

宇宙プラズマ研究室

小出眞路

出身分野:

核融合プラズマ(数値シミュレーション)

・トカマク ・RFP

FRC(Helion Energy, 米国)

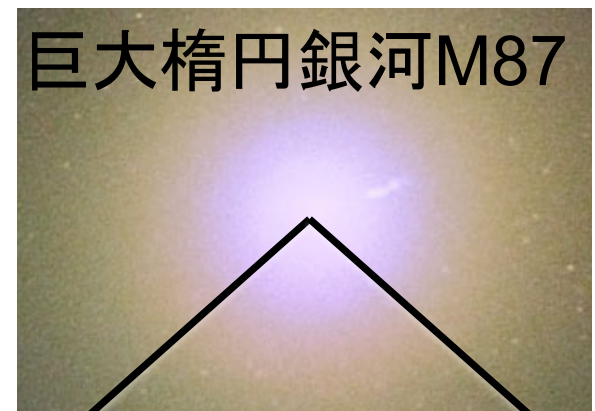
現在:天体プラズマ(太陽コロナなど)

相対論的プラズマ

相対論的ジェットの根元

↖ 光速度に近い速さ

プラズマ、電磁気学の応用



Event Horizon Telescope

巨大楕円銀河M87銀河の中心からの 相対論的宇宙ジェット

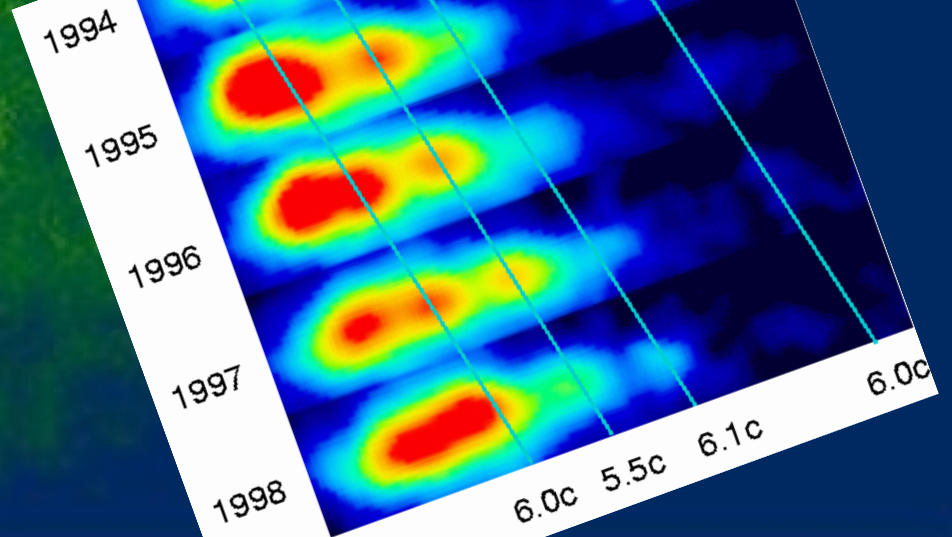
ローレンツ因子: $\gamma_{\text{soc}} > v_{\text{obs}}/c = 5.5 \sim 6$

➡ 相対論的ジェット ($v_{\text{jet}} \sim c$)

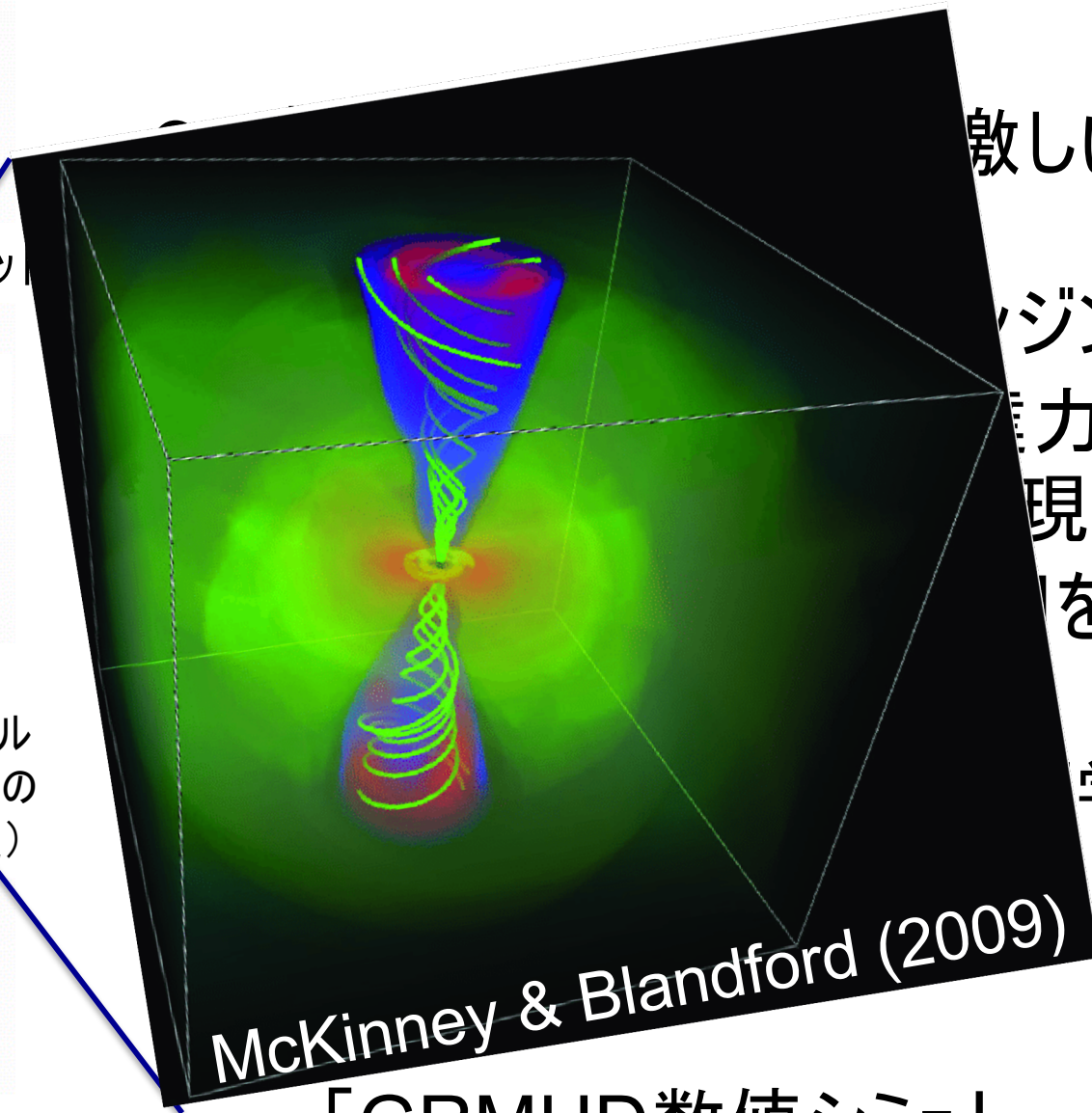
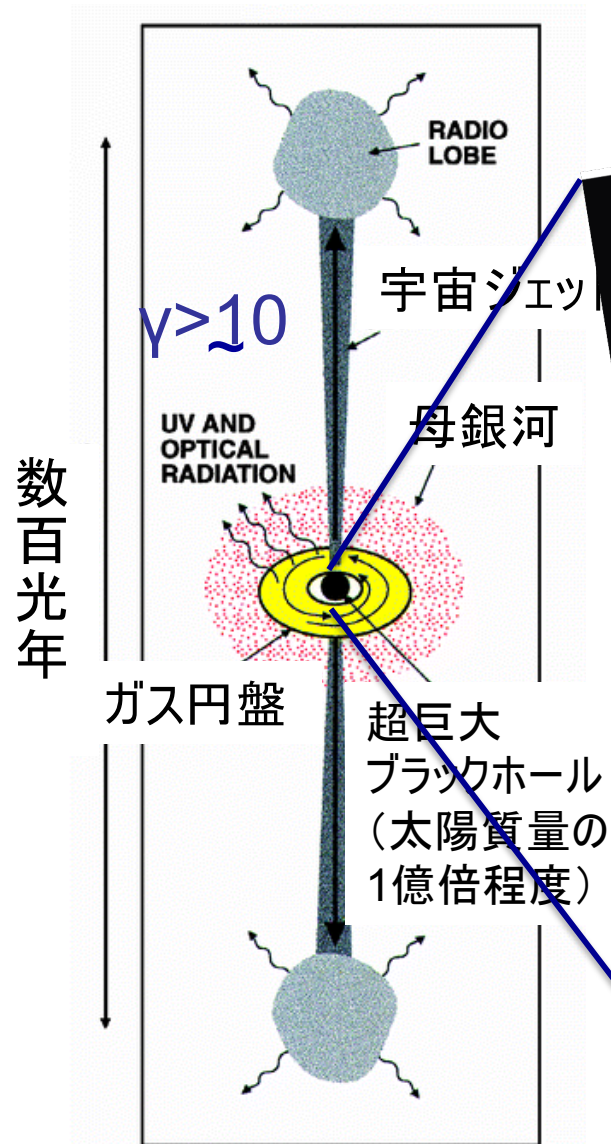
Event Horizon
Telescope (2019)



超光速運動



相対論的宇宙ジェットの形成： ブラックホール・プラズマ・エンジン



激しい現象

(エンジン)

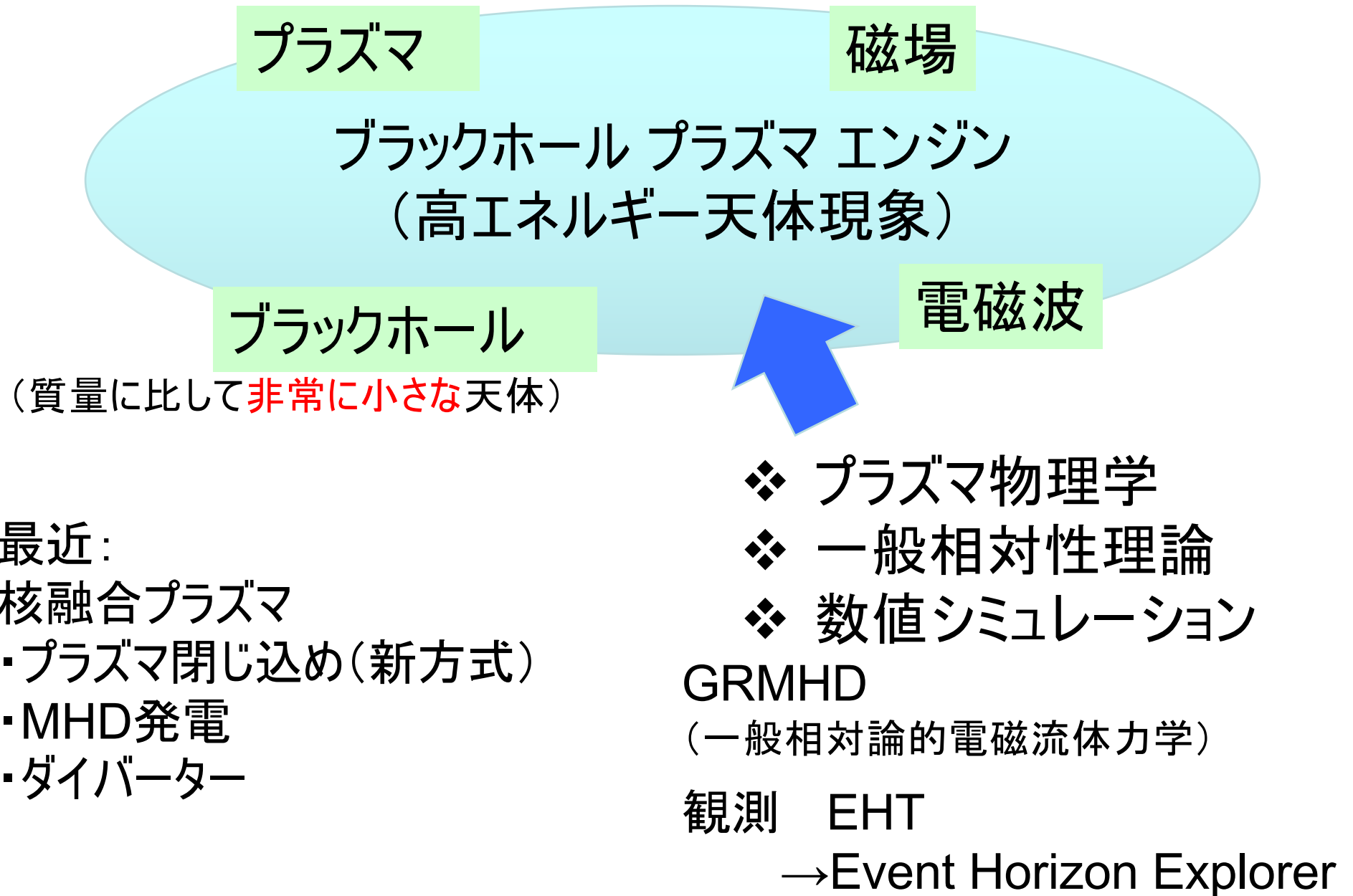
電力とする
現象.

を考慮し

学+

「GRMHD数値シミュレーション」

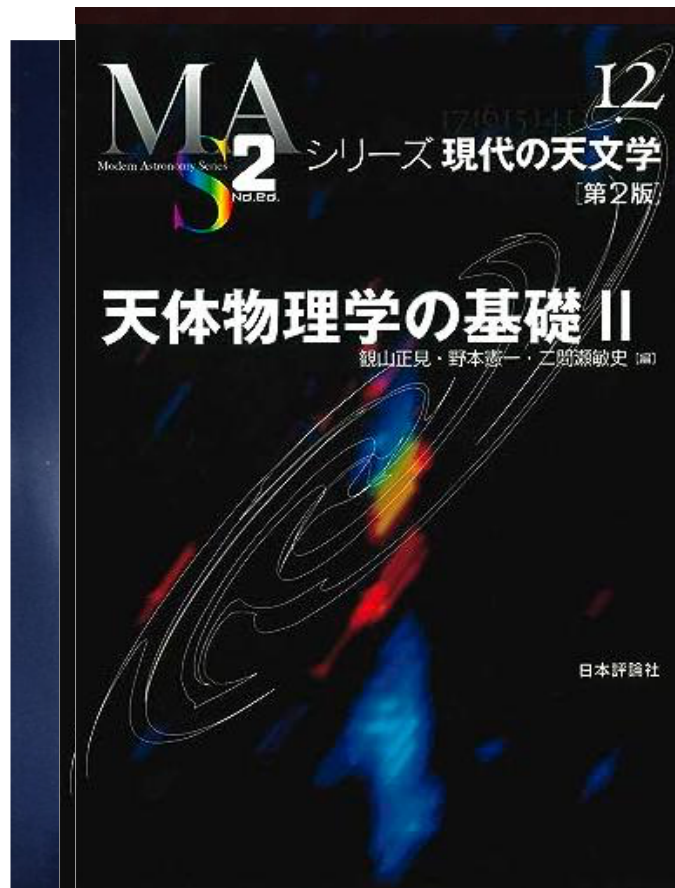
研究対象



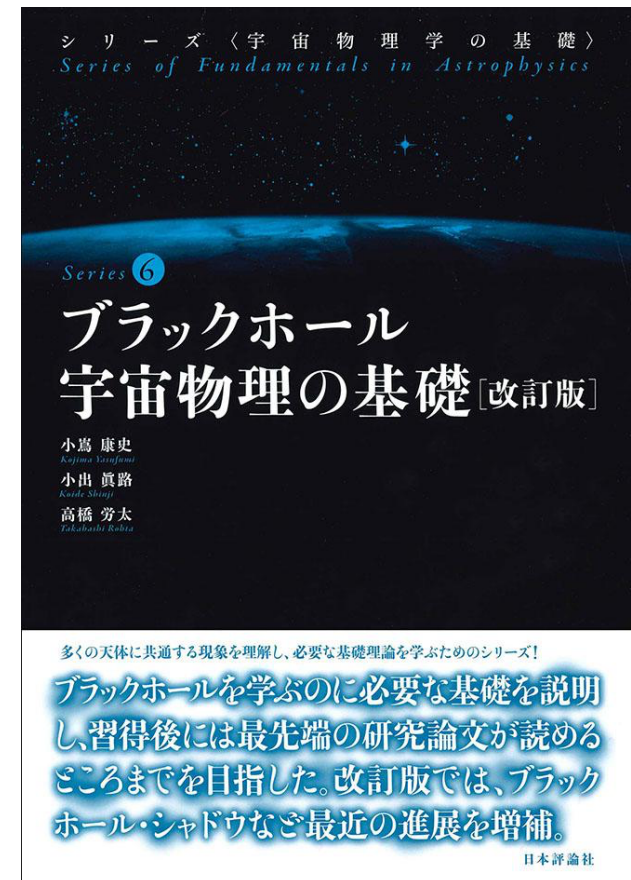
研究室セミナー

- 宇宙プラズマゼミ: 輪読形式 (1~2回/週)
- 進捗状況, 研究発表 (1~2回/週)
- 数値シミュレーション実習 (Python, C, Fortran)

(前期)



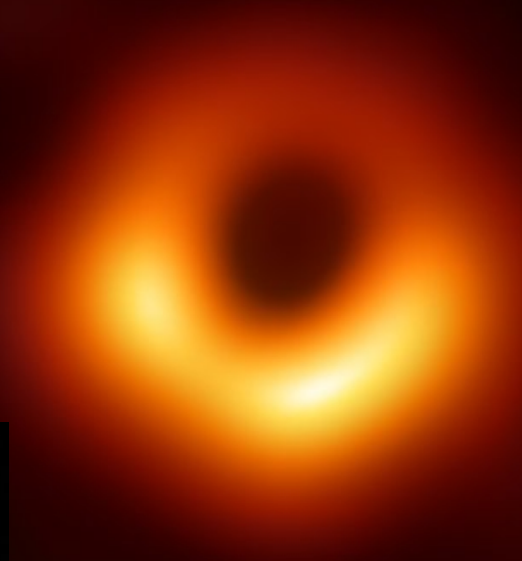
(後期)



世界初 ブラックホールの輪郭撮影に成功

2019年4月10日 22時10分世界6カ所同時発表

M87の中心の巨大ブラックホール (M87*)



ポンデリング？

研究対象

プラズマ

磁場

高エネルギー
天体現象

ブラックホール

(質量に比して非常に小さな天体)

電磁波



ブラックホールはものを吸い込むのが恐ろしいのではなく、むしろとてつもない恐るべき激しい現象がまわりで起こっている。

- ❖ プラズマ物理学
- ❖ 一般相対性理論
- ❖ コンピューターシミュレーション

プログラマー, SE

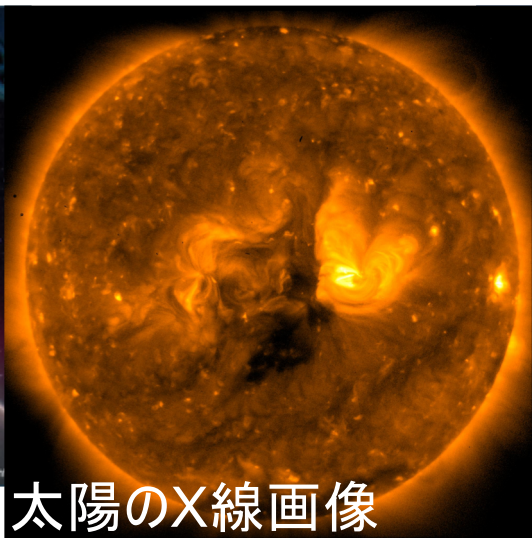
宇宙プラズマ研究室

小出眞路

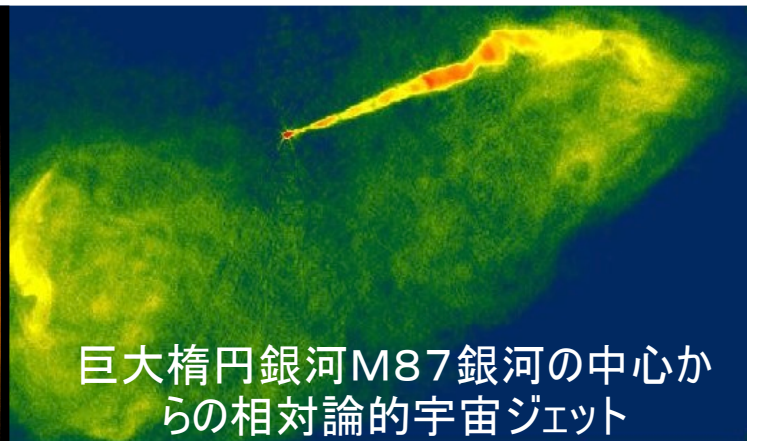
宇宙プラズマの観測画像



宇宙から見たオーロラ
油井亀美也 (JAXA宇宙飛行士) 撮影

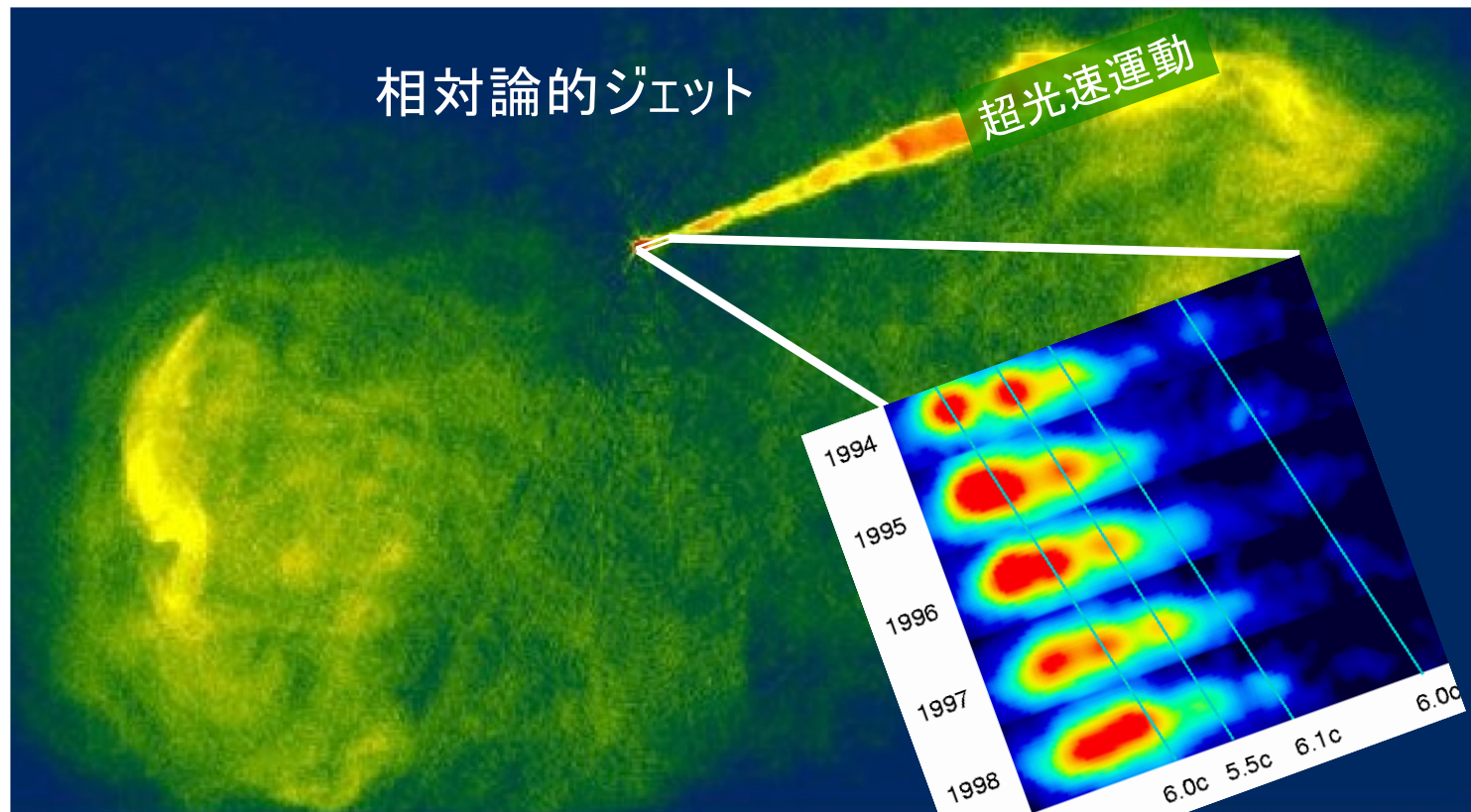


太陽のX線画像
太陽観測衛星「ひので」XRT

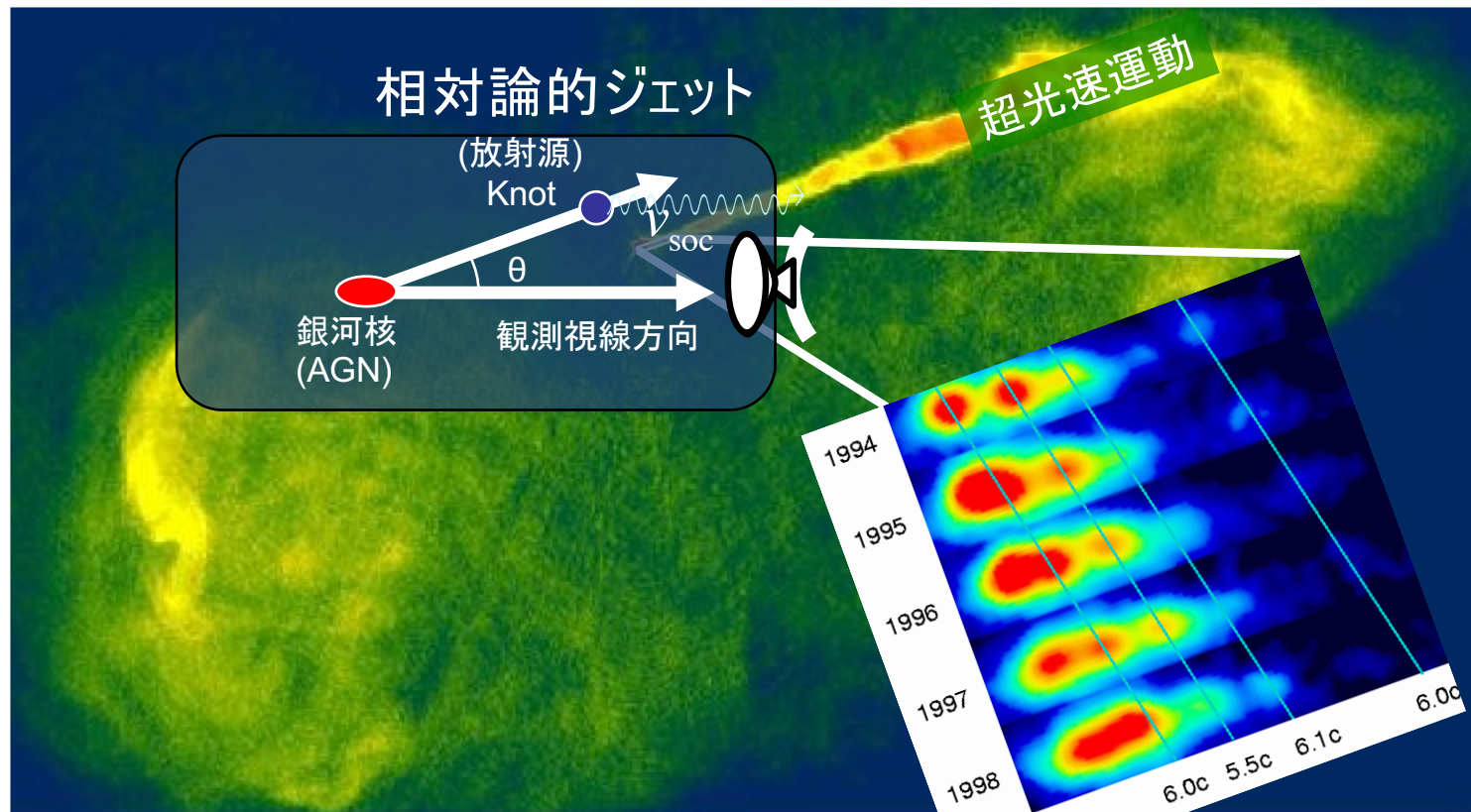


巨大楕円銀河M87銀河の中心からの相対論的宇宙ジェット
超大型干渉電波望遠鏡群「VLA」

宇宙プラズマ：巨大楕円銀河M87銀河 の中心からの相対論的宇宙ジェット

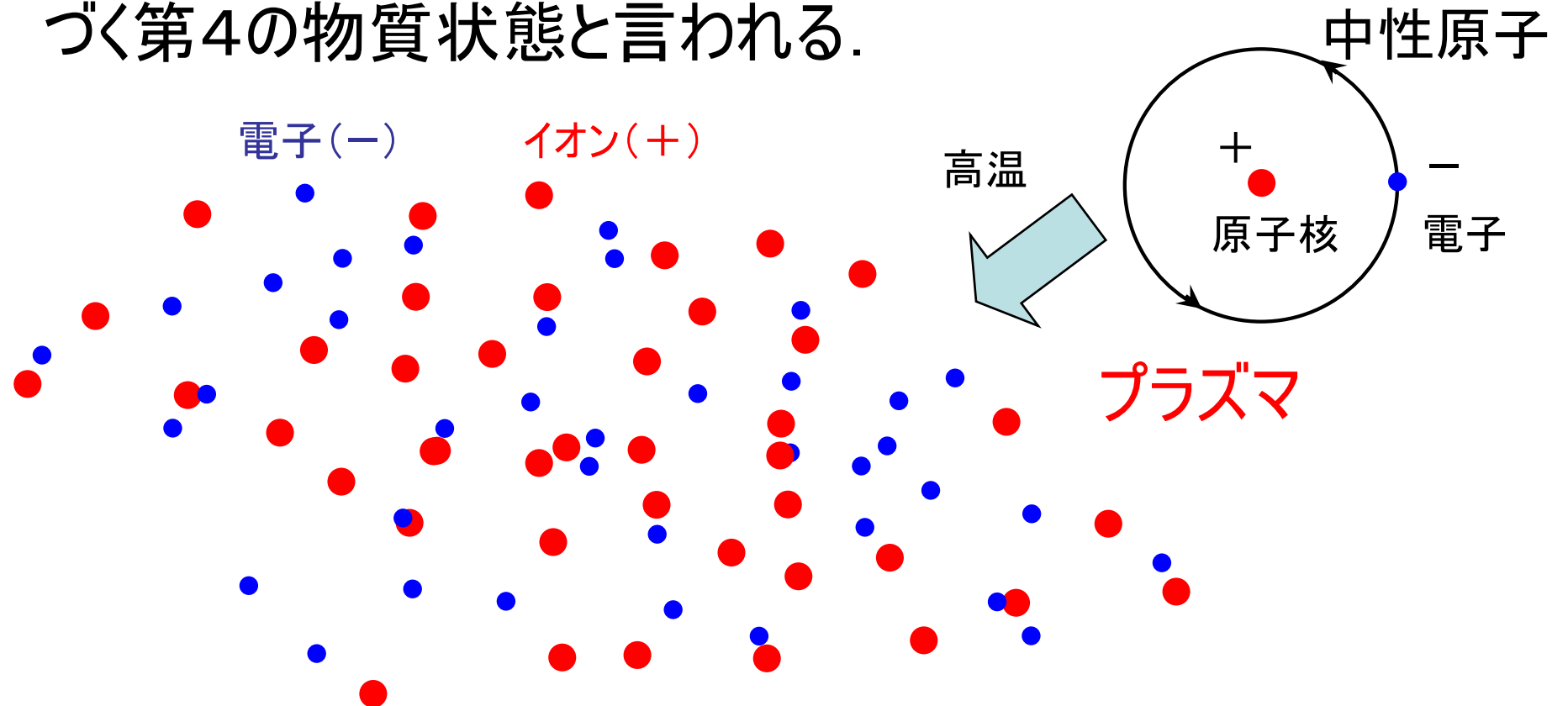


宇宙プラズマ：巨大楕円銀河M87銀河 の中心からの相対論的宇宙ジェット



プラズマとは？

プラズマ： 荷電粒子の集団で、全体としてほぼ電氣的に中性とみなせる物質（状態）。固体・液体・気体につづく第4の物質状態と言われる。



ただ、宇宙ではありふれた物質状態であり、初期の宇宙の物質はプラズマ状態であったことから、「物質の第0状態」と言われることもある。

研究テーマ

ブラックホールのまわりの電磁波, プラズマ, 磁場の挙動の理論・数値シミュレーション

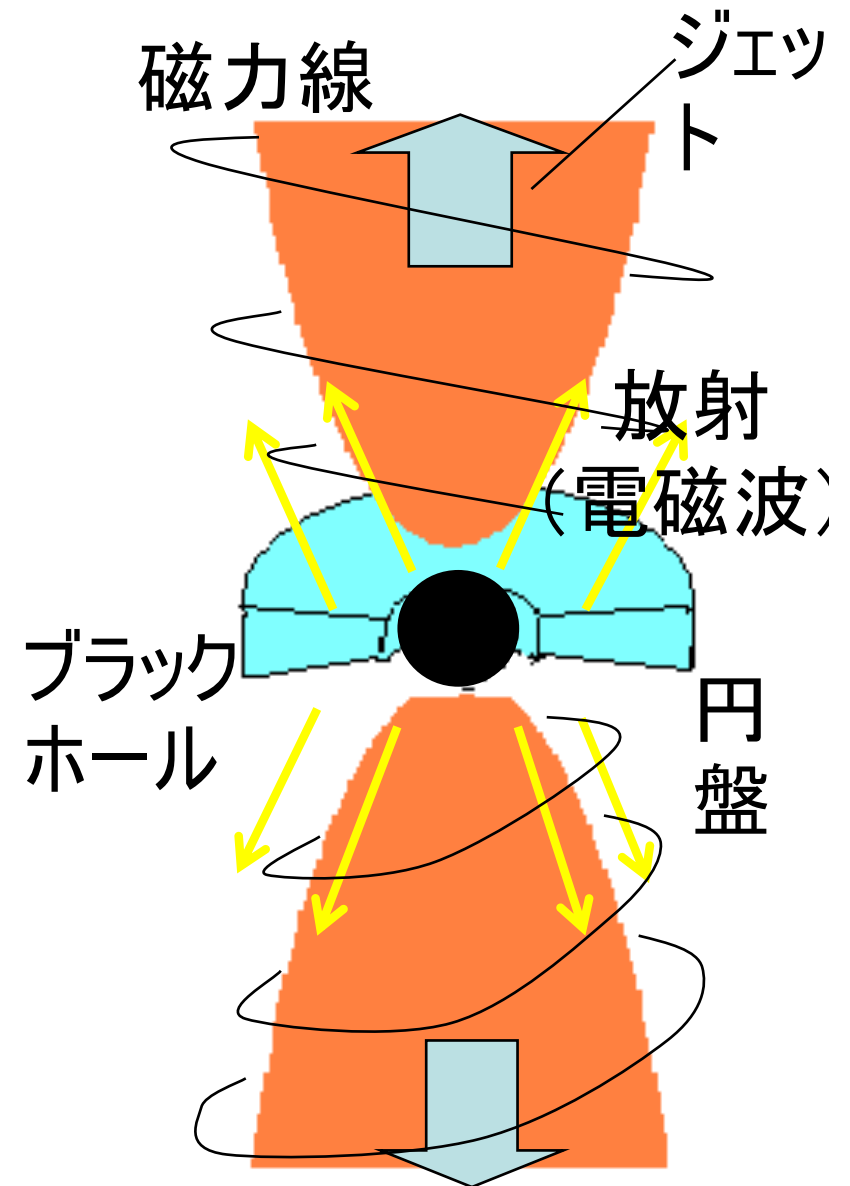
- ・ 天体現象:
 - 相対論的ジェット (AGN, μ QSO) の形成機構
 - フレアー現象 (太陽, 恒星, AGN, μ QSO) の発生機構
 - 磁場が宇宙進化に与える影響
- ・ ブラックホールまわりの放射の数値計算
- ・ ブラックホールまわりでの放射とプラズマの相互作用
- ・ ブラックホールのまわりのプラズマと磁場の相互作用
 - + ブラックホールの回転エネルギー引き抜き
- ・ 相対論的磁気リコネクション

ハイブリッド・ジェット

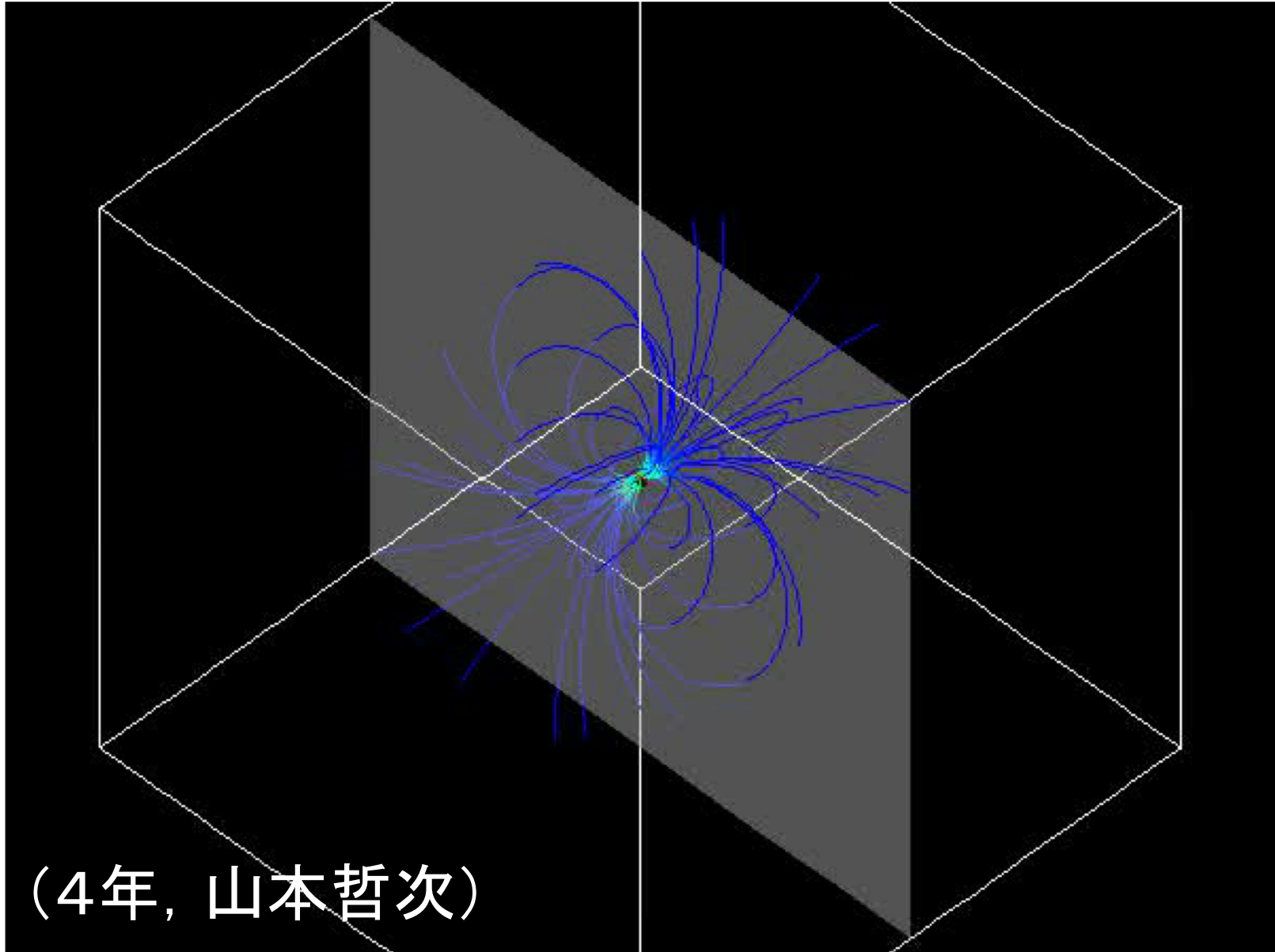
相対論的ジェットの形成のモデルのひとつとして、磁気圧による形成と放射圧による形成を組み合わせた『ハイブリッド・ジェット』モデルがある。

『ハイブリッド・ジェット』モデル：
ブラックホールのまわりの円盤からの放射圧でガスを加速し、磁場の力で細く絞られ相対論的ジェットが形成されるとする。

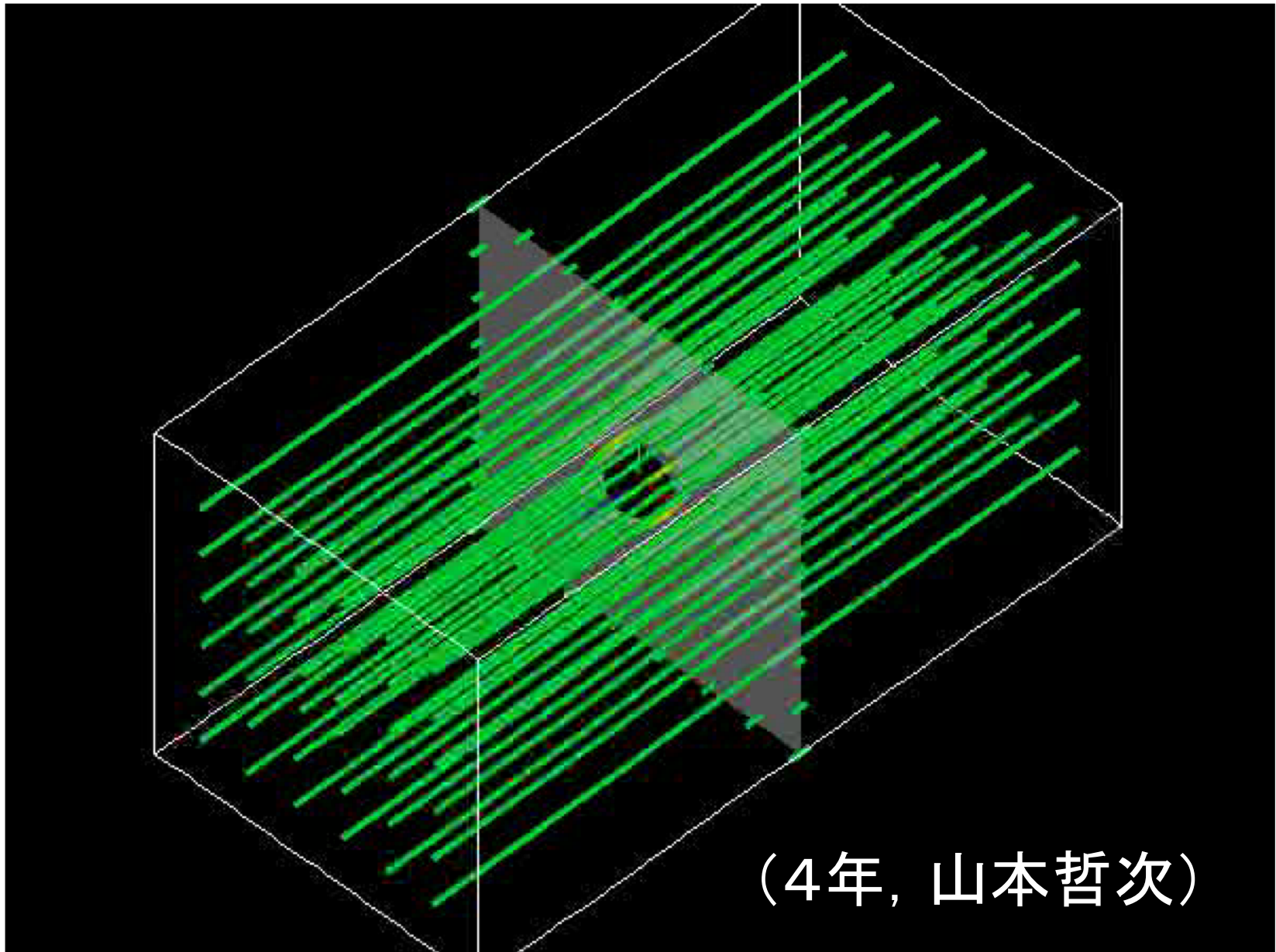
ただ、ブラックホールまわりの放射の計算法はまだ確立していない。



回転するブラックホールによりねじられて膨張する磁力線（磁氣的橋）

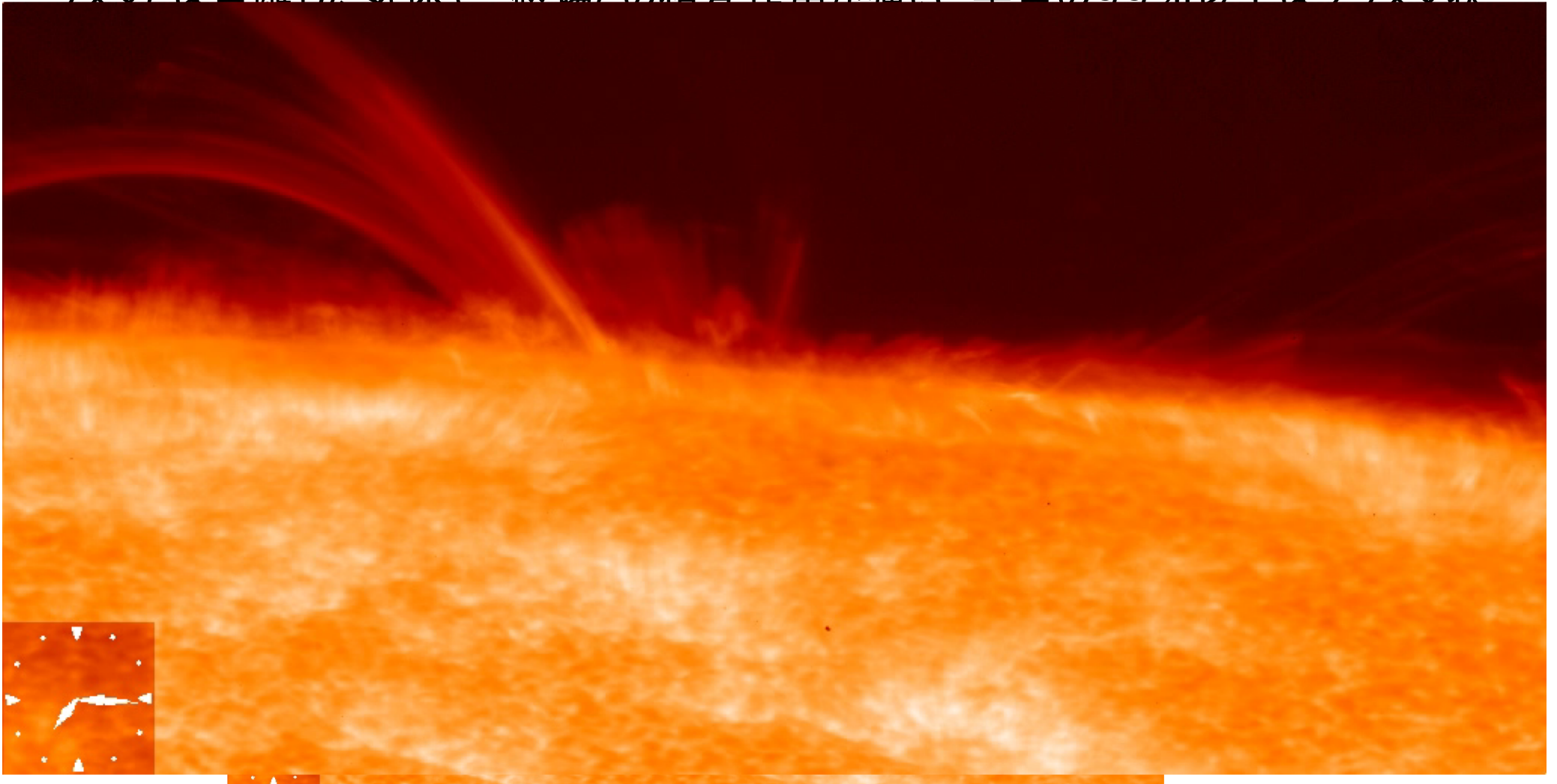


回転するブラックホールによりねじられる磁力線



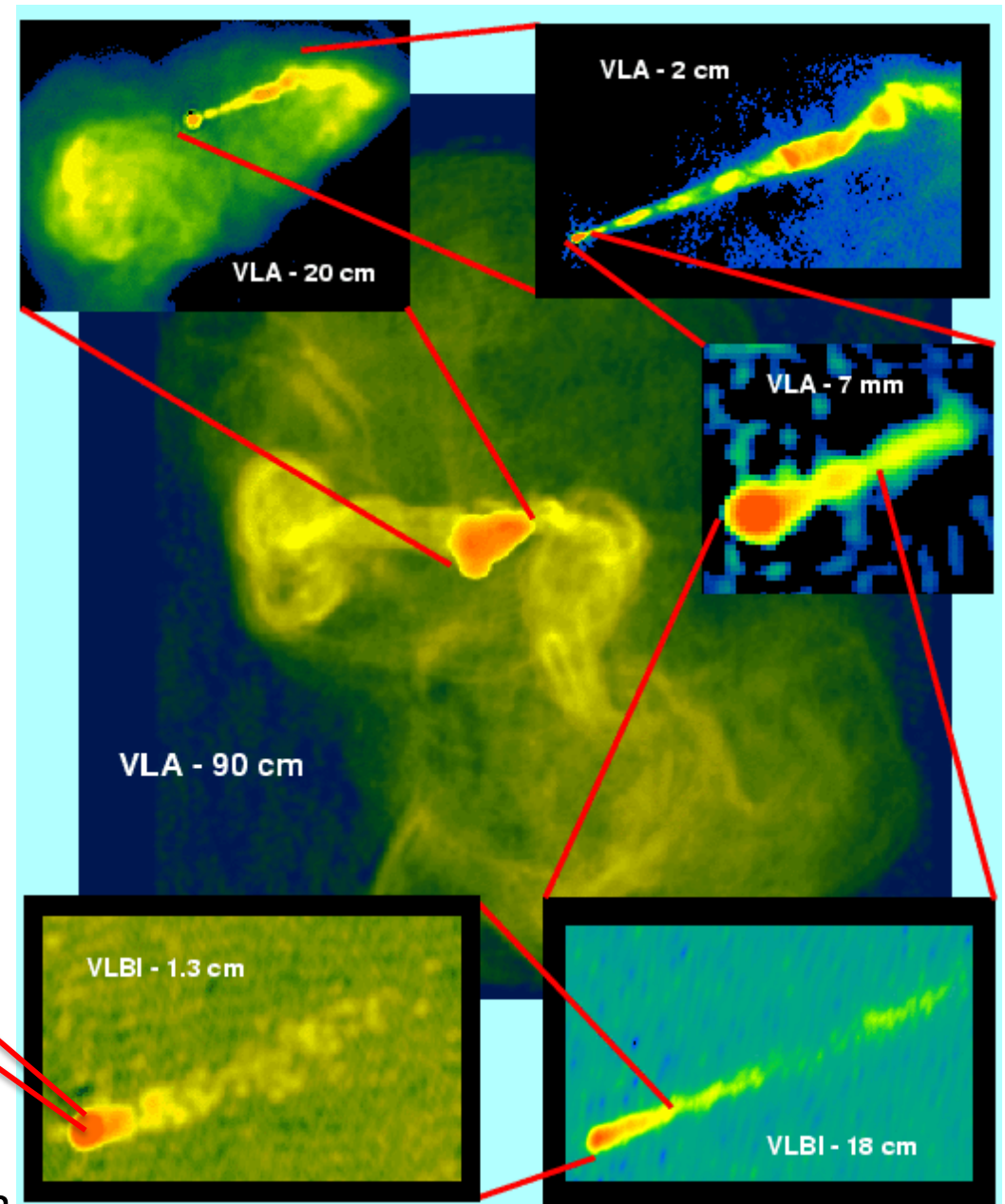
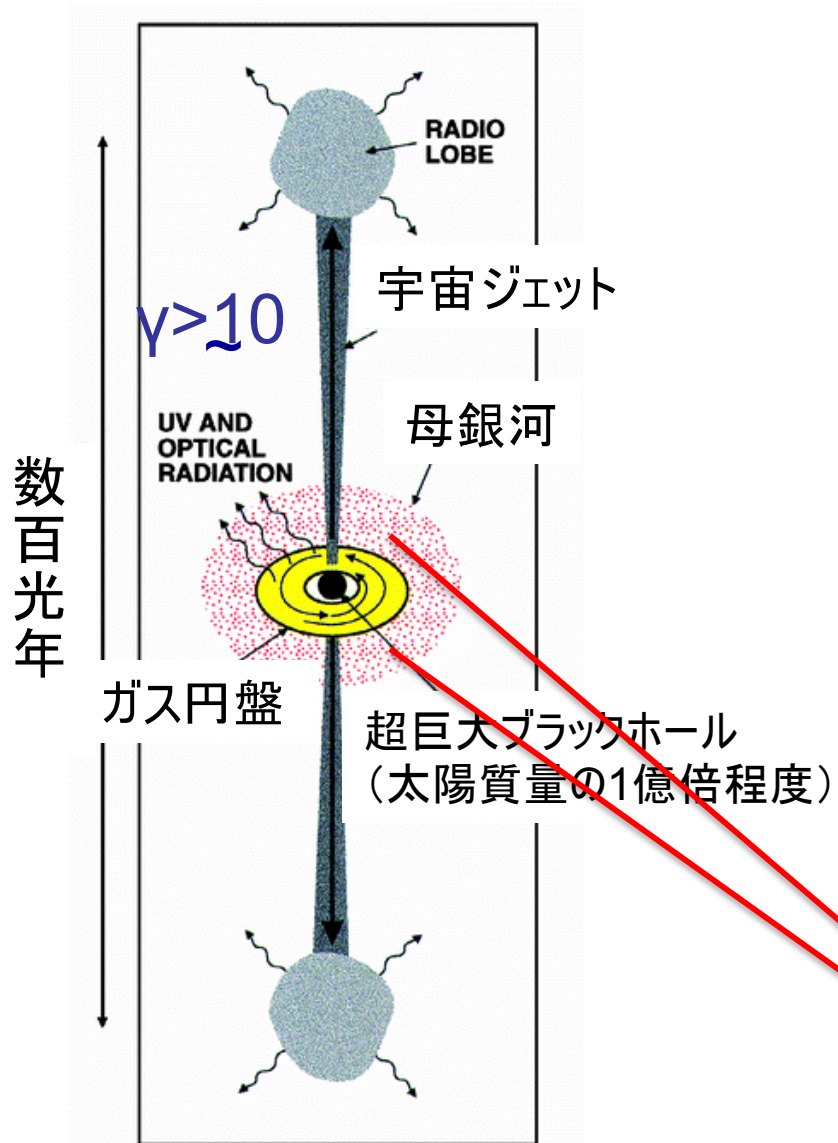
宇宙プラズマ

長く天文学者を悩ませてきた天体現象や最近の観測により明らかになった奇妙な天体現象の多くにはプラズマと宇宙磁場の相互作用により引き起こされているものがある。プラズマとは電離した気体で、磁場との相互作用が強い。宇宙の99%以上はプラズマ状



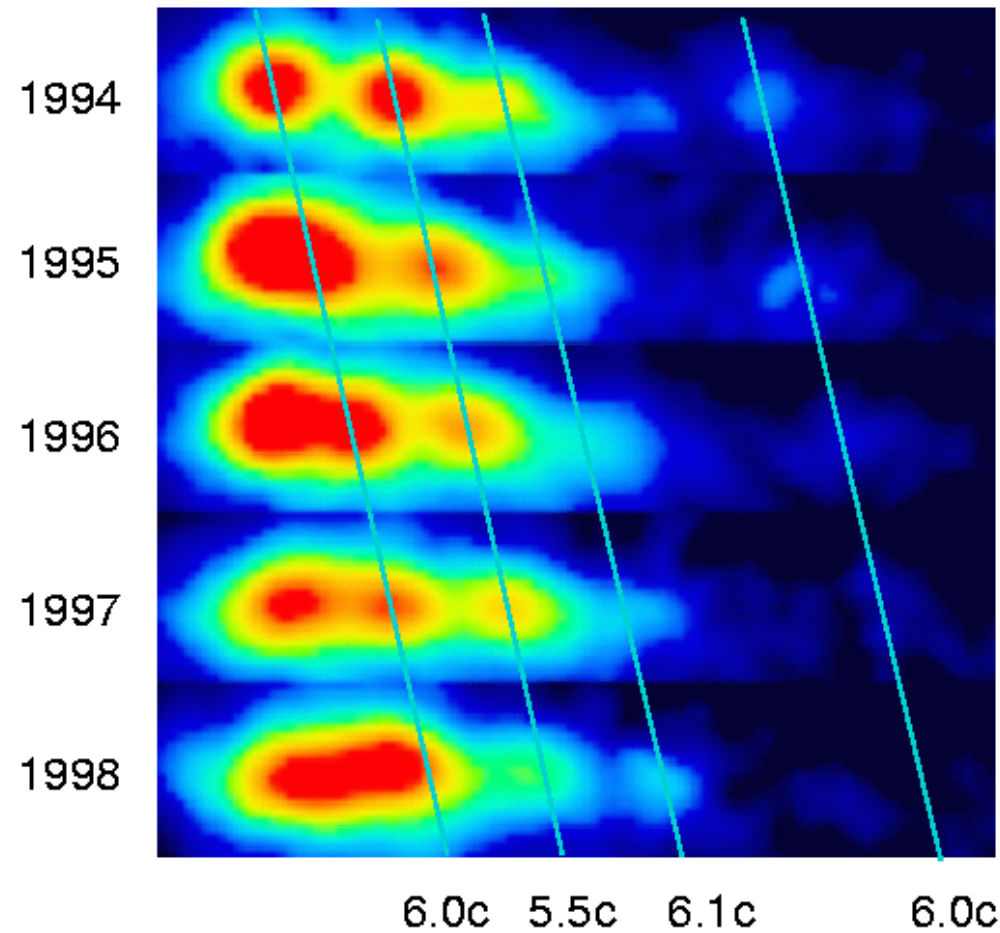
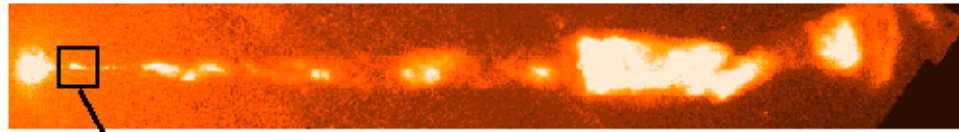
太陽コロナの磁力線に沿って移動するプラズマ(「ひので」)

銀河ジェット: 巨大楕円銀河M87ジェット

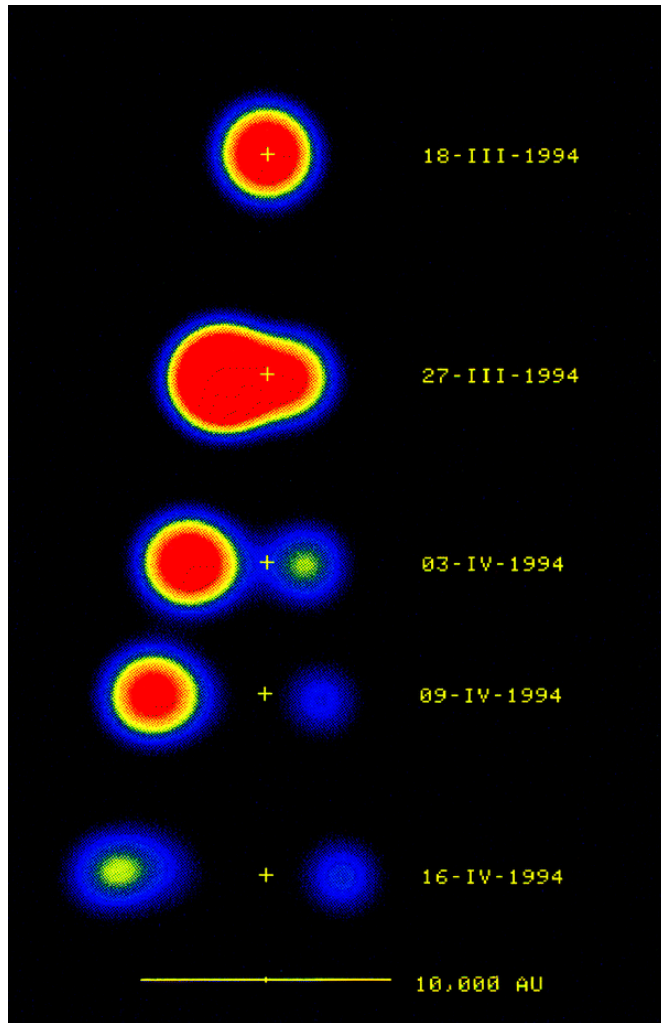


F, Owen, J. Biretta

M87 銀河の中心からのジェットの超光速現象



銀河系内の超光速ジェット天体

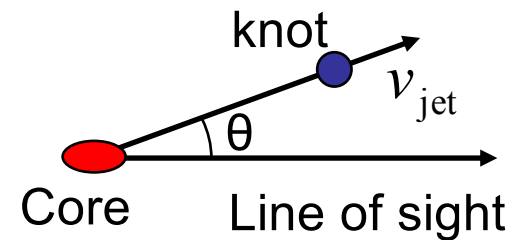


Mirabel, Rodrigus 1995

GRS1915+105

$$\left. \begin{array}{l} V_{\text{left}} = 1.5c \\ V_{\text{right}} = 0.8c \end{array} \right\} \Rightarrow V_{\text{jet}} = 0.9c$$

⇒マイクロ・クエーサー



$$\frac{v_{\text{obs}}}{c} = \frac{v_{\text{jet}} \sin \theta}{c - v_{\text{jet}} \cos \theta} \leq \gamma_{\text{jet}}$$

巨大楕円銀河M87銀河の中心からの相 対論的宇宙ジェット

