

# 磁気降着流の大局的 3 次元 MHD 数値実験

松元亮治(千葉大理)、町田真美(千葉大自然)、嶺重慎(京大基研)

我々は回転トーラスから降着円盤が形成される過程をトーラス全体を計算領域に含む大局的な 3 次元磁気流体数値実験によって調べてきた (Matsumoto 1999; Machida et al. 2000; Kawaguchi et al. 2000)。これらのシミュレーションでは放射冷却を無視しているため、低光度降着流に対応する計算になっている。

低光度降着流をモデル化した移流優勢降着流 (Advection Dominated Accretion Flow: ADAF) モデルでは降着流の密度  $\rho$  は  $r^{-3/2}$  に比例する (Narayan and Yi 1995)。他方、Blandford and Begelman(1999) は降着流の大部分がアウトフローになる解 (Advection Dominated Inflow Outflow Solution: ADIOS) があることを指摘した。この場合、 $\rho \propto r^{-1}$  である。Igumenshchev and Abramowicz (2000) は粘性パラメータ  $\alpha$  が十分小さい場合、動径方向の対流が発生し、 $\rho \propto r^{-1/2}$  となることを示した (Convection Dominated Accretion Flow: CDAF)。ブラックホールへの低光度降着流がどのような構造になるかは現象論的な角運動量輸送パラメータ  $\alpha$  に依存しない直接 3 次元 MHD 数値実験によって決定できるはずである。Machida et al. (2001) は、3 次元 MHD シミュレーション結果をもとに、低光度降着流の動径構造は CDAF に近いことを示した。

現在、ブラックホール近傍での一般相対論的效果を Pseudo-Newtonian ポテンシャル  $\psi = -GM/(r - r_g)$  ( $r_g$  はシュバルツシルト半径) を用いて取り入れたシミュレーションを行っている (Machida et al. 2002 in preparation)。図 1 に  $2r_g < r < 100r_g$  の領域を  $480 \times 64 \times 360$  メッシュを用いて計算した結果を示す。 $r < 10r_g$  ではメッシュ幅を  $\Delta r = \Delta z = 0.05r_g$  とし、初期に密度最大点半径  $r_0 = 50r_g$  のトーラスを方位角方向の弱い磁場が貫いているとした。Hawley et al. (2001) も同様なシミュレーションを行っているが  $r_0$  と数値境界  $r_{in}$  の比が  $r_0/r_{in} = 25$  のモデルでは我々の方が空間解像度が高い。また、我々の計算では電気抵抗 (磁気拡散) の効果を含めることができるようになっている。図に示したようにトーラス物質の一部が角運動量を失って落下し、降着円盤が形成されつつある。ブラックホール近傍領域の磁気エネルギーは増加したのち一定値に漸近している。今後は計算結果をもとに放射スペクトルを計算していきたい。

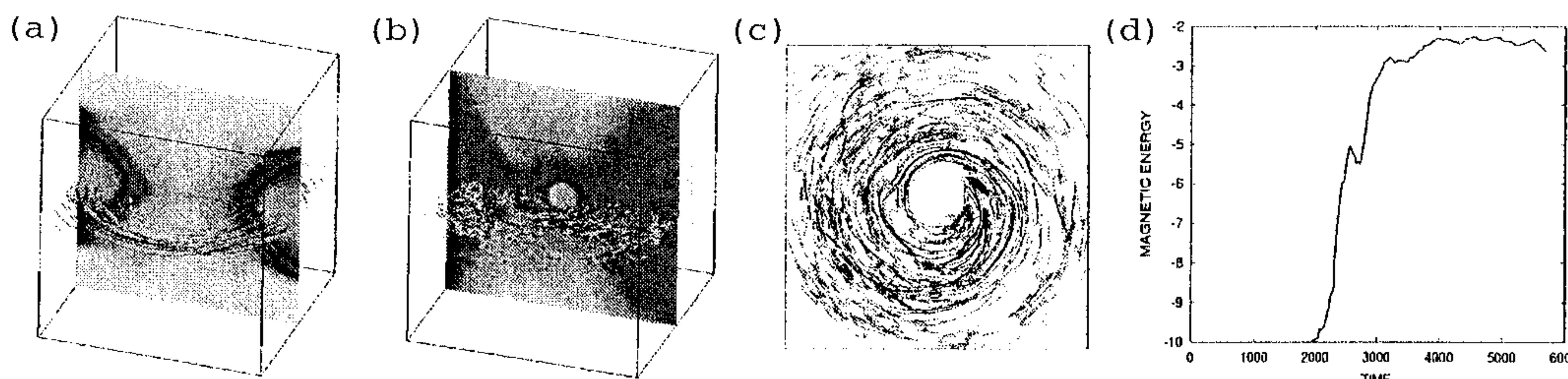


図 1: 3 次元 MHD シミュレーション結果 ( $t = 5700r_g/c$ )。 (a)  $r < 50r_g$  領域の密度分布と磁力線。 (b)  $r < 10r_g$  領域の拡大図。 (c)  $r < 10r_g$  領域の磁力線。 (d)  $4r_g < r < 10r_g$  領域の磁気エネルギーの時間発展。

## 参考文献

- [1] Blandfod, R. D. & Begelman, M. C. 1999, MNRAS 303, L1
- [2] Hawley, J. F., Balbus, S. A. & Stone, J. M. 2001, ApJ 554, L49
- [3] Igumenshchev, I. V. & Abramowicz, M. A. 2000, ApJS 130, 463
- [4] Kawaguchi, T., Mineshige, S., Machida, M. & Matsumoto, R. 2000, PASJ 52, L1
- [5] Machida, M., Hayashi, M. R. & Matsumoto, R. 2000, ApJ 532, L67
- [6] Machida, M., Matsumoto, R. & Mineshige, S. 2001, PASJ 53, L1
- [7] Matsumoto, R. 1999, in Numerical Astrophysics, Kluwer Academic Publishers, p.195
- [8] Narayan, R. & Yi, I. 1995, ApJ 452, 710