

2. 2. 4 陸域活構造調査

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（令和元年度）
 - 8) 令和 2 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
- (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

2.4 陸域活構造調査

(b) 担当者

所属機関	役職	氏名
東京大学地震研究所	准教授	石山 達也
	教授	佐藤 比呂志
	特任研究員	加藤 直子
信州大学教育学部	教授	廣内 大助
岡山大学大学院教育学研究科	教授	松多 信尚
岩手大学工学部	教授	越谷 信
	准教授	岡田 真介
愛知教育大学	教授	戸田 茂
新潟大学理学部	教授	豊島 剛志
	講師	小林 健太

(c) 業務の目的

陸域の変動地形学的調査と地下構造調査を組み合わせ、沿岸域の震源断層モデルの高度化に資する資料を得る。

(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：

飛騨山脈北縁から能登半島北方海域で実施される海陸統合測線および沿岸調査海域周辺である富山平野周辺の主要活構造について、変動地形や浅層反射法地震探査などの活構造調査を実施し、調査地域の活断層の活動性や浅部形状を明らかにするために、得られた地形および浅部地下構造について変動地形・構造地質学的な解析を行った。

2) 平成 26 年度：

平成 25 年度・平成 26 年度の海陸統合測線及び沿岸調査海域周辺である砺波平野周辺の主要活構造について、変動地形や浅層反射法地震探査などの活構造調査を実施し、調査地域の活断層の活動性や浅部形状を明らかにするために、得られた地形および浅部地下構造について変動地形・構造地質学的な解析を行った。

3) 平成 27 年度：

海陸統合測線及び沿岸調査海域周辺である福井平野周辺の主要活構造について、変動地形や浅層反射法地震探査などの活構造調査を実施し、調査地域の活断層の活動性や浅部形状を明らかにするために、得られた地形及び浅部地下構造について変動地形・構造地質学的な解析を行った。

4) 平成 28 年度 :

平成 27 年度・平成 28 年度実施の海陸統合測線及び沿岸調査海域周辺の陸域部である北陸・山陰沿岸地域の主要活構造について、調査地域の活断層の活動性や浅部形状を明らかにするために、金沢平野周辺において変動地形や浅層反射法地震探査などの活構造調査を実施し、変動地形・構造地質学的な解析を行った。

5) 平成 29 年度 :

平成 29 年度実施の海陸統合測線および沿岸調査海域周辺の陸域部である北海道日本海沿岸域の主要活構造について、調査地域の活断層の活動性や浅部形状を明らかにするために、石狩平野西部において変動地形や浅層反射法地震探査などの活構造調査を実施し、変動地形・構造地質学的な解析を行った。

6) 平成 30 年度 :

平成 30 年度実施の海陸統合測線および沿岸調査海域周辺の陸域部である北海道中南部日本海沿岸域の主要活構造について、調査地域の活断層の活動性や浅部形状を明らかにするために、変動地形や浅層反射法地震探査などの活構造調査を実施し、変動地形・構造地質学的な解析を行った。

7) 平成 31 年度 (令和元年度) :

平成 30 年度実施の北海道中南部日本海沿岸域および令和元年度実施の海陸統合測線および沿岸調査海域周辺の陸域部である庄内平野～新庄盆地東縁の主要活構造について、調査地域の活断層の活動性や浅部形状を明らかにするために、変動地形や浅層反射法地震探査などの活構造調査を実施し、変動地形・構造地質学的な解析を行った。

8) 令和 2 年度 :

令和 2 年度実施の構造調査測線周辺である津軽半島周辺の主要活構造について活動性や浅部形状を明らかにするために、変動地形や浅層反射法地震探査などの活構造調査を実施し、変動地形・構造地質学的な解析を行った。また、これまでの調査結果に明らかになった日本海沿岸の主要な陸域活構造の分布・構造的な特徴等を取りまとめた。

(e) 令和 2 年度業務目的

令和 2 年度実施の構造調査測線周辺である青森平野西縁・入内断層について活動性や浅部形状を明らかにするために、変動地形や浅層反射法地震探査などの活構造調査を実施し、浅部の断層形状を明らかにし、変動地形・構造地質学的な解析を行う。また、8 ヶ年の調査結果に基づき、日本海沿岸の堆積平野の陸域活構造の分布・構造的な特徴および今後の課題について取りまとめる。

(2) 令和 2 年度の成果

(a) 業務の要約

令和 2 年度実施の海陸統合測線 (津軽半島横断地殻構造探査) 周辺の陸域活構造である

青森平野西縁・入内断層について、活動性や浅部形状を明らかにするために、変動地形や浅層反射法地震探査などの活構造調査を実施し、変動地形・構造地質学的な解析を行った。

(b) 業務の成果

青森平野には、平野西縁部に逆断層である入内断層が分布し、中期更新世に噴出・堆積した新旧の八甲田火砕流堆積物および後期更新世の河成・海成段丘面を上下に変形させている（活断層研究会、1991¹⁾；宮内ほか、2001²⁾；中田・今泉編、2002³⁾；池田ほか、2002⁴⁾；今泉ほか編、2018⁵⁾；長森ほか、2013⁶⁾）。入内断層の地下構造については、過去に複数の反射法地震探査が実施されているものの（青森県、1996⁷⁾）、概して測線長が短く、可探深度が浅いことから、断層構造の詳細については明らかではなかった。そこで、本サブテーマでは、入内断層の詳細な浅部構造を推定する目的で、入内断層崖および青森平野南部を横断する測線で浅層高分解能反射法地震探査を行った（入内測線）（図 1）。

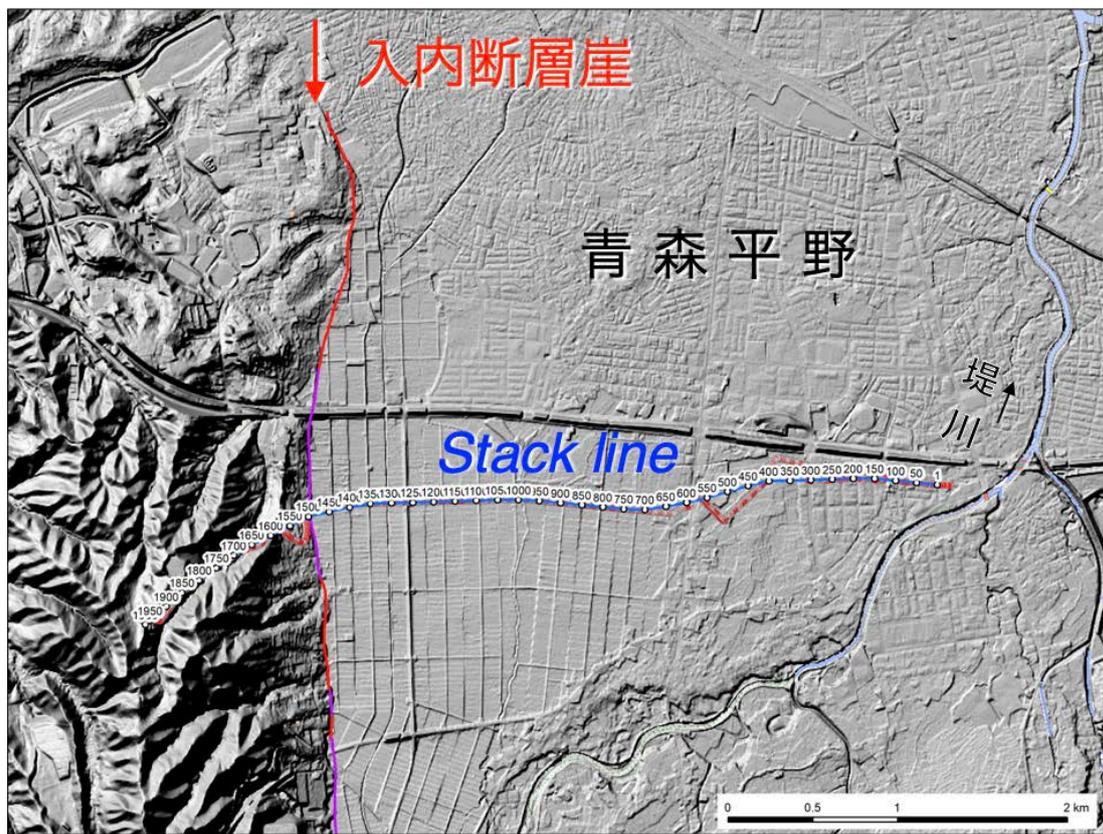


図 1 浅層高分解能反射法地震探査（入内測線）の位置図。重合測線を青線で示す。活断層（赤・紫・青線）の位置は中田・今泉編（2002）³⁾に基づく。

入内測線は、青森県青森市第二問屋町を起点として、同細越栄山地区に至る区間であり、測線長は約 5.6 km である。主なデータ取得のパラメータを表 1 に示す。本探査では、受振展開については 5 m 間隔で 1,053 点設定した。また、震源として主に小型バイブレータ 1 台の 10 m 間隔（投影測線上）の稠密発震を行い、スウィープ数 4 回を標準とした高分解能反射法のデータを取得した。代表的な発震記録を図 2～4 に示す。また全点展開長を確保した上で、中型バイブロサイス 1 台・スウィープ数 30 回による集中発震 7 点の屈折法データを取得した。代表的な発震記録を図 5～7 に示す。発震記録からわかるように、測線

東半部の市街地付近はノイズレベルが高かったものの、それ以外は全般にノイズレベルは非常

表 1 入内測線のデータ取得パラメーター一覧

調査項目	反射法	屈折法
総測線長	約 5.6 km	
震源	ミニバイブレータ	中型バイブレータ
バイブレータ台数	1 台	1 台
標準発震点間隔	10 m	約 0.9 km
スイープ長	18 s	18 s
スイープ周波数	10-100 Hz	6-40 Hz
標準発震回数/発震点	4 回	30 回
総発震点数	534 点	7 点
標準受振点間隔	10 m (投影)	
受振器	SM-24 3S (10 Hz)	
総受振点数	1,053 点	
展開パターン	固定展開	固定展開
探鉱器	GSR (独立型)	
サンプルレート	2 ms	
記録長	4 s	4 s

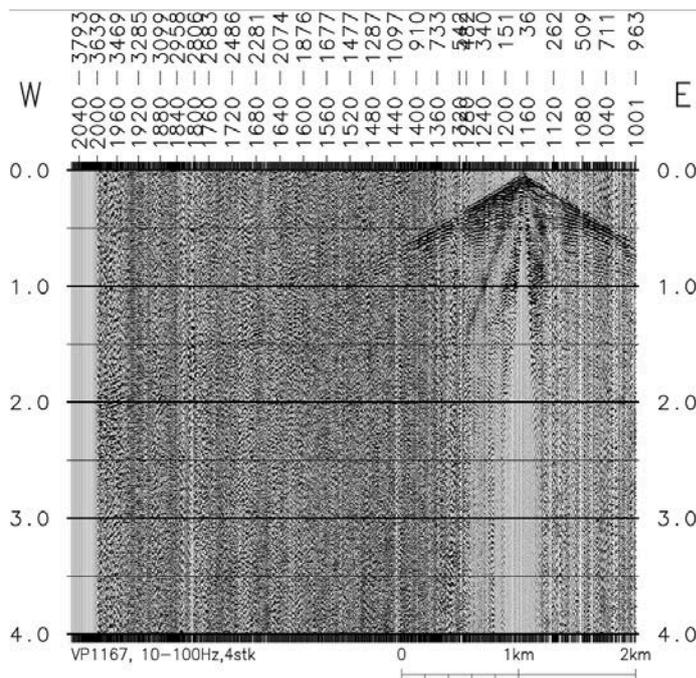


図 2 入内測線、VP1167 (4 回発震) における発震記録

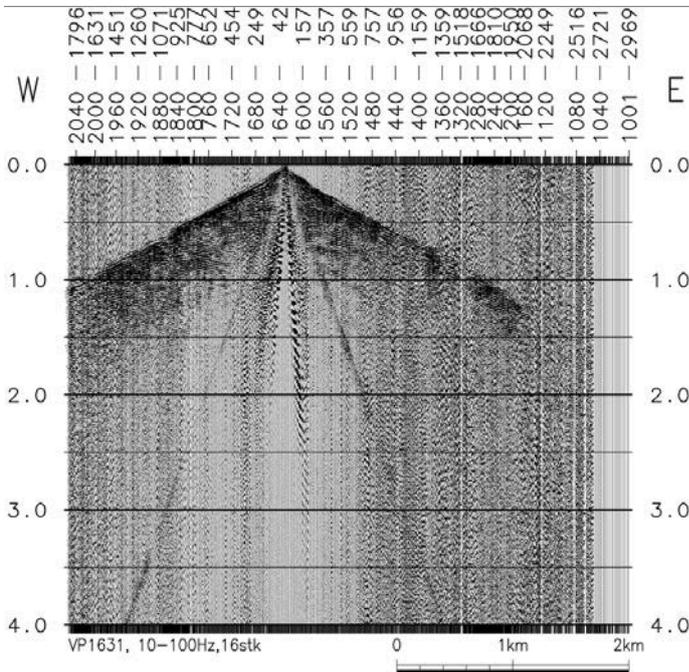


図3 入内測線、VP1631 (4回発震) における発震記録

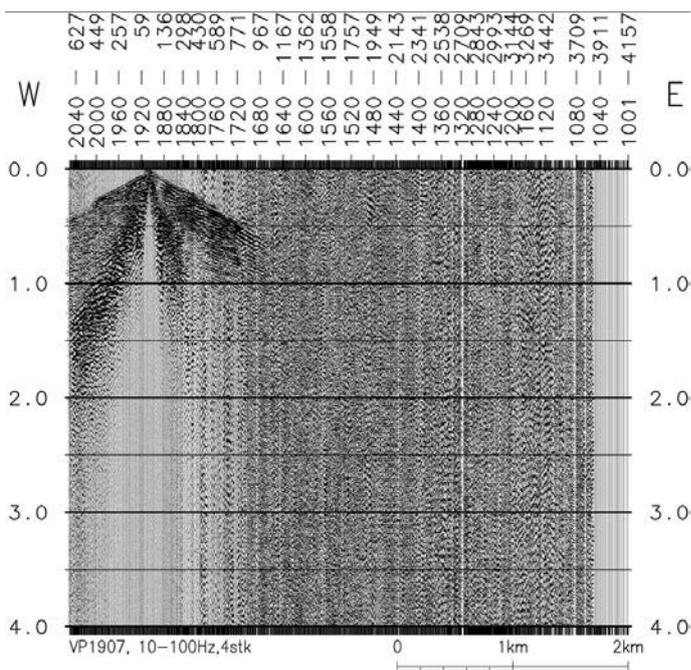


図4 入内測線、VP1907 (4回発震) における発震記録

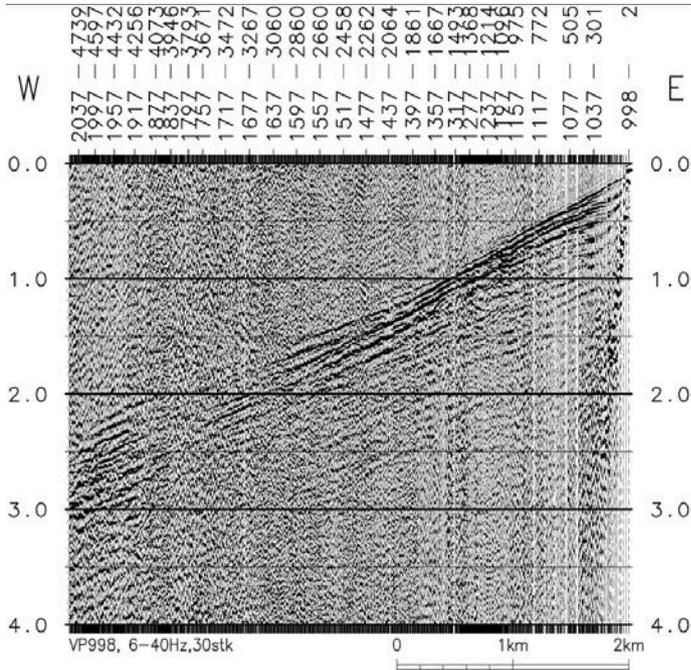


図 5 入内測線、VP998 (30 回発震) における発震記録

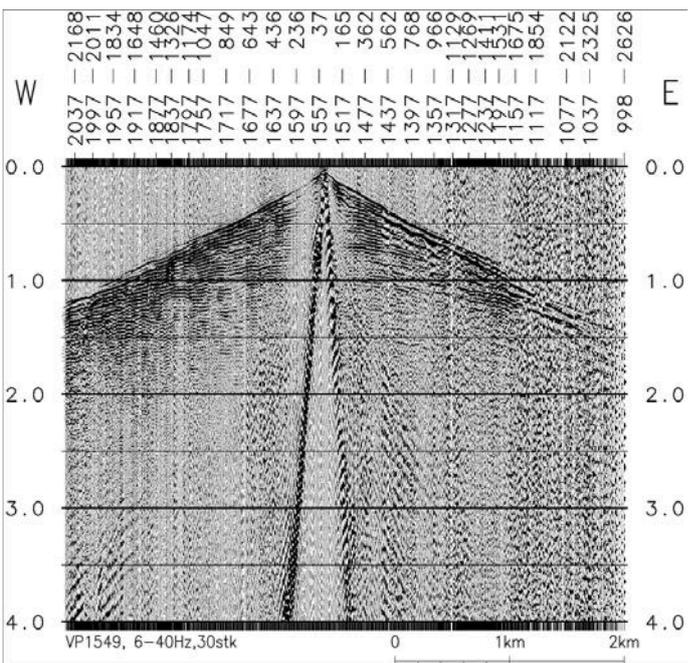


図 6 入内測線、VP1549 (30 回発震) における発震記録

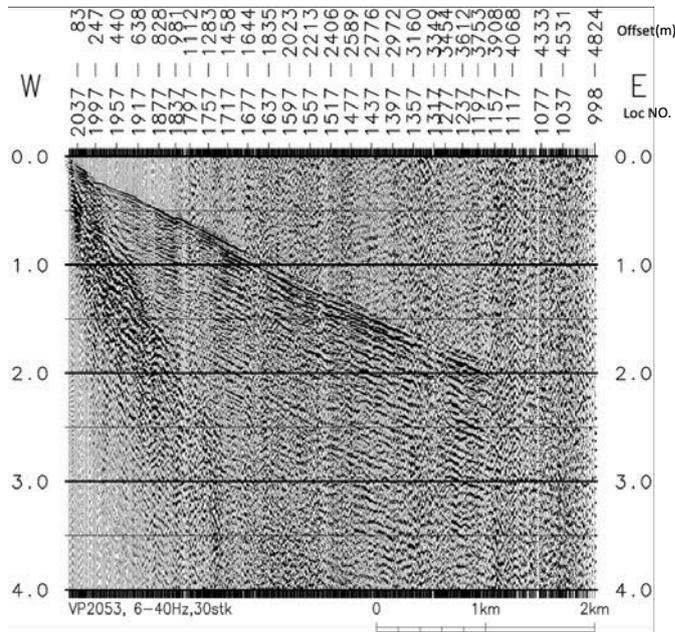


図7 入内測線、VP2053 (30回発震) における発震記録

に低く、多くのショット記録において S/N 比の高い非常に良好な記録が得られた。受振点・発震点の測量はネットワーク型 RTK-GNSS 測位 (VRS 方式) によって実施した。

得られた観測記録を用いて、Super-XC ((株) 地球科学総合研究所製) を使用した共通反射点 (Common Depth Point; CDP) 重合法に基づく反射法データ解析を行った。主な解析パラメータは以下の通りである: AGC: 1000 ms; Deconvolution gate length 2,000 ms, operator length 180 ms, 予測距離 8 ms; Bandpass filter: 5/10-80/100 Hz; 残差静補正: シフト量 2 ms; FD Migration, 80%。

図 8~10 に重合時間断面図・マイグレーション後時間断面図およびマイグレーション後深度断面図を示す。反射法解析の結果、CMP 間隔 2.5 m、往復走時約 1.5 秒、深さ約 3 km までの高解像度反射断面が得られた。周辺の地質 (長森ほか、2013⁶⁾) やボーリングデータ (青森県、1996⁷⁾) との対比に基づき、深度断面の解釈を行った (図 11)。断面西部に入内断層上盤側に分布する非対称背斜の東翼部および基部の西傾斜する向斜軸がイメージングされている。非対称背斜東翼部は西に隣接する鶴ヶ坂向斜東翼部に比べて明らかに急傾斜であることから、非対称背斜は東急・西緩の非対称背斜であり、東フェルゲンツであると考えられる。また、入内断層は向斜軸よりも西側に位置しており、東翼部に発達する急傾斜帯および不連続にほぼ一致する。これらの構造的特徴から、非対称背斜は西傾斜の逆断層によって形成され、入内断層はこれから派生し地表付近まで伸びる逆断層であると考えられる。非対称背斜を形成した西傾斜する逆断層は地表下に伏在しており、その先端は入内断層の地表位置よりも平野側に位置している。また、これらの断層は、八甲田第一・第二火砕流堆積物およびこれより下位の磯田山層を变形・切断している。このように、入

内断層は地下浅部にて **emergent thrust** と伏在断層からなる分岐スラスト構造を形成しており、比較的シンプルな変動地形（宮内ほか、2001²⁾；池田ほか、2002⁴⁾）に比べて複雑な構造形態を示す。このほか、断面中央部では、八甲田第一・第二火砕流堆積物が参加する伏在背斜が存在する。これは低角で西傾斜の伏在逆断層によって形成されたと考えられるが、入内断層に近接することから、地下深部では入内断層に収斂するものと推定される。

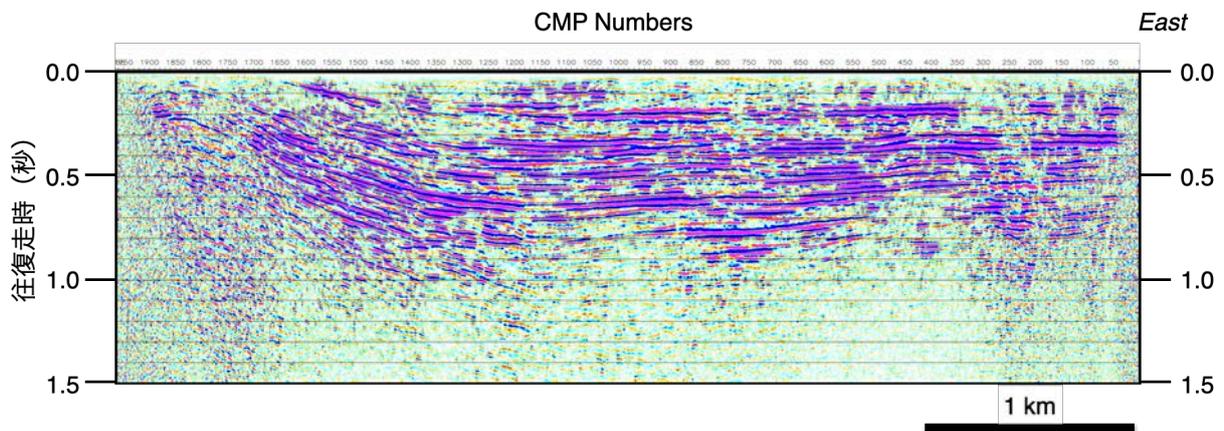


図 8 入内測線の重合時間断面図。縦スケールは往復走時（秒）。

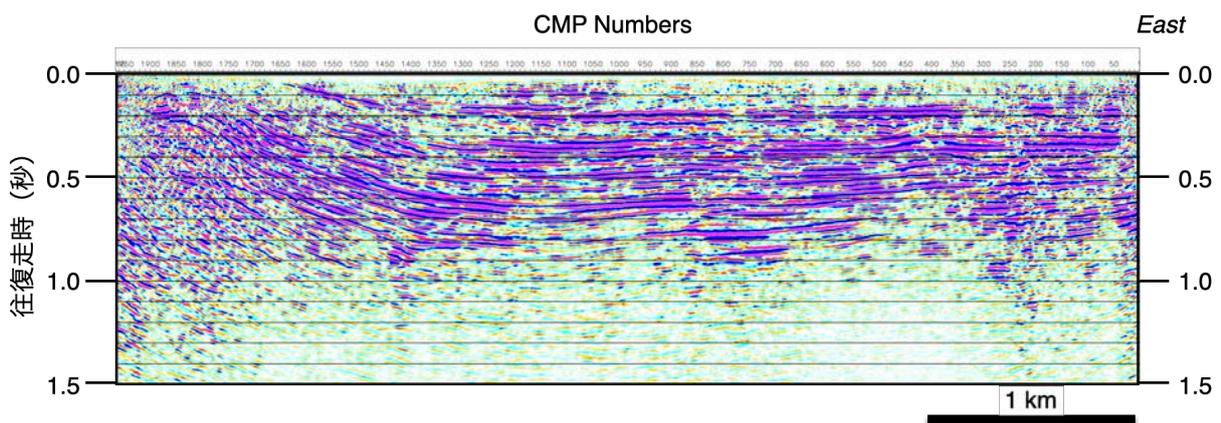


図 9 入内測線のマイグレーション後時間断面図。縦スケールは往復走時（秒）。

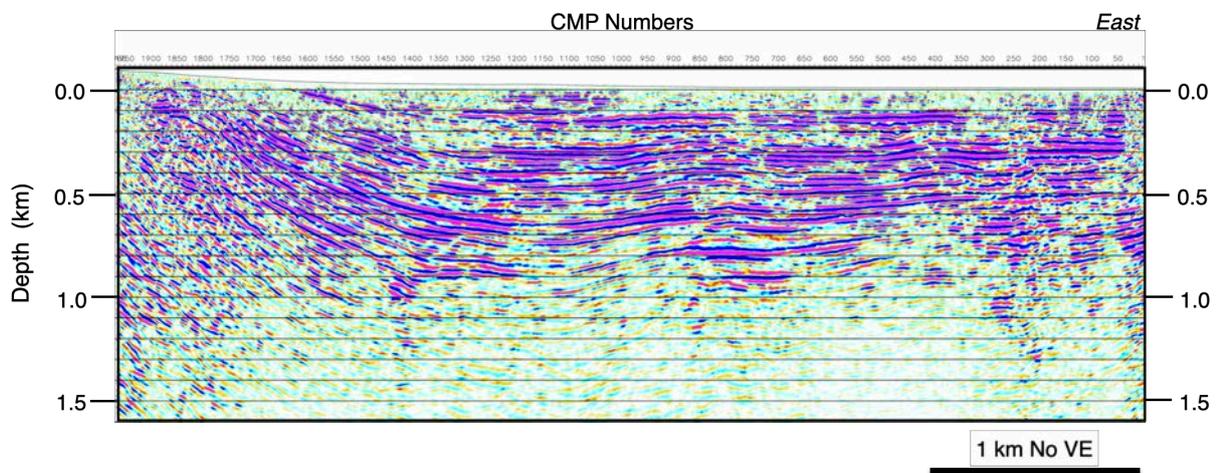


図 10 入内測線のマイグレーション後深度断面図。縦横比は 1:1。

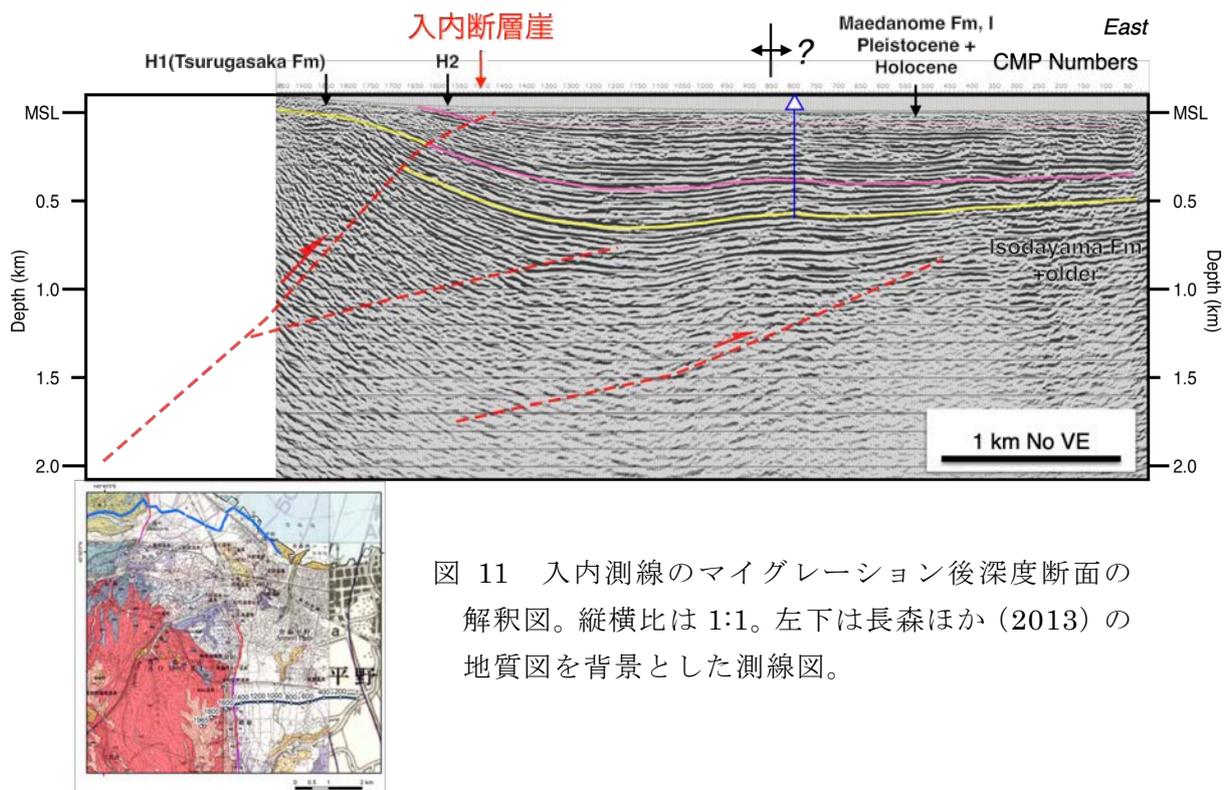


図 11 入内測線のマイグレーション後深度断面の解釈図。縦横比は 1:1。左下は長森ほか (2013) の地質図を背景とした測線図。

本サブサブテーマでは、主に深部構造探査周辺に位置する日本海沿岸域の堆積平野の活構造を対象として、その構造や活動性など、震源断層モデルの高度化に資するデータを取得するため、浅層高分解能反射法地震探査を中心とした陸域活構造調査を 8 ヶ年にわたり実施してきた (図 12)。反射法地震探査に際しては、独立型地震波収録器を全測線上で固定展開するとともに、中型バイブレータ震源車による稠密発震を行い、高密度の地震波形を多数観測することで重合数を飛躍的に増大させ、既往の浅層反射法地震探査に比べて高分解能かつ深部までの反射断面の取得に努めた (図 13)。このような手法を新たに採用することで、いずれの測線においても良好な反射断面を取得することができた。

図 14 に本サブサブテーマで得られた反射断面の代表例を例示する。本サブサブテーマでは、H25 呉羽山断層南部 (富山平野)、H26 石動・法林寺断層 (砺波平野)、H27 森本・富樫断層 (金沢平野)、H28 福井地震断層 (福井平野)、H29 石狩低地の伏在活断層 (石狩低地)、H30 増毛山地東縁断層帯 (石狩低地北部)、R1 庄内平野東縁断層帯 (庄内平野)、R2 入内断層 (青森平野) を対象として浅層高分解能反射法地震探査を実施した。観測は深部構造探査近傍あるいは周辺の堆積平野で実施した。これらの測線のうち、H25 呉羽山断層南部、H26 石動・法林寺断層、H27 森本・富樫断層、H28 福井地震断層、H30 増毛山地東縁断層帯、R2 入内断層を対象とした観測では、日本海沿岸域の堆積平野の主要活構造 (例えば活断層研究会、1991¹⁾; 中田・今泉編、2002³⁾; 池田ほか、2002⁴⁾; 今泉ほか編、2018⁵⁾) について、これまで未解明であった浅部の断層構造について解明することができた。

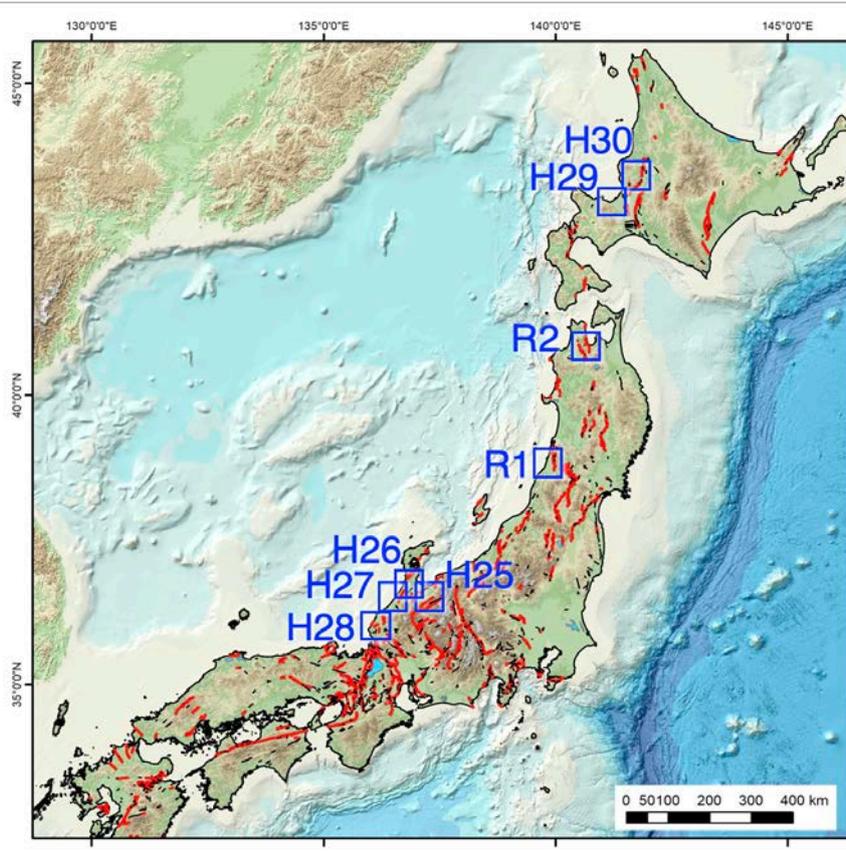


図 12 本サブサブテーマで浅層高分解能反射法地震探査を実施した領域



図 13 本サブサブテーマで使用した独立型地震波収録器の設置の様子。黄色・白色の箱形の機器が収録器とリチウムイオン電池。ここでは受振点 1 箇所につき地震計 3 台のバンチングを行い、3 ch の収録を行っている。

これらの結果によると、日本海沿岸の堆積平野の活構造の構造的な特徴として、活構造が伏在断層によって形成されていることを指摘することができる。すなわち、地表に変動地形が確認出来る場合でも、断層自体は堆積平野の中に伏在している場合が多いと考えられる。さらに分布および構造的な特徴として特筆すべき点は、堆積平野の縁辺に分布することがこれまで知られていた活構造に加えて、多くの測線（H25 富山平野、H26 砺波平野、H29 石狩低地、R1 庄内平野、R2 青森平野）において、平野内にこれまで知られていなかった伏在活構造の存在が確認されたことである（Ishiyama et al., 2017a⁸⁾; 2017b⁹⁾）。これらはいずれも伏在逆断層である。多くの場合、層序データの不足からその活動性を推定することは現状では困難であるが、庄内平野では既存のボーリング層序との対比から伏在逆断層が A 級の活動度を持つことが推定された。このような伏在活構造は、当然ながら現在は長期評価の対象ではないが、人口の集中する堆積平野に分布するため、将来の活動に伴う被害予測が重要であることは論を俟たない。今後、調査観測研究を継続し、伏在活構造

の詳細な分布・長さ・活動度を解明し、これらの長期評価を行うことが、地震被害予測を向上させる上で必要であると考えられる。

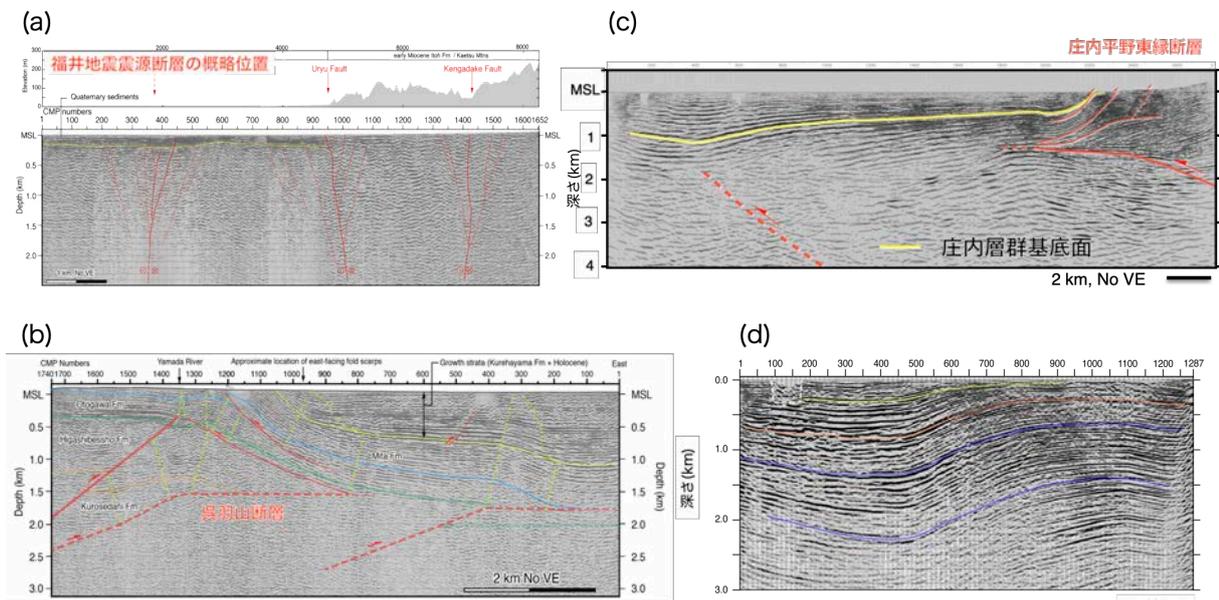


図 14 本サブサブテーマで取得した浅層高分解能反射法地震探査断面の例。(a) 福井平野、(b)富山平野、(c)庄内平野、(d) 石狩低地。

(c) 結論ならびに今後の課題

令和 2 年度実施の海陸統合測線（津軽半島横断地殻構造探査）周辺の陸域活構造である青森平野西縁・入内断層について、活動性や浅部形状を明らかにすることを目的として、青森平野西縁部から中央部にかけて、小型パイプレータ震源および独立型地震波収録器を利用した浅層高分解能反射法地震探査を行った。観測記録について反射法処理を行った結果、入内断層の詳細な西傾斜の分岐スラスト構造が明らかになった。また、入内断層の下盤側にこれまで未確認の伏在背斜および伏在断層の存在が明らかになった。青森平野で今回推定された伏在断層・背斜はこれまでその存在が知られておらず、分布・変位速度や最近の活動時期などについては、今後の詳細な検討が必要である。

主に深部構造探査の周辺に位置する日本海沿岸域の堆積平野の活構造を対象として、震源断層モデルの構築に資するデータを得るべく浅層高分解能反射法地震探査を中心とした陸域活構造調査を 8 ヶ年にわたり実施した結果をとりまとめた。すなわち、日本海沿岸域の堆積平野の主要活構造について、これまで未解明であった浅部の断層構造について解明することができた。加えて、日本海沿岸の堆積平野の活構造の分布・構造的特徴として、平野縁辺に活構造が分布するほかに、平野内に未知の伏在活構造が存在することが確認された。今後の課題として、調査観測研究を継続し、伏在活構造の詳細な分布・長さ・活動度等を解明し、これらの長期評価を行うことが、地震被害予測を向上させる上で重要である。

(d) 引用文献

- 1) 活断層研究会編, 新編日本の活断層-分布図と資料-. 東京大学出版会, 437 p., 1991.
- 2) 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, D1-No.388, 2001.
- 3) 中田 高, 今泉俊文編, 活断層詳細デジタルマップ. 東京大学出版会, DVD-ROM2 枚, 付図 1 葉, 60 p, 2002.
- 4) 池田安隆, 今泉俊文, 東郷正美, 平川一臣, 宮内崇裕, 佐藤比呂志編, 第四紀逆断層アトラス. 東京大学出版会, 254 p., 2002.
- 5) 今泉俊文, 宮内崇裕, 堤 浩之, 中田 高編, 活断層詳細デジタルマップ [新編]. 東京大学出版会, 154 p + USB メモリ, 2018.
- 6) 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). 産総研地質調査総合センター, 67p, 2013.
- 7) 青森県, 入内断層、折爪断層に関する調査成果報告書, 116 p., 1996.
- 8) Ishiyama, T., Sato, H., Kato, N., Koshiya, S., Abe, S., Shiraishi, K., and Matsubara, M.,: Structures and active tectonics of compressionally reactivated back-arc failed rift across the Toyama trough in the Sea of Japan, revealed by multiscale seismic profiling, Tectonophysics, 710, 21-36, 2017a.
- 9) Ishiyama, T., Kato, N., Sato, H., Koshiya, S., Toda, S., and K. Kobayashi,: Geometry and slip rates of active blind thrusts in a reactivated back-arc rift using shallow seismic imaging: Toyama basin, central Japan, Tectonophysics, 718, 72-82, 2017b.

(e) 成果の論文発表・口頭発表等

1) 学会等における口頭・ポスター発表

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
高分解能反射法地震探査による庄内平野の伏在活断層の構造的特徴 (口頭発表)	石山達也, 佐藤比呂志, 加藤直子, 阿部進, 横井悟, 清水英彦, 奥田真央	令和2年度（2020年）石油技術協会学術大会 (オンライン)	令和2年10月28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

本サブサブテーマでは、主に深部構造探査周辺に位置する日本海沿岸域の堆積平野の活構造を対象として、その構造や活動性など、震源断層モデルの高度化に資するデータを取得するため、浅層高分解能反射法地震探査を中心とした陸域活構造調査を8 ヶ年にわたり実施してきた（図 15）。反射法地震探査に際しては、独立型地震波収録器を全測線上で固定展開するとともに、中型バイブレータ震源車による稠密発震を行い、高密度の地震波形を多数観測することで重合数を飛躍的に増大させ、既往の浅層反射法地震探査に比べて高分解能かつ深部までの反射断面の取得に努めた。このような手法を新たに採用することで、いずれの測線においても良好な反射断面を取得することができた。

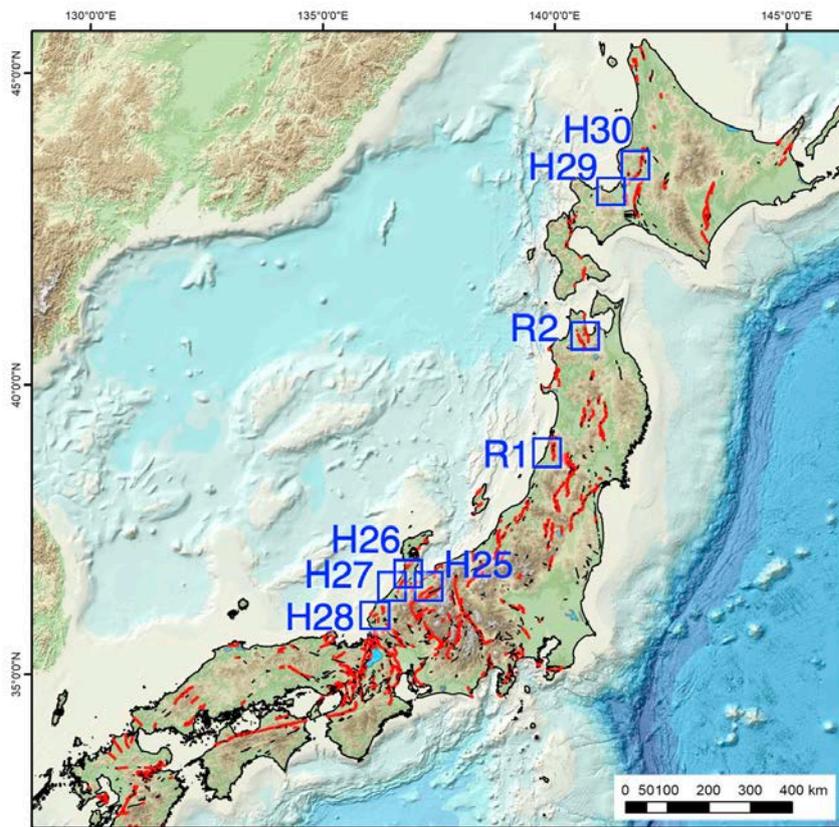


図 15 本サブサブテーマで浅層高分解能反射法地震探査を実施した領域



図 16 本サブサブテーマで使用した独立型地震波収録器の設置の様子。黄色・白色の箱形の機器が収録器とリチウムイオン電池。ここでは受振点1箇所につき地震計3台のバンチングを行い、3 ch の収録を行っている。

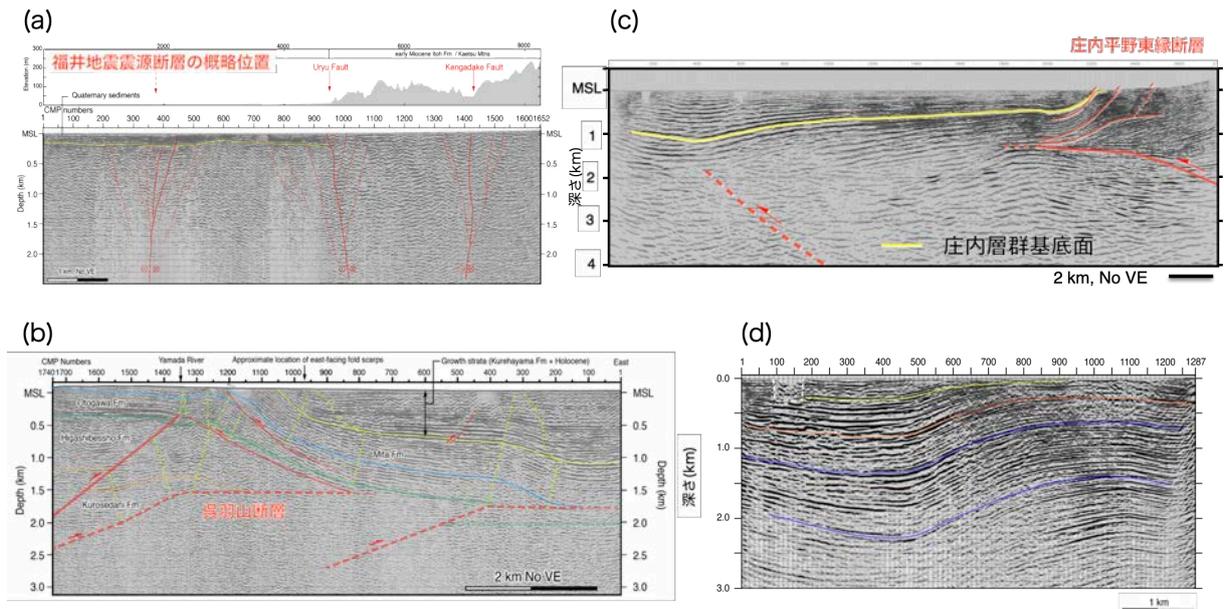


図 17 本サブサブテーマで取得した浅層高分解能反射法地震探査断面の例。(a) 福井平野、(b)富山平野、(c)庄内平野、(d) 石狩低地。

図 17 に本サブサブテーマで得られた反射断面の代表例を例示する。本サブサブテーマでは、H25 呉羽山断層南部（富山平野）、H26 石動・法林寺断層（砺波平野）、H27 森本・富樫断層（金沢平野）、H28 福井地震断層（福井平野）、H29 石狩低地の伏在活断層（石狩低地）、H30 増毛山地東縁断層帯（石狩低地北部）、R1 庄内平野東縁断層帯（庄内平野）、R2 入内断層（青森平野）を対象として浅層高分解能反射法地震探査を実施した。観測は深部構造探査近傍あるいは周辺の堆積平野で実施した。これらの測線のうち、H25 呉羽山断層南部、H26 石動・法林寺断層、H27 森本・富樫断層、H28 福井地震断層、H30 増毛山地東縁断層帯、R2 入内断層を対象とした観測では、日本海沿岸域の堆積平野の主要活構造（例えば活断層研究会、1991¹⁾;中田・今泉編、2002²⁾;池田ほか、2002³⁾;今泉ほか編、2018⁴⁾）について、これまで未解明であった浅部の断層構造について解明することができた。これらの結果によると、日本海沿岸の堆積平野の活構造の構造的な特徴として、活構造が伏在断層によって形成されていることを指摘することができる。すなわち、地表に変動地形が確認出来る場合でも、断層自体は堆積平野の中に伏在している場合が多いと考えられる。さらに分布および構造的な特徴として特筆すべき点は、堆積平野の縁辺に分布することがこれまで知られていた活構造に加えて、多くの測線（H25 富山平野、H26 砺波平野、H29 石狩低地、R1 庄内平野、R2 青森平野）において、平野内にこれまで知られていなかった伏在活構造の存在が確認されたことである（Ishiyama et al., 2017a⁵⁾; 2017b⁶⁾）。これらはいずれも伏在逆断層である。多くの場合、層序データの不足からその活動性を推定することは現状では困難であるが、庄内平野では既存のボーリング層序との対比から伏在逆断層が A 級の活動度を持つことが推定された。このような伏在活構造は、当然ながら現在は長期評価の対象ではないが、人口の集中する堆積平野に分布するため、将来の活動に伴う被害予測が重要であることは論を俟たない。今後、調査観測研究を継続し、伏在活構造の詳細な分布・長さ・活動度を解明し、これらの長期評価を行うことが、地震被害予測を向上させる上で必要であると考えられる。

(b) 結論ならびに今後の課題

主に深部構造探査の周辺に位置する日本海沿岸域の堆積平野の活構造を対象として、震源断層モデルの構築に資するデータを得るべく浅層高分解能反射法地震探査を中心とした陸域活構造調査を8ヵ年にわたり実施した結果、日本海沿岸域の堆積平野の主要活構造について、これまで未解明であった浅部の断層構造について解明することができた。加えて、日本海沿岸の堆積平野の活構造の分布・構造的特徴として、平野縁辺に活構造が分布するほかに、平野内に未知の伏在活構造が存在することが確認された。今後の課題として、調査観測研究を継続し、伏在活構造の詳細な分布・長さ・活動度等を解明し、これらの長期評価を行うことが、地震被害予測を向上させる上で重要である。

(c) 引用文献

- 1) 活断層研究会編, 新編日本の活断層・分布図と資料-. 東京大学出版会, 437 p., 1991.
- 2) 中田高, 今泉俊文編, 活断層詳細デジタルマップ. 東京大学出版会, DVD-ROM2枚, 付図1葉, 60 p, 2002.
- 3) 池田安隆, 今泉俊文, 東郷正美, 平川一臣, 宮内崇裕, 佐藤比呂志編, 第四紀逆断層アトラス. 東京大学出版会, 254 p., 2002.
- 4) 今泉俊文, 宮内崇裕, 堤浩之, 中田高編, 活断層詳細デジタルマップ [新編]. 東京大学出版会, 154 p + USB メモリ, 2018.
- 5) Ishiyama, T., Sato, H., Kato, N., Koshiya, S., Abe, S., Shiraishi, K., and Matsubara, M.; Structures and active tectonics of compressionally reactivated back-arc failed rift across the Toyama trough in the Sea of Japan, revealed by multiscale seismic profiling, *Tectonophysics*, 710, 21-36, 2017a.
- 6) Ishiyama, T., Kato, N., Sato, H., Koshiya, S., Toda, S., and K. Kobayashi.; Geometry and slip rates of active blind thrusts in a reactivated back-arc rift using shallow seismic imaging: Toyama basin, central Japan, *Tectonophysics*, 718, 72-82, 2017b.

