてみると、断層の dip angle については 20 度程度の低角なモデルから 40 度程度のモデルまで提唱されており、震源断層の幅も 30km 程度から 35 km までの見解がある。表 II. 1-2 に、日本海中部地震の主な断層モデルをまとめた。

表 II. 1-2 日本海中部地震の主な断層モデル

著者			断層メカニズム		断層サイズ		Mo (dyne-cm)	
			Strike	Dip	Length (km)	Width (km)		
Sato, 1985	本震	北側	N 15 deg. E	>20 deg.	100	35		
		南側	N 15 deg. W					
阿部, 1987	余震		N 60 deg. E	30 deg. E	30	23		平均変位 0.8m
相田, 1984	本震	北側	N 22 deg. E	40 deg.	40	30	5.8*10 <sup>27</sup>	
		南側	N 5 deg. E	25 deg.	60	30		
Shimazaki and Mori, 1983 (Mori and Shimazaki, 1983)	本震	北側	N 15 deg. E	34 deg.	2100km <sup>2</sup> (60*35)		3.3*10 <sup>27</sup>	
		南側			1050km <sup>2</sup> (40*26)		2.5*10 <sup>27</sup>	

海野ほか（1985）については、震源分布に示される地震数が少なく、ややばらついている印象がある。Sato *et al* (1985) の震源は、傾斜構造を仮定した速度モデルを使用したものは震源分布がよくまとまっているように見えるが、他の速度構造モデルを使用した例では地震数が明らかに少ないものや、ばらついたものがあつた。今後の断層モデル検討においては、このような日本海海域における代表的な地震の先行研究における臨時観測データを用いて再決定された震源の精度やメカニズム解の dip angle にばらつきがあることからみて、モデルのパラメータ設定にばらつきを与える必要があると考えられる。

### iii) 地震発生層の下端深度についての考察

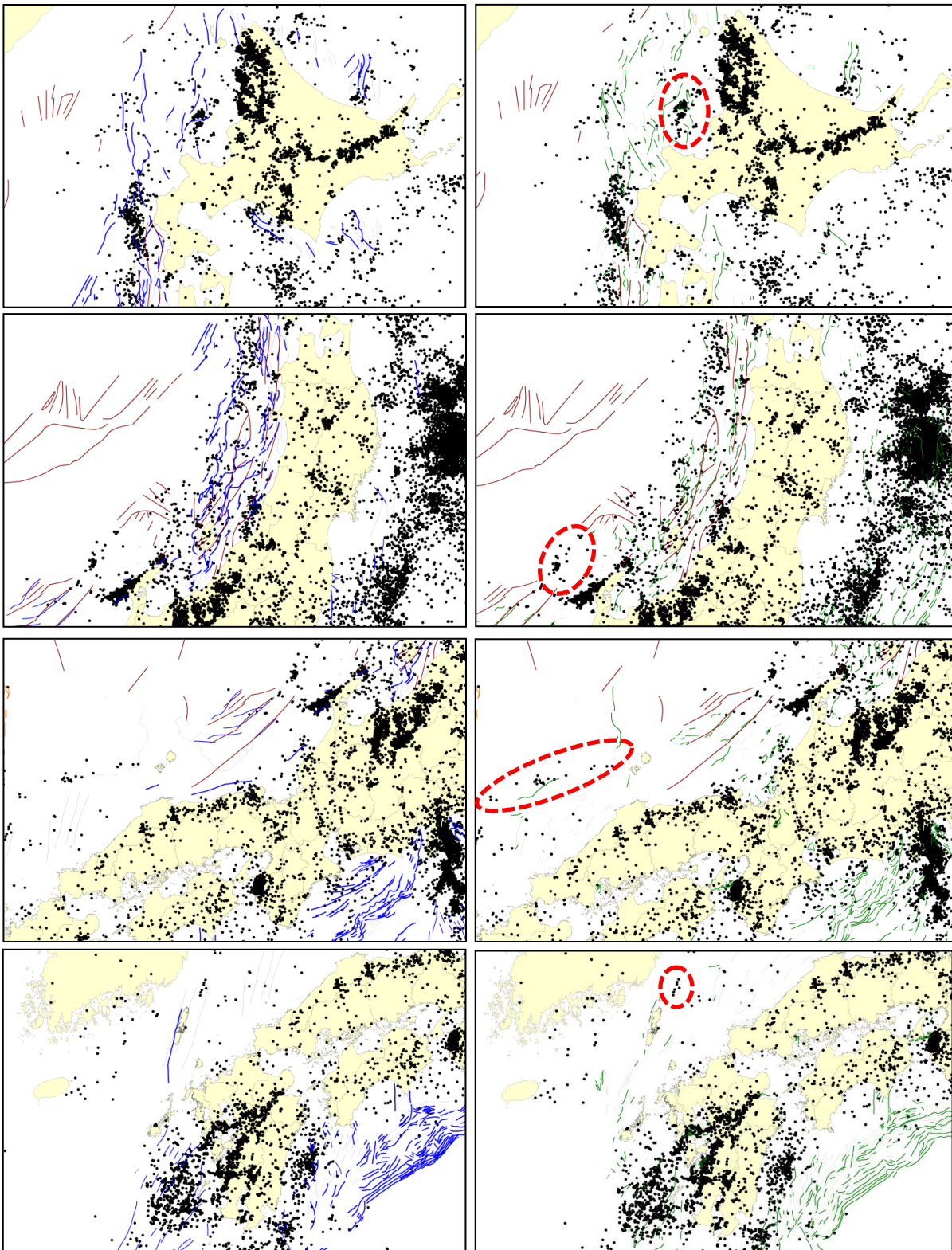
地震発生層の下端深度を決定するには、対象領域で発生した特徴的なイベントの震源分布から求めるか、領域内で広域的に発生している地震の分布から求めることが多い（藤原ほか（2012））。しかしながら、海域で発生した地震は、海底地震観測がなされていなければ、方向の偏った観測点配置となり震源域直上の観測データが得られないため、震源域から離れた陸上の観測点のみで震源を決定しなければならず、震源決定の誤差は陸上の地震

以上に大きくなると考えられる。

今回の検討では、気象庁一元化震源データを用いて、日本海西部の地震発生深度が、北東部に比べて浅い傾向があることが抽出されたが、この結果を具体的な断層モデルのパラメータ設定に反映させるには、今後、比較的精度よく震源位置が決定できているとされている F-net 等の観測データも合わせて検討し、既往の断層モデルの設定や地殻構造との比較などを行う必要がある。

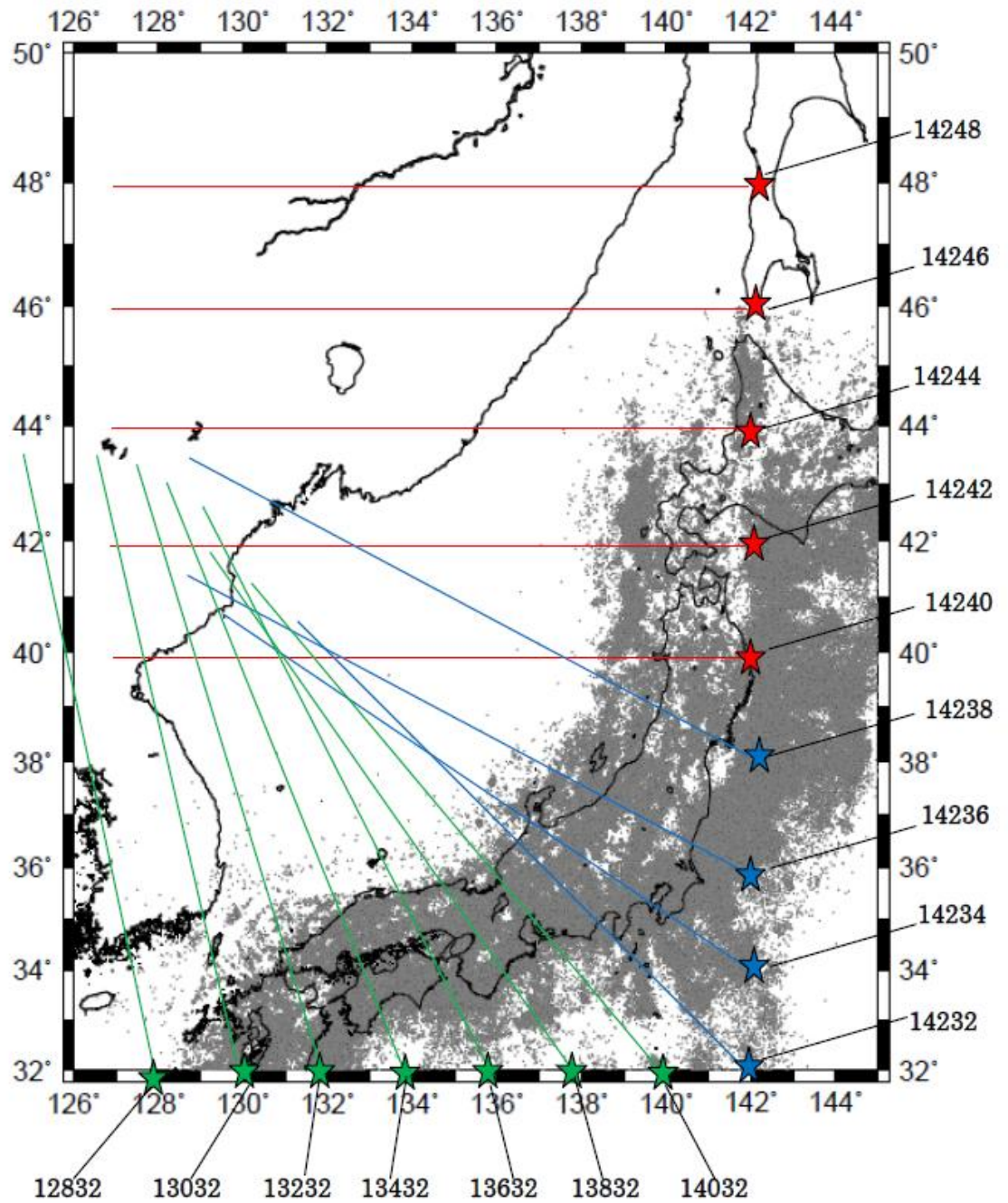
【断層線：徳山ほか, 2001】

【断層線：活断層研究会, 1991】

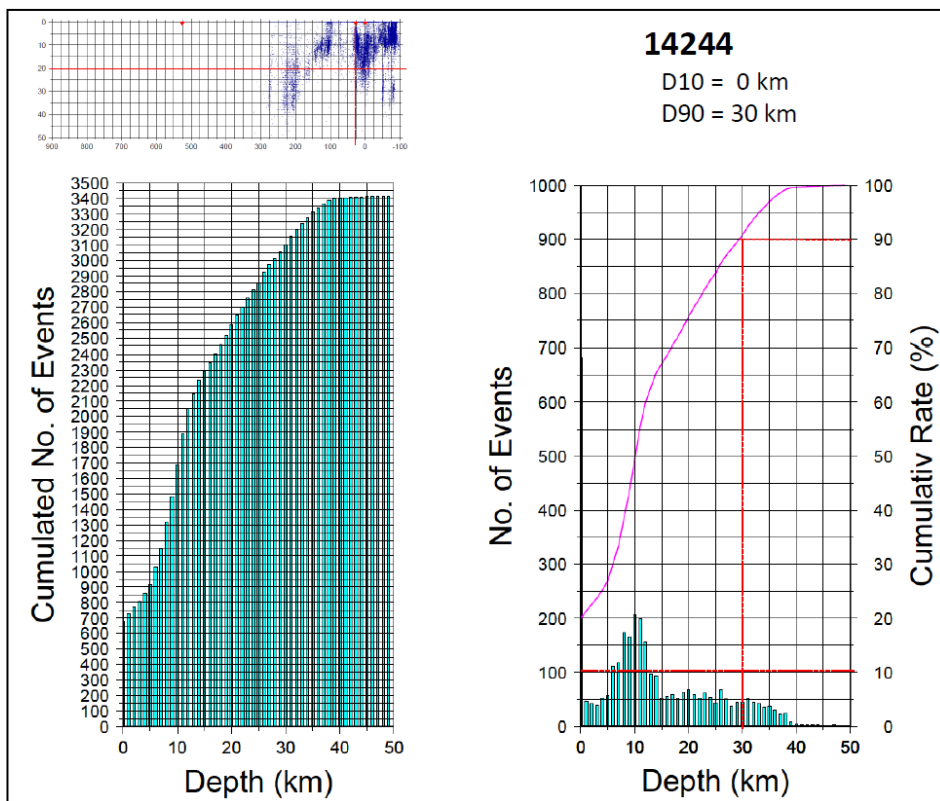
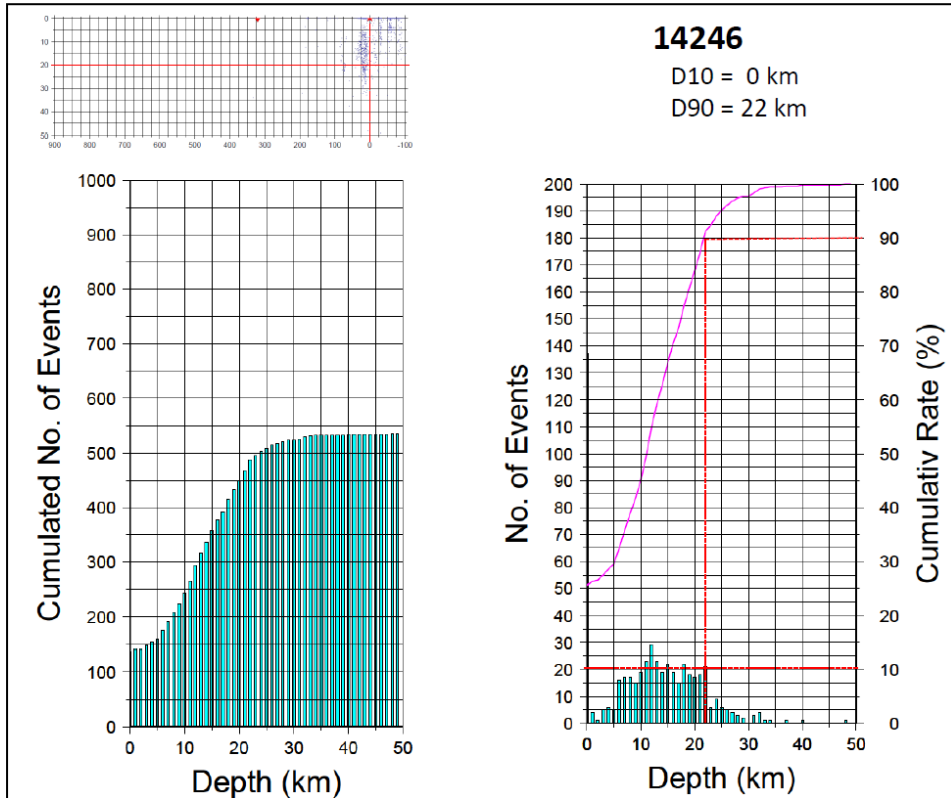


図Ⅱ.1-6  $M1.0$ 以下の小規模地震の分布と断層分布（気象庁一元化震源）  
（赤破線の領域には、断層線が引かれていないが、系統的な震源分布がみられる）





図Ⅱ.1-7(1) 1923年から2012年までのJMA一元化震源データにおける深さ50 km以浅の地震の震央と断面図の投影面  
 気象庁一元化地震カタログによる1923年から2012年までのデータから地震の深度分布をプロット。投影面は2度ごとに設定し、面の前後1度の範囲にある震源を投影。投影面のアジマスはなるべく日本海側の海岸線に直行するように設定。



図Ⅱ. 1-7(2) 日本海で発生した地震の震源深さと積算数  
 (左：深さ別積算個数、右：深さ別地震数と各深度における積算数が総数にしめる割合、右上の数値が図Ⅱ. 1-7(1)の断面線番号に対応する)

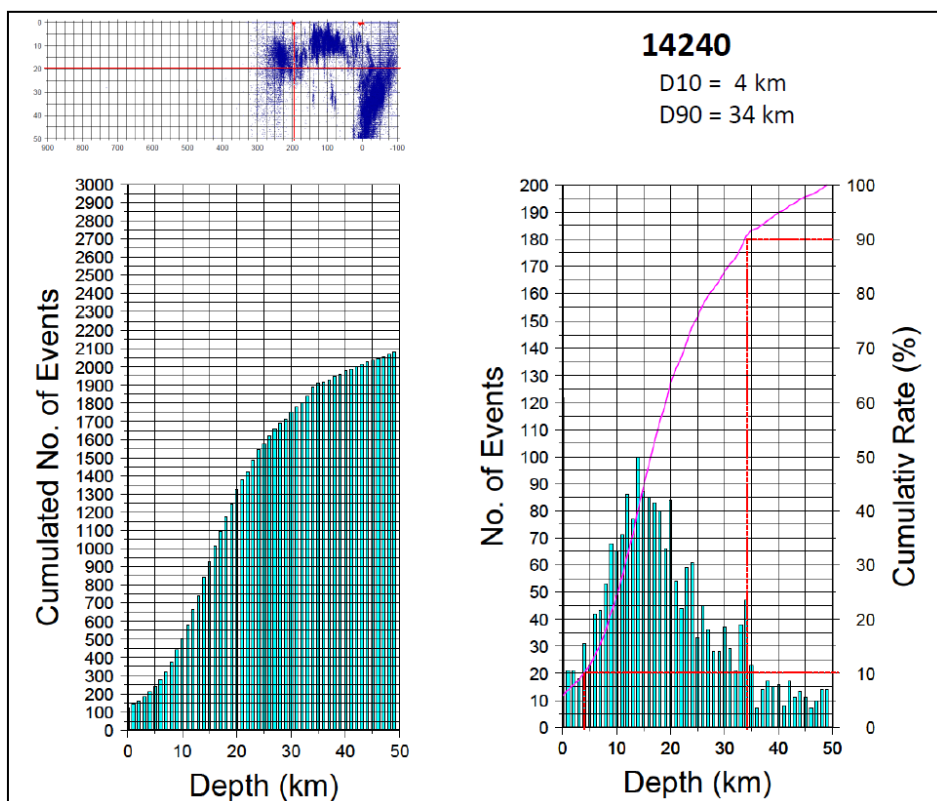
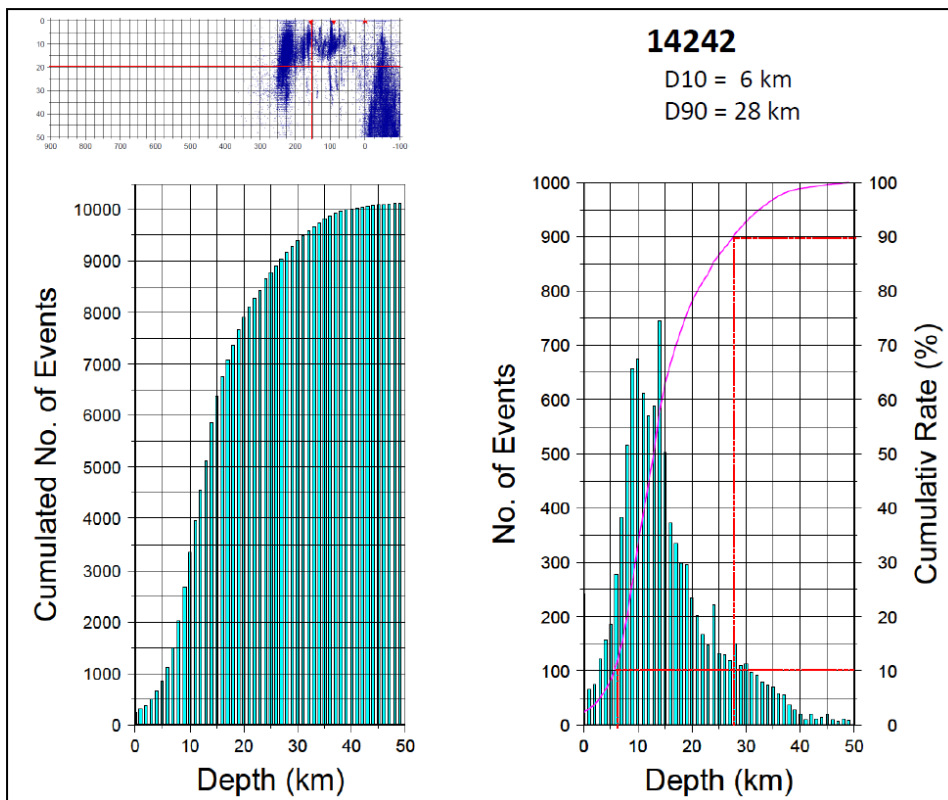


図 II. 1-7 (2) の続き

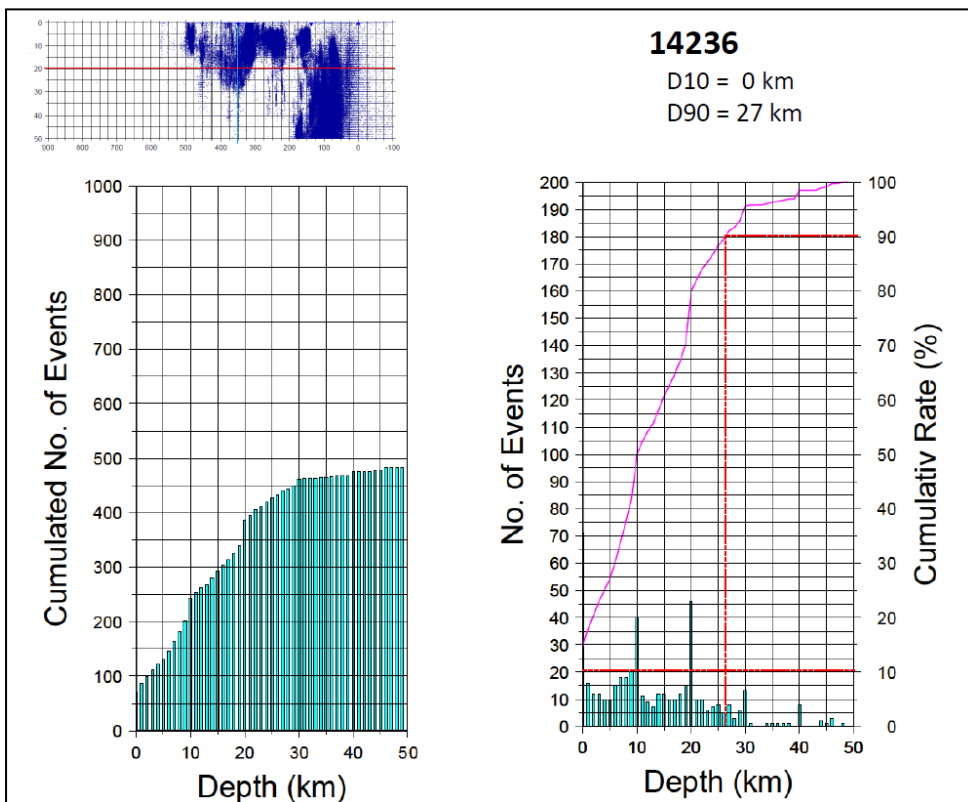
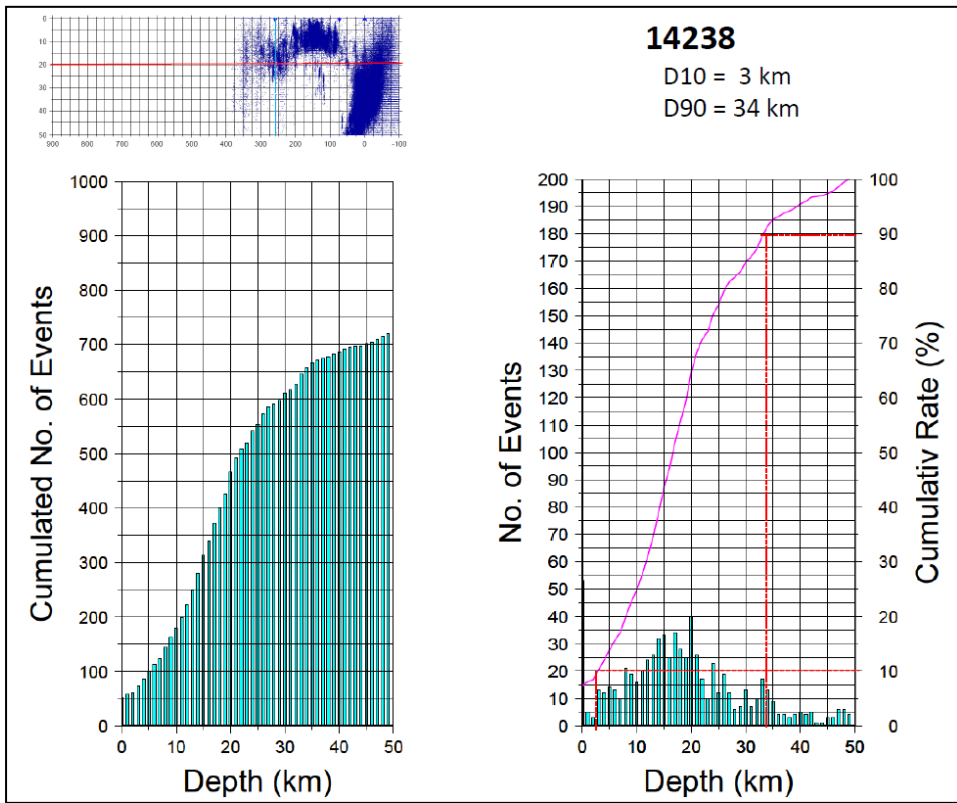


図 II. 1-7 (2) の続き

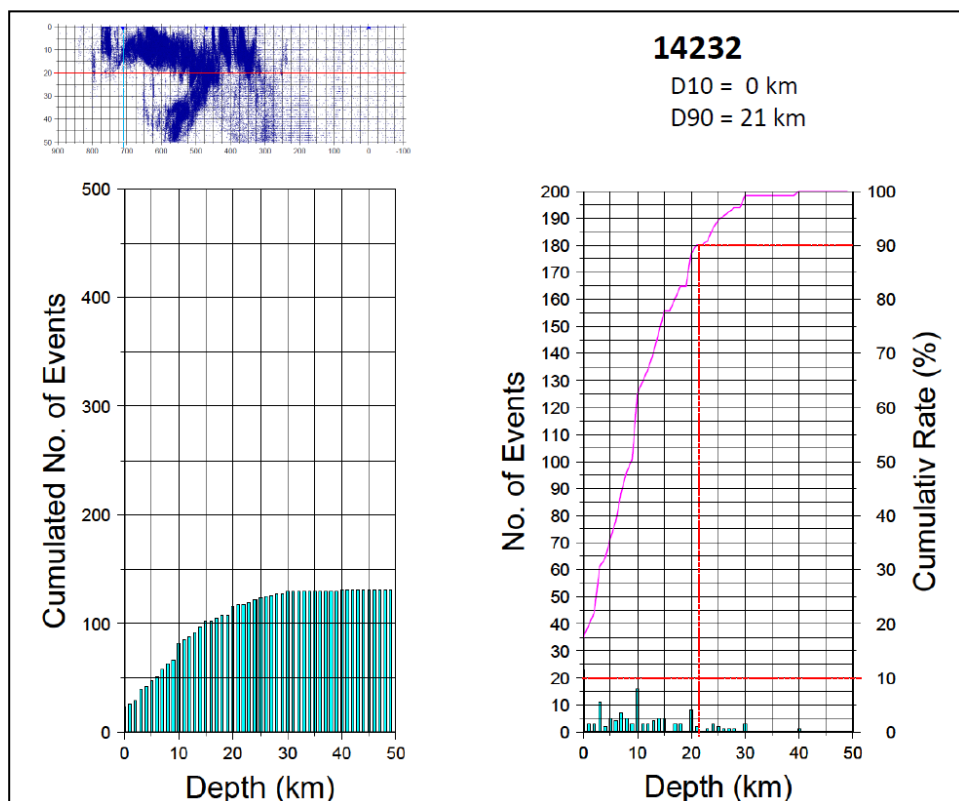
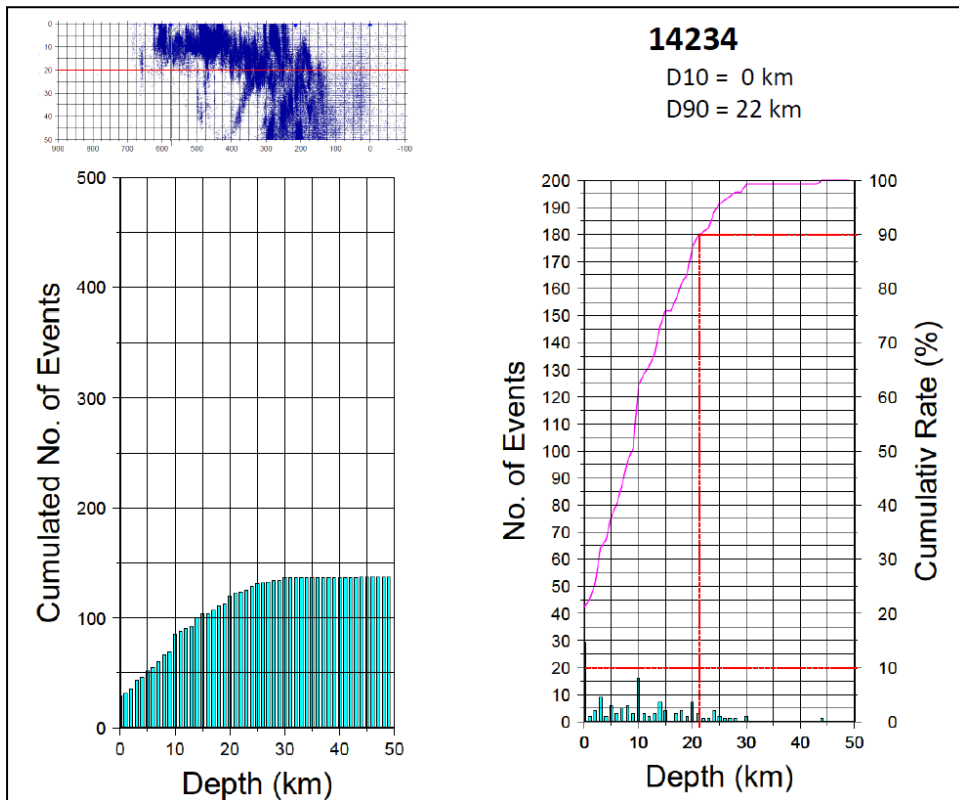


図 II. 1-7(2) の続き

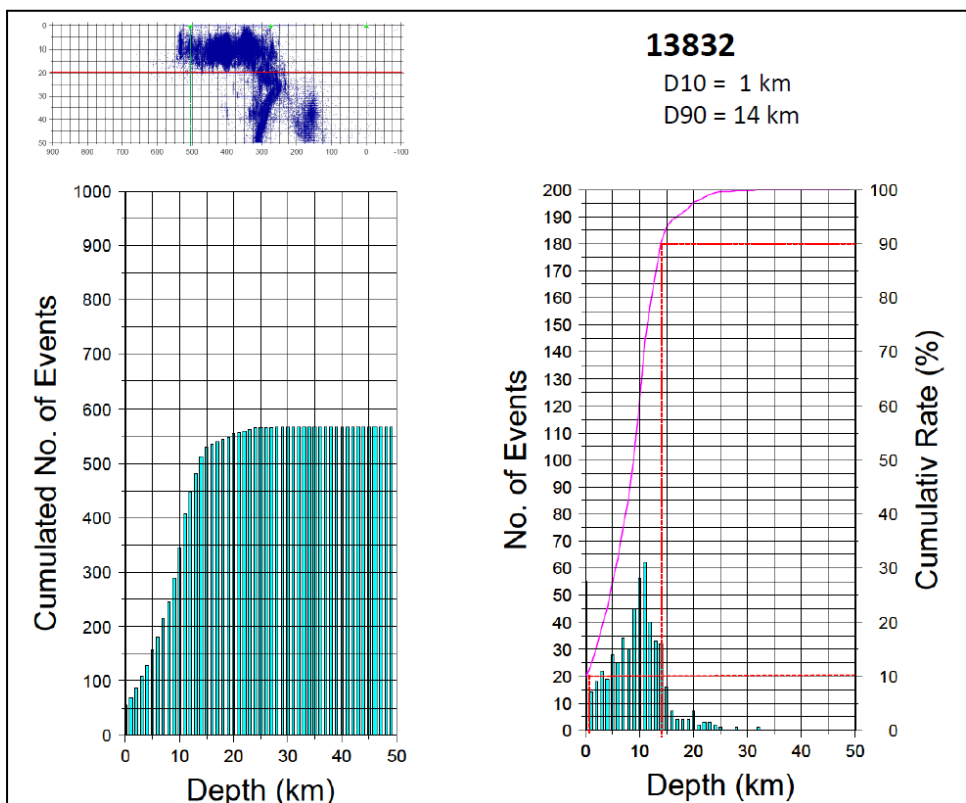
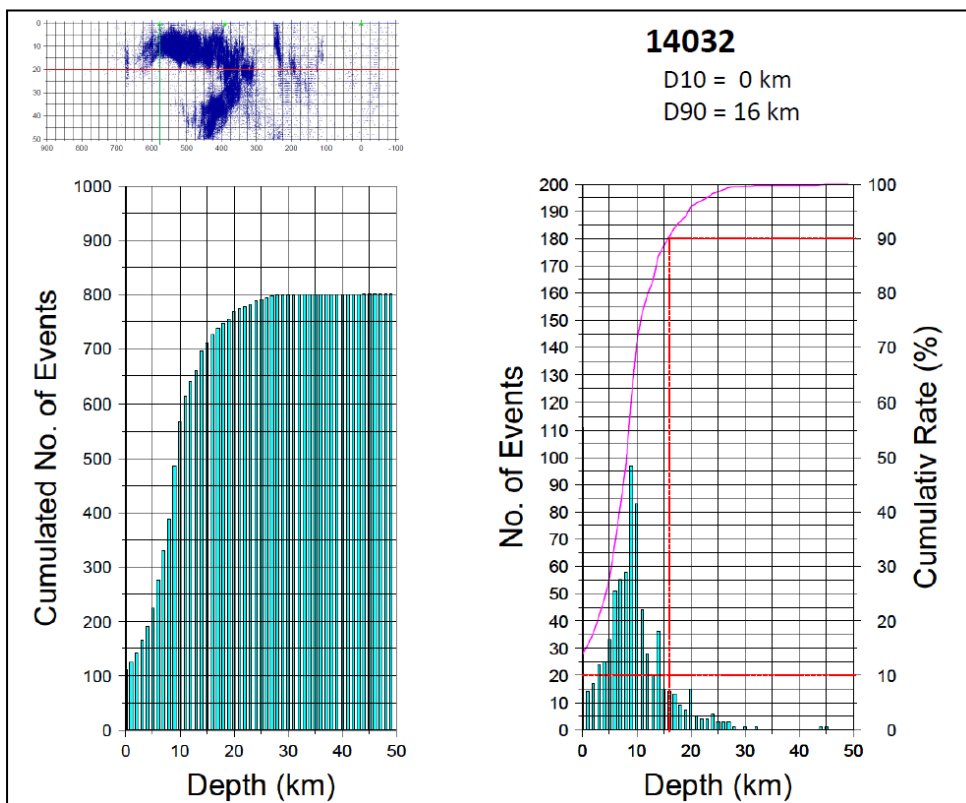


図 II. 1-7 (2) の続き

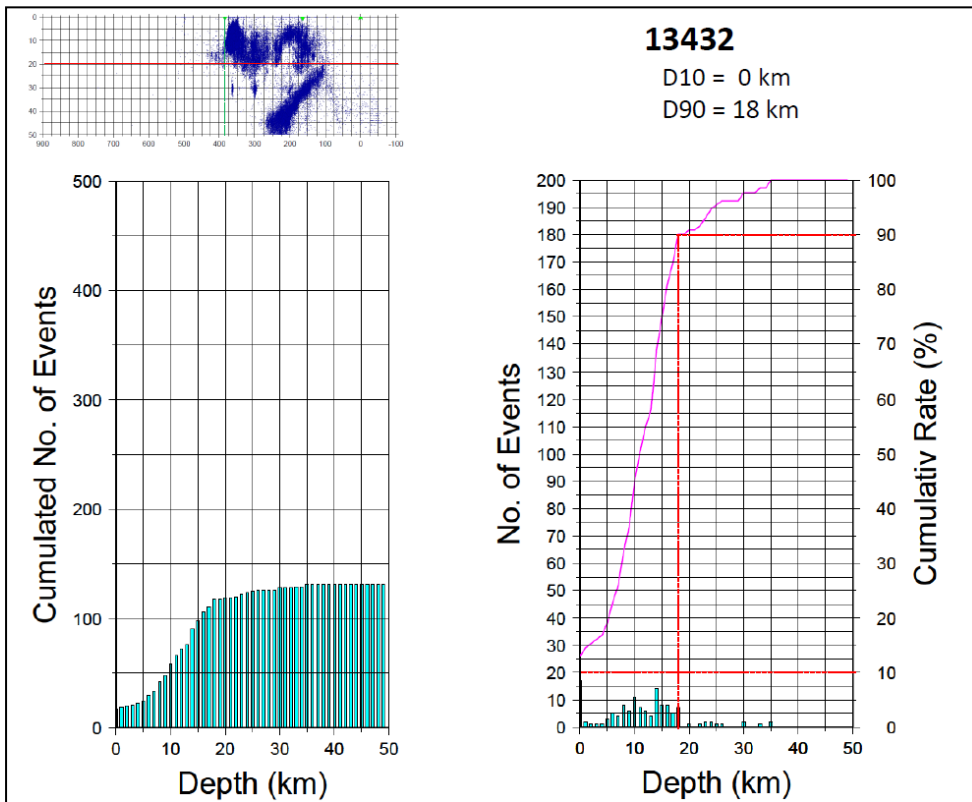
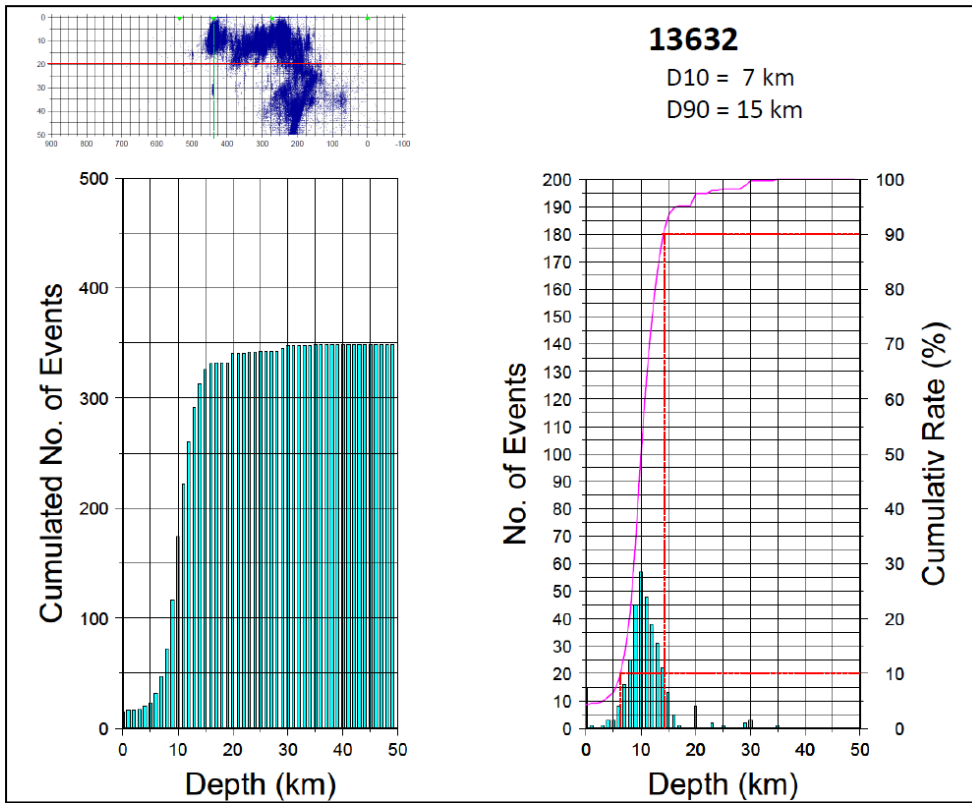


図 II. 1-7(2) の続き

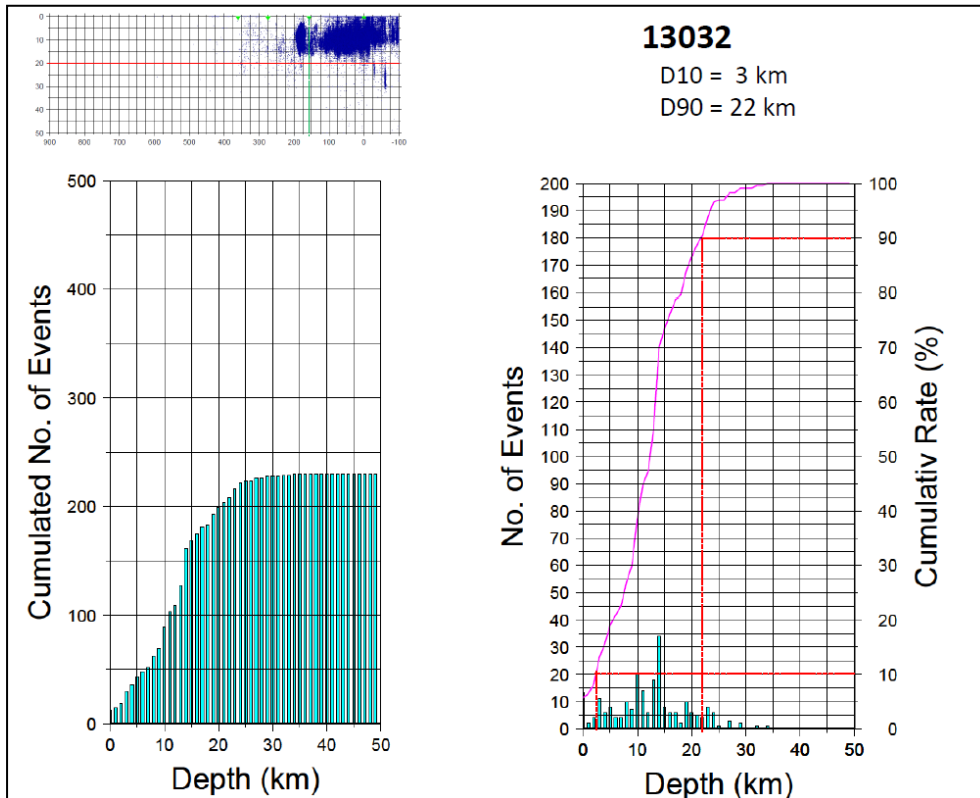
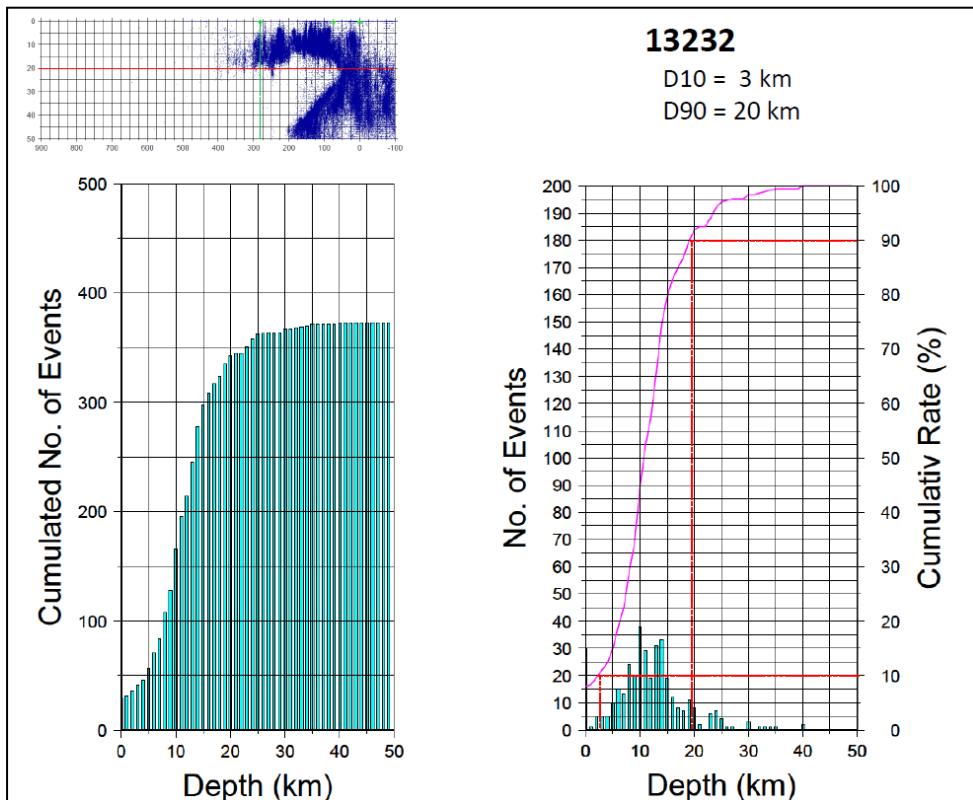


図 II. 1-7(2) の続き



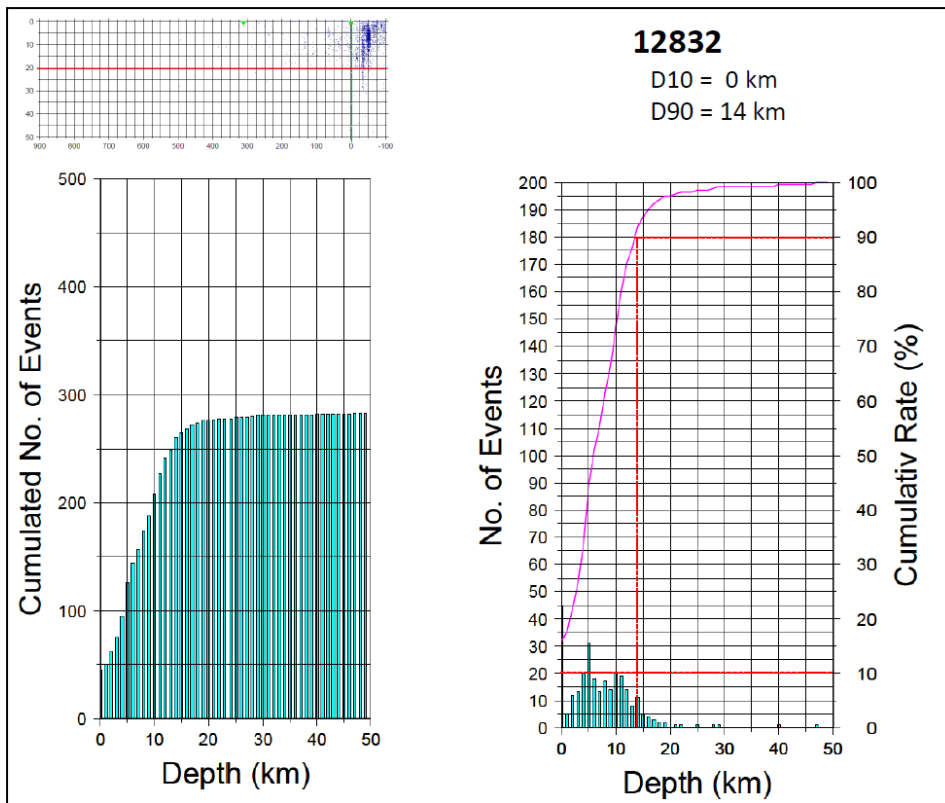
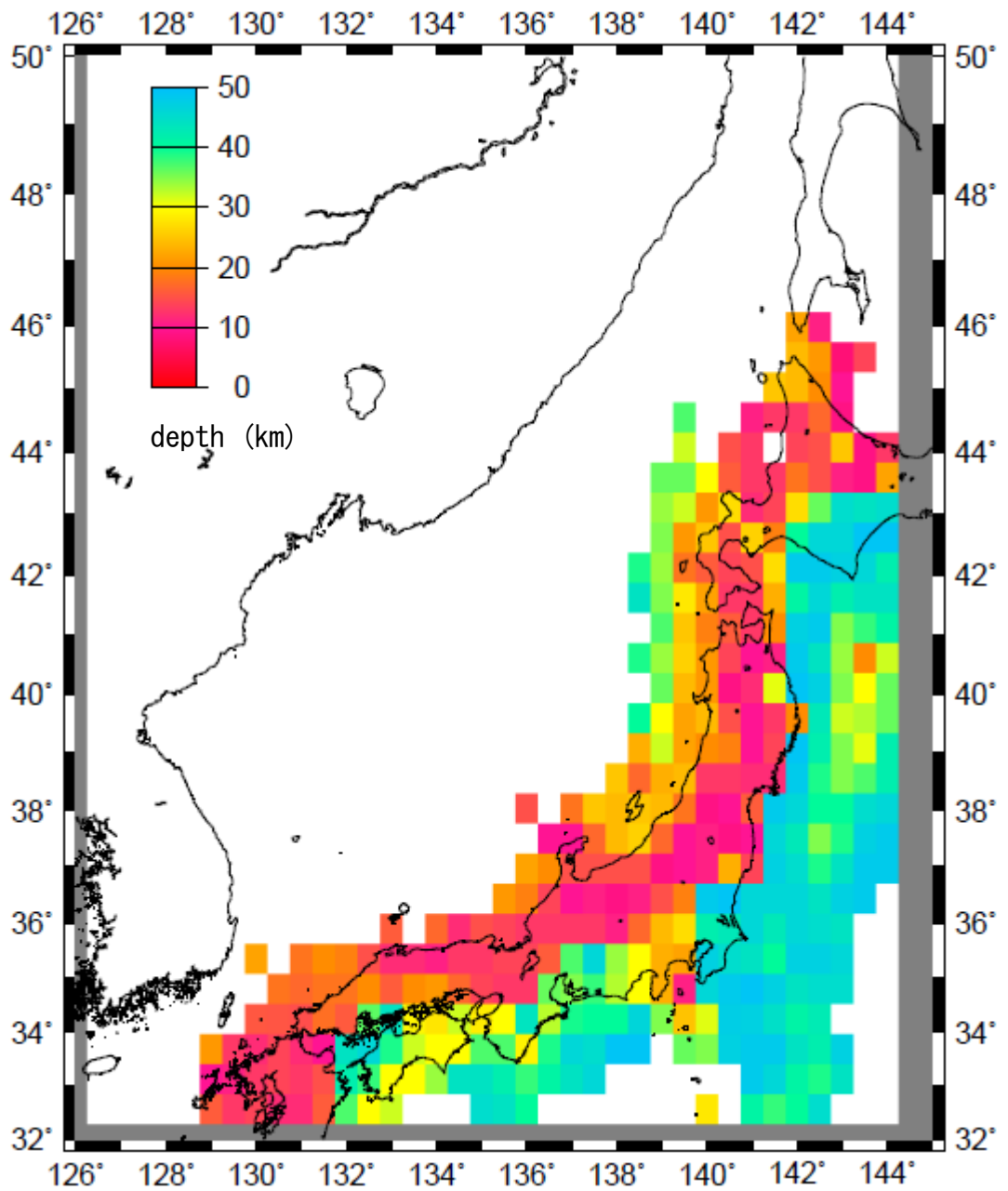
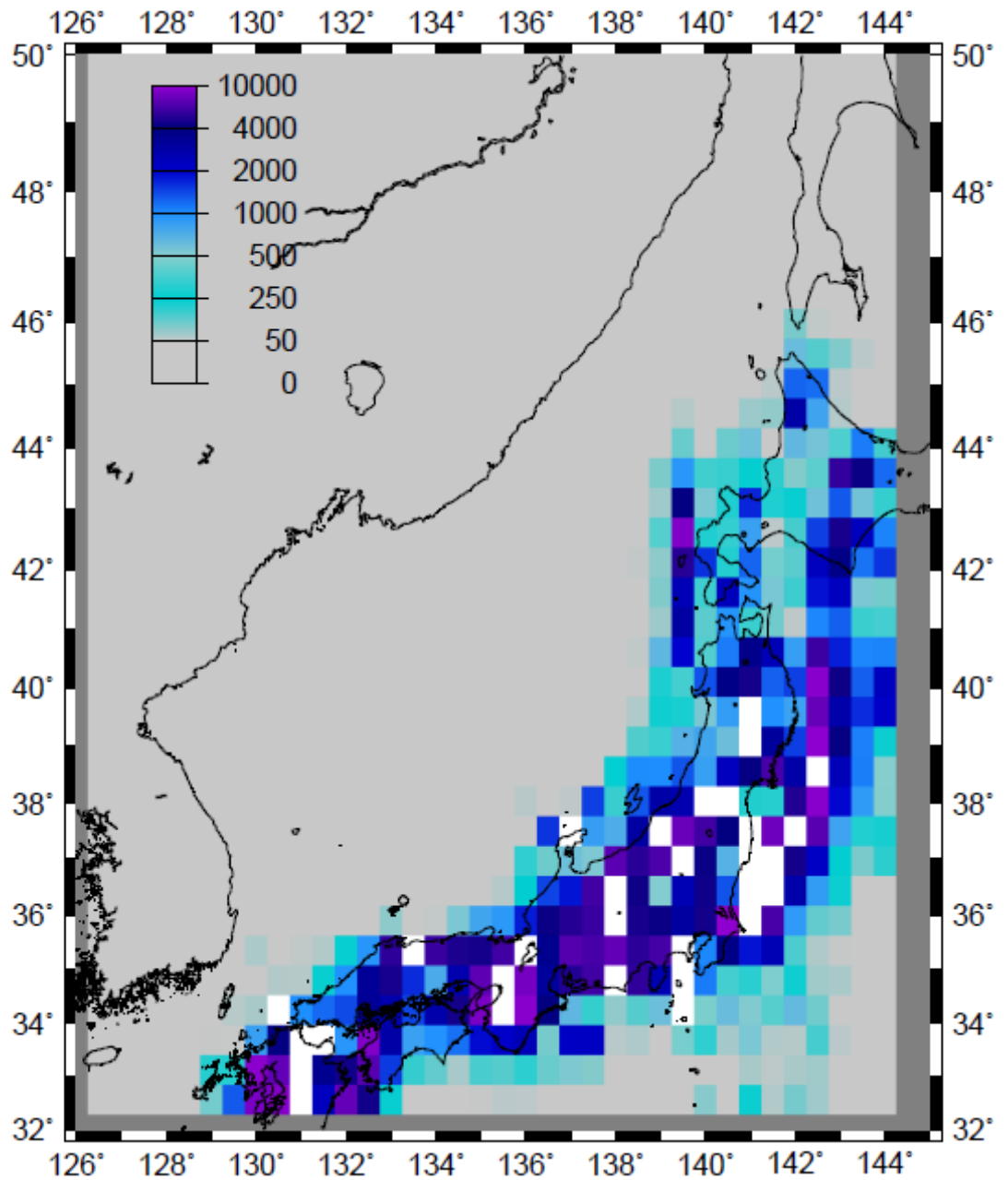


図 II. 1-7 (2) の続き



図Ⅱ.1-8(1) 日本周辺の深さ 50km 以浅における D90 の分布

0.5 度四方、深さ方向 50 km のグリッド内でデータ数が 50 個以上の場合のみ算出



図Ⅱ.1-8(2) 各グリッド内の D90 深度における積算地震個数

色が濃いほどデータ数が多い。ねずみ色の部分はデータ数が 50 個に満たなかった領域、白い部分は 10000 個以上の領域。

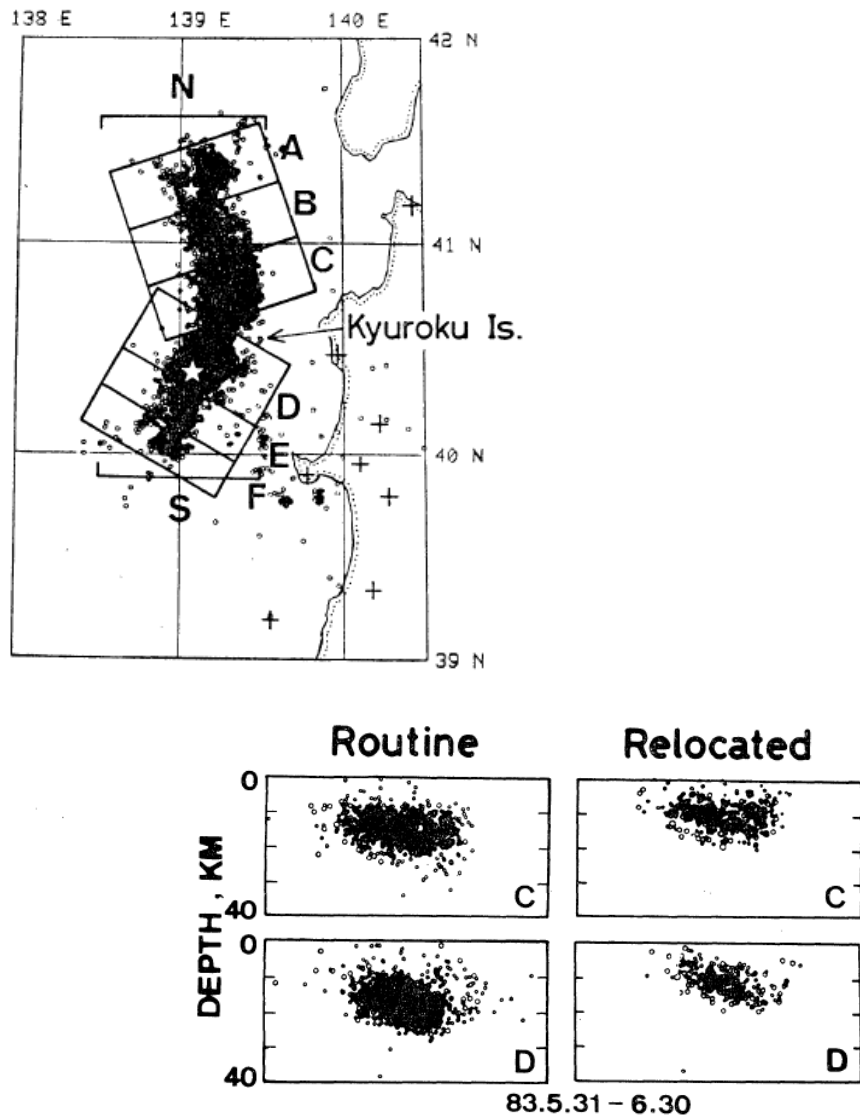


Fig. 5. Vertical cross sections of aftershocks for the regions C and D in Fig. 3. Relocation of aftershocks by using the velocity model shown in Fig. 4 gives slightly shallower and thinner plane-like distribution of aftershocks. Almost all the aftershocks are relocated at depths shallower than about 20 km.

図Ⅱ.1-9 海野ほか (1985) による再決定された震源分布

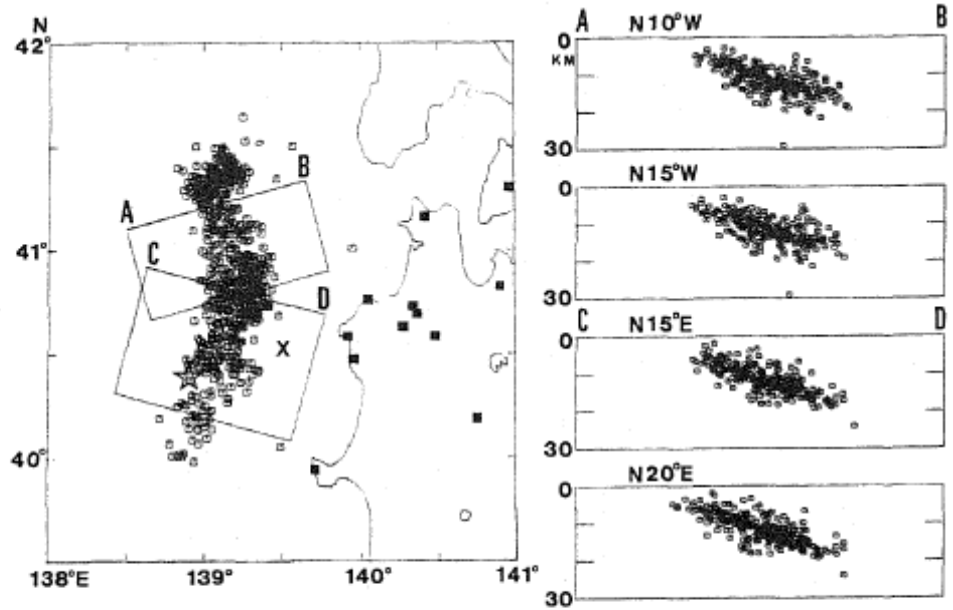


Fig. 8. Aftershock distribution determined for Model I-1. Epicenter distribution is shown on the left and depth distributions on the right, projected on the cross sections perpendicular to the directions of N10°W and N15°W for the northern sampling block and N15°E and N20°E for the southern sampling block. Squares indicate the seismograph stations. A star indicates the epicenter of the main shock (KOSUGA *et al.*, 1984). A cross marks the location of Kyuroku Island.

図Ⅱ.1-10 Sato *et al*(1985)による再決定された震源分布

4) 地震の発生の特徴について

ISC カタログデータ（1940 年から 2013 年まで）を用いて、日本海における地震の規模別頻度分布（G-R 則）について検討した。使用したデータは同期間に日本海周辺の海域において発生した深さ 40km 以浅の地震、88653 イベントである。これらの地震について、海域を 3つの領域に区分し、b 値から地震発生の特徴について考察をおこなった。

b 値は最尤法（宇津, 1965 および安芸, 1965）により推定した。b 値を推定したデータのフィッティング結果を図 II. 1-11 に、推定された b 値と使用したデータ数を表 II. 1-3 にしめす。

b 値を推定する際のマグニチュードの下限 (*Mmin.*) については、藤原ほか（2012）における日本海東縁部の地震の扱いに準じて 5.0 に固定した場合と *Mmin* を固定しない場合のふたつのケースを想定した。また、*Mmin* を 5.0 に固定したケースでは、b 値を 0.9 に固定した曲線も重ねて示した

表 II. 1-3 推定された b 値と使用したデータ数

領域	イベント数	Mmin.=5	Mmin.=free
	55041	1.002	0.809 Mmin=3.0
	33367	0.565	0.889 Mmin=3.0
領域III	257	0.868	0.399 Mmin=3.0

表 II. 1-3 では、領域 I、II、IIIにおいて b 値が大きく異なっている。領域IIIについてはデータ数が少ないため、以下では、領域 I と領域 II について検討する。

図 II. 1-9 のフィッティング曲線では *Mmin* を考慮する場合のほうが曲線全体のフィッティングは良くなっている。その場合の b 値は、東縁で  $b=0.809$ 、西側で  $b=0.889$  であり、1 割程度の相違がみられる。

これらの b 値の統計学的な有意性について、AIC（赤池情報基準、赤池, 1974）による次の方法で検定を行った。

(赤池, 1974 の検定方法)

$$AIC_1 = -2N \ln B + 2N + 2$$

( $B = b \ln 10$ )

$$AIC_2 = -2N_1 \ln B_1 - 2N_2 \ln B_2 + 2N + 4$$

$$\Delta AIC = AIC_1 - AIC_2 = 2N \ln N + 2N_1 \ln \left( N_1 + N_2 \frac{b_1}{b_2} \right) + 2N_2 \ln \left( N_1 \frac{b_2}{b_1} + N_2 \right) - 2$$

仮説①  $N (=N_1+N_2)$  個の b 値は同じ（分布を表現するパラメータは 1 個）である。

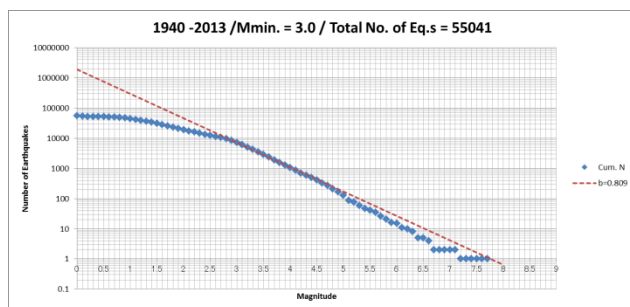
仮説②  $N_1$  個は  $b_1$ 、 $N_2$  個は  $b_2$  ( $b_1 \neq b_2$ 、パラメータ 2 個) である。

一般に  $\Delta AIC$  が 2 程度より大きければふたつの仮説における b 値に有意なちがいがあるといえる。

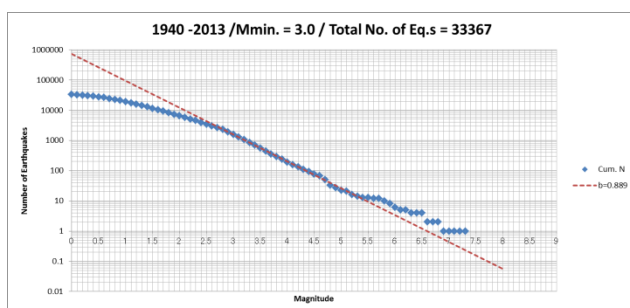
ここで、西側の  $b$  値を  $b_1=0.889$  (地震数  $N_1=33367$ )、東側の  $b$  値を  $b_2=0.809$  (地震数  $N_2=55041$ ) をそれぞれあてはめて計算すると、 $\Delta AIC \approx 259$  がえられる。この結果から東縁と西側の  $b$  値の違いが数学的に有意であるといえる。

この結果を今後の、日本海海域における地震・津波ハザード評価の上でどのように使用するかは、検証も含めて今後の課題である。

a) 領域 I (左:  $M_{min}$  を 5.0 に固定、右:  $M_{min}$  を考慮)



b) 領域 II (左:  $M_{min}$  を 5.0 に固定、右:  $M_{min}$  を考慮)



c) 領域 III (左:  $M_{min}$  を 5.0 に固定、右:  $M_{min}$  を考慮)

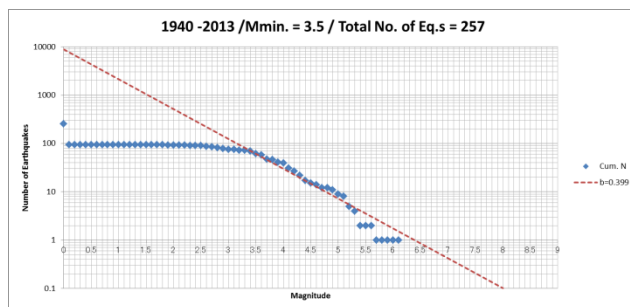
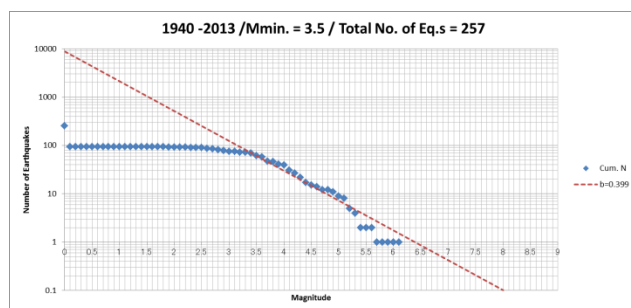


図 II. 1-11 各領域における  $b$  値の推定  
(図中 ◇ のシンボルは積算地震数で、 $M_{0.0}$  以上から示している。)



## ② 断層モデルの検証方法の検討

### 1) 検討の概要

断層モデルの検証方法を検討するため、「I②妥当性チェックのための地震津波事例の選定」で選定された1983年日本海中部地震を用い、設定した断層モデルに基づく津波予測計算による津波高さを指標に、パラスタを実施した。

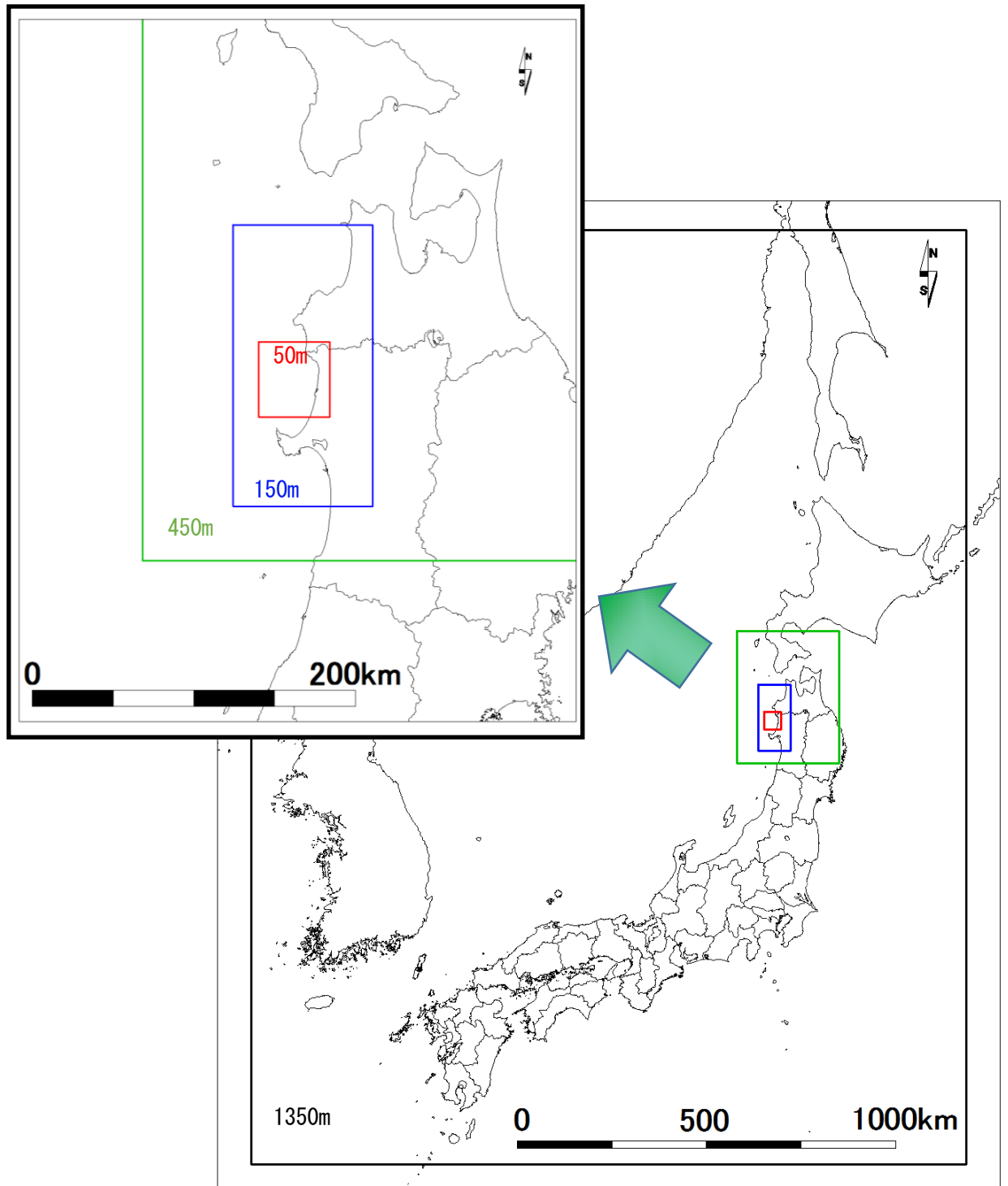
具体的には、断層パラメータに対する最大津波水位のばらつきを検討し定量化する。ばらつきの定量化は、1983年日本海中部地震を模した基準断層モデルの最大津波水位と断層パラメータの違いによってばらつく最大津波水位を比較することで行った。

### 2) パラスタの設定

#### a) 検討の対象範囲及び津波予測計算の計算条件

本検討では、計算結果から得られる最大津波水位を一部の領域でのみ比較し、パラメータの水位に対する感度を定量化する。対象範囲は感度が大きくなると考えられる波源に近い秋田県北部沿岸地域（領域番号 27）を選び、津波予測計算を実施する。各計算領域及び対象位置（50 m メッシュ領域）を図Ⅱ.2-1に示し、計算条件を表Ⅱ.2-1に示す。

計算結果として得られる最大津波水位の比較対象の地点は暫定的に海岸線から 200 m 沖とした。沖を比較の対象地点に選んだ理由として、対象地点を遡上域や汀線付近にすると、地形や構造部など断層パラメータ以外の要因を強く受ける可能性が高いと考えられるためである。本計算では遡上域の計算格子が 50 m であり、河川や構造物を考慮した遡上計算は粗くなるため、浸水深と痕跡高の信頼できる比較は難しい、また、汀線付近での比較も同様に海岸の微地形や 50 m で表現できない構造物の有無などの影響で比較は難しいと考えられる。従って、遡上域や汀線付近での比較は今後の課題とし、沖での比較を実施した。



図Ⅱ.2-1 各計算領域の範囲及び対象領域(50mメッシュ領域)の位置)

表Ⅱ.2-1 津波予測計算の計算条件

項目	計算条件
	最小格子 50 m, 日本海海域
支配方程式	非線形長波理論
モデル・数値解法	後藤モデル（港空研 II）、東北大学モデル Staggered Leap-frog 差分スキーム
計算領域	異なる格子間隔の領域を 1:3 でネスティング 各波源に対して沿岸での水位変動が±1m 以上となる領域を考慮する
計算格子間隔	計算格子間隔： 1350, 450, 150, 50 m（沿岸域は全て 50m）
境界条件	陸側： 陸域への遡上計算 海側： 完全無反射で透過
地形データ	「(I)③津波予測計算用地形データの作成」で作成した地形(50m 領域は領域 27)
各種施設の取り扱い (堤防・水門等)	各種施設は考慮しない
計算時間	6 時間(津波が沿岸に到達してから 2 時間以上計算するように設定)
計算時間間隔	安定性 (CFL 条件) を考慮して適切に設定
初期水位	Okada (1992) で算出した海底地盤変位量を与える(水平成分考慮)
潮位	T.P. = 0 m
打ち切り水深	$10^{-2}$ m
粗度係数	一定値 (0.025)

b) 既往のパラスタ

パラスタでは、基準断層モデルの位置と形状及び断層パラメータの値とその変動幅を設定する必要がある。これらの設定において、検討では、既往のパラスタ[原子力発電所の津波評価技術(2002)]を参考にした。

図Ⅱ.2-2 は原子力発電所の津波評価技術(2002)が実施した日本海東縁部における既往パラスタの設定を示した概要図である。この既往パラスタでは、基準断層モデルを1枚の矩形で作成し、その断層パラメータのうち $M_w$ を固定し、断層位置および、傾斜角、すべり量、走向、傾斜方向(東傾斜/西傾斜の選択)を動かすことで、最大津波水位への感度を調べている。図Ⅱ.2-3は、この基準断層モデルの断層パラメータを図Ⅱ.2-2の表(赤枠)のように設定し、また断層モデルの位置を1983年日本海中部地震の位置(図Ⅱ.2-2赤枠点線)に設定した場合の最大津波水位を、痕跡高および相田モデル(1983)の津波水位と比較した結果である。

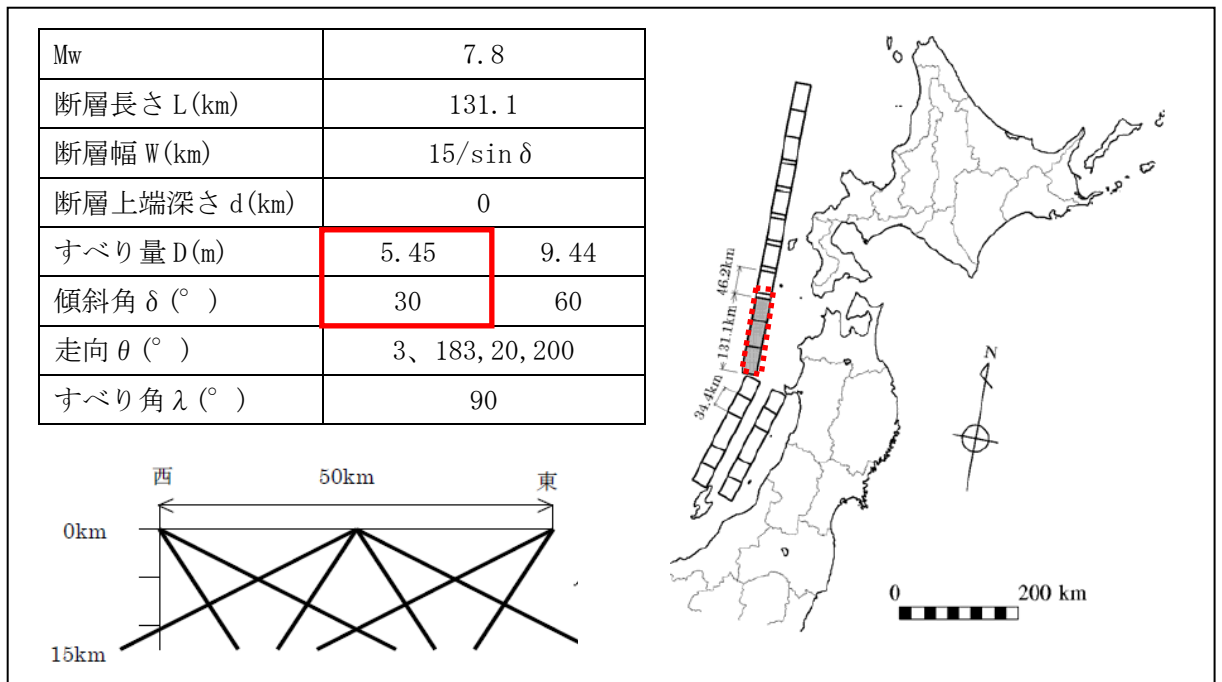


図 II.2-2 基準断層パラメータ、断層の傾斜角パターン及び基準断層モデル設定位置  
(原子力発電所の津波評価技術(2002)より抜粋)

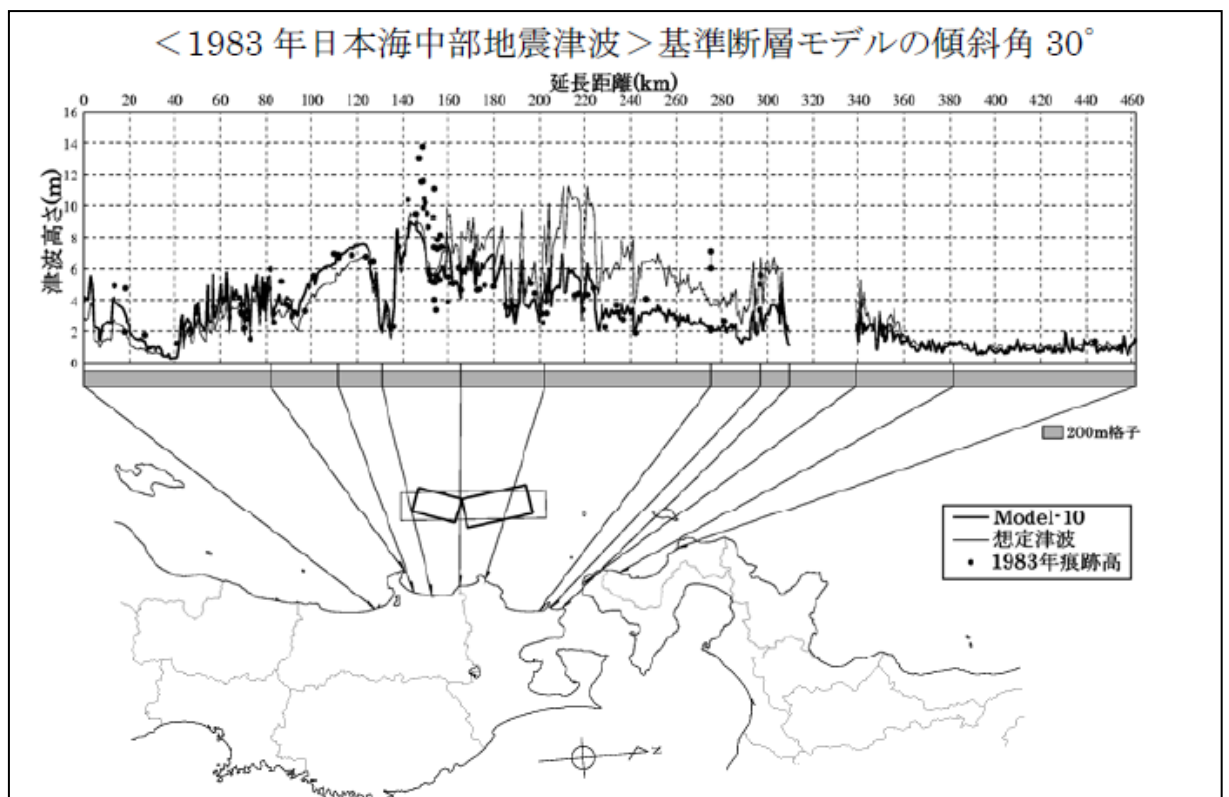


図 II.2-3 1983年日本海中部地震の位置に設定した場合の最大津波水位と痕跡高及び相田モデル(1983)による最大水位の比較(原子力発電所の津波評価技術(2002)より抜粋)

c) 基準断層モデルの設定

本検討で設定する基準断層モデルは、原子力発電所の津波評価技術(2002)のパラスタを参考に、日本海中部地震の再現により近いモデルを基準断層となるように、1枚の矩形断層モデルで作成した。また、原子力発電所の津波評価技術(2002)は、比較結果(図Ⅱ.2-3)から、「基準断層モデル(傾斜角 30°、すべり量 5.45 m)を基にした津波水位の計算結果が痕跡高の分布や既存断層モデル(相田モデル)に基づく計算結果と良く対応している」と述べているため、本検討でも基準断層モデルの断層パラメータを傾斜角 30° とすべり量 5.45 m で設定した。

d) 断層パラメータの設定

本検討のパラスタでは、変化させる断層パラメータを、断層位置、断層深さ、すべり量、傾斜角、走向、すべり角とした(表Ⅱ.2-2)。これらの断層パラメータをそれぞれ変化させ、津波シミュレーションを行い、比較対象の地点である海岸線から 200 m 沖沿岸での最大津波水位と基準断層モデルの最大津波水位を比較する。

表Ⅱ.2-2 断層パラメータの設定

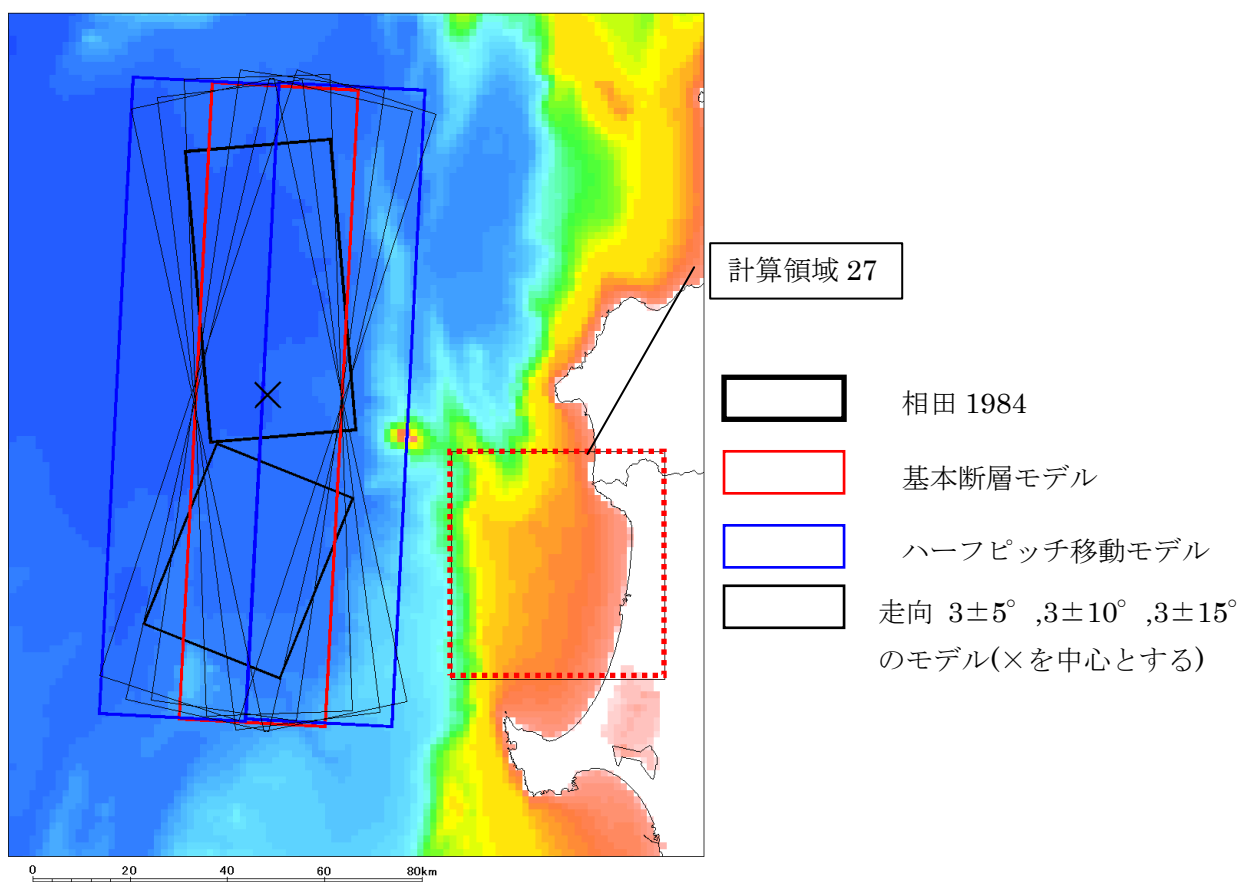
	基準断層モデルの設定	本検討のパラスタの設定	【参考】原子力発電所の津波評価技術(2002)の詳細パラスタの設定
断層位置	原子力発電所の津波評価技術と同様の設定	基準断層位置および東西方向にハーフピッチずらした位置	-
断層上端深さ d(km)	0	0km、2.5km、5km、10km	0km、2.5km、5km
すべり量 D(m)	5.45※1	5.45	9.44
傾斜角 $\delta$ (°)	30※1	30、37.5、45、52.5、60	45、52.5、60
走向 $\theta$ (°)	3	3、 $3\pm 5^\circ$ 、 $3\pm 10^\circ$ 、 $3\pm 15^\circ$	3、 $3\pm 10^\circ$
傾斜方向	東傾斜		東傾斜
すべり角 $\lambda$ (°)	90	70、80、90	90

※1：原子力発電所の津波評価技術(2002)の詳細パラスタの設定とは異なる。日本海中部の再現により近いほうである傾斜角 30°、すべり量 5.45 m の断層を選択した。

図Ⅱ.2-4 は断層位置の違いを示したもので、赤枠が基準断層モデルの位置、青枠が東西へハーフピッチずらした断層位置である。また、走向の違い(3°、 $3\pm 5^\circ$ 、 $3\pm 10^\circ$ 、 $3\pm 15^\circ$ )を黒枠(細線)で示した。また、断層サイズとすべり量を変更しないため、断層上端のパラスタによっては、断層下端の最下限値は約 30 km 程度となるが、断層下端の下限值は、

断層パラメータの感度解析を目的としているため、設定しないこととした。


本検討で実施するパラスタ(表Ⅱ.2-2)の内訳を、目的毎で分類すると表Ⅱ.2-3に示したように6パターン(①断層位置の違い、②断層深さの違い、③走向の違い、④傾斜角の違い、⑤すべり角の違い、⑥断層位置・走向・傾斜角の違い)となり、計算ケースは全部で38パターン(重複を除く)となる。パラスタ⑥は、複数の断層パラメータを同時に変えた場合の津波水位の変動や、あるいは水位の合成や非線形性などを見るために設定した。特に、パラスタ①~⑤の中で津波水位への感度が大きいと予想される断層パラメータ(断層位置・走向・傾斜角)を組み合わせた。



図Ⅱ.2-4 パラメータスタディの断層位置(赤枠が、基準断層位置、青枠はパラスタで設定した位置)

表Ⅱ.2-3 パラメータスタディを行うケース一覧

ケース番号	計算の目的	断層位置	断層深さ(km)	走向(°)	傾斜角(°)	すべり角(°)	すべり量(m)	
1	基準断層モデル	標準位置	0	3	30.0	90	5.45	
2	断層位置の違い	標準位置	0	3	30.0	90	5.45	
3		東寄り	0	3	30.0	90	5.45	
4		西寄り	0	3	30.0	90	5.45	
5	断層深さの違い	標準位置	0	3	30.0	90	5.45	
6		標準位置	2.5	3	30.0	90	5.45	
7			5					
8			10					
9	走向の違い	標準位置	0	3	30.0	90	5.45	
10		標準位置	0	3	30.0	90	5.45	
11								3+5
12								3-5
13								3+10
14								3-10
15								3+15
16	傾斜角の違い	標準位置	0	3	30.0	90	5.45	
17		標準位置	0	3	37.5	90	5.45	
18					45.0			
19					52.5			
20					60.0			
21	すべり角の違い	標準位置	0	3	30.0	90	5.45	
22		標準位置	0	3	30.0	70	5.45	
23					30.0	80		
24	走向、傾斜角、断層位置の違い	標準位置	0	3	30.0	90	5.45	
25		東寄り	0	3	30.0	90	5.45	
26		西寄り	0	3	30.0	90	5.45	
27		標準位置	0	3	45.0	90	5.45	
28		東寄り	0	3	45.0	90	5.45	
29		西寄り	0	3	45.0	90	5.45	
30		標準位置	0	3	60.0	90	5.45	
31		東寄り	0	3	60.0	90	5.45	
32		西寄り	0	3	60.0	90	5.45	
33		標準位置	0	3+10	30.0	90	5.45	
34		東寄り	0	3+10	30.0	90	5.45	
35		西寄り	0	3+10	30.0	90	5.45	
36		標準位置	0	3+10	45.0	90	5.45	
37		東寄り	0	3+10	45.0	90	5.45	
38		西寄り	0	3+10	45.0	90	5.45	
39		標準位置	0	3+10	60.0	90	5.45	
40		東寄り	0	3+10	60.0	90	5.45	
41		西寄り	0	3+10	60.0	90	5.45	
42		標準位置	0	3-10	30.0	90	5.45	
43		東寄り	0	3-10	30.0	90	5.45	
44		西寄り	0	3-10	30.0	90	5.45	
45		標準位置	0	3-10	45.0	90	5.45	
46		東寄り	0	3-10	45.0	90	5.45	
47		西寄り	0	3-10	45.0	90	5.45	
48		標準位置	0	3-10	60.0	90	5.45	
49	東寄り	0	3-10	60.0	90	5.45		
50	西寄り	0	3-10	60.0	90	5.45		

 : 計算重複ケース



### 3) 計算結果

断層パラメータを表Ⅱ.2-3のとおり設定したことで、計38ケースの計算結果が得られた。計算結果のうち、地盤変動量を図Ⅱ.2-5～図Ⅱ.2-9、最大津波水位（1350 m 計算格子）を図Ⅱ.2-10～図Ⅱ.2-14、領域27の最大津波水位（50m 計算格子）を図Ⅱ.2-15～図Ⅱ.2-19に示した。図の上の数字はケース番号（表Ⅱ.2-3）を示している。

地盤変動量（図Ⅱ.2-5～図Ⅱ.2-9）の図中において、赤線で囲まれた範囲は計算格子50 mの計算領域と領域番号を示し、緑線、黒線、青線はそれぞれ断層モデルを基準位置から西、基準位置、基準位置から東に設定した場合の位置と走向（図Ⅱ.2-4）を示している。

最大津波水位（図Ⅱ.2-15～図Ⅱ.2-19）の図中において、海岸線付近に付した数字は観測地点番号を示している。観測地点番号は、海岸線から200 m 沖の計算格子に沿って北から順番に与えた。これらの観測地点でパラスタの結果を比較・検討する。

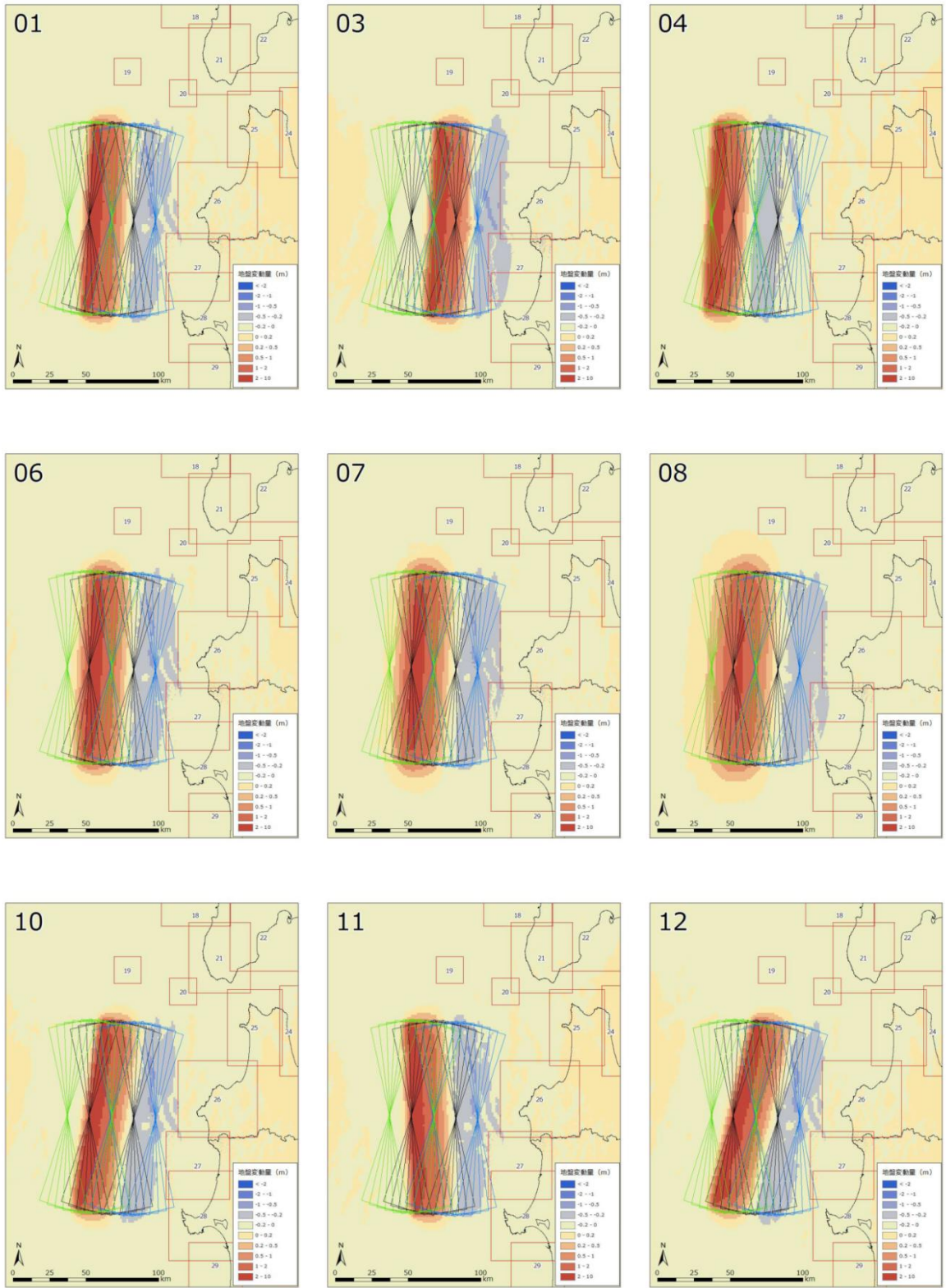


図 II.2-5 地盤変動量(1)

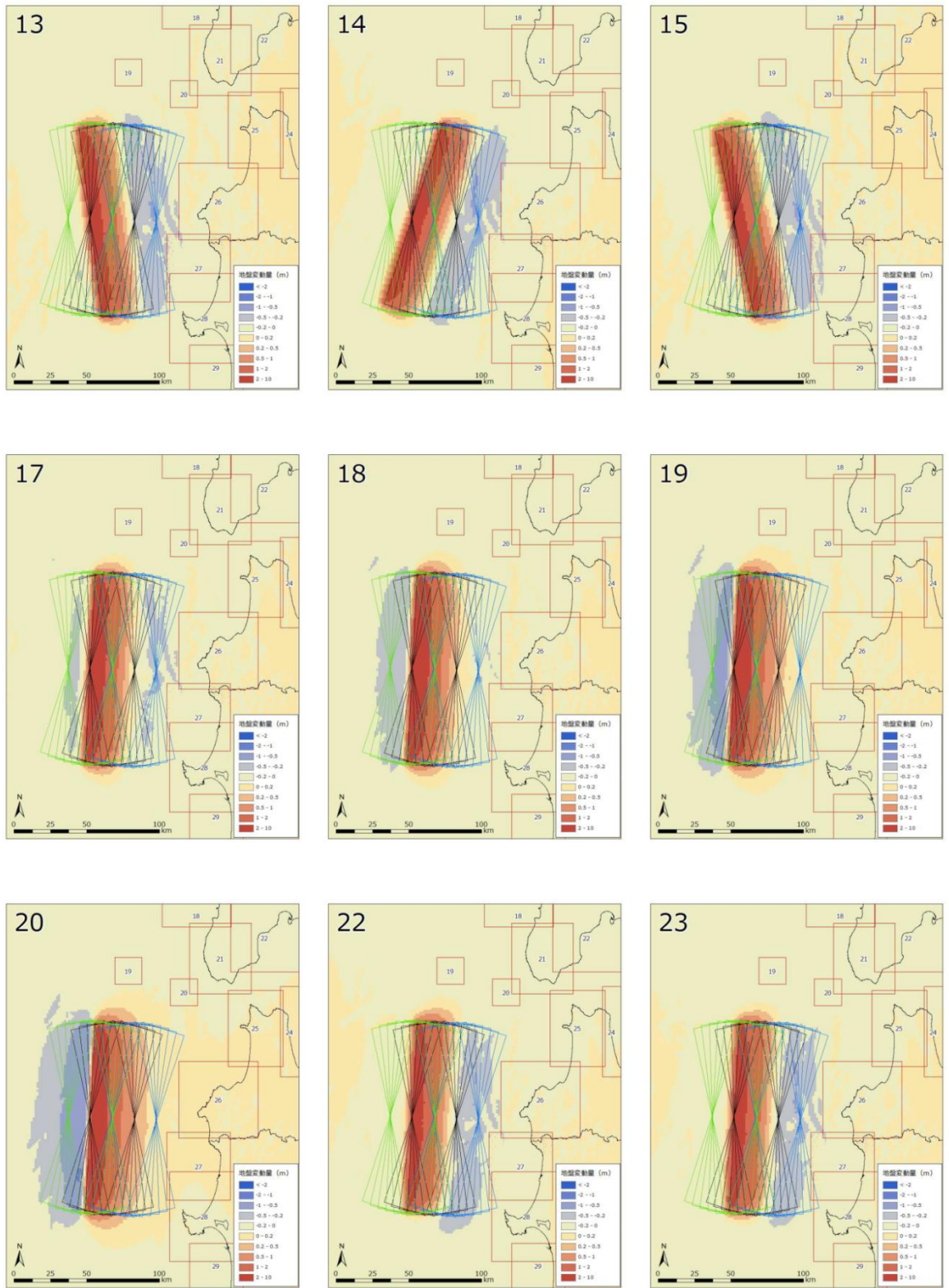


図 II. 2-6 地盤変動量(2)

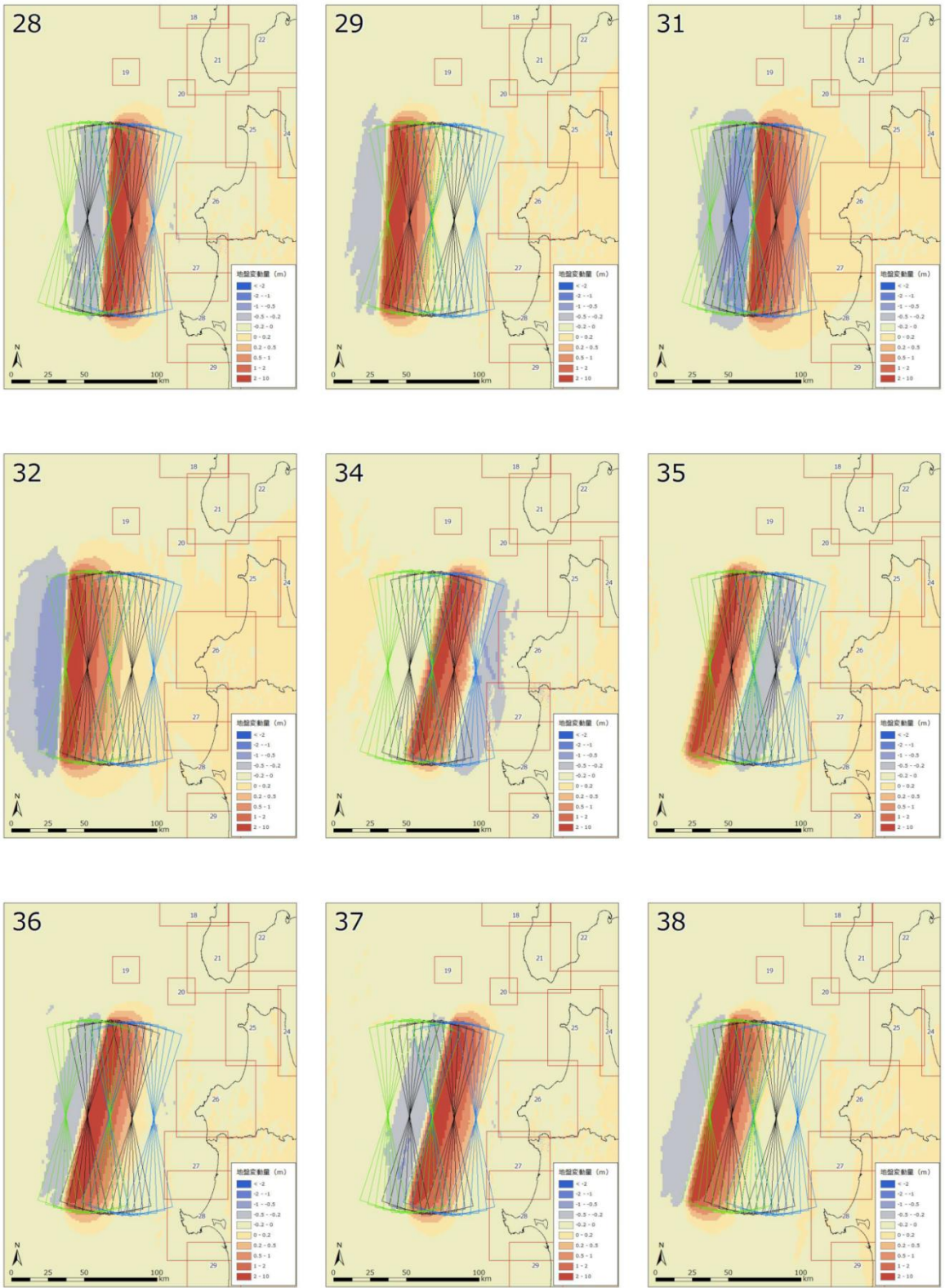


図 II. 2-7 地盤変動量(3)

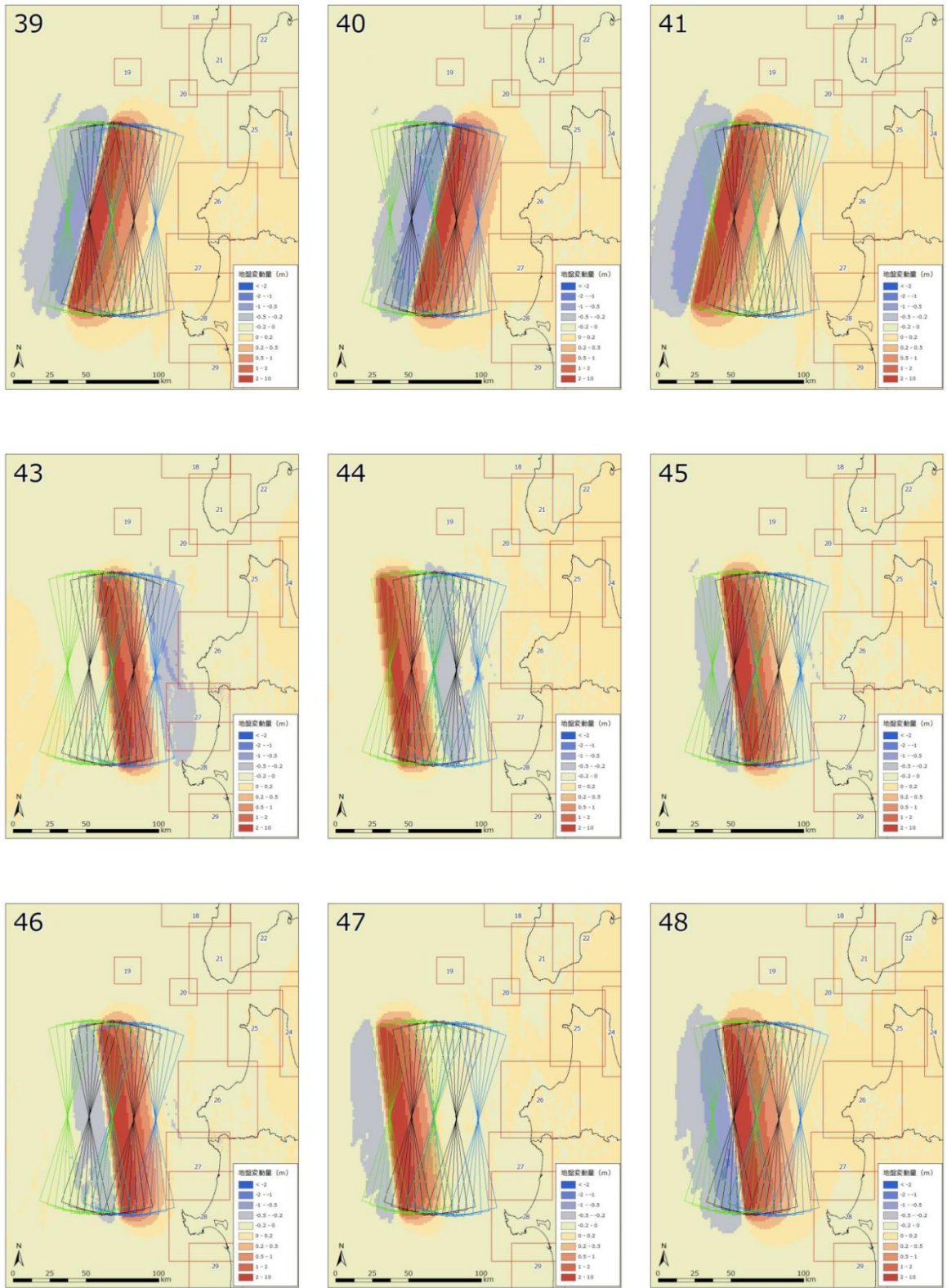
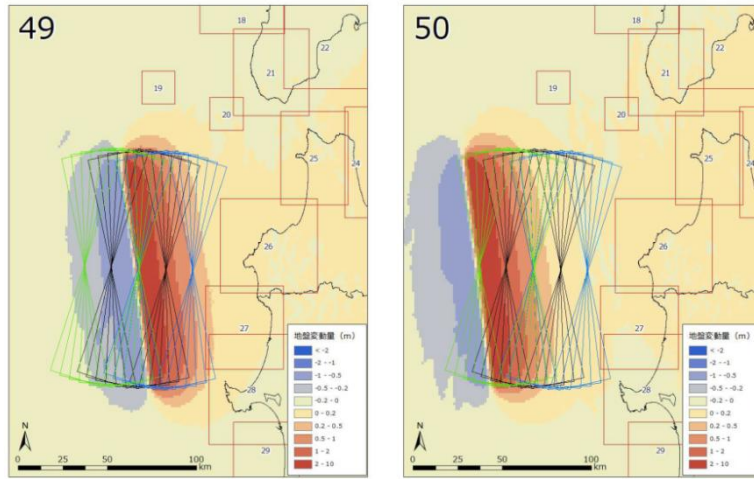


図 II.2-8 地盤変動量(4)



図Ⅱ.2-9 地盤変動量(5)

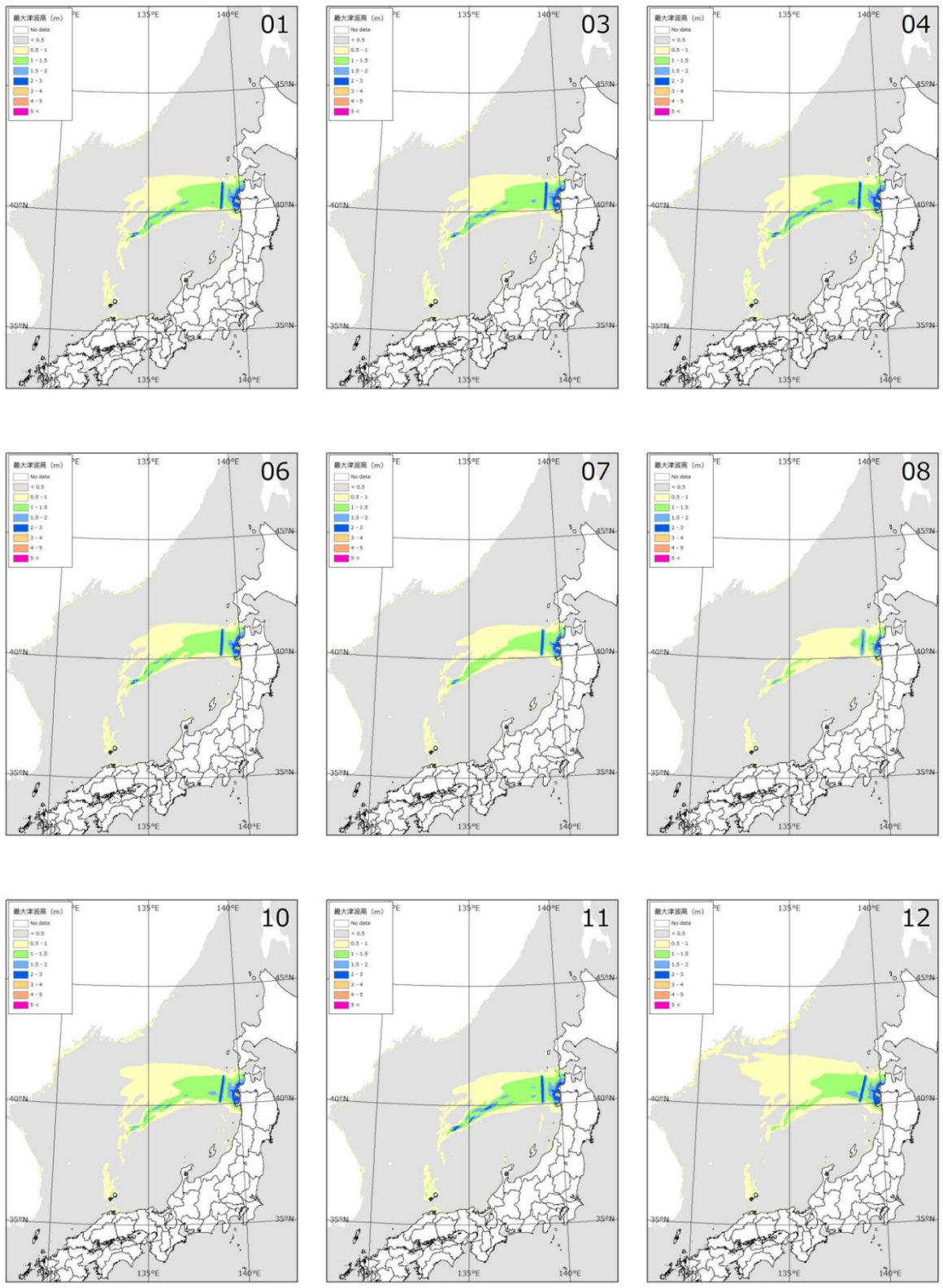
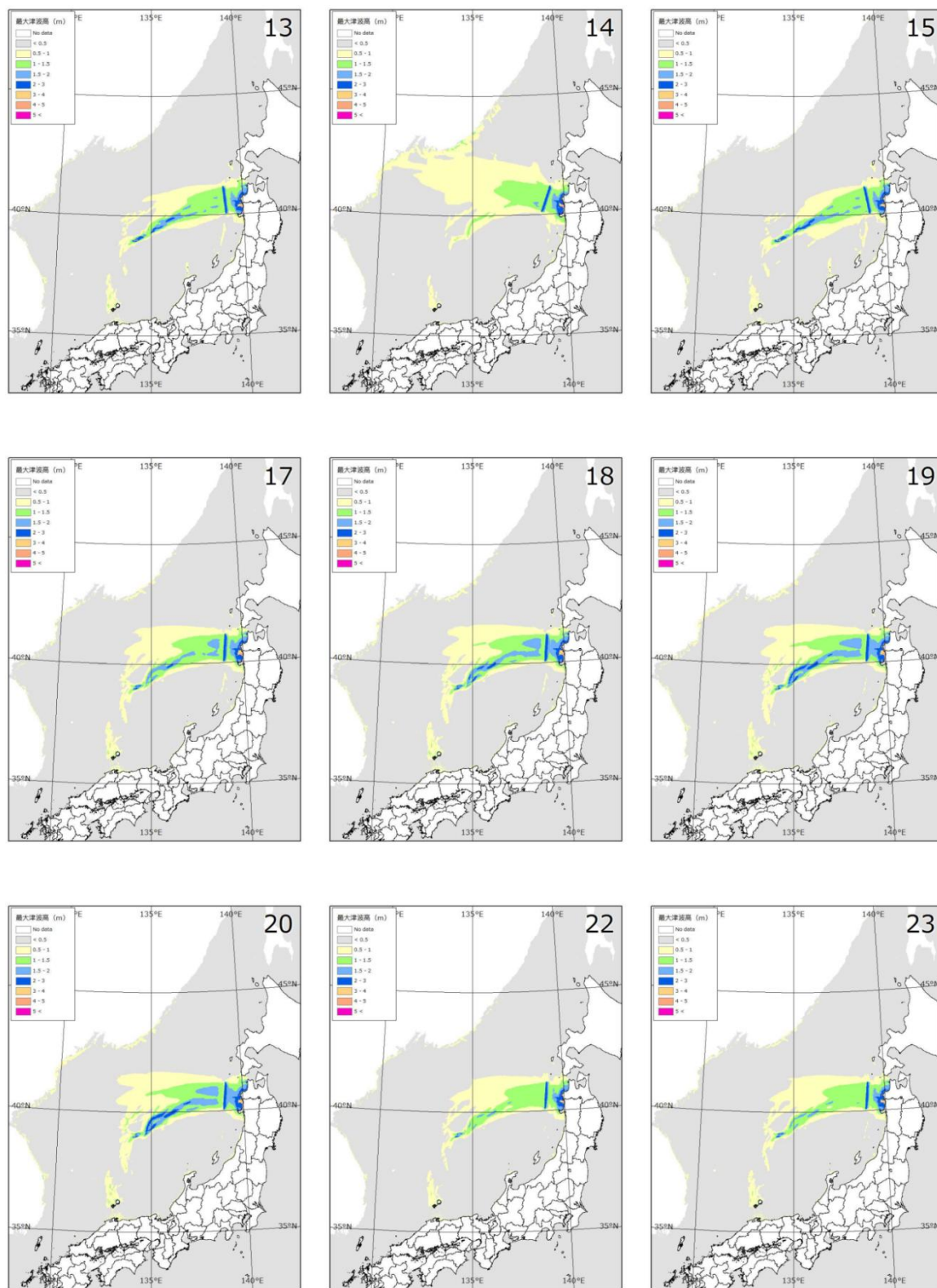


图 II.2-10 最大津波水位(1)



図Ⅱ.2-11 最大津波水位(2)



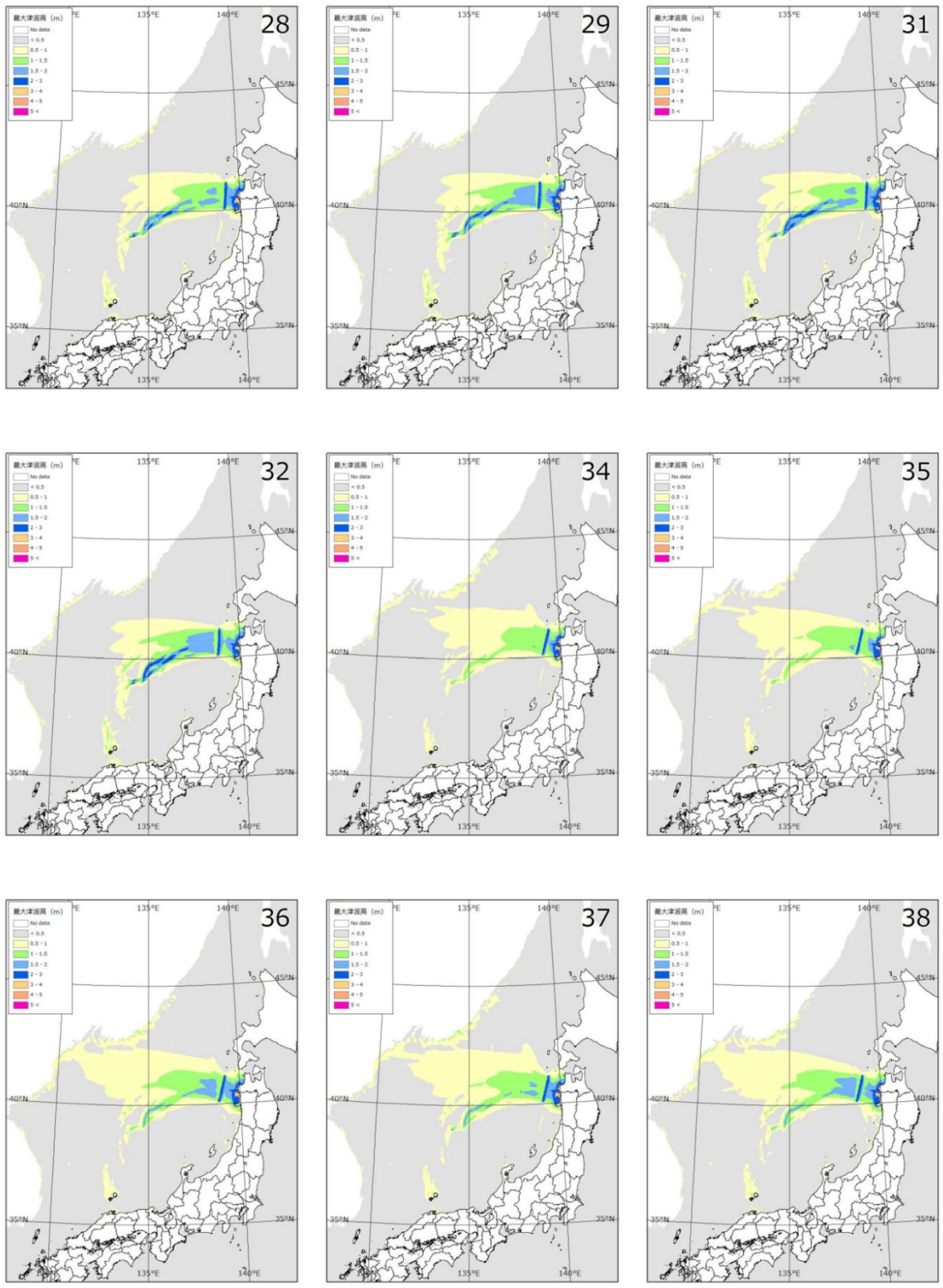


图 II.2-12 最大津波水位 (3)

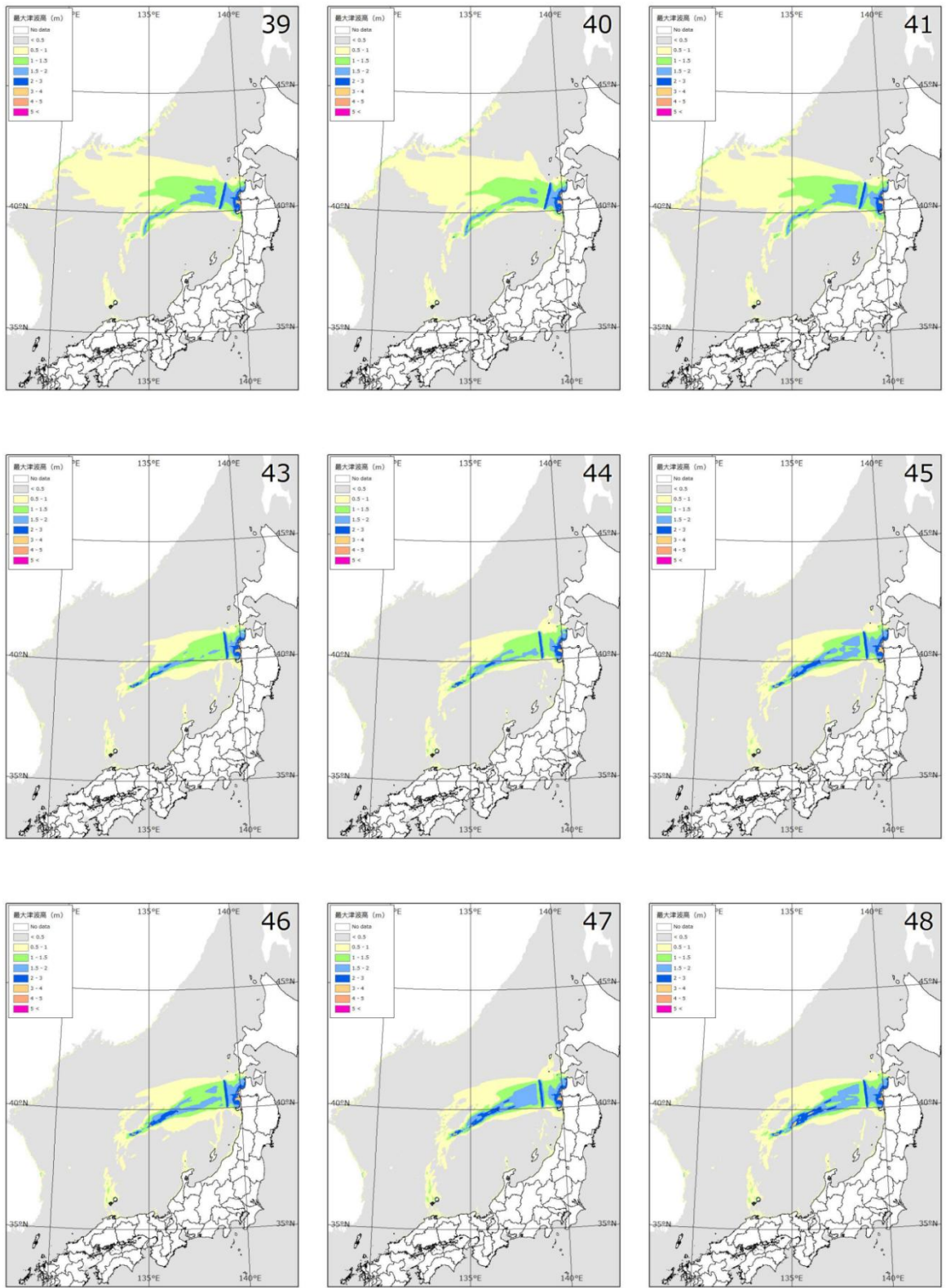


图 II.2-13 最大津波水位(4)

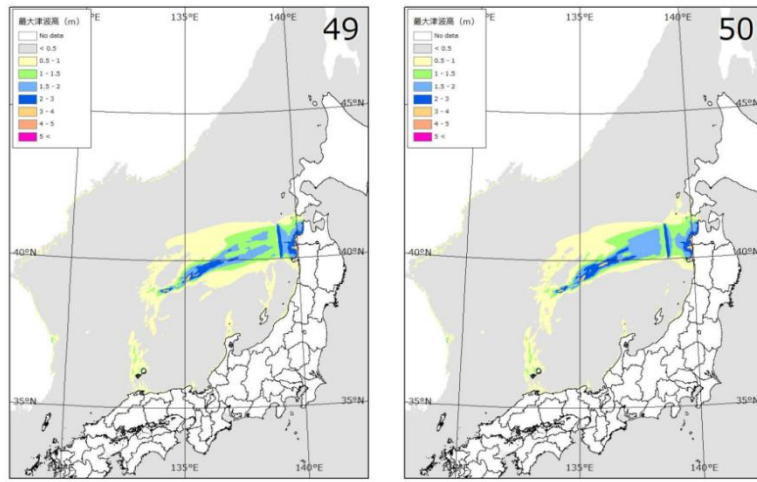


图 II.2-14 最大津波水位(5)

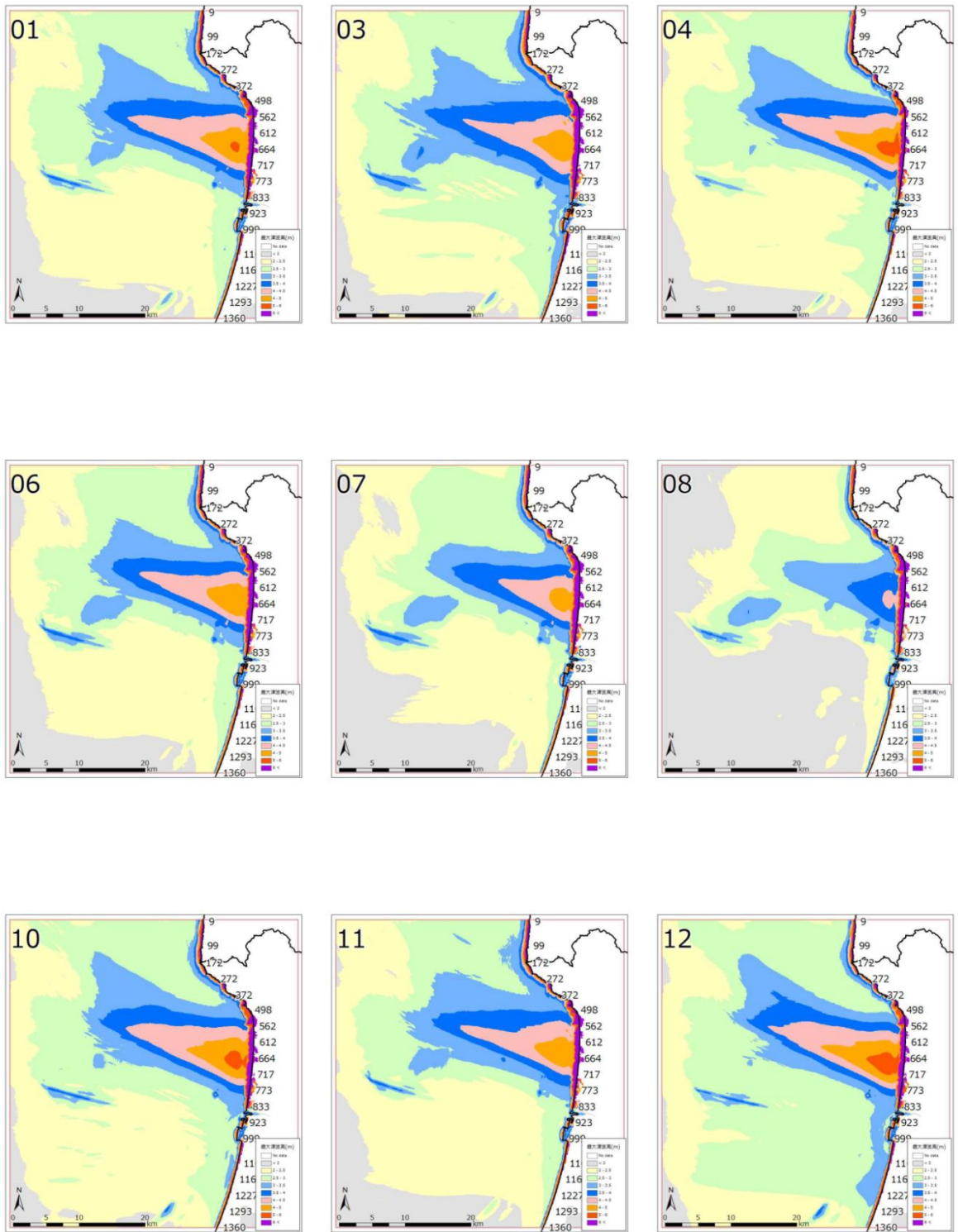


圖 II. 2-15 最大津波水位(領域 27) (1)

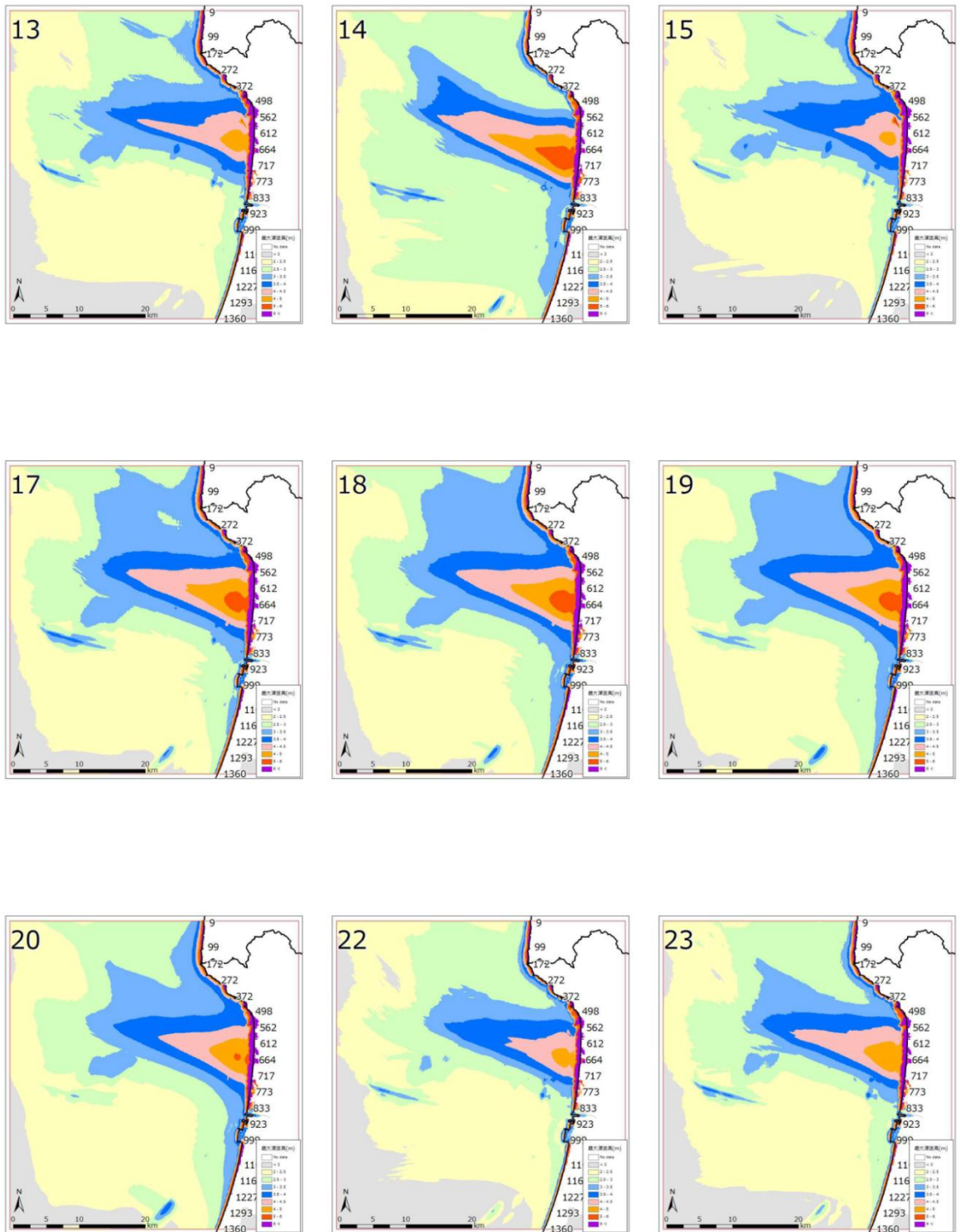


圖 II. 2-16 最大津波水位(領域 27) (2)

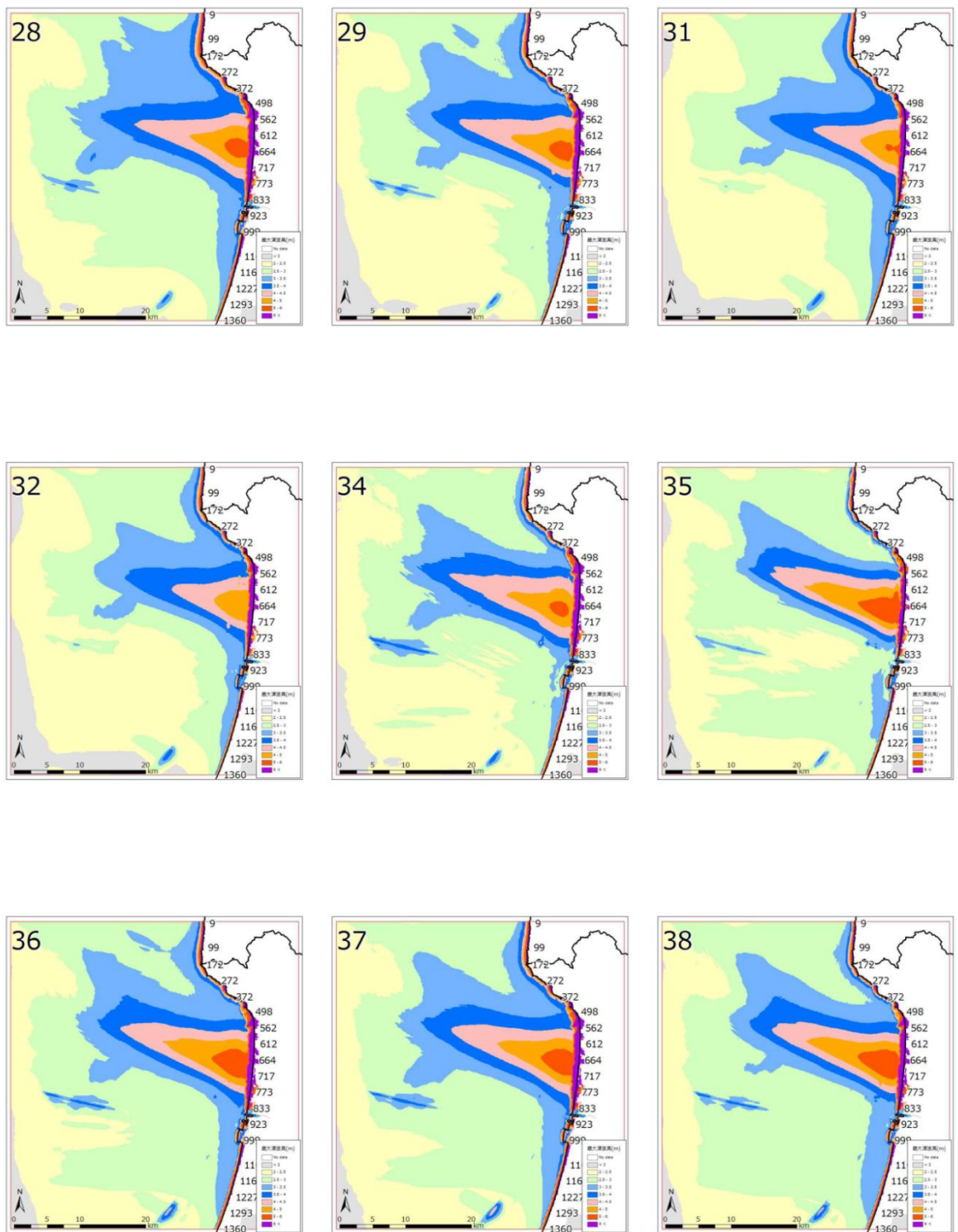
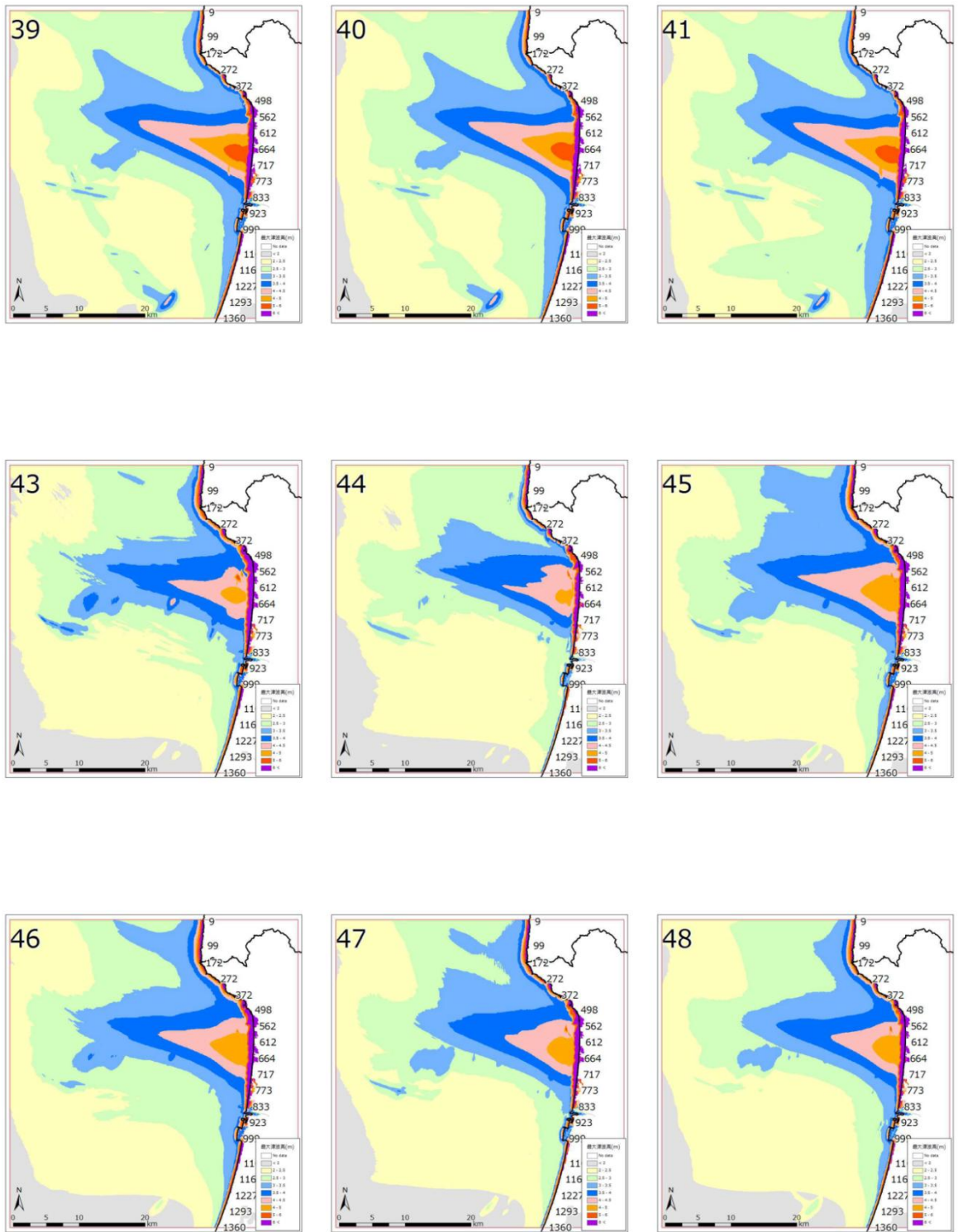


圖 II. 2-17 最大津波水位(領域 27) (3)



図Ⅱ. 2-18 最大津波水位(領域 27) (4)

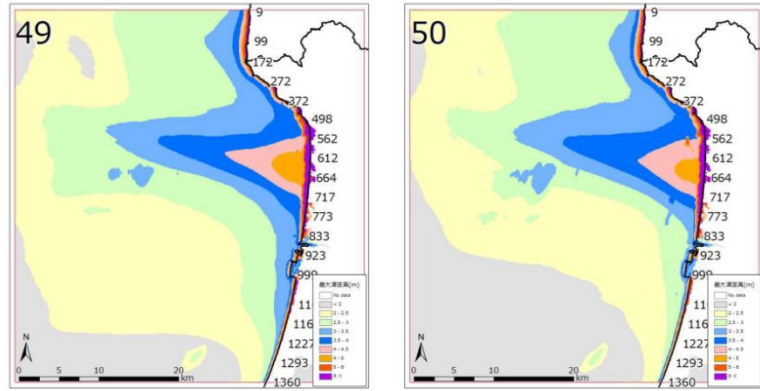


图 II. 2-19 最大津波水位(領域 27) (5)



4) 結果の比較と考察

表 II. 2-3 で示した計算ケース 3~50 の最大津波水位と基準断層モデルである計算ケース 1 の最大津波水位を比較し、以下に示す計算の目的毎 1) から 6) に帯図 (図 II. 2-20~図 II. 2-25) で示す。例えば、1) の場合、計算目的は断層位置の違いであることから、計算ケース 1、3、4 (表 II. 2-3) の最大津波水位を比較する。

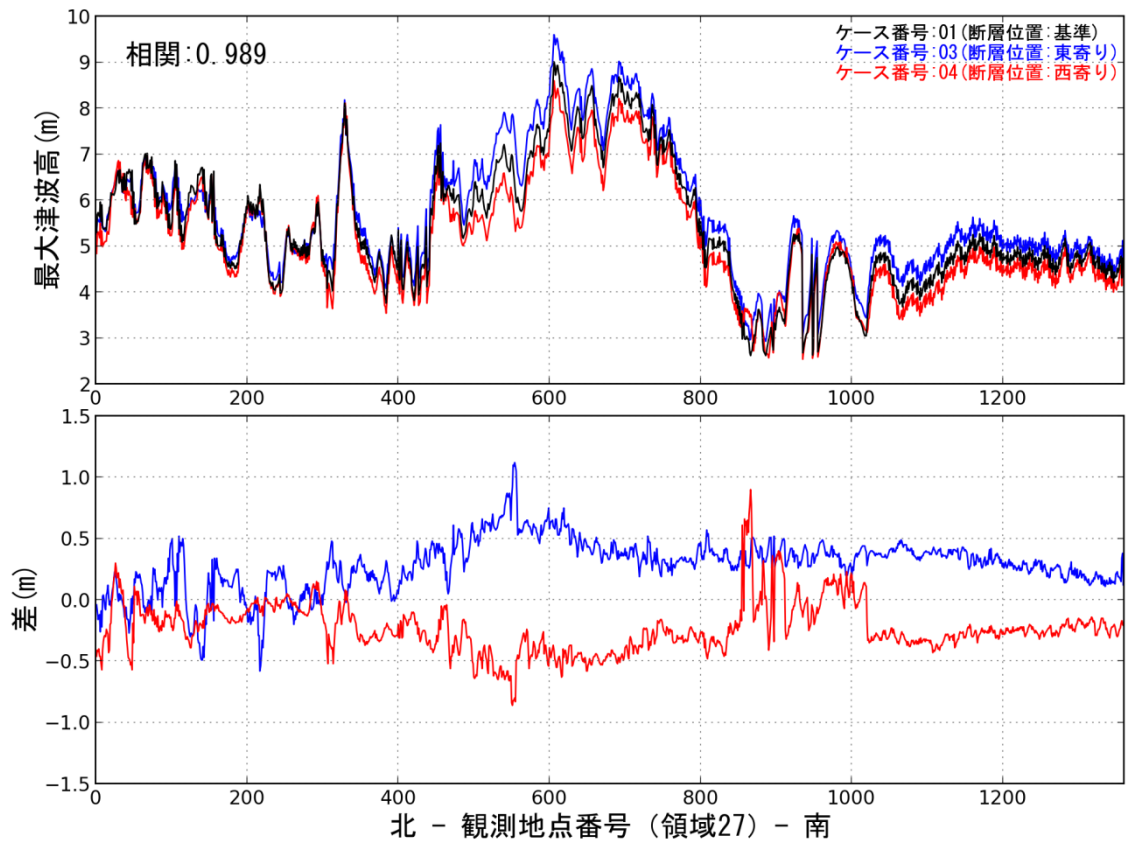
- a) 断層位置の違い (図 II. 2-20)
- b) 断層深さの違い (図 II. 2-21)
- c) 走向の違い (図 II. 2-22)
- d) 傾斜角の違い (図 II. 2-23)
- e) すべり角の違い (図 II. 2-24)
- f) 断層位置、傾斜角、走向の違い (図 II. 2-25)

図 II. 2-20~図 II. 2-24 には、各計算ケースの最大津波水位と差 (各計算ケースから基準断層モデルを引いた値) を示している。また、図 II. 2-25 (下段) では、計算目的 6) における断層モデル間の幾何標準偏差  $\sigma$  をプロットした。つまり、断層パラメータ (断層位置・走向・傾斜角) の違いによってばらついた最大津波水位の幾何標準偏差を観測地点毎に求めることで得られた帯図である。ここで、幾何標準偏差  $\sigma$  の算定式は断層モデル数  $N$  と観測地点番号  $i$  での最大津波水位  $H_i$  を用いて次式のように表せる。

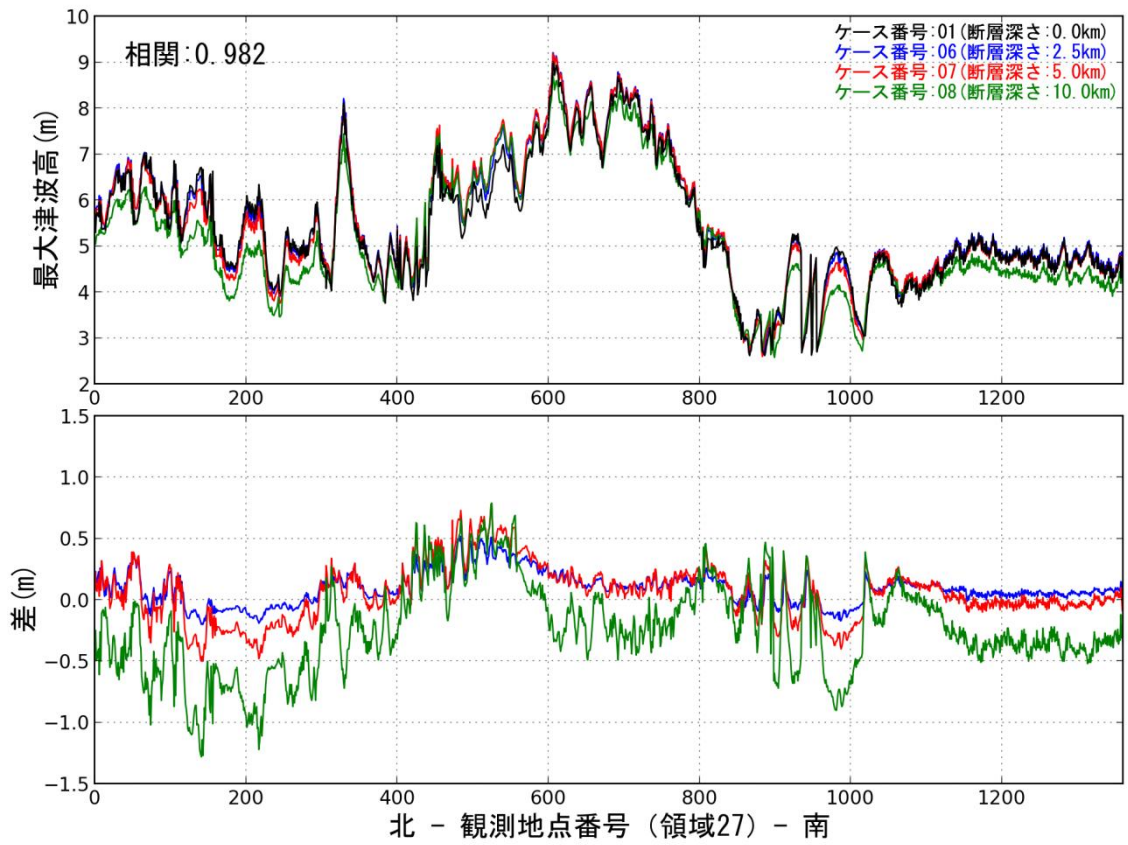
$$\log_{10} H_i = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N \log_{10} H_{i,j} \quad \text{----- (1)}$$

$$\sigma_i = \left[ \frac{1}{N} \left\{ \sum_j (\log_{10} H_{i,j})^2 - N(\log_{10} H_i)^2 \right\} \right]^{1/2} \quad \text{----- (2)}$$

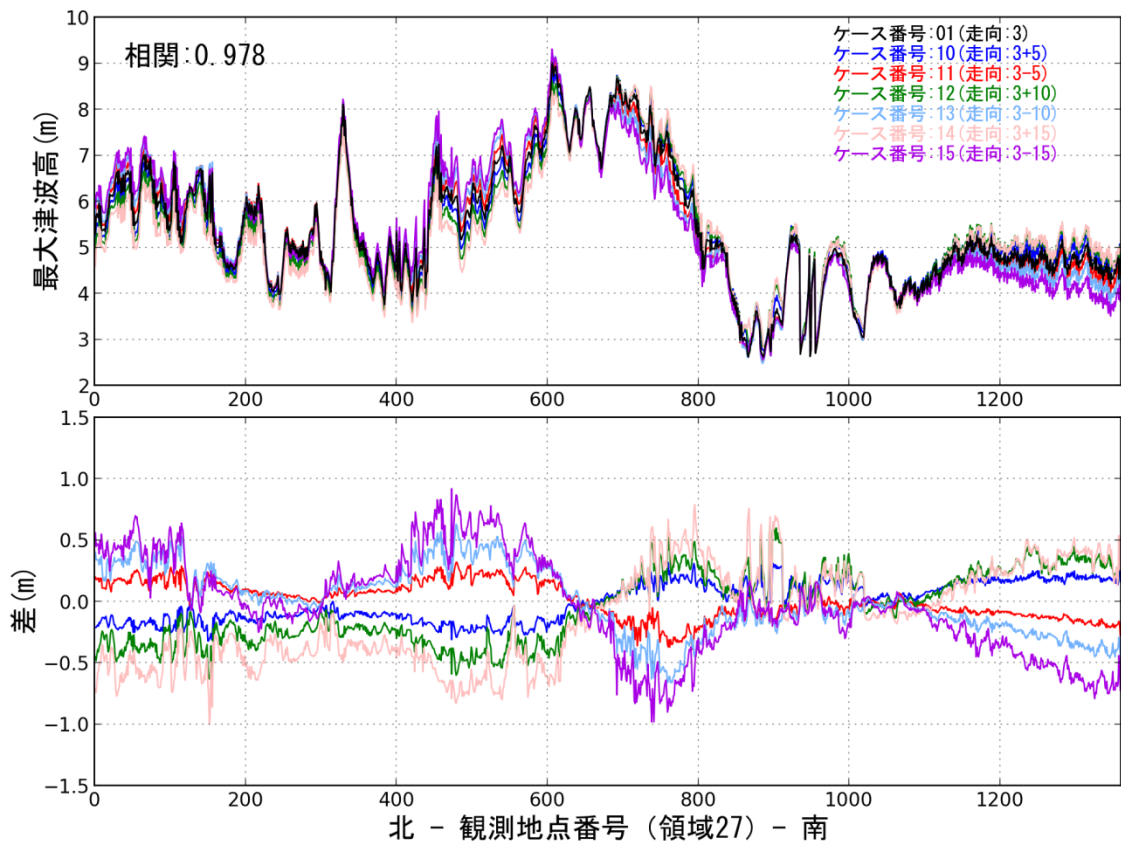
帯図の横軸は領域 27 の観測地点番号を北から南へ付した値である。各観測地点の位置を、最大津波水位分布図 (図 II. 2-15~図 II. 2-19) の海岸線付近の数字で対応させた。



図Ⅱ.2-20 断層位置の違いで変動した最大津波水位（上段）と基準断層との差(下段)



図Ⅱ. 2-21 断層深さの違いで変動した最大津波水位（上段）と基準断層との差(下段)



図Ⅱ.2-22 走向の違いで変動した最大津波水位（上段）と基準断層との差(下段)

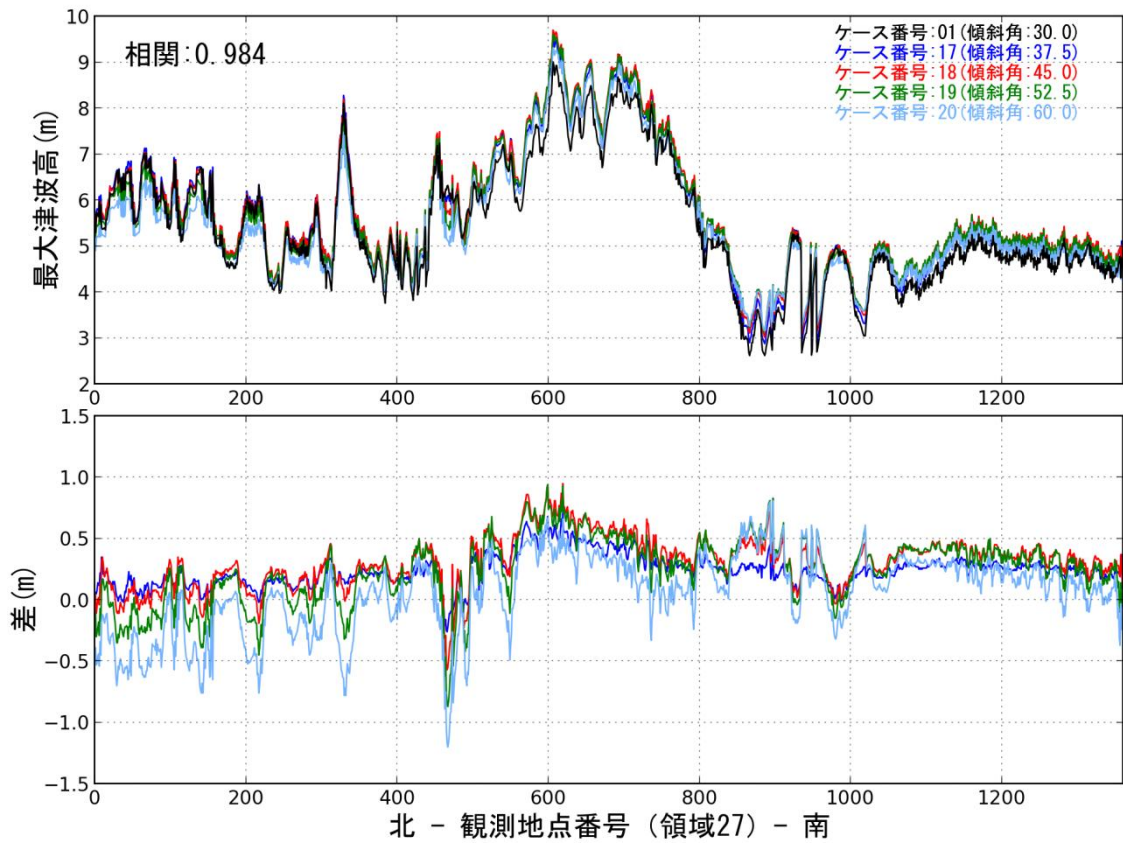
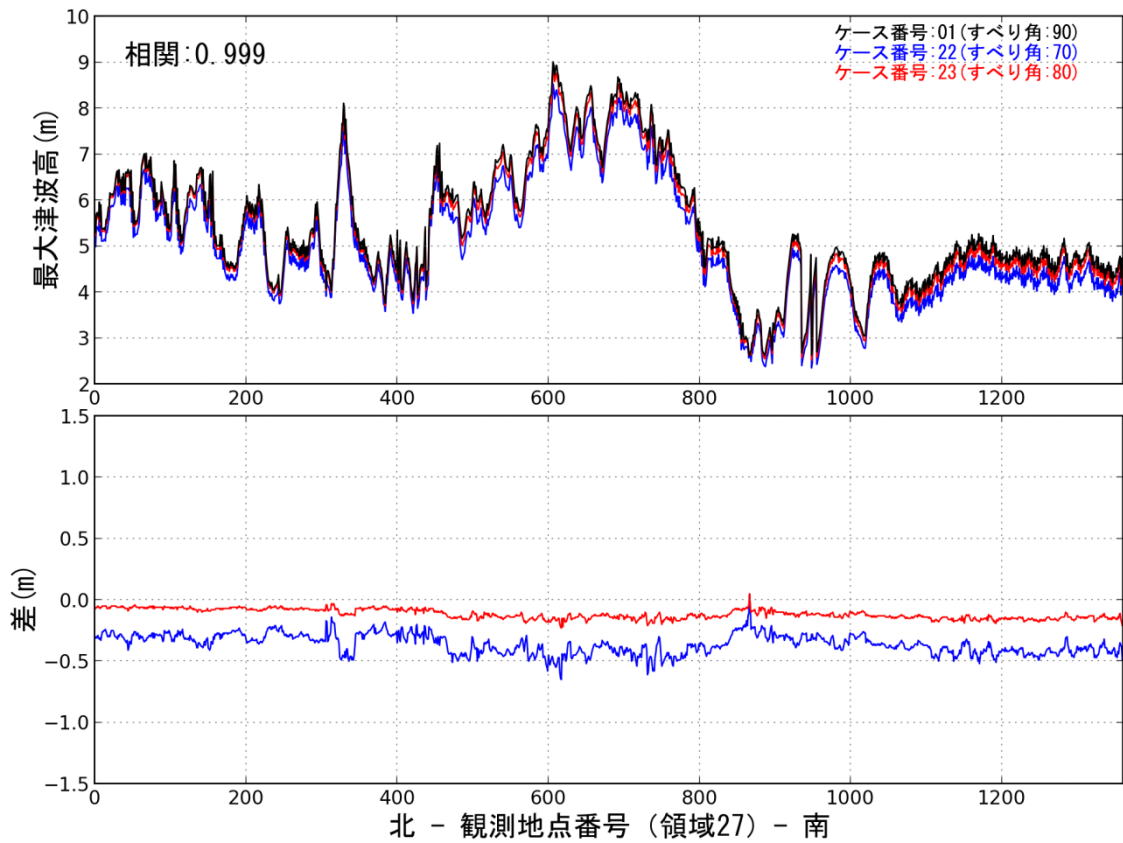


図 II. 2-23 傾斜角の違いで変動した最大津波水位 (下段: 基準断層との差)



図Ⅱ. 2-24 すべり角の違いで変動した最大津波水位（上段）と基準断層との差(下段)

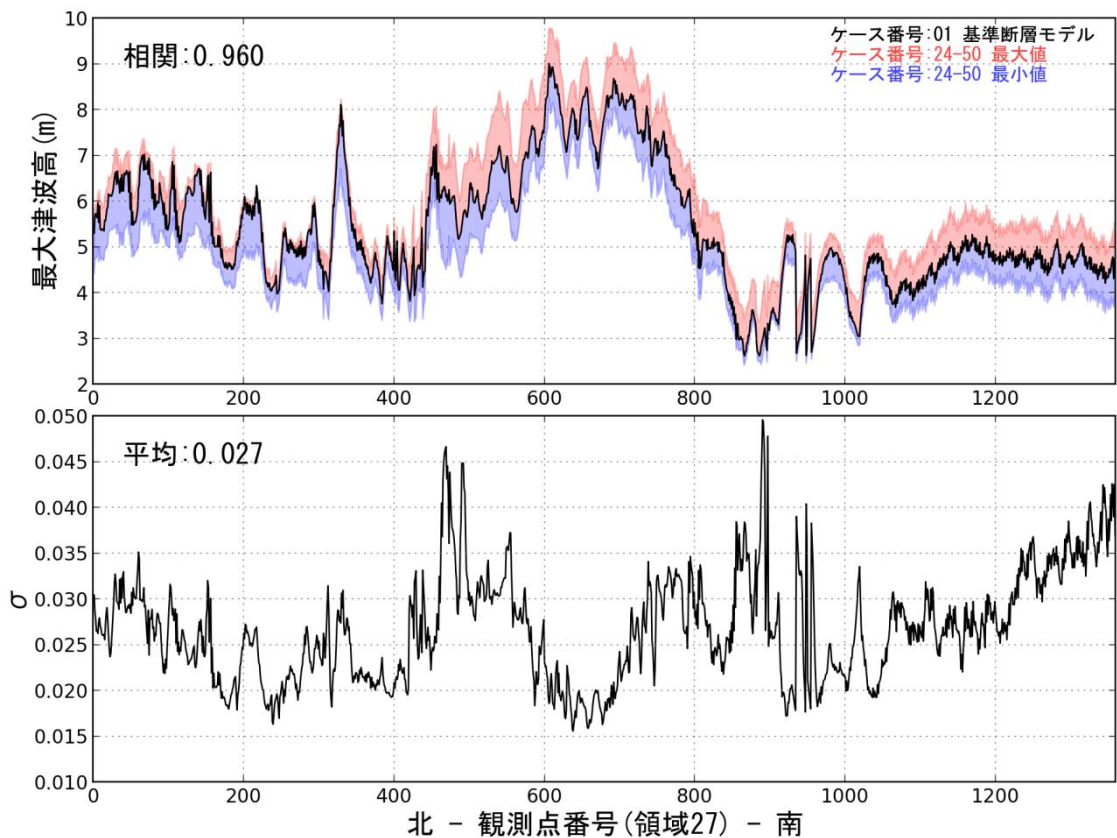


図 II.2-25 断層位置、走向、傾斜角の違いで変動した最大津波水位（上段）と幾何標準偏差  $\sigma$ （下段）

次に、最大津波水位に寄与する断層パラメータを調べるため、計算の目的 3)（走向の違い）、4)（傾斜角の違い）、6)（断層位置、走向、傾斜角の違い）におけるパラスタの比較結果をクラス間隔 0.2 の頻度分布で定量化した（図 II.2-26）。横軸は最大津波水位を規格化した値であり、 $\mu$  はその平均値である。規格化は、領域 27 の全観測地点（1360 点）において、計算ケース間の最大津波水位の最大値  $H_{MAX}$  と標準偏差  $H_{SD}$  の比 ( $H_{MAX} / H_{SD}$ ) を取ることで求めた。本検討では標準偏差で規格化したがる、分母の値を最小値とする場合もある（原子力発電所の津波評価技術(2002)）。縦軸は頻度分布を規格化した値である。従って、頻度分布の面積は 1 となる。

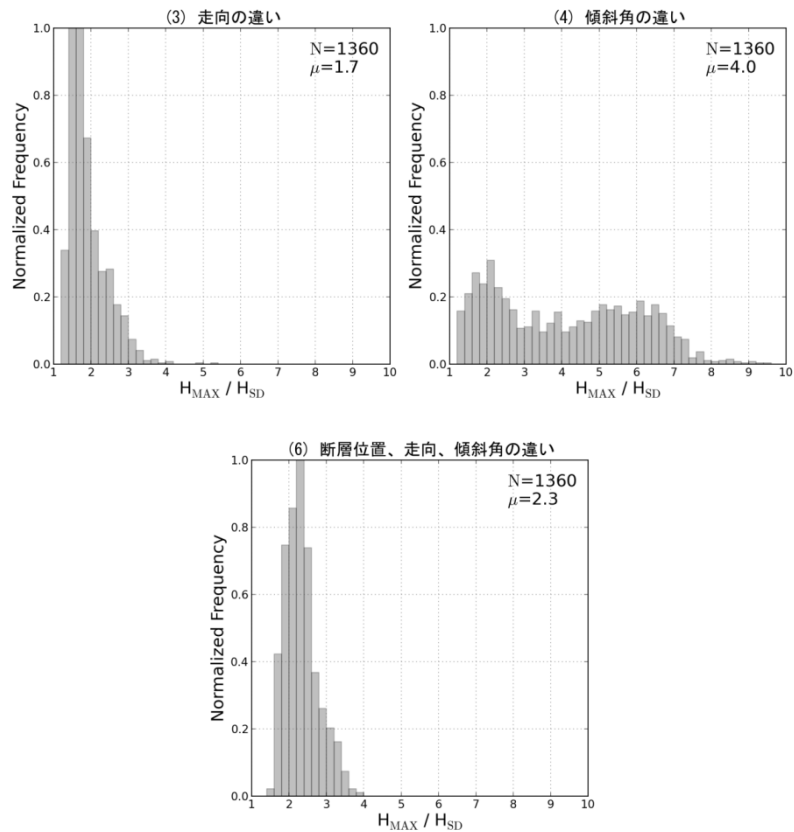
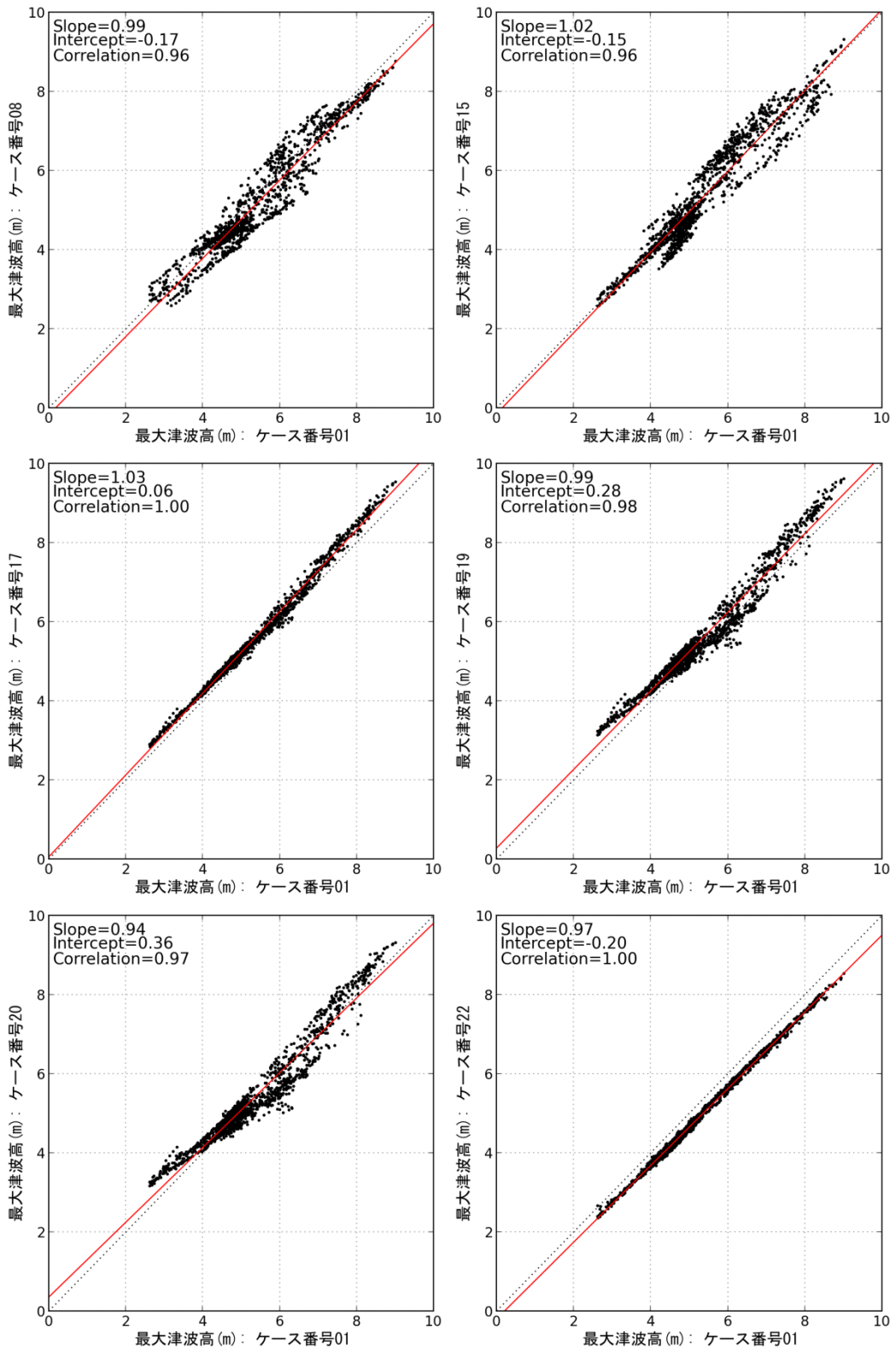


図 II. 2-26 規格化した最大津波水位の頻度分布

さらに、各計算ケースと基準断層モデルの最大津波水位の相関関係（図 II. 2-27）を見ることで、観測地点における最大津波水位の分布の特徴を定量的に述べることができる。図 II. 2-27 で示した相関係数は各計算ケースで求めた値であり、特徴のあった 6 ケースを載せた。このようにして各計算ケースで求まる相関係数を、計算の目的ごとに平均した値が表 II. 2-4 で示した相関係数の平均値である。





図Ⅱ. 2-27 各計算ケースと基準断層モデルの最大津波水位の相関関係

このようにパラスタの結果を帯図、頻度分布、相関関係で定量化することで、領域 27 (秋田県北部) の海岸線から 200 m 沖における最大津波水位と断層パラメータの関係を、表 II.2-4 のようにまとめることができる。

表 II.2-4 幾何標準偏差  $\sigma$ 、相関係数、頻度分布  $\mu$  の平均値

計算の目的	$\sigma$ の平均値	相関係数の平均値	頻度分布の平均値 $\mu$
①断層位置の違い	0.019	0.989	-
②断層深さの違い	0.015	0.982	-
③走向の違い	0.019	0.978	1.7
④傾斜角の違い	0.013	0.984	4.0
⑤すべり角の違い	0.013	0.999	-
⑥断層位置、傾斜角、走向の違い	0.027	0.960	2.3

a) 断層位置の違い

最大津波水位は、断層位置が沿岸に近いほど大きくなった (図 II.2-20)。

b) 断層深さの違い

最大津波水位は、断層深さが浅いほど大きくなった (図 II.2-21)。断層深さを変えることで、観測地点によって最大津波水位が大きく変動する場合がある。その変動は最大津波水位の大小に関わらずばらつく (図 II.2-27 のケース番号 08)。

c) 走向の違い

最大津波水位は、断層前面方向にあたる沿岸で大きくなるが、それ以外の沿岸ではそれほど変化しない。そのため、相関係数が他のパラスタより小さく (図 II.2-27 のケース番号 15、表 II.2-4)、基準断層モデルとの差 (図 II.2-22 の下段) は走向の向きで逆相関となる。また、最大津波水位が 4m より大きくなると、ばらつきも大きくなる (図 II.2-27 のケース番号 15)。

d) 傾斜角の違い

最大津波水位は、傾斜角を大きくすると観測地点番号 500 より南側で大きくなる傾向にある (図 II.2-23)。ただし、最大津波水位のピークにあたる一部の地点では、傾斜角を大きくすると最大水位が基準断層モデルより小さくなる (図 II.2-23)。このことは基準断層モデルとの相関関係 (図 II.2-27 のケース番号 17、19、20) からわかる。ケース番号 17、19、20 のように、傾斜角が大きくなるにつれて、波高の大きい 5m 以上で大きくばらつき、さらに基準断層モデルより小さい方へばらつく。そのため、傾斜角を大きくすると線形回

帰直線の傾き（赤実線）が小さくなっている。また、頻度分布（**図Ⅱ.2-26**）は1から7まで広く分布しており、走向と比べ最大津波水位への寄与が大きいことが分かる。

e) すべり角の違い

最大津波水位はすべり角(90°)から大きく変化させるほど小さくなる傾向が見られる(**図Ⅱ.2-24**)。他方、**図Ⅱ.2-27**のケース番号22のようにばらつきが小さく、相関は他のパラスタより良い(**表Ⅱ.2-4**)。つまり、すべり角を変えることですべての観測地点の最大津波水位がほぼ均等に変動する。

f) 断層位置、走向、傾斜角の違い

最大津波水位の観測地点毎のばらつきは、比較的沿岸地形の起伏が大きな地域、観測地点番号500付近や900付近(能代港)で大きくなる(**図Ⅱ.2-25**)。また、領域の境界付近である観測地点番号100以下や1200以上でもばらつきが大きくなる傾向が見られる(**図Ⅱ.2-25**)。また、頻度分布の平均値は2.3(**図Ⅱ.2-26**、**表Ⅱ.2-4**)であり、これは走向と傾斜角の平均値の間である。つまり、傾斜角の寄与が走向より大きいことがわかる。

以上の考察から次のことが言える。すべてのパラスタにおける幾何標準偏差  $\sigma$  の値は、評価の対象領域が狭かった(領域番号27のみ)ため、小さくなったと考えられる。1)断層位置、2)断層深さ、5)すべり角は、パラメータの変動範囲が大きくなると最大津波水位も大きく変動する。つまり、津波水位に対する寄与がシンプルで、定性的かつ直感的に理解できた。しかし、3)走向は、断層前面方向にあたる沿岸とそれ以外の沿岸に対する寄与の大小は明らかだが、観測地点によるばらつき他のパラスタより大きくなり相関係数は小さくなった。また、4)傾斜角は、定量化したものの、パラメータの違いと最大津波水位の変化との関係を述べるのが難しかった。このように、評価地点とその範囲の設定、そして3)走向と4)傾斜角のパラスタは、さらに詳しく検討する必要がある。

### Ⅲ 地震動の検証方法の検討

工学的基盤での最大加速度・最大速度を計算するための距離減衰式は司・翠川（1999）によるものを利用した。また、表層地盤のモデルは、防災科学技術研究所 web サイト・地震ハザードステーション「J-SHIS」で公開されているデータを使用した。このデータは 250m メッシュごとの微地形区分と表層 30m の平均 S 波速度（AVS30）（Wakamatsu and Matsuoka, 2013）と AVS30 から藤本・翠川（2006）により求められる最大速度増幅率からなる。そこで、距離減衰式で求めた工学的基盤最大速度に表層地盤による速度増幅率を乗じることによって、地表面最大速度を求めた。地表面最大速度から推定震度を求める方法については、藤本・翠川（2005）によるものを使用した。

実施するパラスタのケース及び各パラメータのふり幅を以下の表 Ⅲ-1 に示す。

表 Ⅲ-1 地震動評価のためのパラスタケース一覧

ケース番号	計算の目的	断層位置	断層深さ (km)	走向(°)	傾斜角 (°)	すべり角 (°)	すべり量
Case01	基準	標準	0	3	30	90	5.45
Case02	断層位置の 違い	標準	0	3	30	90	5.45
Case03		東寄り	0	3	30	90	5.45
Case04		西寄り	0	3	30	90	5.45
Case05	断層深さの 違い	標準	0	3	30	90	5.45
Case06		標準	2.5	3	30	90	5.45
Case07		標準	5	3	30	90	5.45
Case08		標準	10	3	30	90	5.45
Case09	走向の 違い	標準	0	3	30	90	5.45
Case10		標準	0	3+5	30	90	5.45
Case11		標準	0	3-5	30	90	5.45
Case12		標準	0	3+10	30	90	5.45
Case13		標準	0	3-10	30	90	5.45
Case14		標準	0	3+15	30	90	5.45
Case15		標準	0	3-15	30	90	5.45
Case16	傾斜角の 違い	標準	0	3	30	90	5.45
Case17		標準	0	3	37.5	90	5.45
Case18		標準	0	3	45.0	90	5.45
Case19		標準	0	3	52.5	90	5.45
Case20		標準	0	3	60.0	90	5.45

入力データとして使用した J-SHIS 公開の 250m メッシュの表層地盤モデルを以下に示す。それぞれ微地形区分 (図 III-1) 微地形区分コード表 (表 III-2)、地表から地下 30m までの深さの平均 S 波速度を推定した AVS30 (図 III-2)、表層地盤による速度増幅率 (図 III-3) である。

表 III-2 微地形区分コード対応表  
(J-SHIS による)

コード	微地形区分
1	山地
2	山麓地
3	丘陵
4	火山地
5	火山山麓地
6	火山性丘陵
7	岩石台地
8	砂礫質台地
9	ローム台地
10	谷底低地
11	扇状地
12	自然堤防
13	後背湿地
14	旧河道
15	三角洲・海岸低地
16	砂州・砂礫州
17	砂丘
18	砂州・砂丘間低地
19	干拓地
20	埋立地

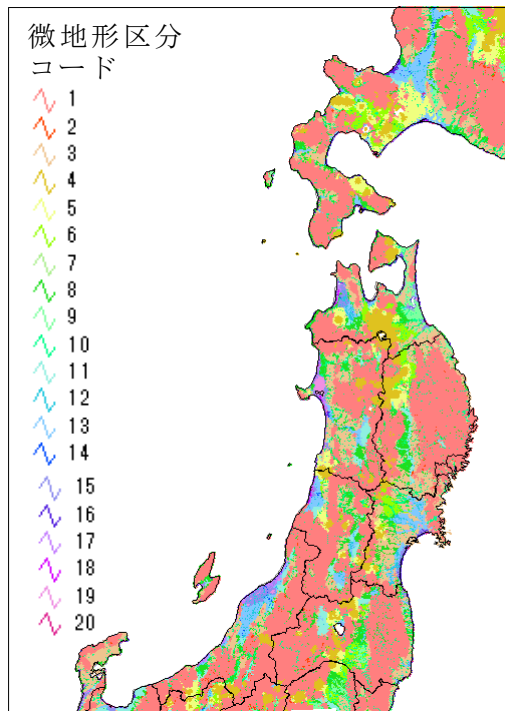


図 III-1 微地形区分 (J-SHIS データ)

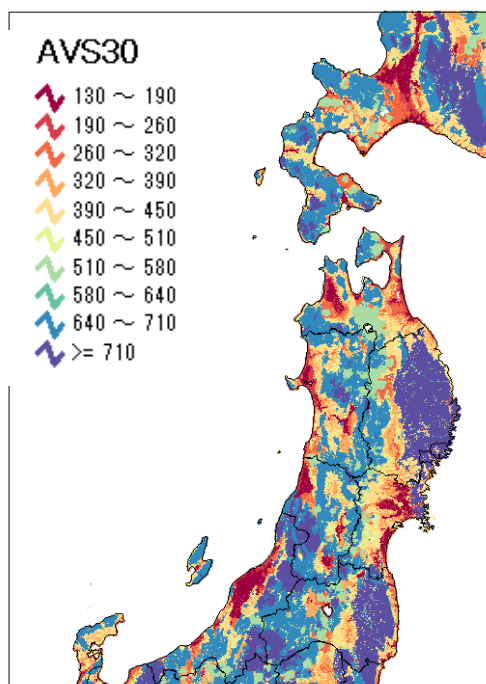


図 III-2 AVS30 (J-SHIS データ)

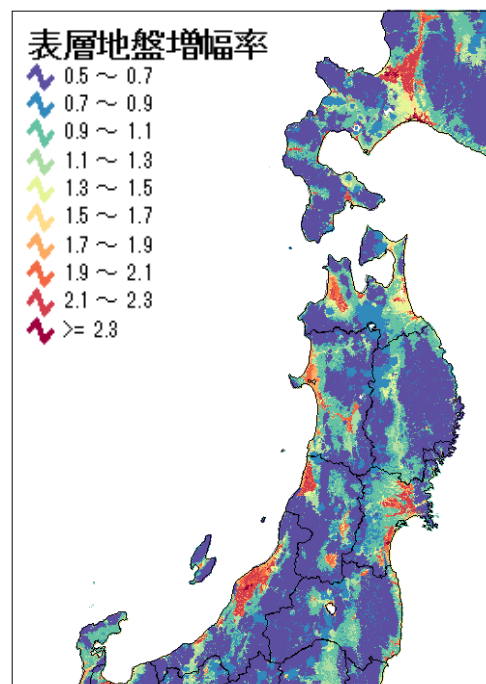


図 III-3 表層地盤による速度増幅率

まずは、本解析に用いた解析手法の妥当性の確認のため、基準ケース (Case01) の結果を観測記録と比較する。

工学的基盤面の最大速度 (図 III-4) では、距離に応じて減衰する様子が見られ距離減衰式の妥当性を確認できる。また、表層地盤での最大速度 (図 III-5)、推定震度 (図 III-6) において表層の地盤の異なる増幅率によって、震源から等距離でも大きな違いが現れている。

震度分布について、気象庁による 1983 年日本海中部地震の観測記録 (図 III-9) と計算結果 (図 III-6) を比較する。なお、当時の観測震度は計測震度でなく、かつ 8 階級であるが、ここでは、計算された計測震度について、例えば、4.5~5.4 を震度 5、3.5~4.4 を震度 4 として比較する。観測、計算の双方とも秋田県男鹿半島近辺に推定震度 5 の最大震度が出ており、定性的な妥当性を評価できる。また、表 III-3 に示す地点での最大震度を比較すると、観測との定量的な比較が可能となる。

1983 年の被害調査アンケートによる秋田県における震度分布 (図 III-11) と距離減衰式により計算された距離減衰式により計算された地表の推定震度 (図 III-10) を比較すると、男鹿半島の南北で特徴的な震度の違い等の局所的な震度分布が、計算では表現されていないことがわかる。

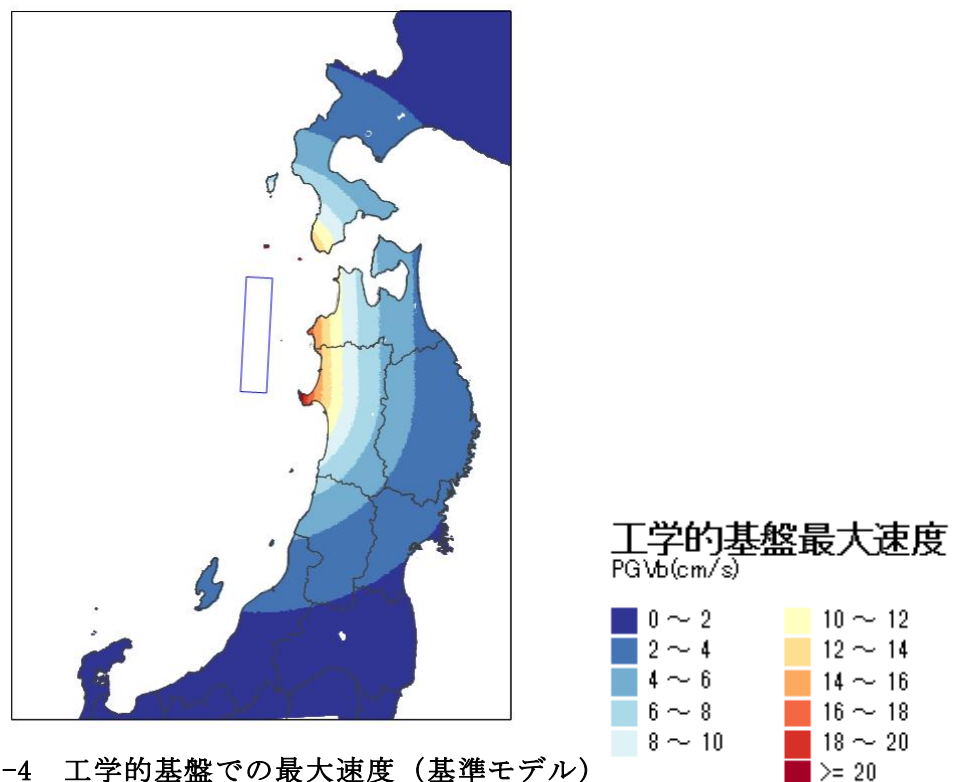


図 III-4 工学的基盤での最大速度 (基準モデル)

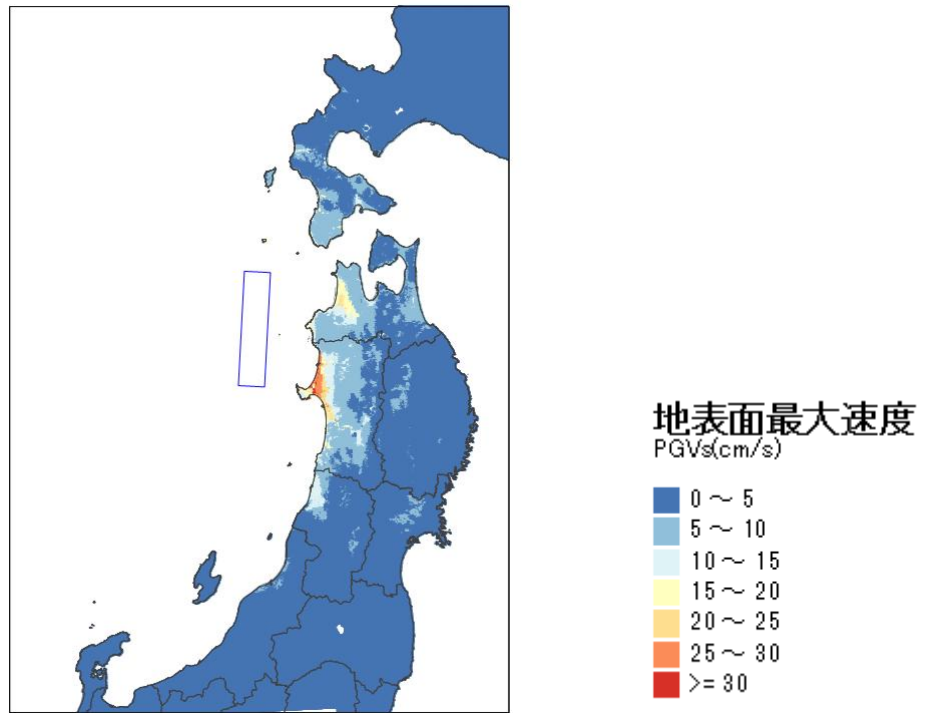


図 III-5 地表面での最大速度 (基準モデル)

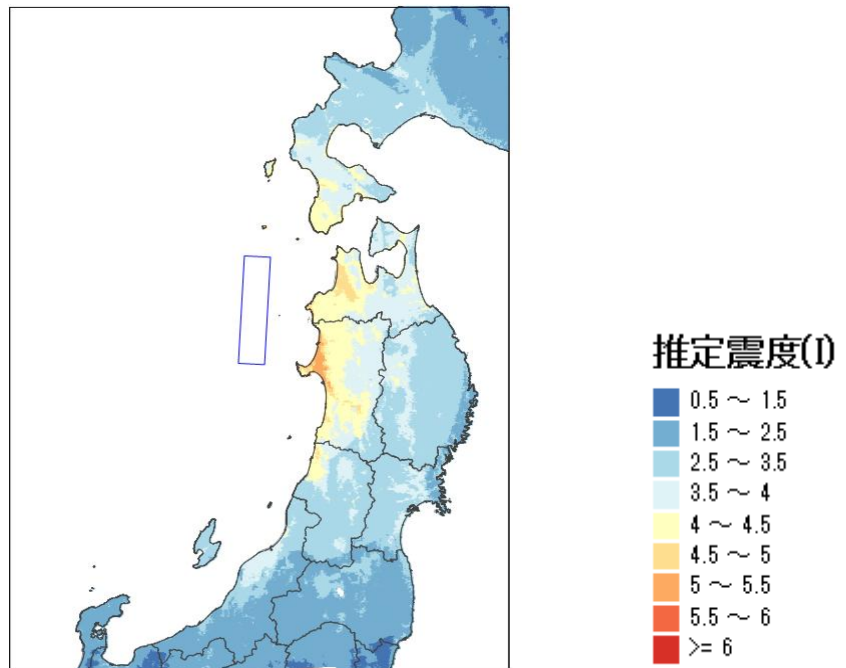


図 III-6 推定震度 (基準モデル)

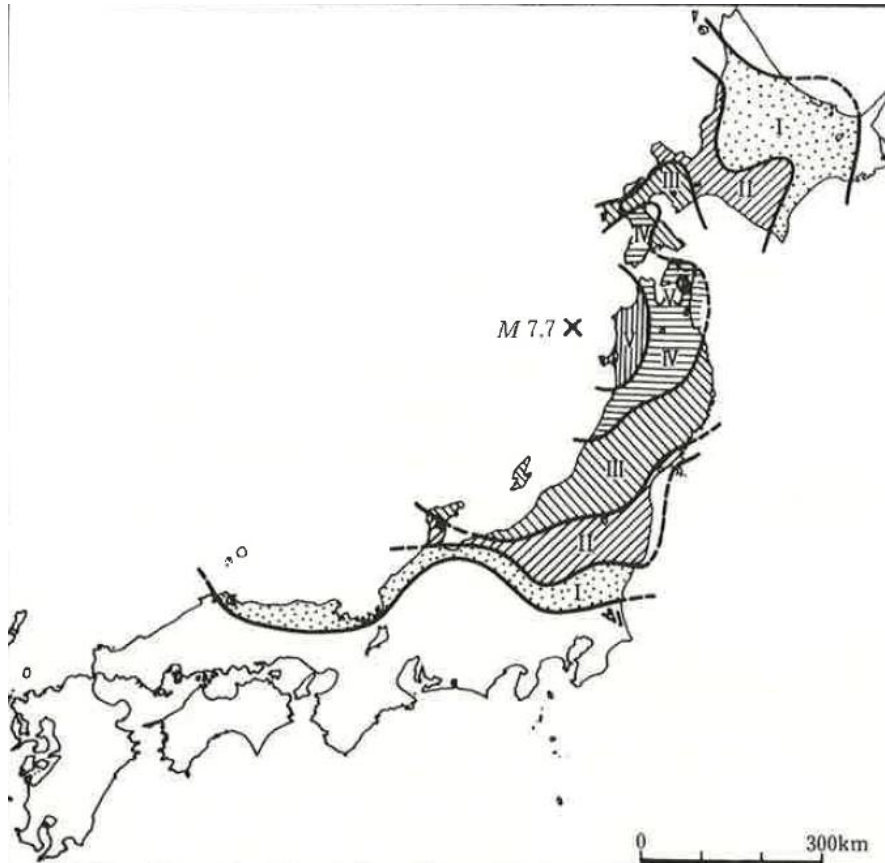


図 III-7 1983年日本海中部地震震度分布(日本地震被害総覧より引用)

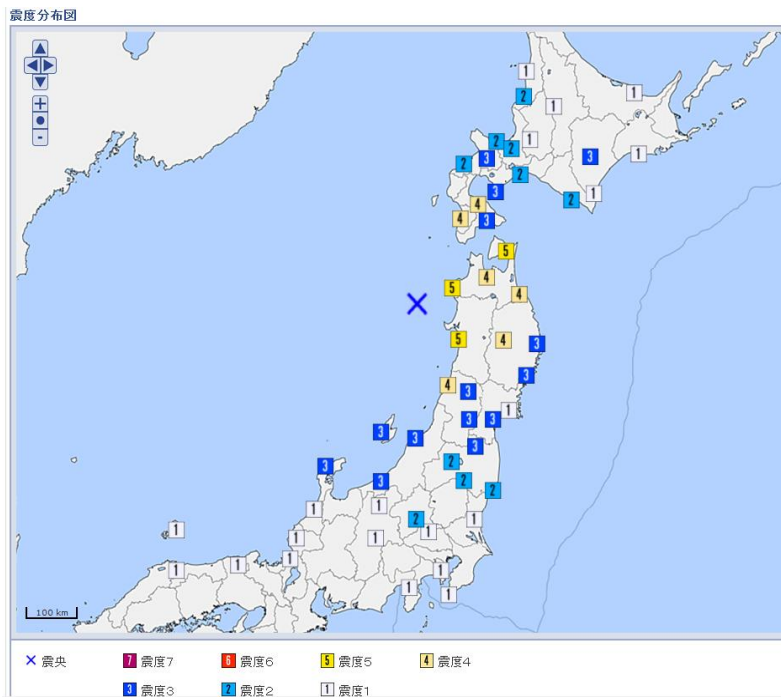


図 III-8 気象庁 (HP) による震度分布



表 III-3 観測された震度階（気象庁）と計算により求めた推定震度の一覧表

地域名称	震度観測点名称	LAT	LON	観測震度	推定震度
青森県津軽南部	深浦町深浦	40.64667	139.9333	5	4.6
青森県下北	むつ市金曲	41.28333	141.2117	5	4.1
秋田県沿岸南部	秋田市山王	39.71833	140.1	5	5.1
渡島地方東部	渡島森町上台町	42.10667	140.5683	4	4
檜山地方	檜山江差町姥神	41.86833	140.125	4	4.6
青森県津軽北部	青森市花園	40.82167	140.7683	4	4.2
青森県三八上北	八戸市湊町(旧)	40.52833	141.5217	4	4
岩手県内陸北部	盛岡市山王町	39.69833	141.165	4	3.7
山形県庄内	酒田市亀ヶ崎(旧)	38.90833	139.8433	4	4.3
石川県能登	輪島市鳳至町	37.39167	136.895	3	2.2
渡島地方東部	函館市美原	41.81667	140.7533	3	4
後志地方東部	倶知安町南1条	42.90167	140.7567	3	3.8
胆振地方中東部	室蘭市山手町(旧)	42.31167	140.975	3	3.3
十勝地方中部	帯広市東4条	42.92333	143.2117	3	2.1
岩手県沿岸北部	宮古市鍛ヶ崎	39.64667	141.965	3	2.4
岩手県沿岸南部	大船渡市大船渡町	39.065	141.715	3	2.9
宮城県中部	仙台宮城野区五輪	38.26167	140.8967	3	3
福島県中通り	福島市松木町	37.75833	140.47	3	2.8
新潟県上越	上越市大手町	37.10667	138.2467	3	2.3
新潟県下越	新潟中央区幸西	37.91333	139.0483	3	3.8
新潟県佐渡	佐渡市相川三町目(旧)	38.03	138.24	3	3

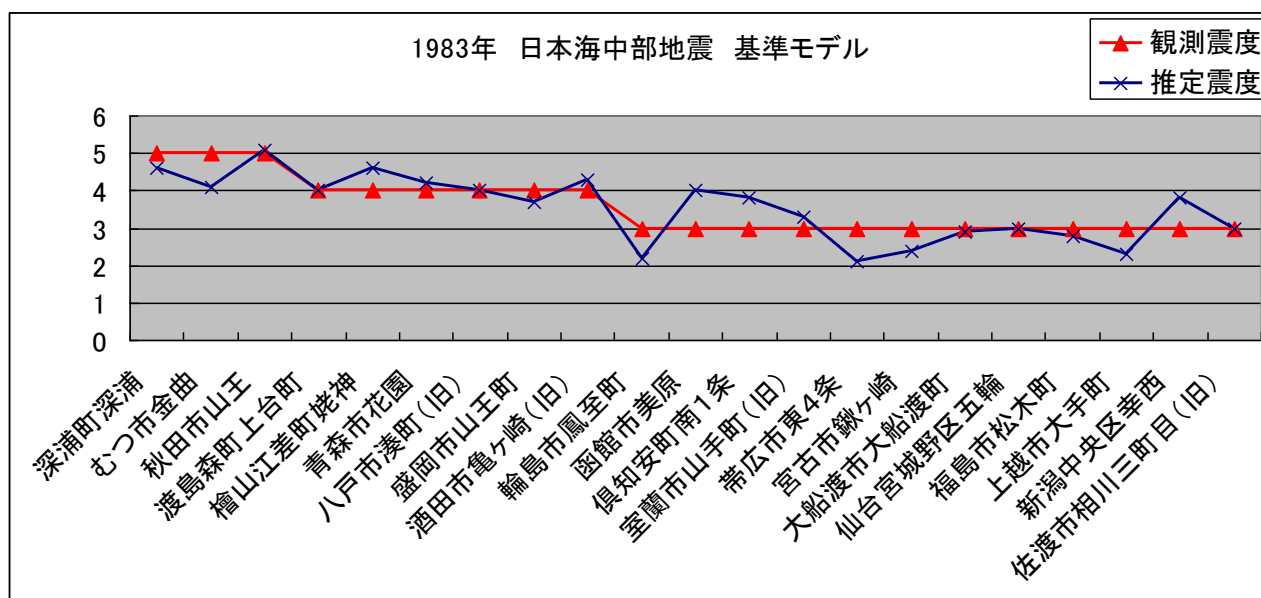


図 III-9 観測震度(気象庁による)と計算による推定震度の比較図

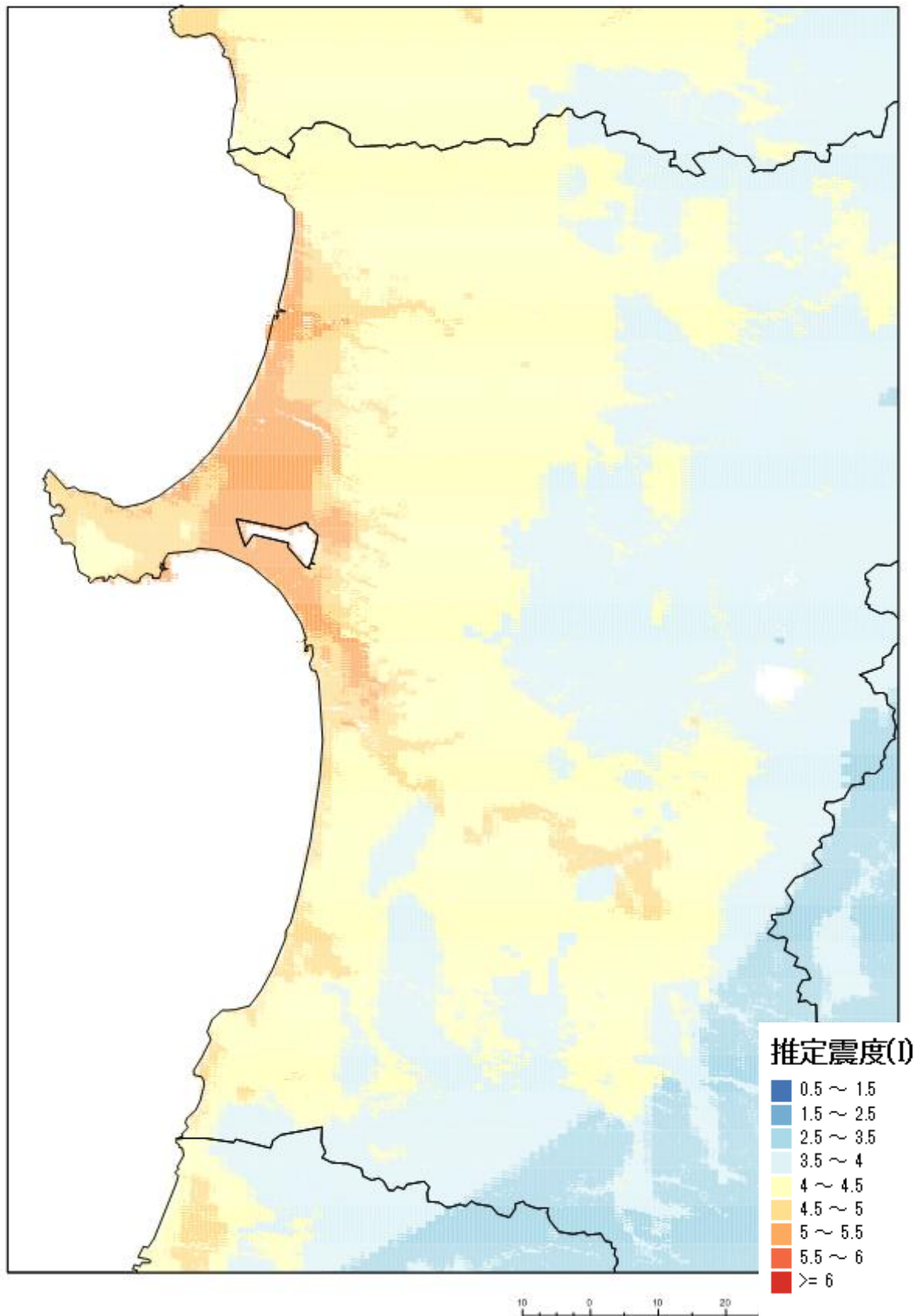


図 III-10 推定震度 (基準モデル) 秋田県拡大



図2・3・5 秋田県震度分布 (行政区平均震度)

図 III-11 秋田県 震度分布 (1983年日本海中部地震被害調査報告書より引用)

断層パラメータスタディの結果を以下に示す。Case02、Case05、Case09、Case16 は基準モデルと同じ設定であるが、比較のため重複して図示している。

●工学的基盤最大速度

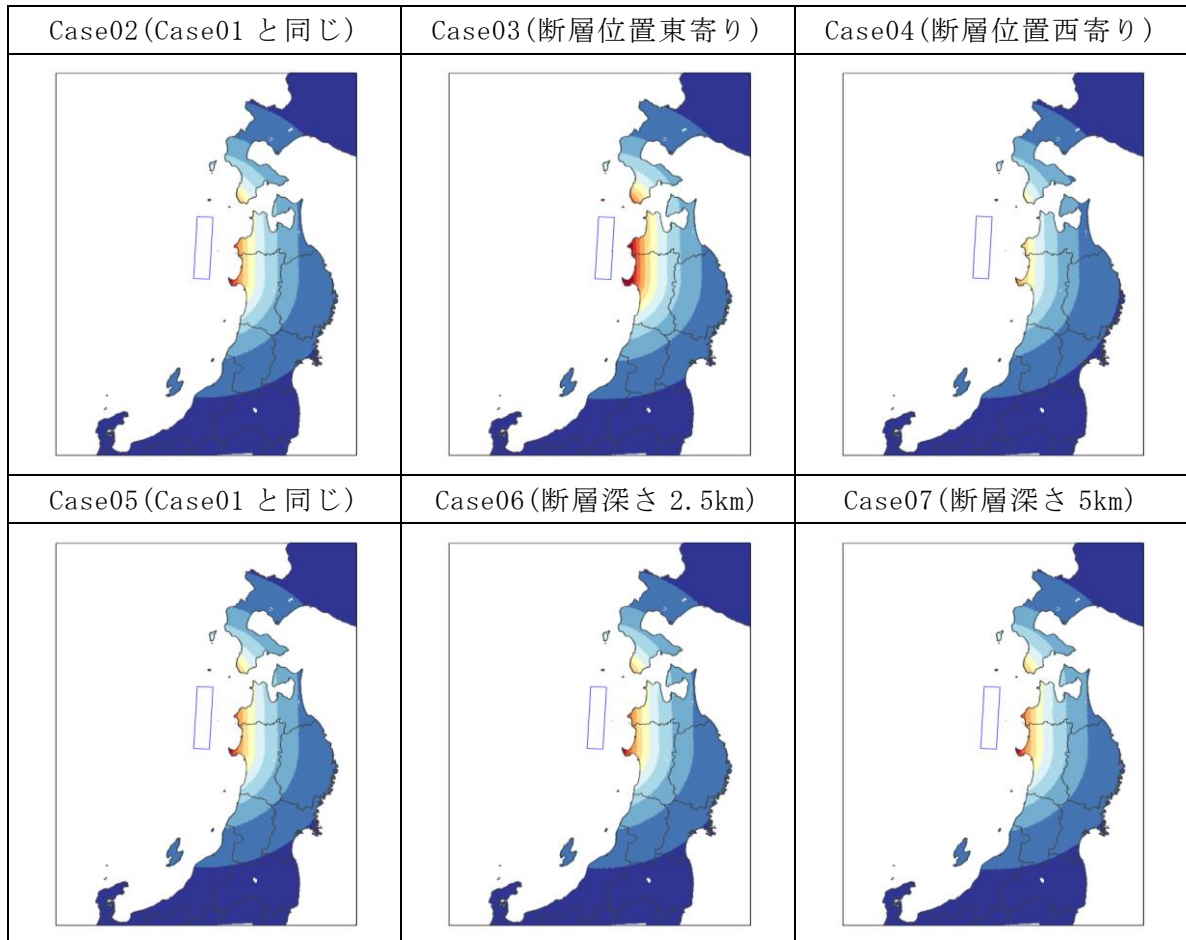
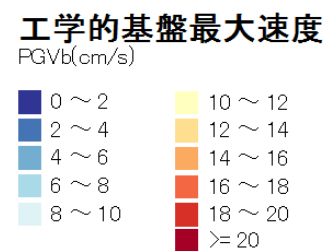


図 III-12 工学的基盤最大速度  
(Case02-Case07)



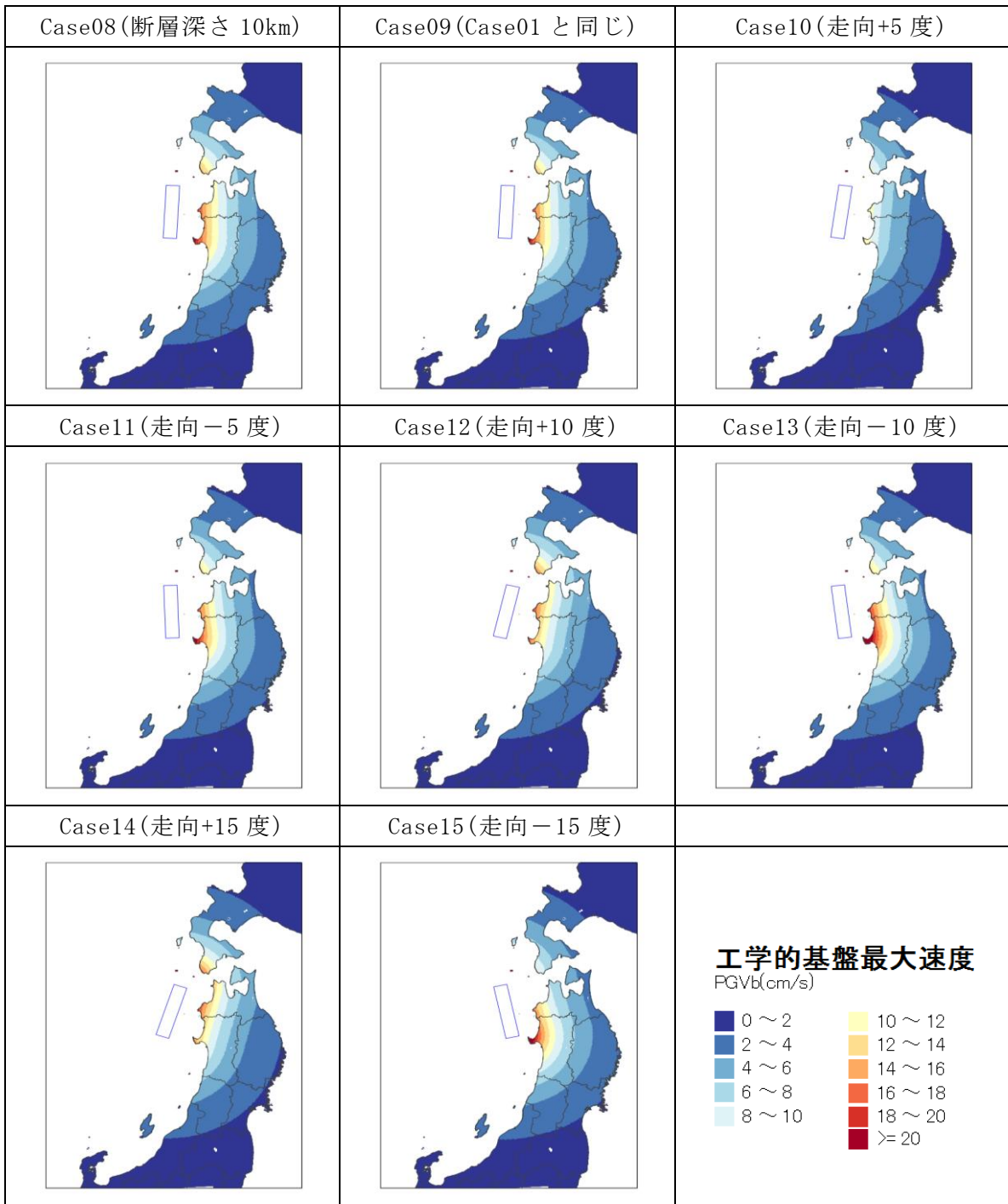


図 III-13 工学的基盤最大速度  
(Case08-Case15)

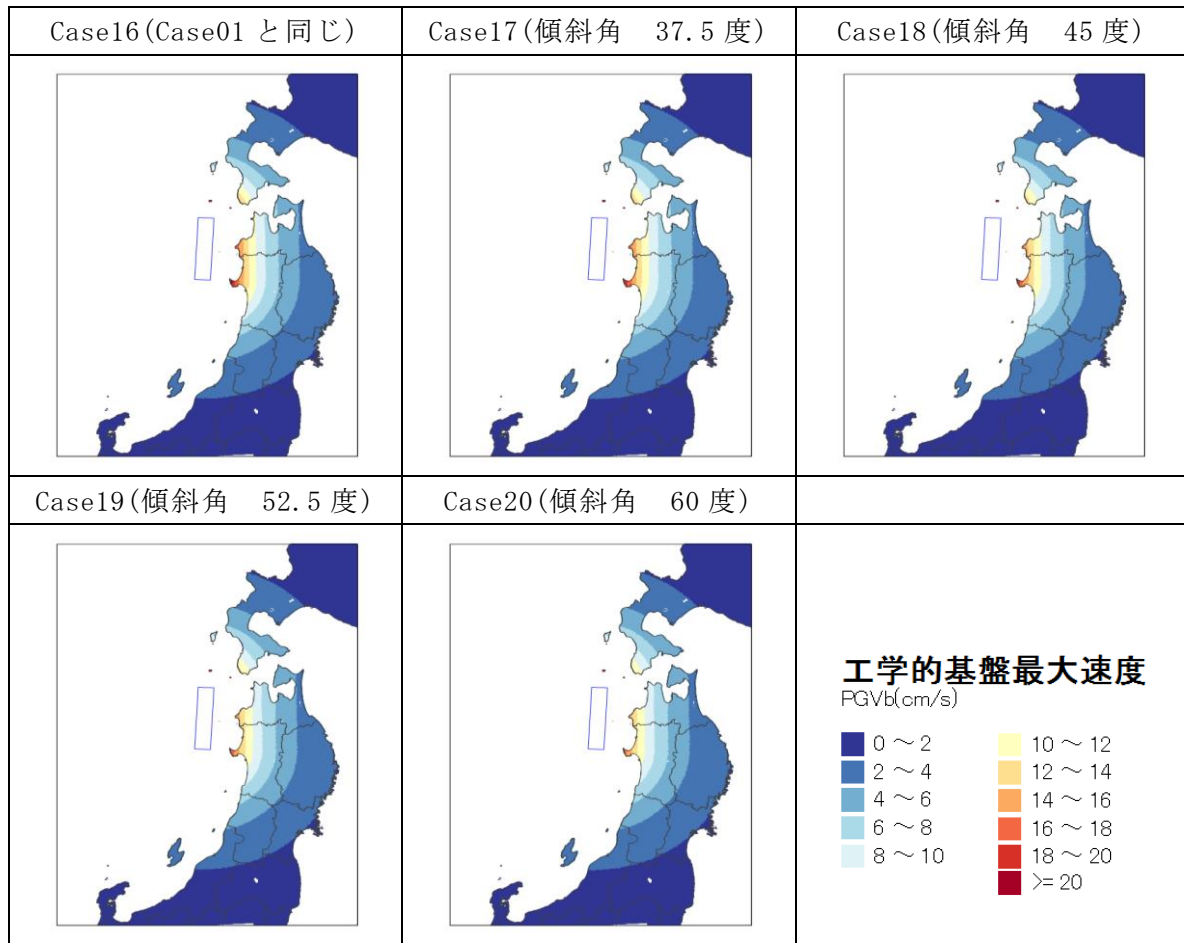


図 III-14 工学的基盤最大速度  
(Case16-Case20)

● 地表面最大速度

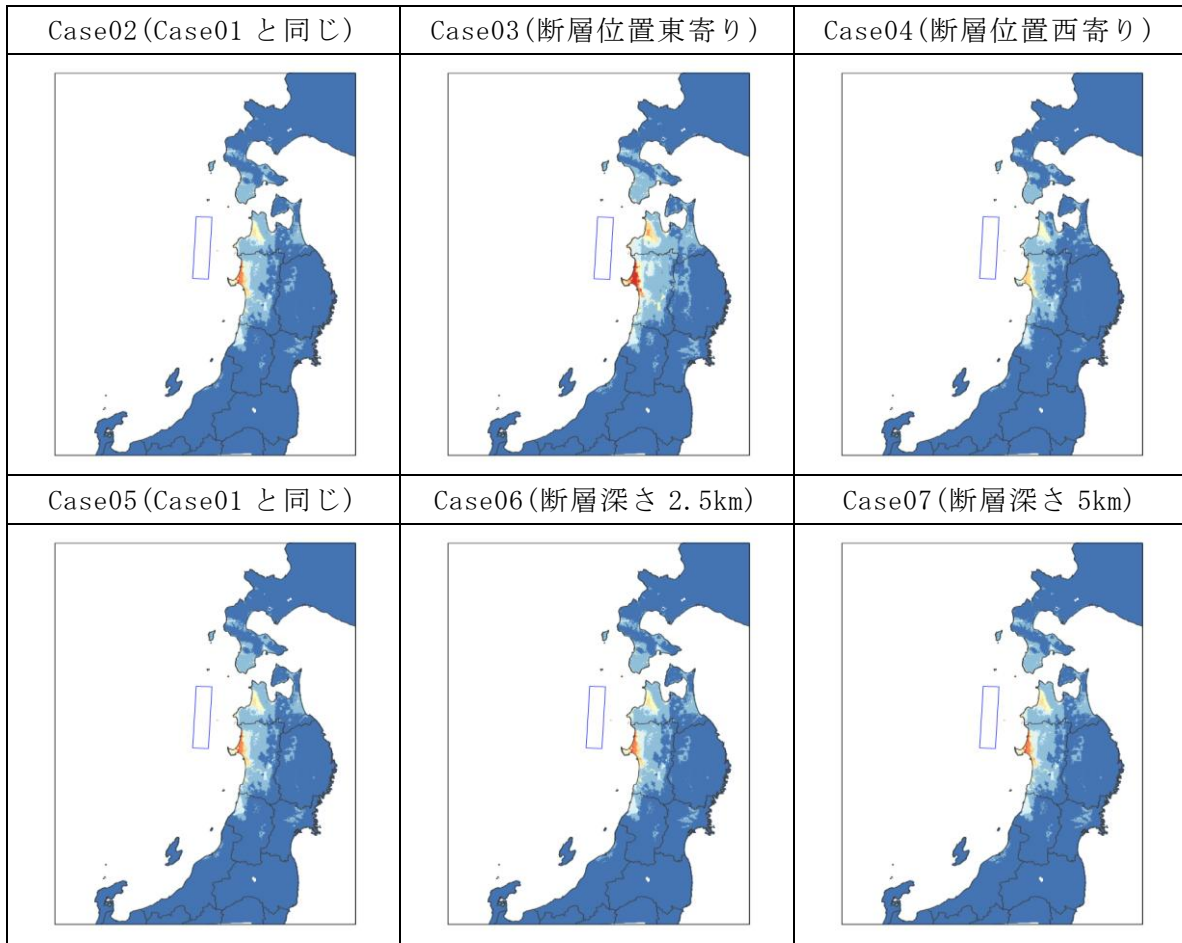
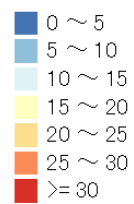


図 III-15 地表面最大速度  
(Case02-Case07)

地表面最大速度  
PGVs(cm/s)



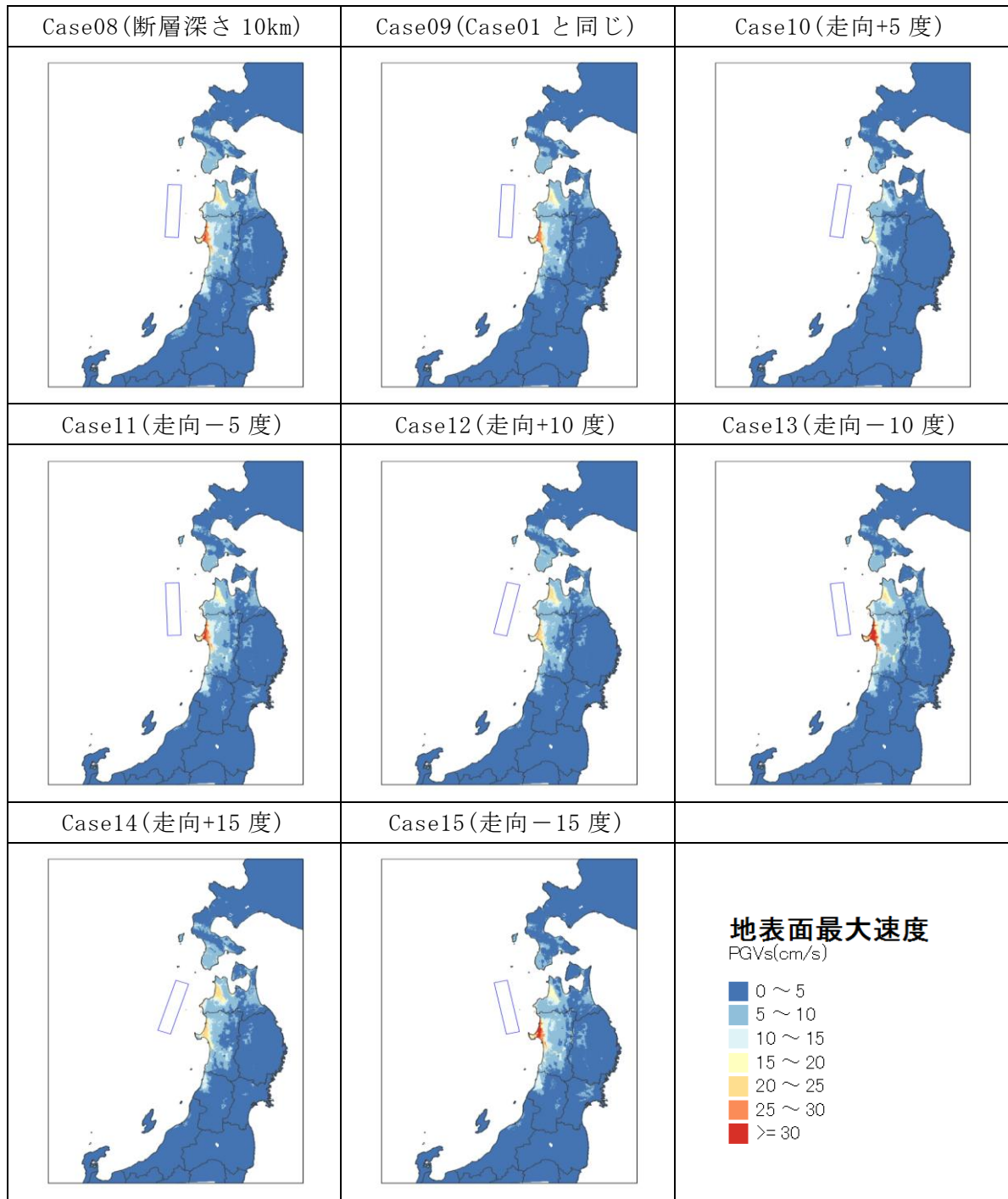


図 III-16 地表面最大速度  
(Case08-Case15)



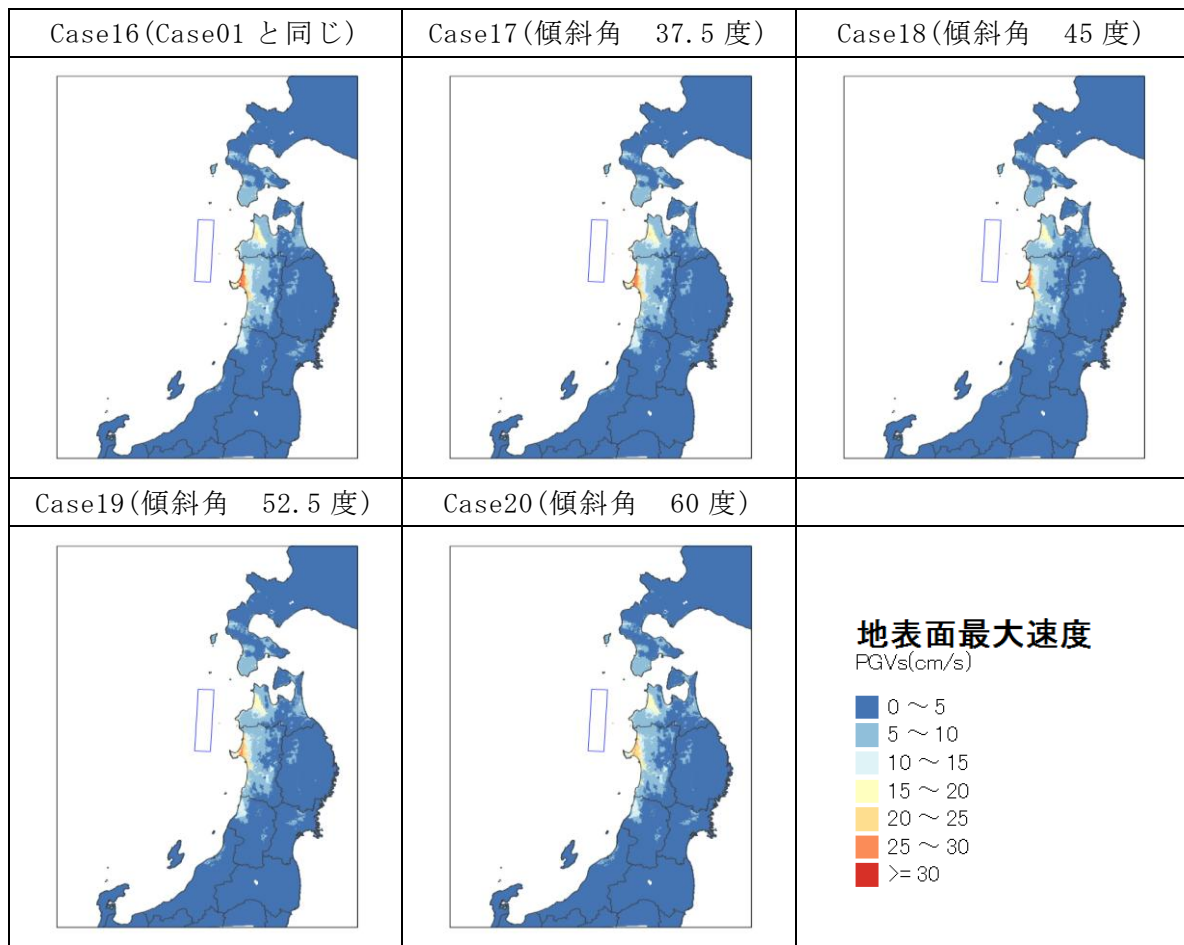
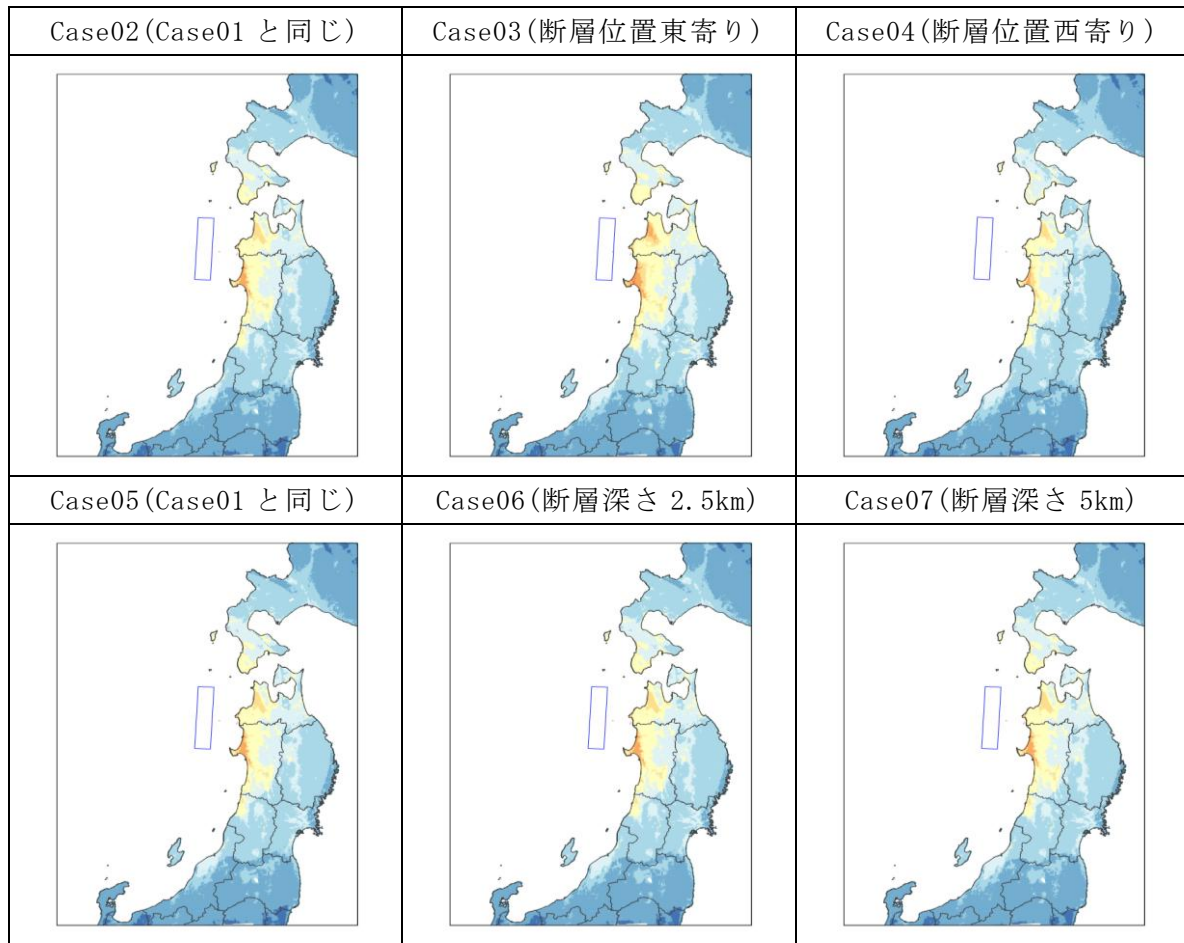


図 III-17 地表面最大速度  
(Case16-Case20)

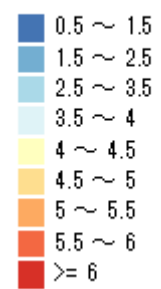
● 推定震度



地表面最大速度

図 III-18 推定震度  
(Case02-Case07)

推定震度(I)



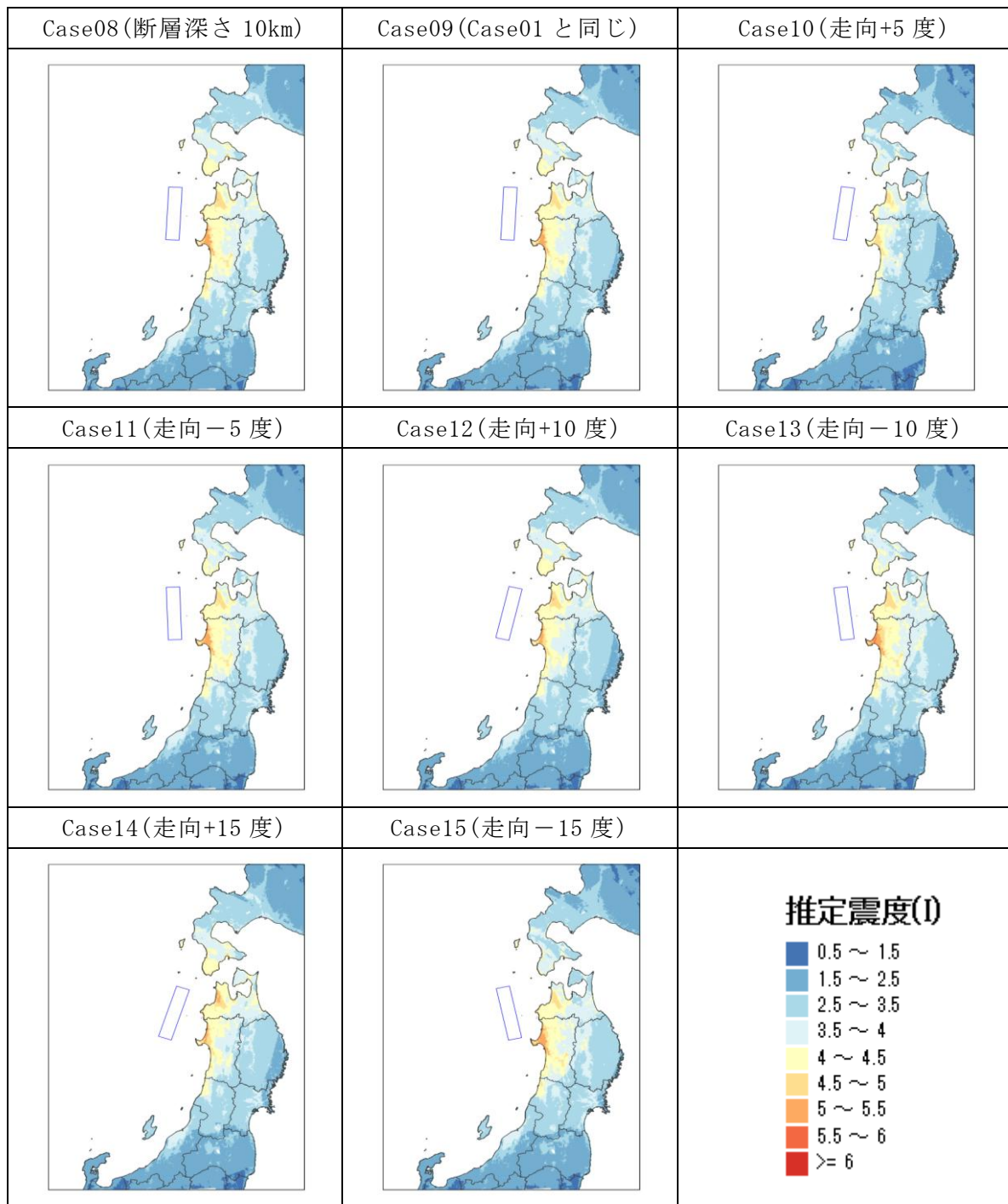


図 III-19 推定震度  
(Case08-Case15)

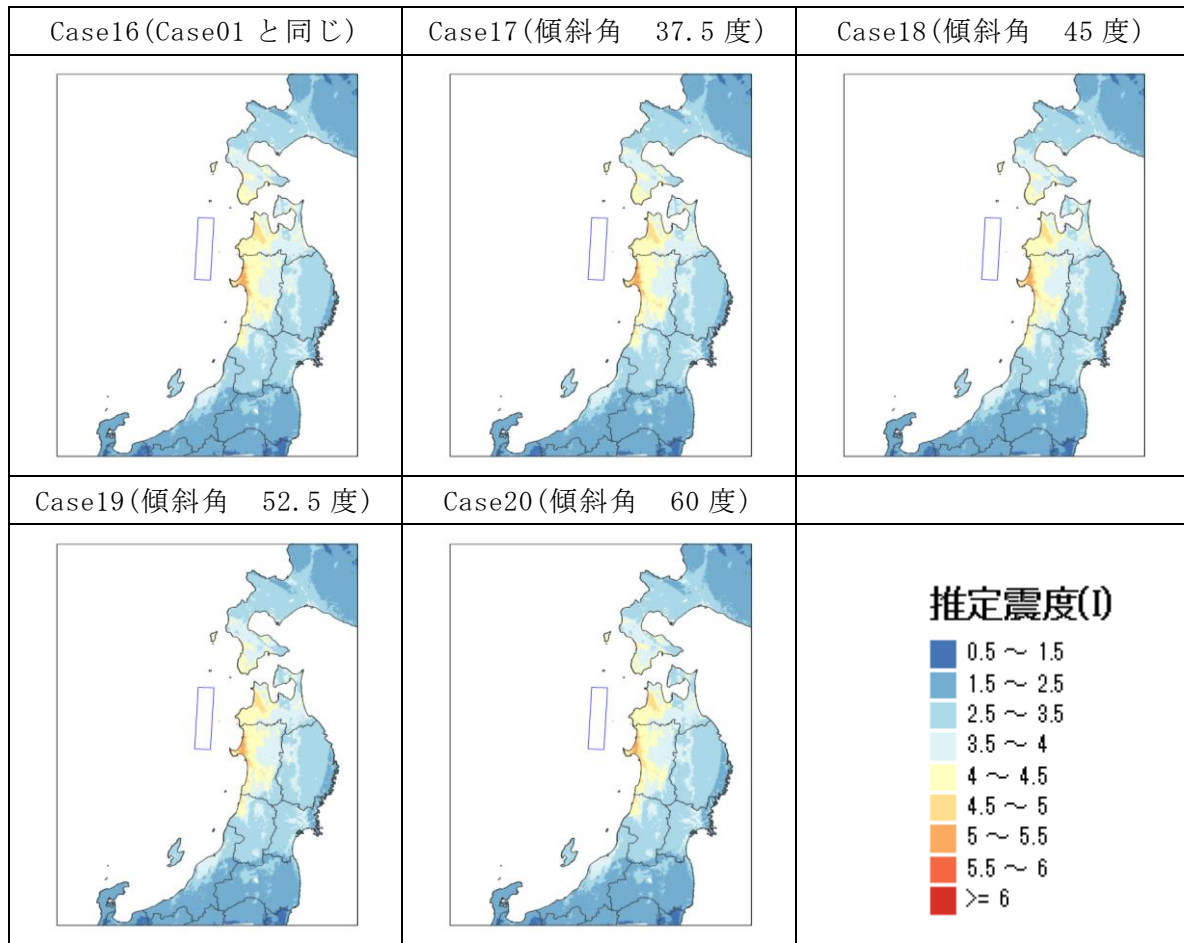


図 III-20 推定震度  
(Case16-Case20)

断層パラメータの不確かさが地震動評価に与えるばらつきの定量化のため、パラメータを変更したモデル（例 Case02, Case03）の計算結果の基準モデル（Case01）に対する比率を求めた。基準モデル計算結果を横軸に、パラメータ変更モデルの計算結果の比を縦軸にプロットした。但し、推定震度は 0.1 の単位での出力であることからモデル間での違いは陽に現れていない。

以下、断層位置を東西に 50km 変動したケース（図 III-21）、断層の上端深さを 2.5km から 10km まで変動したケース（図 III-22）、走向角を 5 度間隔で正負 15 度に変動したケース（図 III-23、図 III-24、図 III-25）、傾斜角を 7.5 度刻みで 60 度まで変動したケース（図 III-26）をメッシュ単位でプロットした図を示す。これらを比較すると、断層位置及び走向角を変動したケースの基準モデルからのばらつきが大きく、さらに詳細な検討が必要であるといえる。

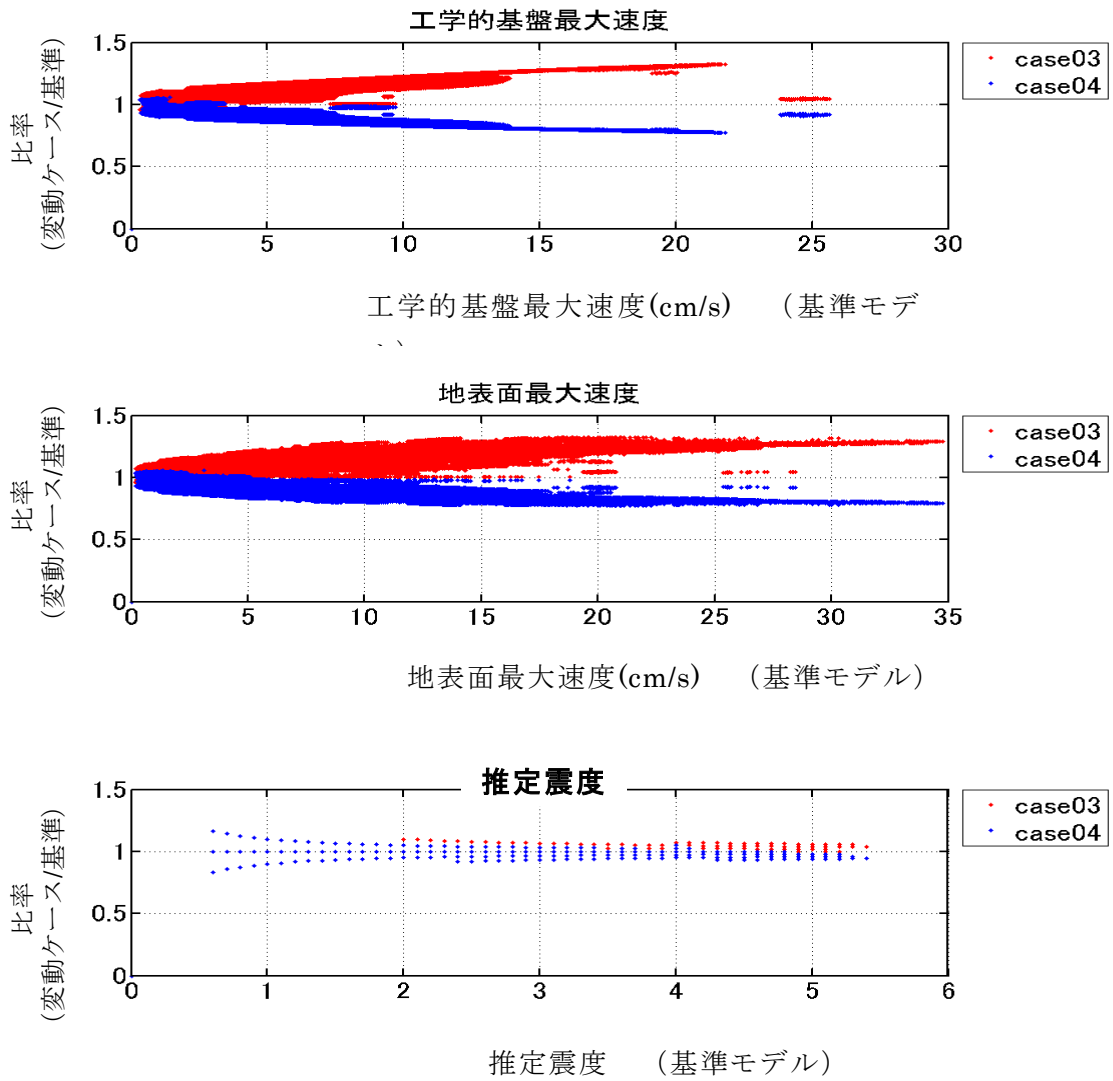


図 III-21 断層位置を東西に変更したケース

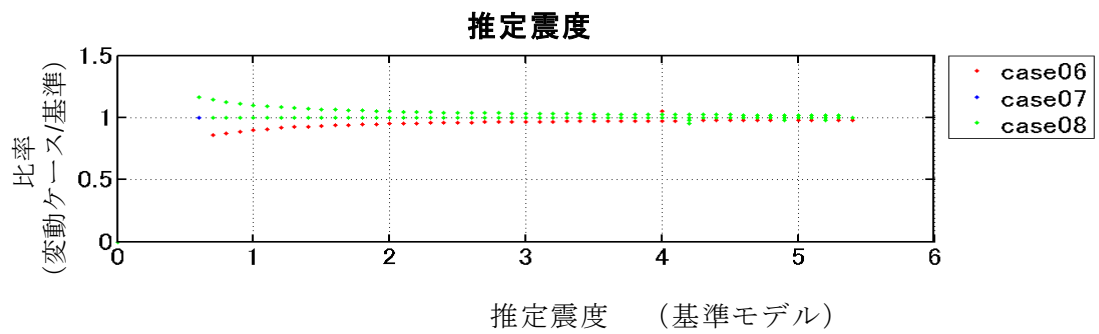
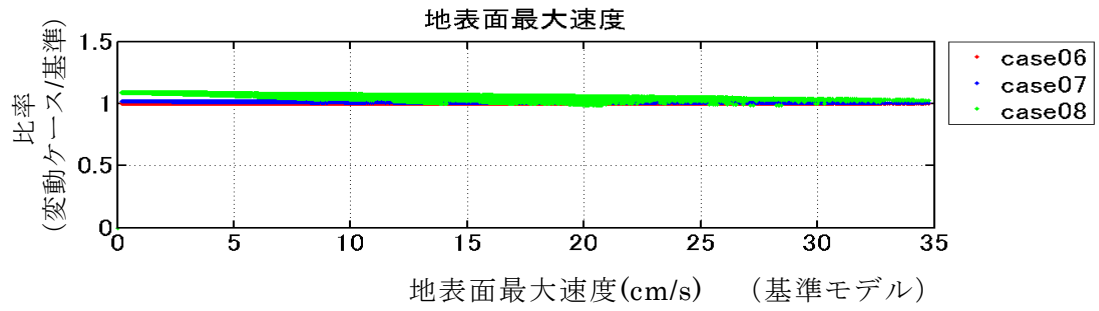
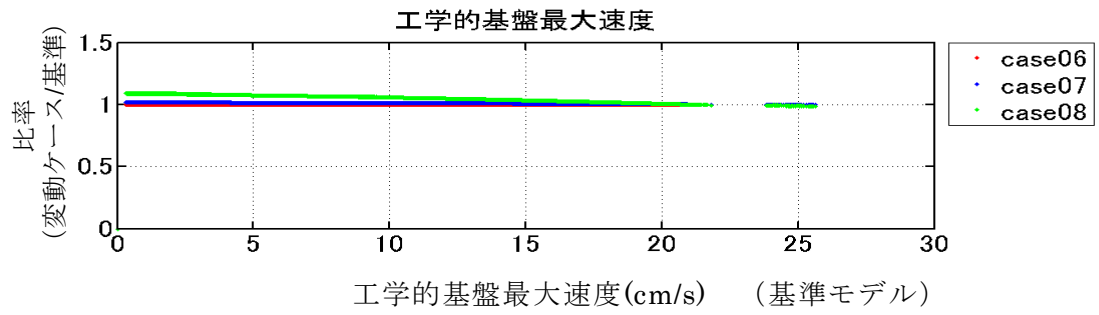


図 III-22 断層の上端深さを 2.5km から 10km まで変動したケース

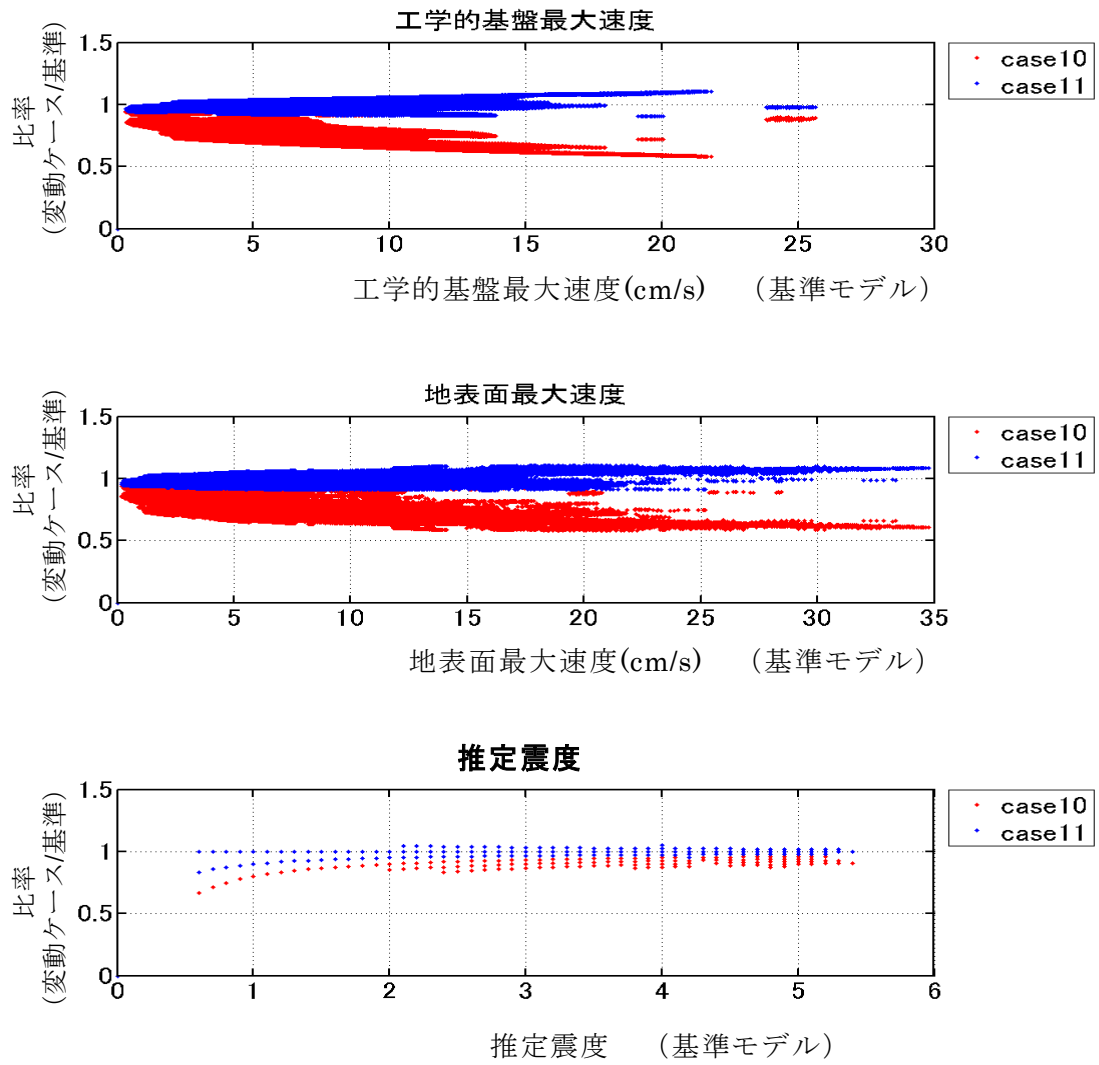
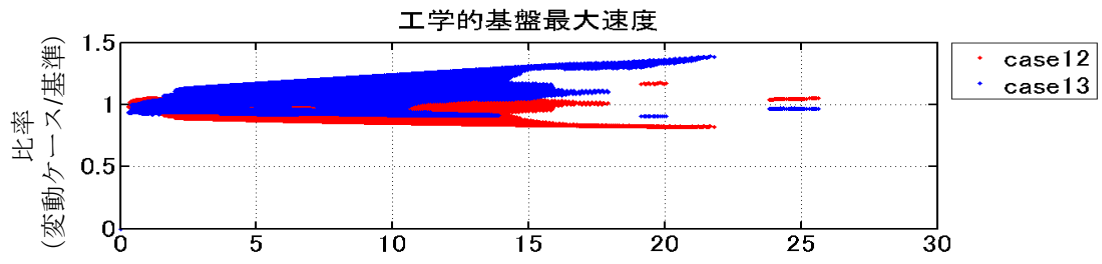
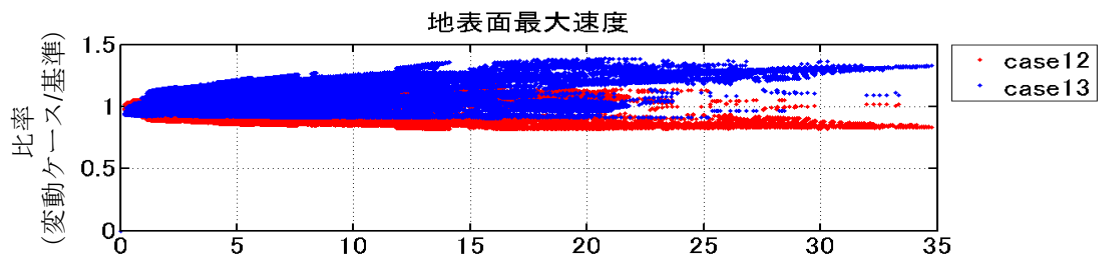


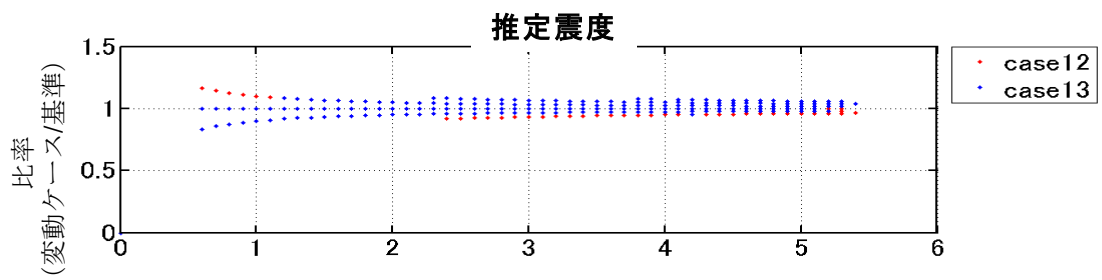
図 III-23 走向角を正負5度に変動したケース



工学的基盤最大速度 (cm/s) (基準モデル)



地表面最大速度 (cm/s) (基準モデル)



推定震度 (基準モデル)

図 III-24 走向角を正負 10 度に変動したケース



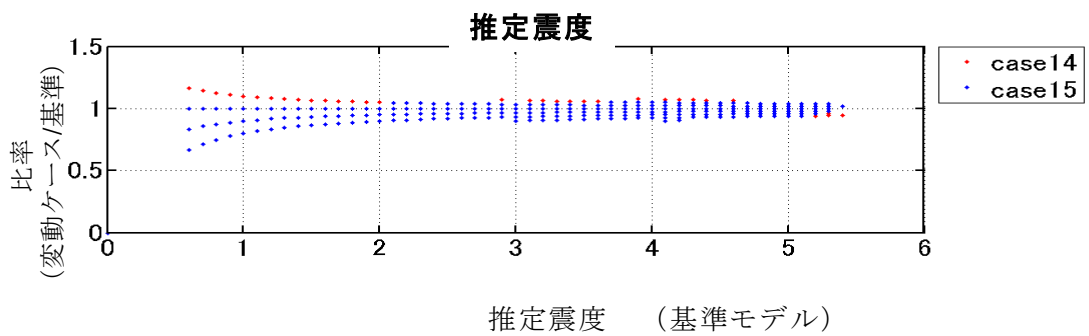
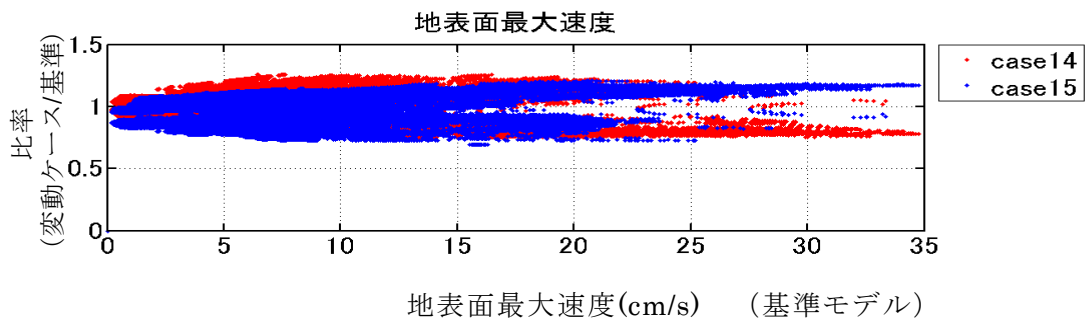
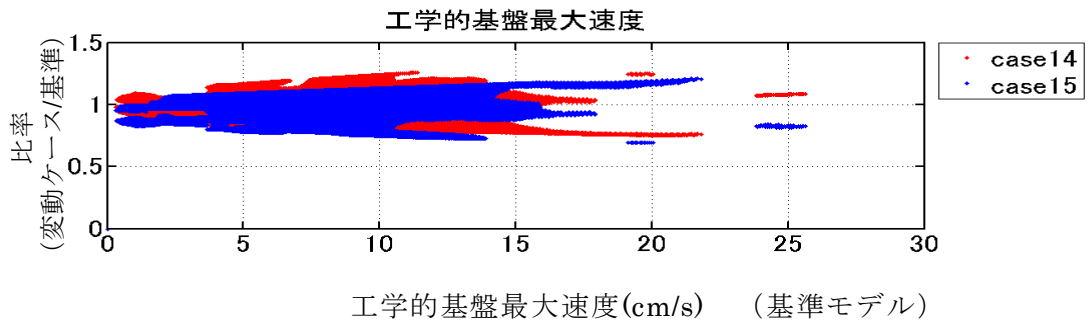


図 III-25 走向角を正負 15 度に変動したケース

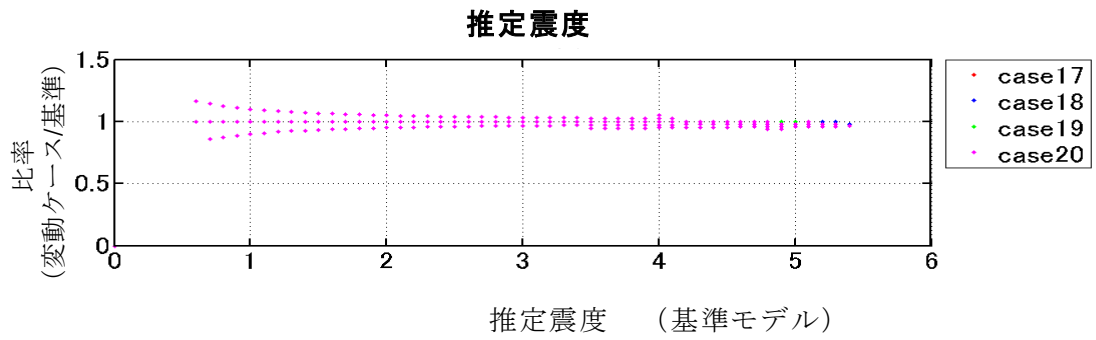
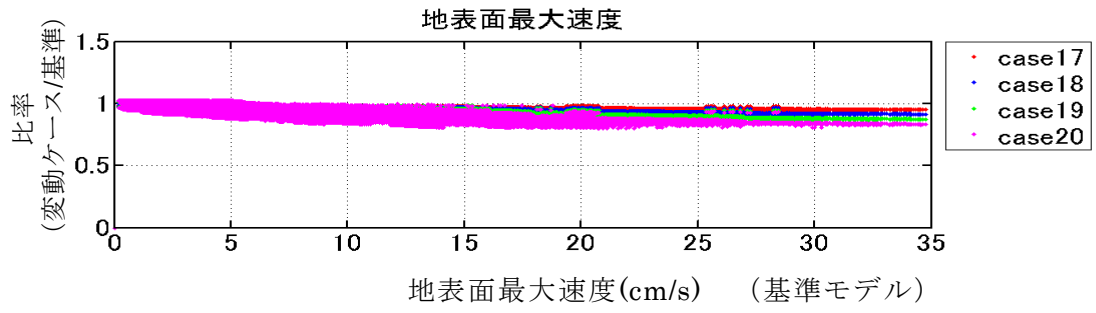
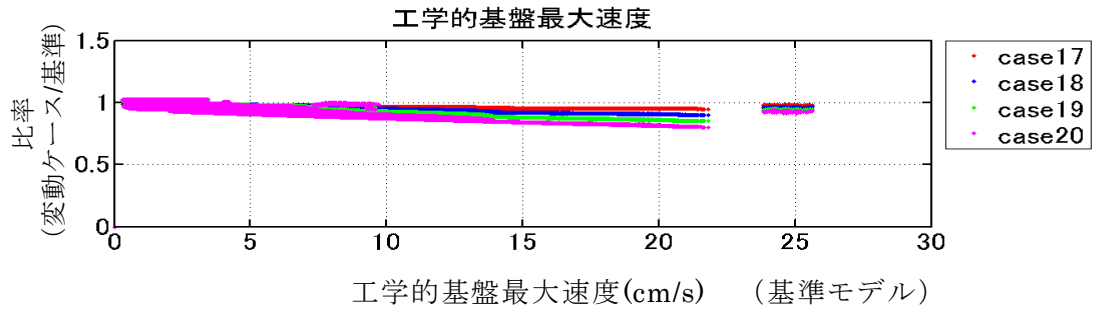


図 III-26 傾斜角を7.5度刻みで60度まで変動したケース

(d) 今年度の成果と今後の課題

今年度の業務目標は、津波や地震動の波源・震源となる断層のモデル化の手法、モデルの検証手法を検討すること、そのための準備作業である。

i) 既往資料の収集・整理

準備として、まず、日本海海域における既往地震津波に関する既往資料の収集整理を実施した。まず、日本海海域において震源ないし波源となりうる断層について、総括的な文献や断層図などをもとに地質構造図ないし断層の分布図を整理し、既往断層モデルとして、日本海東縁の既往地震についての断層モデルのパラメーター一覧を整理した。断層モデルの拘束条件となる浅部地殻の地質構造としては、日本海東縁のテクトニクス調査・研究についての文献や本地域で実施されてきた調査・研究プロジェクトの成果をもとに、現状における日本海東縁のひずみ集中帯についての、日本海の海底の沈み込みに関する解釈を整理し、日本海の地殻構造の構成や厚さの地域的な変化をまとめた。さらに、ISC (International Seismological Centre) カタログデータや気象庁の一元化震源データを用いて、日本海における地震発生状況について、周辺陸域を含む震源分布を整理して平面図・断面図を作成し、地震の発生頻度をまとめた。

これらのデータの中から、日本海における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(ロシア連邦沿海地方沿岸及び朝鮮半島東岸を含む)の波源にかかわる想定断層モデルに関する文献、国や自治体の被害想定報告、原子力施設的安全審査等を含む資料を再整理し、断層モデルの妥当性チェックのための地震津波事例として、1983年日本海中部地震を選定した。

一方、断層モデルの妥当性チェックのための津波予測計算に用いる海底および沿岸の地形データを作成した。この作業では、波源域から沿岸域までを一括して計算するため、外洋から陸域に近づくほど細かい格子間隔となるように1:3の割合で計算格子を細分化する方法によって地形モデルを構成し、外洋部から1350 m、450 m、150 m、50 mの空間格子間隔となるように設定した。

また、海域における断層モデルの構築においては、データの不足や不確実性を考慮して断層パラメータを設定する必要があるため、既往研究から、海域における断層の位置、走向、傾斜、すべり角度、すべり量、発生層厚さから決まる断層幅等のパラメータのばらつきや不確実性を検討した事例を整理した。

ii) 断層モデル作成手法の検討

サブテーマ(1)、(2)から提供される海域断層に関連するデータを想定し、地震本部、土木学会等の既往資料に示された断層モデルの作成手法、考え方をふまえて、次年度以降に、日本海海域全域についての断層モデル(群)を作成する際の考え方、パラメータ設定上で考慮する条件等を整理した。提供されるデータにおいて、断層の位置や走向、傾斜に不確実性が含まれると予想されること、スケーリング則の前提となる断層幅の設定と断層

幅の設定に根拠となる地震発生層下端の設定において、現状では確定的なデータがないことを前提に、どのようにして断層モデルを構築していくかという考え方を検討した。

### iii) 断層モデルの検証方法の検討

1983 年日本海中部地震を対象として、今回設定した断層モデルに基づいて、津波と地震についての予測計算（パラスタ）を行った。

津波については、1983 年日本海中部地震を模した基本的な断層モデルを用いた際の最大津波水位と断層パラメータのうち、断層位置、走向、傾斜、上端深さ、すべり角を変化させた場合の最大津波水位のばらつきを比較することで、断層パラメータのうち最大津波水位に大きく寄与するパラメータがどれかを検討した。この作業により、断層モデル作成の際に調整するパラメータの数を絞ることができた。この結果をふまえ、断層モデルの作成に必要なパラメータの特徴や設定値の目安を検討した。

地震動については、簡便法[司・翠川（1999）による距離減衰式で工学的基盤での最大速度を求め、J-SHIS で公開されている増幅率を用いて地表の速度を求め、気象庁の手法で計測震度を算出]で地表地震動を算出する方法を用いて、断層位置、走向、傾斜、上端深さについてのパラスタを実施し、それらの地表地震動への寄与の程度を検討した。

今後の課題としては次のようになる。

- ・サブテーマ（1）、（2）から提供される具体的な断層データを用いた断層モデル設定方法の検討
- ・今回の検証結果にもとづく個々の断層パラメータの津波高、地震動への寄与程度の整理とその結果の断層パラメータ設定方法への反映、ばらつき評価のためのパラスタ範囲の決定と実際のデータにもとづくパラスタの実施。
- ・以上の結果をふまえた、日本海海域についての断層モデル（群）の構築。
- ・構築した断層モデル(群)のうち、既往の M7 クラス以上の地震に対応するモデルを用いた津波高、震度の実測値との比較、検証とその結果をふまえた断層モデル（群）作成手法の改良。

(e) 引用文献

【参考文献（断層関連）】

- 1) 阿部邦昭, 小津波の波源モデルと津波の性質 — 日本海中部地震の最大余震 (1983年6月21日) に伴う津波一, 地震, 40, 2, 349-363, 1987.
- 2) 相田勇, 1983年日本海中部地震津波の波源数値モデル, Bull. Earthq. Res. Inst. Univ. Tokyo, 59, 93-104, 1984.
- 3) Akaike H., A New Look at the Statistical model Identification, IEEE Trans. on Autom. Cont., 19, 716-723, 1974.
- 4) Aki K., Maximum Likelihood Estimate of  $b$  in the Formula  $\log N = a - bM$  and its Confidence Limits., Bull. of the Earthq. Res. Inst., 43, 237-239, 1965.
- 5) Ansell J. H. and Smith E. G. C., Detailed Structure of a Mantle Seismic Zone using the Homogeneous Station Method, Nature, 253, 518-520, 1975.
- 6) 土木学会原子力委員会津波評価部会: 原子力発電所の津波評価技術, 2002.
- 7) 藤田和夫・今泉俊文・貝塚爽平・松田時彦・中田高・岡田篤正・太田陽子・宇津徳治・米倉伸之・吉井敏尅: 日本の活断層〔新編〕 分布図と資料, 437pp, 4 sheets, , 活断層研究会, 東京大学出版会, 1991.
- 8) 藤原広行・河合伸一・青井真・森川信之・先名重樹・東宏樹・大井昌弘・はお憲生・長谷川信介・前田宜浩・岩城麻子・若松加寿江・井元政二郎・奥村俊彦・松山尚典・成田章, 東日本大震災を踏まえた地震ハザード評価の改良に向けた検討, 防災科学技術研究所研究資料, 2012.
- 9) 原子力安全規制庁: 基準津波及び耐津波設計方針に係る審査ガイド(案), 2013.
- 10) 紘野義夫: 日本海の海底: 調査研究史資料, 北陸地質研究所報告, 2: 1-179, 1992. URL : <http://hdl.handle.net/2297/6467>
- 11) 伊藤潔・中村修一, 西南日本内帯における地震発生層の厚さ変化と内陸大地震, 京都大学防災研究所年報, 41, 27-35, 1998.
- 12) Irikura, K. and H. Miyake: Recipe for Predicting Strong Ground Motion from Crustal Earthquake Scenarios, PAGEOPH, 168, 85-104, 2011.
- 13) 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.
- 14) Isezaki N., Bersenev I. I., Tamaki K., etc. (ed.), Geology and Geophysics of the Japan Sea, 487pp, TERRAPUB, 1996.
- 15) 地震調査研究推進本部: 日本海東縁部の地震活動の長期評価, 2003.
- 16) 小林洋二: プレート“沈み込み”の始まり. 月刊地球, 5, 510-514, 1983.
- 17) Mogi K., Regional Variations in magnitude-Frequency Relation of Earthquakes., Bull. of the Earthq. Res. Inst., 45, 313-325, 1967.
- 18) Mogi K., Study of Elastic Shocks Caused by the Fracture of Heterogeneous Materials and its Relations, Bull. of the Earthq. Res. Inst., 40, 125-173, 1962.
- 19) Mori J. and Shimazaki K., Source Process of the May 26, 1983 Japan Sea Earthquake,

- Abstr. Meet. Seismol. Soc. Jpn., A16, Oct., 1983.
- 20) 文部科学省研究開発局・(独) 防災科学研究所(2013) : 科学技術振興費「ひずみ集中帯の重点的調査観測・研究」(平成 24 年度) 成果報告書 (3.2.2 マルチチャネル等による海域地殻構造探査) , 2012.
  - 21) Murotani, S., Miyake, H. and Koketsu, K., Scaling of characterized slip models for plate-boundary earthquakes. *Earth Planets Space*, 60, 987-991, 2008.
  - 22) Murotani, S., S. Matsushima, T. Azuma, K. Irikura, S. Kitagawa, Scaling Relations of Earthquakes on Inland Active Mega-Fault Systems, AGU fall meeting 2010, S51A-1911, 2010.
  - 23) 中村一明 : 日本海東縁新生海溝の可能性, 東京大学地震研究所彙報, 58, 3, 711-722, 東京大学地震研究所, 1983.
  - 24) 内閣府 (2007) 日本海の津波調査業務 報告書, 2007
  - 25) 乗富一雄・佐伯裕治 : 秋田市沖地震について. 東北地域災害科学研究, 99-111 , 1971.
  - 26) 大竹政和・平朝彦・太田 陽子 (編集) : 日本海東縁の活断層と地震テクトニクス, 東京大学出版会, 2002.
  - 27) 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, 582-591, 2010.
  - 28) Sato T., Kosuga M. and Tanaka K., Aftershock Distribution of the 1983 Nihonkai-Chubu (Japan Sea) Earthquake Determined from Relocated hypocenters, *J Phys. Earth*, 34, 203-223, 1985.
  - 29) Powers P. M., and Jordan T. H., Distribution of Seismicity across strike-slip faults in California, *J. Geophys. Res.*, 115, 2010.
  - 30) 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.
  - 31) 佐藤良輔 : 日本の地震断層パラメータ・ハンドブック. 390pp. 鹿島出版会, 1989.
  - 32) Seno, T. and Eguchi, T., Seismotectonics of the Western Pacific. in *Geodynamics of the Western Pacific Indonesian Region*. edited by T.W.C. Hilde and S. Uyeda, *Geodynamic Series*, 11, 5-40, 1981.
  - 33) 瀬野徹三 : 日本海沈み込み節に関する一考察-日本海溝における地震のスリップベクトル. *地震第 2 輯*, 36, 270-273, 1983.
  - 34) 瀬野徹三 : 日本海沈み込み説に関する一考察--日本海溝における地震のスリップ・ベクトル--, *地震 第 2 輯*, 36, 2, 270-273, 地震学会, 1983.
  - 35) Shimazaki K. and Mori J., Focal Mechanism of the May 26, 1983 Japan Sea Earthquake, *Abstr. Meet. Seismol. Soc. Jpn.*, A15, Oct. 1983.
  - 36) Sung Kwun Chough, *Geology and Sedimentology of the Korean Peninsula*, 363pp, Elsevier , 2013.
  - 37) Tamaki K., F. Murakami and K. Nishimura, Continuous seismic reflection profiling survey, 48-51, 1979.

- 38) Tamaki, K., Geological structure of the Japan Sea and its tectonic implications, Bulletin of the Geological Survey of Japan, 39, 5, 269-365, Geological Survey of Japan, 1988.
- 39) 竹内章：日本海東縁新生プレート境界論再考. 月刊地球, 27(7), 510-536, 2005.
- 40) 田島礼子・松元康広・司宏俊・入倉孝次郎 (2013)：内陸地殻内および沈み込みプレート境界で発生する巨大地震の震源パラメータに関するスケーリング則の比較研究, 地震 2, 66, 31-45, 2013.
- 41) 平朝彦：第 1 章 日本海東縁の変動と日本列島のテクトニクス. 日本海東縁の活断層と地震テクトニクス, 3-15, 2002.
- 42) 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 (CD-ROM 版), 海洋調査技術, 13, 1, 1, CD-ROM, 海洋調査技術学会, 2001.
- 43) 海野徳仁・長谷川昭・小原一成・松沢暢・清水洋・高木章雄・田中和夫・小菅正裕, 1983 年日本海中部地震の前震と余震の震源分布, 地震, 38, 2, 399-410, 1985.
- 44) Utsu T., A Three-Parameter Formula for Magnitude Distribution of Earthquakes, J. Phys. Earth, 22, 71-85, 1974.
- 45) 宇津徳治, 地震の規模別度数の統計式  $\log n = a - bM$  の係数  $b$  を求める一方法, Geophys. Bull. of the Hokkaido Univ., 13, 99-103, 1965.

### 【引用文献(津波・地震被害)】

- 1) 愛知県／編, 1983年日本海中部地震現地調査報告, 1983.
- 2) 秋田県生活環境部消防防災課／編昭和58年(1983年)日本海中部地震の記録 被災要因と実例, 1984.
- 3) 秋田大学鉱山学部土木工学科昭和五十八年日本海中部地震被害調査速報, 1983.
- 4) 中央開発(株) 1983年日本海中部地震震害報告書, 1983.
- 5) 土木学会, 1983年日本海中部地震震害調査報告書, 1986.
- 6) 土木学会, 1993年北海道南西沖地震震害調査報告, 1997.
- 7) 土木学会昭和39年新潟地震震害調査報告, 1966.
- 8) 弘前大学日本海中部地震研究会／編「1983年日本海中部地震」総合調査報告書, 1984.
- 9) 北海道地区自然災害科学資料センター, 北海道地区自然災害科学資料センター報告, 1994.
- 10) 北海道南西沖地震調査報告書, 北海道南西沖地震調査報告書, 1993.
- 11) 自治省消防庁／編昭和58年(1983年)日本海中部地震調査報告書, 1983.
- 12) 土質工学会 東北支部／編1983年日本海中部地震被害調査報告書, 1986.
- 13) 科学技術庁研究調整局昭和58年(1983年)日本海中部地震に関する緊急研究報告書, 1984.
- 14) 科学技術庁国立防災科学技術センター/監修新潟地震防災研究総合報告, 1965.
- 15) 建設省/国土地理院新潟地震震災調査報告書, 1965.
- 16) 建設省東北地方建設局企画部企画課／編, 1983年日本海中部地震災害報告書, 1986.
- 17) 内閣府(防災担当), 災害復興対策事例集, 2010.
- 18) 新潟地震災害資料新潟地震災害資料, 1966.
- 19) 新潟地震災害資料編集委員会／編, 新潟地震災害資料, 1966.
- 20) 日本建築学会新潟地震災害資料, 1964.
- 21) 自然災害科学総合研究班／編, 1983年日本海中部地震による災害の総合的調査研究, 1984.
- 22) 東京消防庁／編昭和58年(1983年)日本海中部地震調査報告書, 1983.
- 23) 東北工業大学工学部土木工学科浅田研究室／編昭和五十八年日本海中部地震における地盤および土質構造物の被害調査速報, 1983.
- 24) 通商産業省/工業技術院地質調査所, 新潟地震予察報告, 1966.
- 25) 宇佐美 龍夫, 日本被害地震総覧, 2013.  
東京大学. 工学部土木工学科教室新潟震災調査班昭和39年新潟地震震害調査速報, 1964.

### 【断層モデルパラメータの不確実性に関する既往研究事例】

- 1) 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.
- 2) 土木学会 原子力土木委員会, 確率論的津波ハザード解析の方法, 2011.
- 3) (独)原子力安全基盤機構, 津波波源モデルの精度向上に関する研究, 2010.
- 4) 地震調査研究推進本部 地震調査委員会, 「全国を概観した地震動予測地図」報告書, 2005.

### 【断層モデル パラメータスタディ (地震動)】

- 1) 藤本一雄・翠川三郎: 近年の強震記録に基づく地震動強さ指標による計測震度推定法. 地域安



全学会論文集, 7, 1-6, 2005.

2) 藤本一雄・翠川三郎, 近接観測点ペアの強震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, 第 6 巻, 第 1 号, 11-22, 2006.

3) 司宏俊・翠川三郎 (1999) 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, 523, 63-70, 1999.

4) 防災科学技術研究所 web サイト・地震ハザードステーション「J-SHIS」  
<http://www.j-shis.bosai.go.jp/>

5) Wakamatsu, K. and M. Matsuoka, Nationwide 7.5-Arc-Second Japan Engineering Geomorphologic Classification Map and Vs30 Zoning, Journal of Disaster Research, 8, 904-911, 2013.

参考資料：津波事例候補の資料収集

## 内容

1. 津波事例候補の資料収集.....	276
2. 北海道南西沖地震.....	276
2.1. 津波伝播図 .....	276
2.2. 津波高（痕跡高/遡上高） .....	278
2.3. 津波到達時間 .....	290
2.4. 浸水範囲 .....	294
3. 日本海中部地震 .....	295
3.1. 津波伝播図 .....	295
3.2. 津波高（痕跡高/遡上高） .....	296
3.3. 津波到達時間 .....	316
3.4. 浸水範囲 .....	317
4. 新潟地震 .....	320
4.1. 津波伝播図 .....	320
4.2. 津波高（痕跡高/遡上高） .....	321
4.3. 津波到達時間 .....	322
4.4. 浸水範囲 .....	323

## 1. 津波事例候補の資料収集

1993年北海道南西沖地震、1983年日本海中部地震、1964年新潟地震における津波伝播図、津波高（痕跡高/遡上高）、津波到達時間、浸水範囲の図表を収集した資料より抜粋した。

## 2. 北海道南西沖地震

### 2.1. 津波伝播図

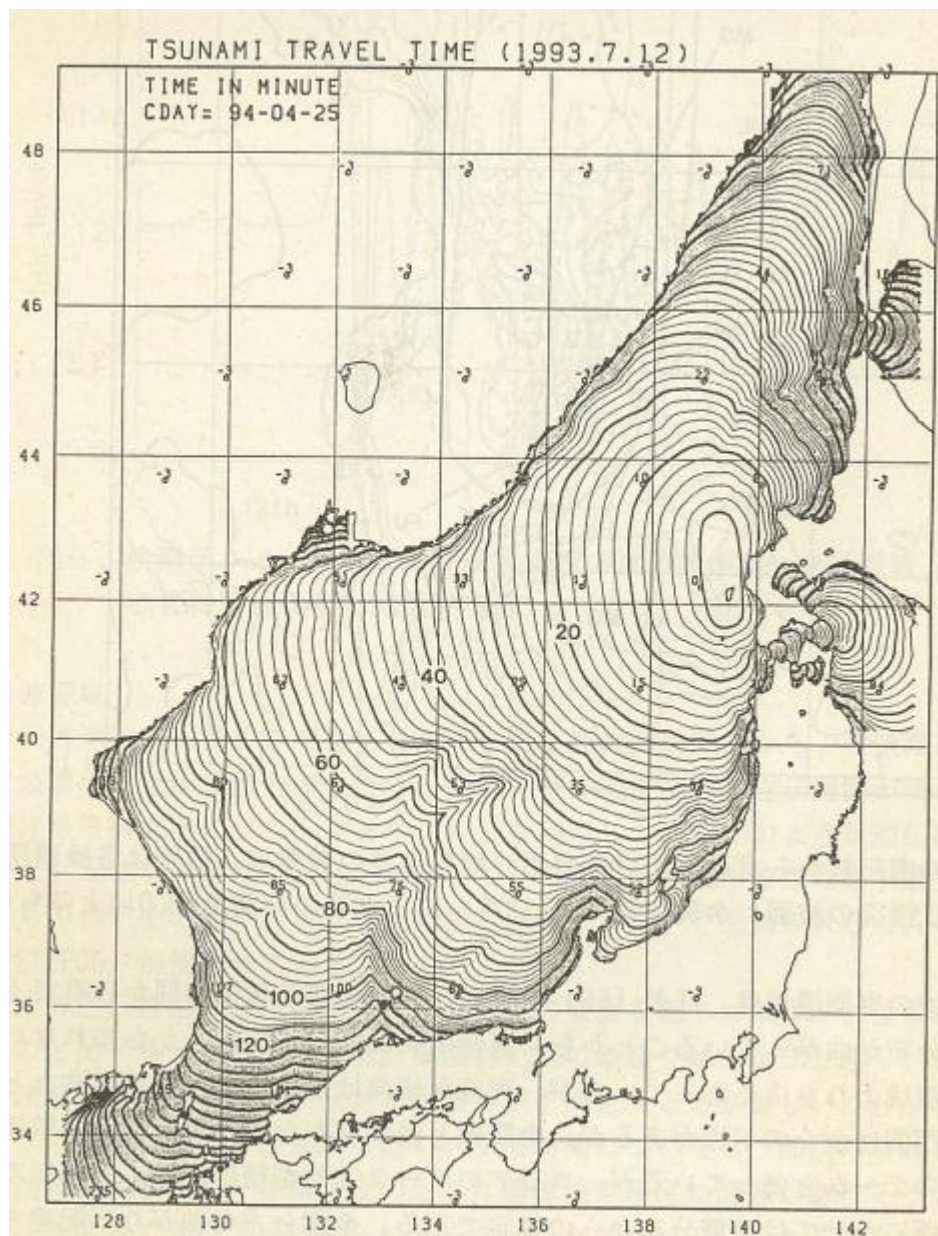


図 2.1-1 北海道南西沖地震の伝播図 [平成5年北海道南西沖地震に関する緊急研究成果報告書]。

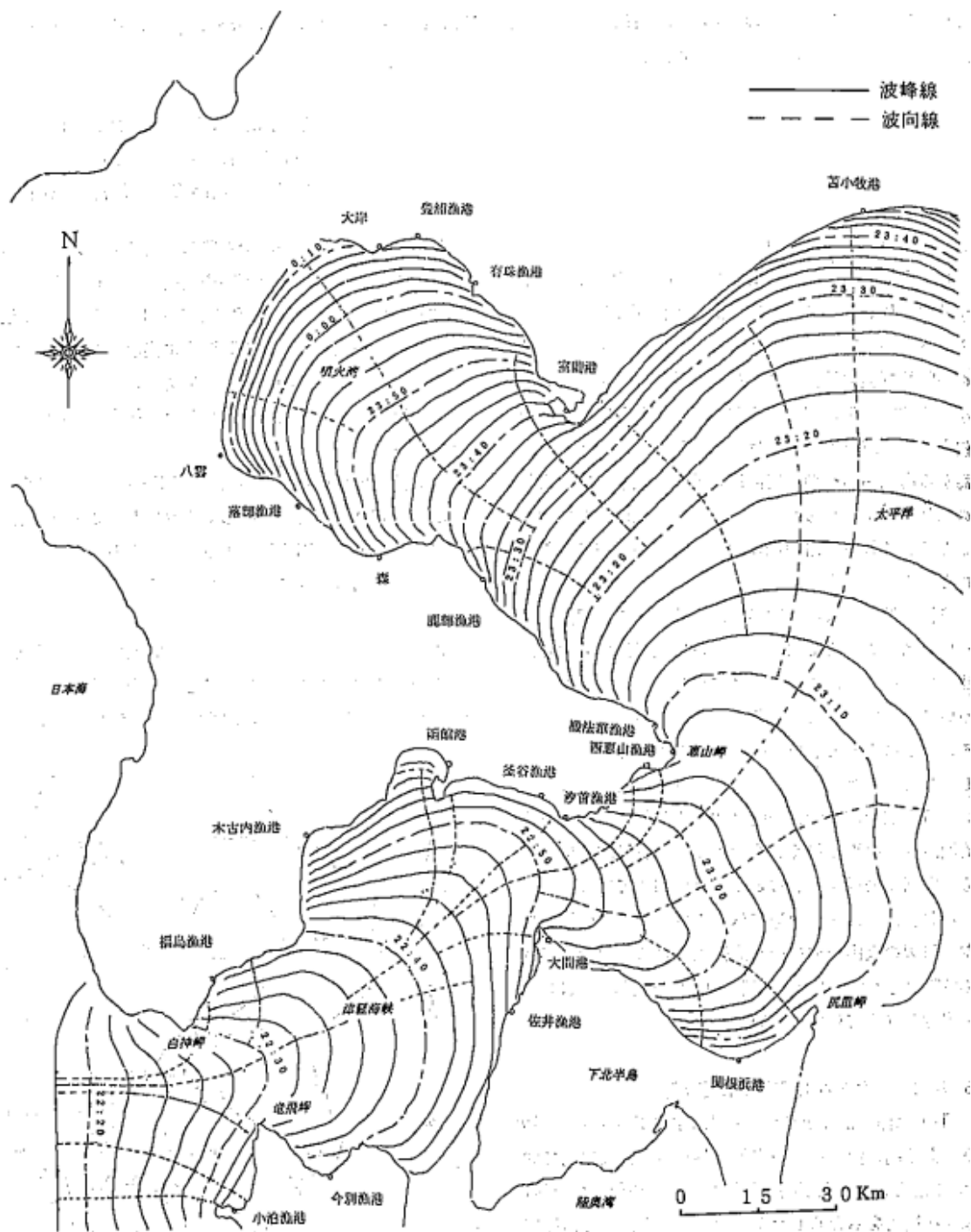


図 2.1-2 北海道南西沖地震による津波の津軽海峡-噴火湾への伝播図[平成 5 年北海道南西沖地震・津波とその被害に関する調査研究]。

2.2. 津波高（痕跡高/遡上高）

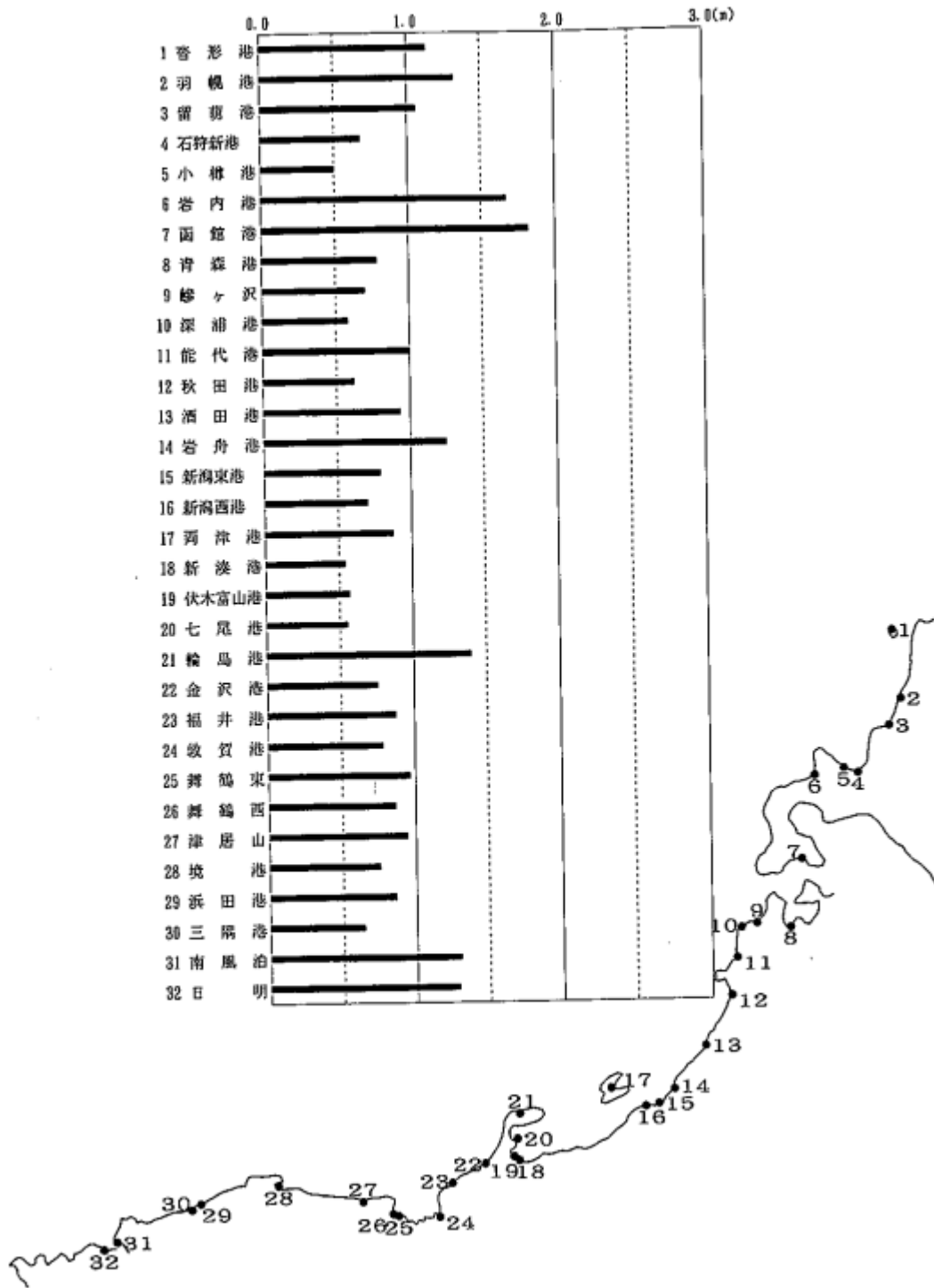


図 2.2-1 各地点の最高水位 [港湾技研資料 1993 年北海道南西沖地震津波の特性と被害]。

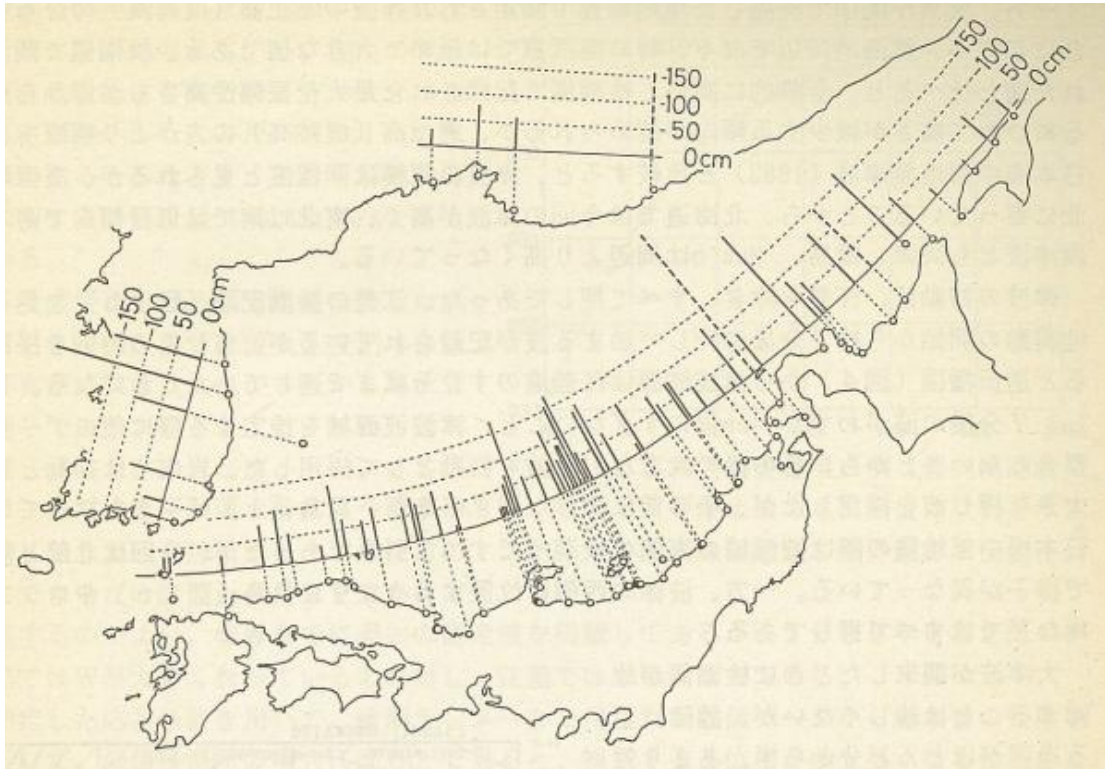


図 2.2-2 検潮儀で記録された最大波高（全振幅）。破線はスケールアウトを示す。[平成5年北海道南西沖地震に関する緊急研究成果報告書]。

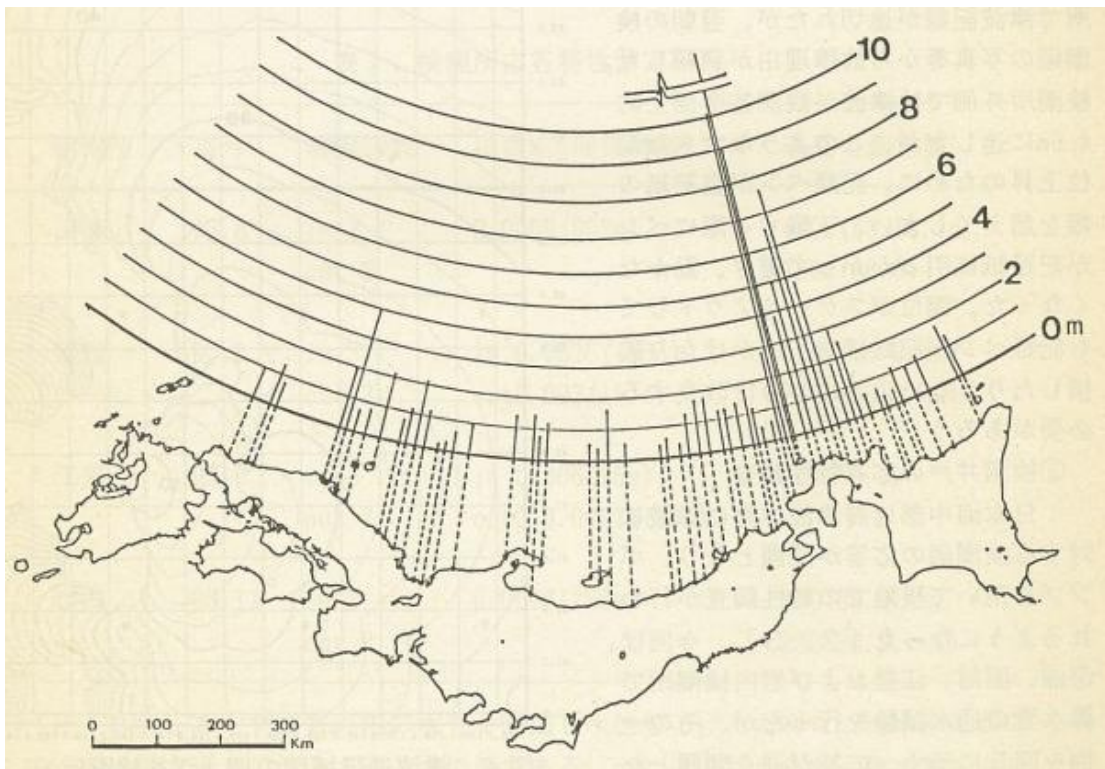


図 2.2-3 現地調査等で測定された各地の津波の遡上高。[平成5年北海道南西沖地震に関する緊急研究成果報告書]。

表 2.2-1 津波痕跡調査結果 [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]。

町村名	地点名	北海道開発局	北海道	北海道大学	平均値	備考
島牧村	歌島漁港	5.1m	4.8m	3.7m	T.P.+4.5m	
	本目海岸	5.0m			T.P.+5.0m	磯森前
	本目海岸(岬右岸側)			4.6m	T.P.+4.6m	本目岬右岸側
	厚瀬海岸(港地区)		7.1m		T.P.+7.1m	
	厚瀬漁港		4.6m	6.1m	T.P.+5.4m	
	厚瀬海岸(栄磯地区)		6.5m		T.P.+6.5m	
	野白漁港	6.8m	3.7m		T.P.+5.3m	
	野白海岸		4.8m		T.P.+4.8m	
	水豊漁港		4.0m		T.P.+4.0m	
	水豊漁港(左岸側)		4.6m		T.P.+4.6m	ホンベツ川河口部
	江ノ島海岸	7.4m	8.0m		T.P.+6.7m	
	千走海岸		6.3m		T.P.+6.3m	
	千走漁港		2.9m	3.0m	T.P.+3.0m	
	原歌漁港		5.7m	7.0m	T.P.+6.4m	
	原歌海岸	8.5m	8.9m		T.P.+8.7m	原歌漁港左岸側
	第二栄浜漁港	5.7m	5.3m	4.4m	T.P.+5.1m	
	瀬棚町	須築漁港	5.6m	4.7m	6.0m	T.P.+5.4m
奥谷漁港			4.4m		T.P.+4.4m	
奥谷海岸			5.7m		T.P.+5.7m	
鶯歌海岸		6.6m			T.P.+6.6m	
吹込漁港		6.8m	6.8m		T.P.+6.8m	
武蔵漁港			5.5m		T.P.+5.5m	
酒内海岸			7.9m		T.P.+7.9m	
中歌漁港		4.4m	5.1m		T.P.+4.8m	
種花部海岸		9.1m	8.0m	5.8m	T.P.+7.6m	
祖瀬海岸			6.2m		T.P.+6.2m	三本杉海岸左岸側
祖瀬港		5.2m		5.6m	T.P.+5.4m	
北檜山町	太櫓漁港	6.2m	6.9m		T.P.+6.6m	
	太櫓海岸		7.3m		T.P.+7.3m	
	古櫓多海岸	7.1m	7.9m		T.P.+7.5m	
	良瑠石海岸		8.3m		T.P.+8.3m	
	鵜泊漁港	7.7m	6.6m		T.P.+7.2m	
	鵜泊海岸		6.6m		T.P.+6.6m	漁港左岸側
大成町	太田海岸		9.0m	6.6m	T.P.+7.8m	
	上浦漁港	5.5m	5.0m		T.P.+5.3m	
	久遠漁港	5.0m	5.2m	5.0m	T.P.+5.1m	
	宮野海岸	7.3m			T.P.+7.3m	久遠側
	宮野海岸		8.5m		T.P.+8.5m	礮石側
	平浜海岸	6.9m	8.0m	7.7m	T.P.+7.5m	
奥尻町 (北海岸)	奥尻漁港	1.4m			T.P.+1.4m	
	海栗前	8.7m			T.P.+8.7m	
	細穂漁港	10.2m			T.P.+10.2m	
	細穂	7.8m		9.4m	T.P.+8.6m	
	細穂岬	8.1m		8.0m	T.P.+8.1m	
奥尻町 (東海岸)	駒太浜	5.7m		7.5m	T.P.+6.6m	
	宮津	4.4m		5.0m	T.P.+4.7m	
	東風泊	3.1m			T.P.+3.1m	
	球浦			3.4m	T.P.+3.4m	
	弘沢	7.2m			T.P.+7.2m	
	奥尻港	3.7m		4.0m	T.P.+3.8m	
	谷地	3.9m			T.P.+3.9m	
奥尻町 (南海岸)	赤石	3.4m		3.2m	T.P.+3.3m	
	鰐瀬岬	4.3m		4.1m	T.P.+4.2m	
	松江	6.6m		6.1m	T.P.+6.4m	
	松江			15.8m	T.P.+15.8m	
	初松前	10.9m			T.P.+10.9m	
奥尻町 (南西海岸)	青苗			6.0m	T.P.+6.0m	漁港北側
	青苗	10.6m		12.4m	T.P.+11.5m	青苗岬灯台付近
	神威岬	10.4m			T.P.+10.4m	
	モツ立		7.1m		T.P.+7.1m	
	ホヤ石		15.5m	15.0m	T.P.+15.3m	
	ホヤ石岬		23.3m		T.P.+23.3m	
	鎌内	12.3m	13.5m	21.0m	T.P.+15.6m	
奥尻町 (西海岸)	千登浜		17.2m		T.P.+17.2m	
	砥石		20.1m	18.7m	T.P.+19.4m	
	穴瀬岬		6.7m		T.P.+6.7m	
ロシア (沿海州)	六瀬岬	6.5m	6.3m		T.P.+6.4m	
	神威岬漁港		8.1m		T.P.+8.1m	
	朝石					
ロシア (沿海州)	Xit Bay	4.0m				
	Rudvaya Bay	3.7m				
	Risovaya Bay	1.5m				



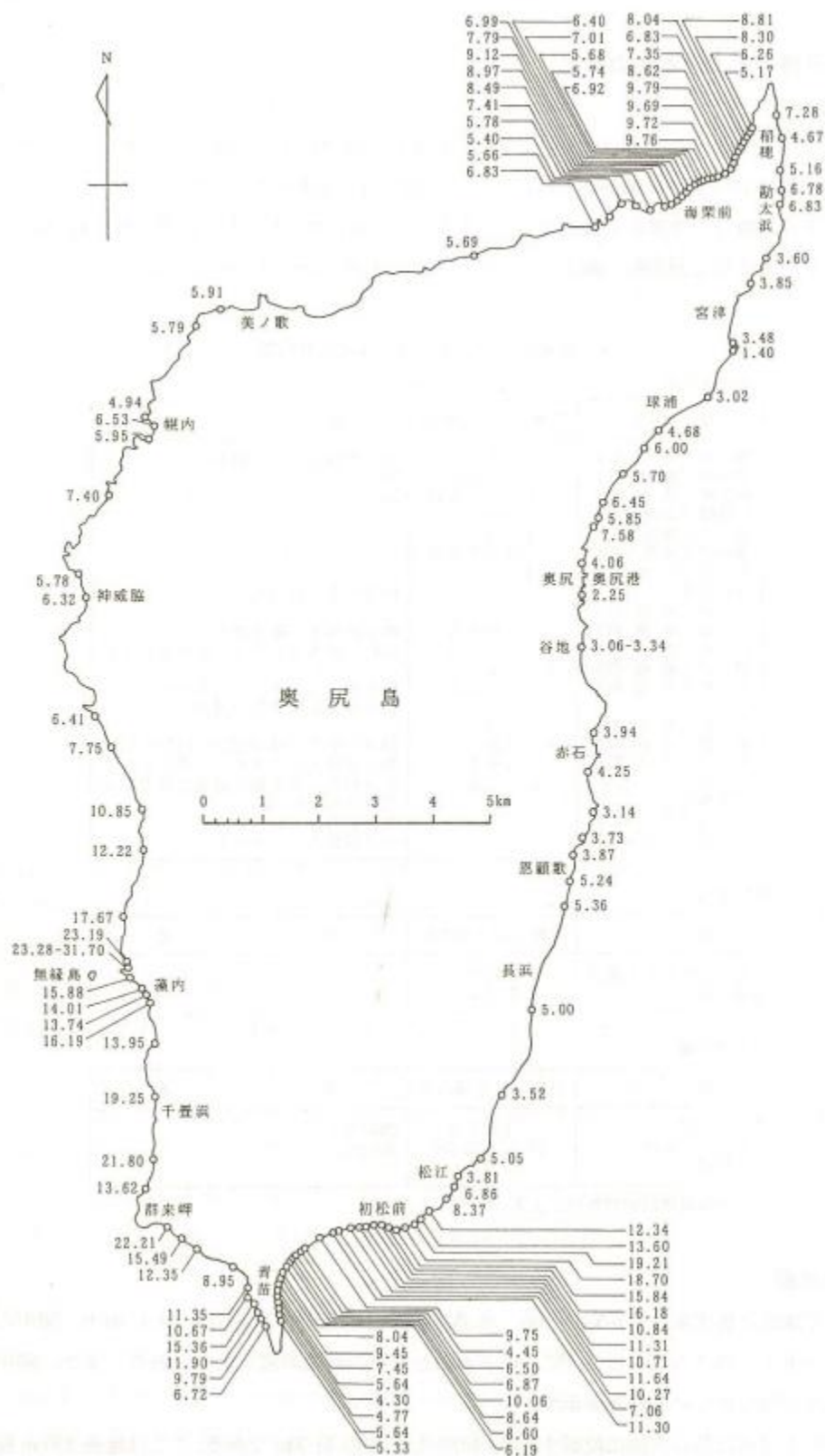


図 2.2-4 奥尻島での津波打ち上げ高 [1993 年北海道南西沖地震震害調査報告：震害調査シリーズ 3]。

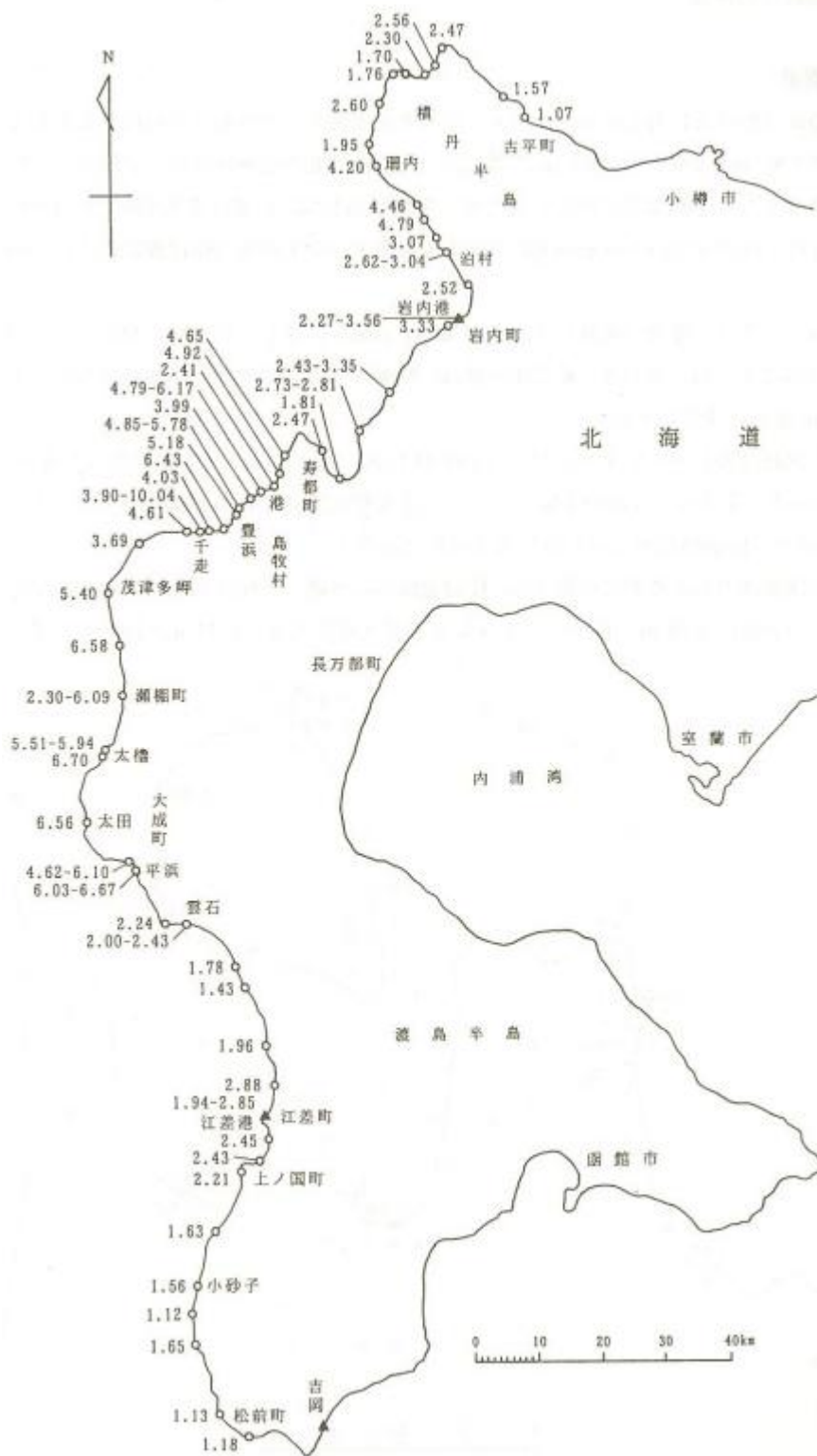


図 2.2-5 北海道南西岸での津波打ち上げ高 [1993 年北海道南西沖地震震害調査報告 : 震害調査シリーズ 3]。

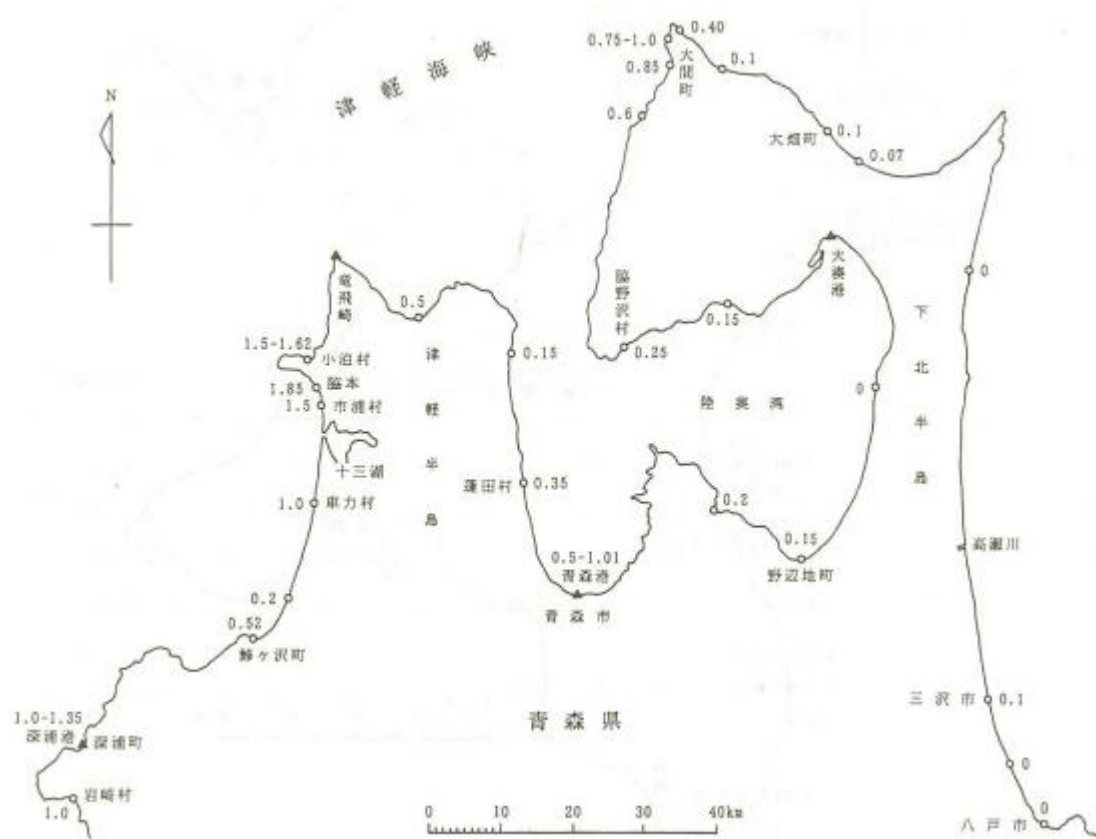


図 2.2-6 青森県沿岸での津波打ち上げ高 [1993 年北海道南西沖地震震害調査報告：震害調査シリーズ 3]。

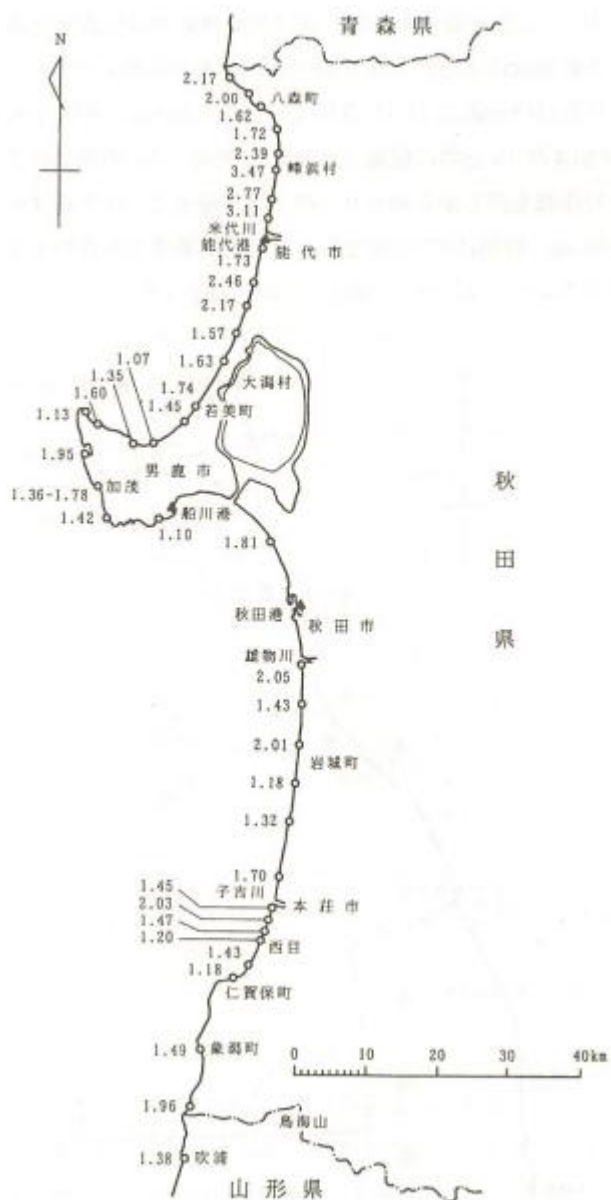


図 2.2-7 秋田県沿岸での津波打ち上げ高 [1993 年北海道南西沖地震震害調査報告：震害調査シリーズ 3]。



図 2.2-8 山形県沿岸での津波打ち上げ高 [1993 年北海道南西沖地震震害調査報告：震害調査シリーズ 3]。

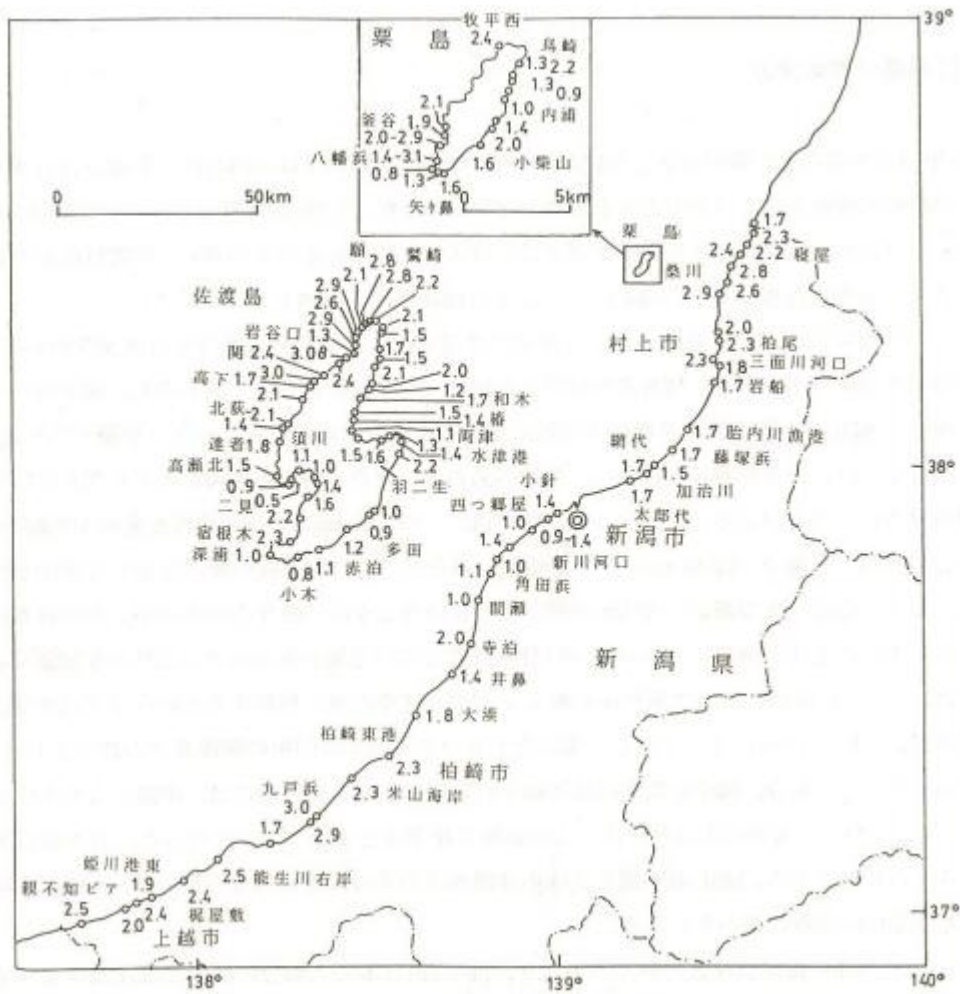


図 2.2-9 新潟県の津波高さ分布 (MSL 基準、m) [1993 年北海道南西沖地震震害調査報告：震害調査シリーズ 3]。

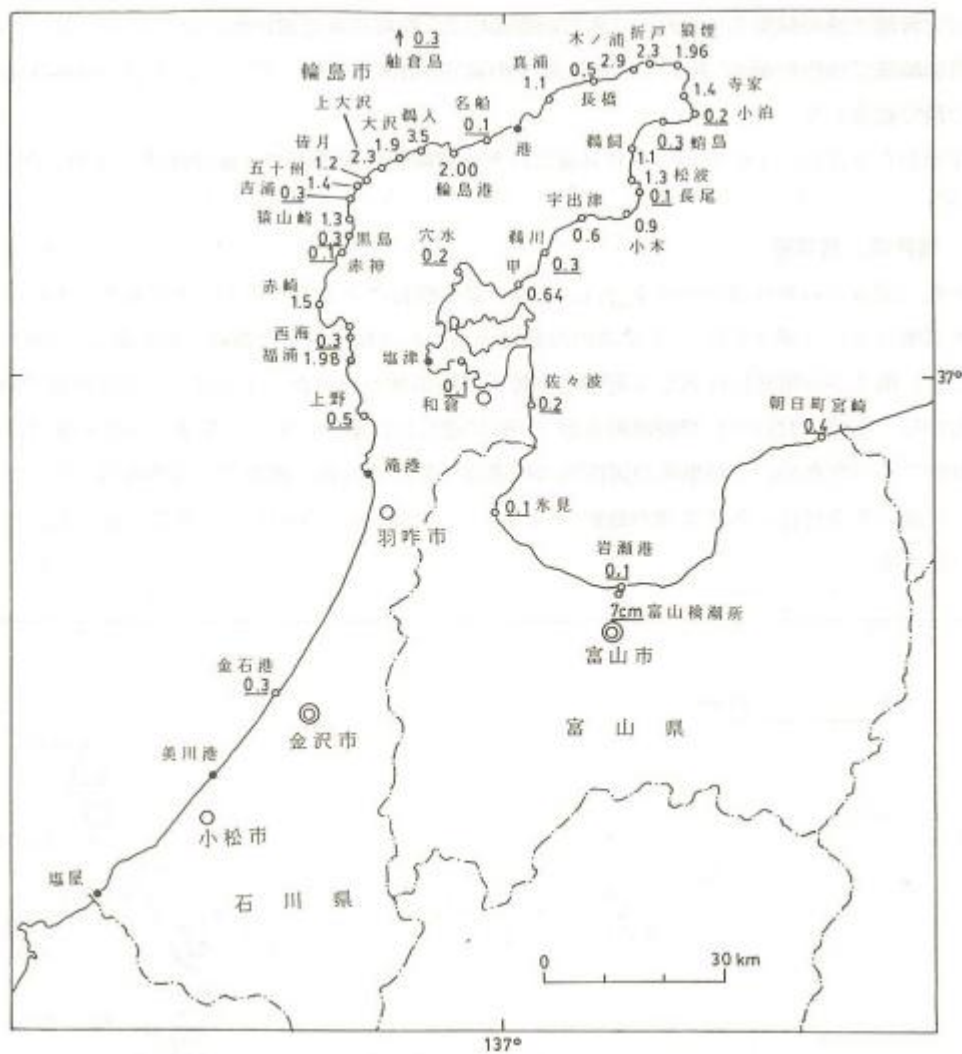


図 2.2-10 富山県、石川県の津波高さ分布 (MSL 基準、m) [1993 年北海道南西沖地震震害調査報告：震害調査シリーズ 3]。

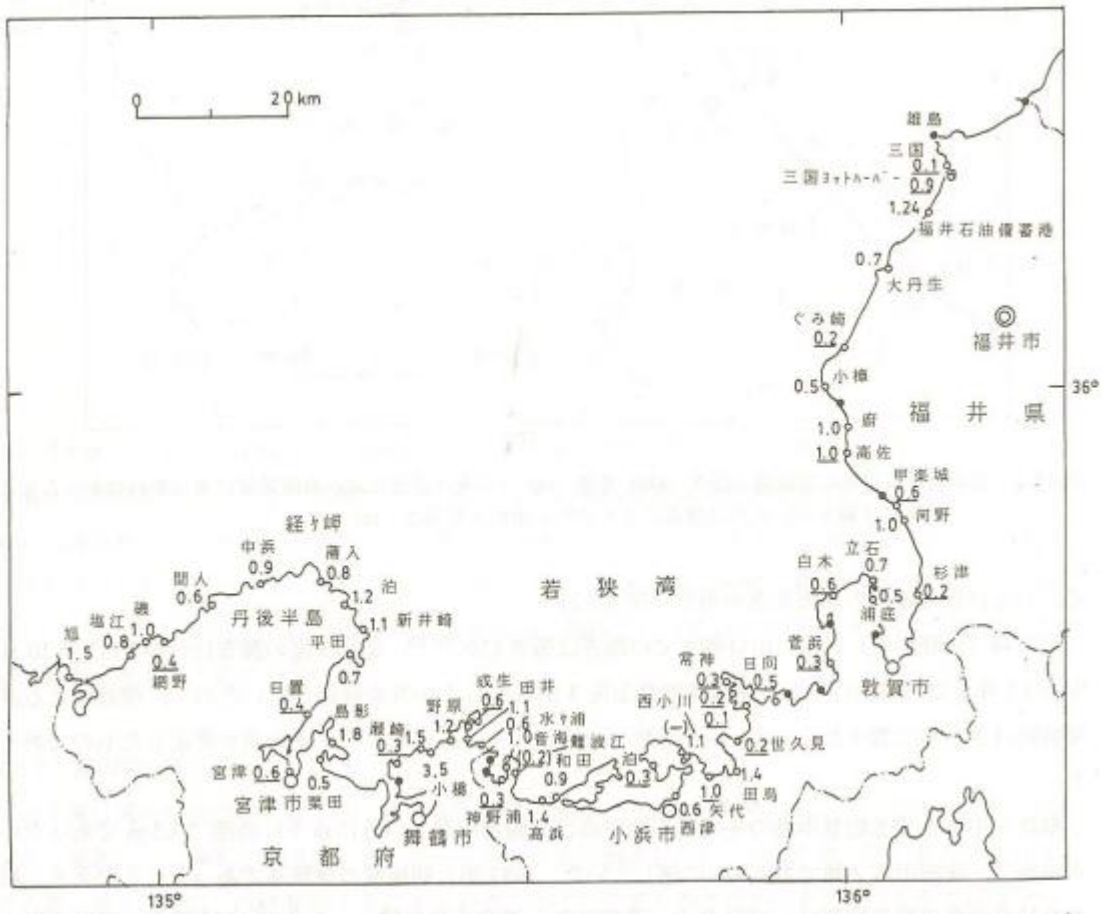


図 2.2-11 福井県、京都府の津波高さ分布 (MSL 基準、m) [1993 年北海道南西沖地震震害調査報告：震害調査シリーズ 3]。

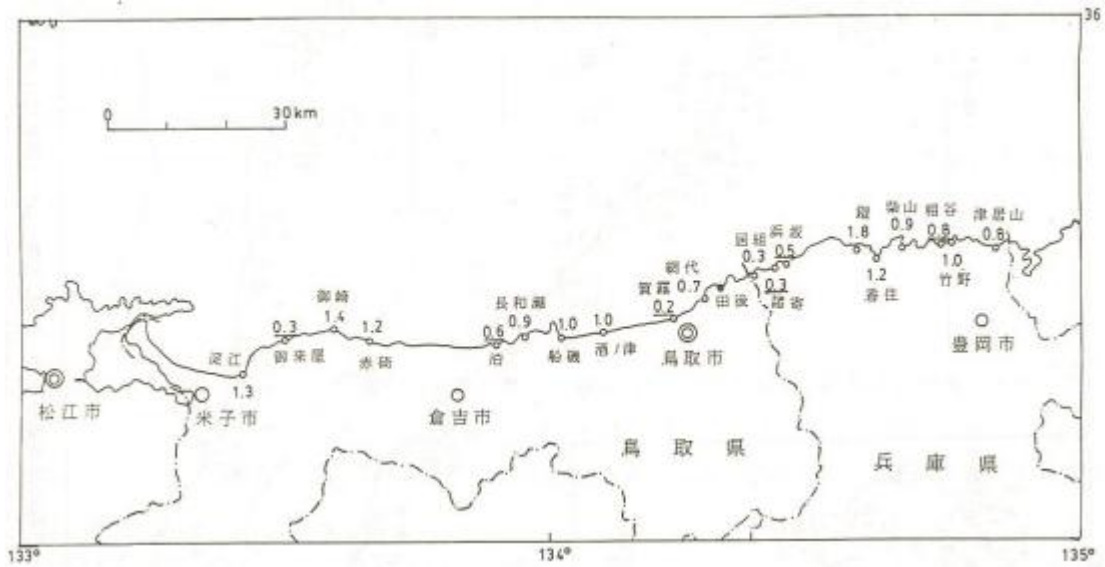


図 2.2-12 兵庫県、鳥取県の津波高さ分布 (MSL 基準、m) [1993 年北海道南西沖地震震害調査報告：震害調査シリーズ 3]。





### 2.3. 津波到達時間

表 2.3-1 地震発生後の津波来襲時間 [1993 年北海道南西沖地震震害調査報告：震害調査シリーズ3]。

#### 北海道南西岸

場 所	目撃又は水没時計	備 考
積丹岬 (積丹町)	20分	第1波最大、引き波から。 同上。 同上。 同上。 同上。 同上。 押しから、22:37。 第1波最大、第2波やや小。 同上、北西方向から、引き波から。 第1波は北西から、引きから、 第2波又は第3波が最大。
神威岬 (積丹町)	5-6分	
沼前岬 (積丹町)	25-35分	
川白岬 (神恵内村)	10分	
珊内 (神恵内村)	10分	
電神岬 (神恵内村)	5-10分	
岩内 (岩内町)	15分	
岩内潮位計		
江ノ島 (島牧村)	5分	
須築 (潮標町)	3分前後	
白岩 (潮標町)	5分以内	最大の第2波は22:27または22:28。 第2波最大、引きから、西方から、 引きから、第2波は最大ではない、 引きから、22:28。 大島の方から、引き無し。 第2波最大、引きから。
潮棚 (潮標町)	5分	
潮太 (潮標町)	5分以内	
太田 (大成町)	5分後*	
宮野 (大成町)	5分	
平浜 (大成町)	5分後	
江差		
江差潮位計		
石崎 (上ノ国町)		
小砂子 (上ノ国町)		

#### 奥尻島西岸

場 所	目撃又は水没時計	備 考
ホヤ石川水力発電所 藻内	22:23* 22:21	

#### 奥尻島南端

場 所	目撃又は水没時計	備 考
青苗5区 青苗1-4区 初松前	4-5分 22:37, 22:38* 22:22	西から。 東から。

\* の資料はUJNR調査団による。

表 2.3-2 各地の津波の到達時間 [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]。

	観測地点	到達時間 (分)	観測地点	到達時間 (分)
検潮記録	峇形港	63	小樽港	47
	羽幌港	73	岩内港	19
	留萌港	55	江差港	13
	石狩湾新港	63	函館港	75
目撃	美国魚港	15	上の国 石崎	12~15
	古平魚港	28	江良	15
	忍路港	39	松前漁港	30
	余別漁港	15	木古内漁港	55
	神恵内村海岸	5~10	奥尻町岬地区	4~5
	岩内町海岸	15~20	奥尻町2,3,4区	15~20
	島牧村海岸	5~6	" 藻内	4~5
	瀬棚町(本町)	5~6	" 稲穂	5~7
	" 須築	5		
	大成町 太田	5	ロシア	Kievka Bay 90
	" 平浜	5	シベリア	Nakhodka 90
	" 大間	3~4	アラスカ	Bay
	" 上浦	4~5	沿岸	Risovaya 80
久遠魚港	5~10	海州		
熊石漁港	5			

表 2.3-3 検潮所における津波の到達記録 [港湾技研資料 1993 年北海道南西沖地震津波の特性と被害]。津波による水位変動の基準は、基本水準面 (CDL) を用いている。

地点	津波到達時刻	第1波 偏差 (m)	最高水位			最高偏差			周期
			波順	起 時	水 位	波順	起 時	偏差	
沓形港	23時21分	+0.24	28	3時39分	+1.13CDL	28	3時39分	+0.89	4~17分
羽幌港	23時30分	+0.80	15	2時 0分	+1.32CDL	15	2時 0分	+0.92	5~29分
留萌港	23時12分	+0.42	6	1時49分	+1.06CDL	6	1時49分	+0.75	15~36分
石狩新港	23時17分	+0.15	6	1時50分	+0.68CDL	6	1時50分	+0.36	7~62分
小樽港	23時 9分	+0.15	12	6時16分	+0.50CDL	3	0時47分	+0.24	20~66分
岩内港	23時36分	+0.94	2	23時11分	+1.67CDL	2	23時11分	+1.36	10~30分
函館港	23時17分	+0.10	2	0時23分	+1.82CDL	9	5時 1分	+0.34	13~64分
青森港	23時31分	+0.08	15	7時 2分	+0.78CDL	8	3時18分	+0.26	9~41分
鱒ヶ沢	22時44分	+0.50	1	22時57分	+0.70CDL	1	22時57分	+0.50	14~56分
深浦港	23時35分	+0.26	1	22時44分	+0.58CDL	1	22時44分	+0.26	6~17分
能代港	23時 5分	+0.54	7	1時18分	+1.00CDL	7	1時18分	+0.72	7~49分
秋田港	23時17分	+0.35	3	0時31分	+0.62CDL	3	0時31分	+0.35	4~41分
酒田港	23時23分	+0.79	11	4時20分	+0.93CDL	11	4時20分	+0.55	13~41分
岩船港	23時42分	+0.16	1	23時48分	+1.24CDL	1	23時48分	+0.79	6~29分
新潟東港	23時45分	+0.19	13	7時18分	+0.79CDL	5	2時 2分	+0.31	14~44分
新潟西港	23時42分	+0.63	21	4時59分	+0.70CDL	7	1時 9分	+0.31	5~36分
両津港	23時28分	+0.08	7	0時51分	+0.87CDL	7	0時51分	+0.69	3~21分
新湊港	23時39分	+0.08	16	7時17分	+0.54CDL	7	2時 0分	+0.09	4~60分
伏木富山港	23時31分	+0.04	8	6時38分	+0.57CDL	5	3時50分	+0.09	10~45分
七尾港	23時54分	+0.59	10	7時36分	+0.55CDL	4	4時58分	+0.10	13~60分
輪島港	23時52分	+0.19	2	0時12分	+1.39CDL	2	0時12分	+0.83	2~20分
金沢港	23時59分	+0.08	18	4時51分	+0.75CDL	9	2時17分	+0.31	5~41分
福井港	23時49分	+0.19	24	6時35分	+0.87CDL	9	2時12分	+0.48	6~31分
敦賀港	0時 8分	+0.18	14	4時57分	+0.78CDL	14	4時57分	+0.37	9~37分
舞鶴東	0時28分	+0.19	24	5時 6分	+0.96CDL	24	5時 6分	+0.52	3~33分
舞鶴西	0時28分	+0.10	6	2時19分	+0.86CDL	6	2時19分	+0.44	10~33分
津居山	0時 3分	+0.10	4	0時53分	+0.94CDL	4	0時53分	+0.36	3~23分
境 港	0時44分	+0.10	4	2時17分	+0.75CDL	4	2時17分	+0.32	11~41分
浜田港	0時57分	+0.33	14	4時56分	+0.86CDL	9	3時31分	+0.28	11~25分
三隅港	1時16分	+0.09	24	4時 1分	+0.64CDL	24	4時 1分	+0.50	4~12分
南風泊	2時27分	+0.07	1	2時44分	+1.30CDL	7	6時41分	+0.10	15~54分
日 明	2時50分	+0.05	1	2時53分	+1.29CDL	7	5時16分	+0.14	8~48分

表 2.3-4 第一波、最高潮位、および最低潮位の一覧 [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]。

調査場所 Place	調査日時 Date of Survey	測定対象 Object of Measurement	第一波(Initial Wave)			最高潮位(Maximum Height)			最低潮位(Minimum Height)			備考 Remarks
			発見時刻 Time	高さ Height(Above T.P.)	精度 Accuracy	発見時刻 Time	高さ Height(Above T.P.)	精度 Accuracy	発見時刻 Time	高さ Height(Above T.P.)	精度 Accuracy	
小樽港(Osaru)		防波堤記録	23:04	41	A	6:15	52	A	2:30	-1	A	北海道庁小樽港河津建設事務所検潮所
朝里漁港(Asari)	7/17 9:40	網柱の高さ	?			?	100	A	?	-21	C	
東室津(Hiyosaki)	7/17 10:32	チトラボットのベンチ				?	102	A				
石狩湾新港(Nishikan)	7/17 11:50	岸壁の指示位置	?			?	98	C				
石狩湾新港(Tabikari)	23:20	防波堤記録	23:20	35	A	1:50	51	A	4:00	-21	A	北海道庁小樽港河津建設事務所石狩湾新港検潮所
石狩川河口(Ishikari River)	7/17 16:50	河原の高さ				?	86	A				
厚田漁港(Atsuta)	7/17 14:15	岸壁	23:20	98	A	3:37	108	A	0:53	-40	A	石狩北地区防波堤建設事務所厚田支署記録
遠田漁港(Gochiro)	7/17 15:00	網柱又は岸壁の指示位置	23:20	163	B	23:20	163	B	?	-86	C	
浜田漁港(Hanamasa)	7/23 11:12	岸壁				23:30	194	B	0:18	-93	A	浜田町役場記録、最高潮位時に冠水
羅臼港(Otayu)	7/16 17:15	岸壁の指示位置				2:30	128	C				
岩手漁港(Iwao)	7/16 16:55	岸壁の指示位置	23:10	111	B	23:10	111	B				
鳩毛港(Mashike)	7/16 15:05	岸壁	23:11	69	A	2:36	113	A				防波堤記録
留根港(Rumoi)		防波堤記録	23:12	66	A	1:47	103	A	4:40	-39	A	北海道庁留根港河津建設事務所検潮所
留根港(Rumoi)	7/16	岸壁の尺	23:12	70	A	1:47	144	A	4:40	?		検潮所標の尺の値を写真から読み取った
三泊漁港(Sandomar)	7/16 13:46	網柱の高さ				?	144	A				
鬼形漁港(Oshika)	7/19 14:24	岸壁	23:20	92	A	1:38	104	A	1:14	-41	A	株式会社西村組港防波堤建設事務所記録
志賀漁港(Tsugaru)	7/19 18:28	岸壁のチャーク線	?	97	A	1:30	131	A				
羽幌漁港(Haboro)		防波堤記録	23:20	112	A	1:58	122	A				北海道庁羽幌港河津建設事務所検潮所
羽幌漁港(Haboro)	7/19 15:53	岸壁の指示位置				1:58	139	B	?	-91	C	
機内港(Machino)	7/23 10:40	岸壁の指示位置	23:15	?		4:00	125	C				
西浦漁港(Nishikura)	7/23 11:25	岸壁の指示位置	23:30	?		3:30	133	C				
天来漁港(Tsuru)	7/23 15:12	岸壁の指示位置				1:40	101	C				
府内港(Mashama)	7/23		23:45	75	C	?	150	C				漁業協同組合委員の証による
初山別荘(Syosanbetsu)	7/20 9:55	網柱の指示位置	23:35	62	B	1:50~2:00	133	B	?	-38	C	
豊野漁港(Toyonobetsu)	7/20 10:47	岸壁の尺				23:50, 2:02	117	A				防波堤記録
遠別漁港(Ezebetsu)	7/20 11:53	岸壁の指示位置	23:40	71	A	?	96	C				第一波は遠別町役場記録
天塩川河口(Teshio River)	7/20 14:37	岸壁	23:45	106	A	0:18	111	A				北留町防波堤組合防波堤天塩支署記録
樺太内海港(Wakasakama)	7/22 13:54	岸壁の高さ	23:49	174	B	23:49	174	B				岸壁わずかに冠水
枝内港(Wakama)	7/20	岸壁	23:40	49	A	0:32	99	A	0:15	-51	A	株式会社田中組管内出羽新港海工事務所記録
枝内港(Wakama)		防波堤記録	23:55	40	A	4:43	70	A	2:47	-9	A	管内地方公共団体の記録
奥島漁港(Oshima)	7/21 14:56	岸壁				0:10	202	B				冠水時の写真を基に測定
瀬田漁港(Minamibetsu)	7/21 15:17	網柱				?	181	B				冠水時の写真を基に測定
釜形漁港(Katsugata)		防波堤記録	23:20	51	A	3:38	118	A	0:46	-87	A	北海道庁湯川湾河津建設事務所検潮所
元住漁港(Motoji)	7/21 18:07	網柱の指示位置				23:30	123	C				
須古漁港(Sukogawa)	7/22 8:30	網柱の指示位置				?	107	C				
森野漁港(Moriyama)	7/22	岸壁の高さ	23:30	?		?	166	B				岸壁わずかに冠水

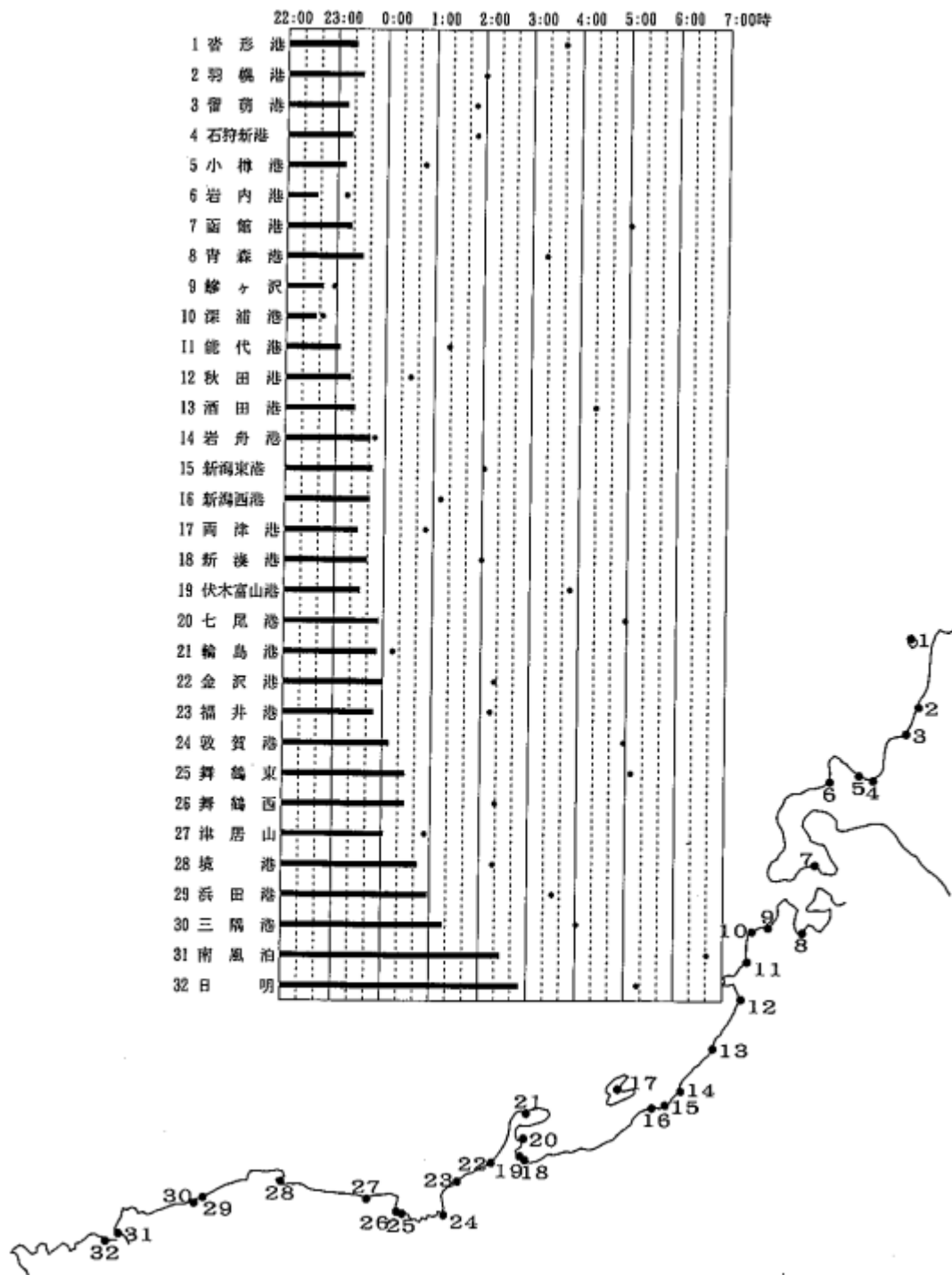


図 2.3-1 第一波の到達時刻と最高水位記録時刻 [港湾技研資料 1993 年北海道南西沖地震津波の特性と被害]。

## 2.4. 浸水範囲

本報告で使用した文献 (I ②妥当性チェックのための地震津波事例の選定: 表 I.2-1) に浸水範囲図はなかった。

3. 日本海中部地震  
 3.1. 津波伝播図

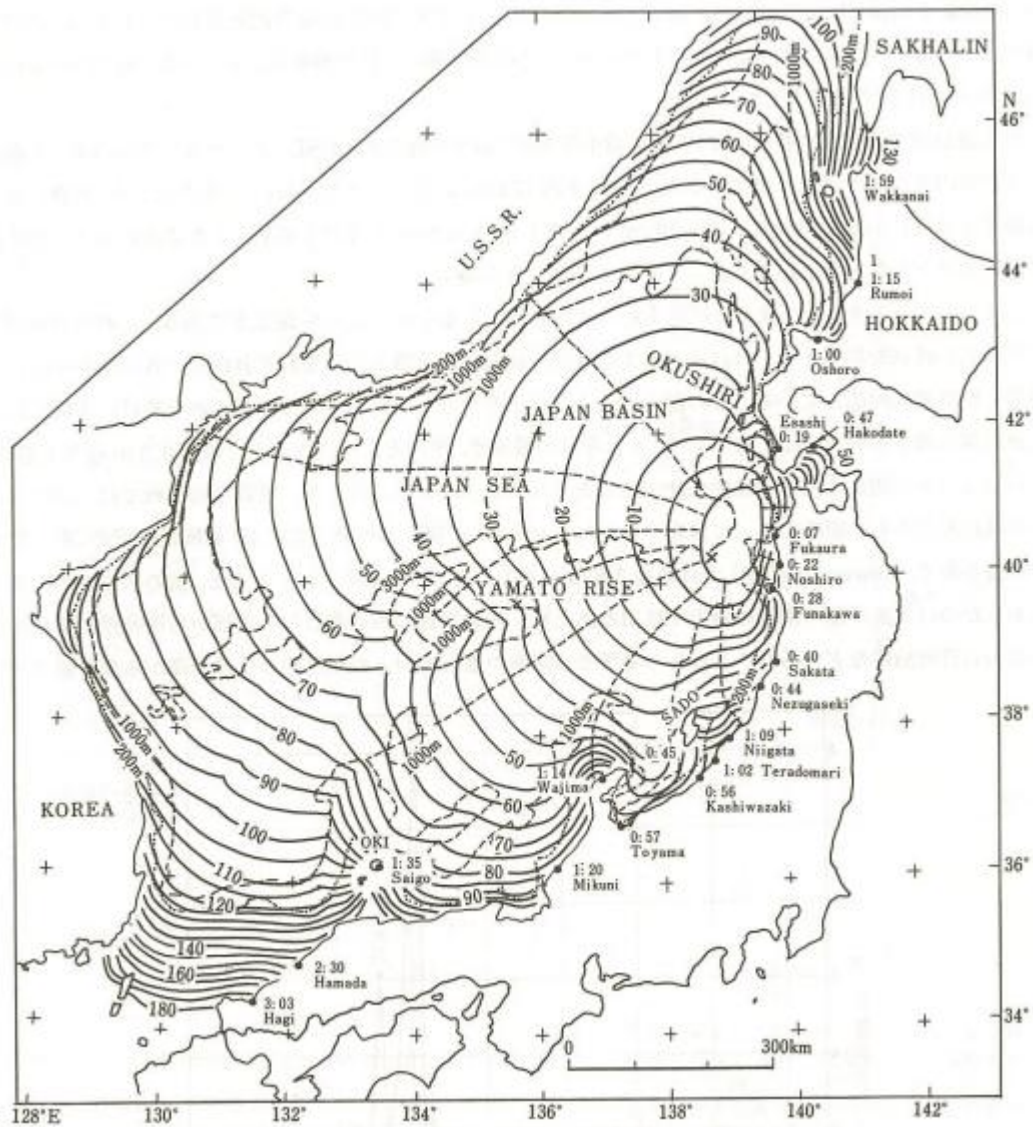


図 3.1-1 津波波源から出た津波先端の波面で、数字は経過時間（分）、沿岸の代表点での津波到達時刻は検潮記録による。波線は波源周辺から出発する波向線。[1983 年日本海中部地震震害調査報告書；1983 年日本海中部地震による災害の総合的調査研究]。

3. 2. 津波高（痕跡高/遡上高）

津波の状況

観測点	第1波(初動)		津波の高さの最大		記事
	到達時刻	押し(+)/引き(-)	発現時刻	高さ	
稚内	13時59分	(+)10cm	18時24分	17cm	他機関の検潮儀による
網走	16時59分	(-)4	20時03分	10	
留萌	13時15分	(+)13	13時32分	13	
小樽	13時00分	(+)8	27日01時55分	18	
江差	12時19分	(+)36	14時35分	78	検潮儀によらない観測
函館	12時47分	(+)36	15時40分	53	
室蘭	15時06分	(-)9	16時55分	8	
浦河	15時30分	(+)12	15時35分	12	
深浦	12時07分	(-)31	13時36分	55	
酒田			16時29分	47	
相川			13時38分	92	
新潟			13時40分	20~25	
富山	12時57分	(+)15	13時10分	15	
舞鶴	14時30分	(-)15	18時28分	26	
西郷	13時35分	(+)	17時09分	44	
浜田	14時30分	(+)15	20時04分	35	

佐渡の両津港（県土木事務所の検潮儀による）で13時15分 津波の高さ125cmを記録した。  
 ※ここで言う津波の高さとは、谷から山までの2分の1の値である。

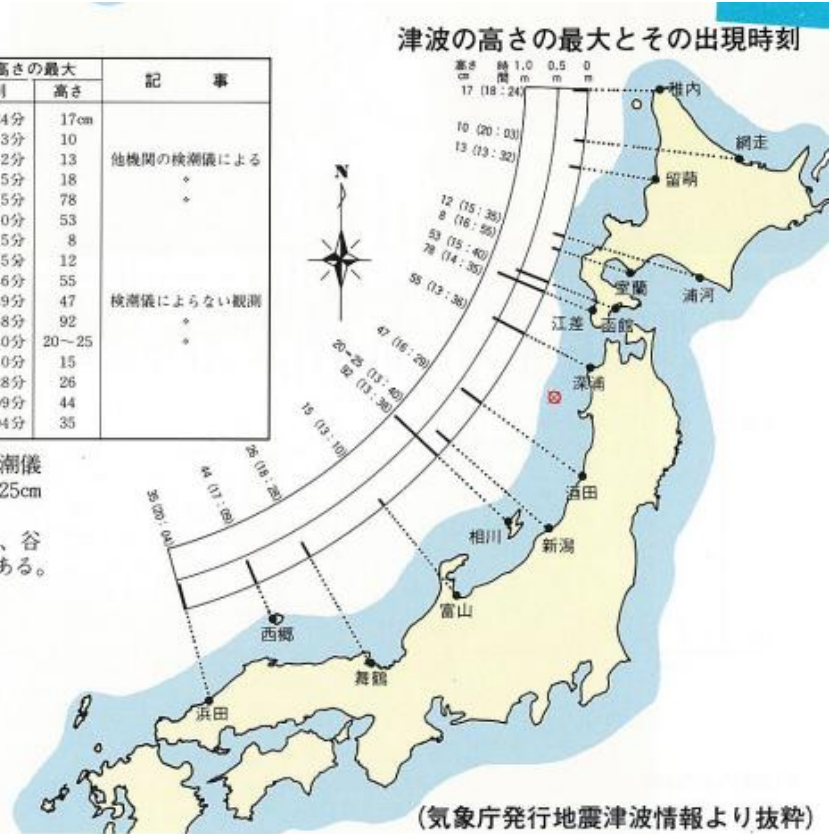


図 3.2-1 [1983・5・26 日本海中部地震の記録：公共土木施設等被災写真集]。



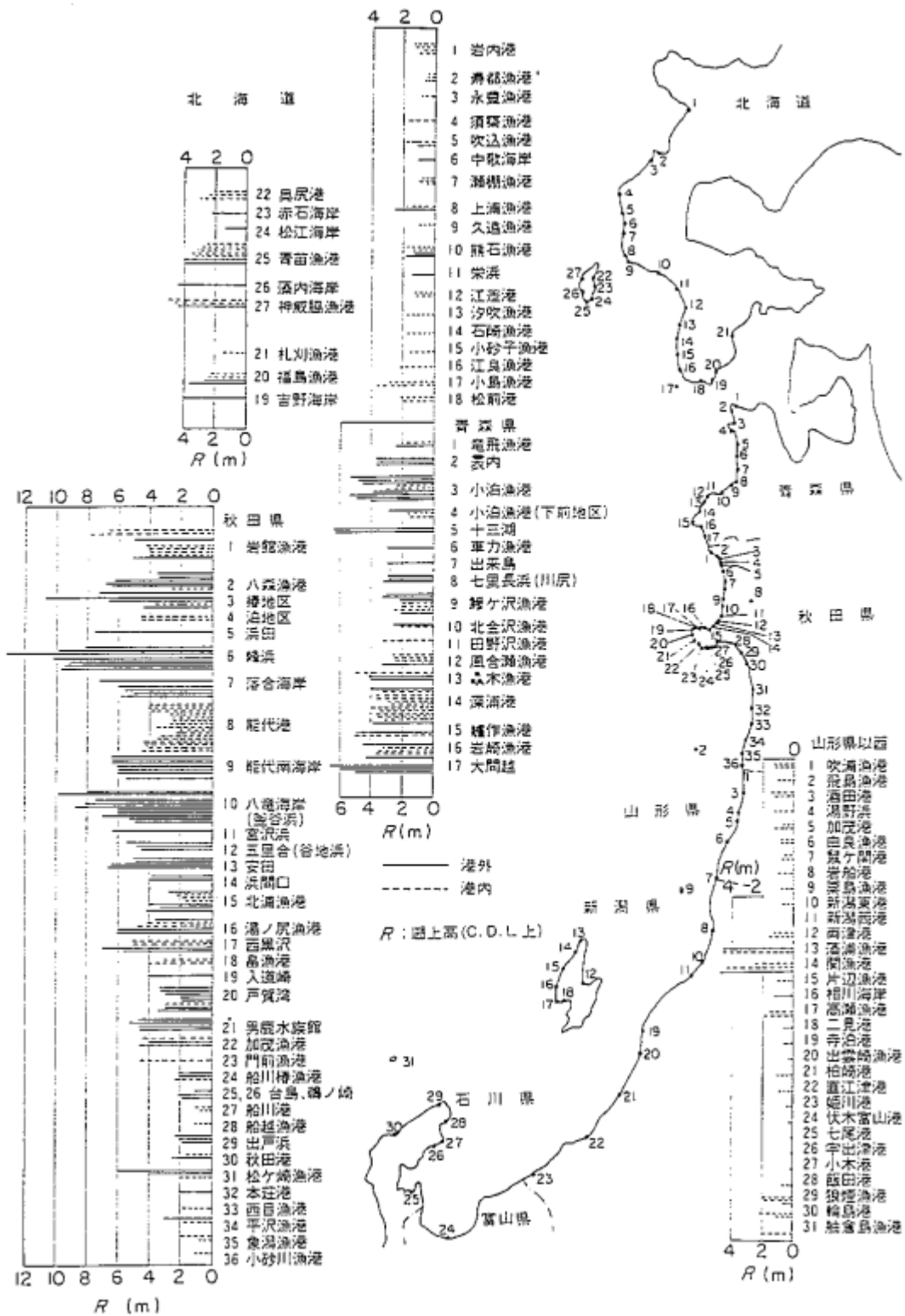


図 3.2-2 日本海中部地震津波の遡上高分布 (C.D.L.上) [港湾技研資料 1993 年北海道南西沖地震津波の特性と被害]。

## 県内津波の遡上高

遡上高 (T. P)				海岸・港名	対象番号
7.0	6.0	5.0	4.0		
			3.3	雲内海岸	1
			3.1	小泊漁港	2
			3.0	臨元海岸	3
			2.2	碓元漁港	4
			3.0	磯松海岸	5
			1.8	十三漁港	6
			3.0	出来島海岸	7
			3.6	川尻海岸	8
			2.2	鱈ヶ沢漁港	9
			3.3	大和田海岸	10
			3.3	桜沢海岸	11
			4.3	関海岸	12
			2.7	北金ヶ沢漁港	13
			3.6	北金ヶ沢海岸	14
			3.8	田野沢海岸	15
			3.7	田野沢漁港	16
			4.1	貝良木海岸	17
			2.8	風合瀬漁港	18
			4.0	風合瀬海岸	19
			4.0	森本海岸	20
			3.1	森本漁港	21
			3.8	広戸海岸	22
			4.1	深浦港	23
			3.1	横磯漁港	24
			4.5	横磯海岸	25
			2.1	船作漁港	26
			3.2	岩崎漁港	27
			3.9	岩崎海岸	28
			3.8	黒崎海岸	29
			3.8	大間越海岸	30
			5.8	木蓮寺海岸	31

※最高遡上高は、秋田県峰浜海岸でT. P.13.2mを記録。



図 3.2-3 [1983・5・26 日本海中部地震の記録：公共土木施設等被災写真集]。

その他の詳細資料。

- ・津波痕跡調査表 [表 3.6.1、昭和 58 年(1983 年)日本海中部地震の記録：被災要因と実例]
- ・各地の津波痕跡高 [図 3.2.4-3.2.46、1983 年日本海中部地震による災害の総合的調査研究]

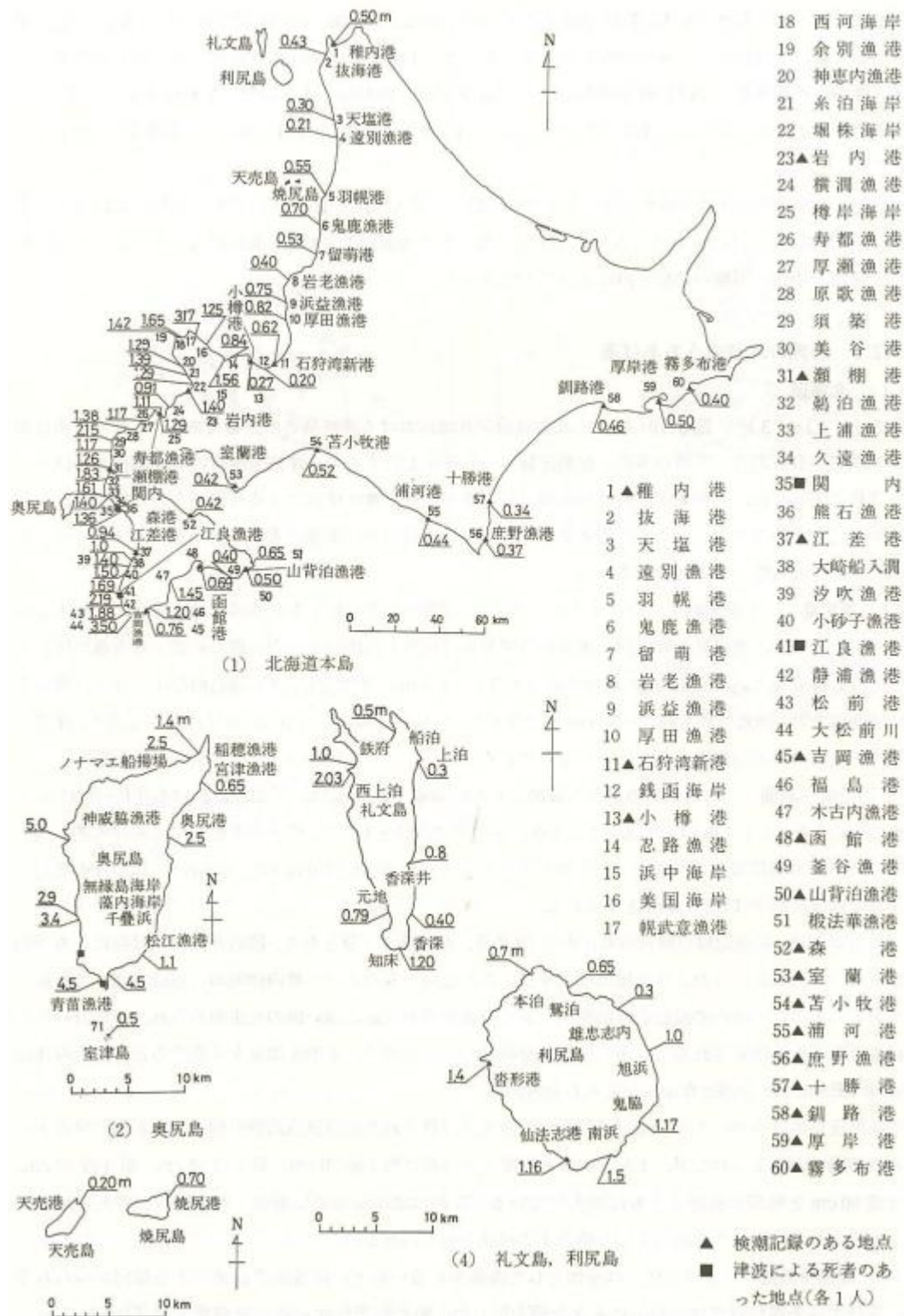


図 3.2-4 北海道における津波高さ。[1983年日本海中部地震震害調査報告書]。



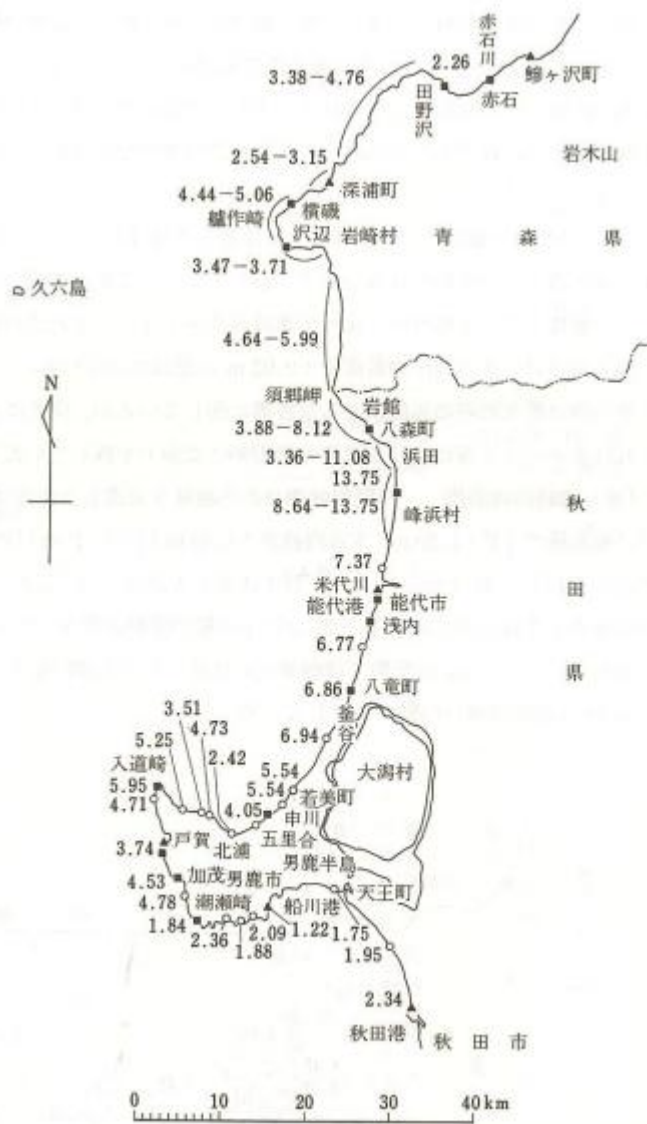


図 3.2-6 青森県南部・秋田県北部沿岸。[1983年日本海中部地震震害調査報告書]。

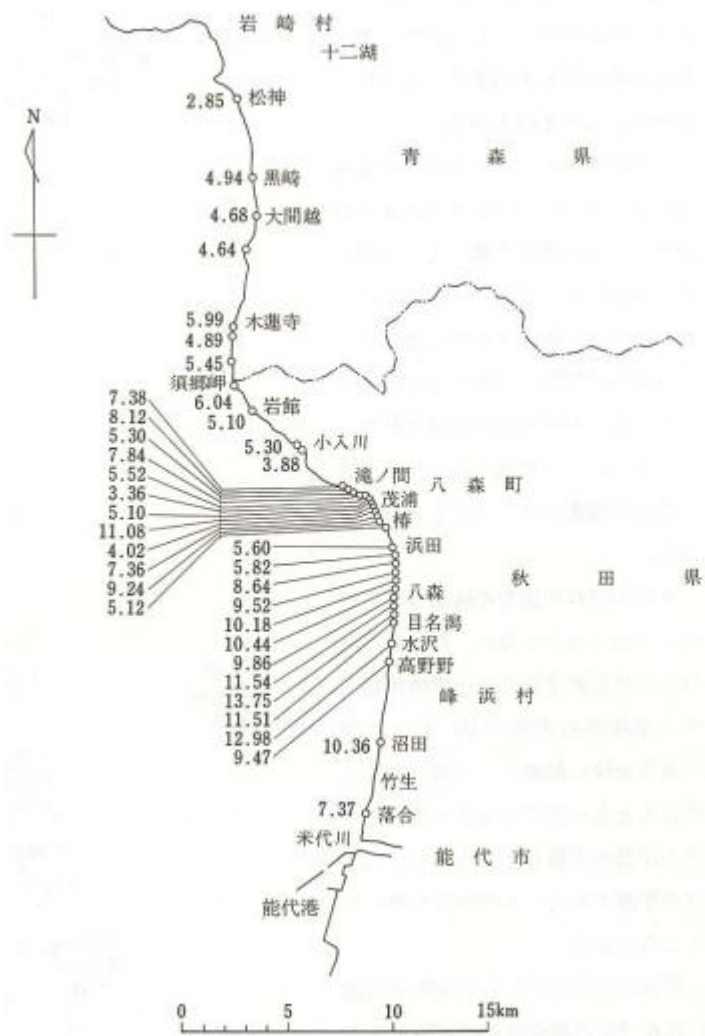


図 3.2-7 青森・秋田県境付近詳細図。[1983年日本海中部地震震害調査報告書]。

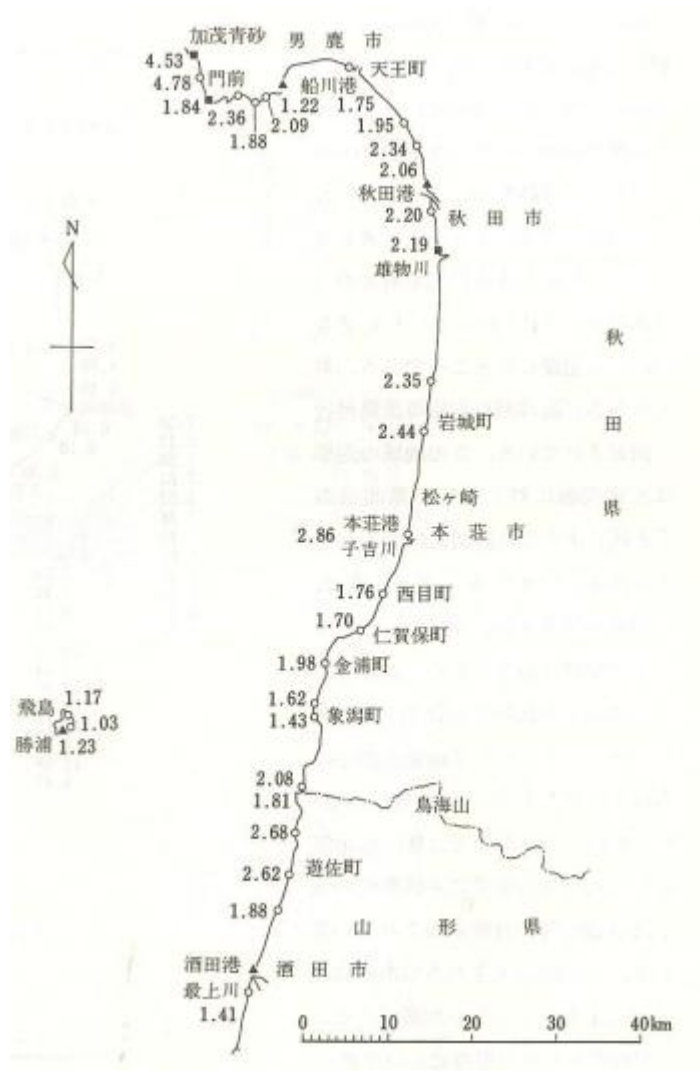


図 3.2-8 秋田県南部・山形県北部沿岸。[1983年日本海中部地震震害調査報告書]。

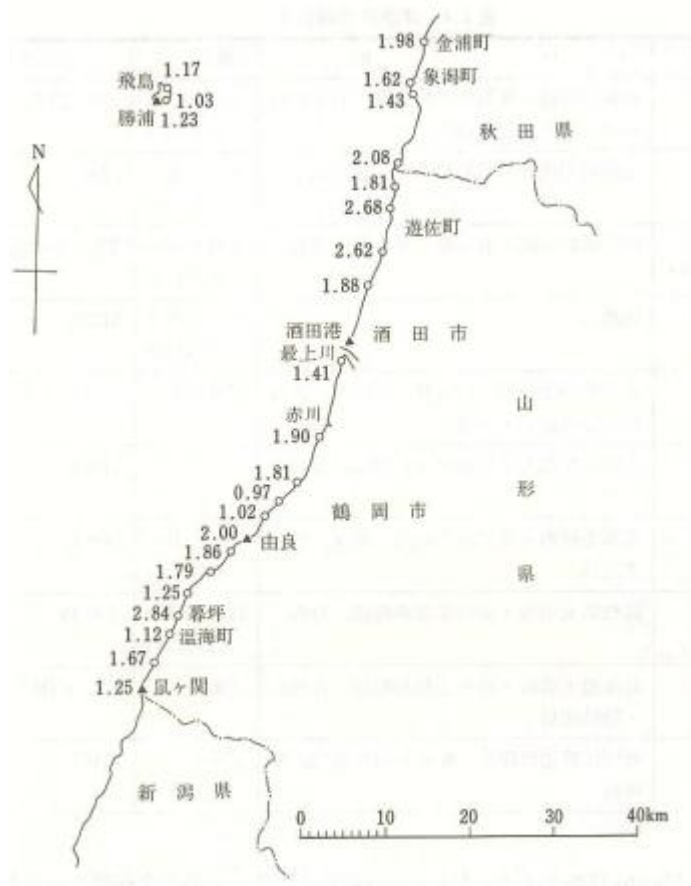


図 3.2-9 山形県沿岸。[1983年日本海中部地震震害調査報告書]。



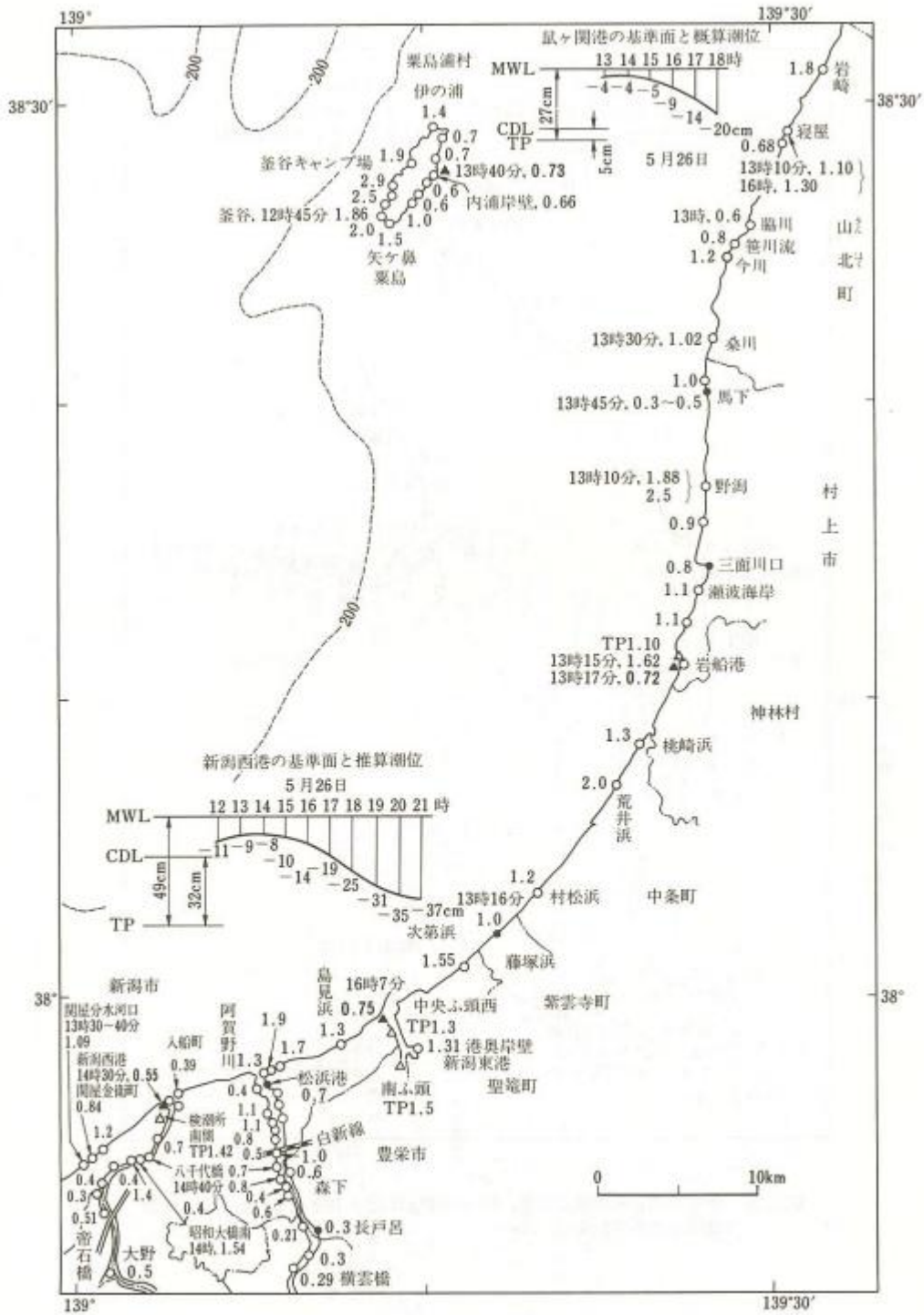


図 3.2-10 新潟県北部の正味の津波打ち上げ高  $H$  (m) の分布。[1983 年日本海中部地震震害調査報告書]。

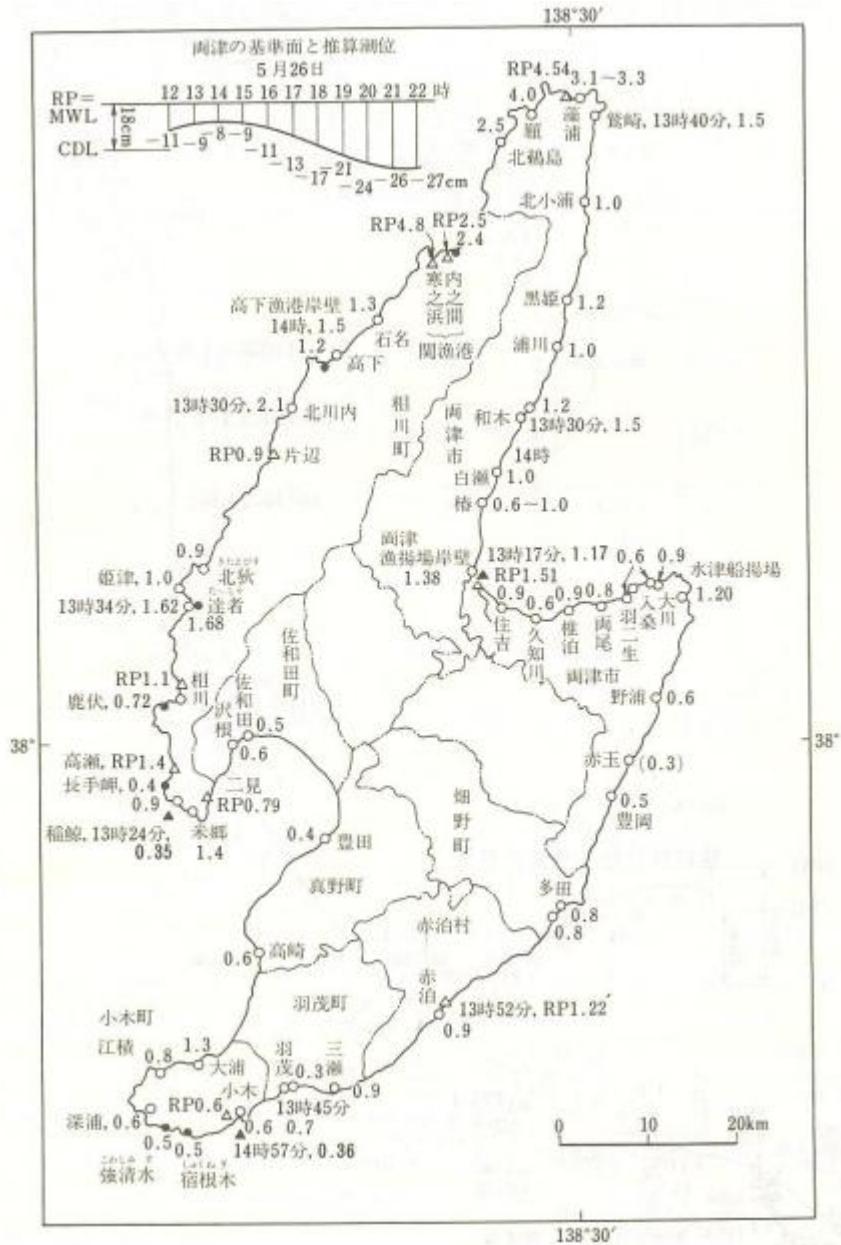


図 3.2-11 佐渡島の正味津波高分布、記号の意味は図 3.2-10 と同じ、地図の基準面は両津港の平均海面 (RP)。[1983 年日本海中部地震震害調査報告書]。

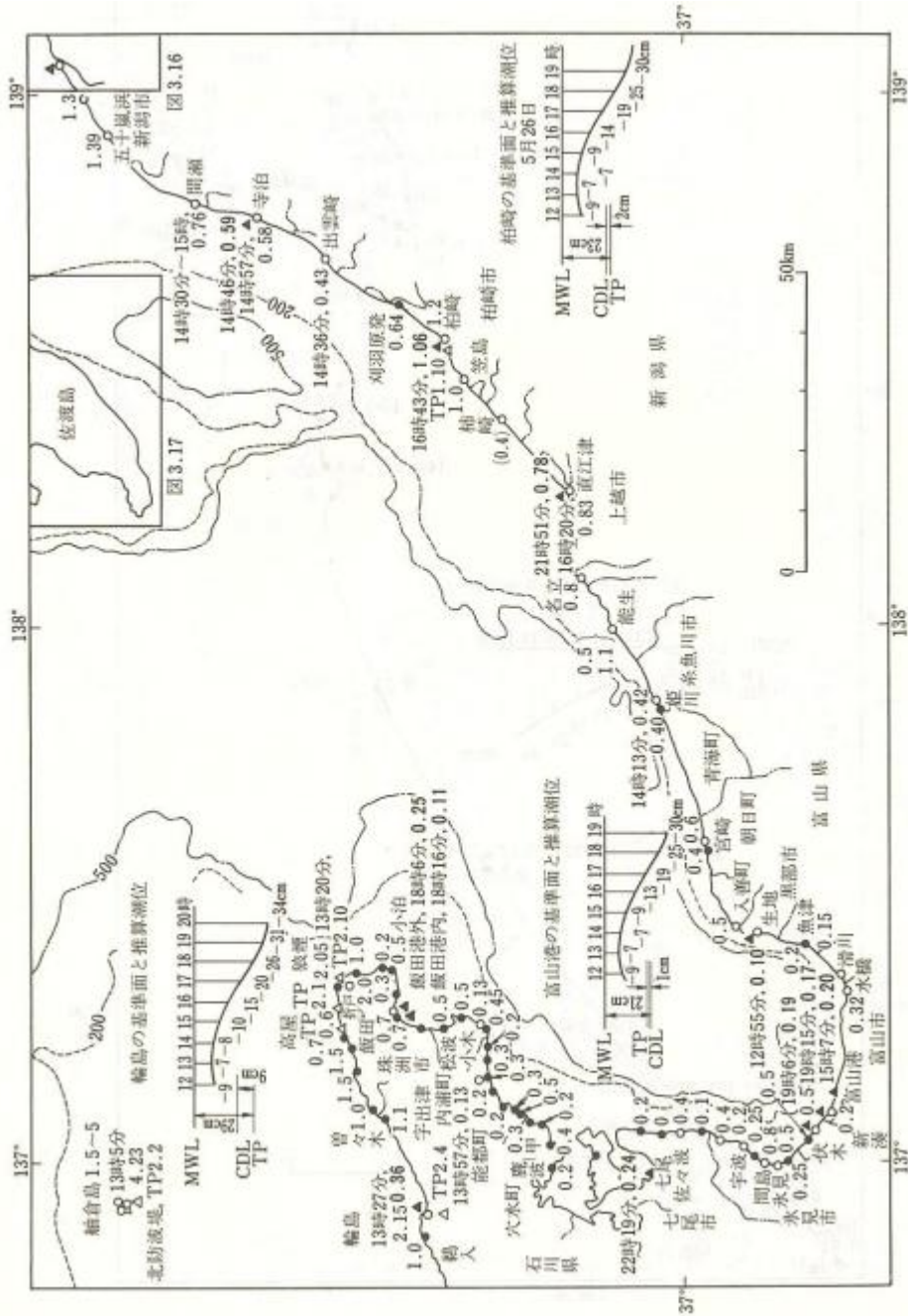


図 3.2-12 新潟市・輪島市間の正味津波高分布。[1983 年日本海中部地震震害調査報告書]。

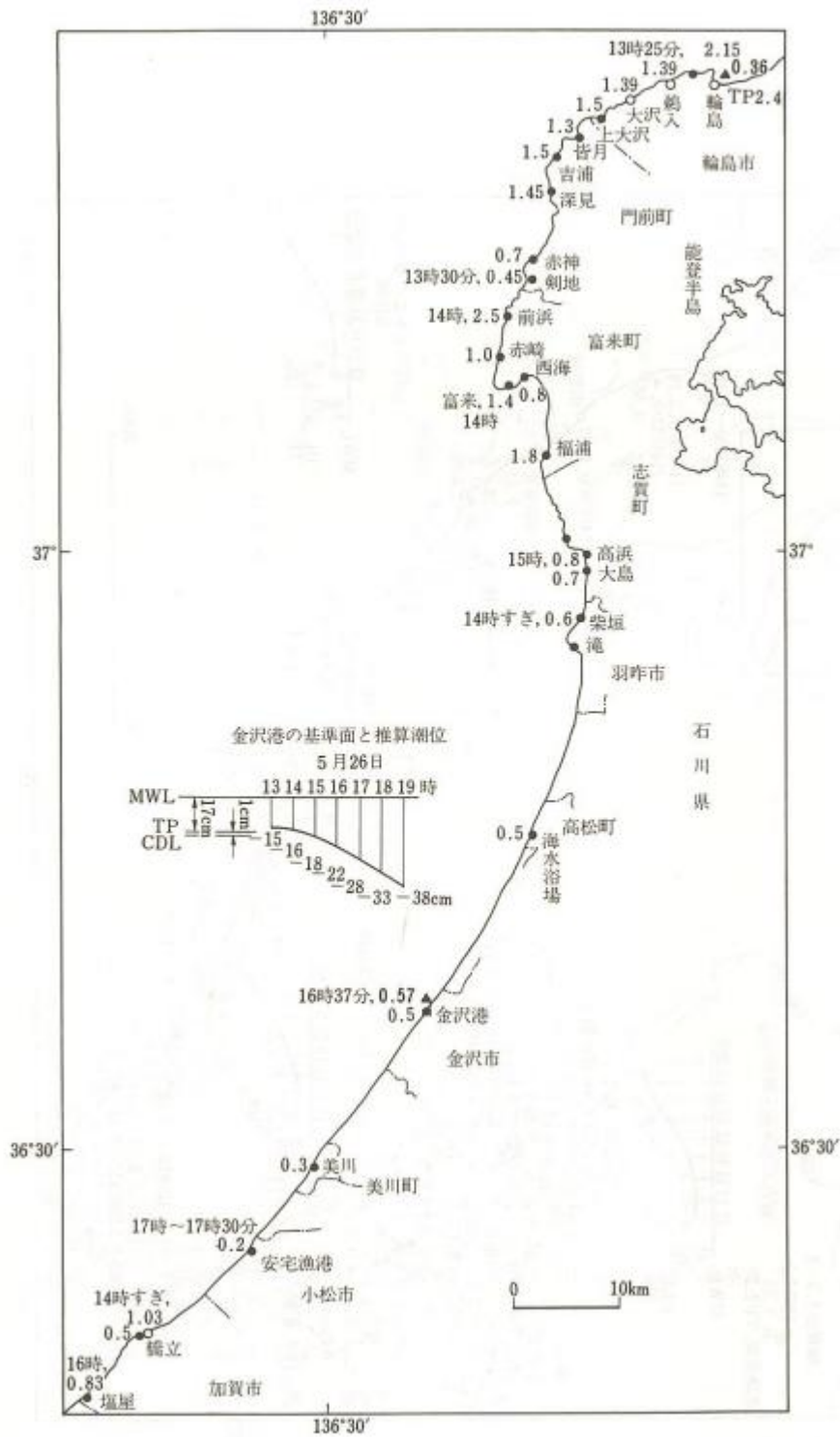


図 3.2-13 石川県西部の正味津波高分布。[1983年日本海中部地震震害調査報告書]。

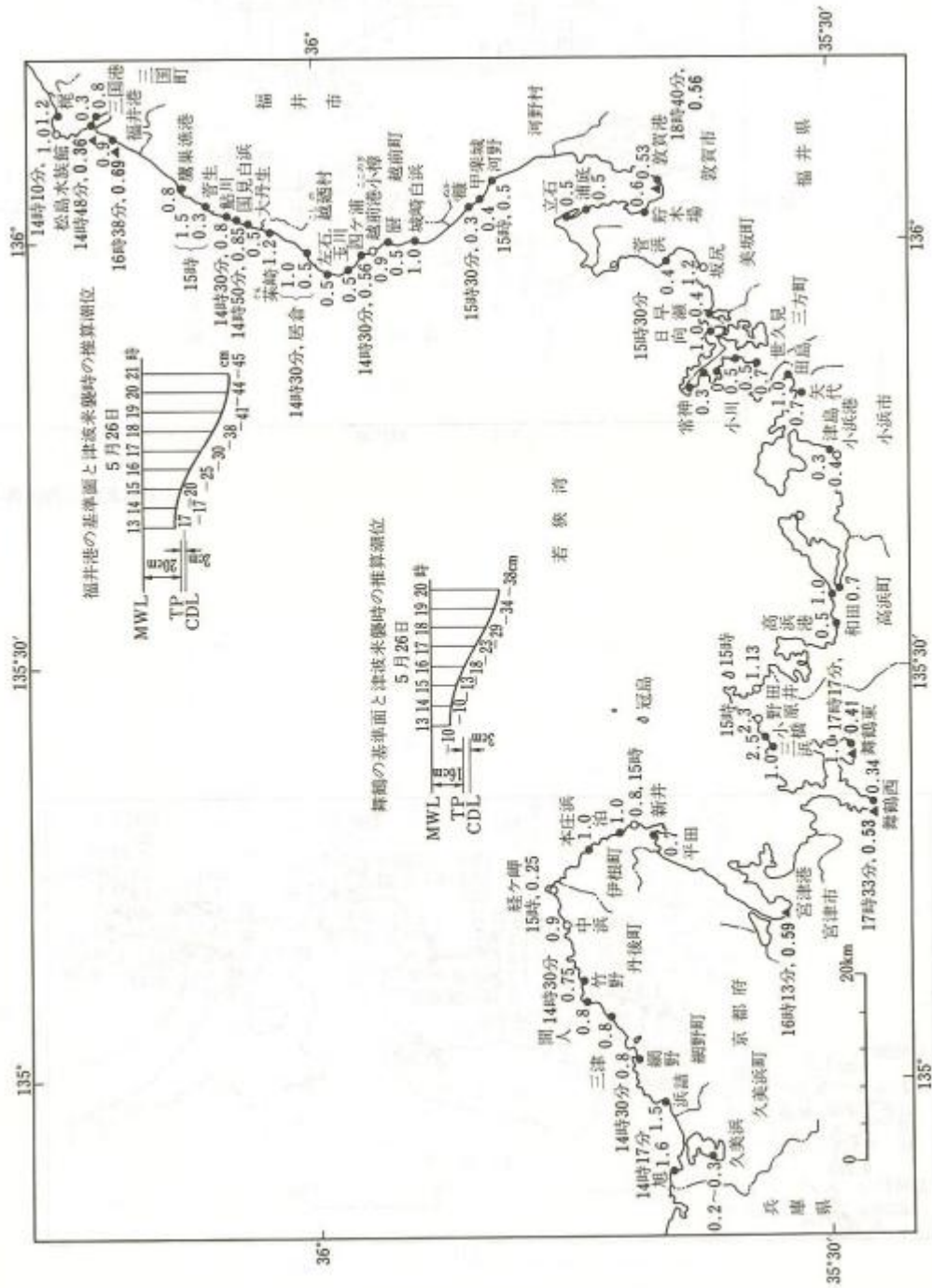


図 3.2-14 福井市・京都府の正味津波高分布。[1983年日本海中部地震震害調査報告書]。

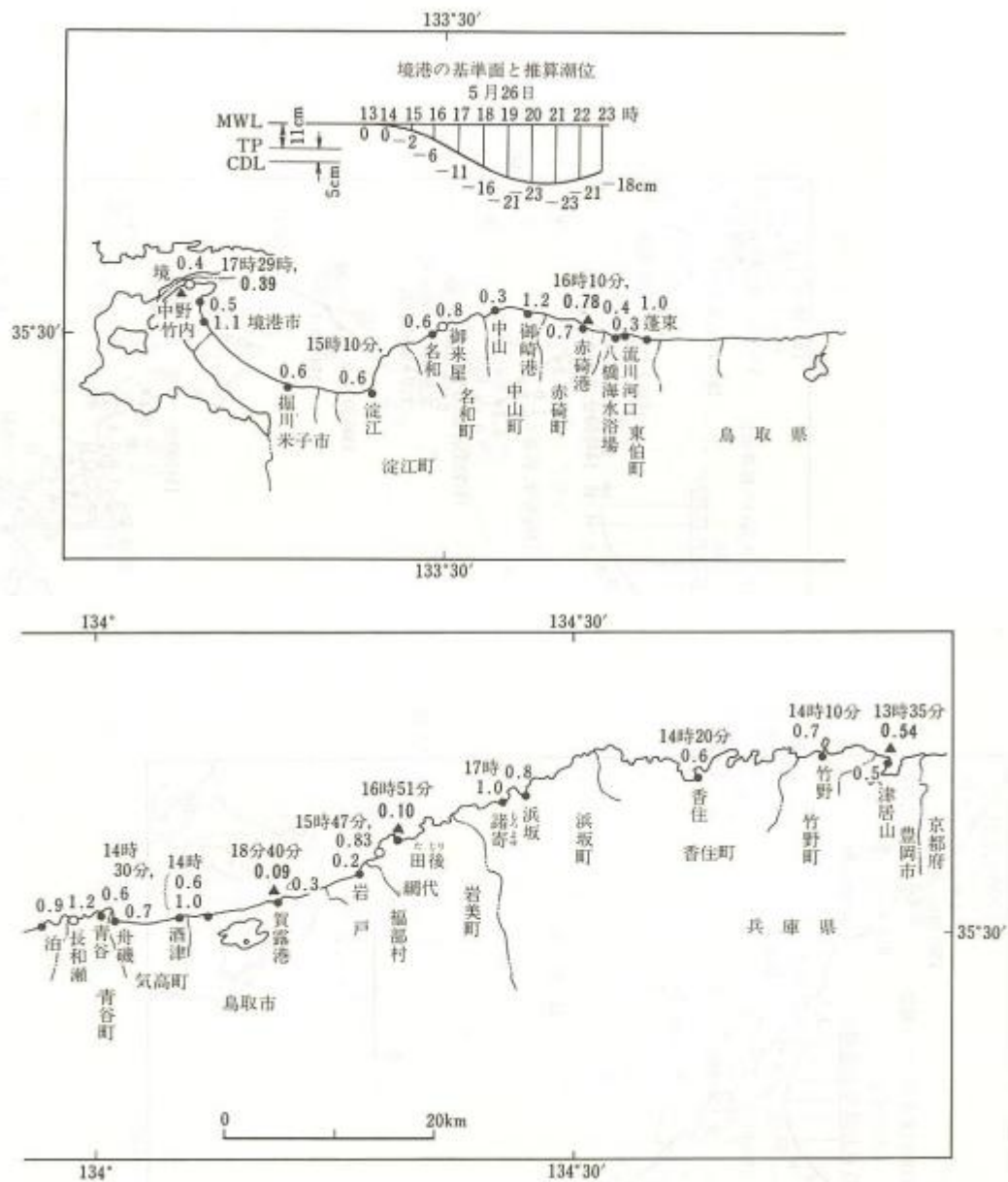


図 3.2-15 兵庫県・鳥取県の正味津波高分布。[1983年日本海中部地震震害調査報告書]。

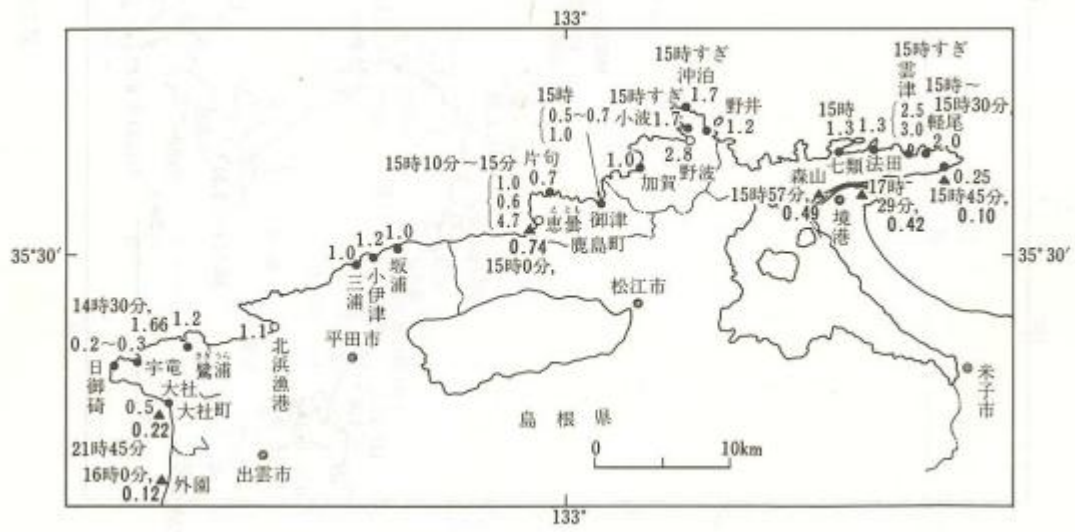


図 3.2-16 島根半島の正味津波高分布。[1983年日本海中部地震震害調査報告書]。







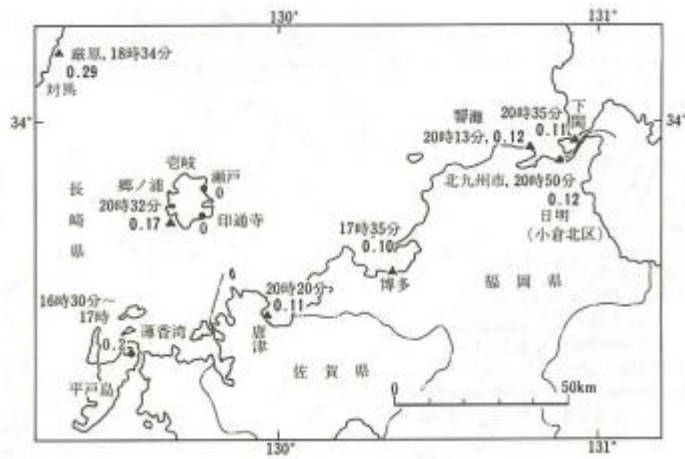


図 3.2-19 九州北岸の正味津波高分布。[1983 年日本海中部地震震害調査報告書]。

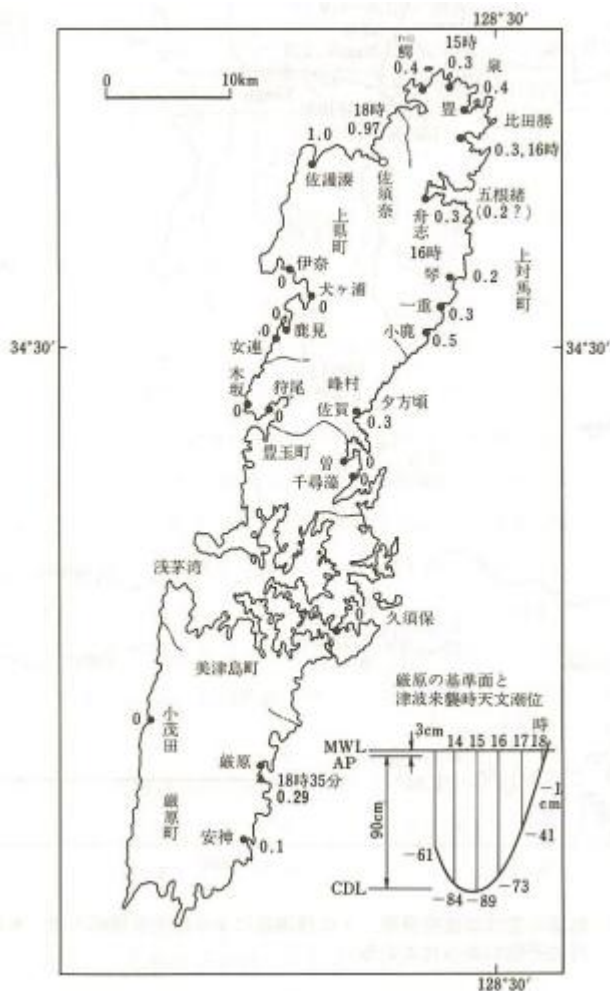


図 3.2-20 対馬の正味津波高分布、地図の基準面は浅茅湾の平均海面 (AP)。[1983 年日本海中部地震震害調査報告書]。

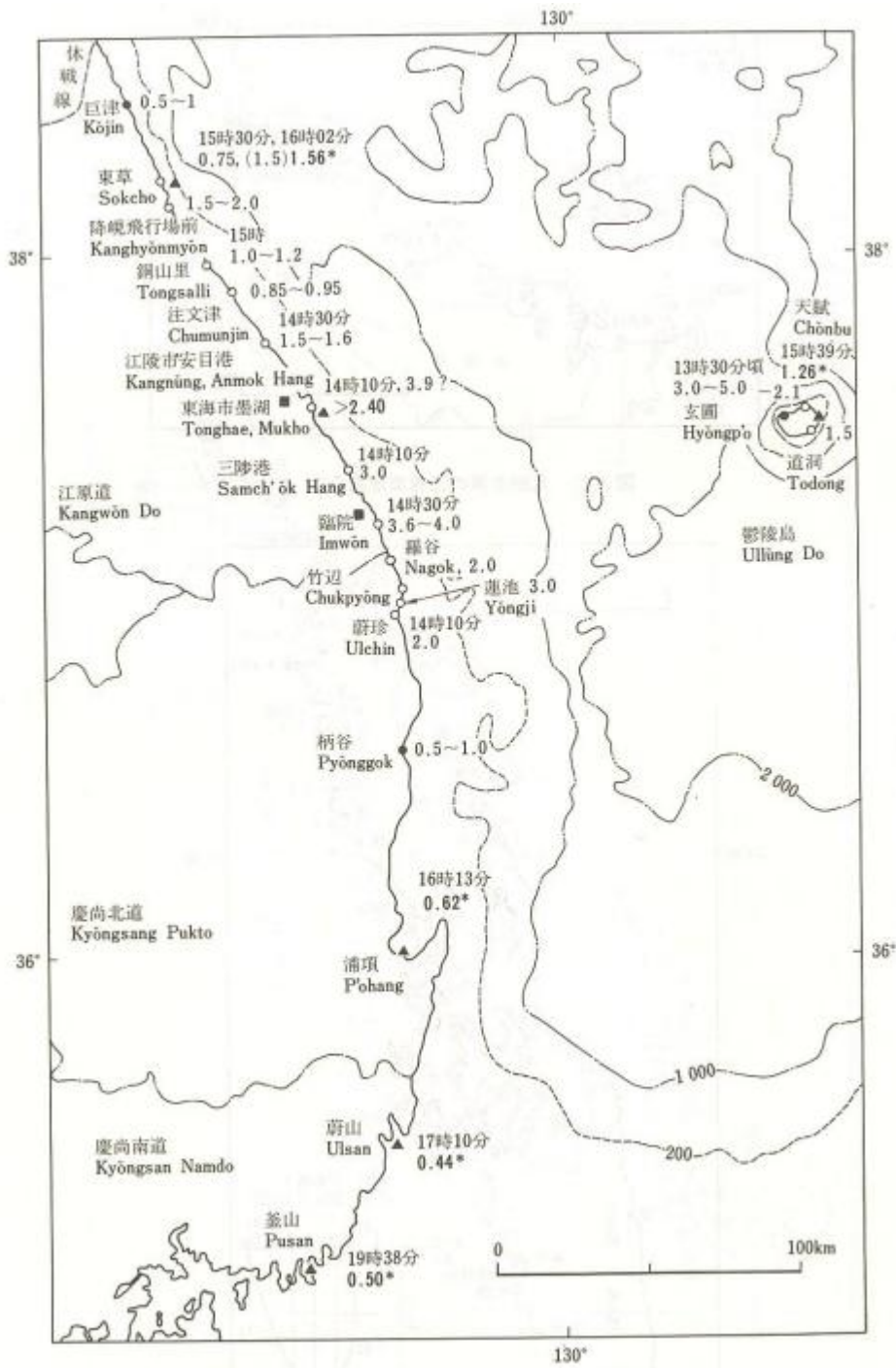


図 3.2-21 韓国の正味津波高分布、\*は検潮器による最大全振幅の値。■は死者・行方不明のあったところ。[1983年日本海中部地震震害調査報告書]。

### 3.3. 津波到達時間

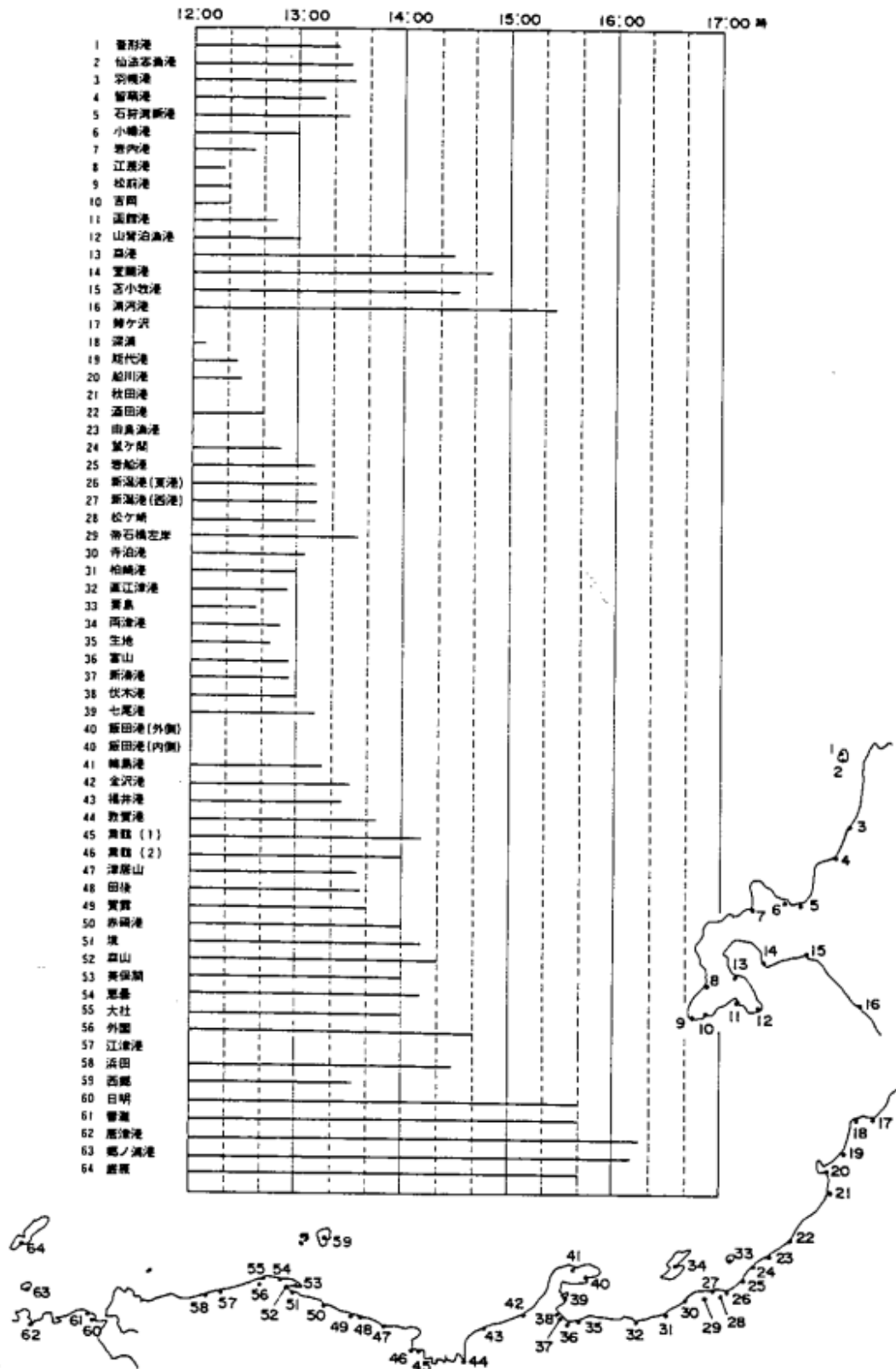


図 3.3-1 検潮記録から求めた第一波到達時間。[昭和 58 年(1983 年)日本海中部地震の記録：被災要因と実例]。

### 3.4. 浸水範囲

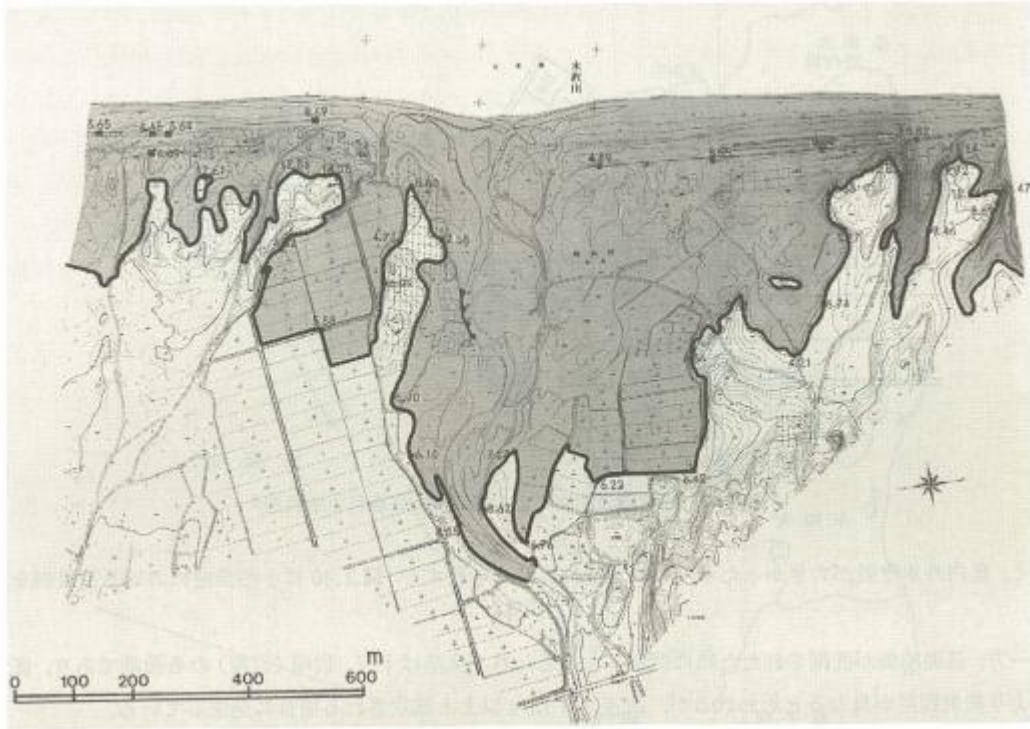


図 3.4-1 水沢川河口の浸水域。[1983年日本海中部地震震害調査報告書]。

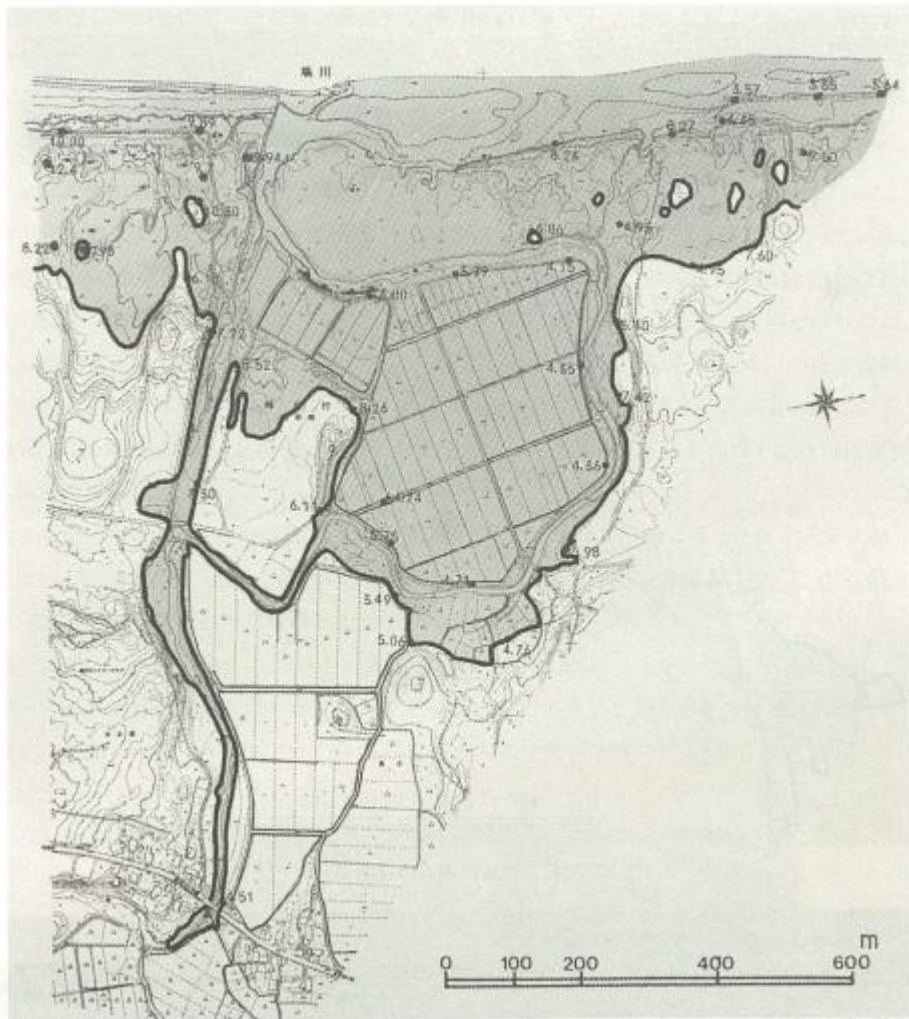


図 3.4-2 堀川河口の浸水域。[1983年日本海中部地震震害調査報告書]。

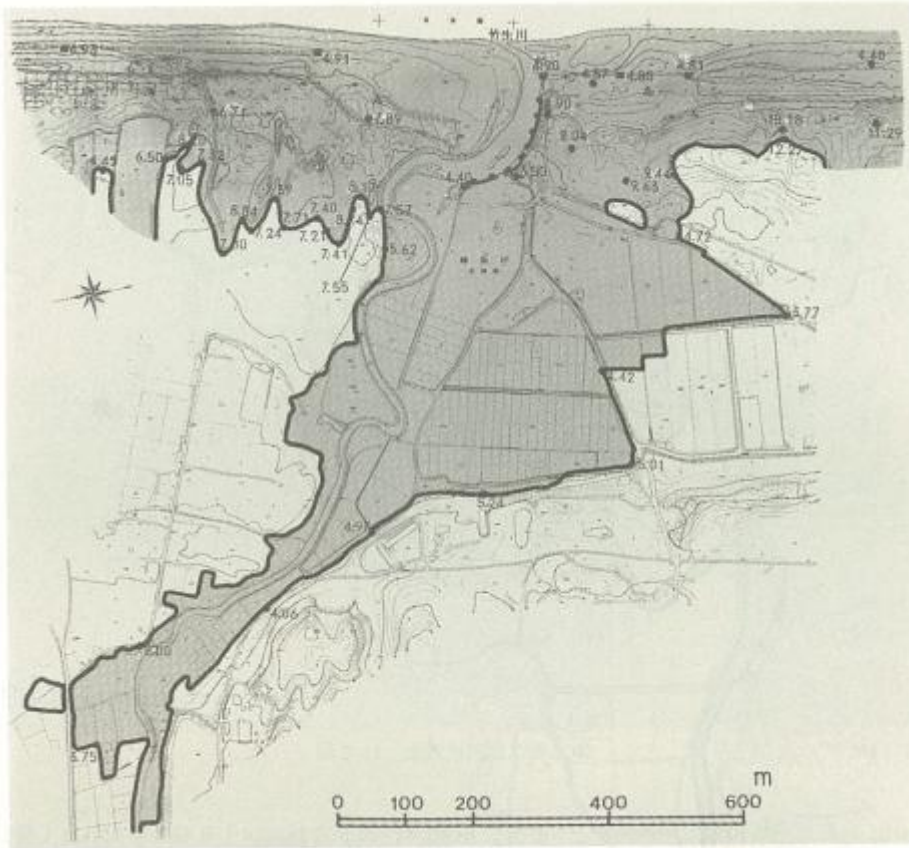


図 3.4-3 竹生川河口の浸水域。[1983年日本海中部地震震害調査報告書]。

4. 新潟地震  
4.1. 津波伝播図

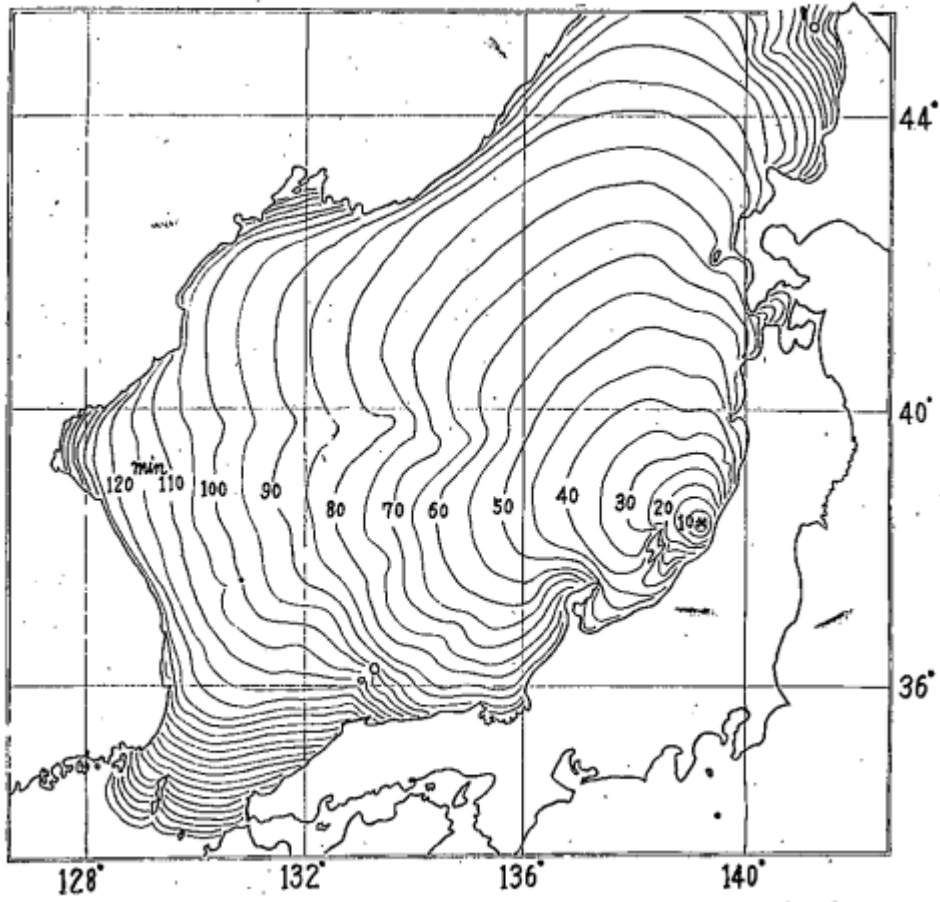


Fig. 2.3.1 Refraction diagram of tsunami caused by the Niigata earthquake.  
Figures indicate travel time in minutes.

図 4.1-1 地震の震央を中心（点浪減）として求めた伝播図である。これには津波を長波と仮定し、その速度を $\sqrt{gh}$ （ $g$ :重力の加速度、 $h$ :海深）として、海上保安庁水路部の海図を用いた。[昭和 39 年 6 月 16 日新潟地震調査報告：気象庁技術報告第 43 号]。





4.3. 津波到達時間

表 4.3-1 地震津波の発生後、気象台や測候所で実施した実地踏査の結果と、各機関より提供を受けた検潮記録の結果。[昭和 39 年 6 月 16 日新潟地震調査報告：気象庁技術報告第 43 号]。

Table 2.2.1 (a) Summarized results

番号	検潮所	第 1 波 (初動)				最大波高 (最大全振幅)				
		到着時刻 (a)	走時 (伝播時間)	山(谷)の出現時刻	向き 大きさ	発現時刻 (b)	経過時間 (a)-(b)	波高	周期	
		h m	h m	h m	cm	d h m	h m	cm	mm	
1	雅函青鹿岩	16 15	3 14	16 20	+ 2	17 01 10	8 55	29	25	
2		15 40	2 39	15 45	+ 4	16 19 32	3 52	80	61	
3		14 55	1 54	15 12	+ 4	16 21 05	6 10	32	26	
4		14 15	1 14	14 40	+ 3	17 10 00	19 45	32	31	
5		13 43	42	13 50	+ 4	16 18 10	4 33	78	22	
6	船越新酒松	13 45	44	13 56	+20					
7		13 50	49	14 12	+35					
8		13 53	52	14 00	+16					
9		13 29	28	13 39	+42					
10	ケ	13 17	16	13 30	+34					
11	直魚富伏宇	13 58	57	14 02	+28	15 54	1 56	280	28	
12		13 40	39	14 10	+12	15 40	2 00	97	60	
13		13 58	57	14 10	+20	15 14	1 29	70	56	
14		13 59	58	14 11	+20	15 22	1 43	68	68	
15		出	13 50	49	14 02	+ 8	15 40	1 50	98	22
16	七輪三金	14 19	1 18	14 30	+12	17 20	3 01	97	25	
17		14 05	1 04	14 15	+31	14 35	30	63	24	
18		14 03	1 02	14 13	+11	15 55	1 52	49	24	
19		14 42	1 41	14 50	+ 5					
20		滝	15 00	1 59	15 04	+15				
21	敦四宮	15 00	1 59	15 10	+32	20 52	5 52	107	25	
22		ケ	14 42	1 41	14 45	+ 3	18 15	3 33	34	21
23		15 30	2 29	15 35	+19	21 20	5 50	115	20	
24		15 40	2 39	15 49	+12	23 25	7 45	71	28	
25		境	16 20	3 19	16 30	+ 2				
26	舞八西外	16 50	3 49	17 20	+27	18 35	1 45	57	100	
27		15 40	3 39	15 44	+ 2					
28		15 25	3 24	15 35	+ 5	18 32	3 07	58	25	
29		ノ	15 45	3 44	17 48	+ 4				
30	輪 島 港 外	14 15	1 14	14 20	+40	14 55		215	24	
31	釜山 (Pusan)					17 00 42	11 41	32	41	
32		蔚山 (Ulsan)	16 03	3 02	16 12	+ 4	17 00 18	11 17	39	28

\* 気象庁地震課 渡辺偉夫・海洋課 黒沼新一

4. 4. 浸水範囲

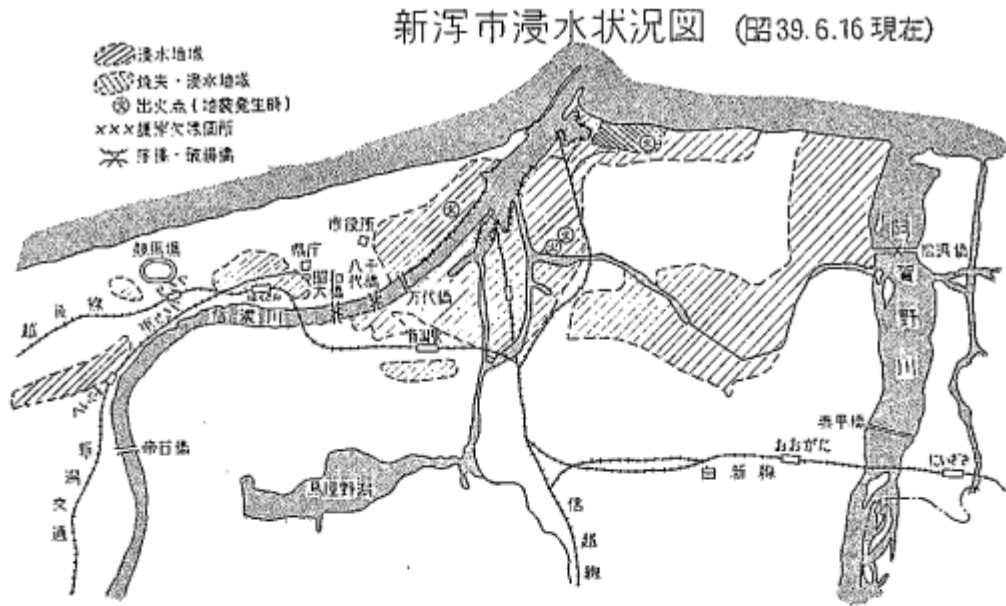


図5.1 新潟市浸水状況図(昭39.6.16)

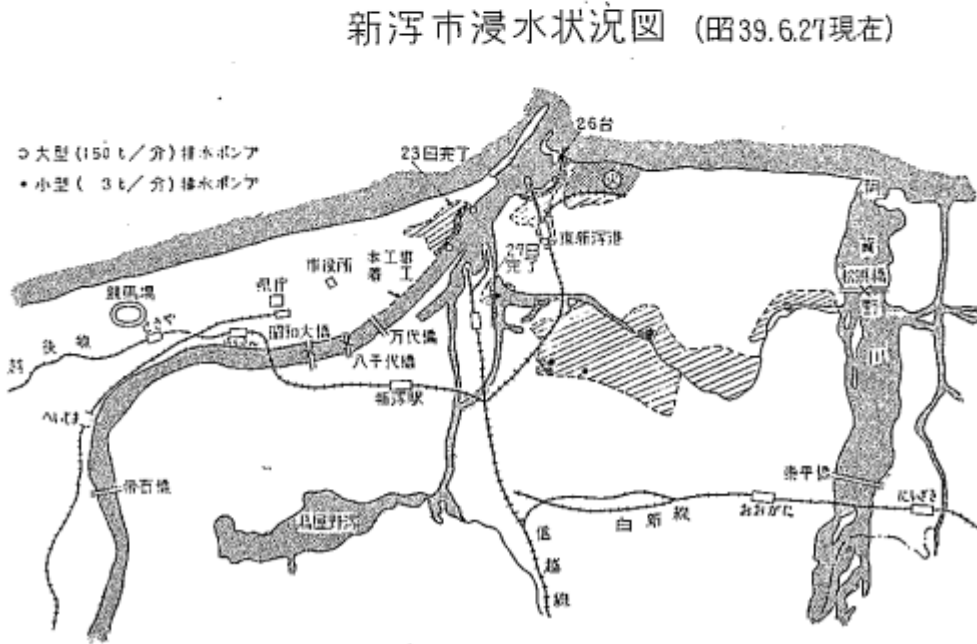


図5.2 新潟市浸水状況図(昭39.6.27)

図 4. 4-1 新潟市浸水状況図。[新潟地震津波調査報告]。

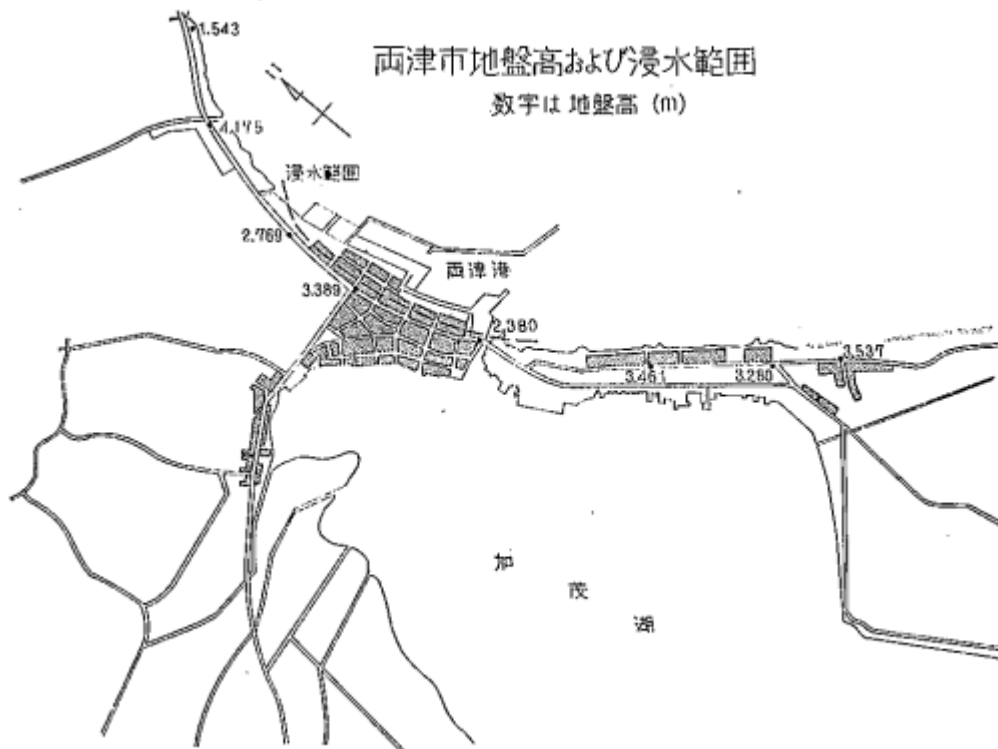


図5.4 両津市地盤高および浸水範囲

図 4.4-2 両津市地盤高および浸水範囲。[新潟地震津波調査報告]。

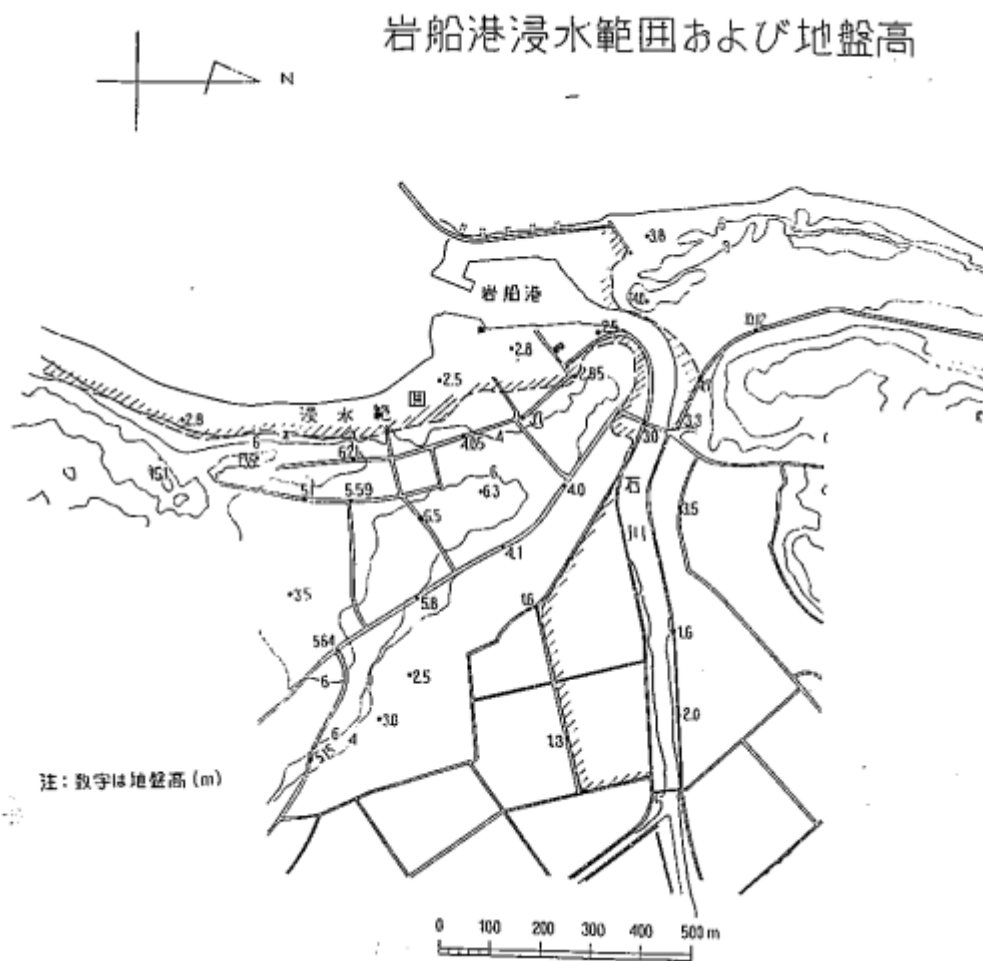


図 4.4-3 岩船市地盤高および浸水範囲。[新潟地震津波調査報告]。

#### 4. 全体成果概要

今年度は、データベース（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。データ集では、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へ登録を行った。収集したデータ（日本海）の再解析を開始し、合わせて日本周辺の数値情報の収集を開始した。

また、断層モデルの構築では、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）の検討から得られた主断層の断層パラメータの確か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、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る断層モデルの妥当性検証手法を検討した。

#### 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

なし

###### （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

なし

###### （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

なし

###### （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

本年度より7年間の計画で開始された本プロジェクトに関しては、各サブテーマに基づ

いて開始され、既往調査結果のデータ収集も順調に行われ再解析も実施され順調な滑り出しとなった。

## 7. 委員会・会議

### (1) 運営委員会

#### (a) 設置趣旨及び役割

独立行政法人海洋研究開発機構（以下：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とりまとめ
- ・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

- ・会議録

平成 25 年度

「海域における断層情報総合評価プロジェクト」第 1 回運営委員会

1. 日時：平成 25 年 10 月 23 日（水） 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 プロジェクトの概要説明

議題 2 海域における断層モデルの構築補足説明

「海域における断層情報総合評価プロジェクト」第 2 回運営委員会

1. 日時：平成 26 年 3 月 7 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・成果及び H26 年度実施予定説明

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・成果及び H26 年度実施予定説明

議題 3 海域における断層モデルの構築進捗状況・成果及び H26 年度実施予定説明

#### (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 海洋情報課 海洋情報課長  
諏訪 義雄 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  
河川研究部 海岸研究室長

佃 栄吉 独立行政法人産業技術総合研究所 理事  
辻 喜弘 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 内閣府政策統括官（防災担当）付 参事官

## （２） 評価助言委員会

### （a） 設置趣旨及び役割

独立行政法人海洋研究開発機構（以下：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1回評価助言委員会・アドバイザー会議合同開催

1. 日時：平成25年11月18日（月） 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 プロジェクトの概要説明  
議題2 海域における断層モデルの構築補足説明

「海域における断層情報総合評価プロジェクト」第2回評価助言委員会

1. 日時：平成26年3月6日（木） 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・成果及びH26年度実施予定説明  
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・成果及びH26年度実施予定説明  
議題3 海域における断層モデルの構築進捗状況・成果及びH26年度実施予定説明

### （c） 構成員

委員長

今村 文彦 東北大学大学院 災害科学国際研究所 副所長



## 委員

- 大堀 道広 福井大学附属国際原子力工学研究所 原子力防災・危機管理部門  
准教授
- 篠原 雅尚 東京大学地震研究所 教授
- 日野 亮太 東北大学 災害科学国際研究所 教授
- 古村 孝志 東京大学大学院 情報学環総合防災情報研究センター 教授
- 横井 研一 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

独立行政法人海洋研究開発機構（以下：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
- ・解析されたデータ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1回評価助言委員会・アドバイザー会議合同開催

1. 日時：平成25年11月18日（月） 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 プロジェクトの概要説明

議題2 海域における断層モデルの構築補足説明

「海域における断層情報総合評価プロジェクト」第2回アドバイザー会議

1. 日時：平成26年1月7日（火） 14:00～16:00
2. 開催場所：海洋研究開発機構 横浜研究所 IT5階会議室
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説明

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説明

議題3 海域における断層モデルの構築進捗状況説明

議題4 導入システムによる進捗状況説明

「海域における断層情報総合評価プロジェクト」第3回アドバイザー会議

1. 日時：平成26年2月10日（月） 14:00～16:00
2. 開催場所：海洋研究開発機構 横浜研究所 IT5階会議室

### 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説明
- 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説明
- 議題 3 海域における断層モデルの構築進捗状況説明
- 議題 4 導入システムによる進捗状況説明

#### (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 理学研究会科 教授  
岡村 行信 独立行政法人産業技術総合研究所 研究センター長  
加藤 幸弘 海上保安庁 海洋情報部 海洋情報課 海洋情報課長  
鳥海 光弘 独立行政法人海洋研究開発機構 領域長