

データ同化を用いたLHDプラズマにおける輸送係数の評価

森下侑哉, 村上定義, 横山雅之^{A,C}, 上野玄太^{B,C,D}

京大工, ^A核融合研, ^B統計数理研, ^C総研大, ^DDS施設



研究目的

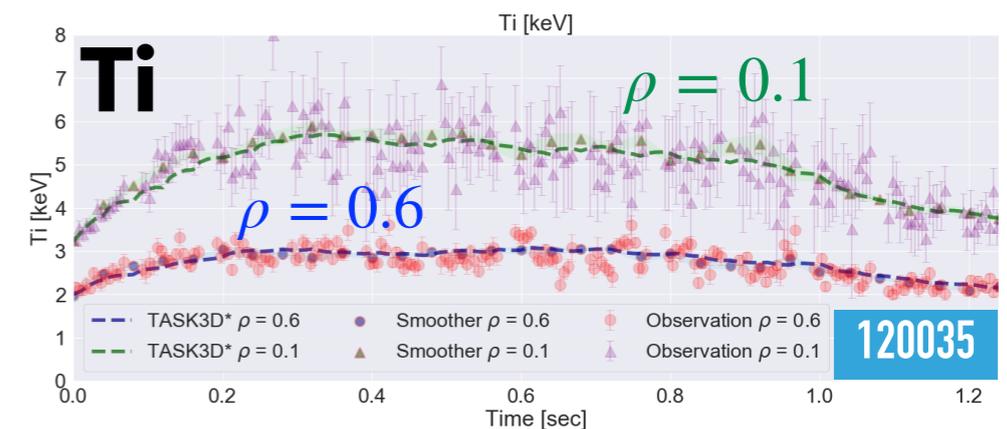
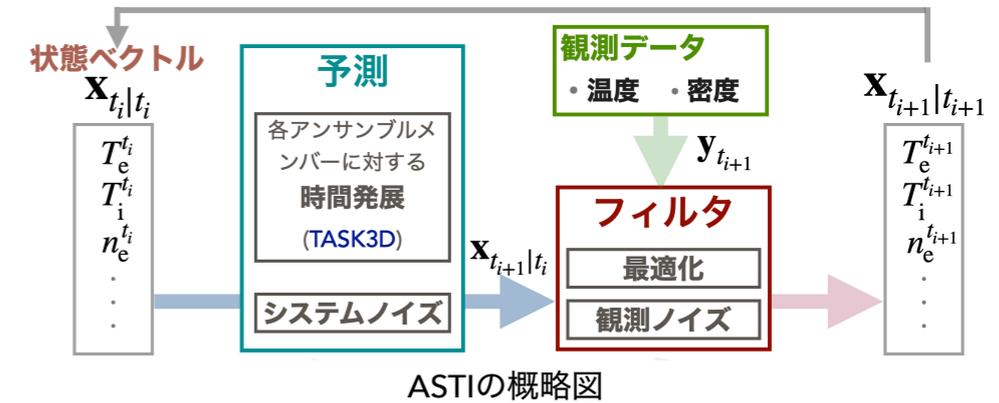
- 核融合プラズマの挙動の高速かつ高精度な予測・制御を目指して、統合輸送シミュレーションコードTASK3Dをベースとするデータ同化システム**ASTI**を開発中。
- データ同化手法（**アンサンブルカルマン smoother**, EnKS）を用いて、蓄積されたLHD実験データに基づく高精度な輸送係数モデルを構築する。

手法

- LHDにおけるNBI加熱プラズマ12ショット分の時系列データに対して、EnKSにより電子・イオンの輸送係数（乱流熱拡散係数, 乱流粒子拡散係数, 対流速度）の推定を行う。
- 推定された輸送係数に対して、電子温度, イオン温度, 密度を説明変数とする**ガウス過程回帰**（GPR）を行い、輸送係数モデルを構築する。

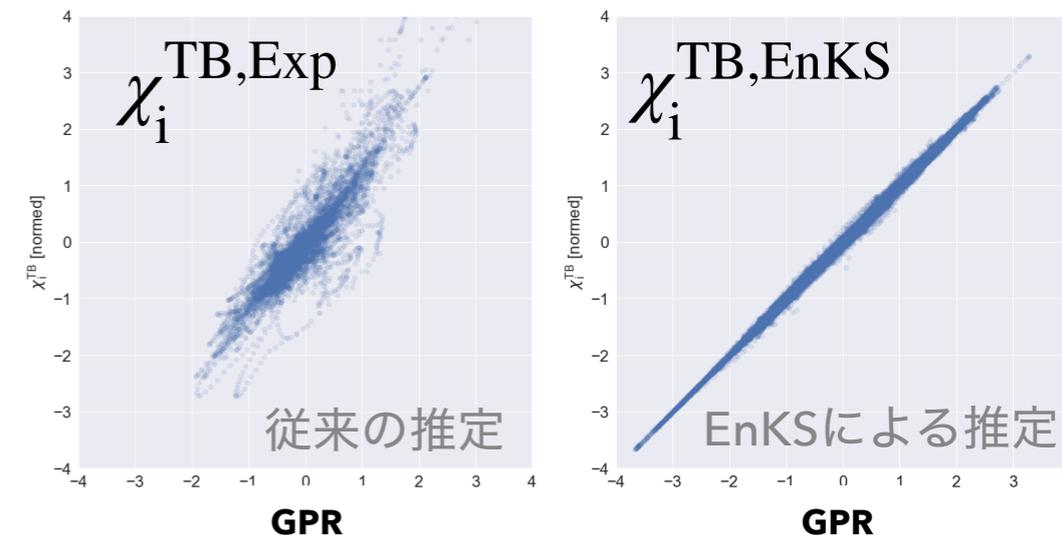
結果

- EnKSの推定結果を用いた回帰は、熱流束を温度勾配で割って得られる従来の推定値を用いた回帰よりも精度が高い（決定係数0.98以上）。これは、EnKSの利点（時系列データ全体を用いた推定, 観測データの誤差を考慮, 物理モデルが事前情報となり値を制限する等）によると考えられる。
- 構築したモデルを用いたNBI加熱プラズマにおける1秒先予測の精度は、中心付近（ $\rho=0.1$ ）で電子温度：0.25keV, イオン温度：0.35keV程度となった。
- 今後は、ショットを増やして、更なる精度と頑健性の向上を図る。



EnKSによる推定輸送係数を用いたシミュレーション結果の例

(ρ は規格化小半径を表す。)



イオンの乱流熱拡散係数の回帰結果 (熱流束と温度勾配からの推定(Exp)とEnKSによる値の回帰の比較)