

X07b 天体回転プラズマシミュレータの開発(4)：熱伝導モジュールの並列化

中村賢仁(科学技術振興事業団)、松元亮治(千葉大理)、宮路茂樹(千葉大自然)

降着円盤や銀河円盤のような回転プラズマを対象とした大局的な3次元磁気流体数値実験コード ARPS を開発した。コードはメインプラットフォームとプラグインするモジュールから構成されている。今回は熱伝導モジュールの並列化について報告する。

磁場に沿ってのみエネルギーを輸送する非等方な熱伝導を考える。フレア等の現象は、力学的なタイムスケールに比べ、熱伝導のタイムスケールは圧倒的に短い。そのため、流体計算と熱伝導計算を分離し、流体計算は陽的に、熱伝導計算は陰的に行う。熱伝導方程式を各格子点において差分化すると、大規模な連立1次方程式となる。

大規模行列の解法として、共役勾配系の反復法を採用した。解くべき係数行列は非対称であるので、双共役勾配法(BiCGstab法)を使う。反復法は、適切な前処理を施すことにより反復回数の減少が期待される。不完全LU(ILU)分解を前処理として採用した。

分散型メモリ計算機を利用するために、MPIによる並列化を行った。高い並列化効率を得るため、逐次的に解く必要があるILU分解の行列要素の計算を、各PU間の通信を減らすため各PUに割り当てられた配列要素のみを用いて行うLocalized ILUを用いた。

熱伝導モジュールを組み込んだこのコードの応用として、原始星フレアなどの中心天体の双極子磁場と降着円盤との磁氣的相互作用がある。磁気エネルギーの局所的な解放と熱伝導による降着円盤表面の加熱、ガスの蒸発や降着流の時間変動などを計算することができる。