

テンプレート法による乱流揺動の時空間構造の抽出

New method of structure observation in turbulent plasma

稲垣 滋¹, 三分一史和²

S. Inagaki¹, F. Miwakeichi²

¹九大応力研, ²統数研

¹RIAM Kyushu Univ., ²ISM

プラズマ乱流中のフリーク波や突発現象の観測を行っている。テンプレート法は相関により時空間構造を抽出する方法であり、統計平均により周波数/波数スペクトルを歪める事なく最尤構造を抽出する事が可能である[1]。しかし、構造の瞬時のゆらぎ変動の情報は統計平均によって失われてしまう。実際、統計的に定常な乱流であっても、乱流揺らぎは常に消滅と生成がせめぎ合っている。このため定常状態であってもその周波数/波数構造は揺らいでいる。例えば、自己組織化臨界現象(SOC)では雪崩の待ち時間は、雪崩の規模がある程度大きい場合はランダムな揺らぎからべき乗分布に変化する事が観測されている[2]。特に突発現象を理解するためには、この揺らぎの瞬時的振る舞いを解析する必要がある。せめぎ合う系ではSOCのように揺らぎにはある制約が課せられ、それが系の性質(例えば弾道的な非拡散輸送の駆動など)を特徴づける。そのため揺らぎ構造の揺らぎというメタ構造を解析する手法を開発する。

本発表では、揺らぎ構造の時空間的伸縮を検出することを目的としている。同様の目的で動的時間伸縮法の開発も進めているが[3]、本発表では wavelet を用いた手法について説明する。wavelet とは減衰する波であり、Wavelet 変換とは入力信号に合致するような wavelet の拡大縮小(スケーリング)・平行移動(シフト)を求める事である。乱流における波動的揺らぎは生成・消滅を繰り返すため、短寿命の波である wavelet の表現と相性が良い。そして wavelet 変換とは揺らぎのテンプレートを mother wavelet とした時に、まさにテンプレートの時空間的伸縮を求めるものである。このため、今回は乱流

の時系列データに対し、1) 通常のテンプレート法を適用しテンプレートを求める、2) テンプレートを mother wavelet とした wavelet 変換を行う、3) 最頻成分を最尤成分と考え最終的なテンプレートとする、4) wavelet 変換の結果からテンプレートの時間的伸縮を抽出しメタ揺らぎ(揺らぎ構造の揺らぎ)を観測する。揺らぎ構造の揺らぎ周波数をフーリエ解析から求め、揺らぎ自身のフーリエスペクトルとの関係を議論する。本手法はメタ揺らぎという新たな量の観測に加え、従来のテンプレート法の初期テンプレート設定の曖昧さも解決すると考えられる。

—参考文献—

[1] S. Inagaki, et. al., Plasma Fusion Res. 9 (2014) 1201016.

[2] B. Zhang, S. Inagaki, et. al., Plasma Phys. Control. Fusion 61 (2019) 115010.

[3] 22P-1F-01