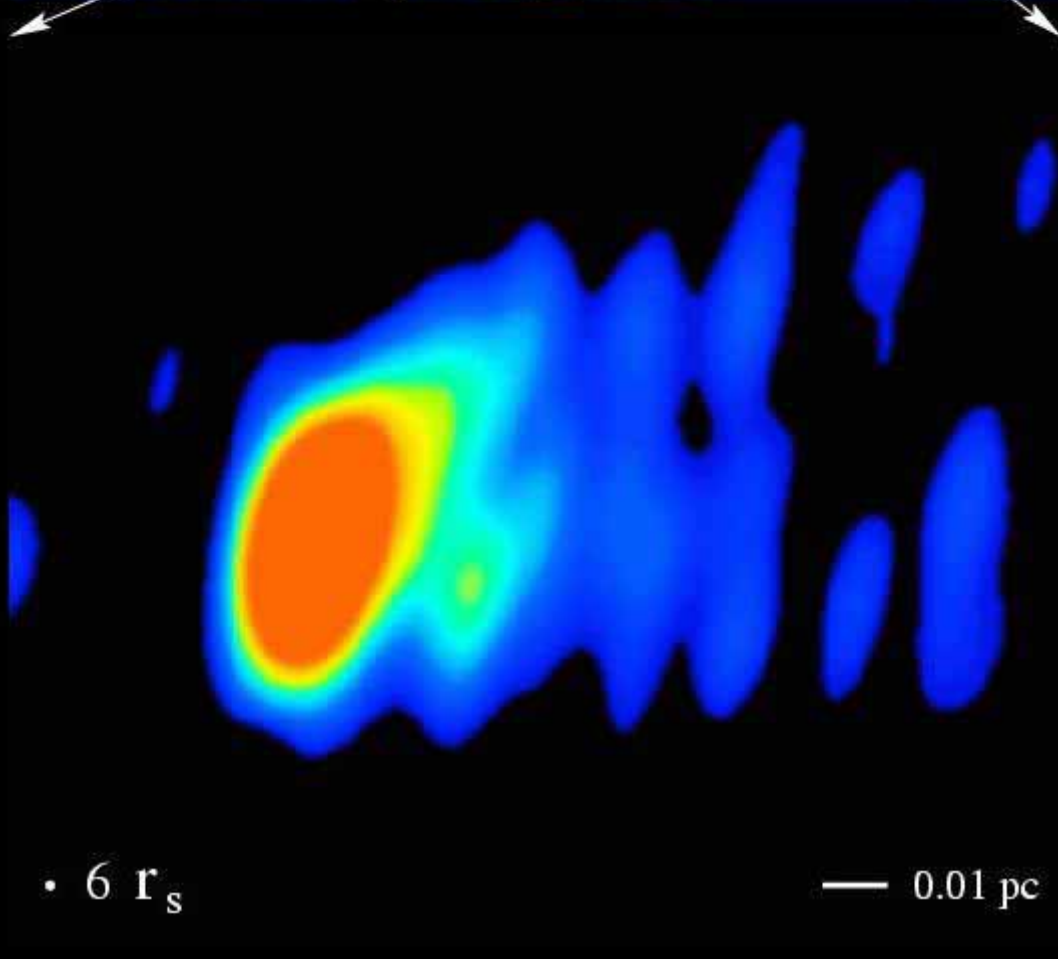
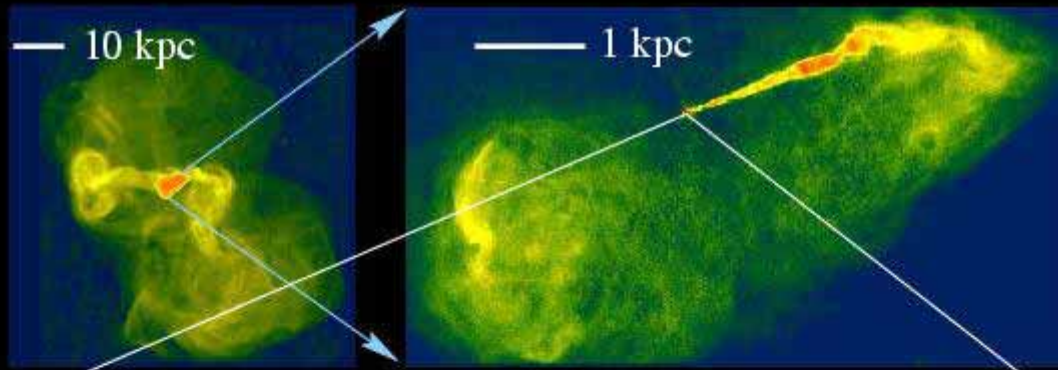


ほらいずん望遠鏡計画

三好 真



**The nucleus of
M87**

(VLA, VLBA)

**This is one of
the highest
resolution**

VLBI maps.

**But, the true
face of central
massive black
hole cannot be**



$\sim 5 R_s$

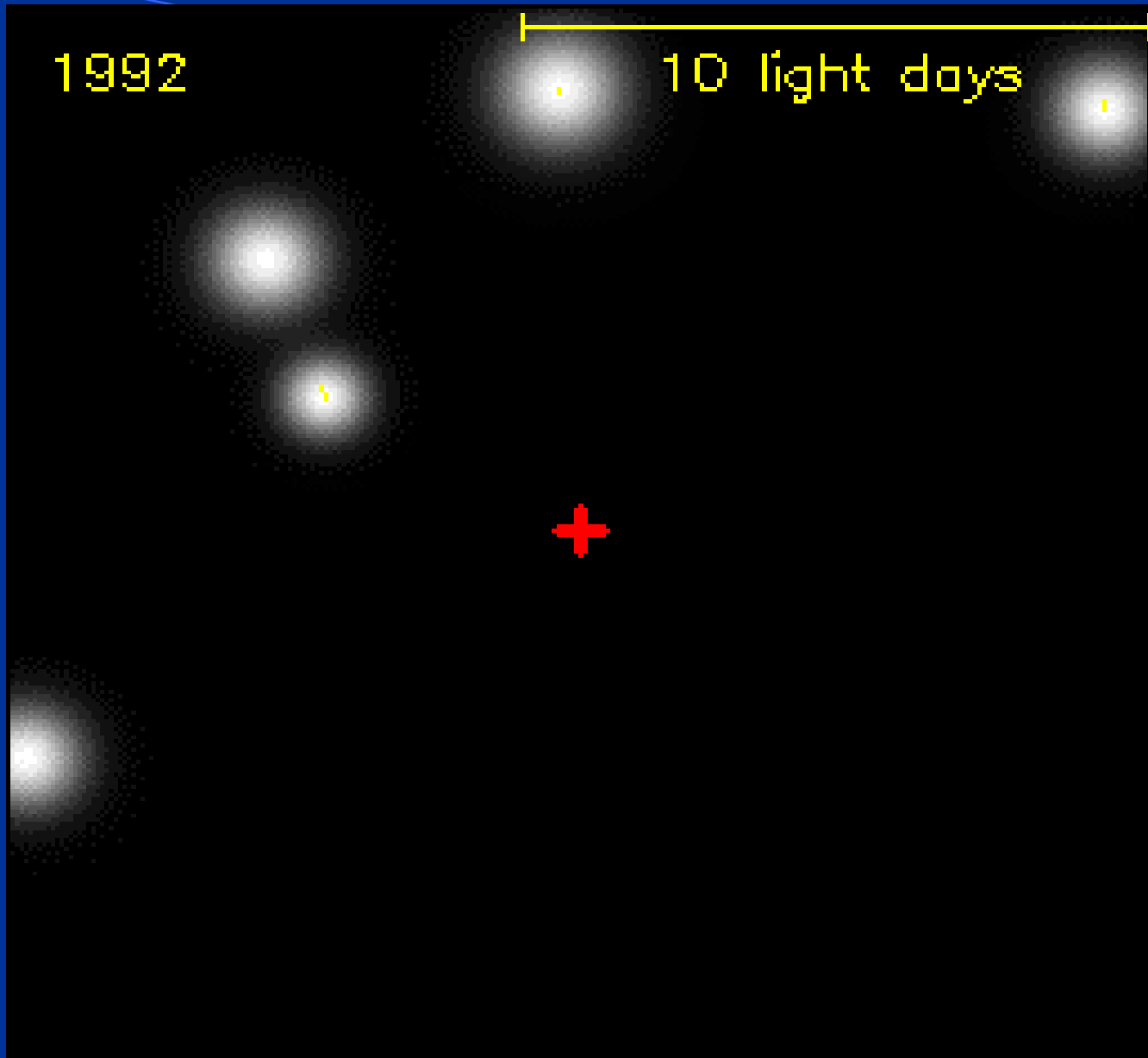
Takahashi & Mineshige (2003)

Shadow Size of Black Holes

	Mass	D		R_s		Shadow Size
	(M_{sun})	(kpc)	(m)	(au)	($\mu \text{ as}$)	($\mu \text{ as}$)
StellarBH@pc	1.00E+00	0.001	2.95E+03	1.97E-08	0.02	0.10
M82	1.00E+06	3700	2.95E+09	1.97E-02	0.01	0.03
SgrA*@GC	2.60E+06	8	7.67E+09	5.11E-02	6.39	31.96
SgrA*@GC	3.70E+06	8	1.09E+10	7.28E-02	9.10	45.48
M31	3.50E+07	800	1.03E+11	6.88E-01	0.86	4.30
NGC4258	3.90E+07	7200	1.15E+11	7.67E-01	0.11	0.53
M87	3.20E+09	16100	9.44E+12	6.29E+01	3.91	19.54

1992

10 light days



VLBI images of the SgrA* from 5GHz to 43GHz. from Lo et al (1999)

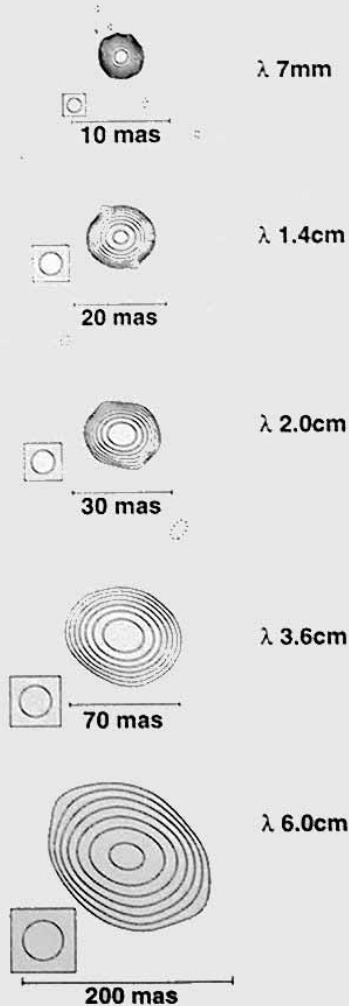
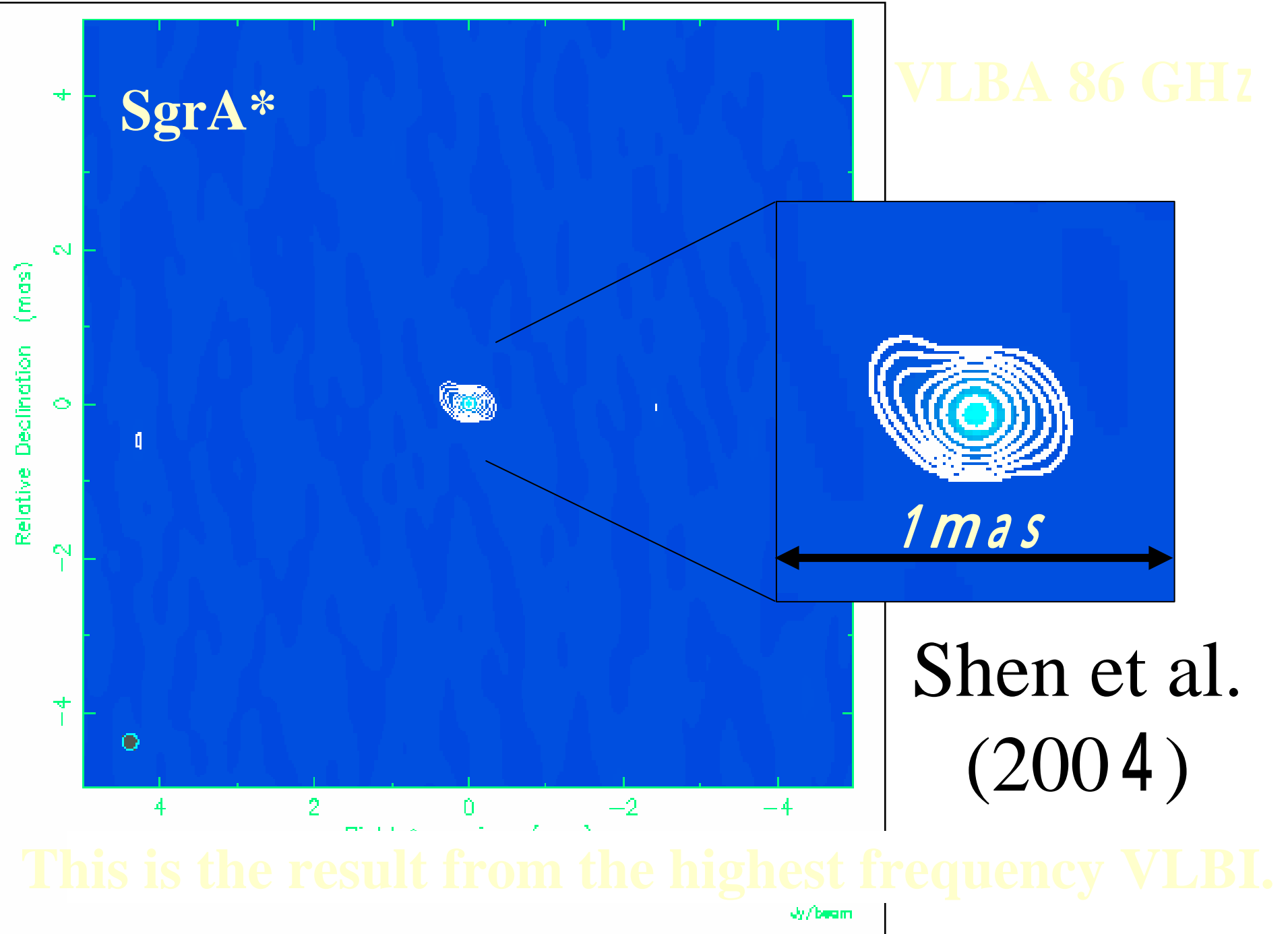
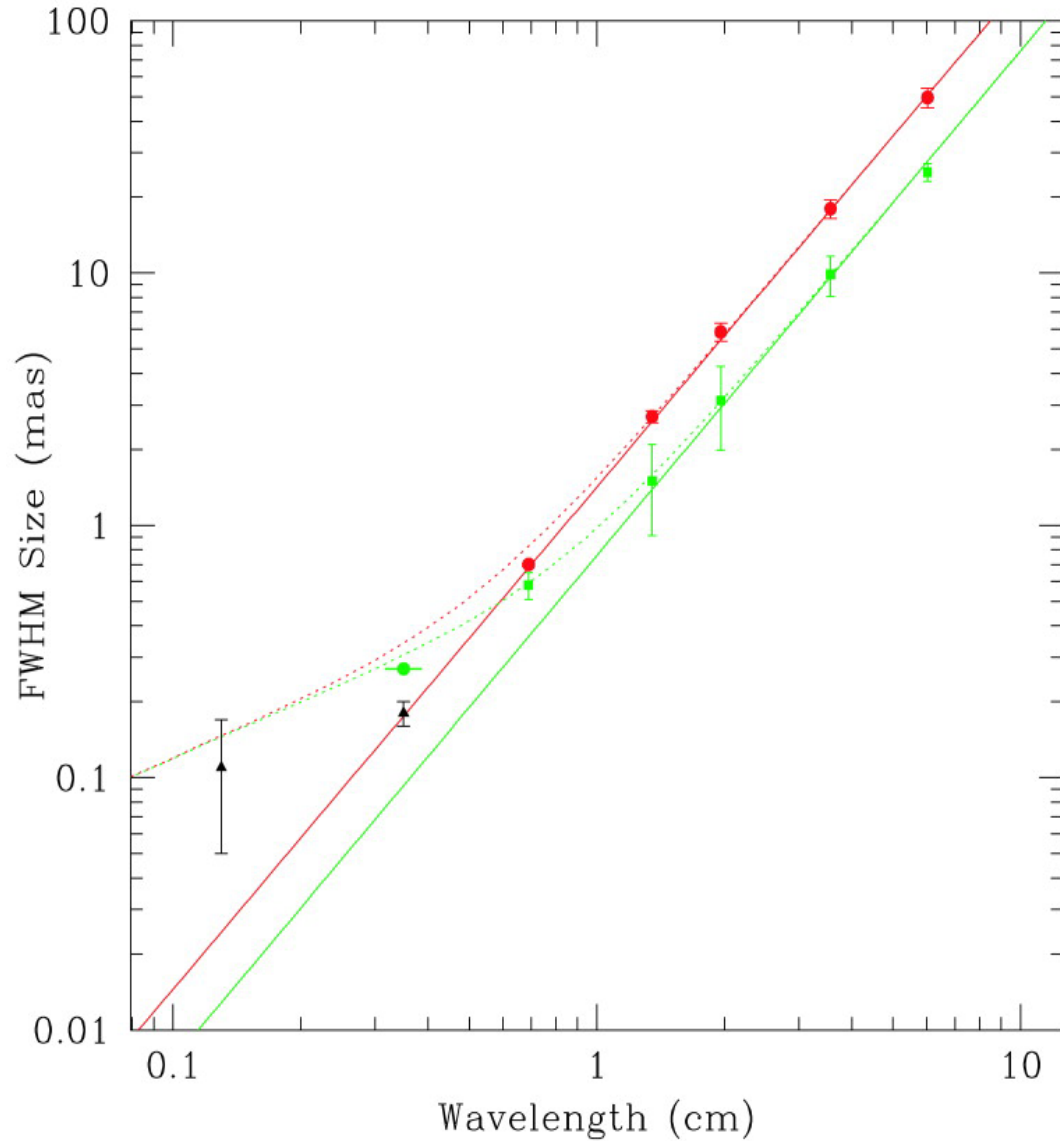


Figure 3. VLBA images of Sgr A* at wavelengths 6.0, 3.6, 2.0, 1.35 cm and 7 mm made with DIFMAP. These images are smoothed to a circular beam of FWHM = $2.62 \lambda_{cm}^{1.5}$ mas as shown on the left-bottom corner on each image. At 7 mm, FWHM beam = 1.5 mas \sim mean synthesis beam size; and at 6 cm FWHM beam = 38 mas that is close to the mean scattering size at this wavelength. The contours are $2 \text{ mJy beam}^{-1} \times (-2, 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128, 256)$.

The intrinsic image is blurred and broadened because of scattering effect.





Apparent Size of SgrA*

Free from Scattering Effects by Plasma

$$(\lambda^2)$$

At mm-, sub-mm wave length !

So we can expect observe the intrinsic image at mm-, sub-mm wave length.

Dollmann et al. (2001)

サブミリ波でVLBIを行うと (230GHz－500GHz)

AGNの降着円盤が見える

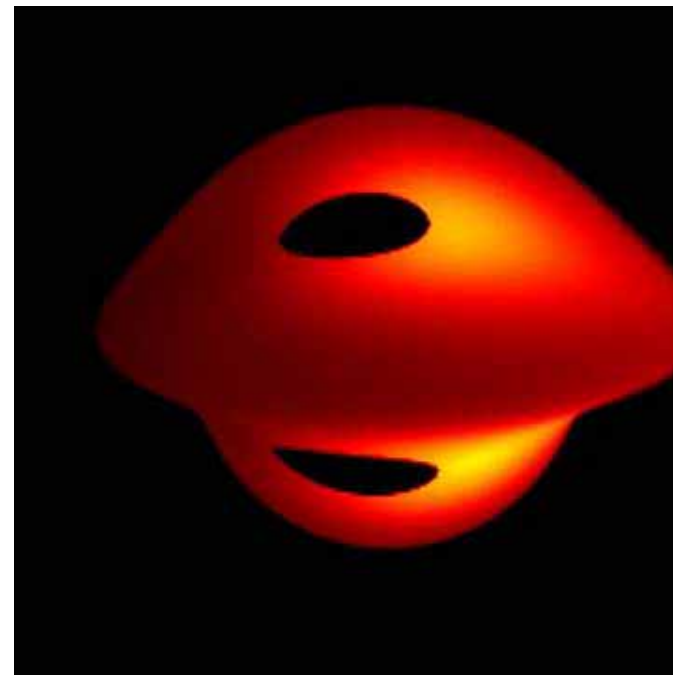
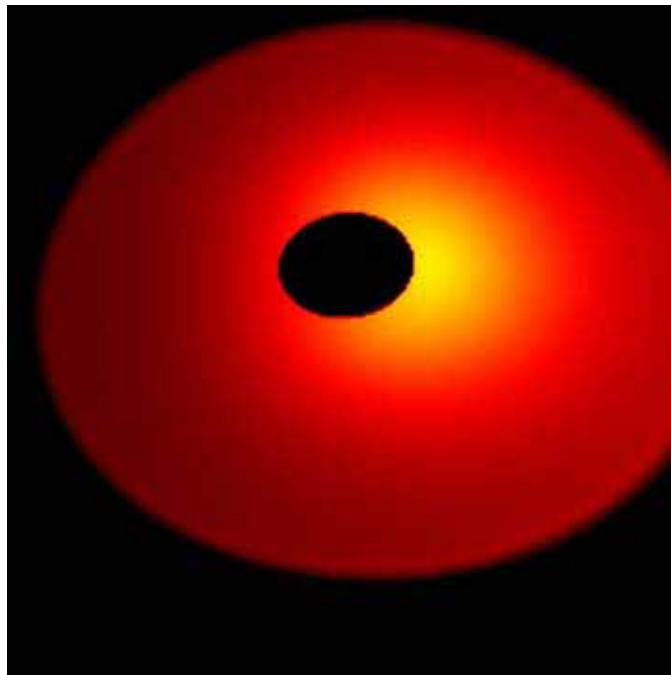
(おそらくSgrA*, M87, CenAの順)

- 降着円盤フレア、ジェット生成といった「動的な降着円盤」の(映像)観測が可能になる
- Event horizonの確認
(ブラックホール存在の本当の証明)

傾斜角 = 45度

傾斜角 = 80度

Kerr
ホール
ADAF
($H=1$)、
軸対称

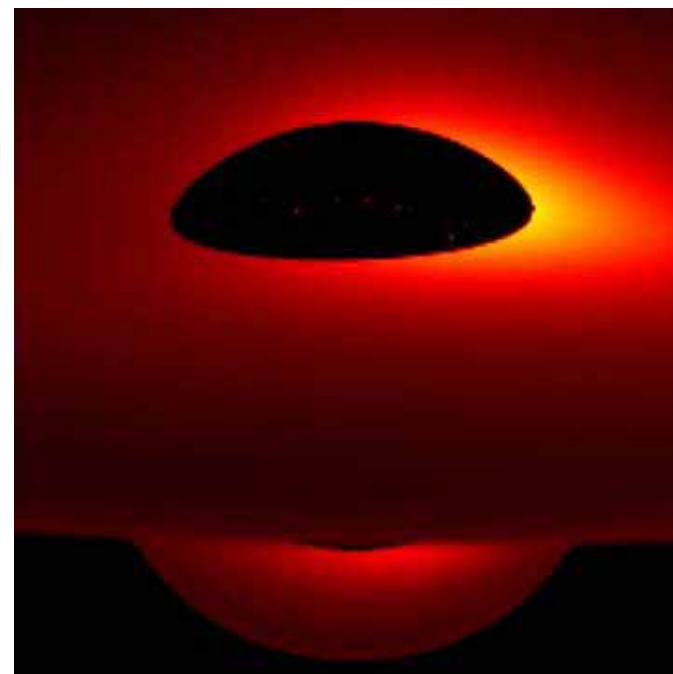
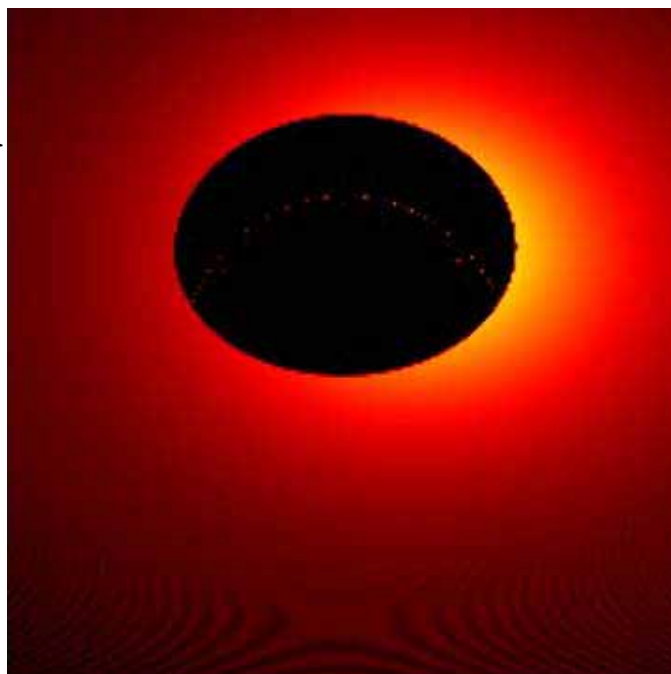


230
GHz

SgrA*

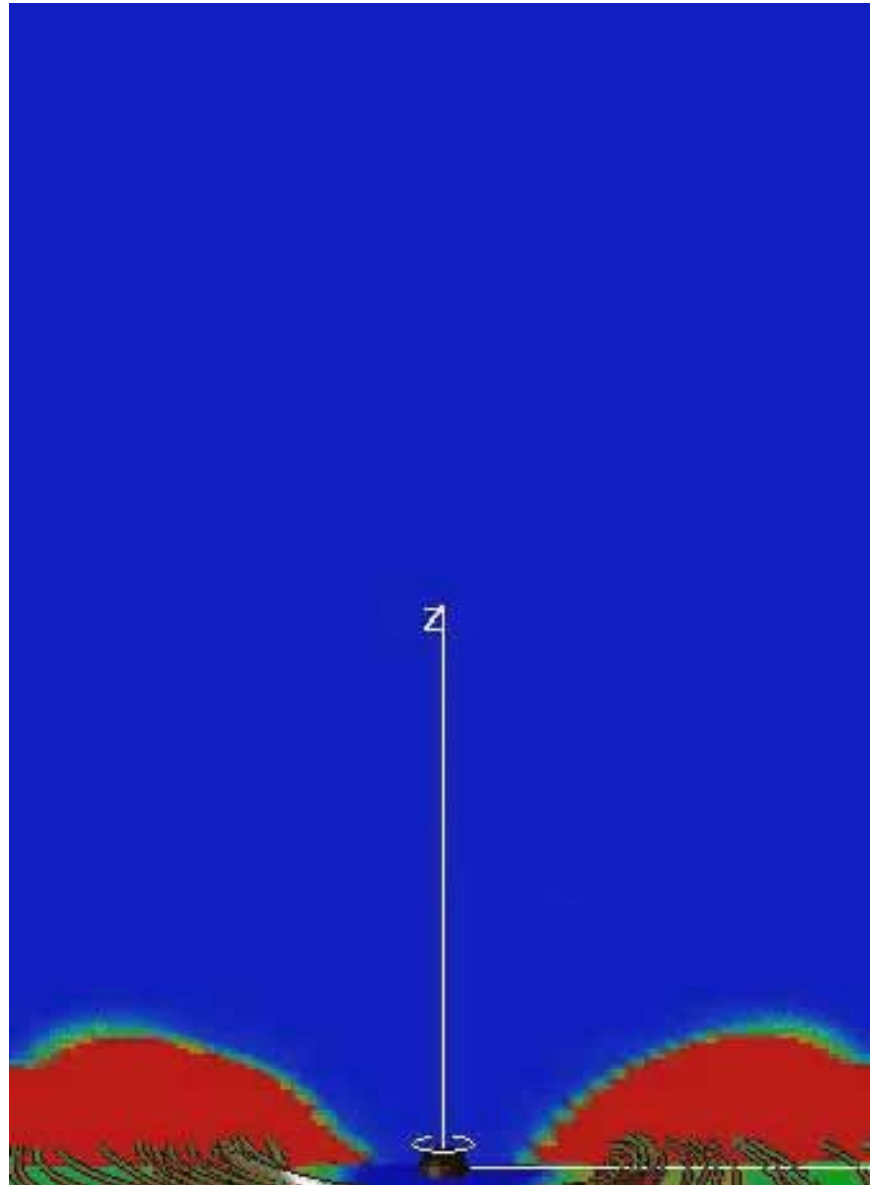
Schwarzschild
ADAF
 $H=1$
軸対称

Takahashi
et al (04?)



12 R_s

加藤らのタワージェット形成



サブミリ波VLBI梁山泊(第1回)

< 新学期、旅費なし、自腹有志の会 >

2004年4月13日(火曜日)09:30 - 18:00(JST)、国立天文台・三鷹・南研セミナー室

参加者 19名: 古屋(Caltech)、新永(CfA)、高橋(基研)、イシツカ、広田、亀野、井上、浅田、小山、永井、三好、松尾、氏原、土居(以上NAOJ)、松本(九州東海大)、竹内(NICT)、村田、望月、朝木(ISAS)

まとめ

- ・ 地上でできる周波数と科学、スペースでやるべき周波数と科学のきりわけが大切。350 GHzがその境目か？ 次回までの検討課題。
- ・ 地上の従来サイト(2000m以下)は大気透過率、コヒーレンス時間の点で期待できない(VLA, OVRO, NMA, 日韓ミリ波VLBI実験などのデータから)。ALMA、SMAのようなサイト(4000m超)を考えるべき。そのためのサイトサーベイが重要。ALMAサイトの候補地探しのデータなどもあたるとうい。

サブミリVLBIは4000m超のサイトに局を配置していくことで地上で始められそうである。

- ・ VLBI記録技術はパソコンベースへ移ってきている。相関処理はソフトウェア相関へ。10Gsps超える高速VLBIサンプリング開発。

適地を選べば、地上で始められる。

1. **まずサーベイを行い、しっかり適地を選定**
2. **二、三局規模のサブミリ波VLBIネットを日本で先導できないか？**

(成果: event horizonの確認、SgrA*, CenA, M87)

この時点で大きな成果が期待できる！

この後の日本のイニシアティブが確保できる！

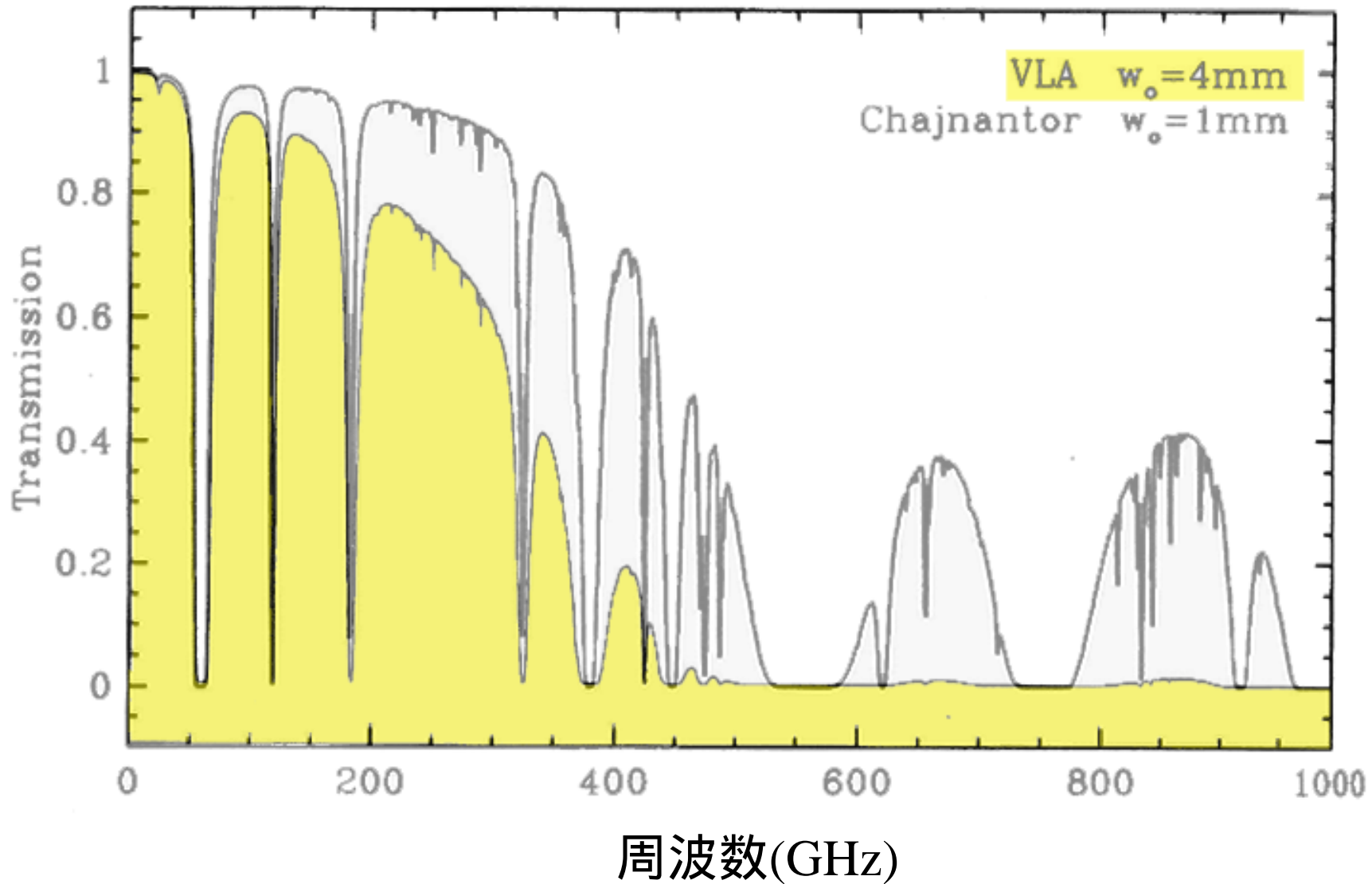
3. (2010年以降)既存のSMA, CARMA, VMT、いくつかの新局含め10局程度を国際協力で。

(成果: 降着円盤での動的現象、ジェット生成など画像で)

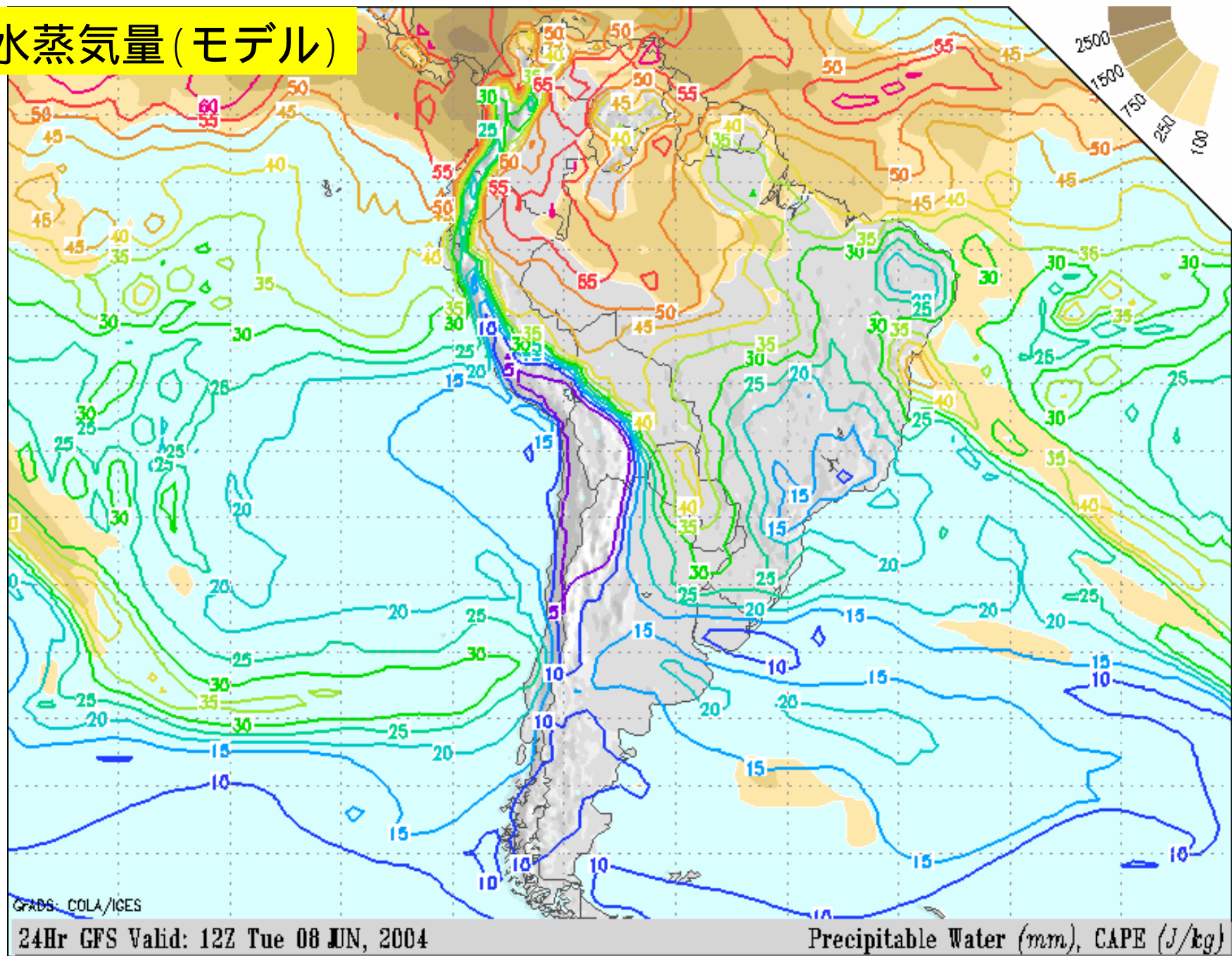
4. (2030年?) スペース・サブミリVLBIの展開

(成果: 多数の (AGN) 降着円盤の観測)

大氣透過率()



水蒸気量(モデル)



GRADS: COLA/IGES

24Hr GFS Valid: 12Z Tue 08 JUN, 2004

Precipitable Water (mm), CAPE (J/kg)

適地を選べば、地上で始められる。

1. まずサーベイを行い、しっかり適地を選定
2. 二、三局規模のサブミリ波VLBIネットを日本で先導できないか？

(成果: event horizonの確認、SgrA*, CenA, M87)

この時点で大きな成果が期待できる！

この後の日本のイニシアティブが確保できる！

3. (2010年以降) 既存のSMA, CARMA, VMT、いくつかの新局含め10局程度を国際協力で。

(成果: 降着円盤での動的現象、ジェット生成など画像で)

4. (2030年?) スペース・サブミリVLBIの展開

(成果: 多数の(AGN)降着円盤の観測)



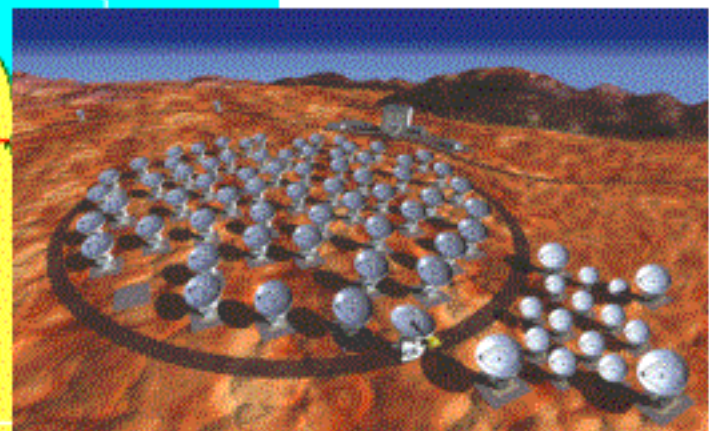
Old 32m communication antenna

Huancayo

例えばALMAをふくむ3局構成



ALMA



SEST...



?

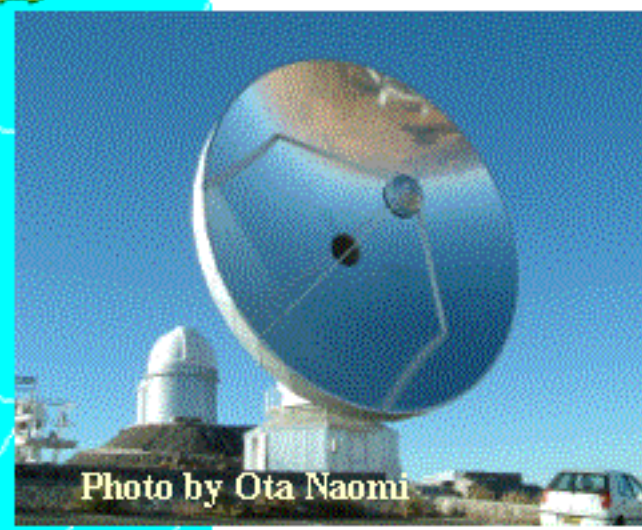


Photo by Ota Naomi

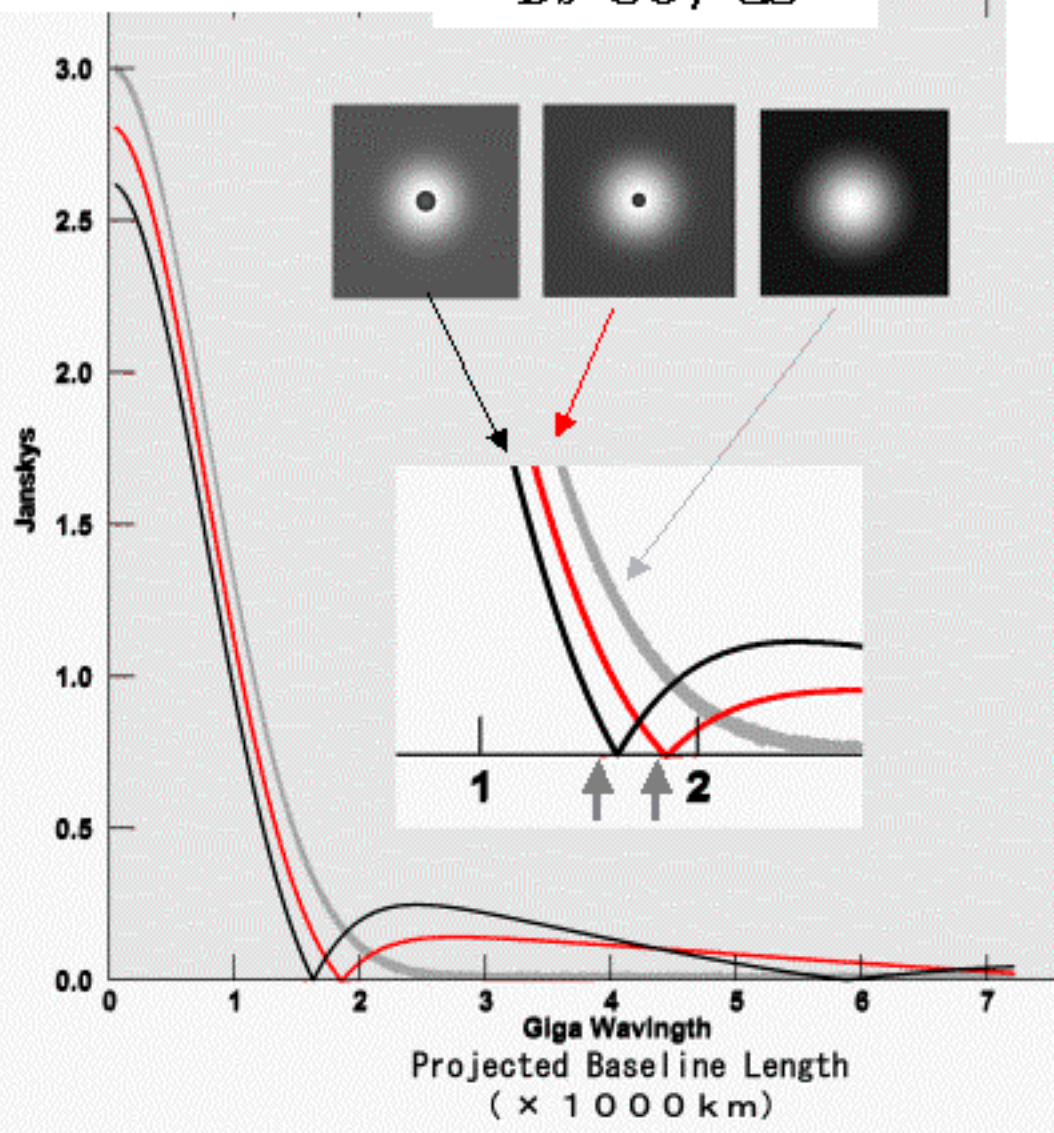
An Example of the relation of Visibility Amplitudes and Structure of SgrA* (230GHz)

BH $3.7 \times 10^6 M_{\odot}$
 $D_s = 44 \mu\text{as}$

BH $2.6 \times 10^6 M_{\odot}$
 $D_s = 30 \mu\text{as}$

**NO Black
hole
NO Shadow**

Null point shifts
with the size of BH
shadow, namely BH
mass

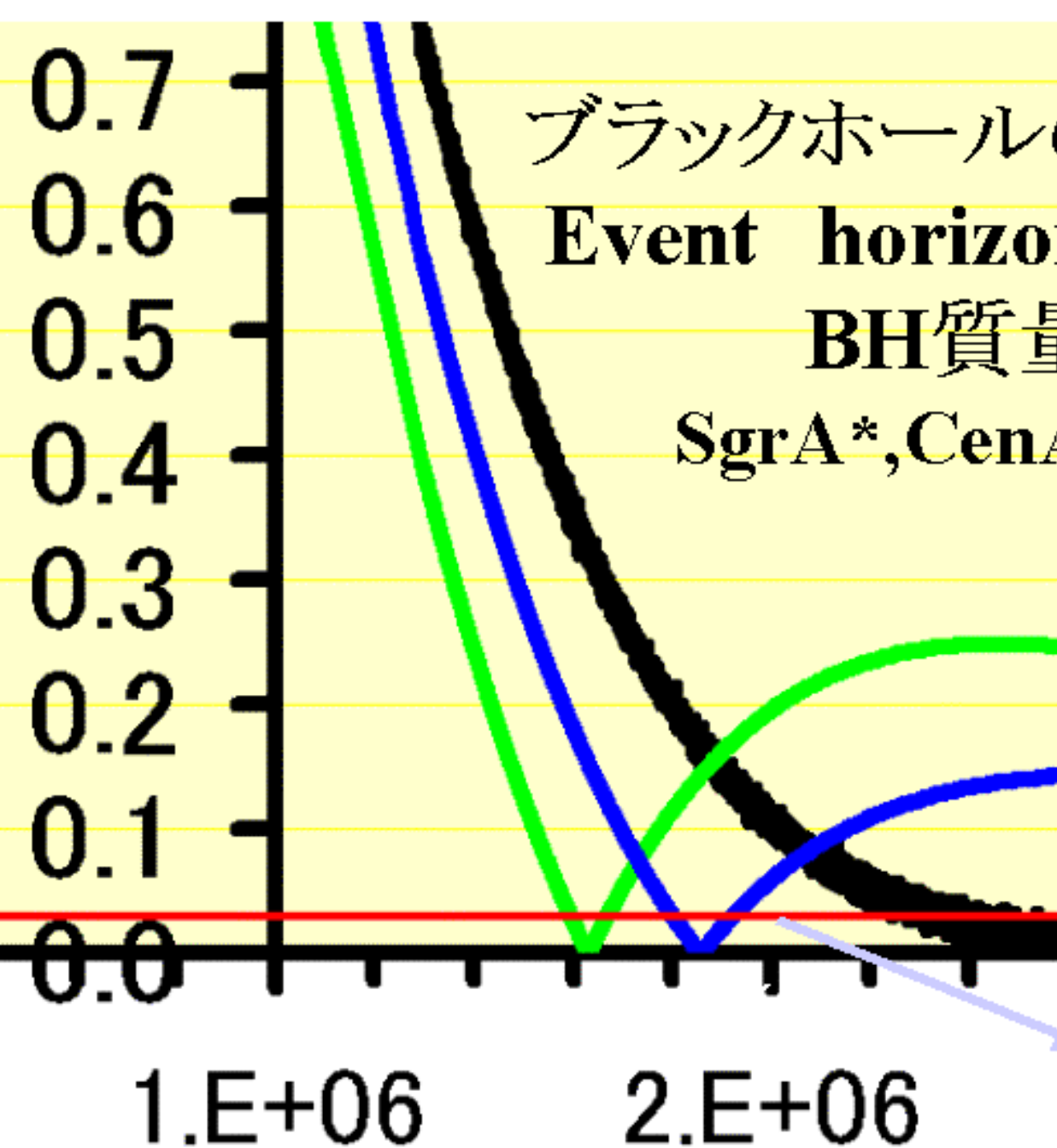


We can estimate the shadow size and then the BH mass with submm VLBI including only small number of stations.

ブラックホールの影の有無、
Event horizonの存在検証
BH質量の新測定法
SgrA*, CenA、M87が対象

図はSgrA*の場合
370万太陽質量
260万太陽質量
NO Black Hole

現在の
3 σ ノイズレベル



すべて既存の技術水準で実現！

- 口径 $D=15\text{ m}$ 、開口効率 $e = 70\%$ OK
 - $T_{\text{sys}} = 150\text{ K}$ (230 GHz) OK
 - 量子化効率 $q = 0.7$ OK
 - 積分時間 100 sec OK
 - 観測バンド幅 $B=1024\text{ MHz}$ OK
- = > ノイズレベル(1) 10 mJy
100mJy detection with SNR 10

適地を選べば、地上で始められる。

1. まずサーベイを行い、しっかり適地を選定
2. 二、三局規模のサブミリ波VLBIネットを日本で先導できないか？

(成果: event horizonの確認、SgrA*, CenA, M87)

この時点で大きな成果が期待できる！

この後の日本のイニシアティブが確保できる！

3. (2010年以降)既存のSMA, CARMA, VMT、いくつかの新局含め10局程度を国際協力で。

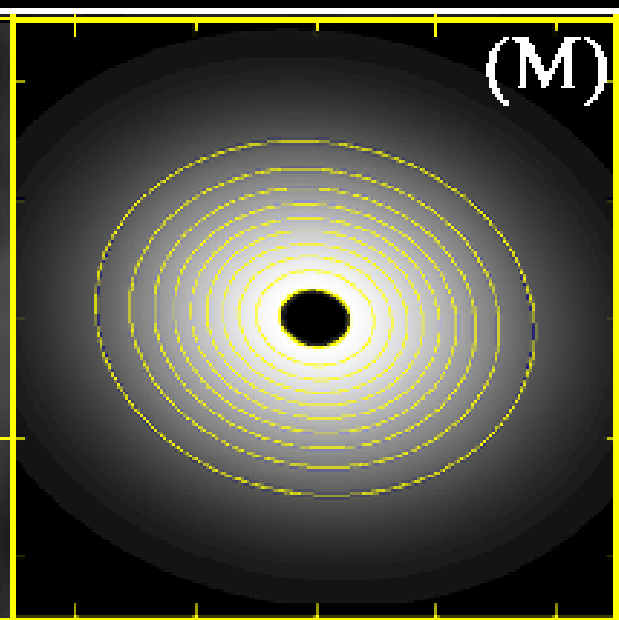
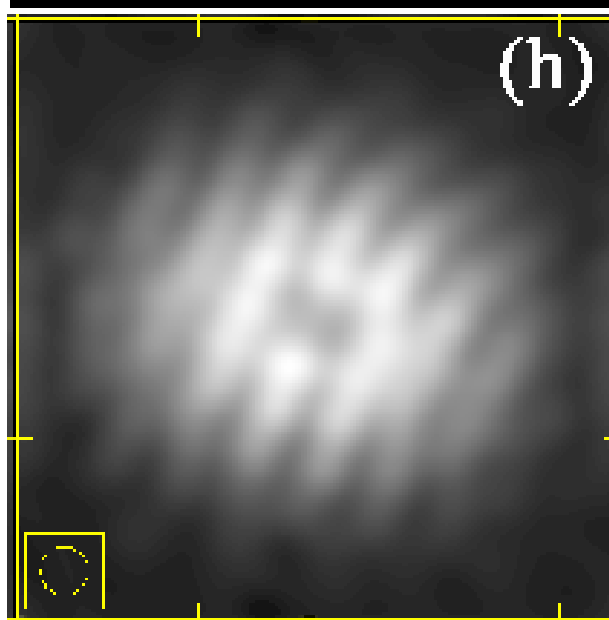
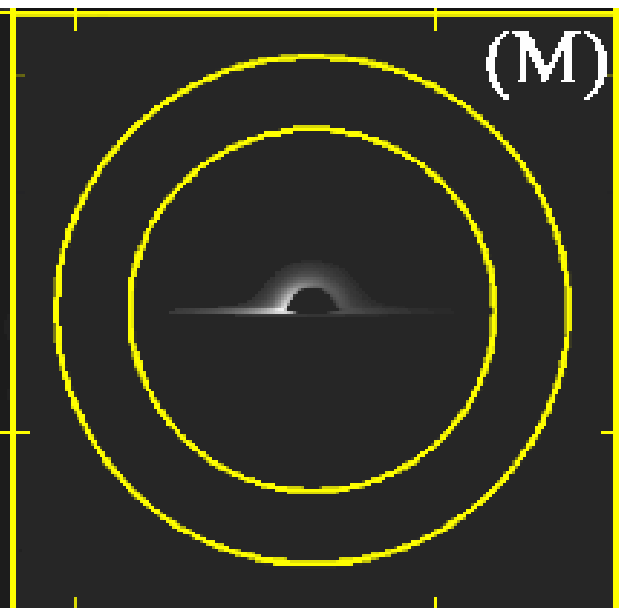
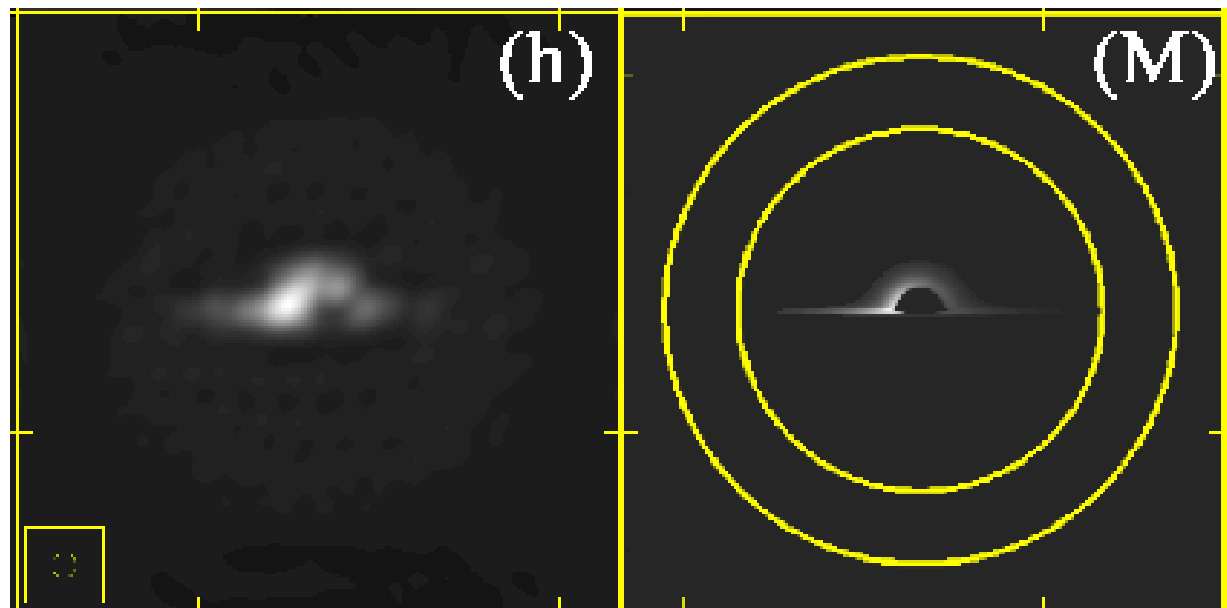
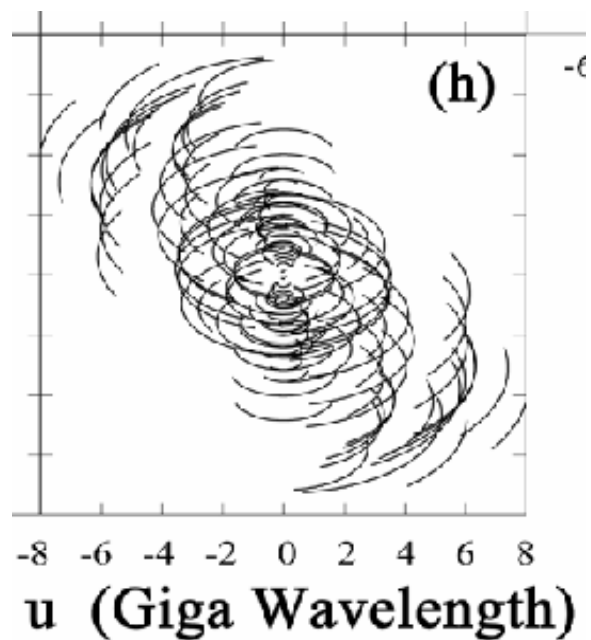
(成果: 降着円盤での動的現象、ジェット生成など画像で)

4. (2030年?) スペース・サブミリVLBIの展開

(成果: 多数の(AGN)降着円盤の観測)

基線;地上でたりる

南半球 10局 構成の 場合



クリーン後

像モデル

適地を選べば、地上で始められる。

1. まずサーベイを行い、しっかり適地を選定
2. 二,三局規模のサブミリ波VLBIネットを日本で先導できないか？

(成果: event horizonの確認、SgrA*, CenA, M87)

この時点で大きな成果が期待できる！

この後の日本のイニシアティブが確保できる！

3. (2010年以降)既存のSMA, CARMA, VMT、いくつかの新局含め10局程度を国際協力で。

(成果: 降着円盤での動的現象、ジェット生成など画像で)

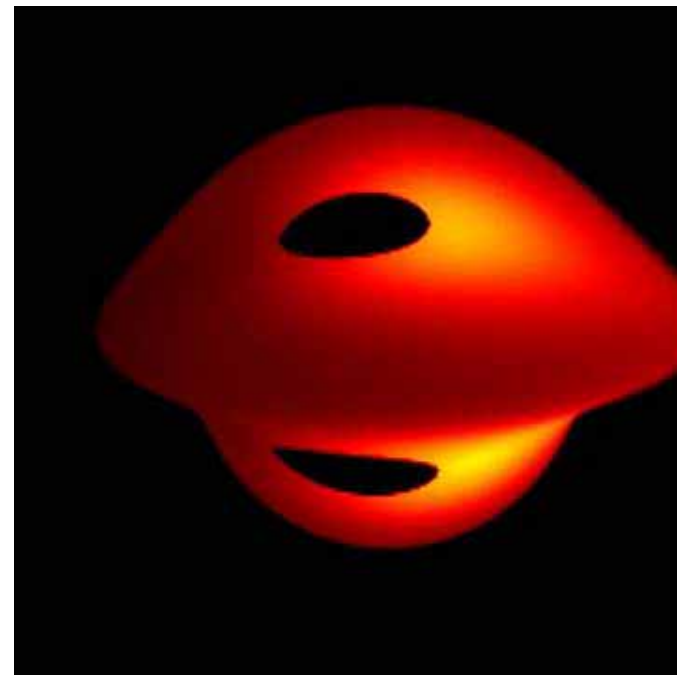
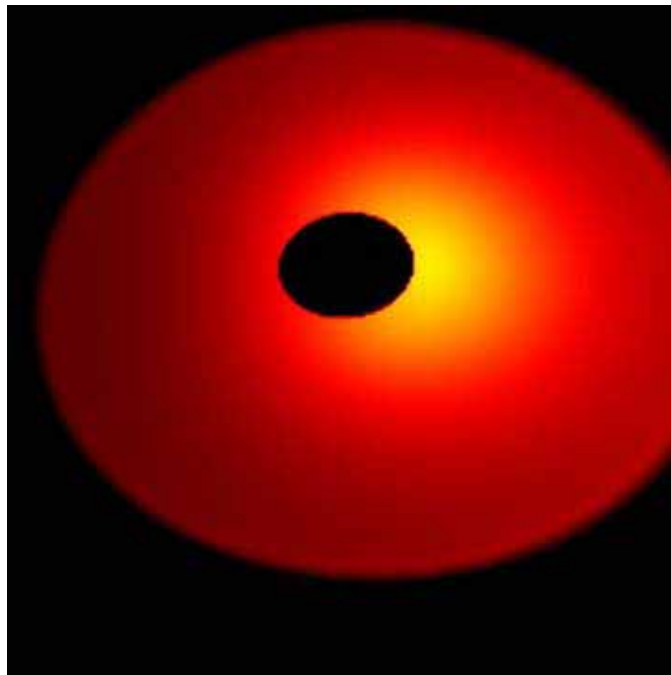
4. (2030年?) スペース・サブミリVLBIの展開

(成果: 多数の (AGN) 降着円盤の観測)

傾斜角 = 45度

傾斜角 = 80度

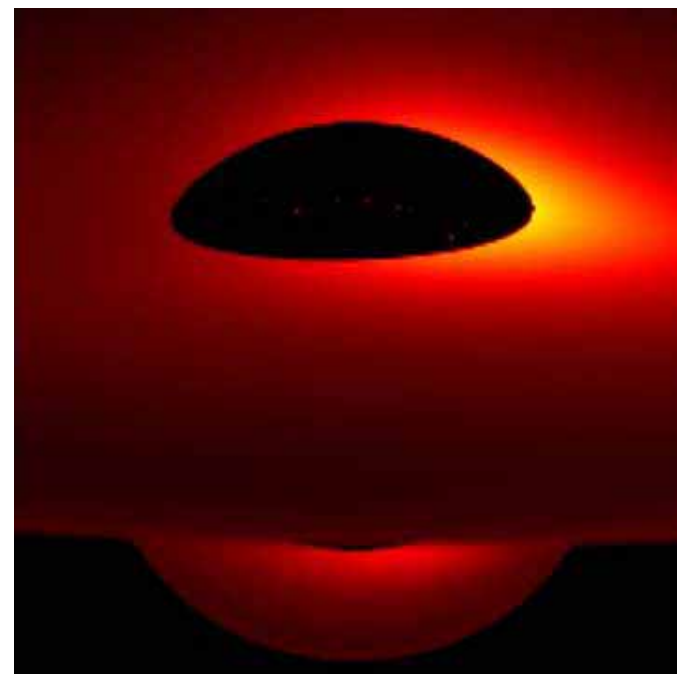
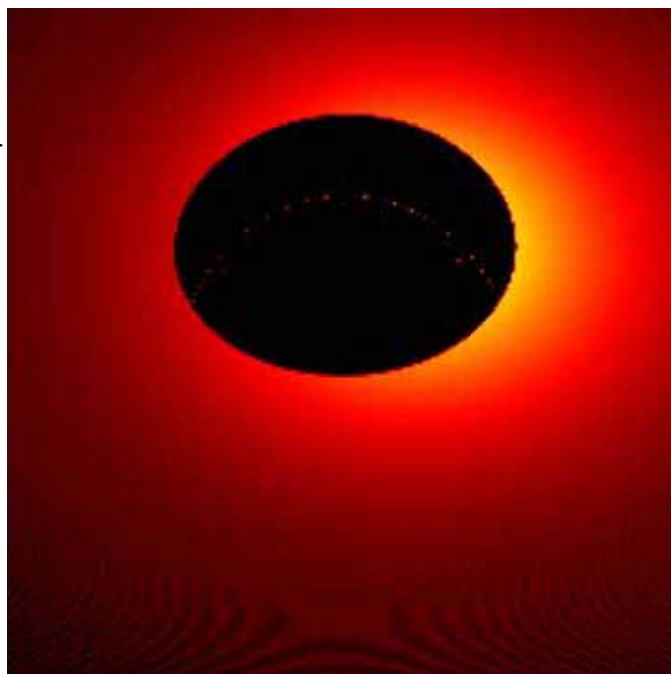
Kerr
ホール
ADAF
($H=1$)、
軸対称



230
GHz

SgrA*

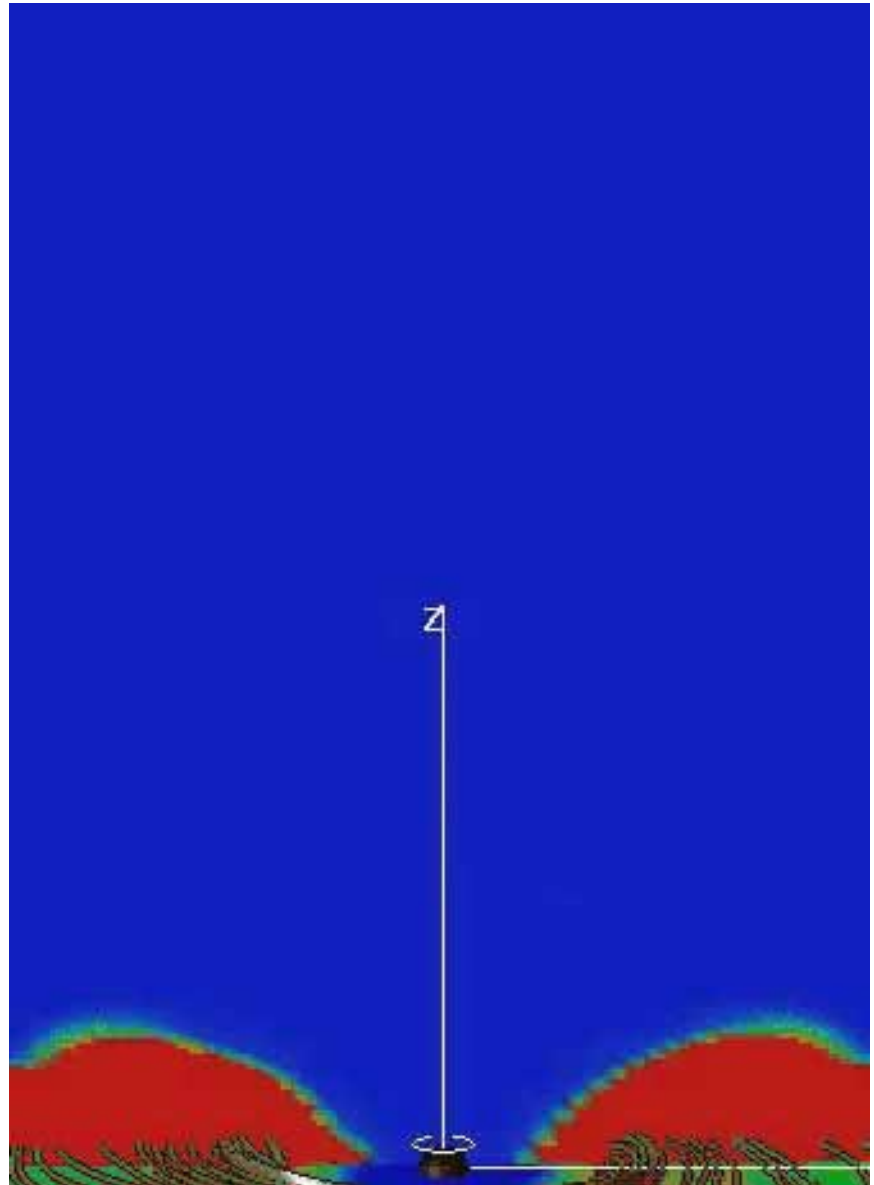
Schwarzschild
ADAF
 $H=1$
軸対称



Takahashi
et al (04?)

12 R_s

加藤らのタワージェット形成



相関器。あまり心配していない。

動向を見た上で。

PCベースのK5、ソフトウェア相関処理。。。。
をみると、低コスト化

大時代的な「相関局」ではないだろう。