

AGNwindの加速の仕組み

お茶の水女子大学 宇宙物理研究室 野村 真理子

背景・概要

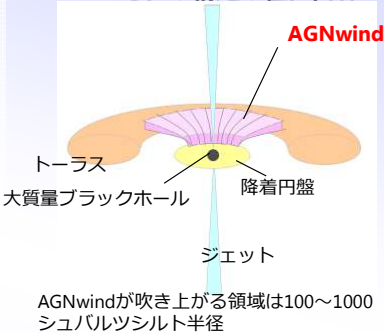
Broad Absorption Line (BAL), Narrow Absorption Line (NAL)と呼ばれる、UV域に熱揺らぎでは説明のできない幅の広い吸収線を持つAGNが観測されている。この吸収線を説明する機構として有力であるのがAGN windと呼ばれるガスのアウトフローである。

幅の広い吸収線という特徴から、ガスは原子が束縛状態からより高いエネルギーの束縛状態へUV光子を吸収することで得る力(Line force)で加速していると考えられる(Line driven wind)。

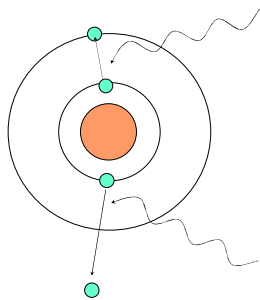
中心BH近傍では強いX線によってガスが電離され、Line forceが働かない。しかしこのBH近傍のガスによってX線光子が吸収されるため少し遠方ではガスが電離されない状態のまま保たれline forceによってガスが吹き上がる。つまりAGN windはX線に対して光学的に厚く、UVに対して光学的に薄い限られた場所で吹き上がると思われる。

本研究では、ガスをテストパーティクルとして扱い、Line forceを含めた運動方程式を数値的に解くことで、AGNwindの加速の仕組みと構造をとらえた。

AGNwindと他の構造の位置関係



Line driven wind の物理



UV : bound-bound吸収
⇒ガスを加速

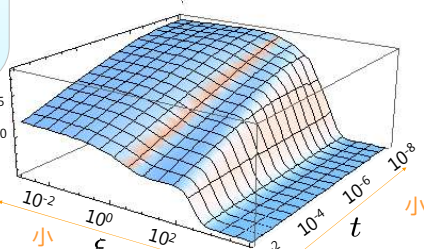
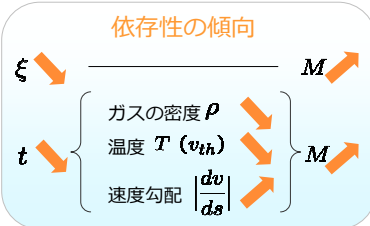
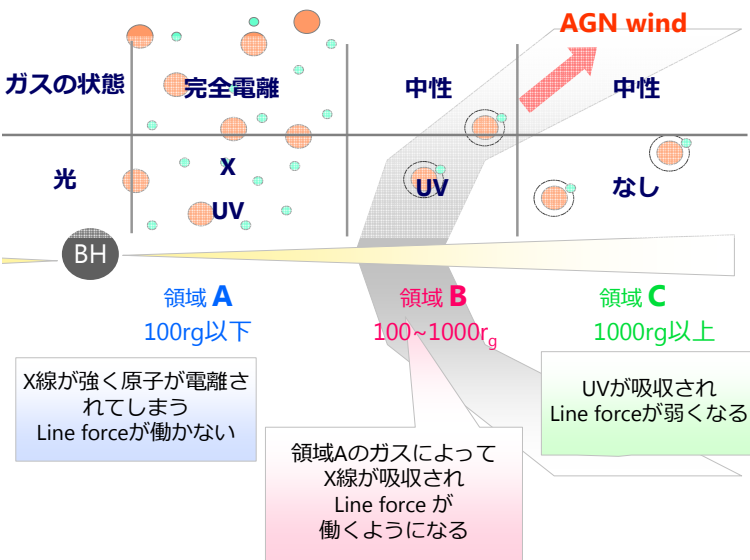
Line force

運動量保存則によって加速していることがわかる

$$\frac{h\nu}{c} = mv$$

X線 : bound-free吸収
⇒UVのbound-bound吸収を妨げる加速の邪魔になる

AGNwindの構造



Mを ξ, t の関数としてプロットした図

数値計算でLine driven wind の物理を確かめる

BH質量	$2.0 \times 10^8 M_{\odot}$	光源	中心点光源
ガス			X: $0.15 \times 0.5 L_{\text{EDD}}$
密度	$6.0 \times 10^{-16} \text{ [g cm}^{-3}\text{]}$		UV: $0.85 \times 0.5 L_{\text{EDD}}$
背景の密度	$5.0 \times 10^{-16} \text{ [g cm}^{-3}\text{]}$		降着円盤
温度	$2.0 \times 10^6 \text{ [K]}$		UVのみ放射・標準円盤

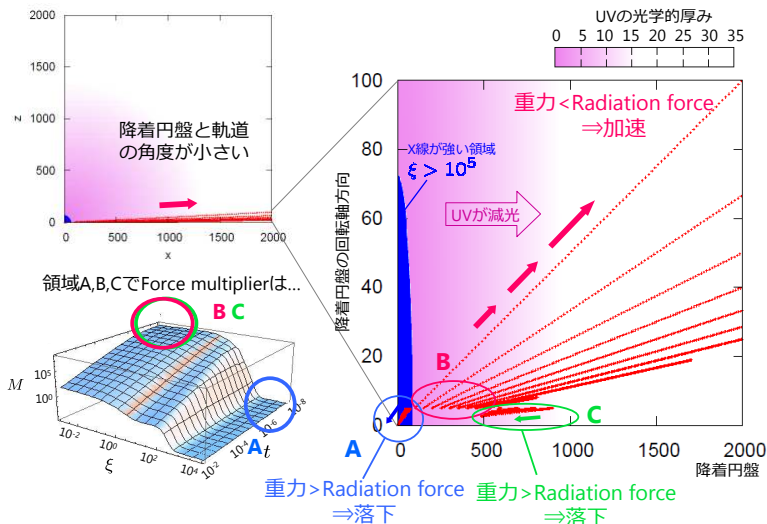
基礎方程式

$$\frac{dv}{dt} = -\frac{GM_{\text{BH}}}{r^3} + \frac{\sigma_e F}{c} + M \frac{\sigma_e F}{c}$$

重力 電子散乱による力 **Line force** Radiation force

電子散乱の力だけで重力に打ち勝って飛び出すことは出来ない
Mの大小で、重力とRadiation forceの大小がきまる

ルンゲクッタ法で軌道計算を行った結果



領域A: X線が強く、Force multiplier (M)が小さい 落下
領域B: 領域AでX線が吸収されたためMが大きいの加速
領域C: 領域B同様Mが大きいが、UVが弱くなっている 落下

Line forceを考慮したRadiation force

$$f_{\text{rad}} = \frac{\sigma_e F}{c} (1 + M)$$

電子散乱による力

Force multiplier M

Lineの吸収(UVのbound-bound吸収)による増加分を表す

Force multiplier M を決める2つの量

$$\xi \propto \frac{L_X}{nr^2} \quad \text{イオン化パラメータ} \quad \text{X線の強さの指標}$$

$$t = \sigma_e \rho v_{\text{th}} \left| \frac{dv}{ds} \right|^{-1} \quad \text{Lineの光学的厚み}$$

ガスの密度

温度

速度勾配

ガスが加速しているため生じる
ドップラー効果の影響

References

- 1) Proga, D., Stone, J. M., & Drew, J. E. 1998, MNRAS, 295, 595
- 2) Proga, D., Stone, J. M., & Kallman, T. R. 2000, ApJ, 543, 686
- 3) Stevens, I. R. & Kallman, T. R. 1990, ApJ, 365, 321

★ AGNwindの加速の仕組みと構造がとらえられた ★