

有明海においてレーダ観測で得られた分潮成分を用いたモデルのパラメータ推定

一財)電力中央研究所

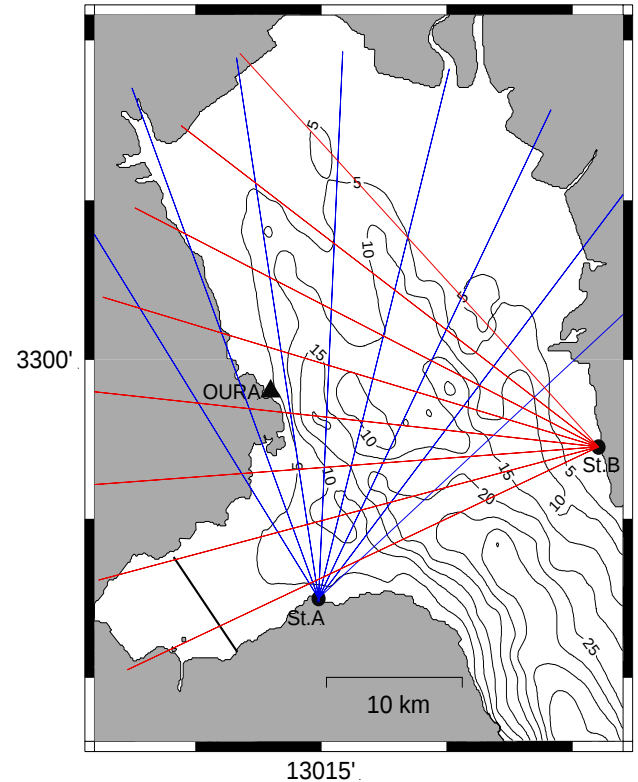
坪野考樹, 三角和弘, 津旨大輔

目次

- 背景
- 解析法など(観測, モデル, Green func)
- 結果
 - RMS
 - 内挿
- まとめ
- 反省点
 - 解像度と18.6年

背景1(海洋レーダ)

- 海洋レーダの特徴(時間・空間的に詳細データ)
- 有明海諫早湾口前面, 長崎大学と共同で観測(07年)
- 諫早湾口近傍の有明海の半日周潮について検討(08年)



背景2(レーダ結果の同化)

レーダは視線流速,

- 2方向必用.(重なった領域)
- 重ならない1方向は捨てる?
- ない所は分からない.

データ同化の前, 最も尤もらしい計算が望ましい.

- 視線方向流速の精度の比
- モデルのパラメータ.

14年度の試み:M2分潮卓越(湾内)

- 外力が分かりやすい.
- 調和解析は平均操作(観測結果のノイズを少なく出来る)

グリーン関数で視線流速M2成分を制約条件として, 2次元モデル(ROMS)のパラメータを推定

- 物理的内挿.

14年度の発表

- 1) 視線流速と潮位のM2分潮を拘束条件で, 外力と物理パラメータを推定
→ (RADA Data => Green Function's => ROMS)
- 2) 外力と潮位・潮流
→ 抗力で潮位と潮流の位相差が.
- 3) 誤差情報
→ 重ならない領域も積極的に使えそう.
→ 今後のデータ同化で使える.
→ 湾口や小山付近は, 3Dモデルで少し検証が必要か.
→ M2(潮汐)は分かりやすい故, 誤差の比が見やすいかも(湾).
- 3) 物理的内挿
→ 重ならない領域も見える.

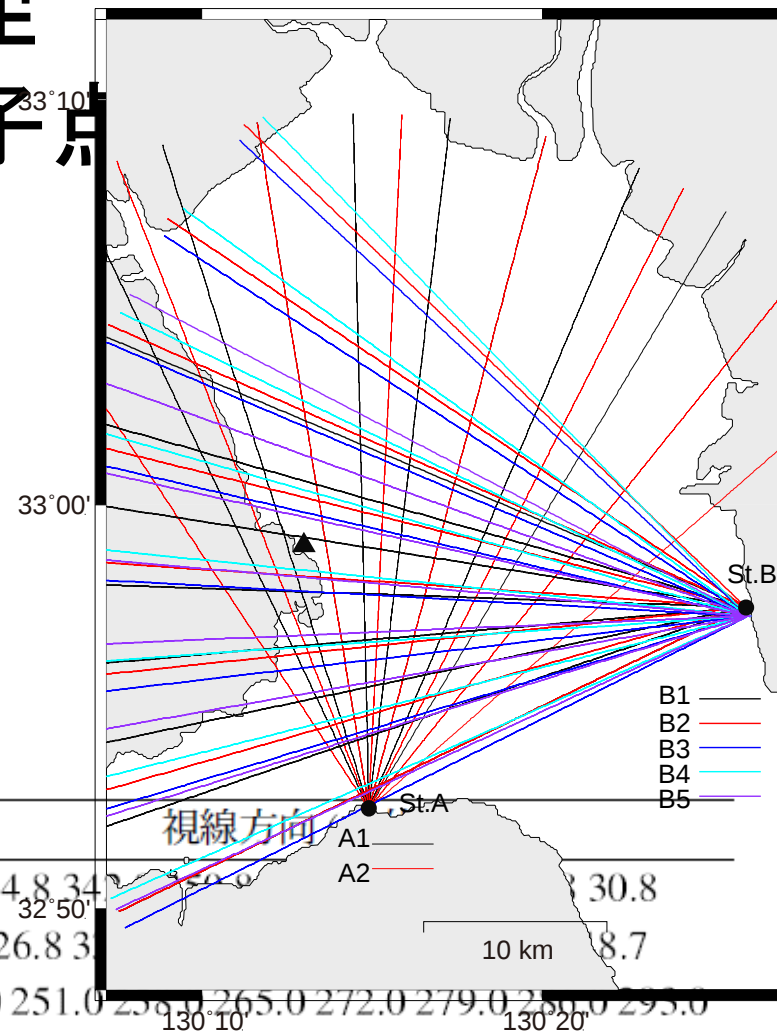
目的

- 1) その他の分潮も使うと、パラメータの一般性が向上
→ (RADA Data => Green Function's => ROMS)
 - 2) 外力と潮位・潮流(M2だけか?)
→ 抗力で潮位と潮流の位相差が.
 - 3) 誤差情報
- ・ ちなみに、昨年度はAGUで来れませんでした。が、ReUse GFA (Toyoda, 2013)を試しまして、より早く停留値が得られることを確認しました。
 - ・ ただし、今回は一般のGFAを使っています。理由は、境界条件である観測値が多くて、大変だったためと、計算時間がそれほどかからないためです。

観測結果処理

レーダの位置と格子点

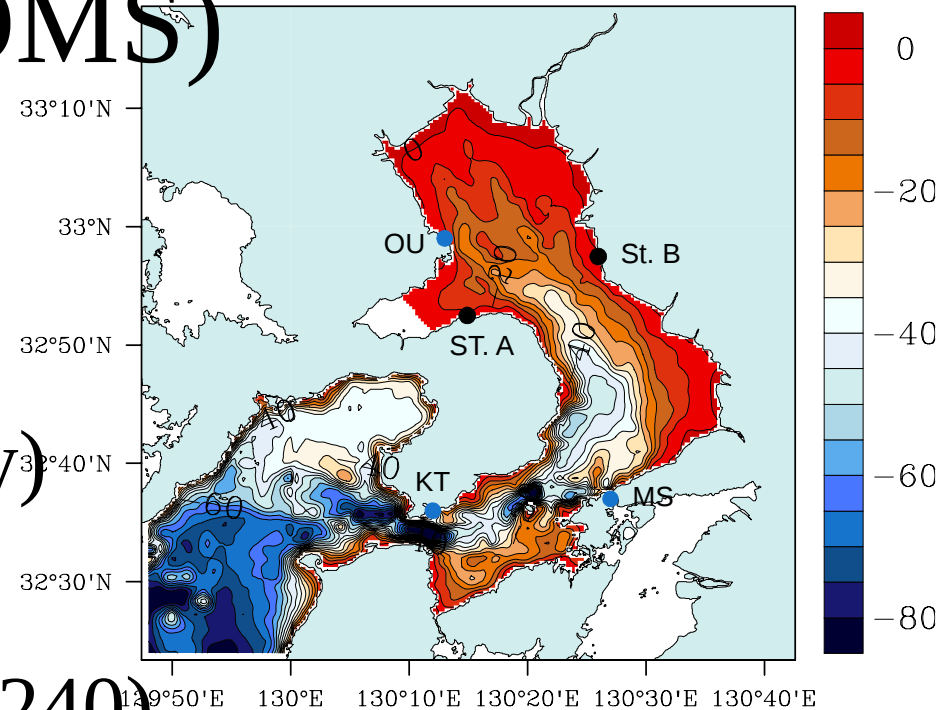
- ・ 観測2005-2008
- ・ 30分間隔、500m
- ・ レーダの位置・向きが異なる.
- ・ 視線流速を4分潮 (M2, S2, K1, O1)
- ・ 3点の水位 (三角, 大浦, 口之津)



観測番号	観測期間	観測位置 °(E,N)	
A1	2005/08/18-2006/12/03	130.2484, 32.8748	334.8 34.8
A2	2006/12/08-2008/03/01	130.2481, 32.8748	326.8 34.8
B1	2005/08/23-2006/12/03	130.4328, 32.9578	244.0 251.0 258.0 265.0 272.0 279.0 286.0 293.0
B2	2006/12/08-2007/04/26	130.4329, 32.9578	244.0 254.0 264.0 274.0 284.0 294.0 304.0 314.0
B3	2007/04/28-2007/06/01	130.4338, 32.9543	243.3 253.2 263.3 273.2 283.2 293.2 303.2 313.2
B4	2007/06/05-2008/01/15	130.4338, 32.9543	246.0 255.9 266.0 275.9 285.9 295.9 305.9 315.9
B5	2008/01/17-2008/02/29	130.4338, 32.9543	245.0 252.6 260.0 267.5 275.0 282.6 290.0 297.6

数値モデル(ROMS)

- 2次元モデル(Wet & Dry)
- 計算領域(GEBCO)
- 格子間隔(1/60,1/120,1/240)
- 開境界(4分潮) TPXO6.2(Egbertら, 02)(1/4から内挿)
- 初期0から45日計算:最後の15日調和分解(80%Wetな場所)=>潮位+視線方向分潮



Green Function's approach1 (Menemenlisら05)

目的関数

$$J = \frac{1}{2}(\mathbf{M}(\mathbf{x}) - \mathbf{y})' \mathbf{R}^{-1}(\mathbf{M}(\mathbf{x}) - \mathbf{y}) \quad (3) \quad \frac{dJ}{d\mathbf{x}} = \left(\frac{d\mathbf{M}}{d\mathbf{x}}\right)' \mathbf{R}^{-1}(\mathbf{M}(\mathbf{x}) - \mathbf{y}) \quad (4)$$

$\mathbf{M}(\mathbf{x})$ 制御変数から出力(観測と同じ)への関数

$\mathbf{R}$ 観測結果の重み(精度などによる)

$\mathbf{M}(\mathbf{x})$ の勾配と

$\mathbf{M}(\mathbf{x})$ の近似

$$\frac{dM(\mathbf{x}_0)}{dx^j} \cong \frac{M(\mathbf{x}_0 + a^j \mathbf{e}^j) - M(\mathbf{x}_0)}{a^j} = \frac{\delta M(\mathbf{x}_0)}{\delta x^j} \quad (5)$$

$$\mathbf{M}(\mathbf{x}_0 + \mathbf{x}) \cong \mathbf{M}(\mathbf{x}_0) + \left(\frac{d\mathbf{M}(\mathbf{x}_0)}{d\mathbf{x}}\right) \mathbf{x} \quad (6)$$

最適化問題(停留値問題)

をそのまま解くと,

$$\frac{dJ}{d\mathbf{x}} = 0$$



$$\mathbf{x} = - \left(\left(\frac{d\mathbf{M}(\mathbf{x}_0)}{d\mathbf{x}} \right)' \mathbf{R}^{-1} \left(\frac{d\mathbf{M}(\mathbf{x}_0)}{d\mathbf{x}} \right) \right)^{-1} \left(\frac{d\mathbf{M}(\mathbf{x}_0)}{d\mathbf{x}} \right)' \mathbf{R}^{-1}(\mathbf{M}(\mathbf{x}_0) - \mathbf{y}) \quad (8)$$

$$\hat{\mathbf{x}}_0 = \mathbf{x}_0 + \mathbf{x} \quad (9)$$

$$\mathbf{x}_0^{l+1} = \mathbf{x}_0^l + \mathbf{x}^l \quad (10)$$

計算 $\mathbf{x} = (\text{td_mag}, \text{td_phase}, V_{sc}, C_d)$

- 外力である境界条件の潮位・潮流の大きさ
td_mag, 潮位と潮流の位相差td_phase, 粘性係数V_scおよび海底面の抗力係数C_d
- R_対角=(1:視線流速, 100:水位, 1000:x)
=>理由 数の比が(100, 3, 1)
- X_初期値= (1., 0., 5m²s⁻¹, 3.0 × 10⁻³)

$$C_d \times u \sqrt{u^2 + v^2}$$

$$J = \frac{1}{2} [\mathbf{M}(\mathbf{x}) - \mathbf{y}]^T \mathbf{R}^{-1} [\mathbf{M}(\mathbf{x}) - \mathbf{y}]$$

Green Function's approach2 (杉浦ら06)

- 1) 制御変数(解きたい変数)をある値にする.
- 2) 最小二乗法で観測結果と数値結果を比較: 目的関数
- 3) Green関数法で制御変数の勾配と長さを計算する.
- 4) 勾配と長さの内積を制御変数に足す.
- 5) 停留するまで計算を繰り返す.

最終的に得られる値;

開境界の潮汐, 水平粘性, 抗力係数

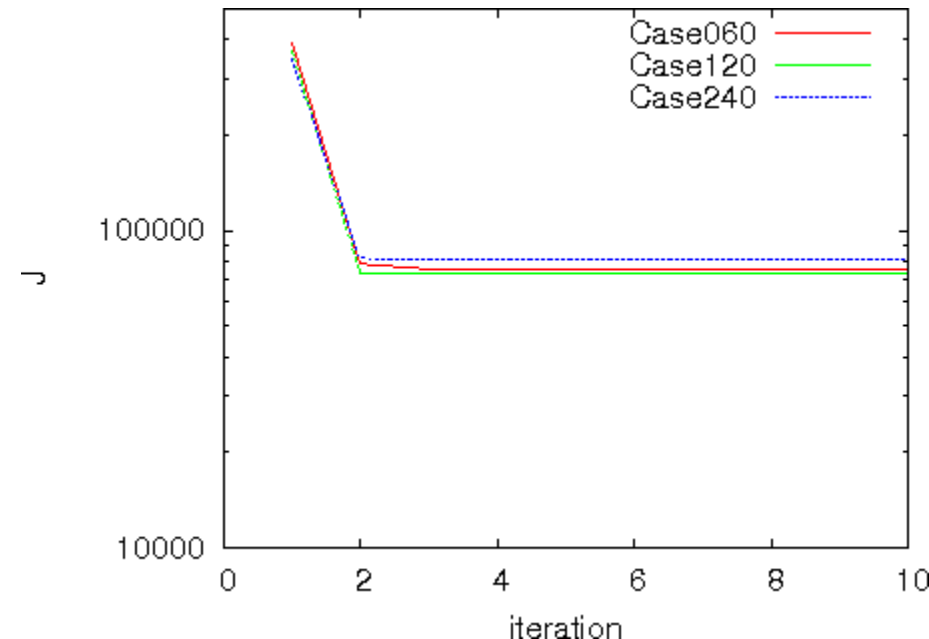
● ケース数:

解像度を変えたケース3 + 粘性係数を固定したケース3

反復回数とJ

- 10回反復
- 解像度に寄らず, 4回程度で同程度の値
- (1, 2回程度で終わる)

$$J = \frac{1}{2} [\mathbf{M}(\mathbf{x}) - \mathbf{y}]^T \mathbf{R}^{-1} [\mathbf{M}(\mathbf{x}) - \mathbf{y}]$$



推定された制御変数（粘性も推定）

- TPXO06の大きさ(S2以外), 位相はいじらなくてもよい.
- 外力とバランスする抗力は一定(解像度に依存しない)
- 粘性係数は $1 \sim 200 \text{m}^2\text{s}^{-1}$ 程度

Case	Mag M2	Lag M2	Mag S2	Lag S2	Mag K1	Lag K1	Mag O1	Lag O1	Vsc (m^2s^{-1})	Rdrg (10^{-3})
060	1.06	0.06	1.34	0.59	1.11	0.00	1.14	0.00	192	1.44
120	1.04	0.02	1.31	0.34	1.11	0.00	1.15	0.00	1.3	1.88
240	1.02	-0.02	1.30	0.79	1.11	0.00	1.14	0.00	70	1.82

推定された制御変数(粘性固定)

- 粘性係数は $50\text{m}^2\text{s}^{-1}$ 固定
- 固定と推定は変わらない. $\Rightarrow$ 粘性係数の感度小

固定

Case	Mag M2	Lag M2	Mag S2	Lag S2	Mag K1	Lag K1	Mag O1	Lag O1	Vsc (m^2s^{-1})	Rdrg (10^{-3})
060	1.05	0.09	1.29	-0.7	1.11	0.00	1.14	0.00	50_fix	1.84
120	1.03	0.11	1.29	0.02	1.11	0.00	1.14	0.00	50_fix	1.82
240	1.02	-0.05	1.30	1.07	1.11	0.00	1.14	0.00	50_fix	1.90

推定

Case	Mag M2	Lag M2	Mag S2	Lag S2	Mag K1	Lag K1	Mag O1	Lag O1	Vsc (m^2s^{-1})	Rdrg (10^{-3})
060	1.06	0.06	1.34	0.59	1.11	0.00	1.14	0.00	192	1.44
120	1.04	0.02	1.31	0.34	1.11	0.00	1.15	0.00	1.3	1.88
240	1.02	-0.02	1.30	0.79	1.11	0.00	1.14	0.00	70	1.82

誤差（初期と最後）

- 視線流速と水位のバランスが調整された。

	Case 060				Case120				Case240				
	M2	S2	K1	O1	M2	S2	K1	O1	M2	S2	K1	O1	
初期	4.4	2.7	1.5	0.8	4.4	2.7	1.5	0.8	4.6	2.8	1.5	0.8	視線流速
	8.5	9.4	2.1	2.2	6.8	9.1	2.1	2.3	5.6	9.1	2.1	2.3	水位
最終	4.4	2.4	1.6	0.7	4.1	2.3	1.6	0.7	4.3	2.3	1.6	0.7	視線流速
	1.5	1.9	0.7	0.4	1.1	2.2	0.8	0.5	1.2	2.1	0.7	0.5	水位
固定	4.3	2.4	1.6	0.7	4.1	2.3	1.6	0.7	4.3	2.4	1.6	0.7	視線流速
	1.4	2.2	0.7	0.5	1.2	2.1	0.7	0.5	1.2	2.2	0.7	0.5	水位

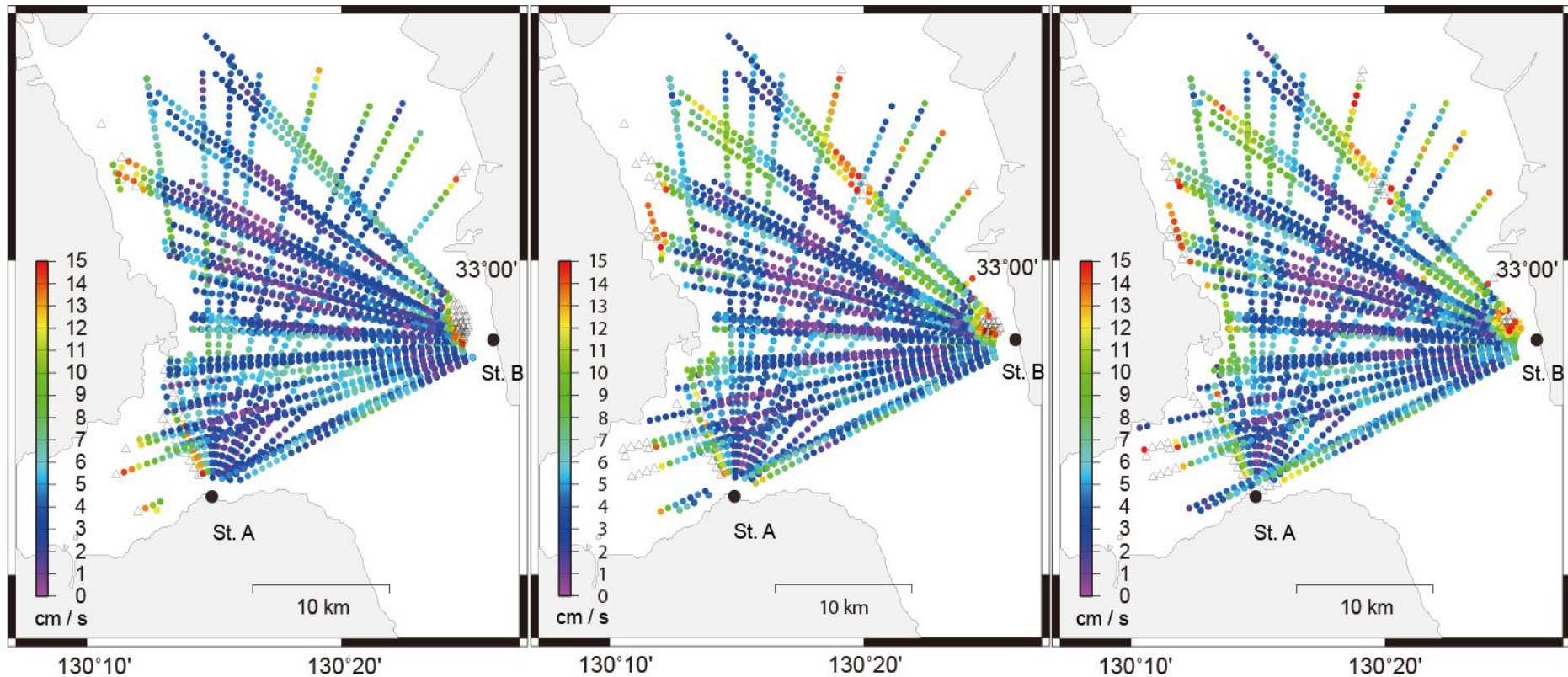
RMSE(M2 視線流速: 5 cm s^{-1})

低

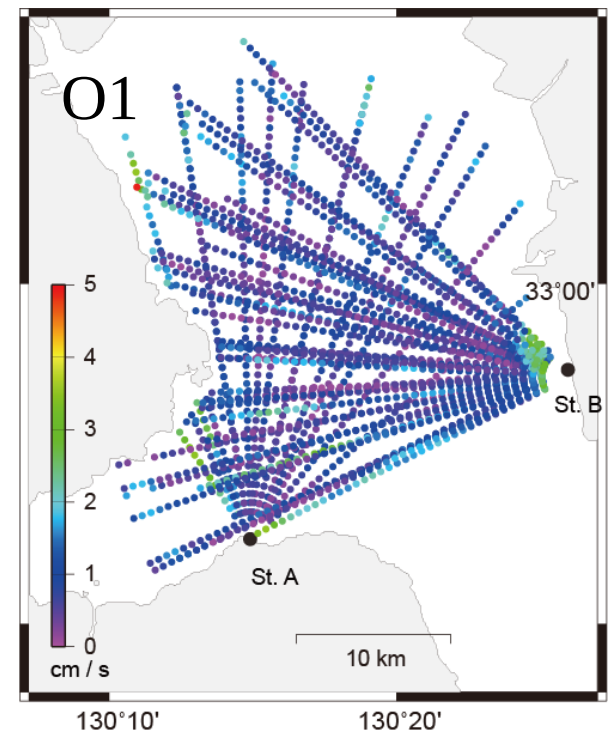
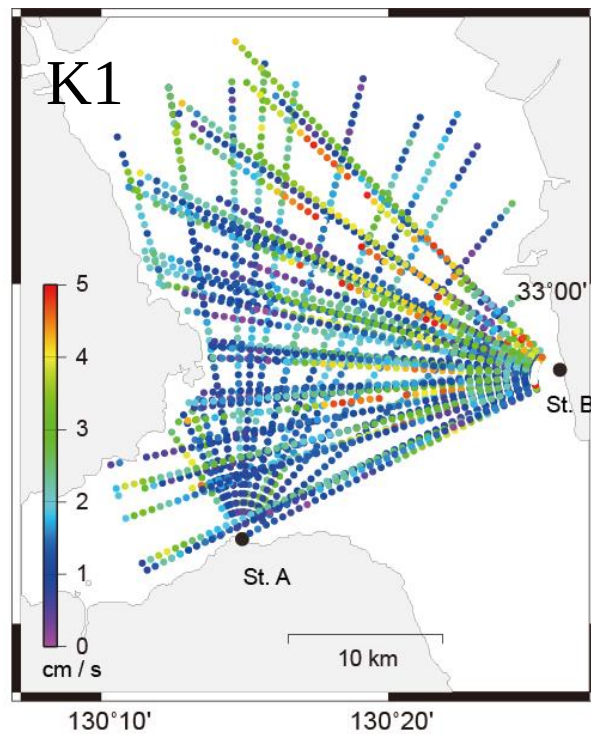
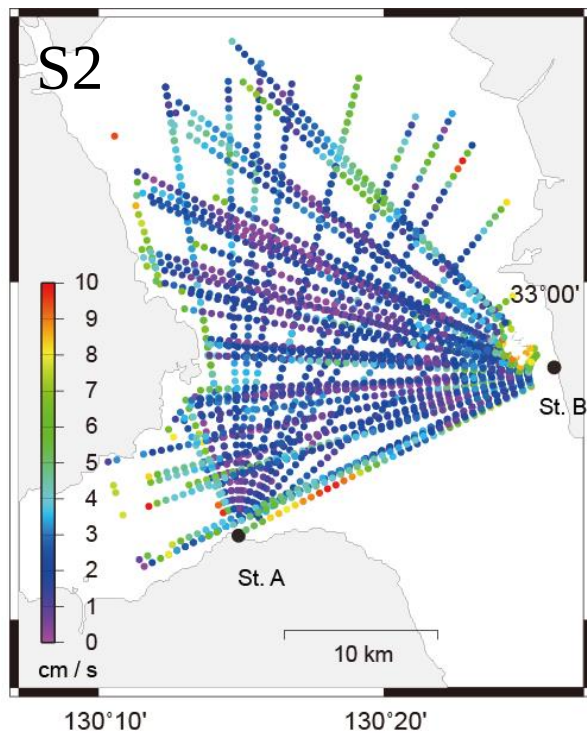
解像度



高

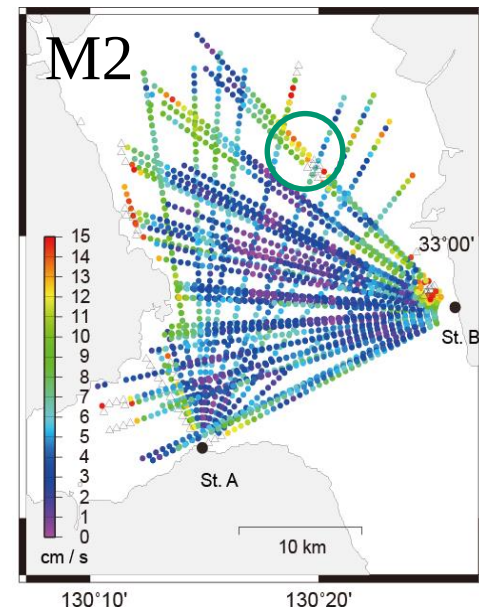
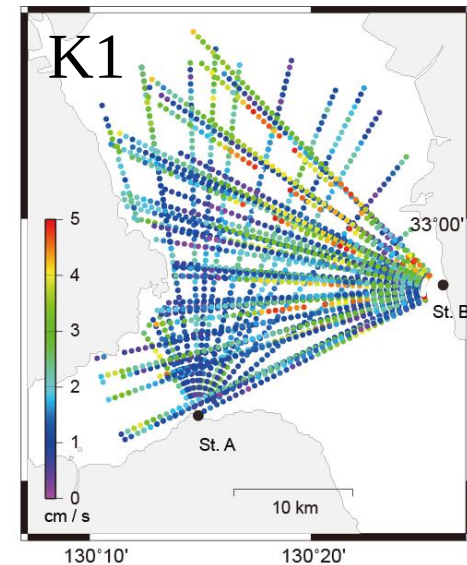


Case240



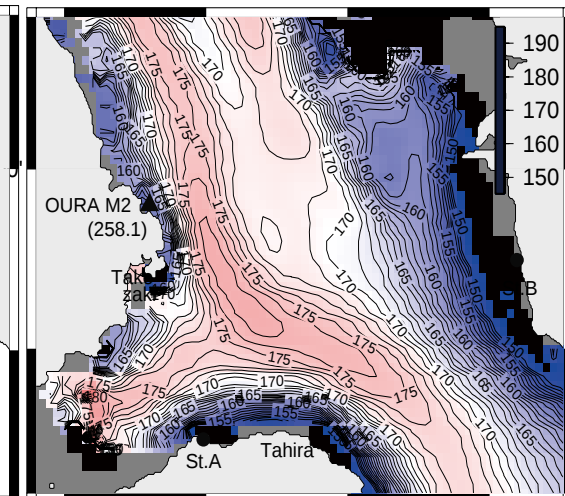
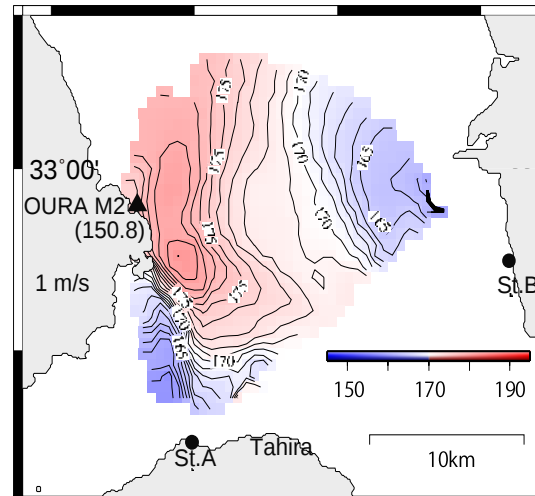
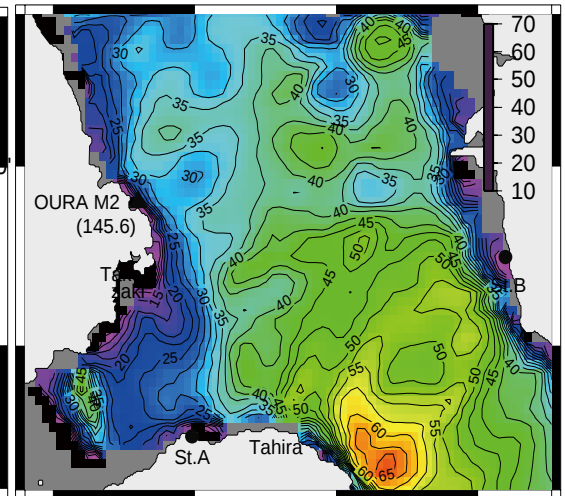
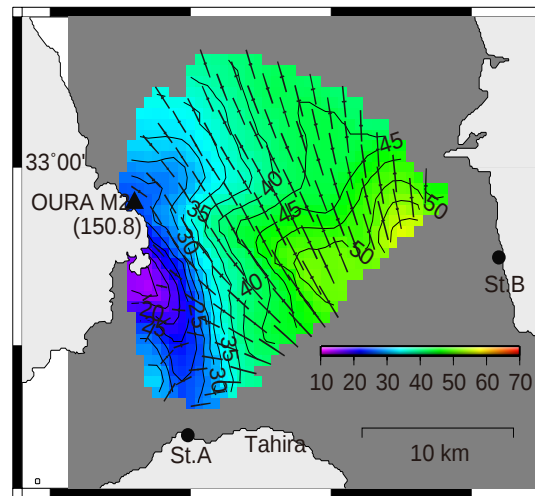
RMSE(視線流速: 5cm s^{-1})

- 重ならない領域も使える！
- 湾中央部では, 2cm s^{-1}
- 局に近い領域は, 大きくなる(解像度)
- 緑○: 高解像度では, 小山(地形性).
- 諫早湾のSt.Aは, 15cm s^{-1} 以上
- 諫早湾の湾口も少し悪い(地形性)
- 同化ではこの比は使える可能性が高
- K1は誤差が大きい
- (データに24時間周期



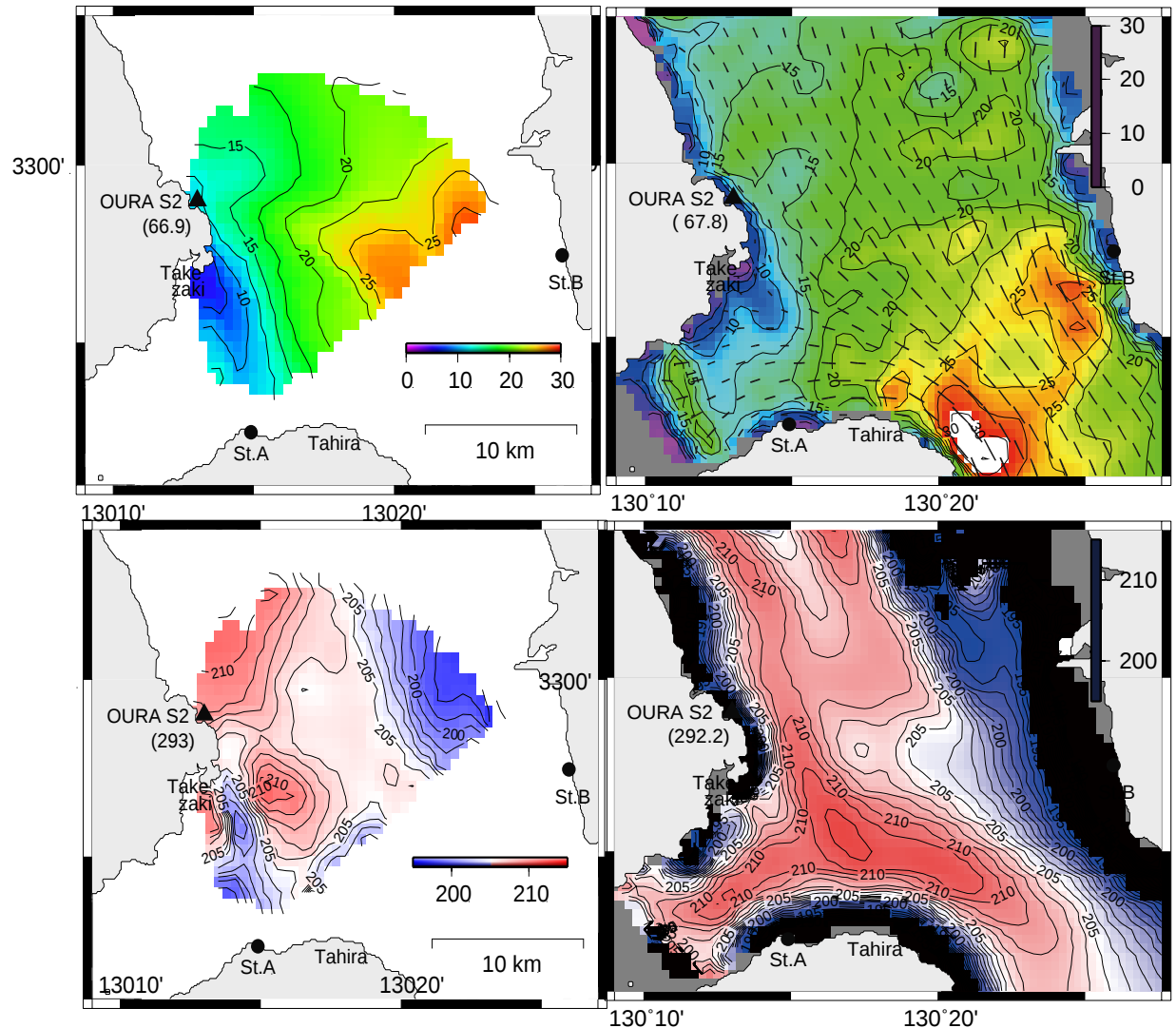
物理的内挿(潮流橢円長軸)

- M2
- 重なる領域のみから、全体へ.
- 長軸の大きさ: 東側が大きい
- 位相:
90度潮位より早い,
東側で早く到達



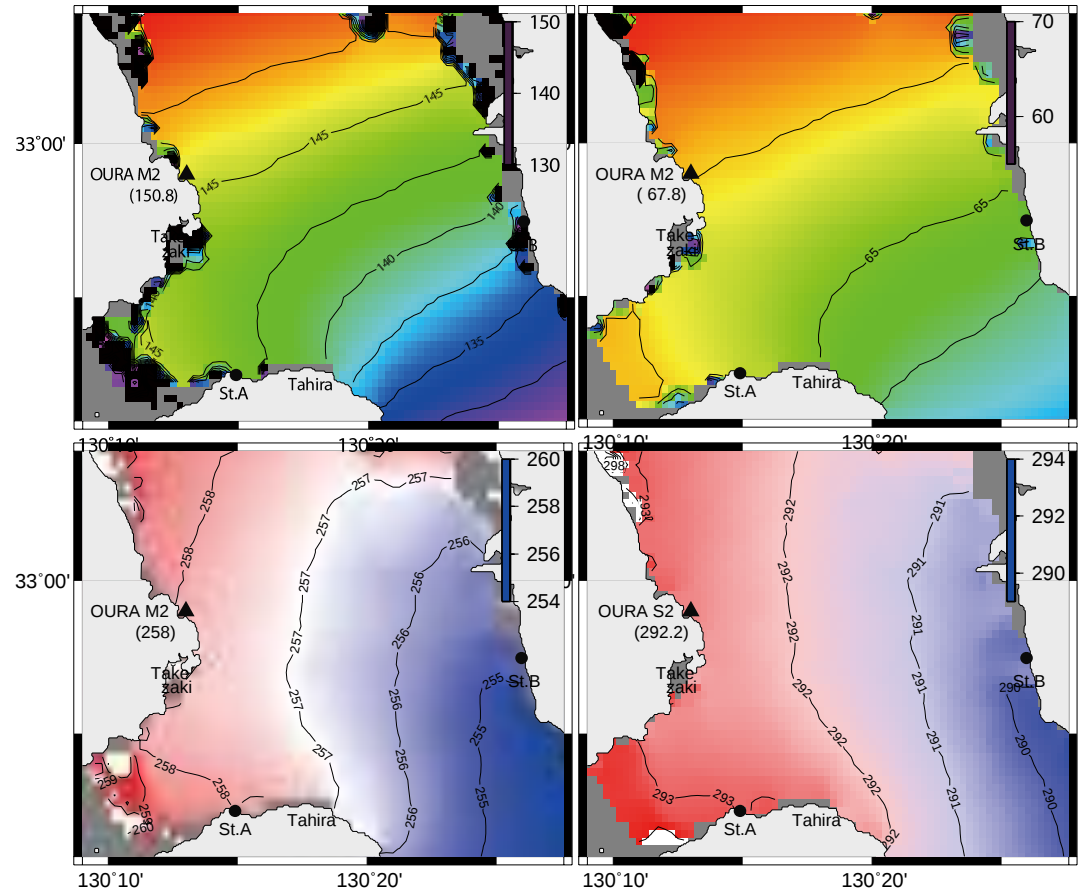
物理的内插(潮流槽円長軸)

- S2



物理的内挿(水位)

- 3点の水位情報＋レーダーで
- 全体の潮位



まとめ

- 1) 視線流速と潮位の4分潮を拘束条件で, 外力と物理パラメータを推定可能
 - (RADA Data => Green Function's => ROMS)
- 2) 外力と潮位・潮流
 - 抗力で潮位と潮流の位相差が補正される.
 - 粘性係数は感度が低い.
- 3) 誤差情報
 - 重ならない領域も積極的に使えそう. (今後のデータ同化)
 - 湾口や小山付近は, 3Dモデルで少し検証が必要か.
 - K1は誤差が大きい(慣性振動)
- 4) 物理的内挿
 - 重ならない領域も見える.
 - 流速の品質管理を考慮したGFAもしてみたい