

機械学習を用いた核融合用超伝導マグネット システムの状態予測に関する検討

Feasibility study on the state prediction of the superconducting magnet system for a nuclear fusion experimental device by machine learning

尾花 哲浩
Tetsuhiro Obana

核融合科学研究所
National Institute for Fusion Science

核融合実験装置の中核機器である超伝導マグネットシステムでは、システムの運用及び監視のために、システム内に多数の計測機器を設置している。実験装置の保守期間中に、各計測機器の点検・修理作業が行われるものの、長期間にわたり使用する計測機器では、トラブルの発生が懸念される。仮に、システムの運用上重要な計測機器でトラブルが生じた場合、プラズマ実験を中止し、更に超伝導マグネットシステムを常温まで昇温して、計測機器の修理・交換が必要になる。

そこで、本研究では、システムの運用で蓄積された計測データを基に、機械学習技術を駆使して、超伝導マグネットシステムの状態予測モデルの開発を進めている[1]。本予測モデルによって、計測点での数値を高い精度で予測することが可能になるため、計測機器でトラブルが生じたとしても、システム運用が継続できるようになり、超伝導マグネットシステムの信頼性向上を実現できる。また、システム運用時において、状態予測モデルをリアルタイムで作動させることで、超伝導マグネットシステムに関する異常検出が可能になる。

状態予測モデル開発の対象は、大型ヘリカル装置 (LHD) サブクールシステム[2]である。本システムでは、約10年間の運用によって収集した膨大な計測データを蓄積しているため、モデル開発に適している。LHDサブクールシステムの冷却流路図をFig.1に示す。

LHDサブクールシステムでは、プラズマ実験前後に実施するコイル励減磁によって、システム内での状態（温度）変化が生じる。そこで、

コイル励減磁時における出口配管及びコイル容器の温度変化を予測する機械学習モデルを検討した。モデルは、入力層・中間層・出力層からなるネットワーク構造であり、中間層は長短期記憶(LSTM)で構成され、出力層は活性化関数と誤差関数から構成される。モデルの入出力パラメータは、ヘリカルコイルを構成する3つのコイル巻線部 (H-I,H-M,H-O) の各電流値、冷媒の供給流量、出口配管温度、コイル容器温度である。機械学習モデルの詳細、及びモデルによる予測値等は、講演会当日に報告する。

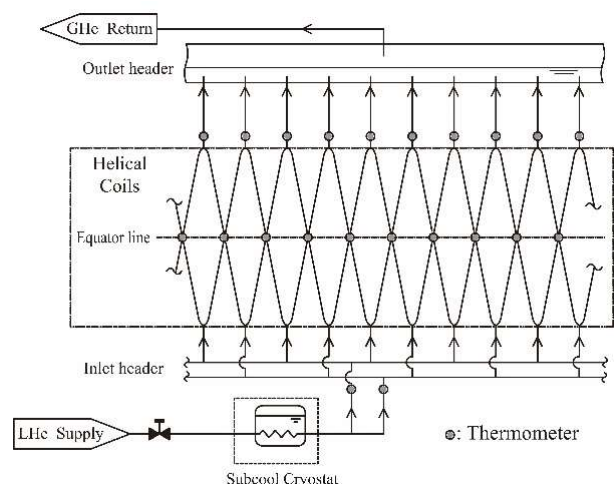


Fig.1 Flow diagram of the LHD subcooling system.

参考文献

- [1] T. Obana: Abstracts of CSJ Conference, Vol.101 (2021) p.40
- [2] T. Obana et al., TEION KOGAKU, Vol. 44, No. 7 (2009) 304-313.