

非軸対称性を考慮したMHD平衡計算コードの開発 Development of non-axisymmetric MHD equilibrium code

大谷瞭太、中村祐司、石澤明宏
Ryota Oya, Yuji Nakamura, Akihiro Ishizawa

京都大学大学院エネルギー科学研究科
Graduate School of Energy Science, Kyoto University

磁場閉じ込め核融合研究において、プラズマのMHD平衡計算は輸送や不安定性の評価の土台となり、重要な役割を担う。トカマクプラズマのMHD平衡計算には、通常、軸対称が仮定される。しかし、近年、ヘリカルコアの形成や共鳴擾動磁場の印加など非軸対称性の重要性が増している。既存のヘリカルプラズマのMHD平衡計算に用いられてきたコードは、トロイダル電流が大きいトカマクの非軸対称平衡計算に不利である。そこで本研究ではトカマク、ヘリカルどちらも計算できる新たな3次元MHD平衡計算コードの開発を行う。

非軸対称MHD平衡構築では、軸対称のように入れ子状の磁気面を仮定することができないので、磁力線追跡によって圧力分布、電流の磁場に平行な成分を計算する。本研究で開発する3次元MHD平衡計算コードにおいて、この部分はすでに開発済みである。本研究では、軸対称性を仮定した既存のコードで、初期値として与えるトロイダル電流がトロイダル方向負の場合に限定されていた点を、電流の正負に関わらず計算できるように修正した。

開発した3次元MHD平衡計算コードの妥当性を確かめるため、まず軸対称MHD平衡構築を行った。その結果、ベータ値が非常に小さい場合は、計算が収束し、軸対称平衡を得ることができた。そのMHD平衡の磁力線ポアンカレ図を図1(左)に示す。一方、有限な β 値に対して計算が収束しないことが判明した。この問題を回避するために、図2に示すアルゴリズムのようなループ計算を行うとき、計算を分割し、収束の途中で得られた計算結果をまた入力値として計算し、少しずつ β 値を上げることができるようコードを変更した。

その結果、有限ベータ3次元MHD平衡を得ることができた。したがって、収束した低 β での計算結果を入力値とすることで、高 β でも計算できる。

また、非軸対称MHD平衡計算は計算コストが非常に大きくなることが判明した。原因は現在解析中であるが、磁力線追跡の計算でコストがかかっていると推測される。また今後非軸対称MHD平衡

構築をする際には、磁力線追跡に加えてビオサバール計算で計算コストがかかると推測される。この問題を解決するために、電流の平行成分の計算で得られた3次元データを格子点上のデータに変換することにより、計算の高速化を進めている。その結果も発表する予定である。

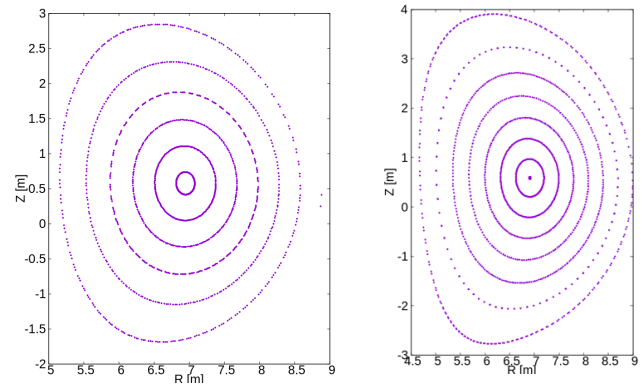


図1: 開発した3次元MHD平衡計算コードによって得られた軸対称MHD平衡の磁力線ポアンカレ図 (プラズマ $\beta \sim 0.05\%$ (左), 1.0% (右))

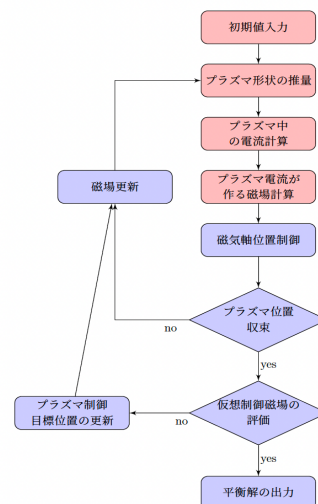


図2: 3次元MHD平衡計算のフローチャート