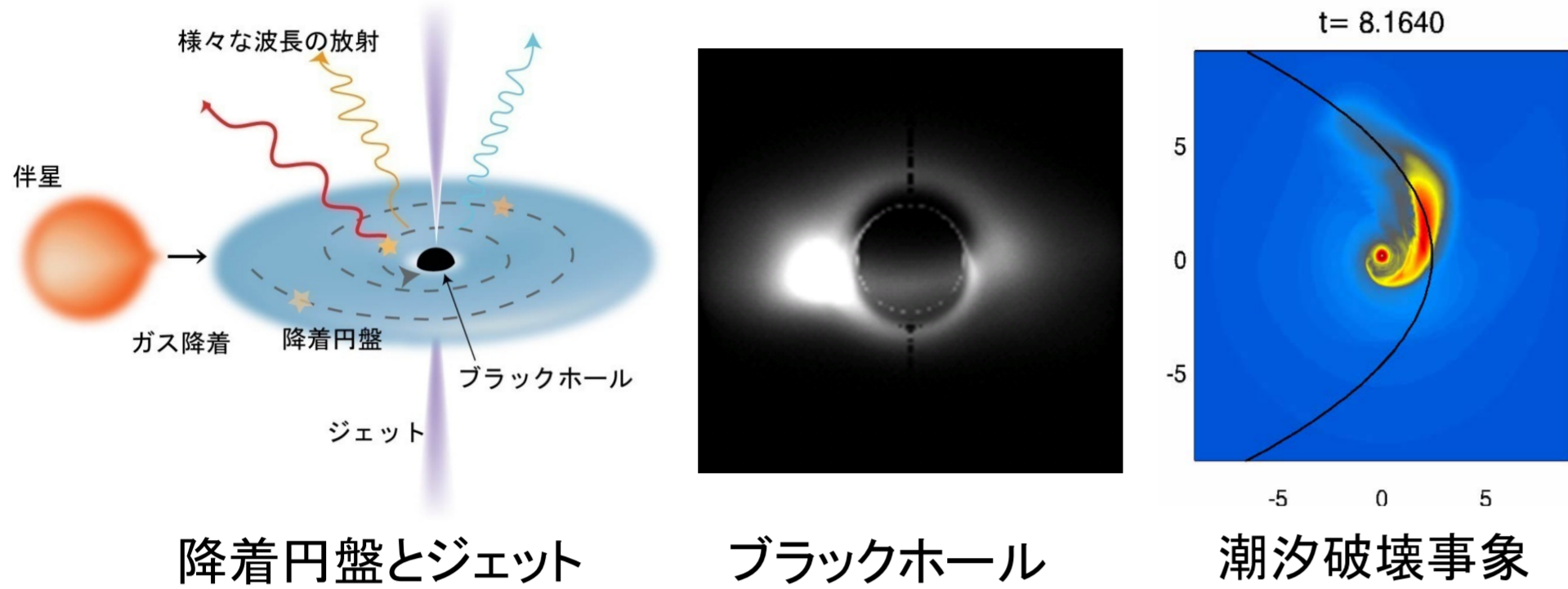


次世代降着円盤シミュレータの開発

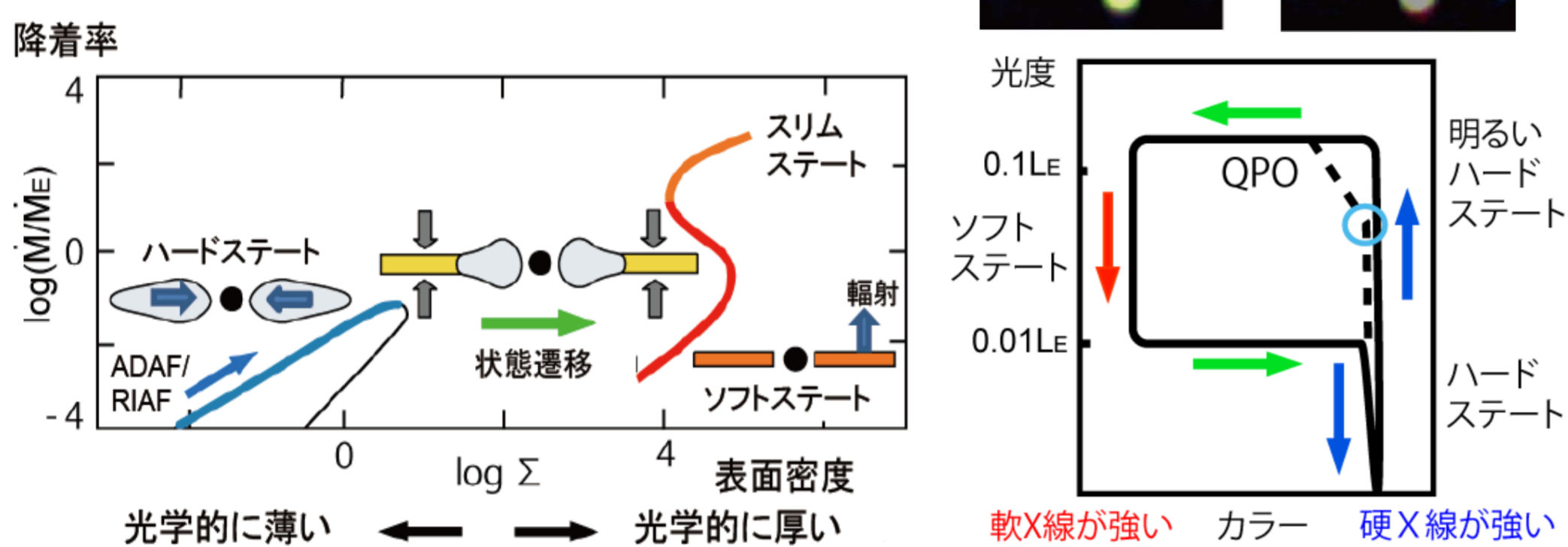


1. 研究目的

重力を及ぼす天体のまわりに形成される降着円盤の時間発展を計算する3次元磁気流体シミュレータを改訂して、その適用範囲を拡大することを目的とする。



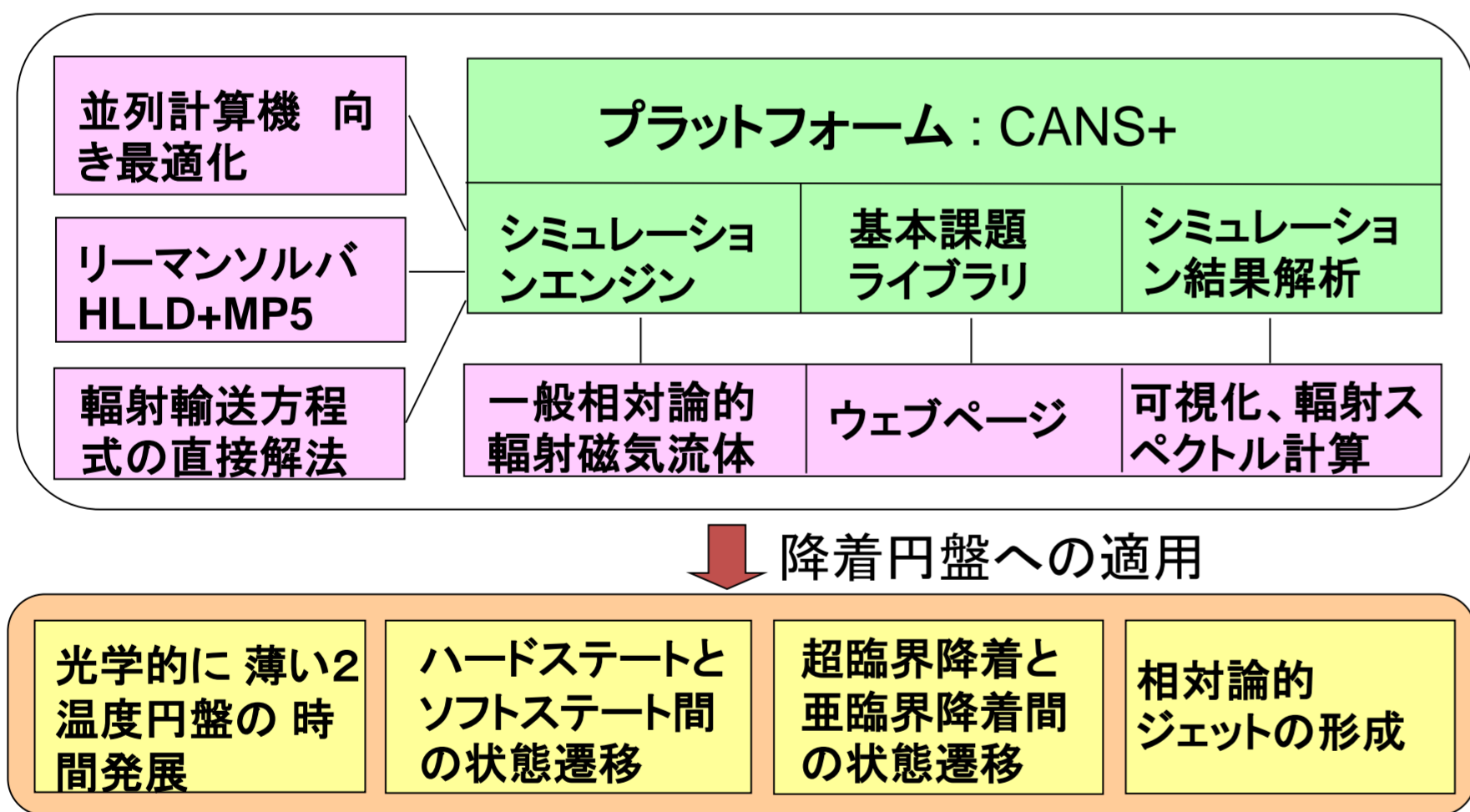
2. 降着円盤の状態遷移



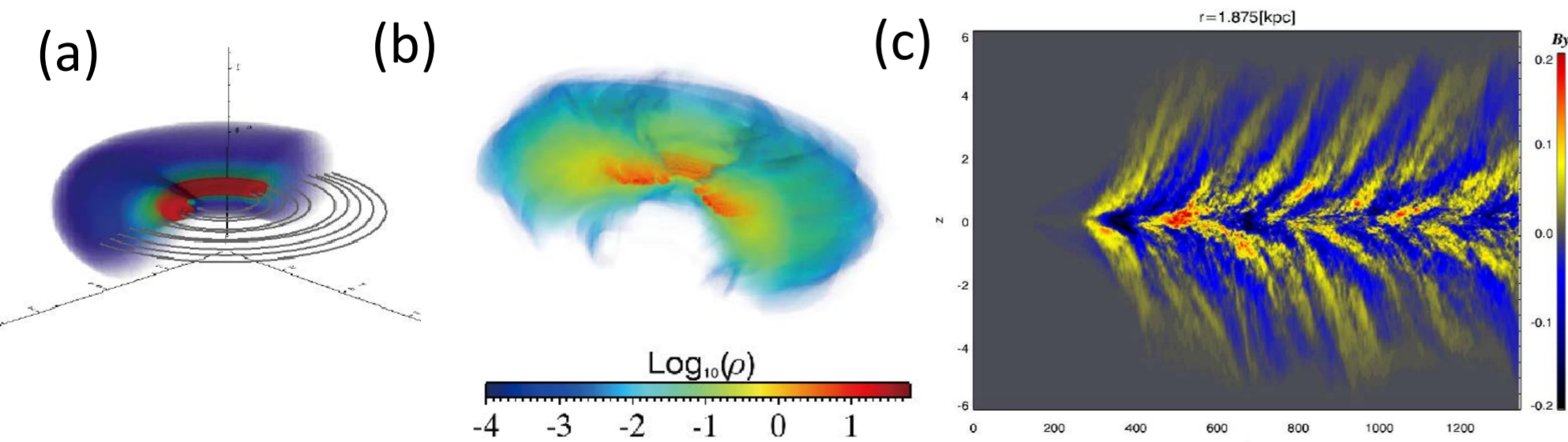
降着円盤の熱平衡曲線。横軸は表面密度、たて軸はエディントン光度に対応する臨界降着率を単位にした降着率。

ブラックホール候補天体の色・光度変化。上図は全天X線監視装置MAXIで観測されたXTE J1752-223の状態遷移 (MAXI Science News #17)。

3. 降着円盤シミュレータ



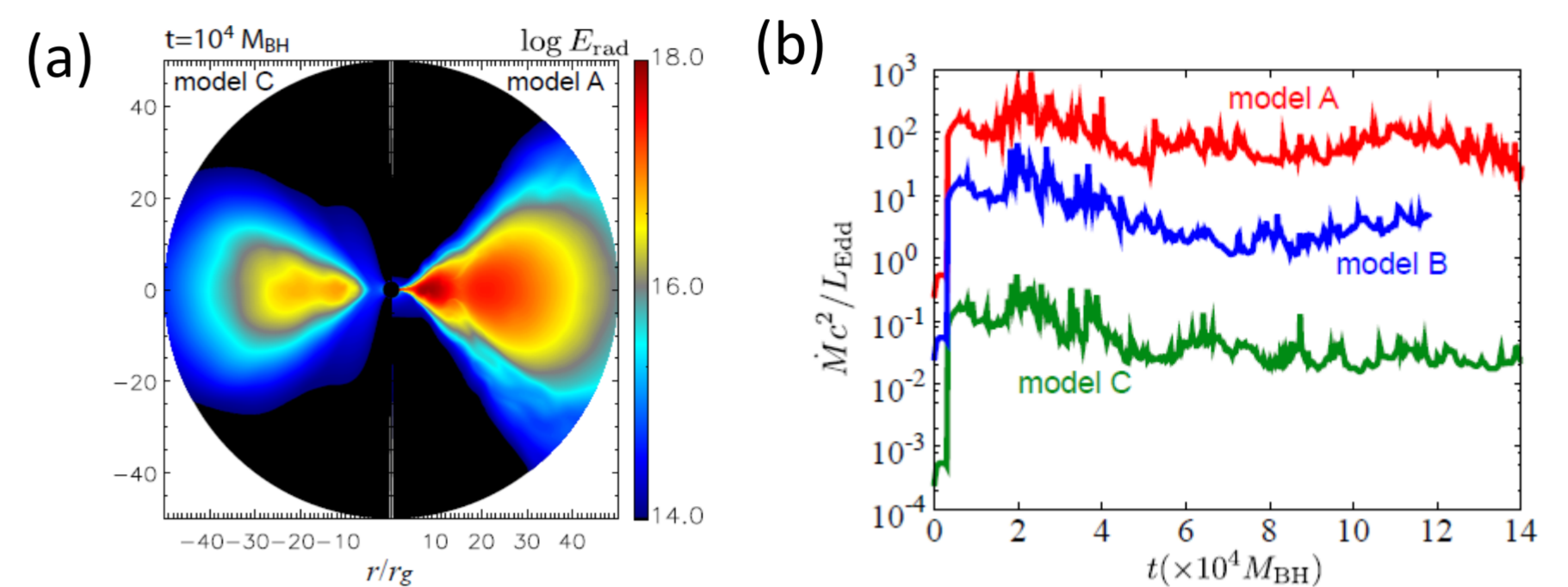
4. シミュレーション例



(a) 初期密度分布。実線は磁力線。(b) ハード-ソフト状態遷移のシミュレーション。カラーは密度分布。冷却不安定性によって強められた磁場とブラックホール近傍のダイナモ磁場がリコネクトしてジェットを噴出している。(c) 円盤ダイナモのバタフライダイアグラム。横軸は時間、縦軸は高さ、カラーは方位角方向の磁場。黄色が反時計回り、青が時計回りの磁場を示す。

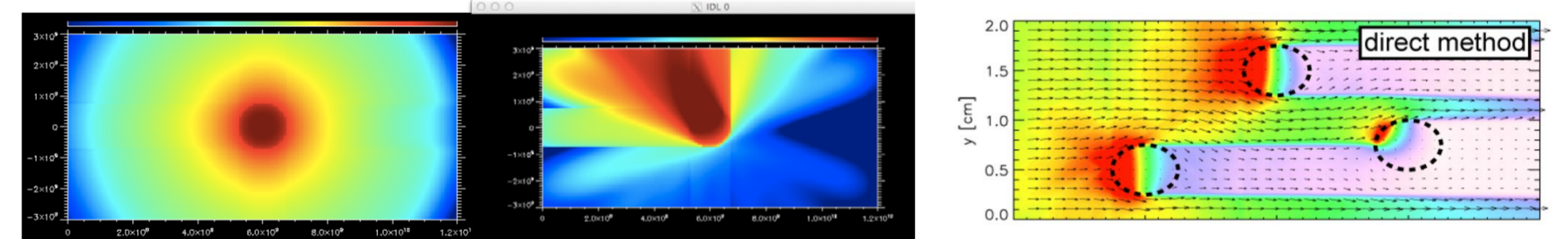
5. 本研究による降着円盤シミュレータの拡張

- 輻射輸送方程式を角度積分したモーメント式を陽的差分法によって解くコードを一般相対論化した輻射磁気流体コードを完成させ、ブラックホールへの質量供給率が高い場合の降着円盤の時間変動とジェット形成過程に適用する。



開発中の1次モーメント法に基づく一般相対論的輻射磁気流体コードを用いたブラックホール降着流のシミュレーション結果。(Takahashi et al. 2014 in preparation)。(a) 輻射エネルギー密度分布のスナップショット。(b) 降着率の時間変化。

- 輻射の時間スケールが力学的時間スケールにくらべて短い系を陰的差分を用いて解く場合や重力場をポアソン方程式を解いて求める必要がある際にあらわれる大規模連立方程式の解法として東京大学情報基盤センターの中島研吾氏らによって開発された差分法向けに最適化された行列解法ライブラリを適用して並列効率を高める。
- 次世代のエクサフロップス計算機を視野に入れて吸収・散乱を考慮した輻射輸送方程式を角度積分せずに各光線方向について解く直接解法を実装する。



開発中の散乱・吸収を考慮した輻射輸送方程式の直接解法によるテスト計算例 (Ohsuga et al. 2014 in preparation)。左図は、光学的に薄いガス雲による散乱光のエネルギー分布、中央は速度を持ったガス雲による散乱、右図は光学的に厚い雲による散乱。

6. 共同研究メンバーと役割分担

松元亮治 (千葉大)	研究統括、降着円盤シミュレーションの実施
廣瀬重信 (JAMSTEC)	陰的差分を用いた輻射磁気流体コードの並列性能向上、降着円盤への適用 (副代表)
片桐孝洋 (東大情報基盤センター)	陰解法に適用できる並列性能の高い連立1次方程式解法の実装 (副代表)
大須賀健 (国立天文台)	輻射輸送直接解法の実装、降着円盤へ適用
高橋博之 (国立天文台)	一般相対論的輻射磁気流体コードの実装、降着円盤への適用
川島朋尚 (国立天文台)	超臨界降着流の輻射スペクトル計算
松本倫明 (法政大)	AMR法に基づく自己重力磁気流体コードの並列性能向上、星形成領域への適用
町田真美 (九州大)	2温度降着円盤の大局的3次元磁気流体数値実験の実施、輻射スペクトル計算
中村賢仁 (九州産業大)	熱伝導モジュールの並列性能向上
松本洋介 (千葉大)	シミュレーションコードのチューニング、コード整備、公開
花輪知幸 (千葉大)	自己重力磁気流体コードの並列性能向上
朝比奈雄太 (千葉大)	相対論的輻射磁気流体コードの適用
工藤祐己 (千葉大)	陰的差分を用いた熱伝導モジュール実装
谷田部紘希 (千葉大)	降着円盤状態遷移シミュレーションの実施
中島研吾、松本正晴 (東大情報基盤センター)	陰解法に適用できる並列性能の高い連立1次方程式解法の実装、並列性能向上