地形変化（長期的視点，海成段丘）
ー今後の地震の規模評価と長期予測に向けてー

日本第四紀学会　宍倉正展
（国立研究開発法人産業技術総合研究所）

珠洲市仁江町付近 2024年5月　9日 宍倉撮影

日本第四紀学会の取り組み（第四紀研究特集号より）

海岸線変化

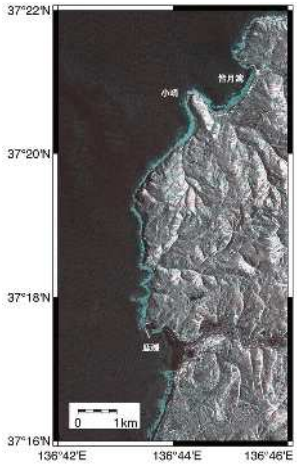
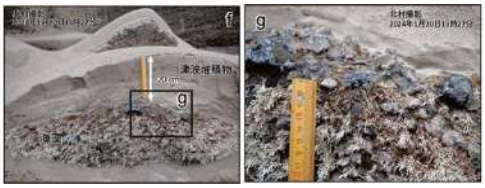


図 2　輪島市門前町周辺における地震前後の SAR 強度画像の差分解析結果
2022 年 9 月 26 日と 2024 年 1 月 1 日における強度変化を示す。

道家・安江の報告

津波

山縣ほかの報告

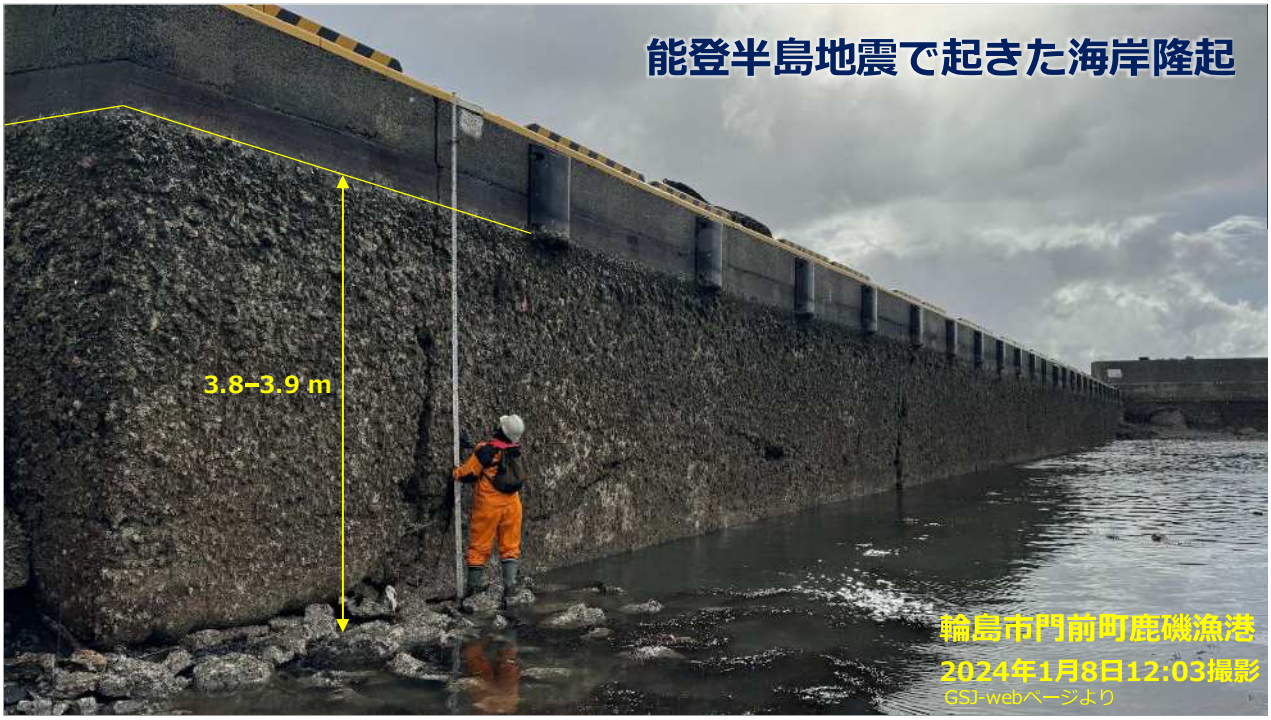


北村・原田の報告

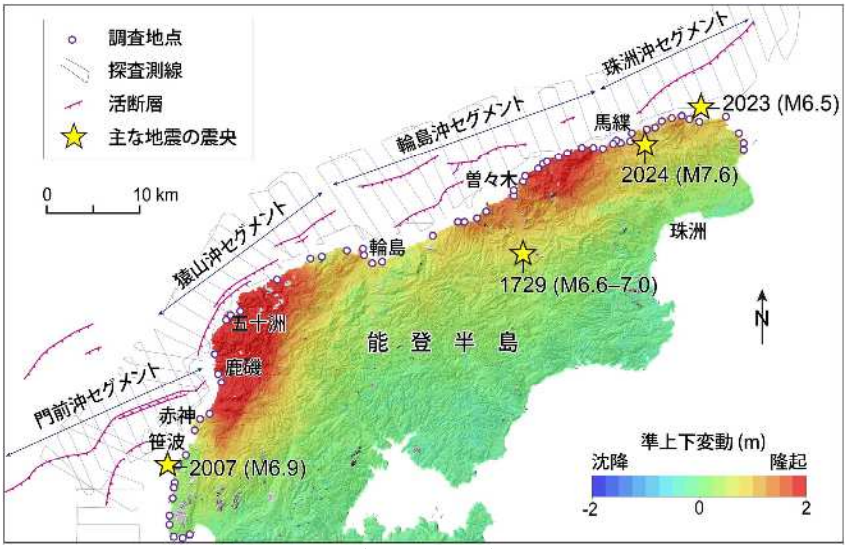
液状化

陶野ほかの報告

卜部ほかの報告



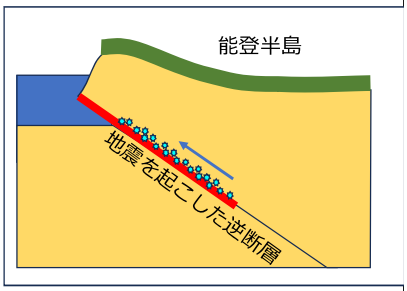
隆起の全容と海底活断層の分布



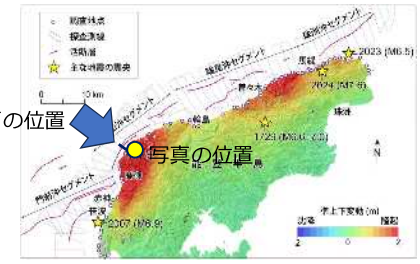
国土地理院によるだいち2号観測データ（原初データ：JAXA）の解析結果を使用
海底活断層の分布は井上・岡村（2010）による

隆起をもたらしたのは能登半島北部海域に分布する海底活断層（4つのセグメントに区分）の活動

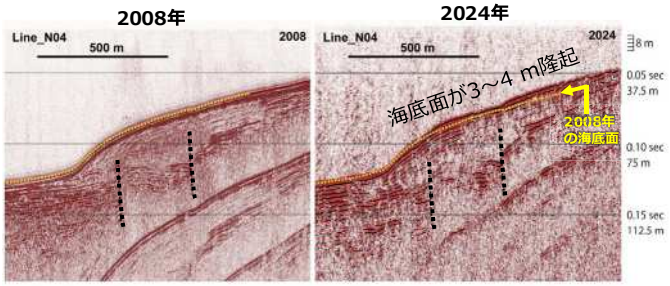
2024年地震はすべてのセグメントが連動



猿山沖セグメント

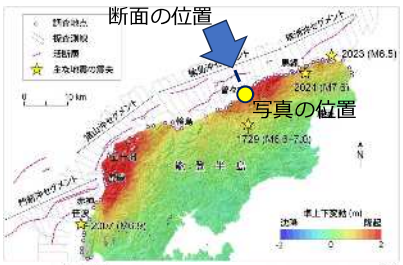


音波探査の反射断面（同一測線の再測による比較）

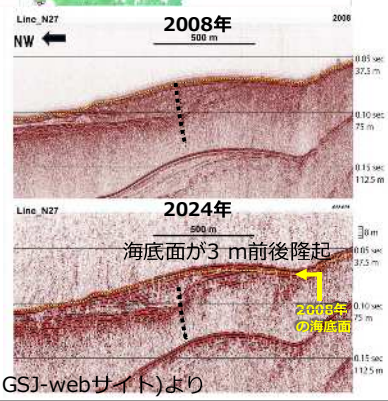


岡村ほか（2024;GSJ-webサイト)より

輪島沖セグメント



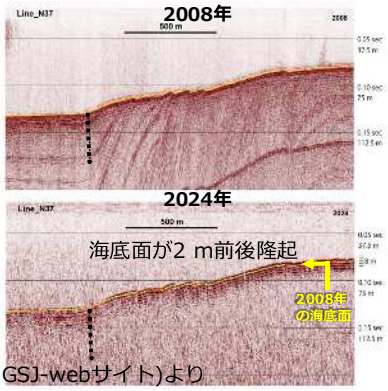
音波探査の反射断面（同一測線の再測による比較）



岡村ほか（2024;GSJ-webサイト)より

珠洲沖セグメント

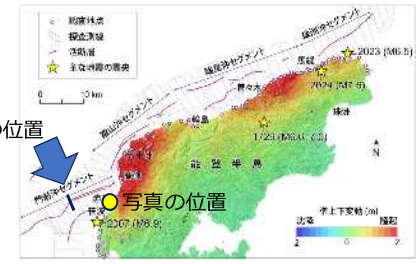
音波探査の反射断面（同一測線の再測による比較）



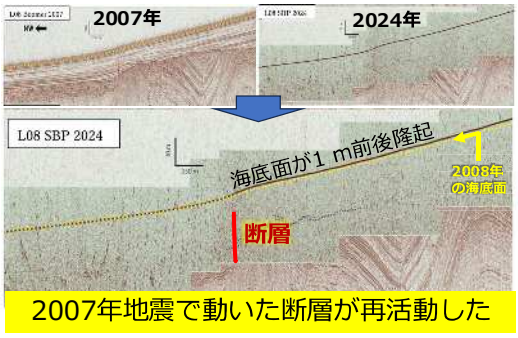
岡村ほか（2024;GSJ-webサイト)より

宍倉ほか（2024；第四紀研究）

門前沖セグメント



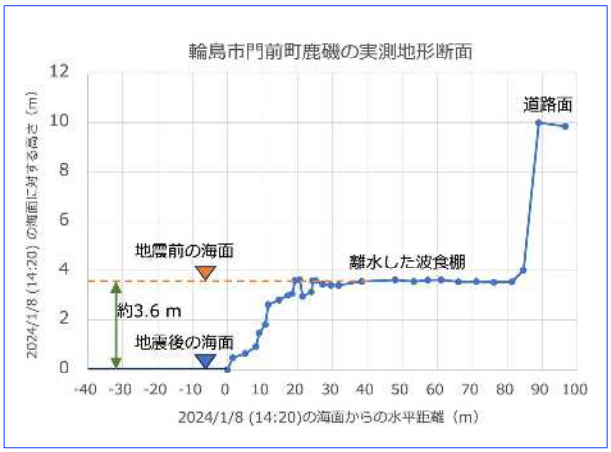
音波探査の反射断面（同一測線の再測による比較）



2007年地震で動いた断層が再活動した

岡村ほか（2024;GSJ-webサイト)より

2024年地震（M7.6）による大きな隆起によって4段目の海成段丘が形成（輪島市門前町鹿磯）

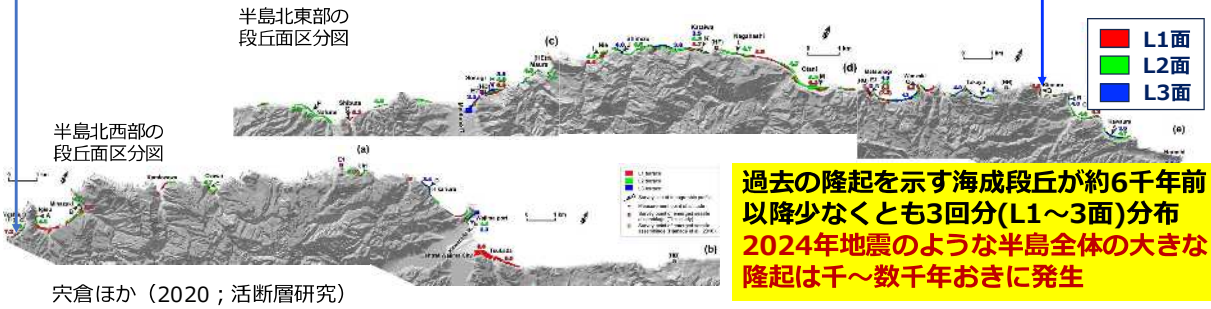


宍倉ほか（2024；第四紀研究）

能登半島北部沿岸全域で大きな隆起の履歴を示す海成段丘が分布

半島北東部の
段丘面区分図

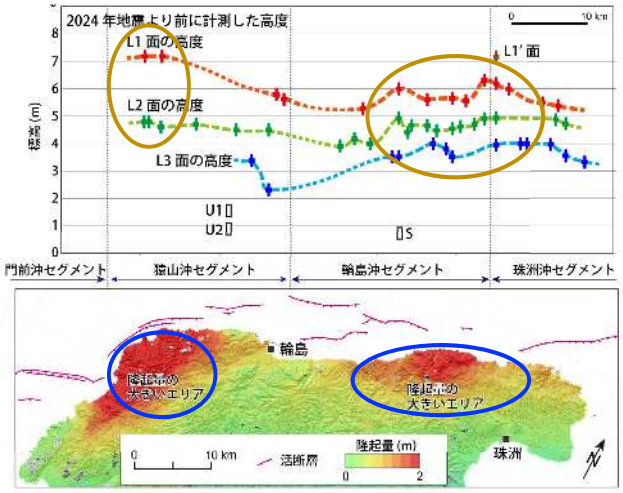
半島北西部の
段丘面区分図



宍倉ほか（2020；活断層研究）

過去の隆起を示す海成段丘が約6千年前以降少なくとも3回分(L1～3面)分布
2024年地震のような半島全体の大きな隆起は千～数千年おきに発生

能登半島北部沿岸の海成段丘の高度分布と地震時の隆起量との関係



近年のM7未満の地震ではセグメントごとに数10 cm程度しか隆起しない

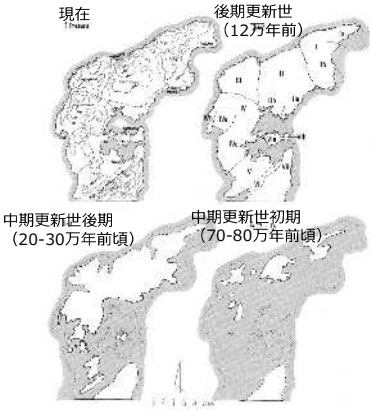
海成段丘の高度が高い場所では将来，千～数千年に1回の大きく隆起する地震が起こるはず

2024年地震における隆起量の大きい場所と海成段丘の高い場所は一致
想定していた地震が起きた

2007年地震の変動はShishikura et al. (2009; GRL)
2023年地震の変動は宍倉ほか（2023;日本地震学会）
1729年地震の変動はHamada et al. (2016; Tectonophysics)
2024年地震の変動は宍倉ほか（準備中）による地震前の基準点の再測によって得られたデータ
低位段丘の高度は宍倉ほか（2020：活断層研究）に基づく

第四紀を通じて形成された能登半島全域に拡がる海成段丘

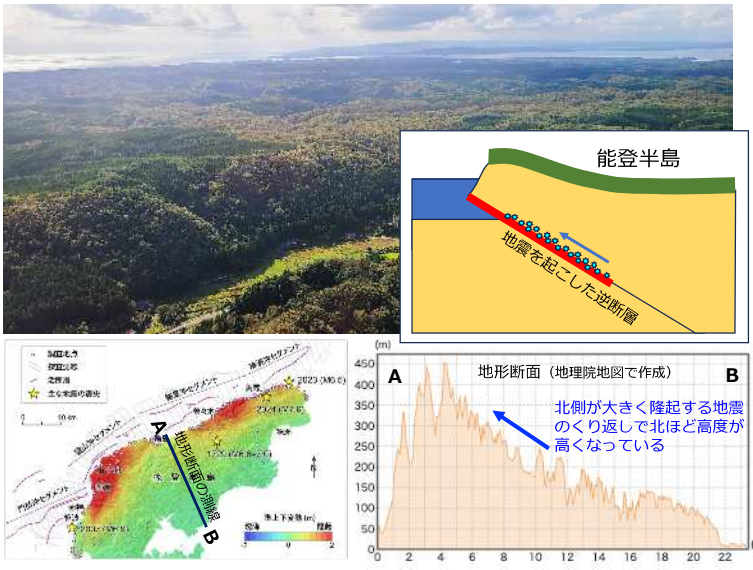
中期更新世以降の古地理の変遷



太田・平川（1979；地理学評論）

能登半島は100万年以上前からくり返し起こる地震によって隆起が累積して半島が形成された

能登半島東部に拡がる高位段丘（70–80万年前頃の海面で形成）



土地の成り立ちを知ることは防災意識を高めることにもつながる

日本列島各地の隆起する海岸

海成段丘の分布する海岸は将来隆起する地震が起こり得る

今後の地震想定と長期予測には海成段丘などの隆起痕跡調査が重要

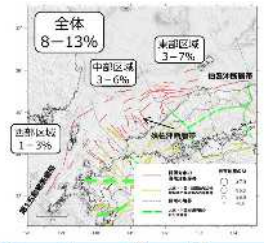
隆起傾向の海岸（海成段丘のある海岸）

沈降傾向の海岸

地震本部による海域活断層，海溝型地震の長期評価

日本海における海域活断層の長期評価

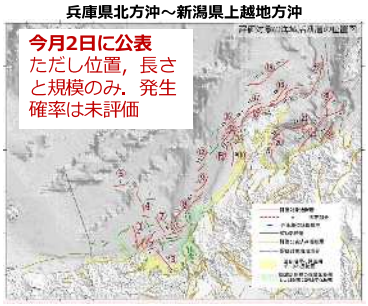
日本海南西部（2022年3月公表）
活断層のいずれかを震源として今後30年以内にM7.0以上の地震が発生する確率）



	9断層	1／2断層	1／1断層
最大地震規模（M）	7.3 程度	7.7程度	8.1程度
	73 km程度	49 km程度	94 km程度
	青：五島沖 赤：南西沖	緑：佐渡沖 黄：能登沖	佐渡沖 能登沖

活動履歴ではなく経験則に基づいて発生確率が算出されている

兵庫県北方沖～新潟県上越地方沖



今月2日に公表
ただし位置，長さと規模のみ．発生確率は未評価

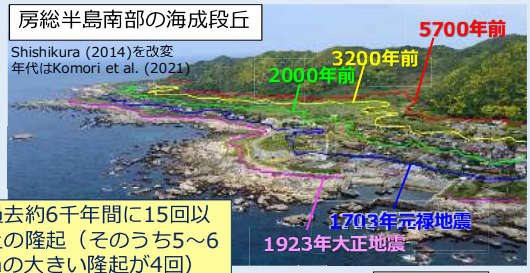
①沖ノ瀬北方断層（25km程度，M7.2程度）
②経ヶ岬沖断層（36km程度，M7.4程度）
③小浜沖断層（33km程度，M7.4程度）
④橋島北方北断層（40km程度，M7.5程度）
⑤若狭湾西方北縁断層（21km程度，M7.0程度）
⑥越前堆西方沖北断層（38km程度，M7.5程度）
⑦橋島北方南断層（23km程度，M7.1程度）
⑧ゲンタツ瀬・大クリ南東縁断層群（52km程度，M7.7程度）
⑨加佐ノ岬沖断層（25km程度，M7.2程度）
⑩野坂ノ岬沖断層（30km程度，M7.3程度）
⑪野坂沖西断層（21km程度，M7.0程度）
⑫内灘沖断層（29km程度，M7.3程度）
⑬海士岬沖断層（21km程度，M7.0程度）
⑭門前断層帯（38km程度，M7.5程度）
⑮沖ノ瀬南方断層（35km程度，M7.4程度）
⑯能登半島北岸断層群（94km程度，M7.8～8.1程度）
⑰輪島はるか沖断層（24km程度，M7.1程度）
⑱能登半島北方沖断層（31km程度，M7.3程度）
⑲輪島舳ノ海南断層（64km程度，M7.8程度）
⑳七尾湾南方断層（43km程度，M7.6程度）
㉑飯田海脚南縁断層（31km程度，M7.3程度）
㉒富山トラフ西縁断層（61km程度，M7.8程度）
㉓**上越沖断層帯（86km程度，M7.8～8.1程度）**
㉔名立沖断層（31km程度，M7.3程度）
㉕上越海丘東縁断層（25km程度，M7.2程度）

いずれも地震調査研究推進本部のHPより引用

沿岸域の活断層については海成段丘など隆起痕跡の調査に基づいたより具体的な評価が求められる

相模トラフ沿いのM8クラス地震の長期評価

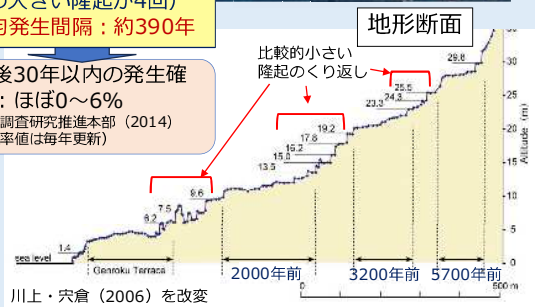
房総半島南部の海成段丘



過去約6千年間に15回以上の隆起（そのうち5～6mの大きい隆起が4回）
平均発生間隔：約390年

今後30年以内の発生確率：ほぼ0～6%
地震調査研究推進本部（2014）
（確率値は毎年更新）

地形断面



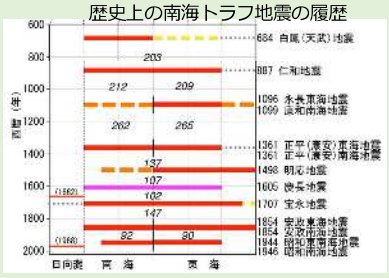
川上・宍倉（2006）を改変

詳しい形成年代がわかれば確率評価が可能

地震本部の長期評価に反映された隆起履歴

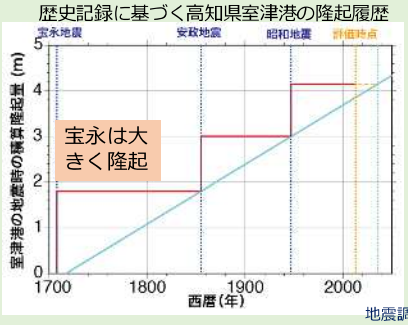
南海トラフ地震（M8–9）の長期評価

歴史上の南海トラフ地震の履歴



歴史地震の発生間隔は90～265年
1361年正平以降はおおよそ100～150年間隔
今後30年以内の発生確率は20%程度

歴史記録に基づく高知県室津港の隆起履歴



時間予測モデルを用いると今後30年以内の発生確率は70～80%

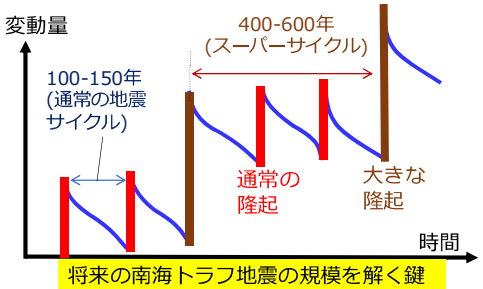
次は宝永のような大きい隆起か？規模の評価が重要

地震調査研究推進本部（2013）

紀伊半島南部の分厚く発達した生物遺骸群集

（宍倉ほか，2008）

1層1層の形成は100～150年間隔（通常の地震サイクル）
400～600年かけて厚く発達した群集が通常より大きな隆起で完全に離水（宝永地震タイプのスーパーサイクル）



将来の南海トラフ地震の規模を解く鍵も隆起痕跡にある

まとめ（第四紀学的視点の重要性）

- 能登半島の海岸には過去からくり返す隆起の痕跡があり，それらの分析では，2024年地震の隆起の規模，範囲が事前に想定できていた
- 日本列島各地の沿岸でも第四紀を通じた隆起痕跡の分布が明らかになっており，それらの精査により，将来起こりうる隆起の規模，範囲，頻度を評価することが重要
- 特に1つ１つの痕跡の年代と隆起量を解明することで海域で起こる地震の長期評価（発生確率など）の高精度化が重要