

ダイバータタイル上の表面温度と熱流束の分布に関する考察

Consideration on the surface profile of temperature and heat flux on divertor tiles

松浦寛人¹, ブイスアンニャットソン²

大公大¹, 大府大²

Hiroto MATSUURA¹, BUI XUAN NHAT Son²

Osaka Metro. Univ.¹, Osaka Pref. Univ.²

炉心プラズマ対向壁、特にダイバータでの熱制御は核融合炉工学の重要課題の一つである。特に、閉じ込め遷移等の過渡的イベント、外部からのプラズマコントロールに伴う熱流束の時間変化をきちんとモニターするためには、正確な熱バランスに基づいた伝熱モデルで、実測されたターゲット温度の時間変化を完全に再現する様な解析が欠かせない。我々はステップ状熱流束に対する解析的温度応答関数を導出し、実熱流束の時間変化を多数の正負の振幅のステップ熱流束の和で近似し、小型熱流束センサーに埋め込まれた熱電対でモニターした温度を再現するように振幅の大きさを決定するパルス分解法を提案、種々の実験装置での熱流束評価に応用してきた⁽¹⁾。

しかしながら、大型ヘリカル装置のダイバータタイルへの熱流束を評価した時⁽²⁾はタイルの広さが、いわゆるダイバータトレースの幅より大きい為、評価された熱流束の時間変化がダイバータタイルのプラズマ対向面で平均化されたものとなっていた。タイルの健全性を議論するためには熱流束のピーク値を求める必要がある。

プラズマ照射面での熱流束分布の効果を取り入れるため、応答関数の2次元化を進めた。入熱面($z=0$)での熱流束の分布をフーリエ級数の様に展開し、熱伝導方程式を満足する温度応答関数を導出した。図1はその計算例である。プラズマ照射背面($z=L_z=0.02\text{m}$)は、完全熱絶縁であると仮定しているため、十分に時間が経った後は、タイルを模擬している計算領域(検査体積)全体の温度は時間に比例して増大している。

x 方向の温度分布も、仮定した照射面境界での熱流束分布(図2)と同様に2箇所ピークをもつが、分布の形状は当然異なっている。このことは、IRカメラなどで温度分布を可視化しても、それが直ちに熱流束の分布形状を映したものではないことに注意する必要がある。現在、温度分布のサンプルデータから、図2の熱流束分布を再構成するフィッティング手法を開発、検討している。熱流束分布が複雑であるほど、合理的な再構成を行うのに要するサンプルデータの数が増大すると予想される。初期的な検討結果は講演にて報告する予定である。

本研究はNIFS双方向型共同研究(NIFS22KUHL107/NIFS22KUGM171)および一般共同研究(NIFS22KIPR007)の援助を受けている。

(1) H.Matsuura et al, IEEE Trans. Plasma Sci. 47, 3026-3030(2019).

(2) 松浦他, 原子力学会 2016 年春の年会 (東北大)1J05.

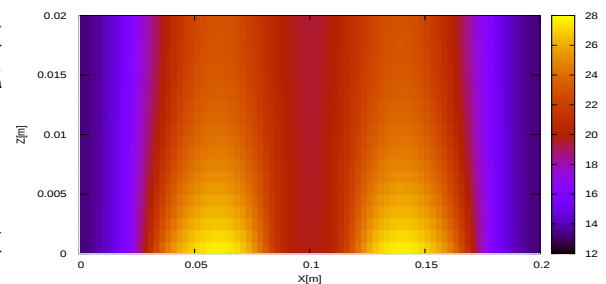


Fig.1 熱絶縁背面境界の温度応答関数の計算例。
(横軸：照射面方向 $0 < x < 0.2$ m、
縦軸：タイル奥行方向 $0 < z < 0.02$ m)

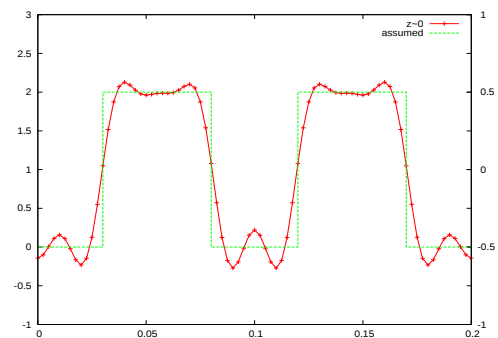


Fig.2 熱流束分布とそのフーリエ級数近似。解析的に
仮定した熱流束分布を項数 20 の級数で近似。