

2016年から2023年2月までの伊勢湾・ 三河湾レーダ結果と計算結果の比較

坪野，三角，津旨@電中研

背景と（1 昨年の続き）

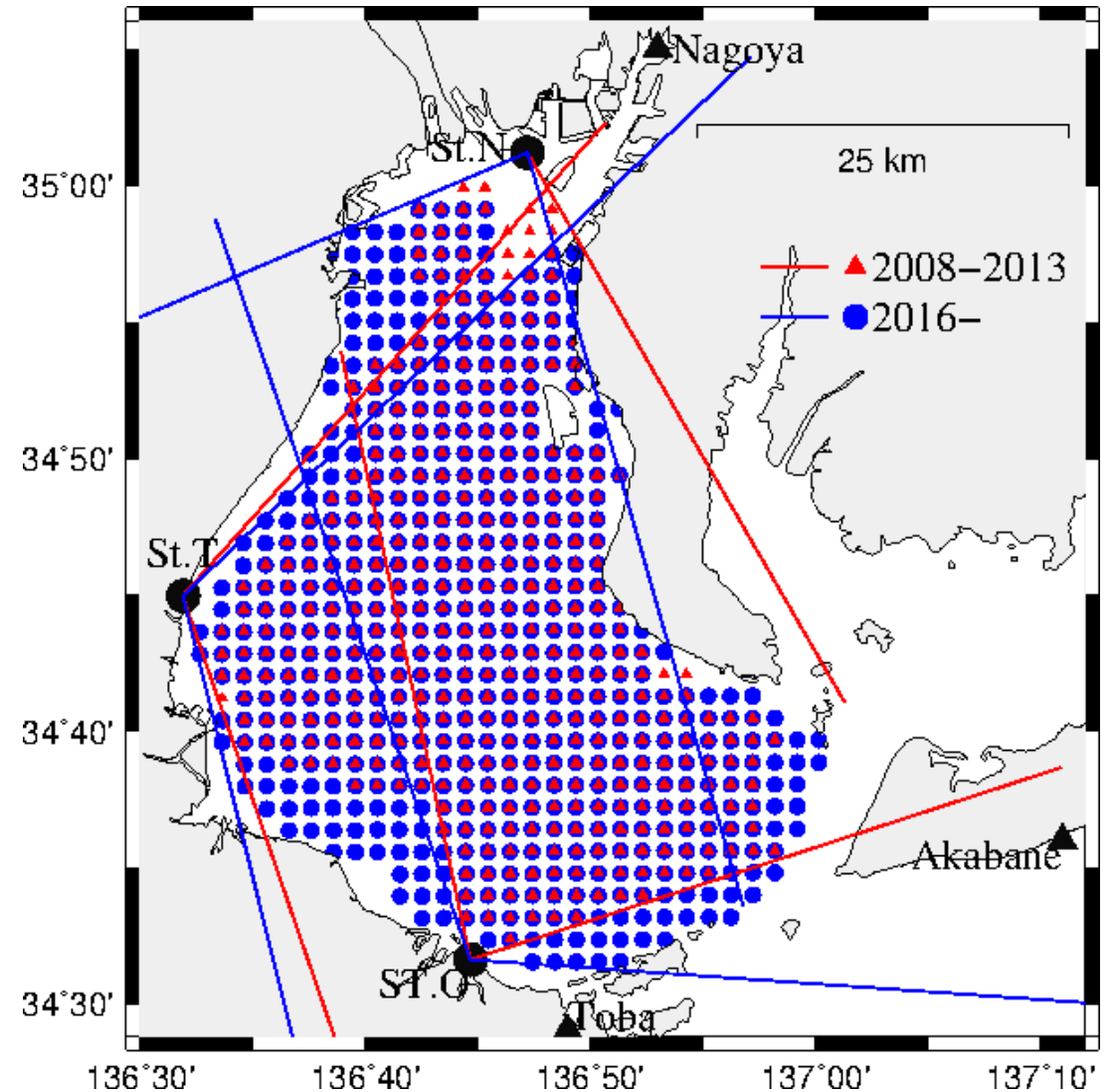
- 伊勢湾・東京湾で国土交通省がレーダを設置，WEB PAGEで流速ベクトル（視線流速ではない）が公開.
- 潮汐現象は，定常と推察される.
- 流速ベクトルは幾何的な誤差を含む（日向，2005；Champan, 1997）
- ある区間を区切って，複数の調和解析をして，その統計情報で誤差比を検討すれば，あるいは. . . 伊勢湾レーダ2008 - 2013年でやった.
- 2016年以降レーダが更新していた．流速計測点数も増えていた.
- 2016年から2019年までの結果について，2008 - 2013年と同じ解析をして，平均調和定数と誤差共分散行列を作成.
- 2016年以降のほうが，2008 - 2013よりよさそう.
- 2016年から2023年のデータを使って，モデルのパラメータを推定しよう.

目的

- 2016年から2023年（最近）の潮汐結果から，グリーン関数法でモデルパラメータ（境界と粘性係数）を調整.
- 最適パラメータのモデル計算結果と比較
- 比較に用いなかった三河湾レーダと比較（パラメータの確認）
- 最近の結果について，潮流楕円長軸の評価（GFAで得られる誤差も利用する.） \Rightarrow 長軸の3乗を見積りたい.

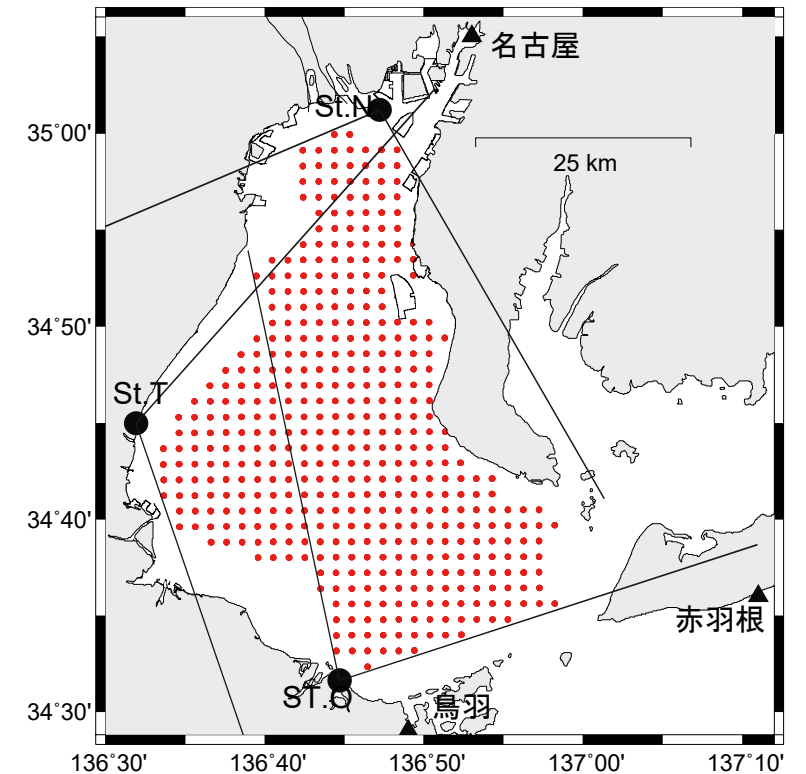
レーダの変更

- 2016年以降更新 していた。 点
数も増えていた (約450から
550) .
- 視線方向も変更していた。
- 視線方向変更 -> 幾何誤差変化
- 2008 - 2013年 (過去) よりもよ
さそうだ。



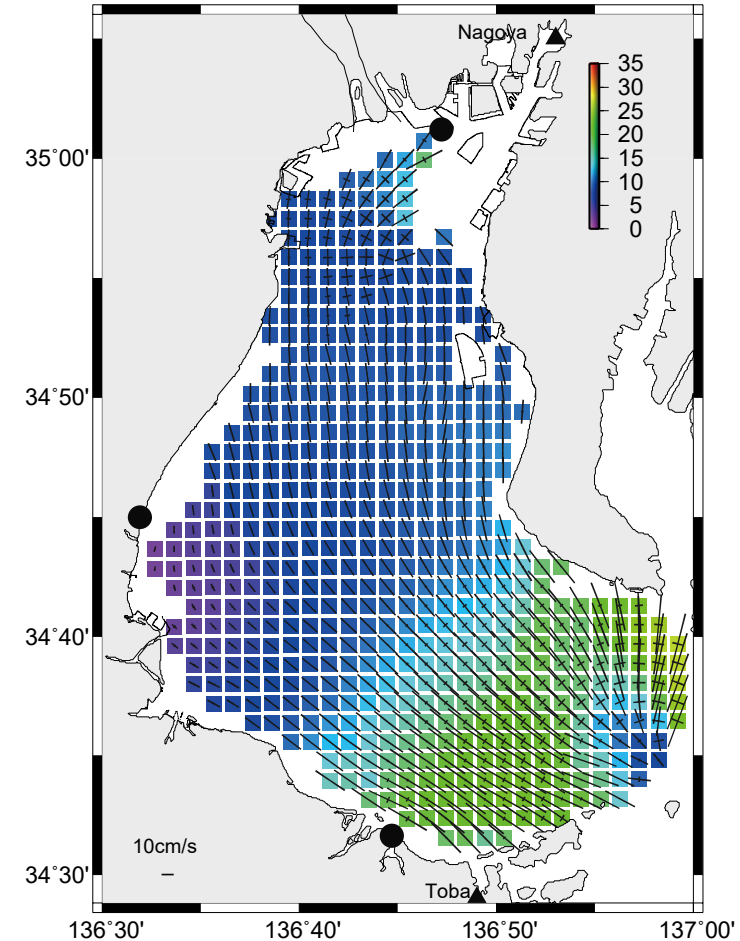
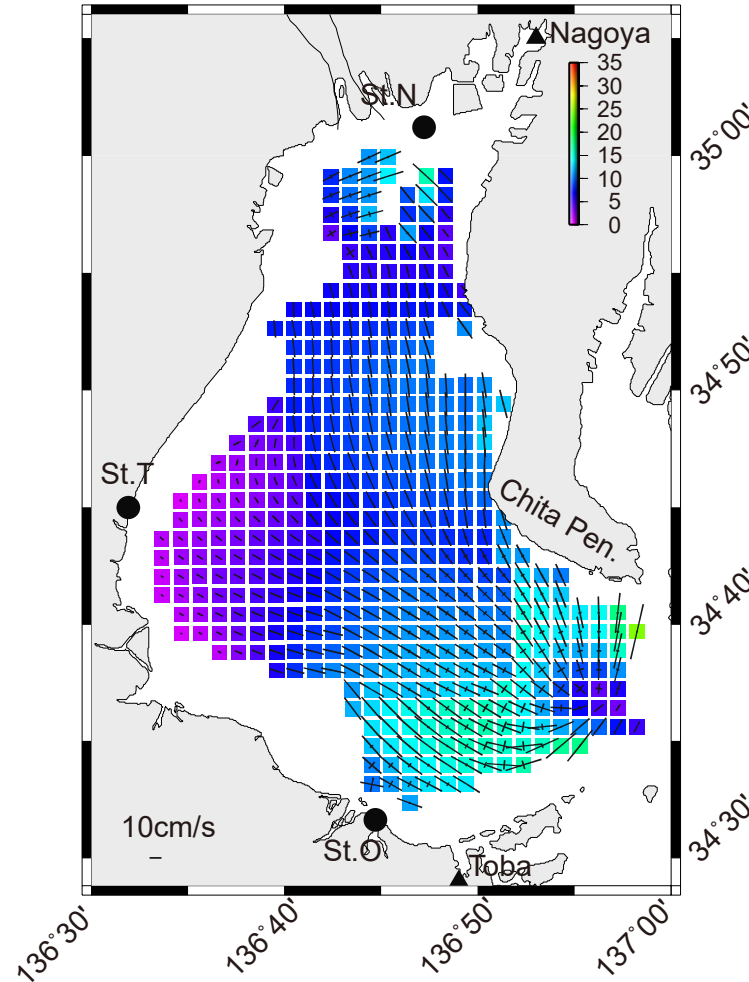
観測結果（流速・水位）

- 2008年4月22日～2013年10月8日のデータ *
- 2016年2月9日～2023年2月18日のデータ *
 - 1時間毎，格子上の点のデータ
 - 赤丸：レーダ
 - 黒三角：水位（名古屋，鳥羽，赤羽根）
- 調和解析：151日毎に分割し，計17回実施
- 13個（2008-2013），17個（2016 - 2020）の調和定数（M2,S2,K1,O1）
- 平均・分散共分散行列（鳥羽のphaseを0）
- 前処理としてf値（18.6年周期）で補正



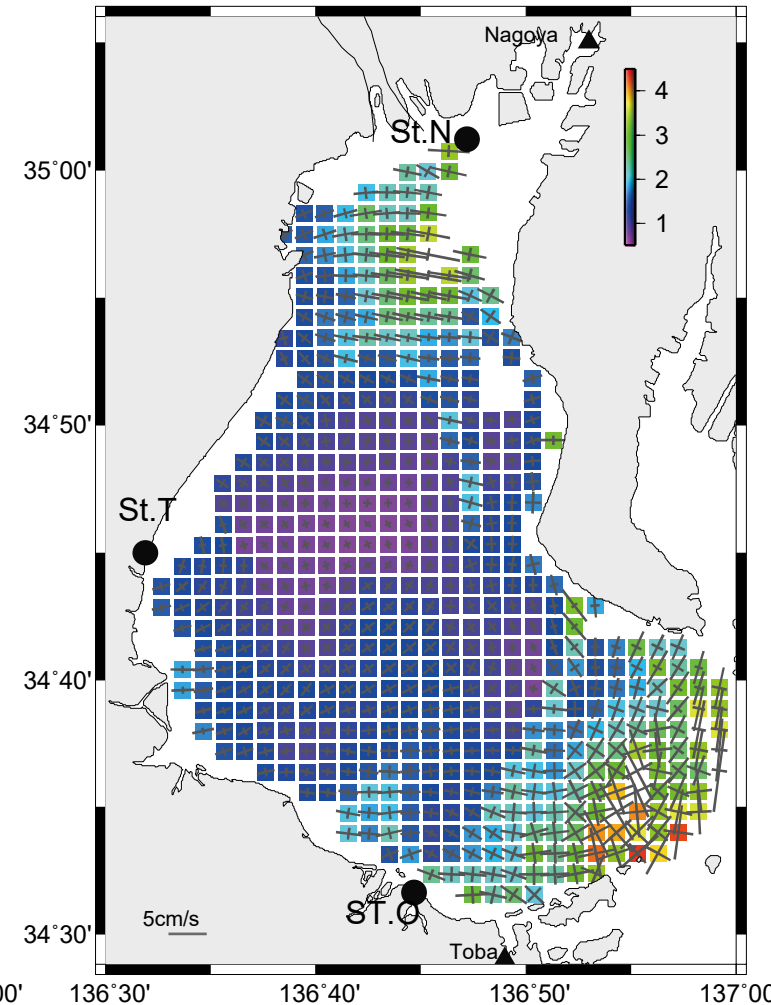
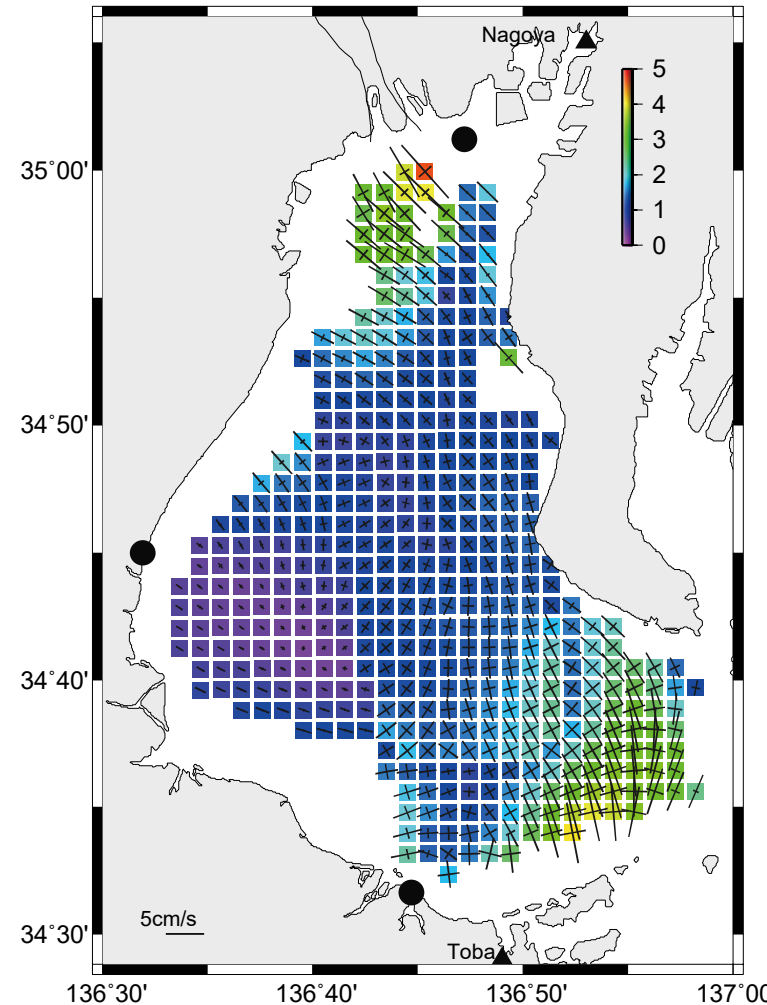
潮流楕円（2013年まで，2016年以降）

- どちらも，地形に沿う（湾中央部）
- 湾奥・湾口で不思議な形状（田中ら，2010）のうち，2016年以降，湾口が改善されている。
- 2016年以降，長軸は全体的に大きくなった
- 範囲が増えた



誤差楕円 (2013年まで, 2016年以降)

- 湾口 (離心率大きい) 部で偏差が小さい.
- 湾中央部: 円形の分布が拡大している.
- 差をみると, 全体的に誤差楕円の長軸は小さくなっていた.
- 視線の直角方向が x



拘束条件

$$J = Ju + J\eta = \frac{1}{2} [Mu(\mathbf{x}) - yu]^T \mathbf{R}u^{-1} [Mu(\mathbf{x}) - yu] + \frac{1}{2} [M\eta(\mathbf{x}) - y\eta]^T \mathbf{R}\eta^{-1} [M\eta(\mathbf{x}) - y\eta]$$

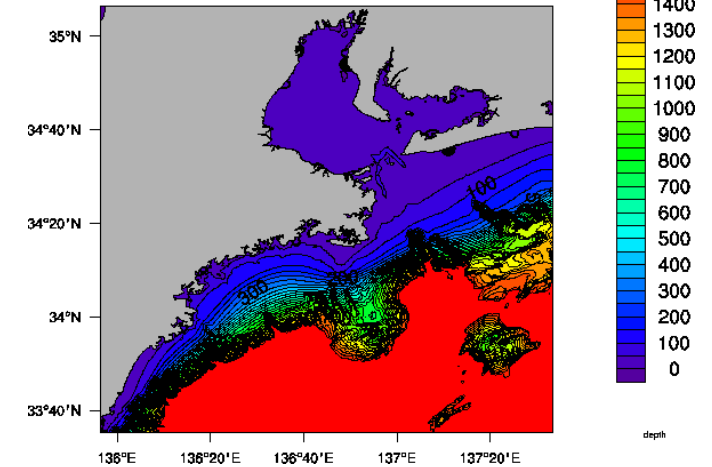
$\mathbf{M}(\mathbf{x})$ 制御変数から出力(観測と同じ)への関数

\mathbf{R} 観測結果の重み(精度などによる)

- 観測結果は, M2潮汐成分
- Rは分散共分散行列の逆数
- 2016-2023
- 目的関数Jを最小とするモデル変数を計算する.

伊勢湾の数値モデル

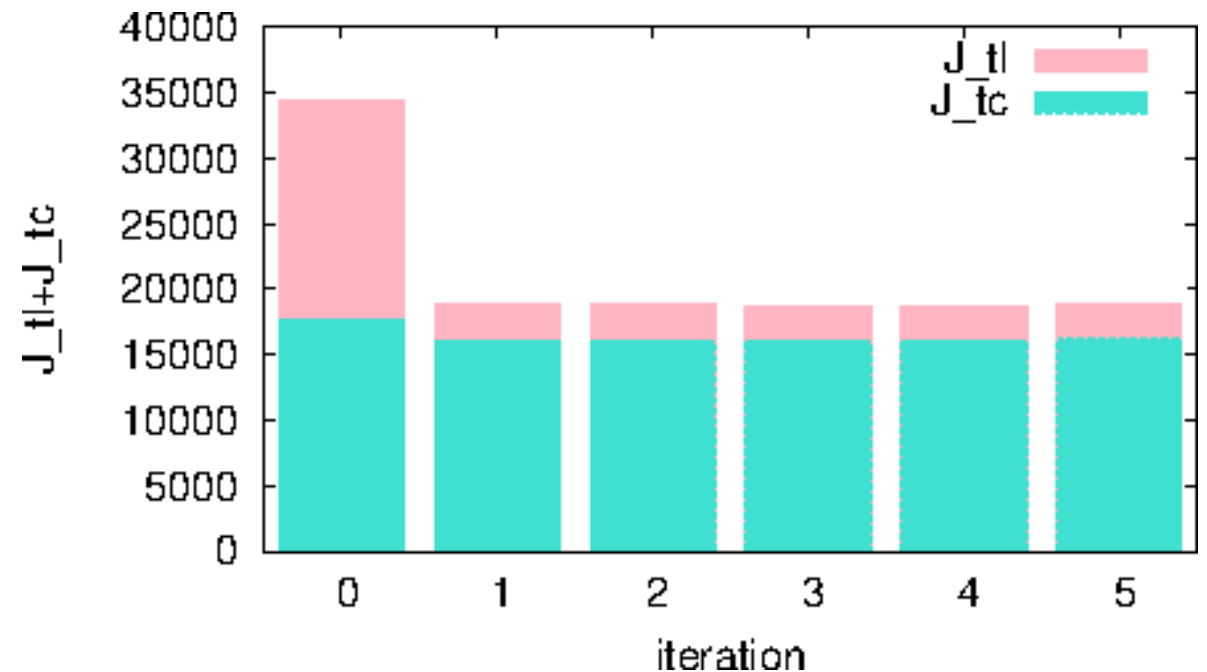
- ROMS (Shchepetkin and McWilliams, 2005)
- 伊勢湾包含 ($1/360^\circ \times 1/360^\circ \times 45$)
- 3次風上 (流速移流, トレーサ移流), 4次中心 (粘性・拡散)
- K-Profile (鉛直乱流) (Largeら, 1994)
- 駆動力: 開境界 (JCOPE; Miyazawaら, 2009), 海面 (WRF; Skammaockら, 2008 + NuWFAS; 橋本ら, 2010), 潮汐 (TPX09; Egbertら, 2002)
- 2013年1月1日~2010年2月14日 (45日間)
- 最後の30日間で調和解析 (レーダ観測位置, 水位観測位置)



制御変数 $x = (td_mag, C_d)$ と、
目的関数の重み R

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

- 外力である境界条件の潮位・潮流の大きさ td_mag ，および海底面の抗力係数 Cd
- $R_{\text{対角}} = (\text{流速の分散共分散}, \text{水位の分散の逆数}/\text{約}80)$
=>理由 数の比が $(250, 3)$
- $X_{\text{初期値}} = (1.0, 3.0 \times 10^{-3})$
- $X_{\text{最終}} = (0.95, 5.1 \times 10^{-3})$
- $\text{Obs}(\text{pre}, \text{currnt}) = (462, 574)$



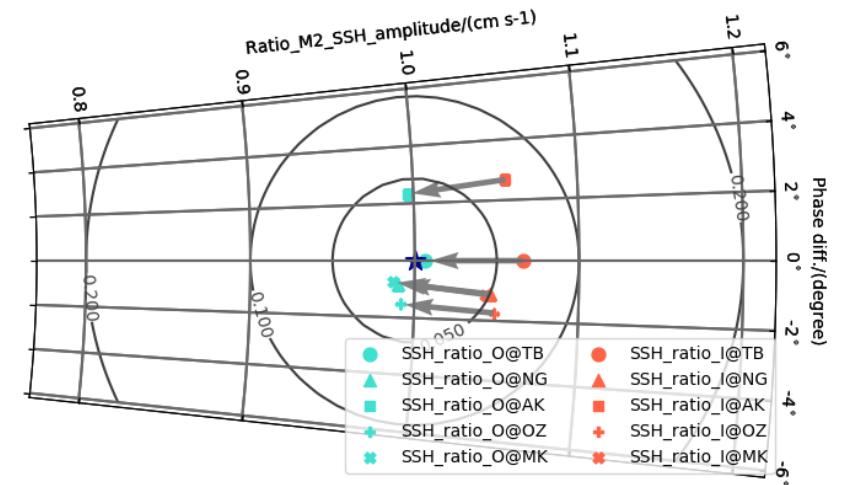
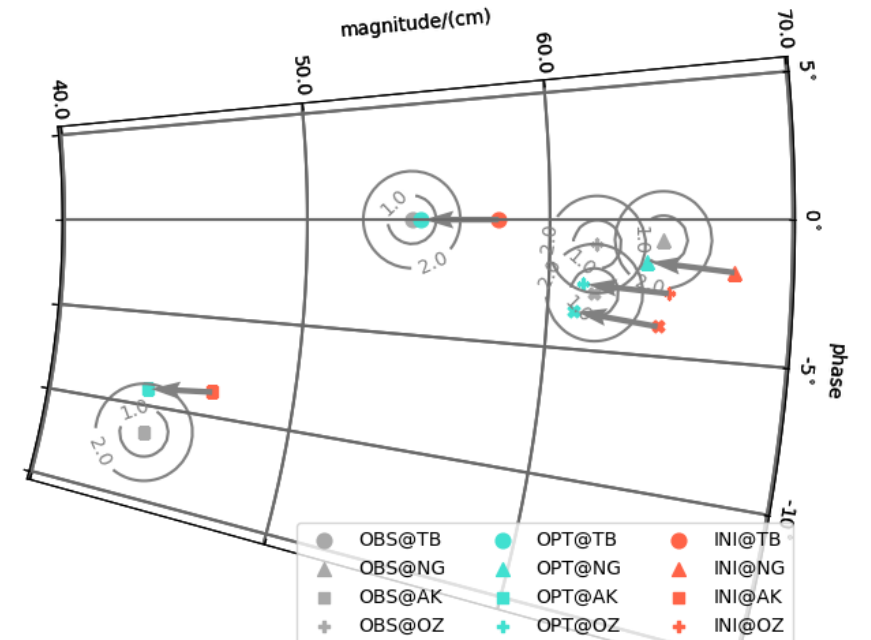
潮位の比較 (INI=>OPT)

- $x_i^o \cos \frac{2\pi t}{L_i} + y_i^o \sin \frac{2\pi t}{L_i}$ と $x_i^c \cos \frac{2\pi t}{L_i} + y_i^c \sin \frac{2\pi t}{L_i}$ の比較
- $Z'^c = \frac{Z^c |Z^o|}{Z^o} = x'^c + j y'^c$, $Z'^o = \frac{Z^o |Z^o|}{Z^o} = x'^o$

比

- $Z''^c = \frac{Z^c}{Z^o} = x''^c + j y''^c$, $Z''^o = \frac{Z^o}{Z^o} = 1$.

$RMSD_{TCE}^2$	Initial	Optimal
2016-2023	3.3cm	1.3cm



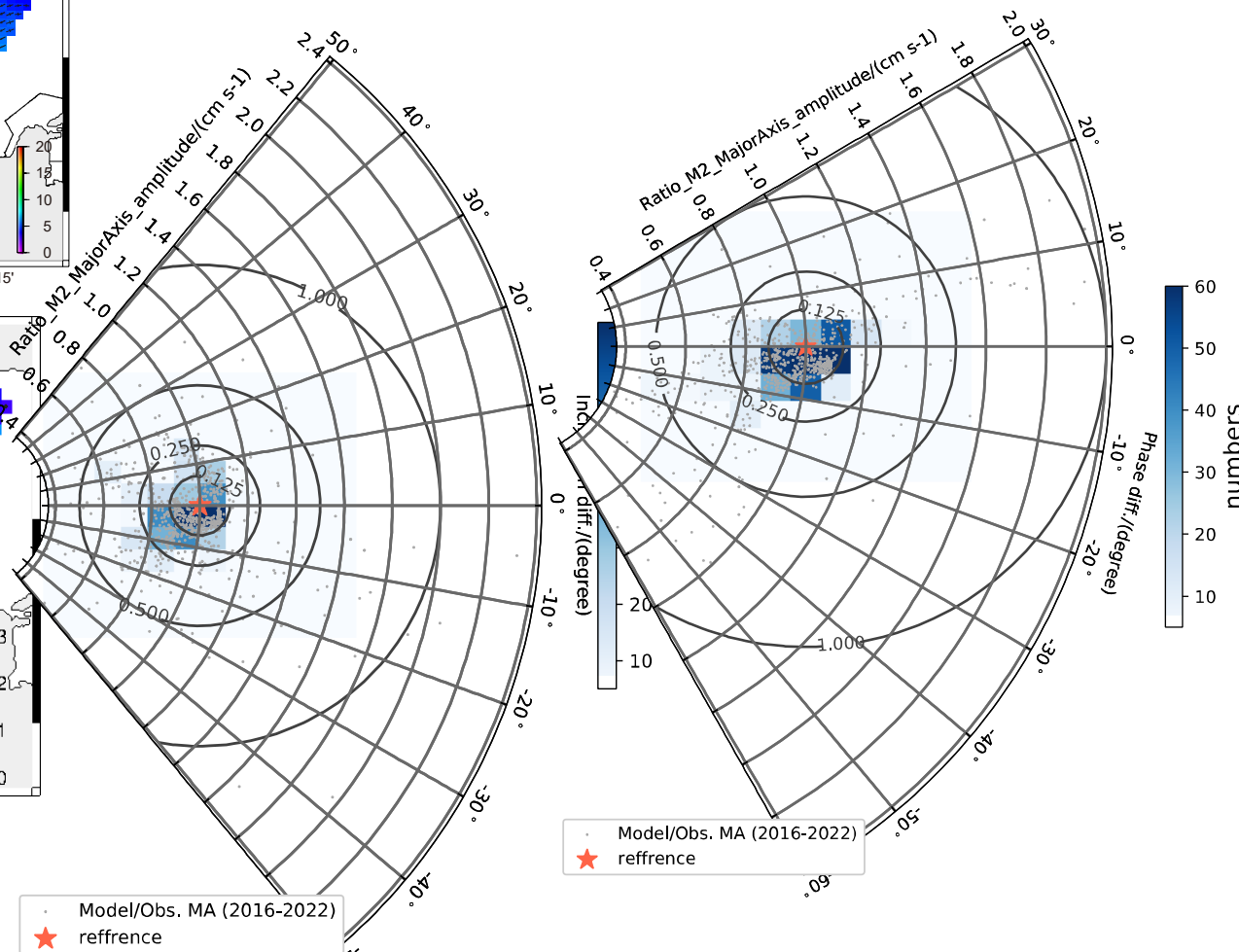
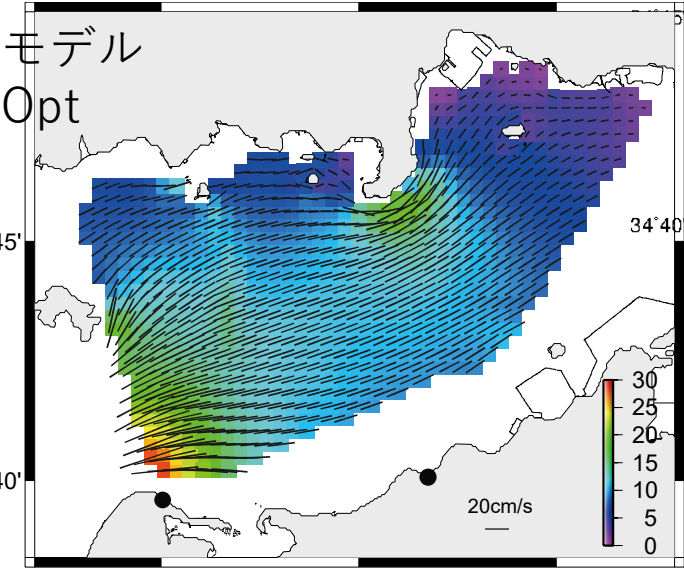
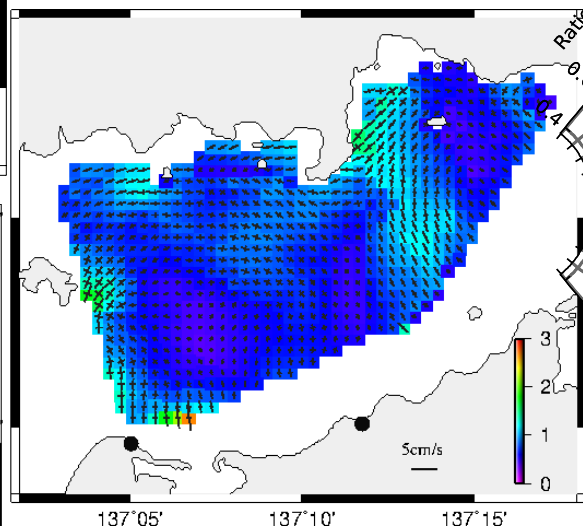
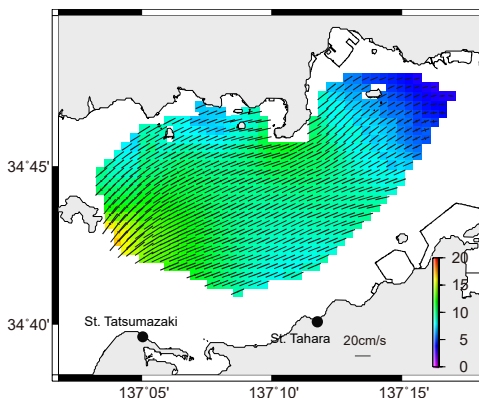
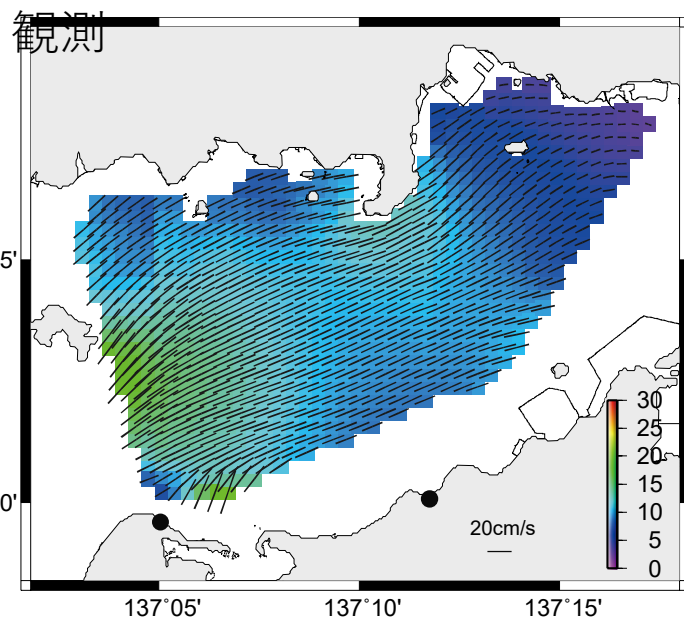
潮流楕円比較(伊勢湾)

- 流速 $u(t) = x_u \cos \omega t + y_u \sin \omega t$, $v(t) = x_v \cos \omega t + y_v \sin \omega t$
- $w = u + j v$
- $w \Rightarrow \frac{(x_u + y_v) + j(y_u - x_v)}{2} e^{j\omega t} + \frac{(x_u - y_v) + j(y_u + x_v)}{2} e^{-j\omega t} = W^+ e^{j\omega t} + W^- e^{-j\omega t}$
- 1周期の平均二乗偏差は (α は計算c, 観測oの長軸の傾き) , Cummins and Thupaki (2018)
- $RMSD_{TCE}^2 = |W_o^+|^2 + |W_c^+|^2 - 2|W_o^+||W_c^+| \cos \alpha + |W_o^-|^2 + |W_c^-|^2 - 2|W_o^-||W_c^-| \cos \alpha$.

$RMSD_{TCE}^2$	Initial	Optimal
2016–2023	4.8cm/s	4.5cm/s

潮流橢圓比較(三河灣)

$RMSD_{TCE}^2$	Initial	Optima
2016-2023	3.0cm/s	2.8cm/s

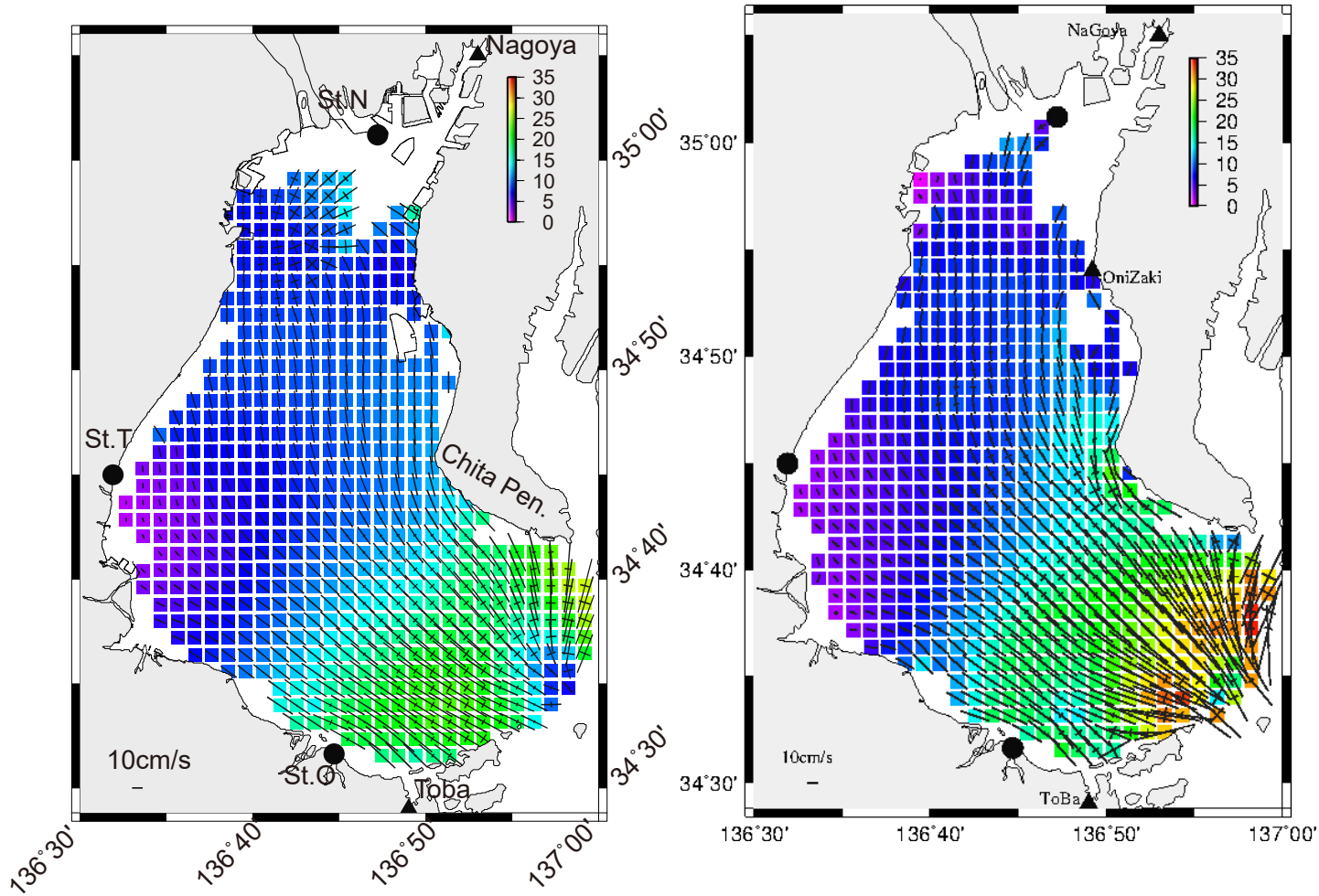


Ave=(0.95, -0.06), Std=(0.26, 0.23)

Ave=(0.96, -0.06), Std=(0.29, 0.15)

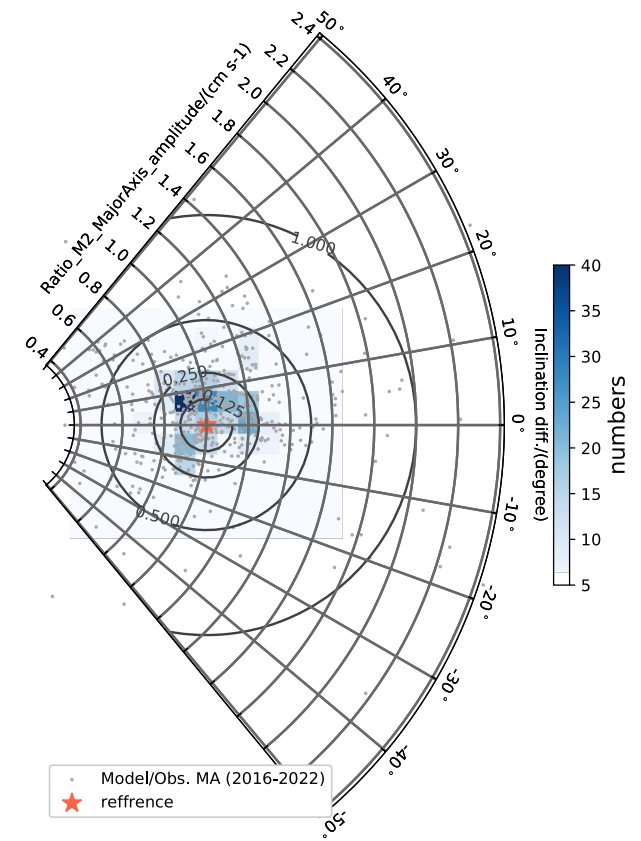
潮流楕円2016-楕円長軸向き

Ave=(1.01, 0.04), Std=(0.37, 0.27)

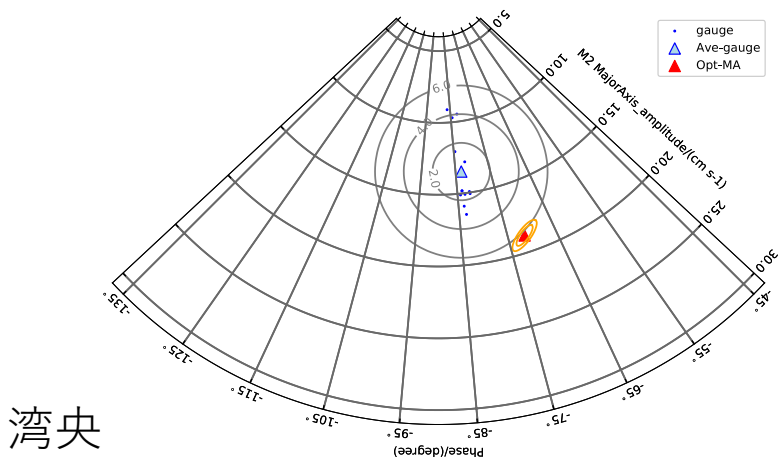
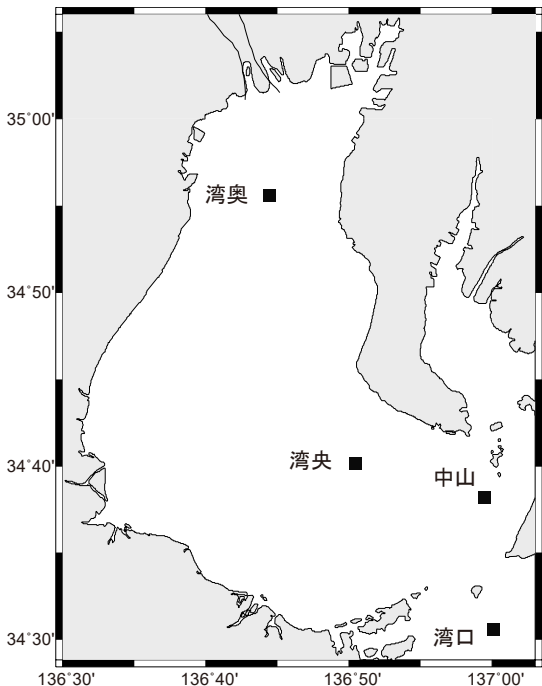
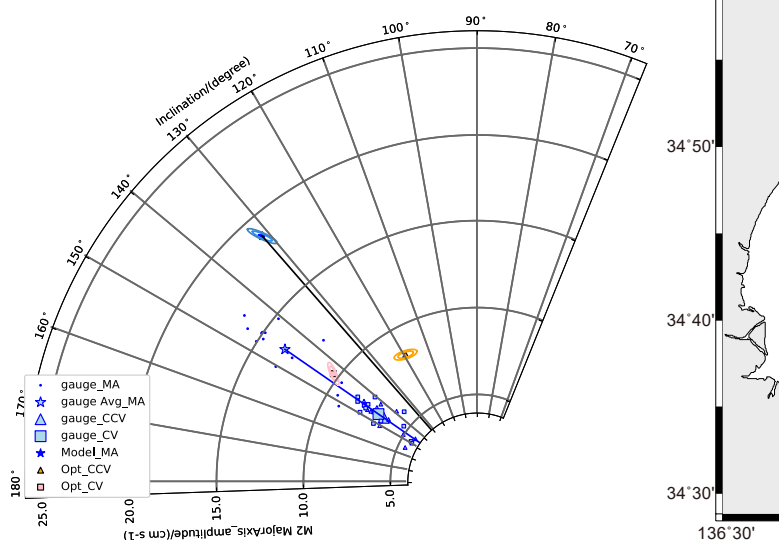


観測

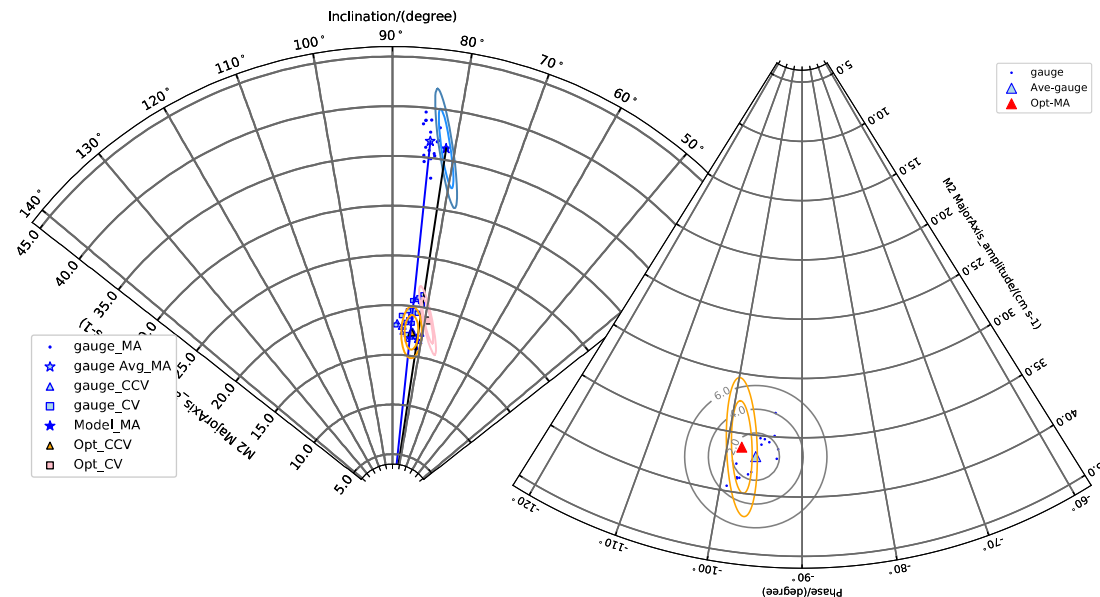
モデル



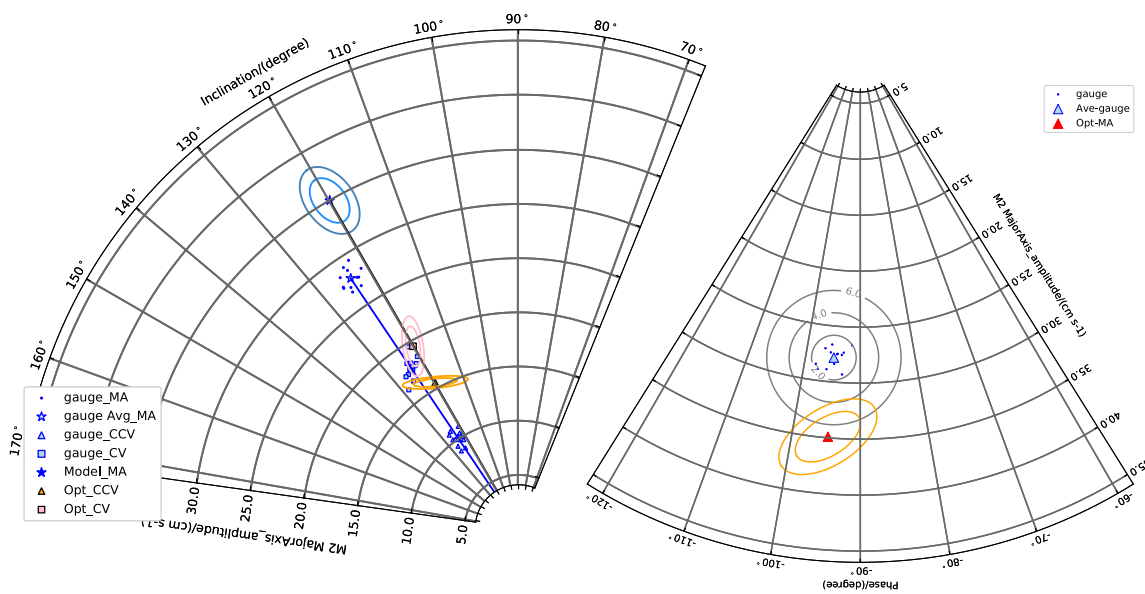
各観測点の長軸



中山



湾口



湾央

まとめ

- モデルを用いて、海洋レーダの流速の精度比を評価した。
 - 伊勢湾のレーダ観測を用いてGFAにより、モデルパラメータ（底面摩擦と開境界条件）を設定した。
 - 水位が良くなる。
 - 三河湾の流動は若干よくなる。が、レーダ観測の南西部の影響がみられる。
 - 伊勢湾においてもよくなるが、湾口付近の差が影響しているように思われる。
 - 各観測点の誤差を考慮した長軸について検討した。これにより、長軸の3乗について誤差を考慮した推定が得られる可能性が高い。

よくわからないこと

- 局より遠い領域で観測結果のほうが楕円長軸が小さい。
- フットプリント（積分）も考えたが、しっくりいかない。

