

「視力50万の瞳」が捉えた「ソンプレロ銀河」 の中心に潜む超巨大ブラックホールの周辺構造

日本天文学会 秋季年会 記者発表 2013年9月9日

秦 和弘（研究代表者）

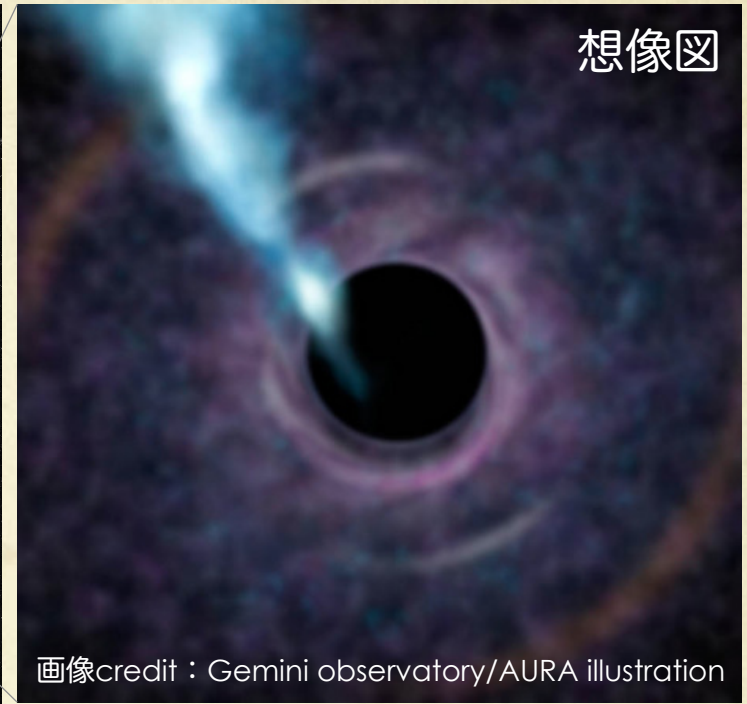
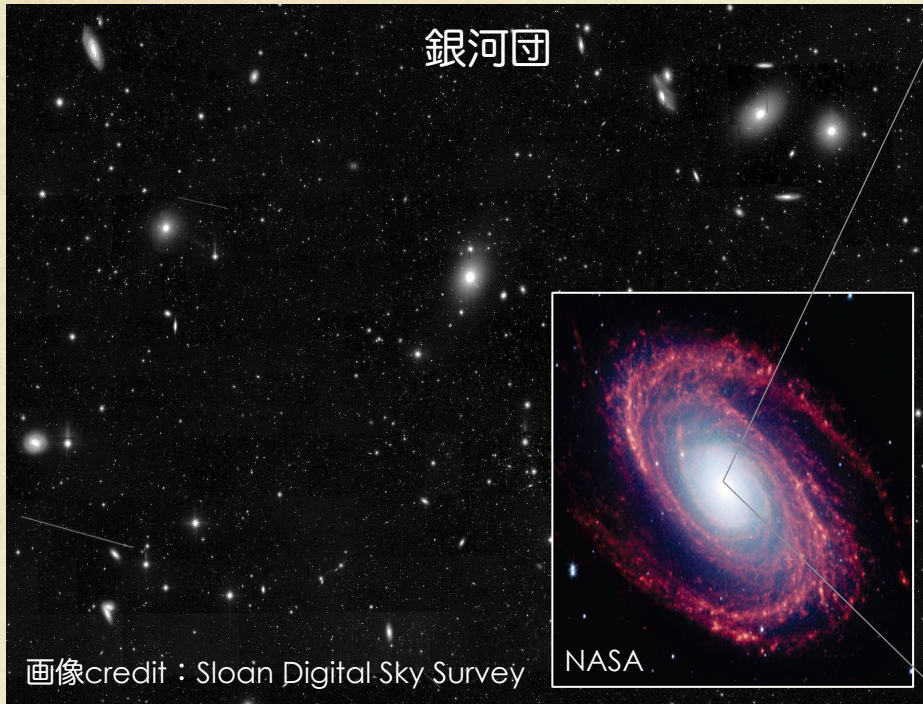
国立天文台/イタリア国立宇宙物理学研究機構/日本学術振興会特別研究員

研究グループ同席者： 永井 洋（国立天文台）

本研究の概要

- ソンブレロ銀河の中心に潜む「草食系」超巨大ブラックホール(BH)の周辺構造を、位相補償VLBI技術を駆使して高感度・超高解像度観測
- すばる望遠鏡やハッブル宇宙望遠鏡の100倍以上細かい解像度（視力）でソンブレロBH周辺構造を検出・撮影することに世界で初めて成功。更に、BHから南北2方向に向かってガスが「噴出」する様子を鮮明に捉えた
- 巨大BHからガスが「噴出」するメカニズム解明に向けた手がかりとなると共に、「ブラックホール本体の直接撮影」実現に向けて大きな弾み

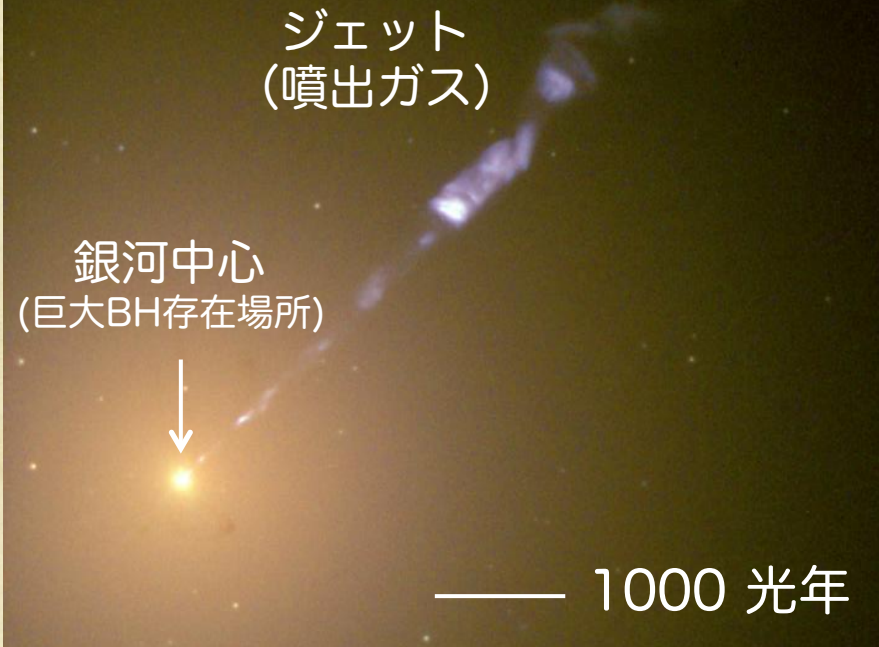
巨大ブラックホール



- 多くの銀河の中心部には超巨大ブラックホールが存在 (太陽質量の100万~100億倍)
- ブラックホール(BH)とは強い重力場によってあらゆる物を吸い込む高密度天体
- 巨大BHの周辺構造を観測し、活動メカニズムを解明することは現代天文学の最重要課題の1つ

「肉食系」巨大ブラックホール

おとめ座A(M87)の
ハッブル宇宙望遠鏡(可視光)写真

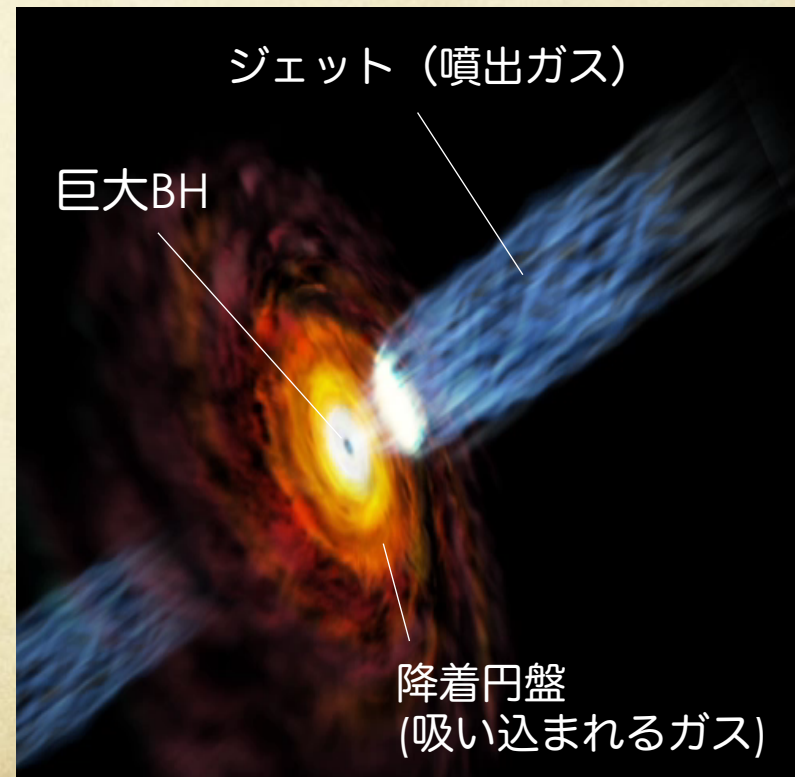


NASA and the Hubble Heritage Team

- BH自身は見えませんが、周辺の高エネルギー現象をもとにBHの性質を研究可能
- 周囲(観測者)への猛烈な自己アピール
→ 「肉食系」

- 一部の巨大BHは極めて激しく活動
- 物質を吸込むだけでなく、光速の99%以上の速度で、数千～数万光年に渡って**ガスを噴出 (ジェット)**

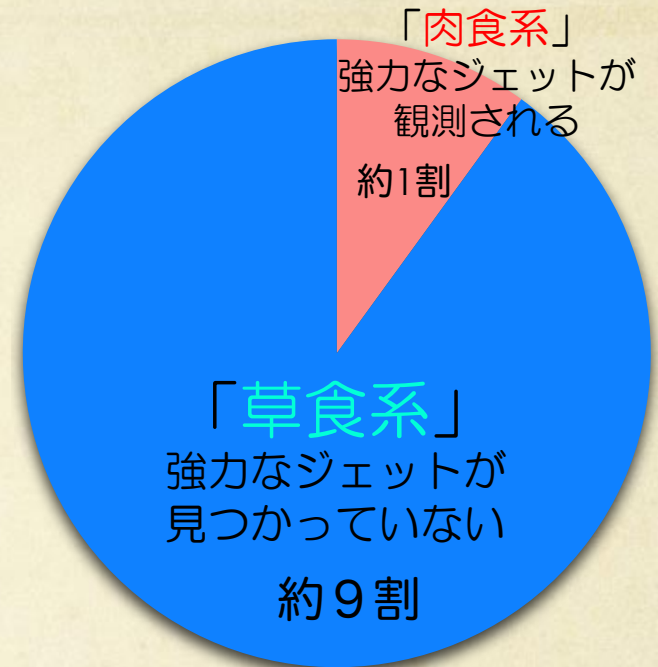
「肉食系」巨大BH M87の想像図
(研究チーム2011年 Nature 記者発表資料より)



しかし巨大BHの多くは「草食系」？

- 宇宙に存在する大多数の巨大BHでは大規模なジェットが未だ見つからない
 - 自己アピール控えめ「草食系」
 - 私たちの住む天の川銀河の中心の巨大BHもこの仲間
- 光度や活動性が弱いものが多いため観測が難しく、この種のBHの周辺構造は肉食系に比べあまりよくわかっていない

巨大BHの存在割合

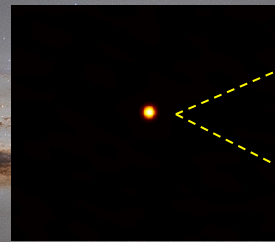


今回の研究チームの目標

宇宙の多数派を占める「草食系」BHの生態を明らかにしたい。ジェットは肉食系だけに存在する特別な現象なのか？それとも草食系にも存在するのか？BH活動メカニズムを解明する上で長年に渡る疑問

ソングレロ銀河 (M104, NGC4594)

- 地球から約2900万光年の距離にある大変有名な渦巻銀河
- 中心に太陽質量の約10億倍の草食系BH (宇宙最大クラス)



ハッブルと同等の解像度
を持つ電波望遠鏡の写真



- 草食系の代表格。中心部の光度は微弱で点源状、ブラックホール周辺の詳しい構造は未だよくわかっていなかった
- 「BHに肉薄する高い解像度(視力)」と「微弱な信号を鮮明に検出すること」が必要

人類最高の「瞳」：VLBIとは

～ ブラックホールごく周辺まで直接迫ることができる唯一の観測技術 ～

実効口径約8000kmの巨大電波望遠鏡



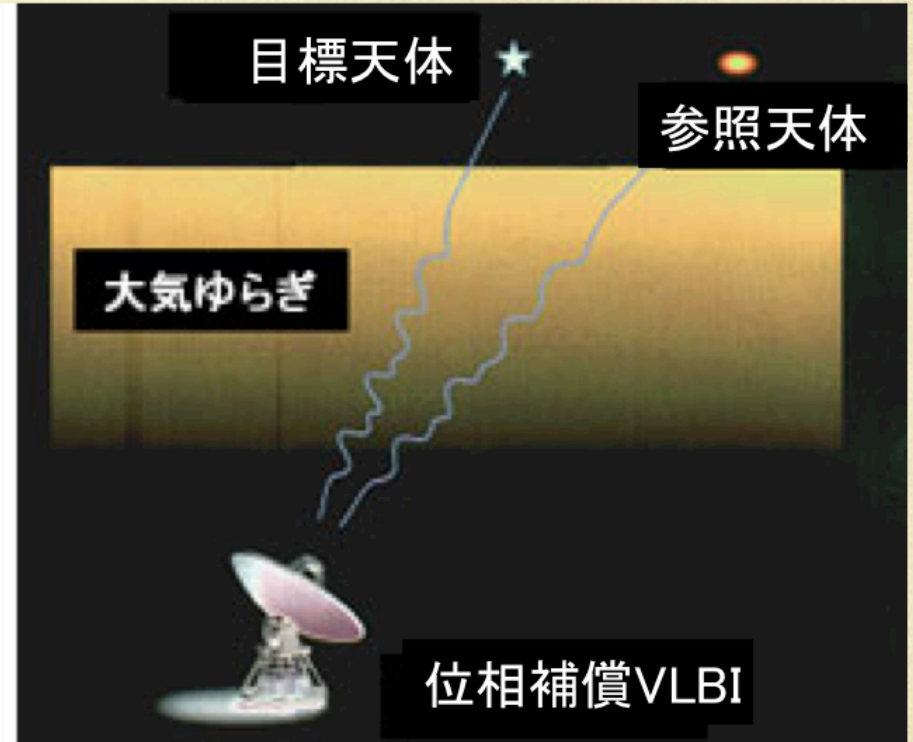
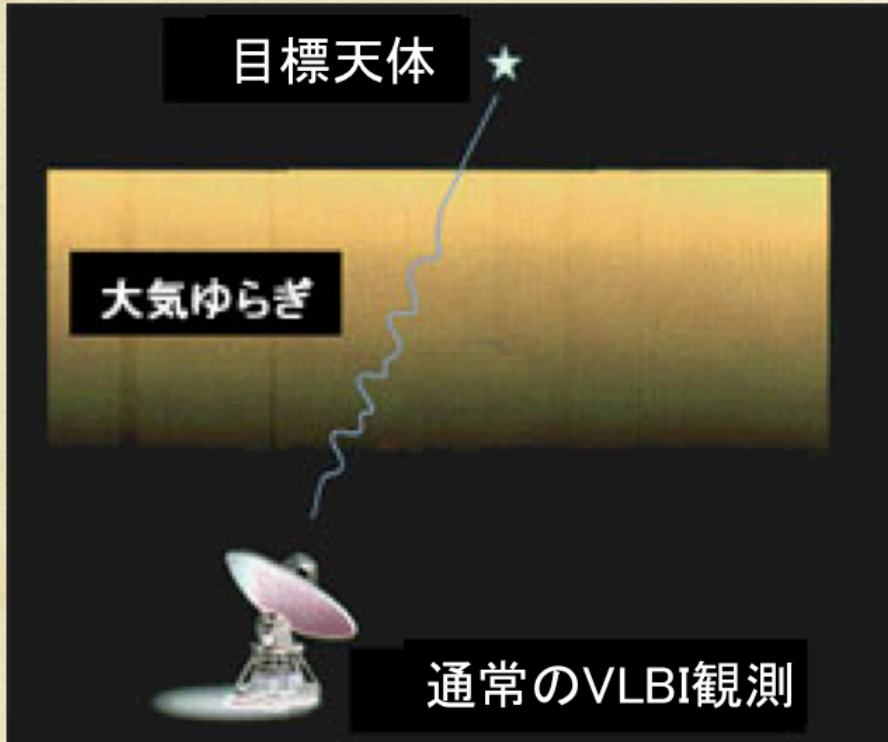
- 超長基線電波干渉計
(Very Long Baseline Interferometer)
- 各地の電波望遠鏡を繋ぎ、地球サイズの実効口径を持つ巨大電波望遠鏡を実現する技術
- あらゆる天文観測装置の中で圧倒的な解像度を実現

今回用いた世界最大級のVLBI観測網「VLBA」
全米に散らばる10台の電波望遠鏡から構成

	口径 D	波長 λ	解像度 (λ/D)	視力
人間の瞳	約 3mm	約550nm	約 30秒角	約2
すばる望遠鏡	約 8 m	約2.4 μ m	約 0.06 秒角	約1000
ハッブル望遠鏡	約 2.4 m	約550nm	約 0.05 秒角	約1200
VLBI	約 8000 km	約1cm	約 0.0003 秒角	約200000

表：解像度は口径と波長で決まる。電波のVLBIは波長が長いため不利であるが、実効口径の大きさとで圧倒的な解像度を実現する。

位相補償VLBI手法

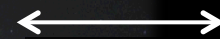


画像クレジット：国立天文台

- 目標天体と隣接する参照天体をほぼ同時に観測することで、**地球大気によるゆらぎの影響を除去**する技術
- 暗い天体からやってくる**微弱な電波**でも大気擾乱に埋もれることなく**鮮明に検出**することが可能になる

観測結果

満月(0.5度角)



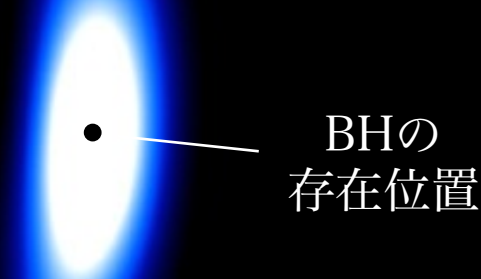
解像度 約40倍



10000 光年

VLBI電波 43GHz
(視力 約50万)

更に 約10倍



○ BH周辺構造を約140マイクロ秒角（1度角の2600万分の1）の解像度で検出・撮影に成功

○ ハッブル望遠鏡の約400倍の解像度

○ シュバルツシルト半径の数10倍の領域

● 20 Rs

草食系BHにも噴出ガスを発見！

THE SOMBRERO GALAXY

ハッブル宇宙望遠鏡

10000 光年

VLBI電波 5GHz
(視力 約5万)

1 光年

空間解像度

VLBI電波 43GHz
(視力 約50万)

0.01 光年
● 20 Rs

地球に近づく
噴出ガス

BHの
存在位置

地球から遠ざかる
噴出ガス

空間解像度

今回明らかになったソムブレロ
巨大BH周辺構造 (想像図)

北側噴出ガス
(地球に近づく向き)

巨大BH
(草食系)

降着円盤
(本観測では検出されず)

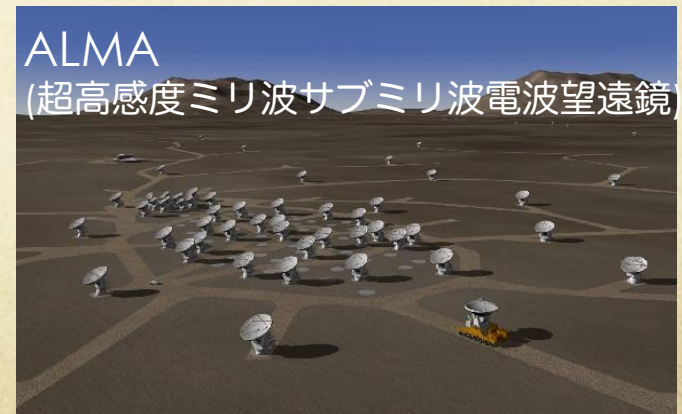
南側噴出ガス
(地球から遠ざかる向き)

国立天文台/AND You Inc.

- 全長わずか1光年程度ながら、BHから南北2方向にガスが対称的に噴出する様子を捉えた
- 輝度比などを調べた結果：光速の約20%以下程度の速度で北側成分が我々に近づく方向、南側成分が遠ざかる方向に噴出していることまでわかった

本研究成果の意義

- 草食系BHにも小規模ながらジェット（噴出ガス）が存在
 - **ガス「噴出」は多くの巨大BHが備える「共通能力」**であることを示唆
- しかしなぜ、どうやって噴出？強弱をもたらす原因は？
 - 詳しいメカニズム解明は本研究だけではまだ不十分
- 吸い込めるガス（降着円盤）の性質も一緒に調べる必要
 - 現在**ALMA望遠鏡**（降着円盤が検出しやすい波長帯での次世代高感度電波望遠鏡）も用いてBH周辺構造を更に詳しく観測中



画像クレジット：NRAO

まとめ

- 宇宙の多数派を占める「草食系」巨大BH。その周辺構造は「肉食系」に比べ未知な部分が多かった
- 「位相補償VLBI手法」を駆使することで、草食系の代表格「ソングレロ銀河」中心の超巨大BHの周辺構造を高感度・超高解像度撮影
- 巨大BHの周辺構造を約140マイクロ秒角（1度角の約2600万分の1、視力約50万）の解像度で検出・撮影に成功。ハッブル望遠鏡の約400倍の解像度。シュバルツシルト半径の僅か数10倍程度の領域に迫る
- BHから南北2方向にガスが噴出する様子を鮮明に検出
- ここまで詳細に草食系BHの周辺構造を明らかにした例は今回が初めて
- 「ガス噴出」は多くのBHが持つ「共通能力」であることを示唆。BHの活動メカニズムの解明に繋がる

今後の展望：視力「300万」の瞳へ

Event Horizon Telescopeプロジェクト

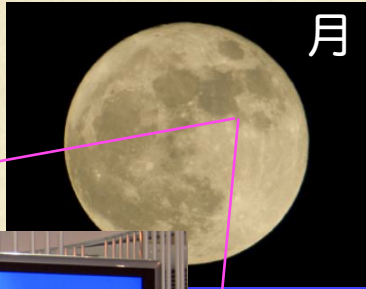


理論計算による「黒い穴」の見え方予測の例



- 「ブラックホール本体の直接撮影」：現代科学における究極的目標の1つ
- 世界中のミリ波サブミリ波電波望遠鏡をつなげて更に高い解像度（約20マイクロ秒角）を得る国際VLBIプロジェクトが現在進行中
 - Event Horizon Telescope 「事象の地平線望遠鏡」
 - 研究チームを含め日本からも国立天文台を中心に参加
- 今回BHの僅か数十倍の領域まで撮影できた -> 実現に向けて大きな弾み
 - 今後数年以内にBH本体の直接撮影を目指す

ご期待ください！



家から月にある薄型テレビが楽しめる
(26インチ以上推奨)



仙台から沖縄にある
新聞が楽々読める



視力「50万」の生活

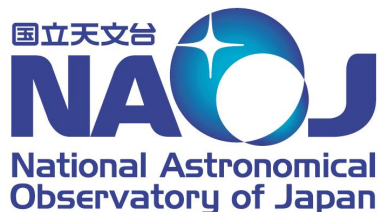
本研究成果のwebサイトは
こちら

<http://www.miz.nao.ac.jp/content/pr/pr20130909/c01>

補足資料

研究チーム

- 秦和弘（国立天文台水沢VLBI観測所/イタリア国立宇宙物理学研究機構/日本学術振興会特別研究員）
- 土居明広（宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所・助教／総合研究大学院大学）
- 永井洋（国立天文台チリ観測所・特任助教）
- 井上允（台湾中央研究院・特聘研究員）
- 本間希樹（国立天文台水沢VLBI観測所・准教授/総合研究大学院大学）
- Marcello Giroletti（イタリア国立宇宙物理学研究機構）
- Gabriele Giovannini（イタリア国立宇宙物理学研究機構）



関連webサイト

- 研究チームの過去の関連研究 (M87) 記者発表資料 (2011年9月 国立天文台)
 - <http://www2.nao.ac.jp/~m87blackhole/>
- 国立天文台水沢VLBI観測所webページ
 - <http://www.miz.nao.ac.jp/>
- サブミリ波VLBI (Event Horizon Telescope) webページ
 - <http://www.miz.nao.ac.jp/submilli/top/>
- ALMA望遠鏡 webページ
 - <http://alma.mtk.nao.ac.jp/j/>