

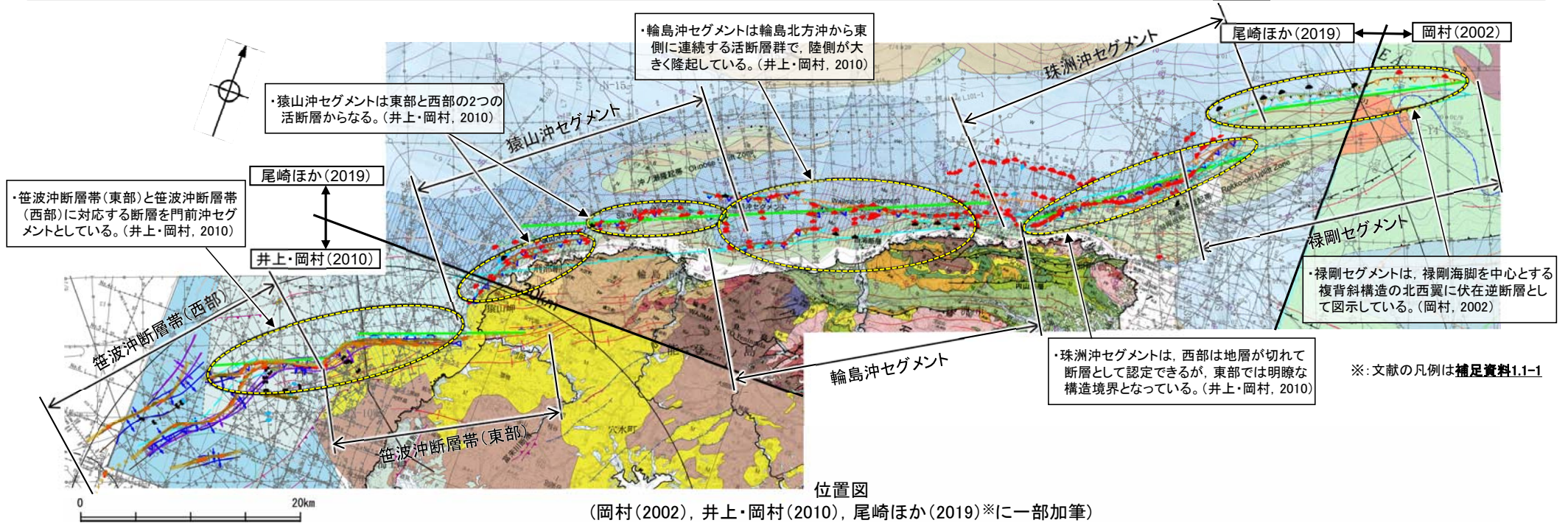
笹波沖断層帯(全長)と能登半島北部沿岸域断層帯の連動の検討

○当社は、笹波沖断層帯(西部)～禄剛セグメントまでの6つのセグメントのうち、笹波沖断層帯(西部)と笹波沖断層帯(東部)の2つのセグメントを「笹波沖断層帯(全長)」, 猿山沖セグメント, 輪島沖セグメント, 珠洲沖セグメント及び禄剛セグメントの4つのセグメントを「能登半島北部沿岸域断層帯」として、それぞれ連動を考慮している(第1193回審査会合 資料2-1 P.146, 289)。
○また、笹波沖断層帯(全長)と能登半島北部沿岸域断層帯間の連動評価にあたって、近接して分布する笹波沖断層帯(東部)と猿山沖セグメント間の連動は考慮していない(第1193回審査会合 資料2-1 P.474)。
○ここでは、上記の6つのセグメントについて、それぞれの連動の検討結果及びその評価結果を下表のとおり整理し、上記評価結果が妥当であることを確認した。

検討内容		検討結果															
		笹波沖断層帯(全長)			セグメント間の状況	能登半島北部沿岸域断層帯											
		笹波沖断層帯(西部)	セグメント間の状況	笹波沖断層帯(東部)		猿山沖セグメント	セグメント間の状況	輪島沖セグメント	セグメント間の状況	珠洲沖セグメント	セグメント間の状況	禄剛セグメント					
文献調査(次頁, 次々頁 P.5)	産総研岡村(2002) 井上・岡村(2010) 尾崎ほか(2010) 尾崎ほか(2019)	門前沖セグメント			・最終氷期浸食面上での最大の変位量は約6m(井上・岡村, 2010)。 ・セグメント境界が低重力異常帯のくびれの位置に一致する(尾崎ほか, 2010)。	・西部と東部の2つの活断層からなる(井上・岡村, 2010)。 ・最終氷期の浸食面上での最大垂直変位量は約15m(井上・岡村, 2010)。 ・顕著な低重力異常帯に沿って分布する(尾崎ほか, 2010)。	・両セグメント間の連動については、言及していない。 ・セグメント境界が低重力異常帯のくびれの位置に一致する(尾崎ほか, 2010)。	・輪島沖セグメント ・輪島北方沖から東側に連続する活断層群で、陸側が大きく隆起している(井上・岡村, 2010)。 ・最終氷期の浸食面に最大10m程度の変形(井上・岡村, 2010)。 ・顕著な低重力異常帯に沿って分布する(尾崎ほか, 2010)。	・両セグメント間の連動については、言及していない。 ・セグメント境界が低重力異常帯のくびれの位置に一致する(尾崎ほか, 2010)。	・西部は地層が切れて断層として認定できるが、東部では明瞭な構造境界となっていない(井上・岡村, 2010)。 ・最終氷期浸食面の最大垂直高度差は15m程度(井上・岡村, 2010)。 ・顕著な低重力異常帯に沿って分布する(尾崎ほか, 2010)。	・両セグメント間の連動については、言及していない。 ・セグメント境界が低重力異常帯のくびれの位置に一致する(尾崎ほか, 2010)。	・禄剛海脚を中心とする複背斜構造の北西翼に伏在断層を指示している(岡村, 2002)。					
	国交省ほか(2014)	・海底断層トレスを明示している(断層モデルは設定していない)。	・両断層間の連動については、言及していない。	・海底断層トレスを明示している(断層モデルは設定していない)。	・両断層をグルーピングしていない。	← 猿山沖セグメント, 輪島沖セグメント, 珠洲沖セグメント及び禄剛セグメントに対応する断層をグルーピングしている。 →											
	文科省ほか(2015, 2016)	NT10	・両断層(NT8, NT10)間の連動性を否定するものではないと記載している。	NT8	・両断層(NT6, NT8)間の連動は考慮していない。	← NT6 →						← 猿山沖セグメント, 輪島沖セグメント, 珠洲沖セグメント及び禄剛セグメントに対応するNT4-NT5-NT6の連動を考慮している。 →					
	海上音波探査(P.4)	・走向: NE-SW方向 ・傾斜: 南東傾斜 ・断層及び3条の撓曲からなり、B層以下に変位。変形が認められる。 ・笹波沖小隆起帯の北縁から北西縁に分布し、南西方向で断層及び撓曲が分岐、屈曲する。	・連続して分布する。	・走向: ENE-WSW方向 ・傾斜: 南東傾斜 ・断層からなり、A層以下に変位。変形が認められる。 ・笹波沖隆起帯北縁に沿って分布し、南西端付近で、NNE-SSW方向に屈曲する。	・笹波沖断層帯(東部)～猿山沖セグメント間に、断層等は認められない。 ・直線状に位置せず、斜めT字状に分布する。	・走向: NE-SW方向 ・傾斜: 南東傾斜 ・断層及び撓曲からなり、A層以下に変位。変形が認められる。 ・短い断層及び撓曲が雁行状に分布し、南西端付近でNNE-SSW方向に屈曲する。	・直線状に、並走区間を伴って分布する。	・走向: NE-SW方向 ・傾斜: 南東傾斜 ・断層及び撓曲からなり、A層以下に変位。変形が認められる。 ・短い断層及び撓曲が雁行状に分布し、沖合の断層及び沿岸部の断層は北東方向に向かって徐々に近接する。	・直線状に、並走区間を伴って分布する。	・走向: NE-SW方向 ・傾斜: 南東傾斜 ・断層及び撓曲からなり、A層以下に変位。変形が認められる。 ・直線状に分布し、北東端付近でNNE-SSW方向に屈曲する。	・直線状に、並走区間を伴って分布する。	・走向: NE-SW方向 ・傾斜: 南東傾斜 ・撓曲からなり、Q層以下に変位。変形が認められる。 ・禄剛海脚を中心とする複背斜構造の北西縁に直線状に分布し、南西端付近でNNE-SSW方向に屈曲する。					
重力異常分布(P.5)	・等重力線に直交し、重力異常との対応は認められない。	・境界部に重力異常との明確な対応が認められず、両断層間の構造の有無について判断できない。	・等重力線に沿って分布し、上盤側に高重力域、下盤側に低重力域が分布する。	・猿山沖セグメントの南方(上盤側)の高重力域は笹波沖断層帯(東部)の北方(下盤側)に連続しており、両断層間に連続する構造は認められない。	・重力異常急変部に沿って分布し、上盤側に高重力域、下盤側に低重力域が分布する。	・境界部に重力異常急変部は認められず、両断層間に連続する構造は認められない。	・等重力線に沿って分布し、上盤側に高重力域、下盤側に低重力域が分布する。	・境界部に重力異常急変部は認められず、両断層間に連続する構造は認められない。	・等重力線に沿って分布し、上盤側に高重力域、下盤側に低重力域が分布する。 ・北東端付近は重力異常急変部に沿って分布する。	・境界部は同じ重力異常急変部に対応しており、両断層間に連続する構造が認められる。	・重力異常急変部に沿って分布し、上盤側に高重力域、下盤側に低重力域が分布する。						
比抵抗構造(P.6)			・断層の深部に低比抵抗領域が広がる。	・高比抵抗ブロックが、両断層間に位置している。													
断層の活動履歴	B ₁ 層基底の変位量分布(P.7)	・中央付近が大きく、端部に向かって小さくなる。南西端で収束する。	・境界部で変位量は収束しない。	・北東方向に向かって大きくなる。 ・陸域部の変位量は不明(リニアメント・変動地形は認められない)。 ・猿山沖セグメントの変位量は、南西端で収束する。	・笹波沖断層帯(東部)の変位量は、陸域部の北東端にかけて収束すると推定される。 ・猿山沖セグメントの変位量は、南西端で収束する。	・中央付近が大きく、端部に向かって小さくなる。南西端付近の屈曲部で一部大きな値を示すものの、南西端で収束する。	・境界部で両断層の変位量は収束する。	・中央付近が大きく、端部に向かって小さくなる。	・境界部で両断層の変位量は収束する。	・中央付近が大きく、端部に向かって小さくなる。	不明	不明					
	最新活動時期(P.8)	不明	・最新活動時期が異なる。	2007年能登半島地震	・最新活動時期が異なる。	不明	・最新活動時期が異なる。	1729年能登・佐渡の地震	・最新活動時期が異なる。	不明	不明	不明					
	余震活動(P.9)	・2007年能登半島地震の余震活動は北東部に一部認められる。	・2007年能登半島地震の余震活動は、西方へ拡大している。	2007年能登半島地震震源断層	・2007年能登半島地震の余震活動は、北東方へ拡大していない。	・2007年能登半島地震の余震活動は認められない。											
評価結果	笹波沖断層帯(西部) 約25.3km	笹波沖断層帯(東部) 約20.6km	笹波沖断層帯(全長) 約45.5km		猿山沖セグメント 約28km	輪島沖セグメント 約28km	能登半島北部沿岸域断層帯 約96km		珠洲沖セグメント 約26km	禄剛セグメント 約28km							
	・笹波沖断層帯(東部)と笹波沖断層帯(西部)について、文献(文科省ほか(2015))が運動の可能性が否定できないとしていることから、国による運動の評価の内容を反映して、両断層の連動を考慮し、「笹波沖断層帯(全長)」として評価した。 ・なお、当社の運動の検討の結果からも、海上音波探査や変位量分布から、両断層が連続していること、2007年能登半島地震の余震活動が笹波沖断層帯(西部)に拡大していることから、同時に活動する可能性がある。 ・猿山沖セグメント、輪島沖セグメント、珠洲沖セグメント及び禄剛セグメントについて、文献(国交省ほか(2014)、文科省ほか(2016))が4つのセグメントの連動を考慮していることから、国による運動の評価の内容を反映して、4つのセグメントの連動を考慮し、「能登半島北部沿岸域断層帯」として評価した。 ・なお、当社の運動の検討の結果からも、重力異常分布や変位量分布、最新活動時期の検討結果では連動しない可能性を示唆するデータも存在するが、海上音波探査から推定した地表トレスから、各セグメントは直線状に並走区間を伴って分布していることから、同時に活動する可能性は否定できない。																

【文献調査(岡村(2002), 井上・岡村(2010), 尾崎ほか(2019))】

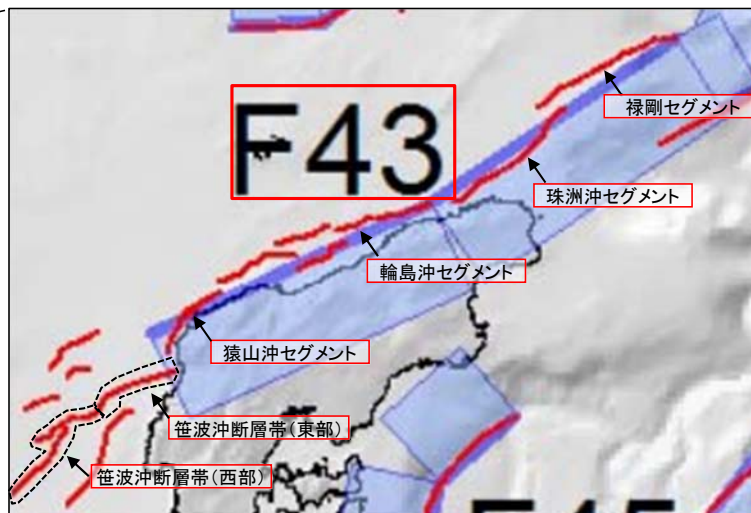
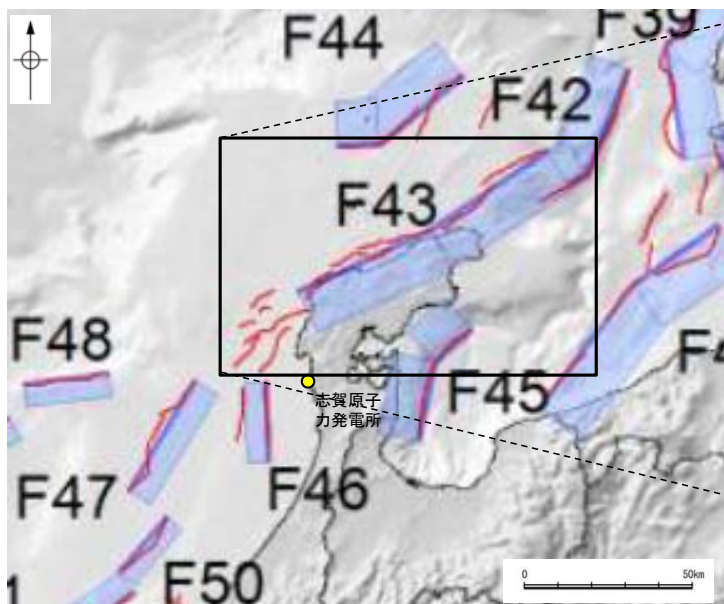
○笹波沖断層帯(西部), 笹波沖断層帯(東部), 猿山沖セグメント, 輪島沖セグメント, 珠洲沖セグメント及び禄剛セグメントの運動に関する文献調査結果を以下に示す。



位置図
(岡村(2002), 井上・岡村(2010), 尾崎ほか(2019))※に一部加筆



【文献調査(国交省ほか(2014), 文科省ほか(2015, 2016))】

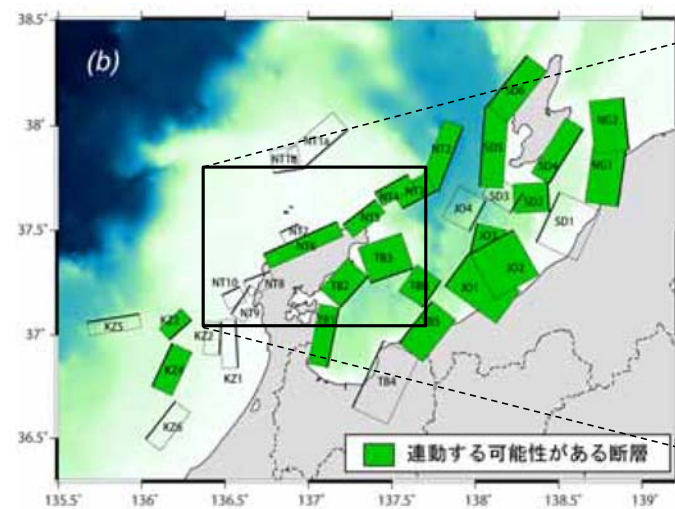


・国交省ほか(2014)は笹波沖断層帯(西部), 笹波沖断層帯(東部)に対応する海底断層トレースを図示しているが, 断層モデルを設定していない(左図)。
 ・国交省ほか(2014)は, 猿山沖セグメント, 輪島沖セグメント, 珠洲沖セグメント及び禄剛セグメントに対応する位置にF43を設定している(左図)。

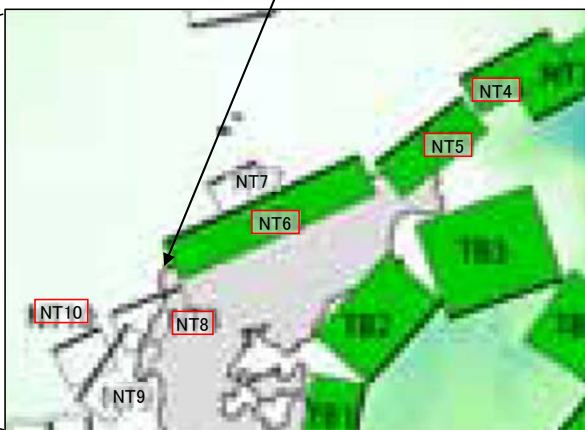
海底断層トレース
 設定断層モデル
 津波断層モデルの位置
 (国交省ほか(2014)に一部加筆)

・文科省ほか(2015)は笹波沖断層帯(東部)に対応するNT8と笹波沖断層帯(西部)に対応するNT10の運動性を否定するものではないとしている(下赤線部)。
 ・文科省ほか(2016)は, 猿山沖セグメント及び輪島沖セグメントに対応するNT6と珠洲沖セグメントに対応するNT5, 禄剛セグメントに対応するNT4について, 運動する可能性がある断層の組合せとしてNT4-NT5-NT6を考慮している(右図)。

・笹波沖断層帯(東部)に対応するNT8と笹波沖断層帯(西部)に対応するNT10に関する記載を, 文科省ほか(2015)から抜粋。
 NT8: 岡村(2002) 9)による。2007年に発生したM6.9の能登半島沖地震の震源断層である。断層の形状は余震分布や制御震源探査によって明らかにされている¹⁴⁾。日本海形成時に正断層として形成された傾斜 60度の断層であり、能登半島地震の際には右横ずれ成分をもつ逆断層として活動した。
 NT10: 岡村ほか(2007) 4), 井上(2010) 14)による。佐藤ほか(2007) 9)の二船式反射法地震探査によって、60度の東傾斜の断層と判断される。断層NT08とは、ほぼ同一の走向であるが南にステップするため、独立させて記述した(図20、21)。NT8との運動性を否定するものではない。



・文科省ほか(2016)は, 笹波沖断層帯(東部)に対応するNT8と猿山沖セグメント及び輪島沖セグメントに対応するNT6の運動性を考慮していない。

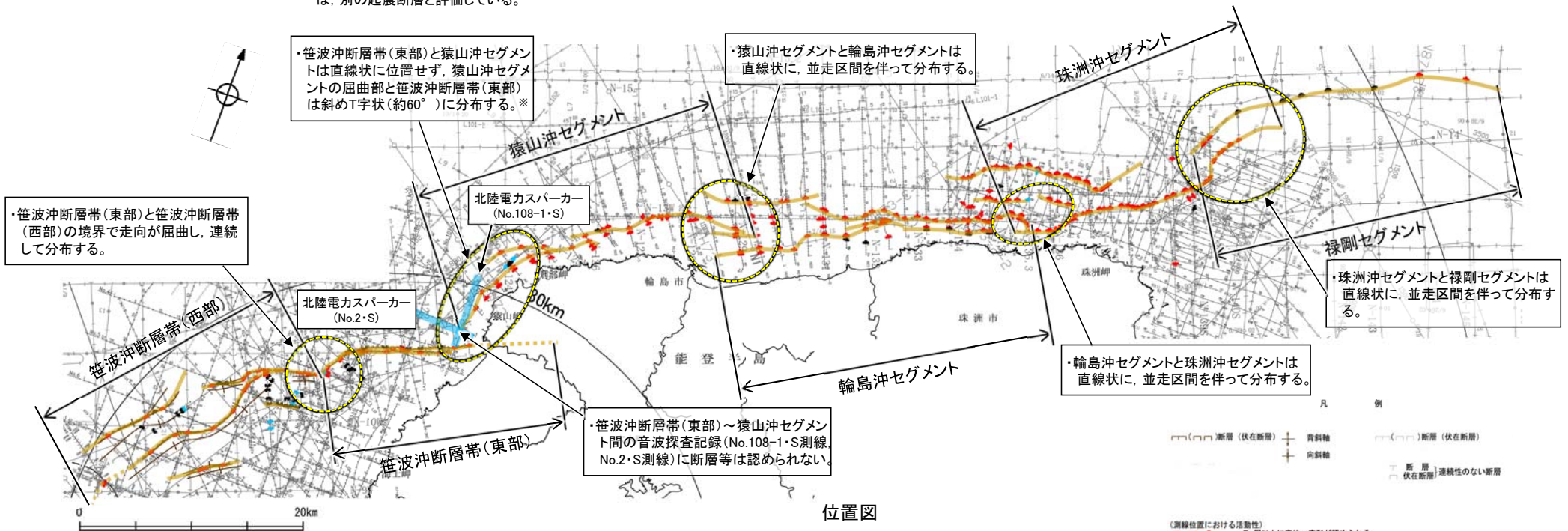


運動する可能性が考えられる21断層(緑色)
 文科省ほか(2016)を編集, 一部加筆

【海上音波探査】

○笹波沖断層帯(西部), 笹波沖断層帯(東部), 猿山沖セグメント, 輪島沖セグメント, 珠洲沖セグメント及び禄剛セグメント間の海上音波探査に関する検討結果を以下に示す。

※: 地震調査委員会による起震断層の設定の事例から, 断層帯同士で(接合部付近の)走向が異なる(図読45°以上)場合は, 別の起震断層と評価している。



・笹波沖断層帯(東部)と笹波沖断層帯(西部)の境界で走向が屈曲し, 連続して分布する。

・笹波沖断層帯(東部)と猿山沖セグメントは直線状に位置せず, 猿山沖セグメントの屈曲部と笹波沖断層帯(東部)は斜めT字状(約60°)に分布する。※

・猿山沖セグメントと輪島沖セグメントは直線状に, 並走区間を伴って分布する。

北陸電力スパーカー
(No.108-1・S)

北陸電力スパーカー
(No.2・S)

・笹波沖断層帯(東部)~猿山沖セグメント間の音波探査記録(No.108-1・S測線, No.2・S測線)に断層等は認められない。

・輪島沖セグメントと珠洲沖セグメントは直線状に, 並走区間を伴って分布する。

・珠洲沖セグメントと禄剛セグメントは直線状に, 並走区間を伴って分布する。

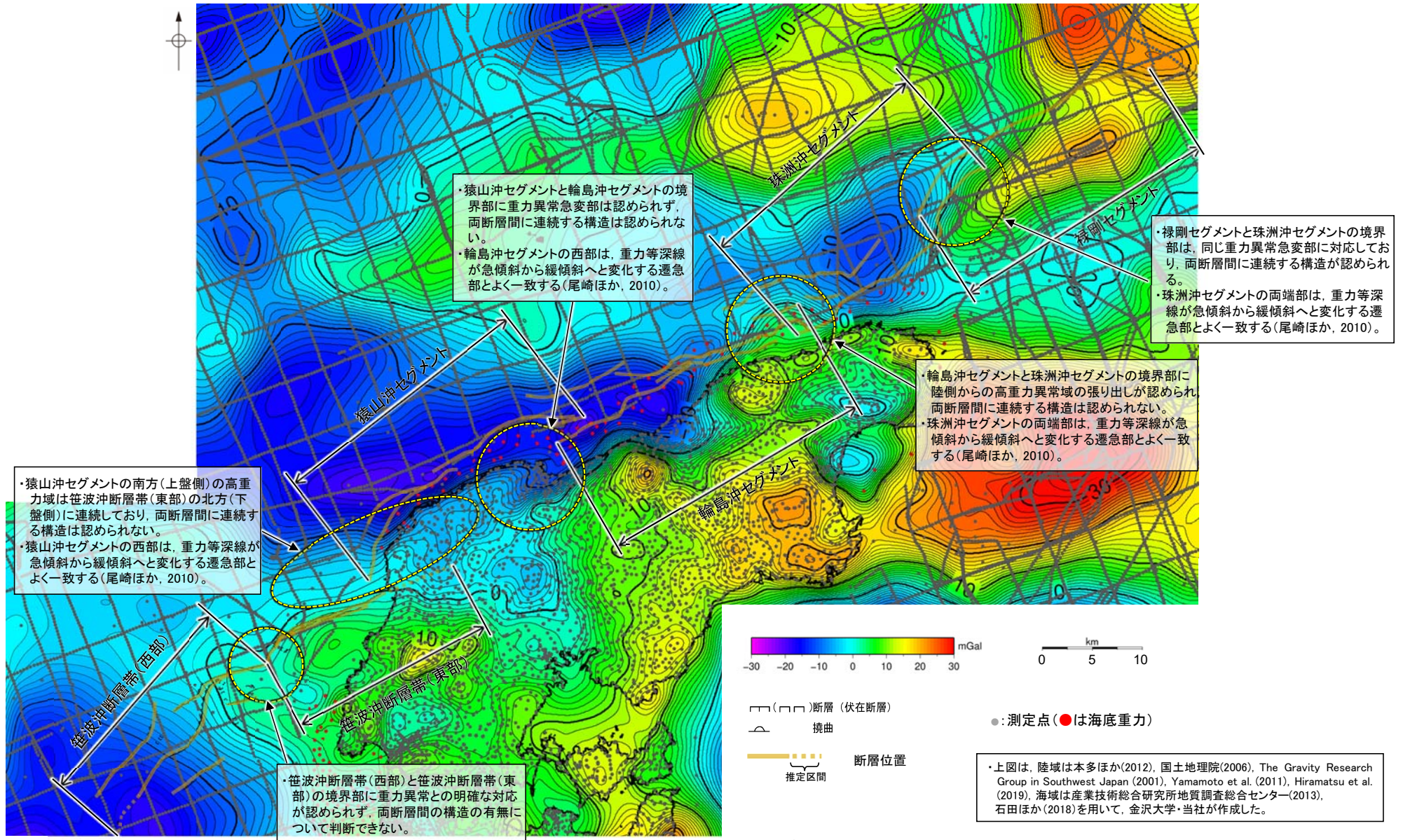
地質時代	地層名	
第四紀	完新世	A層
	後期	B層
	中期	B層
	前期	B層
第三紀	新第三紀	C層
	中新世	D層
先第三紀	D層	

A層とB層の細区分ができない層は, Q層と称する。

- (測線位置における活動性)
- ↑ ↓ B層以上に変位, 変形が認められる
 - ↑ ↓ B層以上に変位, 変形の可能性が否定できない
 - ↑ ↓ B層以上に変位, 変形が認められない
- No. 4 調査測線 (北陸電力: スパーカー・シングルチャンネル, 約2450ジュール)
 - No. 4.5 調査測線 (北陸電力: スパーカー・シングルチャンネル, 約360ジュール)
 - No. 107.10 調査測線 (北陸電力: プーマー・マルチチャンネル, 約200ジュール)
 - LINE-A 調査測線 (東京大学地震研究所: エアガン・マルチチャンネル)
 - K22 調査測線 (東京大学地震研究所: プーマー・マルチチャンネル)
 - L10 調査測線 (産業技術総合研究所: プーマー・マルチチャンネル)
 - N1 調査測線 (地質調査所: エアガン・シングルチャンネル)
 - No.120 調査測線 (三澤(1997): ウォーターガン・シングルチャンネル)
 - L10 調査測線 (石油開発公社: エアガン・マルチチャンネル)
 - H13-1 調査測線 (文部科学省研究開発局: エアガン・マルチチャンネル)
 - N1 調査測線 (文部科学省研究開発局・国立大学法人東京大学地震研究所: エアガン・マルチチャンネル)

【重力異常分布】

○笹波沖断層帯(西部), 笹波沖断層帯(東部), 猿山沖セグメント, 輪島沖セグメント, 珠洲沖セグメント及び禄剛セグメント間の重力異常分布に関する検討結果を以下に示す。

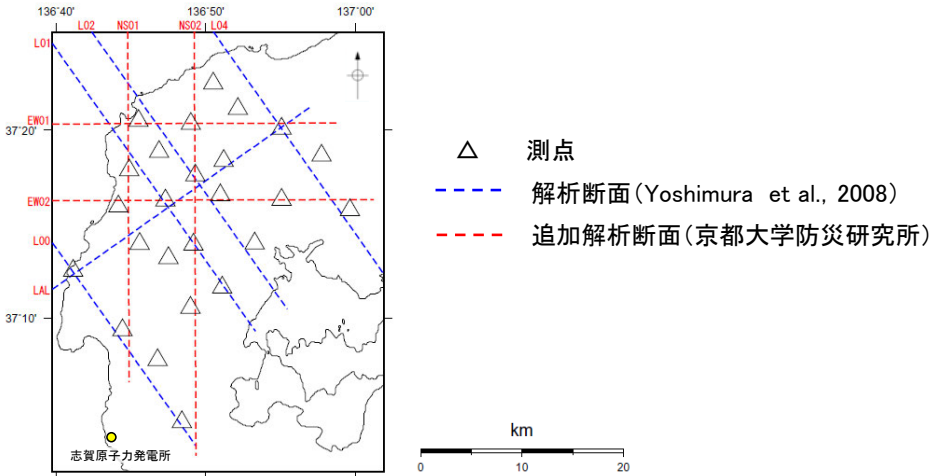


ブーゲー異常図

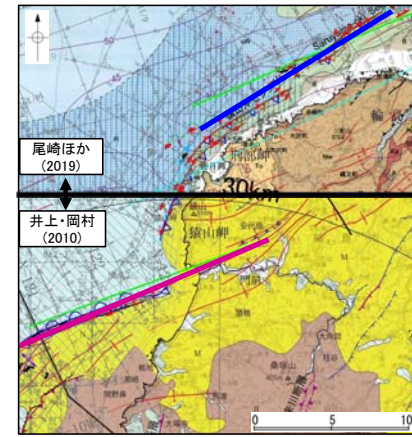
・ブーゲー異常図は, 対象とする断層の規模, 調査密度を考慮し, 平面トレンド成分の除去及び遮断波長4kmのローパスフィルター処理を行っている。

【比抵抗構造】

○笹波沖断層帯(東部), 猿山沖セグメント周辺の比抵抗構造に関する検討結果を以下に示す。



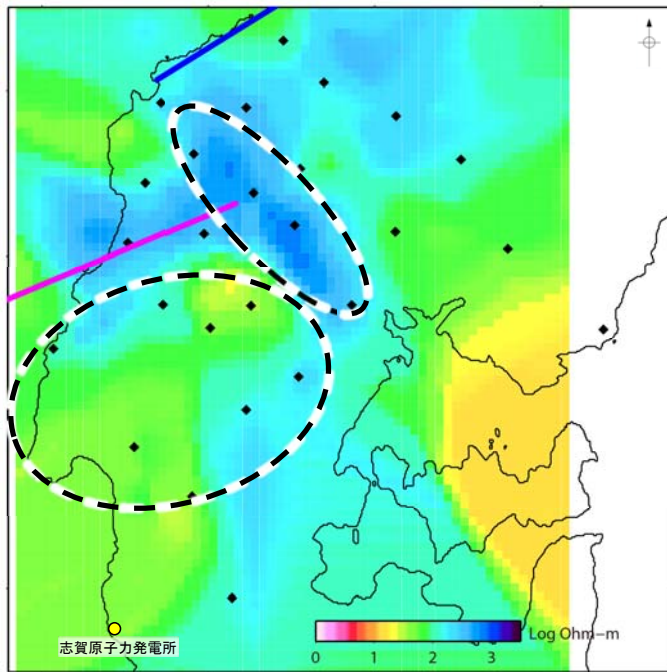
広帯域MT観測点分布および2次元比抵抗解析断面



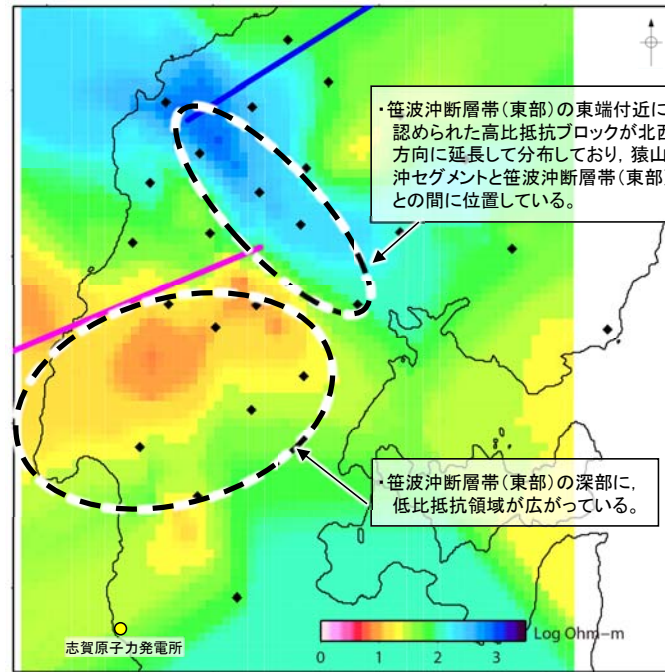
断層位置図(深度0km)

尾崎ほか(2019), 井上・岡村(2010)に一部加筆

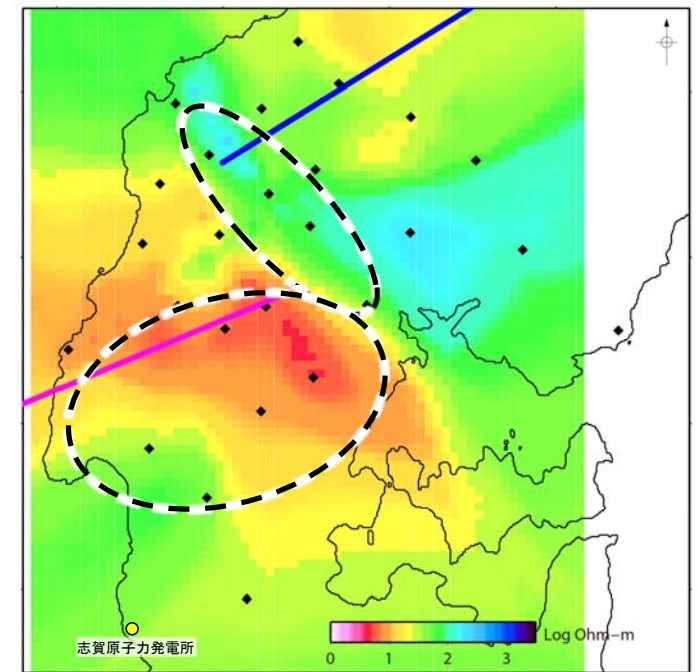
音波探査結果から推定した模式的な断層トレースを用いて傾斜角60°で各深度の断層位置を加筆



深度5km



深度10km



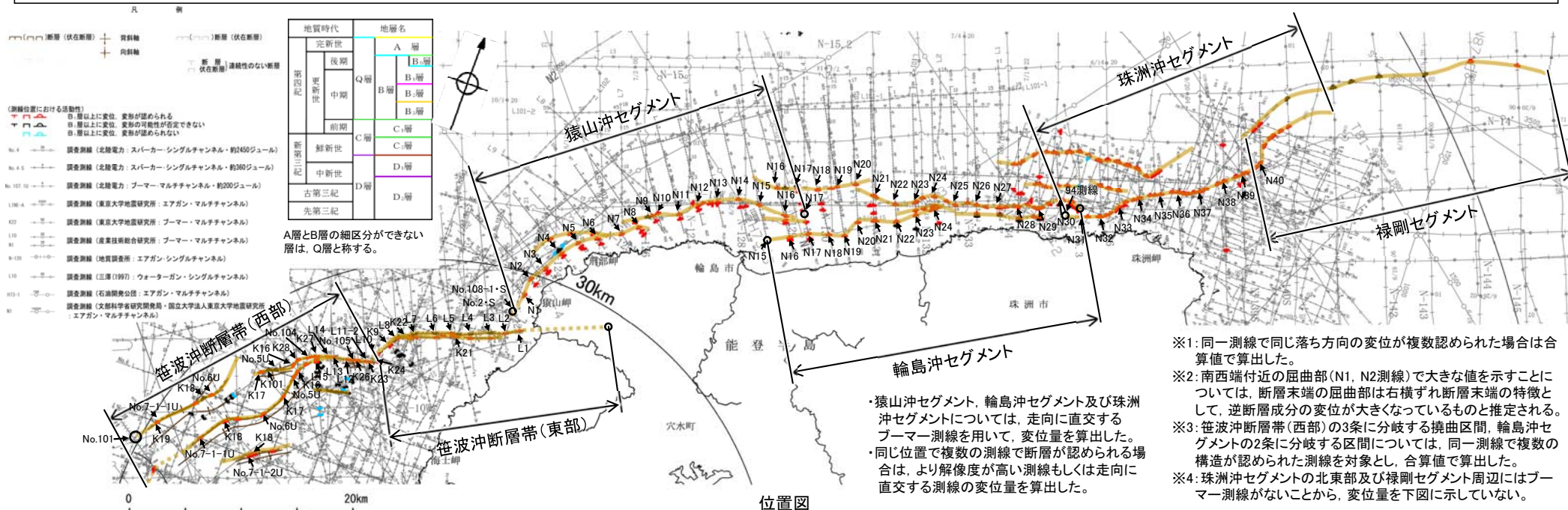
深度15km

解析結果

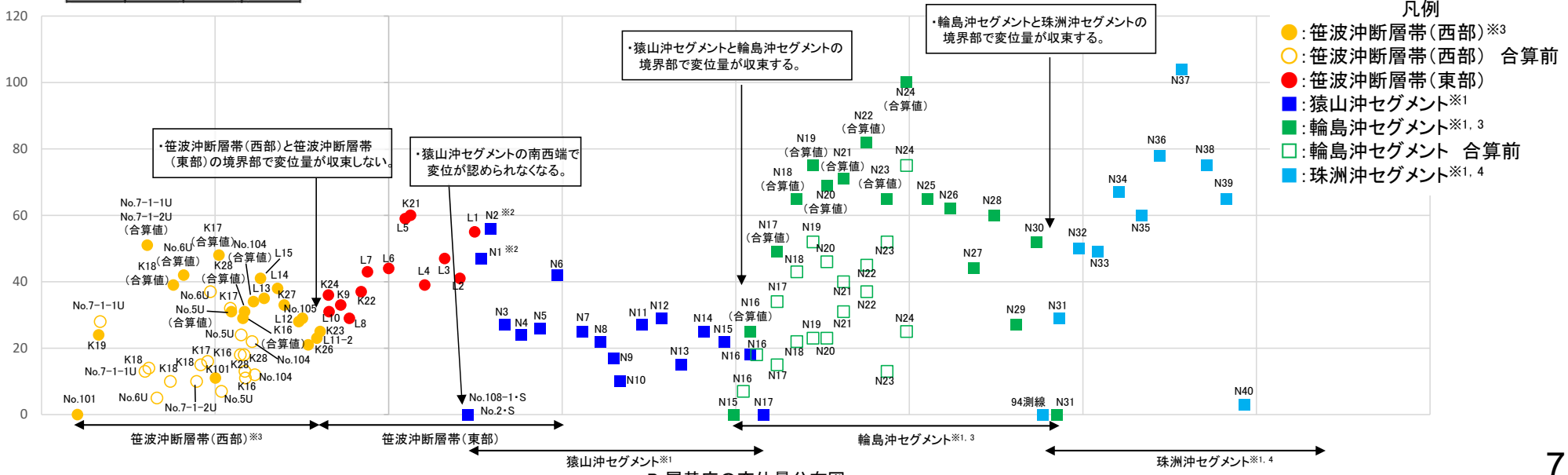
・この図面は, 京都大学防災研究所がYoshimura et al.(2008)を含めた9断面の2次元解析結果を3次元補間して作成したものである(2010年作成)。(断層位置等は北陸電力が加筆)

【変位量分布】

○笹波沖断層帯(西部), 笹波沖断層帯(東部), 猿山沖セグメント, 輪島沖セグメント, 珠洲沖セグメント及び禄剛セグメントの変位量分布に関する検討結果を以下に示す。



- ※1: 同一測線で同じ落ち方向の変位が複数認められた場合は合算値で算出した。
- ※2: 南西端付近の屈曲部(N1, N2測線)で大きな値を示すことについては, 断層末端の屈曲部は右横ずれ断層末端の特徴として, 逆断層成分の変位が大きくなっているものと推定される。
- ※3: 笹波沖断層帯(西部)の3条に分岐する撓曲区間, 輪島沖セグメントの2条に分岐する区間については, 同一測線で複数の構造が認められた測線を対象とし, 合算値で算出した。
- ※4: 珠洲沖セグメントの北東部及び禄剛セグメント周辺にはプーマー測線がないことから, 変位量を下図に示していない。



【最新活動時期】

○能登半島北部周辺で過去に発生した地震活動に関する文献調査結果を以下に示す。

紫字: 第1193回審査会合以降に変更した箇所

・Hamada et al. (2016) は、下記のデータに基づき、1729年能登・佐渡の地震は輪島沖セグメントの最新活動によるものとしている。

- ・離水した潮間帯生物遺骸化石の年代に基づく沿岸隆起の時期は、西暦1600~1800年である。
- ・この沿岸隆起を再現する輪島沖セグメントの断層モデルの規模と変位量から、気象庁マグニチュード M6.9の地震規模が想定される。

1729年
能登・佐渡の地震
(M6.6~7.0)

Hamada et al. (2016) の
断層モデル

1993年
能登半島沖の地震
(M6.6)

・1993年能登半島沖の地震と珠洲沖セグメント、禄剛セグメントとの関連性については判断できない。*

※: 1993年能登半島沖の地震は、その規模と活断層との位置関係に基づき、珠洲沖セグメントの活動によるものと考えられると判断していたが、岡村(2002)で、その震源断層モデルと地質構造との関係は今後検討する必要があるとされており、珠洲沖セグメントとの関連性は明確にされていないことを踏まえ、今回変更した。

[井上他, 2010]

— 実在逆断層及び拗曲軸
- - 推定逆断層
— 実在活逆断層及び実在活拗曲軸

[岡村, 2002]

- - 逆断層 (伏在断層)

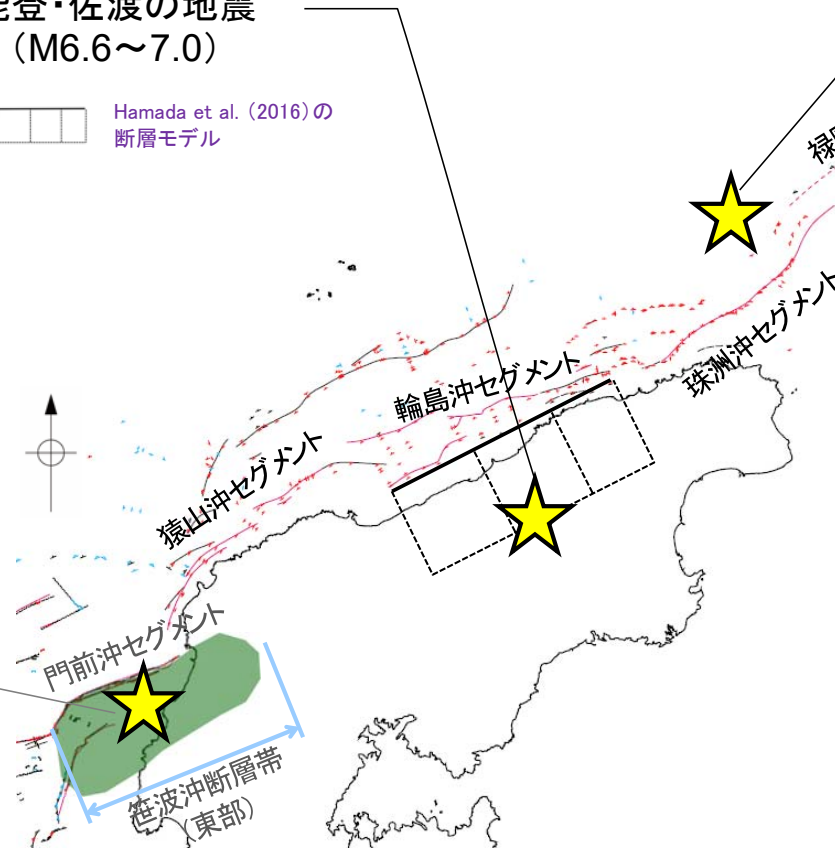
(測線位置で確認した断層(拗曲)の活動性)

△ B層以上又はQ層に変位、変形が認められる
▽ B層以上又はQ層に変位、変形の可能性が否定できない
△ B層以上又はQ層に変位、変形が認められない
— 断層 (伏在断層)
- - 断層 } 連続性のない断層
- - 伏在断層 }
△ 拗曲
+ 背斜軸
- 向斜軸

2007年
能登半島地震
(M6.9)

震源断層
(佐藤ほか, 2007a)

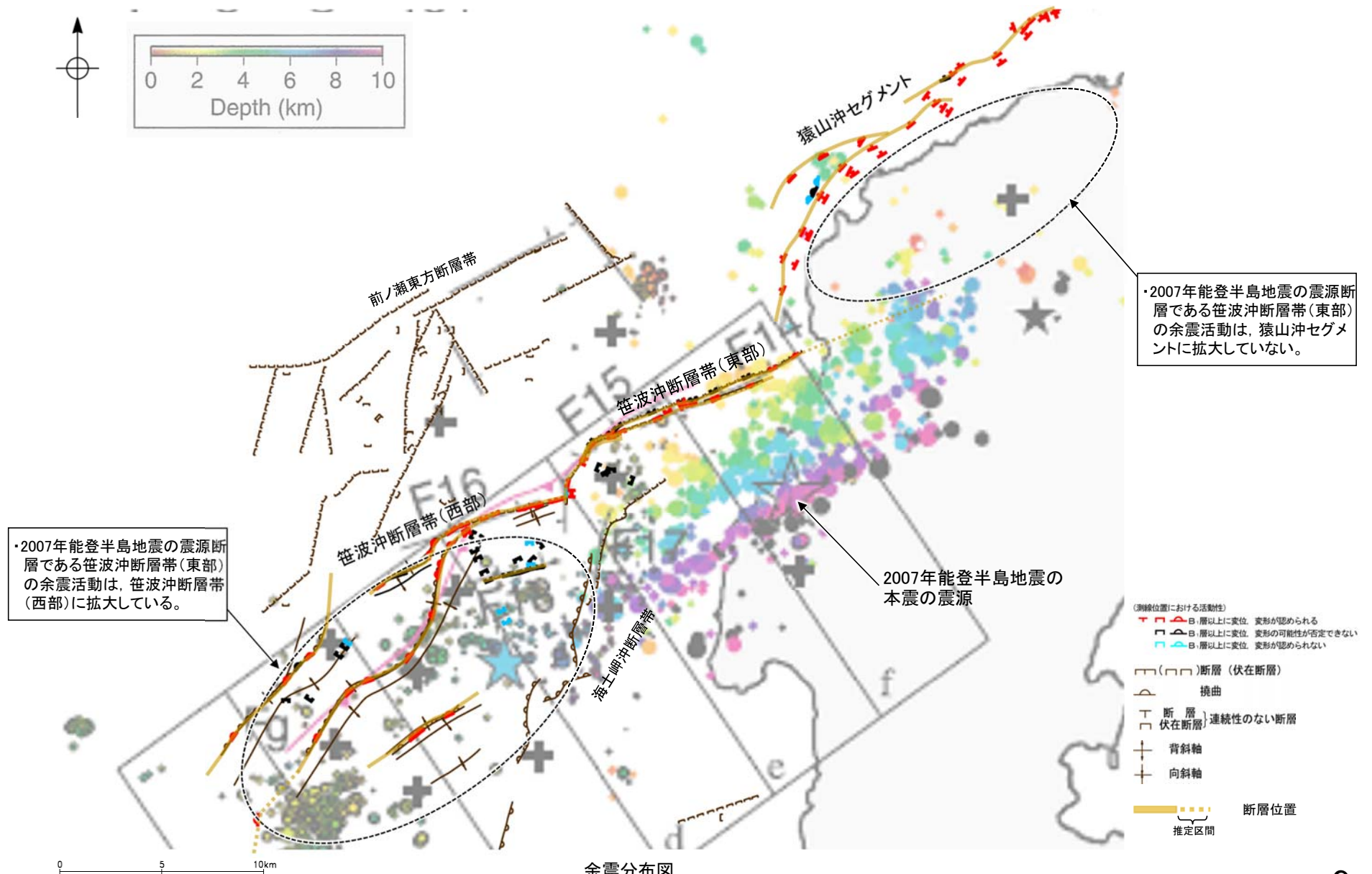
・佐藤ほか(2007a)は、2007年能登半島地震は笹波沖断層帯(東部)に対応する断層の最新活動によるものとしている。



能登半島北部周辺の過去の地震

【余震活動】

○笹波沖断層帯(東部)を震源断層とする2007年能登半島地震の余震活動に関する調査結果を以下に示す。



余震分布図
(Yamada et al.(2008)に一部加筆)