コラプサーからの超相対論的ガンマ線バーストジェット

水　田　　晃
千葉大学

M.A. & Aloy astro-ph/0812.4813
M.A., Aloy, & Nagataki in prep

第9回高エネルギー宇宙物理連絡会
＠愛媛大学 090316-18

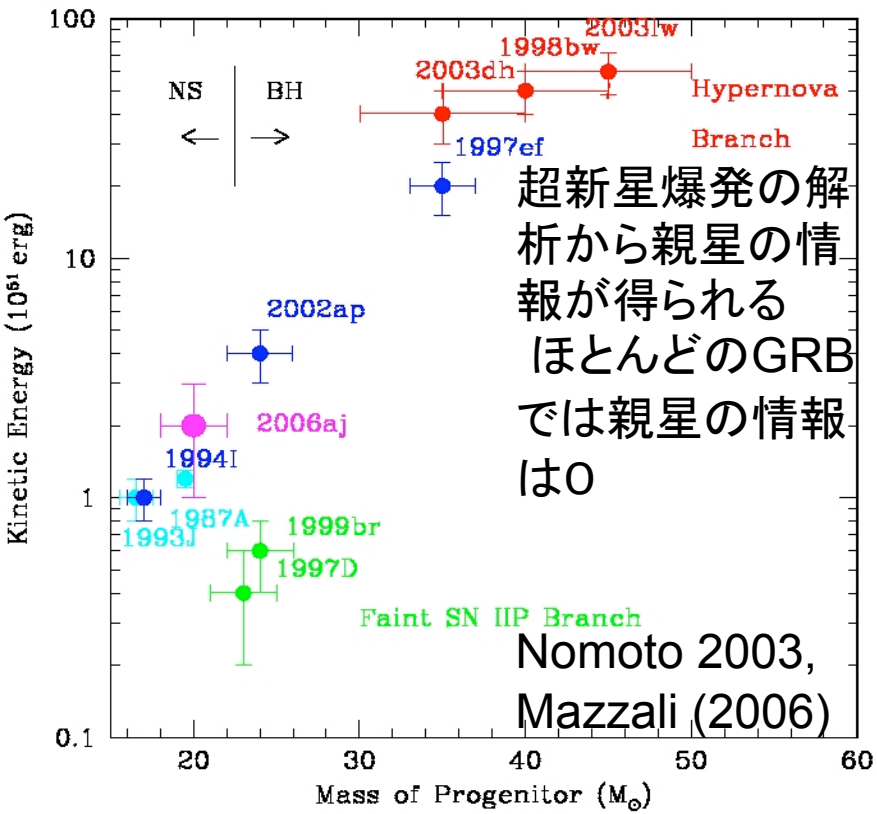
目次

1. GRBとコラプサー
2. Light Jet の特徴
   (コクーン、内部衝撃波
   backflow etc.)
3. コラプサーからのGRBジェット
4. まとめ

重力崩壊型超新星爆発に付随したロングガンマ線バースト(td>~2s)

Association long duration GRB-SN is observed.

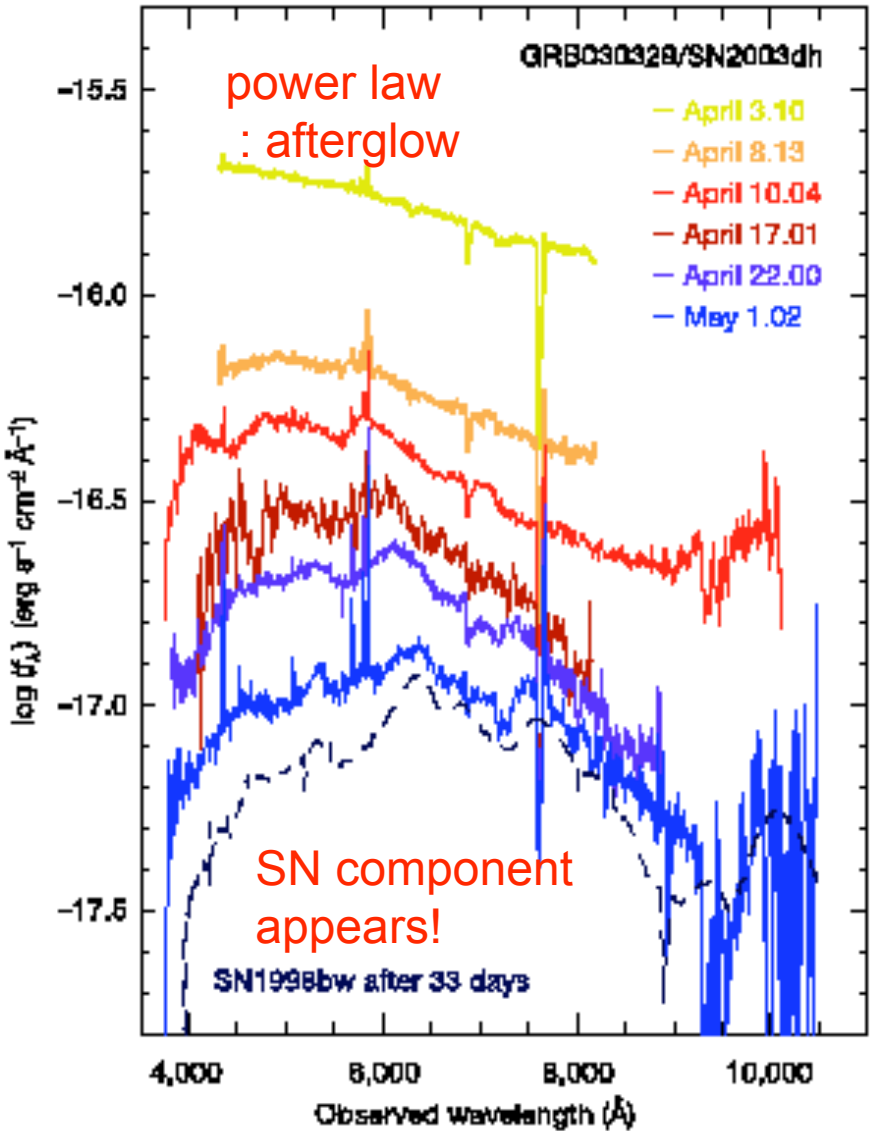
ex. GRB980425/SN1998bw,
GRB030329/SN2003dh
GRB060218/SN2006aj.



超新星爆発の解析から親星の情報が得られる
ほとんどのGRBでは親星の情報は0

Nomoto 2003,
Mazzali (2006)

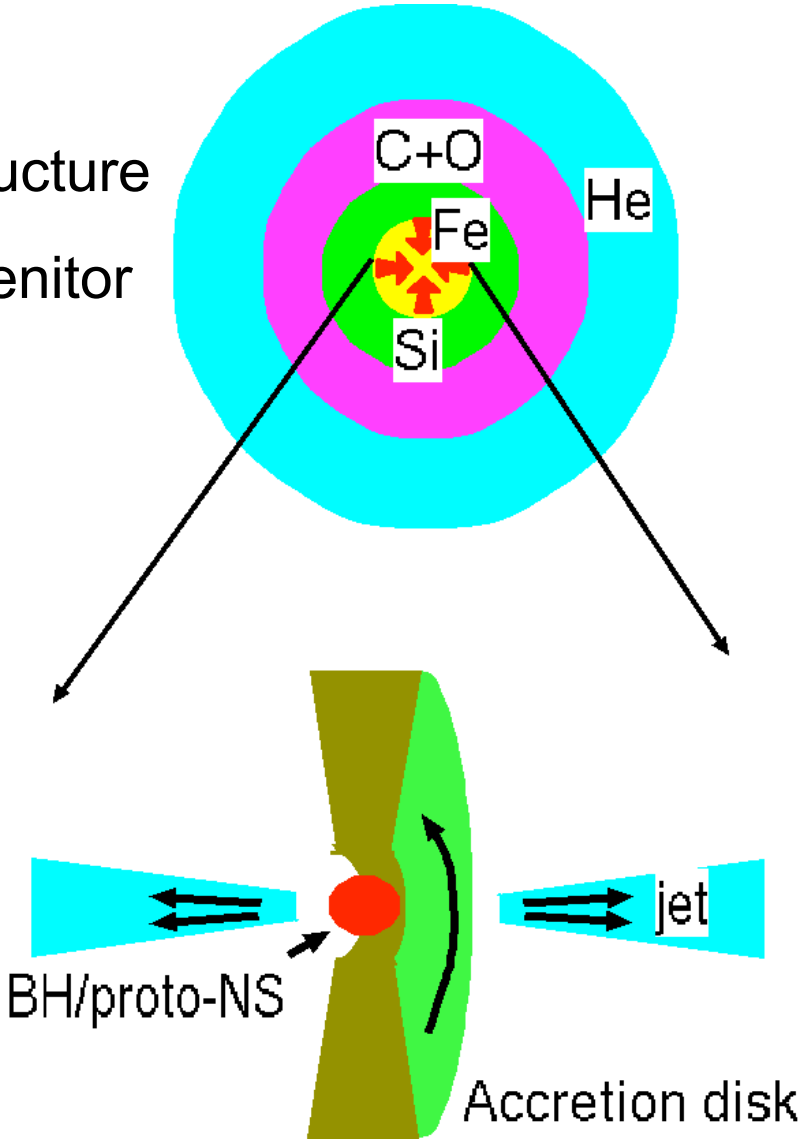
Spectrum :after a few days
~ after a month from the burst

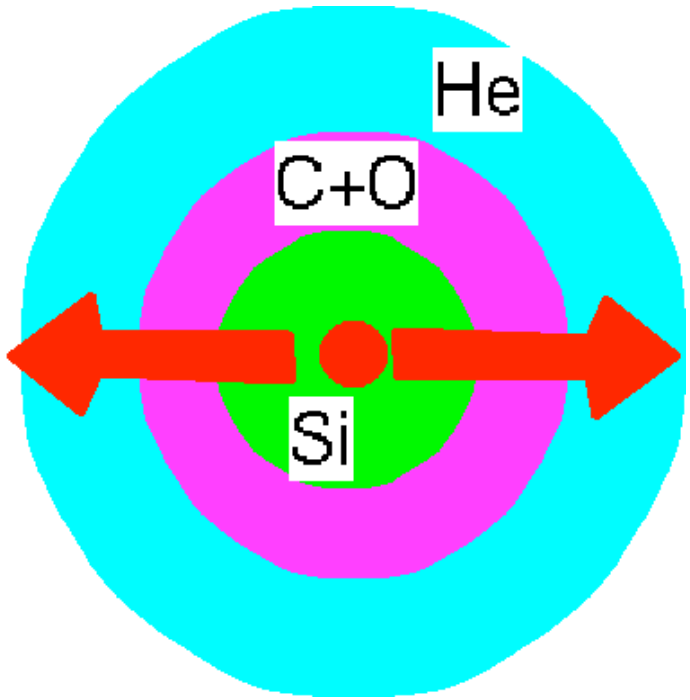


重力崩壊型超新星爆発を伴う非球対称性の強い爆発：Collapsar model (Wooseley 1993, MacFadyen et al. 1999)

Shell structure

Progenitor

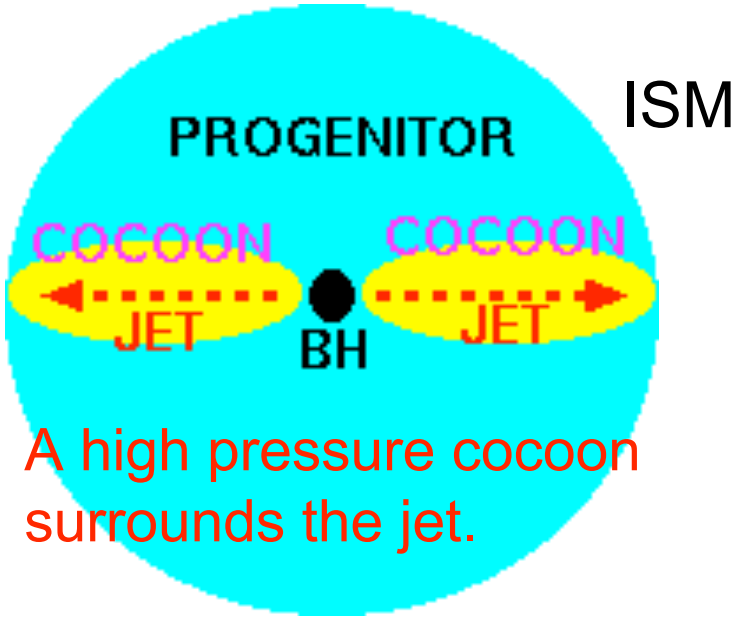




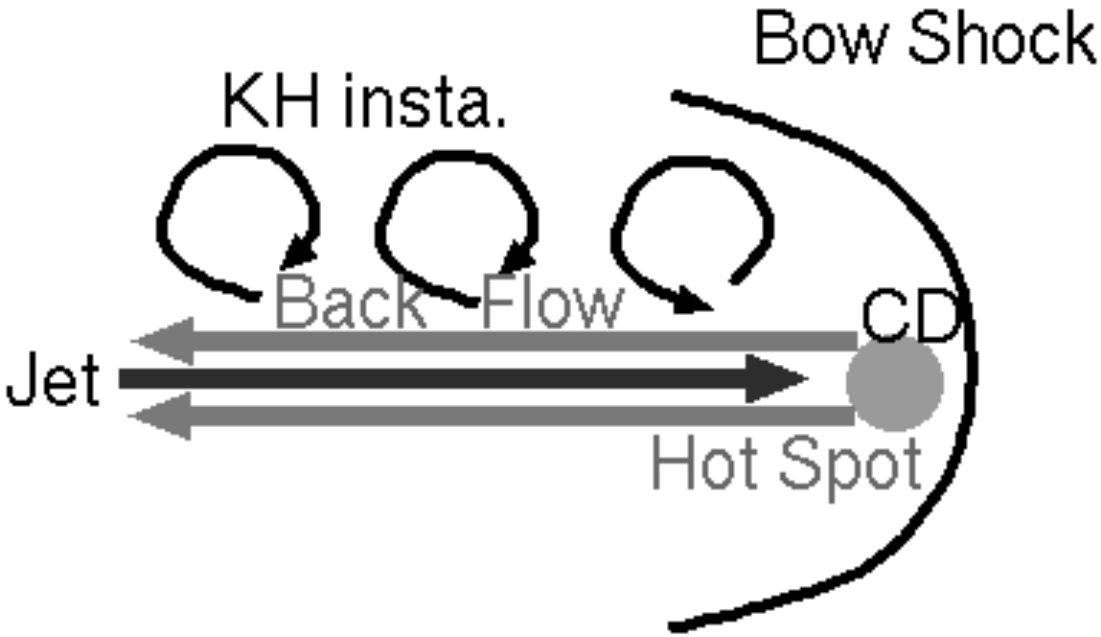
Bipolar jet passes through the envelopes

コラプサーからのジェットのダイナミックスは2つのフェーズで特徴付けられる

Phase 1



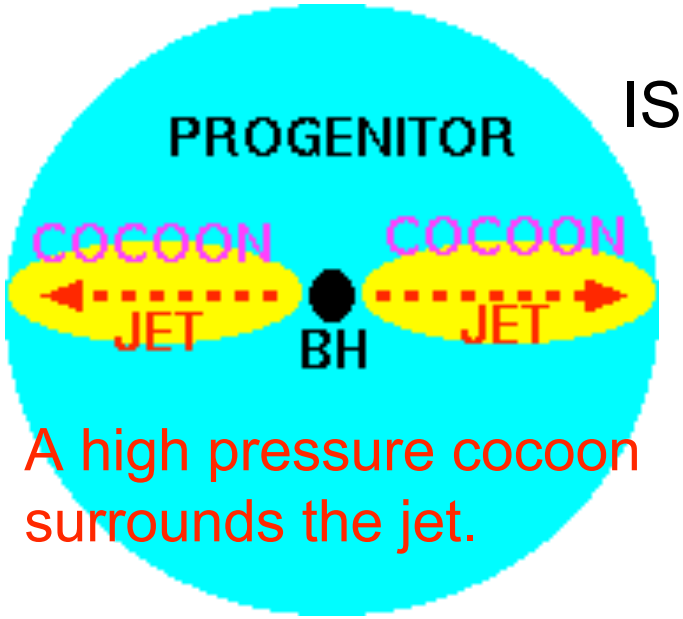
ISM



Jet's energy is confined in the cocoon during the propagation in the progenitor

コラプサーからのジェットのダイナミックスは2つのフェーズで特徴付けられる

Phase 1



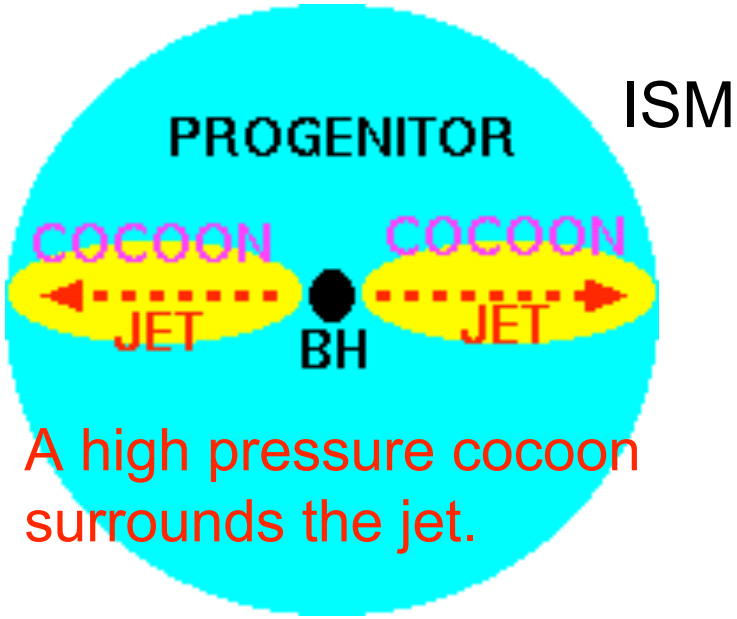
ISM

Shock Break

Jet's energy is confined in the cocoon during the propagation in the progenitor

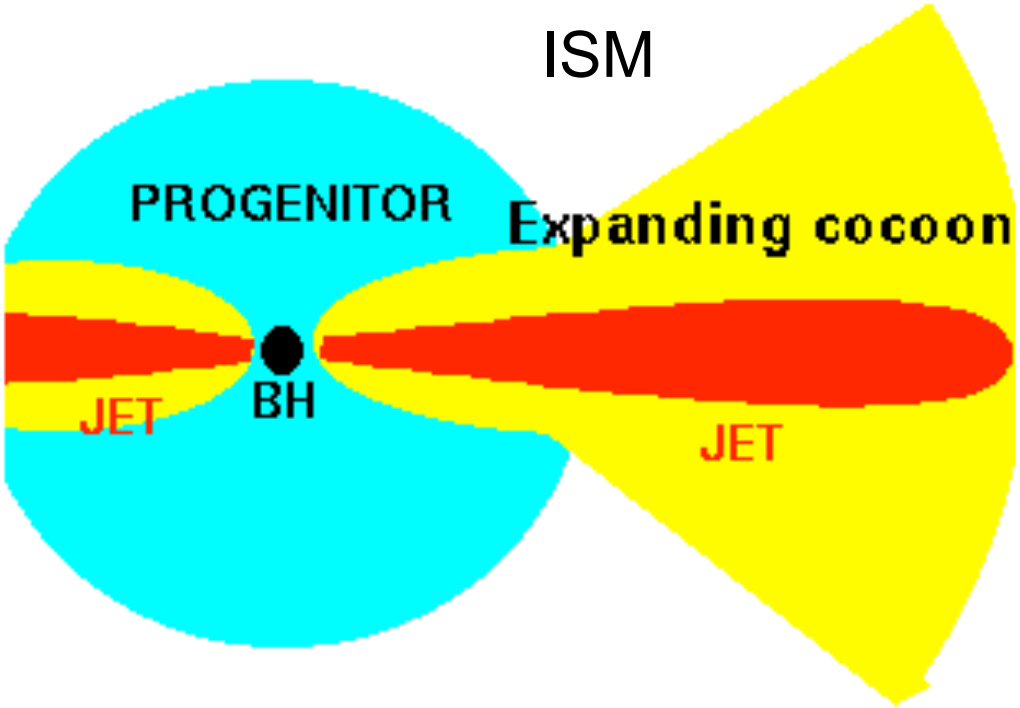
コラプサーからのジェットのダイナミックスは2つのフェーズで特徴付けられる

Phase 1



Shock Break

Phase 2

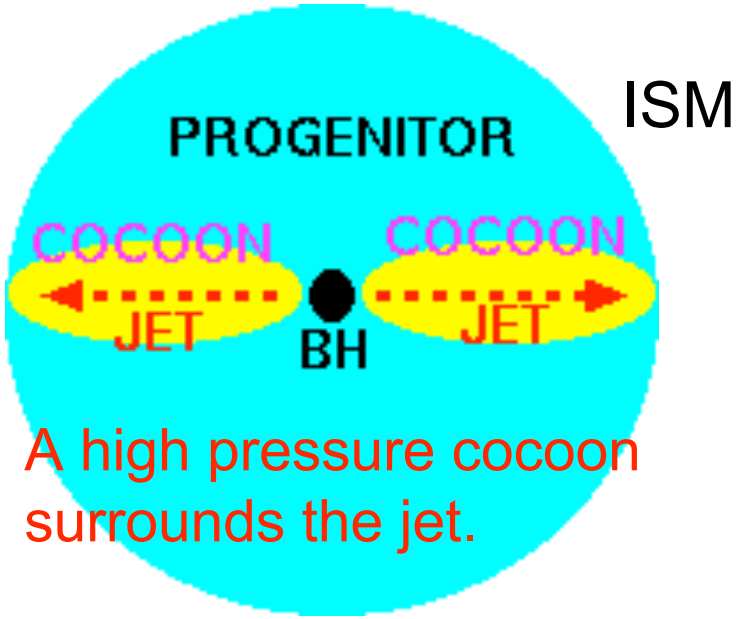


Jet's energy is confined in the cocoon during the propagation in the progenitor

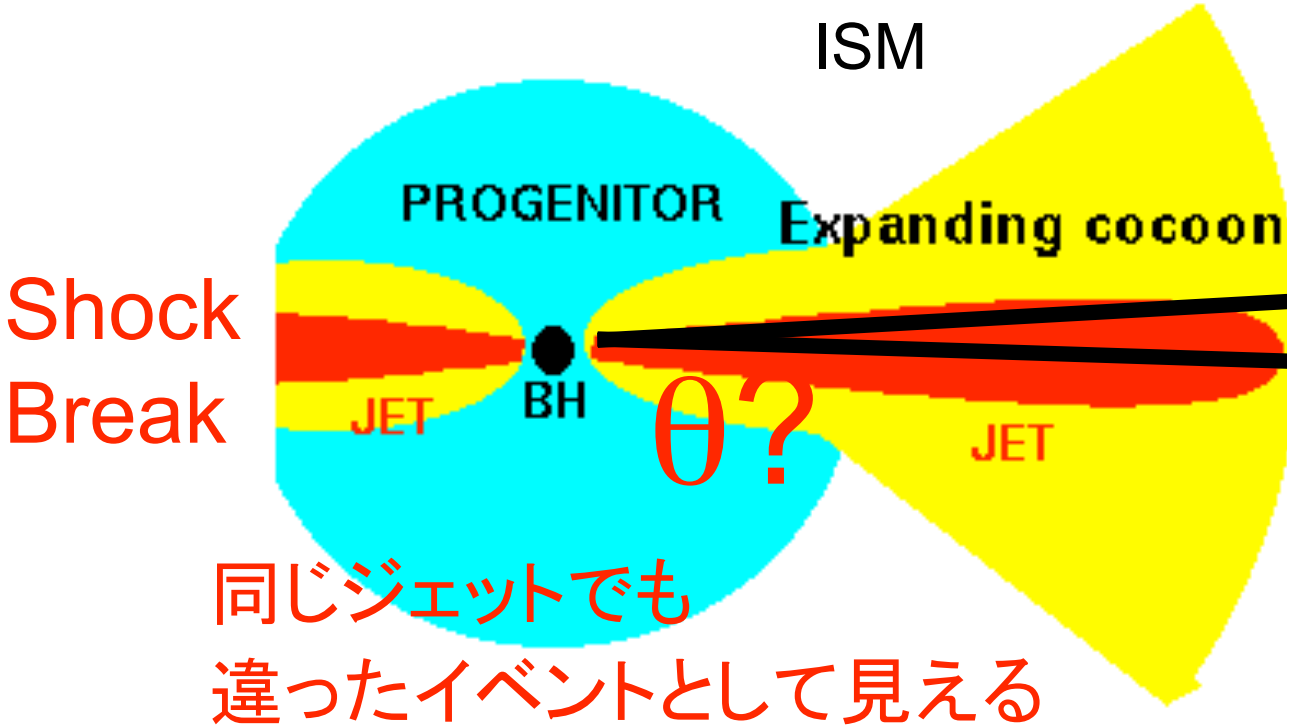
Cocoon energy is released to ISM. Free expansion

コラプサーからのジェットのダイナミックスは2つのフェーズで特徴付けられる

Phase 1



Phase 2

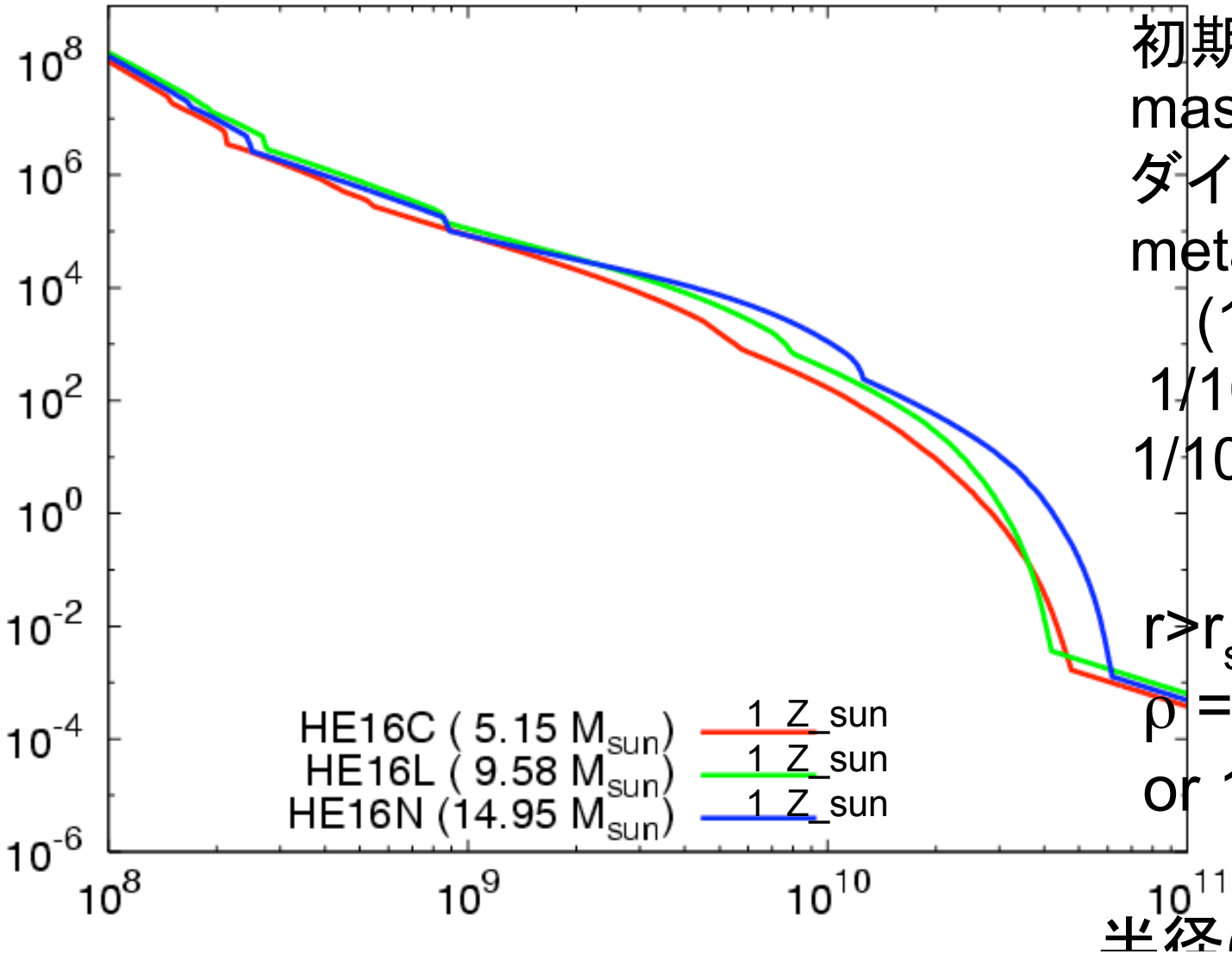


Jet's energy is confined in the cocoon during the propagation in the progenitor

Cocoon energy is released to ISM. Free expansion

動径方向の親星密度構造Woosley &Heger(2006)

密度(g/cm^3)



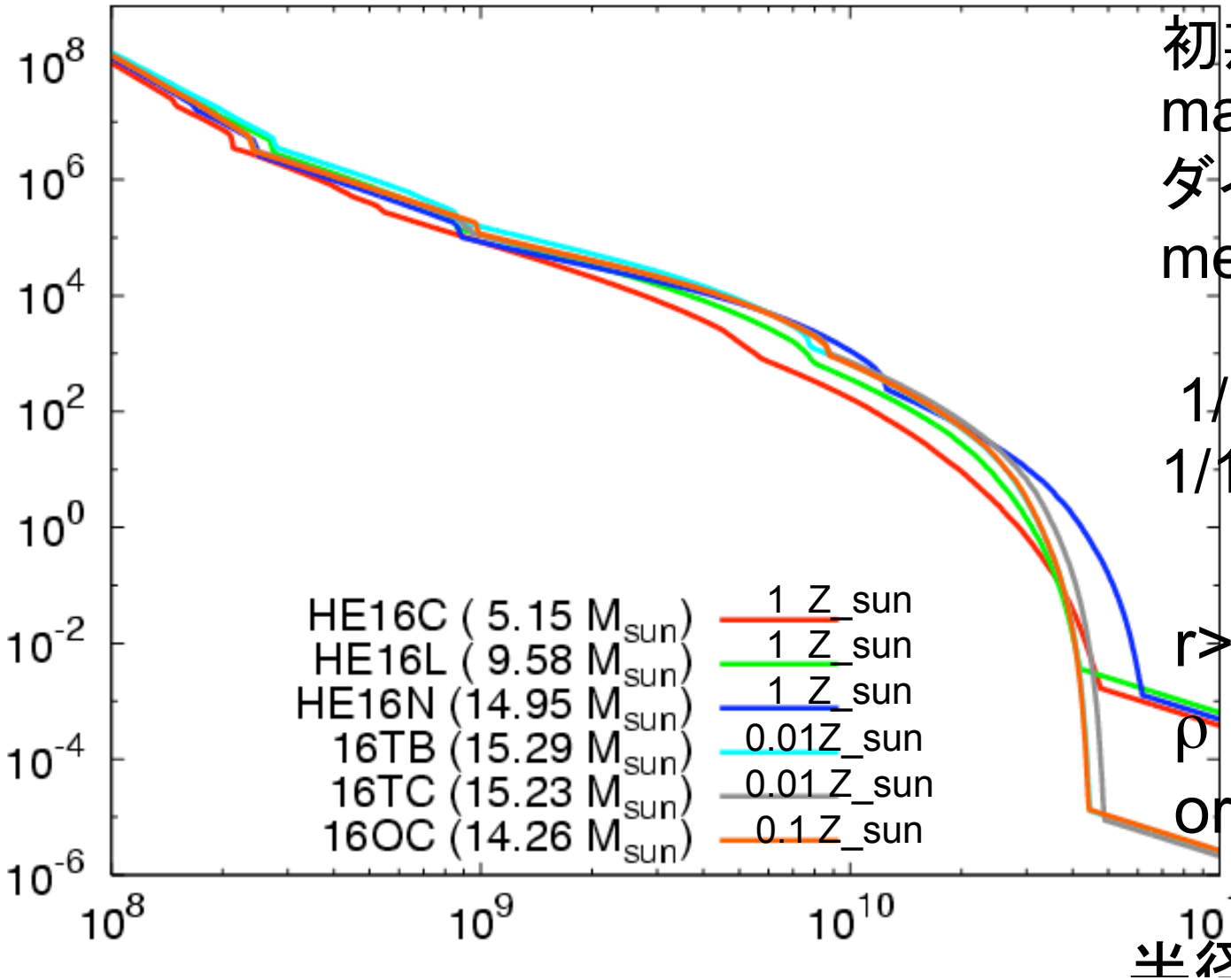
初期の角速度
mass loss rate
ダイナモ on/off
metallicity
(1 Z_solar,
1/10 Z_solar,
1/100Z_solar)

$r > r_{surf}$
$\rho = \rho_0 (r_0/r)^{-2}$
or 10^{-6} g/cm^3

半径(cm)

動径方向の親星密度構造Woosley &Heger(2006)

密度(g/cm^3)



初期の角速度
mass loss rate
ダイナモ on/off
metallicity
(1 Z_solar,
1/10 Z_solar,
1/100Z_solar)

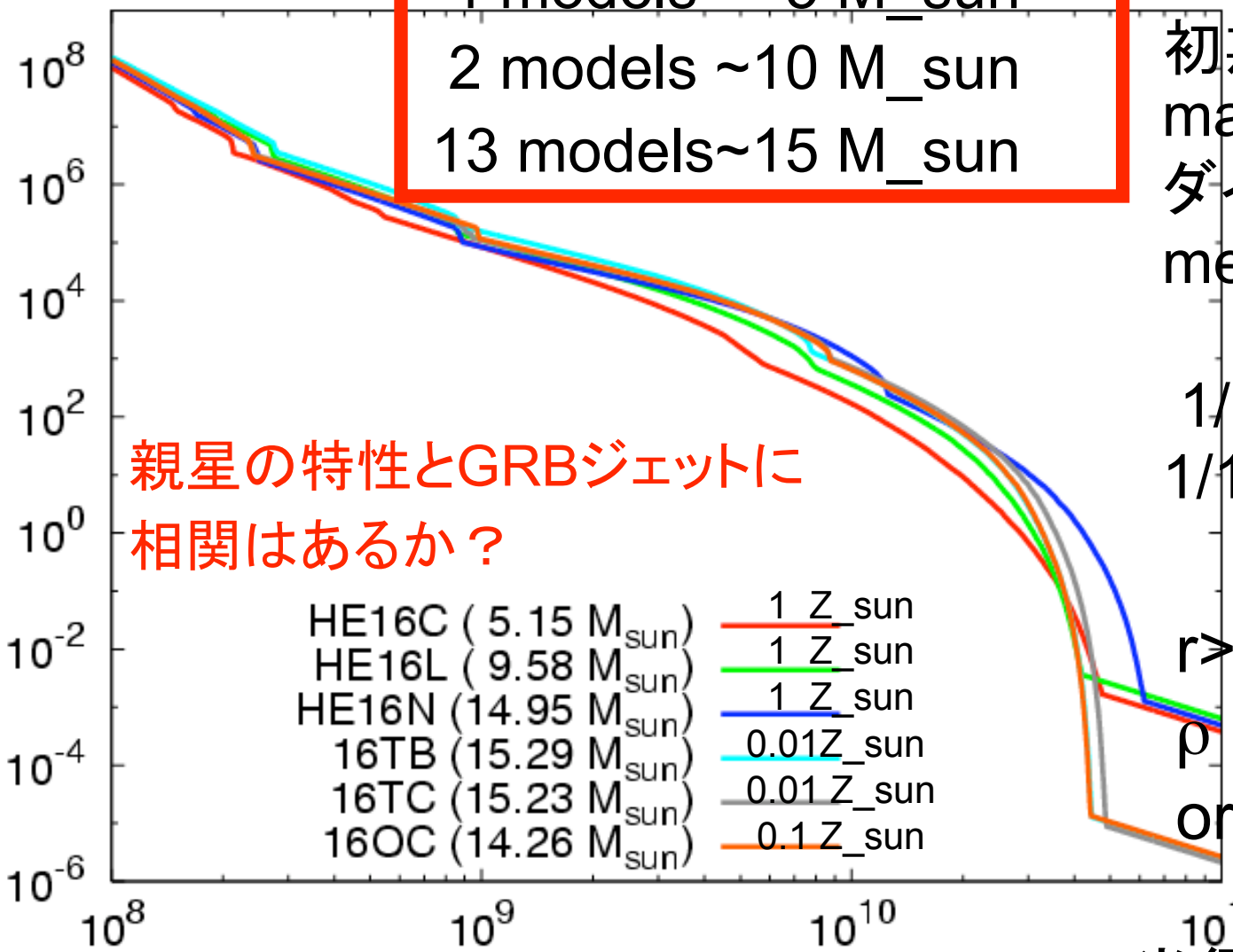
$r>r_{surf}$
$\rho=\rho_0 (r_0/r)^{-2}$
or 10^{-6} g/cm^3

半径(cm)

動径方向の親星密度構造Woosley &Heger(2006)

密度(g/cm^3)

4 models ~ 5 M_sun
2 models ~10 M_sun
13 models~15 M_sun

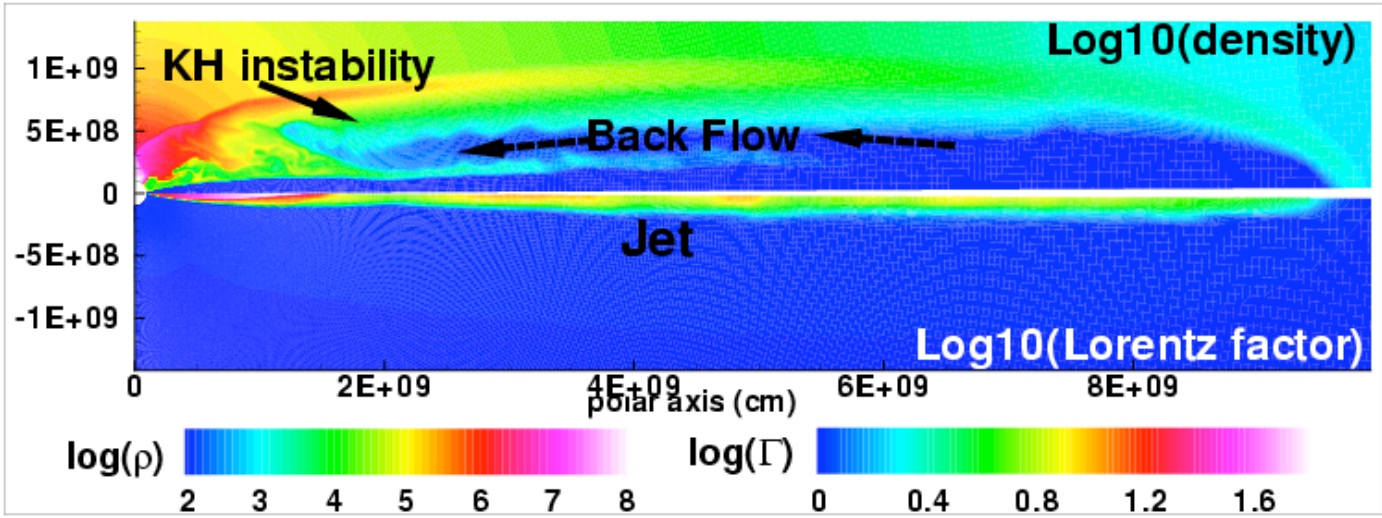


親星の特性とGRBジェットに
相関はあるか？

初期の角速度
mass loss rate
ダイナモ on/off
metallicity
(1 Z_solar,
1/10 Z_solar,
1/100Z_solar)

$r>r_{surf}$
$\rho=\rho_0 (r_0/r)^{-2}$
or 10^{-6} g/cm^3

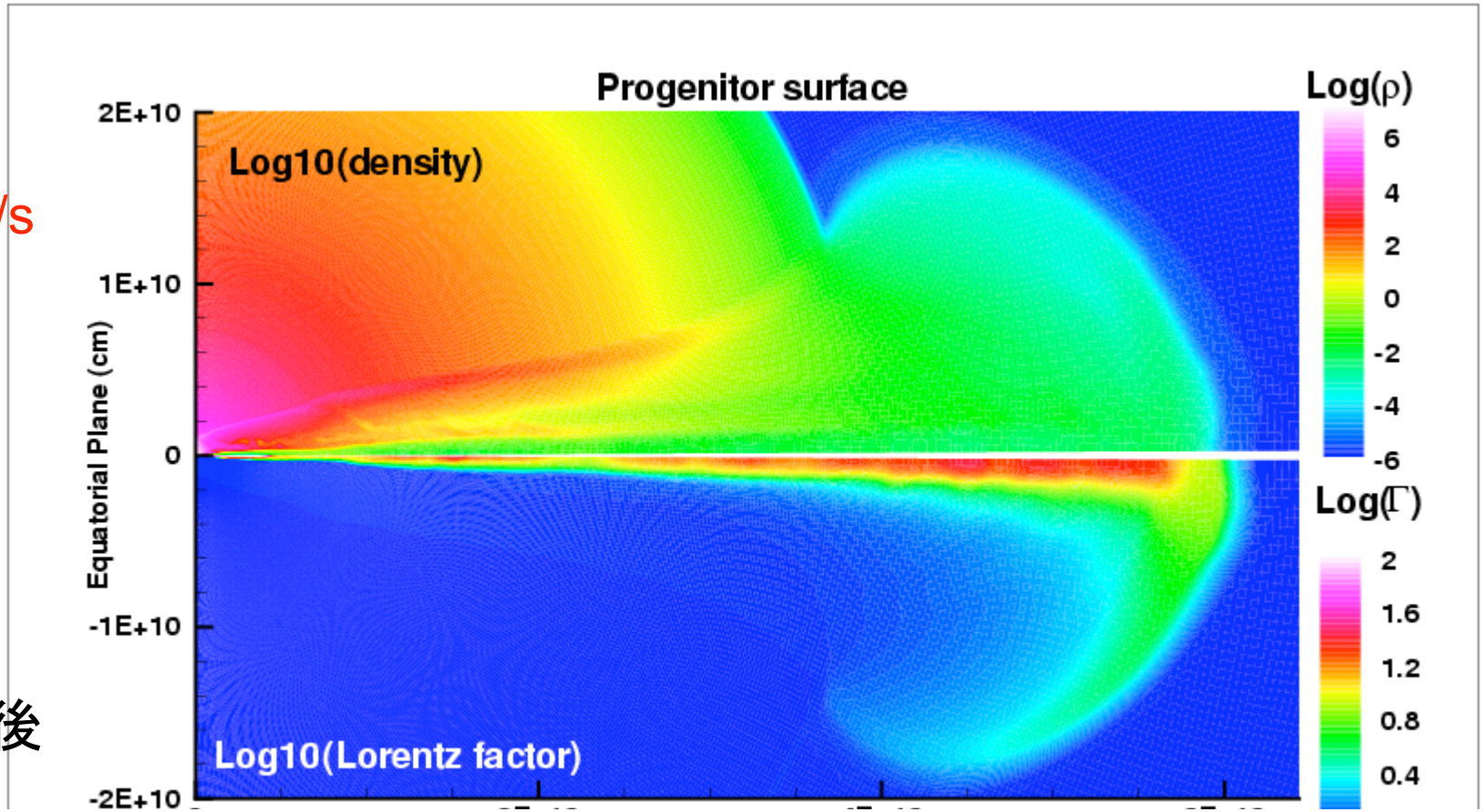
半径(cm)



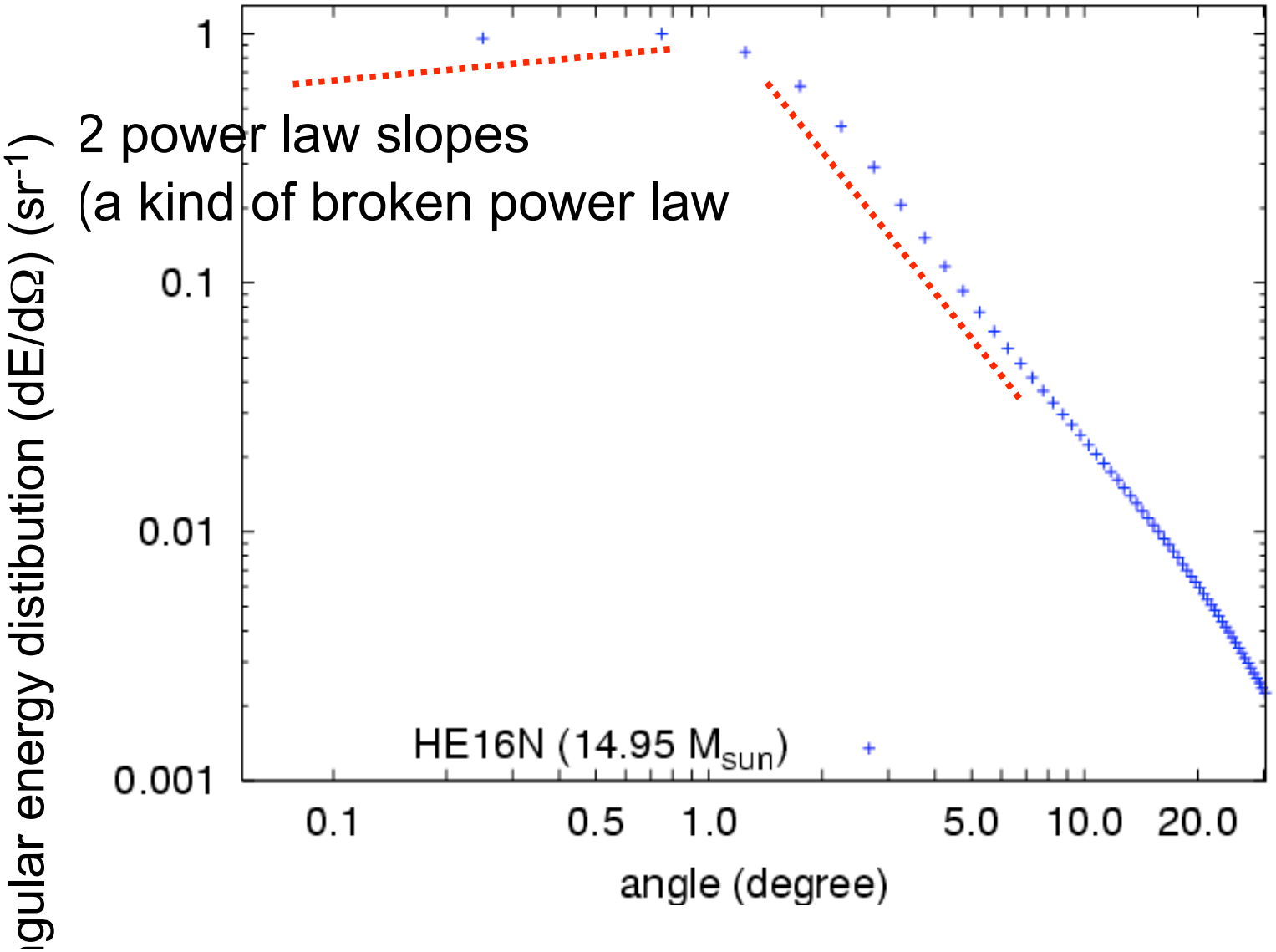
Shock break 前
cocoon 圧による
confinement

$dE/dt=10^{51}$ erg/s
θ=5 degree
Γ=5
ε/c^2=30
$r_{in}=10^8$cm

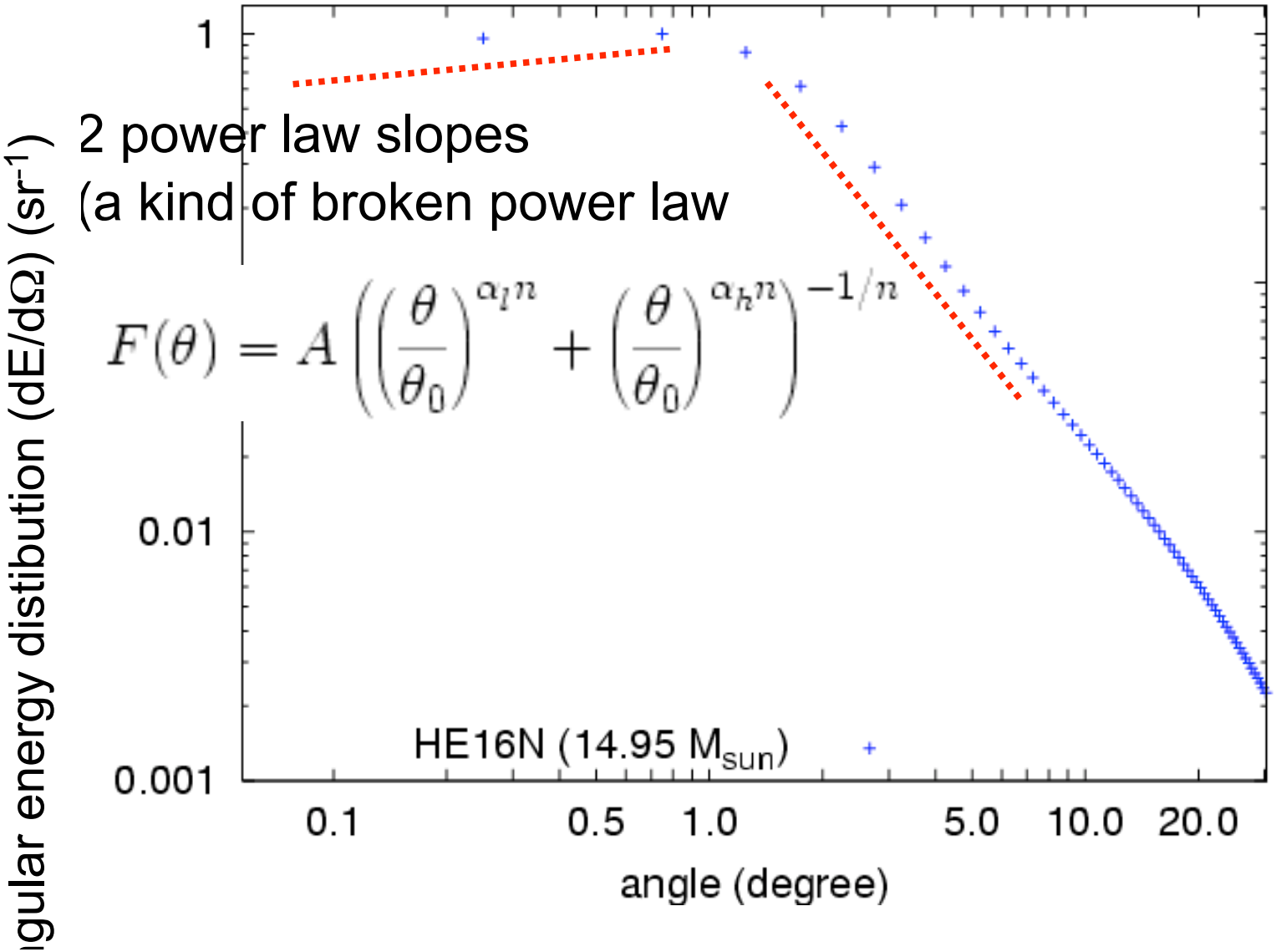
Shock break 後



RESULTS : Angular energy distribution (dE/dΩ) derived from numerical simulations



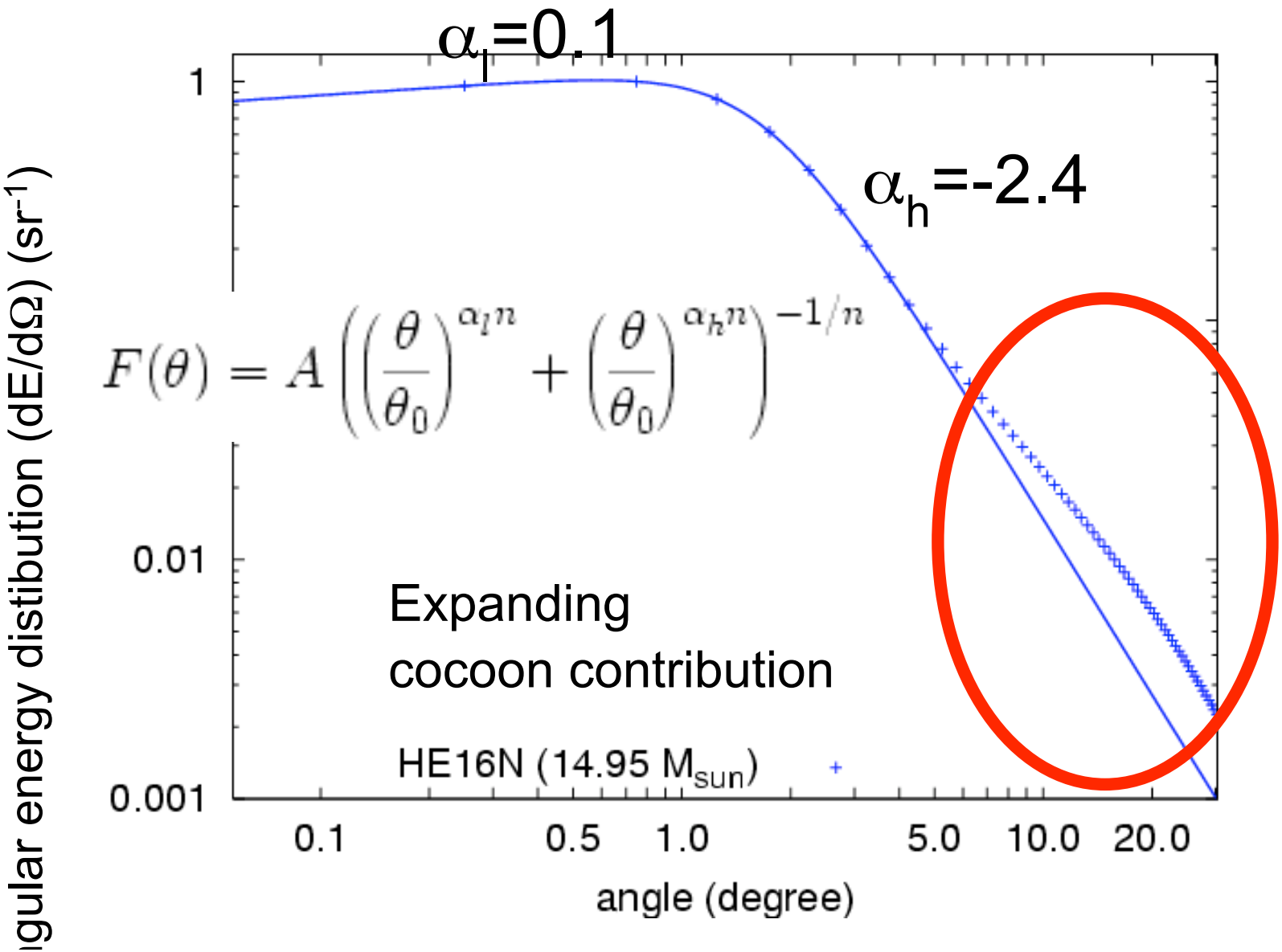
RESULTS : Angular energy distribution (dE/dΩ) derived from numerical simulations



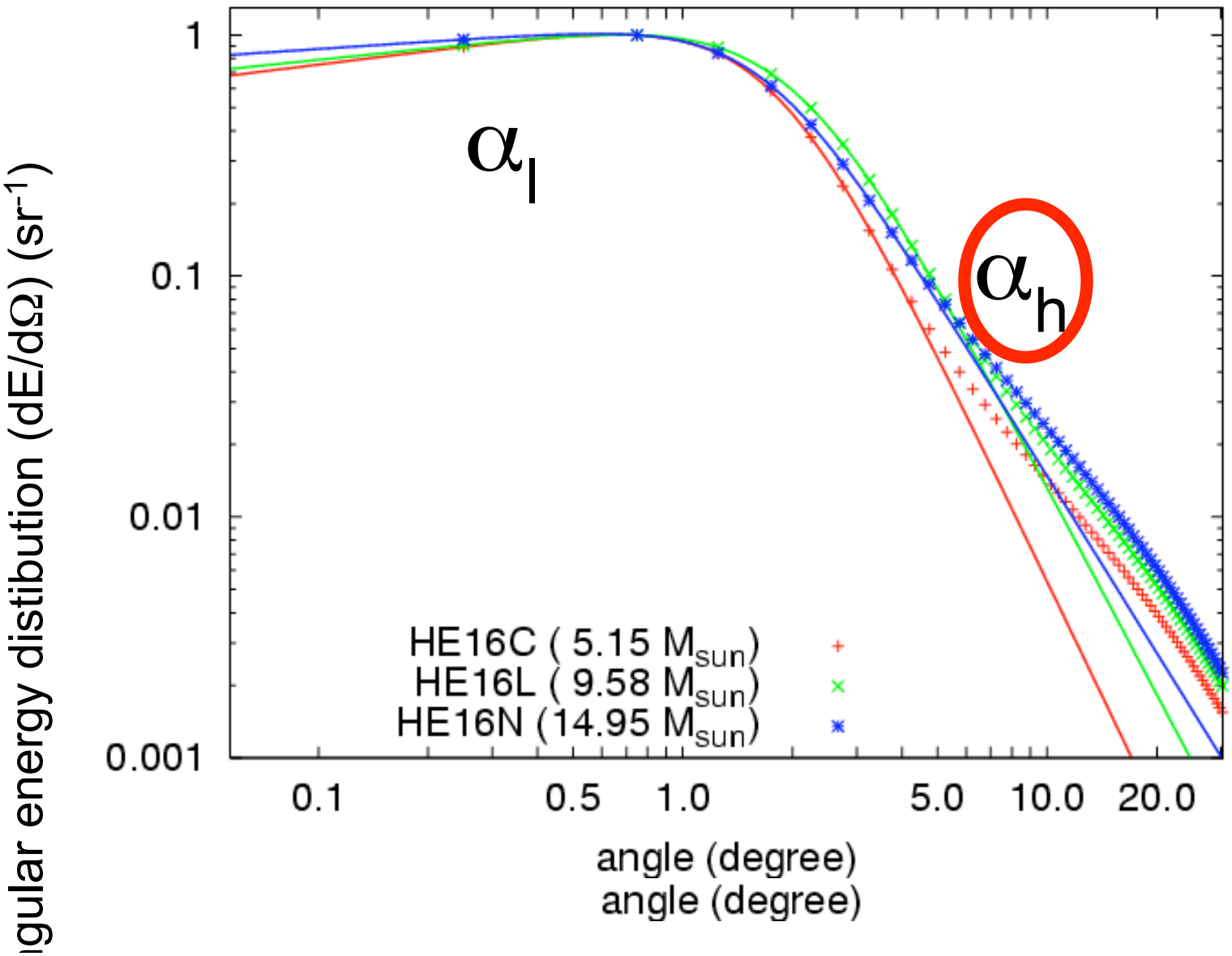
2 power law slopes
(a kind of broken power law

$$F(\theta) = A\left(\left(\frac{\theta}{\theta_0}\right)^{\alpha_l n} + \left(\frac{\theta}{\theta_0}\right)^{\alpha_h n}\right)^{-1/n}$$

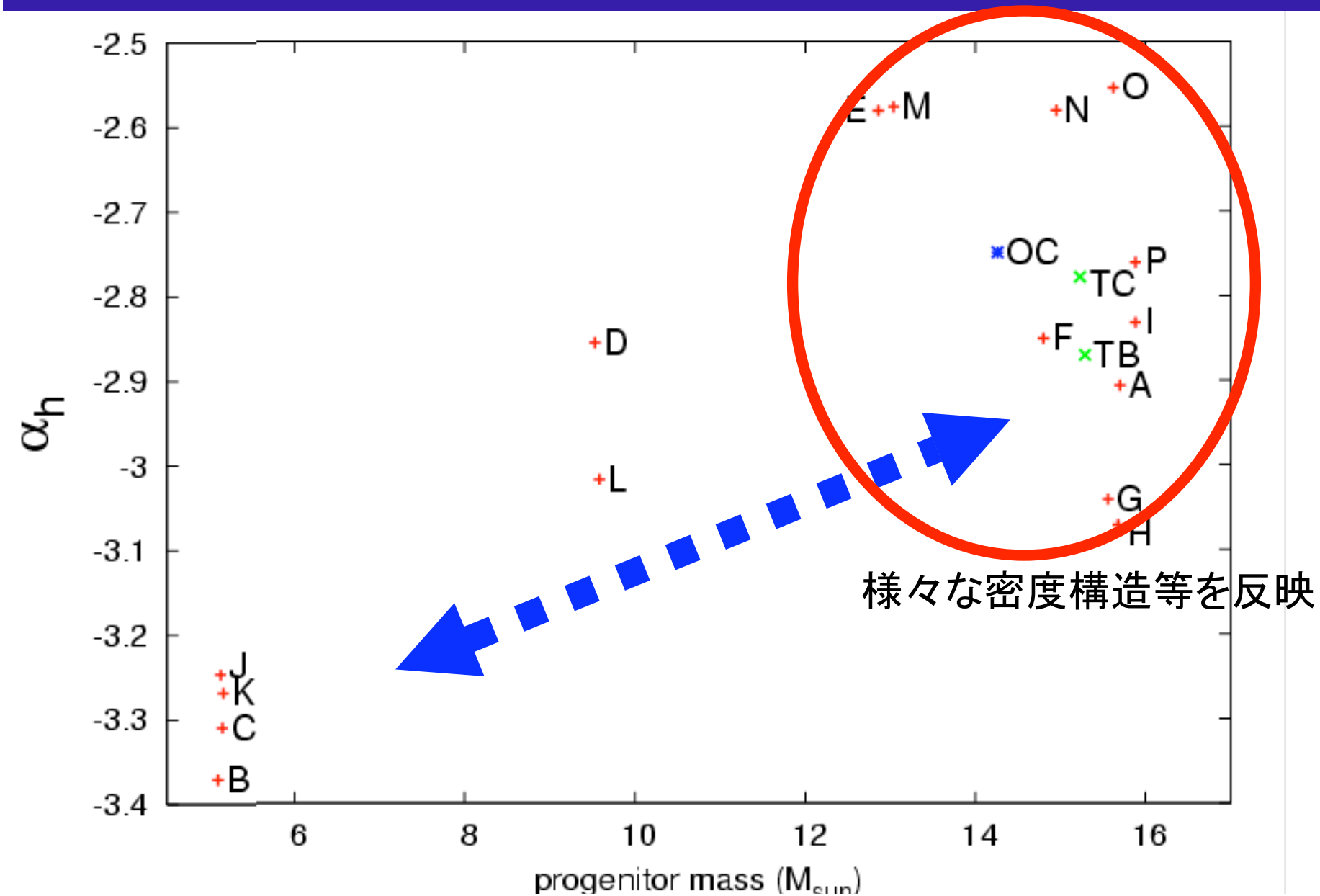
RESULTS : Angular energy distribution (dE/dΩ) derived from numerical simulations



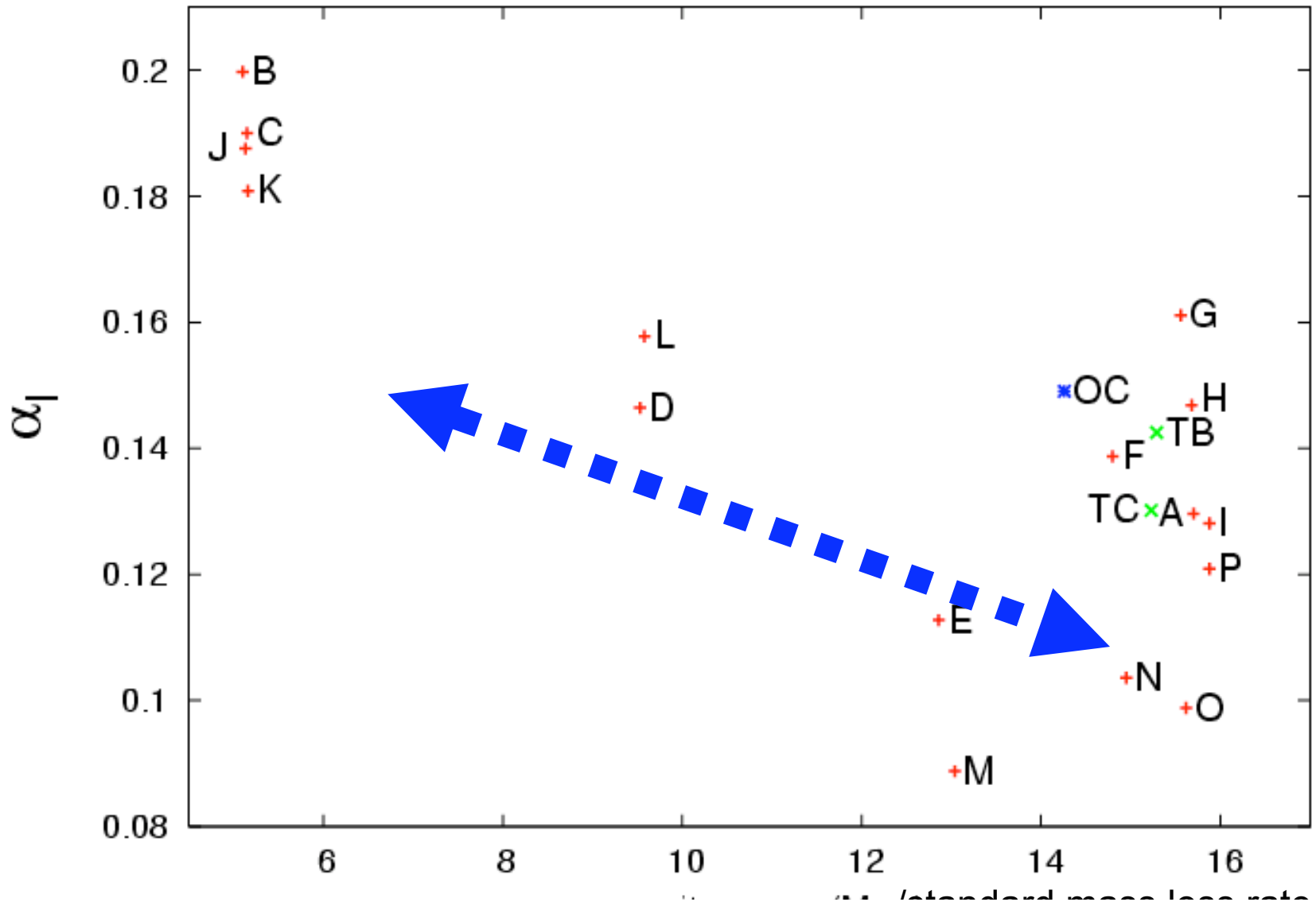
RESULTS : Angular energy distribution (dE/dΩ) derived from numerical simulations



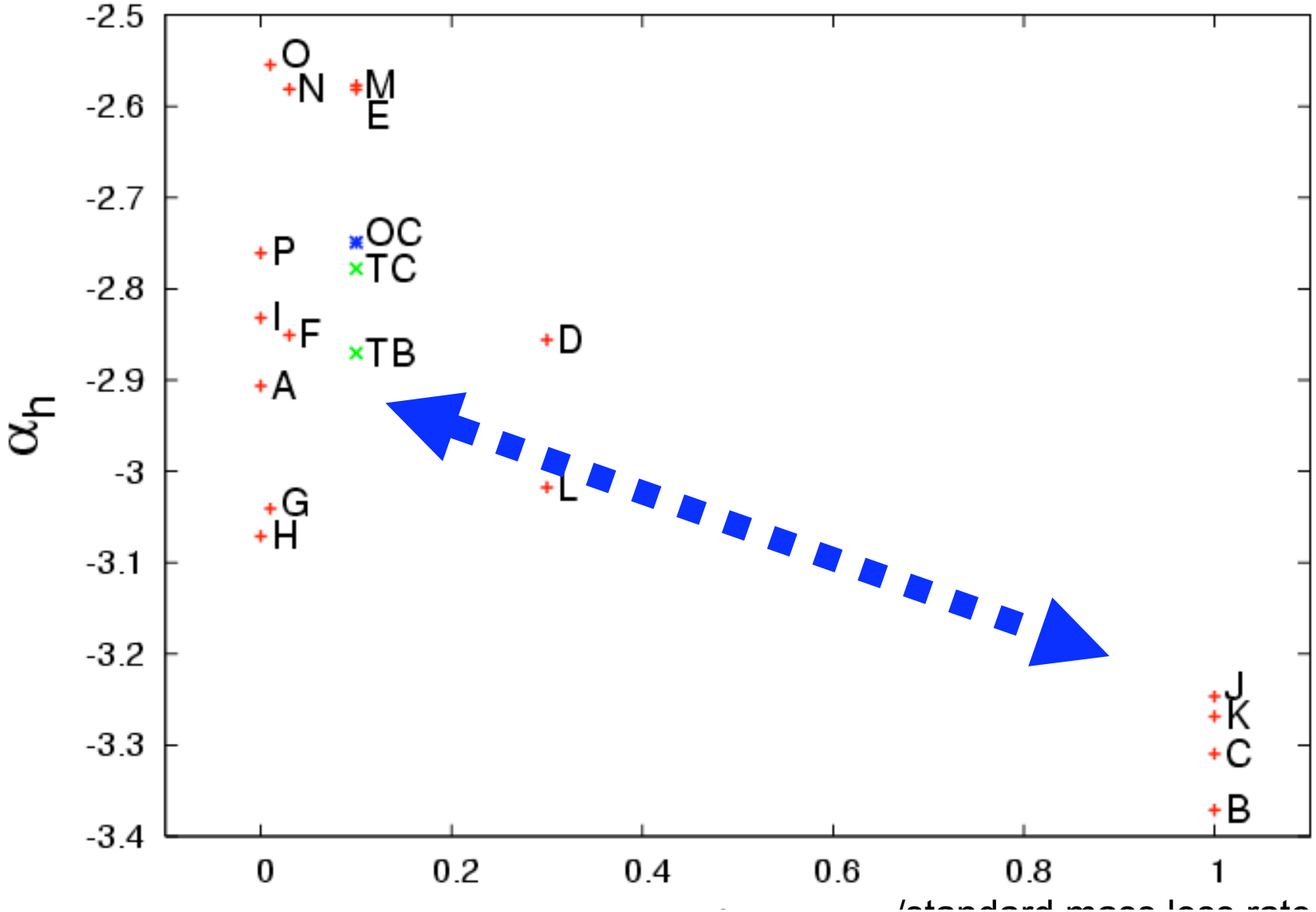
エネルギー角度分布でフィットしたべきの指数 (α_h)は用いた親星の pre-SN での質量に強く依存する



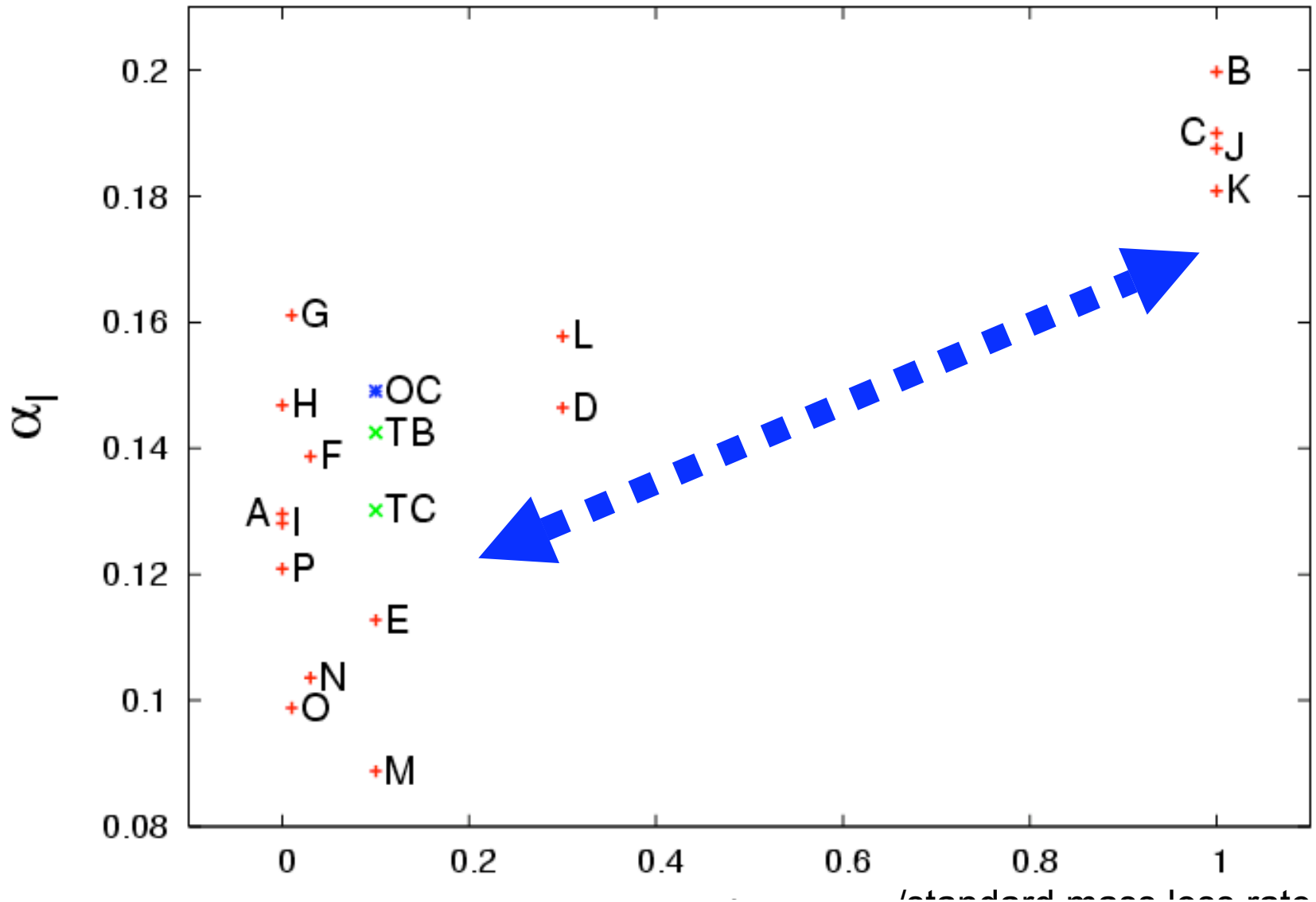
エネルギー角度分布でフィットしたべきの指数 (α_l)も用いた親星の pre-SN での質量に強く依存する



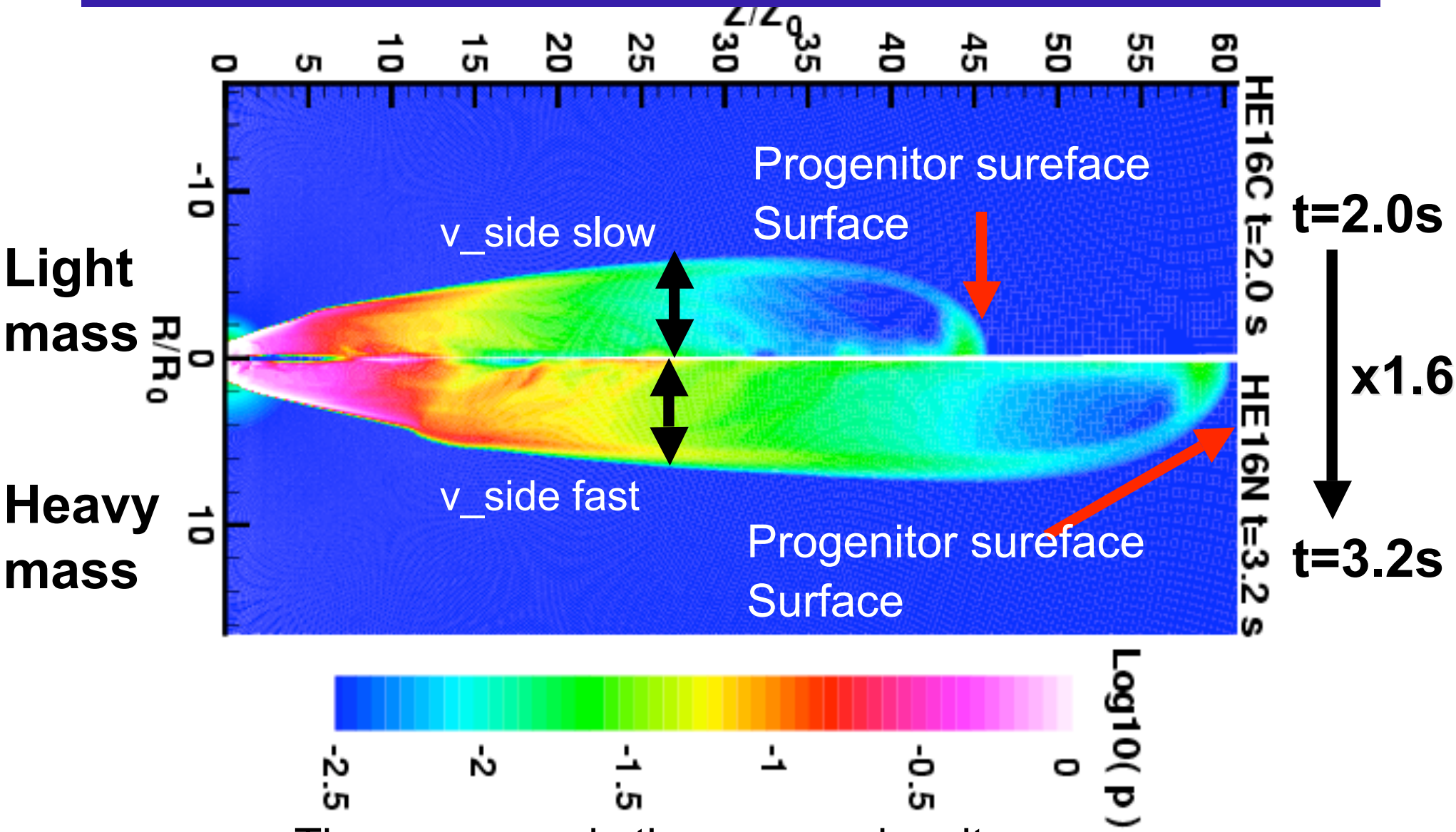
べき指数は親星の進化で仮定されたmass loss rate にも依存する



べき指数は親星の進化で仮定されたmass loss rate にも依存する



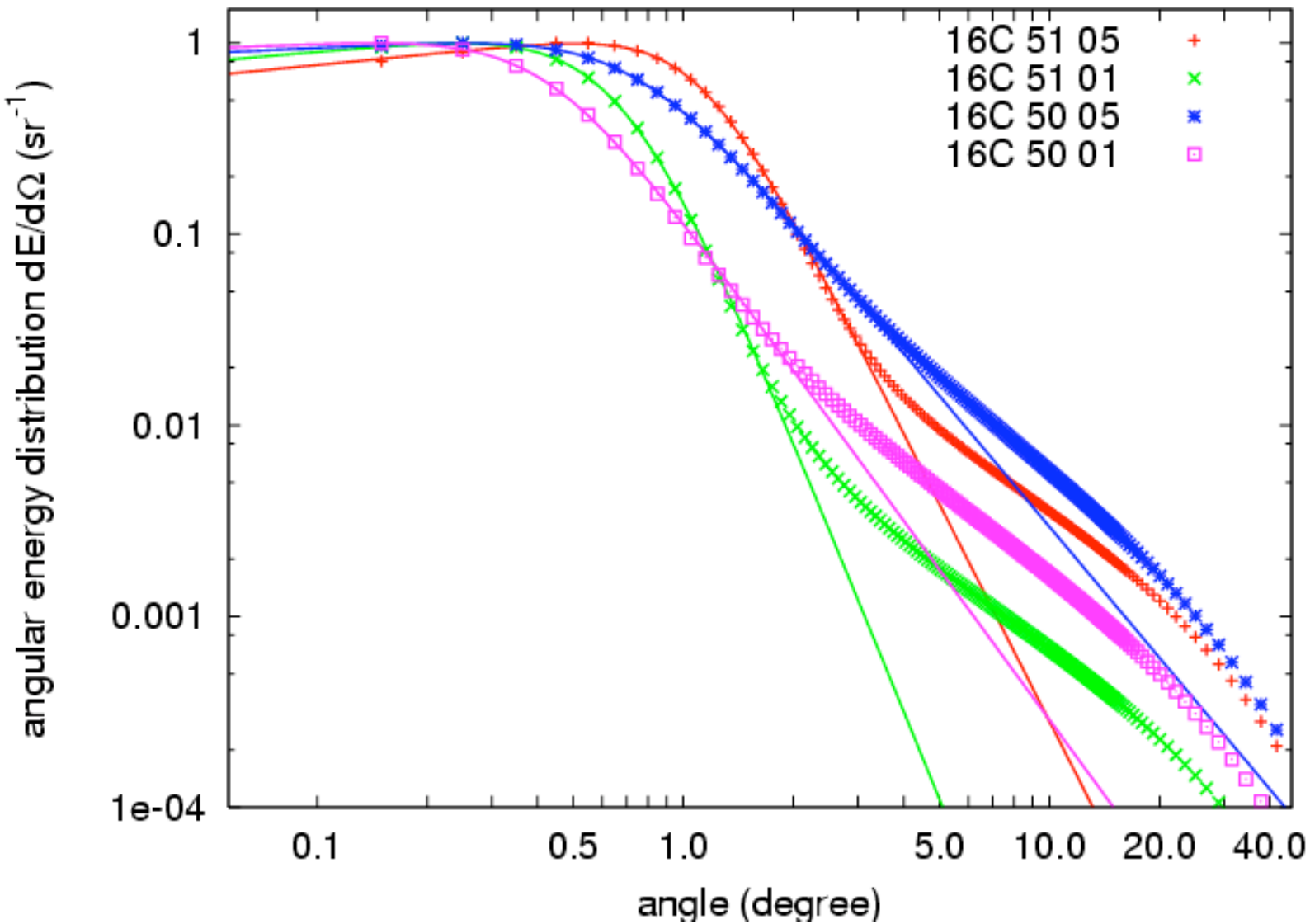
圧力分布　@ショックブレイク
重い親星 v.s. 軽い親星



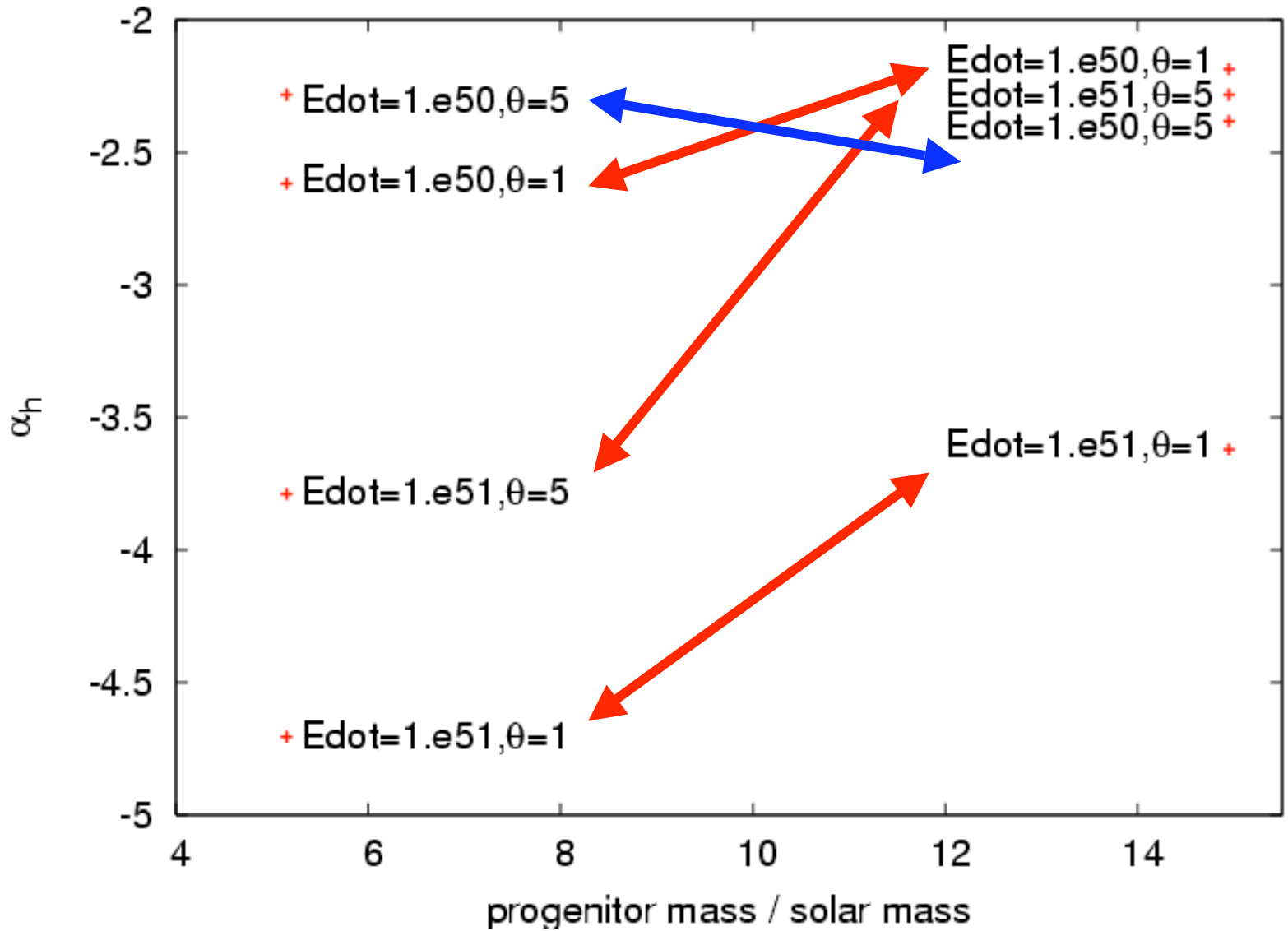
The pressure is the energy density

p_cocoon is [energy input / volume]

ジェットパワー・開き角依存性　HE16C (5.15_Msun)



ジェットパワー・開き角依存性　べき指数



Fixed Γ=5, ε/c^2=30, r_{in}=10^8cm

まとめ

●ジェットが親星表面を突き破った(shock break) 後のジェットのエネルギー角度分布に関して、親星依存性、ジェットのパラメータ依存性を調べた。

●エネルギー角度分布は2つのべき(ジェット成分)+コクーン成分でよくフィットできる。

●分布のフィットの成分のべき指数は親星の質量、親星の密度構造、ジェットのパラメータに依存する。

べき指数の違いは親星内部のダイナミックスから決まるジェット、コクーンの圧力差から、shock break 後のジェットの膨張の違いによってあらわれる。