

現代制御理論を用いた核融合プラズマ制御シミュレーション

東京大学大学院新領域創成科学研究科

博士一年 三善悠矢

1. 背景

将来の核融合炉制御においては、既存のプラズマ実験炉とプラズマの性質などが変わるため、現在使われている制御理論が使えない可能性が高い。例えば将来の炉においては非常に高い中性子負荷や熱負荷が予測される。これにより設置できる測定機やアクチュエーター（NBI等の外部制御機器）の設置に制約がかかる。そのため、将来の炉において

- ①何を制御せねばならないのか
- ②どのような機器なら設置可能なのか
- ③どのような理論ならば、少ない機器で制御ができるのか

を明らかにしていくことが非常に重要となる。本研究ではこのうち③について検討していく。

2. 現代制御理論の適用

将来の炉においては、複数のパラメータを複数のアクチュエータで制御することになるが、その際、アクチュエータ同士の干渉が非常に大きいことが予測される。そのためそのようなカップリング効果を考慮に入れた制御系の設計が必要になる。このような問題を解決するため、現代制御理論の核融合炉への適用を考える。

今まで使われてきた古典制御理論においては、対象（この場合はプラズマ）の物理はブラックボックスのまま、アクチュエータを動かした際の応答特性のみを見て制御を行っていた。しかし現代制御理論においてはプラズマ物理を元にして、制御を行っていく。具体的にはプラズマの支配方程式を以下の形（状態方程式と呼ばれる）まで簡略化して記述し、ここからアクチュエータ量 \mathbf{u} を決定する。

$$\frac{d}{dt}\mathbf{x} = \mathbf{A}\mathbf{x} + \mathbf{B}\mathbf{u}$$

$$\mathbf{y} = \mathbf{C}\mathbf{x} + \mathbf{D}\mathbf{u}$$

ここで \mathbf{x} は状態変数ベクトル、 \mathbf{y} は出力ベクトルと呼ばれ、それぞれ内部のパラメータと出力されるパラメータを表す。

本発表ではこの式からどのようにプラズマの制御を行うのかを発表する。