

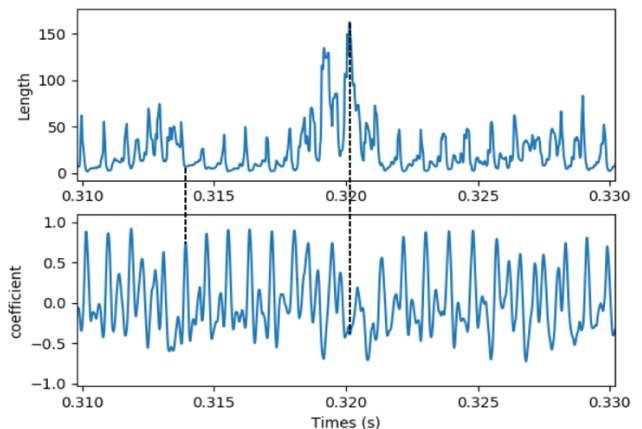
## 動的時間伸縮法を用いたプラズマ乱流の時系列解析

Time-series data analysis of plasma turbulence  
by using Dynamic Time Warping method上島稔之<sup>a)</sup>、稲垣滋<sup>b)</sup>、河内裕一<sup>a)</sup>N.Ueshima<sup>a)</sup>, S.Inagaki<sup>b)</sup>, Y.Kawachi<sup>a)</sup>九州大学総合理工学府<sup>a)</sup>、九州大学応用力学研究所<sup>b)</sup>Interdisciplinary Graduate School of Engineering Science, Kyushu University<sup>a)</sup>Research Institute for Applied Mechanics, Kyushu University<sup>b)</sup>

核融合発電において重要なことは温度（1億度以上）、密度（ $10^{20}/\text{m}^3$ ）、閉じ込め時間（1秒以上）である。このうち閉じ込め時間を長くする為にプラズマ中に発生するプラズマの乱流に注目する。プラズマ中の乱流にはゾーナルフローやストリーマなど色々な種類があるが、本研究ではその中のドリフト波について調べるために計測によって得られた時空間パターンからドリフト波を抽出しなければならない。その時系列データの解析手法として今まで用いられてきたものにテンプレート法[1]というものがある。テンプレート法とは、まず初期テンプレートとして単純な波形を定義し、生データと初期テンプレートとの時系列相互相関関数を求め、相互相関関数が1に近い（テンプレートの波形と似ている）タイミングを参照して条件付き平均法でテンプレートが収束するまで行う解析方法である。しかし、テンプレート法では、同じ時間幅で切り取った波長しか比較することができなかった。そこで、違う時間幅でも比較できるように動的時間伸縮法（Dynamic Time Warping, DTW）[2]を用いて解析することにした。

DTWとは2つの時系列データの類似度を距離的なものとして求める手法である。2つの時系列データのある時刻 $t_1, t_2$ において、 $t_1, t_2$ それぞれの組み合わせの二乗誤差を計算し、その合計が最小になるように求めている。これによって異なる時間窓の時系列データを比較し、解析することができるようになる。テンプレート法によって求められる相関係数とDTWによって求められる距離について比較してみた。ここで、相関係数は大きい方

がより求めたい波形（テンプレート）に近く、DTWの距離は短い（値が小さい）方がより求めたい波形に近い。相関係数とDTW距離の時間発展をプロットすると、下図のようになった。



相関係数が大きい時に距離が小さく、相関係数が小さい時に距離が大きくなっており、テンプレート法を用いた解析と同じような結果を得ることができた。よって、DTWがrawデータとテンプレートとの比較に使えることがわかった。

[1] S. Inagaki *et al.*, *Plasma Fus. Res.*, 9, 1201016, 2014.

[2] Meinard Müller. (2007). *Information Retrieval for Music and Motion*. Springer. pp 69-84