



4001：先端的掘削技術を活用した総合海洋掘削科学の推進

4002:海域地震発生帯研究開発

沈み込み帯プレート境界断層研究

取組

- 海溝型地震メカニズム理解のため、IODP東北掘削・南海掘削・陸上アナログ試料分析等を実施、地層の応力・歪蓄積、断層の力学特性、地震時の地殻変動・物理化学過程を評価

主な成果

- 熊野中南海トラフ浅部（海底下3000mまで）での孔内検層等から地層内応力状態推定（図1）
- 熊野中地震探査データ解析から、プレート境界断層上盤の歪み蓄積域に高速度帯を確認（図2）**(H30)**
- 掘削パラメタから岩盤の強度を推定**(H30)**：熊野海盆南部（C0002孔）では、プレート境界断層上盤の強度が大きい（大きい歪蓄積能力を持つ）（図3）。室戸沖では、高間隙水圧帯によってプレート境界下盤の有効応力が低下し、岩石強度が著しく弱化する。
- 東北掘削：現場温度圧力条件下での摩擦実験から、東北プレート境界浅～深部の摩擦モデルを提唱
- 地震性高速すべり実験から、自然界の断層から地震の痕跡を抽出
- プレート境界浅～深部にわたる力学的モデルを構築（図4）

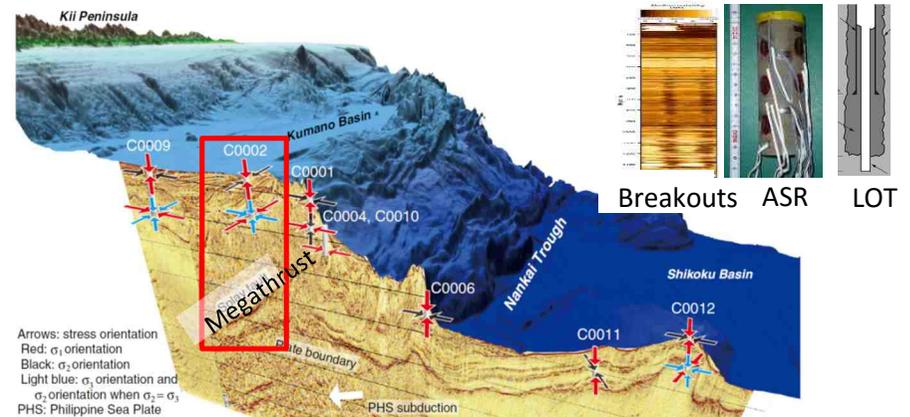


図1 南海トラフ浅部の応力状態、正断層場（海底下1kmまで）および横ずれ断層場（海底下3kmまで）と推定（Lin et al., Tectonophysics, 2016）

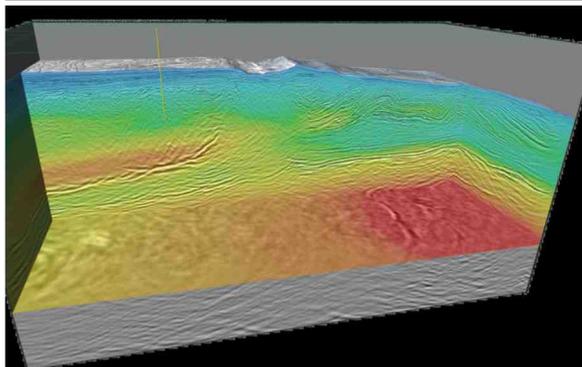
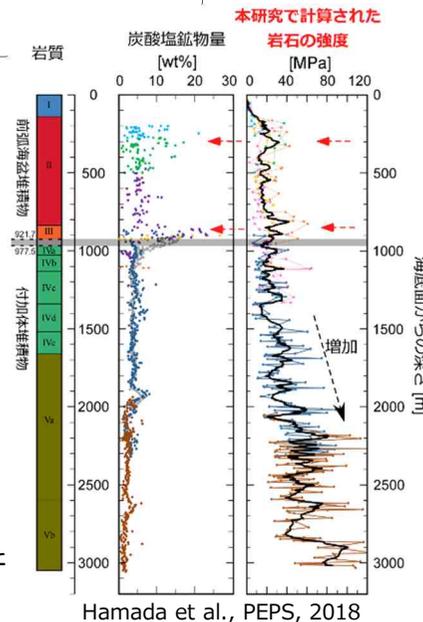


図2 地震波探査データの解析から、プレート境界断層上盤の歪蓄積域に高速度帯が確認された（Shiraishi et al., G-cubed, 2019）

図3 掘削パラメタから岩盤の強度を推定する手法を確立した結果、プレート境界断層上盤の強度が大きい（大きい歪蓄積能力を持つ）ことが明らかとなった。（Hamada et al., PEPS, 2018）



Hamada et al., PEPS, 2018

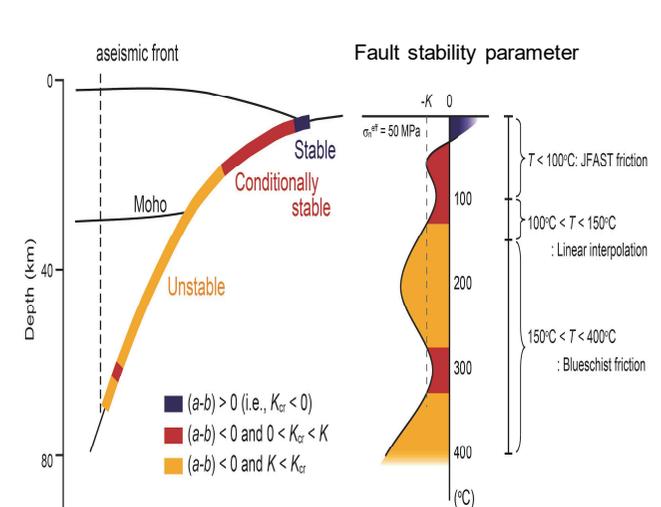


図4 東北プレート境界浅～深部における摩擦モデル（Sawai et al., 2016, 2017）

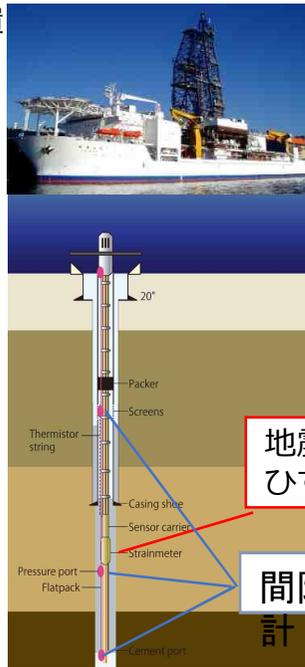
4002 海域地震発生帯研究開発:平成26-30年度成果



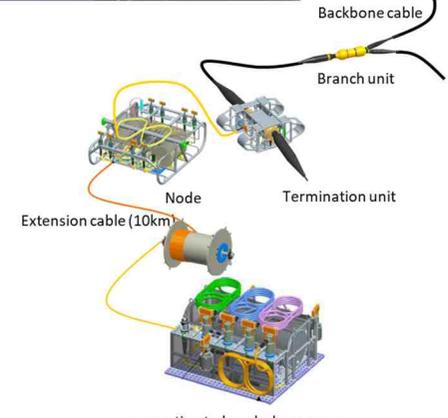
プレート沈み込みに伴う地殻変動観測のための長期孔内観測システムの設置

DONET2を完成し防災科学技術研究所に運用移管をおこなうとともに、3点の新たな多項目孔内観測システムを設置しDONETへの接続を実施

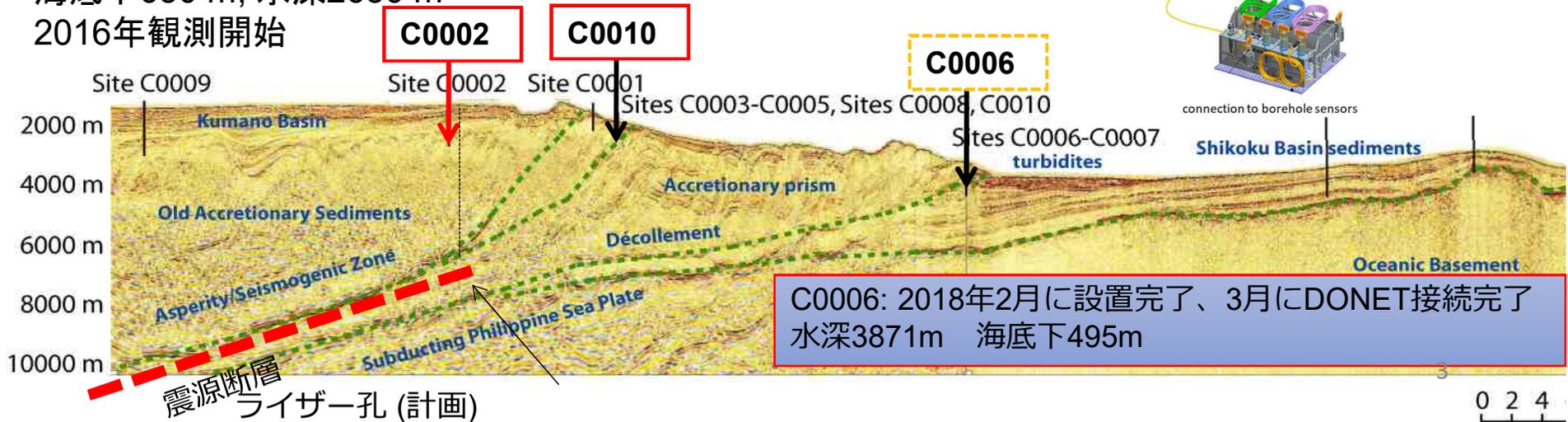
1. 「ちきゅう」による長期孔内観測センサーの設置



2. 「ハイパードルフィン」によるDONETへの接続

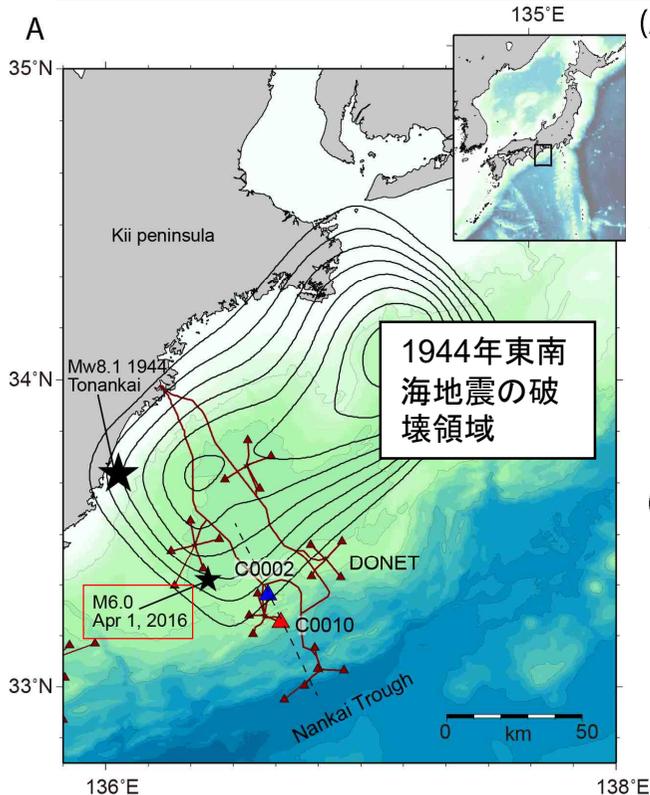


C0002 :
海底下980 m, 水深1938 m
2013年観測開始
C0010 :
海底下650 m, 水深2650 m
2016年観測開始

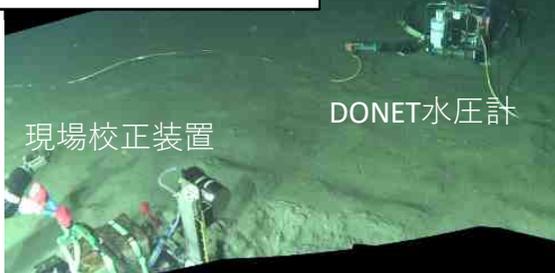


海底地殻変動観測技術の開発・展開としての海底水圧計現場校正技術の開発

DONET直下で発生した2016年4月1日
三重県南東沖地震(M6.5)

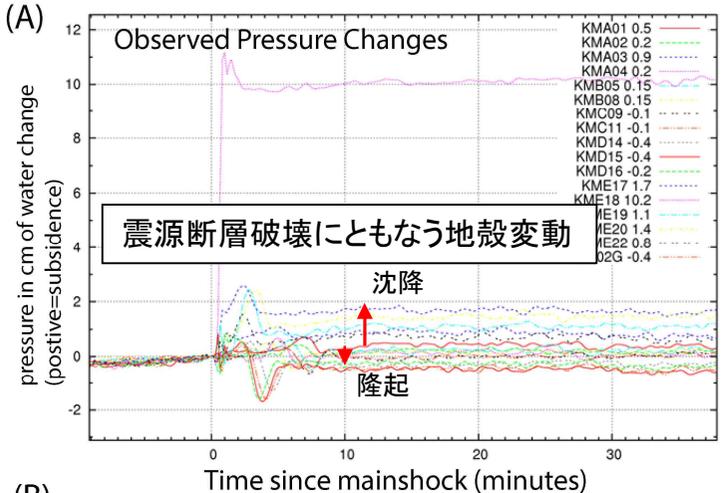


DONET水圧計の設置現場で
精密水圧計測を実施



DONETの海底津波計(水圧計)の現場校正

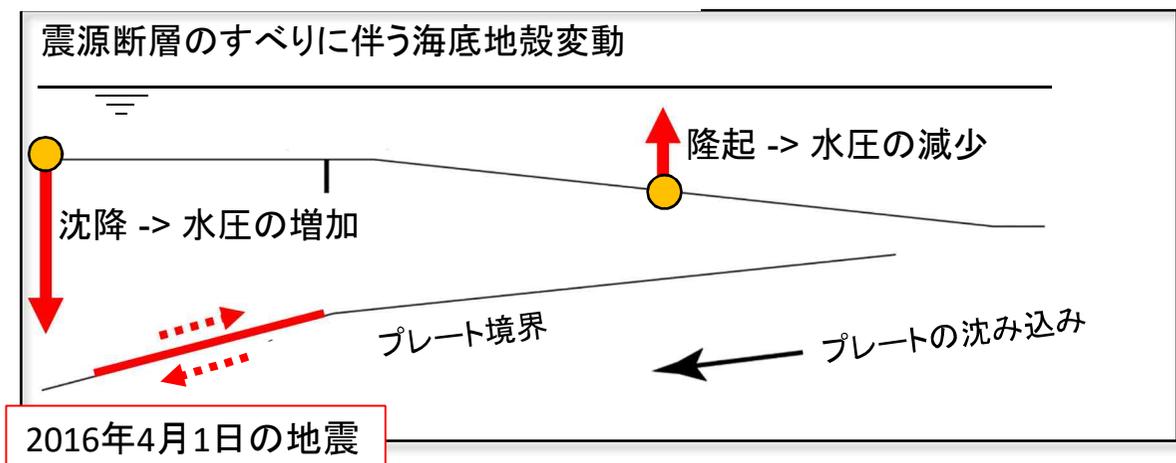
Wallace et al. (2016)



地殻変動の観測

- 震源近傍では、17 mmの沈降
- 海側では、数 mmの隆起

プレート境界の震源断層モデルが、観測された地殻変動を最も説明できるモデルである。



DONETの海底津波計(水圧計)が、鉛直方向の地殻変動を観測できることを示した。
水圧計を現場校正する技術を開発、検証を行った。(H30)

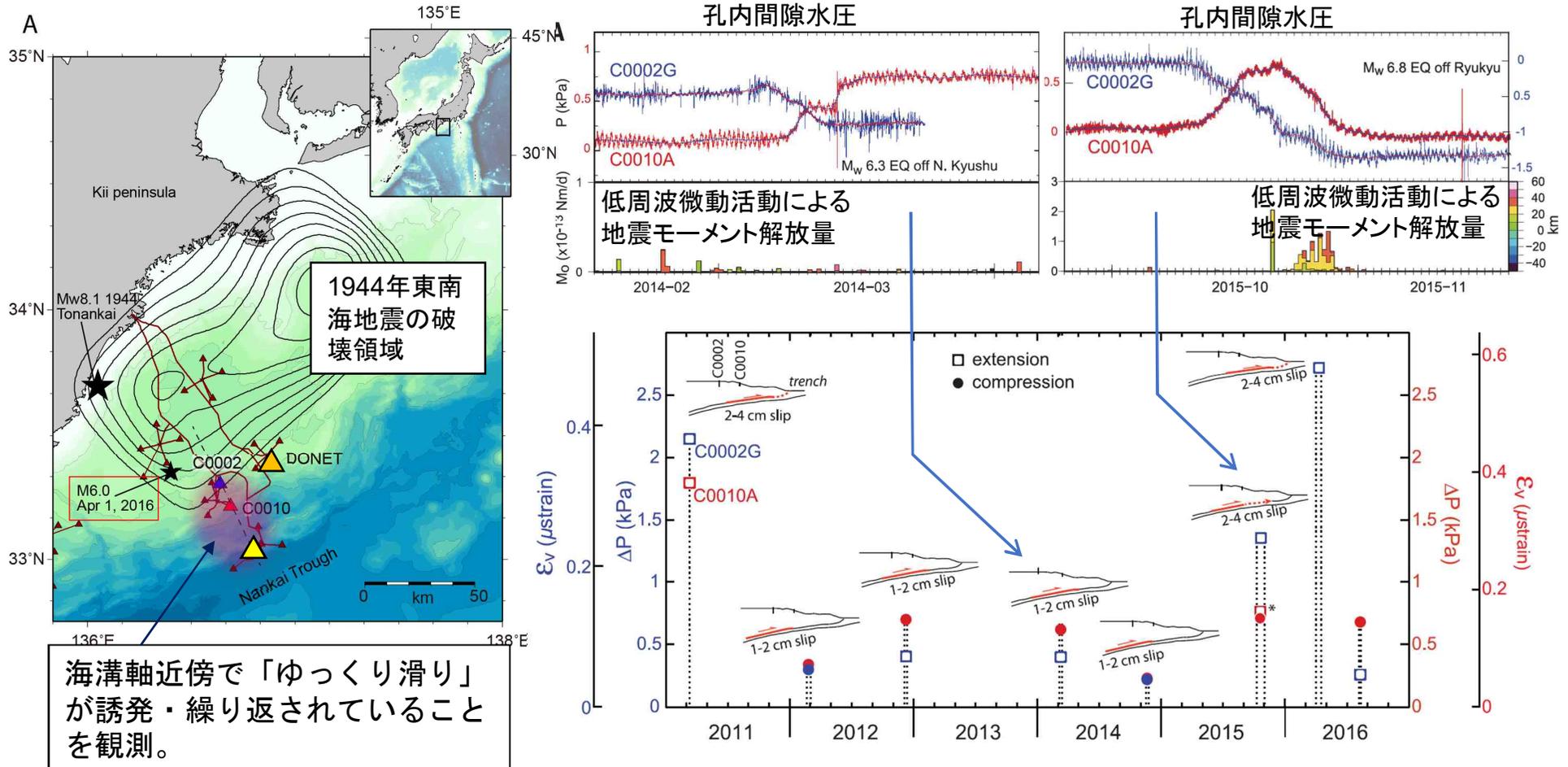
南海トラフ沿いの浅部ゆっくり滑りモニタリングと

2016年4月1日三重県南東沖地震の統合的理解

孔内間隙水圧観測：

南海トラフ巨大地震発生帯の海溝軸近傍で誘発・繰り返す「ゆっくり滑り」を観測

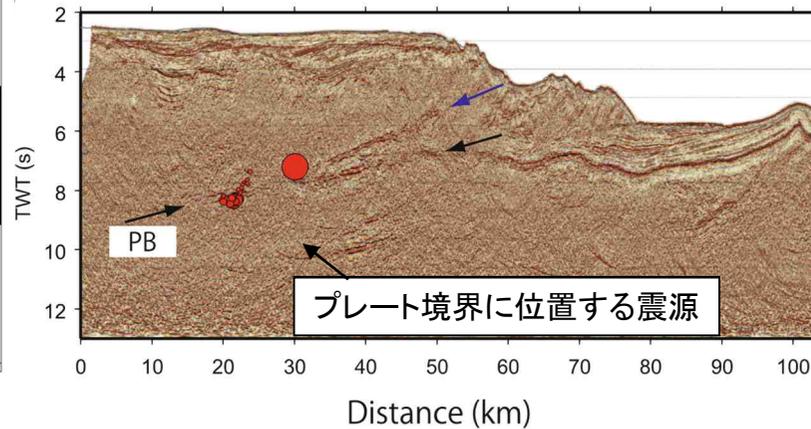
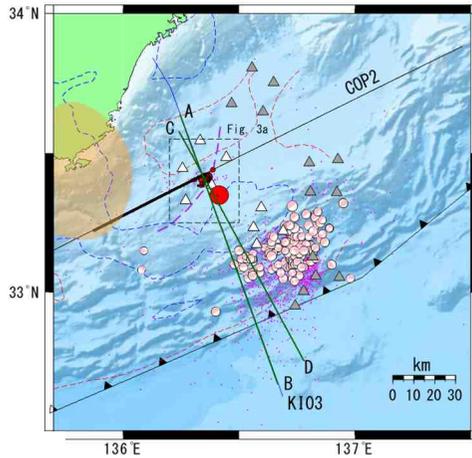
Araki, Saffer et al. 2017



C0010A孔およびC0002G孔2点の約6年間の孔内間隙水圧記録を解析したところ、6年間に8回のゆっくりとした歪変化イベントが検出された。これらの「ゆっくり滑り」によって解放される歪(ひずみ)は、海洋プレートの沈み込みによって発生する歪の30~55%に相当する。広域での「ゆっくり滑り」検出に向け、C0006孔構築、海底地殻変動観測点の構築を開始。

南海トラフ沿いの浅部ゆっくり滑りモニタリングと

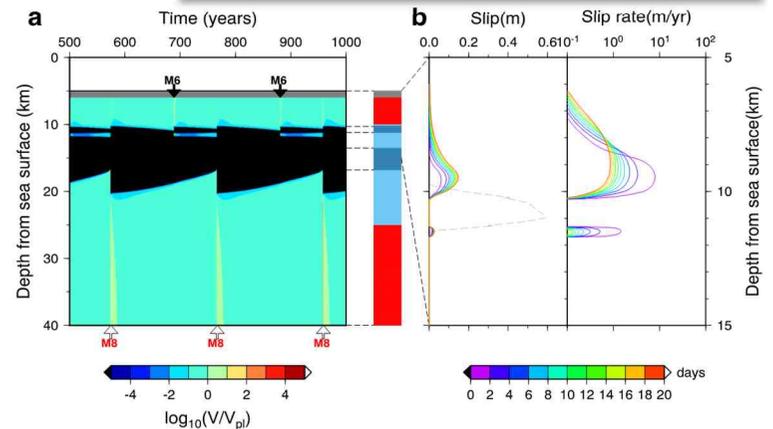
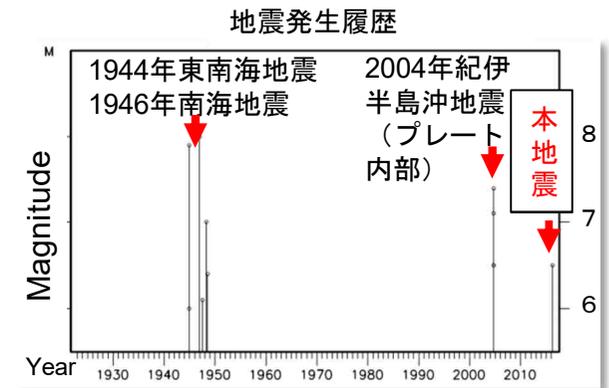
2016年4月1日三重県南東沖地震の統合的理解



DONETデータと構造調査による詳細な地下構造モデルにより2016年三重県南東沖地震の震源を高精度に決定して約70年ぶりに発生したプレート境界 (PB) 地震であることを明らかにした。

余効すべりは、震源域の浅部に主に広がり、深部にはほぼ広がらなかった。

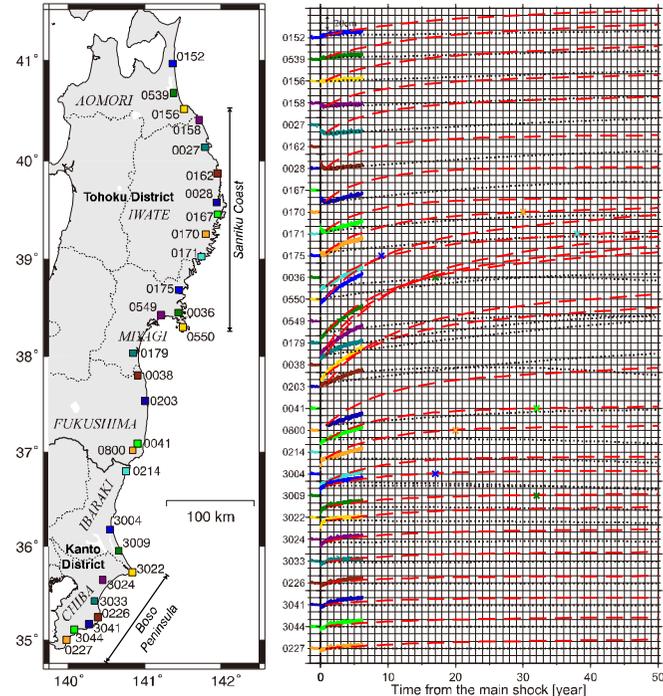
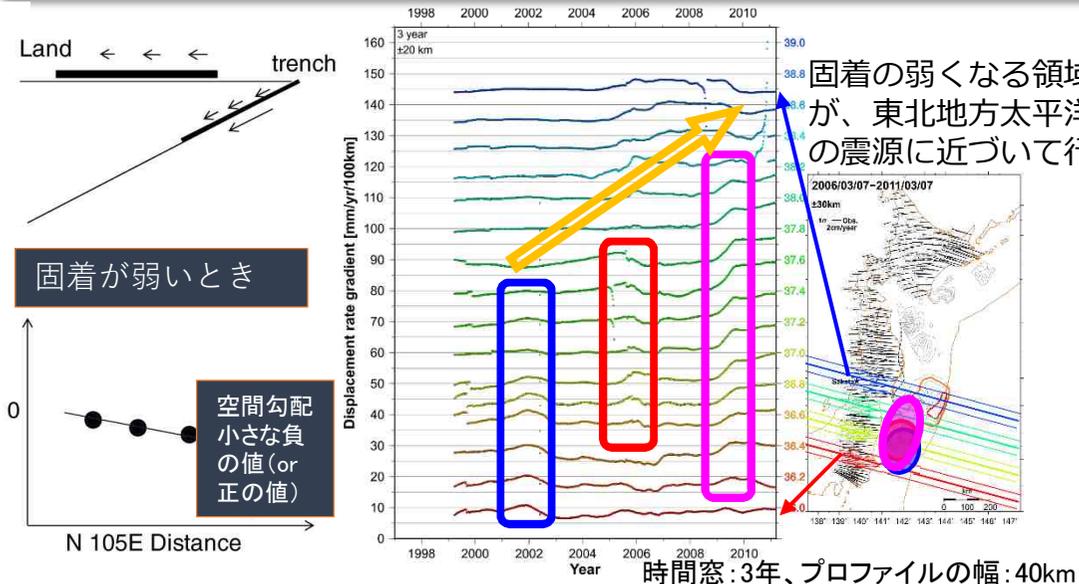
地震発生サイクルシミュレーションから、M8クラスの地震後に固着した領域が、数十年かけてはがれることによりM6クラスが発生できるようになるとともに、余効すべりは、サイクルのかなり後ろでなければ、主に浅部にのみ広がること示された。



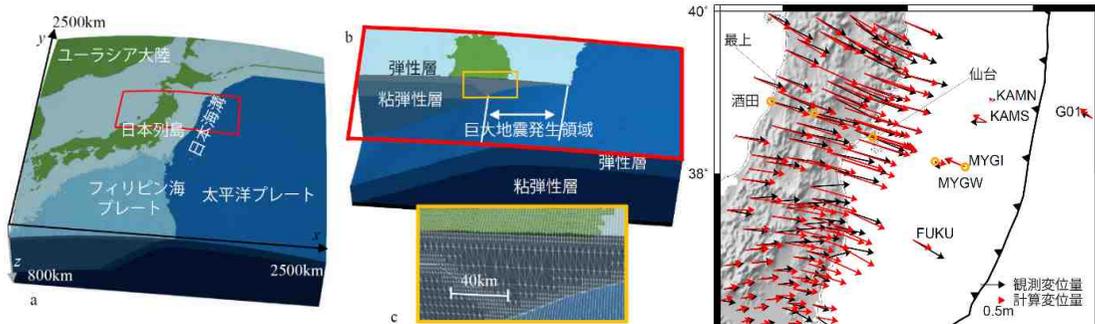
構造探査・孔内計測・DONETデータ・シミュレーションを組み合わせた解析により、2016年三重県南東沖地震の地震像や南海トラフ巨大地震との関係を統合的に理解。

モニタリング手法開発と「東北地方太平洋沖地震」余効変動の再現および予測

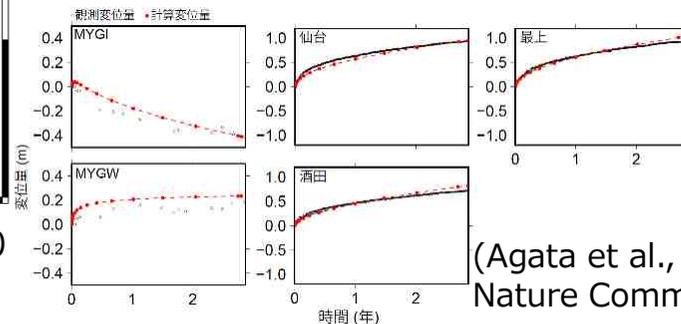
モデルに依存しない固着・すべりのモニタリング新たな手法の開発とモデルの高度化による余効変動の再現性向上に成功するとともに、社会問題となった沿岸の隆起沈降をもたらす東北地震余効変動の推移予測を実施



変位速度場の空間勾配変化によるプレート間固着モニタリング手法を新たに開発するとともに、東北地震前のゆっくりすべりの伝搬をとらえた(Iinuma, 2018a, GJI)。



港の利用などで問題となっている東北地震後の余効変動による沿岸での上下変動の再現とその後の推移予測(Iinuma 2018b, JDR)。



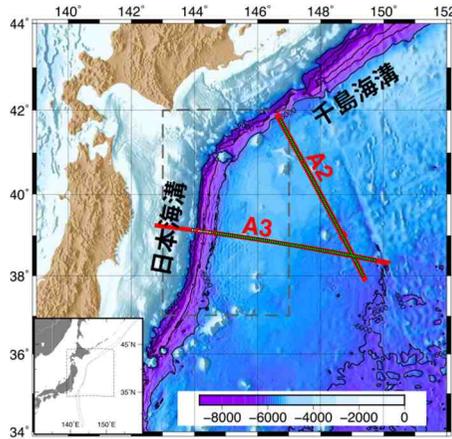
(Agata et al., in press, Nature Comm.)

東北地震での応力変化による粘性率変化を考慮することで、より正確に余効変動の再現に成功。余効変動予測性能向上に期待。

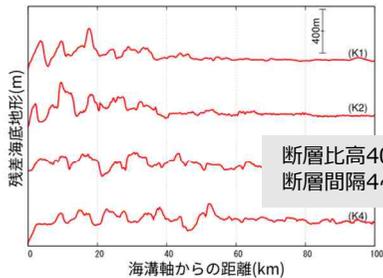
4002 海域地震発生帯研究開発:平成26-30年度成果



千島海溝・日本海溝域のアウトサイズ地震断層の実態把握

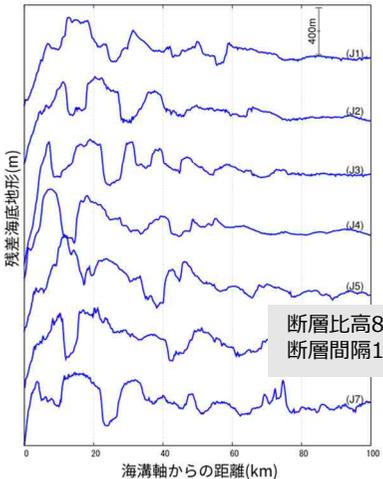


千島海溝付近の海底地形



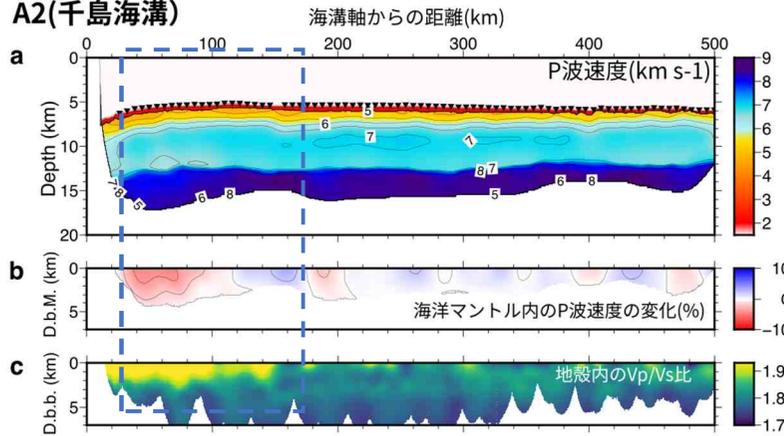
断層比高400m以下
断層間隔4~5km

日本海溝付近の海底地形

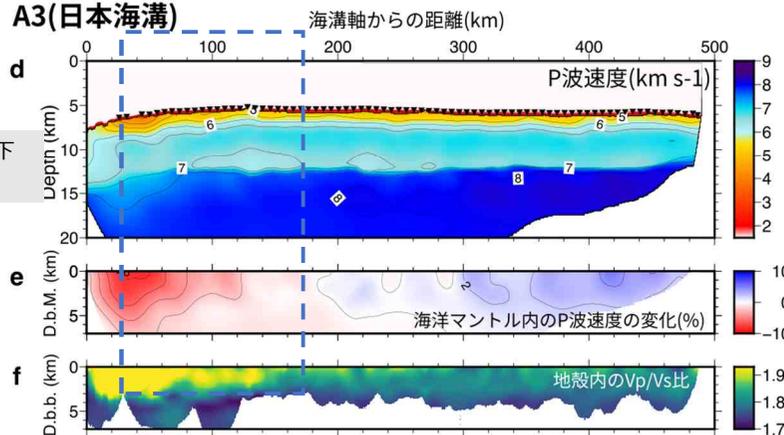


断層比高800m以上
断層間隔15km

A2(千島海溝)



A3(日本海溝)

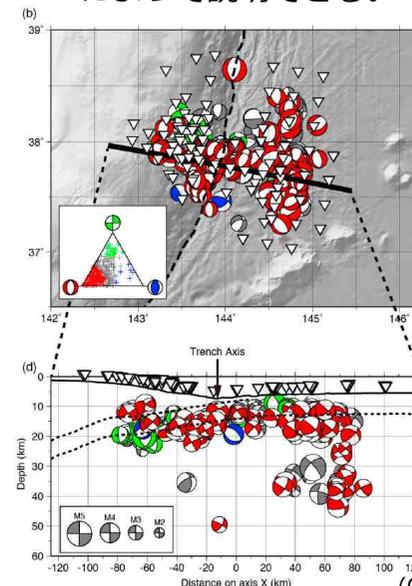


アウトサイズ地震が発生する場所で
地震波速度が変化している。
変化量は日本海溝域の方が顕著

(Fujie et al., 2018,
Nature Communications)

アウトサイズ地震断層の発達に伴い海底面付近からマントルに至るまで地下構造が変質していること、その変質割合は両海溝域間で顕著に異なることを明らかにした。

- アウトサイズ地震による構造変質は深度15km以上にまで達する
- 変化量の違いは海底地形から読み取れる断層比高と一致する。
- 海嶺軸付近で形成された多数の小さな旧断層の再活動でプレート屈曲応力場を解放する千島海溝と、海溝軸近傍で新たに形成された少数の断層で応力場を解放する日本海溝の違いによって説明できる。



海溝軸からアウトサイズにかけては、正断層型の地震が40km以上の深さまで発生している。

(Obana et al., 2019 GJI)