

R008-P12

ポスター 2 : 11/25 AM1/AM2 (9:00-12:00)

2 流体プラズマモデルへのテンソルネットワーク法応用に向けて

#溝上 雄大¹⁾, 樋口 颯人¹⁾, 吉川 顕正²⁾

(¹⁾ 九大, (²⁾ 九大/理学研究院)

Towards the Application of Tensor Network Methods to Two-Fluid Models

#Yuudai Mizokami¹⁾, Hayato Higuchi¹⁾, Akimasa Yoshikawa²⁾

(¹⁾ Kyushu University, (²⁾ Department of Earth and Planetary Sciences, Kyushu University)

This presentation reports on the application of tensor networks to two-fluid plasma, with the development of a multi-fluid simulator aimed at reproducing the magnetosphere-ionosphere coupling system, where weakly ionized and fully ionized plasma regions strongly interact.

The tensor network method was originally developed to efficiently extract essential dynamics from quantum many-body systems with vast degrees of freedom by focusing on the hierarchical structure of information, enabling realistic computational feasibility. However, it has recently gained attention not only in quantum applications but also in the development of methods for efficiently solving fluid turbulence cascades with multiscale interactions (Gourianov et al., 2022) and kinetic plasmas (Ye et al., 2022).

These applications utilize tensor networks based on the widely used multigrid method in numerical calculation. This approach efficiently handles phenomena at various scales and applies appropriate mathematical processing to the information exchanged between scales, leading to computational acceleration.

In this study, we focus on applying tensor networks as a tool for efficiently managing the multiscale nature of waves arising from multi-fluid plasma dynamics. This presentation will discuss the research background, explain the tensor network method employed, and review previous studies (Ye et al., 2022) and future prospects.

弱電離プラズマ領域と完全電離プラズマ領域が強く相互作用する磁気圏電離圏結合系の再現に向けた多流体シミュレータの開発を念頭に、テンソルネットワークによる2流体プラズマへのアプローチについて報告する。

テンソルネットワーク法は、元々膨大な自由度を持つ量子多体系の振る舞いを、現実的な計算量で扱うために、情報の階層性に着目し、本質的なダイナミクスを効率的に抽出する手法として開発されてきた。しかし、近年量子分野の応用へ留まらず、マルチスケール性を備えた流体の乱流カスケード (Gourianov et al., 2022) や運動論プラズマを効率的に解く手法 (Ye et al., 2022) が開発され、注目されている。

これらの応用では数値計算で広く用いられているマルチグリッド法をベースにテンソルネットワークを展開することで、それぞれのスケールでの現象を効率的に処理し、かつそのスケール間を繋ぐ情報量に適切な数学的処理を施すことで、高速化を可能にしている。

そこで本研究では多流体プラズマのダイナミクスに起因する波動のマルチスケール性を効率的に処理できるツールとしてテンソルネットワークの応用に焦点を当てた。

本発表では、研究背景、今回手法として用いるテンソルネットワーク法の解説を行い、先行研究 (Ye et al., 2022)、展望について議論する予定である。