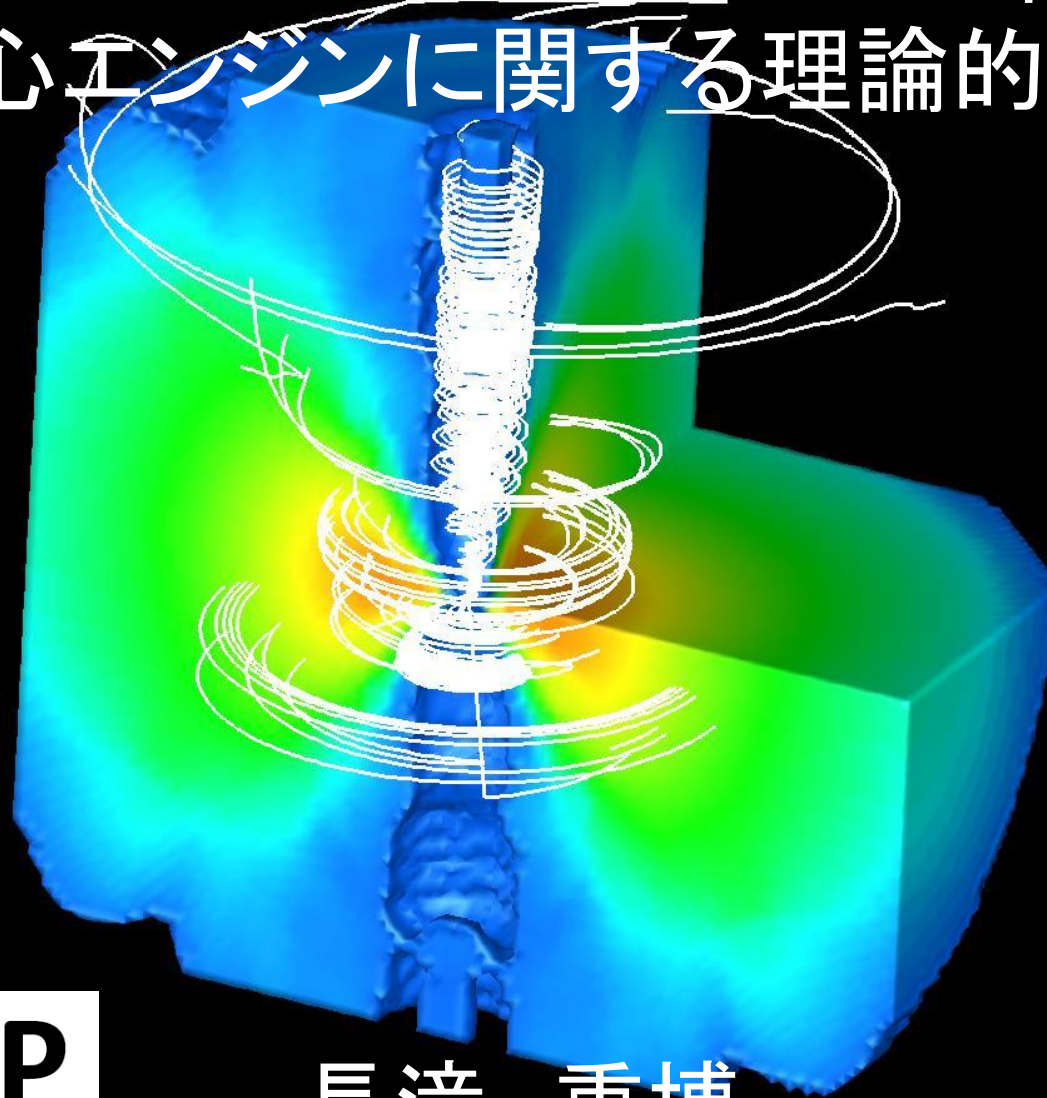


数値シミュレーションによるガンマ線バースト 中心エンジンに関する理論的研究

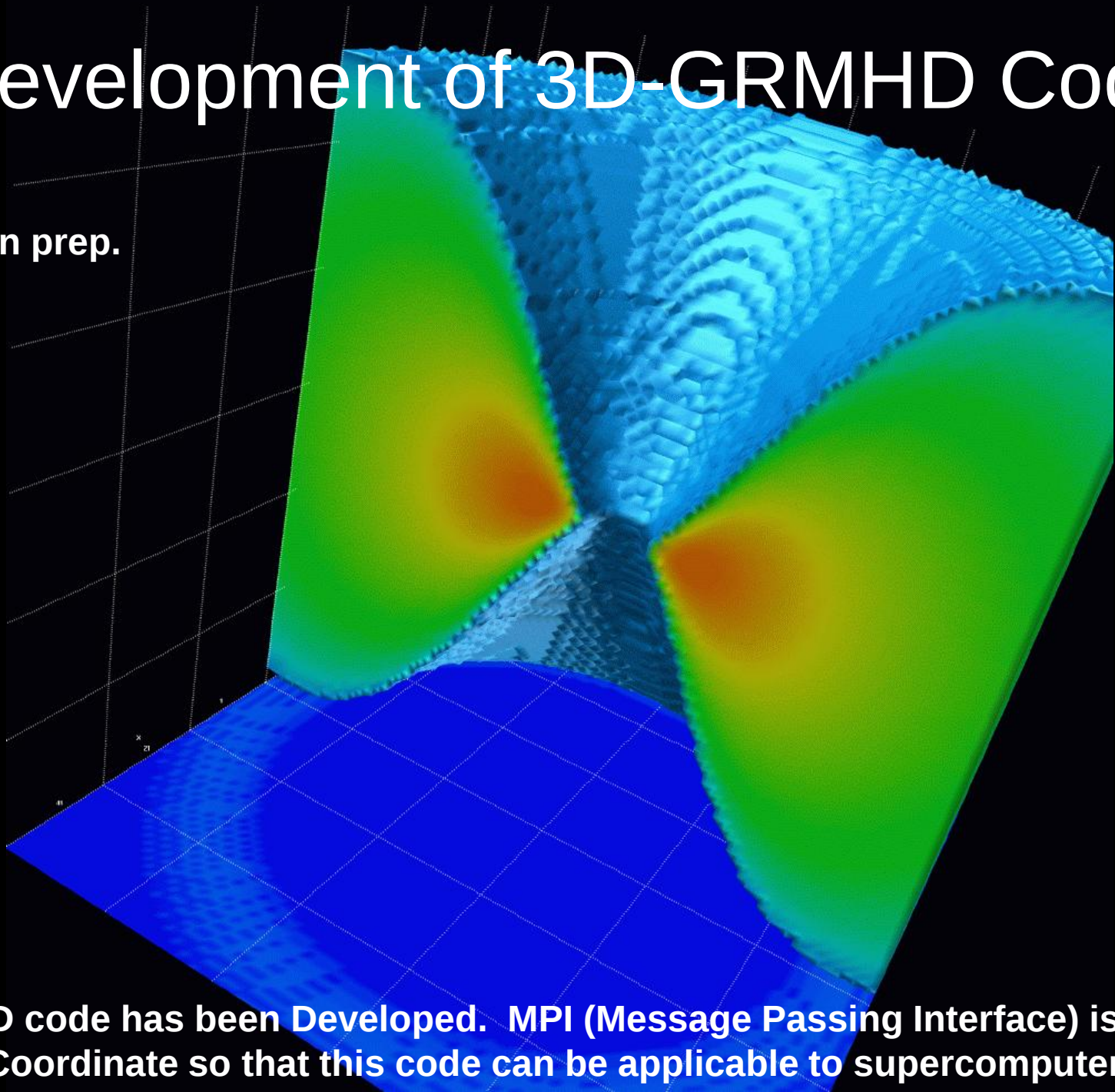


長滝 重博

§ Movie Gallery

Development of 3D-GRMHD Code

S.N. 09,
S.N. 11, in prep.



3D GRMHD code has been Developed. MPI (Message Passing Interface) is used for every Coordinate so that this code can be applicable to supercomputers .

UHECRs and SZ in CGs

Kotera, Allard, Murase, Aoi, Dubois, Pierog, SN ApJ (2009)

Prokhorov, Dubois, S.N. A&A (2010)

銀河団に於けるSZ効果

Prokhorov, Dubois, S.N. A&A (2010)

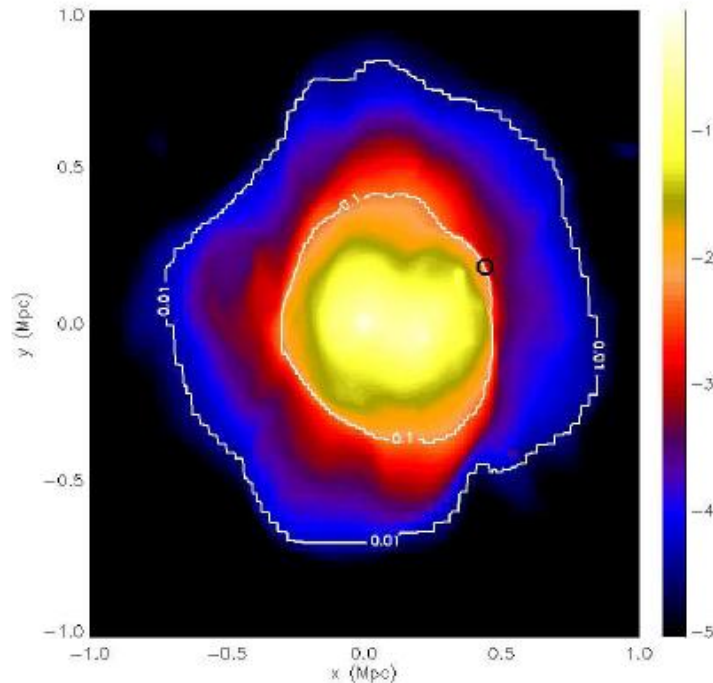


Fig. 6. The normalized X-ray surface brightness map of the simulated cluster in the [2.0-10.0 keV] band in logarithmic scale. The region corresponding to the highest temperature in Fig. 5 is shown by a black circle.

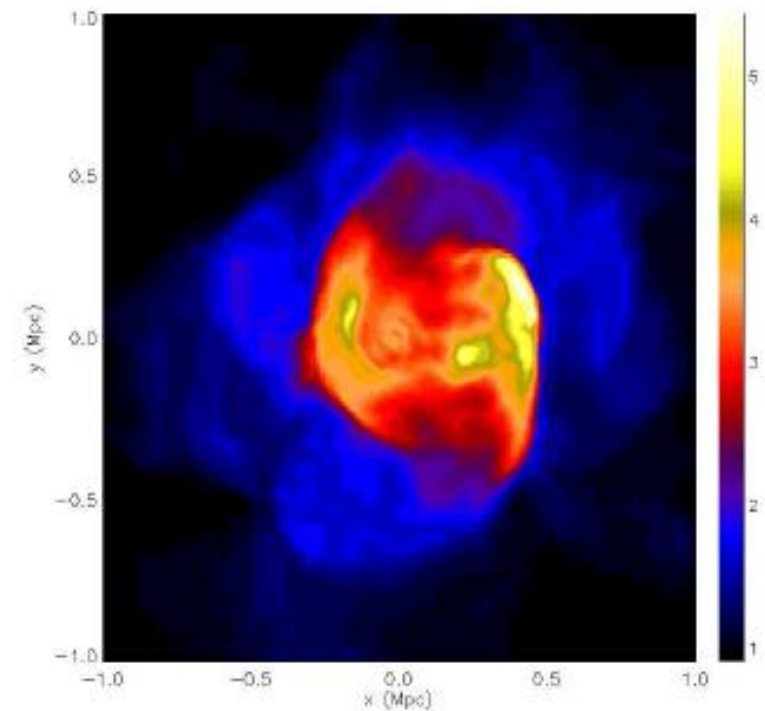


Fig. 5. Temperature (in keV) of the simulated cluster along the x direction at $z=0.74$ derived from the ratio of the SZ intensities.

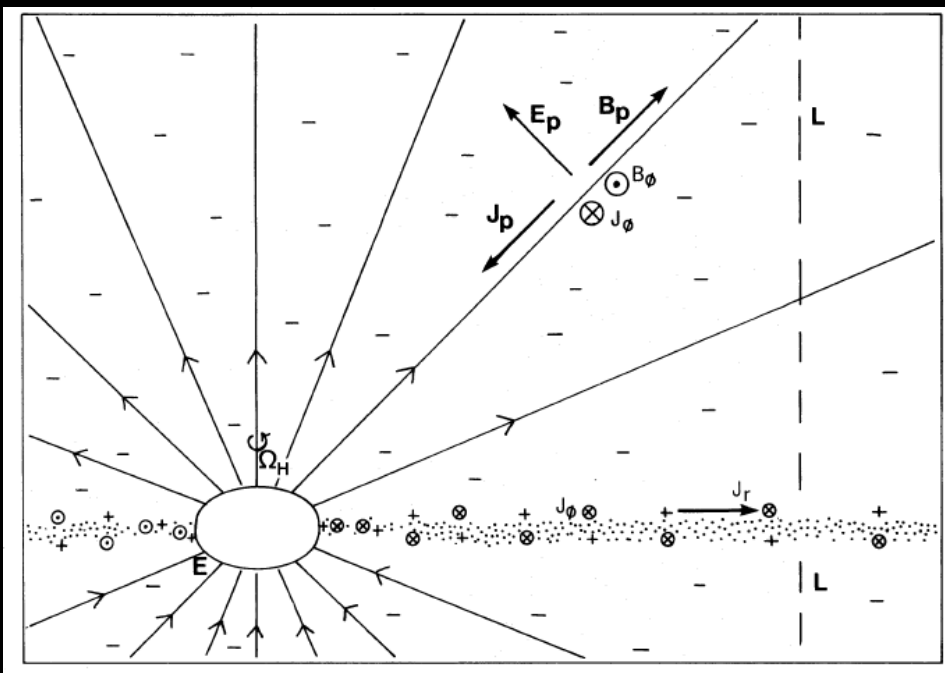
X線のSurface Brightness

SZで求めた電子温度分布

What is Blandford-Znajek Process?

Blandford and Znajek 1977

Energy extraction from a rotating BH.



Mono-pole solution.

**The solution is obtained for
Slowly rotating BH.
Strong outgoing flux in the
Equatorial plane.**

This solution can be used to check the validity of numerical codes.

Numerical Simulation of Blandford-Znajek Process ~ Mono-pole Solution ~

2D-calculation. Grid Size = (300,300)
[$r_+ < r < 230$], [$0 < \theta < \pi$]

Initial Condition:
0th order terms for the mono-pole
Solution is put around a Kerr BH.

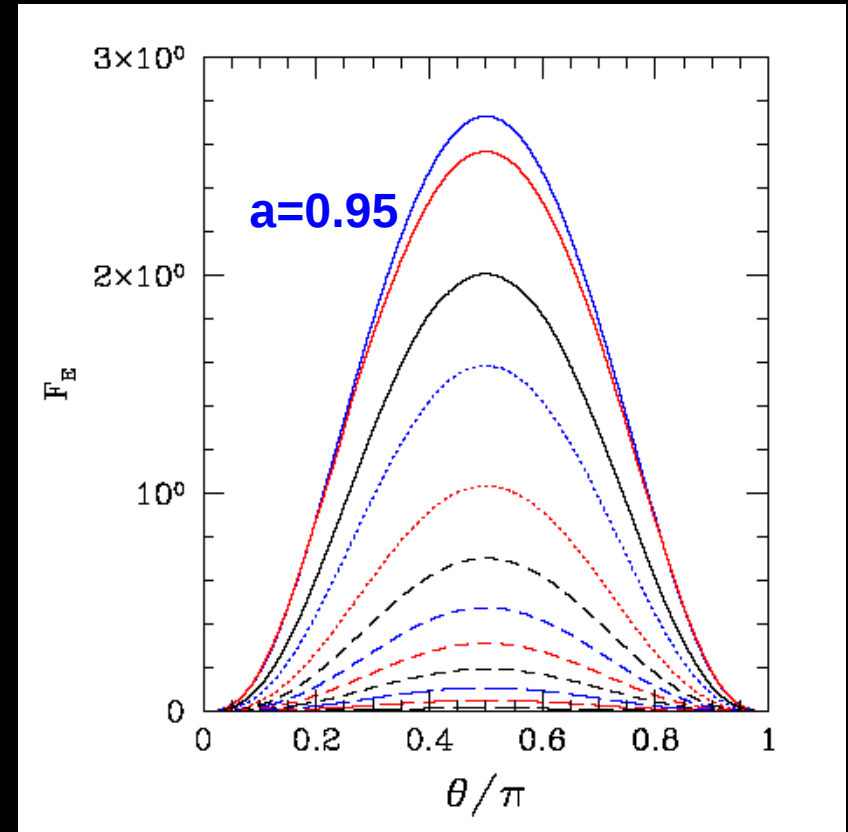
Time evolution is followed until
 $T=200$ ($c=G=M=1$ unit). At the final
Stage, poynting flux is estimated at
 $R=20$.

$$\dot{E} = 2\pi \int_0^\pi d\theta \sqrt{-g} (-T^r_t)$$

$$= \frac{C^2 \pi}{32} a^2 \int_0^\pi d\theta \sin^3 \theta$$

Analytical Prediction (only for $a \ll 1$)

$$\nabla_\mu T_\nu^\mu = \nabla_\mu T_\nu^\mu{}^{(0)} + \left(\frac{a}{M}\right)^2 \nabla_\mu T_\nu^\mu{}^{(2)} + \left(\frac{a}{M}\right)^4 \nabla_\mu T_\nu^\mu{}^{(4)} + O((a/M)^6) = 0$$



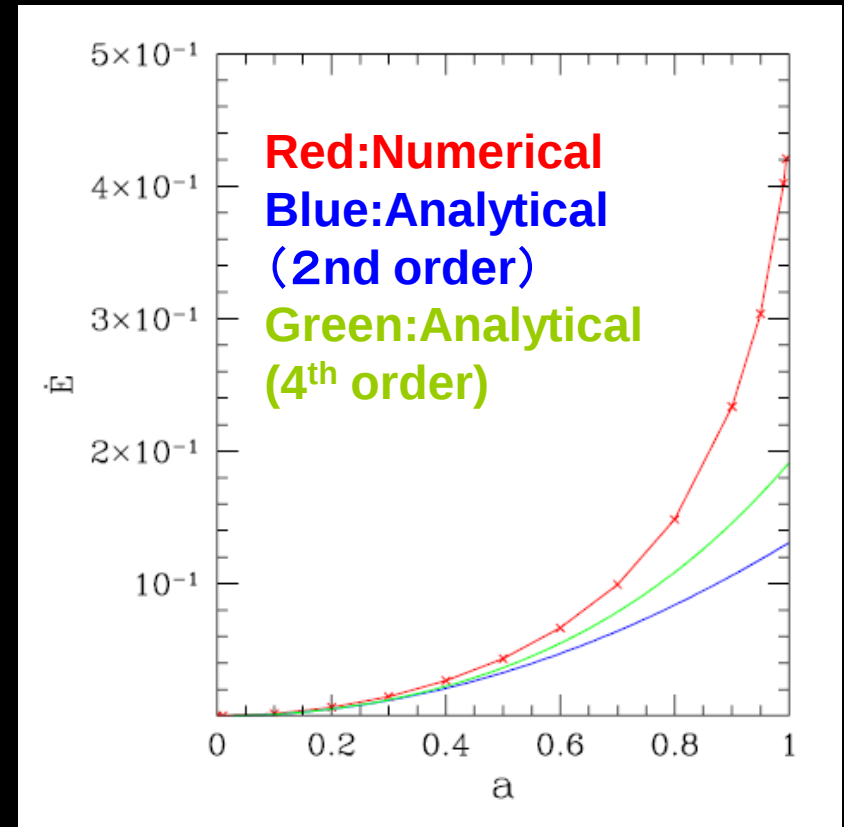
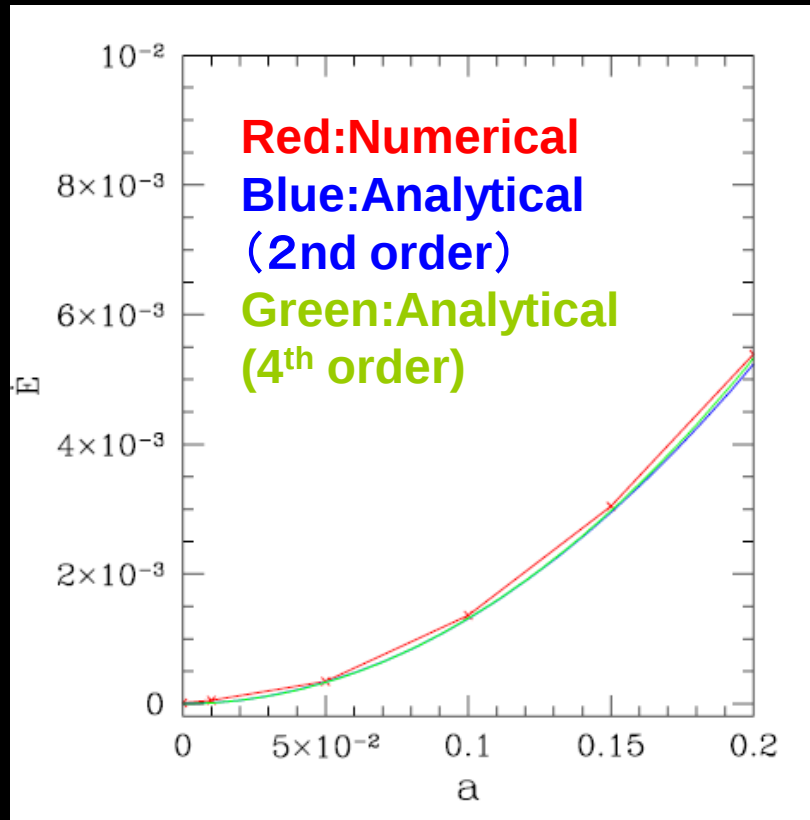
Numerical results for energy
flux with various a .

Higher Order Terms of BZ mono-pole Solution

Numerical results for the
conserved Poynting Flux.

Tanabe and S.N. (2008) PRD.

$T=200, c=G=M=1$



Analytical (for $a \ll 1$) :

c.f. Blandford and Znajek (1977)
Ruben (2004)

$$\dot{E} = \frac{C^2 \pi}{24} \frac{a^2}{M^2} + \frac{\pi C^2}{1080} \frac{a^4}{M^4} (56 - 3\pi^2)$$

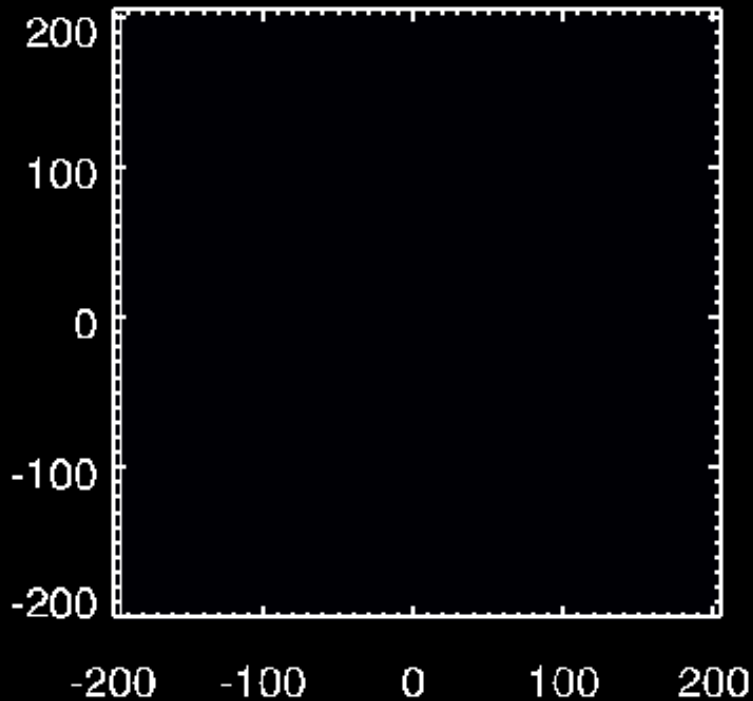
Initial Condition

S. N. 09

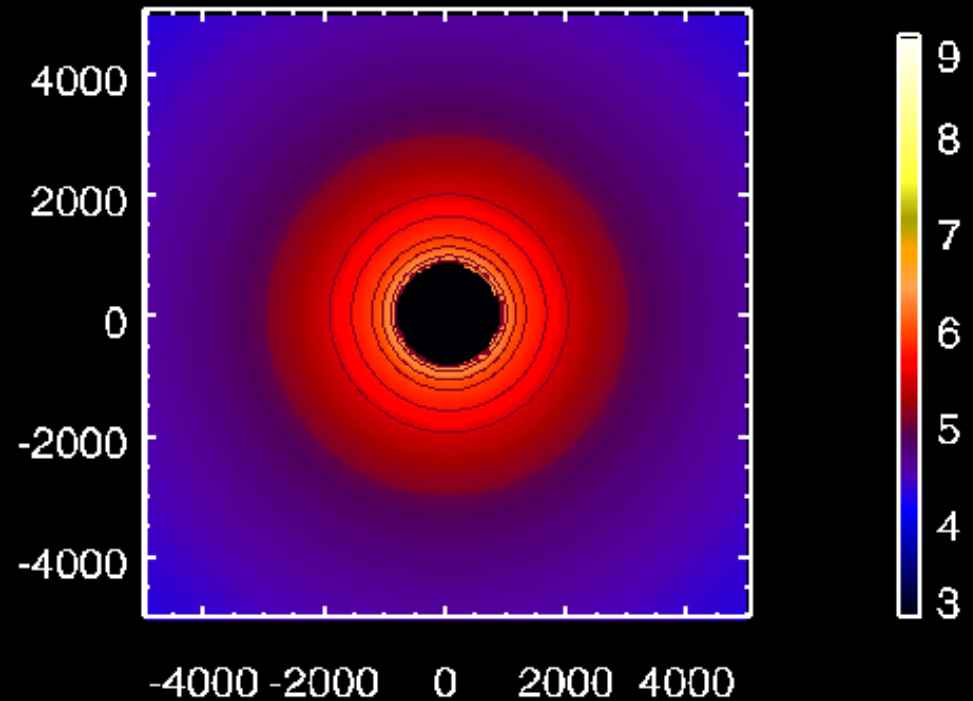
- 12TJ: Rotating star with $1.2 M_{\text{solar}}$, $z=0.01$, Mass of Fe core= $1.82 M_{\text{solar}}$ (Woosley and Heger 2006).
- $M_{\text{BH}}=2 M_{\text{solar}}$, $a=0.5$.
- Kerr-Schild coordinate.
- $256(r) \times 128(\theta)$
- $r = 1.8 \text{ to } 3 \times 10^4$ $r_+ = 1 + \sqrt{1 - a^2} = 1.866$.
- $u^\phi(r, \theta) = \dot{u}^\phi(r, \pi/2) \times \sin \theta$.
- $A_\phi \propto \max(\rho/\rho_{\text{max}} - 0.2, 0) \sin^4 \theta$
- $\Gamma=4/3$ $p_{\text{gas}}/p_{\text{mag}} = 10^2$

Simulation of a Collapsar

S.N. 2009 ApJ.



$R < 200$



$R < 5000$

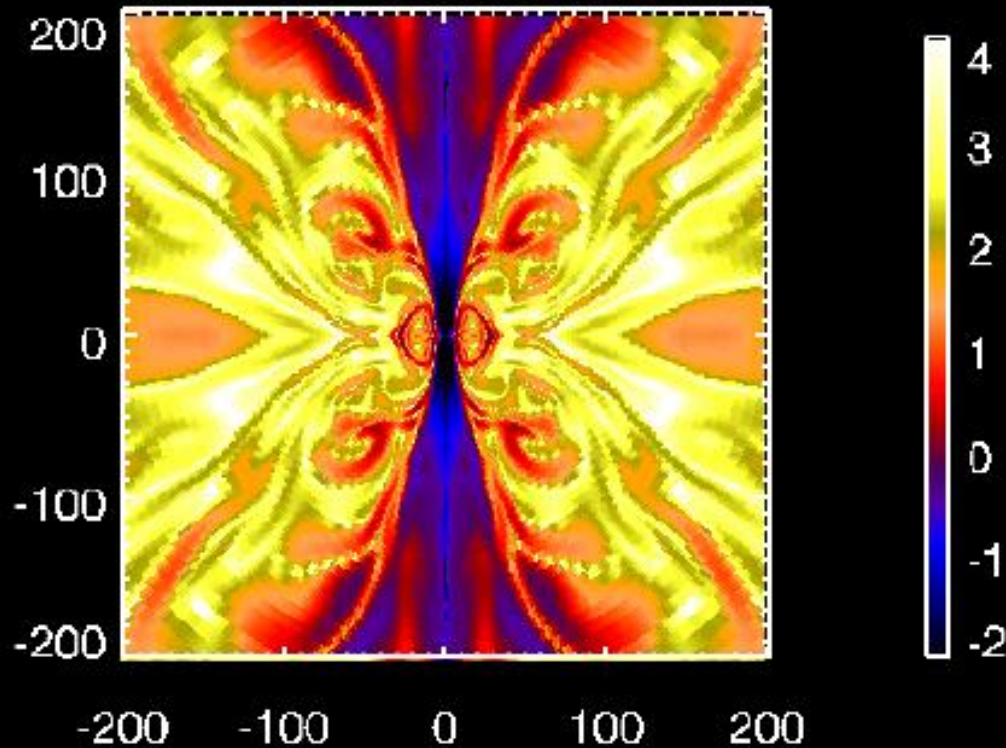
Density contour in logarithmic scale (g/cc)

Final time corresponds to 1.77sec. $R=200$ corresponds to 600km.

Poynting Flux Dominated Jet with Rapid Time Variability

S. N. 09

R=200 corresponds to 600km

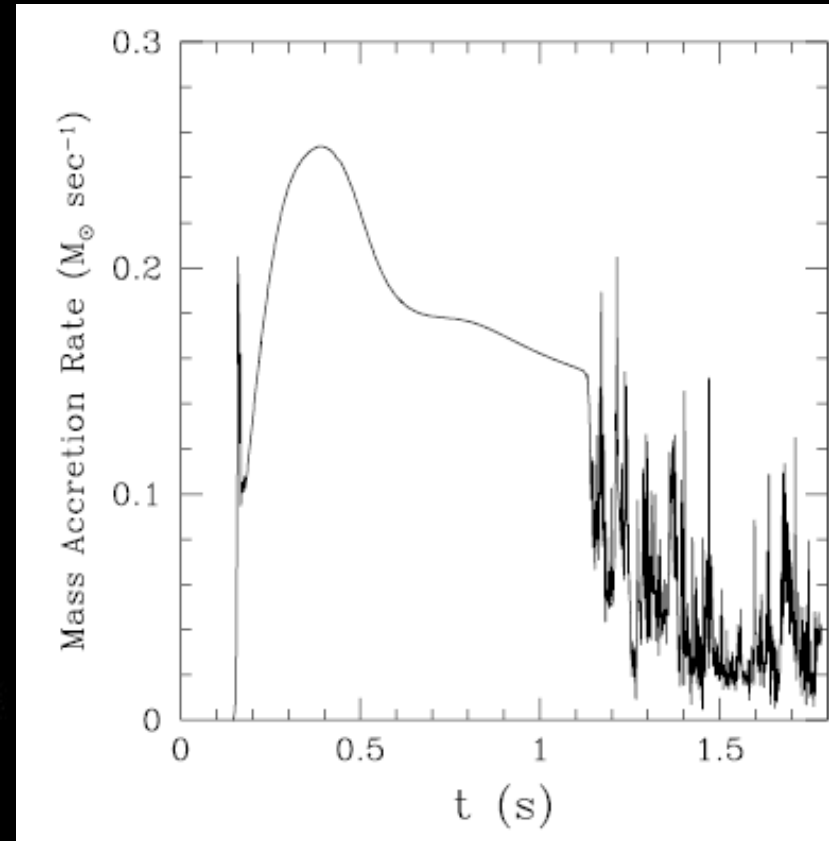


Plasma beta ($P_{\text{gas}}/P_{\text{mag}}$)

At $t=1.77\text{sec}$.

Poynting Flux-Dominated Jet

EM Energy also dominates rest mass energy in the jet.



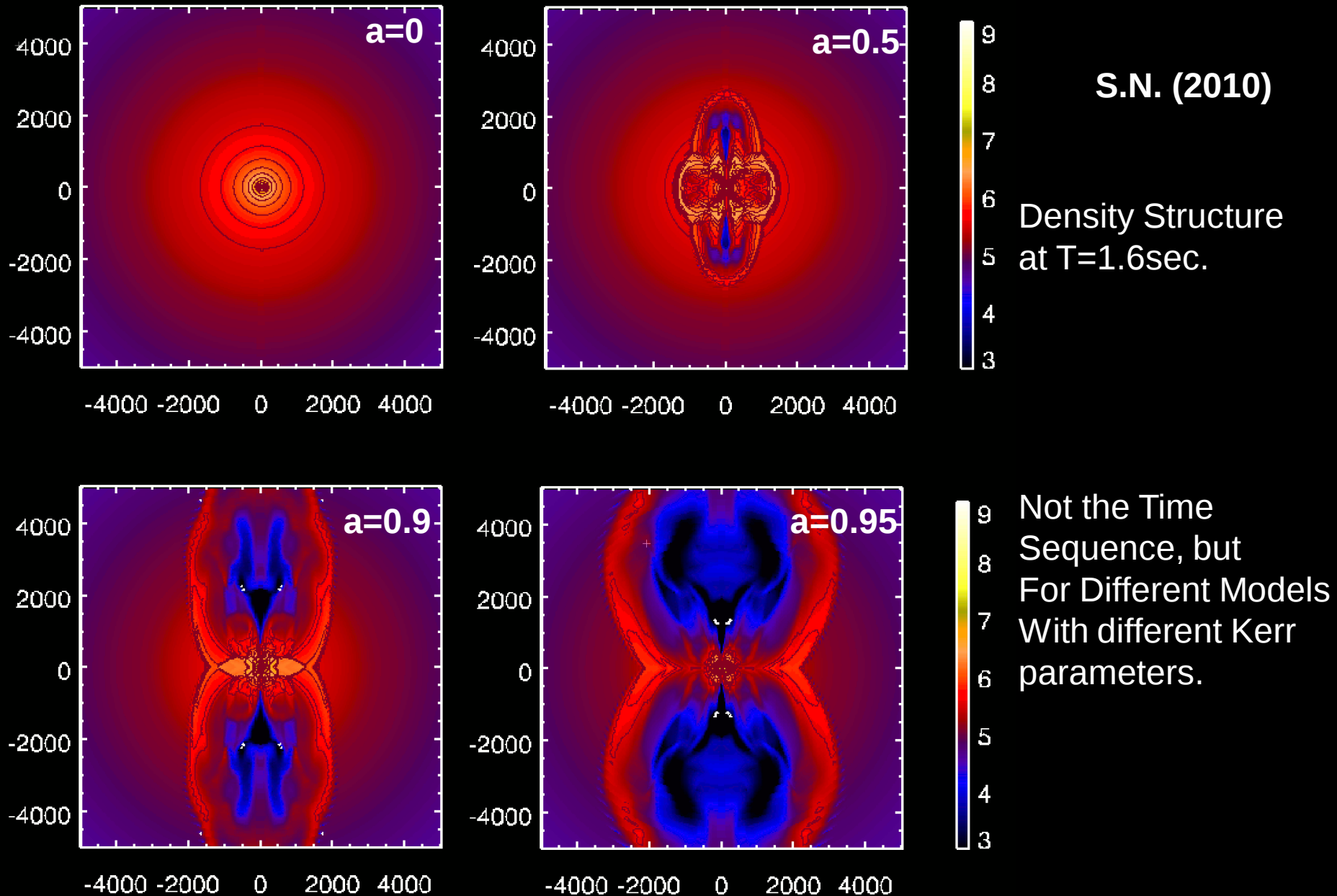
Time evolution of the mass accretion Rate at the horizon. It shows a rapid Time variability after the formation Of the jet. Related with the GRB's time Variability?

§ Numerical Simulation of a collapsar by a General Relativistic Magneto-Hydrodynamic (GRMHD) code.

When General Relativistic Numerical Code is used, general relativistic Effects can be seen. Energy extraction from a Black Hole is one of them. This effect may be related with formation of GRB jet.

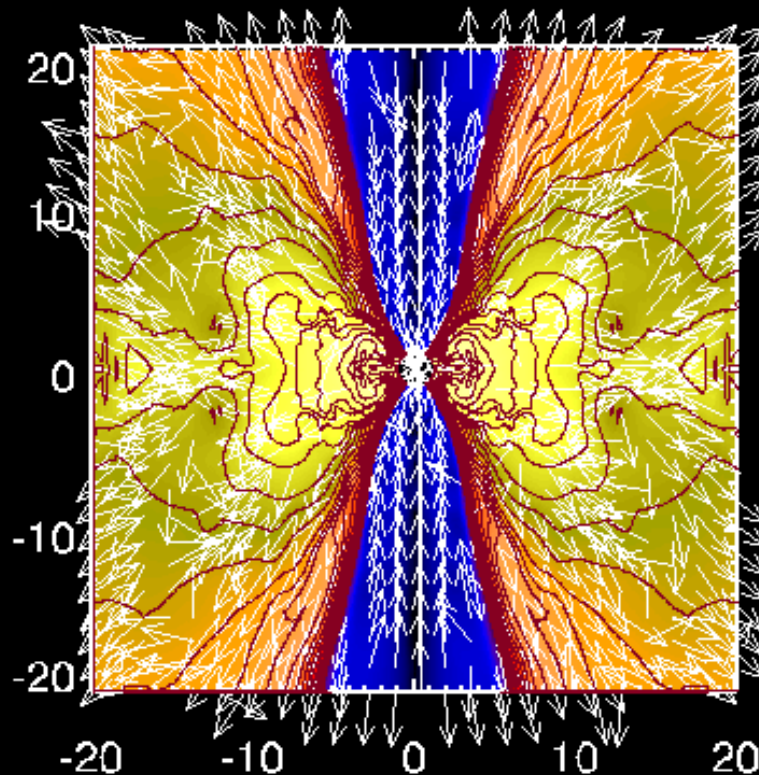
S.N. (2009) ApJ

Dependence of Dynamics on Rotating Black Hole



Stagnation Region

S.N. (2010)

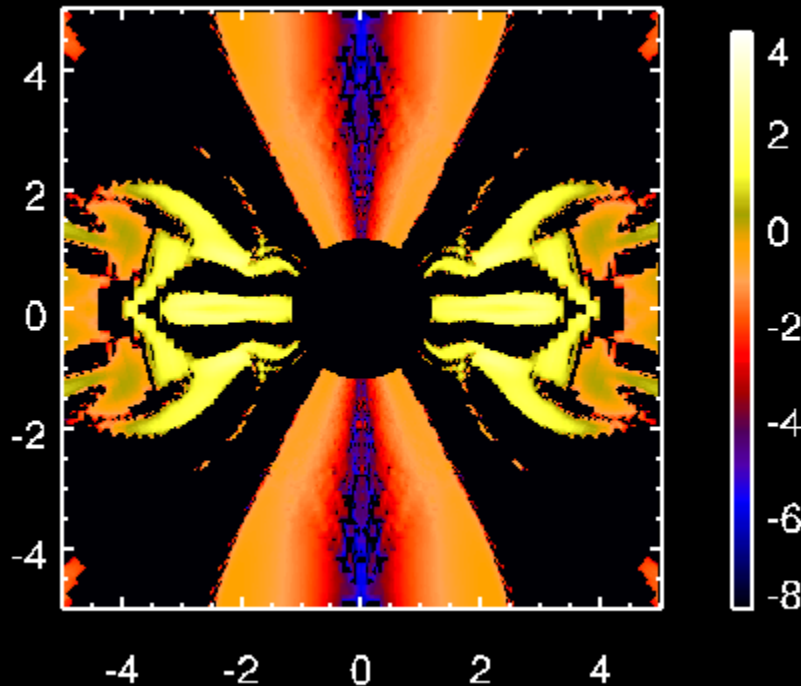


Kerr Parameter, $a=0.95$
 $T=160000$ ($=1.5760$ sec).
Stagnation Region can be seen
At $R=15$ ($=45\text{km}$) in the Jet.

Density Contours in logarithmic scale (g/cc) with Velocity Fields

Blandford-Znajek Flux and Jet Energy

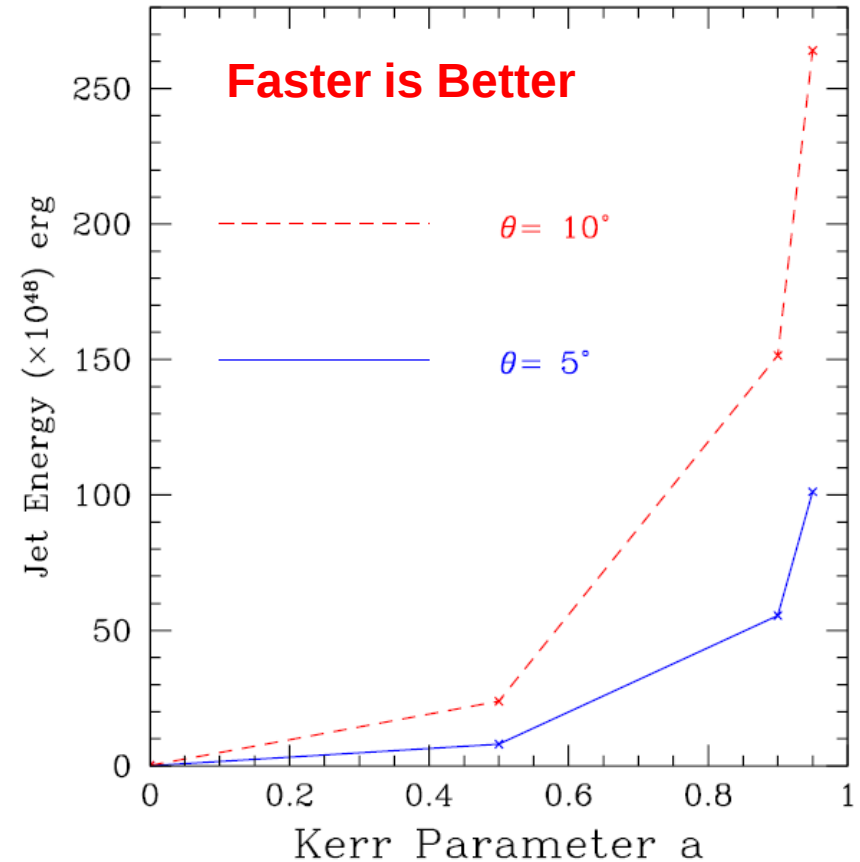
S.N. (2010)



BZ (outgoing poynting)-Flux
In unit of 10^{50} erg/s/Sr at
 $T=160000$ (1.5760sec).

Kerr Parameter, $a=0.95$.

Time variability is also triggered by the BH?

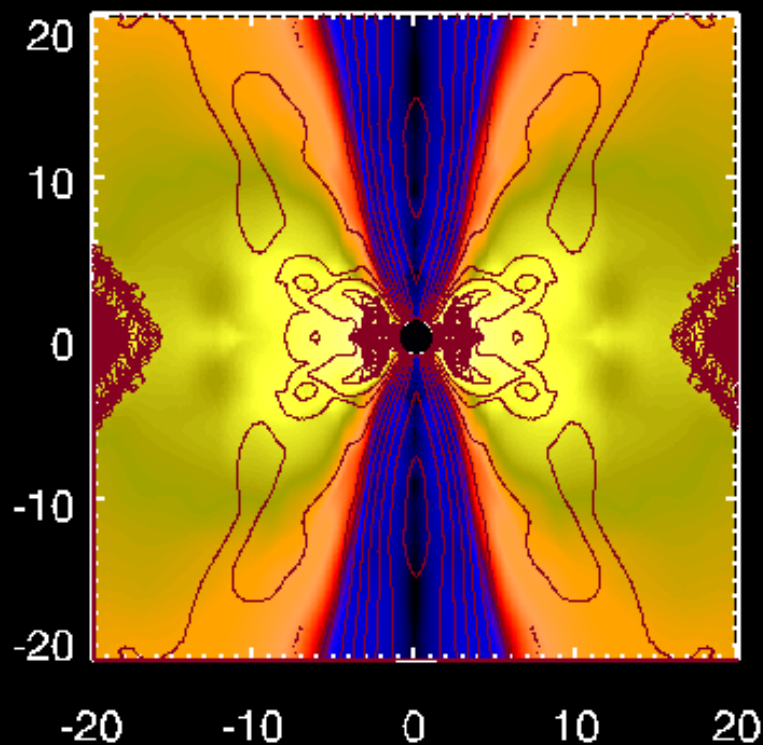


Jet Energy at $t=1.5750$ sec for $a=0, 0.5, 0.9, 0.95$

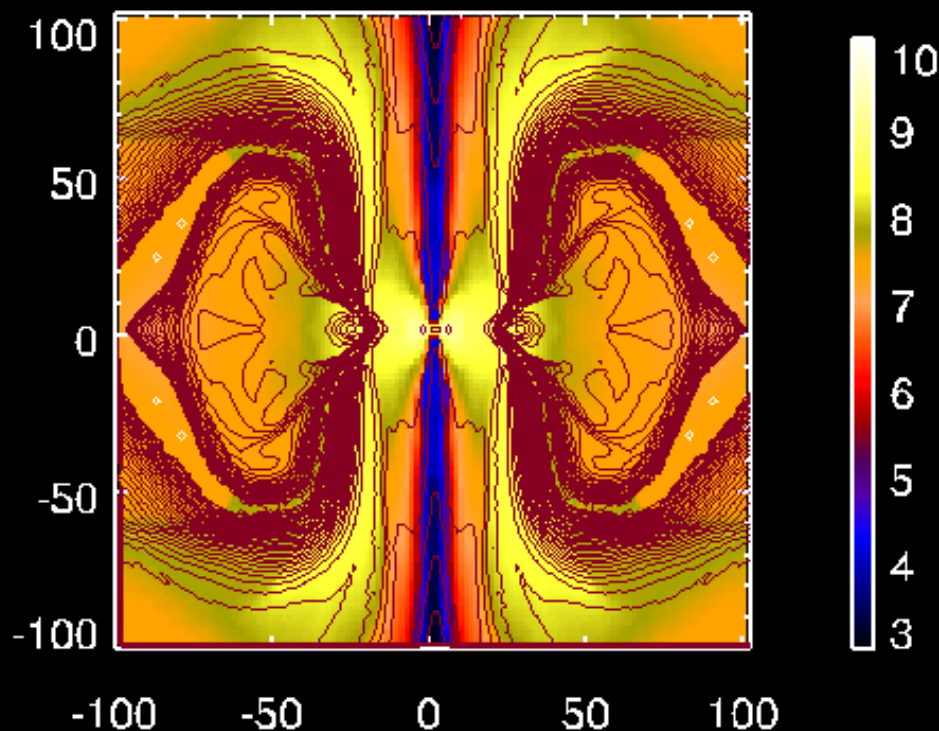
Density Contours with Poloidal Fields

Kerr Parameter, $a=0.95$

S.N. (2010)



$R=20$ corresponds to 60km.



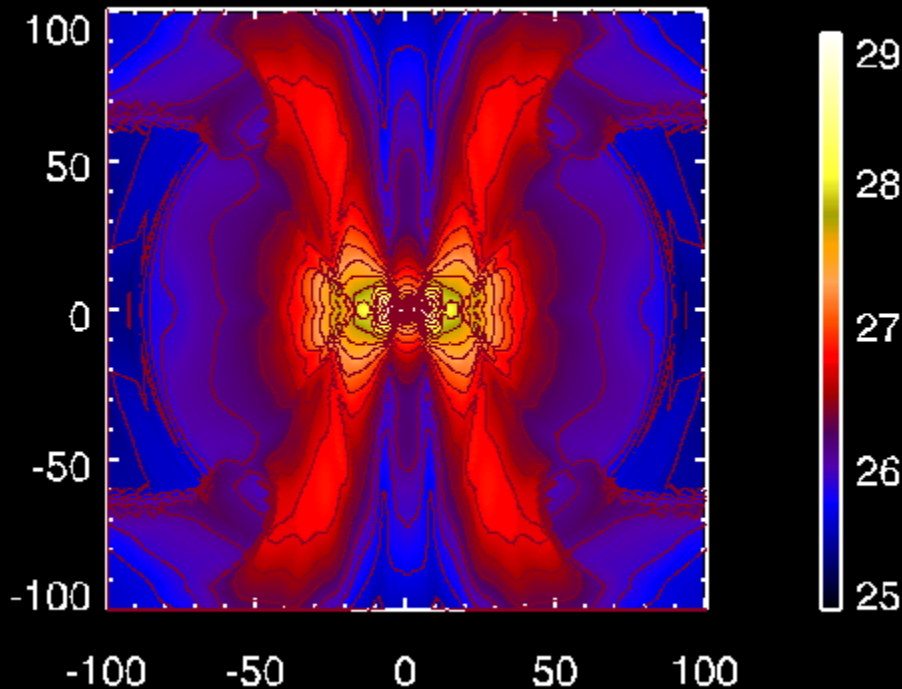
$R=100$ corresponds to 300km.

Wall-Like Structure

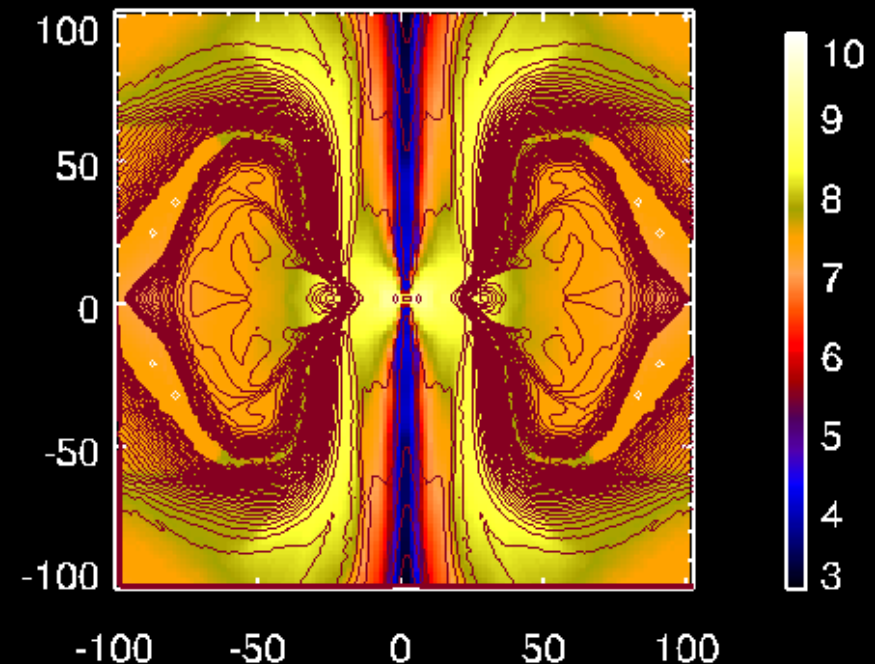
S.N. (2010)

A Wall-like Structure can be seen.
Collimation of the Jet is determined
By the Wall?

Kerr Parameter, $a=0.95$
 $R=100$ corresponds to 300km.



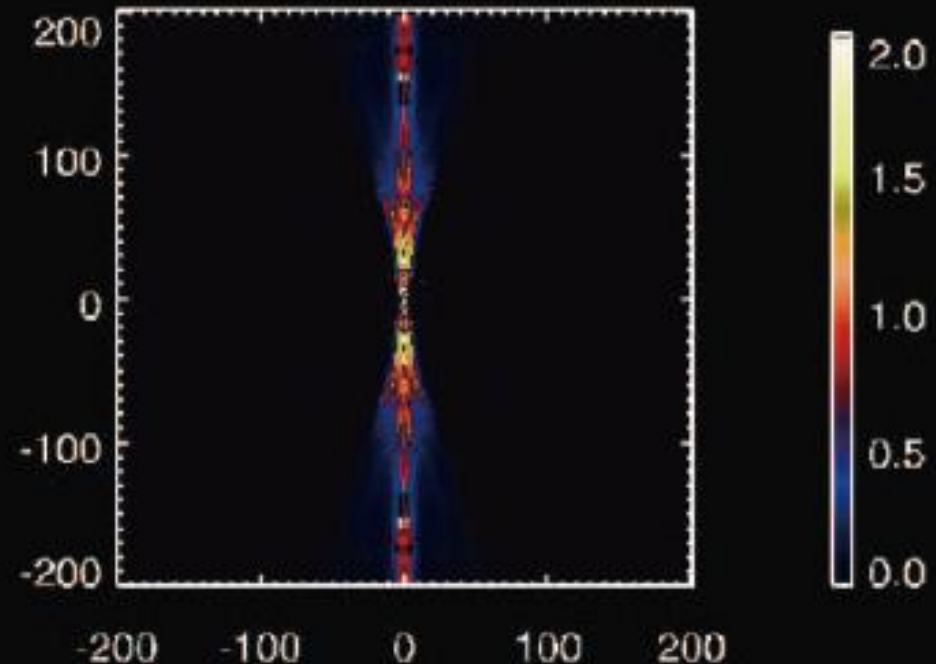
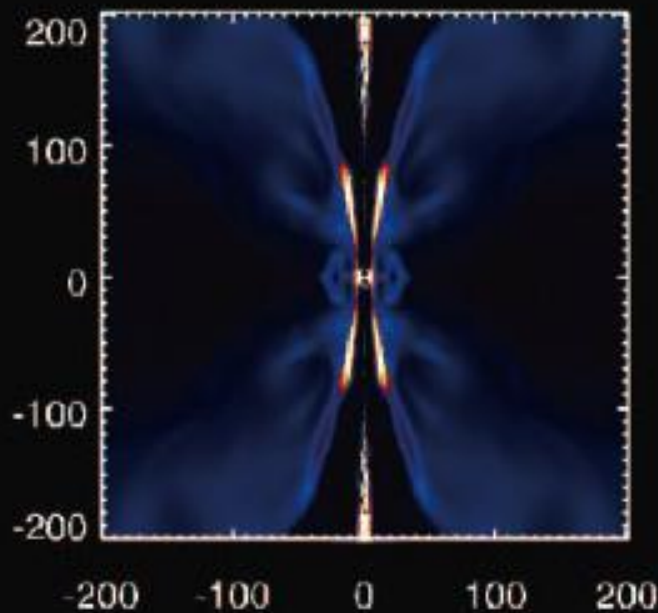
Contours of Total Pressure
(Thermal + Magnetic) in cgs units.



Density contour with Poloidal B-Field
lines

Bulk Lorentz Factor

S. N. 09

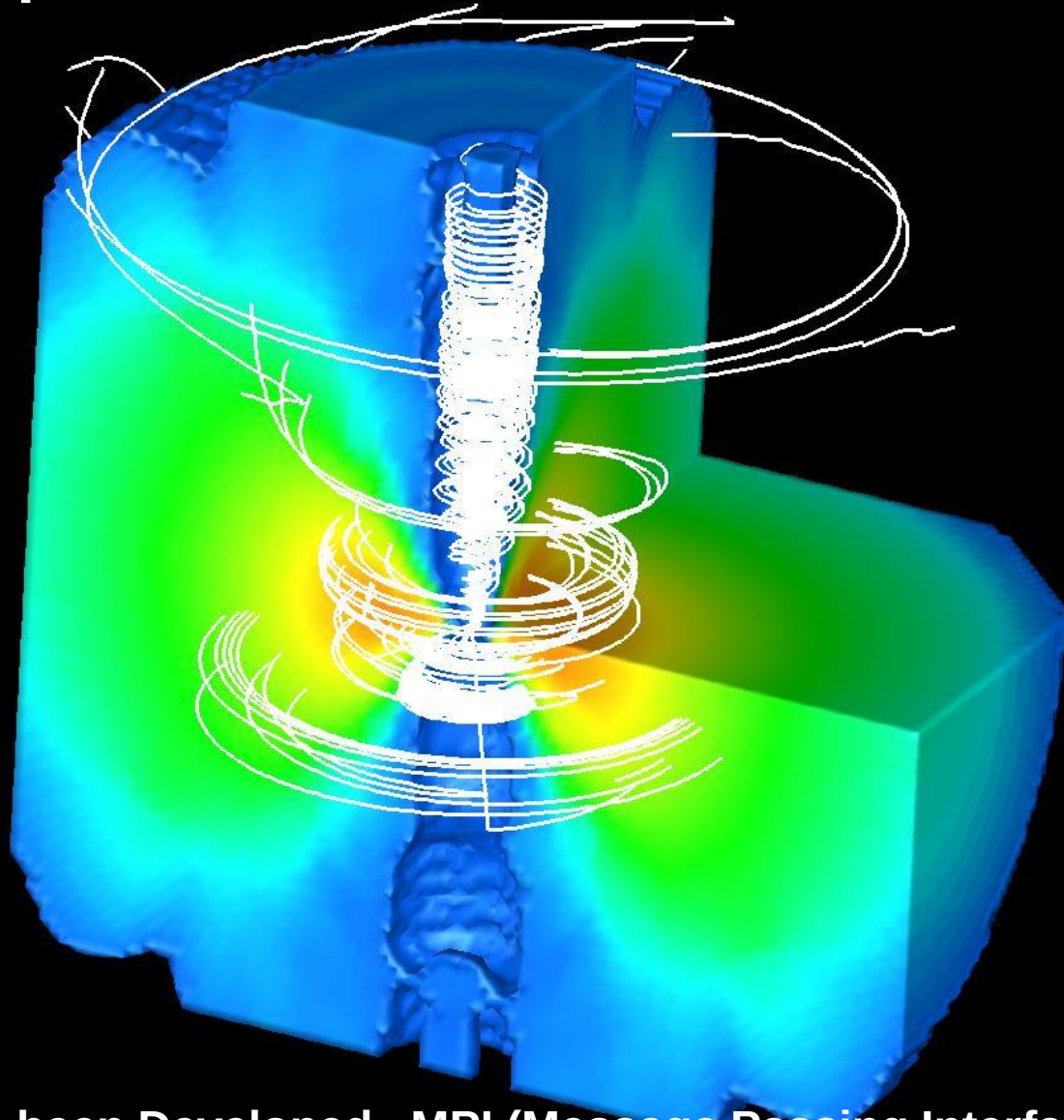


Contour of the Bulk Lorentz Factor at $T=1.77$ sec (in logarithmic Scale), which is still small at the Center.

Energy flux per unit rest mass flux at $T=1.77$ sec (in Logarithmic scale), which is the upper limit of the bulk Lorentz factor . This is As high as 100 at the bottom of the jet. The jet is accelerated when it is propagating?

Development of 3D-GRMHD Code

S.N. 11, in prep.



3D GRMHD code has been Developed. MPI (Message Passing Interface) is used for every Coordinate so that this code can be applicable to supercomputers .

The super-computer coming to our institute was introduced by some news papers.

京 都 府 報 (夕刊) 2010年(平成22年)9月8日 水曜日

松本「銀」 グレコ60キ級

馬ヤクルト販売)は欧州王者のハッサン・アリエフ(アゼルバイジャン)に1-2で敗れ、銀メダルとなった。日本男子で27年ぶりの世界王者誕生はならなかった。

グレコの表彰台は60キ級で2007年に銀に敗者復活戦に回れなかった。

は1回戦で敗れ、とも

レスリング 世界選手権 第2日

【モスクワ共同】7日、モスクワで男子グレコローマンスタイル3階級を行い、60キ級決勝で松本隆太郎(群馬)が、ニューヨーク共同

西日本最速スパコン

京都大基礎物理学研究所(京都市左京区)は8日、最新鋭のスーパーコンピュータシステムを同研究所に導入し、来年1月に運用を始めること発表した。開始時で西日本最速になるという。

京大基礎物理研

1月運用スタート
演算 1秒に90.3兆回

成する並列システムで、理論値で演算(浮動小数点演算)を1秒間に90.3兆回(TFLOPS)できる。現在の日本最速は、日本原子力研究開発機構(茨城県)の200TFLOPS。

原子や分子、素粒子の挙動計算をはじめ、宇宙物理など基礎物理学におけるさまざまな数値計算している。(稲庭篤)

京都府内で、クマの出没が相次いでいる。8月末までの目撃件数は過去最大で、南丹市では男性がクマに襲われ負傷した。今年はいえさとなるドンクグリで、今後も食べ物を求めて人里に現れることが予想されるという。例年、月以降に目撃が急増するため、府は住民に注意を呼び掛け始めた。



**Interviews towards 90Tera
Flops Computer in YITP.**

**Finally, HITACHI company has
Been chosen as our partner.**

**Hiro as the Chair of
Supercomputing Committee**



5. 計算機更新

西日本最速コンピュータ導入

- ・ 今年7月、日立製作所「SR16000モデルXM1」が落札された（9月8日に新聞報道他）。
- ・ 2011年1月4日稼働。5年間。
- ・ 理論ピーク性能 90.3TFlops（導入時で西日本最速。現在の80倍以上の理論ピーク速度）、108ノード、総コア数3456（SMT機能により6912コアとして使用可）
- ・ ノード間通信速度 4GB×2（双方向通信）
- ・ 1ノードあたりメモリ128GB（運用は96GB）、トータル13.8TB
- ・ ディスク容量115.6TB（他に90TBあり。一部計算機に運用予定）。

5. 計算機更新(続き) 更新に伴う今後の予定・運用

- ・ 初学者を歓迎し、(神戸スパコンへの道すら開かれた環境の提供)。
- ・ ユーザーアカウントは継続。原則審査無し。謝辞をお願いします。キュー構成等、利用方法は基礎研HPに近日掲載。
- ・ 無償で全国共同利用計算機として提供の原則を貫くが電気代が年間2000-3000万円かかると推定される。慎重な運用が必要。
- ・ 京都大学内で大型計算機統合の動きがある。基礎物理学研究所計算機の必要性を訴えていく必要あり。HPCIとの連携強化？
- ・ 現在のマシン(SX8、Altix)は10月末に停止した。データの読みとりは現在不可。
- ・ メールサーバ、数式処理サーバ、可視化サーバ等は1日程度の停止を除いては、サービスを継続。

Summary

- 2D GRMHD code has been developed, and collapsar simulation has been done (S.N. 2009).
- A stronger jet is launched by a more rapidly rotating BH (Faster is Better). Wall-like structure determines the opening angle of the jet? (S.N. 2010)
- 3D GRMHD code has been developed, and the simulations of collapsars by the 3D GRMHD code are going-on. (S.N. 2010, in prep.)
- We are planning to do Calculation of Nucleosynthesis with this code as a next step (S.N. 2011, in prep.)