

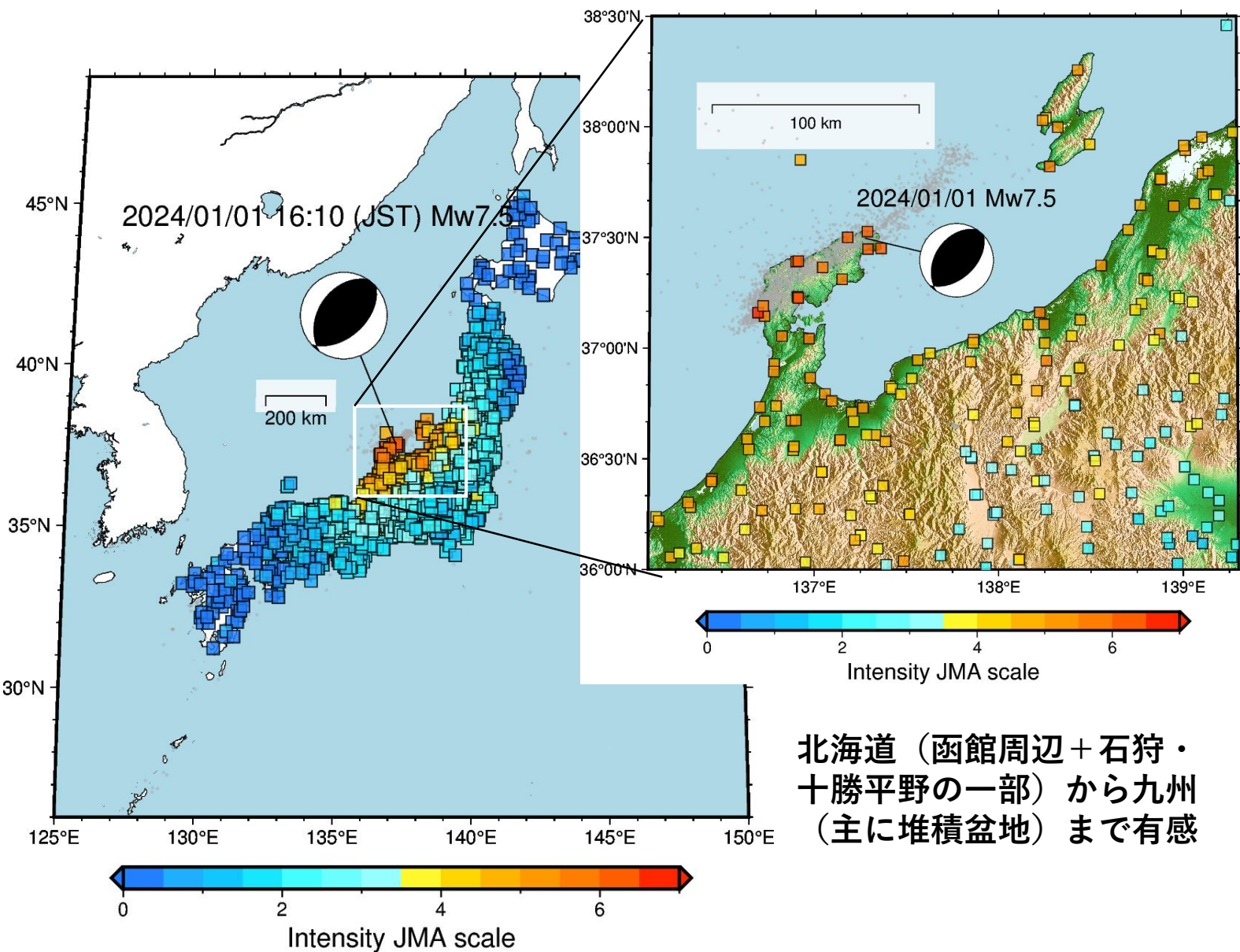
地震動・断層・地形等に関する 地震直後の情報収集・分析と現地調査の進め方

吉見雅行
(産業技術総合研究所 活断層・火山研究部門)

内容

- 2024年能登半島地震のおさらい
- 地震直後の情報収集・分析：現象を理解
 - 基礎知識・経験
 - ウェブ上の基本情報（地質・地形，活断層，地下構造）
 - 国の機関の観測情報・解説（震源，地震動，地殻変動）
 - 報道，SNS（被害情報，異常な現象等）
- 現地調査での情報収集：新たなデータの取得・蓄積・公開
 - 現地調査に至るまで
 - データ蓄積，発信にかかる課題

2024年能登半島地震 (Mw7.5) の概要



計測震度分布

地震発生日時:

2024年1月1日 16:10

地震規模:

7.5 (Mw), 7.6 (Mj)

震源:

概ね東北東-西南西走向の逆断層
(南側隆起, 最大すべり量5~8 m※)

余震域: 東西約150 km ※浅野ほか, 気象庁等

能登半島北部で震度6+, 7
福井県~新潟県平野部で震度5+

能登半島, 佐渡, 新潟等で津波

死者: 245名 (行方不明3名)
(2024.5.21現在)

住家全半壊: 約3万棟
(2024.5.21消防庁計28,973棟)

地震発生を知ったら何をするか：情報収集・分析から現象理解へ

START：緊急地震速報・ニュース速報等

- 震源，マグニチュード，メカニズムを確認（Hi-netページ等）
 - 内陸：M6.5以上
対応する活断層，地質，地形等を参照
(地質図Navi, 地理院地図, etc..)
 - 海域：M7以上
地震種別（プレート間，スラブ内，etc..）を確認
- 続報（被害報道等）をチェック，被害集中域等
- 必要に応じて緊急調査の準備，関係者と連絡

その後（当日～数日後）

- **強震動データ（防災科研等），地殻変動（国土地理院）の参照・分析**
- **地震調査委員会資料，解説等の参照**
- **関連既往研究（論文等）の調査，概要把握**
- **現地写真（マスコミ，航測会社，SNS等）を見て考える**

Web上のデータで概要把握：（例）能登半島の地質と地震波速度

能登半島は主に第三紀の堆積岩・火砕岩で構成：軟岩

河川沿いの小規模平野に沖積層

東北東－西南西走向の褶曲，活断層が分布



PS検層柱状図(暫定版)

観測点名： 内浦(うちうら)

所在地： 石川県珠洲郡内浦町字布浦ヶ-47

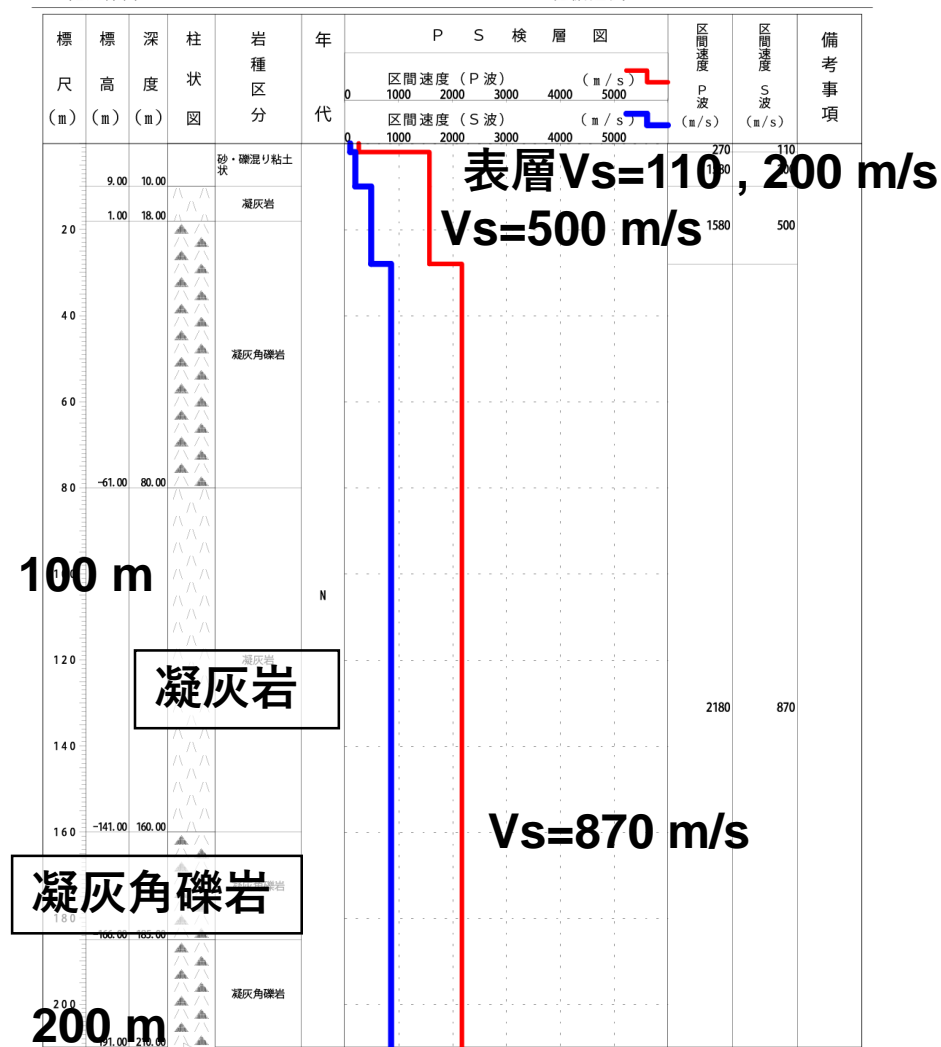
緯度： 37° 20' 34.0"

孔口標高： +19m

観測点コード： ISKH03

経度： 137° 14' 48.0"

総掘進長： 210.00m



解説資料を読み解く：能登半島北部の完新世段丘分布と沿岸域の陸化域

能登半島全域に海成段丘が分布。北ほど標高大。

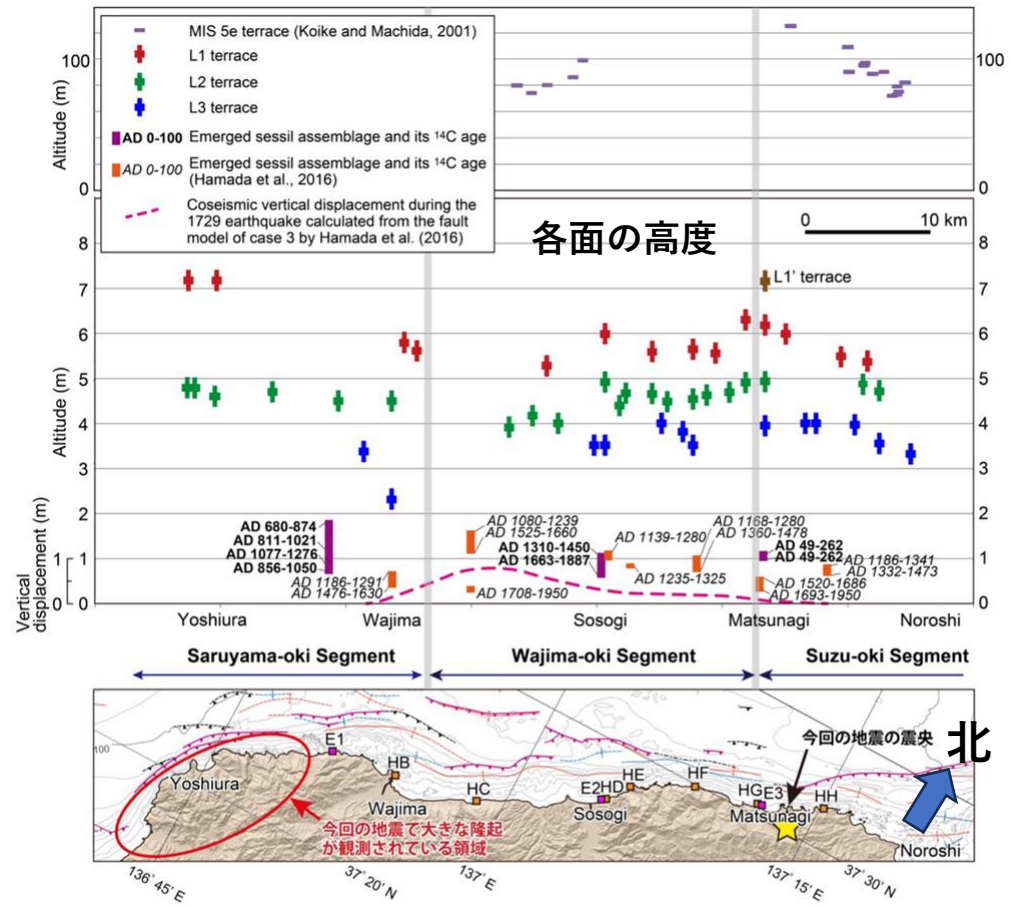
(太田・平川, 1979; 小池・町田, 2001)

北岸に数段の完新世段丘が分布 (宍倉・越後・行谷, 2020)

完新世段丘の分布域全体が今回の地震で隆起

同様な断層運動が過去にも繰り返し発生

(過去の運動がM7かM7.5かは不明)



SAR強度画像で捉えられた沿岸域の陸化域 (国土地理院資料に加筆)

能登半島北岸の完新世段丘の高度分布 (宍倉・越後・行谷, 2020)

過去数千年間における間欠的な隆起を示唆 (3段の段丘面 + 生物遺骸隆起痕跡)

L1離水年代: 6000年前 or 3500年前 後者の場合, 断層はA級の活動度

「だいち2号」観測データの解析による令和6年能登半島地震に伴う海岸線の変化 (2024年1月4日発表)

https://www.gsi.go.jp/uchusokuchi/20240101noto_pwr.html

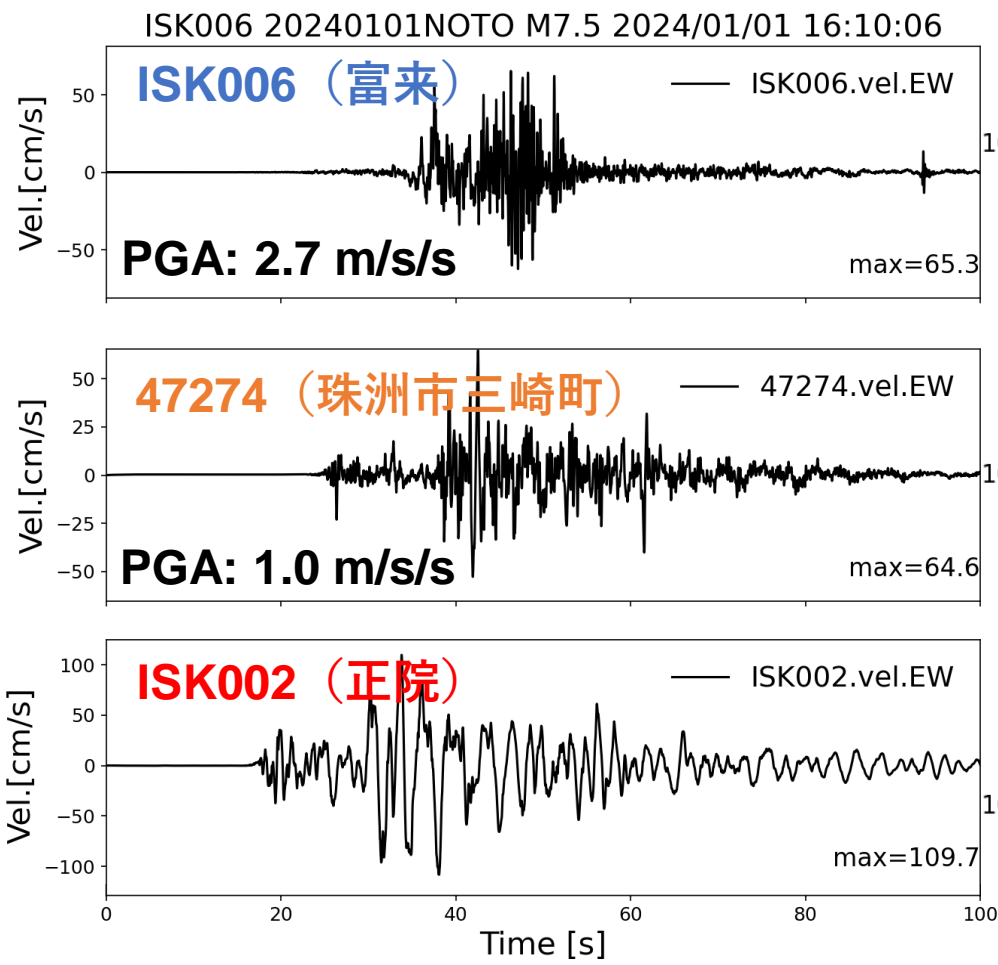
公開データの分析

K-NETデータおよび気象庁データ使用

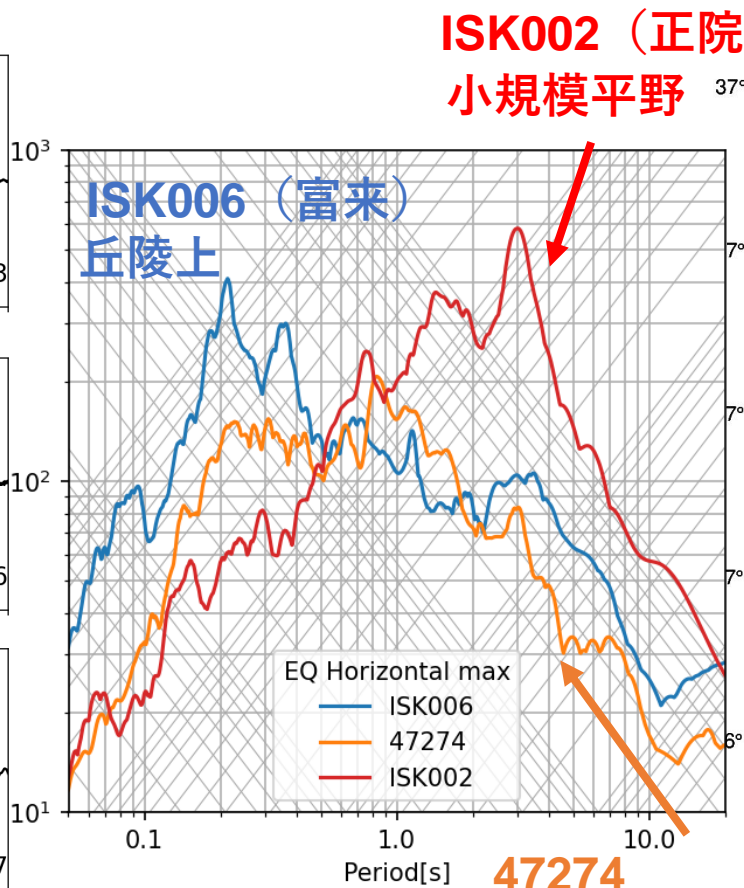
表層地盤による地震動の違い

能登半島北部の小規模平野でPGV100 kine超の地震動

47600: 輪島市鳳至町, ISK005: K-NET穴水, ISK002: K-NET正院は似たレベル (堆積層厚: 20 ~ 30 m)

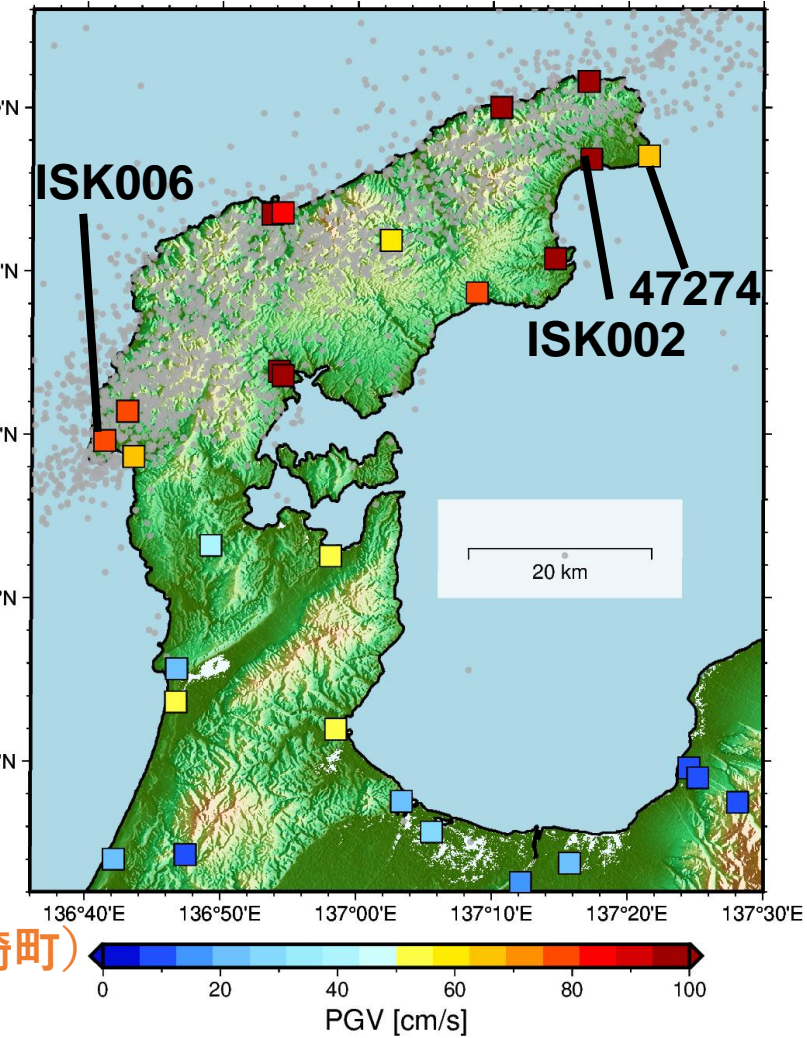


Velocity waveforms



擬似速度応答スペクトル (珠洲市三崎町)

軟岩

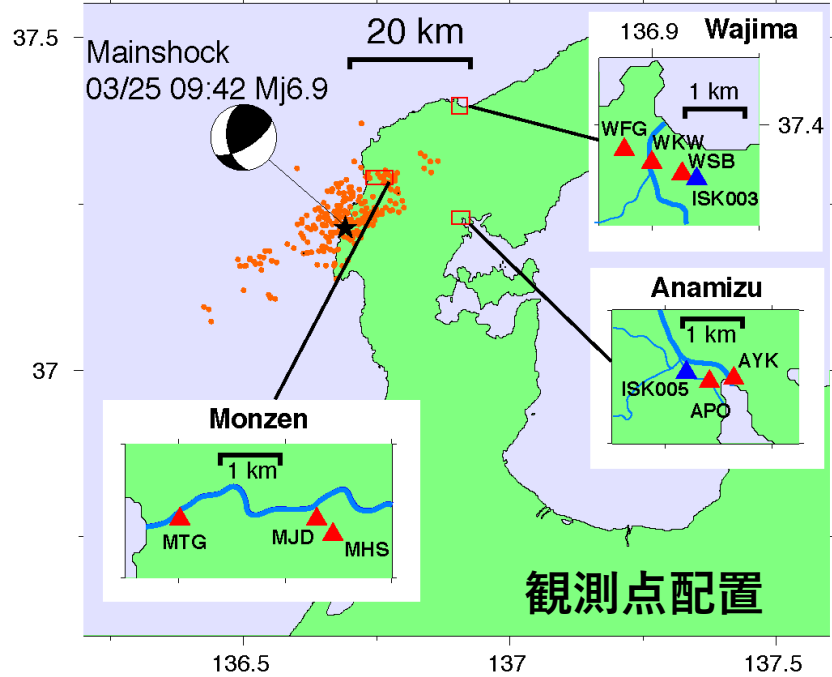


PGV [cm/s]

能登半島での過去の調査経験（2007年調査）

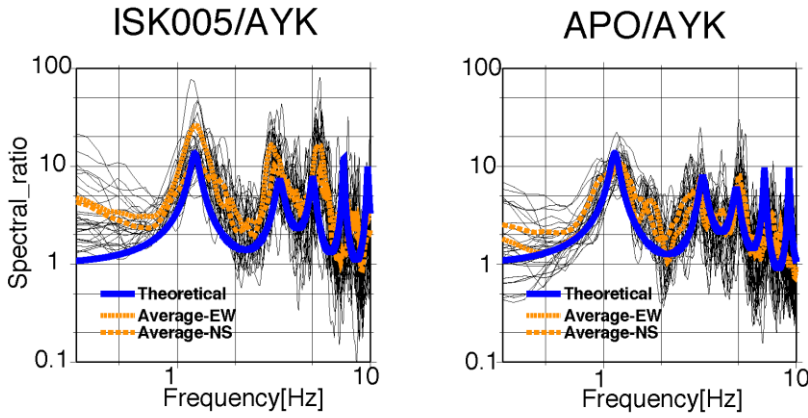
地盤増幅評価

- 輪島，門前，穴水で余震観測
- 地盤増幅特性を評価
- 本震時の波形を推定

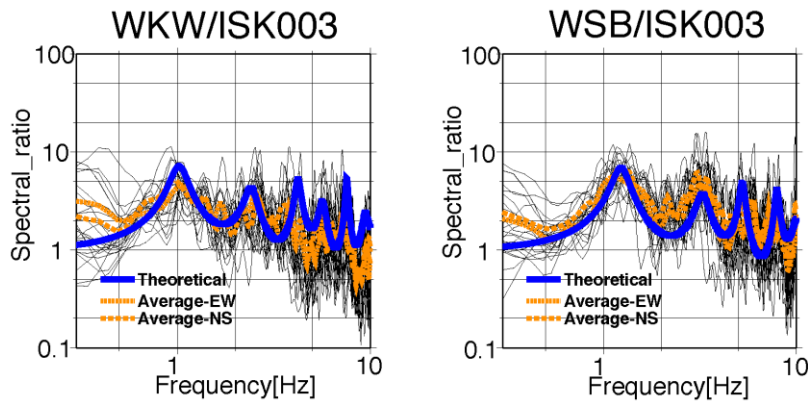


輪島簡易裁判所（WSB）での設置風景

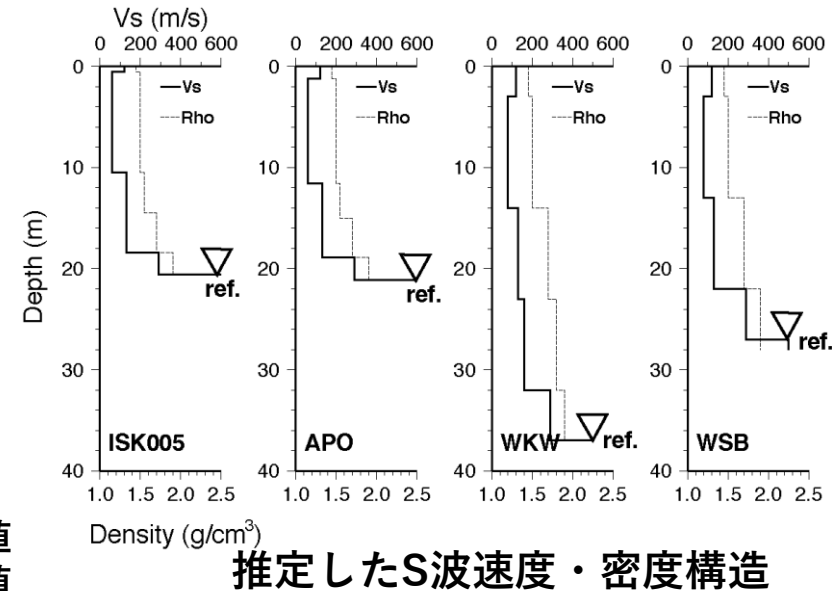
穴水



輪島



沖積／基盤のS波H/Hスペクトル 橙：観測値 青：理論値

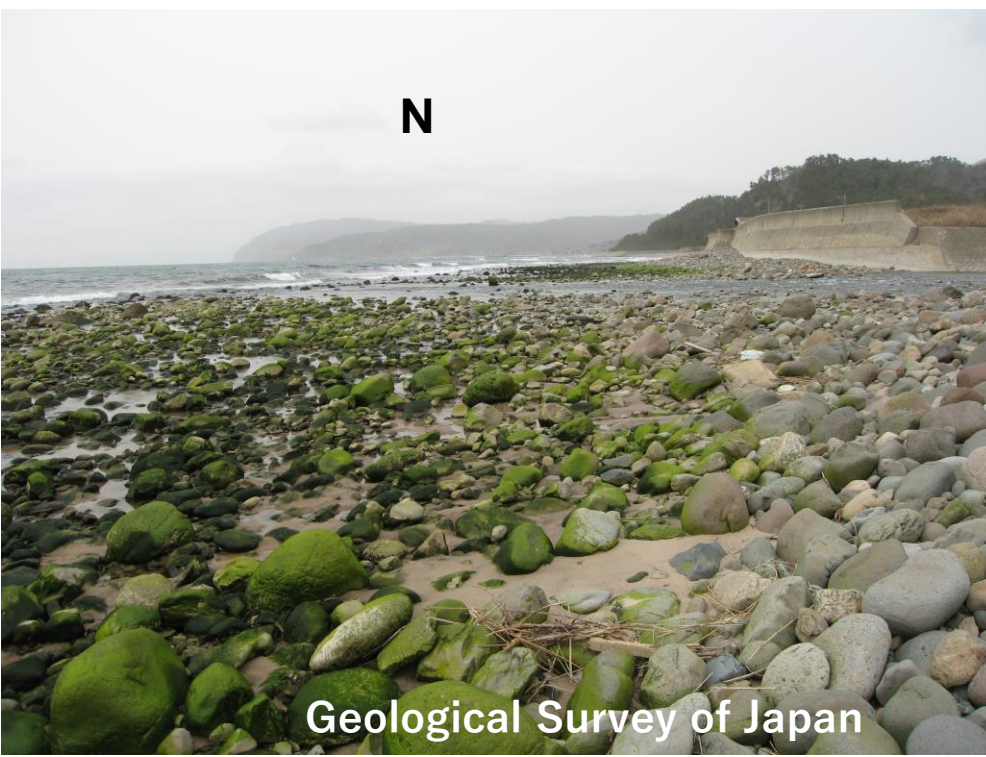


推定したS波速度・密度構造

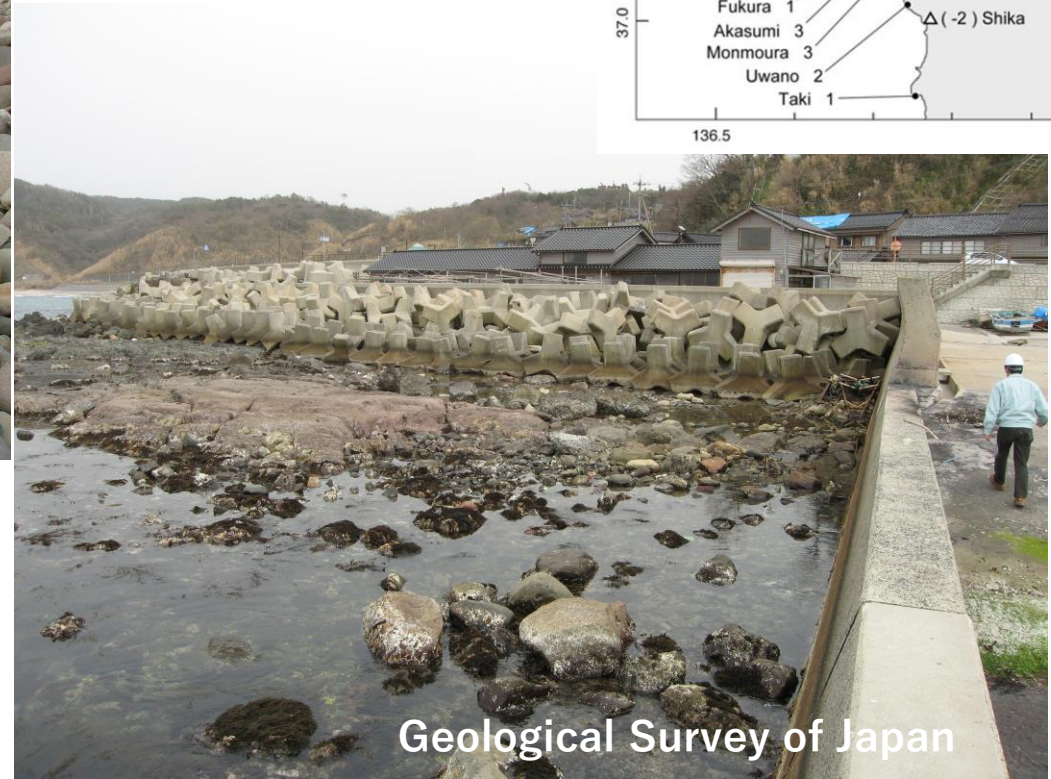
Yoshimi & Yoshida (2008)

能登半島での過去の調査経験 (2007年調査)

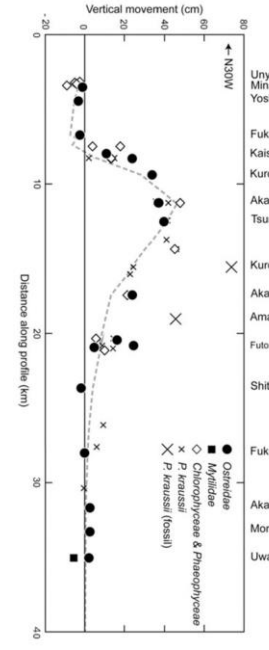
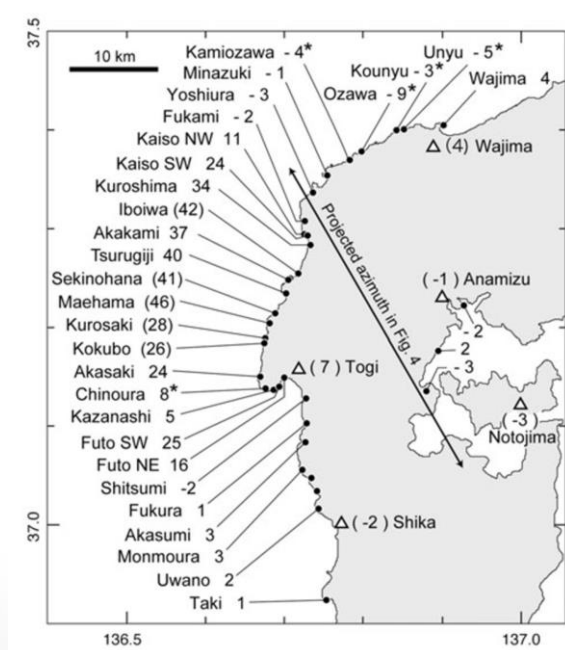
- 2007年にも海岸隆起 (能登半島西岸)



海底が露出した阿岸川河口周辺 2007.4.2撮影
N37.2608, E136.7239



約40 cm隆起した赤神漁港周辺 2007.4.2撮影 N37.2490, E136.7078



生物遺骸標高に基づく能登半島西岸の隆起量分布
Awata et al.(2008)

速報会での発表資料にみる 情報分析・理解

過去の経験・基礎知識

■地震被害概要

- 能登半島北部域を中心に、家屋倒壊、津波、地すべり被害多発
 - 強震動 : 震源直上 + 小規模平野の地盤増幅
 - 津波 : 陸域近傍の海域活断層での逆断層
 - 地すべり : 新第三紀の褶曲した泥岩・砂岩層, 凝灰岩, 火砕岩
 - 港湾隆起 : 断層運動に伴う地殻変動
 - 道路被害 : 盛土, 地すべり・表層崩壊土砂埋積
 - 液状化 : 埋立地, 地下水面の高い緩い砂地盤 (隣県でも発生)

等
+
報道
知識
基礎

地震断層のようなものは無いと考えていた

• 被害統計

- 死者 : 168名 (2024.1.8現在)
- 安否不明者 : 300名超 (2024.1.8現在)
- 家屋倒壊 : 多数 (輪島市, 穴水町, 珠洲市, 能登町等)
- 地すべり : 多数, ~~河川閉塞~~も多数

※2024.5.21時点では死者245名, 行方不明3名

河道閉塞

「令和6年能登半島地震 (M7.6) に関する速報会」 (2024年1月9日開催)

https://www.youtube.com/watch?v=3UPuxK09_sA

地震関連の情報分析の際に留意すること

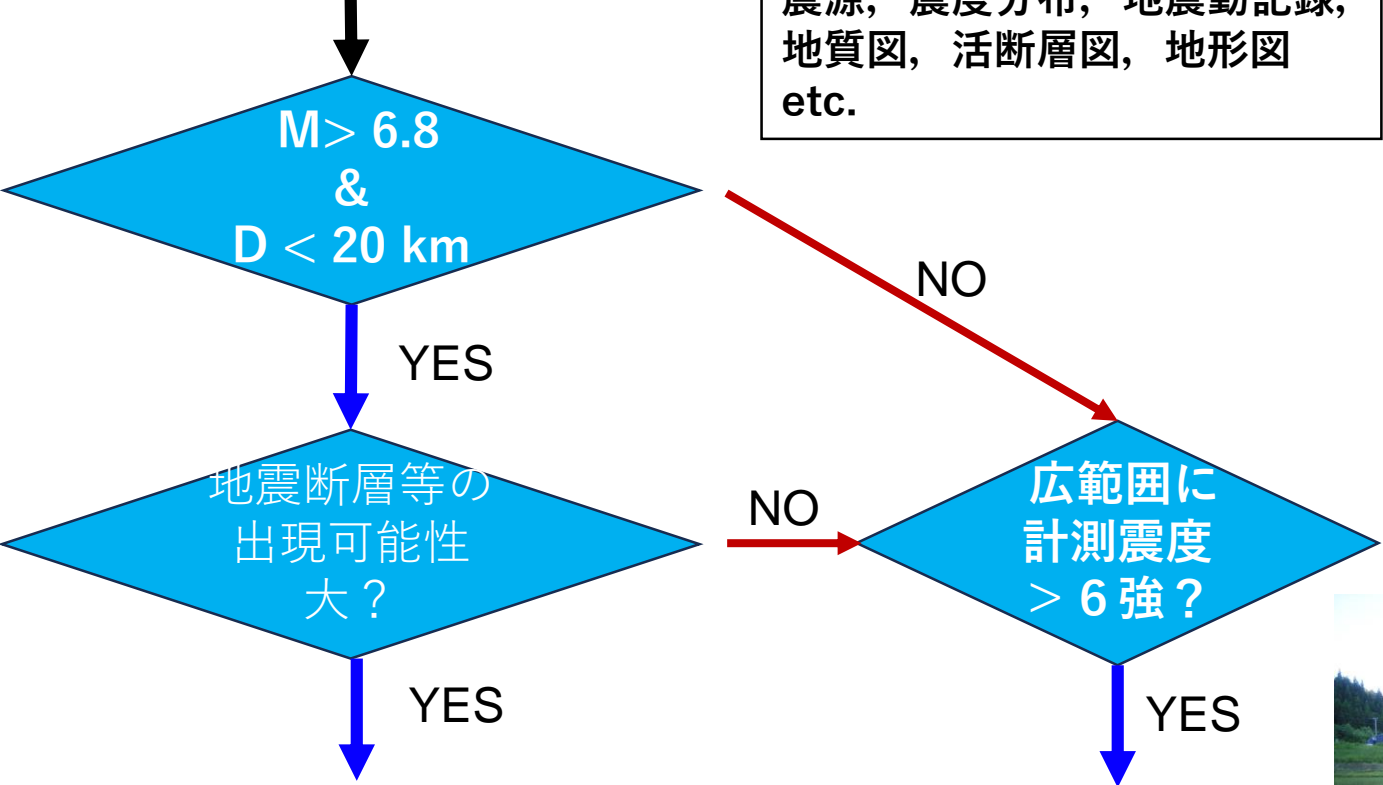
- 「**どういう現象が、何を原因として**」発生したのかの**仮説**を立てる
 - 能登半島北岸～北西岸の**海岸隆起** が **沖合活断層の逆断層運動** で発生
 - 平野部の強い揺れ が **断層直上＋小規模平野の地盤増幅** で発生
 - 若山川沿いで水平短縮に伴う**地盤隆起** が **褶曲の成長（？）** で発生
 - etc...
- **未知の現象かそうでないか** を調べる（既往事例調査）
 - 能登半島北岸沿いの活断層 は 知られていた
 - 輪島，門前，穴水の低地の地盤増幅 は 2007年の事例がある
 - 能登半島北部の隆起の繰り返し は 段丘調査により知られていた
 - 若山川沿いのような事例 は 例がなさそう。小規模：中越沖地震の小木ノ城背斜の成長
- **公開情報の留意点を認識しておく**（地震直後はデータが不十分）
 - 海域の余震分布は 位置決定精度が良くないので 変わり得る

内容

- 2024年能登半島地震のおさらい
- 地震直後の情報収集・分析：現象を理解し，総合化
 - 基礎知識・経験
 - ウェブ上の基本情報（地質・地形，活断層，地下構造）
 - 国の機関の観測情報・解説（震源，地震動，地殻変動）
 - 報道，SNS（被害情報，異常な現象等）
- **現地調査での情報収集：新たなデータの取得・蓄積・公開**
 - 現地調査に至るまで
 - データ蓄積，発信における課題

現地調査に至るおおまかなフローチャート

内陸地震発生！



即時に参照するもの（近年の例）

震源，震度分布，地震動記録，地質図，活断層図，地形図 etc.

これまで調査した国内地震

地震断層	調査内容		地形・地質と被害
	地震断層	地震観測	
2004新潟県中越地震			■
2007能登半島地震		■	
2007新潟県中越沖地震			■
2008岩手・宮城内陸地震	■		■
2011長野県北部の地震			■
2011福島県浜通りの地震	■		
2014長野県北部の地震	■		
2016熊本地震	■	■	
2018北海道胆振東部地震		■	
2024能登半島地震	■	■	

地震断層調査
地震観測
etc..

← 急ぐ必要あり

地震観測
↑ 急がなくても良い



現地調査の際に留意していること

必要性の判断基準

- 「今」すべき調査か？
 - 時間経過すると調査不能になるか
 - 調査結果を待っている者がいるか
 - 過度な危険はないか，邪魔にならないか
 - etc..
- 「自分」がすべき調査か？
 - 単なるスピード競争になっていないか
 - 他に優先すべき調査はあるか
 - そもそも調査可能か（時間，予算，etc）

現地に行ったら

- とにかく動く
- 現地の人に聞く
- **無駄だと思いうくらいデータを取る**
- 周辺情報を日々アップデートする
 - 公開情報のチェック
 - 同業者からの情報
- **取得情報を素早く公開する**

過去に現地調査した内陸地震：初動時期と調査目的

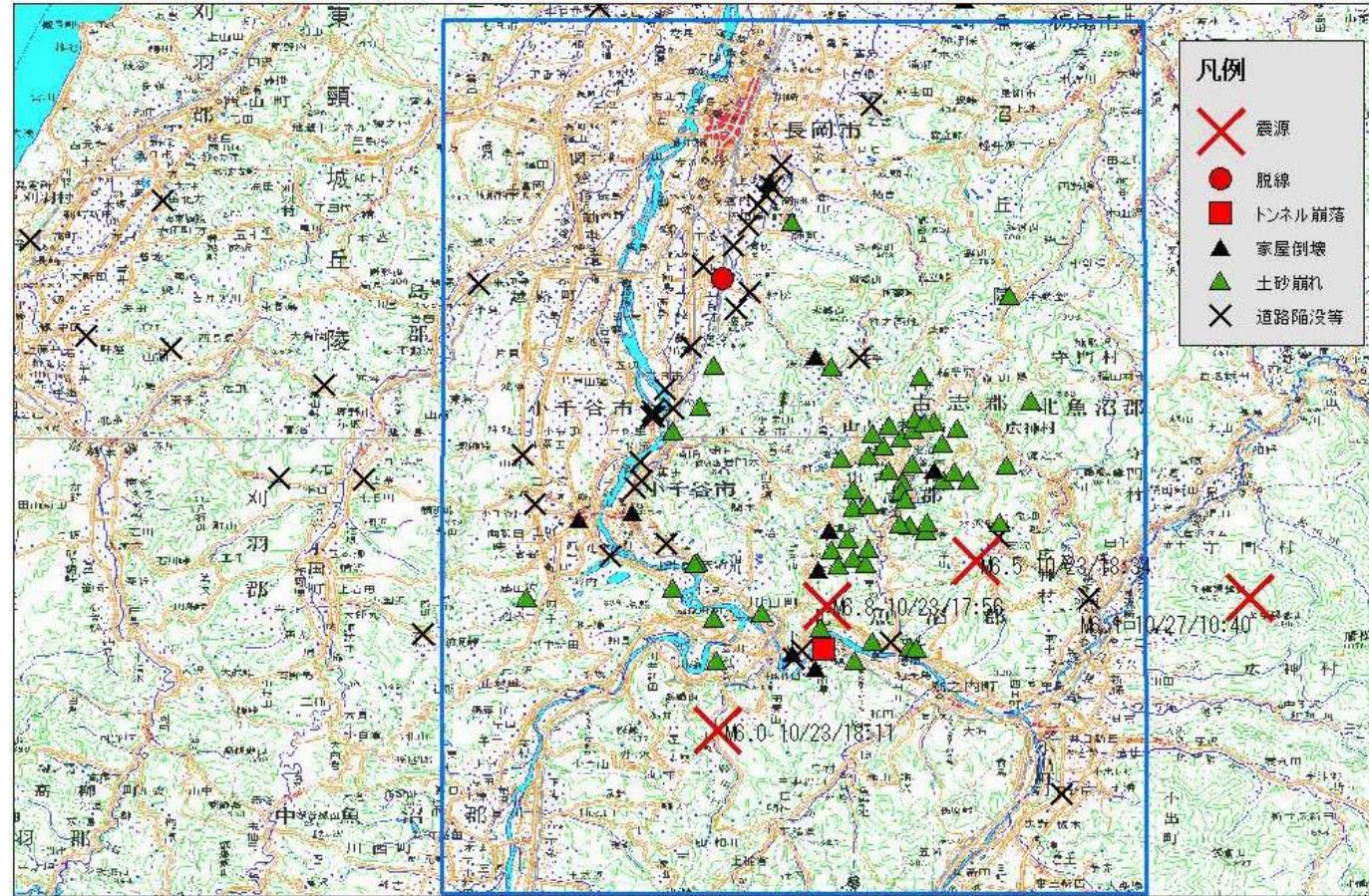
地震名	地震発生日	出発日・手段	主目的	備考
2004新潟県中越	2004.10.23 夕	2004.10.28・車	被害と地形・地質の関係	
2007能登半島	2007.3.25 朝	2007.3.25・車	地震観測	強震計 8 台, 3.26現地着
2008岩手・宮城内陸	2008.6.14 朝	2008.6.14・車	断層調査	6.15朝現地着
2011福島県浜通り	2011.4.11 夕	2011.4.22・車	断層調査	第 2 陣
2014長野県北部	2014.11.22 夜	2014.11.27・車	断層調査	11/24-26地震学会@新潟
2016熊本地震	2016.4.14 夜 2016.4.16 未明	2016.4.15・飛行機	断層調査	4.15版 InSARを確認し出発 4.16朝現地入り
2018北海道胆振東部	2018.9.6 未明	2018.9.15・車（フェリー）	地震観測	観測機材満載
2024能登半島	2024.1.1 夕	2024.1.25・車	地震観測	強震計 5, 速度計 4
		2024.2.11・鉄道	断層調査	1/30地理院資料を確認して出発

昔は地震当日に出発した地震もあるが、近年は時間をおいてからの出発が多くなった

車：つくば発
それ以外：現地でレンタカー

2004年新潟県中越地震 情報集約状況 2004年10月28日付：災害状況図（国土地理院）

	地震発生日	出発日・手段	主目的	備考
2004中越	2004.10.23 夕	2004.10.28 ・車	被害調査、 地形	断層調査は別隊
2007能登半島	2007.3.25 朝	2007.3.25 ・車	地震観測	強震計8台、 3.26現地着
2008岩手・宮城	2008.6.14 朝	2008.6.14 ・車	断層調査	6.15朝現地着
2011浜通り	2011.4.11 夕	2011.4.22 ・車	断層調査	第2陣
2014長野県北部	2014.11.22 夜	2014.11.27 ・車	断層、地上LiDAR	11/24-26地震学会@新潟
2016熊本	2016.4.14 夜 2016.4.16 未明	2016.4.15 ・飛行機	断層調査	4.15版 InSARを 確認し出発 4.16朝現地入り
2018胆振	2018.9.6 未明	2018.9.15 ・車（フェリー）	地震観測	観測機材満載
2024能登半島	2024.1.1 夕	2024.1.25 ・車 2024.2.11 ・鉄道	地震観測 断層調査	強震計5，速度計4 1/30地理院資料を確認して出発



かつては情報の無い中で見切り出発

2024年能登半島地震の直後の情報集積状況

	地震発生日	出発日・手段	主目的	備考
2004中越	2004.10.23 夕	2004.10.28・車	被害調査, 地形	断層調査は別隊
2007能登半島	2007.3.25 朝	2007.3.25・車	地震観測	強震計8台, 3.26現地着
2008岩手・宮城	2008.6.14 朝	2008.6.14・車	断層調査	6.15朝現地着
2011浜通り	2011.4.11 夕	2011.4.22・車	断層調査	第2陣
2014長野県北部	2014.11.22 夜	2014.11.27・車	断層, 地上LiDAR	11/24-26地震学会@新潟
2016熊本	2016.4.14 夜 2016.4.16 未明	2016.4.15・飛行機	断層調査	4.15版 InSARを確認し出発 4.16朝現地入り
2018胆振	2018.9.6 未明	2018.9.15・車(フェリー)	地震観測	観測機材満載
2024能登半島	2024.1.1 夕	2024.1.25・車 2024.2.11・鉄道	地震観測 断層調査	強震計5, 速度計4 1/30地理院資料を確認して出発

地震翌日 (2024.1.2) 時点:

震源, 震度分布, 余震分布, 津波データ, GNSS地殻変動, SAR2.5次元解析, 強震動, 暫定震源断層モデルを含む地震調査委員会資料 (令和6年能登半島地震の評価) が公表。各機関でも情報公開。

令和6年1月2日
地震調査研究推進本部
地震調査委員会

令和6年能登半島地震*の評価

- 1月1日16時10分に石川県能登地方の深さ約15kmでマグニチュード(M)7.6(暫定値)の地震が発生した。この地震により石川県羽咋郡(はくいぐん)志賀町(しかまち)で最大震度7を観測したほか、能登地方の広い範囲で震度6弱以上の揺れを観測するなど、被害を伴った。また、石川県では長周期地震動階級4を観測した。この地震の発震機構は北西-南東方向に圧力軸を持つ逆断層型で、地殻内で発生した地震である。
- 現在も活発な地震活動が継続している。1月1日以降の地震活動は北東-南西に延びる150km程度の範囲に広がっており、1日16時から2日13時までの間に、最大震度1以上を観測した地震が169回(震度7:1回、震度5強:3回、震度5弱:6回)発生した。
- 今回の地震により、輪島港(港湾局)観測点で1.2m以上、金沢(港湾局)観測点で0.9m(いずれも速報値)など、北海道から九州にかけての日本海側で津波を観測している。
- GNSS観測によると、今回の地震に伴って、輪島観測点(国土地理院)で西南西方向に1.2m程度の変動、1.1m程度の隆起が見られるなど、能登半島を中心に広い範囲で地殻変動が観測された。また、陸域観測技術衛星2号「だいち2号」が観測した合成開口レーダー画像の解析によると、輪島市西部で最大4m程度の隆起、最大1m程度の西向きの変動が検出された。
- 1月1日に発生したM7.6の地震に伴って、志賀町のK-NET富来(とぎ)観測点で2,828gal(三成分合成)など、大きな加速度を観測した。
- 1月1日以降、地震活動の範囲は広がっている。揺れの強かった地域では、地震発生後1週間程度、最大震度7程度の地震に注意が必要である。特に、地震発生後2~3日程度は、規模の大きな地震が発生することが多くある。また、海底で規模の大きな地震が発生した場合、津波に注意する必要がある。
- 今回地震が発生した石川県能登地方の地殻内では2018年頃から地震回数が増加傾向にあり、2020年12月から地震活動が活発になっており、2021年7月頃からさらに活発になっていた。一連の地震活動において、2020年12月1日から2024年1月2日13時までに震度1以上を観測する地震が675回、このうち震度3以上を観測する地震が160回発生した。一連の地震活動において、今回の地震が最大の地震である。このほか、2023年5月5日にM6.5の地震を観測した。

観測網, リモートセンシングデータの集約と公開が極めて迅速に実施された

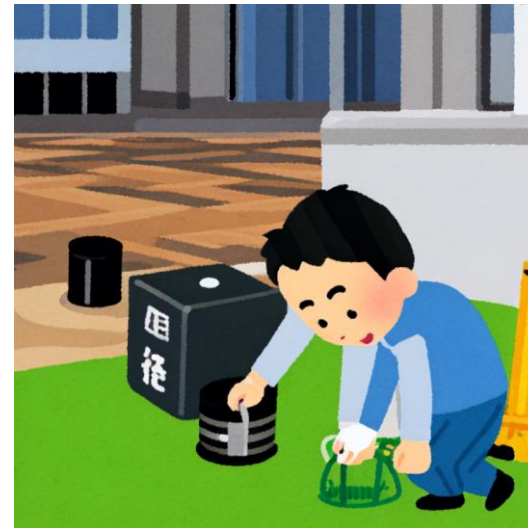
民間の動きも速く, 斜め写真が各航測会社からサンプル提供

リモセン情報の即時化による緊急調査の行動変化

- かつては情報が乏しい中で現地調査に出かけた。
- 現在は、情報収集・分析 → 現地調査 の流れ
 - 「無駄足」は減ったはず。
 - 情報の多い場所に調査が偏るおそれ
 - 情報源が途絶えたら 身動きが取れなくなるおそれ



被害調査



地震観測



地震断層調査

2024年能登半島地震の地震断層（陸域）

顕著なものは無いと考えていたが・・・

地震断層等の
出現可能性
大？

2024.1.30

珠洲市若山町 若山川沿いでの地盤隆起帯の発表
(国土地理院, 東大地震研)

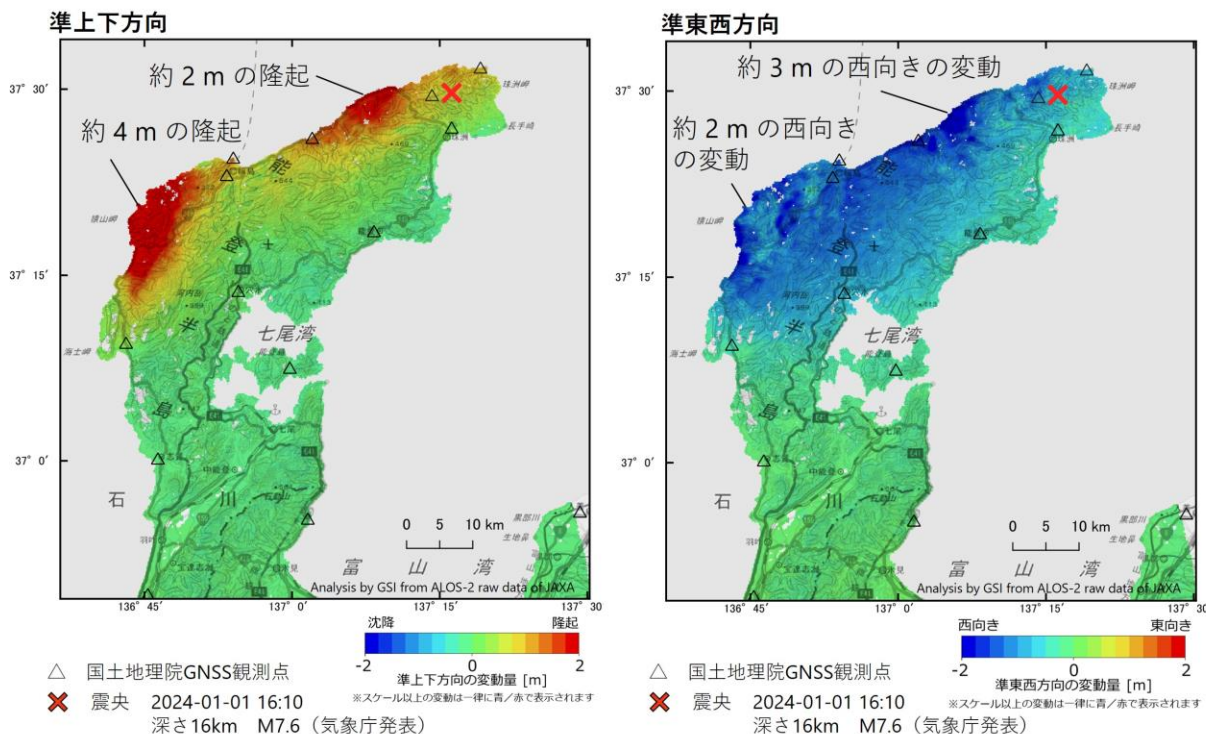


図3 3Dモデルでみた若山町中地区における線状の地表変状（赤線）

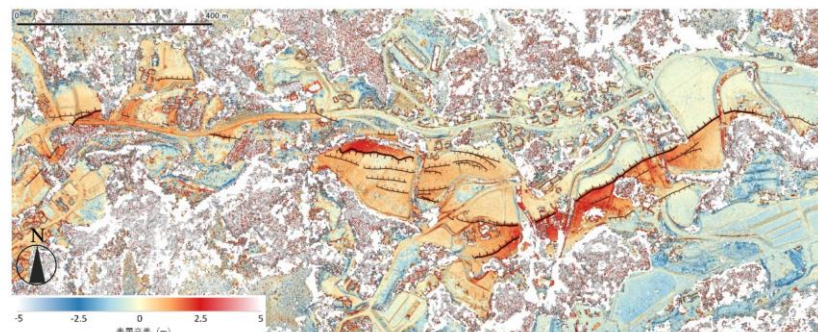
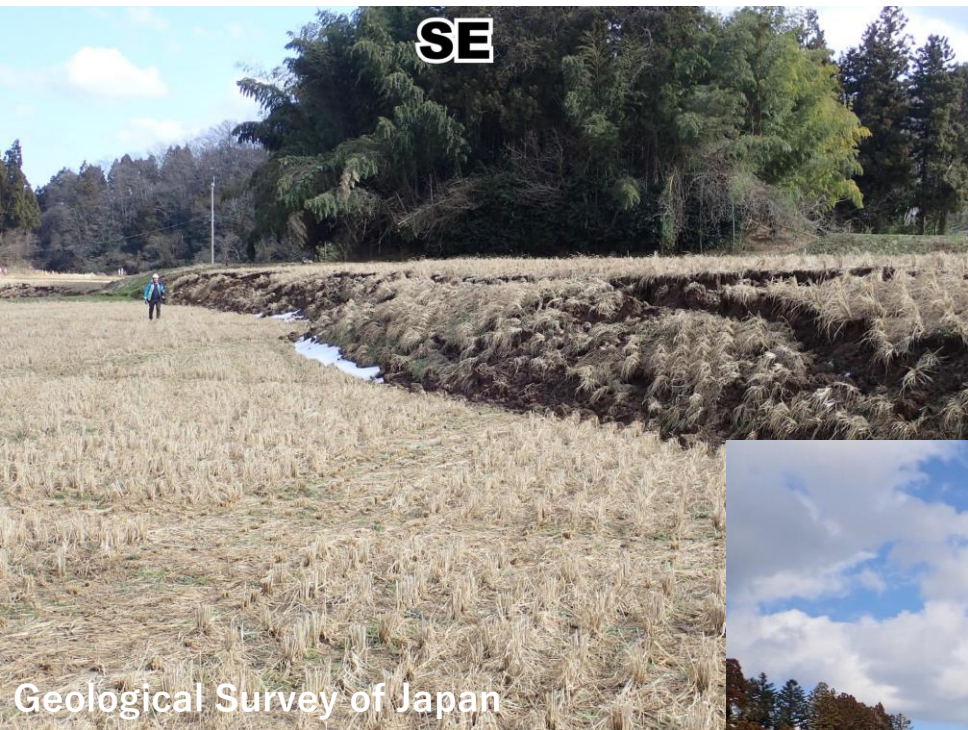


図4 若山町中地区における隆起地帯と線状の地表変状（黒ケバ線：変位の大きいものを太線、小さいものを細線） 吉田（2024）

地殻変動は沖合の断層運動で説明可能と判断していた
→陸域の地震断層はノーケア

珠洲市若山町に現れた「地震断層」

若山川に沿う幅数百メートルの領域が少なくとも3kmにわたって断続的に隆起→ 南北方向の水平短縮



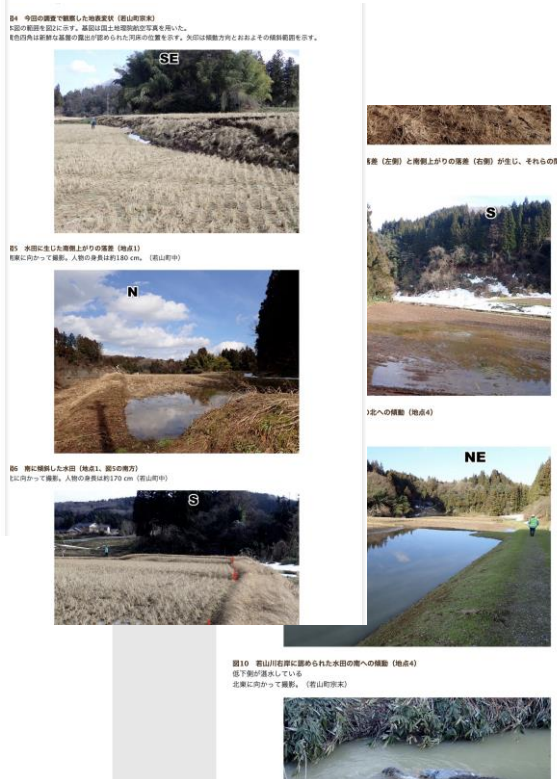
水田に現れた落差2 m強の撓曲崖



撓曲崖の裏側の傾動

第九報 2024年能登半島地震の緊急調査報告（陸域に出現した地表変位の現地調査）

珠洲市若山町では、地震直後の数週間モデルや航空レーザーデータの解析から、若山川に沿って全長約4 km、幅100～200 mの地帯が隆起し、(図1)～(図4)は、能登半島の隆起帯では、地帯の隆起が顕著に出現した。...



2024.2.26に報告を公開
産総研地質調査総合センター
<https://www.gsj.jp/hazards/earthquake/noto2024/noto2024-09.html>

調査結果の蓄積・発信における課題

- 緊急調査で撮影する画像・動画，調査データは膨大。
- 発信に使う画像・データは極めて少数。
 - 多くは調査主体に死蔵・散逸
 - 膨大なデータを残しても受け手がいない？
- 地震直前の現地状況データ：現状はGoogle Street View頼み。
 - この状況で良いはずがない。
- 過去の状況把握データ：空中写真，米軍写真，明治期地形図， etc
 - 現世の膨大なデータをどうやって後世に残すか？
 - 航空レーザーデータ， SARデータ， 映像， etc.
- Web上の被害調査報告書が消える問題

調査中に撮影した写真の一部・・・（珠洲市若山町）



このうち、使ったのは数枚

おわりに

- パソコンの前に座っていても情報を大量に集められる時代、AIによる自動分析も進められる未来が見えますが、ぜひご自身で情報分析と仮説の提示（理解）をすることをおすすめします。
- 重要な情報は現地にあります。