

膨張プラズモイドの観測的形狀 スペクトル

竹中 萌美
福江 純
(大阪教育大学)

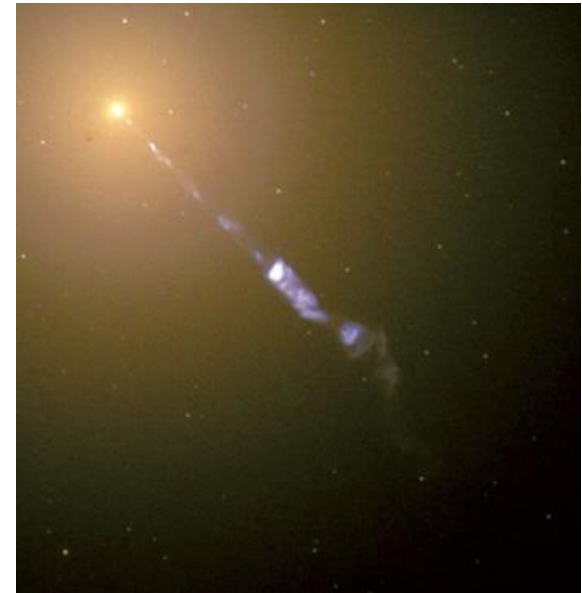
相対論的宇宙ジェットとは

連星系の恒星質量ブラックホールや超新星爆発でブラックホールが生成される際に、相対論的ジェットが短時間だけ生成される。

相対論的宇宙ジェットには定常的

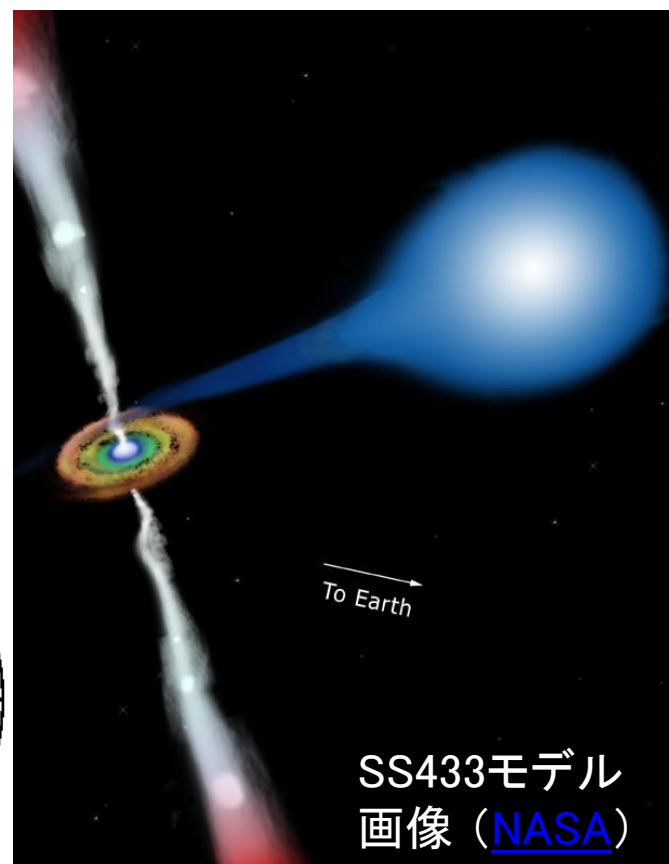
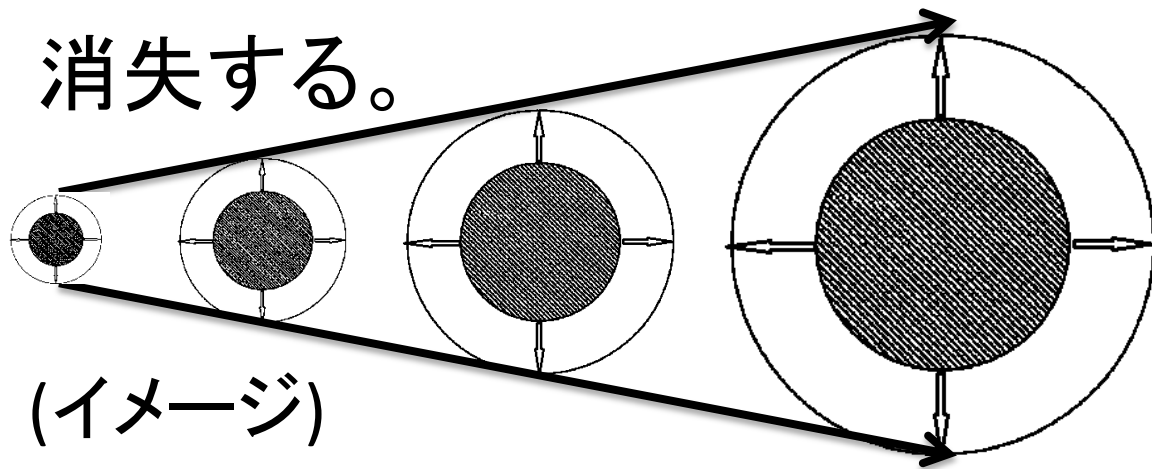
に吹いているタイプ/モードと、間歇的・バースト的に吹き出すタイプ/モードがある。

今回は間歇的・バースト的に吹き出すタイプ/モードに見られる膨張プラズモイドにおいて、簡単な仮定をおき、考察した。



膨張プラズモイドとは

相対論的宇宙ジェットの一つである、SS433などで、吹き出している高温プラズマ塊(プラズモイド)が膨張しながら温度が下がり、初期には連続光で光っていたものが、 $H\alpha$ 線をだすようになり、さらに遠方では電波を出して消失する。



今回考察したモデル

今回考察したモデルの膨張プラズモイドは、

- 1、光学的に十分厚い
- 2、黒体放射をしながら断熱膨張をすることとした。

このような膨張プラズモイドの膨張速度が大きい時、

- 1、膨張速度に由来するドップラー効果
- 2、光速が有限なための時差効果
- 3、光学的厚みに対する効果

などの相対論的効果が現れ、観測的な性質に影響が出る。今回は上記3項目の効果のうち、1、2の効果を調べた。

計算方法

・プラズモイドの初期条件

初期半径 1 rg ($\text{rg}=30 \text{ km}$)

初期温度 10^8 K

・パラメーター

一定な膨張速度 v , $\beta = v/c$ とした時

$\beta = 0.00001 (\doteq 0)$, 0.5 , 0.9

経過時間 t , 0.01s 0.05s 0.10s

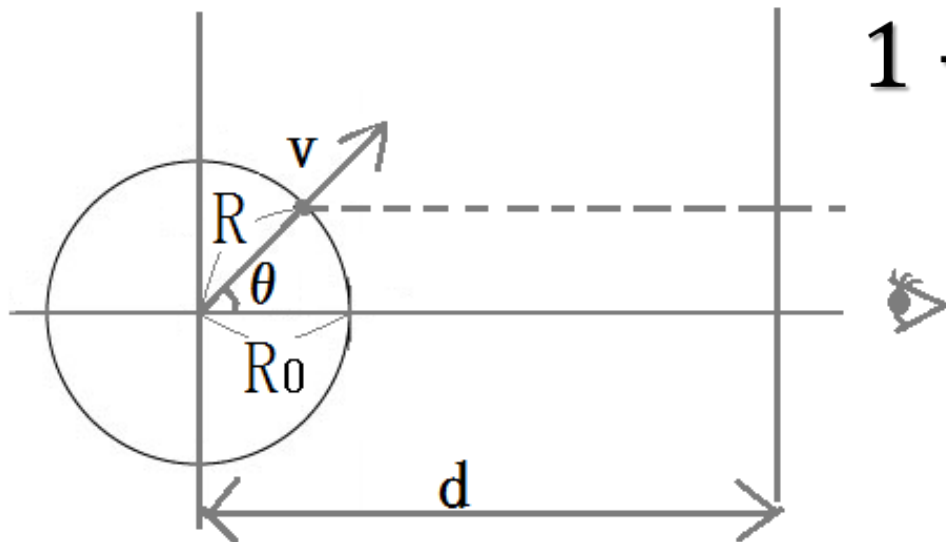
$$R = vt$$

$$\rho \propto R^{-3}$$

$$T \propto \rho^{\gamma-1} \propto R^{-2} \left(\gamma = \frac{5}{3} \right)$$

1、膨張速度に由来する ドップラー効果

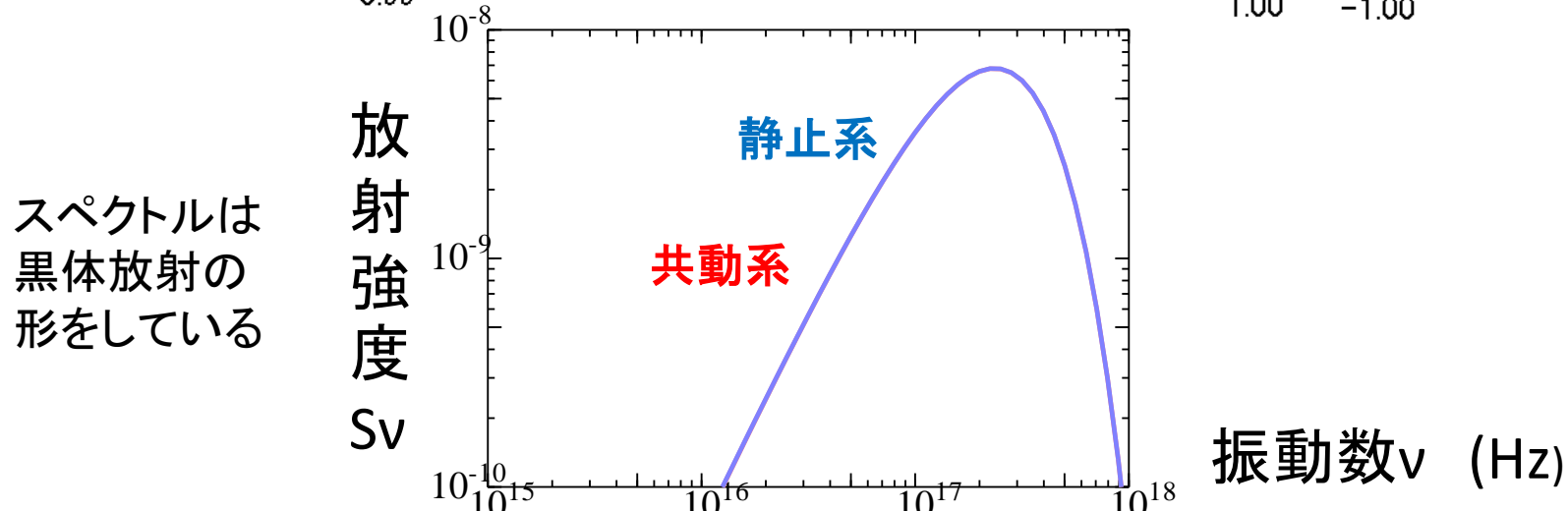
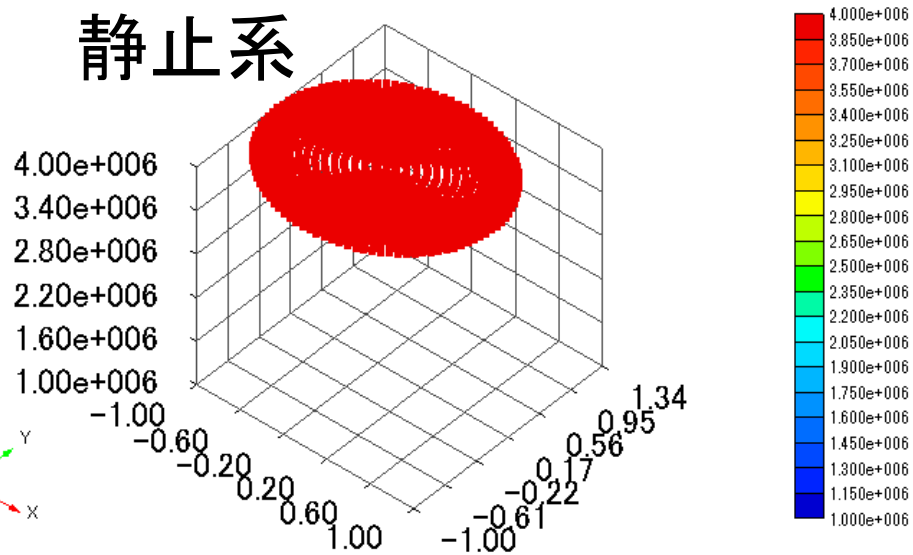
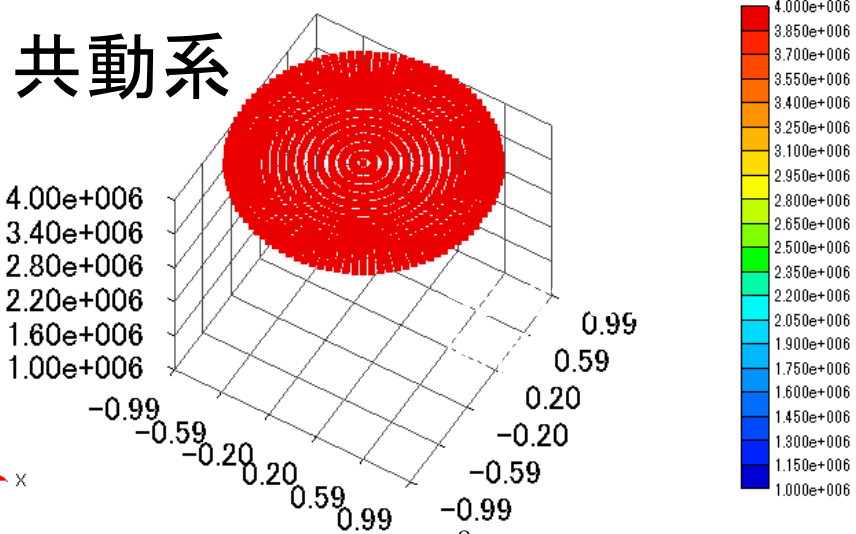
ドップラー効果によって、プラズモイドの表面は視線方向の膨張速度成分だけ赤方偏移する。その結果プラズモイドの観測面中央の温度は周辺部分より高く観測され、相対論的な周縁減光効果が生じる。



$$1 + z = \gamma(1 - \beta \cos \theta)$$

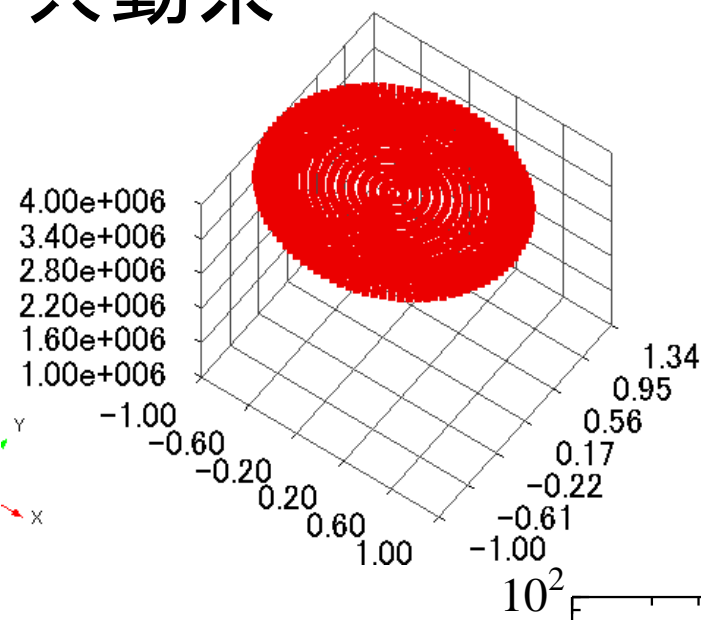
ct=0.05とした時のドップラー効果による 温度分布・スペクトルの比較

$\beta=0.00001$

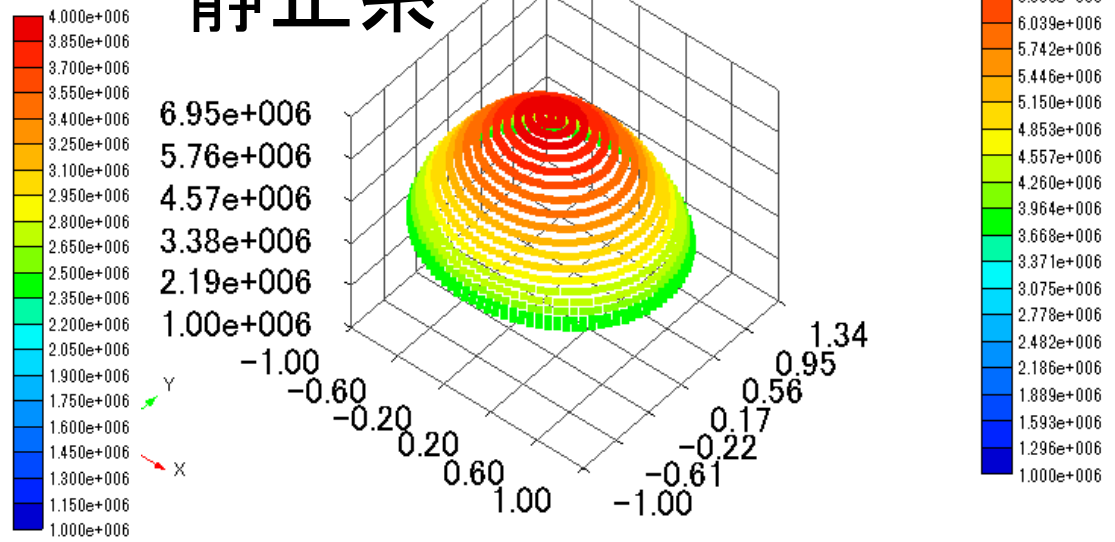


スペクトルは
黒体放射の
形をしている

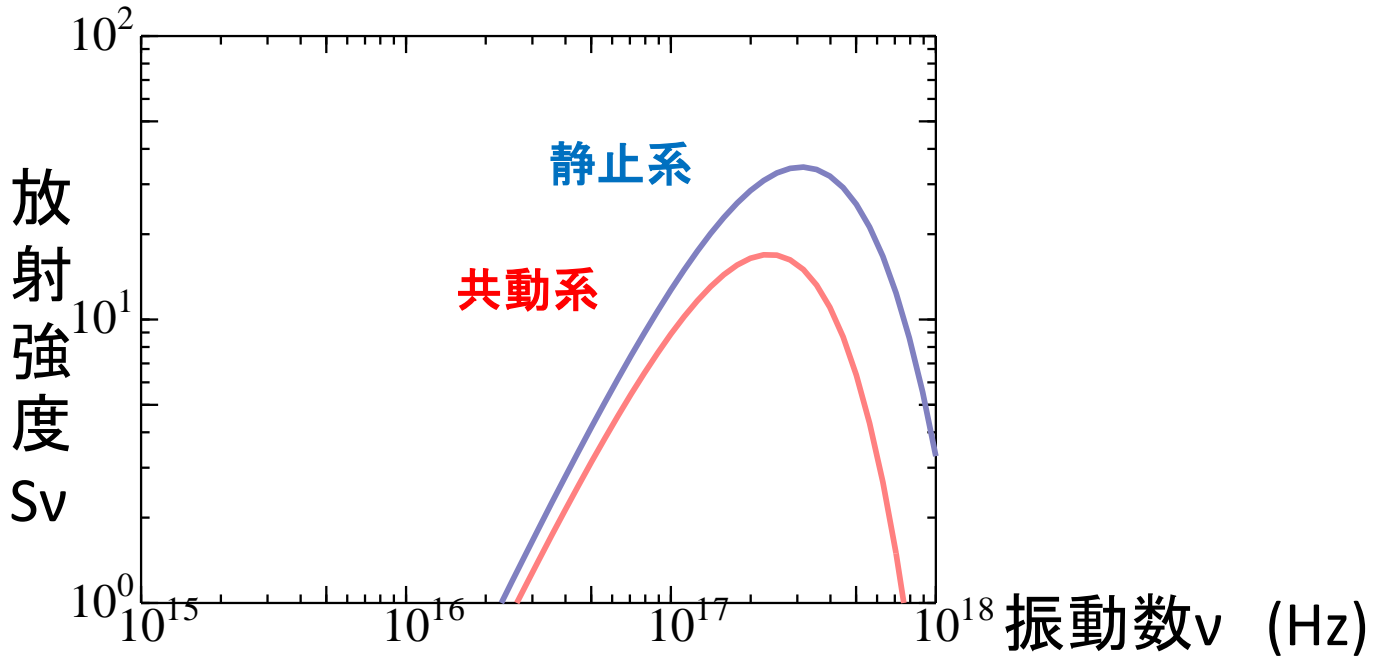
$\beta=0.5$ 共動系



静止系

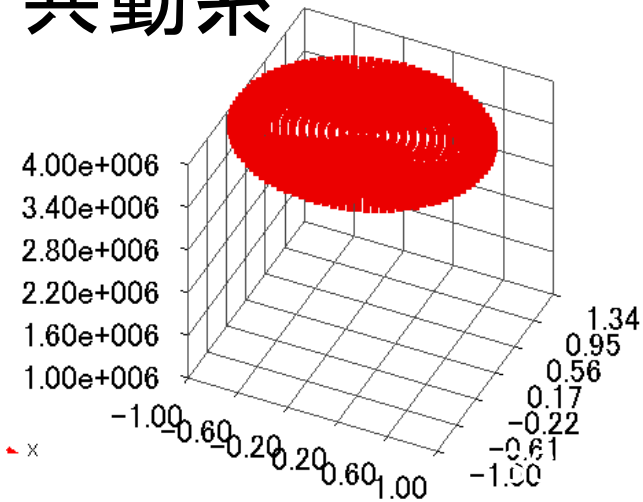


中心の温度が
高く観測される
スペクトルは
高エネルギー側
に動き、放射強
度は大きくなる。

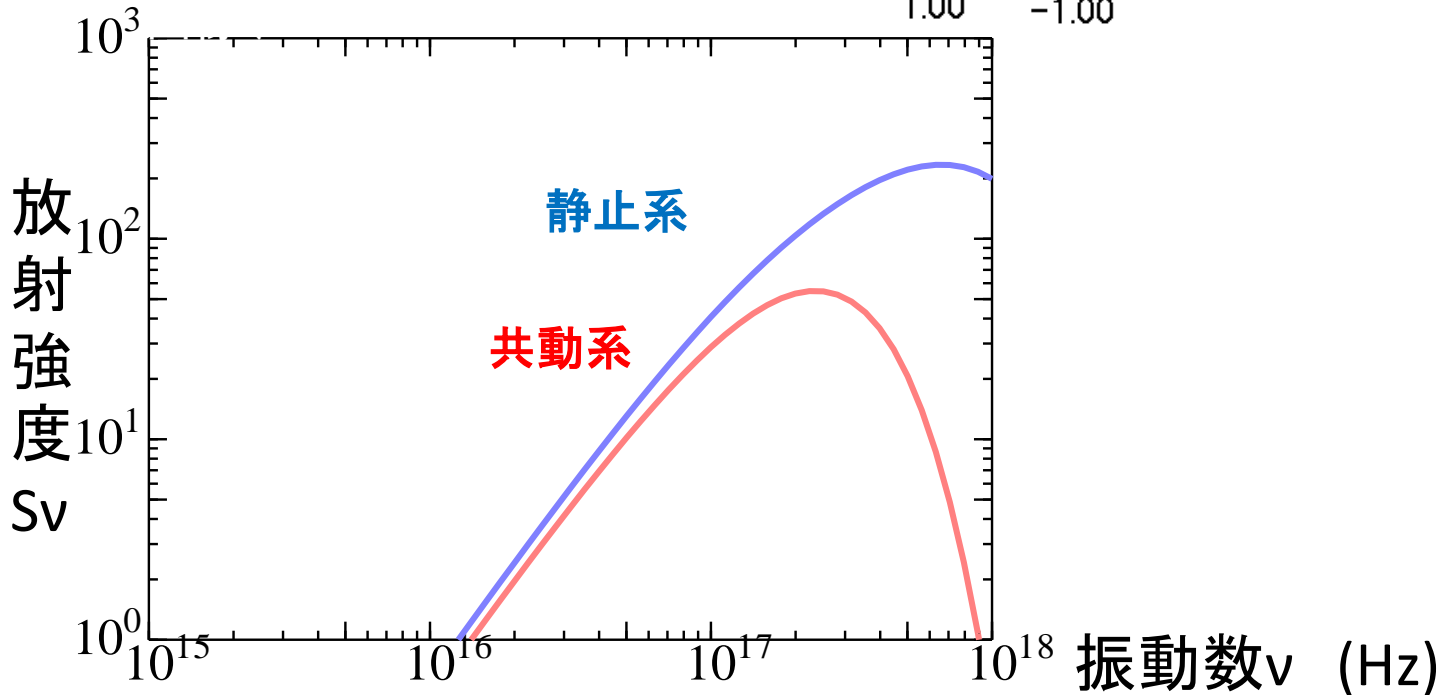
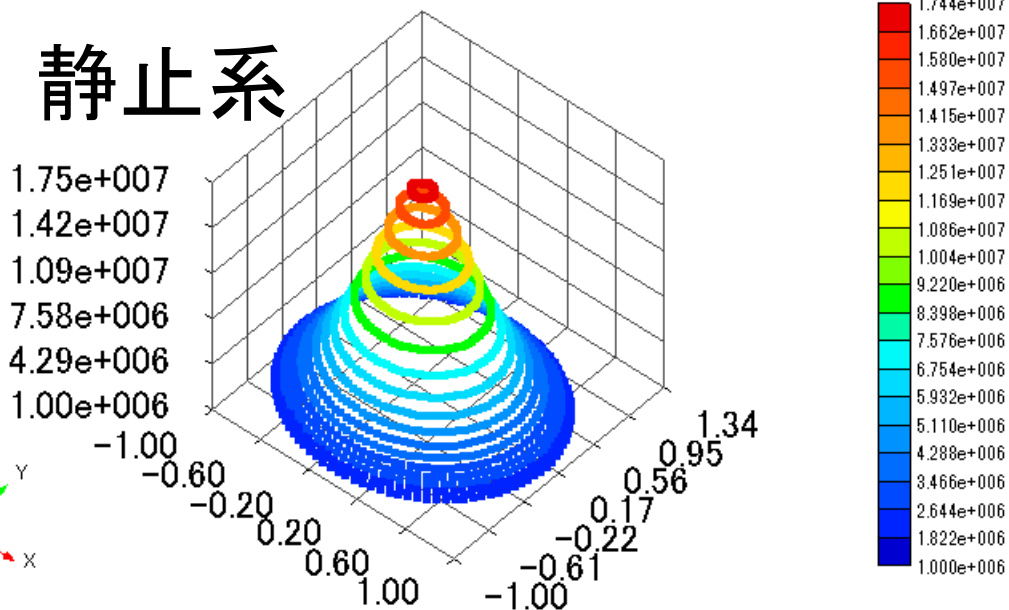


$\beta=0.9$

共動系



静止系

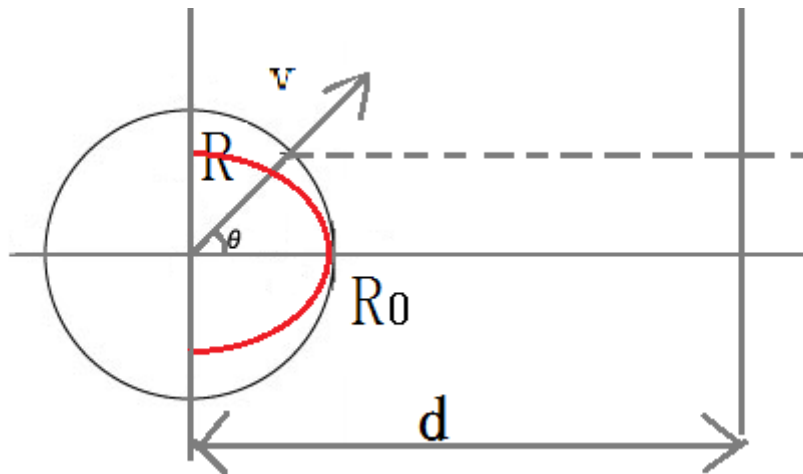


0.5の時より差は大きい。スペクトルは静止系では黒体放射を広げたような形で観測される。

2、光速が有限なための時差効果

時差効果により、観測面中央より遠くにある周辺部の方が少し過去の姿を見ることになる。

プラズモイドは膨張とともに温度が下がるのでこの時差効果の結果、周辺の方が静止系での温度は高い。

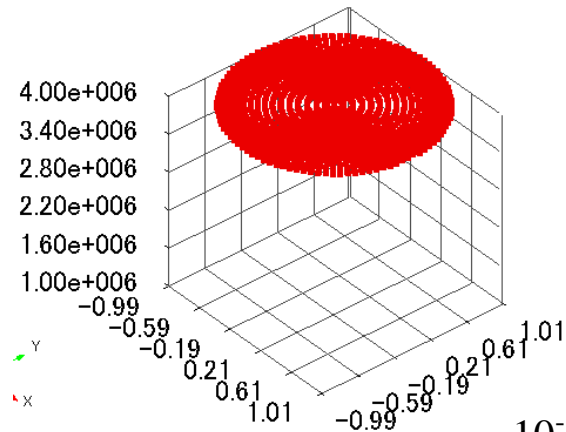


$$R = \frac{1 - \beta}{1 - \beta \cos \theta} R_0$$

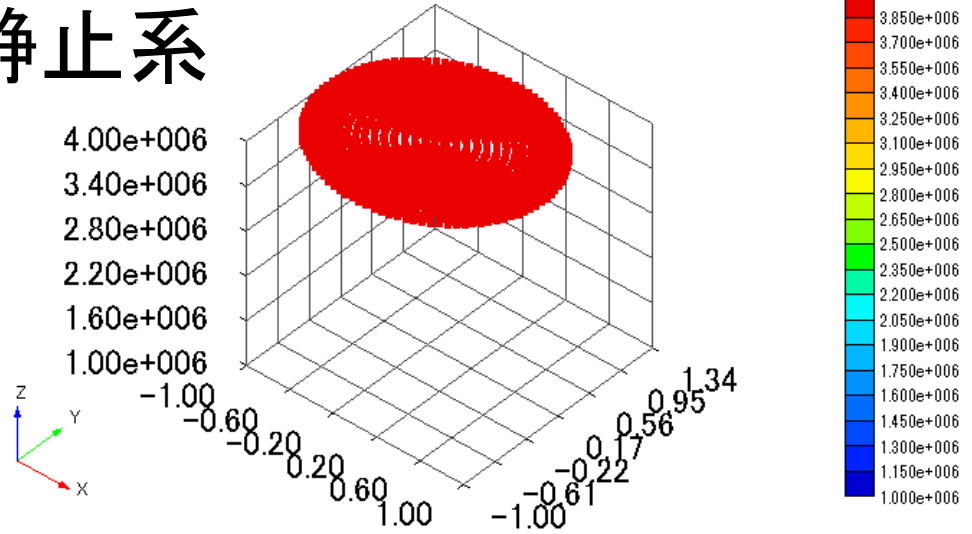
$$1 + z = \gamma(1 - \beta \cos \theta)$$

2、 $ct=0.05$ とした時の時差効果による 温度分布・スペクトルの比較

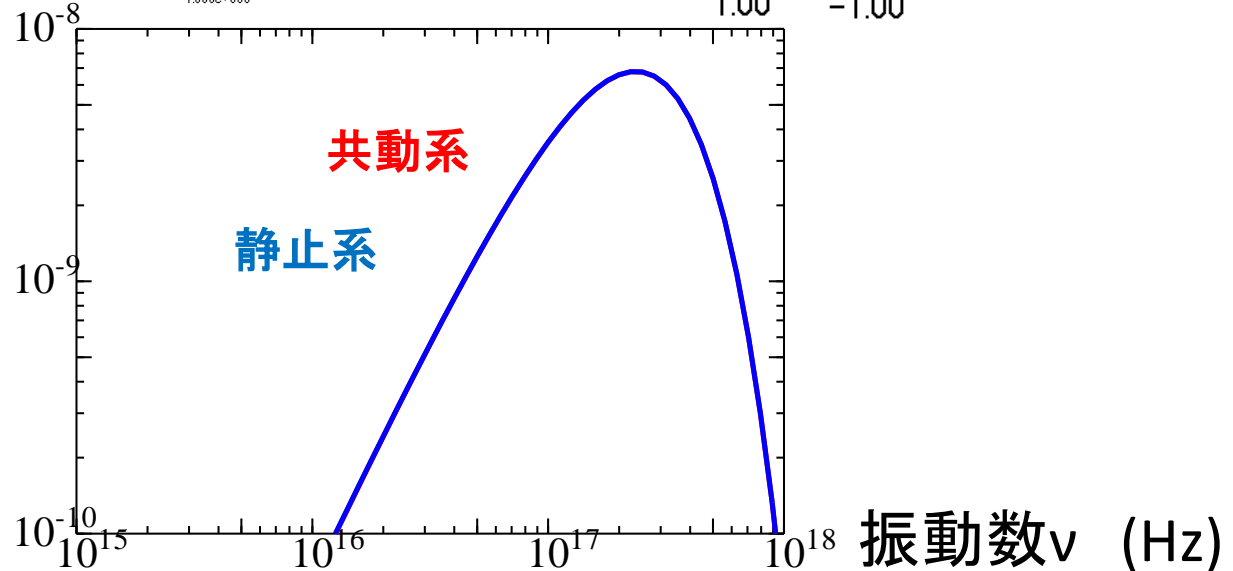
$\beta=0.00001$
共動系



静止系



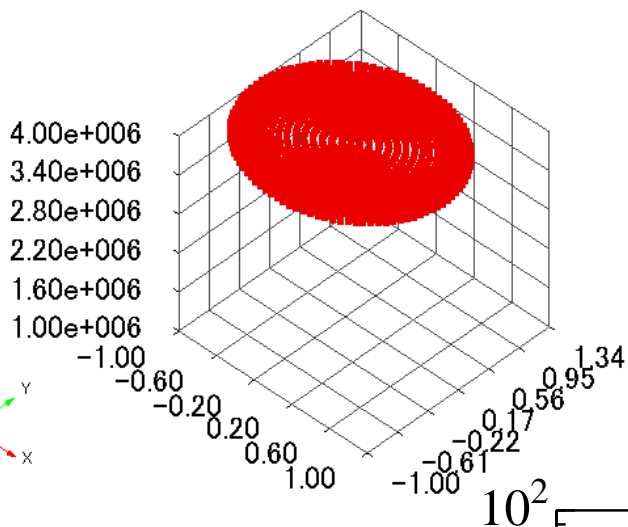
放射強度
Sv



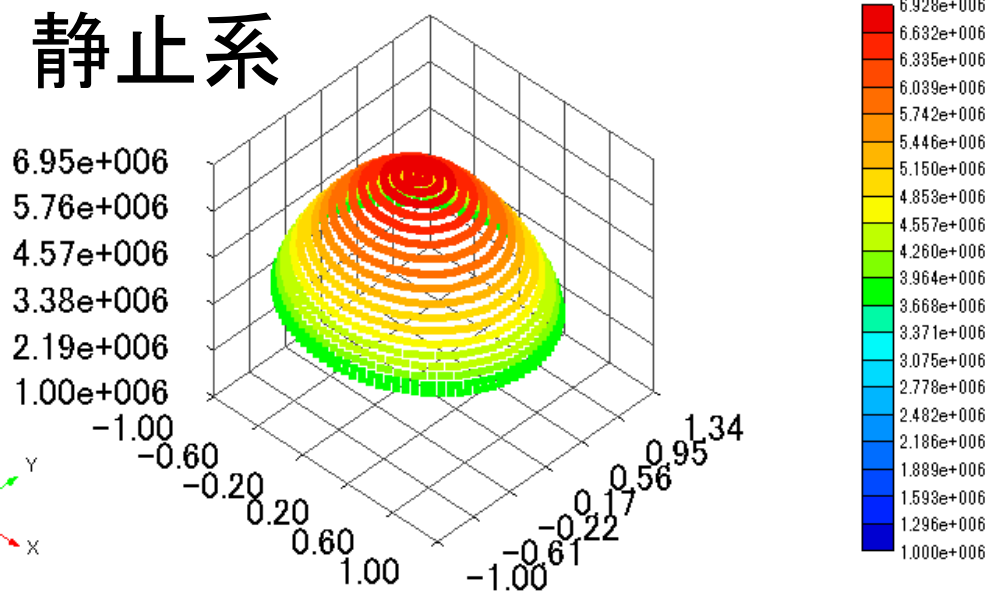
スペクトルは
黒体放射の
形をしている。
速度がかなり
小さいので
時差効果は
ほとんど受
けていない。

$\beta=0.5$

共動系

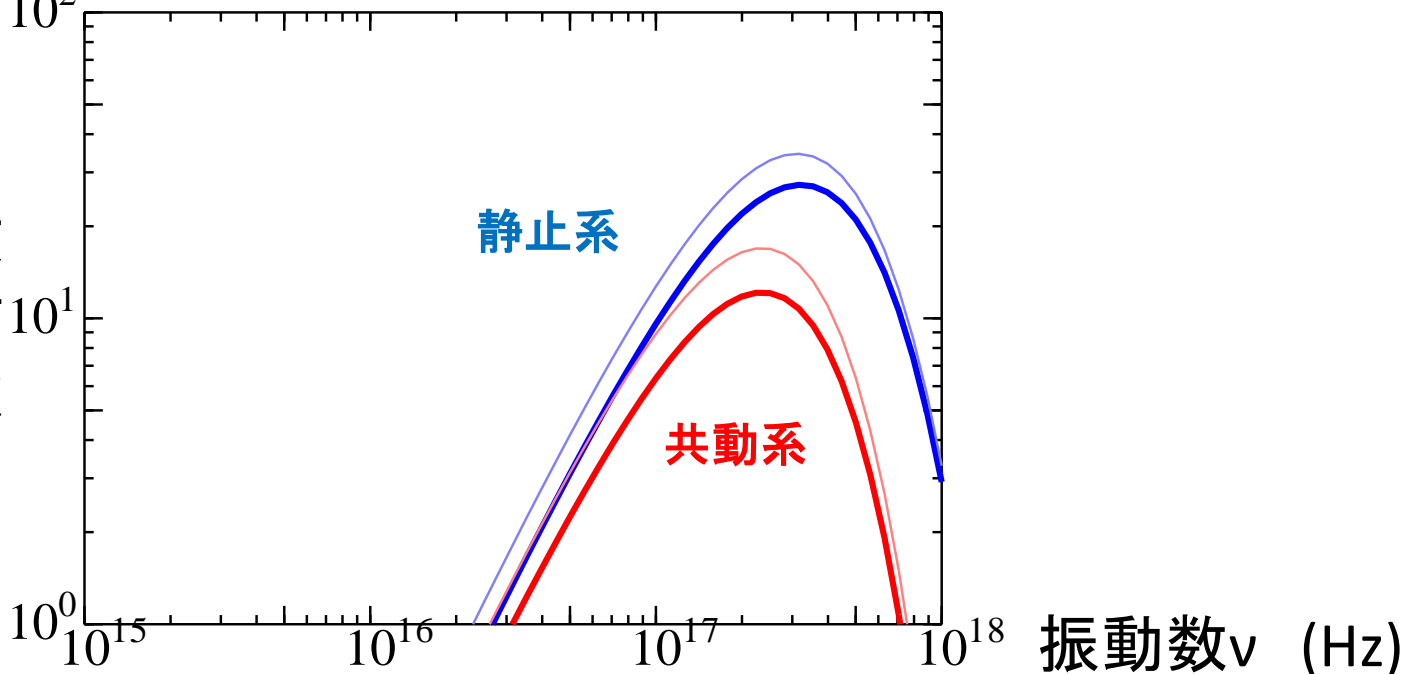


静止系

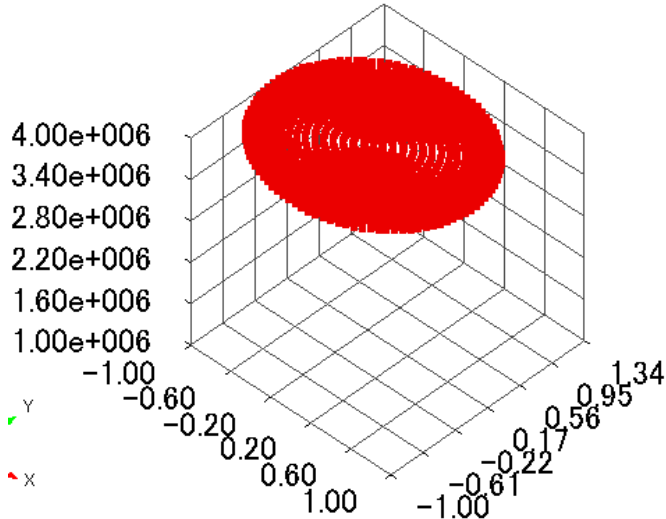


温度分布では
時差効果を確認しにくい。
スペクトルでは
時差効果により温度が高くなるため、高エネルギー側に動いている。

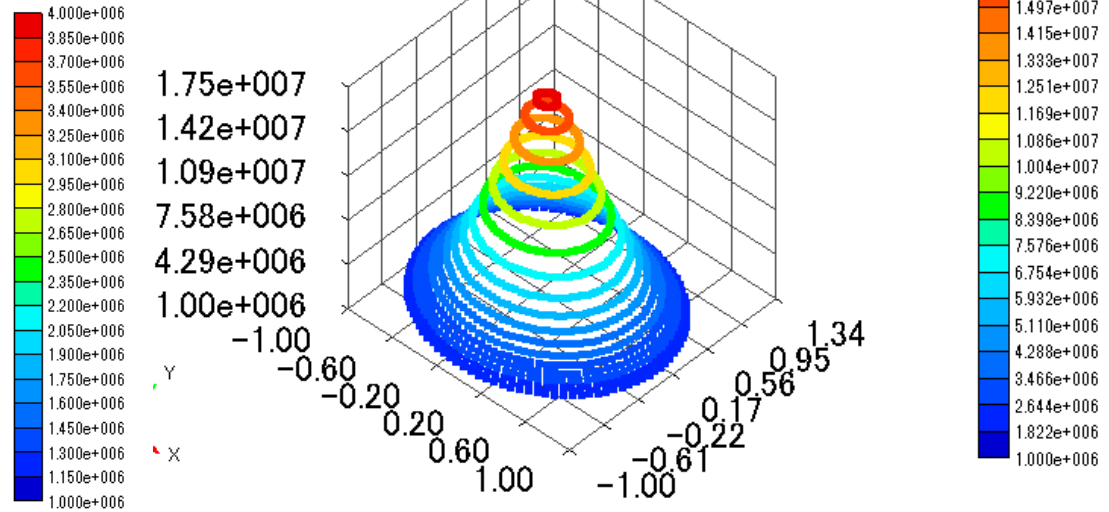
放射強度 S_ν



$\beta=0.9$ 共動系

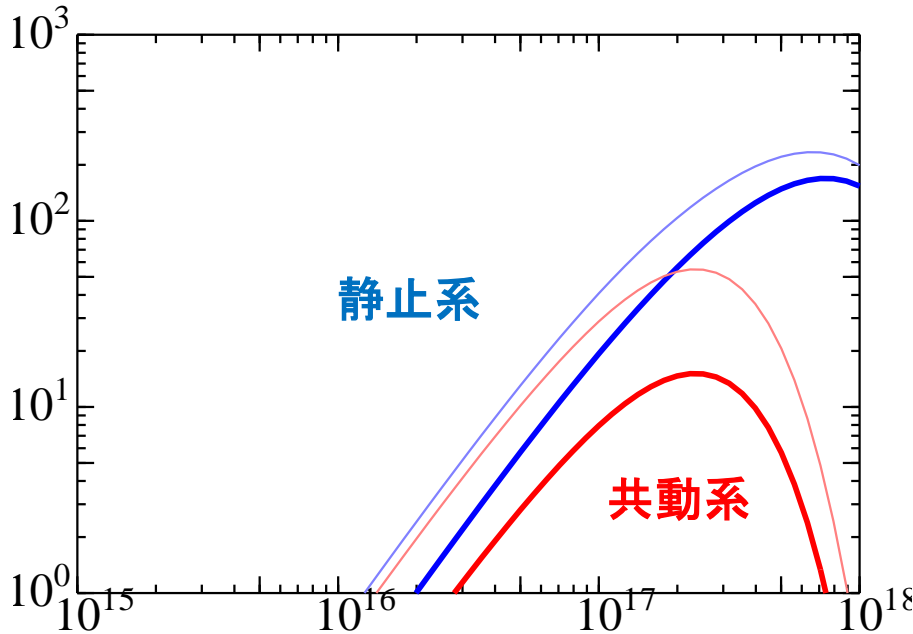


静止系



時差効果により観測される面が小さくなるため、強度自体は、下がっている。

放射強度 Sv

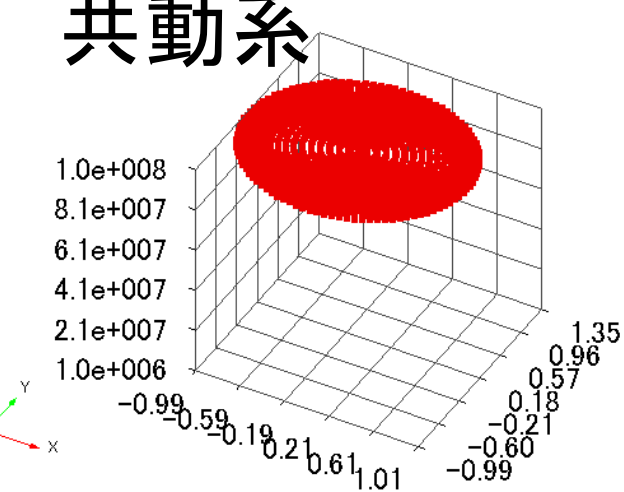


振動数 ν (Hz)

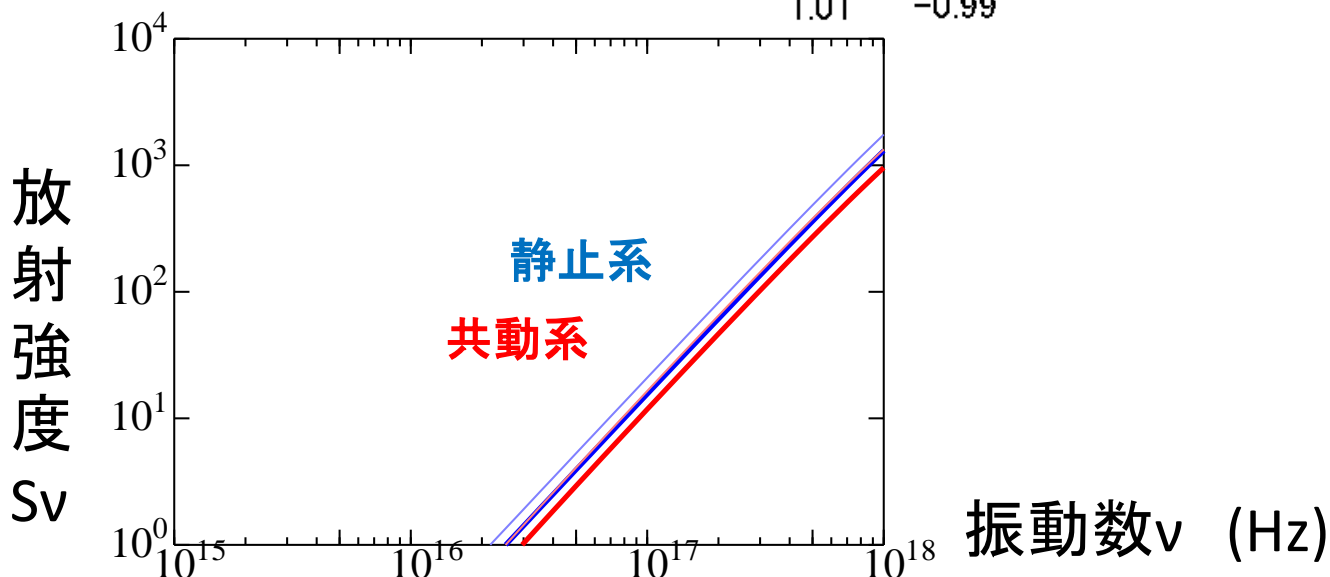
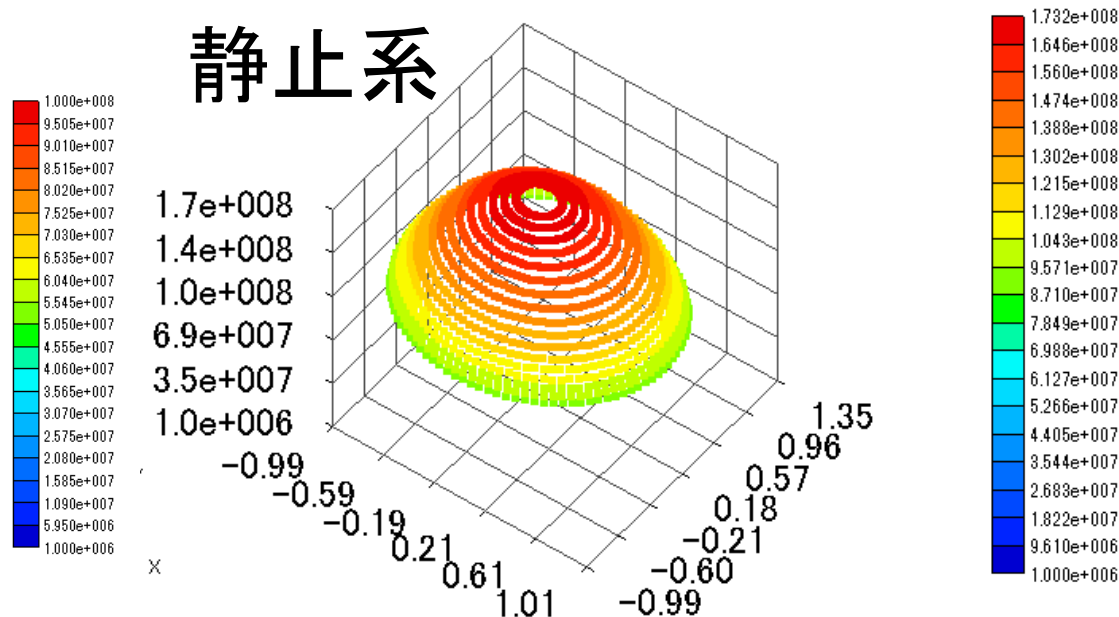
3、 $\beta=0.5$ とした時の時間的な変化

0.01s

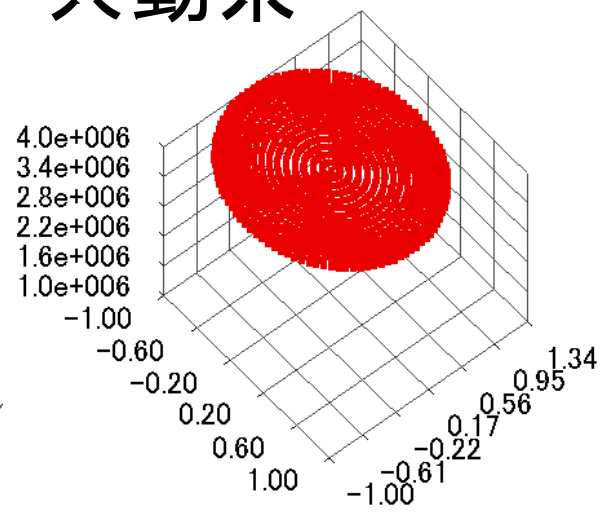
共動系



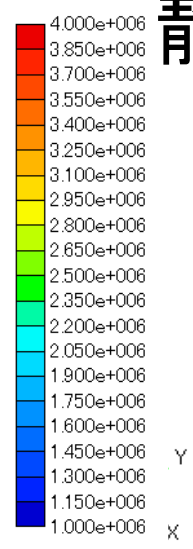
静止系



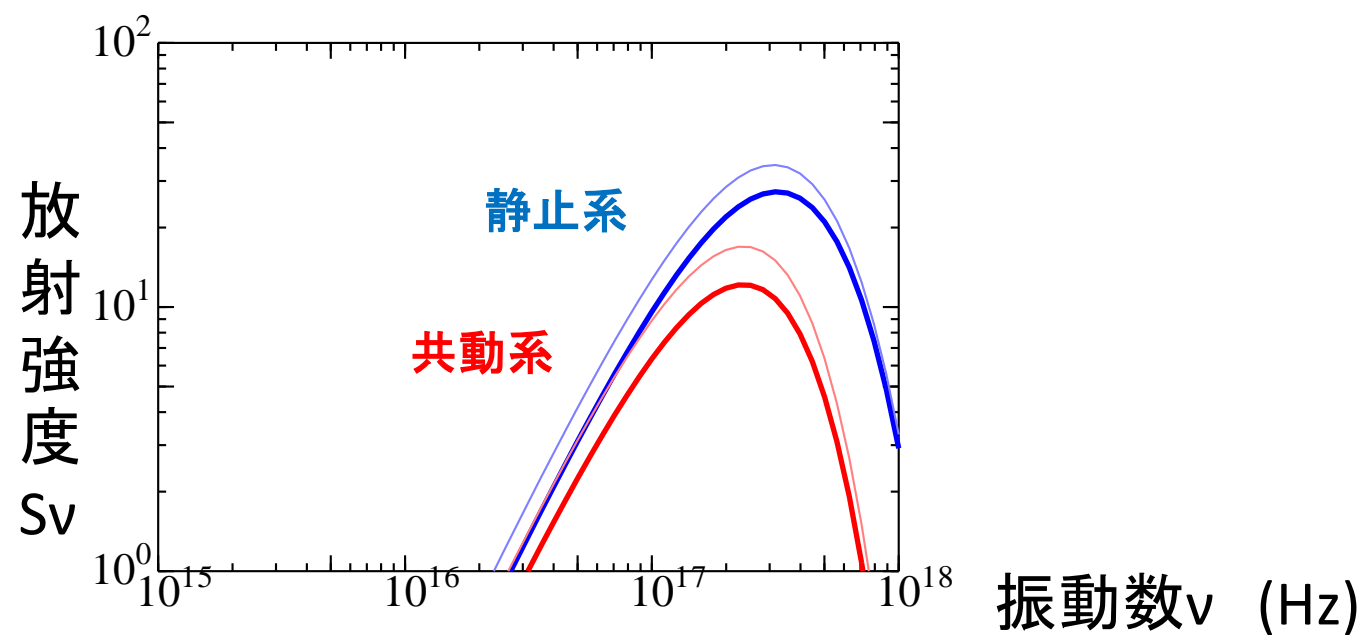
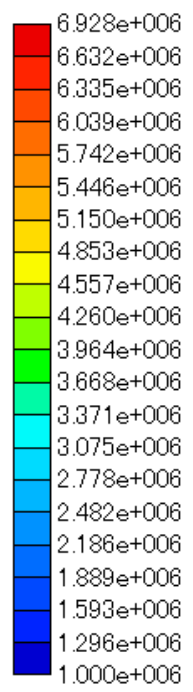
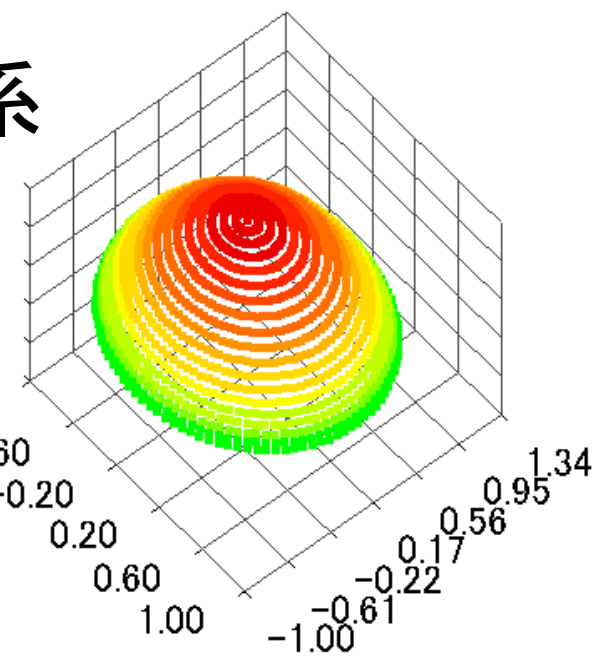
0.05s
共動系



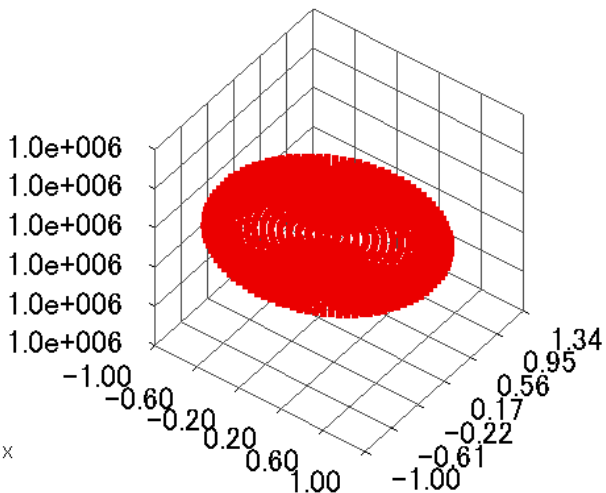
静止系



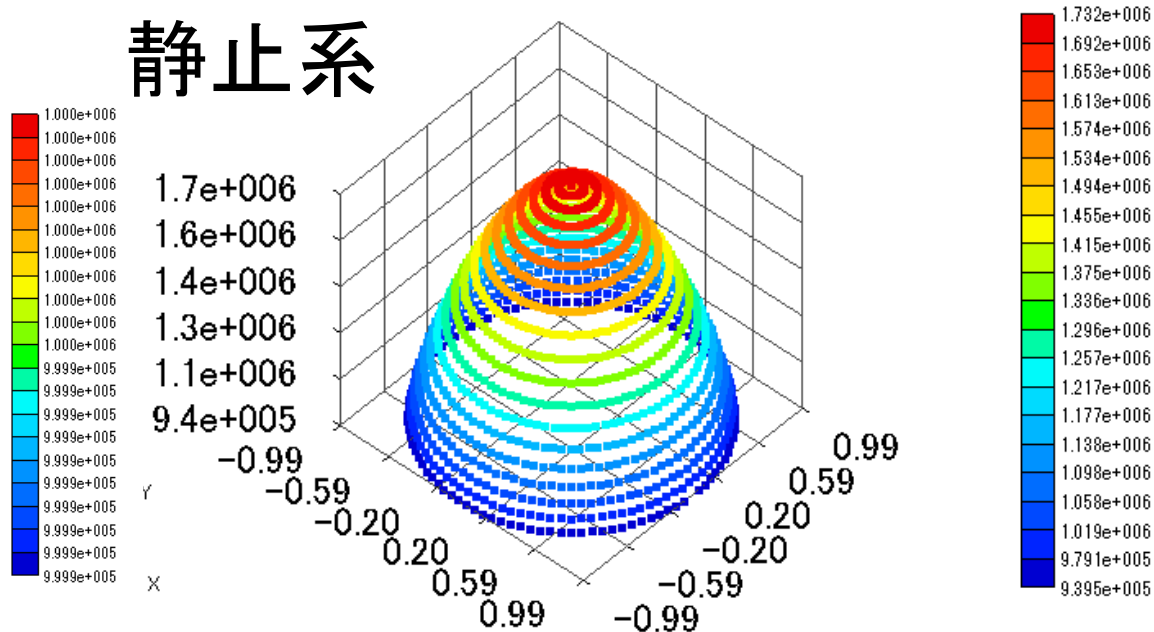
7.0e+006
5.8e+006
4.6e+006
3.4e+006
2.2e+006
1.0e+006
-1.00



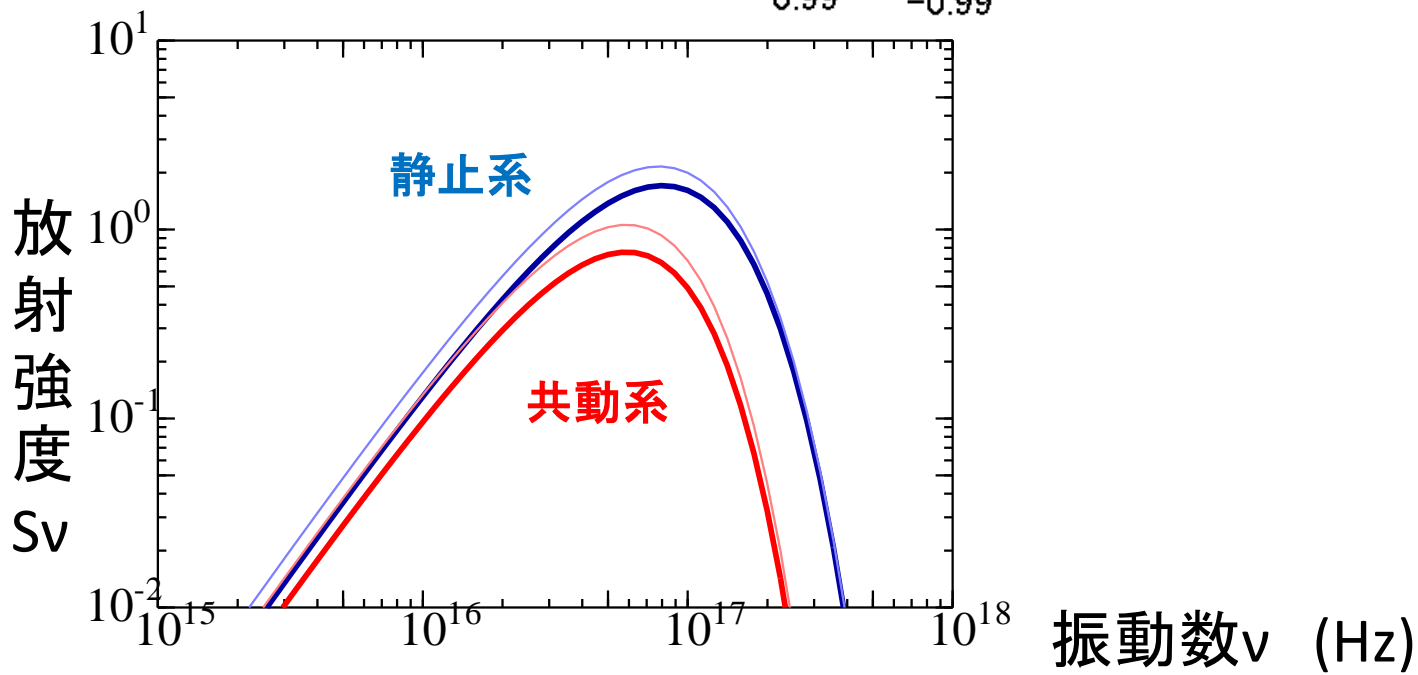
0.1s 共動系



静止系



断熱膨張を
するため、温
度は経過時
間ごとに下
がっていくか
ら低エネル
ギー側に動く。
また放射強
度も下がって
いく



結論と今後の課題

- ・ β が大きくなるにつれ、膨張プラズモイドの場合は、単純なドップラー効果だけで評価することはできず、時差効果を考慮する必要性があるということがわかる。
- ・今回は光学的厚みが十分あるプラズモイドについて調べたが、半透明なプラズモイドなど、光学的厚みの影響を受けるものについても調べていきたい。

SS433について

初期半径 約 $10^2 r_g$ ($r_g = 3.0 \times 10^6 \text{ cm}$)

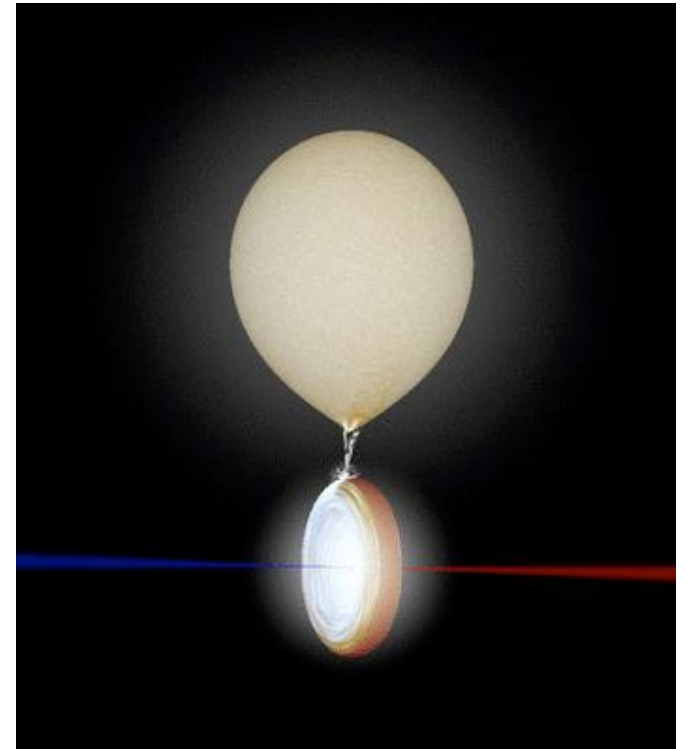
初期質量 $M_s \sim \dot{M} t \sim 10^{20} g$

初期温度 $T_s = \kappa \times \rho_s \times R_s = 1.06 \times 10^2$

($\kappa = 0.4, \rho_s = \frac{M_s}{\frac{4}{3}\pi R_s^3} \cong 0.8846 \times 10^{-6} [g/cm^3]$)

膨張速度 $0.26c$

経過時間 $t \cong \frac{10^2 r_g}{c} \cong 10^{-2} s$
 $\therefore ct = 10^2 r_g$



SS433画像([STAR DATE](#))