

グリーン関数法を用いた有明海における視線方向のM2分潮流速の物理的内挿

一財)電力中央研究所

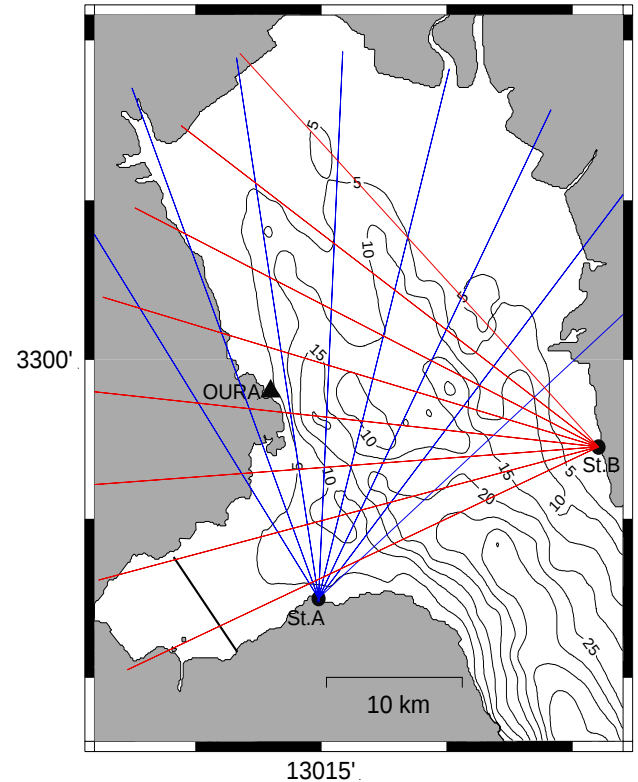
坪野考樹, 三角和弘, 津旨大輔, 坂井伸一

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.

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)

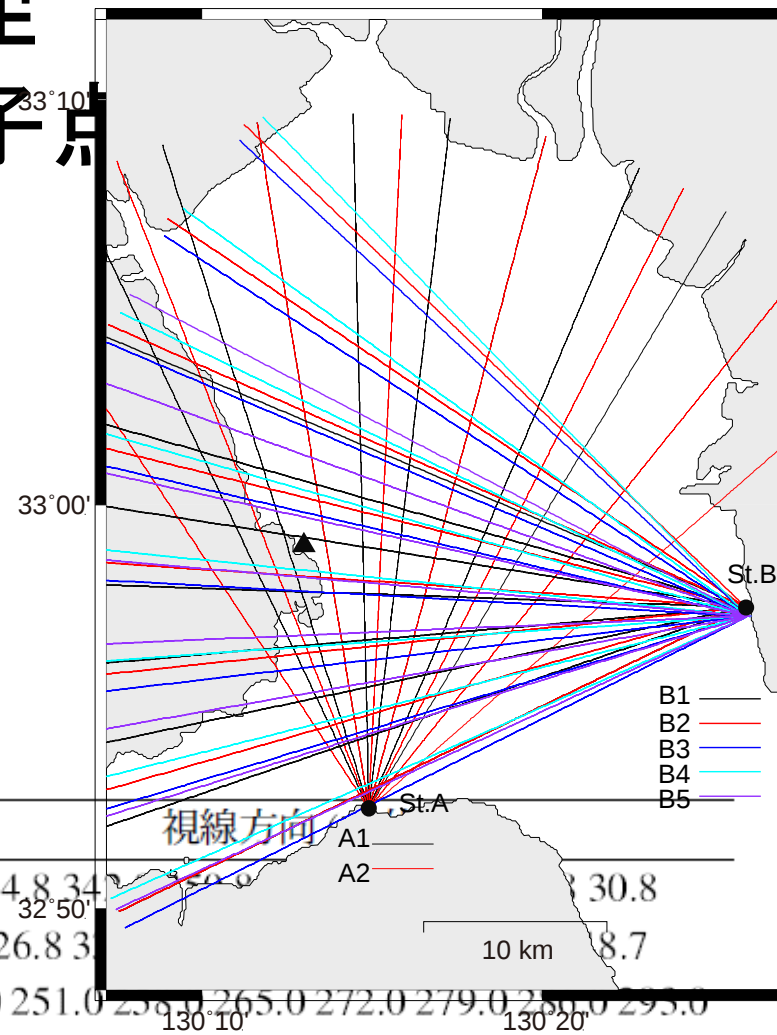
グリーン関数で視線流速M2成分を制約条件として, 2次元モデル(ROMS)のパラメータを推定

- 物理的内挿.

観測結果処理

レーダの位置と格子点

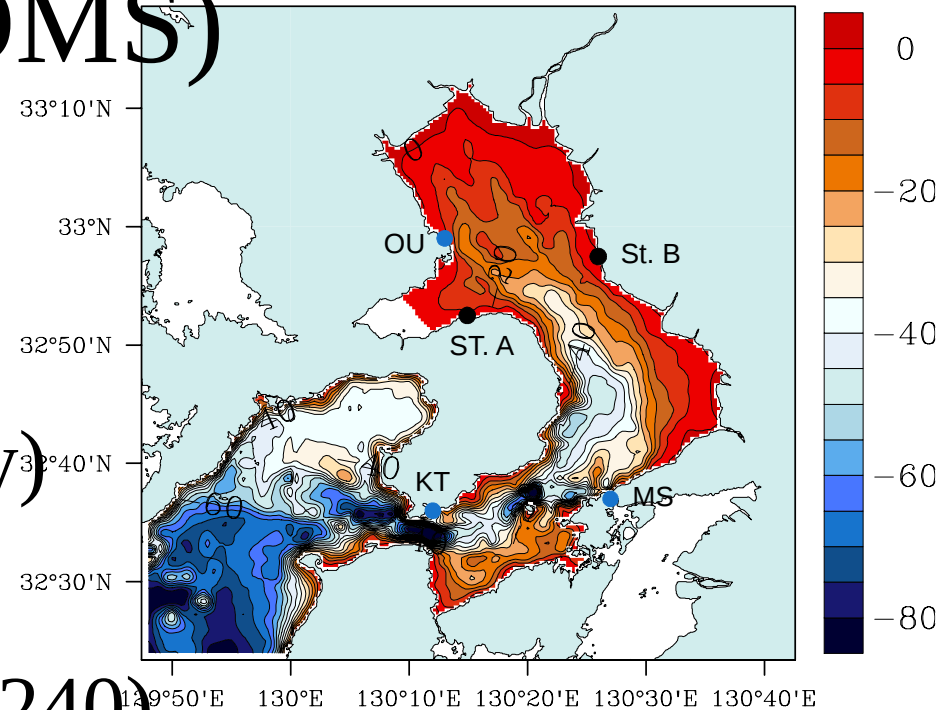
- ・ 観測2005-2008
- ・ 30分間隔、500m
- ・ レーダの位置・向きが異なる.
- ・ 視線流速を4分潮 (M2, S2, K1, O1)
- ・ 3点の水位 (三角, 大浦, 口之津)



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(M2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(8
0%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)

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

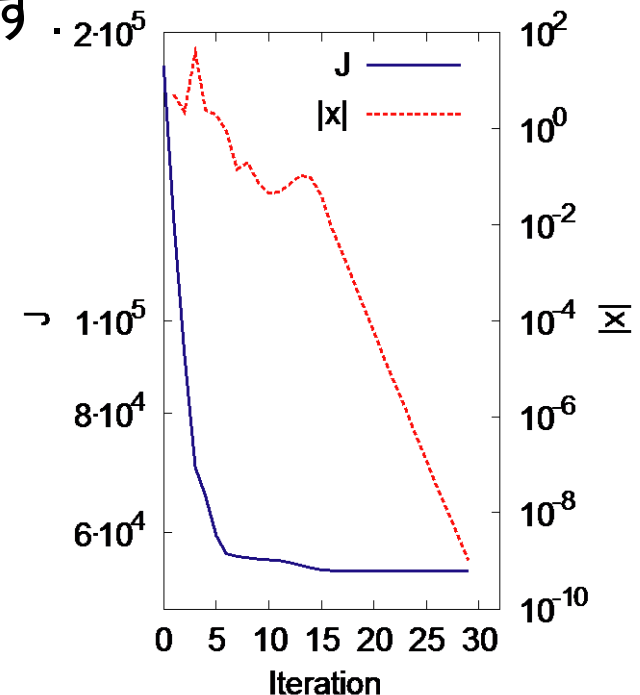
$$J = \frac{1}{2} [\mathbf{M}(\mathbf{x}) - \mathbf{y}]^T \mathbf{R}^{-1} [\mathbf{M}(\mathbf{x}) - \mathbf{y}]$$

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;

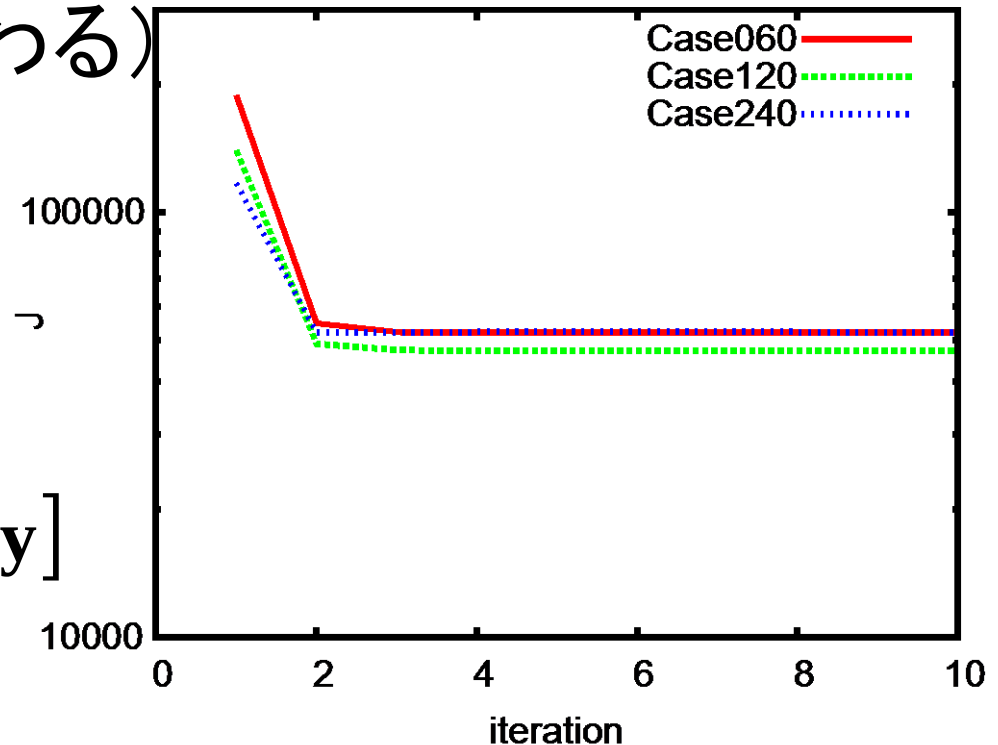
開境界の潮汐, 水平粘性, 抗力係数



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)

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



誤差と推定されたx

- 視線流速と水位のバランスが調整された.
- TPX006の大きさ, 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 $10 \sim 50 \text{m}^2 \text{s}^{-1}$ 程度

RMSE (視線流速, 水位)

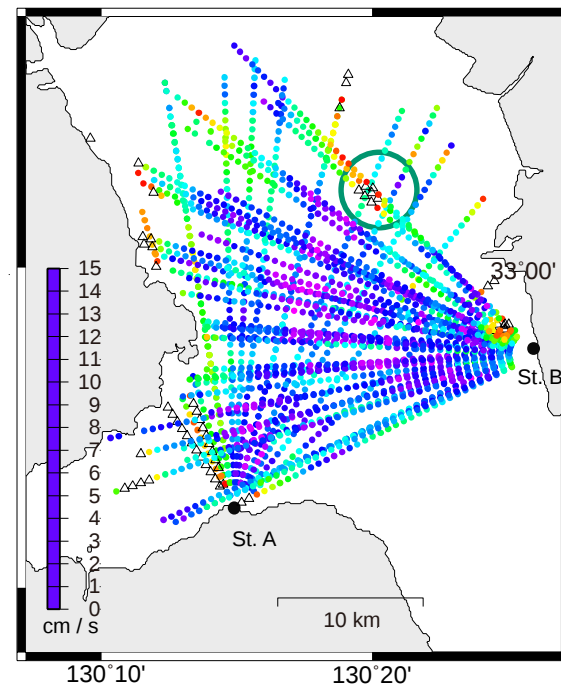
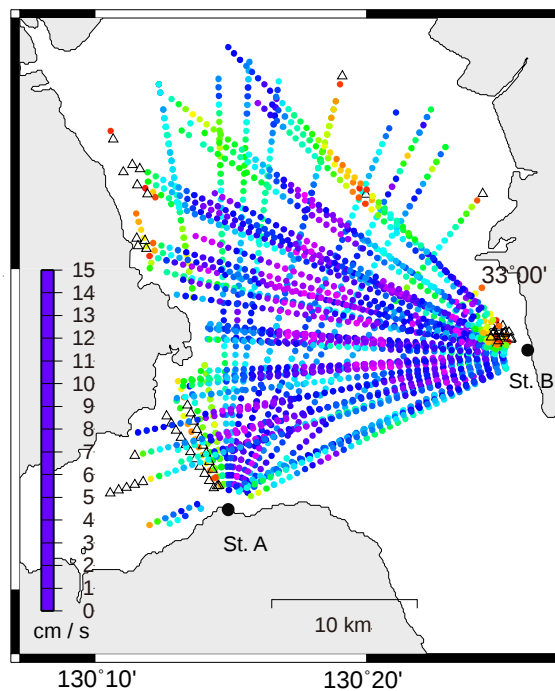
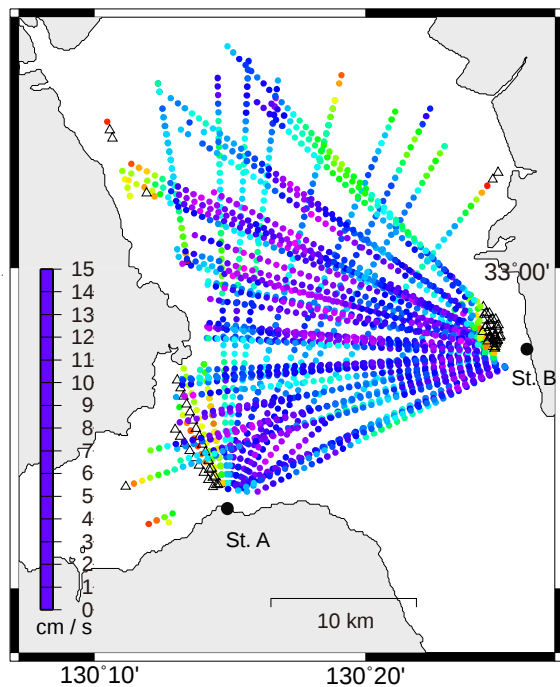
	初期値		最終結果	
	視線流速	水位	視線流速	水位
	cm s^{-1}	cm	cm s^{-1}	cm
Case060	4.4	8.5	4.5	1.3
Case120	4.3	6.8	4.1	1.0
Case240	4.5	5.6	4.3	1.1

	x			
	td_{mag}	$td_{phase}/^\circ$	$V_{sc}/\text{m}^2 \text{s}^{-1}$	$R_{drg}/10^{-3}$
Case060	1.04	0.10	43	1.7
Case120	1.04	1.40	8	1.8
Case240	1.01	0.03	28	1.8

RMSE(視線流速: 5cm s^{-1}) 高

解像度

低



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

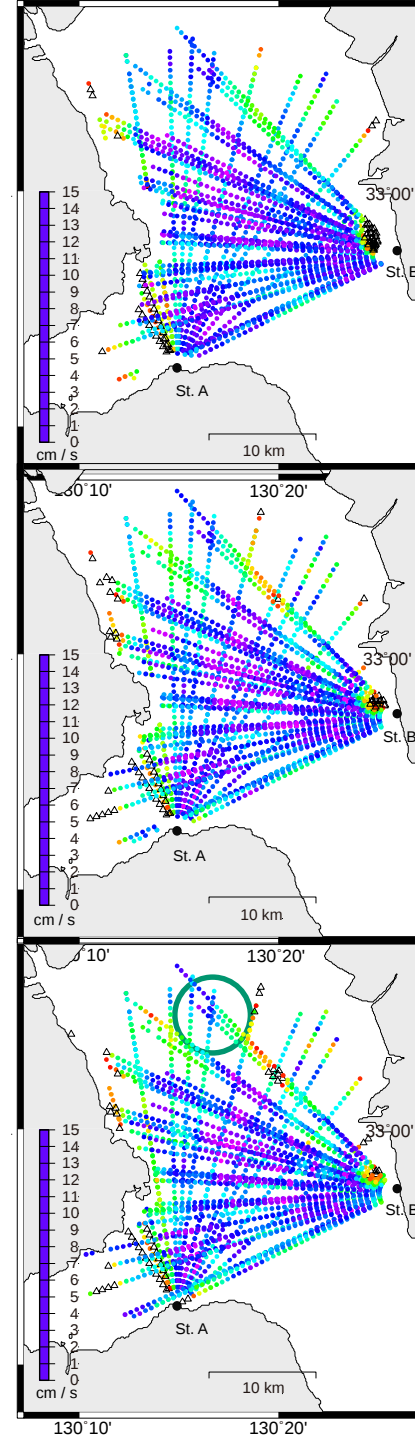
低



解像度

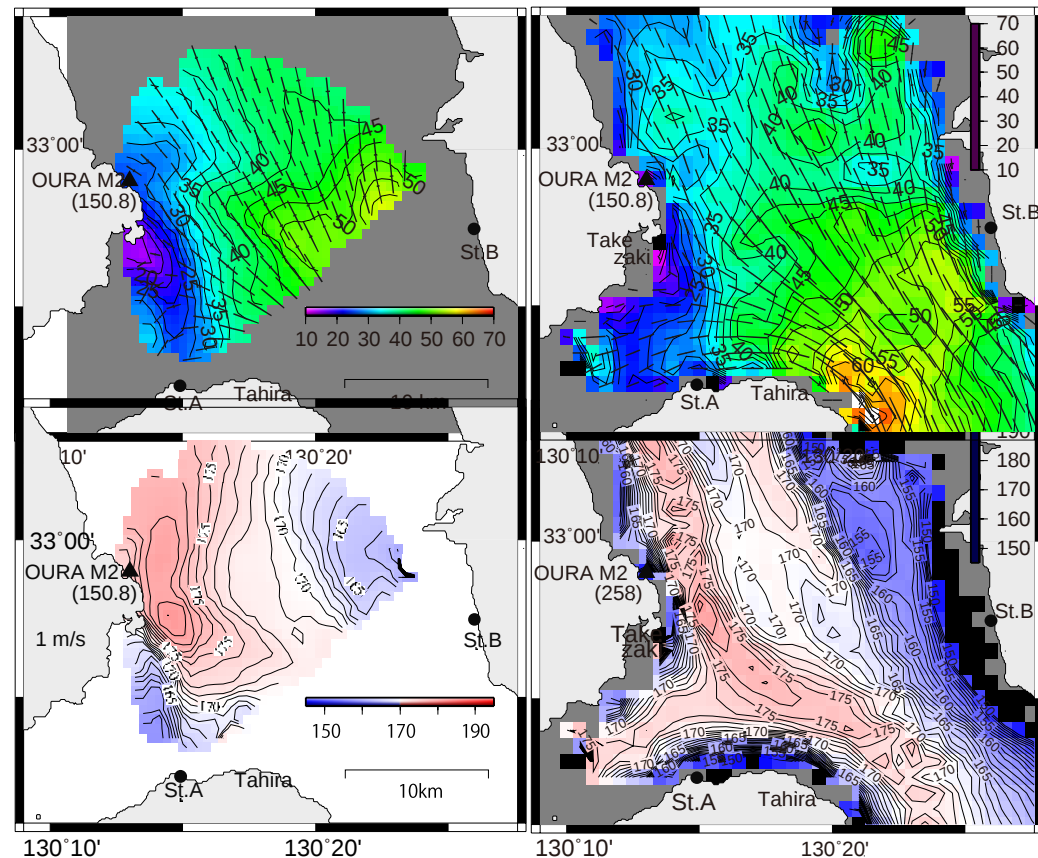


高



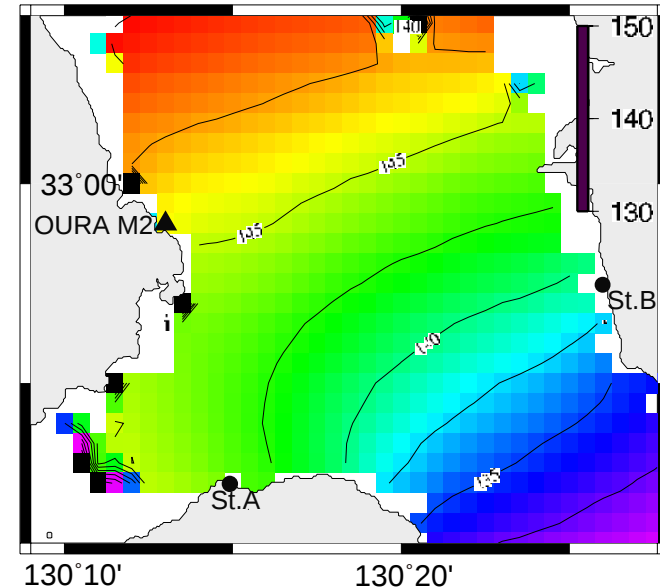
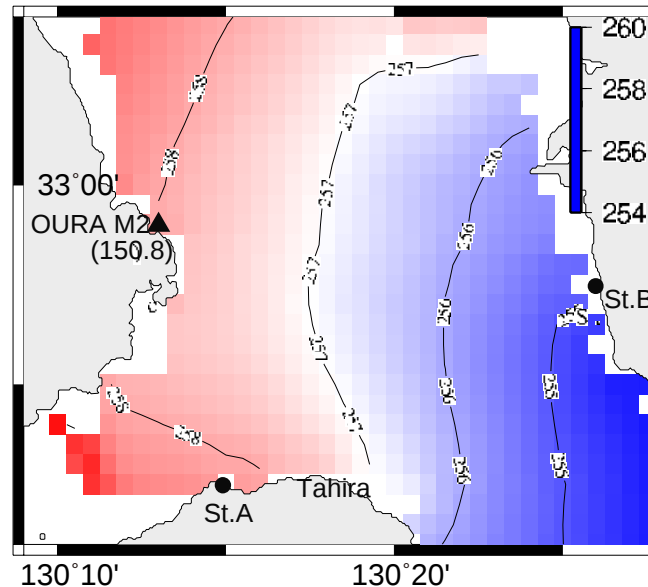
物理的内挿(潮流楕円長軸)

- 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



物理的内挿(潮流橢円長軸)

- 流速から水位の情報
- 潮位：湾口で大きい
- 位相：東側で早い



まとめ

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).

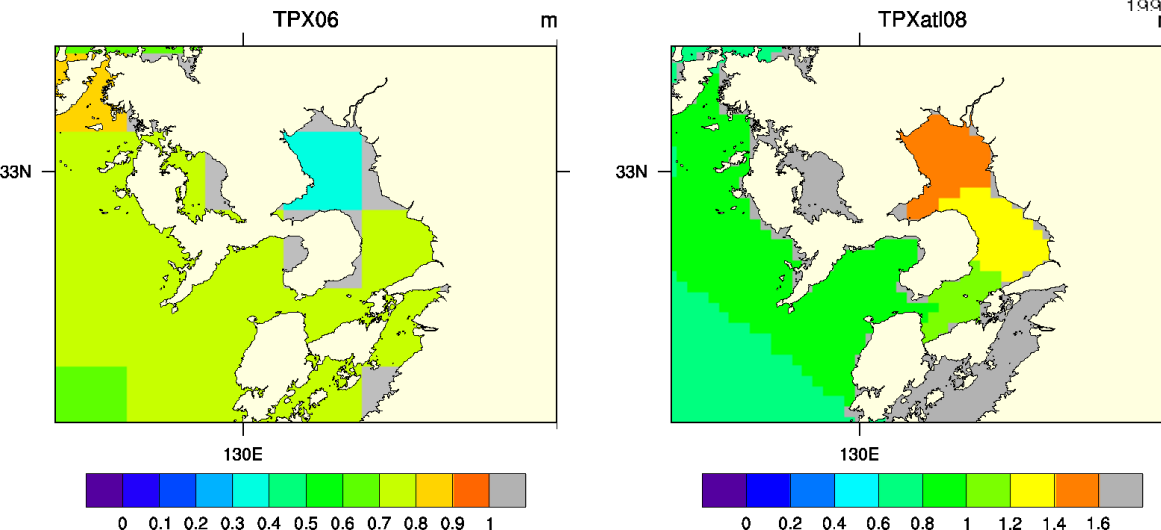
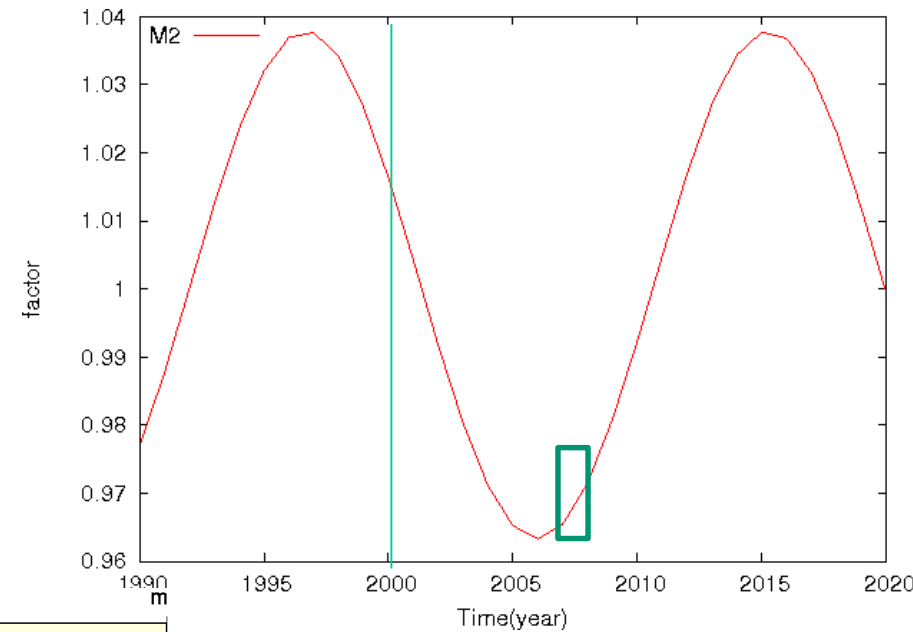
3) 物理的内挿

→ 重ならない領域も見える.

→ K1について同様の解析=>日周潮の時計回りの応答を見たい.

反省点（解像度と18.6years）

- 解像度：
 - TPXO06は, 1/4度
 - TPXOA30 は, 1/30度
- 18.6years
 - (2000年の内挿)
- 1/120でTPXOの解像度を調べた



反省：TPX006と08atl30

	初期値		最終結果	
	視線流速	水位	視線流速	水位
	cm s ⁻¹	cm	cm s ⁻¹	cm
TPX06	4.3	6.8	4.1	1.0
TPX08atl	-	-	3.8	1.0

- RMSは変わらない.
- 底面の変数も変わらない.
- TPX06は小さめ, TPX08は大きめ
(2007年は2000年の0.96倍)

	td_{mag}	$td_{phase}/^{\circ}$	$V_{sc}/\text{m}^2\text{ s}^{-1}$	$R_{drg}/10^{-3}$
TPX06	1.04	1.40	8	1.8
TPX08atl	0.78	0.98	13	1.8

