

地震研究におけるこれまでの海域調査と 次世代深海探査技術について

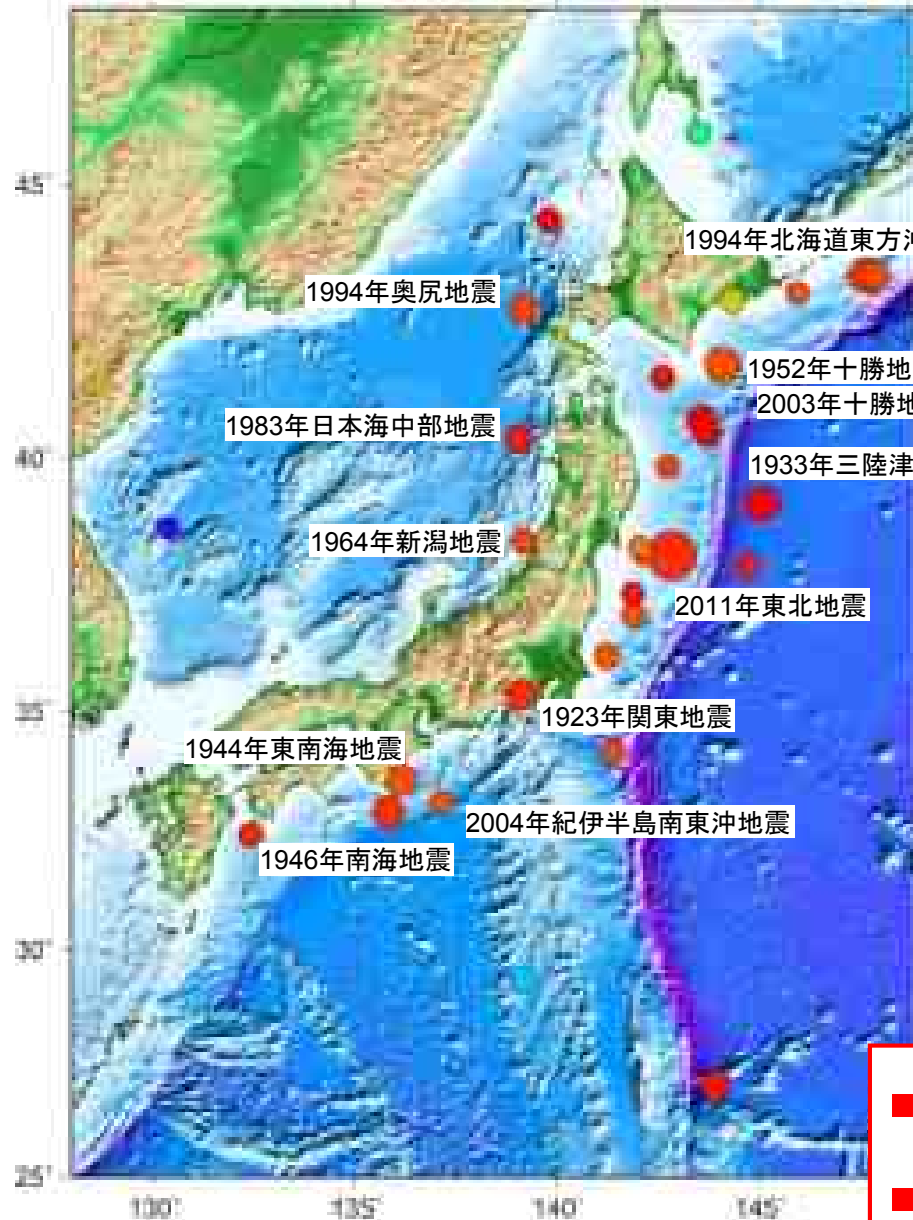


東京大学地震研究所

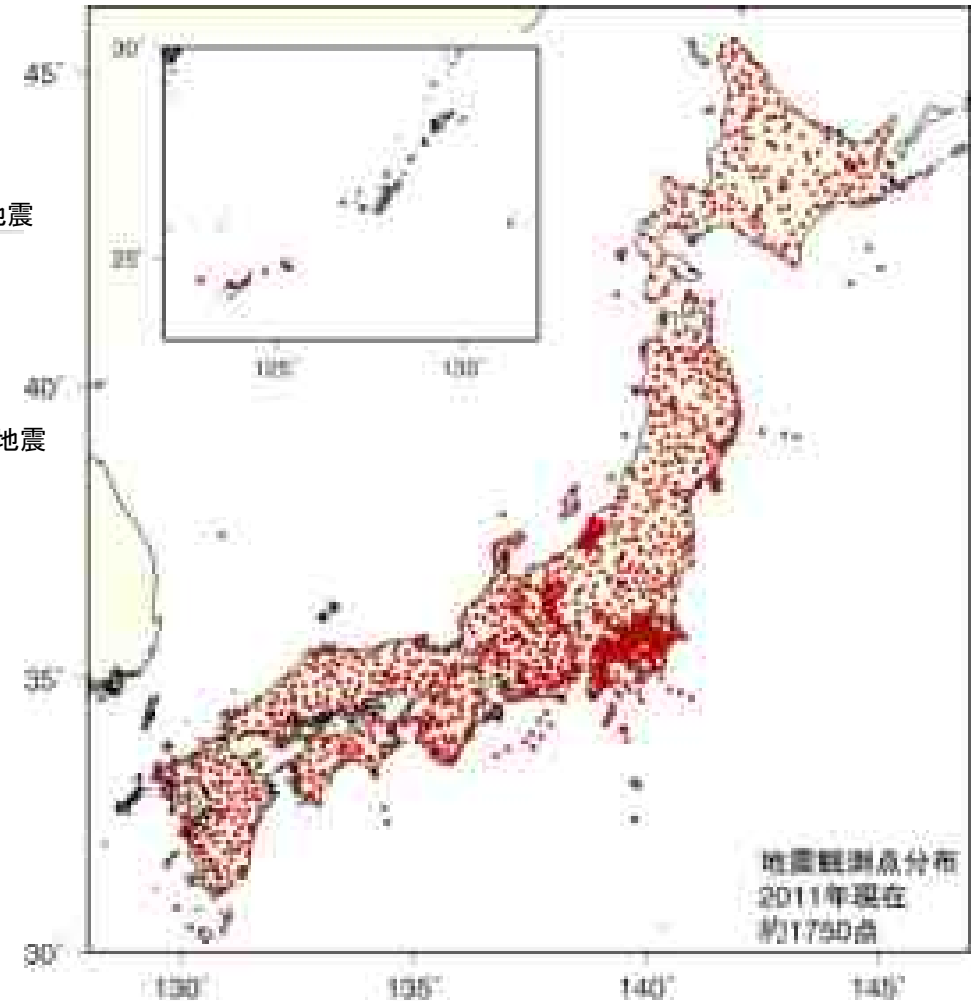
平成28年5月16日

日本周辺の大地震と観測網

高感度地震観測点分布



1923年以降の大地震(M7.4以上)



- 海域には観測点がほとんどない
- 海溝型地震調査研究の推進のためには、海域での観測が必要

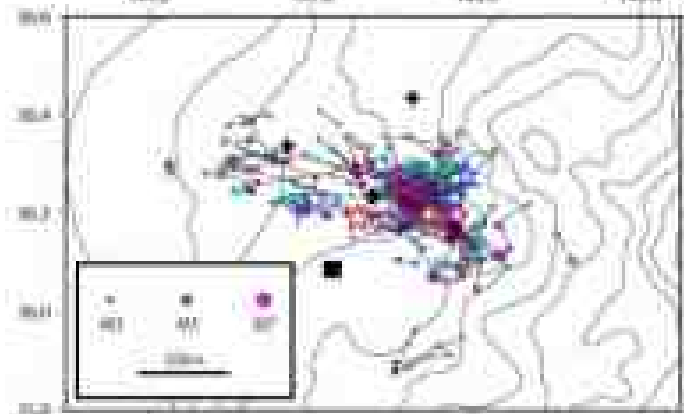
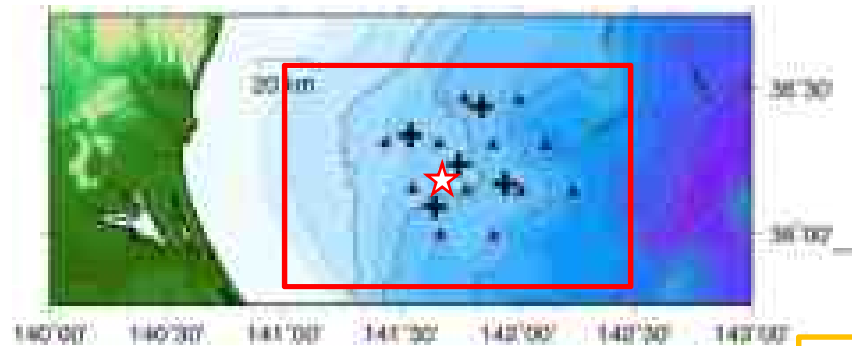
海底地震観測の有用性

例：震源直上に観測点がないと、
正確な震源位置が求められない
(特に深さ)

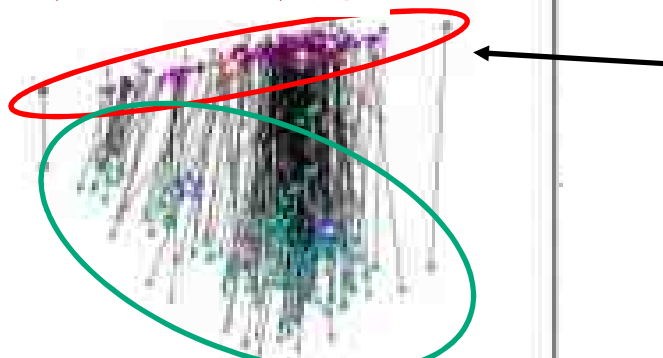
茨城県沖では、ほぼ20年間隔で、M7クラスの海
溝型地震が発生していた。直近は、2008年5月8
日に、M7.0の地震が発生した。

- プレート境界に沿って、余震が発生するはず
- プレート境界は、構造探査より求められている

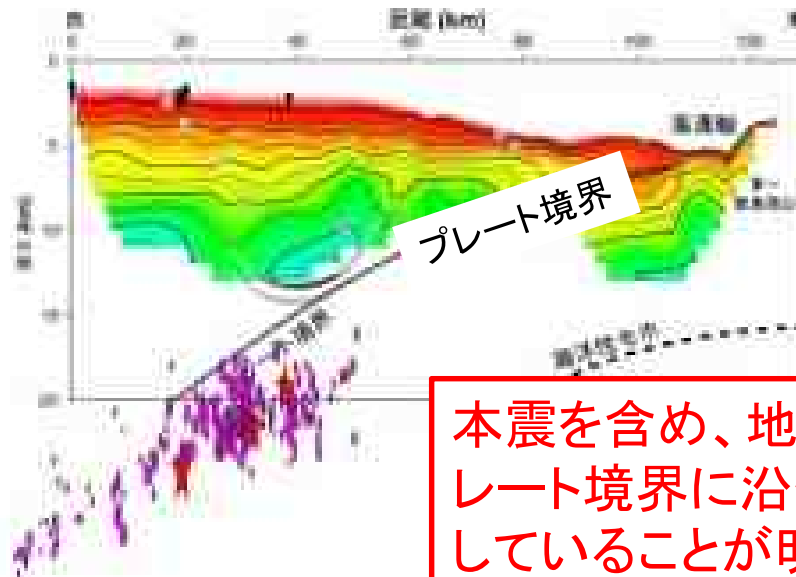
- 海底地震計による待ち受け観測
- 加速度計搭載海底地震計による精度のよい
本震の震源決定が可能



海底地震計による震源

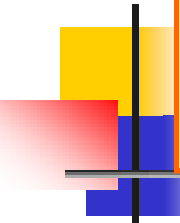


陸上観測網からの震源



本震を含め、地震はプ
レート境界に沿って発生
していることが明らか

海底観測研究

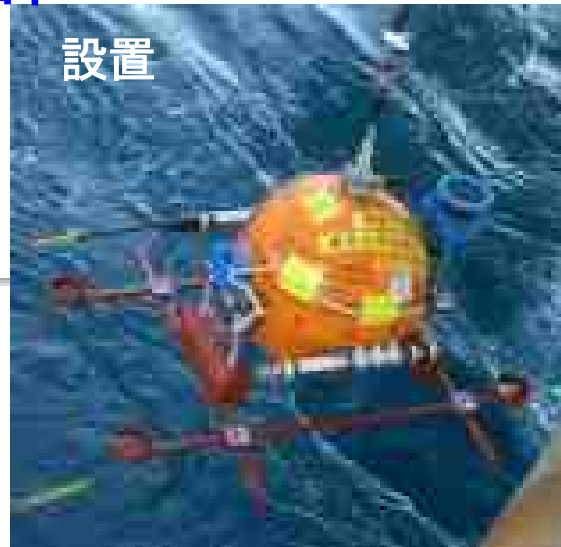
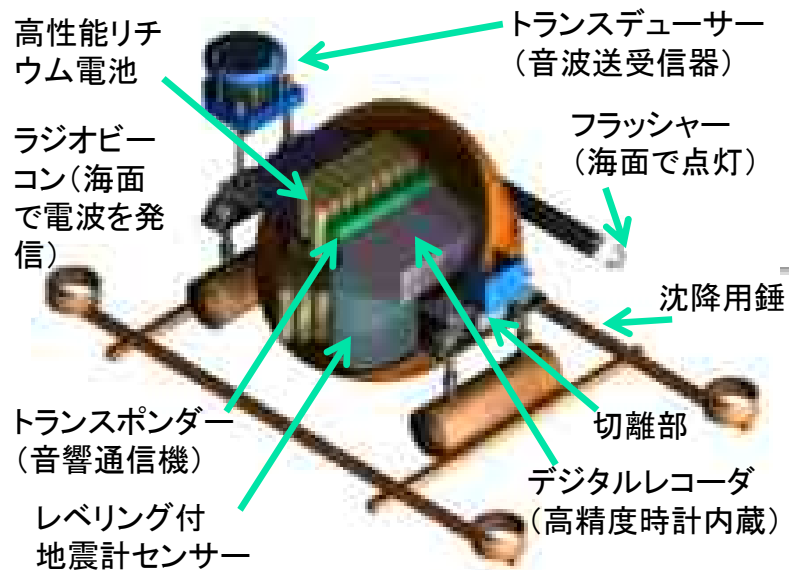


先端観測技術・測器の開発により、海域での観測が可能となり、新たな知見が得られてきた

- 地震観測
 - 自己浮上式海底地震計(オフライン)
 - ケーブル式海底地震計(オンライン・リアルタイム)
- 測地観測
 - GNSS音響結合方式による海底地殻変動観測システム(主に水平方向)
 - 精密圧力センサーを用いた海底圧力計(海底上下変動)

海洋工学技術・エレクトロニクス技術の進歩により、陸上と遜色ない観測が実施可能となってきた

自己浮上式海底地震計



海底地震計の設置



海底での観測



海底地震計の回収



水中送
受波器

切離指令

水中送
受波器

海底地震計の浮上



距離測定



約1.5m/sで自由落下



地震

東大地震研が開発した自己浮上式海底地震計

約25年前から東京大学で開発開始。現在も開発続行中

海域での地震観測が可能に

短期観測型海底地震計



- ・最初に開発された自己浮上式海底地震計、現在はデジタル収録方式
- ・観測期間 ～3ヶ月
- ・43cm ガラス球

長期観測型海底地震計



- ・地震計センサーを高性能にし、1年間海底で連続観測を可能にした
- ・50 cmチタン製耐圧容器



水圧計付広帯域海底地震計

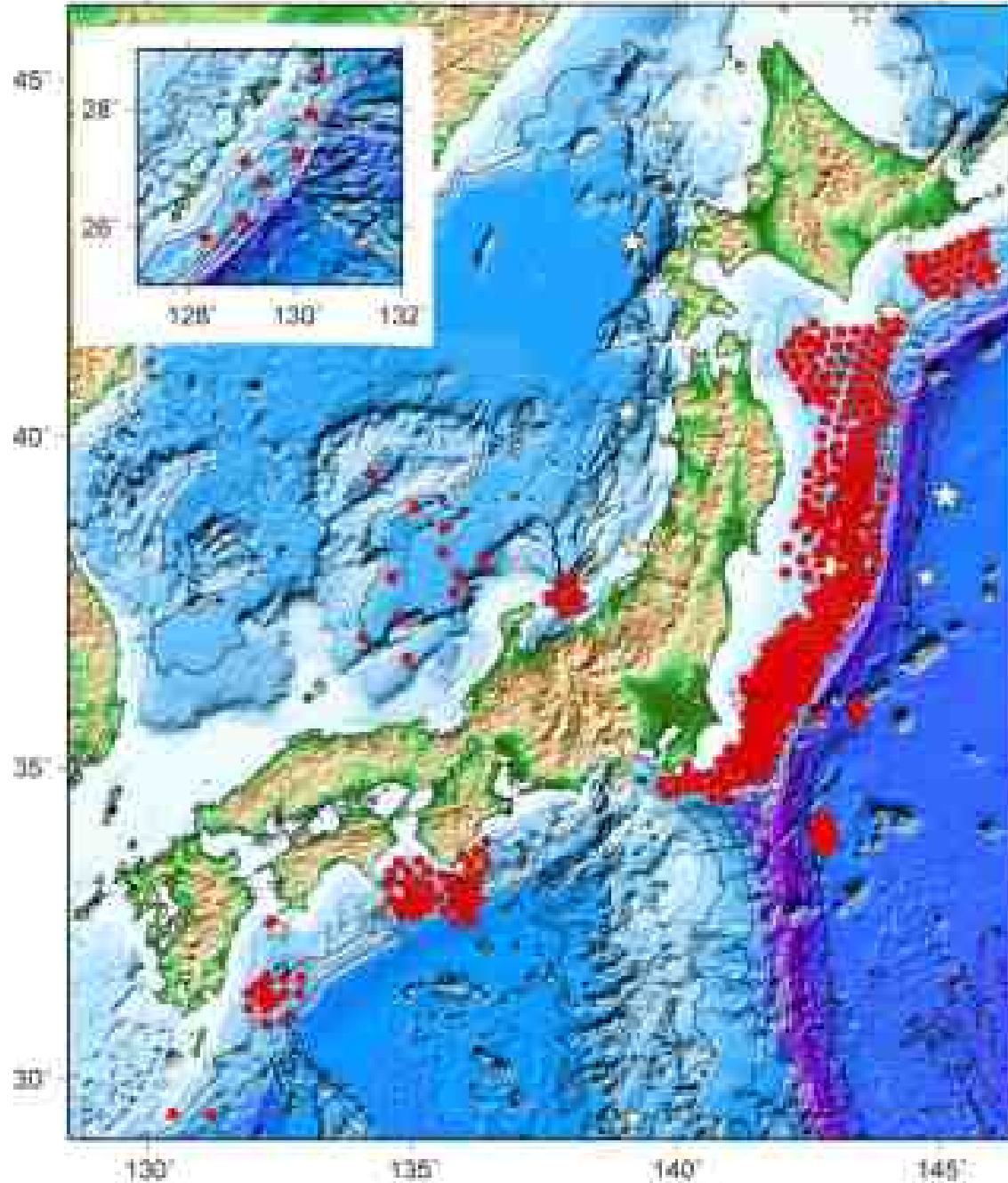
広帯域地震観測に加え、精密水圧計による海底上下変動も観測可能に

加速度計搭載海底地震計

地震波を飽和せずに観測することにより、大地震の震源位置精度向上



これまでに展開した長期観測型海底地震計



開発された2003年以降、
2016年4月までに展開し
た観測点

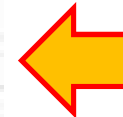
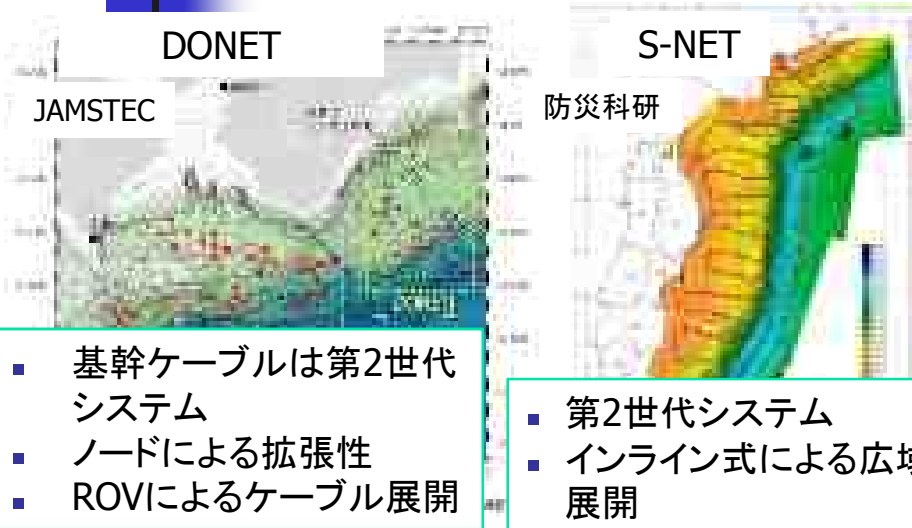
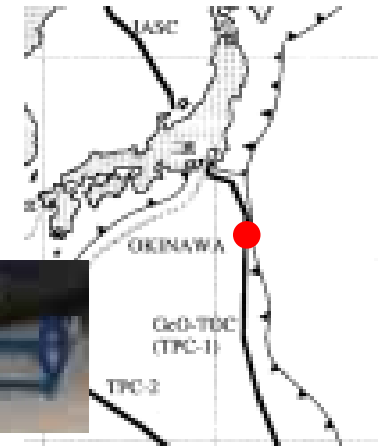
日本近海以外では、
西之島
チリ沿海
ニュージーランド沿海
マリアナ背弧海盆
などにも展開

問題点

主に耐圧の問題から、
水深6,000m以深に
設置されていない。

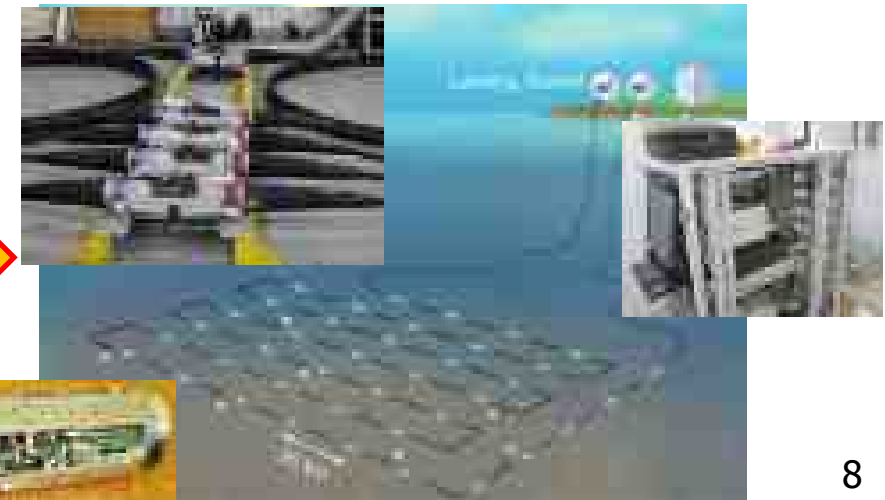
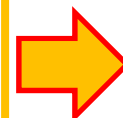
ケーブル式海底地震津波観測システム

- 電信電話技術によるデータ伝送・部品レベルでの高信頼性・同軸銅線(アナログ)(第1世代)
 - 1980年代より
 - 通信海底ケーブル技術を全面的に利用
 - 気象庁房総沖・御前崎沖、TPC1



- 電信電話技術によるデータ伝送・部品レベルでの高信頼性・光ファイバー(デジタル)(第2世代)
 - 光ファイバー利用による容量拡大・通信安定性
 - 1993年地震研伊豆半島沖ケーブルが最初
 - 現在主流の海底ケーブル観測システム
 - DONETやS-NETによる大規模化

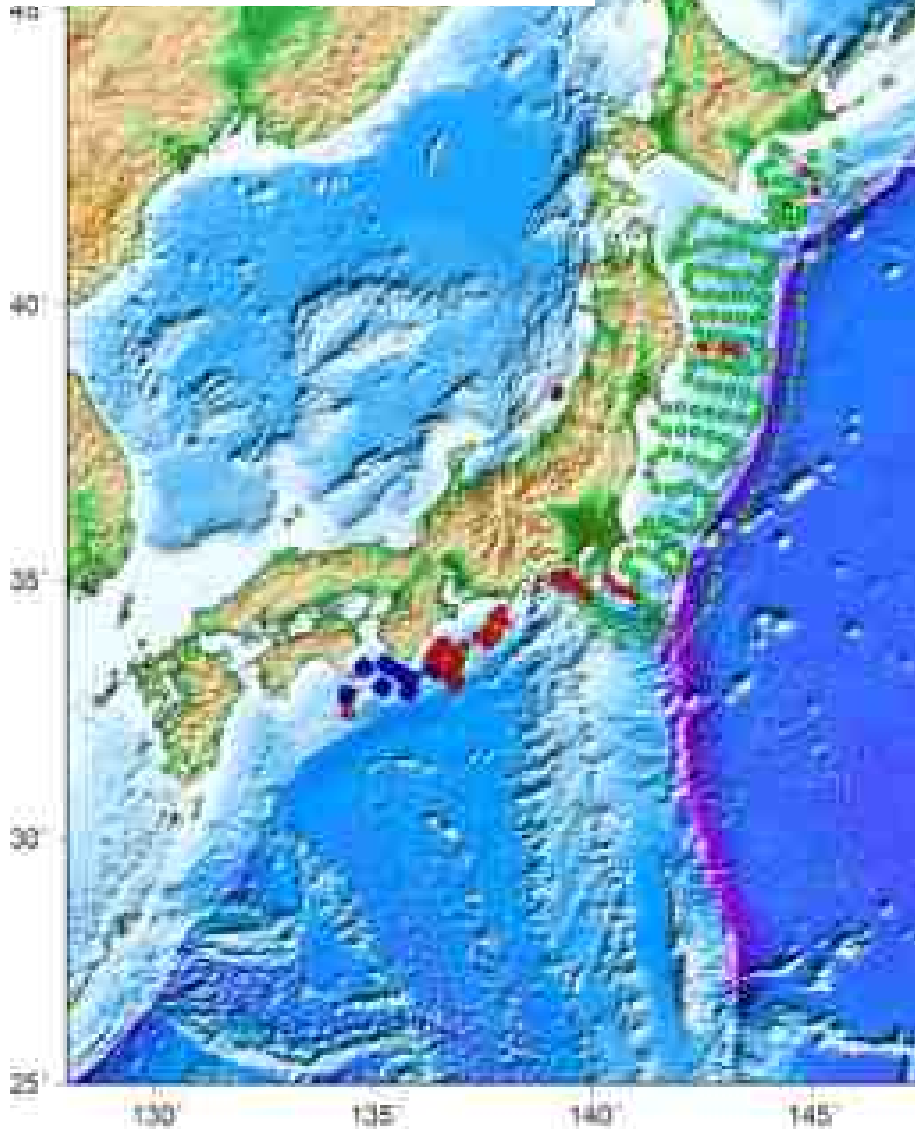
- インターネット技術によるデータ伝送・冗長構成による高信頼性確保・光ファイバー(デジタル)(第3世代)
 - コストおよび設置後の状況変化を考慮し、より大規模展開をめざしたソフトウェアベースのシステム
 - 小型化・低消費電力化のために、最新半導体技術を用いるが、信頼性は下げる
 - 地震研究所で開発し、2010年に新潟県粟島沖に1号機を設置、今後2号機を三陸沖設置の予定



ケーブル観測システムの展開

社会への貢献

- 緊急地震速報の高度化
- 津波に関する即時警報



S-net

- 北海道沖から房総沖にかけて展開（大規模第2世代システム）
- 全150観測点、各観測点には地震計と津波計を装備している
- ケーブルは両端陸揚げを計画
- 防災科学技術研究所による設置

DONET

- 紀伊半島沖・紀伊水道を中心に展開（高機能第2世代システム）
- 水中着脱コネクタによるセンサー交換可能
- 約50の観測点を展開し、地震、地殻変動、津波の観測を行う
- 海洋研究開発機構による設置

しかし、深海底（日本海溝・千島海溝）の観測点は少ない

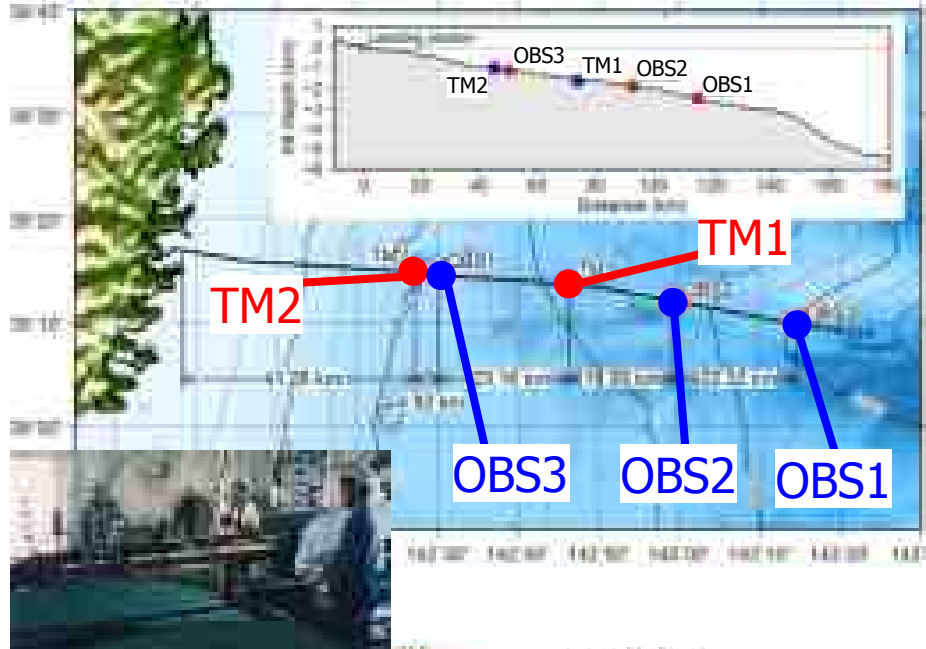
2011年東北地方太平洋沖地震

海域観測から、地震時に海溝付近のプレート境界が大きく滑ったことが判明

- 三陸沖海底ケーブルシステムで観測された津波
 - 海溝付近における大きな地殻変動
- GNSS音響結合方式による海底地殻変動
 - 震源断層における滑り分布の精密化・海溝近くで大きな滑り
- 海底水圧計による海底地殻変動
 - 海溝近くで大きな変動・余効変動の精密化
- 海底地形・地殻構造調査
 - 海溝付近における地殻変動・地殻構造変化

これまで観測空白域であった海溝底（深海域）における観測の必要性が認識された。

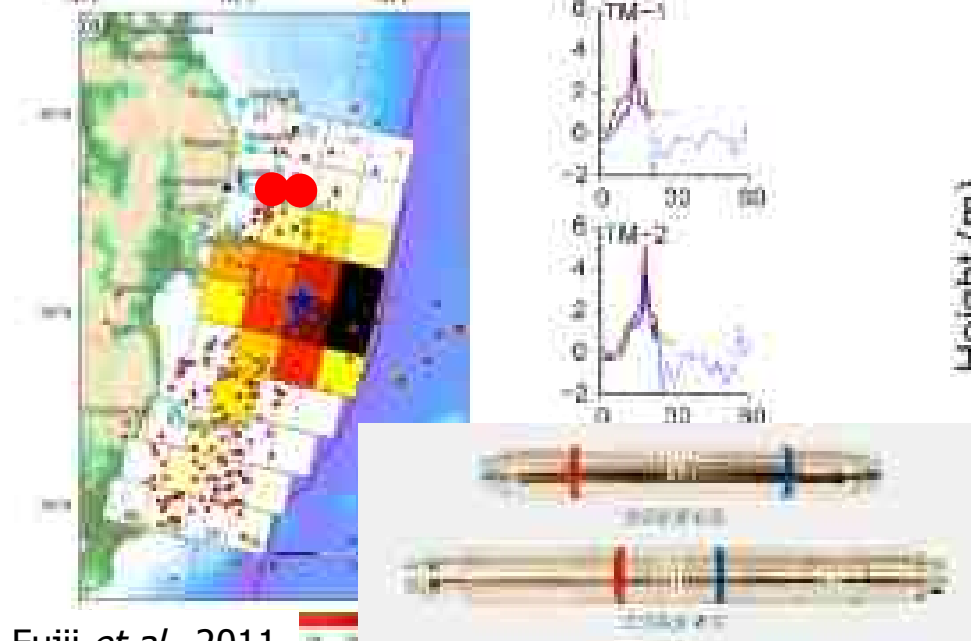
海底津波観測による地震時プレート間滑り



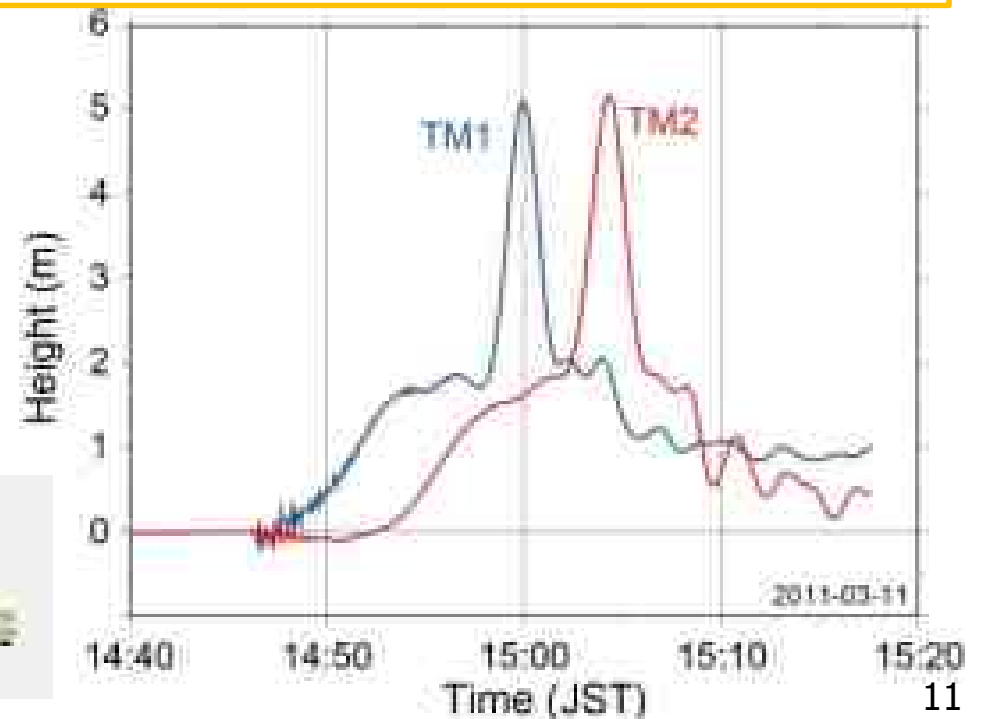
- 観測された津波を説明するような海底変動を起こすプレート間滑り量を推定

→ 海溝付近で、50mを超える大きな滑りが推定された

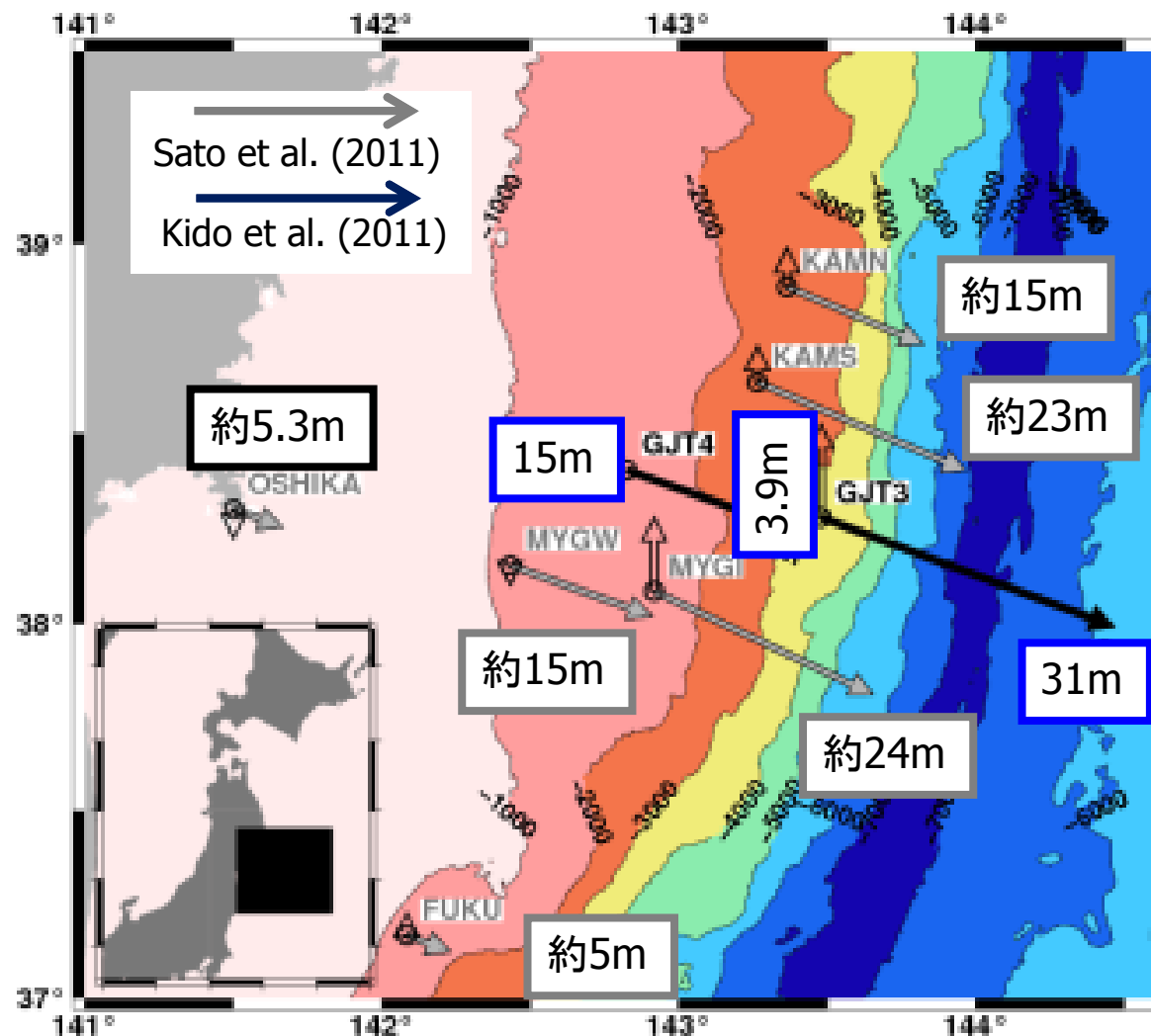
- 沿岸の観測点のデータでは、分解能が不足



Fujii *et al.*, 2011



東北沖地震に伴う海底地殻変動

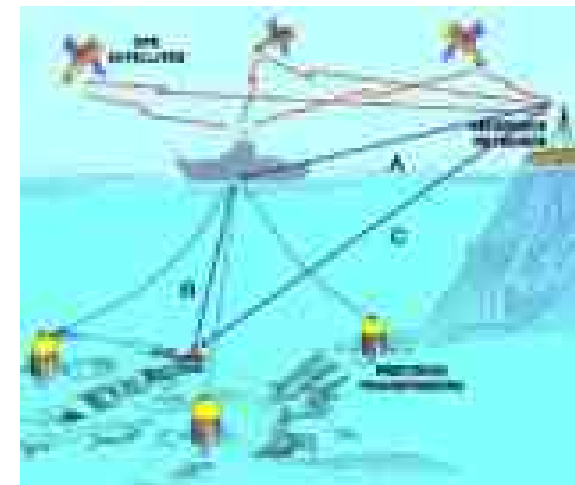


GNSS音響結合方式による地殻変動観測
地震前後の海底の地殻変動を観測した。

太平洋プレート上のGJT1では、顕著な変位(<1m)は認められない

GJT1

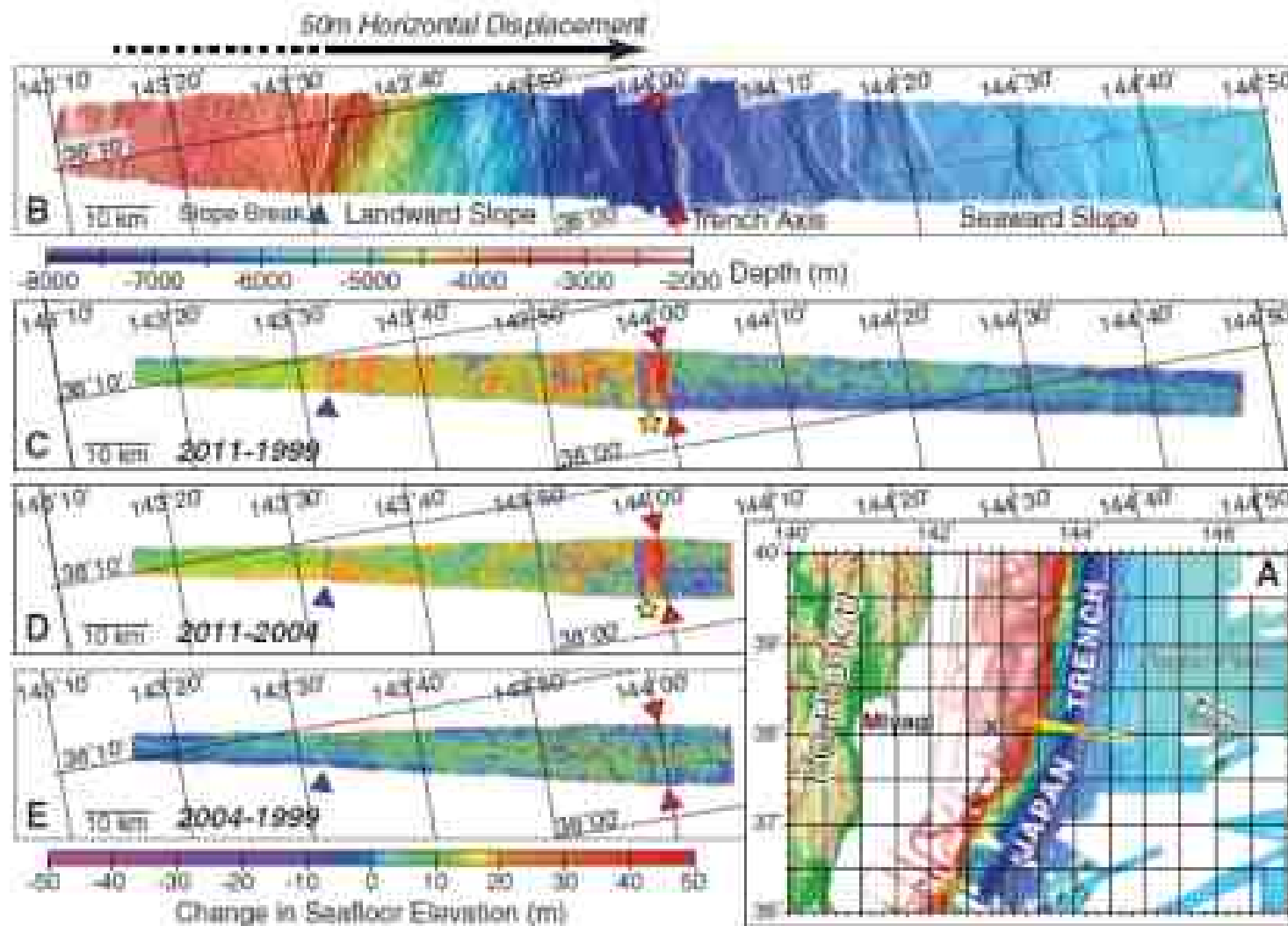
宮城県沖の海溝近くで最も大きな変位が観測された



- 陸上では、最大5.3mであったが、震源域での水平地殻変動は最大31mであった。

海底地形調査による地震前後の地形変化

- 地震発生以前に海溝における海底地形調査が実施されていた
- 地震後に同じ調査を行い、地震前後の変化を調査



海底地形

海溝付近では、地震発生に伴い、50m程度の水平移動が推定される。

Fujiwara *et al*, 2011

次世代深海観測・調査技術の必要性

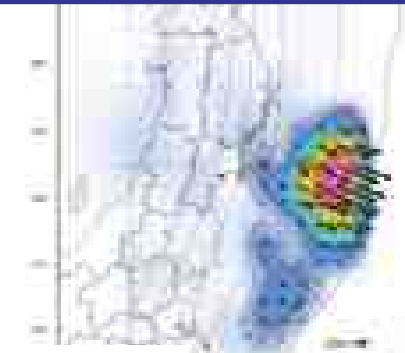
- 東北沖地震以前は、海溝付近のプレート境界においては、堆積物のために、プレート間カップリングが強くなく、地震時以外にも滑っているために、大地震時には大きく滑ることはないと考えられていた。
- 東北沖地震により、大地震時には、海溝付近の浅部プレート境界は大きく滑ることが明らかとなった。



- 深海である海溝底付近の観測は、学術的にも、防災のためにも重要。
- 海溝底には、大地震震源断層が浅部に達し、さらにはこれまでの大地震の履歴が記録されている可能性がある。

6,000mを超える水深においても、海底における観測・調査技術が必要

陸上観測網データ+
GNSS/Aデータにより解析



国土地理院

最大領域が海溝よりに求まる

地震による変形が海溝域まで達する



次世代深海観測システム

- 水深6,000mをこえる深海で、地震・津波・地殻変動観測が安定して実施できるシステムを開発
 - 海底地震計・海底水圧計・GNSS/A地殻変動観測海底局

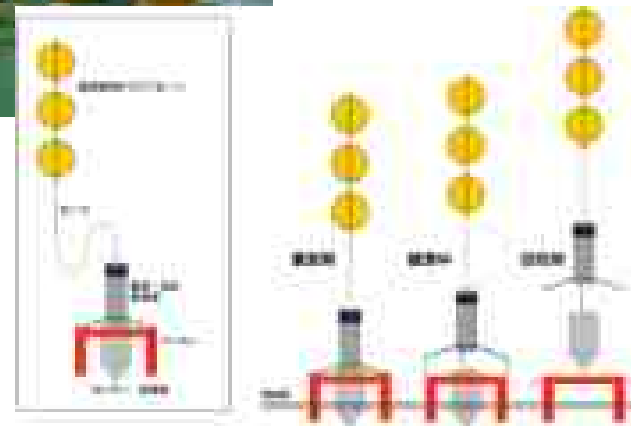
- 耐圧性能の強化
- 音響通信距離の拡大

これまでの海底観測技術の延長線
上として開発が進行中



従来の海底地震計構造と異なる超深海型海底地震計の試作機。交代圧かが難しい水中ケーブルを使用しない構造。センサー埋設による高性能化も行う

従来の海底地震計構造を踏襲した超深海型海底地震計の試作機。



次世代深海サンプリングシステム

海溝底に、地震時に滑るプレート境界地震断層が達していれば、直接断層のサンプルを採取することにより、断層活動履歴が明らかにできる可能性がある

陸上で行われている活断層調査が対応

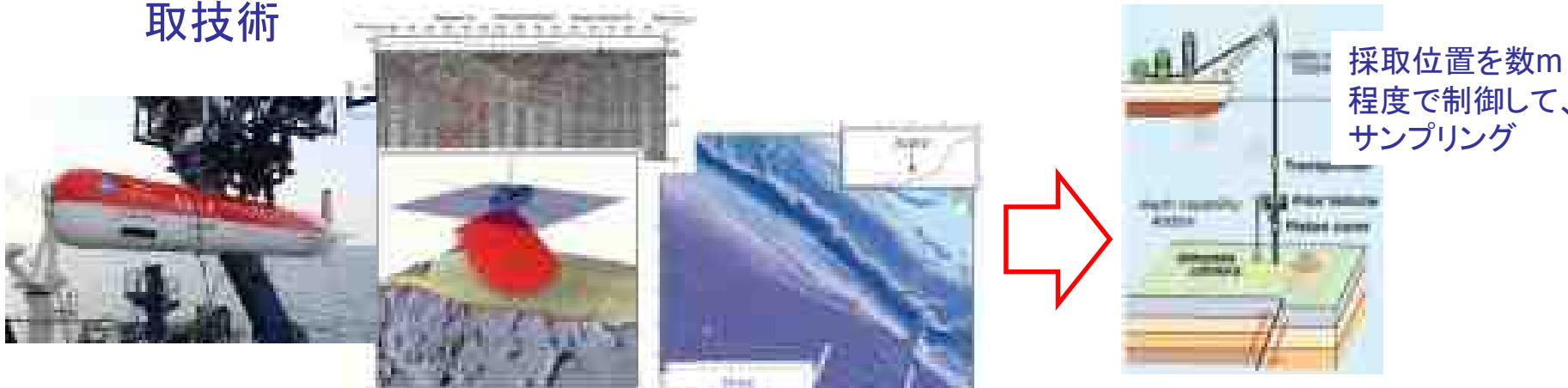
断層から直接サンプルを採取できなくとも、周辺部からサンプルが採取できれば、履歴を明らかにできる可能性

陸域や深海底以外の海域で行われているピストンコアの採取等による履歴調査が対応

日本海溝などの深海海溝底付近において、地震・津波履歴調査を行える技術

新しい技術開発が必要

- 深海AUVによる精密地形調査・浅部高分解能地下構造調査(事前調査)
- 上記の調査に基づき、深海において、正確に位置制御可能なサンプル採取技術



深海で航行可能なAUVにより、地形と海底下浅部構造を広範囲に把握し、サンプル採取に適した場所を特定