

JT-60SA ECH/CD装置用2軸ビーム駆動ランチャーの設計

Design of two directional beam steering launcher
for the JT-60SA ECH/CD system

小林貴之、山崎響、平内慎一、梶原健、高橋幸司、森山伸一

T. Kobayashi, H. Yamazaki, S. Hiranai, K. Kajiwara, K. Takahashi, and S. Moriyama

量研 (QST)

JT-60SAの電子サイクロトロン加熱・電流駆動 (ECH/CD) 装置は多様な条件での高性能プラズマの生成・加熱実験に用いられる[1]。プラズマへのミリ波ビーム入射角度はトロイダル (-5~+25度)・ポロイダル (-40~+20度) の2方向に幅広く可変とする必要がある。一方、ジャイロトロン1系統当たり1MW・100秒の大電力・長パルス出力を実現するため、機器の強制冷却が不可欠である。本発表では、これまでに実施した直線駆動方式ランチャーの光学設計[2, 3]、およびこれを実現する要素技術開発[4]に基づく、真空中における冷却水漏洩リスクの低減と幅広い入射角度を両立した2軸駆動ランチャーの実機製作に向けた詳細設計について報告する。

本ランチャーは大気側の傾斜架台により片持ちで支持される構造であり、自重・地震に加えて、プラズマ近傍の大型固定曲面ミラーに発生するディスラプション時の電磁力により、筐体に変形する。狭小なポート内に設置するランチャー筐体がポートへ接触しないように、これらの荷重による変位は5mmを超えないように設計する。これまでの設計では、電磁力による筐体変位量が6.3mmと大きく、特に、真空境界フランジより真空側において5.3mmの変位が生じることが分かった。このため、真空中の筐体へのリブ等の追加に加えて大気側の支持構造を強化し、2.5mm (図1のSMX参照) まで電磁力による筐体の変位を低減できることを確認した。

また、本ランチャーの可動ミラーは銅合金とSUS母材及びSUS冷却配管で構成され、リニアガイド及びベアリングで支持される駆動軸とリジットに接続する。今回可能な限り渦電流を減らすことを目的としたミラー形状の最適化設計を行い、反射面形状は維持しつつ熱負荷の小さいミラー上端・下端の銅合金層を薄くし、さらに、冷却配管のルートに沿って一部の銅合金層を減らした構造で熱解析 (図2) 及び渦電流解析を行った。その結果、ミラーの電磁力により駆動軸に印可されるトルクを1割以上低減しつつ、ミラーの熱応

力が許容応力以下であること、また、冷却配管内面温度が冷却水沸点を超えないことを確認した。

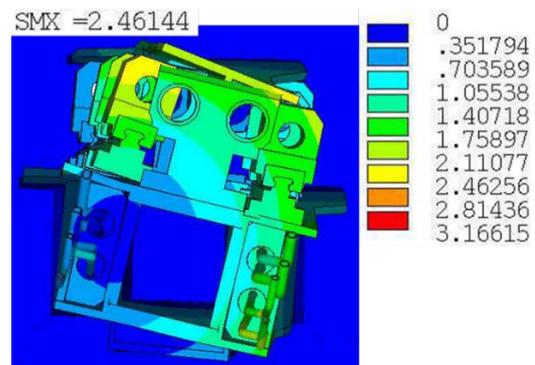


図1 真空容器内からランチャー筐体 (補強後) を見た電磁力による変形図 (変形倍率50倍)。導波管・可動ミラー・固定ミラーは非表示。

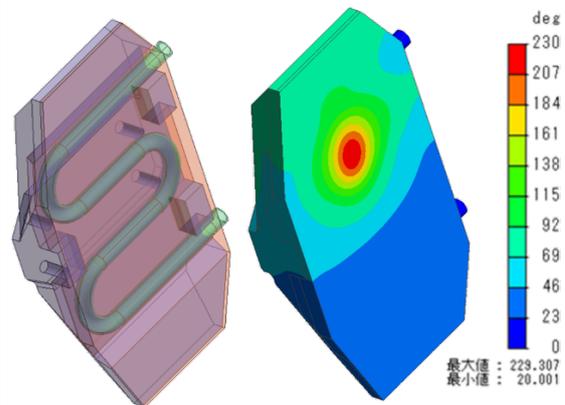


図2 可動ミラーCADモデル及び熱伝導解析 (駆動軸周りのミラー回転角-15度)。

上記に加えて、水冷式ステンレス製導波管 (内面ニッケルコーティング) の構造設計・熱解析及び配管レイアウト設計、駆動系制御設計、全体組立・試験手順の検討等を実施し、各構成要素及びランチャー全体の成立性を確認し、実機製作に向けた見通しを得た。また、本成果をもとに、詳細寸法の最適化を含む製造設計を開始した。

[1] JT-60SA Research Plan,

<https://www.qst.go.jp/uploaded/attachment/6690.pdf>

[2] T. Kobayashi et al., Fusion Eng. Des. **86** (2011) 763.

[3] T. Kobayashi et al., Fusion Eng. Des. **96-97** (2015) 503.

[4] T. Kobayashi et al., Fusion Eng. Des. **146** (2019) 1647.