2013. 3. 14　日本海における大規模地震に関する調査検討会（第3回）

ひずみ集中帯の重点的調査観測･研究プロジェクトの成果とその活用の方向性

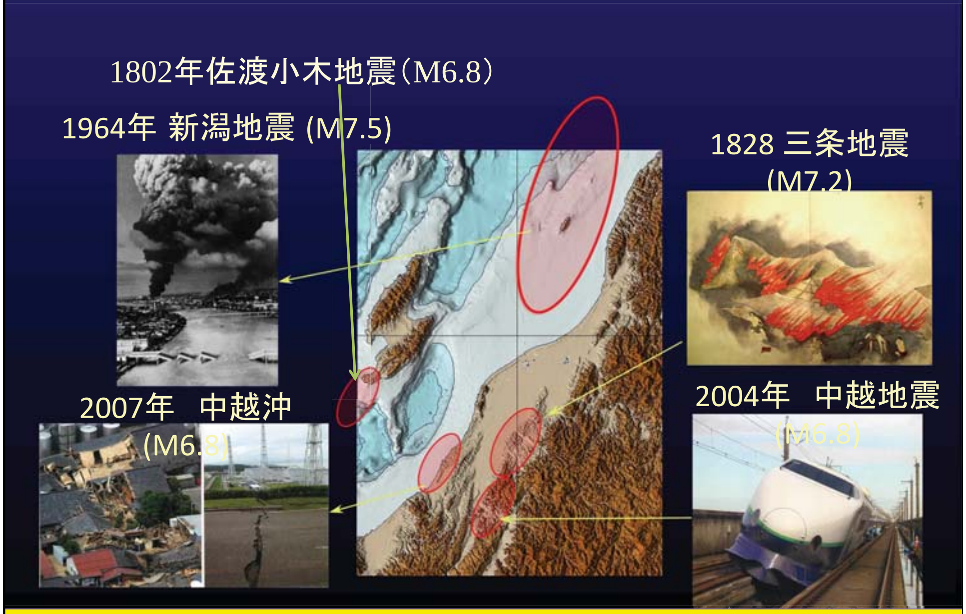
東京大学地震研究所　佐藤比呂志

海洋研究開発機構　東京大学地震研究所　防災科学技術研究所の成果を取りまとめて紹介

JAMSTEC

ERI, Univ. Tokyo

新潟地域周辺で発生した過去の被害地震



厚い堆積層により震源断層が伏在･どうして被害地震が多発?

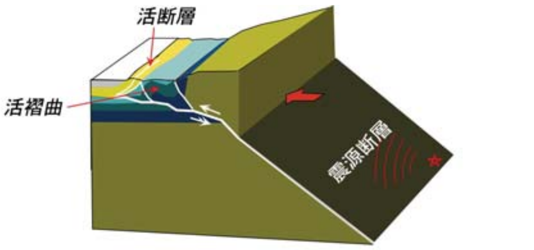
ひずみ集中帯の重点的調査観測・研究
（調査観測　平成20-24年）

東北日本の日本海側の地域及び日本海東縁部に存在する
ひずみ集中帯等において重点的な調査観測・研究を実施し、
ひずみ集中帯の活断層及び活褶曲等の活構造の全体像を
明らかにし、震源断層モデルを構築することにより、ひずみ
集中帯で発生する地震の規模の予測、発生時期の長期評価、
強震動評価の高度化に資することを目的とする。

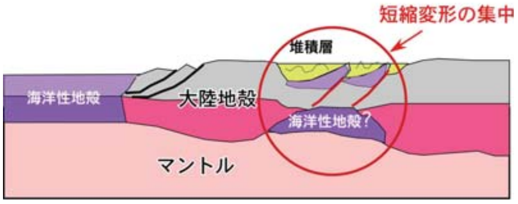
新潟周辺地域での調査観測の目的

活褶曲帯の震源断層

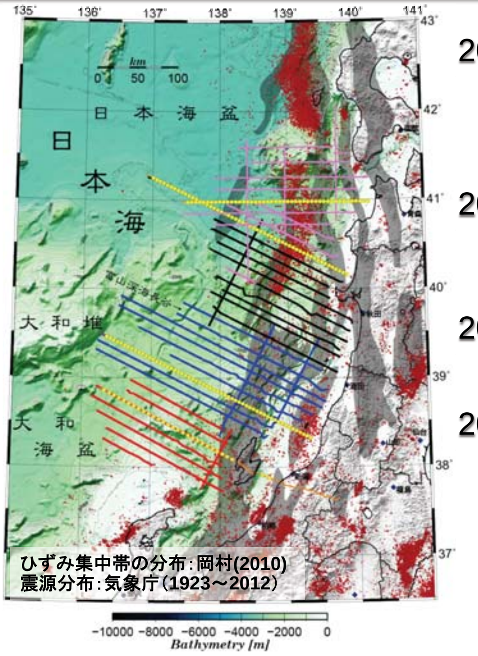
震源断層モデルの構築



変形集中メカニズムの
解明



JAMSTECによる調査測線図（2009～2012年度）



2009年度　佐渡沖
- MCS探査（8測線，測線長1299 km）
- OBS探査
  （1測線[30台]，測線長250 km，
  東大震研との海陸統合測線）

2010年度　新潟沖～庄内沖
- MCS探査（11測線，測線長2812 km）
- OBS探査
  （1測線[58台]，測線長296 km）

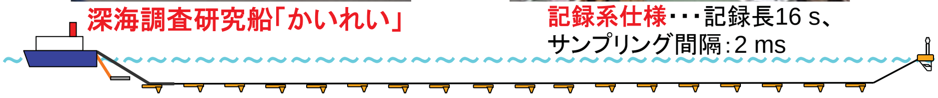
2011年度　庄内沖～秋田沖
- MCS探査（11測線，測線長1924 km）
- OBS探査（1測線[55台]，測線長281 km）

2012年度　秋田沖～西津軽沖
- MCS探査（13測線，測線長1965 km）
- OBS探査（1測線[46台]，測線長235 km）

MCSの主なデータ取得仕様

深海調査研究船「かいれい」

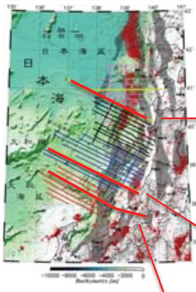
記録系仕様・・・記録長16 s、
サンプリング間隔：2 ms

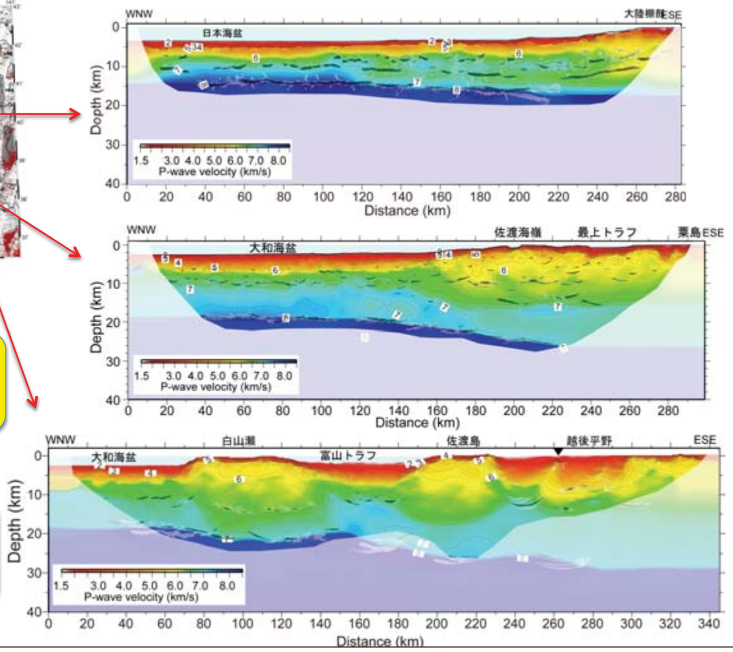


震源系仕様（エアガン）・・・
空気圧2000 psi、総容量7800 cu.in、
発震点間隔50 m、曳航深度10 m

受振系仕様（ストリーマケーブル）・・・
ケーブル長は約6000 m、チャンネル数444、
受振点間隔12.5 m、曳航深度12 m

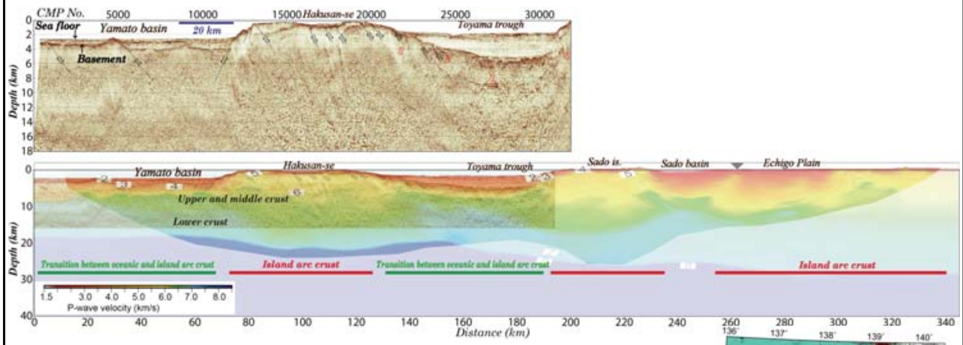
屈折トモグラフィによる日本海東縁部の速度構造





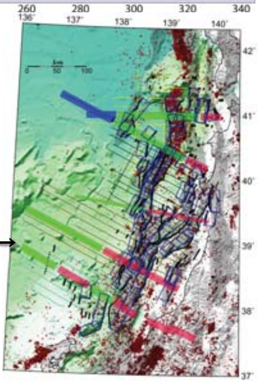
基本的な速度構造が得られた

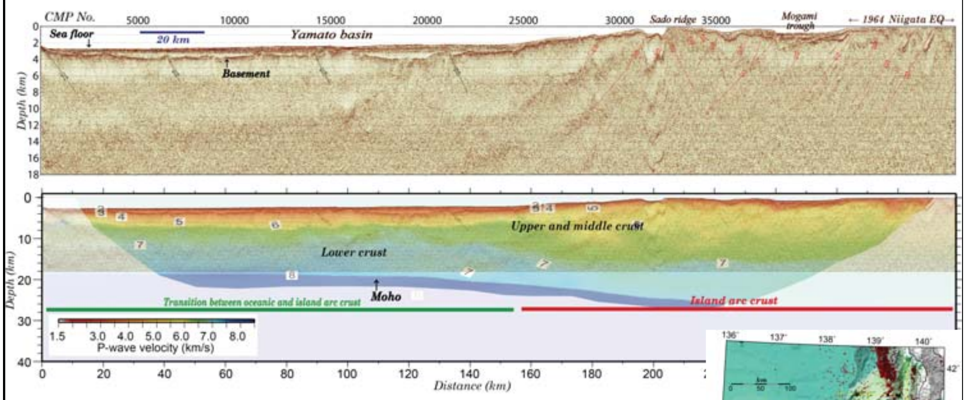
構成岩石推定→地震発生層の厚さの推定に有効

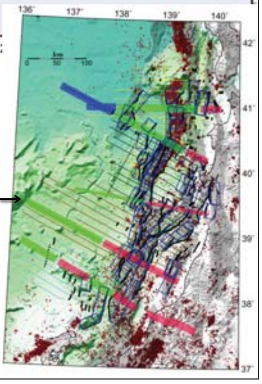


大和海盆～富山トラフ～
佐渡島～越後平野
【EMJS0906】

0906→

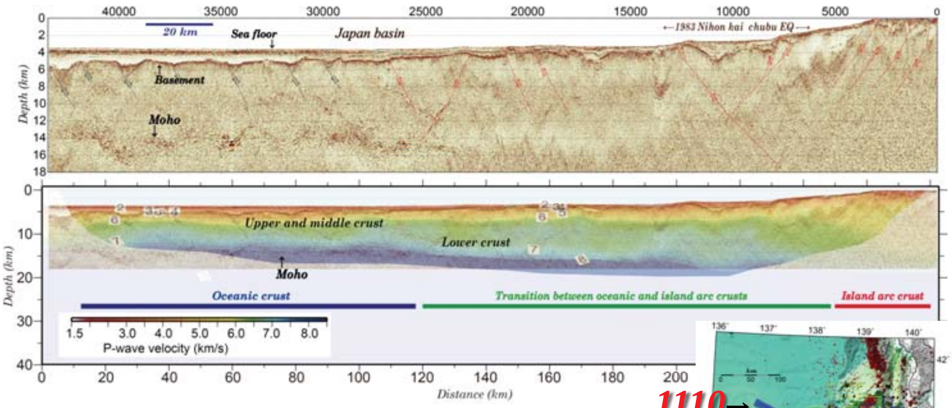


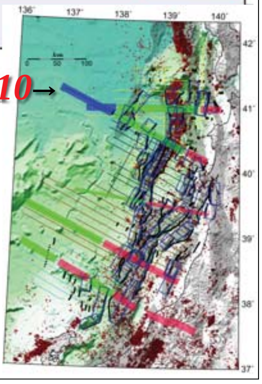




1003→

大和海盆～佐渡海嶺～
最上トラフ～粟島沖（新潟地震震源域）
【EMJS1003】

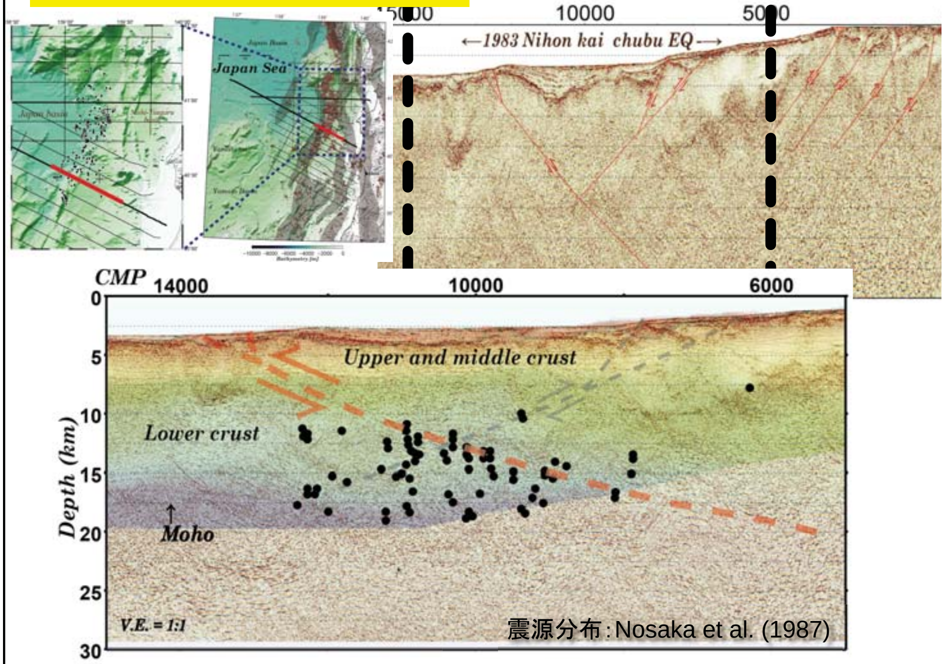


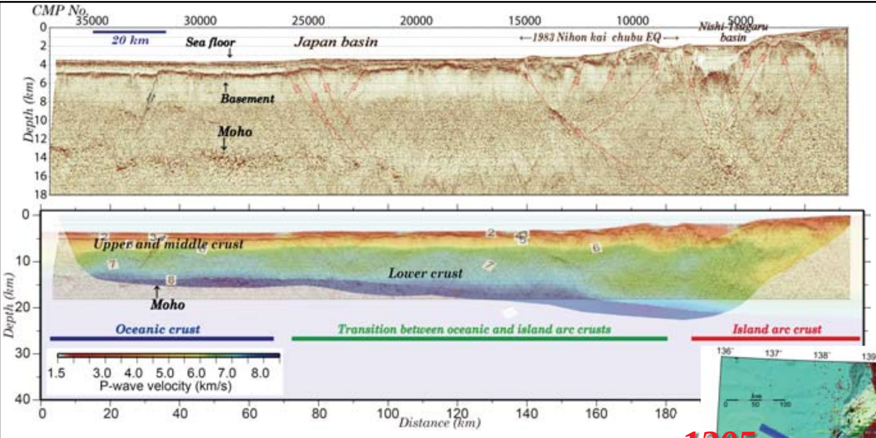


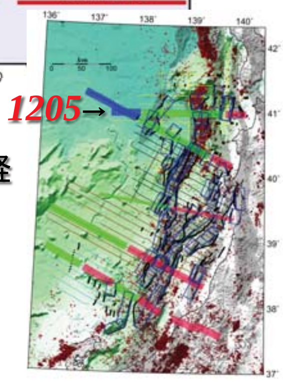
1110→

日本海盆～日本海中部地震震源域南部
～男鹿半島沖
【EMJS1110】

日本海中部地震震源域の構造



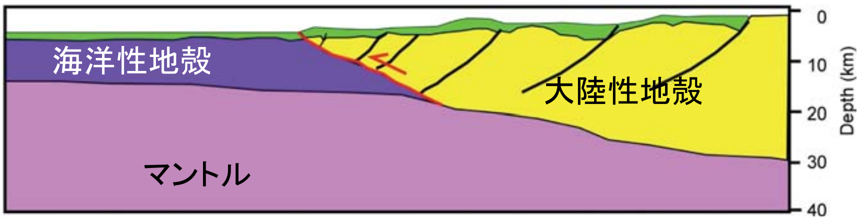




日本海盆～日本海中部地震震源域北部～西津軽海盆

～西津軽沖【EMJS1205】

日本海中部地震震源域の構造



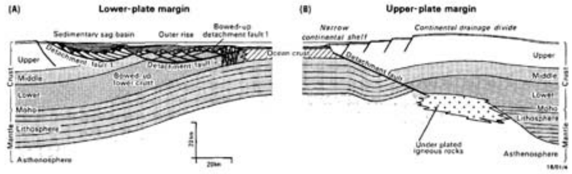
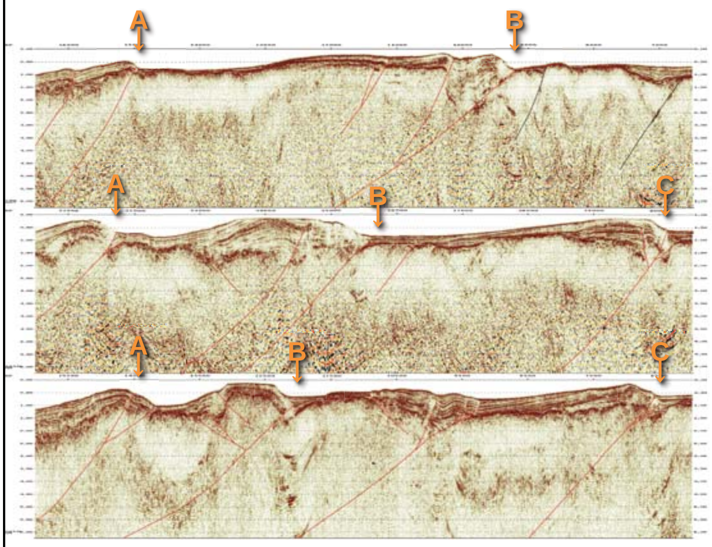


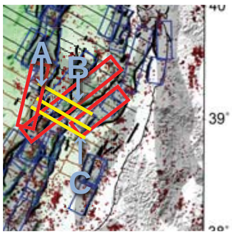
Figure 2. Detachment-fault model of passive continental margins with lower-plate or upper-plate characteristics. Lower-plate margin (left) has complex structure; tilt blocks are remnants from upper plate, above bowed-up detachment faults. Multiple detachment has led to two generations of tilt blocks in diagram shown. Upper-plate margin (right) is relatively unstructured. Uplift of adjacent continent is caused by underplating of igneous rocks. Opposing passive margin pairs exhibit marked but complementary asymmetry.

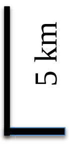
日本海の形成時に作られた海洋性地殻と大陸性地殻の境界が逆断層として再活動

Lister et al. (1986) Geology

山形沖の深度変換断面



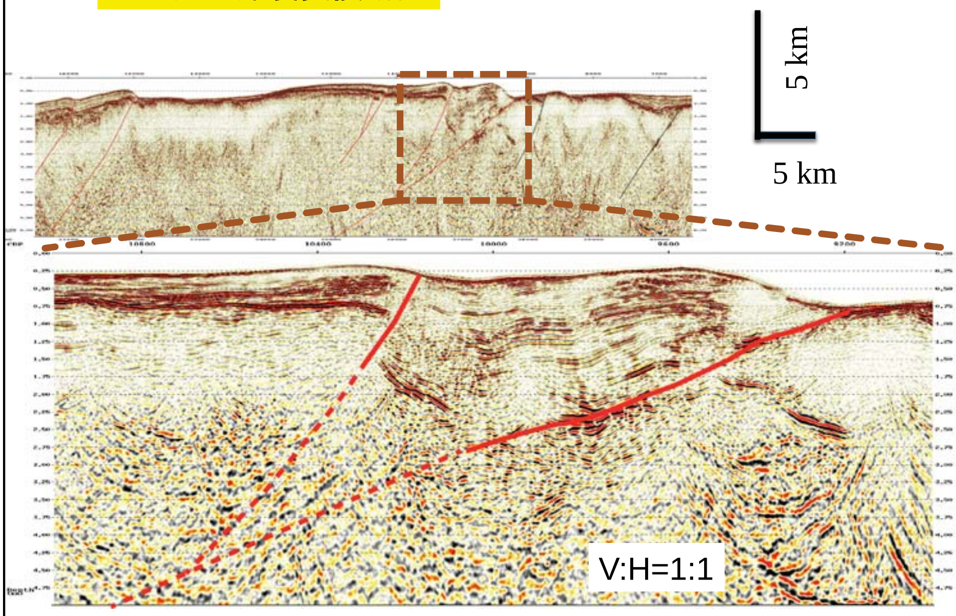




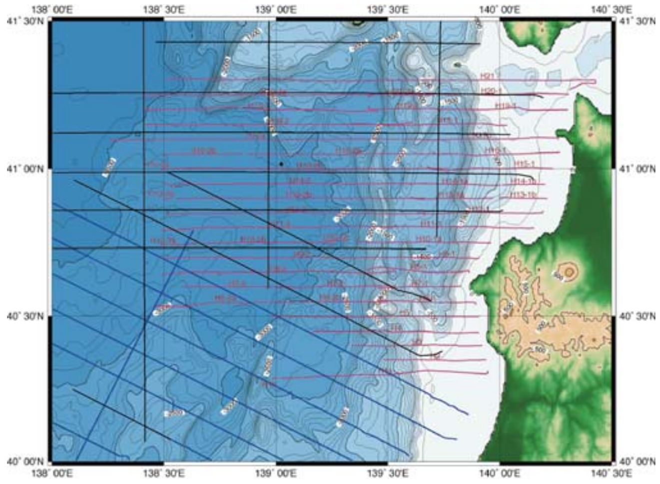
5 km

V:H=2.0

山形沖の深度変換断面



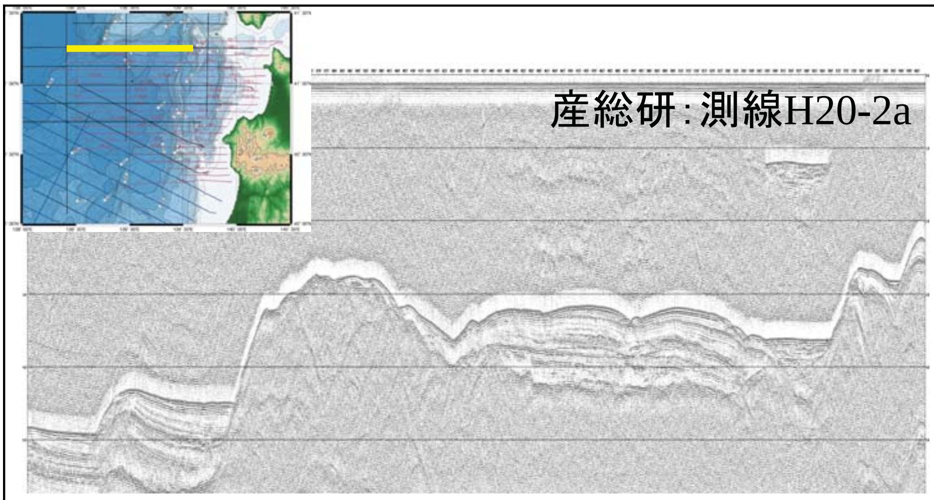
西津軽沖の地震探査測線の比較

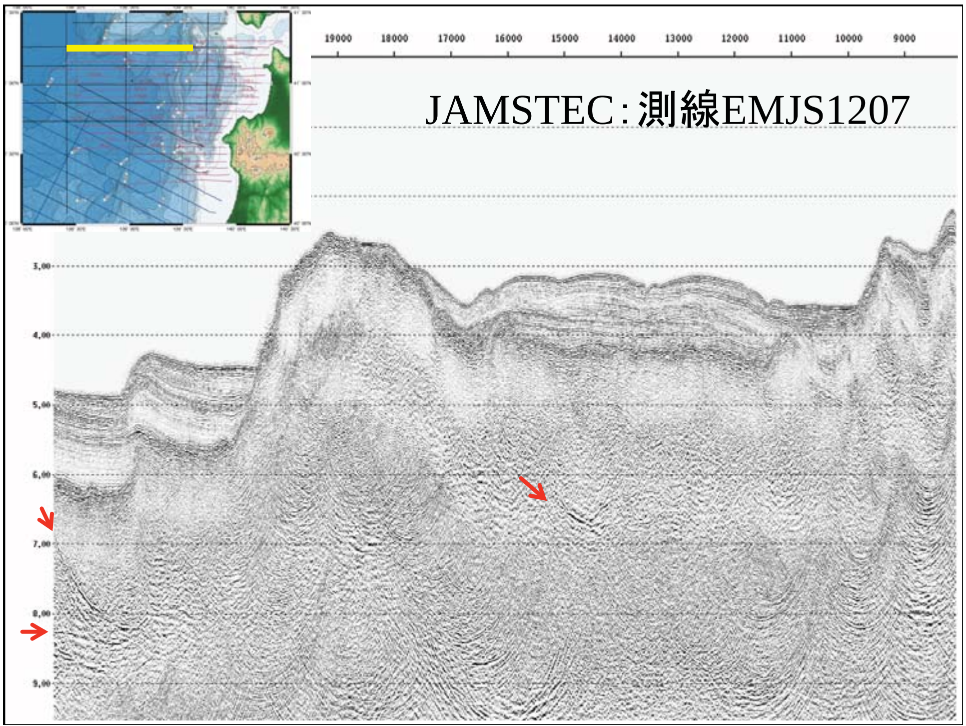


地図は海域地質構造データベースより。

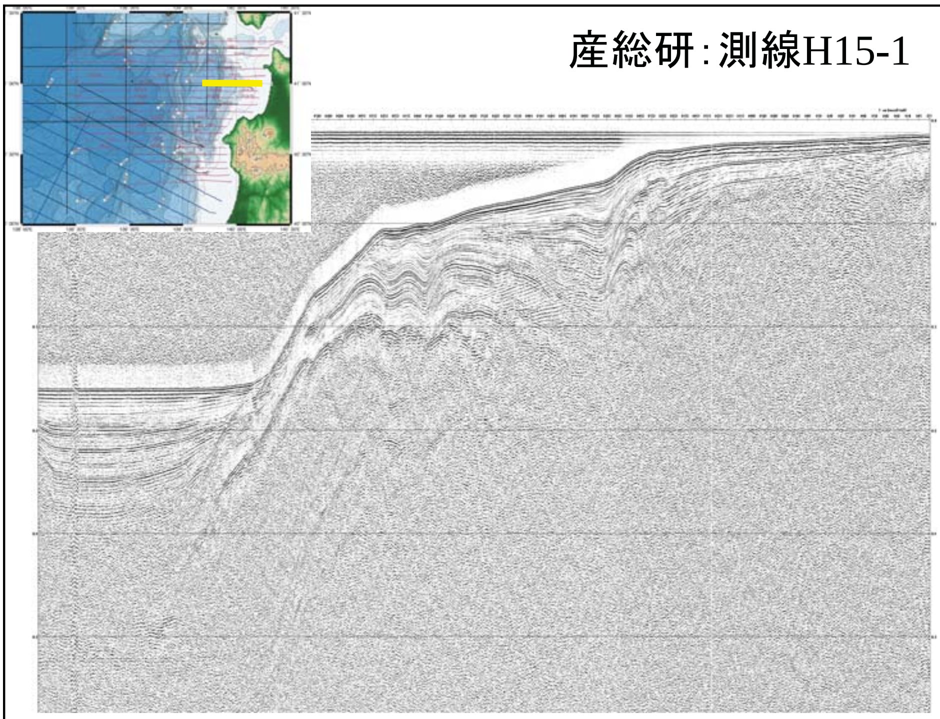
●赤線：産総研

●黒・青線：JAMSTEC

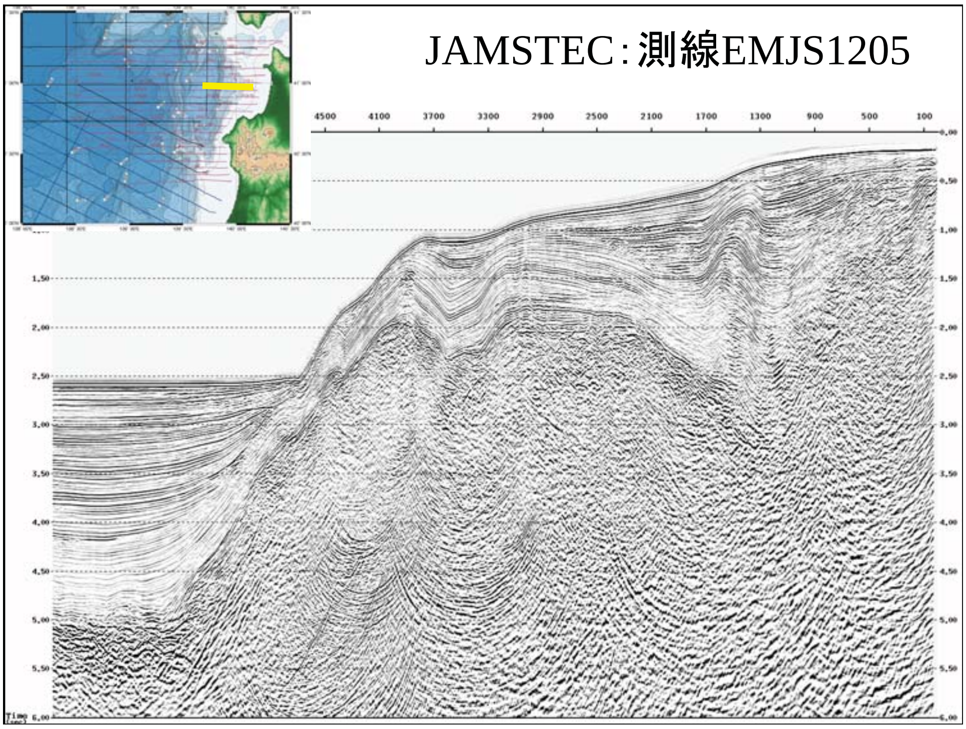

産総研:測線H20-2a

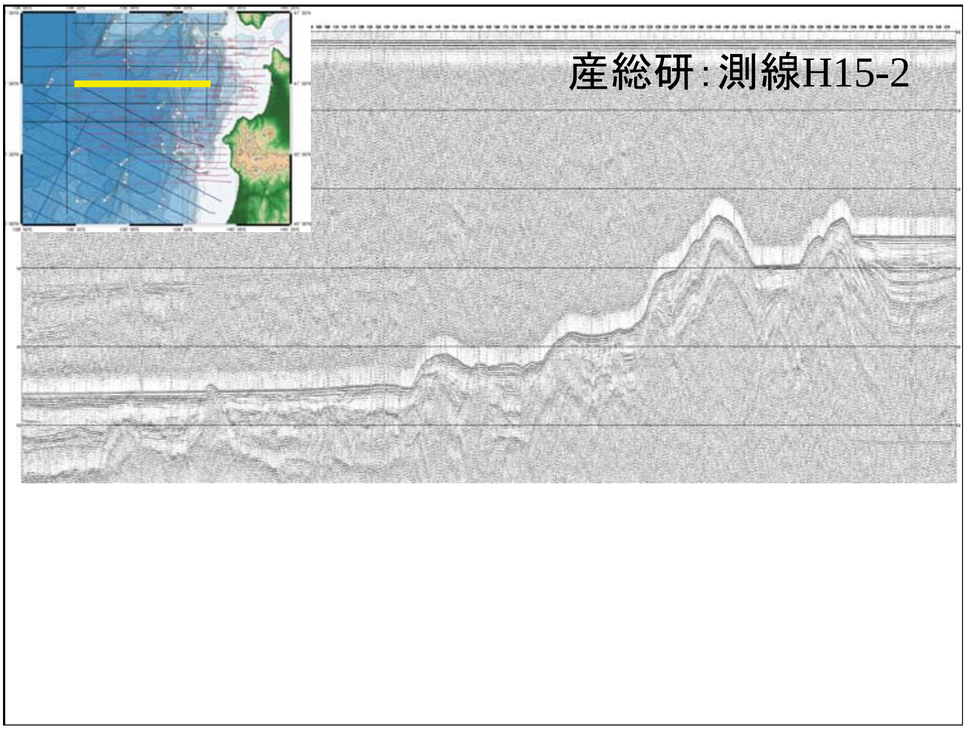

JAMSTEC:測線EMJS1207
19000
18000
17000
16000
15000
14000
13000
12000
11000
10000
9000
3.00
4.00
5.00
6.00
7.00
8.00
9.00

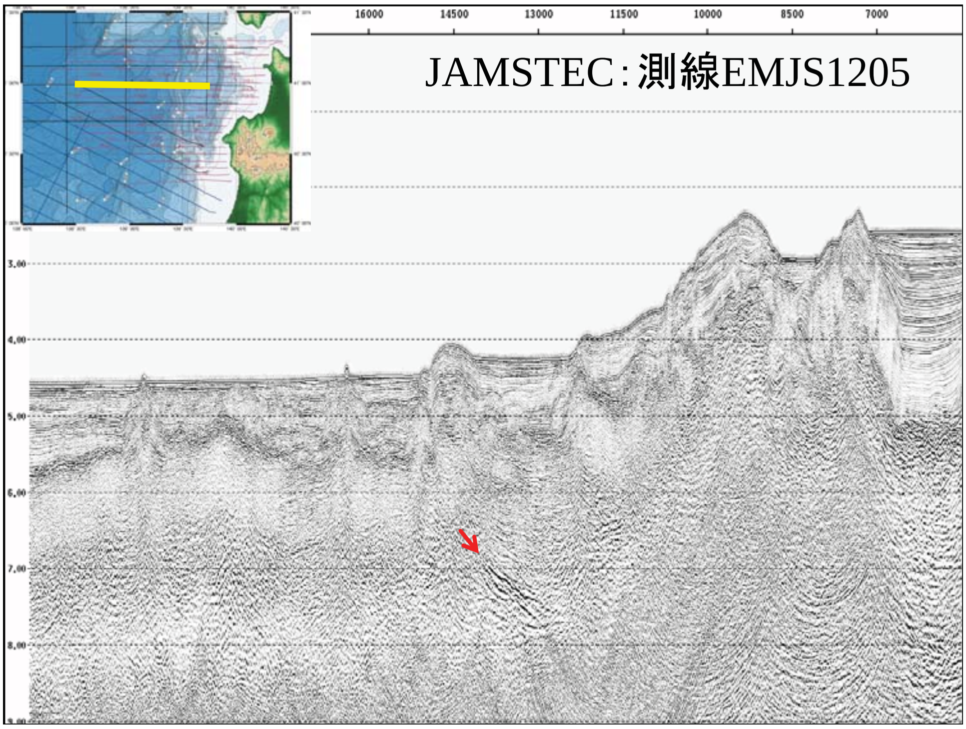
産総研:測線H15-1



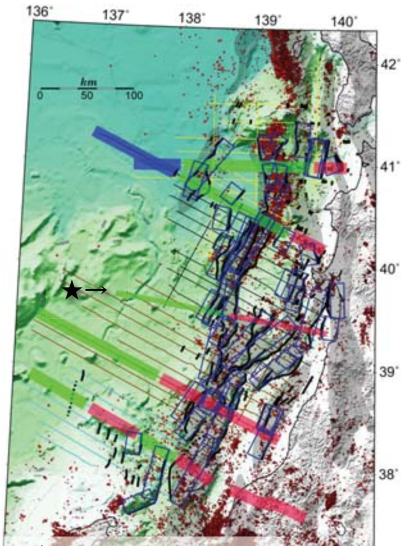
JAMSTEC:測線EMJS1205




産総研:測線H15-2


16000
14500
13000
11500
10000
8500
7000
JAMSTEC:測線EMJS1205
3.00
4.00
5.00
6.00
7.00
8.00

矩形モデルの作成

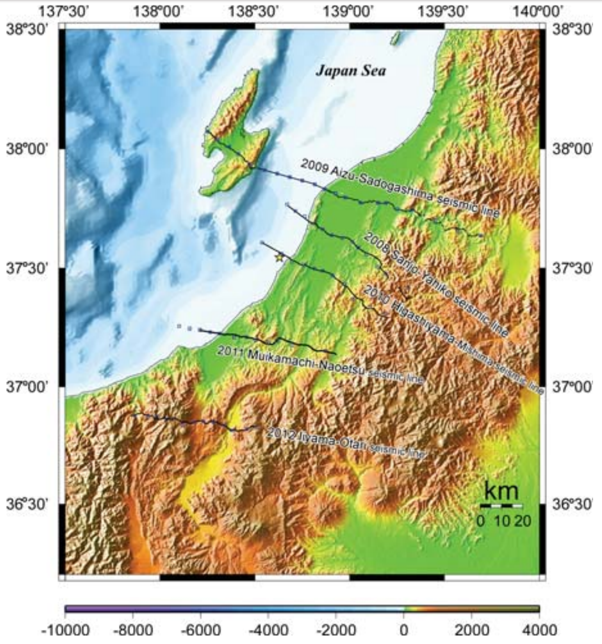


ひずみ集中帯の分布：岡村(2010)
震源分布：気象庁(1923～2012)
★：西坂・他(2001)

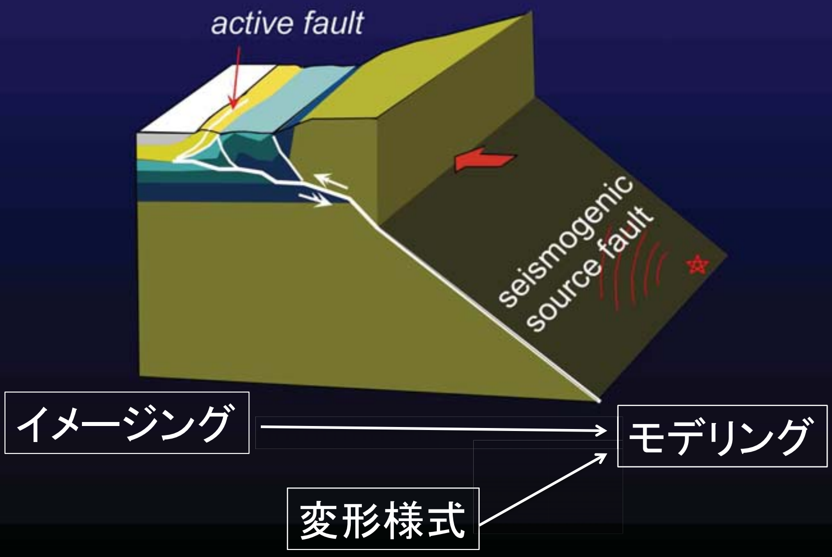
- ✓ 断層マッピングは海洋地質図等の先行研究や海底地形を考慮し、暫定的に設定。矩形断層は震源の深さを15km、傾斜角45度と暫定的に仮定して設定（東大震研のグループと共同で作業を実施）。

— 逆断層
□ 矩形断層
— *Island arc crust*
— *Transition between oceanic and island arc crust*
— *Oceanic crust*

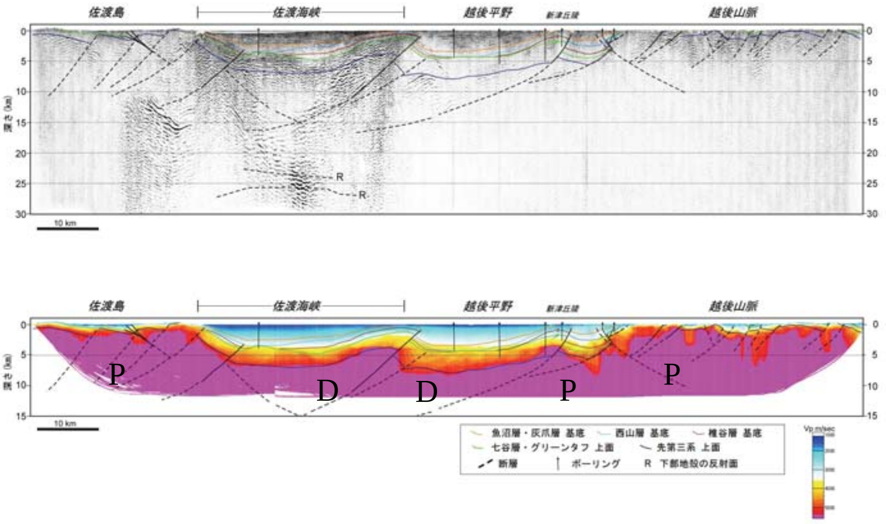
ひずみ集中帯PJでの地殻構造探査測線



活断層-震源断層システム

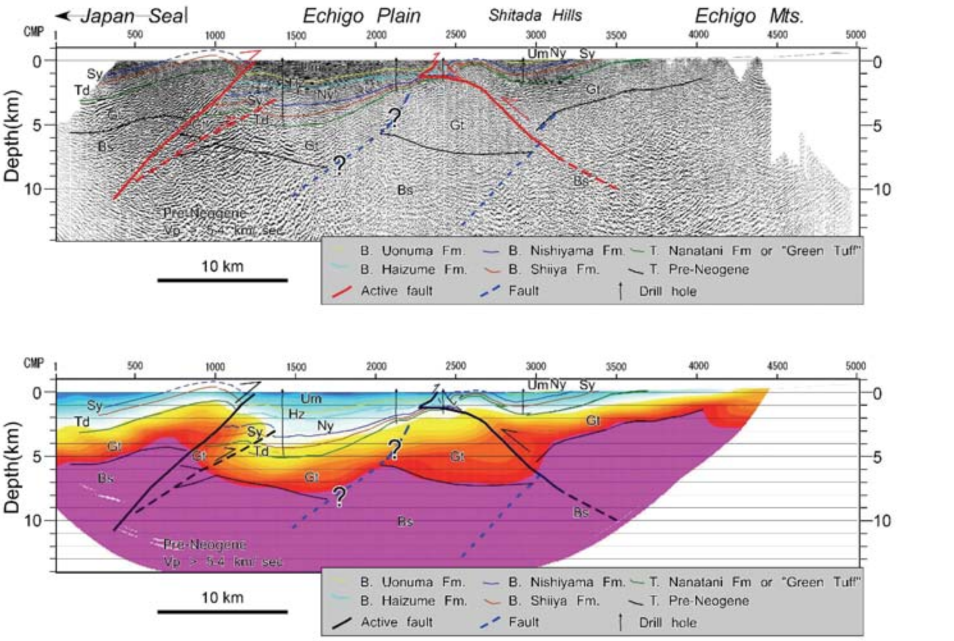


会津-佐渡測線



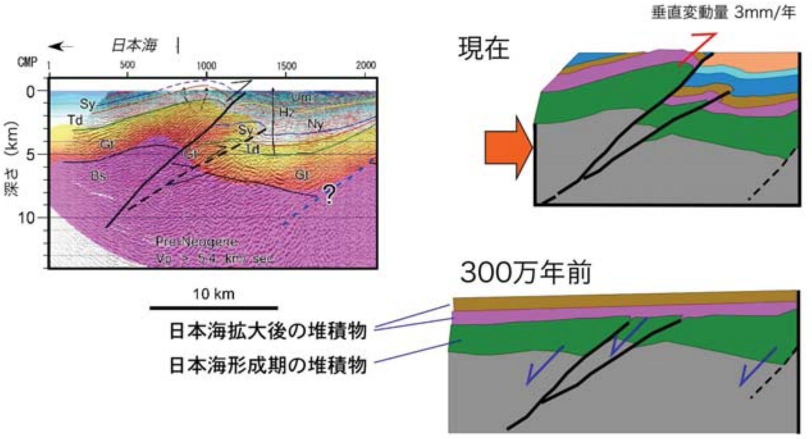
P: 先第三系
D: はんれい岩などを含む可能性のある岩石

H20年　三条-弥彦地殻構造探査断面図

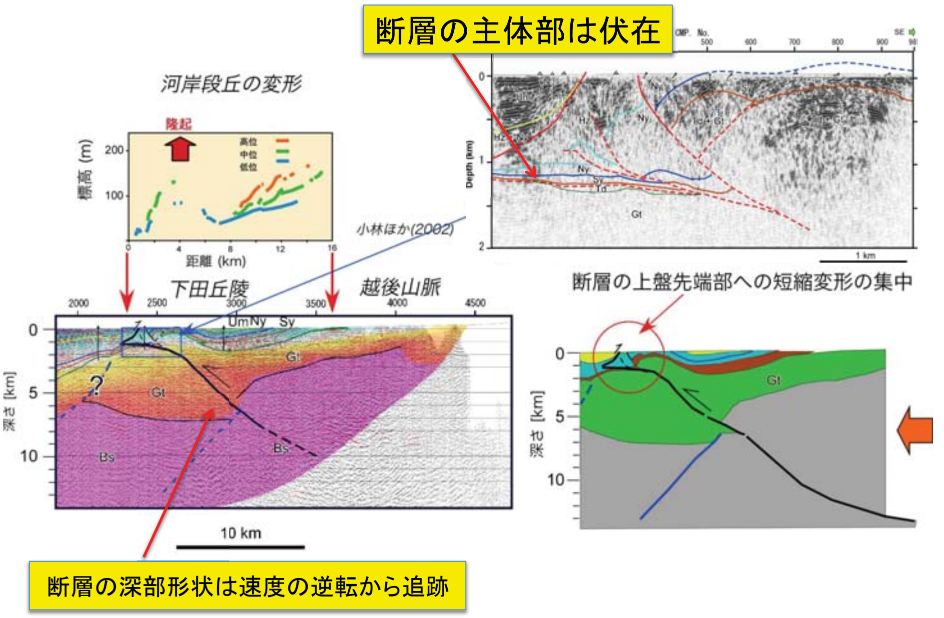


角田-弥彦断層に見る断層の反転運動

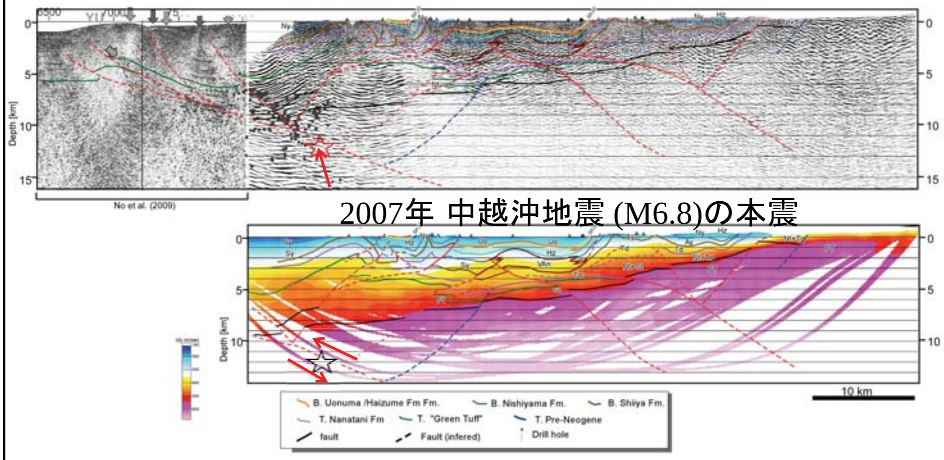
日本海形成時の正断層が、現在の圧縮応力場によって逆断層として活動
震源断層の形状は、2千万から1千5百万年前にほぼ決定



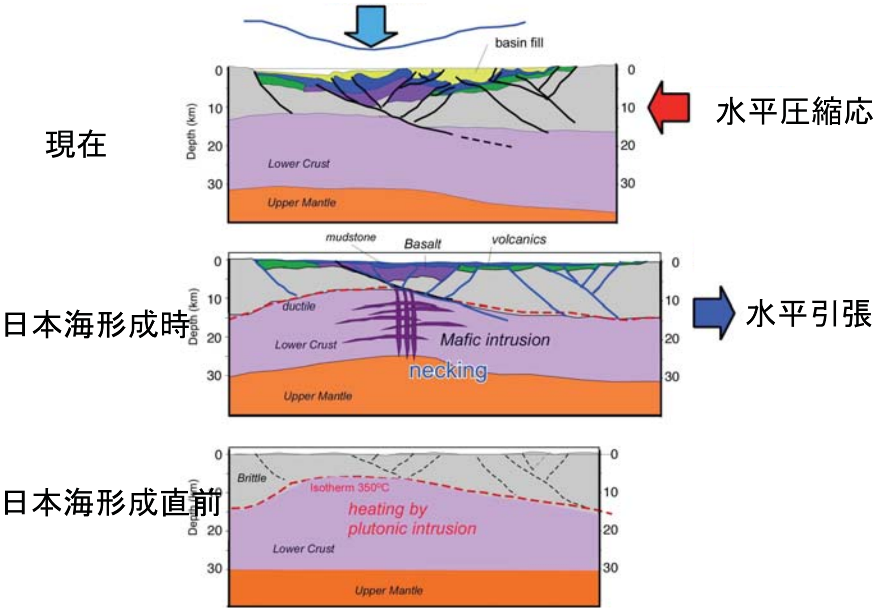
越後平野東縁断層帯の構造



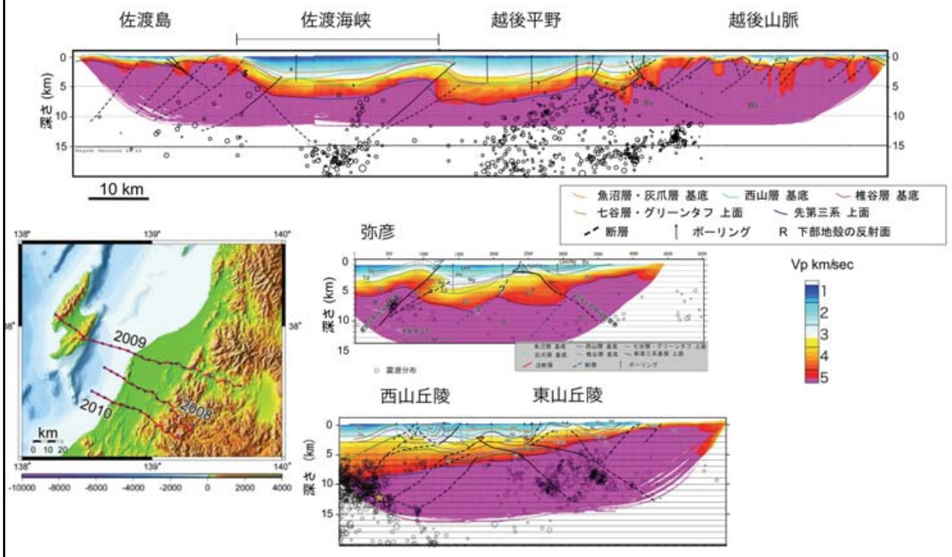
2010 東山-三島測線沿いと2007年中越沖地震震源域北方海域の反射法地震探査断面



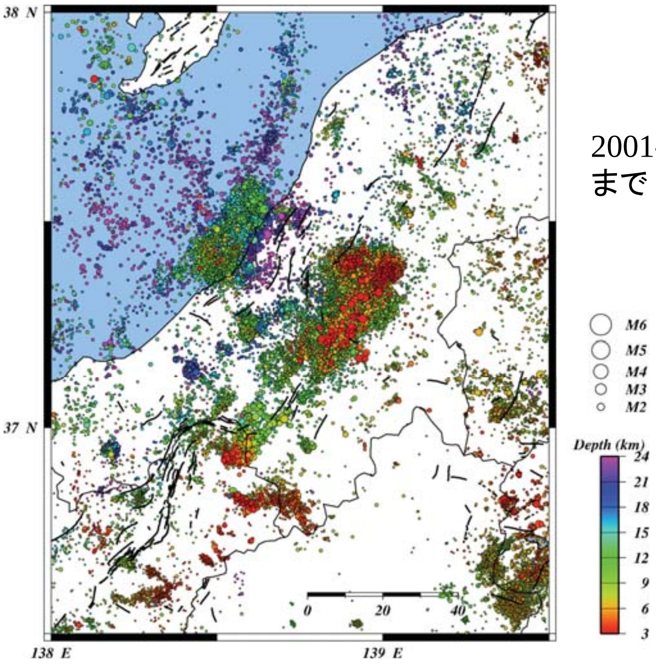
東山-三島断面に見る断層系の反転運動



海陸統合地殻構造探査（速度構造断面）



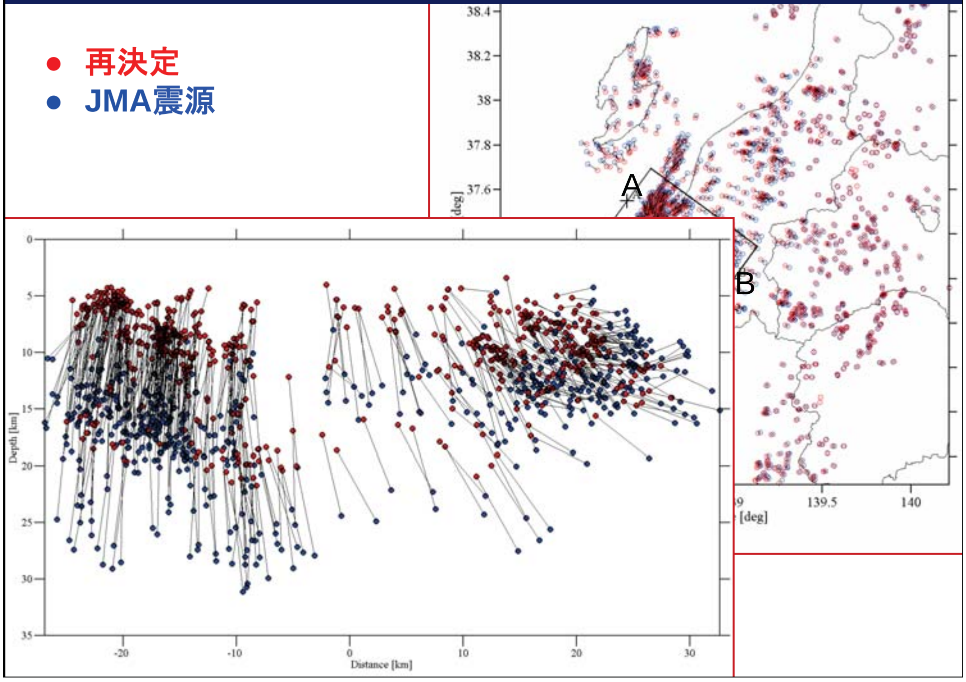
震源分布　（防災科学技術研究所）



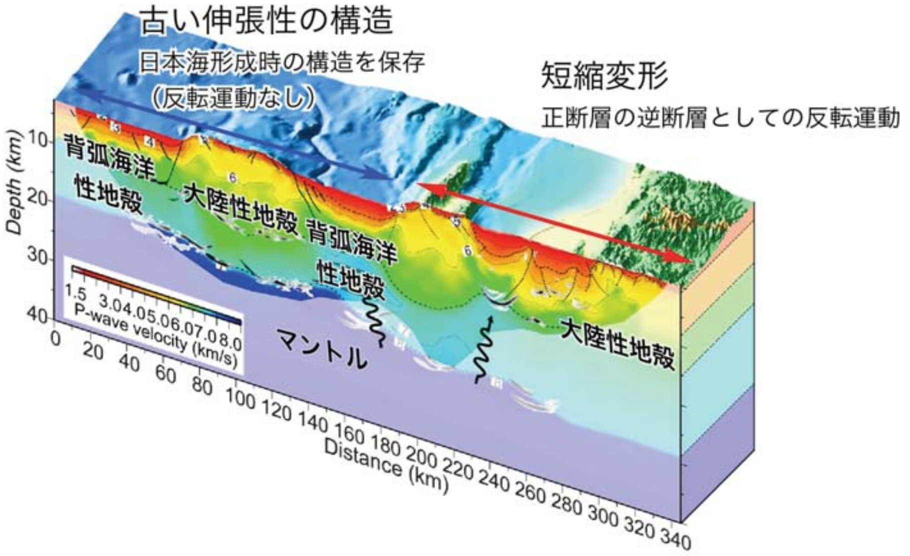
2001-2011/7
まで

震源決定の高精度化（防災科学技術研究所）

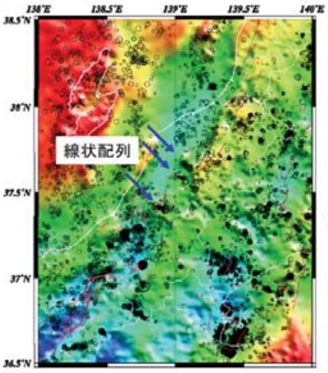
- 再決定
- JMA震源

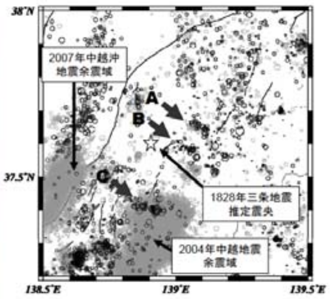


会津-佐渡沖断面の地殻の特徴

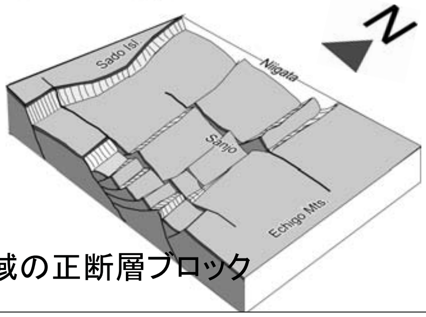


地震活動によって見いだされるリフトに直交する断層



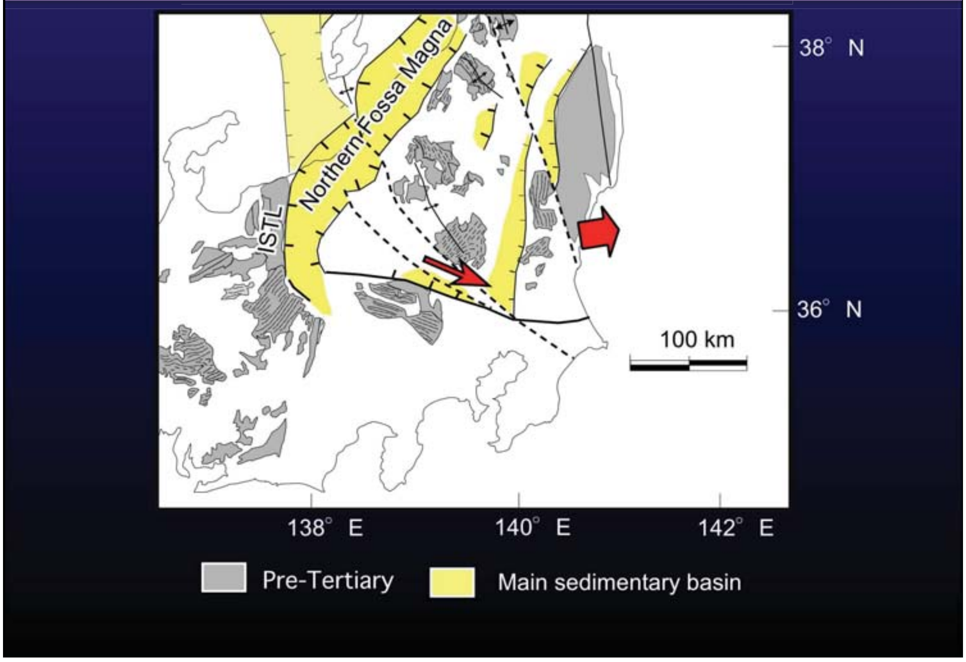


リフトと直交する断層が形成→大規模なものはセグメント境界を構成

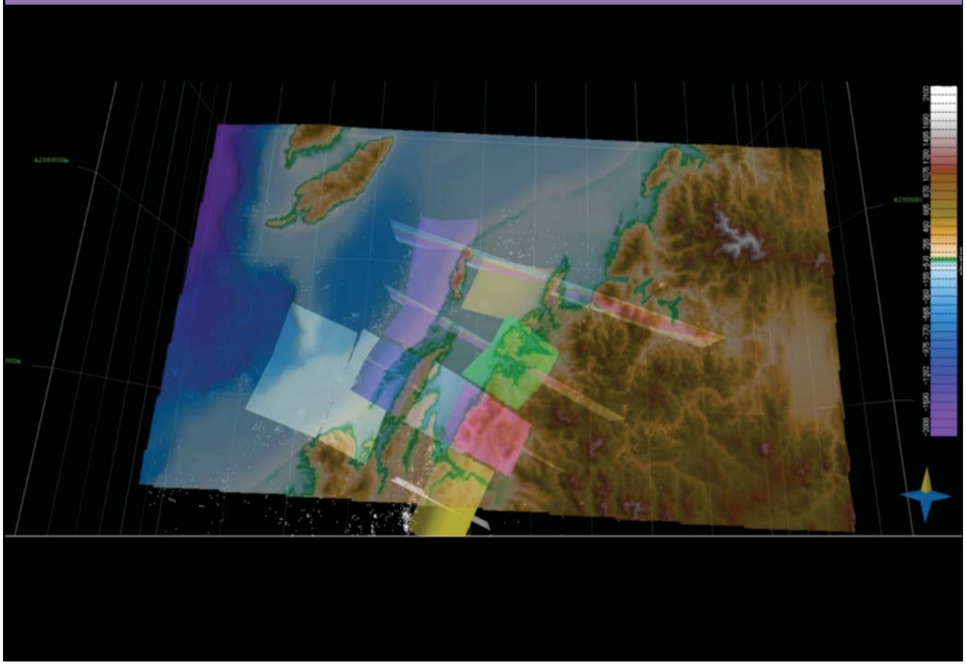


リフト期の中越地域の正断層ブロック

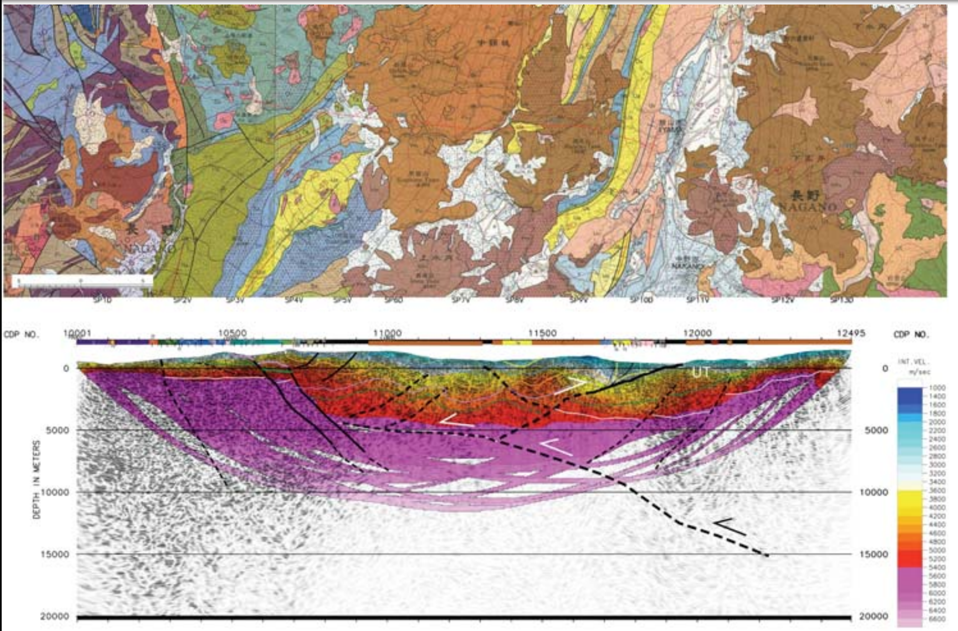
震源断層の形成時のテクトニクス



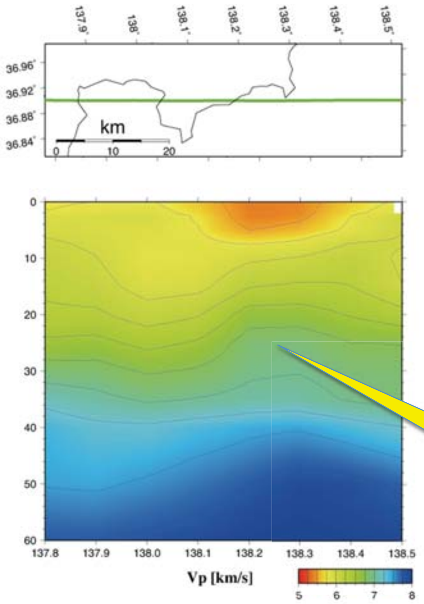
新潟地域の震源断層の位置と形状



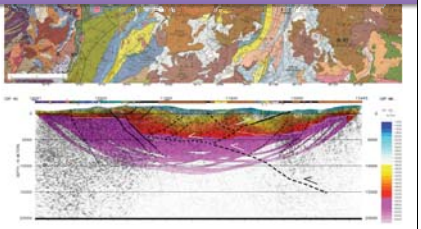
飯山-小谷測線の地殻構造断面



地震波トモグラフィで見る飯山-小谷測線下の速度構造



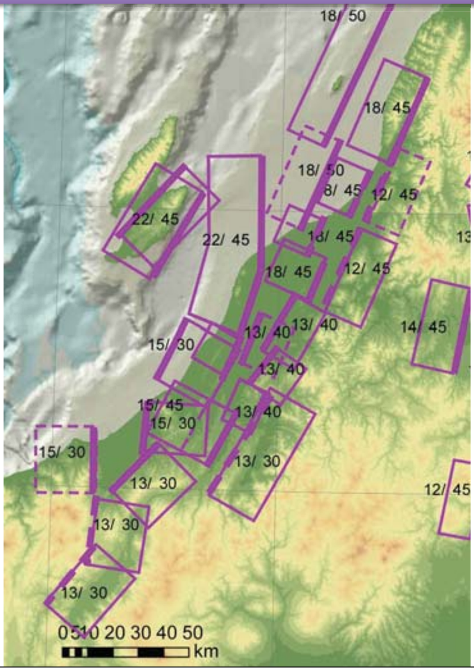
Matsubara et al. (2008), Matsubara and Obara (2011)



日本海拡大時のリフト構造
がその後の変形を支配

下部地殻が高速
度化

新潟地域の矩形震源断層(暫定版)

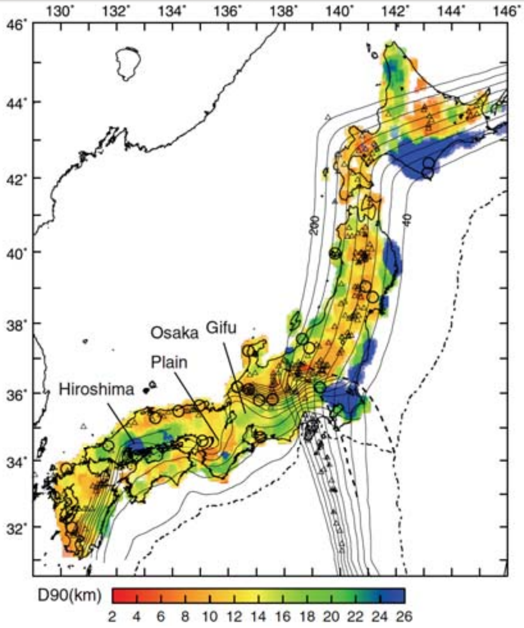


震源断層の矩形モデル

先端部伏在

地震発生層の厚さ(km)/傾斜角度

地震発生層の下限(D90)深度



海域のD90については具体的なデータがない

Omuralieva et al.(2012)

海域の波源モデルについての今後の課題

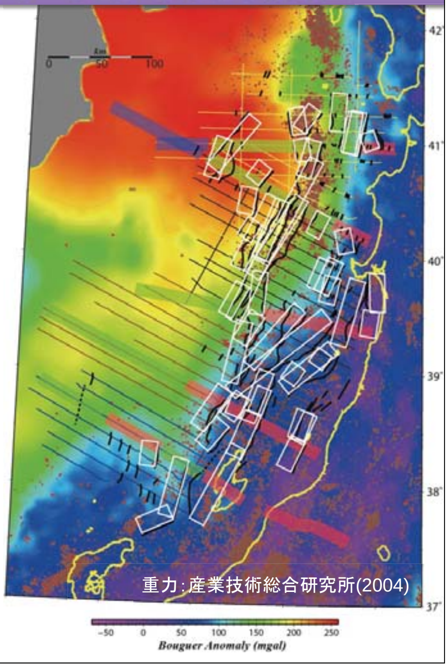
震源断層の傾斜を考慮

- ・海洋/大陸地殻境界は30度以下
- ・正断層のインバージョンは45度
  など

地震発生層の厚さを評価

- ・最終的には自然地震観測
- ・暫定的には速度構造から構成岩石を推定、温度構造を推定して、レオロジーから推定

本研究の結果と重力異常
（ブーゲー異常）



まとめ

・日本海東縁部では、大陸地殻内・海洋地殻-大陸地殻境界の断層群が分布

・一条の「プレート境界断層」が存在し、地殻変形の大半がその断層によって、消費されているわけではない

・新たな探査によって、それぞれの震源断層をマッピングしていく必要がある