３．２．５　津波波源モデル・震源断層モデルの構築

３．２．５．１　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か年の年次実施計画（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)　平成３２年度
(e) 平成２７年度業務目的

(2)　平成２７年度の成果
(a) 業務の要約
(b) 業務の実施方法と成果
(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、ソフトウエア開発、仕様・標準等の策定

(3)　平成２８年度業務計画案

(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
	助教	石山　達也
	特任研究員	加藤　直子
	特任研究員	橋間　昭徳
	特任研究員	Anne Van Horne
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	技術研究員	野　徹雄
横浜国立大学大学大学院環境情報研究院	教授	石川　正弘
国立研究開発法人防災科学技術研究所観測・予測研究領域 地震・火山防災研究ユニット	主任研究員	松原　誠
岩手大学工学部	准教授	越谷　信
新潟大学理学部	教授	豊島　剛志

(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か年の年次実施計画

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もとづいて、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、断層モデルを修正し、能登半島沖以西の海域および沿岸の断層モデルを完成させる。

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、構造調査データにもとづいて断層モデルを修正する。

6）平成３０年度:
北海道北部日本海域と沿岸において、断層モデルを修正する。

7）平成３１年度:
北海道南部沖日本海域と沿岸において、断層モデルを修正する。

8）平成３２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・震源断層モデルを完成させる。

(e) 平成２７年度業務目的
平成26年度に実施した福井沖～鳥取県沖の沿岸海域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、断層モデルを更新する。

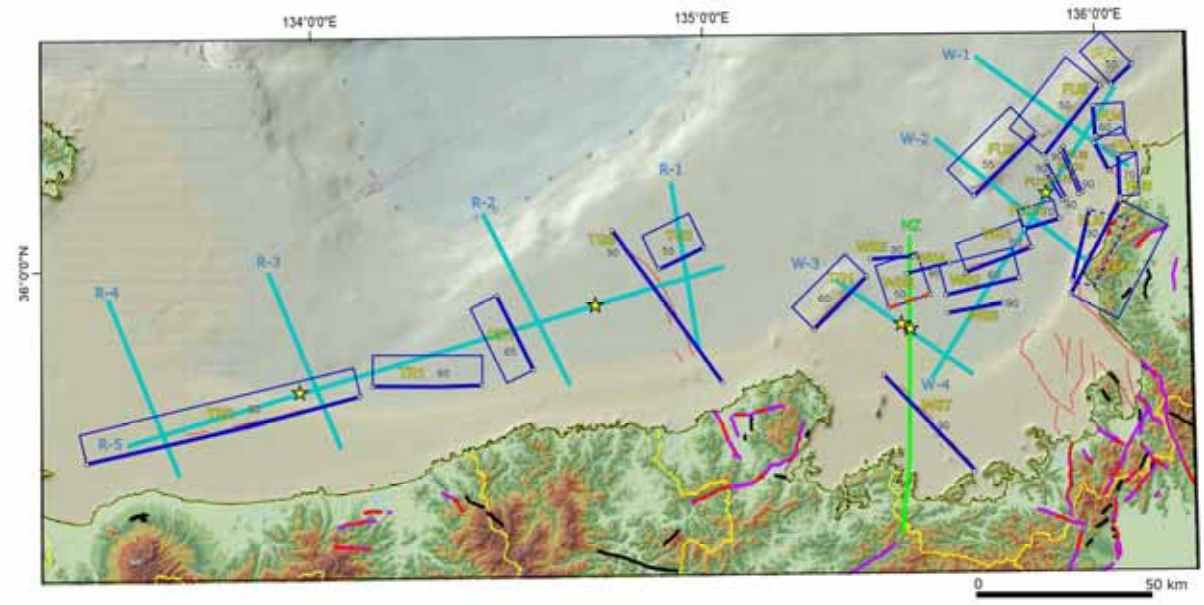
(2) 平成２７年度の成果

(a) 業務の要約
福井沖から鳥取沖にいたる沿岸海域において、平成 26 年度に日本海地震・津波調査プロジェクトで取得した反射法地震探査および海陸統合探査の結果、石油公団の反射法地震探査断面、海底地形、産総研の活断層トレースについて検討を行い、断層の矩形モデルを作成した。

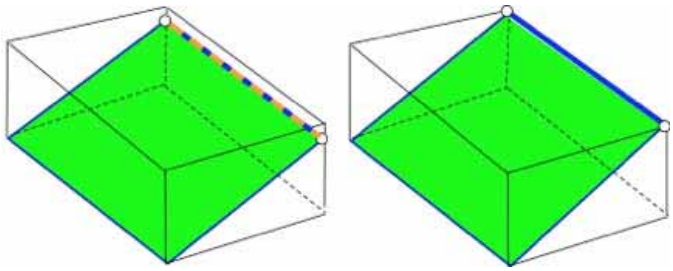
(b) 業務の実施方法と成果

日本海東縁部には多数の活断層が存在し、津波の波源となっている。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)]。特に、地震発生層の深さは、地震波トモグラフィや地質構造に基づく構成岩石の推定と、それらのレオロジー特性を基に推定した。また、地震観測から推定されている応力状態をもとに、断層面のすべり角を求めた [2,3)]。本プロジェクトでは、調査の伸展に併せて断層モデルを更新していくものとし、平成 27 年度には、平成 26 年度にデータを取得した福井沖から鳥取沖までの活断層に対して総合的に検討を加えた。検討結果については矩形モデルとして表現した（図 1）。矩形モデルの作成にあたって、地震発生層の深さについては、日本海検討会（2014）[1)] と同様、レオロジー特性に基づく値 [2)] を参考にした。矩形モデルについては、地域名を 2 文字のアルファベットで表し、番号をつけた。表現した断層の矩形は、地殻変動や津波波源を想定したもので、矩形断層の上端は、地震発生層の上端を意味するものではない。

断層形状の矩形モデルでの表現については、断層形状を優先させて推定した。日本海検討会（2014）[1)] では、日本海全体に影響を与える最大規模の津波想定のための波源断層を評価するために、同時に破壊すると考えられる長さ 40 km を越える断層帯を選定し、単純な矩形で表現している。本調査で作成した矩形モデルでは、陸上の活断層の断層モデルと同様に、より細かな地質構造や断層の形状変化に対応した矩形モデルを作成した。したがって、全般的には日本海研究会が対象としなかった小規模な断層についても矩形として表現した。最大クラス津波高の算定に特化したものではないため、日本海検討会（2014）[1)] のモデルと比べ、断層の矩形の数が増大している。これは、断層の活動性・応力変化に伴う断層の動きやすさの評価などについて検討するための基礎として、細かい形状変化に対応させたことによる。こうした観点から、日本海検討会（2014）[1)] モデルとは異なるものであり、隣接する断層の連動については、津波や強震動予測などの目的に応じて判断する必要がある。断層形状のパラメータ表は、表 1 に示した。断層トレースの位置と長さについては、日本海検討会（2014）[1)]、産業技術総合研究所の海底地質図（山本ほか、2000 [4)]；山本ほか、1993 [5)]；山本ほか、1990 [6)]）や、杉山ほか（2013）[7)] の研究報告に従った。断層の傾斜については、既存の資料の断層の走向と測線の走向をもとに真の傾斜を補正して求めた。



震源断層の矩形モデルの表示



伏在　　地表出現

図１　福井-鳥取沿岸域の震源・波源断層矩形モデル

青実線の矩形 ： 断層面の平面投影、太実線 ： 断層面の上端（端点は白丸で表示）、オレンジ破線 ： 伏在している断層上端の位置、陸域については、矩形モデル化を行っていない。赤・マゼンタ実線 ： 活断層トレース。海域は日本海検討会（2014）[1]、 陸域は中田・今泉編（2002）[8] による。黄色星印 ： 測線上で活断層の存在が判断された地点(断層の走向や長さは不明)。

1）福井沖・若狭湾周辺の断層（FU1～FU13、WS1～7、TG1）

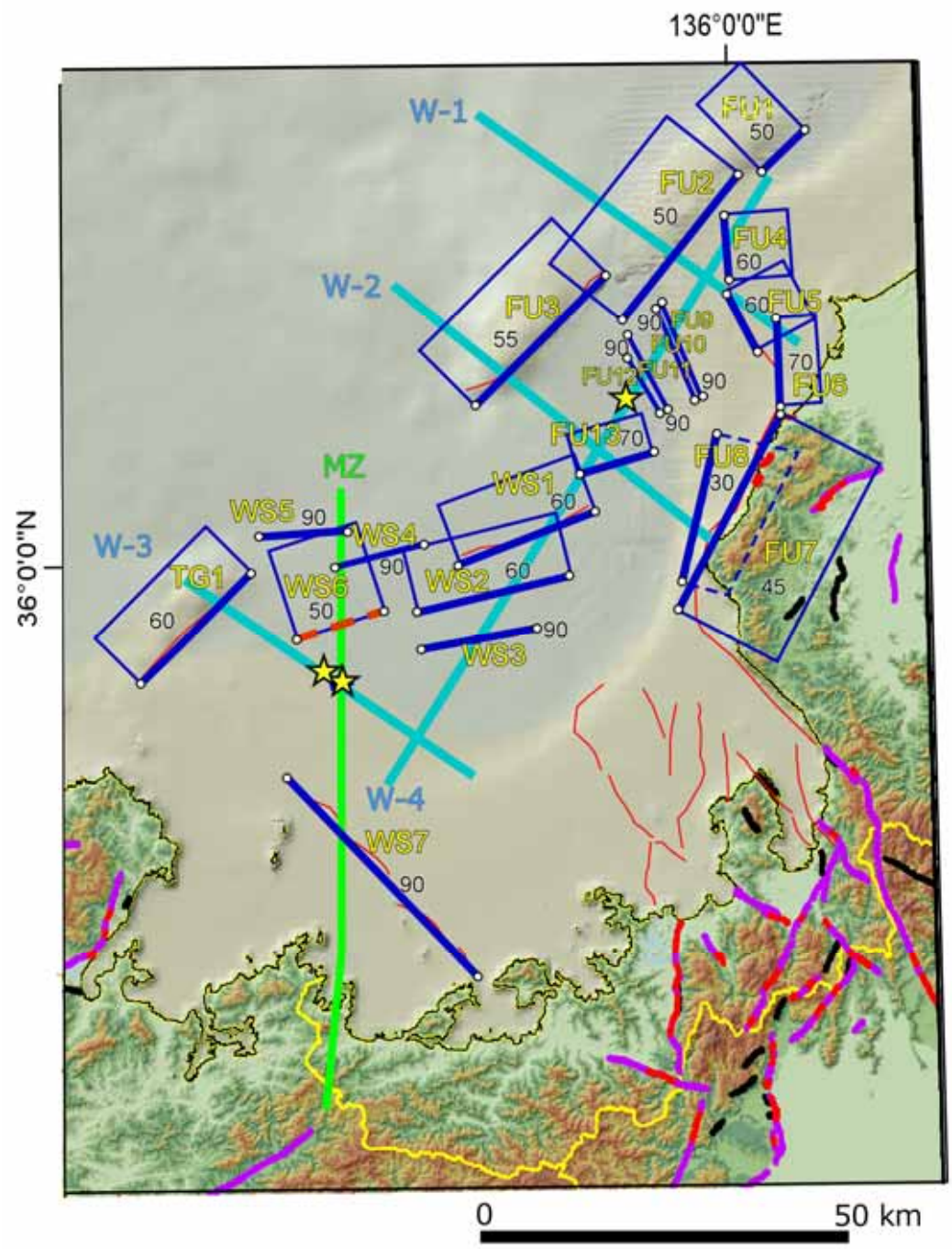


図 2　福井沖・若狭湾周辺の断層矩形モデル。

凡例は図 1 と同様。黄色の文字 ： 断層の記号、水色線 ： 平成 26 年度本プロジェクト構造探査重合測線、黄緑線 ： 平成 27 年度本プロジェクト構造探査重合測線。　矩形内の数値 ： 断層の傾斜（単位は度）。黄色星印 ： 測線上で活断層の存在が判断された地点(断層の走向や長さは不明)。

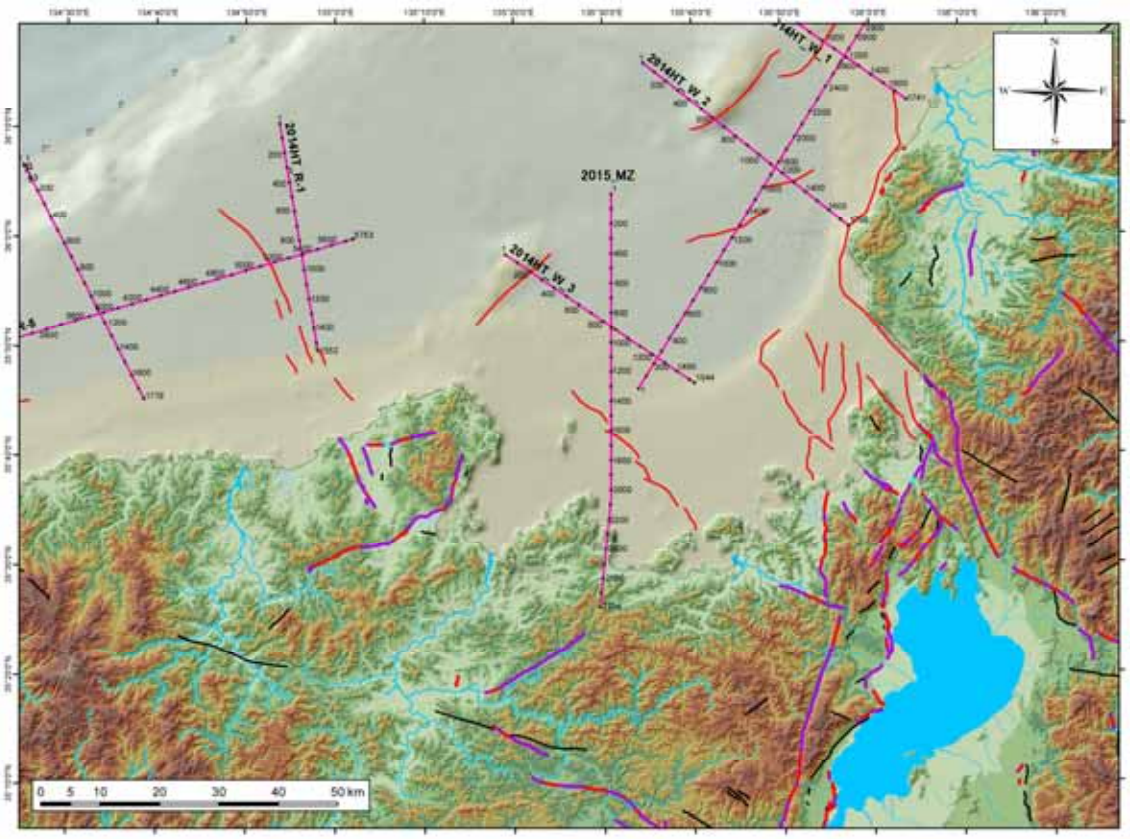


図 3　福井沖～若狭沖海域の探査測線（佐藤ほか、2015）[9]。
赤線 ：海底活断層（日本海検討会、2014[1]）。赤紫色実線 ：反射法地震探査測線、測線上の黒丸と数値は、100 毎の CDP の位置と番号。

FU1～3：日本海検討会（2014）[1] では越前碓列東側の北東-南西方向の断層を取りまとめて、断層 F51 として表現している。越前碓列は、大きく大グリ・松出シおよびゲンタツ瀬から構成され、それぞれの断層はやや走向を異にするとともに、背斜軸部も連続しない（山本ほか、2000）[4]。このため、ここでは F51 に相当する断層を FU1～3 の三条の断層に区分して表現した。いずれも西傾斜の中角度の逆断層で、中新統の層厚は隆起側で厚く日本海形成期の正断層が反転した逆断層と判断される（佐藤ほか、2015 [9]；図 5、6）。連動については、日本海検討会（2014）[1] 同様、三条の断層すべてが連動するケースも想定される。

FU4～FU6：日本海検討会（2014）[1] の F52 断層の北部に相当する福井港西方の断層である。杉山ほか（2013）[7] の柳ヶ瀬・関ヶ原断層主部北方延長域の安島岬北西沖区間と福井沖区間に相当する。南北走向の安島岬北西沖区間（FU4）は東側隆起の逆断層、北西-南東走向の福井沖区間は左横ずれ成分を伴う東側隆起の逆断層と報告されている。福井沖区間については、北部の北西-南東走向の断層（FU5）と、南部ではその東方に位置する南北走向の断層（FU6）の二条の主要な断層から構成されるものと判断した（図 2）。ここでは W－1 測線の断面からそれぞれ 60～70 度の傾斜と推定した（図 4）。

FU7～8：丹生山地の北西を限る柳ヶ瀬・関ヶ原断層主部、鮎川断層群（地震調査推進本部、2004）[10]（FU7）とその沖合の断層（FU8）である。FU7 については、測線 W－2 の範囲外であることから、既存の資料 [11] や平行する丹生山地の隆起運動を考慮して 45 度の傾斜を推定し、FU8 については、W－2 測線の断面から 30 度の傾斜を推定した（図 5）。沖合の FU8 は FU7 から浅部で分岐した断層と推定される。矩形モデルでは、浅部の矩形のみを表現し、FU8 の断層下端は FU7 との分岐位置を示した。

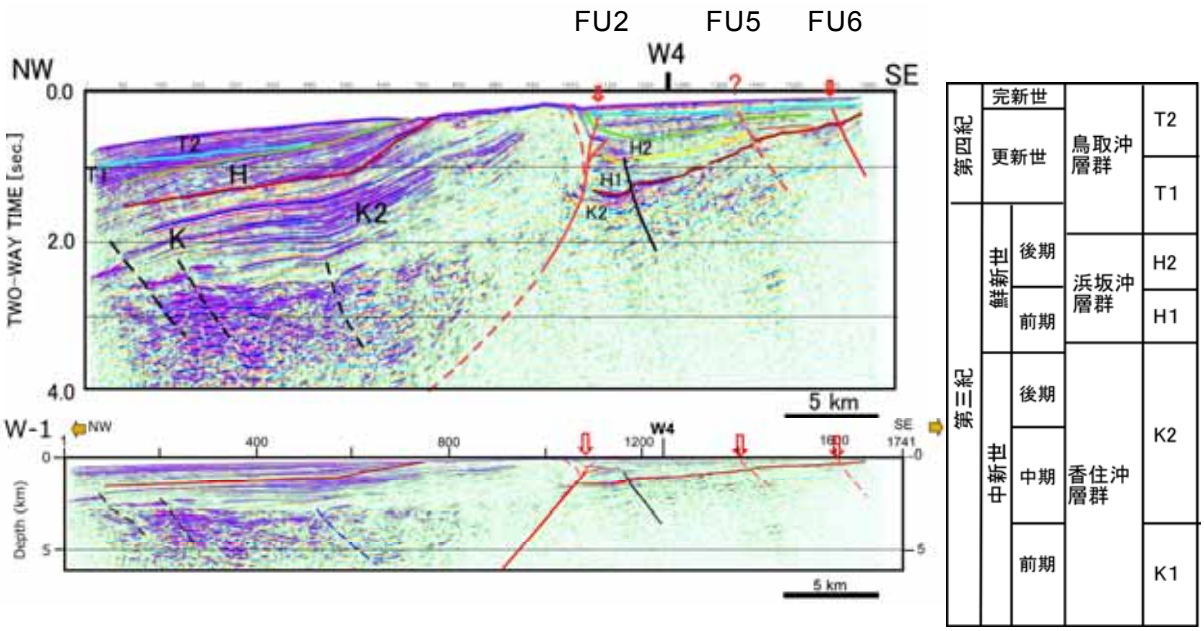


図 4　W－1 測線の反射法地震探査断面の地質学的解釈。
（上）時間マイグレーション断面、（下）深度変換断面、（右）解釈に用いた層序（山本ほか, 2000）[4] を元に作成。
K：香住沖層群、H：浜坂沖層群、T：鳥取沖層群。赤線 ：活断層、赤波線 ：推定活断層、青線 ：鮮新世以降に活動した断層、黒線 ：地質断層。断層の詳細イメージについては、佐藤ほか（2015）[9] の図 46、47 を参照されたい。

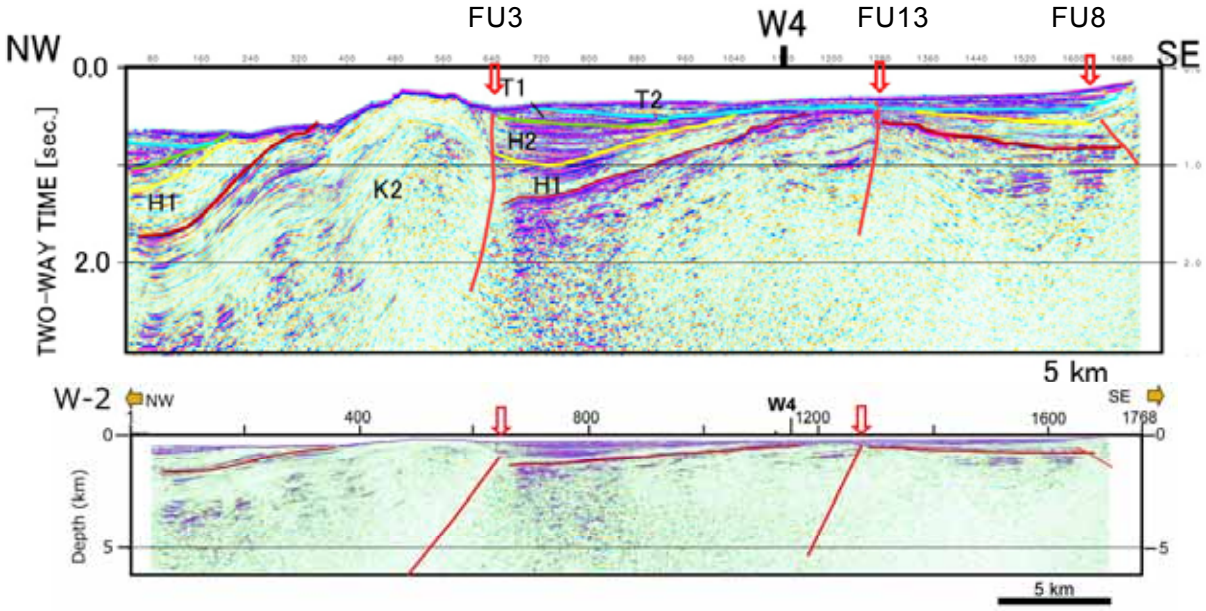


図 5　W－2 測線の反射法地震探査断面の地質学的解釈。
（上）時間マイグレーション断面、（下）深度変換断面。
凡例は図 4 と同様。

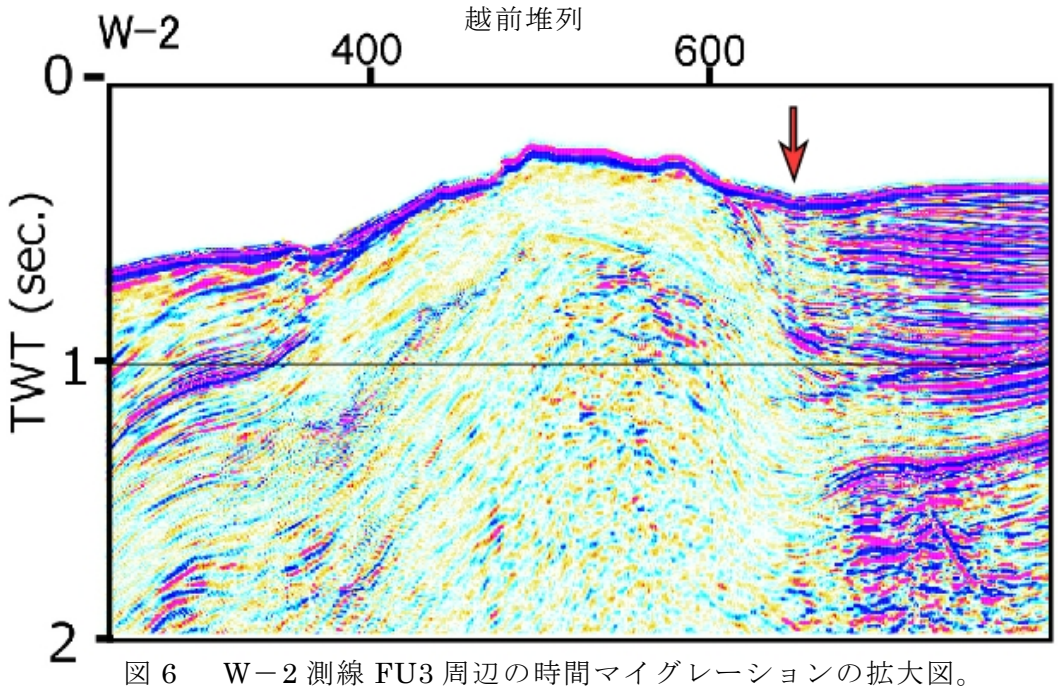


図 6　　W－2 測線 FU3 周辺の時間マイグレーションの拡大図。

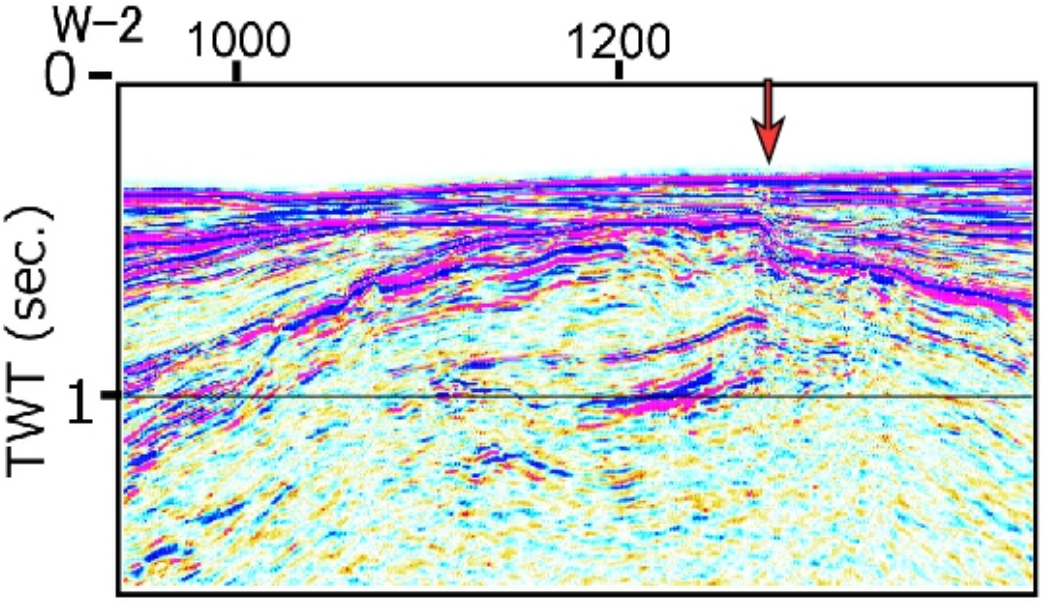


図 7　W－2 測線 FU13 周辺の時間マイグレーション断面の拡大図。

FU9～12：福井港北西沖に北北西-南南東方向に短い間隔で平行する断層群である（杉山ほか、2013）[7]。W－4 測線で地表近傍まで変位させている断層群として認識され、ほぼ鉛直な形状を示す（図 8、9）。長さは 10 km 程度である。

FU13：測線 W2 で海底近傍まで変位させる北西側傾斜の高角度の断層として認識される（図 5、7）。杉山ほか（2013）[7] に記載されており、断層トレースはこの報告による。測線 W4 では本断層の延長は確認できない。

WS1：WS1 は W－4 断面の CDP1200 付近の北側隆起の逆断層で、杉山ほか(2013) [7] によれば、東北東-西南西の走向を示している。断層の隆起側で海底面近傍までの堆積層に成長層を作っている。なお、WS1 の隆起側には、鳥取沖層群を変位させるほぼ垂直な断層が位置する。これは、断面図から深部の北で傾斜の断層 WS1 に収れんするものと判断され、独立な断層とは取り扱わなかった（図 10）。

WS2-3：いずれも東北東-西南西の走向の右横ずれ断層として杉山ほか(2013) [7] に記載されている。WS2 については、鮮新統から第四系下部の堆積層に成長層を伴う東側隆起の断層であり、60 度程度の傾斜角をなす（図 8、11）。第四系上部はほぼ水平に重なるが、わずかな変位が認められ、杉山ほか（2013）[7] が活断層と記述したものと一致する。また、WS3 はほぼ鉛直で、断層を隔てた反射パターンが一致せず、横ずれ変位を示していると判断される（図 11）。WS1 も含めて断面の変形構造は逆断層も示すが、現在の主な活動は右横ずれである。西南日本の広域応力場は 70 万年以降、現在の東西圧縮に変化したと推定され（Sato et al., 2015）[15]、この断層の変位様式もこうした応力場の変換と調和的である。

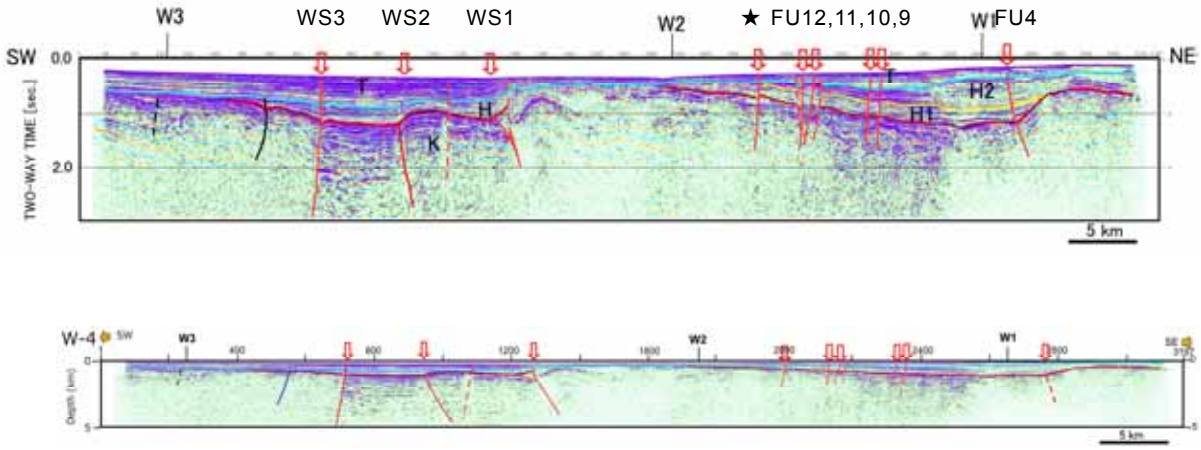


図 8　W－4 測線の反射法地震探査断面の地質学的解釈。
（上）時間マイグレーション断面、（下）深度変換断面
凡例は図 4 と同様

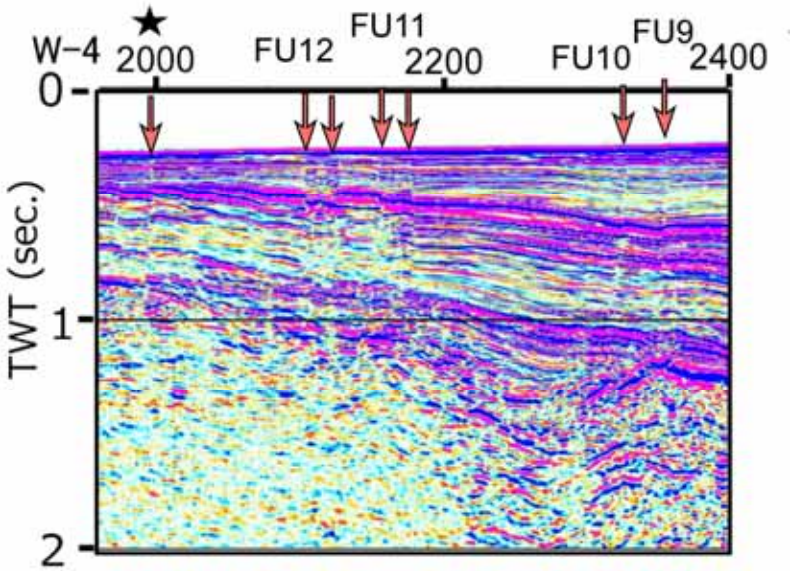


図 9　W－4 測線 FU9-12 周辺の時間マイグレーション断面の拡大図。
★は走向方向不明の活断層。

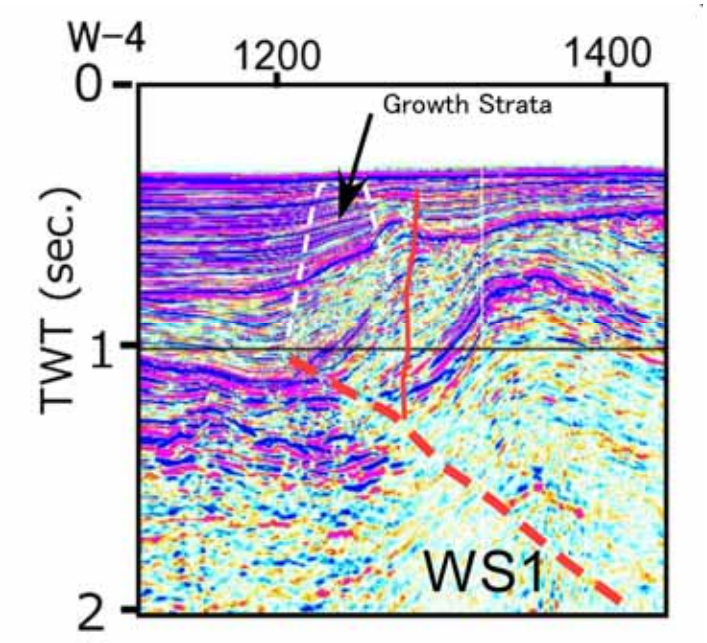


図 10　W－4 測線 WS1 周辺の時間マイグレーション断面の拡大図。

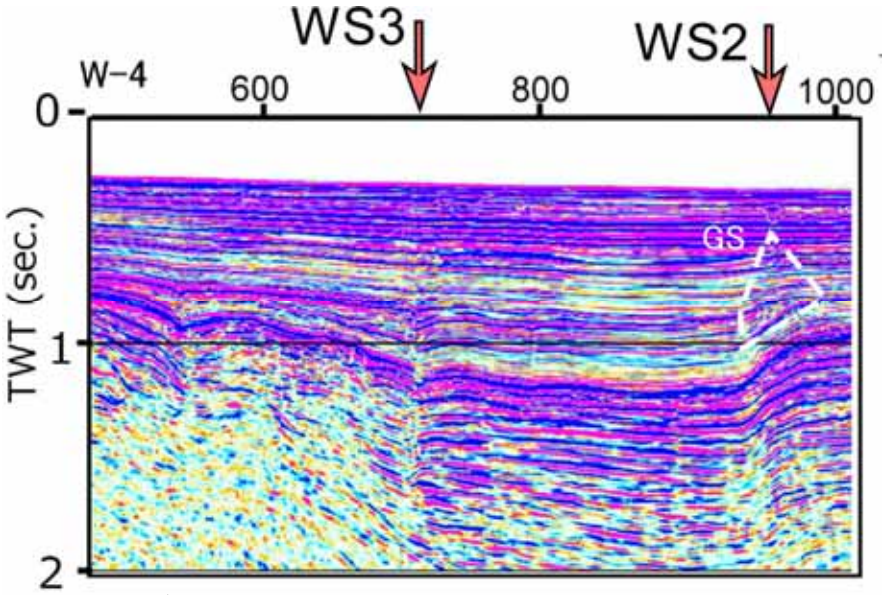


図 11　W－4 測線 WS2・WS3 周辺の時間マイグレーション断面の拡大図。
GS：成長層

WS4-5：舞鶴沖測線(MZ 測線)に分布する東西走向の断層で、ほぼ垂直な形状を示す（図 12)。いずれも杉山ほか(2013) [7] に記載されている東西走向の推定活断層と一致する。この断層の詳細な深度変換断面について、図 14 に示した。

WS6：MZ 測線に分布する東北東-西南西の走向の断層（図 12、13、赤実線）で、隆起側で堆積層が厚く、正断層が反転したタイプの断層である。主要な逆断層運動は T1 層まで継続していたが、T2 層基底の不整合面にも軽微な変形を与えている。この断層運動によって形成された背斜軸部に高角度の第四紀層（T2 層）を変位させる断層が存在する。この断層は、主体部から派生した断層と判断した（図 13）。断層の走向と長さは、杉山ほか（2013）[7] に示された推定活断層に従った。

WS7：舞鶴沖測線（MZ 測線）に分布する大規模な横ずれ断層で、ほぼ垂直の傾斜を示す（図 12）。日本海検討会（2014）[1] の F53 に相当する。

TG1：浦島グリ南東縁の断層で（山本ほか、1993）[5]、日本海検討会（2014）[1] では、断層長が短いため最大クラスの波源断層からは除外されている。北西側隆起の逆断層で（図 15）、かつての正断層が反転した断層である。海底断層プロジェクト（藤原ほか、2015）[12] では図 15 で黒破線で示した断層を、南東傾斜の正断層として矩形モデル表（KYO_01）に記載されているが、この正断層は日本海拡大期に形成された南東傾斜の正断層で活断層ではない。2 条の共役な正断層が活動し、その下盤側がリッジ状の高まりをなして分布し、その一方の正断層が逆断層として反転する構造は、2007 年能登半島地震の震源域でも見られる（佐藤ほか、2007）[13]。

測線 W－3 上の走向・長さが不明の活断層 ：測線 W－3 の CDP600～800 周辺では、高角度で第四紀後期の堆積層を変位する断層が分布している（図 16）。これらの断層は、断層を隔てて反射面のバターンが異なっていることから、横ずれ断層と判断される。この断層に相当する既存の報告がないため、走向や長さが不明である。ここでは断層の確認された位置のみを示す（図 1 、2）。

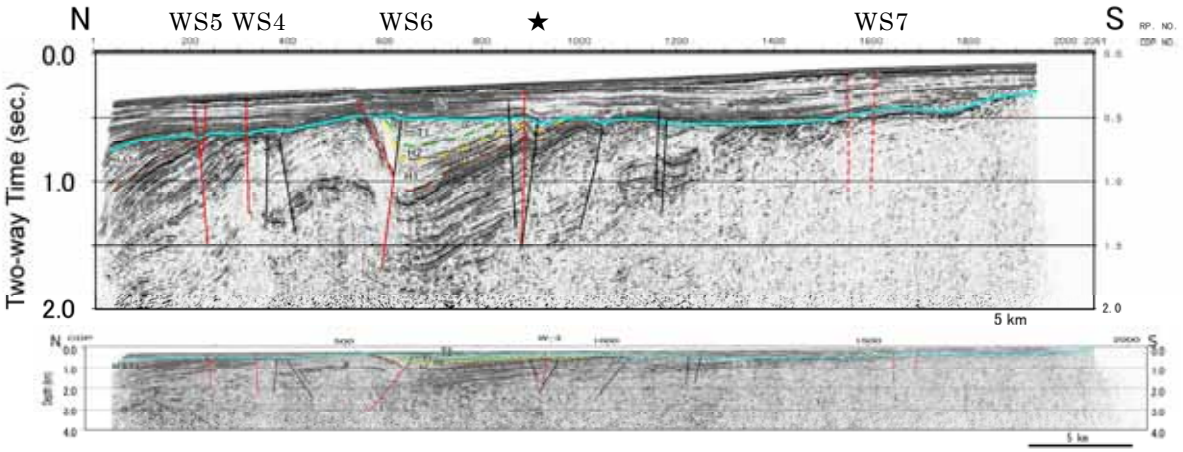


図 12　舞鶴沖測線(MZ 測線)の反射法地震探査断面の地質学的解釈。
（上）時間マイグレーション断面、（下）深度変換断面
凡例は図 4 と同様

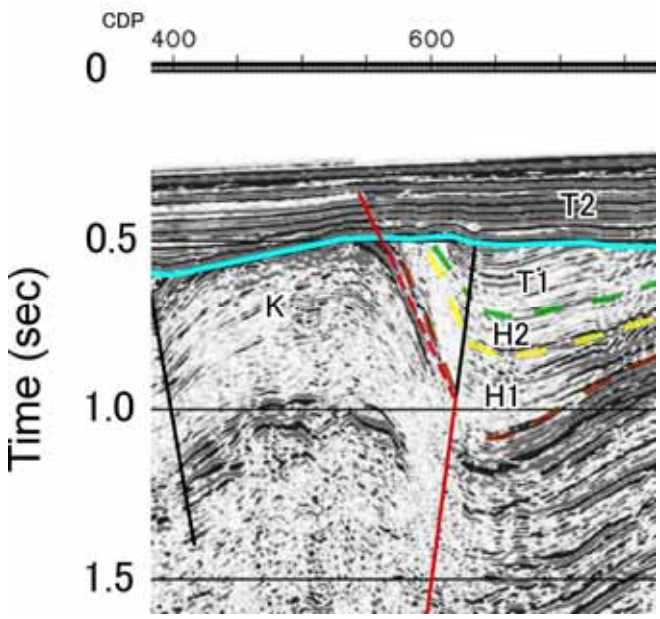


図 13　舞鶴沖測線(MZ)測線 WS6 周辺の時間マイグレーション断面の拡大図。凡例は図 4 と同様。

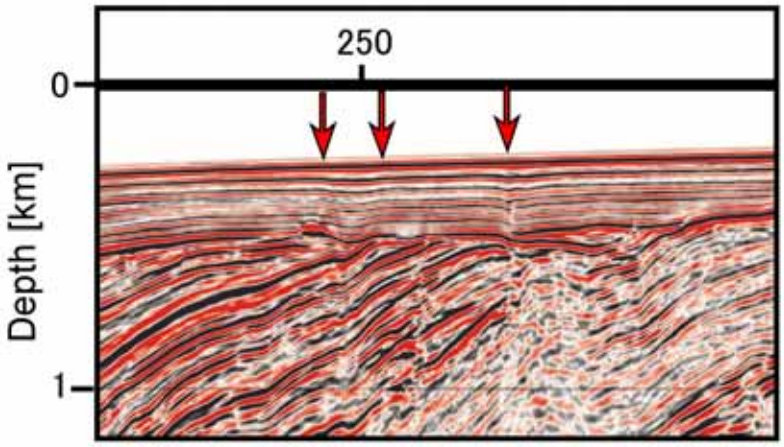


図 14　舞鶴沖測線(MZ)測線 WS4、5 周辺の深度変換断面の拡大図。

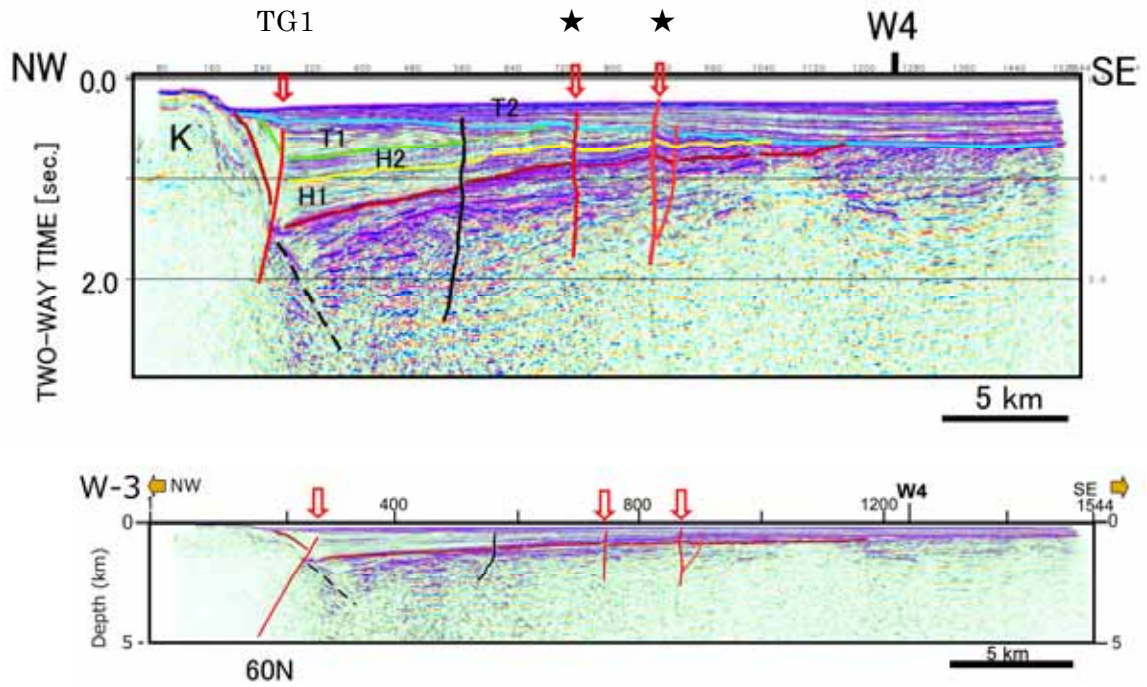


図 15　W－3 測線の反射法地震探査断面の地質学的解釈。
（上）時間マイグレーション断面、（下）深度変換断面
凡例は図 4 と同様。★は断層の走向不明の活断層。

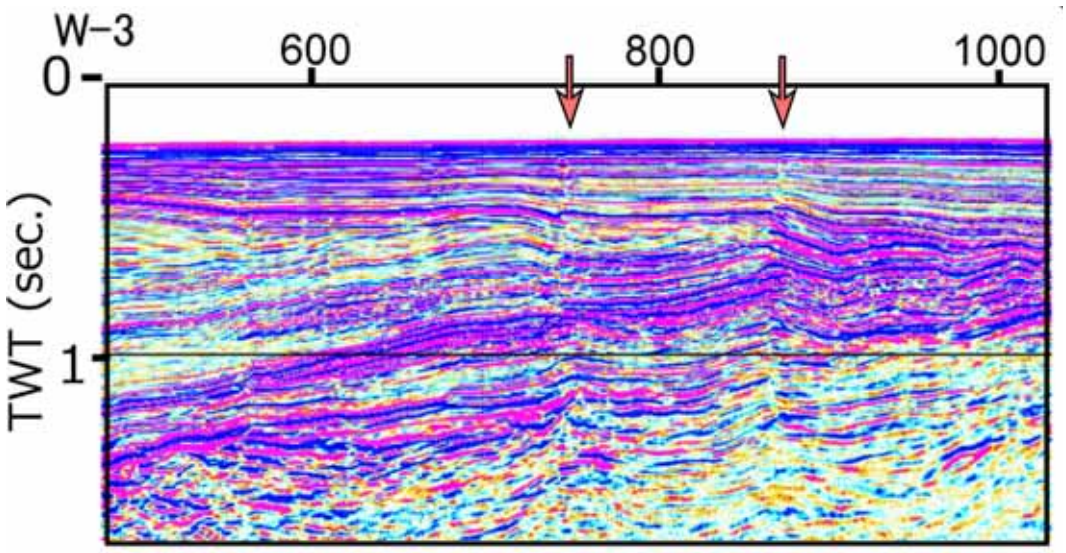


図 16　W－3 測線 MZ 測線との交点周辺の時間マイグレーション断面の拡大図。

2) 丹後半島沖・香住沖・鳥取沖の断層（TG2～3、KS1、TR1～2）

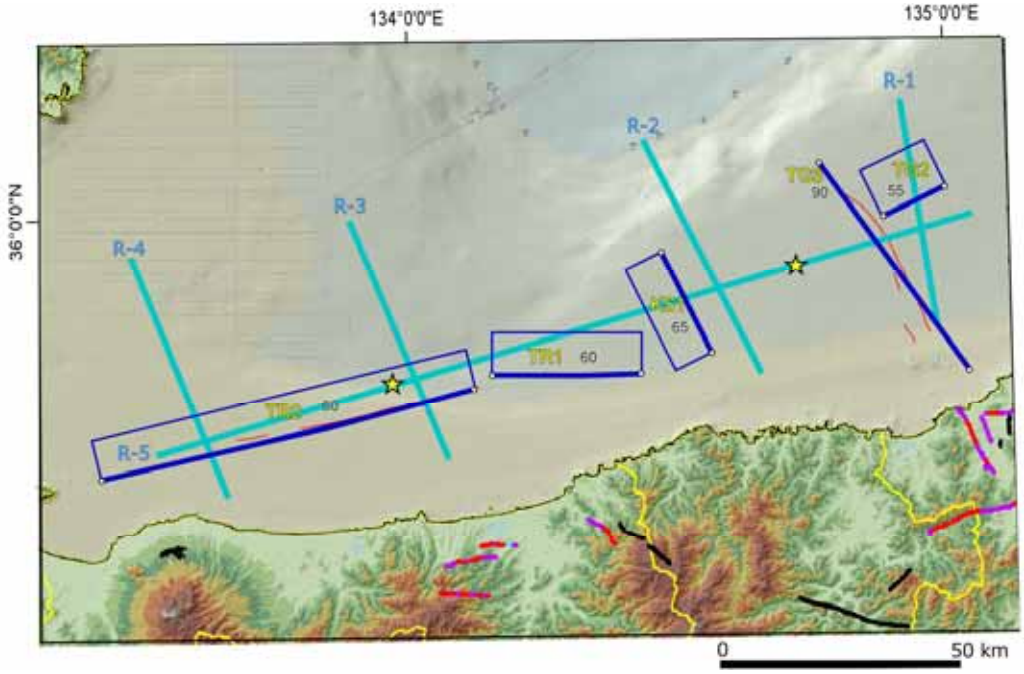


図 17　香住沖・鳥取沖周辺の断層矩形モデル。
凡例は図 1 と同様。黄色の文字 ： 断層の記号。矩形内の数値 ： 断層の傾斜（単位は度）。

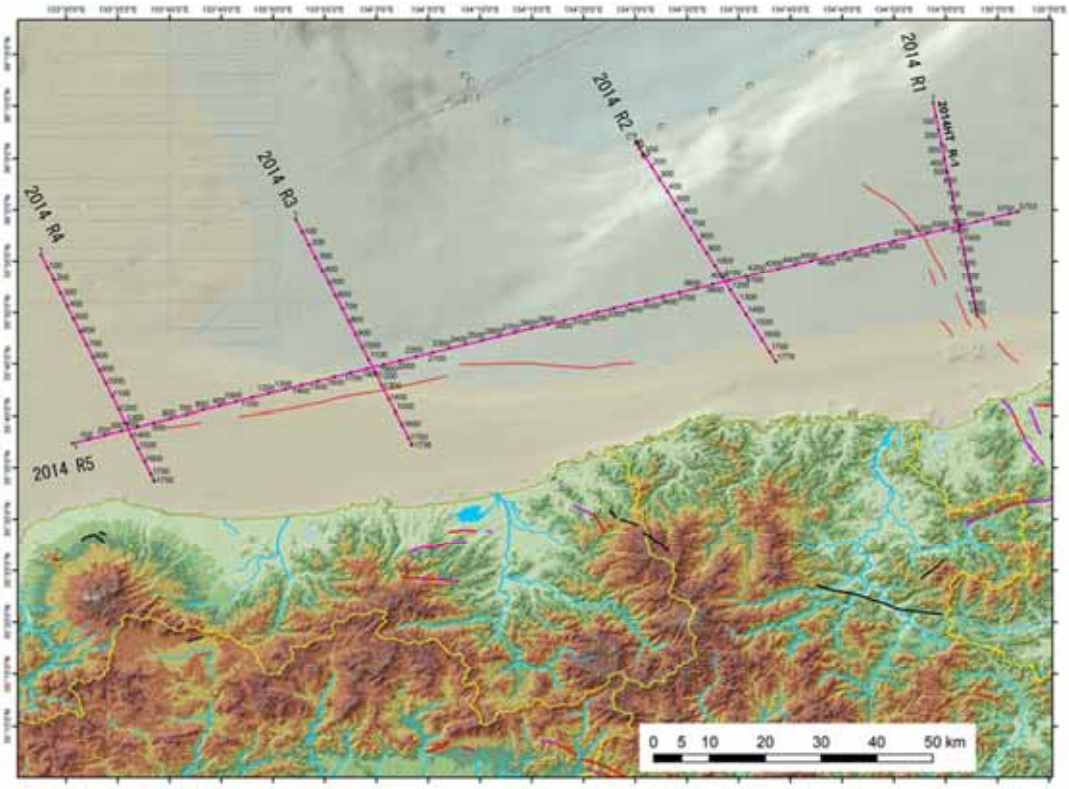


図 18　鳥取沖海域の探査測線。赤線 ： 海底活断層（日本海検討会(2014) [1]）。赤紫色実線 ： 二船式反射法地震探査測線、測線上の黒丸と数値は、100 毎の CDP の位置と番号。

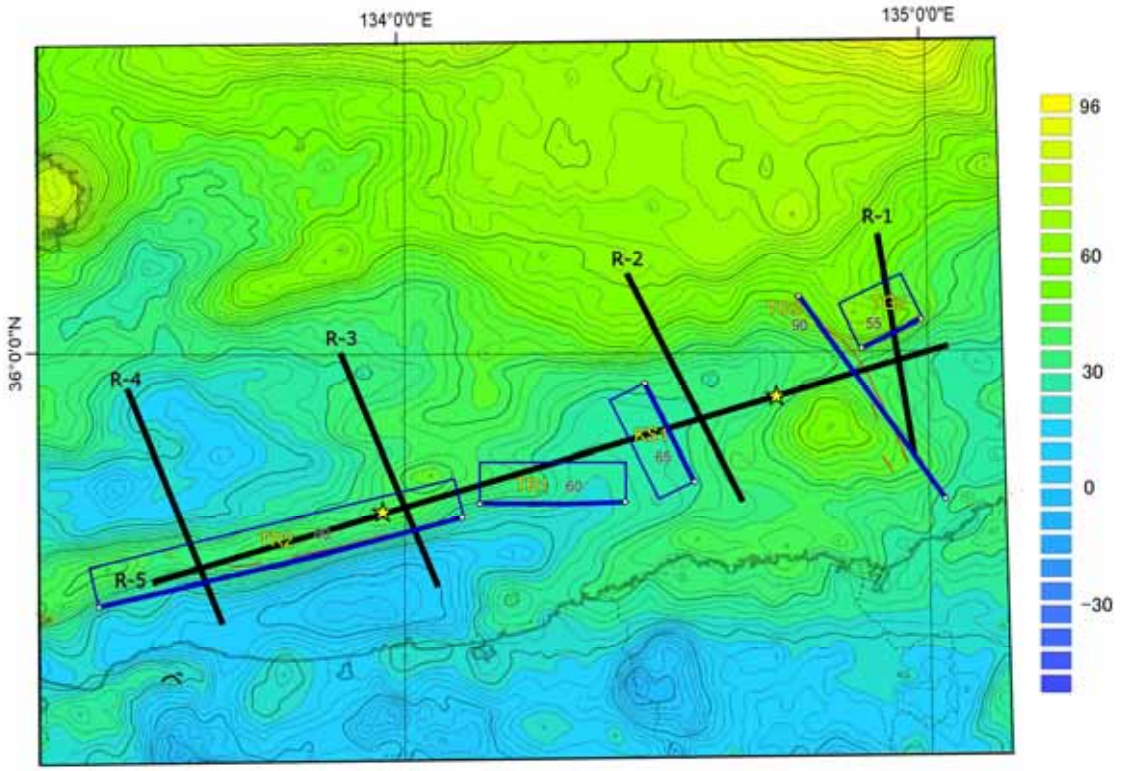


図 19　鳥取沖海域の探査測線周辺のブーゲ異常図。赤線 ：海底活断層（日本海検討会(2014) [1]）。青色実線 ：反射法地震探査測線。重力データは、地質調査総合センター(編)（2013）[14] の重力 DVD による。仮定密度は 2.67 g/cm^3。

TG2 断層 ：測線 R1 の CDP400-700 付近には、ENE-SWS 方向にのびる隆起帯が形成され（図 19）南縁には北傾斜の大規模な逆断層が伏在する（図 20)。隆起帯の存在からこの断層の存在は明らかであるが、詳細な位置が不明であるため、破線で示した。主要な断層運動は、上部鳥取沖層群（T2）堆積前に終了しているものの、第四紀とされる同層群中にこの隆起の進行による成長層が認められるため､活断層である可能性がある(図 21 の GS)。この隆起帯の頂部には、高角で海底面近傍まで変位している断層がある。この断層は高角度の横ずれ断層であるが。隆起帯の形成と構造的に密接な関係を有していることから、この隆起帯を形成した断層の横ずれ運動によって、高角度の断層が形成されたと判断した。このため、TG2 については北北西に傾斜した主断層の形状を与えた。

TG3：R5 測線の CDP5200 付近の断層（図 18）は調査検討会（2014）[1] でもマッピングされている活断層（F54）である。断面では高角で、反射面の僅かな不連続によって認識される。R5 測線では、隆起部と堆積盆地の境界部に分布し、堆積盆地の形成に寄与した断層である（図 21、図 23)。

KS1：測線 R5 において海底近傍まで変位させている西側低下の高角度の断層である（図 24)。西側の堆積盆地と東側の隆起帯の境界部に位置する（図 19)。この断層についてはこ

れまで報告がなく、走向・広がりについては不明であるが、ここでは、ほぼ東西方向に伸びる堆積盆地を規制する横断方向の構造であることをもとに、断層の走向を北北西-南南東と推定し、また断層の長さについては堆積盆地の幅から想定した。他の断層に比べ走向と断層の長さに関して精度が乏しい。

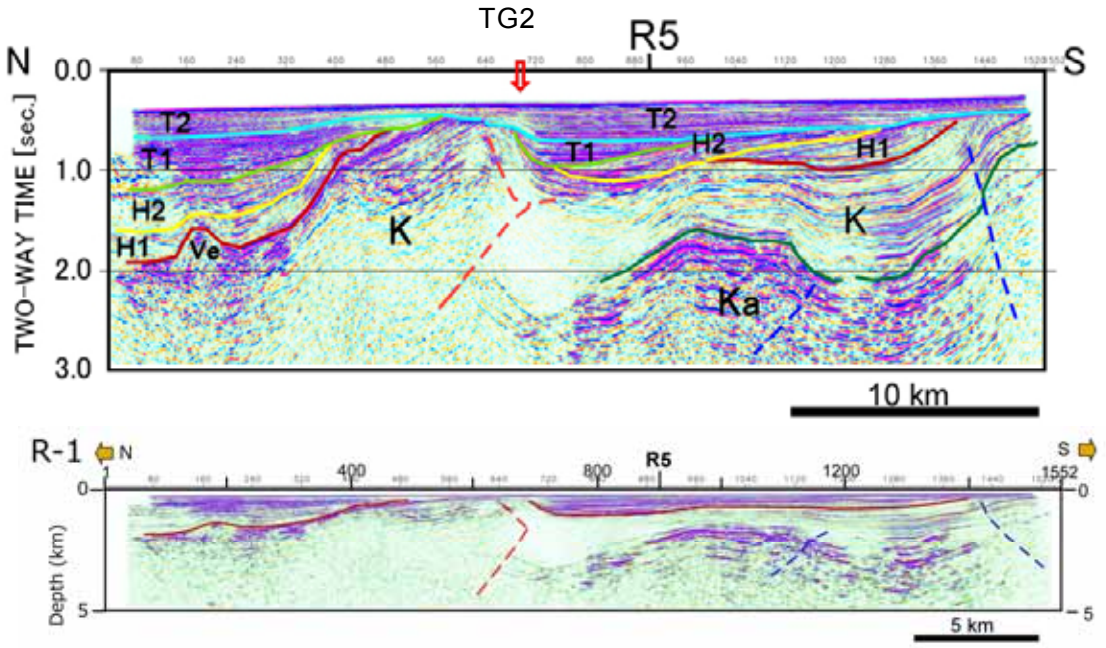


図 20　R－1 測線の反射法地震探査断面の地質学的解釈。
（上）時間マイグレーション断面、（下）深度変換断面
凡例は図 4 と同様

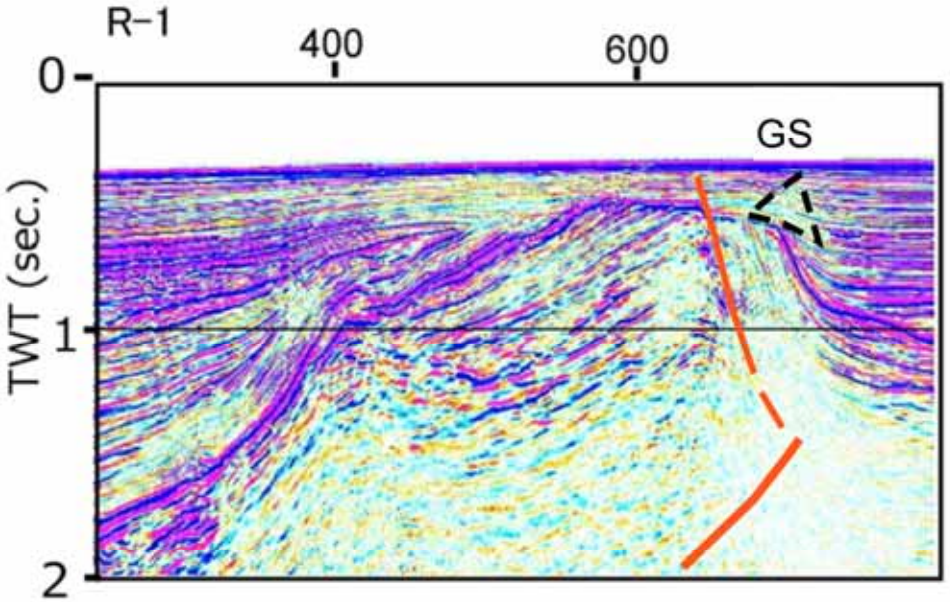


図 21　R－1 測線 TG2 周辺の時間マイグレーション断面の拡大図。GS： 成長層

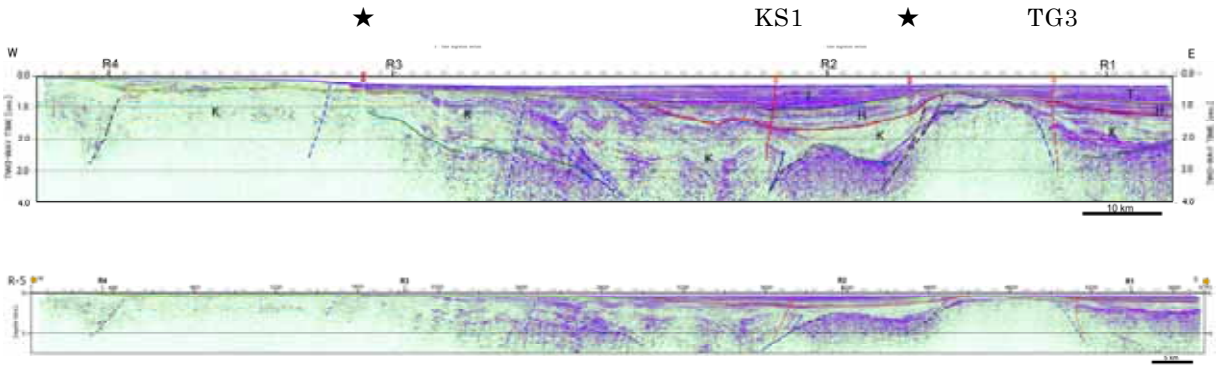


図 22　R－5 測線の反射法地震探査断面の地質学的解釈。
（上）時間マイグレーション断面、（下）深度変換断面
凡例は図 4 と同様

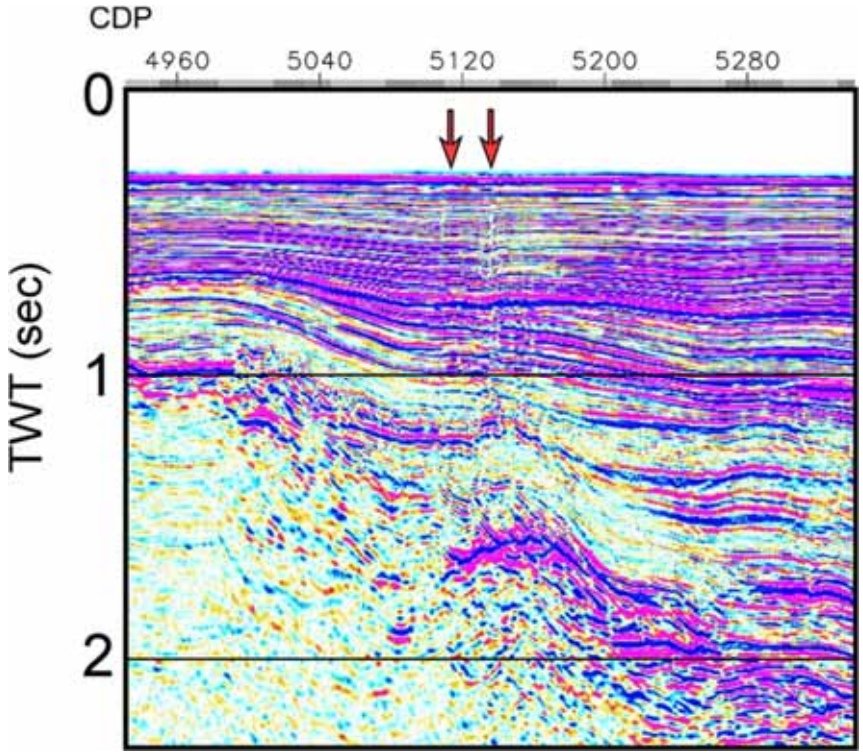


図 23　R5 測線 TG3 周辺の時間マイグレーション断面の拡大図。

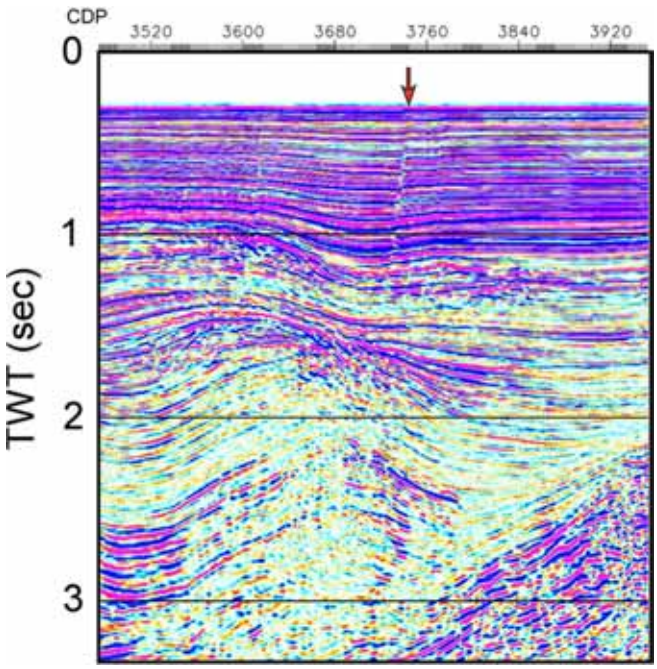


図 24　R5 測線 KS1 周辺の時間マイグレーション断面の拡大図。

TR1：この断層については、本調査で横断した直線はない。日本海検討会（2014）[1] の F55 断層の東部セグメントに相当する。この断層トレースは、本報告で TR1 とした区間で、F55 の主体部を構成する西部の区間の走向が東北東-西南西方向から東西へと変化する。また、F55 の西部区間では鳥取沖の東北東-西南西方向の高ブーゲ異常域の南縁に一致するが、F55 東部のここで TR1 とした領域では、こうしたブーゲ異常との配置はとらない。このため、本報告で東部区間を西部から切り離し、TR 1 断層とした。F55 の際に想定されたように、TR1 と後述する F55 の西部（TR-2）の断層が連動する可能性を否定するものではない。

TR2：この断層は測線 R－3 と R－4 が横断する。TR2 断層は、日本海拡大時に西南日本弧に平行して形成された正断層であり、断層の北側に厚い褶曲した新第三系が分布する。現在は、正のブーゲ異常帯として東北東-西南西方向の K 層の隆起帯が形成され、その南縁に TR2 断層が発達する。後期中新世から第四紀初頭まで継続したほぼ南北方向の水平短縮によって、褶曲帯-隆起帯が形成されたが、その後約 1Ma 以降、フィリピン海プレートの運動方向の変化（Sato et al., 2015 [15]; Hashima et al.2016 [16]）によって横ずれ断層として活動するようになった。こうした応力状態の変化によって、測線 R－3 と R－4 で見られる断層形状は単純ではない。R－3 測線（図 25、26）では、浅部では高角南傾斜の断層形状を示し、北側が低下した断層である。断層を隔ては反射パターンが異なることから横ずれ断層と推定される。ただし、全体の構造から判断して隆起帯の南縁に位置しており、深部の断層形状は北傾斜と判断される。R－4 測線での隆起帯南部の反射断面では高周波によるイメージが得られておらず、概略的な構造把握に留まる。南側急傾斜、北側緩傾斜の非対称な複背斜構造から北傾斜の逆断層の存在が推定される。浅部では主断層から分岐

し、表層近傍まで変位させている高角度の断層が推定される（図 27）。

断層 TR2 は東西走向の隆起帯の南縁に形成され、隆起帯は複背斜構造を形成している。ここでは、断層の再活動性をもとに断層の深部形状を判断した。この断層の基本形状は、中新世に北傾斜の正断層として形成されたものであり、さらに後期中新世以降鮮新世にかけて逆断層として活動した。この両者を満たす断層形状はここでは 60 度と推定した。この断層が最新期には横ずれ断層として活動し、1～2 km の浅層部では、高角度の横ずれ断層を伴っている。この判断は断層の再活動性に重点をおいた判断であり、今後、断層周辺の地震波速度構造などから断層の形状を判断していくことが有効である。

測線 R－3 上の走向・長さが不明の活断層

R－5 測線では、地表近傍まで変位されている断層が識別できるが、従来の調査では記載がなく、本調査では測線間隔が粗いため断層の長さや方向に対して情報を提供することができない。ここでは、そうした断層について簡単に述べる。R－5 測線の断層 TG3 と KS1 の間の区間の断層（図 28）で、高角度で地表近傍まで変位を生じている。断層を隔てた反射面の連続性から判断して、横ずれ断層と推定される。この他、測線西部でも見られる（図 29）。

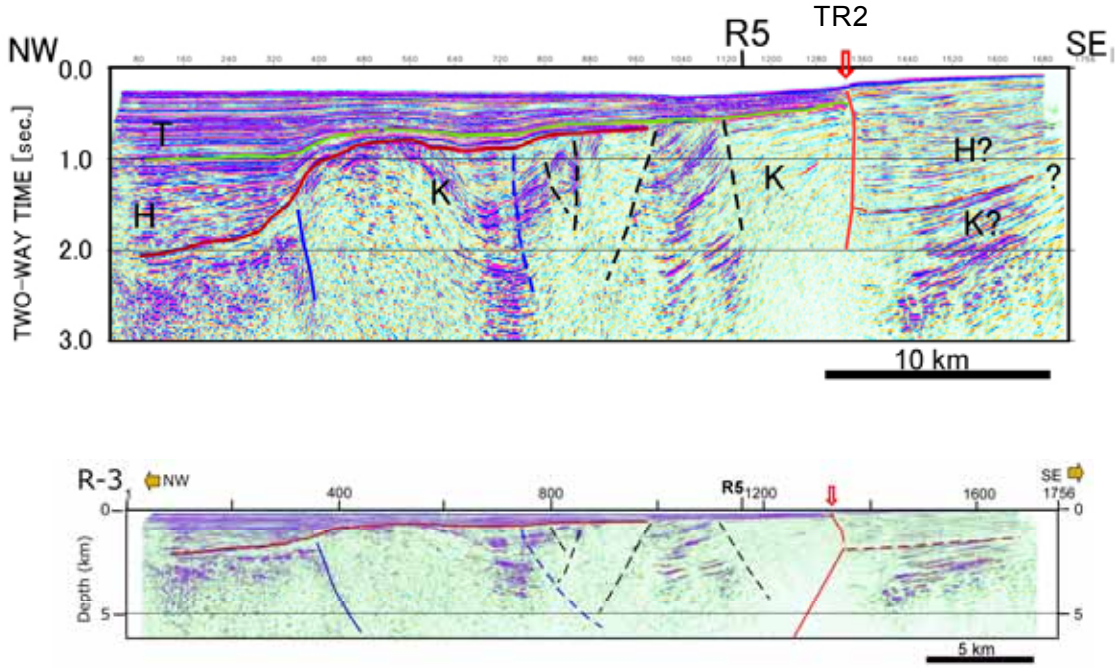


図 25　R3 測線の反射法地震探査断面の地質学的解釈。
（上）時間マイグレーション断面、（下）深度変換断面
凡例は図 5 と同様

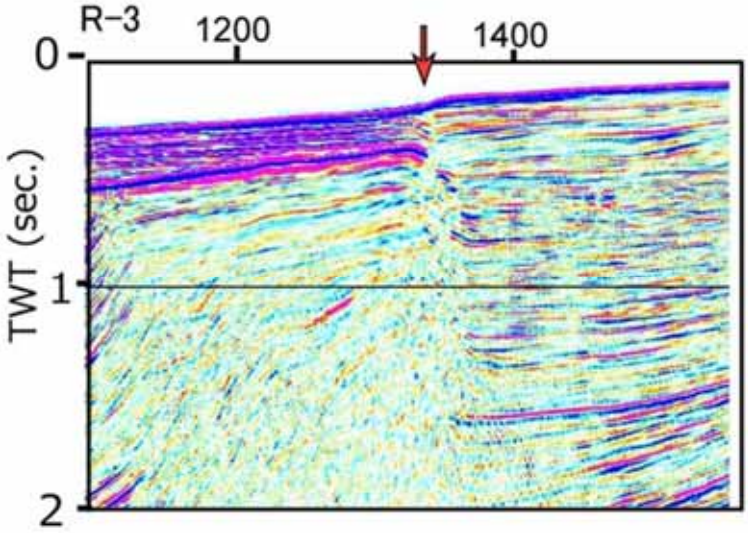


図 26　R3 測線 TR2 周辺の時間マイグレーション断面の拡大図。

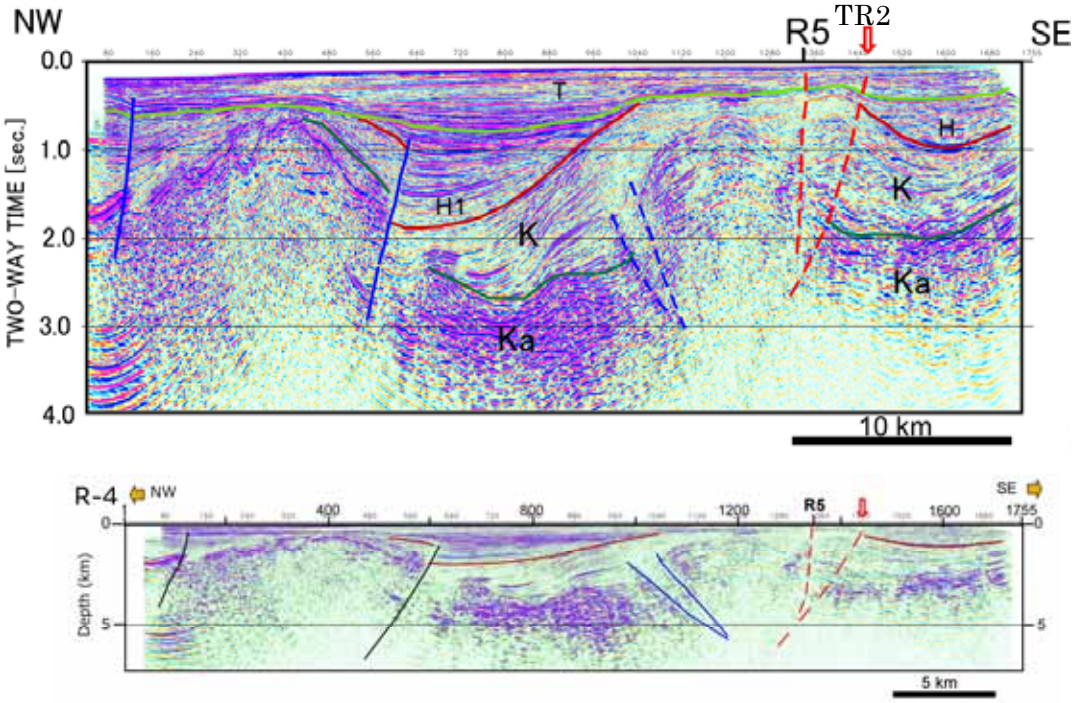


図 27　R4 測線の反射法地震探査断面の地質学的解釈。
（上）時間マイグレーション断面、（下）深度変換断面
凡例は図 5 と同様

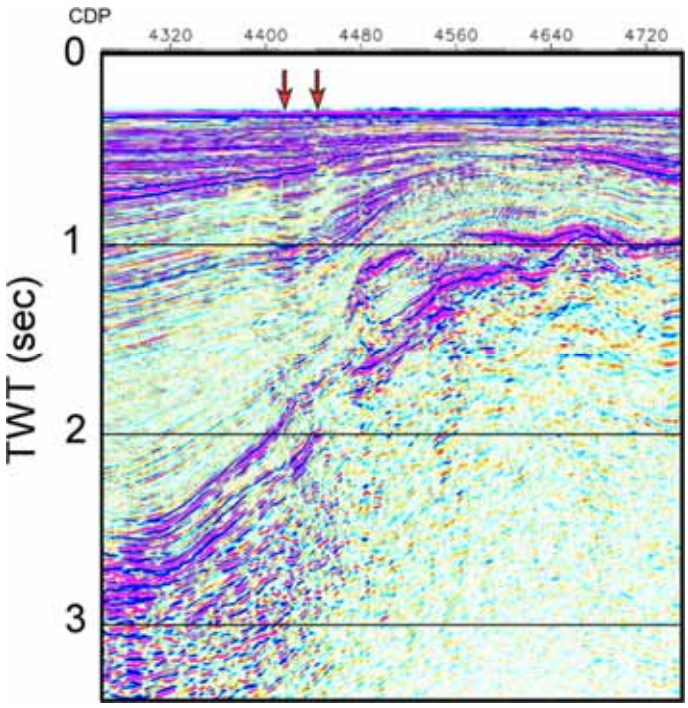


図 28　R5 測線★(東側)周辺の時間マイグレーション断面の拡大図。

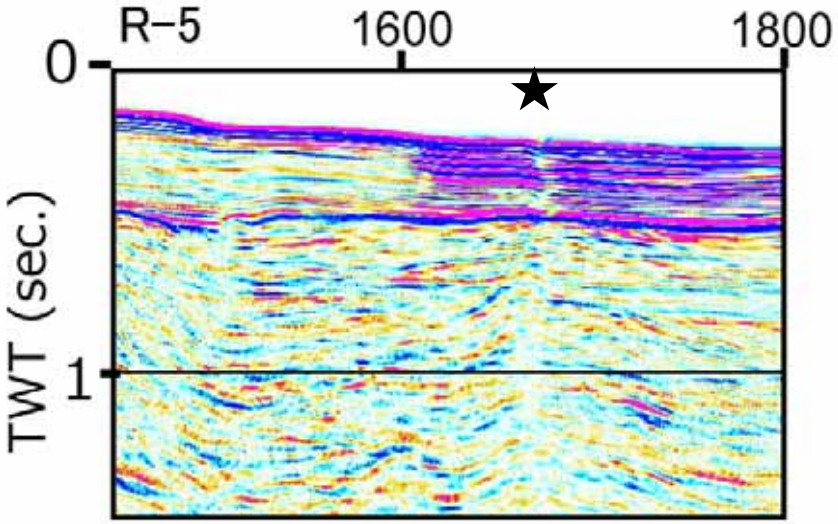


図 29　R5 測線★(西側)周辺の時間マイグレーション断面の拡大図。

3) 砺波平野西縁の断層（TM1 および TM2）

平成 26 年度には、羽咋沖から砺波平野、富山平野西部に至る測線で、海陸統合地殻構造探査を行った。この探査によって、砺波平野の石動断層と法林寺断層北方延長の地下形状が判明した。これらの資料をもとに、両断層の矩形モデルについて記述する。

TM1、TM2 断層 ： 平成 26 年度に実施したかほく-砺波測線（KT01）は、陸域の活断層である石動断層および法林寺断層を横断する [9]、CDP12800-12900 付近および CDP13200-13300 付近にはこれらの活断層に各々対応する西傾斜の逆断層 TM2、TM1 が存在しており（図 30）[9]、反射断面の解釈に基づいて主断層の形状を与えた（図 31）。

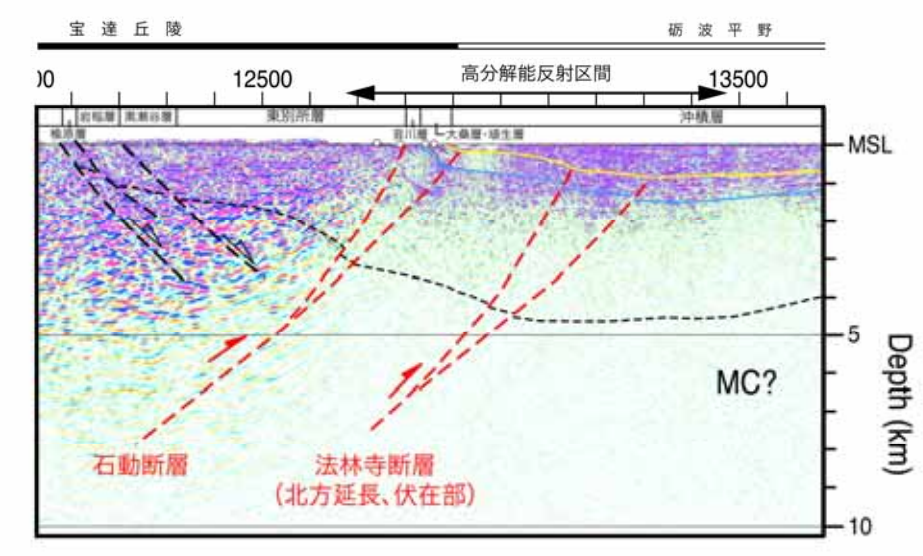


図 30　KT01（平成 26 年度海陸地殻構造探査「かほく-砺波測線」）中央部、砺波平野西縁部の地質解釈断面 [9]。

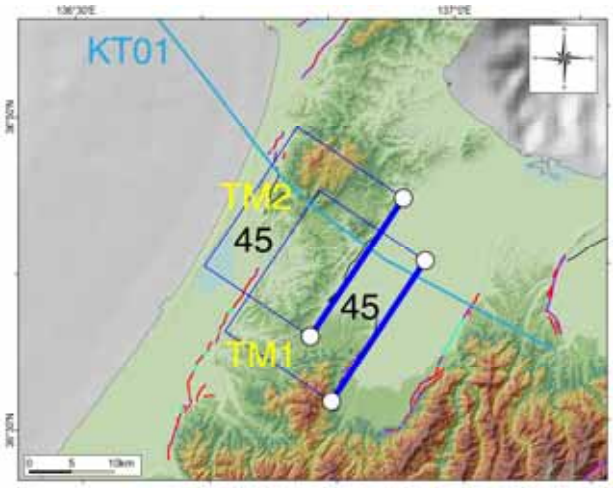


図 31　砺波平野西縁の断層矩形モデル。
凡例は図 1 と同様。黄色の文字 ： 断層の記号。矩形内の数値 ： 断層の傾斜（単位は度）。
KT01: 平成 26 年度海陸地殻構造探査「かほく-砺波測線」

4) 断層パラメータ

平成 27 年度には、平成 26 年度にデータを取得した福井沖から鳥取沖海域までの活断層

に対して総合的に検討を加えた。断層を矩形モデルで近似し、それらの上端座標を読み取り、推定した地震発生層中の傾斜と地震発生層の厚さをもとに、断層幅などを求めた。地震発生層の厚さは、地震波トモグラフィや地質構造に基づく構成岩石の推定と、それらのレオロジー特性を基に推定した[2)]。また、地震観測から推定されている応力状態をもとに、断層面のすべり角を求めた[3)]。得られた結果を表１に示す。

今回の解析結果は、本プロジェクトにおける調査結果に基づくものであり、今後の調査研究によって変更される可能性もある。津波シミュレーション等に利用する際には、今回の断層モデルは変更の可能性があることに留意が必要である。

表１　断層の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	走向	傾斜	断層長さ	断層幅	合計断層長さ	地震発生層の深さ	すべり角
	緯度 JGD2000	経度 JGD2000	緯度 JGD2000	経度 JGD2000								
	(度)	(度)	(度)	(度)	(km, TP−)	(度)	(度)	(km)	(km)	(km)	(km)	(度)
FU1	36.4325	136.0845	36.3900	136.0319	1.2	224	50	6.7	18.0		15	156
FU2	36.3884	136.0039	36.2384	135.8598	1.2	217	50	21.1	18.0	49	15	150
FU3	36.2852	135.8403	36.1503	135.6776	1.2	224	55	20.9	16.8		15	158
FU4	36.2794	135.9904	36.3465	135.9850	1.1	356	60	7.5	16.1		15	54
FU5	36.2052	136.0243	36.2670	135.9863	1.1	333	60	7.7	16.1		15	31
FU6	36.1481	136.0520	36.2397	136.0481	1.1	357	70	10.2	14.8		15	53
FU7	35.9393	135.9253	36.1411	136.0533	1.1	27	45	25.2	19.7		15	107
FU8	35.9672	135.9297	36.1197	135.9740	1.1	13	30	17.4	11.8		7	64
FU9	36.2571	135.9079	36.1564	135.9561	0.2	158	90	12.0	14.8		15	−23
FU10	36.2507	135.9023	36.1531	135.9500	0.2	158	90	11.6	14.8		15	−23
FU11	36.2238	135.8667	36.1435	135.9164	0.2	153	90	10.0	14.8		15	−20
FU12	36.2003	135.8665	36.1397	135.9077	0.2	151	90	7.7	14.8		15	−20
FU13	36.1005	135.8946	36.0787	135.8040	0.3	253	70	8.5	15.6		15	175
WS1	36.0401	135.8245	35.9875	135.6590	0.3	248	60	16.0	17.0		15	180
WS2	35.9755	135.7944	35.9371	135.6037	1.0	256	60	17.7	16.2		15	−176
WS3	35.9212	135.7546	35.8997	135.6073	0.3	259	90	13.5	14.7		15	177
WS4	36.0094	135.6164	35.9873	135.5102	0.3	255	90	9.9	14.9		15	178
WS5	36.0178	135.5151	36.0136	135.4058	0.3	267	90	9.9	14.7		15	174
WS6	35.9378	135.5605	35.9090	135.4525	1.0	252	50	10.3	18.3		15	173
WS7	35.5564	135.6772	35.7701	135.4430	0.2	318	90	31.8	14.8		15	5
TG1	35.9829	135.4028	35.8685	135.2679	0.6	224	60	17.6	16.6		15	152
TG2	36.0479	134.9899	36.0010	134.8727	1.5	244	55	11.8	16.5		15	−177
TG3	35.7553	135.0337	36.0876	134.7537	0.3	326	90	44.7	14.7		15	9
KS1	35.9480	134.4569	35.7853	134.5519	0.3	154	65	20.0	16.2		15	9
TR1	35.7537	134.4185	35.7533	134.1389	0.3	270	60	25.3	17.0		15	−147
TR2	35.7344	134.1143	35.5910	133.4068	0.2	257	60	66.0	17.1		15	−166
TM1	36.6724	136.9437	36.5214	136.8229	0.0	212	45	19.9	21.2		15	105
TM2	36.7494	136.9154	36.6047	136.7882	0.0	214	45	19.7	21.2		15	107

(c) 結論ならびに今後の課題

既存の知見に基づいて、プロジェクト初年度でのバージョンとして、日本海の矩形断層モデルを作成した。形状については、今後の地殻構造探査の進捗に応じて、年度毎に更新していくことになるが、背弧リフト部では褶曲の基底部に形成されるデタッチメントの平坦部分の距離が長い断層も存在しているといった結果が得られた。これらの形状モデルの作成などが、今後必要になる。また、地震発生層の厚さについては、サブサブテーマ 2.5.2、2.5.3 の研究課題であり、順次これらの成果をもとに断層モデルを更新していく必要がある。

(d) 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.

2) 佐藤比呂志・石山達也・加藤直子・野 徹雄・石川正弘・武田哲也・越谷 信・豊島剛志・工藤 健: 断層モデルの構築，平成 25 年度「日本海地震・津波調査プロジェクト」成果報告書, 203-216, 2014.

3) 武田哲也・浅野陽一・汐見勝彦・松本拓己・木村尚紀・松澤孝紀・上野友岳・木村武志: 沿岸域の地震活動の把握，平成 25 年度「日本海地震・津波調査プロジェクト」成果報告書,217-232，2014.

4) 山本博文・上嶋正人・岸本清行: ゲンタツ瀬海底地質図および説明書．20 万分の 1 海洋地質図，no. 50，35p，地質調査所，2000.

5) 山本博文・上嶋正人・岸本清行: 経ヶ岬沖海底地質図および説明書．20 万分の 1 海洋地質図，no. 40，39p，地質調査所，1993.

6) 山本博文・上嶋正人・岸本清行: 鳥取沖海底地質図および説明書．20 万分の 1 海洋地質図，no. 35，27p，地質調査所，1990.

7) 杉山雄一・山本博文・村上文敏・宇佐見琢哉・畑山一人・島崎裕行:柳ヶ瀬・関ヶ原断層帯主部北方延長域（坂井市沖～福井市沖）における活断層の分布と活動性，活断層・古地震研究報告, 13, 145-185, 2013.

8) 中田　高・今泉俊文編：活断層デジタルマップ，東京大学出版会，2002.

9) 佐藤比呂志・岩崎貴哉・石山達也・蔵下英司・加藤直子・田中伸一・宮川幸治・田上貴代子・辻　浩・渡辺　茂・坂　守・安藤美和子・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，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,103-190，2015.

10) 地震調査研究推進本部地震調査委員会: 柳ヶ瀬･関ヶ原断層帯の評価, 地震調査委員会, 29p., 2004.

11) 福井県：平成 8 年度柳ヶ瀬断層帯に関する調査成果報告書．http://www.hp1039.jishin.go.jp/danso/Fukui2frm.htm

12) 藤原広行・平田賢治・中村洋光・大角恒雄・森川信之・前田宜浩：海域における断層モデルの構築, 平成 26 年度「海域における断層情報総合評価プロジェクト」成果報告書, 109-203, 2015.

13) 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.

14) 地質調査総合センター(編): 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.

15) Hiroshi Sato, Naoko Kato, Susumu Abe, Anne Van Horne, Tetsuya Takeda:Reactivation of an old plate interface as a strike-slip fault in a slip-partitioned system: Median Tectonic Line, SW Japan, *Tectonophysics*, 644-645, 58-67, 2015.

16) Akinori Hashima, Toshinori Sato, Hiroshi Sato, Kazumi Asao, Hiroshi Furuya, Shuji Yamamoto, Koji Kameo, Takahiro Miyauchi, Tanio Ito, Noriko Tsumura, Heitaro Kaneda: Simulation of tectonic evolution of the Kanto Basin of Japan since

1 Ma due to subduction of the Pacific and Philippine Sea plates and the collision of the Izu-Bonin arc, Tectonophysics, 679, 1-14, 2016.

(e) 成果の論文発表・口頭発表等

著者	題名	発表先	発表年月日
Naoko Kato, Hiroshi Sato, Tatsuya Ishiyama, Susumu Abe, and Kazuya Shiraishi	Active Tectonics of off-Hokuriku, Central Japan, by two ships seismic reflection profiling (ポスター発表)	European Geosciences Union General Assembly 2016	平成 27 年 4 月 15 日
Tatsuya Ishiyama and Hiroshi Sato	Active intraplate deformation as geodynamic responses to oblique shallow subduction of a flat slab: example from central and southwest Japan (口頭発表)	European Geosciences Union General Assembly 2016	平成 27 年 4 月 16 日
Hiroshi Sato, Tasuya Ishiyama, Naoko Kato, Susumu Abe, Hideo Saito, Kazuya Shiraishi, Shiori Abe, Takaya Iwasaki, Mitsuru Inaba, Tetsuo No, Takeshi Sato, Shuichi Kodaira, Tetsuya Takeda, Makoto Matsubara, and Chihiro Kodaira	Structure of backarc inner rifts as a weakest zone of arc-backarc system: a case study of the Sea of Japan (口頭発表)	European Geosciences Union General Assembly 2016	平成 27 年 4 月 15 日

加藤直子・佐藤比呂志・石山達也・白石和也・阿部 進	日本海地震・津波調査プロジェクト: 鳥取・福井沖地殻構造探査の成果（ポスター発表）	日本地球惑星科学連合 2015 年大会	平成 27 年 5 月 27 日
石山達也・佐藤比呂志・加藤直子・蔵下英司・戸田 茂・越谷信・小林健太・野 徹雄・佐藤壮・小平秀一・白石和也・東中基倫・阿部 進	日本海地震・津波調査プロジェクト:海陸統合地殻構造探査「2014 年かほく-砺波測線」による富山堆積盆地の構造（口頭発表）	日本地球惑星科学連合 2015 年大会	平成 27 年 5 月 27 日
石山達也・佐藤比呂志・加藤 直子	地殻構造探査により明らかになった富山堆積盆地の活断層の構造的特徴（口頭発表）	日本地球惑星科学連合 2015 年大会	平成 27 年 5 月 28 日
佐藤比呂志・石山達也・加藤直子・阿部 進・白石和也・稲葉充・阿部紫織・蔵下英司・野 徹雄・佐藤 壮・小平秀一・松原 誠	本州の背弧内リフトの形成と短縮変形（口頭発表）	日本地球惑星科学連合 2015 年大会	平成 27 年 5 月 28 日
阿部紫織・佐藤比呂志・稲葉充・加藤直子・石山達也・野徹雄・小平秀一	背弧リフトの短縮変形プロセス：秋田堆積盆地を例として（口頭発表）	石油技術協会春季講演会	平成 27 年 6 月 11 日
石山達也・佐藤比呂志・加藤直子・蔵下英司・越谷　信・戸田茂・小林健太・野　徹雄・佐藤壮・小平秀一・白石　和也・東中基倫・阿部	地殻構造探査「2014 年かほくー砺波測線」による富山堆積盆地の構造（口頭発表）	石油技術協会春季講演会	平成 27 年 6 月 11 日

進			
佐藤比呂志・加藤直子・石山達也・白石和也・阿部　進	反射法地震探査による北陸～鳥取沖の震源断層調査(口頭発表)	石油技術協会春季講演会	平成 27 年 6 月 11 日
石山達也・佐藤比呂志・加藤直子・越谷　信・松原　誠・阿部進・東中基倫	北陸地域の浅部～深部地殻構造と活構造　（口頭発表）	日本地質学会第 122 年学術大会	平成 27 年 9 月 12 日
佐藤比呂志	北部フォッサマグナの地殻構造と新生代テクトニクス（口頭発表）	日本地質学会第 122 年学術大会	平成 27 年 9 月 13 日
Hiroshi Sato	Late Cenozoic basin evolution and active tectonics of Japanese islands (口頭発表)	The 2015 Workshop of the International Lithosphere Program (ILP) Task Force on Sedimentary Basins	平成 27 年 10 月 5 日
Takeshi SATO, Tetsuo NO, Shuichi KODAIRA, Seiichi MIURA, Tatsuya ISHIYAMA, Hiroshi SATO	Distribution of crustal structure types and its tectonic implications in the southern part of the Japan Sea back-arc basins deduced from the seismic survey (口頭発表)	The 2015 Workshop of the International Lithosphere Program (ILP) Task Force on Sedimentary Basins	平成 27 年 10 月 5 日
Naoko KATO, Hiroshi SATO, Tatsuya ISHIYAMA	Active fault and fold systems from shallow to deep in the eastern part of Niigata basin, central Japan (ポスター発表)	The 2015 Workshop of the International Lithosphere Program (ILP) Task Force on Sedimentary Basins	平成 27 年 10 月 5 日
Tatsuya ISHIYAMA, Hiroshi SATO, Naoko KATO, Susumu ABE	Permanent deformation in the overriding plate along the Japan Trench in the southern Northeast Japan (口頭発表)	The 2015 Workshop of the International Lithosphere Program (ILP) Task Force on	平成 27 年 10 月 6 日

		Sedimentary Basins	
Motonori HIGASHINAKA, Susumu ABE, Hiroshi SATO, Tatsuya ISHIYAMA, Naoko KATO	Estimation of pre-Neogene basement in Niigata-area Japan using gravity anomalies and velocity model based on reflection and refraction seismic surveys (口頭発表)	The 2015 Workshop of the International Lithosphere Program (ILP) Task Force on Sedimentary Basins	平成 27 年 10 月 6 日
Susumu ABE, Motonori HIGASHINAKA, Hiroshi SATO, Tatsuya ISHIYAMA	Strategic seismic data processing for extraction of deep crustal reflectors through reconstructed velocity heterogeneity (口頭発表)	The 2015 Workshop of the International Lithosphere Program (ILP) Task Force on Sedimentary Basins	平成 27 年 10 月 6 日
Hiroshi Sato, Tatsuya Ishiyama, Naoko Kato, Susumu Abe, Kazuya Shiraishi, Mitsuru Inaba, Eiji Kurashimo, Takaya Iwasaki, Anne Van Horne, Tetsuo No, Takeshi Sato, Shuichi Kodaira, Makoto Matsubara, Tetsuya Takeda, Shiori Abe, Chihiro Kodaira	Concentration of strain in a marginal rift zone of the Japan backarc during post-rift compression (ポスター発表)	American Geophysical Union Fall Meeting 2015	平成 27 年 12 月 16 日
Takeshi Sato, Tetsuo No, Shuichi Kodaira, Seiichi Miura, Tatsuya	Relation between the crustal structure type and the distribution of the crustal deformation in the Japan Sea back-arc basins	American Geophysical Union Fall Meeting 2015	平成 27 年 12 月 16 日

Ishiyama, Hiroshi Sato	and its margins (ポスター発表)		
Tetsuo No, Takeshi Sato, Shuichi Kodaira, Seiichi Miura, Tatsuya Ishiyama, Hiroshi Sato	Crustal structure of the western Yamato Basin, Japan Sea, revealed from seismic survey (ポスター発表)	American Geophysical Union Fall Meeting 2015	平成 27 年 12 月 16 日
Takaya Iwasaki, Hiroshi Sato, Tatsuya Ishiyama, Masanao Shinohara, Akinori Hashima	Fundamental structure model of island arcs and subducted plates in and around Japan (ポスター発表)	American Geophysical Union Fall Meeting 2015	平成 27 年 12 月 16 日
Anne Van Horne, Hiroshi Sato, Tatsuya Ishiyama, Naoko Kato	The Problem With the Plate Boundary in the Sea of Japan　(ポスター発表)	American Geophysical Union Fall Meeting 2015	平成 27 年 12 月 16 日

(f) 特許出願、ソフトウエア開発、仕様・標準等の策定

1) 特許出願

なし

2) ソフトウエア開発

なし

3) 仕様・標準等の策定

なし

(3) 平成２８年度業務計画案

平成 27 年度に実施した山口-北九州沖沿岸の反射法地震探査結果を、日本海と沿岸域の海域断層の初期モデルに反映させる。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、断層モデルを更新する。