

# 24Aa08

## 位相空間トモグラフィのLHD荷電交換分光計測への適用 Phase space tomography for charge exchange recombination spectroscopy measurement in LHD

小林達哉<sup>1,2</sup>, 吉沼幹朗<sup>1</sup>, 胡文卿<sup>2</sup>, 居田克巳<sup>1</sup>,  
T. Kobayashi<sup>1,2</sup>, M. Yoshinuma<sup>1</sup>, W. Hu<sup>2</sup>, and K. Ida<sup>1</sup>

<sup>1</sup>核融合研, <sup>2</sup>総研大  
<sup>1</sup>NIFS, <sup>2</sup>SOKENDAI

プラズマ核融合エネルギー実用化のため、磁場閉じ込めプラズマにおける熱や粒子の閉じ込め特性の研究が進められている。過渡・突発輸送、非局所・非拡散輸送、亜臨界不安定性、分布硬直化など、準線形・拡散モデルで表すことが困難な輸送現象を説明するため、速度空間の自由度を考慮した位相空間乱流モデルが提案されている。低衝突プラズマでは波に捕捉された粒子が元の波の振る舞いに影響を与える。波と粒子の非線形相互作用によって実空間と速度空間に張られる位相空間に有限寿命を持った構造が形成される(図1)。形成された位相空間構造は、準線形・拡散モデルで説明できない上記のプラズマ輸送を記述し得ると考えられている[1]。

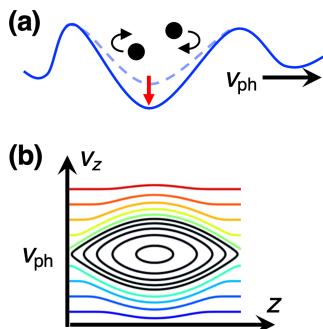


図1. (a) 非線形波動-粒子相互作用および (b) 位相空間構造のイメージ図 [3].

位相空間揺動の実測は一般的に困難であるとされている。位相空間構造を計測するために信号を実空間、時間、および速度空間方向に分解すると、検出素子1つ当たりの信号量が減少し、計測精度が悪化する。分解能と信号強度はトレードオフ関係にあるため、観測ターゲットに合わせてこれらを最適化することが求められる。例えば大型ヘリカル装置(LHD)の荷電交換分光計測(CXS)では、ポロイダル方向に計測体積を大きく取ることでMHDバーストイベントの際の速度分布関数歪みを高い時間分解能で計測することに成功している[2]。

位相空間揺動構造の計測をより一般的に行うために、位相空間トモグラフィ手法を提案した[3]。3種類のデータ：時間・速度空間分解したデータ(半径方向にファイバビニングした高速CXS)、時間・実空間方向に分解したデータ(高速発光強度計測)、及び実空間・速度空間に分解したデータ(低速CXS)をトモグラフィ手法によって解析し、時間・実空間・速度空間に分解されたデータを再構成する。計測結果[2]に基づいて作成されたテストデータの解析を行い、手法の有効性を示した(図2)。

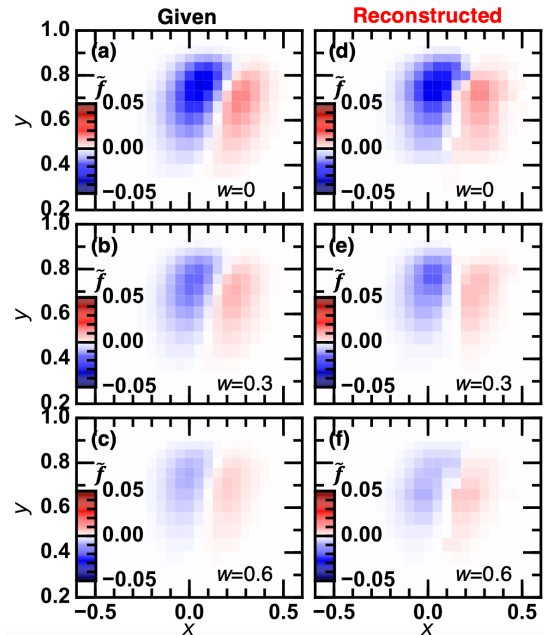


図2. (左) 位相空間構造のテストデータ及び (右) トモグラフィによって再構成されたデータ。x, y, w はそれぞれ規格化された実空間、速度空間、時間座標を表す [3].

[1] P. W. Terry, et al., Phys. Fluids B **2**, 2048 (1990)  
[2] K. Ida, et al., Communi. Phys. **5**, 228 (2022)  
[3] T. Kobayashi, et al., submitted to New J. Phys. (2022)