

2. 2. 5 津波波源モデル・震源断層モデルの構築

2. 2. 5. 1 断層モデルの構築

目 次

(1) 業務の内容

- (a) 業務題目
- (b) 担当者
- (c) 業務の目的
- (d) 8 ヶ年の年次実施計画（過去年度は、実施業務の要約）
 - 1) 平成 25 年度
 - 2) 平成 26 年度
 - 3) 平成 27 年度
 - 4) 平成 28 年度
 - 5) 平成 29 年度
 - 6) 平成 30 年度
 - 7) 平成 31 年度
 - 8) 令和 2 年度（令和元年度）
- (e) 令和 2 年度業務目的

(2) 令和 2 年度の成果

- (a) 業務の要約
- (b) 業務の成果
 - 1) 津軽半島周辺の震源断層モデルの構築
 - 2) 若狭湾地域の震源断層モデル
 - 3) 日本海と沿岸地域における震源断層の特徴と評価基準
 - 4) 北日本と日本海東縁の震源断層
 - 5) 東北日本と北陸沖の震源断層
 - 6) 北陸沖～西南日本沖の震源断層
- (c) 結論ならびに今後の課題
- (d) 引用文献
- (e) 成果の論文発表・口頭発表等
- (f) 特許出願、ソフトウェア開発、仕様・標準等の策定

(3) 8 ヶ年の成果

- (a) 業務の成果
- (b) 結論ならびに今後の課題
- (c) 引用文献

(1) 業務の内容

(a) 業務題目:

2.5.1 断層モデルの構築

(b) 担当者

所属機関	役職	氏名
東京大学地震研究所	教授	佐藤 比呂志
	准教授	石山 達也
	特任助教	橋間 昭徳
	特任研究員	加藤 直子
	技術研究員	野 徹雄
国立研究開発法人海洋研究開発機構地震津波海域観測研究開発センタープレート構造研究グループ		
	教授	石川 正弘
横浜国立大学大学院環境情報研究院	主任研究員	松原 誠
国立研究開発法人防災科学技術研究所地震津波防災研究部門		
岩手大学工学部	教授	越谷 信
新潟大学理学部	教授	豊島 剛志
	講師	小林 健太
弘前大学大学院理工学研究科	教授	小菅 正裕

(c) 業務の目的

サブテーマ2で得られる成果と日本海とその沿岸における既存の資料を総合させて、津波及び強震動の予測に必要な断層の形状モデルを構築する。初年度に初期モデルを構築し、調査の進展に従い逐次更新する。サブテーマ3の津波予測・強震動予測の結果と、サブサブテーマ2.1の歴史地震・古津波調査の結果を総合に検討し、妥当な震源断層モデルを構築する。

(d) 8カ年の年次実施計画（過去年度は、実施業務の要約）

1) 平成25年度:

「ひずみ集中帯の重点的調査観測・研究」プロジェクトで収集したデータを含め、石油公団・産総研の反射法地震探査資料・海底地形データを含めて、海域の津波波源・震源断層の主要断層線と傾斜を推定し、日本海とその沿岸域の断層の初期モデルを構築した。

2) 平成26年度:

平成25年度に実施した沿岸および海陸統合構造調査の成果を、日本海と沿岸域の断層の初期モデルに反映させた。地震活動の情報（サブサブテーマ2.5.2）、構成岩石モデル（サブサブテーマ2.5.3）の成果とともに、断層モデルを更新した。佐渡海峡～富山トラフ、能登半島西方海域において、収集した沿岸反射法地震探査結果、飛騨山脈北縁から能登半島北方海域の海陸統合構造調査に基づいて、波源断層および震源断層モデルを構築し

た。

3) 平成 27 年度:

平成 26 年度に実施した沿岸および海陸統合構造調査の成果を、日本海と沿岸域の断層の初期モデルに反映させた。地震活動の情報（サブサブテーマ 2.5.2）、構成岩石モデル（サブサブテーマ 2.5.3）の成果とともに、断層モデルを更新した。

4) 平成 28 年度:

山口県～九州北部沖から対馬に至る海域において、断層モデルを更新した。

5) 平成 29 年度:

島根県沿岸から対馬海盆南部、大和海盆において、構造調査データに基づいて断層モデルを修正した。北陸沖から西南日本全域にかけての断層モデルをとりまとめた。

6) 平成 30 年度:

北海道西部日本海海域と沿岸において、断層モデルを更新した。

7) 平成 31 年度（令和元年度）:

東北日本沖と東北日本の沿岸域の断層モデルを修正し、日本海および沿岸域の波源・震源断層モデルを作成した。

8) 令和 2 年度:

他項目の検討結果を反映させ、日本海および沿岸域の波源・震源断層モデルを完成させた。

(e) 令和 2 年度業務目的

東北日本沖と東北日本の沿岸域の構造調査データに基づいて断層モデルを修正する。

(2) 令和 2 年度の成果

(a) 業務の要約

津軽半島周辺の構造探査データ（2-3-3）を元に、震源断層モデルを構築した。これまでの震源断層モデルについて検討を行い、確からしさについて検討を行い、評価を付記してパラメータ表を作成した（震源断層全体の統一的な特徴記載とパラメータ評価については、(3) に記述する）。

(b) 業務の成果

1) 津軽半島周辺の震源断層モデルの構築

令和 2 年度に津軽半島を横断する反射法地震探査を実施した。この成果を含め既存の地学的資料を元に津軽半島周辺の震源断層モデルを構築した（図 1）。津軽半島では 1766 年に明和津軽地震が発生し大きな被害をだした¹⁾。サブテーマ（3-1）強震動予測では強

震動観測などによって、津軽平野の強震動予測のための地下構造モデルを作成しており、適切な震源モデルが提示できれば明和津軽地震と比較することができる。明和津軽地震に関連した震源断層については、サブサブテーマ（3-1）の強震動計算で用いられた。

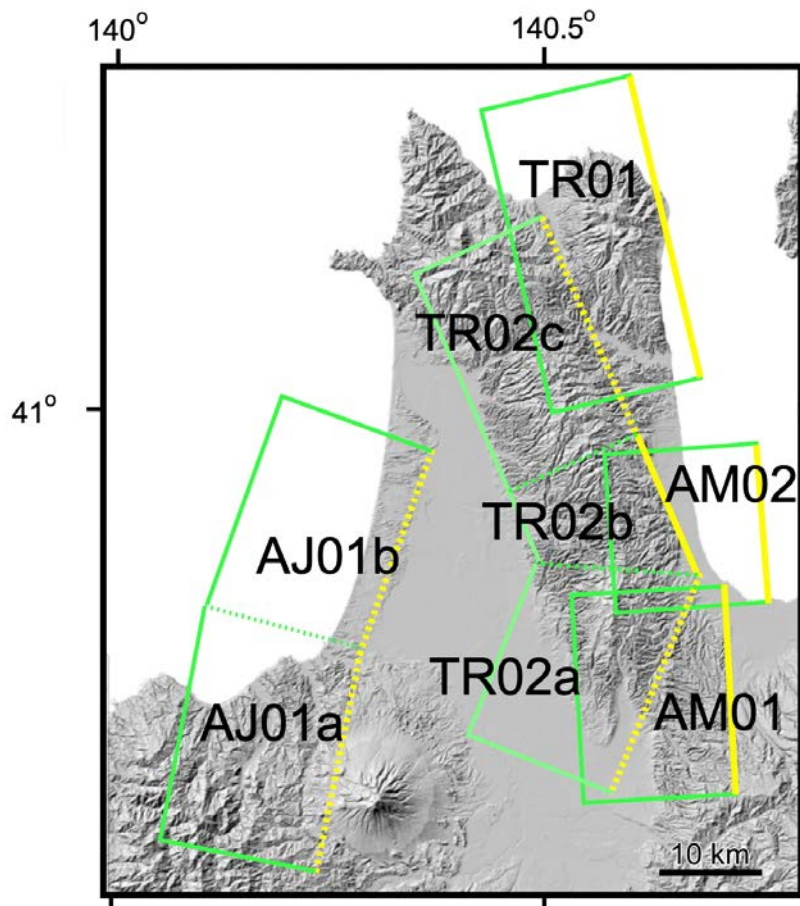


図1 津軽半島周辺の震源断層モデル

黄色実線：断層の矩形モデルの上端（波線は伏在）、黄緑実線：震源断層の矩形モデル（波線は断層面の交差した線）、地形図は地理院陰影起伏図による。

津軽半島の地質概説については、2.2.3 で述べた。深部の断層形状を推定する上で、震地質構造は重要である。津軽山地は隆起軸が東側にかたよった東側が急傾斜、西側が緩傾斜の非対称な形状を示す隆起帯で、東側の津軽断層が基本的な構造を作り上げている（図2）。

震源断層 TR01:産業技術総合研究所・東海大学（2012）²⁾の平館断層に相当する。深部の傾斜についての資料が得られていないため、45度の西傾斜とした。

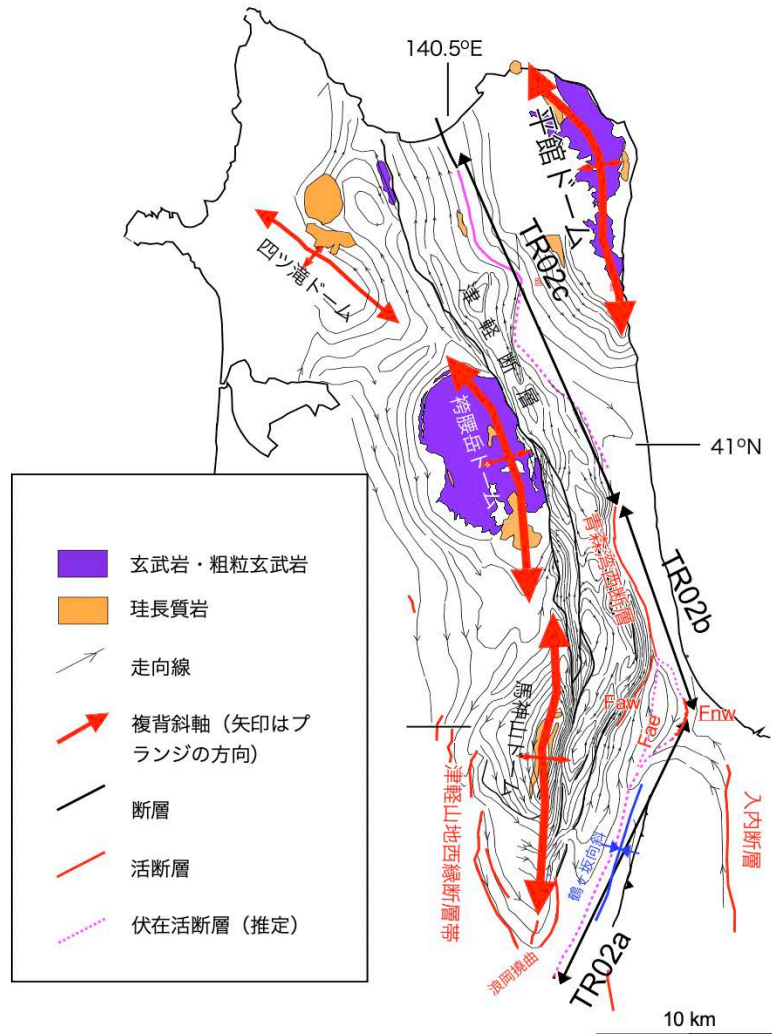


図 2 津軽山地周辺の地質構造概略図

地質構造データは、地質調査所ならびに産業技術総合研究所地質調査総合センターの 5 万分の 1 地質図幅 3,4,5,6,7,8,9, 10) と根本 (2014) ¹¹⁾ による。活断層トレースは今泉ほか (2018) ¹²⁾ による。Fnw: 野木和断層、Faw: 青森湾西断層、Fae: Faw の東側の伏在断層 ¹³⁾、走向線の矢印は右手に傾斜。

震源断層 TR02a: 馬神山ドームの東翼には、津軽断層の他、青森湾西断層 (Faw、図 2) や野木和断層 (Fnw、図 2) などの活断層が分布する。この他、本プロジェクトの反射法地震探査では、断層 Faw と Fnw の間に、断層 Fae が見いだされており、一連の断層帯を形成している ¹³⁾。馬神山ドームは南にプランジし、南端部には西翼に津軽平野東縁断層帯、東翼には浪岡撓曲 ^{14,10)} がある。浪岡撓曲は地質構造からは青森湾西断層に対応するが、変動地形的には連続性は追跡できない。一方、野木和断層は南西方向に地表トレースが消失する。反射法地震探査では、野木和断層の地表トレースは背斜東翼となっており、地表に断層は露出していない。こうした点を考慮すると青森湾西断層-浪岡撓曲よりも南東側に伏在する活断層の先端部が位置する可能性が高い。こうした観点から、青森湾西断層-浪岡撓曲の南東側に平行して分布する鶴ヶ坂向斜の間に伏在断層を想定した。

この伏在断層は野木和断層の屈曲部を北東端として矩形モデルを作成した。南西端については、伏在断層である点を考慮して地表での活構造より長めにとっている。

震源断層 TR02b: 青森湾西断層¹⁵⁾にほぼ相当する。南端については、野木和断層の屈曲点とした。北北西の端点は、地表トレースが追跡不能になる点とした¹²⁾。籠原ほか(2019)¹⁶⁾はこの断層の北端付近で反射法地震探査を行い、明瞭な断層イメージを報告している。地質構造の観点からも、青森湾西断層に相当する構造は北北西方向に連続している。この断層の北北西側の端点は、変動地形的な確からしさによった。

震源断層 TR02c: 津軽断層は半島北端部の今別町まで追跡される大規模な断層である。その東側に併走して青森湾西断層が形成されているが、基本的には地下では津軽断層と収斂するものと推定される。震源断層 TR02b の北北西方向の延長でも、津軽断層が延長していることから、津軽断層の東側に活断層が伏在する可能性を考慮して震源断層を推定した。この区間では変動地形的には活構造は確認されていないが、河岸段丘など変形の指標となる地形面の分布が限られることや、地質構造と重力異常から断層が推定できる。

震源断層 AM01: 青森港沖背斜の東翼の断層²⁾に相当する。入内断層との連続性について不明な点が多いため、震源断層形状については独立した断層として表現した。傾斜については45度と推定した。

震源断層 AM02: 入内断層¹²⁾にほぼ相当する。傾斜は45度と推定した。浅部では低角度化する¹⁷⁾。

震源断層 AJ01a: 津軽平野西縁断層帯に相当する伏在活断層である¹³⁾。断層 AJ01a については、反射断面から明瞭で、酸素同位体ステージ 5e の海成段丘面高度¹⁸⁾、重力異常¹⁹⁾などとよく整合する。ブーゲ重力異常の急変帯は岩木火山南西麓まで追跡されることと、火山噴出物の下位に南北走向で東傾斜の舞戸層・鳴沢層が分布すること²⁰⁾から推定した。海成段丘面高度からは、1.2 mm/千年の実平均変位速度が推定される A 級の伏在活断層である¹³⁾。

震源断層 AJ01b: 断層 AJ01b の北方延長である断層 AJ01b は、酸素同位体ステージ 5e の海成段丘の分布から推定した。断層変位の資料はない。また、重力異常の急変帯は AJ01b ほど明瞭ではない。断層の傾斜は、南の断層の傾斜と同様と推定した。海陸境界部であるため特有の難しさがあるが、構造調査が望まれる。

津軽山地西縁断層帯²¹⁾については、津軽山地東縁の断層の副断層と推定されるため(2.2.3-3、図 45)、独立した断層モデルは作成していない。

津軽半島周辺の震源断層の矩形モデルと断層モデルを図 3 に、パラメータを表 1 に示す。断層のすべり角については、日本海検討会(2014)²²⁾と同様、Terakawa and Matsu'ura(2010)²³⁾による応力配置をもとに求めた。

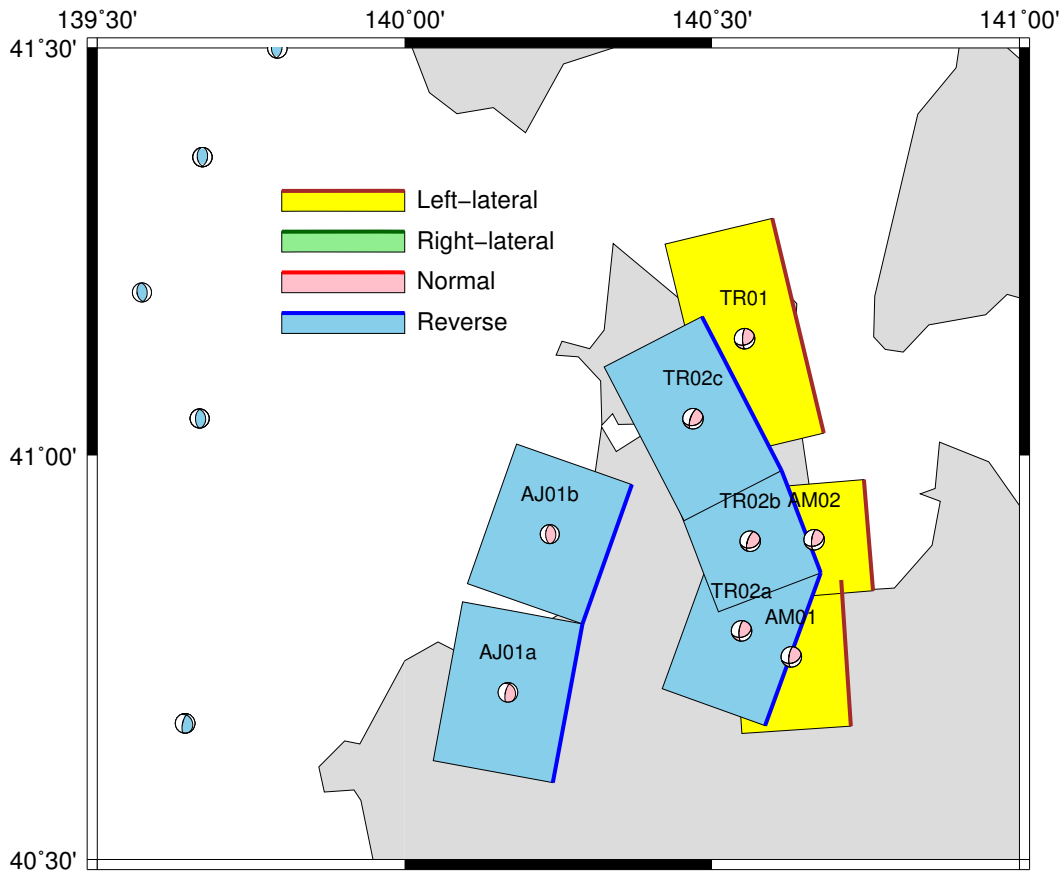


図3 津軽半島周辺の震源断層の矩形モデルと断層タイプ
Terakawa and Matsu'ura (2010)²³⁾による応力配置をもとに計算。

表1 津軽半島周辺の震源断層の矩形モデル

断層 No.	始点座標		終点座標		上端深さ (km, TP-)	走向 (度)	傾斜 (度)	断層長さ (km)	断層幅 (km)	地震発生層 の深さ (km)	すべり角 (度)
	緯度	経度	緯度	経度							
	JGD2000 (度)	JGD2000 (度)	JGD2000 (度)	JGD2000 (度)							
TR01	41.2912	140.5979	41.0273	140.6817	0.0	167	45	30.1	21.2	15	35
TR02a	40.8549	140.6768	40.6659	140.5862	1.0	199	45	22.4	19.8	15	51
TR02b	40.9812	140.6131	40.8549	140.6768	0.0	158	45	14.9	21.2	15	78
TR02c	41.1707	140.4835	40.9812	140.6131	1.0	153	45	23.7	19.8	15	100
AM01	40.8461	140.7101	40.6653	140.7258	0.0	176	45	20.1	21.2	15	42
AM02	40.9701	140.7470	40.8329	140.7619	0.0	175	45	15.3	21.2	15	42
AJ01a	40.7918	140.2892	40.5953	140.2410	1.0	191	40	22.2	19.8	15	114
AJ01b	40.9639	140.3696	40.7918	140.2892	1.0	200	40	20.3	19.8	15	102

1766年明和津軽地震の震度分布を比較して、当該地震の震源断層を求めるために、作成した震源断層モデルについてサブサブテーマ(3.1)において強震動計算が行われた。その結果、TR02a および TR02b を震源断層とする強震動が史料地震から得られている震度分布とよい一致を示すことが明らかになった。

2) 若狭湾地域の震源断層

既存資料を用いて、若狭湾地域の波源断層モデルを追加した。追加した矩形断層モデルを図4に、関連するパラメータは表2に示した。

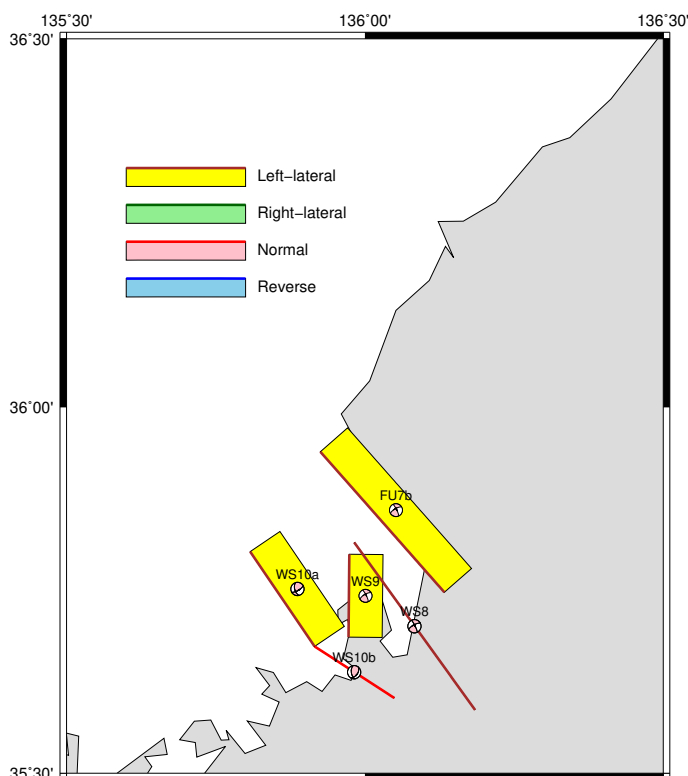


図4 若狭湾周辺の震源断層の矩形モデルと断層タイプ
Terakawa and Matsu'ura (2010)²³⁾による応力配置をもとに計算。

表2 若狭湾周辺の震源断層の矩形モデル

断層 No.	始点座標		終点座標		上端深さ (km, TP-)	走向 (度)	傾斜 (度)	断層長さ (km)	断層幅 (km)	地震発生 層の深さ (km)	すべり角 (度)
	緯度 JGD2000	経度 JGD2000	緯度 JGD2000	経度 JGD2000							
	(度)	(度)	(度)	(度)							
FU7b	35.7476	136.1331	35.9393	135.9253	0.0	319	70	28.4	16.0	15	15
WS8	35.8157	135.9821	35.5867	136.1846	0.1	144	90	31.4	14.9	15	-19
WS9	35.6863	135.9725	35.7995	135.9739	0.1	1	70	12.6	14.9	15	45
WS10a	35.6736	135.9157	35.8031	135.8077	0.1	326	70	17.4	15.9	15	-15
WS10b	35.6030	136.0493	35.6736	135.9157	0.0	303	90	14.4	15.0	15	-49

震源断層 FU7b: 甲楽城断層に相当する。断層の北西端については、断層 FU7 (佐藤ほか, 2016)²⁴⁾の南西端として、南東端については地震調査推進本部 (2004)²⁵⁾によった。越前海岸に分布する海成段丘から示唆されるように²⁶⁾、北東側隆起の左横ずれ成分を伴う断層である²⁵⁾。杉山ほか (2012)²⁷⁾などにより音波探査が実施され、北東傾斜の高角断層と推定されているが、深部の断層形状は不明である。ここでは、一様に北東側隆起を示すことから、70度北東傾斜とした。

震源断層 WS8: 杉山ほか (2012)²⁷⁾の浦底-柳ヶ瀬山断層帯に相当する。左横ずれ変位が卓越し、垂直変位については、一定した方向を示さないことから、ほぼ垂直な形状が推定される。

震源断層 WS9: 白木-丹生断層に相当する。端点は杉山ほか (2012)²⁷⁾による。一様に西側低下の逆断層変位を示し、高角度の形状が推定されている。ここでは、70度東傾斜と推定した。

震源断層 WS10a: 野坂断層帯の B 断層系²⁸⁾に相当する。端点の位置は、地震調査推進本部 (2003)²⁸⁾に従った。深部形状についての資料は得られていないが、浅部構造から北東傾斜の高角度の断層である^{28, 29)}。ここでは70度北東傾斜と推定した。

震源断層 WS10b: 野坂断層帯の野坂断層²⁸⁾に相当する。WS10aのB断層系とは同一の断層帯と想定されていることから、本断層の北西端をWS10aの南東端に連続するものとして設定した。断層形状はほぼ垂直とされていることから²⁸⁾、90度とした。

3) 日本海と沿岸地域における震源断層の特徴と評価基準

日本海地震・津波調査プロジェクトでは、多面的な検討を行って断層モデルの構築を行ってきた。平成25年度には、国土交通省・内閣府・文部科学省が事務局を務める「日本海における大規模地震に関する調査検討会」(以下「日本海検討会」と呼ぶ。)と共同して、産業技術総合研究所および地質調査所、石油公団、海洋研究開発機構のデータなどを基に、日本海全域についての矩形モデルを作成した²²⁾。このモデルでは、とくに日本海沿岸の広範な地域に影響を及ぼす波源断層を抽出するという目的から、長さ40kmを越える断層を取り上げた。本プロジェクトでは、それよりも小規模な断層でも津波の到達時間が早く、また沿岸地域には強震動による被害を発生させることから小規模な断層も抽出した。また、海陸境界部や堆積平野下では伏在する断層が多いことから、本プロジェクトの構造探査では地下構造データの収集に努めた。年次毎に断層モデルの構築を行ってきたが、作成した矩形断層モデルの確からしさについては、文章中での記述に限られていた。8年間のとりまとめとして、それぞれのパラメータの推定根拠、断層の特性について、パラメータ表に統一性を持たせて記述する。

日本海と沿岸の断層はその成因からいくつかの型に分けることができる。日本海とその沿岸域に分布する震源断層のほとんどは、日本海形成期に形成され、現在の応力状態に対応して再活動している¹³⁾。本プロジェクトと併せて「ひずみ集中帯の重点的調査・観測プロジェクト」で得られた成果から、日本海の地殻構造と対応した震源断層の特徴については、図5のようにまとめることができる。

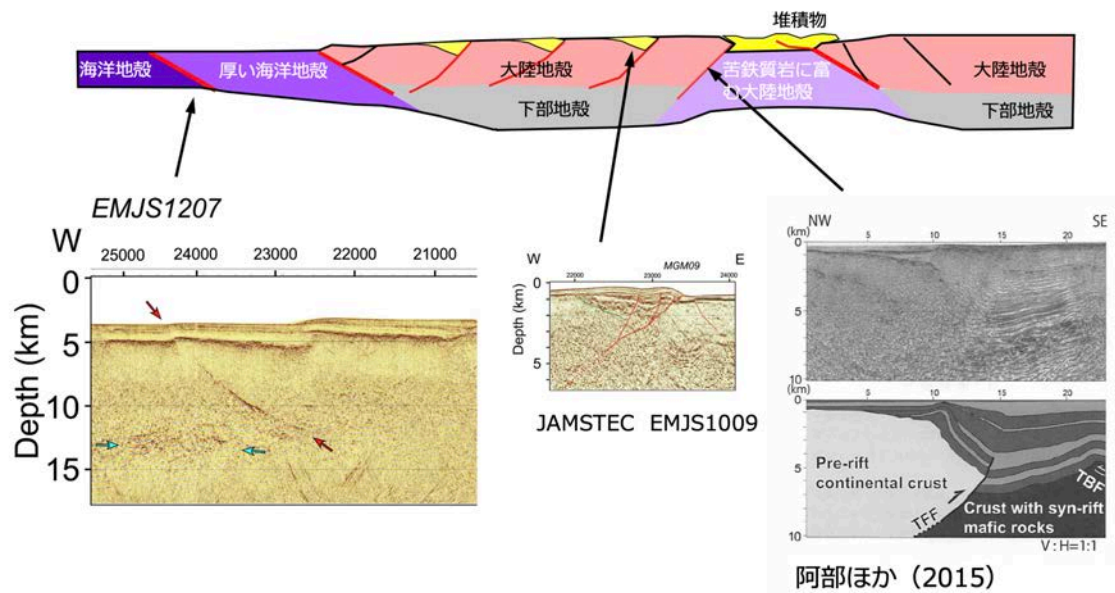


図5 北日本の日本海から沿岸にいたる地殻構造の模式図

EMJS は海洋研究開発機構が取得したデータの測線番号(野ほか, 2014)³⁰⁾。右下は阿部ほか(2015)³¹⁾による断面。赤線:活断層、黒線:正断層。

a) 成因による断層のタイプ

OOB: 海洋地殻と厚い海洋地殻境界 (OOB: Oceanic crust/ thick oceanic crust boundary)

日本海盆と大和海盆の境界部に形成されている断層(No et al.,2014)³²⁾。

OCB: 厚い海洋地殻境界と大陸地殻境界 (OCB: Oceanic crust/continental crust boundary)

大和海盆の厚い海洋性地殻と本州側の大陸地殻の境界。しばしばスラストが形成されている。1983年日本海中部地震は、この境界で発生した(No et al.,2014)³²⁾。

IBB: 反転した背弧リフト境界 (IBB: Inverted backarc-rift boundary)

背弧の大陸地殻内に形成されたリフト境界、リフトの外側にスラストが形成される場合が多い。2007年中越沖地震が相当。

IF: 反転した大陸地殻内断層 (Inverted fault in the stretched continental crust)

ここでは、断層の上盤側に厚いリフト期の堆積層が分布するなど、正断層から逆断層への反転が明瞭な断層について、記述する。2007年能登半島地震のように、余震観測も含めて、リフト期の正断層が右横ずれと逆断層成分を伴ったすべりを発生させた例もある(佐藤ほか, 2007)³³⁾。ここでは再活動が明瞭な断層についてのみ、記述する。正断層として形成された断層が再活動する場合には、地震発生層中で中角度の傾斜を示す場合が多く、断層形状の判断に一定の拘束を与える。

VF: 大陸地殻内の断層 (Vertical faults in continental crust)

ほぼ垂直な傾斜を示す断層。西南日本に多い。2005年福岡県西方地震がこのタイプに相当する。

HC: 北海道中軸帯の島弧-島弧衝突に伴う断層 (Thrust faults in the Hidaka Collision Zone)

FC: 大陸地殻内断層 (faults in continental crust)

上記の特徴に基づいて区分できない大陸地殻内の断層一般について、記述。

b) 断層の特徴についての記述項目

その他、断層や断層運動に伴う変形構造の特徴について、記述する。

FF:断層関連褶曲(Fault-related fold)を伴う場合。堆積物が厚い領域では、短縮変形に伴い堆積物中に Thin-skinned 型の変形様式をとる場合が多い。こうした変形は基盤中の断層形状の把握に考慮が必要であるので、特徴として記述する。

PA: 副断層の可能性(Possible auxiliary fault)。互いに反対側に傾斜した断層が向き合う場合、どちらが主断層かということ判断して、矩形モデルを作成する。断層の変位量に大きな差がない場合など、判断が難しい場合もある。こうした場合は、想定した断層が副断層である可能性があるため記載する。

PS: 堆積層浅部構造の可能性 (Possible shallow feature)。浅層の音波探査記録をもとに推定されている断層が、より深い反射では追跡できない場合がある。より深い反射断面のイメージそのものが悪い場合は問題ではないが、多数の反射面がイメージングされていてかつ地下深部まで追跡できない場合は、記述する。

c) 震源断層の位置と長さ

精度が高い順に、A クラス、B クラス、C クラスとした。ここでは、探査結果の優劣ではなく、測線密度から区分している。

A クラス

TG (Tectonic Geomorphology):変動地形として追跡可能。SHR (Shallow high-resolution seismic): 高分解能の稠密な音波探査に基づく推定。

B クラス

MCS (Multi-channel seismic reflection survey): 反射法地震探査

C クラス

GA (Gravity Anomaly): 重力異常の急変帯。

HE(Historical Earthquake): 歴史地震資料に基づく解析による。

d) 震源断層の傾斜と変位

断層の姿勢の明瞭さを、明確 A から不明確 D まで区分し、判断の根拠を示した。

A クラス

FR (Fault plane Reflection): 地震発生層の深部まで観察される断層面反射がある。

OE (Observed Earthquakes): 地震観測や津波のインバージョンによって断層面が報告されている。

B クラス

SR(Seismic reflection profiling): 数 km までの反射面のパターン、速度構造変化で断層面が推定できる。本プロジェクトとひずみ集中帯の重点的調査・観測プロジェクトに

において、海洋研究開発機構が取得した、大容量エアガンと長大ストリーマケーブルによる反射法地震探査断面に基づく場合は、Lとして区別した。

C クラス

地震発生層中の断層傾斜の実体が不明で、変位の方向から傾斜角を推定。角度の推定は、日本海検討会（2014）による。変位の推定方法を以下のように記載。

SR (Seismic Reflection Profiling): 変位を反射で推定、GL(Geological information): 地質情報による、GR (Gravity Anomaly): 重力異常。測線密度がとくに粗い場合は、SR の場合でも D クラスとした。

D クラス

当該深度までは豊富な反射面で構造が把握できているにも関わらず、反射断面中で断層が深部まで追跡できない。

e) 震源断層の下限深度

OR (Out of Range): D90 が求められている範囲外の場合、日本海検討会²²⁾と同様。

f) 活動性

断層の活構造としての確実性を、確実 A から確実性が低いもの D まで区分し、判断の根拠を示した。

A クラス

Q: 第四紀後期までの地層が、変形・変位を受けている

QT: 断層変位と調和的な変形が堆積面の海底地形に表れている。

B クラス

QB: 第四紀後期に相当する地層まで変形を受けている可能性が高いが、年代や断層による変形の幅が広く、第四紀後期に相当する地層までの変形がやや不明瞭。

CT: 断層（推定も含む）の隆起側で海成段丘が隆起。

C クラス

QL: 変形を受けている最新期の地層の年代が第四紀前期である可能性がある。

D クラス

P: 変形を受けている最新期の地層の年代が鮮新世である可能性がある。

4) 北日本と日本海東縁の震源断層

断層パラメータについて、前節で述べた基準でパラメータの基準と特徴、評価を付記した表（表 3）と断層の矩形モデル図を示す（図 6）。断層の矩形モデルについては、佐藤ほか（2019）³⁵⁾および佐藤ほか（2020）³⁶⁾と本報告³⁾による。

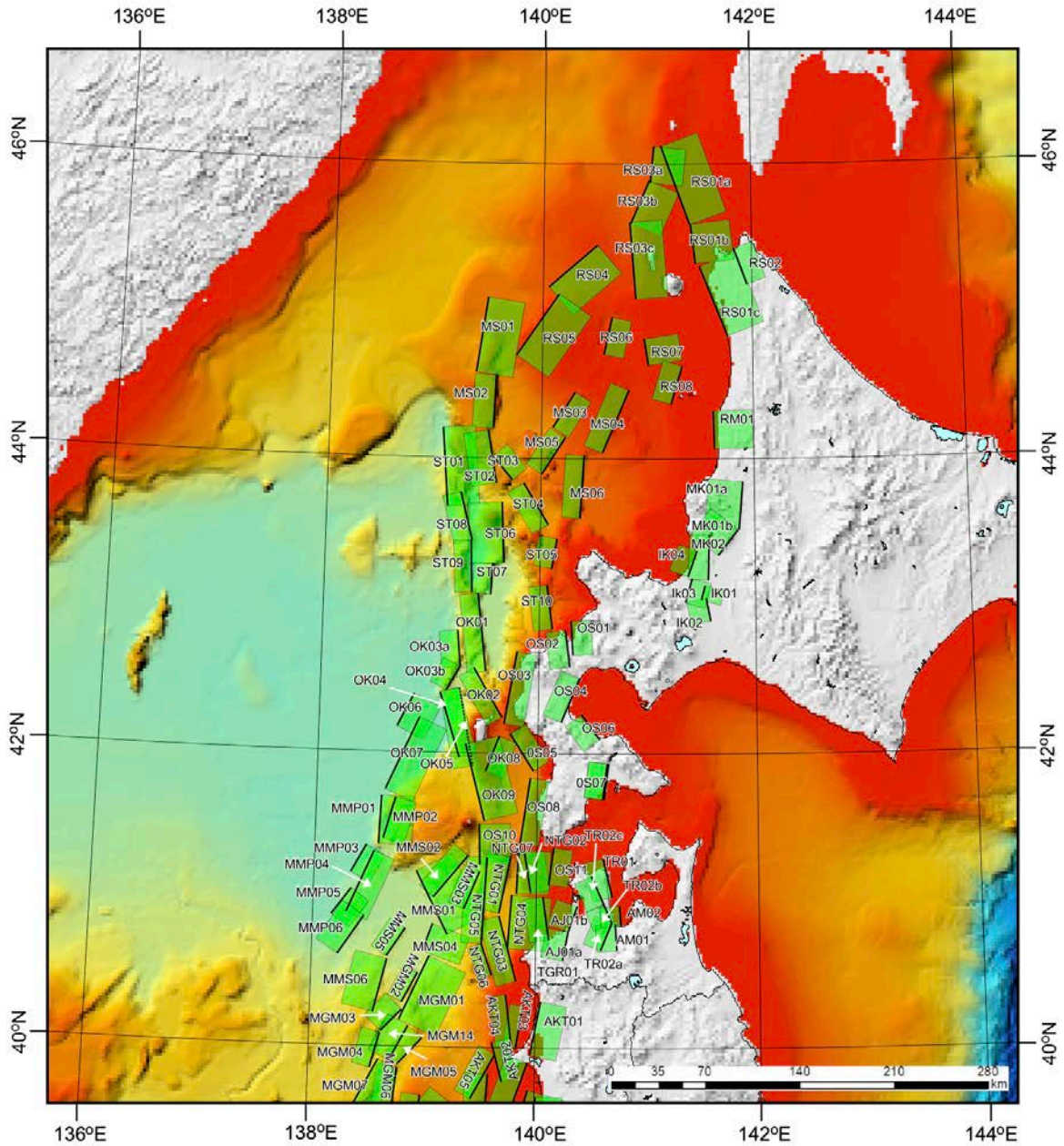


図 6 北日本の震源断層矩形モデル

黄緑色の矩形：断層面、黒実線：断層面の上端

表3 北海道と北東北の震源断層矩形モデルのパラメータと特徴

断層名	始点座標		終点座標		上端深さ (km, TP~)	走向 (度)	傾斜 (度)	断層長さ (km)	断層幅 (km)	断層下限 深さ (km)	すべり角 (度)	断層タイプ	断層位置	傾斜と変位	活動性	D90	特徴
	緯度 JGD2000 (度)	経度 JGD2000 (度)	緯度 JGD2000 (度)	経度 JGD2000 (度)													
RS01a	45.5883	141.4063	46.1233	141.1257	0.0	340	30	63.3	34.0	17	55	HC	MCS	SR	Q	Out	FF
RS01b	45.3239	141.4582	45.5937	141.4118	0.0	353	30	30.2	34.0	17	65	HC	SHR	SR	Q	Out	FF
RS01c	44.8340	141.7615	45.3069	141.4953	0.0	338	30	56.6	34.0	17	46	HC	SHR	SR	Q	In	FF
RS02	45.1845	141.9507	45.4271	141.8264	0.0	339	45	28.7	21.2	15	83	HC	TG	Gr	Q	In	FF
RS03a	45.8722	141.0247	46.1193	141.0595	1.0	6	30	27.6	28.0	15	73	HC	MCS	SR	Q	Out	FF
RS03b	45.5991	140.8384	45.8900	141.0174	1.0	23	30	35.2	28.0	15	85	HC	MCS	SR	Q	Out	FF
RS03c	45.0834	140.8871	45.6054	140.8274	1.0	355	30	58.2	28.0	15	64	HC	SHR	SR	Q	Out	FF
RS04	45.1655	140.0562	45.4500	140.5191	1.0	49	30	48.1	32.0	17	77	FC	MCS	SR	QL	Out	FF
RS05	44.7009	139.7535	45.1178	140.1557	0.0	35	30	56.2	34.0	17	137	FC	MCS	SR	QL	Out	FF
RS06	44.7096	140.5858	44.9635	140.6617	0.0	12	45	28.8	21.2	15	111	FC	MCS	SR	QL	Out	FF
RS07	44.6340	141.0069	44.8159	140.9660	0.0	351	30	20.5	30.0	15	56	FC	MCS	SR	QL	Out	FF
RS08	44.6318	141.3284	44.3704	141.2204	0.0	196	45	30.3	21.2	15	109	FC	MCS	SR	QL	Out	FF
MS01	44.5834	139.3745	45.0920	139.4784	1.0	9	30	57.1	32.0	17	53	FC	MCS	SR	QL	Out	FF
MS02	44.5645	139.5662	44.2017	139.5452	1.0	183	45	40.3	22.6	17	82	IF	MCS	SR	QL	Out	FF
MS03	44.2112	140.1054	44.4631	140.3164	1.0	33	45	31.7	19.8	15	102	IF	MCS	SR, L	QL	Out	FF
MS04	44.4665	140.8235	44.0385	140.5727	0.0	203	45	51.6	21.2	15	88	IF	MCS, TG	SR, L	QL	Out	BI
MS05	44.1444	140.2247	43.8941	140.0060	1.0	213	45	32.9	19.8	15	86	IF	MCS	SR, L	QL	Out	FF
MS06	44.0218	140.4034	43.5953	140.3670	1.0	184	45	47.5	19.8	15	52	IF	MCS, TG	SR, L	QB	Out	FF
ST01	43.8691	139.1295	44.2040	139.0732	3.0	357	30	58.8	28.0	17	45	FC	MCS	SR, L	Q	Out	PA
ST02	44.1905	139.4983	43.8318	139.5828	1.0	171	40	40.4	24.9	17	94	IF	MCS	SR, L	QB	Out	FF
ST03	43.8533	139.7320	44.0122	139.5463	1.0	321	45	23.1	19.8	15	37	IF	MCS	SR, L	QL	Out	FF
ST04	43.8533	139.8388	43.5527	140.0709	1.0	150	45	38.3	19.8	15	67	FC	MCS	SR, L	QL	Out	FF
ST05	43.4570	140.1559	43.2539	140.1084	1.0	190	45	22.9	19.8	15	91	IF	MCS	SR, L	QL	Out	FF
ST06	43.7036	139.6400	43.2894	139.6632	2.0	179	30	46.0	30.0	17	66	IF	MCS, TG	SR, L	Q	Out	FF
ST07	43.2833	139.5595	43.0753	139.5463	3.0	184	45	23.1	19.8	17	99	IF	MCS, TG	SR, L	Q	Out	FF
ST08	43.7669	139.2522	43.4401	139.3649	3.0	167	45	37.4	19.8	17	47	IF	MCS, TG	SR, L	Q	Out	PA, FF
ST09	43.4392	139.3562	43.0882	139.3710	4.0	179	45	39.0	18.4	17	85	IF	MCS, TG	SR, L	Q	Out	FF
ST10	43.1422	140.0663	42.8448	140.1193	1.0	173	45	33.3	19.8	15	76	FC	MCS	SR, L	QL	Out	FF
OK01	43.0807	139.4299	42.5547	139.5124	3.0	174	45	58.8	19.8	17	97	IF	MCS, TG	SR, L	Q	Out	PA, BI
OK02	42.5772	139.4046	42.2421	139.6683	2.0	151	45	43.1	18.4	15	49	IF	MCS, TG	SR, L	Q	Out	FF
OK03a	42.8315	139.2484	42.5838	139.2779	3.0	176	45	27.6	19.8	17	100	IF	MCS, TG	SR, L	Q	In	FF
OK03b	42.5827	139.2735	42.2424	139.1527	3.0	210	45	20.4	19.8	17	112	IF	MCS, TG	SR, L	Q	In	PA, FF
OK04	41.9701	139.2838	42.4072	139.0986	3.0	344	45	50.9	19.8	17	28	FC	MCS	SR, L	Q	In	FF
OK05	42.4385	139.2762	41.9114	139.4083	2.0	171	45	59.6	21.2	17	95	IF	MCS, TG	SR, L	Q	In	OE
OK06	42.1742	138.7122	42.3952	138.8625	4.0	28	30	27.5	26.0	17	162	OCB	MCS, TG, FR	SR, L	Q	In	FF
OK07	41.7443	138.6209	42.2366	138.9170	4.0	26	30	59.9	26.0	17	165	OCB	MCS, TG, FR	SR, L	Q	In	FF
OK08	41.8778	139.5284	42.1154	139.6469	1.0	21	45	28.1	19.8	15	153	FC	MCS	SR, L	Q	In	FF
OK09	41.5377	139.5239	42.0601	139.3412	2.0	346	30	60.0	30.0	17	127	FC	MCS	SR, L	Q	In	PA
OS01	42.6690	140.3123	42.9012	140.2931	0.0	357	45	25.8	21.2	15	81	IF	TG, Gr	QL	Q	In	FF
OS02	42.7984	140.2606	42.5237	140.3595	0.0	165	45	31.6	21.2	15	77	IF	TG, Gr	QL	Q	In	FF
OS03	42.2005	139.6874	42.6925	139.7994	0.0	10	45	55.4	21.2	15	116	FC	MCS, GR	GL, TG	Q	In	FF
OS04	42.5119	140.3753	42.2114	140.2089	0.0	203	45	36.1	21.2	15	118	FC	TG, GR	TG	Q	In	FF
OS05	41.8800	139.9628	42.1320	139.7467	1.0	328	45	33.2	19.8	15	0	FC	MCS	SR, L	CT	In	FF
OS06	42.2669	140.3931	42.0976	140.5632	0.0	144	45	23.5	21.2	15	78	OCB	TG, GR	QL	CT	In	FF
OS07	41.9339	140.6327	41.6895	140.5927	1.0	187	45	27.3	19.8	15	104	OCB	MCS, TG	SR, GR	Q	In	FF
OS08	41.3870	139.8480	41.8358	139.9364	1.0	9	45	50.4	19.8	15	114	CF	MCS, GR	SR, L	CT	In	FF
RM01	44.0668	141.6297	44.3256	141.6204	0.0	358	30	28.8	34.0	17	69	HC	GR	GL	CT	Out	FF
IK01	43.0431	141.4977	43.1413	141.5335	0.0	15	45	11.3	21.2	15	86	FC	TG	SR	Q	In	BI
IK02	43.0546	141.5429	42.9036	141.5834	0.0	168	45	17.1	21.2	15	88	FC	TG	SR	Q	In	BI
IK03	43.0249	141.3513	43.1892	141.4136	0.0	15	45	18.9	21.2	15	-72	FC	TG	SR	Q	In	BI
IK04	43.3769	141.4603	43.2006	141.3747	0.0	199	45	20.8	21.2	15	-114	FC	TG	SR	Q	In	FF
MK01a	43.8442	141.8917	43.5210	141.8543	0.0	184	30	36.0	30.0	15	105	FC	TG	QL	Q	In	FF
MK01b	43.5198	141.8450	43.3451	141.6581	0.0	217	30	24.6	30.0	15	128	FC	TG	SR, GL	Q	In	FF
MK02	43.4836	141.5756	43.1789	141.5631	0.0	181	45	33.8	21.2	15	98	FC	TG	SR, GL	Q	In	FF
TR01	41.2912	140.5979	41.0273	140.6817	0.0	167	45	30.1	21.2	15	35	FC	SHR, TG	SR, TG	Q	In	FF
TR02a	40.8549	140.6768	40.6659	140.5862	1.0	199	45	22.4	19.8	15	51	IF	MCS, TG, GR	SR, GL	Q	In	BI, FF
TR02b	40.9812	140.6131	40.8549	140.6768	0.0	158	45	14.9	21.2	15	78	IF	MCS, TG, GR	SR, GL, GR	Q	In	BI, FF
TR02c	41.1707	140.4835	40.9812	140.6131	1.0	153	45	23.7	19.8	15	100	IF	GL, GR	GL, GR	QL	In	FF
AM01	40.8461	140.7101	40.6653	140.7258	0.0	176	45	20.1	21.2	15	42	IF	MCS, TG	SR, GL, GR	Q	In	FF
AM02	40.9701	140.7470	40.8329	140.7619	0.0	175	45	15.3	21.2	15	42	IF	SHR	SR	Q	In	FF
AJ01a	40.7918	140.2892	40.5953	140.2410	1.0	191	40	22.2	19.8	15	114	IF	MCS, TG, GR	SR, GL, GR	Q	In	BI, FF
AJ01b	40.9639	140.3696	40.7918	140.2892	1.0	200	40	20.3	19.8	15	102	IF	TG	TG	Q	In	FF
MMP01	41.3738	138.5729	41.7015	138.5905	2.5	4	30	36.4	29.0	17	113	OOB	MCS, TG	SR, L	QL	Out	FF
MMP02	41.4119	138.6133	41.6916	138.7190	3.3	17	40	32.3	21.3	17	111	OOB	MCS, TG	FR, SR, L	Q	Out	FF
MMP03	41.1776	138.3306	41.3625	138.4645	3.3	30	40	23.4	21.3	17	102	OOB	MCS, TG	FR, SR, L	Q	Out	FF
MMP04	40.9070	138.2996	41.3239	138.5367	2.8	25	40	50.4	22.1	17	102	OOB	MCS, TG	FR, SR, L	Q	Out	FF
MMP05	40.8880	138.1671	41.0667	138.3401	3.2	38	35	24.6	20.6	15	98	OOB	MCS, TG	SR, L	Q	Out	FF
MMP06	40.8817	138.4598	40.6191	138.2321	3.5	215	35	34.9	23.5	17	132	OOB	MCS, TG	SR, L	Q	Out	PA
OS10	41.2429	139.4882	41.5183	139.4793	1.5	360	30	30.6	27.0	15	100	FC	MCS, TG	SR, L	Q	In	PA, FF
OS11	41.1099	140.1104	41.3625	140.1546	0.5	8	45	28.3	20.5	15	96	IF	MCS	SR, L	QL	In	FF
MMS01	40.7663	139.2065	41.1933	138.9204	2.9	334	25	53.2	33.4	17	69	OCB	MCS, TG	OE, SR, L	Q, OE	In	FF
MMS02	41.3014	139.3833	41.0178	139.0772	3.3	220	40	40.6	18.2	15	130	IF	MCS, TG	SR, L	Q	In	FF
MMS03	41.1966	139.4891	40.9514	139.3482	2.3	205	45	29.7	18.0	15	108	IF	MCS, TG	SR, L	Q	In	FF
MMS04	40.6502	138.9880	40.8352	139.0750	3.0	21	25	21.8	33.1	17	89	OCB	MCS, TG	OE, SR, L	Q, OE	Out	FF
MMS05	40.8023	138.8321	40.6116	138.6689	3.5	215	45	25.3	19.1	17	129	FC	MCS, TG	SR, L	Q	Out	FF
MMS06	40.5907	138.6744	40.2310	138.5597	2.9	195	30	41.1	28.2	17	100	FC	MCS, TG	SR, L	Q	Out	FF

5) 東北日本と北陸沖の震源断層

中部日本と新潟-北陸沖に分布する震源断層の断層パラメータについて、パラメータの基準と特徴、評価を付記した表（表 4）と断層の矩形モデル図を示す（図 7）。断層モデルについては、佐藤ほか（2019）³⁵、佐藤ほか（2015）³⁶、佐藤ほか（2016）²⁴、佐藤ほか（2018）³⁷による。

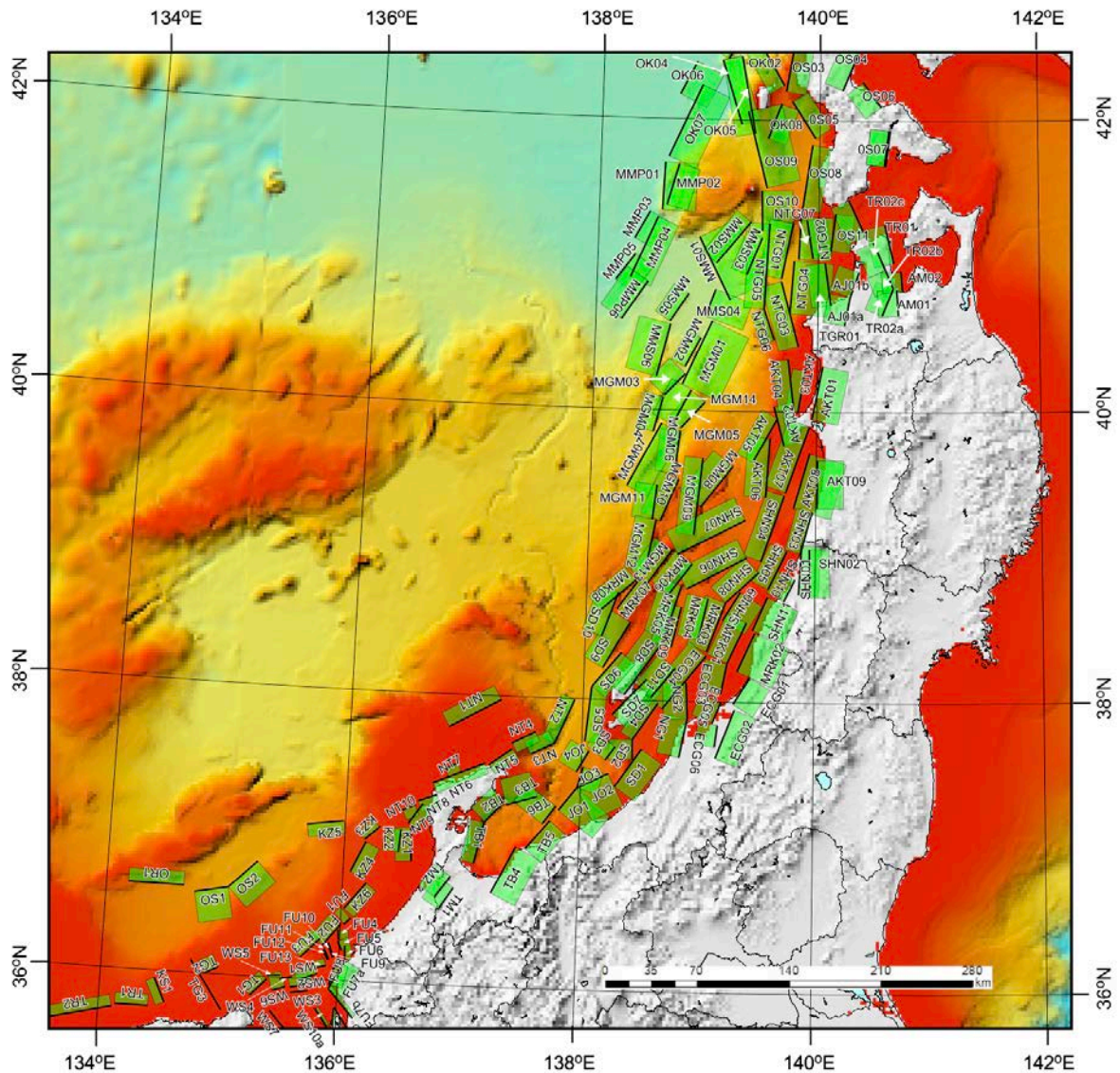


図 7 東北日本と北陸沖の震源断層矩形モデル
黄緑色の矩形：断層面、黒実線：断層面の上端

表4 東北地方沖から北陸沖の震源断層矩形モデルのパラメータ

断層名	始点座標		終点座標		上端深さ (km, TP)	走向 (度)	傾斜 (度)	断層長さ (km)	断層幅 (km)	断層下 限深さ (km)	すべり角 (度)	断層タイプ	断層位置	傾斜と変位	活動性	D90	特徴
	経度 JGD2000 (度)	緯度 JGD2000 (度)	経度 JGD2000 (度)	緯度 JGD2000 (度)													
	NTG01	41.2949	139.7669	40.9145													
NTG02	41.0536	139.9504	41.3195	139.8924	0.3	351	45	29.9	20.8	15	88	FC	MCS	SR, L	Q	In	FF
NTG03	40.8959	139.6699	40.4527	139.8272	1.5	165	45	51.0	21.9	17	103	IF	MCS	SR, L	QB	In	BI, FF
NTG04	40.6747	139.7472	41.0386	139.7806	0.9	5	25	40.5	33.4	15	91	FC	MCS	SR, L	QB	In	FF
NTG05	41.2905	139.5548	40.7058	139.5134	1.6	184	45	65.0	21.8	17	96	IF	MCS, TG	SR, L	Q	In	BI, FF
NTG06	40.7058	139.5134	40.4943	139.6089	1.8	162	55	24.8	18.6	17	95	IF	MCS, TG	SR, L	Q	In	FF
NTG07	41.0487	139.8218	41.3447	139.8384	0.9	3	30	32.9	28.2	15	90	FC	MCS, TG	SR, L	Q	In	PA, FF
TGR01	41.0273	140.0603	40.7360	140.1148	0.4	173	45	32.7	20.6	15	91	FC	MCS	SR, GR	Q, CT	In	
MGM01	40.1821	138.7927	40.6186	139.0505	2.7	26	25	53.2	33.8	17	69	OCB	MCS	SR, OE	Q	In	
MGM02	40.5022	138.9499	40.3009	138.8136	3.0	209	50	25.2	18.3	17	101	FC	MCS, TG	SR, L	Q	In	
MGM03	40.2509	138.8178	40.1025	138.6328	2.8	225	40	22.8	22.1	17	140	FC	MCS, TG	SR, L	Q	In	
MGM04	40.0925	138.6268	39.8528	138.5448	3.1	196	45	27.5	19.7	17	101	IF	MCS, TG	SR, L	Q	In	
MGM05	40.0575	138.9998	39.8785	138.7869	2.4	224	50	26.9	19.1	17	145	FC	MCS, TG	SR, L	Q	In	
MGM06	39.8598	138.7859	39.5665	138.7441	2.0	188	45	32.8	21.2	17	91	FC	MCS, TG	SR, L	Q	Out	PA
MGM07	39.4760	138.3241	39.9096	138.6173	2.2	29	40	54.3	23.0	17	103	FC	MCS, TG	SR, L	Q	Out	PA
MGM08	39.6230	139.2621	39.3414	138.9844	0.8	219	40	39.3	25.2	17	120	IF	MCS, TG	SR, L	Q	In	
MGM09	39.6744	138.9925	39.1479	138.9263	0.5	187	50	58.7	21.5	17	83	IF	MCS, TG	SR, L	OL	Out	
MGM10	39.5279	138.7836	39.2384	138.6277	0.9	204	45	34.8	22.8	17	121	IF	MCS, TG	SR, L	Q	Out	
MGM11	39.4838	138.5924	39.2467	138.5571	0.9	188	45	26.5	22.8	17	98	IF	MCS, TG	SR, L	Q	In	
MGM12	39.2451	138.5916	38.8901	138.5057	1.0	192	45	40.1	22.6	17	99	IF	MCS, TG	SR, L	Q	In	BI
MGM13	39.0398	138.7402	38.8115	138.5330	0.6	217	45	31.1	23.2	17	122	IF	MCS, TG	SR, L	Q	In	BI
MGM14	40.1422	138.8760	39.9017	138.7126	2.5	209	40	30.1	22.6	17	120	IF	MCS, TG	SR, L	Q	In	
AKT01	39.9501	139.9565	40.3152	140.0493	0.0	12	40	41.3	26.4	17	99	IBB	TG, GL	SR, GL	Q	In	FF
AKT02	39.7696	139.7109	40.0350	139.6181	0.0	346	51	30.5	19.3	15	63	IF	MCS, TG	SR, L	QB	In	FF
AKT03	40.2861	139.8916	39.9909	139.8295	0.1	190	60	33.2	19.5	17	101	IF	MCS	SR, L	Q	In	FF
AKT04	40.3618	139.7371	40.0206	139.7917	0.1	174	55	38.2	20.6	17	85	IF	MCS, TG	SR, L	Q	In	FF
AKT05	39.9560	139.6498	39.6521	139.4352	0.8	209	50	38.4	21.1	17	105	IF	MCS, TG	SR, L	Q	In	FF
AKT06	39.8183	139.5870	39.4114	139.5549	0.3	184	45	45.3	23.6	17	85	IF	MCS, TG	SR, L	Q	In	FF
AKT07	39.9012	139.9367	39.4461	139.7304	0.1	200	45	53.5	23.9	17	98	IBB	MCS, TG	SR, L	Q	In	FF
AKT08	39.3380	139.8027	39.7150	139.9405	0.1	17	30	43.5	33.8	17	90	IBB	MCS	SR	QL, GL	In	FF
AKT09	39.3393	140.0103	39.6675	140.0095	0.1	1	40	36.4	26.3	17	76	IF	MCS, TG	SR	Q	In	FF
SHN01	38.7443	139.8556	39.0845	139.8800	0.0	4	45	37.8	21.2	15	78	IF	MCS, TG	SR	Q	In	FF
SHN02	38.7255	139.9585	39.0551	139.9464	0.0	359	45	36.6	21.2	15	74	IF	TG, GL	SR	Q	In	FF
SHN03	39.3137	139.9656	39.0270	139.8684	0.3	195	50	32.9	19.2	15	94	FC	MCS, GL	GL	Q	In	FF
SHN04	39.4281	139.7057	38.9854	139.5135	0.4	200	50	51.9	21.7	17	97	IBB	MCS, TG	C	Q	In	FF
SHN05	39.0431	139.7491	38.7815	139.5886	0.3	206	50	32.2	21.8	17	103	IBB	MCS	GL	QL, GL	In	FF
SHN06	38.9935	139.3964	38.7746	138.8738	0.6	243	45	51.4	23.2	17	119	IF	MCS, TG	SR, L	Q	In	BI, FF
SHN07	39.2529	139.3791	39.0114	138.7869	0.5	244	40	57.8	25.7	17	130	IF	MCS, TG	SR, L	Q	In	BI, FF
SHN08	38.8955	139.5032	38.6836	139.2177	0.5	228	45	34.2	23.3	17	112	IF	MCS, TG	SR, L	Q	In	BI, FF
SHN09	38.5650	139.1967	38.7575	139.3472	0.3	33	40	25.1	26.0	17	95	IF	MCS	SR, L	Q	In	FF
SHN10	38.8490	139.8225	38.6979	139.7282	0.1	207	45	18.7	21.1	15	104	FC	GL	SR, L	QL, GL	In	FF
SHN11	38.4986	139.4587	38.7263	139.5853	0.1	24	30	27.6	29.8	15	86	FC	GR	GL	TC	In	
SD07	37.8999	138.2538	38.1478	138.5451	0.0	44	45	37.6	21.2	15	98	FC	TG, GL	SR, GL	Q	In	
SD08	38.4166	138.6880	38.0367	138.3515	0.4	216	45	51.5	23.5	17	97	FC	TG, GL	GL	Q	In	
SD09	38.5391	138.3902	38.2203	138.1614	0.4	211	45	40.7	23.5	17	113	IF	TG, GL	SR, L	Q	In	
SD10	38.7448	138.2759	38.4400	138.1310	1.3	202	45	36.1	22.2	17	106	IF	TG, GL	SR, L	Q	In	
SD11	38.2287	138.7915	38.0303	138.5930	0.5	220	45	28.1	23.3	17	101	IF	TG, GL	SR, L	Q	In	FF
MRK01	38.5490	139.4038	38.2674	139.2410	0.3	206	45	34.3	23.6	17	103	IF	TG, GL	SR, L	Q	In	FF
MRK02	38.2132	139.3292	38.4802	139.4799	0.1	25	30	32.4	33.8	17	87	FC	GR	GL	TC	In	FF
MRK03	38.6836	139.2177	38.3446	139.0599	0.6	201	45	40.1	23.2	17	97	IF	MCS, TG	SR, L	Q	In	FF
MRK04	38.7100	139.0654	38.4253	138.9841	0.6	194	45	32.4	23.2	17	91	IF	MCS, TG	SR, L	Q	In	FF
MRK05	38.7963	138.8301	38.4461	138.6924	0.6	199	45	40.7	23.2	17	95	IF	MCS, TG	SR, L	Q	In	FF
MRK06	38.9478	138.9190	38.7342	138.7170	0.6	218	45	29.5	23.2	17	111	IF	MCS	SR, L	Q	In	FF
MRK07	38.6375	138.2669	38.8545	138.4600	0.7	37	55	29.4	19.9	17	111	IF	MCS, TG	SR, L	Q	In	
MRK08	38.8283	138.4288	38.6134	138.1241	0.8	230	50	35.7	21.1	17	131	IF	MCS, TG	SR, L	Q	In	
MRK09	38.6478	138.8332	38.3703	138.7503	1.0	195	45	31.6	22.6	17	92	IF	MCS, TG	SR, L	Q	In	
EG01	37.9888	139.2995	38.1730	139.4438	0.0	33	40	24.0	23.3	15	95	IBB	TG, GL	SR, GL	Q	In	FF
EG02	37.6137	139.1522	37.9480	139.3113	0.0	22	40	39.7	23.3	15	81	IBB	TG, GL	SR, GL	Q	In	FF
EG03	38.2674	139.2410	38.0558	139.1894	0.1	192	45	23.9	23.9	17	93	FC	GL	SR, GL	Q	In	FF
EG04	38.3175	139.0591	37.9464	138.6935	0.4	220	45	52.7	23.5	17	101	IBB	TG, GL	SR	TC	In	FF
EG05	37.9986	139.1920	37.8573	139.1221	0.1	203	45	16.8	23.9	17	91	FC	GL	GL	Q	In	FF
EG06	37.8437	139.1669	37.6917	139.1443	0.0	188	45	17.0	21.2	15	82	IF	TG, GL	SR, GL	Q	In	FF
NG1	37.8823	138.9043	37.6160	138.8401	0.5	188	45	30.1	24.7	18	82	FC	MCS, TG	SR	Q	In	FF
NG2	38.1328	138.8887	37.8823	138.9059	0.0	174	45	27.9	25.5	18	76	FC	MCS, TG	SR	Q	In	FF
SD1	37.4039	138.2903	37.6673	138.5165	4.0	32	30	35.4	22.0	15	81	IBB	MCS, TG	SR, OE	Q, OE	In	FF
SD2	37.7301	138.4346	37.5919	138.4378	2.0	177	40	15.4	23.9	18	98	FC	MCS, TG	SR	Q	In	FF
SD3	37.6779	138.2873	37.5669	138.2059	3.0	213	40	12.4	23.3	18	126	FC	MCS, TG	SR	QB	In	FF
SD4	37.9853	138.6489	37.7294	138.4327	2.0	212	50	34.2	17.0	15	96						

6) 北陸沖～西南日本沖の震源断層

西日本と日本海南縁に分布する震源断層の断層パラメータについて、パラメータの基準と特徴、評価を付記した表（表5）と断層の矩形モデル図を示す（図8）。断層モデルについては、佐藤ほか（2015）³⁶⁾、佐藤ほか（2016）²⁴⁾、佐藤ほか（2018）³⁷⁾、佐藤ほか（2017）³⁹⁾による。

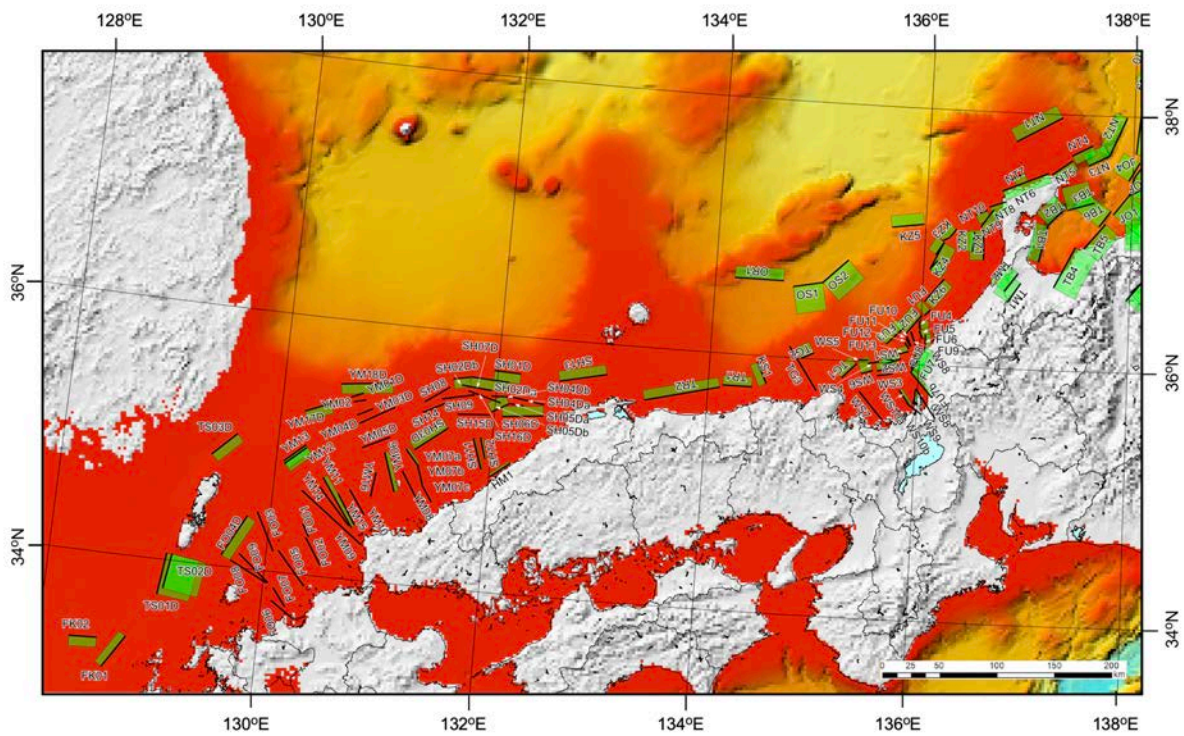


図8 西日本と日本海南縁の震源断層矩形モデル

(c) 結論ならびに今後の課題

令和2年には津軽半島を横断する地殻構造調査が実施された。この構造探査によって断層の深部形状の他、大規模な伏在活断層の存在が明らかになった。ここではこれらの地殻構造探査の成果を活用して、既存資料を取りまとめて半島周辺の震源断層モデルを構築した。これらの震源断層モデルを用いてサブサブテーマ(3-1)で強震動計算が行われ、青森湾西岸断層帯の活動とした強震動計算結果は、1766年明和津軽地震の推定震度分布と整合的であることが判明した。この成果は、津軽半島の地震リスクを考慮する際に重要な資料となる。

これまでの構築した断層モデルの確からしさを表現するために、いくつかの指標を設けてパラメータ表に評価の指標となる項目を記述した。津波や強震動予測には様々なパラメータが必要になるが、震源断層側の確からしさの情報もその一つである。震源断層モデルの確からしさの情報についても、災害予測の上で活用されることが期待される。

(d) 引用文献

- 1) 松浦律子:1766年明和津軽地震, 北原糸子, 松浦律子, 木村玲欧編「日本歴史災事典」, 242-243, 2012.
- 2) 産業技術総合研究所, 東海大学: 沿岸海域における活断層調査「青森湾西岸断層帯(海域部)」成果報告書, 122 p., 2012.
- 3) 太田良平, 大沢 稔, 小野晃司: 5万分の1地質図幅「三厩」及び説明書, 地質調査所, 35p., 1957.
- 4) 斎藤正次, 上村不二雄: 5万分の1地質図幅「母衣月」及び説明書, 33p., 地質調査所, 1957.
- 5) 対馬坤六, 上村不二雄: 5万分の1地質図幅「小泊」及び説明書, 地質調査所, 37p., 1959.
- 6) 上村不二雄, 対馬坤六, 斎藤正次: 5万分の1地質図幅「蟹田」及び説明書, 地質調査所, 35p., 1959.
- 7) 藤井敬三: 油川地域の地質, 地域地質研究報告(5万分の1地質図幅), 地質調査所, 38 p., 1981.
- 8) 藤井敬三: 金木地域の地質, 地域地質研究報告(5万分の1地質図幅), 地質調査所, 40p., 1966.
- 9) 大沢 稔, 平山次郎: 五所川原地域の地質, 地域地質研究報告(5万分の1地質図幅), 地質調査所, 29p., 1970.
- 10) 長森英明, 宝田晋治, 吾妻 崇: 青森西部地域の地質, 地域地質研究報告(5万分の1地質図幅), 産業技術総合研究所地質調査総合センター, 67p., 2013.
- 11) 根本直樹: 津軽半島における新第三紀以降のテクトニクス, 第四紀研究, 53, 4, p.205-212, 2014.
- 12) 今泉俊文, 宮内崇裕, 堤 浩之, 中田 高: 活断層詳細デジタルマップ 新編, 東京大学出版会, USB, 2018.

- 13)佐藤比呂志, 石山達也, 蔵下英司, 加藤直子, 岩崎貴哉, 越谷 信, 戸田 茂, 豊島剛志, 小林 健太: 沿岸海域および海陸統合構造調査, 令和2年度「日本海地震, 津波調査プロジェクト」成果報告書. 2021.
- 14)宮内崇裕, 佐藤比呂志, 八木浩司, 越後智雄, 佐藤尚登: 1:25,000都市圏活断層図「青森」, 国土地理院技術資料, D・1-No.388, 2001.
- 15)産業技術総合研究所: 青森湾西岸断層帯の活動性および活動履歴調査, 「活断層の追加・補完調査」成果報告書, No. H20-3, 2009.
- 16)楮原京子, 越後智雄, 岡田真介, 戸田茂, 井上直人, 宮内崇裕, 今泉俊文, 小坂英輝, 三輪敦志, 坂下晋, 松原由和, 阿部恒平, 黒澤英樹, 松多信尚, 石山達也, 2017, 津軽山地東縁における反射法地震探査, JpGU-AGU Joint Meeting 2017, ポスター発表SSS12-P08.
- 17)石山達也, 佐藤比呂志, 加藤直子, 廣内大助, 越後智雄, 松多信尚, 越谷 信, 戸田茂, 豊島剛志, 小林健太: 陸域活構造調査, 令和2年度「日本海地震, 津波調査プロジェクト」成果報告書. 2021.
- 18)小池一之, 町田 洋編: 日本の海成段丘アトラス, 東京大学出版会, 122p., 2001.
- 19)産業技術総合研究所地質調査総合センター: 日本重力データベース DVD 版, 数値地質図, P-2, 産業技術総合研究所地質調査総合センター, 2013.
- 20)根本直樹: 鱒ヶ沢地域の舞戸層の有孔虫群, 化石, 48, 17-33, 1990.
- 21)地震調査研究推進本部地震調査委員会: 津軽平野東縁断層帯の長期評価について, 地震調査委員会, 16p., 2004
- 22)日本海における大規模地震に関する調査検討会: 日本海における大規模地震に関する調査検討会報告書, 43p., 2014.
- 23)Terakawa, T. and Matsu'ura, M.: The 3-D tectonic stress fields in and around Japan inverted from centroid moment tensor data of seismic events. *Tectonics*, 29, TC6008, doi:10.1029/2009TC002626, 2010.
- 24)佐藤 比呂志, 石山達也, 加藤直子, 橋間昭徳, A. Van Horne, 野 徹雄, 石川正弘, 松原 誠, 越谷 信, 豊島剛志: 断層モデルの構築, 平成27年度「日本海地震・津波調査プロジェクト」成果報告書, 237-268, 2016.
- 25)地震調査研究推進本部地震調査委員会: 柳ヶ瀬・関ヶ原断層帯の長期評価について, 29p., 2004.
- 26)山本博文, 中川登美, 新井房夫: 越前海岸に発達する海成中位段丘群の対比と隆起速度, 第四紀研究, 35, 75-85, 1996.
- 27)杉山雄一, 坂本 泉, 滝野義幸, 宇佐見琢哉, 岸本弘樹, 永田高弘: 浦底一柳ヶ瀬山断層帯の形状・規模と過去の活動に関する検討, 活断層・古地震研究報告, 12, 149-193, 2012.
- 28)地震調査研究推進本部地震調査委員会: 野坂・集福寺断層帯の長期評価について, 19p., 2003.
- 29)阿部信太郎, 山本博文, 荒井良祐: 高分解能マルチチャンネル音波探査記録に基づく郷村断層帯海域延長部の断層分布・性状について, 活断層・古地震研究報告, 12, 195-240, 2012.

- 30)産業技術総合研究所・東海大学：平成25年度 沿岸海域における活断層調査 野坂・集福寺断層帯/野坂断層帯(海域部) 成果報告書, 92 p, 2014.
- 31)野 徹雄, 佐藤 壮, 小平秀一, 高橋成実, 石山達也, 佐藤比呂志, 金田義行：日本海東部におけるマルチチャンネル反射法地震探査, *AMSTEC Report of Research and Development*, 19, 29-47, 2014.
- 32)阿部紫織, 佐藤比呂志, 稲葉 充, 加藤直子, 石山達也, 野 徹夫, 小平秀一：背弧リフトの短縮変形プロセスの研究:秋田堆積盆地を例として, *石油技術協会誌*, 80, 5, 406-407, 2015.
- 33)No, T., T. Sato, S. Kodaira, Ishiyama, T., H. Sato, N. Takahashi, Y. Kaneda: The source fault of the 1983 Nihonkai-Chubu earthquake revealed by seismic imaging, *Earth Planet. Sci. Lett.*, 400, 14-25, 2014.
- 34)佐藤比呂志, 岩崎貴哉, 金沢敏彦, 宮崎真一, 加藤直子, 酒井慎一, 山田知朗, 宮内崇裕, 伊藤谷生, 平田 直: 反射法地震探査・余震観測・地殻変動から見た2007年能登半島地震の特徴について, *東京大学地震研究所彙報*, 82, 369-379, 2007.
- 35)佐藤 比呂志, 平田 直, 石山達也, 橋間昭徳, 加藤直子, A. Van Horne, J. S. Claringbould, 野 徹雄, 佐藤 壮, 石川正弘, 松原 誠, 越谷 信, 豊島剛志, 小林健太, 小菅正裕, 工藤 健: 断層モデルの構築, 平成30年度「日本海地震・津波調査プロジェクト」成果報告書, 205-230, 2019.
- 36)佐藤 比呂志, 石山達也, 橋間昭徳, 加藤直子, A. Van Horne, J. S. Claringbould, 野 徹雄, 石川正弘, 松原 誠, 越谷 信, 豊島剛志, 小林健太, 小菅正裕: 断層モデルの構築, 平成31年度「日本海地震・津波調査プロジェクト」成果報告書, 209-240, 2020.
- 37)佐藤 比呂志, 石山達也, 加藤直子, 橋間昭徳, 野 徹雄, 石川正弘, 武田哲也, 越谷 信, 豊島剛志: 断層モデルの構築, 平成26年度「日本海地震・津波調査プロジェクト」成果報告書, 201-233, 2015.
- 38)佐藤 比呂志, 石山達也, 橋間昭徳, 加藤直子, A. Van Horne, J. S. Claringbould, 野 徹雄, 石川正弘, 松原 誠, 越谷 信, 豊島剛志, 小林健太, 小菅正裕, 工藤 健: 断層モデルの構築, 平成29年度「日本海地震・津波調査プロジェクト」成果報告書, 213-224, 2018.
- 39)佐藤 比呂志, 石山達也, 加藤直子, 橋間昭徳, A. Van Horne, 野 徹雄, 石川正弘, 松原 誠, 越谷 信, 豊島剛志: 断層モデルの構築, 平成28年度「日本海地震・津波調査プロジェクト」成果報告書, 199-218, 2017.

(e) 成果の論文発表・口頭発表等

発表した成果（発表題目、口頭・ポスター発表の別）	発表者氏名	発表した場所（学会等名）	発表した時期	国内・外の別
日本海と沿岸の震源断層モデル（口頭発表）	佐藤比呂志, 石山達也, 野 徹夫, 小平秀一, 加藤直子, Claringbould, J.S., 松原 誠, 橋間昭徳, 石川正弘, 佐藤 壮	地震学会 2020 年度秋季大会	令和 2 年 10 月 29 日	国内

(f) 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

なし

2) ソフトウェア開発

なし

3) 仕様・標準等の策定

なし

(3) 8 ヶ年の成果

(a) 業務の成果

日本海には多数の活断層が存在し、津波の波源となっている。また、海陸境界部には活断層が分布することが多く、震源断層のモデル化は重要な課題である。平成 25 年度には、国土交通省・内閣府・文部科学省が事務局を務める「日本海における大規模地震に関する調査検討会」（以下「日本海検討会」と呼ぶ。）と共同して、産業技術総合研究所および地質調査所、石油公団、海洋研究開発機構のデータなどを基に、日本海全域についての矩形モデルを作成した¹⁾。この報告では、日本海沿岸に広範に影響を及ぼす津波の最大波高や浸水域を推定するという目的があったために、長さ 40 km 以上の断層を抽出した。また、最大規模の災害を評価するために、断層の連動性については最大限評価した断層モデルとなっている。

本プロジェクトでは、震源断層モデルの構築を目的として、海域での大容量エアガンと長大ストリーマケーブルを使用した構造探査、海陸境界域や沿岸平野部での構造探査を実施した（図 9）。これらの構造探査結果を基に、震源断層モデルを構築した（図 10）。ここで構築した断層モデルは、特に最大規模を予測するという特定の問題意識をもったものではない。陸域と同様の観点で断層の単元を設定した。但し、陸上に比べ細かな断層トレースについて情報が少なく、一つのセグメント長は大きい傾向がある。日本海の大規模地殻は、日本海拡大時に大きな地殻の伸張変形を経験したため、陸域より規模の大きな地殻内の断層が形成されてきた。こうした日本海形成期のテクトニクスが断層長にも影響を与えている可能性がある。

2000 年の鳥取県西部地震や 2008 年の岩手宮城内陸地震のように、M7 クラスの地震でも地表近傍の活断層のみでは評価できない被害地震が多く存在する。こうした震源断層か

らのリスクを予め評価するために、広範な地球科学的な特徴を利用して、震源断層の抽出に努めた。海陸境界域では、調査船の航海が難しく、また堆積物が欠如している場合もあって、直接断層の情報を得るのが難しい。一方、陸域の隆起量のよい指標となる海成段丘面の高度分布からは、陸域の隆起が示唆されていても、対応する断層の存在が特定されていない場合が多い。こうした状況から、重力異常などを含めた地下構造の資料を検討し、可能な震源断層を推定した。令和2年度に実施した津軽半島横断地殻構造探査によって、見いだされた津軽平野西縁断層のように、活断層としての特性が明らかになったものもあるが、構築した断層モデルの中には不十分な資料から推定したものも含まれている。これらの異なる基準で構築された断層の矩形モデルについて、統一的に評価を行うために、令和2年度は断層ごとの特徴とパラメータの確からしさを表にして示した。ここでは、それらの結果を基に、震源断層の確からしさを評価した。断層位置、傾斜と変位、活動性についての評価を元に、それぞれの確からしさの評価を点数化し、震源断層としての評価を示した（表6, 7, 8）。日本海沿岸の堆積盆地に比べ、沖合の堆積盆地については、堆積層の年代についての資料が少ない。沖合の場合は、沿岸に比べ堆積速度が低下しているため、断層によって変形している堆積層の年代が不確かな場合が多い。

これらの断層モデルは本プロジェクトでは津波予測・強震動予測のための基礎情報として、また上盤プレート内の断層面上の载荷応力の計算にも使用された。上盤プレート内地震は、生活空間に近く大きな被害を与えるが、その中・長期予測については困難な問題が多い。活動履歴から評価を行うのが一般的であるが、平野部に伏在する断層などについては、活動履歴が十分に評価できないという基本的な問題がある。サブテーマ（2-6）では有限要素モデルの中で震源断層面に作用するクーロン応力の変化率による予測も試みられた。ここでは、震源断層の中では形状のみが使用されたが、現実的には断層のすべり易さの指標となる平均変位速度や最新活動時期など、より断層の個性を反映させた資料を取り込んでその有効性を検討していくことが期待される。本プロジェクトでは、物理モデルによる上盤プレート内の大規模地震の長期・中期予測に対して、具体的な手法を提示することが可能となった。

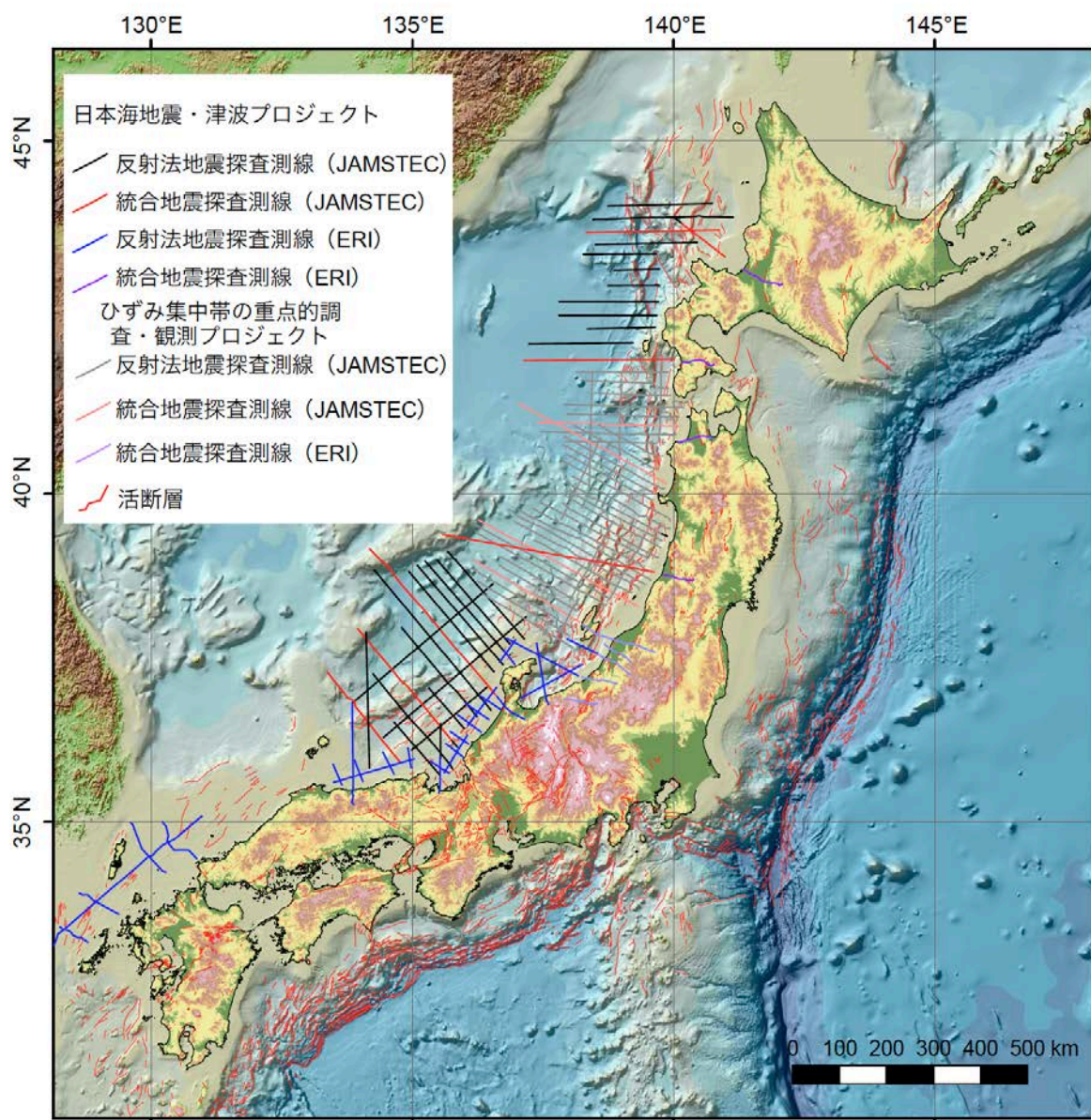


図9 日本海地震・津波調査プロジェクトとひずみ集中帯の重点的調査・観測プロジェクトで取得した地殻構造探査測線

表6 北海道と北東北の震源断層矩形モデルのパラメータと確実性評価

断層名	始点座標		終点座標		上端深さ (km, TP-)	走向 (度)	傾斜 (度)	断層長さ (km)	断層幅 (km)	断層下限 深さ (km)	すべり角 (度)	断層タイプ	確実性
	緯度	経度	緯度	経度									
	JGD2000 (度)	JGD2000 (度)	JGD2000 (度)	JGD2000 (度)									
RS01a	45.5883	141.4063	46.1233	141.1257	0.0	340	30	63.3	34.0	17	55	HC	B
RS01b	45.3239	141.4582	45.5937	141.4118	0.0	353	30	30.2	34.0	17	65	HC	A
RS01c	44.8340	141.7615	45.3069	141.4953	0.0	338	30	56.6	34.0	17	46	HC	A
RS02	45.1845	141.9507	45.4271	141.8264	0.0	339	45	28.7	21.2	15	83	HC	A
RS03a	45.8722	141.0247	46.1193	141.0595	1.0	6	30	27.6	28.0	15	73	HC	B
RS03b	45.5991	140.8384	45.8900	141.0174	1.0	23	30	35.2	28.0	15	85	HC	B
RS03c	45.0834	140.8871	45.6054	140.8274	1.0	355	30	58.2	28.0	15	64	HC	A
RS04	45.1655	140.0562	45.4500	140.5191	1.0	49	30	48.1	32.0	17	77	FC	C
RS05	44.7009	139.7535	45.1178	140.1557	0.0	35	30	56.2	34.0	17	137	FC	C
RS06	44.7096	140.5854	44.9635	140.6617	0.0	12	45	28.8	21.2	15	111	FC	C
RS07	44.6340	141.0069	44.8159	140.9660	0.0	351	30	20.5	30.0	15	56	FC	C
RS08	44.6318	141.3284	44.3704	141.2204	0.0	196	45	30.3	21.2	15	109	FC	C
MS01	44.5834	139.3745	45.0920	139.4784	1.0	9	30	57.1	32.0	17	53	FC	C
MS02	44.5645	139.5662	44.2017	139.5452	1.0	183	45	40.3	22.6	17	82	IF	B
MS03	44.2112	140.1054	44.4531	140.3164	1.0	33	45	31.7	19.8	15	102	IF	C
MS04	44.4665	140.8235	44.0385	140.5727	0.0	203	45	51.6	21.2	15	88	IF	B
MS05	44.1444	140.2247	43.8941	140.0060	1.0	213	45	32.9	19.8	15	86	IF	C
MS06	44.0218	140.4034	43.5953	140.3670	1.0	184	45	47.5	19.8	15	52	IF	B
ST01	43.6691	139.1295	44.2040	139.0732	3.0	357	30	59.6	28.0	17	45	FC	B
ST02	44.1905	139.4983	43.8318	139.5828	1.0	171	40	40.4	24.9	17	94	IF	C
ST03	43.8533	139.7320	44.0122	139.5463	1.0	321	45	23.1	19.8	15	37	IF	C
ST04	43.8333	139.8388	43.5527	140.0709	1.0	150	45	36.3	19.8	15	67	FC	C
ST05	43.4570	140.1559	43.2539	140.1084	1.0	190	45	22.9	19.8	15	91	IF	C
ST06	43.7036	139.6400	43.2894	139.6632	2.0	179	30	46.0	30.0	17	66	IF	A
ST07	43.2833	139.5595	43.0753	139.5463	3.0	184	45	23.1	19.8	17	99	IF	A
ST08	43.7669	139.2522	43.4401	139.3649	3.0	167	45	37.4	19.8	17	47	IF	A
ST09	43.4392	139.3562	43.0882	139.3710	4.0	179	45	39.0	18.4	17	85	IF	A
ST10	43.1422	140.0663	42.8448	140.1193	1.0	173	45	33.3	19.8	15	76	FC	D
OK01	43.0807	139.4299	42.5547	139.5124	3.0	174	45	58.8	19.8	17	97	IF	A
OK02	42.5772	139.4046	42.2421	139.6683	2.0	151	45	43.1	18.4	15	49	IF	A
OK03a	42.8315	139.2484	42.5838	139.2779	3.0	176	45	27.6	19.8	17	100	IF	A
OK03b	42.5827	139.2735	42.4224	139.1527	3.0	210	45	20.4	19.8	17	112	IF	A
OK04	41.9701	139.2838	42.4072	139.0996	3.0	344	45	50.9	19.8	17	28	FC	B
OK05	42.4385	139.2762	41.9114	139.4083	2.0	171	45	59.6	21.2	17	95	IF	B
OK06	42.1742	138.7122	42.3952	138.8625	4.0	28	30	27.5	26.0	17	162	OCB	A
OK07	41.7443	138.6209	42.2366	138.9170	4.0	26	30	59.9	26.0	17	165	OCB	A
OK08	41.8778	139.5284	42.1154	139.6469	1.0	21	45	28.1	19.8	15	153	FC	B
OK09	41.5377	139.5239	42.0601	139.3412	2.0	346	30	60.0	30.0	17	127	FC	B
OS01	42.6690	140.3123	42.9012	140.2931	0.0	357	45	25.8	21.2	15	81	IF	C
OS02	42.7984	140.2606	42.5237	140.3595	0.0	165	45	31.6	21.2	15	77	IF	B
OS03	42.2005	139.6874	42.6925	139.7994	0.0	10	45	55.4	21.2	15	116	FC	B
OS04	42.5119	140.3753	42.2114	140.2089	0.0	203	45	36.1	21.2	15	118	FC	C
OS05	41.8800	139.9628	42.1320	139.7467	1.0	328	45	33.2	19.8	15	0	FC	B
OS06	42.2669	140.3931	42.0976	140.5632	0.0	144	45	23.5	21.2	15	78	OCB	C
OS07	41.9339	140.6327	41.6895	140.5927	1.0	187	45	27.3	19.8	15	104	OCB	A
OS08	41.3870	139.8480	41.8358	139.9364	1.0	9	45	50.4	19.8	15	114	OF	C
RM01	44.0668	141.6297	44.3256	141.6204	0.0	358	30	28.8	34.0	17	69	HC	C
IK01	43.0431	141.4977	43.1413	141.5335	0.0	15	45	11.3	21.2	15	86	FC	A
IK02	43.0546	141.5429	42.9036	141.5834	0.0	168	45	17.1	21.2	15	88	FC	A
IK03	43.0249	141.3513	43.1892	141.4136	0.0	15	45	18.9	21.2	15	-72	FC	A
IK04	43.3769	141.4603	43.2006	141.3747	0.0	199	45	20.8	21.2	15	-114	FC	A
MK01a	43.8442	141.8917	43.5210	141.8543	0.0	184	30	36.0	30.0	15	105	FC	A
MK01b	43.5198	141.8450	43.3451	141.6581	0.0	217	30	24.6	30.0	15	128	FC	A
MK02	43.4836	141.5756	43.1789	141.5631	0.0	181	45	33.8	21.2	15	98	FC	A
TR01	41.2912	140.5979	41.0273	140.6817	0.0	167	45	30.1	21.2	15	35	FC	A
TR02a	40.8549	140.6768	40.6659	140.5862	1.0	199	45	22.4	19.8	15	51	IF	A
TR02b	40.9812	140.6131	40.8549	140.6768	0.0	158	45	14.9	21.2	15	78	IF	B
TR02c	41.1707	140.4835	40.9812	140.6131	1.0	153	45	23.7	19.8	15	100	IF	D
AM01	40.8461	140.7101	40.6653	140.7258	0.0	176	45	20.1	21.2	15	42	IF	A
AM02	40.9701	140.7470	40.8329	140.7619	0.0	175	45	15.3	21.2	15	42	IF	A
AJ01a	40.7918	140.2892	40.5953	140.2410	1.0	191	40	22.2	19.8	15	114	IF	A
AJ01b	40.9639	140.3696	40.7918	140.2892	1.0	200	40	20.3	19.8	15	102	IF	C
MMP01	41.3738	138.5729	41.7015	138.5905	2.5	4	30	36.4	29.0	17	113	OOB	B
MMP02	41.4119	138.6133	41.6916	138.7190	3.3	17	40	32.3	21.3	17	111	OOB	A
MMP03	41.1776	138.3306	41.3625	138.4645	3.3	30	40	23.4	21.3	17	102	OOB	A
MMP04	40.9070	138.2996	41.3239	138.5367	2.8	25	40	50.4	22.1	17	102	OOB	A
MMP05	40.8880	138.1671	41.0667	138.3401	3.2	38	35	24.6	20.6	15	98	OOB	A
MMP06	40.8817	138.4598	40.6191	138.2321	3.5	215	35	34.9	23.5	17	132	OOB	A
OS10	41.2429	139.4882	41.5183	139.4793	1.5	360	30	30.6	27.0	15	100	FC	A
OS11	41.1099	140.1104	41.3625	140.1546	0.5	8	45	28.3	20.5	15	96	IF	B
MMS01	40.7663	139.2065	41.1933	138.9204	2.9	334	25	53.2	33.4	17	69	OCB	A
MMS02	41.3014	139.3833	41.0178	139.0772	3.3	220	40	40.6	18.2	15	130	IF	A
MMS03	41.1966	139.4891	40.9514	139.3482	2.3	205	45	29.7	18.0	15	108	IF	A
MMS04	40.6502	138.9880	40.8352	139.0750	3.0	21	25	21.8	33.1	17	89	OCB	A
MMS05	40.8023	138.8321	40.6116	138.6689	3.5	215	45	25.3	19.1	17	129	FC	A
MMS06	40.5907	138.6744	40.2310	138.5597	2.9	195	30	41.1	28.2	17	100	FC	A

確実性を枠内の色で表現。A:オレンジ、B:黄色、C:黄緑、D:青。

表7 東北～北陸沖の震源断層矩形モデルのパラメータと確実性評価

断層名	始点座標		終点座標		上端深さ (km, TP-)	走向 (度)	傾斜 (度)	断層長さ (km)	断層幅 (km)	断層下 限深さ (km)	すべり角 (度)	断層タイプ	確実性
	緯度	経度	緯度	経度									
	JGD2000 (度)	JGD2000 (度)	JGD2000 (度)	JGD2000 (度)									
NTG01	41.2949	139.7669	40.9145	139.6673	2.0	192	40	43.1	23.3	17	99	FC	A
NTG02	41.0536	139.9504	41.3195	139.8924	0.3	351	45	29.9	20.8	15	88	FC	B
NTG03	40.8959	139.6669	40.4527	139.8272	1.5	165	45	51.0	21.9	17	103	IF	B
NTG04	40.6747	139.7472	41.0386	139.7806	0.9	5	25	40.5	33.4	15	91	FC	B
NTG05	41.2905	139.5548	40.7058	139.5134	1.6	184	45	65.0	21.8	17	96	IF	A
NTG06	40.7058	139.5134	40.4943	139.6089	1.8	162	55	24.8	18.6	17	95	IF	A
NTG07	41.0487	139.8218	41.3447	139.8384	0.9	3	30	32.9	28.2	15	90	FC	A
TGR01	41.0273	140.0603	40.7360	140.1148	0.4	173	45	32.7	20.6	15	91	FC	B
MGM01	40.1821	138.7927	40.6186	139.0505	2.7	26	25	53.2	33.8	17	69	OCB	A
MGM02	40.5022	138.9499	40.3009	138.8136	3.0	209	50	25.2	18.3	17	101	FC	A
MGM03	40.2509	138.8178	40.1025	138.6328	2.8	225	40	22.8	22.1	17	140	FC	A
MGM04	40.0925	138.6268	39.8528	138.5448	3.1	196	45	27.5	19.7	17	101	IF	A
MGM05	40.0575	138.9998	39.8785	138.7869	2.4	224	50	26.9	19.1	17	145	FC	A
MGM06	39.8598	138.7859	39.5665	138.7441	2.0	188	45	32.8	21.2	17	91	FC	A
MGM07	39.4760	138.3241	39.9096	138.6173	2.2	29	40	54.3	23.0	17	103	FC	A
MGM08	39.6230	139.2621	39.3414	138.9844	0.8	219	40	39.3	25.2	17	120	IF	A
MGM09	39.6744	138.9925	39.1479	138.9263	0.5	187	50	58.7	21.5	17	83	IF	B
MGM10	39.5279	138.7836	39.2384	138.6277	0.9	204	45	34.8	22.8	17	121	IF	A
MGM11	39.4838	138.5924	39.2467	138.5571	0.9	188	45	26.5	22.8	17	98	IF	A
MGM12	39.2451	138.5916	38.8901	138.5057	1.0	192	45	40.1	22.6	17	99	IF	A
MGM13	39.0398	138.7402	38.8115	138.5330	0.6	217	45	31.1	23.2	17	122	IF	A
MGM14	40.1422	138.8760	39.9017	138.7126	2.5	209	40	30.1	22.6	17	120	IF	A
AKT01	39.9501	139.9565	40.3152	140.0493	0.0	12	40	41.3	26.4	17	99	IBB	A
AKT02	39.7696	139.7109	40.0350	139.6181	0.0	346	51	30.5	19.3	15	63	IF	B
AKT03	40.2861	139.8916	39.9909	139.8295	0.1	190	60	33.2	19.5	17	101	IF	C
AKT04	40.3618	139.7371	40.0206	139.7917	0.1	174	55	38.2	20.6	17	85	IF	A
AKT05	39.9560	139.6498	39.6521	139.4352	0.8	209	50	38.4	21.1	17	105	IF	A
AKT06	39.8183	139.5870	39.4114	139.5549	0.3	184	45	45.3	23.6	17	85	IF	A
AKT07	39.9012	139.9367	39.4461	139.7304	0.1	200	45	53.5	23.9	17	98	IBB	A
AKT08	39.3380	139.8027	39.7150	139.9405	0.1	17	30	43.5	33.8	17	90	IBB	C
AKT09	39.3393	140.0103	39.6675	140.0095	0.1	1	40	36.4	26.3	17	76	IF	B
SHN01	38.7443	139.8556	39.0845	139.8800	0.0	4	45	37.8	21.2	15	78	IF	A
SHN02	38.7255	139.9585	39.0551	139.9464	0.0	359	45	36.6	21.2	15	74	IF	A
SHN03	39.3137	139.9656	39.0270	139.8684	0.3	195	50	32.9	19.2	15	94	FC	B
SHN04	39.4281	139.7057	38.9854	139.5135	0.4	200	50	51.9	21.7	17	97	IBB	B
SHN05	39.0431	139.7491	38.7815	139.5886	0.3	206	50	32.2	21.8	17	103	IBB	D
SHN06	38.9935	139.3964	38.7746	138.8738	0.6	243	45	51.4	23.2	17	119	IF	A
SHN07	39.2529	139.3791	39.0114	138.7869	0.5	244	40	57.8	25.7	17	130	IF	A
SHN08	38.8955	139.5032	38.6836	139.2177	0.5	228	45	34.2	23.3	17	112	IF	A
SHN09	38.5650	139.1967	38.7575	139.3472	0.3	33	40	25.1	26.0	17	95	IF	B
SHN10	38.8490	139.8225	38.6979	139.7282	0.1	207	45	18.7	21.1	15	104	FC	D
SHN11	38.4986	139.4587	38.7263	139.5853	0.1	24	30	27.6	29.8	15	86	FC	C
SD07	37.8999	138.2538	38.1478	138.5451	0.0	44	45	37.6	21.2	15	98	FC	B
SD08	38.4166	138.6880	38.0367	138.3515	0.4	216	45	51.5	23.5	17	97	FC	C
SD09	38.5391	138.3902	38.2203	138.1614	0.4	211	45	40.7	23.5	17	113	IF	B
SD10	38.7448	138.2759	38.4400	138.1310	1.3	202	45	36.1	22.2	17	106	IF	B
SD11	38.2287	138.7915	38.0303	138.5930	0.5	220	45	28.1	23.3	17	101	IF	B
MRK01	38.5490	139.4038	38.2674	139.2410	0.3	206	45	34.3	23.6	17	103	IF	B
MRK02	38.2132	139.3292	38.4802	139.4799	0.1	25	30	32.4	33.8	17	87	FC	C
MRK03	38.6836	139.2177	38.3446	139.0599	0.6	201	45	40.1	23.2	17	97	IF	A
MRK04	38.7100	139.0654	38.4253	138.9841	0.6	194	45	32.4	23.2	17	91	IF	A
MRK05	38.7963	138.8301	38.4461	138.6924	0.6	199	45	40.7	23.2	17	95	IF	A
MRK06	38.9478	138.9190	38.7342	138.7170	0.6	218	45	29.5	23.2	17	111	IF	A
MRK07	38.6375	138.2669	38.8545	138.4600	0.7	37	55	29.4	19.9	17	111	IF	A
MRK08	38.8283	138.4288	38.6134	138.1241	0.8	230	50	35.7	21.1	17	131	IF	A
MRK09	38.6478	138.8332	38.3703	138.7503	1.0	195	45	31.6	22.6	17	92	IF	A
ECC01	37.9888	139.2995	38.1730	139.4438	0.0	33	40	24.0	23.3	15	95	IBB	B
ECC02	37.6137	139.1522	37.9480	139.3113	0.0	22	40	39.7	23.3	15	81	IBB	B
ECC03	38.2674	139.2410	38.0558	139.1894	0.1	192	45	23.9	23.9	17	93	FC	B
ECC04	38.3175	139.0591	37.9464	138.6835	0.4	220	45	52.7	23.5	17	101	IBB	B
ECC05	37.9986	139.1920	37.8573	139.1221	0.1	203	45	16.8	23.9	17	91	FC	C
ECC06	37.8437	139.1669	37.6917	139.1443	0.0	188	45	17.0	21.2	15	82	IF	A
NG1	37.8823	138.9043	37.6160	138.8401	0.5	188	45	30.1	24.7	18	82	FC	A
NG2	38.1328	138.8887	37.8823	138.9059	0.0	174	45	27.9	25.5	18	76	FC	A
SD1	37.4039	138.2903	37.6673	138.5165	4.0	32	30	35.4	22.0	15	81	IBB	A
SD2	37.7301	138.4346	37.5919	138.4378	2.0	177	40	15.4	23.9	18	98	FC	A
SD3	37.6779	138.2873	37.5869	138.2059	3.0	213	40	12.4	23.3	18	126	FC	B
SD4	37.9853	138.6489	37.7294	138.4327	2.0	212	50	34.2	17.0	15	96	IBB	B
SD5	37.7101	138.0259	38.0925	138.0713	2.6	4	45	42.7	17.5	15	69	IBB	B
SD6	38.0925	138.0729	38.1142	138.3205	1.4	38	45	33.8	19.2	15	73	FC	B
JO1	37.2331	137.8188	37.3871	137.9677	2.3	36	25	21.6	37.1	18	125	IBB	A
JO2	37.3871	137.9677	37.4945	138.2356	2.2	61	30	26.6	31.6	18	111	IBB	A
JO3	37.3858	137.9692	37.5332	138.0178	2.0	13	45	16.9	22.6	18	101	IBB	A
JO4	37.6455	138.0648	37.4995	137.9598	1.8	208	45	18.7	22.9	18	63	IBB	A
TB1	37.1303	137.1842	36.8450	137.1074	2.5	191	50	32.4	16.3	15	55	IBB	A
TB2	37.2795	137.3565	37.1353	137.1889	2.8	222	40	21.9	19.0	15	95	IBB	A
TB3	37.3195	137.6292	37.2557	137.3691	3.5	251	30	24.1	23.0	15	120	IBB	B
TB4	36.6482	137.2625	36.9683	137.4615	3.0	25	30	39.7	24.0	15	50	IBB	B
TB5	36.9595	137.5430	37.1579	137.7467	1.5	38	40	28.5	21.0	15	76	IBB	B
TB6	37.2594	137.7937	37.1353	137.6825	2.0	214	30	17.0	32.0	18	94	IF	A
NT1	37.9813	137.2359	37.7961	136.9565	0.5	229	50	32.0	18.9	15	101	IF	C
	37.7961	136.9565	37.7782	136.7912	0.5	261	50	14.7	18.9	15	148	IF	C
NT2	37.9928	137.9269	37.6895	137.7640	2.5	201	50	36.6	16.3	15	78	IBB	B
NT3	37.6895	137.7640	37.6086	137.5618	2.3	242	50	20.0	16.6	15	117	IF	B
NT4	37.6808	137.3973	37.7642	137.5963	0.7	61	60	19.8	16.5	15	122	IF	B
NT5	37.5278	137.2075	37.6426	137.4050	0.2	52	60	21.6	17.1	15	108	IF	A
NT6	37.3867	136.7296	37.5366	137.1731	0.5	66	60	42.6	16.7	15	124	IF	B
NT7	37.4895	136.8300	37.5307	136.9397	0.1	64	65	10.7	16.4	15	126	IF	A
NT8	37.2569	136.6106	37.3045	136.7705	0.5	69	60	15.1	16.7	15	128	IF	A
NT9	37.1002	136.5354	37.2369	136.6530	0.5	34	60	18.4	16.7	15	94	IF	A
NT10	37.1905	136.4806	37.2294	136.5887	0.5	65	60	10.5	16.7	15	125	IF	B
KZ1	37.0738	136.5621	36.8412	136.5746	0.5	177	60	25.8	16.7	15	42	IF	B
KZ2	37.0575	136.4775	36.9016	136.4618	0.5	184	60	1					

表 8 西日本と日本海南縁の震源断層矩形モデルのパラメータと確実性評価

断層 No.	始点座標		終点座標		上端深さ (km, TP-)	走向 (度)	傾斜 (度)	断層長さ (km)	断層幅 (km)	地震発生層の深さ (km)	すべり角 (度)	断層タイプ	確実性
	緯度	経度	緯度	経度									
	(度)	(度)	(度)	(度)									
FU1	36.4325	136.0845	36.3900	136.0319	1.2	224	50	6.7	18.0	15	156	IF	A
FU2	36.3884	136.0039	36.2384	135.8598	1.2	217	50	21.1	18.0	15	150	IF	A
FU3	36.2852	135.8403	36.1503	135.6776	1.2	224	55	20.9	16.8	15	158	IF	A
FU4	36.2794	135.9904	36.3465	135.9850	1.1	356	60	7.5	16.1	15	54	FC	A
FU5	36.2052	136.0243	36.2670	135.9863	1.1	333	60	7.7	16.1	15	31	FC	B
FU6	36.1481	136.0520	36.2397	136.0481	1.1	357	70	10.2	14.8	15	53	FC	B
FU7a	35.9393	135.9253	36.1411	136.0533	1.1	27	45	25.2	19.7	15	107	FC	A
FU7b	35.9393	135.9253	35.7476	136.1331	0.0	319	70	28.4	16.0	15	15	FC	A
FU8	35.9672	135.9297	36.1197	135.9740	1.1	13	30	17.4	11.8	7	64	IF	A
FU9	36.2571	135.9079	36.1564	135.9561	0.2	158	90	12.0	14.8	15	-23	VF	B
FU10	36.2507	135.9023	36.1531	135.9500	0.2	158	90	11.6	14.8	15	-23	VF	B
FU11	36.2238	135.8667	36.1435	135.9164	0.2	153	90	10.0	14.8	15	-20	VF	B
FU12	36.2003	135.8665	36.1397	135.9077	0.2	151	90	7.7	14.8	15	-20	VF	B
FU13	36.1005	135.8946	36.0787	135.8040	0.3	253	70	8.5	15.6	15	175	IF	B
WS1	36.0401	135.8245	35.9875	135.6590	0.3	248	60	16.0	17.0	15	180	IF	A
WS2	35.9755	135.7944	35.9371	135.6037	1.0	256	60	17.7	16.2	15	-176	IF	B
WS3	35.9212	135.7546	35.8997	135.6073	0.3	259	90	13.5	14.7	15	177	VF	B
WS4	36.0094	135.6164	35.9873	135.5102	0.3	255	90	9.9	14.9	15	178	VF	B
WS5	36.0178	135.5151	36.0136	135.4058	0.3	267	90	9.9	14.7	15	174	VF	B
WS6	35.9378	135.5605	35.9090	135.4525	1.0	252	50	10.3	18.3	15	173	IF	A
WS7	35.5564	135.6772	35.7701	135.4430	0.2	318	90	31.8	14.8	15	5	VF	B
WS8	35.8157	135.9821	35.5867	136.1846	0.1	144	90	31.4	14.9	15	-19	VF	B
WS9	35.6863	135.9725	35.7995	135.9739	0.1	1	70	12.6	14.9	15	45	FC	B
WS10a	35.6736	135.9157	35.8031	135.8077	0.1	326	70	17.4	15.9	15	-15	FC	B
WS10b	35.6030	136.0493	35.6736	135.9157	0.0	303	90	14.4	15.0	15	-49	VF	B
TG1	35.9829	135.4028	35.8685	135.2679	0.6	224	60	17.6	16.6	15	152	IF	A
TG2	36.0479	134.9899	36.0010	134.8727	1.5	244	55	11.8	16.5	15	-177	IF	B
TG3	35.7553	135.0337	36.0876	134.7537	0.3	326	90	44.7	14.7	15	9	VF	B
KS1	35.9480	134.4569	35.7853	134.5519	0.3	154	65	20.0	16.2	15	9	IF	D
TR1	35.7537	134.4185	35.7533	134.1389	0.3	270	60	25.3	17.0	15	-147	IF	B
TR2	35.7344	134.1143	35.5910	133.4068	0.2	257	60	66.0	17.1	15	-166	IF	B
TM1	36.6724	136.9437	36.5214	136.8299	0.0	212	45	19.9	21.2	15	105	IF	B
TM2	36.7494	136.9154	36.6047	136.7882	0.0	214	45	19.7	21.2	15	107	IF	B
OR1	36.5941	134.6573	36.5941	134.1854	0.5	270	55	42.2	17.7	15	-135	IBB	D
OS1	36.5526	134.7499	36.5989	135.0334	0.3	79	35	25.9	29.1	17	-61	IBB	D
OS2	36.5989	135.0334	36.7864	135.2704	0.3	45	35	29.7	25.6	15	-79	IBB	D
SH01D	35.7201	131.9654	35.7122	132.2177	0.2	90	60	22.9	17.0	15	-145	TD	B
SH02Da	35.6541	131.7457	35.6377	132.1133	0.2	91	60	33.4	17.1	15	-155	IF	B
SH02Db	35.6256	131.5846	35.6508	131.7405	0.2	77	60	14.4	17.1	15	-177	IF	B
SH03D	35.2425	131.5788	35.0514	131.2826	0.2	230	60	34.3	17.2	15	157	IF	B
SH04Da	35.5264	132.1644	35.4906	132.4610	0.2	96	-	27.2	-	15	-	FC	C
SH04Db	35.5213	131.9545	35.5264	132.1644	0.2	87	-	19.1	-	15	-	FC	C
SH05Da	35.4659	132.2691	35.4746	132.1381	0.2	273	-	11.9	-	15	-	FC	C
SH05Db	35.4747	132.1329	35.3983	131.9722	0.2	238	60	16.9	17.1	15	162	IF	B
SH06D	35.4039	132.4645	35.3708	132.0746	0.2	262	60	35.6	17.2	15	178	IF	B
SH07D	35.5851	131.6694	35.5634	131.9560	0.2	94	-	26.1	-	15	-	FC	C
SH08D	35.4277	131.3331	35.5588	131.5603	0.2	53	-	25.2	-	15	-	FC	C
SH09	35.5178	131.7967	35.4634	131.4949	0.2	256	-	28.1	-	15	-	FC	C
SH11	34.9483	131.9202	35.1814	131.8239	0.2	340	85	27.3	14.9	15	6	FC	B
SH12	35.0331	131.9482	35.1922	131.8906	0.2	342	80	18.4	15.1	15	14	FC	B
SH13	35.7644	133.0328	35.6840	132.5889	0.2	255	60	41.2	17.2	15	-176	FC	B
SH14	35.3444	131.3262	35.4341	131.5356	0.2	61	-	21.5	-	15	-	PS	C
SH15D	35.3731	131.9606	35.3574	131.6530	0.2	265	-	28.0	-	15	-	PS	C
SH16D	35.4743	132.0495	35.5450	131.7356	0.2	284	-	29.5	-	15	-	PS	C
YM04D	35.3623	131.0593	35.2108	130.7414	0.2	239	-	33.4	-	15	-	PS	C
YM05D	35.1284	131.0404	35.0254	130.7873	0.2	243	-	25.8	-	15	-	PS	C
YM06	34.7096	131.1289	35.0078	131.0050	0.2	340	75	35.0	15.4	15	42	CF	B
YM07a	34.9348	131.3241	35.0477	131.2044	0.2	318	80	16.6	15.1	15	-9	VF	B
YM07b	34.7893	131.3846	34.9348	131.3241	0.2	340	90	17.1	14.9	15	-17	VF	B
YM07c	34.6603	131.4842	34.7862	131.3804	0.2	324	90	16.9	14.9	15	-5	VF	B
YM08	34.5759	131.4189	34.8779	131.1872	0.2	326	90	39.7	14.9	15	0	VF	B
YM09	34.2796	130.8684	34.6497	130.2687	0.2	306	90	68.7	14.9	15	-12	VF	B
YM10	34.5096	130.8717	34.6931	130.7148	0.2	324	90	24.9	14.9	15	-3	VF	B
YM11	34.4018	130.7664	34.7654	130.4548	0.2	324	90	49.4	14.9	15	-12	VF	B
YM12	34.8404	130.0809	34.9820	130.2742	0.2	48	60	23.6	17.2	15	-163	FC	B
YM13	34.8592	130.0707	35.0007	130.2627	0.2	48	60	23.5	17.2	15	-163	FC	B
YM14	34.4132	130.7408	34.6894	130.4334	0.2	316	90	41.6	14.9	15	-8	VF	B
YM15	34.4256	130.7885	34.6524	130.6109	0.2	326	90	30.0	14.9	15	-8	VF	B
YM16	34.6548	130.9136	34.8471	130.9427	0.2	6	90	21.5	14.9	15	148	VF	B
YM17D	35.2601	130.2186	35.3401	130.4556	0.2	67	60	23.3	17.2	15	-109	FC	B
YM18D	35.4995	130.5333	35.5465	131.0213	0.2	82	60	44.6	17.1	15	-86	FC	B
FO01	34.3929	130.3121	34.2965	130.3773	0.2	150	90	12.3	14.9	15	21	VF	B
FO02	34.2895	130.3518	34.0890	130.5107	0.2	146	90	26.6	14.9	15	34	VF	B
FO03	34.1569	130.0638	34.4473	129.8799	0.2	332	90	36.4	14.5	15	-21	VF	B
FO05	34.1692	130.1104	33.9145	130.3817	0.2	138	90	37.7	14.9	15	38	VF	B
FO06	33.7792	130.0925	33.6552	130.3119	0.2	123	90	24.5	15.0	15	1	VF	B
FO07	33.8786	130.0986	33.7412	130.2245	0.2	142	90	19.2	15.0	15	11	VF	B
FO08	34.0542	129.6791	33.9097	130.0325	0.2	116	90	36.4	14.9	15	2	VF	B
FO09	34.1127	129.7518	33.9117	130.0466	0.2	129	90	35.2	14.9	15	-3	VF	B
FO04D	34.0871	129.5888	34.4071	129.7913	0.2	27	45	40.1	21.2	15	176	FC	B
TS01D	33.7295	129.0396	34.0528	129.0874	0.2	7	45	27.4	21.2	15	147	FC	B
TS02D	33.7808	129.0873	34.0527	129.1365	0.2	9	60	30.5	17.1	15	169	FC	B
TS03D	34.8508	129.3957	35.0278	129.6145	0.2	45	60	28.0	17.1	15	179	FC	B
FK01	33.3800	128.7988	33.1273	128.6084	0.2	212	65	33.2	16.4	15	-166	FC	B
FK02	33.3333	128.2822	33.3447	128.5365	0.2	87	60	23.7	17.1	15	-29	FC	B
HM1	35.0151	132.1901	34.8992	132.0124	0.0	230	80	20.7	15.2	15	154	VF	C

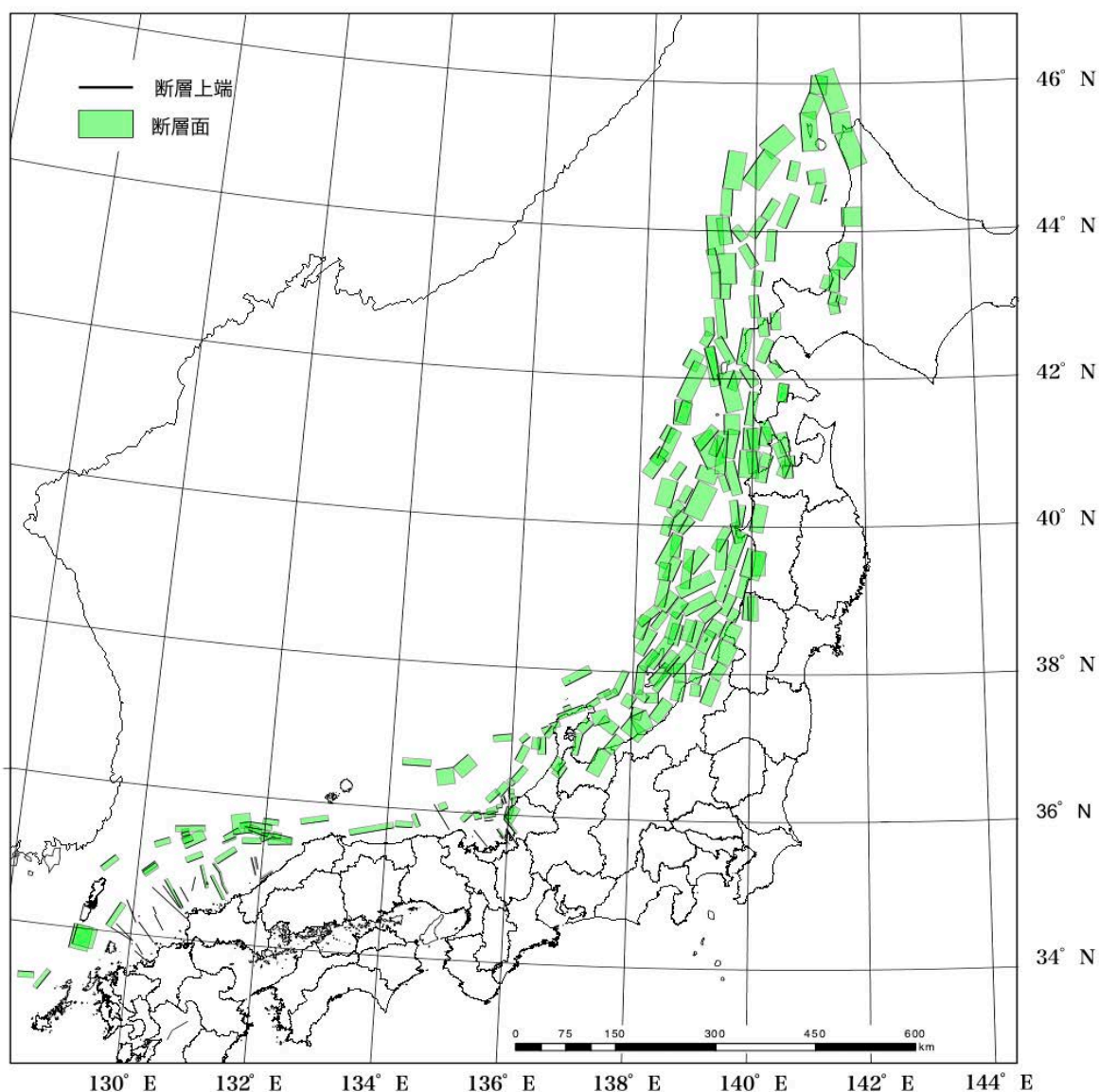


図 10 日本海と沿岸地域の震源断層矩形モデルの分布図

(b) 結論ならびに今後の課題

本プロジェクトで新たに実施した構造探査の資料を加えるとともに、地震学的・岩石学的な知見も含めた地震発生層の厚さについての検討結果も含めて、日本海域と沿岸陸域を含め計 259 条の断層面を震源断層モデルとして構築した。これらの断層は 40 km 以上の長さを有する断層を抽出した日本海検討会（2014）¹⁾に比べ断層数が増加している。また、震源断層として可能性がある構造を広範に抽出した。こうした震源断層についての確からしさの評価も併せて行った。

これらの震源断層モデルは、津波・強震動予測の基礎資料として、本プロジェクトで活用された。この他に、上盤プレート内の震源断層面への载荷応力による地震発生予測の手法検討のための基礎資料を提供した。

厚い堆積層が分布する海陸境界部に伏在する震源断層など、震源断層についての情報は

未だに少ない。今後、こうした情報収集を進める必要がある。震源断層モデルによる過去地震の復元は、伏在する震源断層の評価や上盤プレート内地震とプレート境界地震の関係を明らかにする上で重要であり、今後の進展が望まれる。

(c) 引用文献

- 1) 日本海における大規模地震に関する調査検討会：日本海における大規模地震に関する調査検討会報告書, 43p., 2014.