

トムソン散乱計測のデータ駆動型キャリブレーション Data Driven Calibration for Thomson Scattering System

藤井 恵介, 山田 一博¹, 蓮尾 昌裕

Keisuke FUJII, Ichihiro YAMADA¹, Masahiro HASUO

京大院工, 核融合研¹

Kyoto Univ., NIFS¹

トムソン散乱計測を始めとして、多チャンネル計測システムは科学計測に広く使われている。一般的に計測システムの較正は、事前の較正実験により感度などチャンネル間の個体差を評価することで行われるが、較正実験の原理的制約や感度の経時変化などにより、精度の高い較正を行うことが難しいこともしばしばである。較正の誤差がランダムノイズの大きさを超える場合は、計測データにランダムに揺らがない系統的ノイズが含まれることになる。

図 1(a) に LHD トムソン散乱計測システムで得られた電子密度の計測データを 2 例示す。いくつかの外れ値があることのほか、データ点のばらつきがおおよそ 10% 程度であることが見て取れる。一方 2 つの結果を比較すると、例えば挿入図に縦矢印で示した点は両結果で周りより高い値をとるように、これは感度較正の不確かさに起因する系統的ノイズである。このように計測データ自身にも、計測システムの感度に関する情報が含まれる。

本研究では、LHD トムソン散乱電子密度計測システムの系統的ノイズを、LHD プラズマに対する大量の計測データから推定する手法を開発した。具体的には、プラズマ中の電子密度分布・ランダムノイズ・感度較正に起因する系統的ノイズのそれぞれに関する統計的性質をベイズ統計の枠組みの一つであるガウス過程回帰 [1] を用いてモデル化した。特に、それらの系統的性質を階層的にモデル化し多くの LHD 計測データにフィットさせることで、オーバーフィッティングさせることなく 3 者の事後分布を得ることができた。評価した系統的ノイズの事後分布を用いて、図 1(a) の結果を較正したものを図 1(b) に示す。データ点のばらつきが約 10% から 2% に減少し、より細かな空間構造を議論することが可能となった。

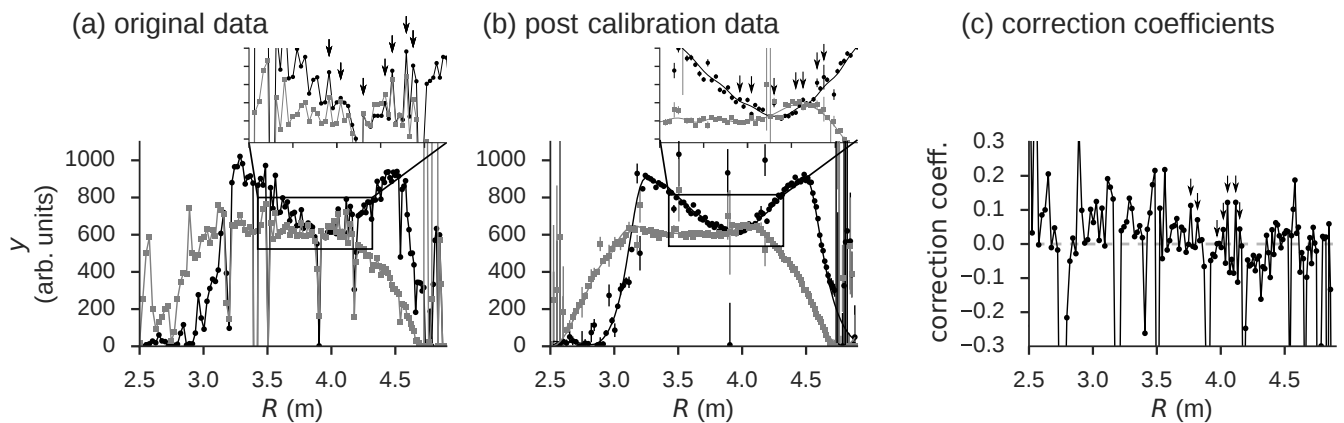


図 1: (a) 核融合科学研究所 LHD プラズマ中の電子密度分布の計測結果の 2 組の例。挿入図に示した矢印は、両結果で周りより高い値を示す計測点の例を示す。(b) 本研究により感度較正誤差を推定し、補正した結果。(c) 本研究により推定した感度較正の補正係数。