

3. 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) 令和元年度
 - 8) 令和2年度
- (e) 平成30年度業務目的

(2) 平成30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) 令和元年度業務計画案

(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
地域地盤環境研究所	主任研究員	越後 智雄
岡山大学大学院教育学研究科	教授	松多 信尚
岩手大学理工学部	教授	越谷 信
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：

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) 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う。

8) 令和2年度：

調査領域の陸域部の活構造について、前年度までの調査結果をとりまとめ、その結果を震源断層モデル構築のための基礎資料として提供する。

(e) 平成30年度業務目的

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う。

(2) 平成30年度の成果

(a) 業務の要約

海陸統合測線及び沿岸調査海域周辺の陸域部の伏在断層や主要活構造を明らかにする目的で、石狩平野西部で高精度浅層反射法地震探査を実施し、浅部地下構造データを取得するとともに、活構造調査を実施した。

(b) 業務の成果

石狩低地帯北部は増毛（樺戸）山地と夕張山地に挟まれた地形的・構造的低所である。増毛山地東縁では古第三紀～鮮新世の堆積物が東フェルゲンツの褶曲構造をなす^{1),2)}ほか、これを不整合に覆う更新世後期の河成段丘面に撓曲変形が断続的に認められることがわかっている（増毛山地東縁断層帯^{3),4),5),6)}。一方、夕張山地西縁は地形・地質構造からみると石狩低地帯東縁断層帯の北部延長にあたるが、砂川市から奈井江町にかけては、これまで明瞭な変位地形は報告されていない（池田ほか, 2002⁵⁾; 中田・今泉編, 2002⁷⁾）。この地域では、増毛山地東縁と夕張山地西縁にかけての地域では、過去に測線長の短い反射法地震探査が行われている^{3),4)}が、これまで断層構造を見通すような条件を満たす仕様の反射法地震探査は実施されていなかった。また、増毛山地東縁の地質構造についても、露頭が少ない事からその詳細な構造についても不明な点が多かった。この様な事情から、断層形状については、ほとんど情報がないのが現状である。また、当別断層帯や石狩低地帯東縁断層帯など近接する断層帯および褶曲・衝上断層構造との構造的な関係は不明である。こういった観点から、本サブテーマでは、断層の形状や活動性を明らかにするために、増毛山地東縁から石狩低地帯北部を横断し、夕張山地西縁に至る測線で、浅層高分解能反射法地震探査を行った（浦臼-奈井江測線）（図1）。浦臼-奈井江測線は、北海道空知郡奈井江町字東奈井江を起点として、石狩川河川敷を横断、樺戸郡浦臼町字黄臼内地区を経由し樺戸郡浦臼町字於札内地区に至る区間であり、測線長は約14.5 kmである。本探査では、独立型収録



図1 浅層高分解能反射法地震探査（浦臼-奈井江測線）の概略位置図。重合測線を赤線で示す。活断層（赤・紫・青線）の位置は中田・今泉編（2002）⁷⁾に基づく。

器 GSR-1 および GSX-3 (OYO Geospace 社製) を用いた、20 m 間隔の受振点全点の固定展開を行った。また、震源として大型バイブレータ HEMI-50 (IVI 社製) 1 台による稠密発震を行い、高分解能反射法のデータを取得した (表 1)。実施期間は 2019 年 7 月 20 日～7 月 30 日であった。

表 1 浦臼-奈井江測線のデータ取得パラメーター一覧

	浦臼-奈井江測線
測線長	14.5 km
震源	Vibroseis truck (Hemi-50; IVI) 1 台
発震点間隔	10 m
スイープ長	16 秒
スタック数	2～4 回
スイープ周波数	8～100 Hz
総発震点数	1,286
受振点間隔	20 m
地震計	SM-24 10Hz / GS-One 10Hz
総受振点数	725 (fixed)
データ収録器	GSR-ONE (Geospace)
サンプル長	2 m 秒
レコード長	5 秒

主なデータ取得パラメータは以下の通りである：受振点間隔：20 m、発震点間隔 (標準)：10 m、総発震点数：1,286 点、展開チャンネル数：725 ch、スイープ長：16 s、スイープ周波数：8-100 Hz、地震計固有周波数：10 Hz、記録長：5 s、サンプリング間隔：2 ms、平均垂直重合数：2 回。また、高エネルギー発震として約 500 m 間隔で 1 点あたり 10 回、屈折法として 1,000 m 間隔で 1 点あたり 20 回、スイープ周波数 8-40 Hz の低周波発震を

実施した。受振点・発震点の測量はネットワーク型 RTK-GNSS 測位 (VRS 方式) 及び光波測距儀による多角測量によって実施した。測線は県道・市道・町道および一部石狩川の河川敷および堤防上道路に位置した (図 2)。全般にノイズレベルは非常に低く、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 (図 3~8)。



図 2 観測の様子。(a) 大型バイブレーター (HEMI-50) の発振風景。(b) 大型バイブレーターの全景。(c) 地震計および波形収録器 (GSR-One) の設置の様子。(d) RTK ディファレンシャル GPS による測量の様子。

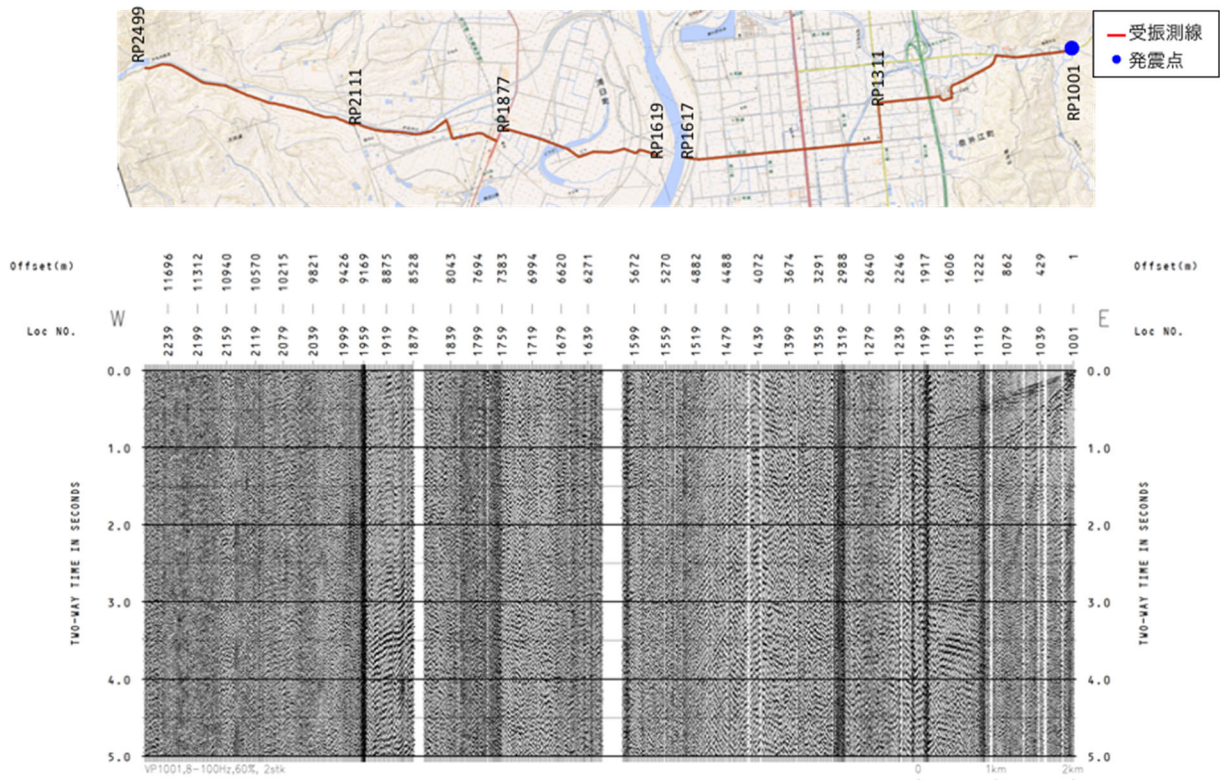


図3 浦臼-奈井江測線、VP1001（測線東端、2回発震）における発震記録。 Plot: AGC1000ms TSGM

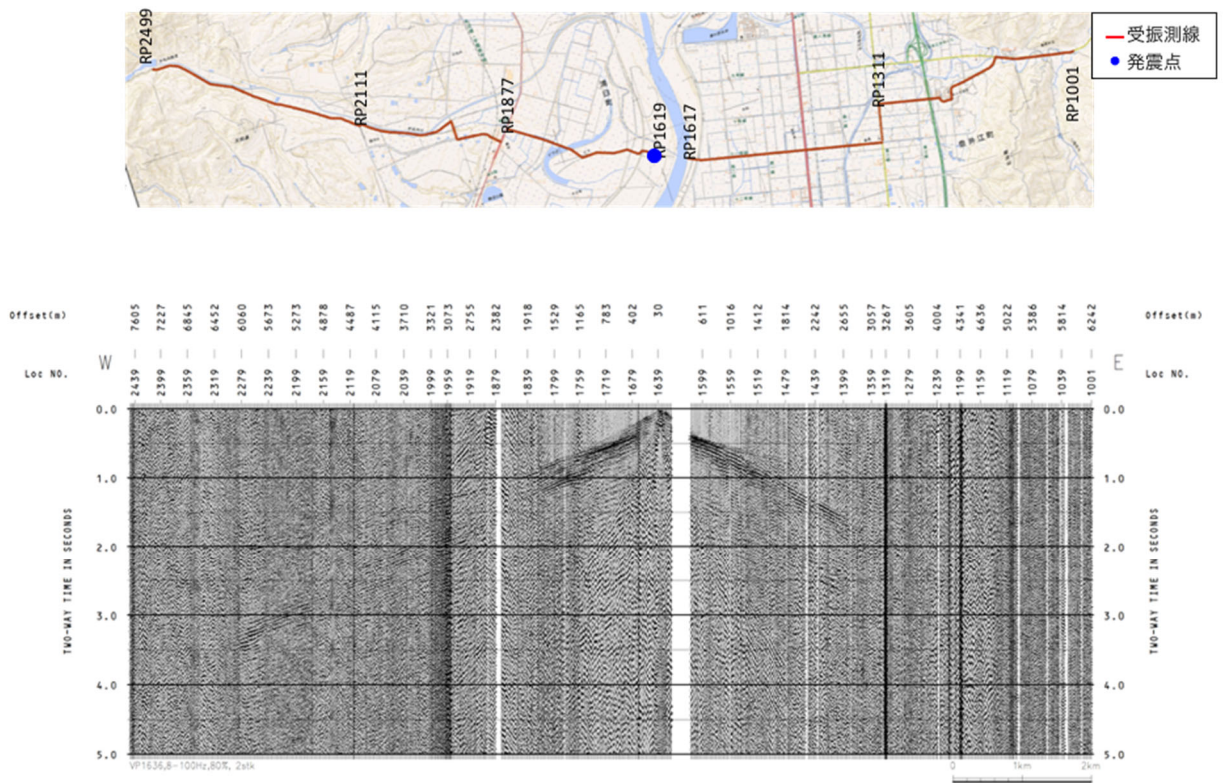


図4 浦臼-奈井江測線、VP1619（石狩川右岸、2回発震）における発震記録。 Plot: AGC1000ms TSGM

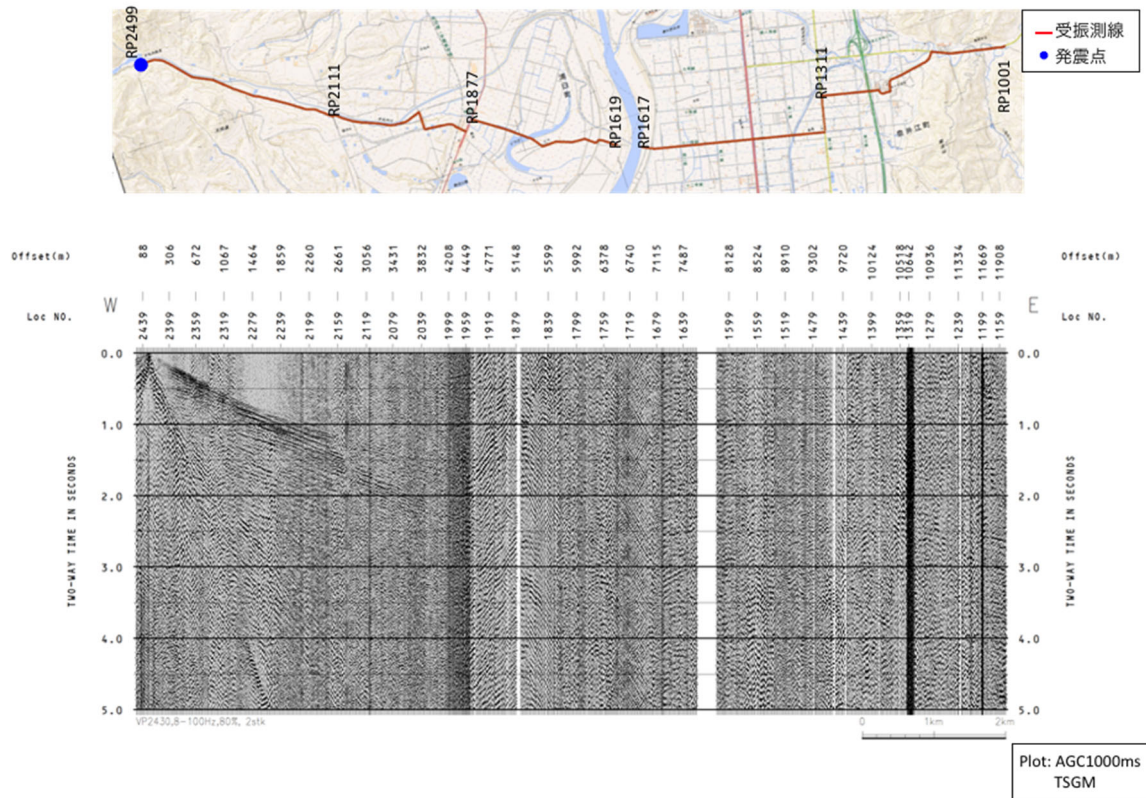


図 5 浦臼-奈井江測線、VP2499（測線西端、2回発震）における発震記録。

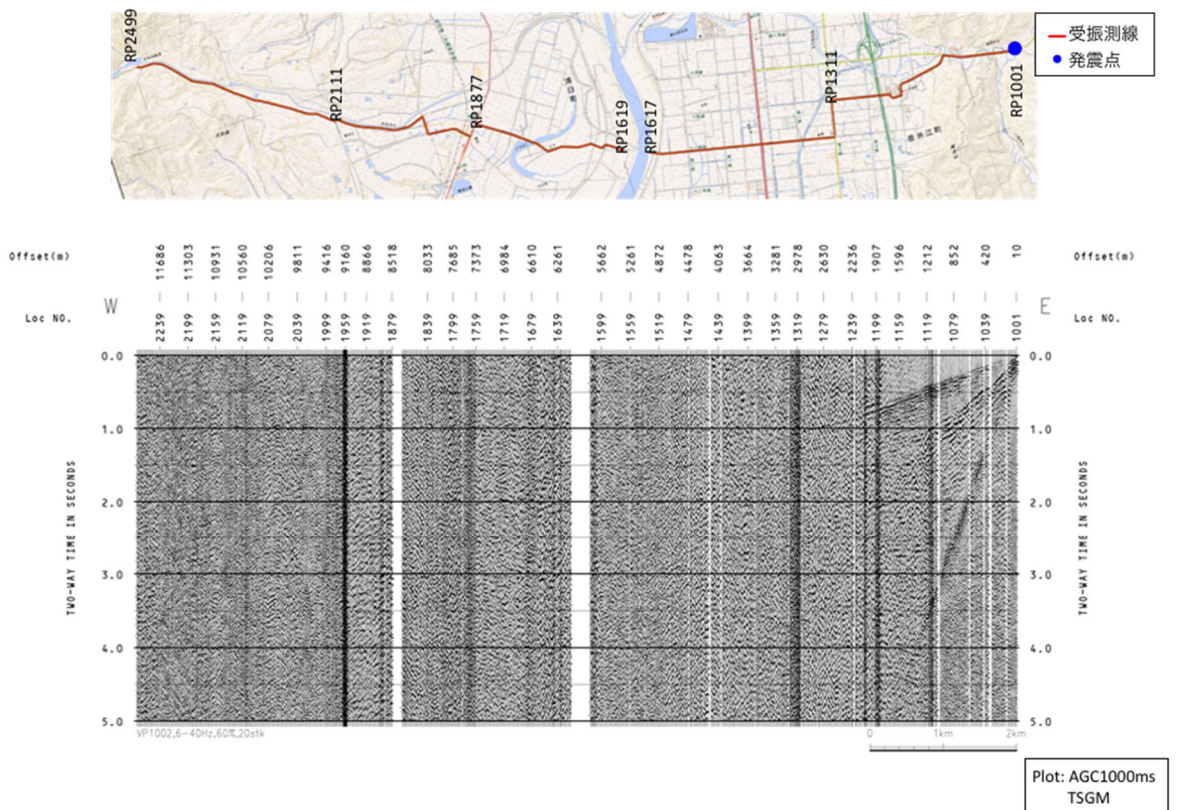


図 6 浦臼-奈井江測線、VP1001（測線東端、20回発震）における発震記録。

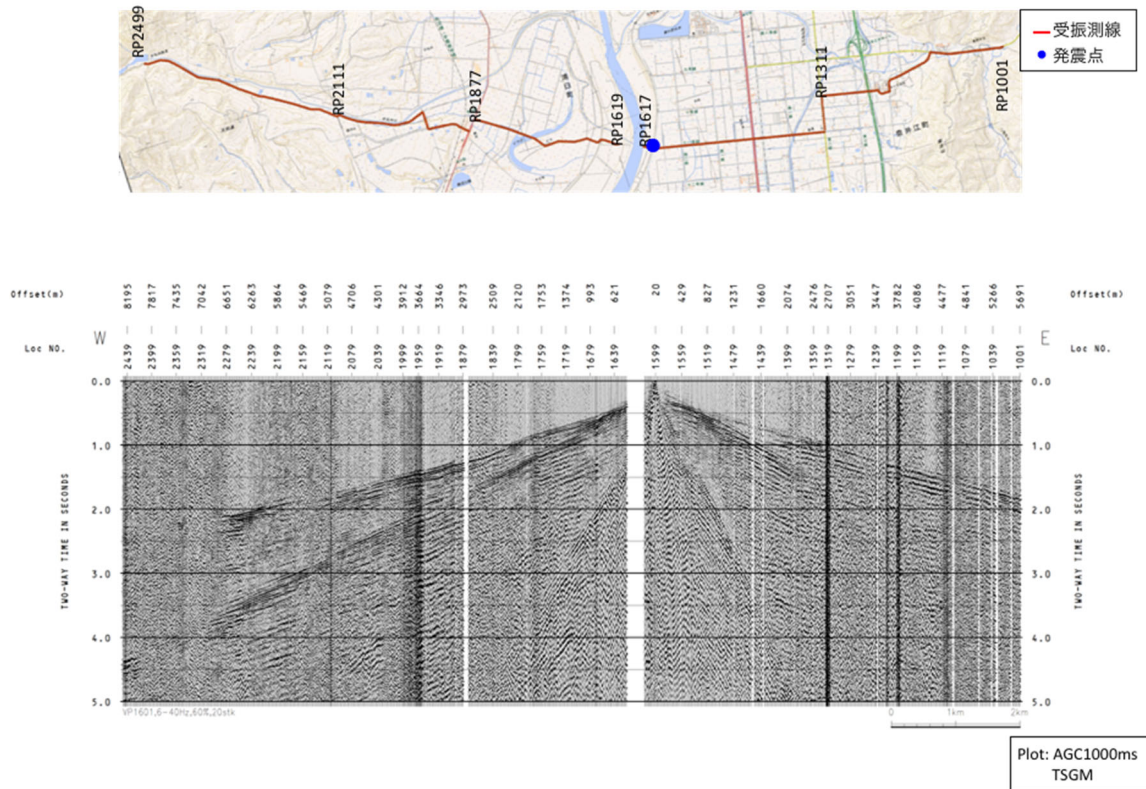


図7 浦臼-奈井江測線、VP1617（石狩川左岸、20回発震）における発震記録。

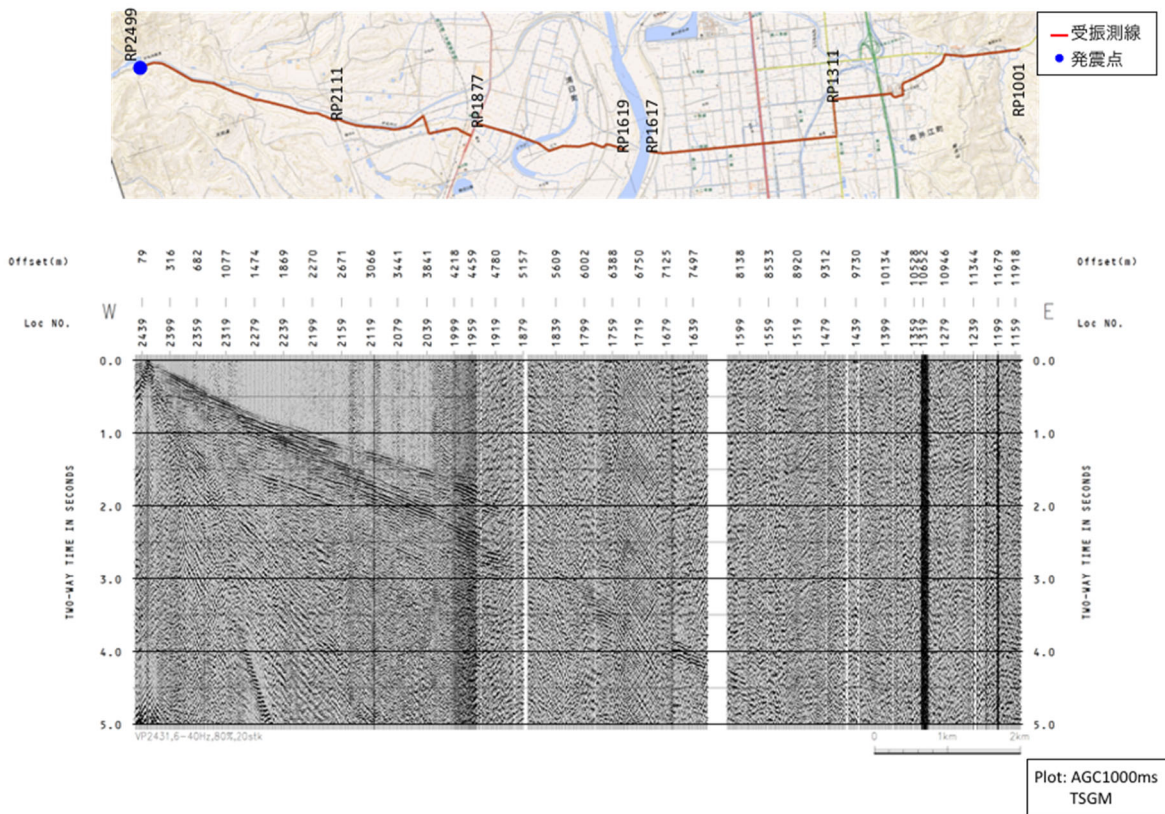


図8 浦臼-奈井江測線、VP2499（測線西端、20回発震）における発震記録。

この観測記録を用いて、Super-XC（(株)地球科学総合研究所製）を使用した共通反射点重合法に基づく初期的な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：600 ms；Deconvolution gate length 2,000 ms, operator length 360 ms, 予測距離 2 ms；Bandpass filter: 10/14-90/100 Hz；残差静補正：シフト量 4 ms；FD Migration, 100-80%。

図 9～10 に重合時間断面図および深度断面図を示す。反射法解析の結果、深さ約 2 km までの反射断面が得られた（図 10）。断面西半部では、増毛山地東縁断層帯に関連すると推定される新第三系・第四系の逆断層および複褶曲構造を見出した。すなわち、新第三系および第四系に対応すると考えられる反射面群に、急傾斜し短い西翼部と緩傾斜し長い東翼部からなる非対称な複背斜構造が認められると共に、西に傾斜する伏在逆断層に対応する反射面の不連続が認められる（図 11）。これらの褶曲構造の地表延長部には、更新世後期の河成段丘面の変形が認められている（池田ほか, 2002⁵⁾；中田・今泉編, 2002⁷⁾）が、撓曲崖の位置と反射断面に見られる軸面の位置は必ずしも一致しない。また、夕張山地西縁においても、反射面の不連続や変形が認められる（図 11）。今後は、第四系および新第三系と反射面の対比や変動地形、深部構造探査の結果との対応を検討し、活断層の浅部地質構造について詳細な解析を進める予定である。

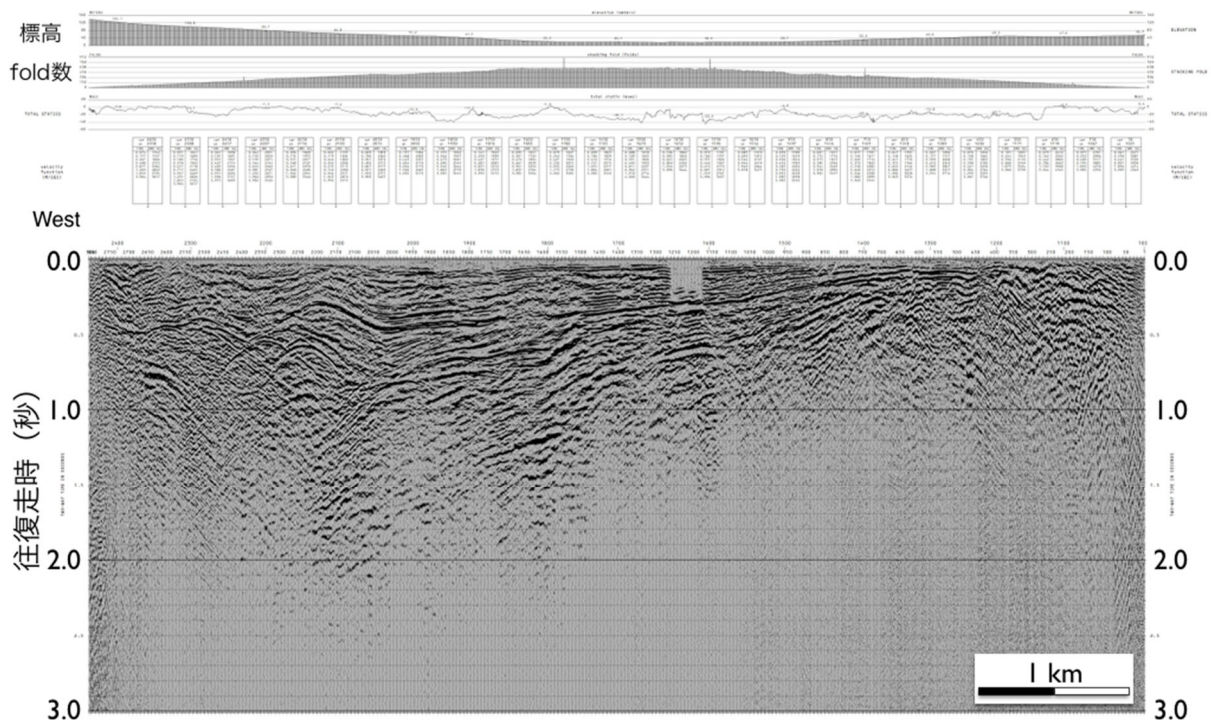


図 9 浦臼-奈井江測線の重合時間断面図。縦スケールは往復走時（秒）。

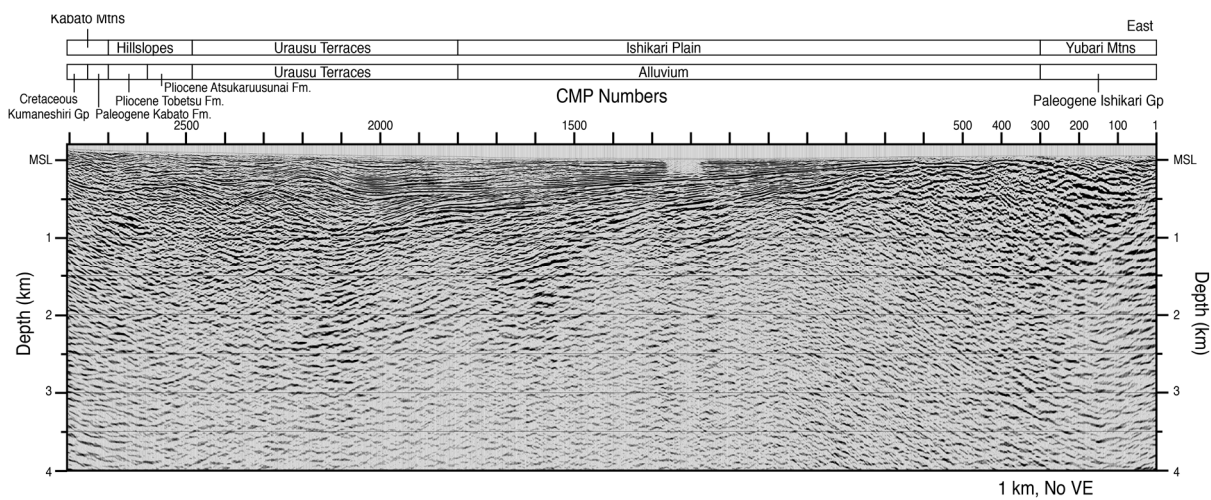


図 10 石狩測線の暫定的な深度断面図。縦横比は 1:1。

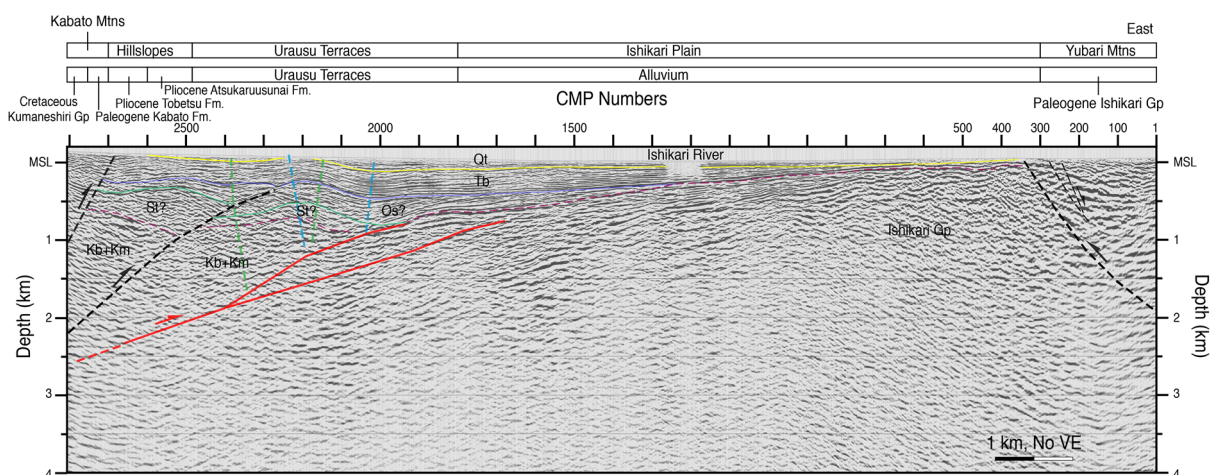


図 11 石狩測線の暫定的な解釈深度断面図。縦横比は 1:1。

(c) 結論ならびに今後の課題

石狩低地帯北部・増毛山地東縁および夕張山地西縁の伏在活断層の活動性や浅部形状を明らかにするために、測線長約 14.5 km の浅層反射法地震探査を実施し、良好な記録を得るとともに、共通反射点重合法による反射法解析を行い、地下構造断面を作成し、伏在活断層に対応すると考えられる変形構造を見出した。

(d) 引用文献

- 1) 小林勇, 垣見俊弘, 植村武, 秦光男: 滝川地域の地質. 地域地質研究報告 5 万分の 1 図幅. 地質調査所 36 pp., 1956.
- 2) 松井寛, 垣見俊弘, 根本隆文: 砂川地域の地質. 地域地質研究報告 5 万分の 1 図幅. 地質調査所, 85 pp., 1965.
- 3) 北海道(1998): 「平成 9 年度 地震関係基礎調査交付金 増毛山地東縁断層帯及び函館平野西縁 断層帯に関する調査 成果報告書」. 60p.
- 4) 産業技術総合研究所 (2007): 増毛山地東縁断層帯・沼田・砂川付近の断層帯の活動性お

よび活動履歴調査「基盤的調査観測対象断層帯の追加・補完調査」成果報告書. No.H18-2, 15p.

- 5) 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, 254pp., 2002.
- 6) 活断層研究会編:「新編日本の活断層ー分布図と資料ー」. 東京大学出版会, 437p., 1991.
- 7) 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・60p, 2002.

(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
Ishiyama, T., H. Sato, N. Kato and S. Abe	Deep to shallow structures and active tectonics of frontal fold-and-thrust belts in arc-arc collision system: the Kuril-Northeastern Japan arc collision Zone, Northern Japan (口頭発表)	2018 International SEISMIX Symposium; Cracow (ポーランド)	平成 30 年 6 月 19 日
石山達也, 佐藤比呂志, 加藤直子, 阿部進	反射法地震探査から明らかになった北海道中軸部における活構造の特徴 (招待講演)	日本地質学会つくば特別大会 (つくば市)	平成 30 年 12 月 2 日
石山達也, 加藤直子, 佐藤比呂志, 越谷信, 戸田茂, 阿部進	高分解能浅層反射法地震探査から明らかになった石狩平野北部の伏在活断層 (口頭発表)	日本地球惑星科学連合 2019 年大会 (千葉市)	令和元年 5 月 29 日

(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) 令和元年度業務計画案

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う。

