

不純物入射プラズマの輻射伝播への 情報拡散モデルの適用可能性 Applicability of information diffusion model to radiation expansion in impurity seeded plasmas

向井清史^{1,2}、ピーターソンバイロン^{1,2}、河村学思^{1,2}、横山雅之^{1,2}
Kiyofumi Mukai^{1,2}, Byron J. Peterson^{1,2}, Gakushi Kawamura^{1,2}, Masayuki Yokoyama^{1,2}

¹核融合研、²総研大
¹NIFS, ²SOKENDAI

核融合炉では、ダイバータの熱負荷低減のため不純物入射を用いた非接触ダイバータによる運転が考えられている。熱負荷をトロイダル方向に均一に低減するには、離散的なトロイダル位置から入射される不純物による輻射がトロイダル方向に広く伝播される必要がある。しかしながら、各種トカマク・ヘリカル装置において、窒素入射時に輻射が局在化し熱負荷軽減がトロイダル非対称になる現象が観測されている[1,2]。また、大型ヘリカル装置 (LHD) では、1台のイメージングボロメータで計測される2次元輻射画像に対して主成分分析を行うことで、窒素入射時の特定の磁力線領域に局在化した輻射構造を抽出した[3]。本研究では、この窒素入射時の輻射の局所的な伝播を模擬するため、情報拡散モデルである線形閾値 (LT) モデル[4]の適用を試みた。

LTモデルでは、各ノードはある閾値を持ち、隣接するアクティブなノードとそのノード間のリンクの重みの和が閾値を超えると、ノードがアクティブになる。SOLプラズマを模擬し、図1に示すように、 $B_{||}$ 方向に11、 $B_{\perp}$ 方向に5のノードを持つ、格子状のモデルを作成した。リンク重みは、 $B_{\perp}$ 方向は0.05から0.2まで内側に進むにつれ線形に増加し、 $B_{||}$ 方向は0.3で一定とした。また、各ノードの閾値は0.1とした。アクティブノードは輻射が生じている場所に相当し、初期位置は、不純物の第一イオン化エネルギーを考慮して窒素はプラズマ外側、ネオンは少し内側に設定した。

LTモデルを用いて、窒素とネオンの輻射の伝播を計算した結果を図2に示す。ネオンは $B_{\perp}$ 方向にも拡散するのに対し、窒素は $B_{||}$ 方向にのみ拡散する (局在化する) 結果が得られた。情報拡散モデルは、例えば災害時における重要情報を素早く拡散させるシステムの構築に用いられるが、核融合プラズマにおける輻射の伝播にも適用できる可能性がある。

- [1] M.L. Reinke *et al.*, PSFC Research Report PSFC/RR-14-3, MIT, Cambridge, 2014.
- [2] H. Tanaka *et al.*, Nucl. Mater. Energy **12** 241 (2017).
- [3] K. Mukai *et al.*, 25th International Conference on Plasma Surface Interaction in Controlled Fusion Devices (PSI-25), P250, Online, Korea, 2022.
- [4] D. Kempe *et al.*, Theory of Computing, **11** 105 (2015).

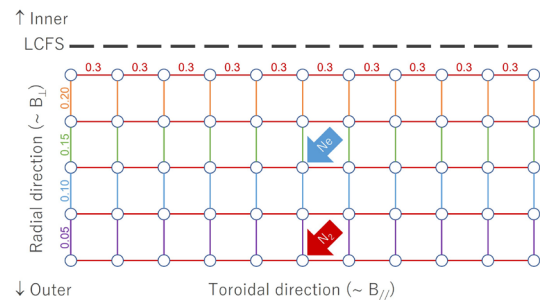


図1 SOLプラズマのLTモデル

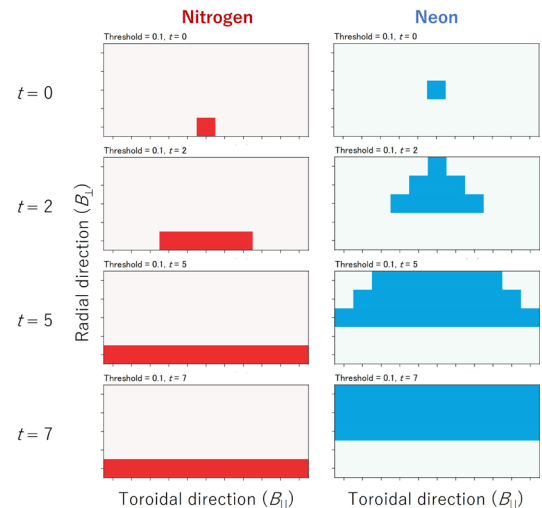


図2 LTモデルによる SOL プラズマ中の窒素 (左) 及びネオン (右) の輻射の伝播。ネオンに比べ、窒素の輻射が局在化している様子を再現できている。