

W42b GPU 対応一般相対論的輻射磁気流体コード UWABAMI の開発と性能評価

高橋博之 (駒澤大学), 小林諒平 (東京科学大学), 額田彰 (筑波大学), 朝比奈雄太 (駒澤大学, 筑波大学), 朴泰祐 (筑波大学), 大須賀健 (筑波大学)

ブラックホール降着円盤の理解には、プラズマ、輻射、相対論効果を矛盾なく取り扱う数値シミュレーションが不可欠である。我々は、一般相対論的輻射磁気流体コード UWABAMI を開発し、ブラックホールや中性子星の降着円盤の理解に一定の成果を上げてきた (例: Takahashi et al., 2016)。しかし、輻射とガスの相互作用は強い非線形性を持つため、計算コストが高く、降着円盤の長時間発展や大局的構造の追跡は困難であった。

そこで本研究では、CUDA Fortran および CUDA-aware MPI を用いて GPU 演算に対応した UWABAMI コードを開発した。基礎となるコードは Fortran + MPI によって記述された従来の UWABAMI であるが、メモリアクセスの最適化、小規模な CUDA カーネルの統合、さらに CUB ライブラリの利用により高速化を図っている。

本コードと従来版 UWABAMI を、筑波大学計算科学研究センターが運用する Pegasus (CPU: Intel Xeon Platinum 8468 $\times$ 1, GPU: NVIDIA H100 Tensor Core $\times$ 1) 上で比較した。使用したグリッド数は $(N_r, N_\theta, N_\phi) = (360, 180, 64)$ である。その結果、1 ノードあたりの計算では従来の UWABAMI と比較して約 39 倍の高速化を達成した。さらに、ストロングスケーリングによる並列性能評価では、2 ノードで 97%、8 ノードで 83%、32 ノードで 61% と、並列計算において高いスケーラビリティが確認された。

本講演では、本コードの実装の詳細および性能評価について報告する。