

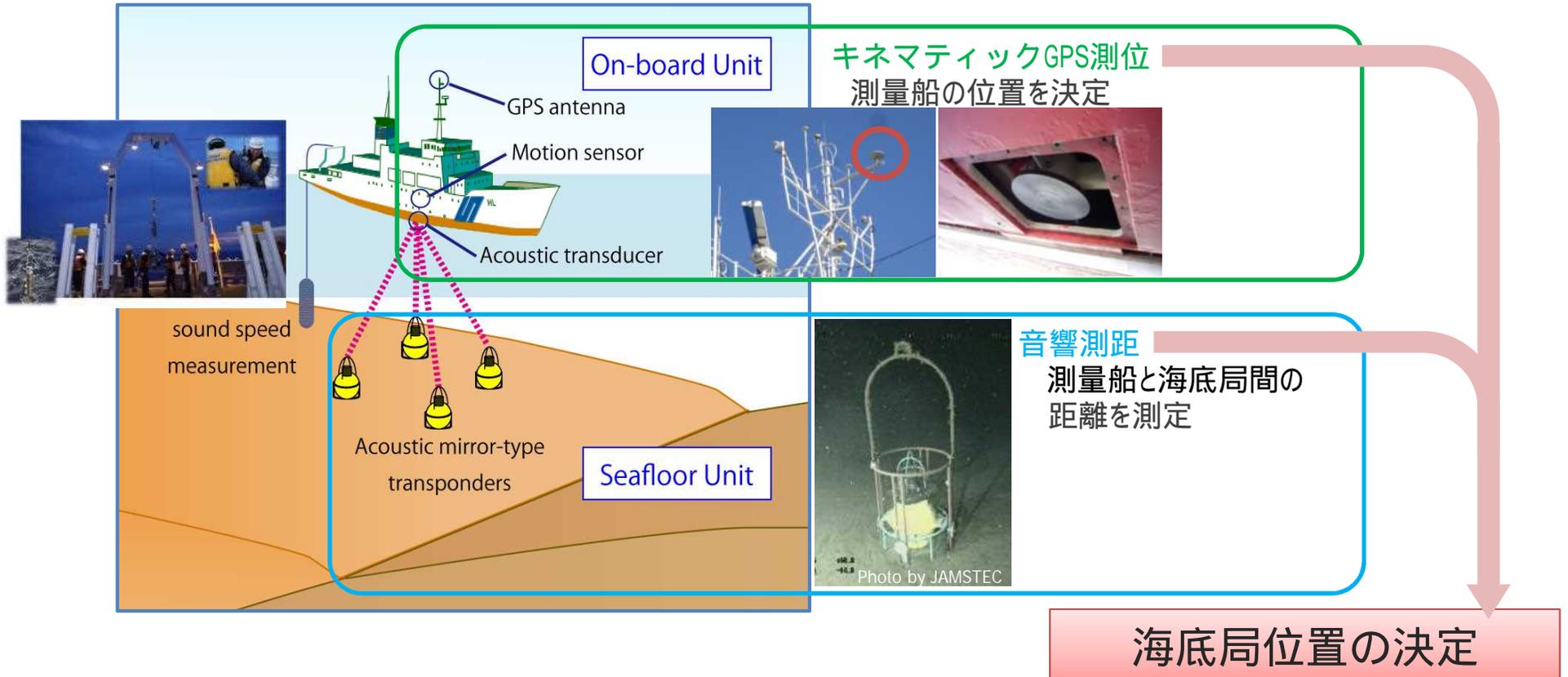
# 海上保安庁による海底地殻変動観測の成果と展望

石川直史（海上保安庁海洋情報部）

調査観測計画部会  
2016年2月1日



# GPS-音響測距結合方式(GPS-A)による海底地殻変動観測



## GPS-A観測の現在の状況

### ➤ 観測点数

- 約60点 (海上保安庁: 24点)

cf. GNSS: 1400点以上

### ➤ 観測精度

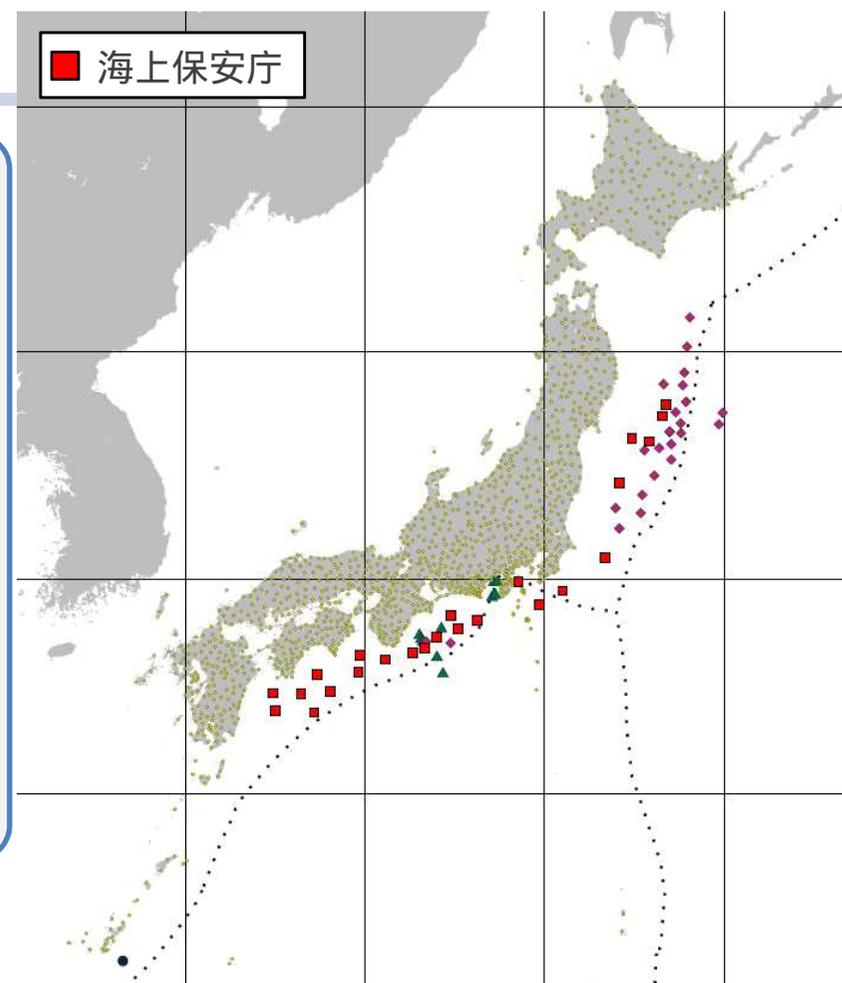
- 地殻変動速度 (回帰直線の傾き): 約1cm/year (目標値)
- 位置推定 (回帰直線のまわりのばらつき): 2-3 cm (1 )

cf. GNSS: 1cm以下

### ➤ 観測頻度

年に2-3回

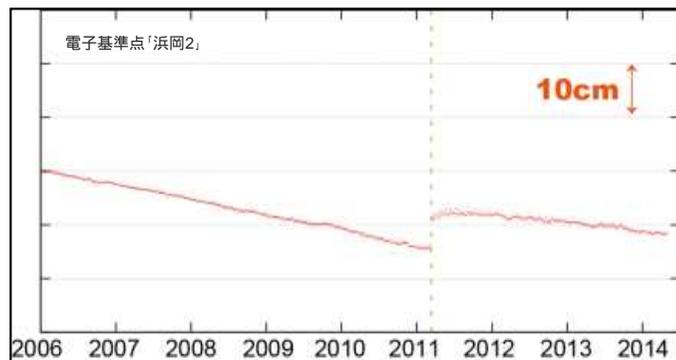
cf. GNSS: 連続観測



# GPS-A観測の現在の状況

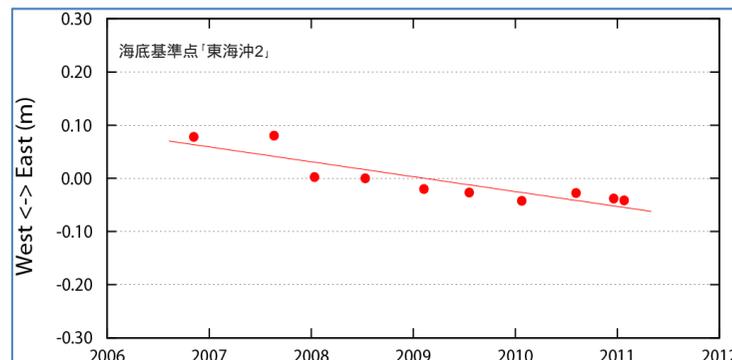
## GPSによる地殻変動観測

- ✓ 全国に1400点以上(大学等含)
- ✓ 365日24時間の連続観測
- ✓ データは、オンラインで取得・処理
- ✓ 日々の座標値
- ✓ くりかえし測位精度は、1cm以下



## GPS-Aによる海底地殻変動観測

- ✓ 日本海溝・南海トラフに約60点(大学含)
- ✓ 船での現場観測(1地点の観測に約1日)
- ✓ データは、陸上に持ち帰って処理
- ✓ 得られる座標値は年3回程度
- ✓ くりかえし測位精度は、2-3cm

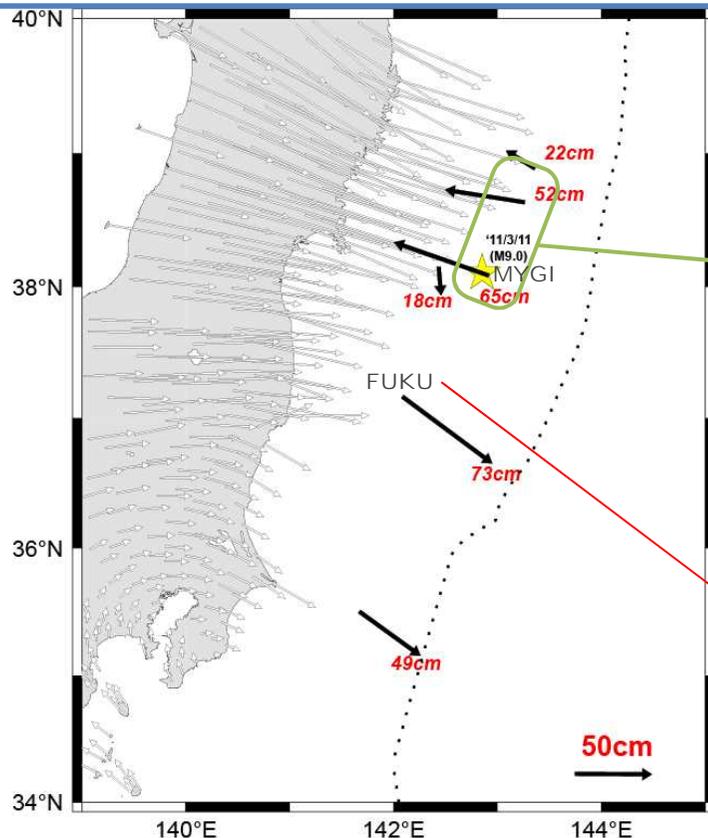


4 -5年分のデータの線形回帰から  
地殻変動速度を求める

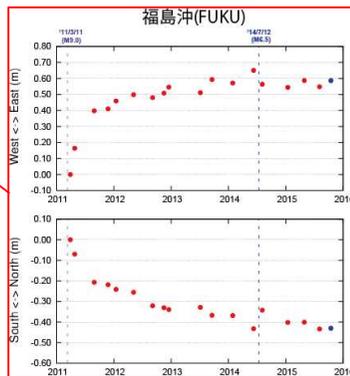
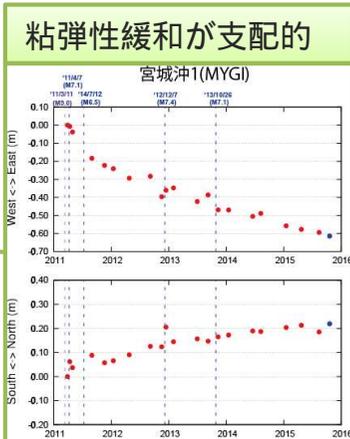
短期の変動は  
捉えられない

# 最近の成果: 日本海溝 (東北地方太平洋沖地震後の余効変動)

東北地方太平洋沖地震後の累積の水平変位【電子基準点「福江」固定】

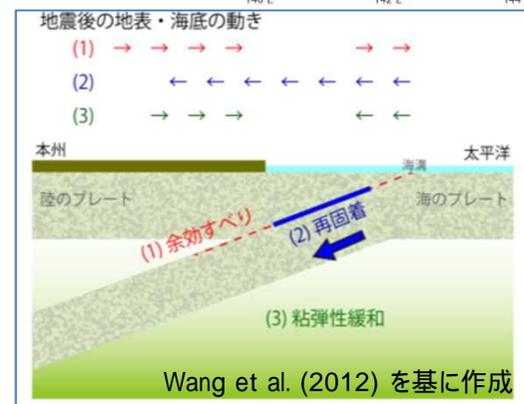
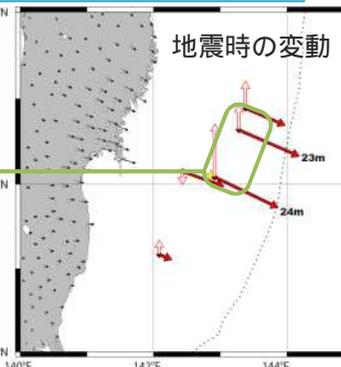


観測点	KAMN	KAMS	MYGI	MYGW	FUKU	CHOS	電子基準点
基準エボック	2011/4/3	2011/4/5	2011/3/28	2011/3/27	2011/3/29	2011/4/18	2011/3/29-4/4
比較エボック	2015/10/16	2015/10/15	2015/10/18	2015/10/19	2015/10/14	2015/10/26	2015/10/8-10/14
水平変位量	22cm	52cm	65cm	18cm	73cm	49cm	



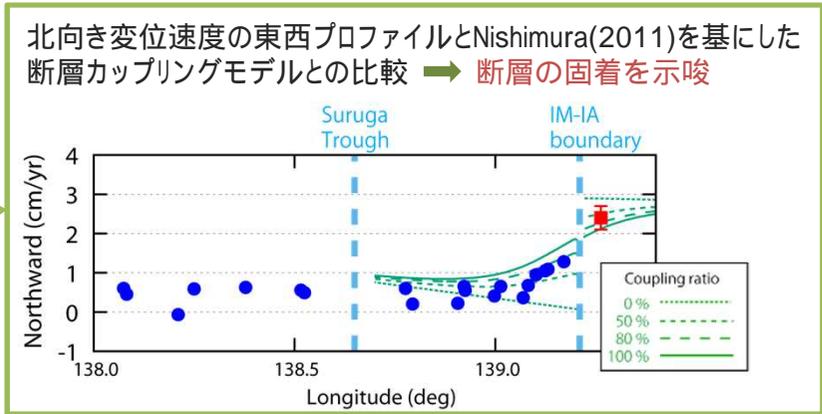
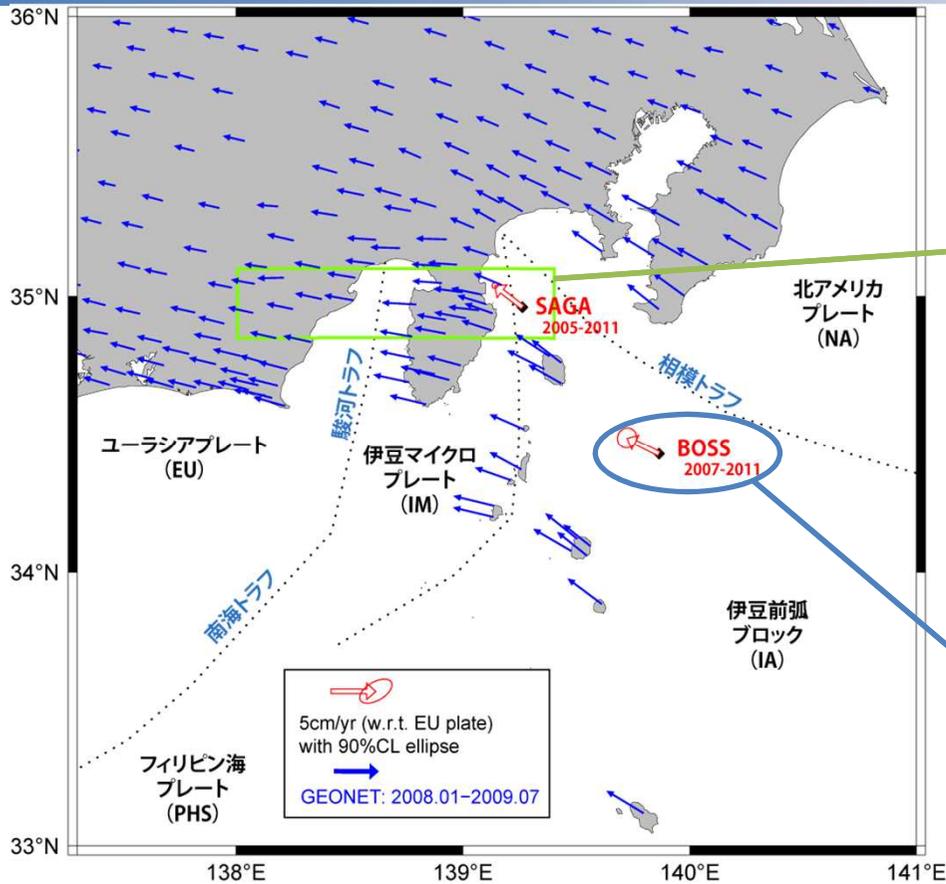
➤ 海底の観測によって、地震後の粘弾性緩和過程の影響が明瞭に

地震時に大きくすべった場所



# 最近の成果: 相模トラフ(フィリピン海プレートの運動)

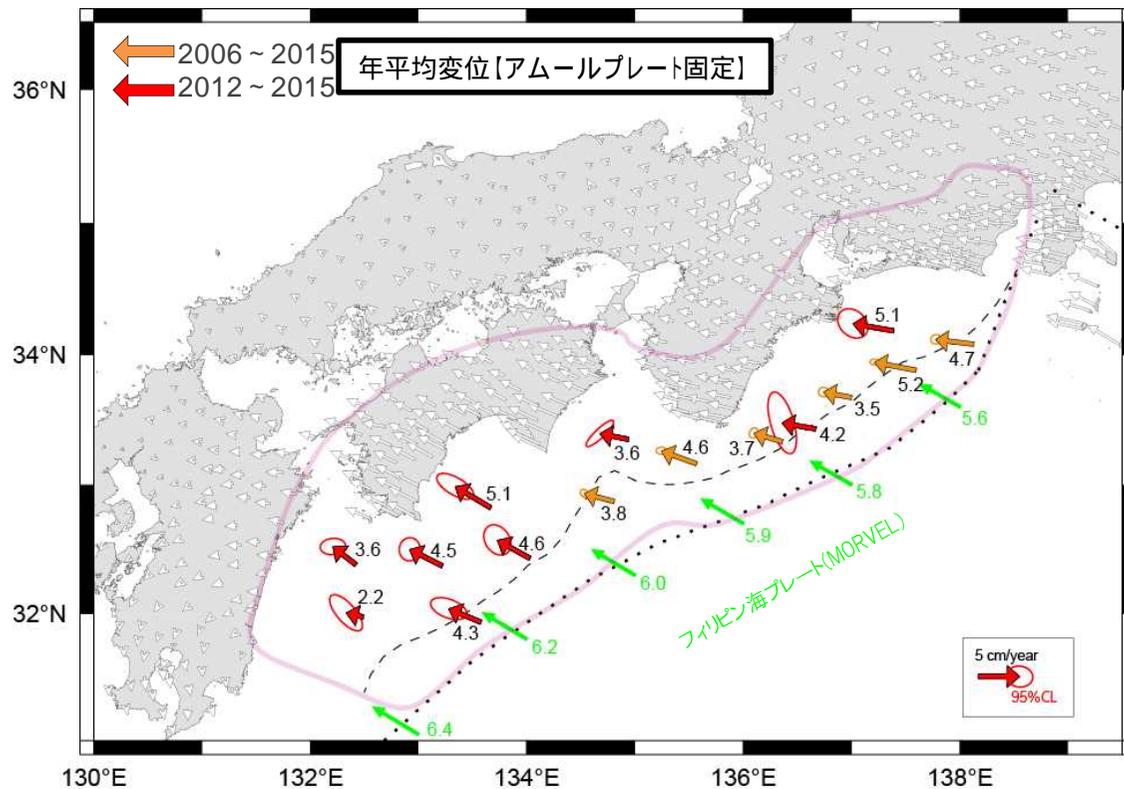
Watanabe et al. (2015, EPS)



プレート運動モデルとの比較 → Nishimura (2011) のIAと整合的な動き

Velocity at BOSS (in ITRF2005)	E-ward Vel. cm/yr	N-ward Vel. cm/yr
観測値	-1.0 ± 1.1	0.5 ± 1.1
PHS (NUVEL-1A)	-0.7	0.7
PHS (MORVEL)	-2.4	1.3
PHS (REVEL)	-2.2	1.3
IA: 伊豆前弧ブロック (Nishimura, 2011)	-1.3	1.4

## 最近の成果：南海トラフ(プレートの沈み込みに伴う変動)



- 南海トラフ地震の想定震源域の広範囲において、海底の地殻変動を検出
- 陸上GNSSのみの推定では分からなかった、固着分布の不均質性・セグメント分けを示唆

- 東北地方太平洋沖地震による地殻変動の影響は、Sun and Wang (2015, JGR) のモデルによる計算結果を用いて補正。
- 陸上の移動速度は国土地理院GEONETの2006年3月～2011年2月(東北地方太平洋沖地震前)までのF3解の線形回帰。

## 今後の展望：準基盤観測としての位置づけから

### 調査観測計画における基本的な考え方

- 東北地方太平洋沖地震のような低頻度の超巨大な海溝型地震については、プレート間の相対運動やプレート境界周辺のひずみの蓄積等を把握するための海底地殻変動の観測データの不足が課題
- 今後も既設の観測点における観測を継続するとともに、南海トラフのトラフ軸付近や南西諸島海域等、海溝型地震が発生する領域をカバーするように**観測点の整備**を進める必要
- 現状では1回当たりの観測に長時間を要し、更に観測点を展開するためには、**観測の効率化**が必須
- 海中音速の不均質構造やその時間変化を補正する方法を改良するなど、**観測精度の向上**に向けた技術開発も必要

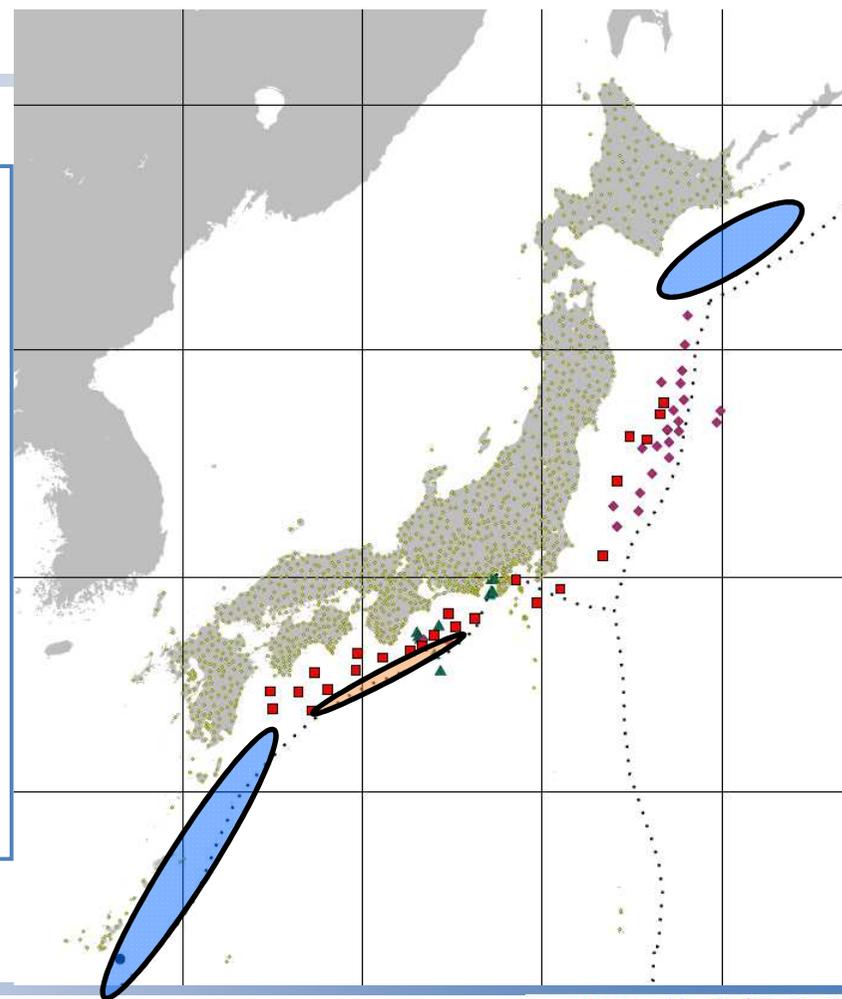
## 観測点の整備

### 調査観測計画

海上保安庁及び大学により、日本海溝及び南海トラフの陸側海域を中心に観測点が設置され、観測が行われている。

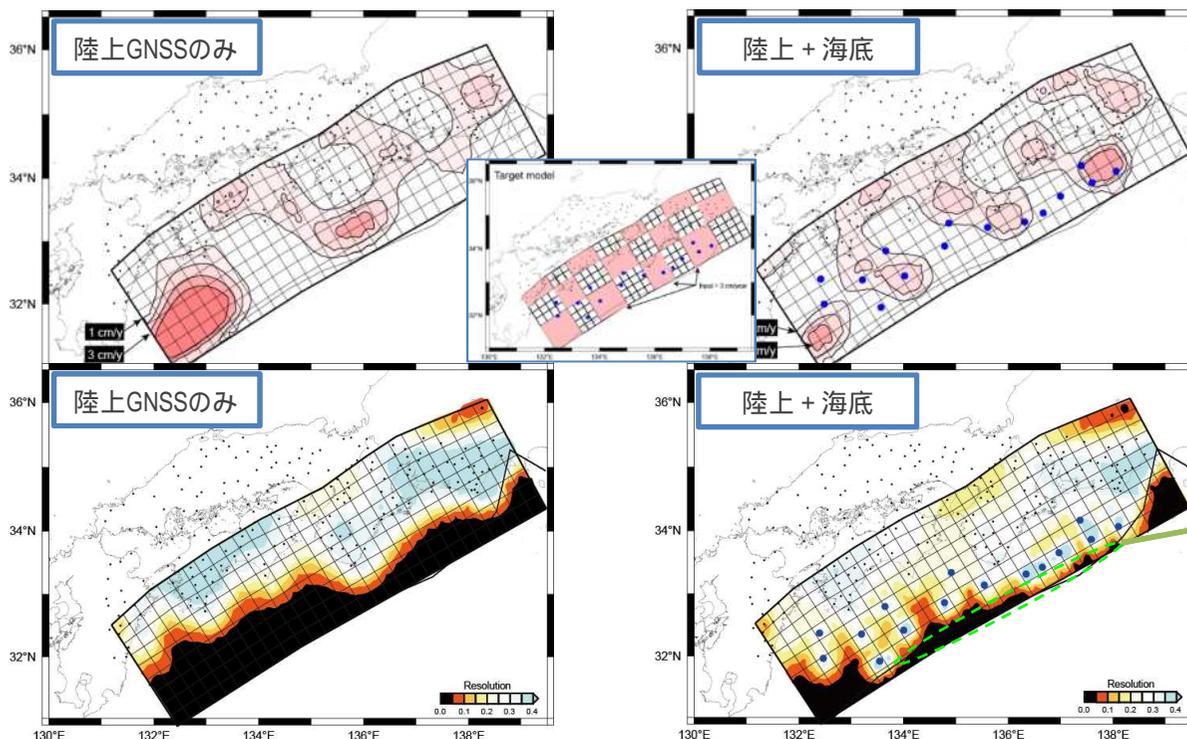
海上保安庁は、海溝型地震の想定震源域をカバーするように、海岸線に平行して100km 間隔で日本海溝、相模トラフ、南海トラフ、南西諸島海溝、千島・カムチャツカ海溝、日本海東縁部において観測点を整備し、観測を行う。特に、日本海溝及び南海トラフについては、海溝軸付近を含め更に密度の高い観測を行う。また、海上保安庁及び大学等は、巨大地震が想定されるなど早急に観測結果を取得する必要がある地域については、期間を区切っての繰り返し観測を進める必要がある。

今後、海上保安庁及び大学等は、さらなる観測点の展開にむけて、観測時間の短縮化や高精度化のための技術開発を進める。



# 観測点の整備

## 南海トラフにおけるすべり分布推定の解像度テスト



### 調査観測計画

特に、日本海溝及び南海トラフについては、海溝軸付近を含め更に密度の高い観測を行う。

### 南海トラフの地震活動の長期評価（第二版）

トラフ軸付近は、東北地方太平洋沖地震でも明らかのように、大きな津波を引き起こす可能性があるが、地殻変動の観測はほとんど行われていない。

今後、既存の観測点における海底地殻変動のデータを蓄積するとともに、トラフ軸に近い領域を含め、観測データの時空間密度を向上させる必要がある。

15点の海底観測点により  
沖合の解像度が向上したものの  
トラフ軸付近では解像度が低い

# 観測の効率化

観測網の強化

運用上の問題点

測量船で観測の都度現場に赴く必要があり、観測時間に制限がある

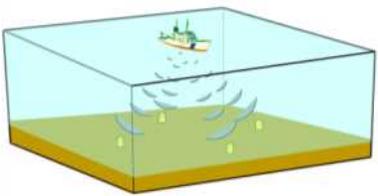
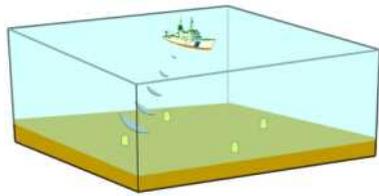
調査観測計画

今後、海上保安庁及び大学等は、さらなる観測点の展開にむけて、観測時間の短縮化や高精度化のための技術開発を進める。

精度を保ちつつ観測時間を減少させる手法の開発

現状：1局ごとに送受信

新手法：複数局まとめて送受信



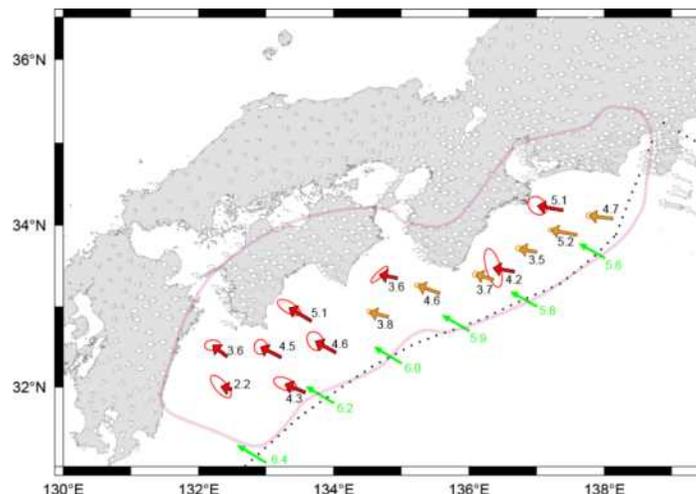
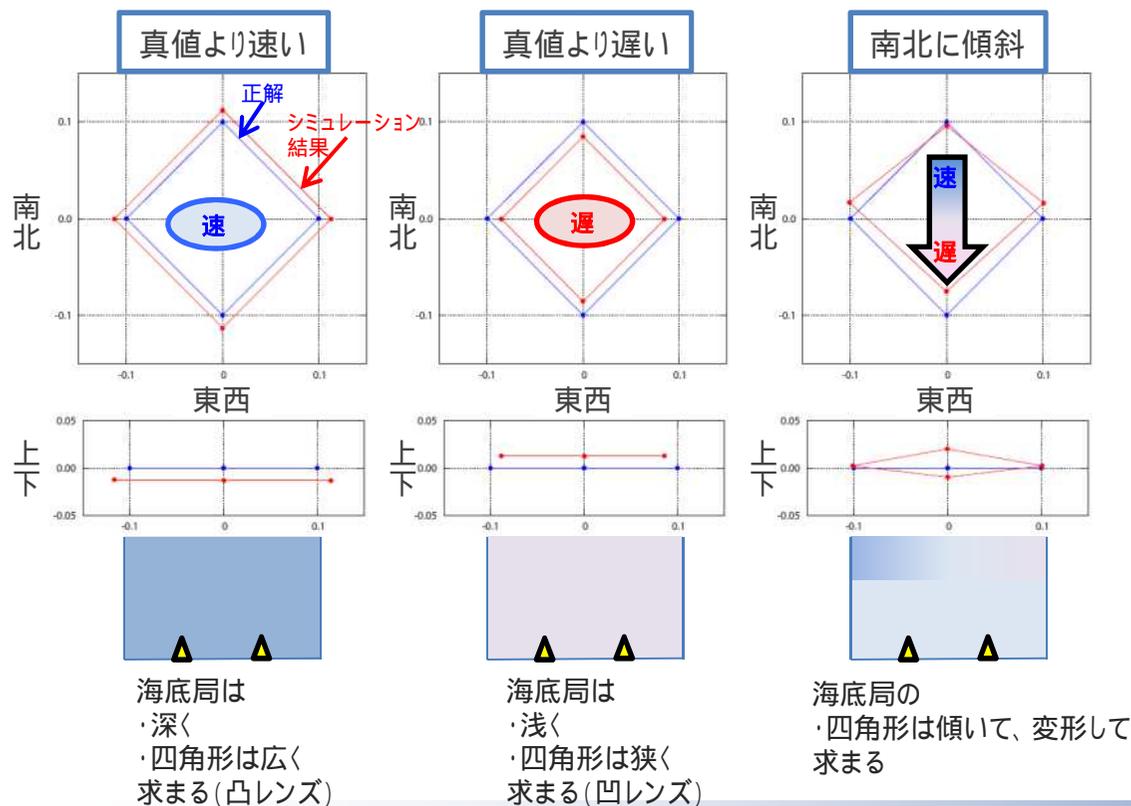
2015年12月に試験観測を実施

# 観測精度の向上

GPS-A観測の最大の誤差要因 = 海中の音速度構造

過去の観測データ  
数値シミュレーション

誤差要因の解析

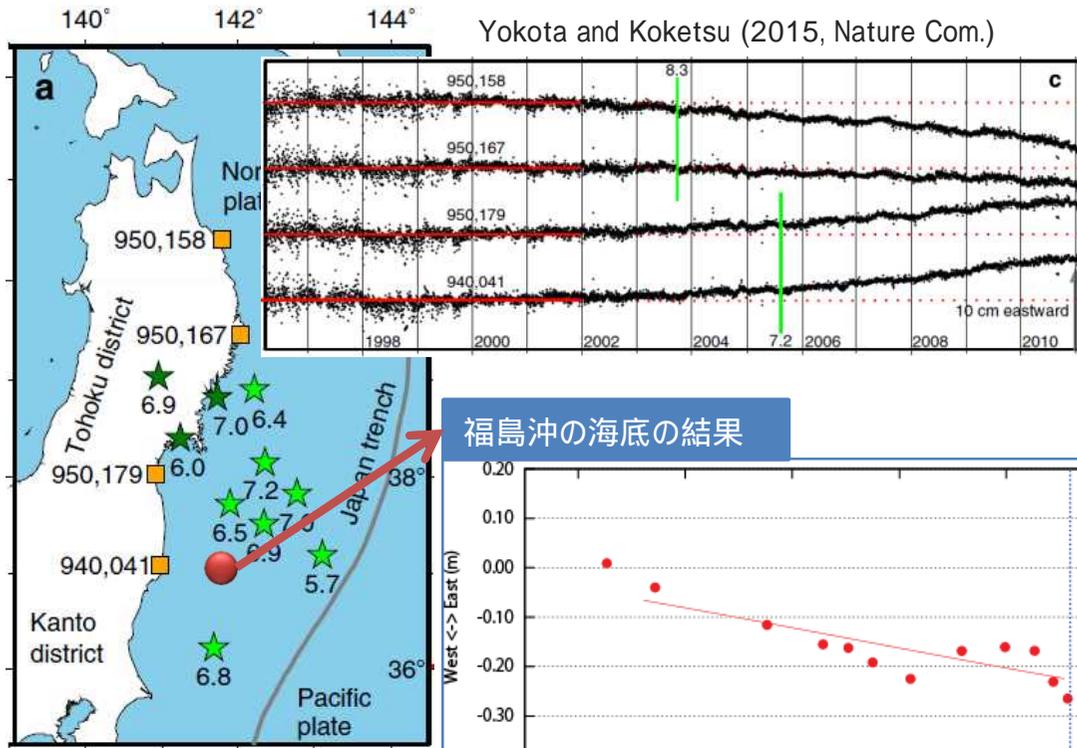


黒潮の流軸に垂直な方向に誤差楕円が向く傾向

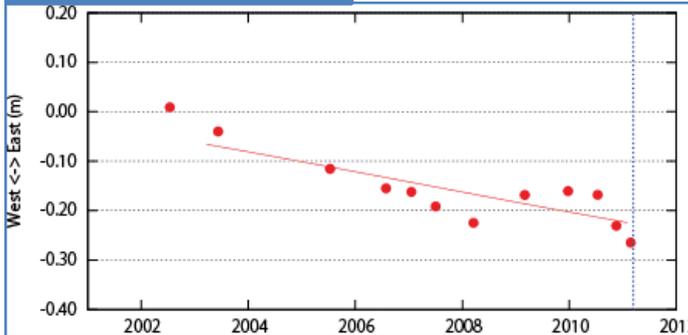
音速(水温)の傾斜による誤差を示唆

# 観測精度の向上と高頻度化: 非定常な変動への対応

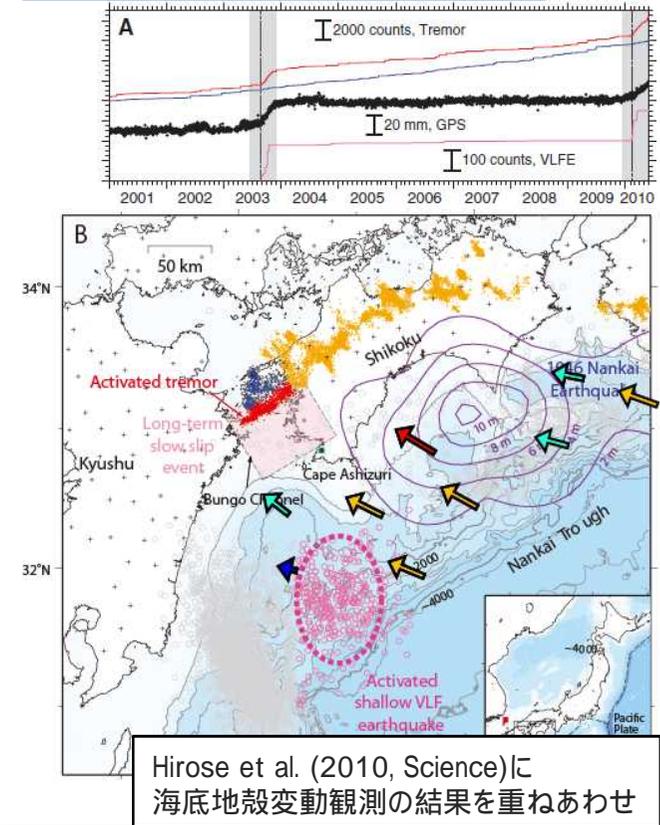
東北地方太平洋沖地震前の地殻変動の長期変動



福島沖の海底の結果

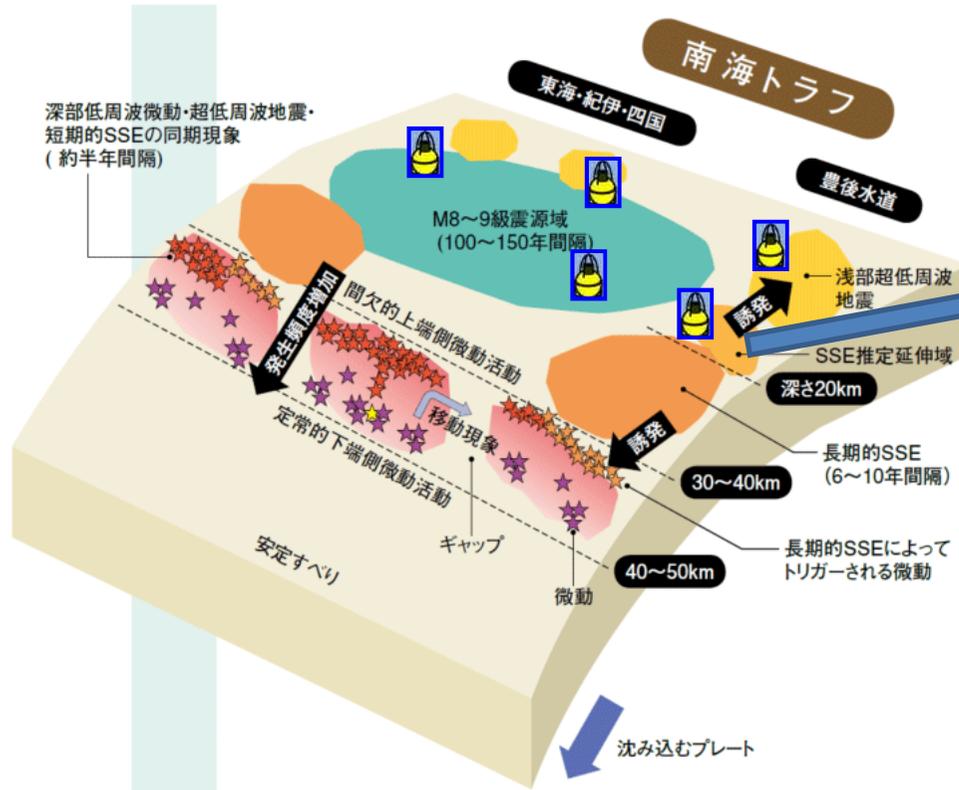


豊後水道の長期的スロースリップ

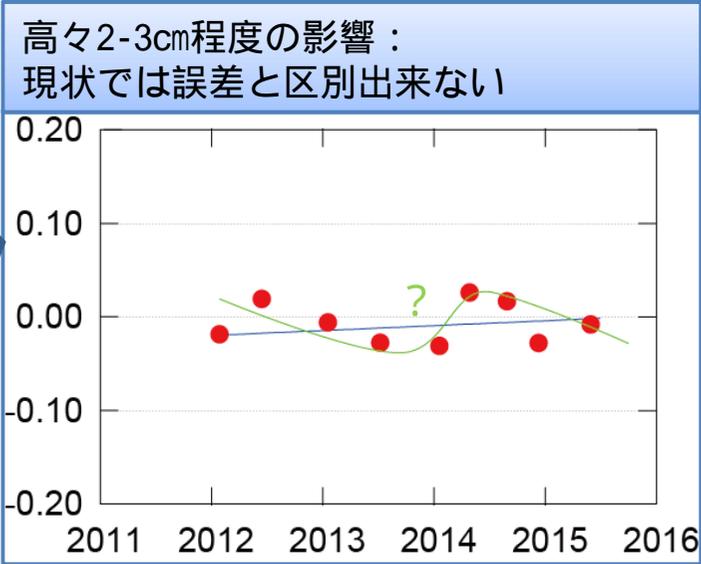


Hirose et al. (2010, Science)に海底地殻変動観測の結果を重ねあわせ

# 観測精度の向上と高頻度化：非定常な変動への対応



(東大地震研web, Obara [2011]など)



より多様な地殻変動現象を捉えるため

今後の高精度化・高頻度化が必要