

間欠的磁気エネルギー解放 による降着円盤振動

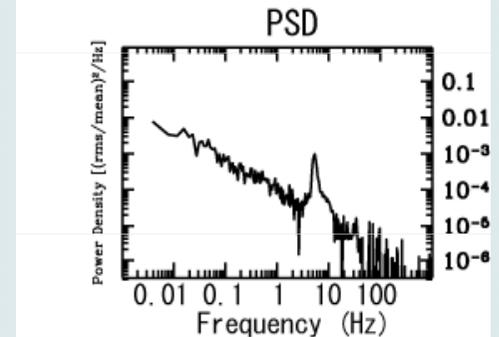
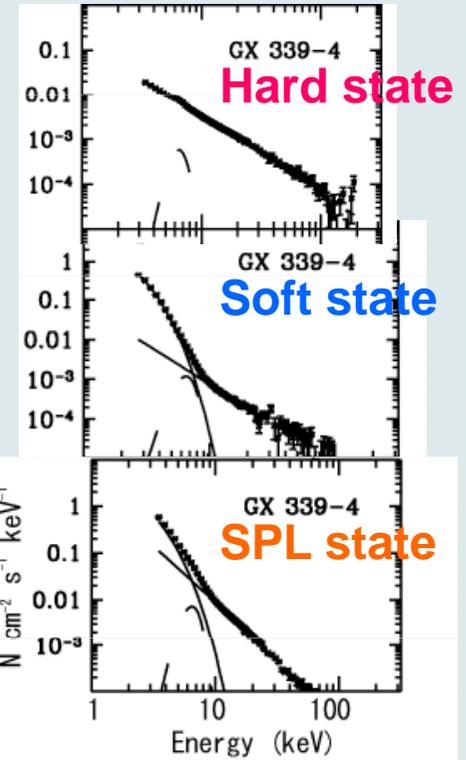
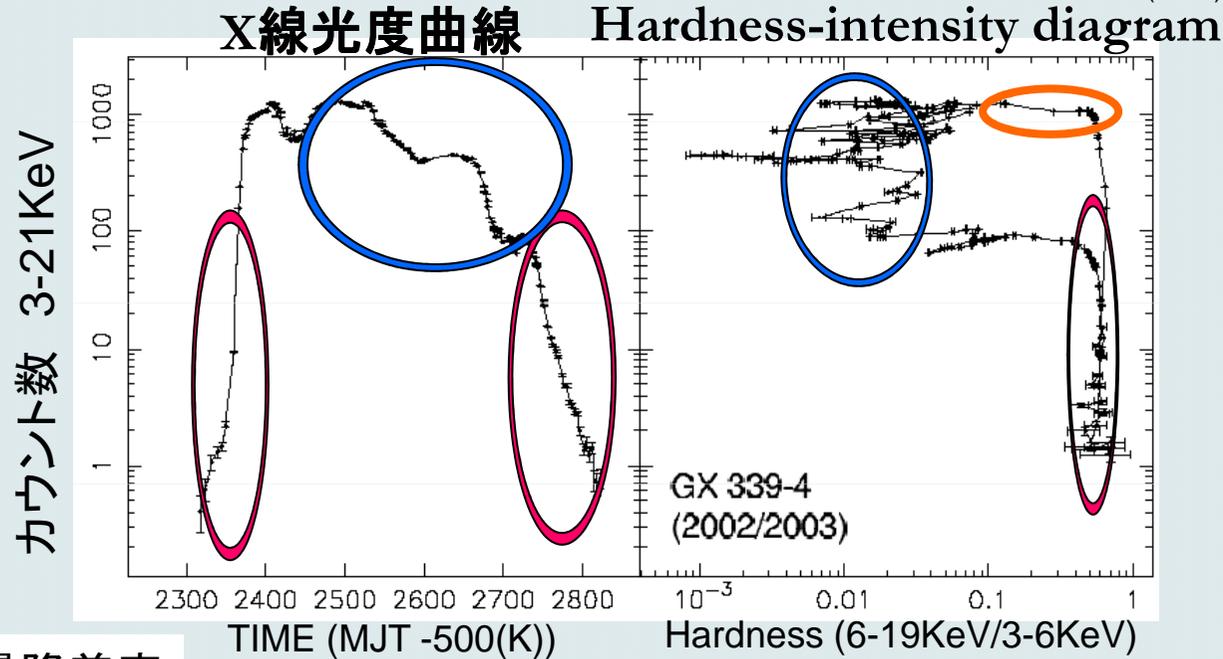
町田 真美（九州大学）

中村 賢仁（九州産業大学）

松元 亮治（千葉大学）

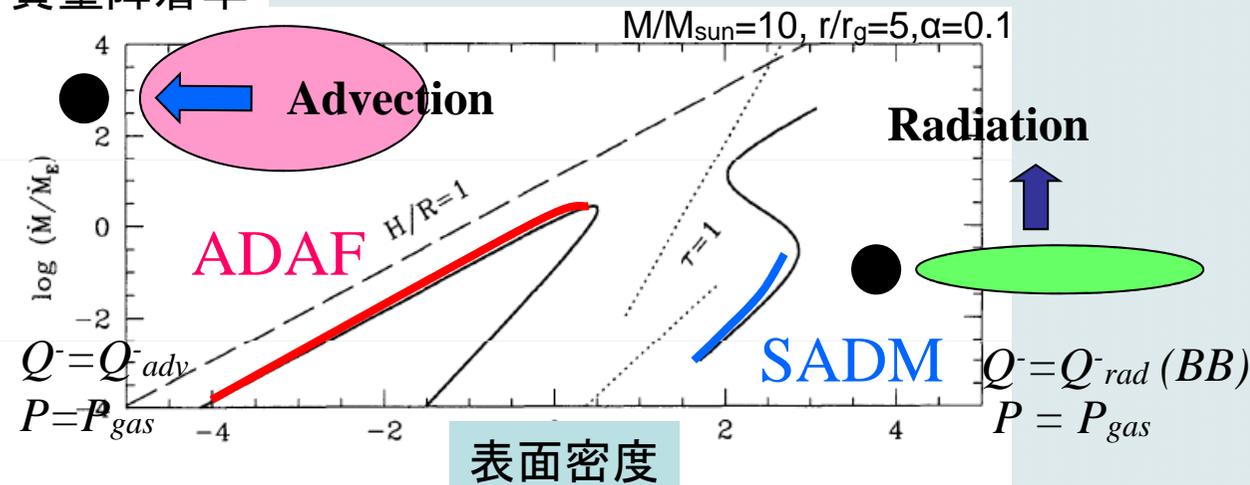
ブラックホール候補天体の活動性

Homan & Belloni (2004)



McClintock & Remillard (2004)

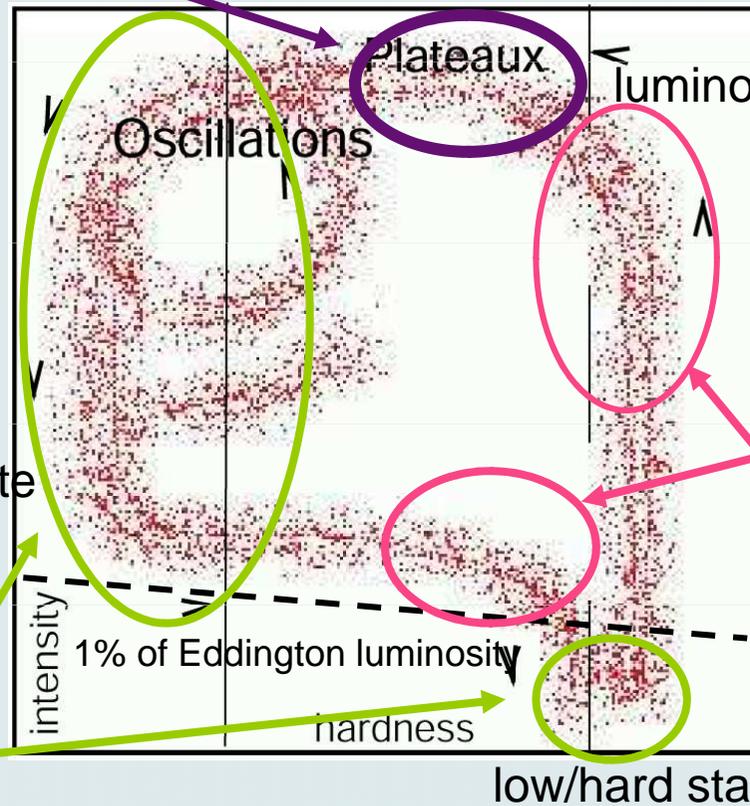
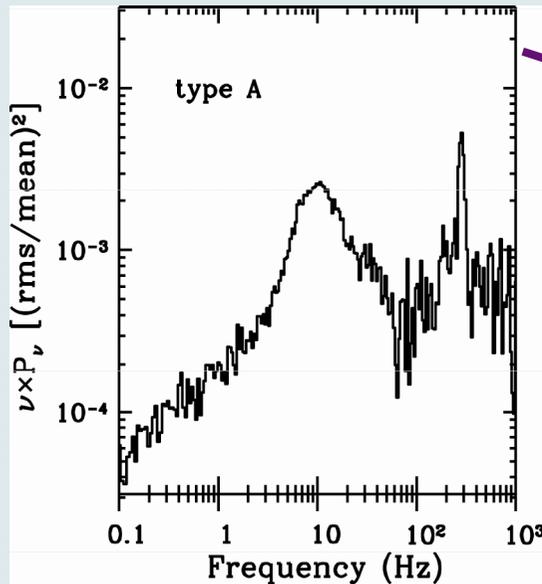
質量降着率



ブラックホール天体で観測されるQPO

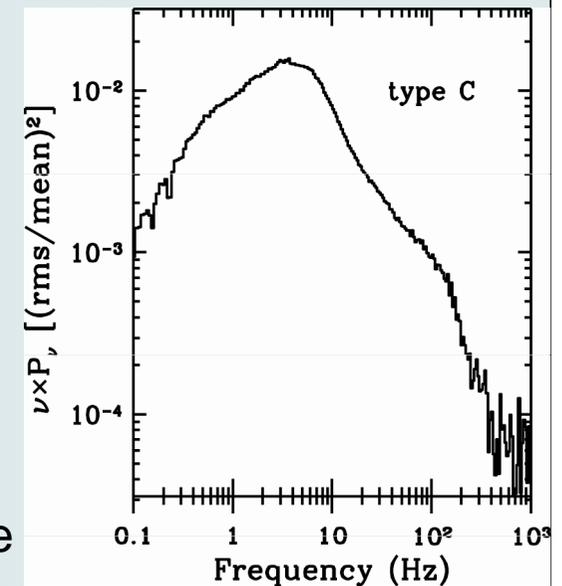
QPOs は状態遷移時に観測される事から、降着ガス温度に関係している可能性が高い

Fender et al. (2004)



luminous low/hard state

Remillard and Muno (2002)



No QPO in high/soft state and standard low/hard state

数値計算

Low/hard stateからHigh/soft stateへの状態遷移時に観測される低振動数QPOの起源は何か？

降着ガス温度の違いの影響を調べる

基礎方程式

3次元の散逸性磁気流体方程式

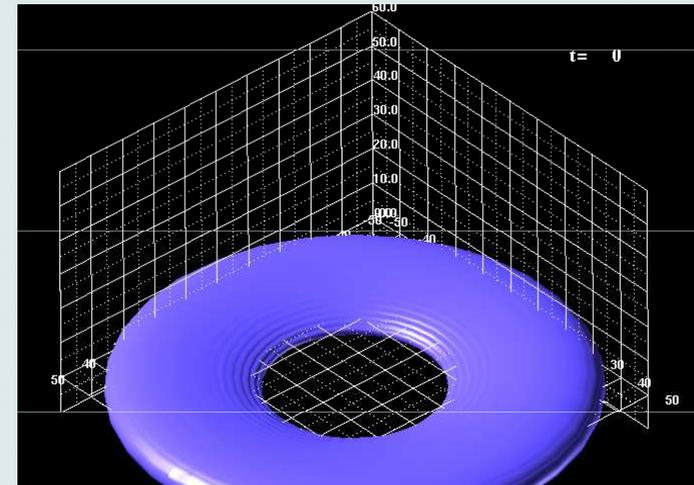
中心ブラックホールの重力

擬ニュートンポテンシャル $\phi = -GM/(r-r_g)$

初期モデル

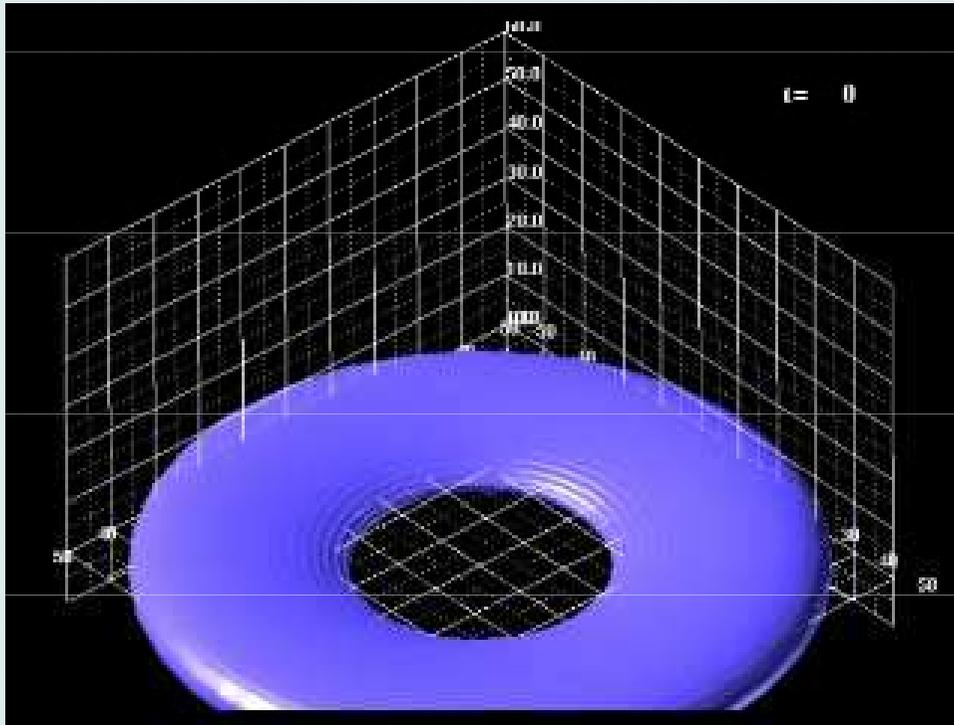
角運動量分布 $L=L_0r^{0.43}$

方位角方向磁場 $P_{\text{gas}}/P_{\text{mag}} = \beta = 100$



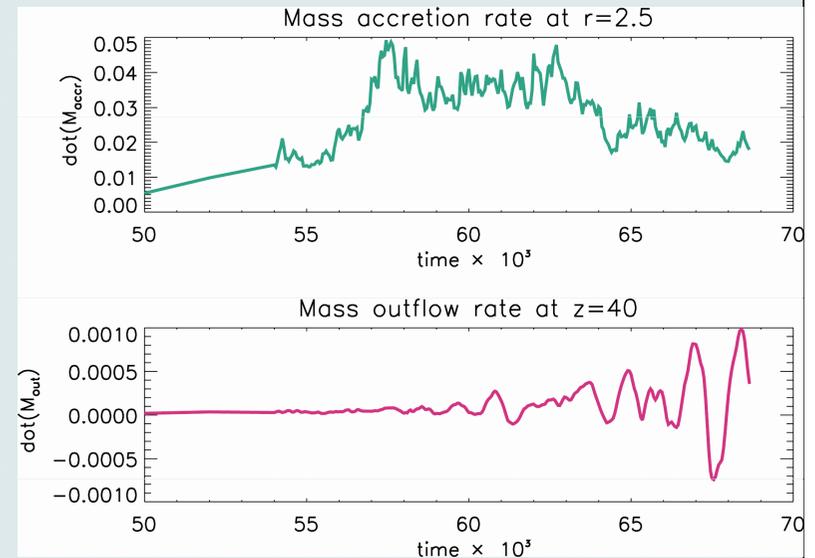
250*64*384 mesh

質量降着とアウトフロー



青等値面: 密度 ($\rho=0.2$)

緑等値面: 鉛直方向速度 $v_z=0.05c$



降着円盤内部の磁場は磁気回転不安定性によって増幅され、準定常な質量降着が生じる。間欠的なアウトフローが生じ、周期は約 $1000t_0$ である。

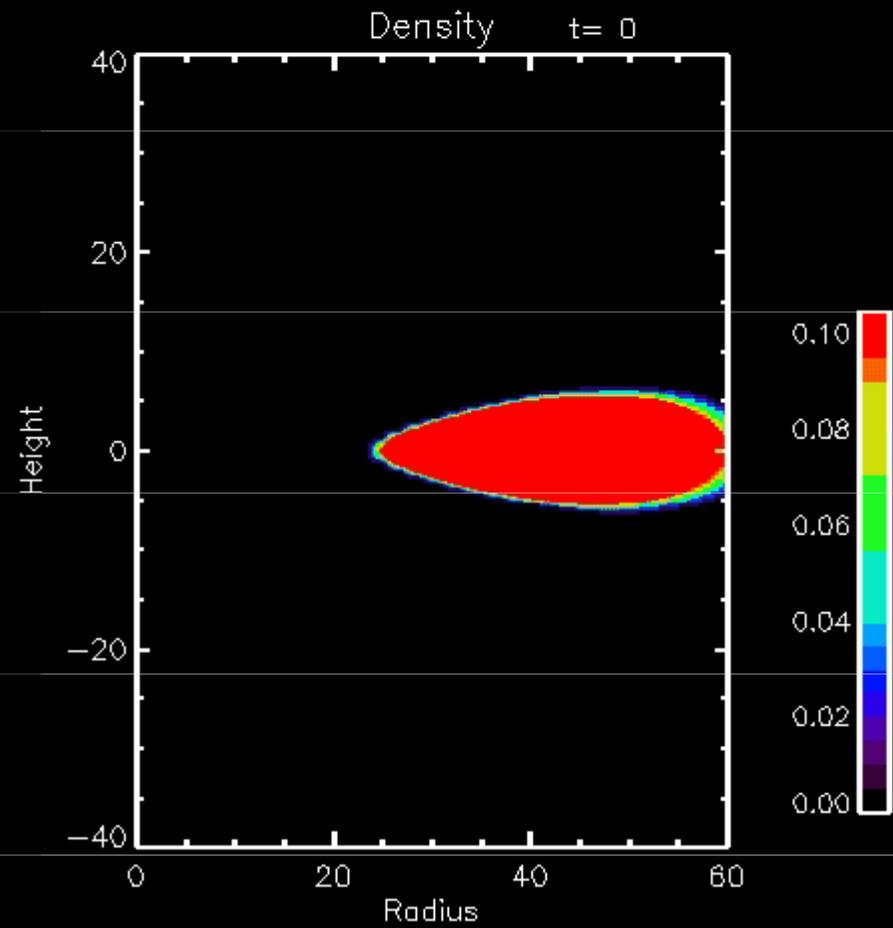
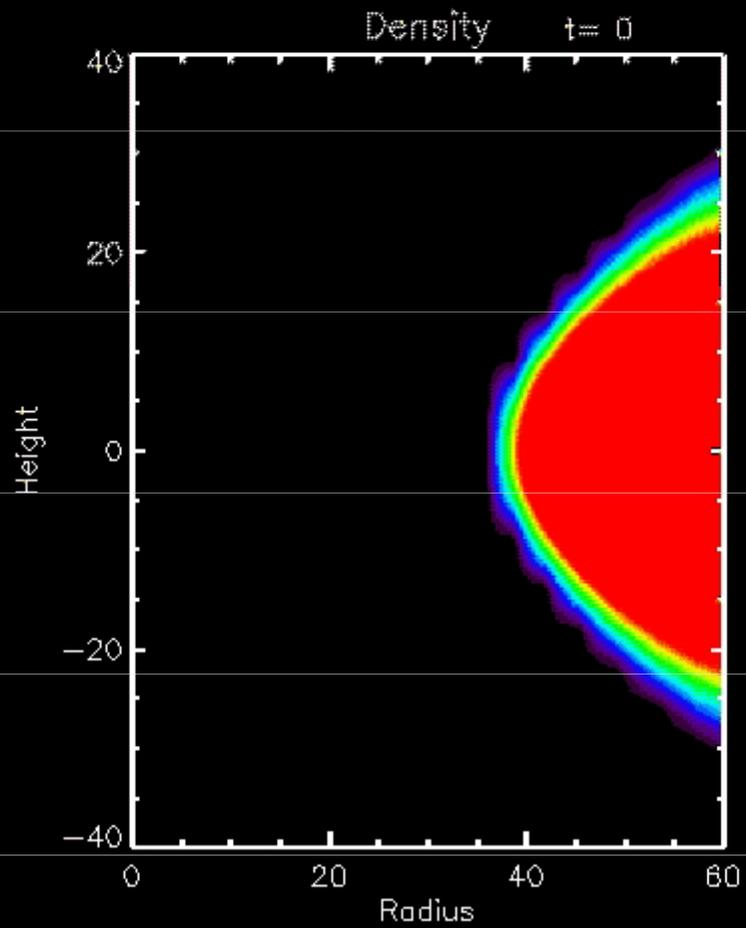
質量降着率と質量放出率は相関しているが、アウトフローの伝播速度分の時間差がある。

アウトフローの平均伝播速度は $0.01c$

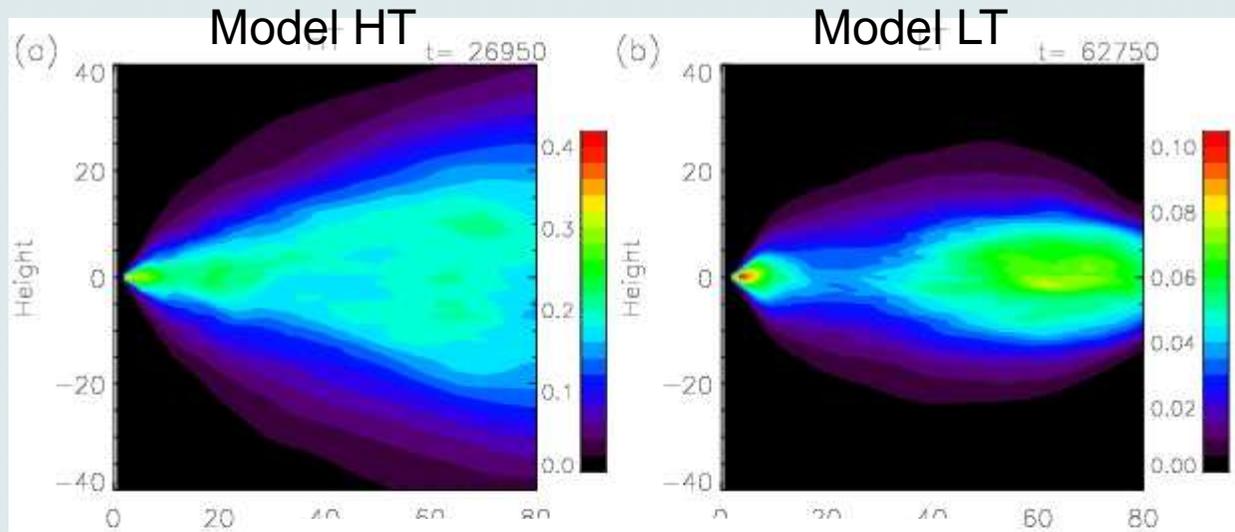
密度分布の時間進化

model HT

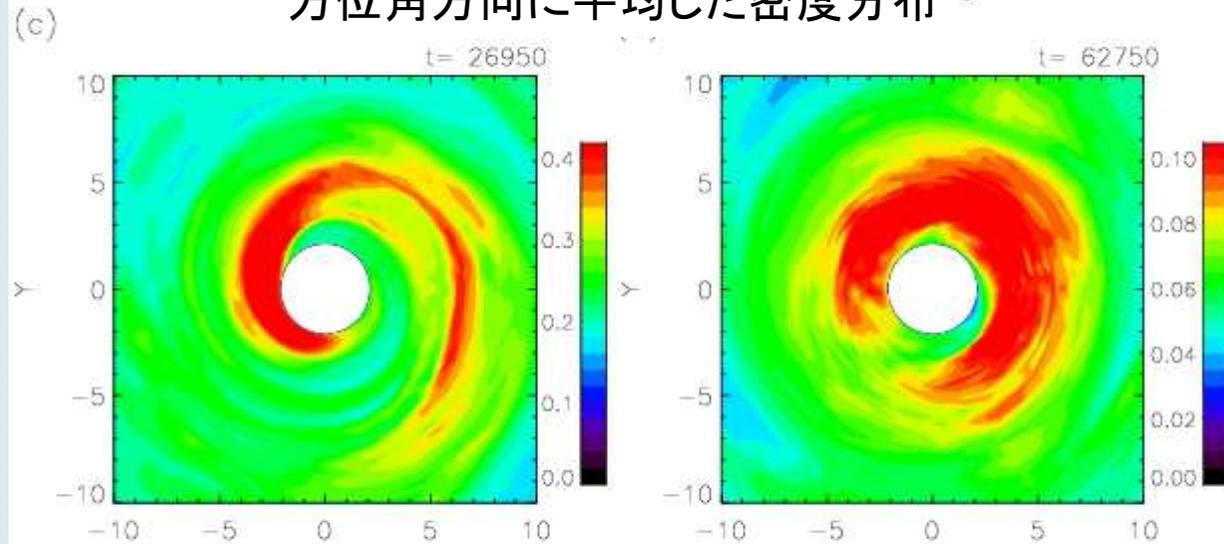
model LT



密度分布の違い

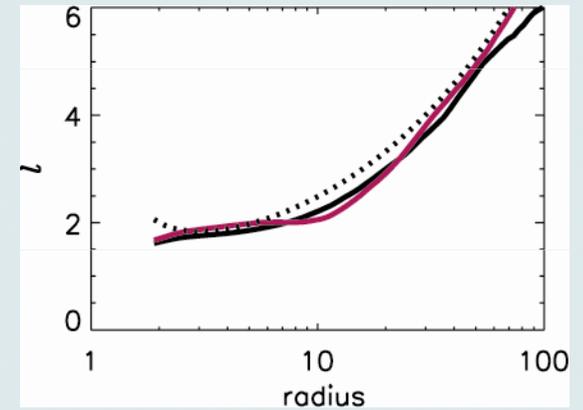


方位角方向に平均した密度分布



鉛直方向 $|z| < 1$ で平均した赤道面密度分布

角運動量分布



高温モデル: 渦状降着

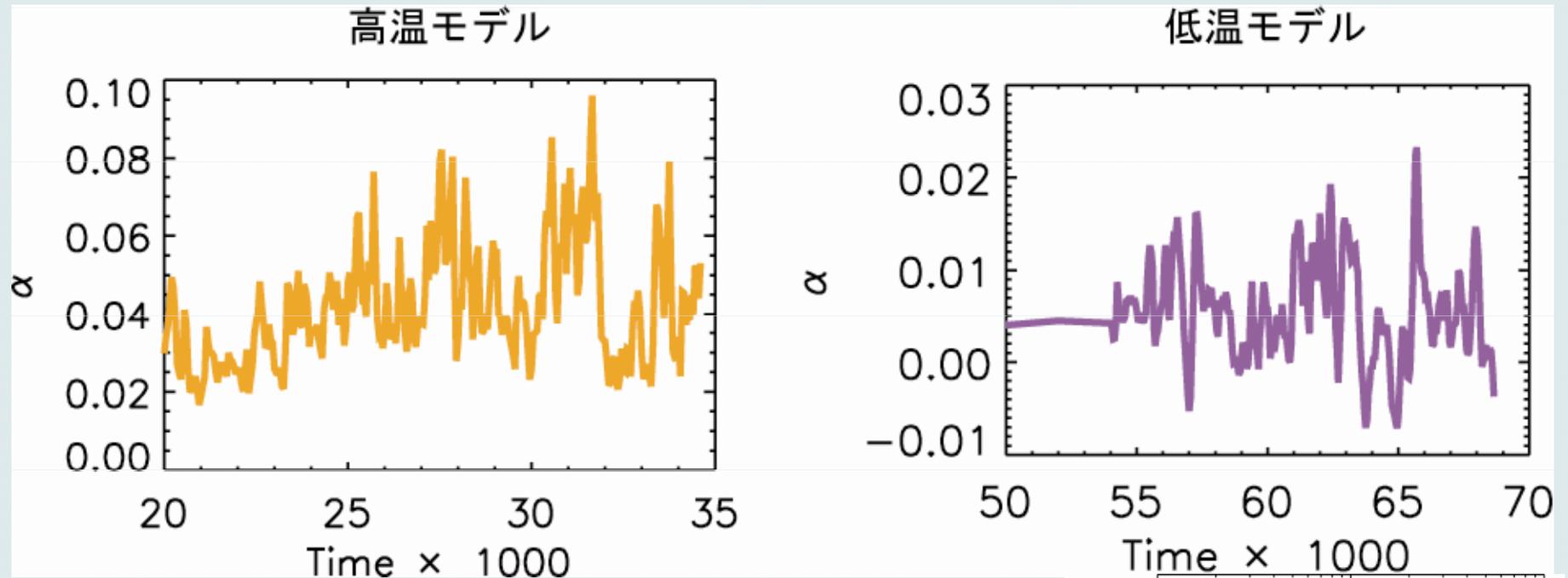
低温モデル: 4-8rs付近に角運動量一定のトーラスを形成

トーラスは三日月型 \leftrightarrow 円形の変形を繰り返す。

$r < 10$ の領域では、プラズマ β はどちらのモデルも約10で準定常になる。

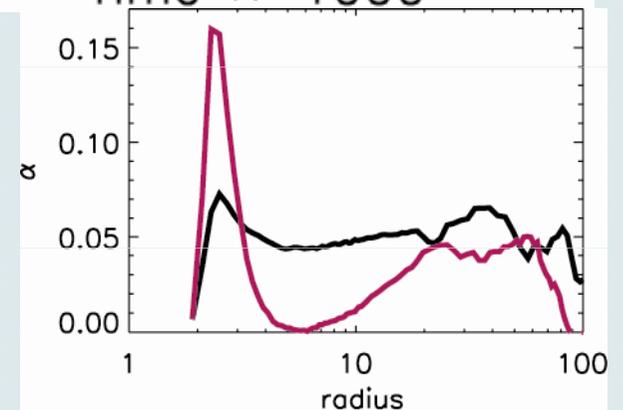
角運動量輸送率 α の時間発展

角運動量輸送率($\langle B_r B_\phi / 4\pi \rangle / \langle P \rangle$)の時間進化

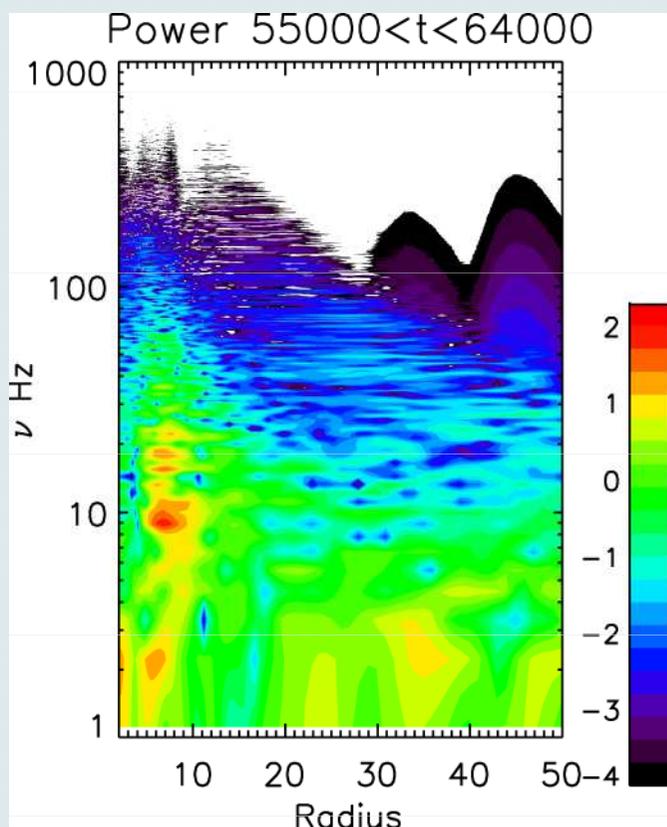


角運動量輸送率の時間進化。 $4 < r < 10, |z| < 1$, 方位角方向 2π の平均値。 高温モデルの平均値は $\alpha \sim 0.04$ 。 低温モデルの平均値は $\alpha < 0.01$ 。

⇒ $\alpha < 0.01$ のため遷音速解がsaddle型に。

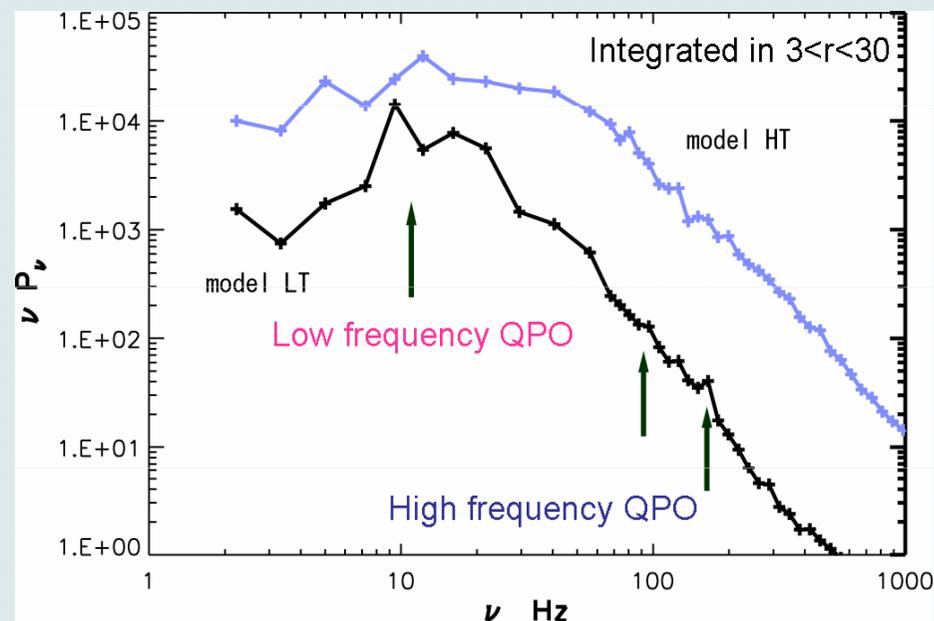


質量降着率の準周期振動



フーリエ変換した時間範囲55000<t<61000.

内側トラス付近に10Hzの準周期振動が現れている。(10太陽質量を仮定)



黒:低温モデル、(青)高温モデル

低温モデル:10-20Hz 付近に低振動数QPO

120Hz付近に高振動数QPO

高温モデル:Low/hard stateに対応

20Hz-100Hzの領域

低温モデルの勾配 > 高温モデルの勾配

⇒ 観測と同じ傾向

計算結果のまとめ

- ・ 降着ガス温度が低温 (10^9K) の場合、 $4-10r_s$ に角運動量一定のトーラスが形成される。
- ・ 内側トーラスは $m=1$ の三日月型の密度構造を持ち、トーラス内部の磁場の生成・散逸により、約 0.1 秒の周期で $m=0$ 、 $m=1$ の変形を繰り返す。
- ・ トーラス変形によって低振動数準周期振動が生じる。低振動数振動を強制力として高振動数準周期振動が励起される。

