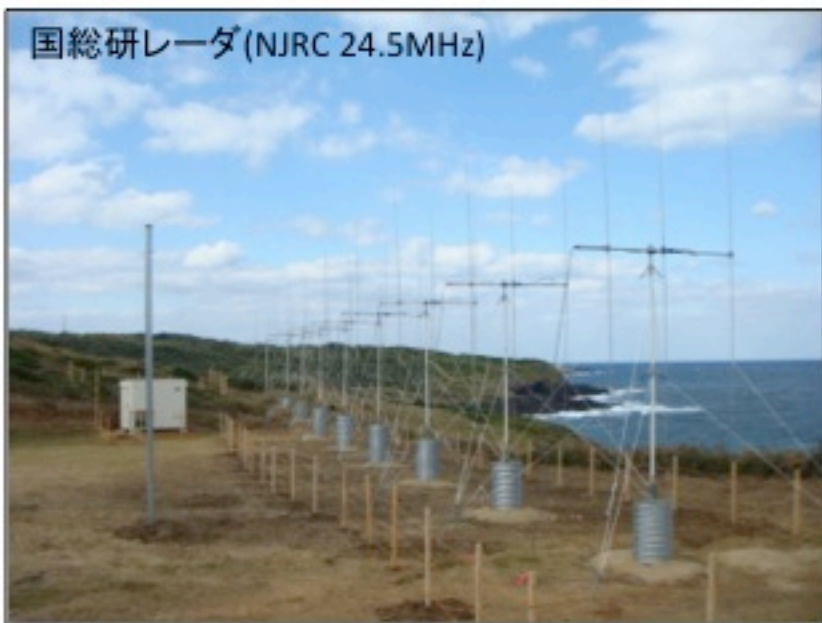
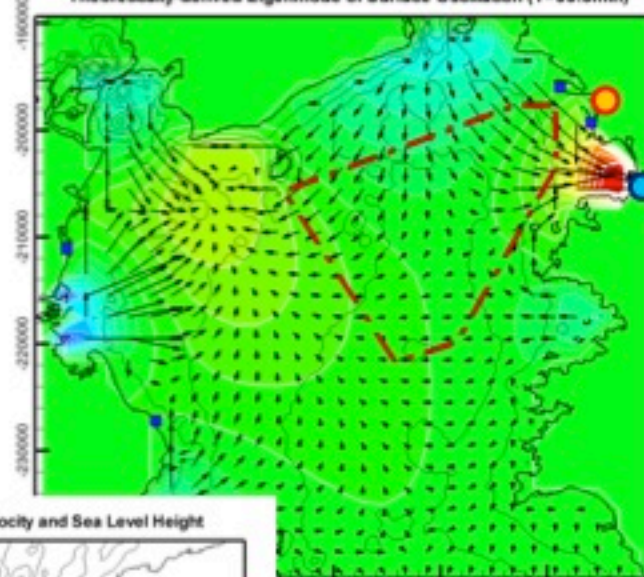


国総研レーダ(NJRC 24.5MHz)

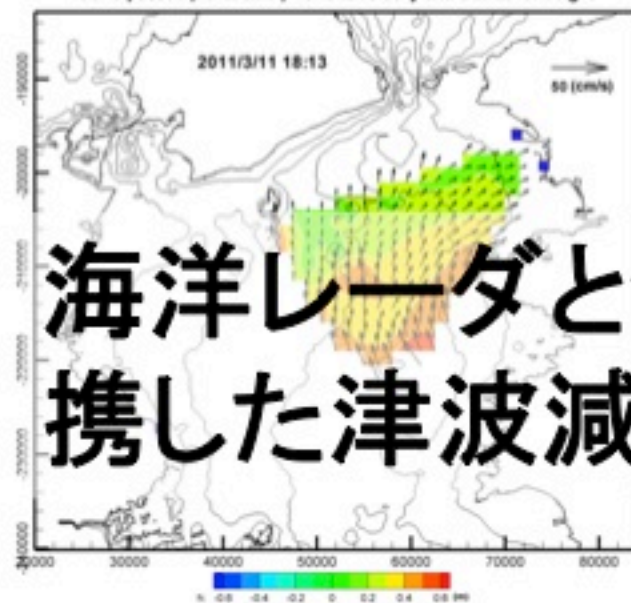


2011年3月11日には周期35分のモードが発達

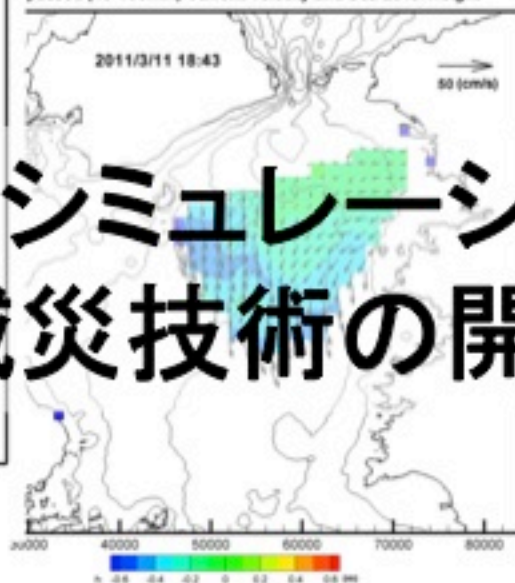
Theoretically-derived Eigenmode of Surface Oscillation (T=33.5min)



Band-passed (40-100min) Current Velocity and Sea Level Height



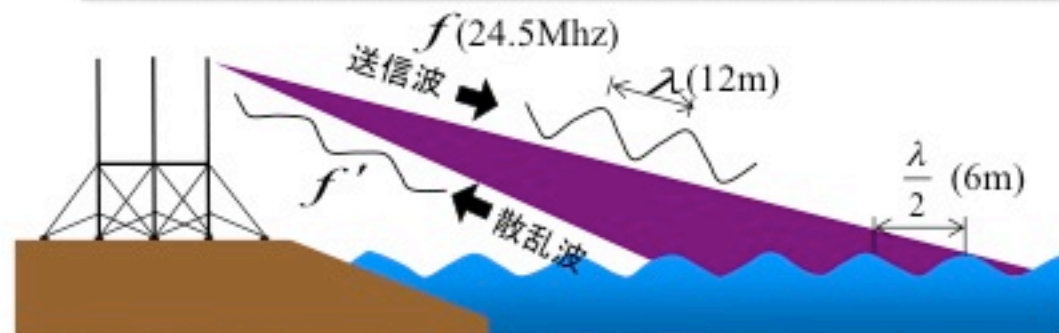
passed (40-100min) Current Velocity and Sea Level Height



海洋レーダとシミュレーションが連携した津波減災技術の開発

海洋レーダ：ドップラーシフトを使って 数10～200km沖までの海面流速を計測

送信波はその半波長の表面波によって強く散乱される(Bragg散乱)



送信波 (周波数: f , 波長: λ)

ドップラー効果

散乱波 (周波数: f' , 波長: λ)

ドップラーシフトはレーダーに
近づく/遠ざかる波の
移動速度で決まる

C は表面波の波長
で決まる

ドップラーシフトから波の効果(C)
を引けば流れの効果(V_c)

$$\Delta f = \frac{2V}{C_r} f$$

$$C = \frac{gT}{2\pi} = \sqrt{\frac{gL}{2\pi}}$$

$L = 6\text{m} \Rightarrow C = 3\text{m/s}$

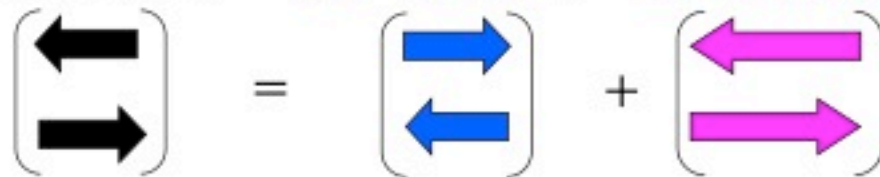
理論により決定

観測値

波の移動速度 V

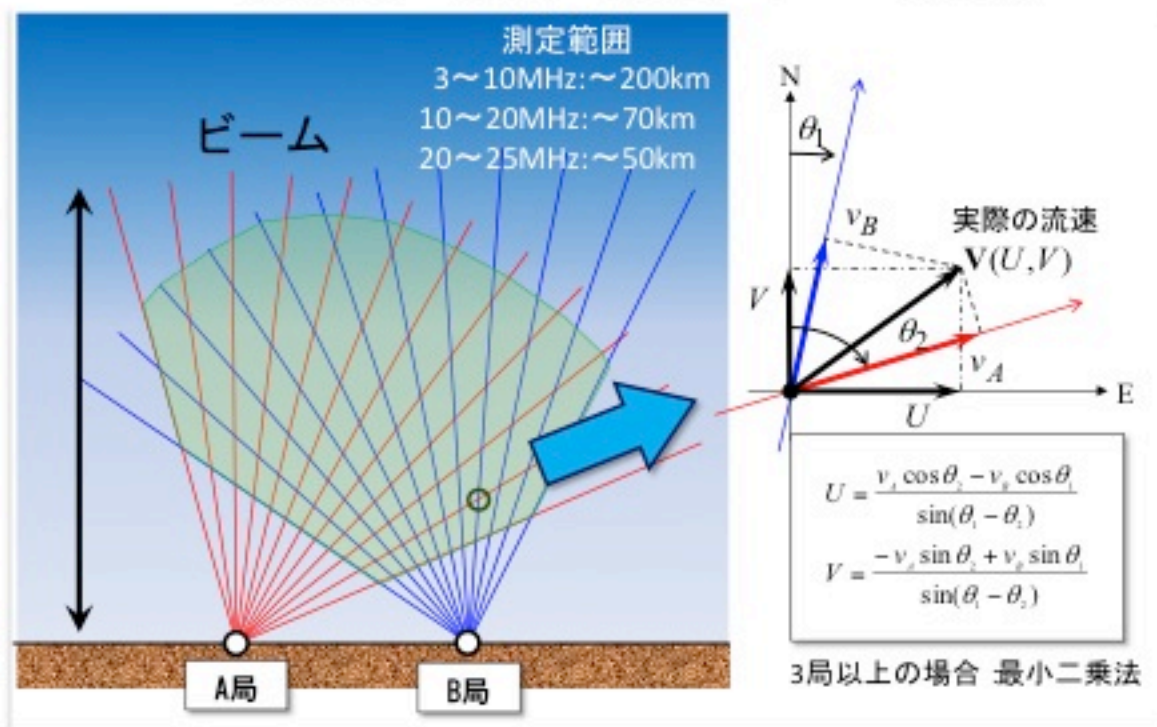
求めたい流速
流れの速度 V_c

波の位相速度 C

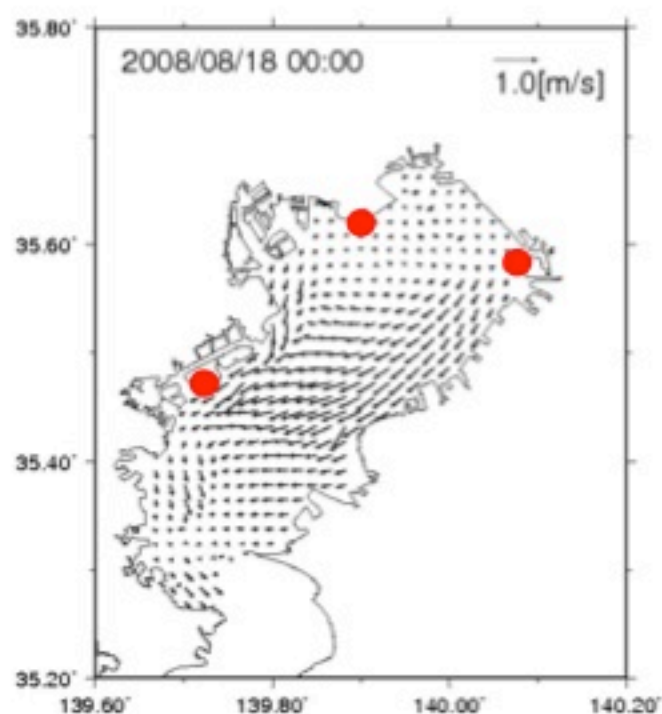


海洋レーダ：複数局で流速ベクトルを計算

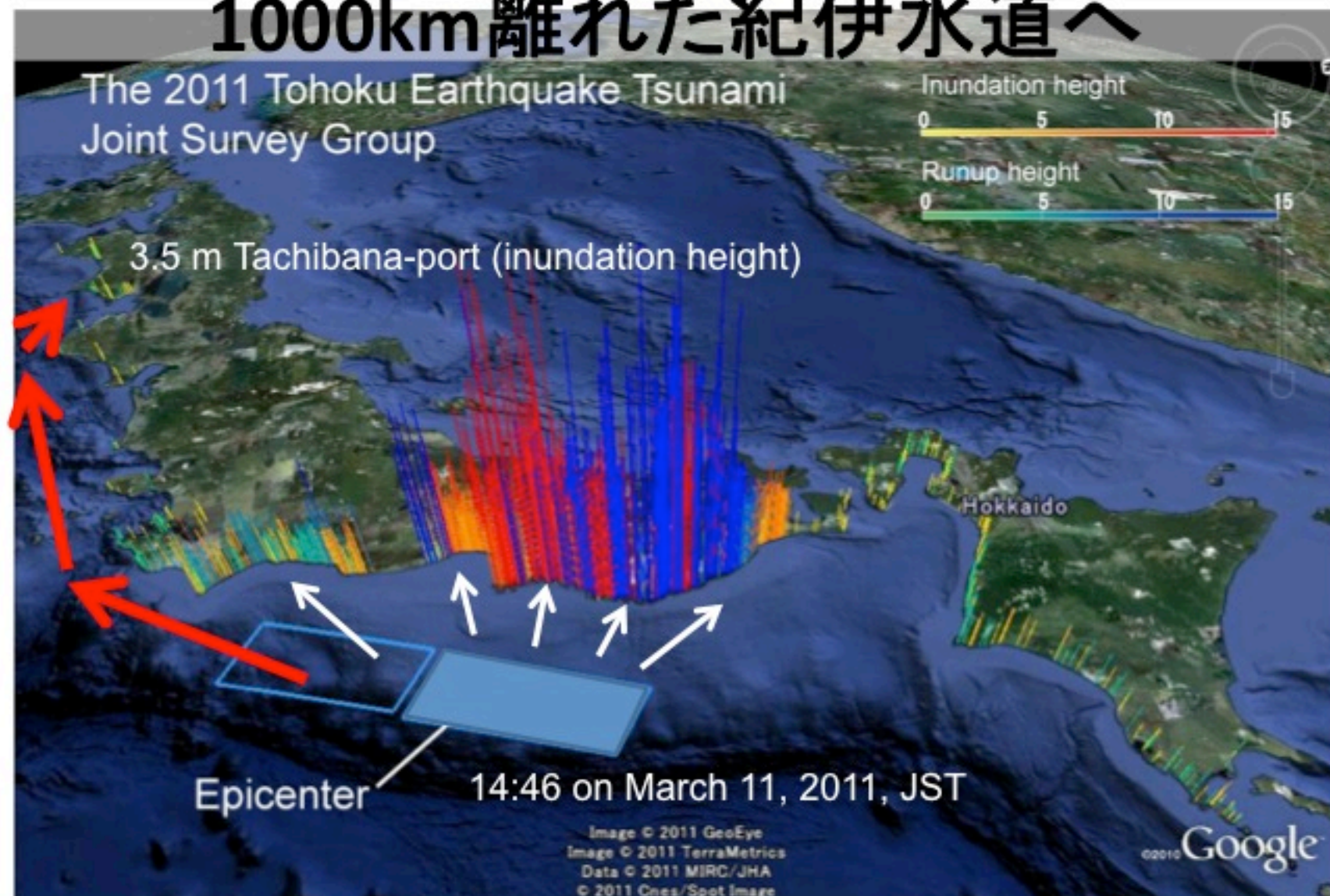
1局でビーム（視線）方向の流速を計測
→ 複数局の結果で流速ベクトルを計算



3局のレーダで東京湾
全域をカバー

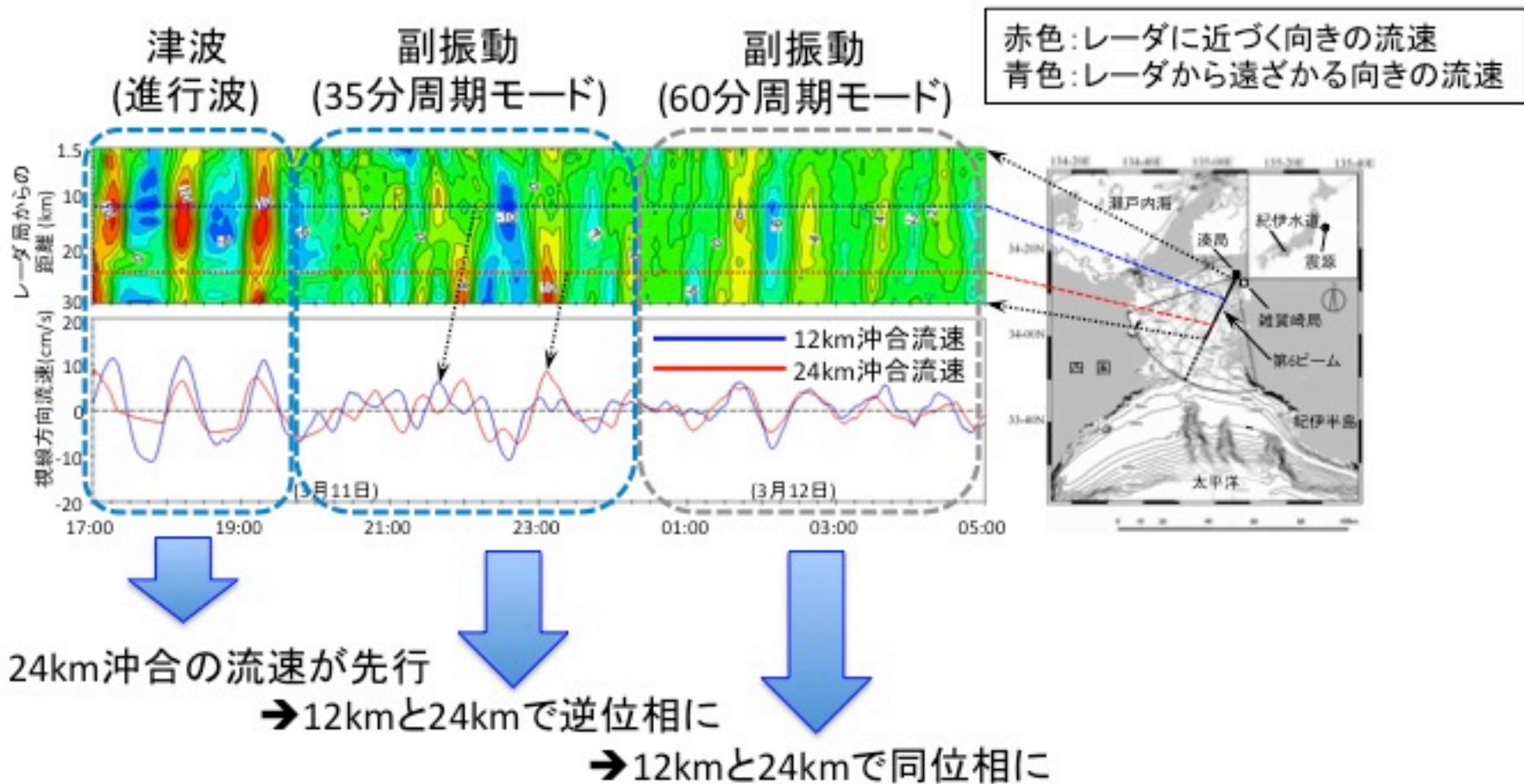


東北地方沖で発生した津波は 1000km離れた紀伊水道へ

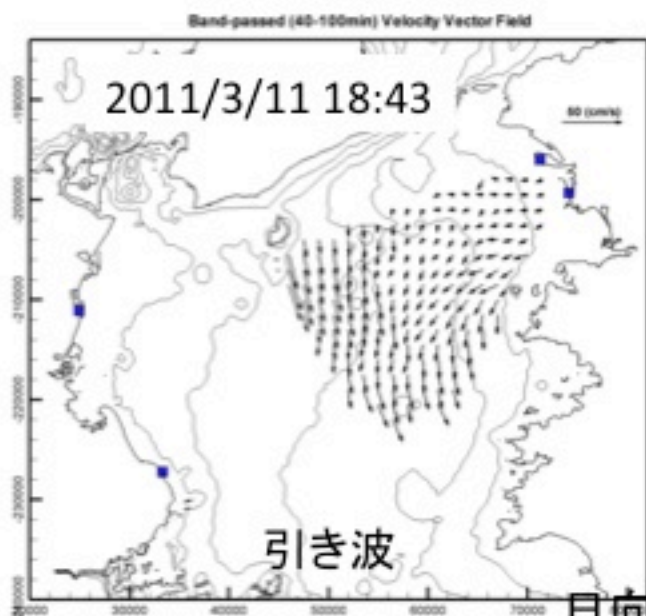
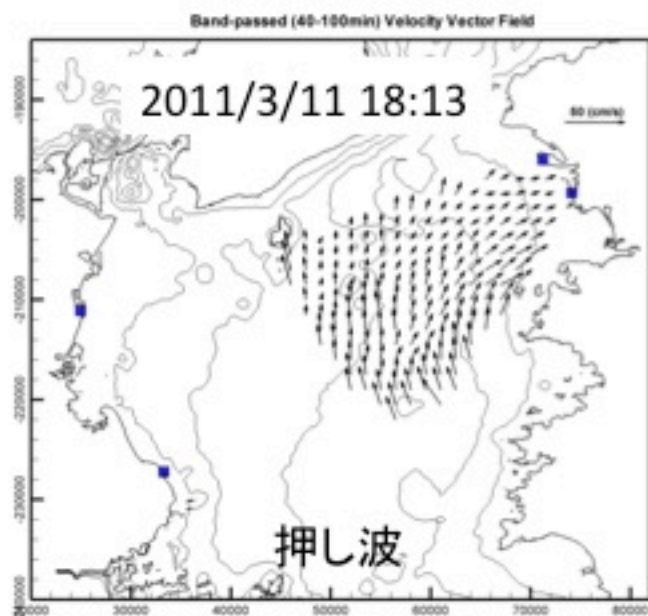
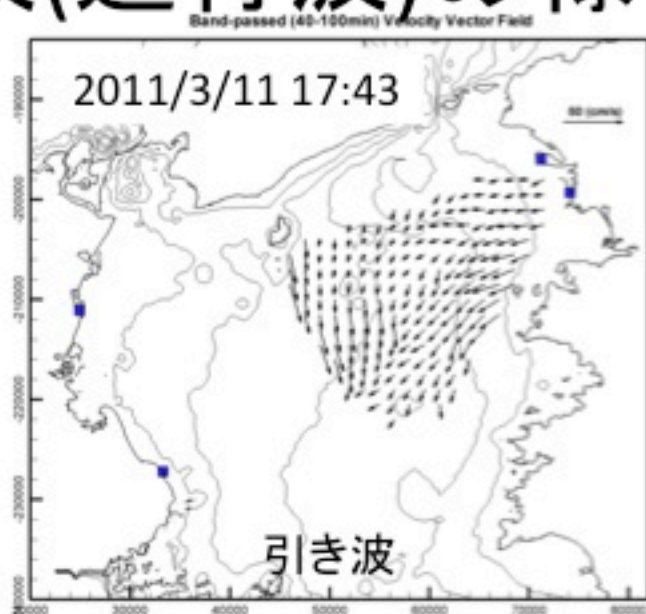
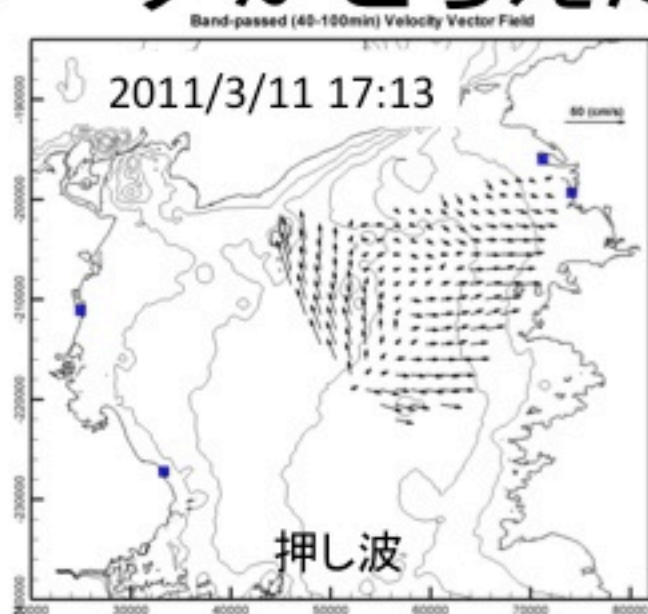


津波(進行波)→副振動へ

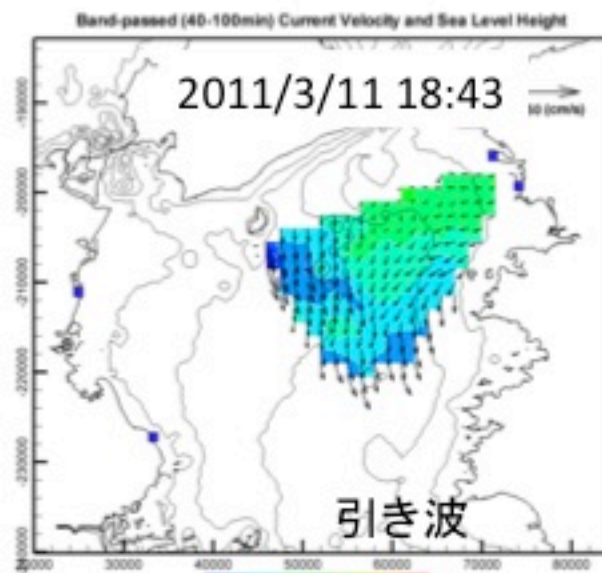
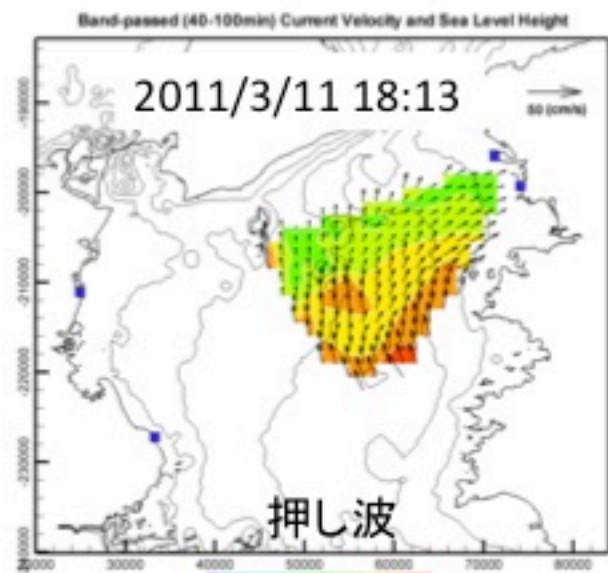
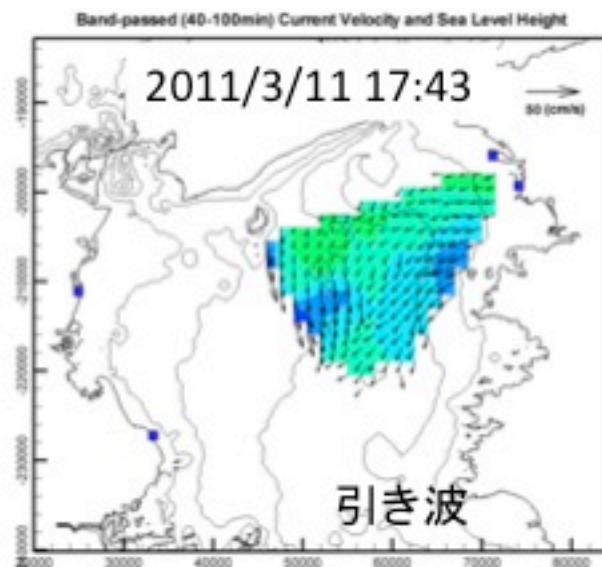
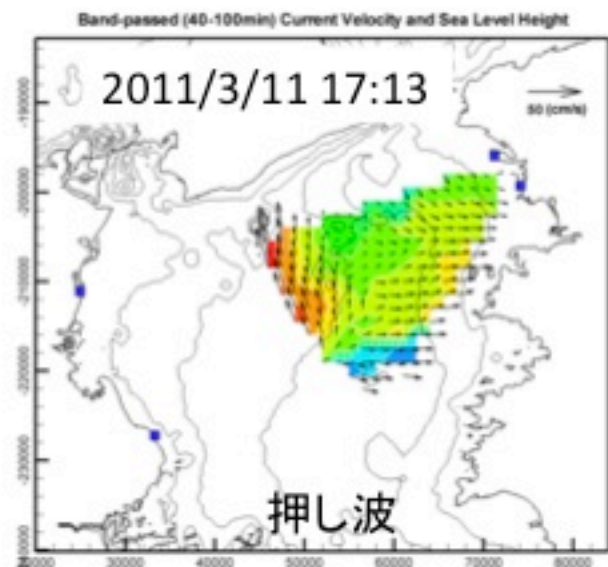
和歌山北部に設置したレーダの中心ビームの視線方向流速



レーダがとらえた津波(進行波)の様子



流速分布から水位分布も計算可能



線形長波の仮定

$$u = \frac{C}{h} \eta$$

$$= \sqrt{\frac{g}{h}} \eta$$

-60cm +60cm

-60cm +60cm

日向ら, (2012)

レーダでとらえた副振動パターン 理論計算結果と一致

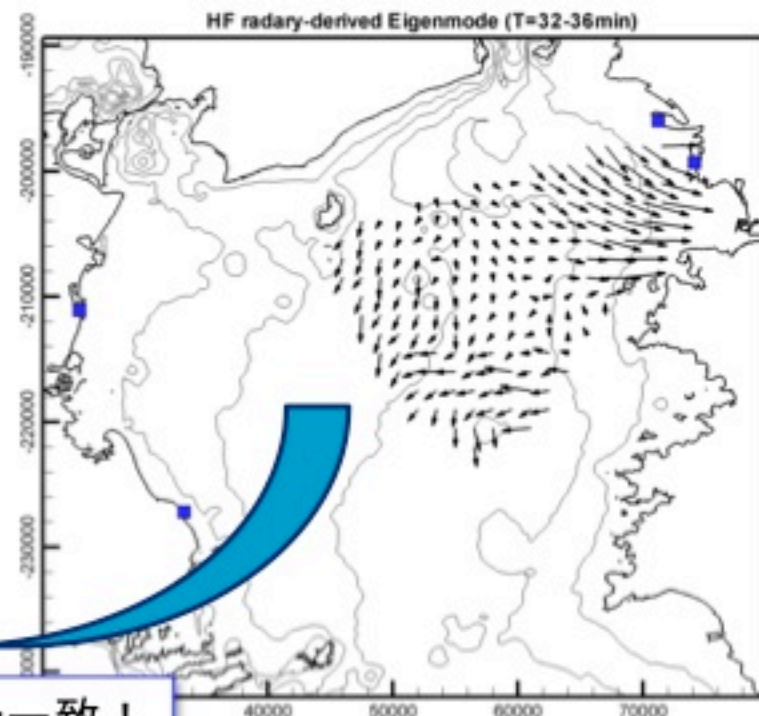
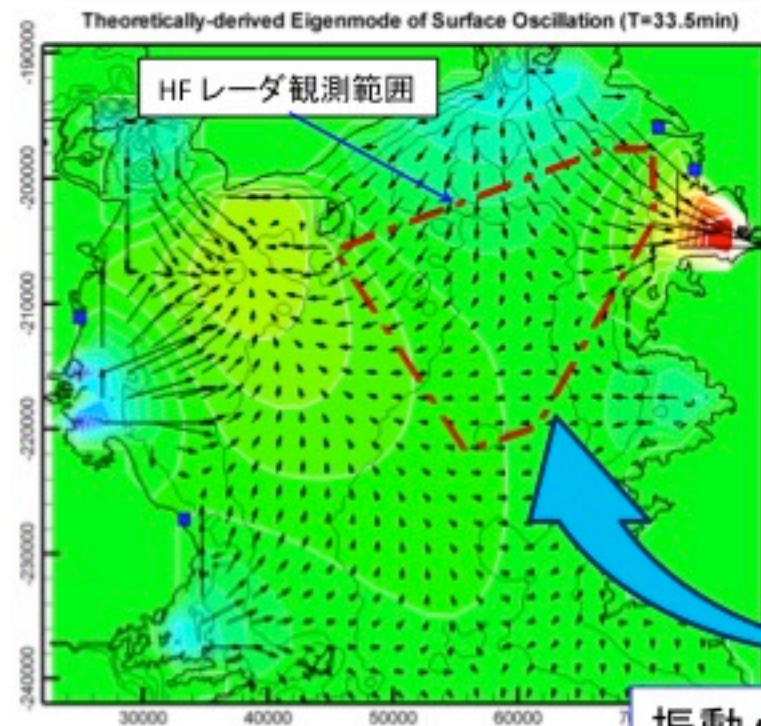
線形長波方程式→差分化→固有値問題

$$\begin{cases} \frac{\partial^2 \phi}{\partial t^2} = g \nabla \cdot (h \nabla \phi), \\ \phi = \phi(x, y) e^{i\omega t} \text{ (velocity potential)} \end{cases} \quad \Rightarrow \quad \nabla \cdot (h \nabla \phi) = -\frac{\omega^2}{g} \phi$$

(Loomis, 1973, 1975)

理論的に計算された33.5分周期
の副振動モード

レーダで観測された
35分周期副振動モード



振動パターン一致！

2局のレーダが東北にあったと仮定

→津波初期波形を推定することは出来たか？

地震波解析から推定された初期水位分布

2局の仮想レーダから初期水位分布を精度よく推定



agree well!

900km

海洋レーダ (仮想配置)

● VR (Variance Reduction) 検証地点
(GPS波浪計実設置地点)

□ VR検証地点

地震・津波発生時における 海洋レーダ活用シナリオ案

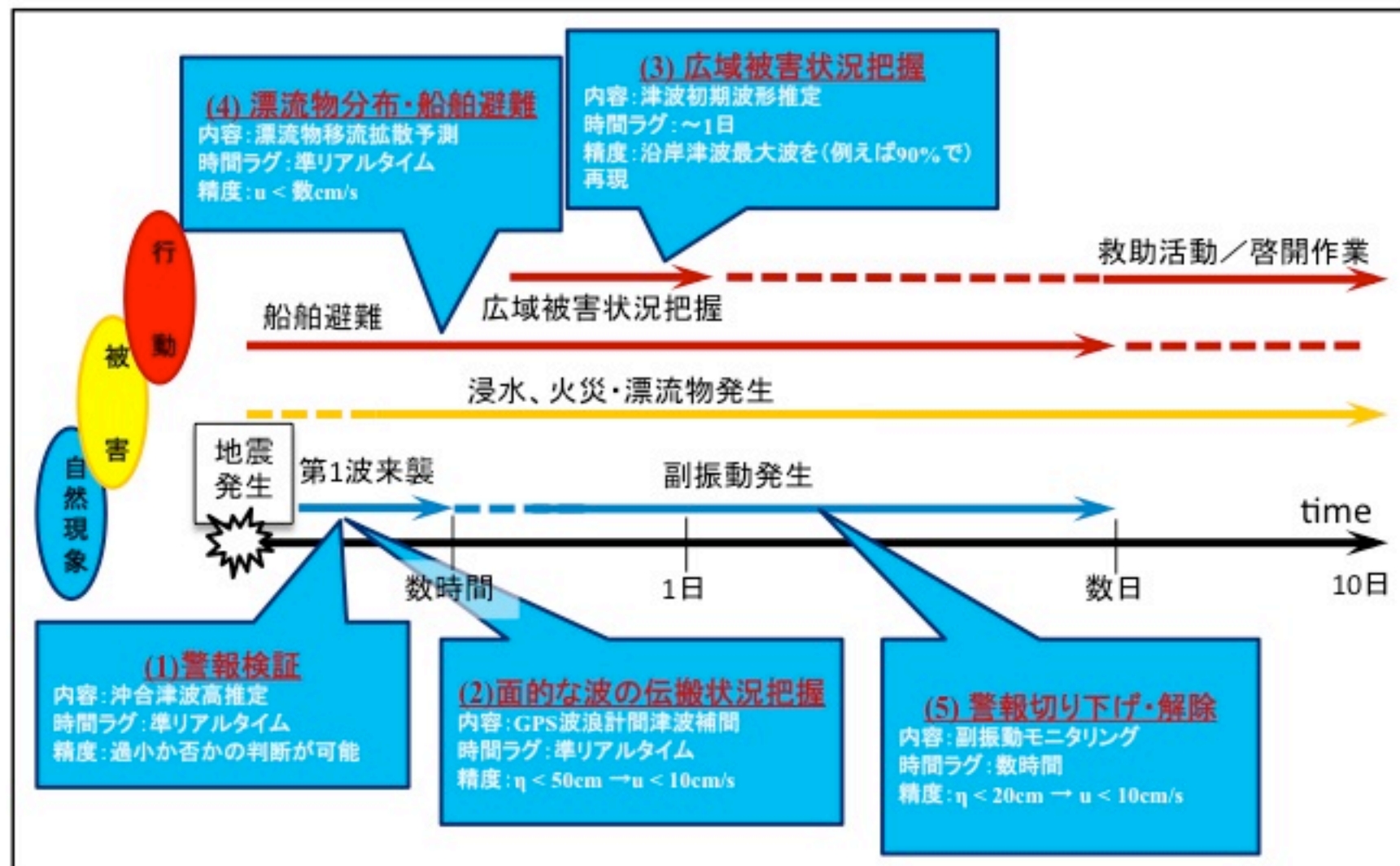
1. 沖合の流速データの活用方法

- (1) 伝搬してくる津波を計測 → 警報が適正か判断
- (2) 沖合の波高計間の波高分布を推定 → 警報が適正か判断
- (3) 津波初期水位分布を逆推定 → 数値モデルの初期条件
→ 広域被災状況の把握

2. 沿岸部の流速データの活用方法

- (4) 漂流物・危険物の移動予測 → 船舶へ情報提供
- (5) 副振動の減衰状況を把握 → 警報解除に向けた情報提供

時系列で見た海洋レーダ 活用シナリオ案



研究体制

関西大学平成24-25年度 研究拠点形成支援経費

「東日本大震災を踏まえた観測およびシミュレーションが連携した津波減災技術の開発
(代表者:高橋智幸)」

三菱財団研究助成平成25-26年

「陸上設置型遠距離レーダ開発に基づく津波初期波形の直接計測(代表者:日向博文)」

海洋レーダ
(琉大・NICT・国総研)

GPS波浪計
(関大・国総研)

津波

警報の過小評価防止
激甚被災地の探索

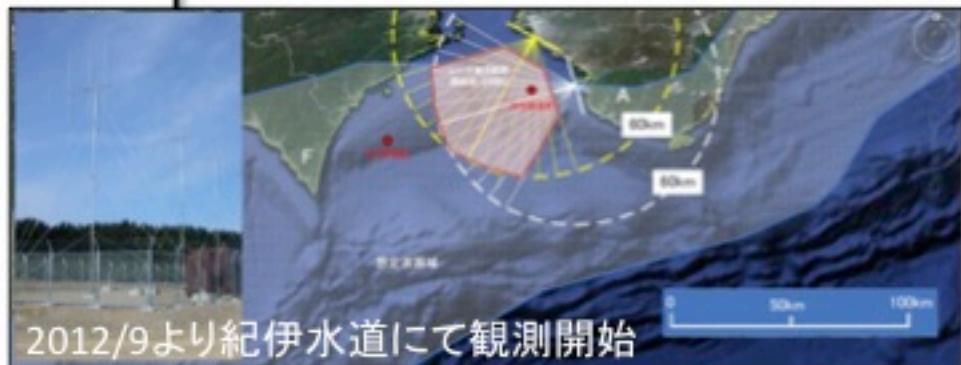
津波波源・伝搬シミュレーション
(関大・国総研)

ユーザーインターフェース
(関大)

行政の防災担当者

協力企業
国際航業
長野日本無線

情報交換
東北大
気象研



2012/9より紀伊水道にて観測開始