

W18a CANS+によるMRI乱流生成の高空間分解能MHD数値実験

町田真美 (九大), 川島朋尚 (NAOJ), 工藤祐己 (鹿児島大), 松本洋介, 松元亮治 (千葉大)

ブラックホール天体の活動性の源である降着円盤の角運動量輸送は、差動回転プラズマ中で発達する磁気回転不安定性 (MRI) が作る磁気乱流によると考えられている。しかし、降着円盤の一部を取り出す局所 MHD 計算においては、角運動量輸送率の飽和値が計算領域やその他、様々なパラメータに依存することが報告されている。2010年代に入り、大局計算においても解像度依存性が調査され、角運動量輸送率に相当する Maxwell 応力の非対角成分の磁気圧に対する割合は、スケールハイトを 20 メッシュ程度以上で分解することで飽和するが、磁場の各成分がもつエネルギーはテスト計算の範囲では収束しないことが報告されている (Hawley et al. 2013)。

我々は、大局的な降着円盤シミュレーションにおける解像度依存性を明らかにするために空間 5 次精度、時間 3 次精度を担保する CANS+ を用いた数値実験を行っている (町田ら、日本天文学会 2018 年春季年会など)。これらの報告では、空間解像度が最も低い方位角方向のメッシュ数のみを変化させている。数値計算の初期条件として、弱い方位角方向磁場のみをもつ回転平衡トーラスを仮定する。その結果、 $N_\phi = 64, 128$ までの計算においては、磁気エネルギーの飽和値は空間解像度と逆相関していた。これは、空間解像度が上昇することによって成長した短波長の乱流によって磁気エネルギーが散逸するために生じる現象であった。

本研究では、 $(N_r, N_\phi, N_z) = (768, 512, 768)$ の結果を中心に解析結果を報告する。方位角方向の空間分解能の向上により、波数の短い乱流が発達するため、低解像度モデルと比べて早い質量降着が生じていることがわかった。また、小スケールの磁場反転は多数見られるが、大局的な渦状構造も形成されることが示された。更に、中心近傍からのウィンドにより、定常的なウィンドと鉛直方向にそろった磁場構造が形成されることがわかった。