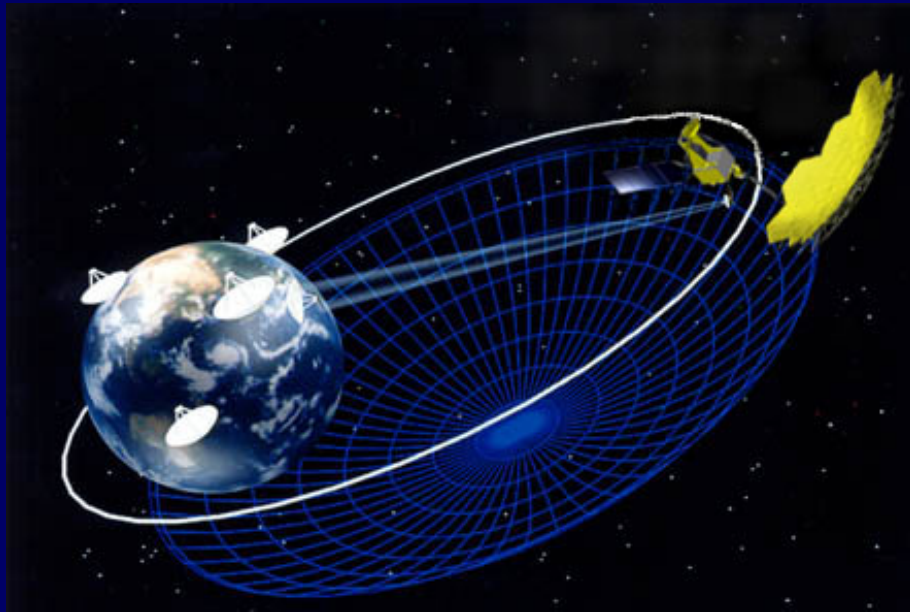


VSOP-2計画

ASTRO-G

(ASTRO-E2 X線「すざく」、ASTRO-F: 赤外線「あかり」)



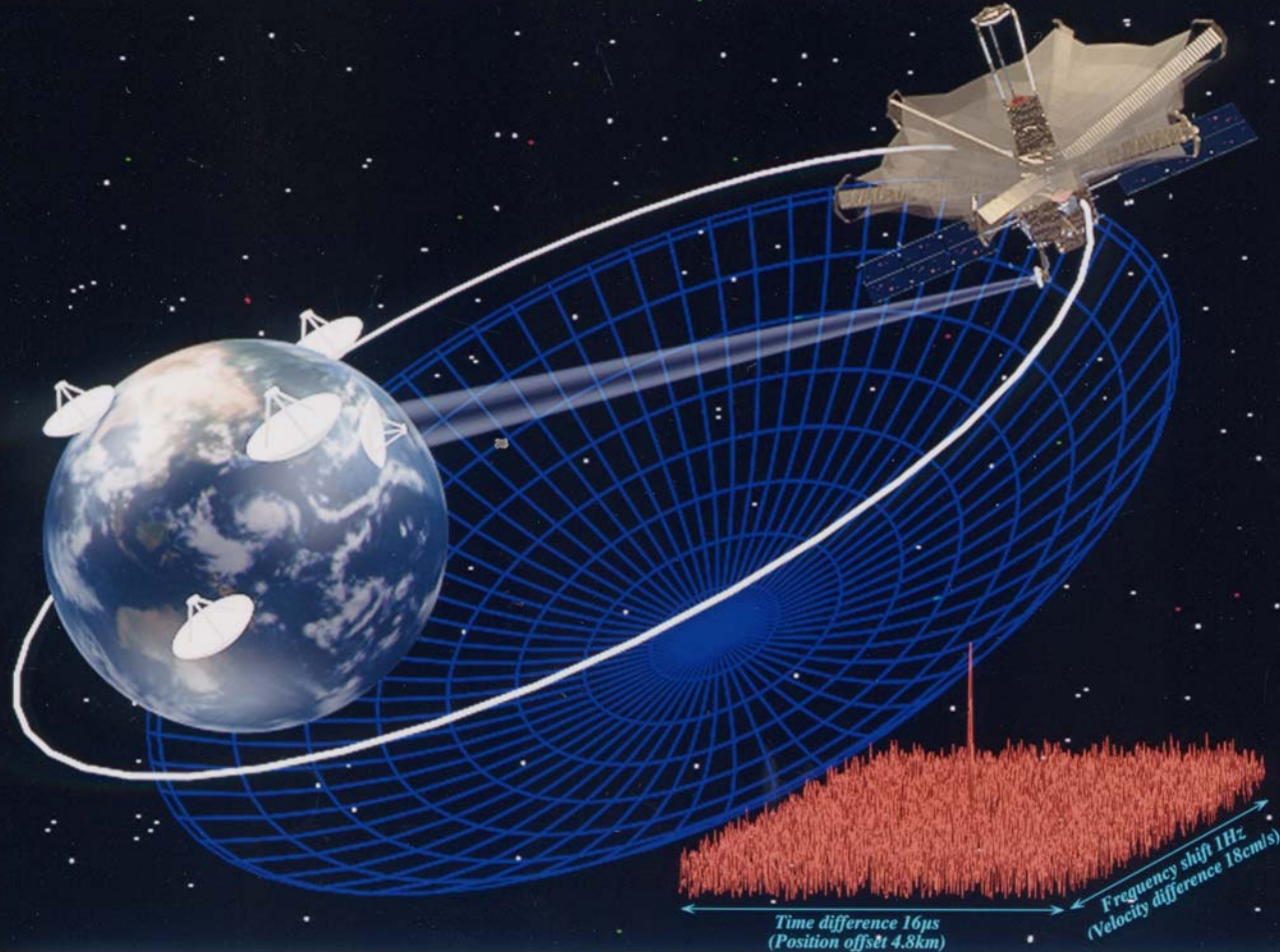
次期スペースVLBI WG

JAXA/宇宙研

村田泰宏 (murata.yasuhiro@jaxa.jp)

「はるか」/VSOP

1997-2005 世界初のスペースVLBIミッション



The ISAS satellite HALCA and the Usuda 64m antenna conducted their first successful interferometric test on 7th May 1997 during observations of the quasar PKS1519-273 at a wavelength of 18cm. The spike shows the first 'fringes' --- the coherent combination of the signals from the two elements --- at the VSOP correlator in Mitaka, NAO. This is a major step towards the synthesis of a radio telescope bigger than the Earth.

HALCA terminated Operation

at 30 Nov. 2005



プロジェクトとしては、
2006年3月で終了



Launched at Feb. 1997

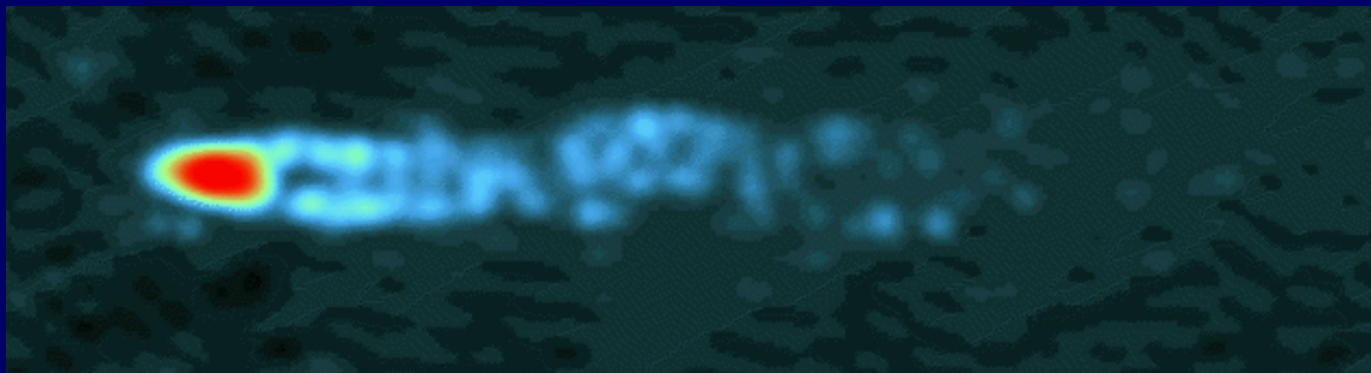
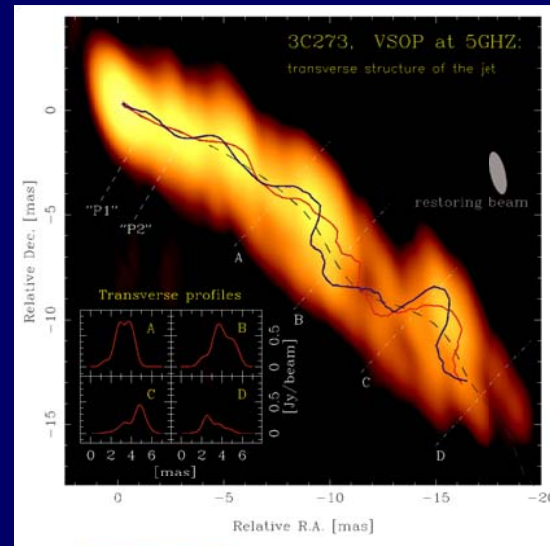
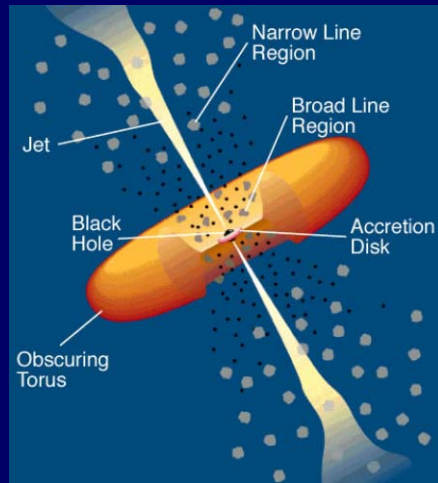
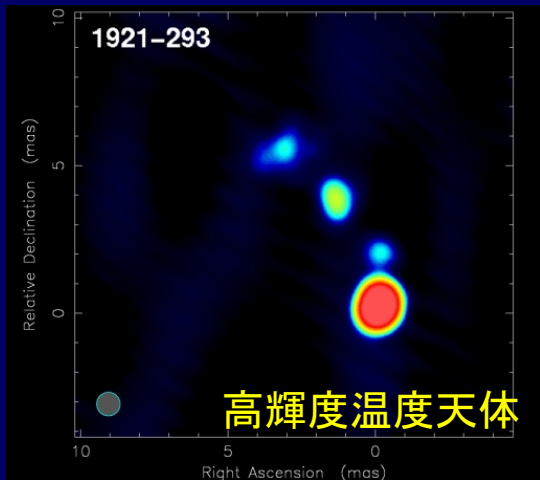


The ISAS satellite HALCA and the Usuda 64m antenna conducted their first successful observation of the quasar PKS1519-273 at a wavelength of 18cm. The spike shows the first 'fringe' elements --- at the VSOP correlator in Mitaka, NAO. This is a major step towards the

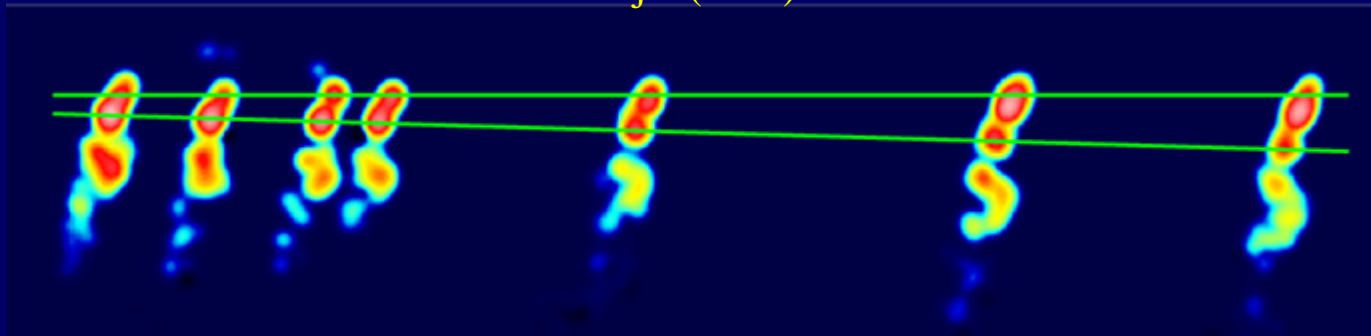
synthesis of a radio telescope bigger than the Earth.

2005/11/30 10:27

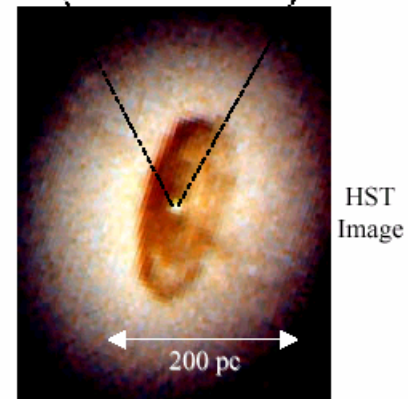
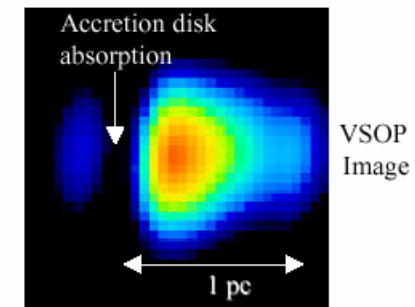
VSOPの観測結果



Detailed structure of the AGN jet (M87)



4 year monitoring of the AGN jet (1928+738)



Accretion Disk in NGC 4261

受賞

IAA (International Academy of Astronautics) チーム栄誉賞



「はるか」を中心にスペースVLBIを世界最初に実現した国際VSOP チーム (JAXA、国立天文台及び世界の研究機関のメンバーで編成) 2005年のチーム栄誉賞を受賞した。

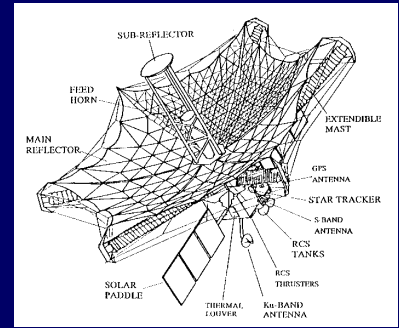
IAAチーム栄誉賞は2001年に創設され、宇宙航空関係の分野で科学者、工学者、マネージャー達が一体となって輝かしい成果をあげたチームに授与されている。

これまでの受賞は、
ミール宇宙ステーション (2001年)
スペースシャトル (2002年)
SOHO (太陽・太陽圏観測所) (2003年)
ハッブル宇宙望遠鏡チーム (2004年)

PASJ 論文賞 (Space VLBI Hirabayashi et.al. 1998)

VSOP のビデオ(DVD) 2006年 科学映像部門 文部大臣賞

VSOP-2 計画



VSOP-2 は、VSOP計画に続く
スペースVLBI計画であり、
より高性能の観測装置である。

10 倍の 高感度。

10 倍の 高周波数観測

10 倍の 高解像度

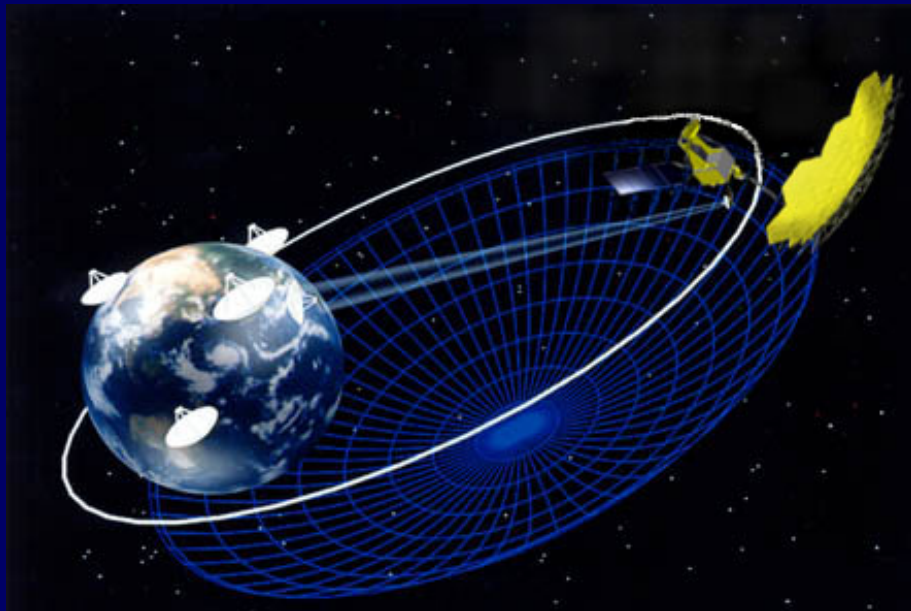
約 40 マイクロ秒角 (43 GHz)。

観測バンド 8, 22, 43 GHz

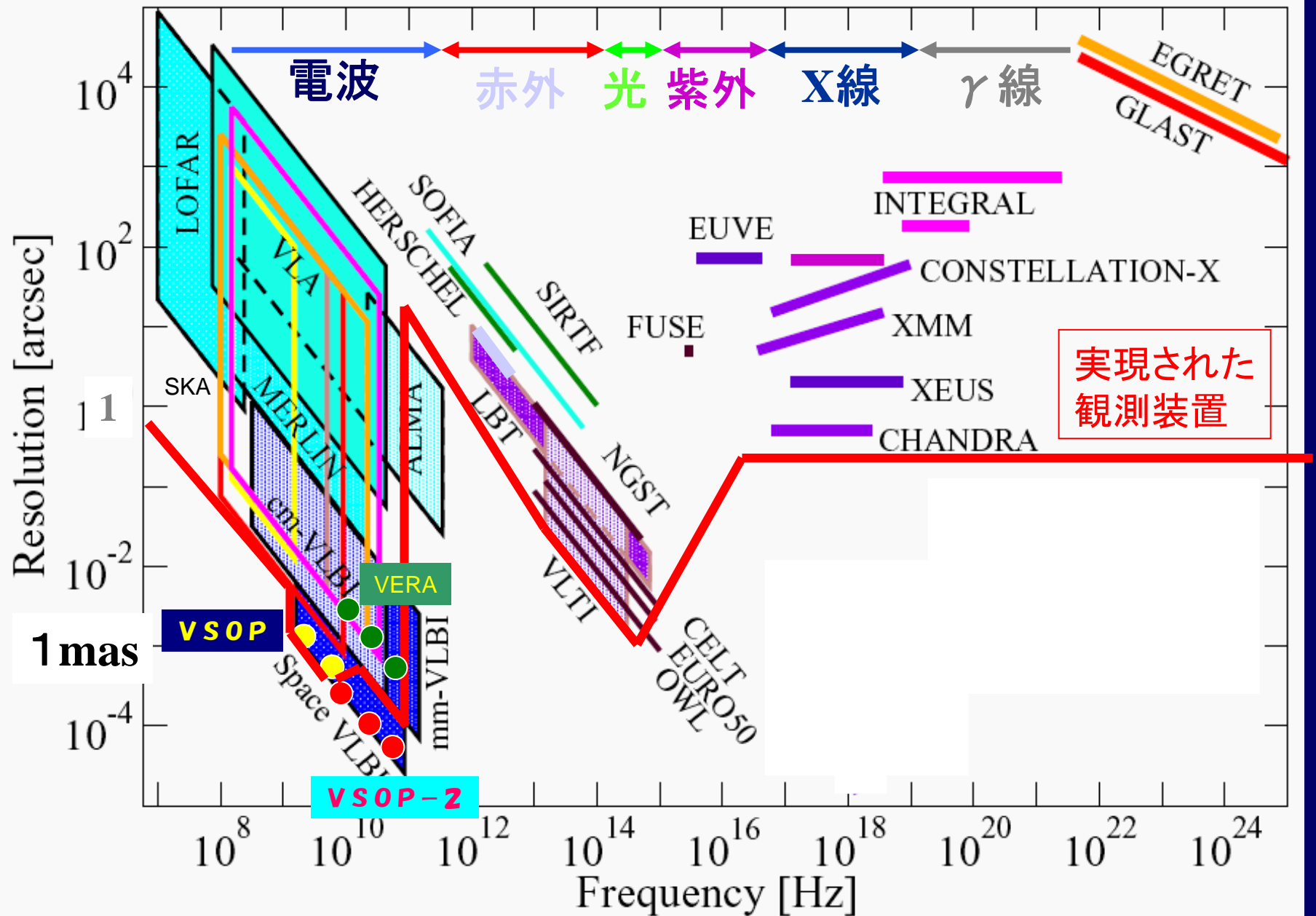
(波長 3.8, 1.3, 0.7 cm)

偏波観測性能

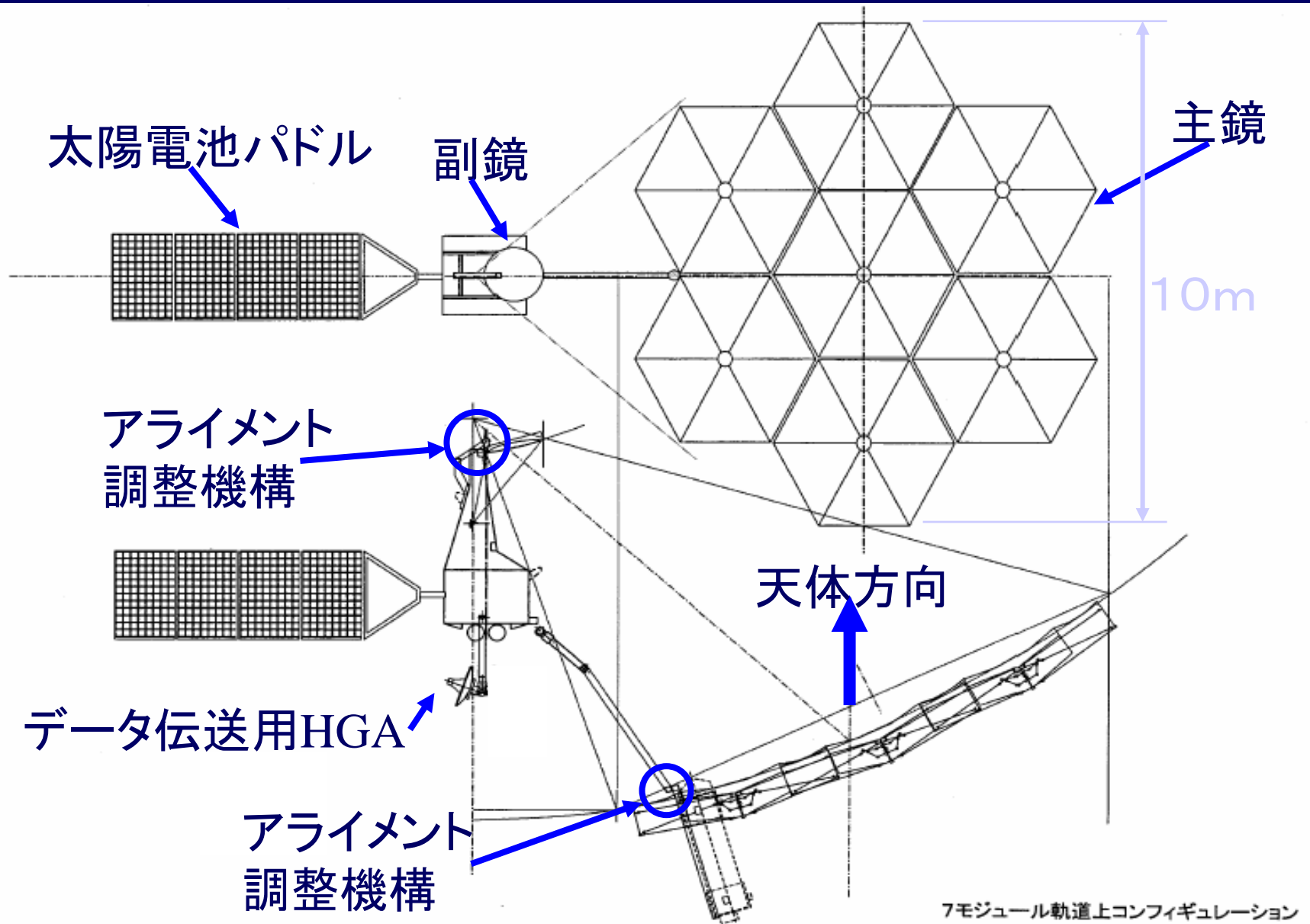
位相補償観測性能



全波長での主な望遠鏡の解像度

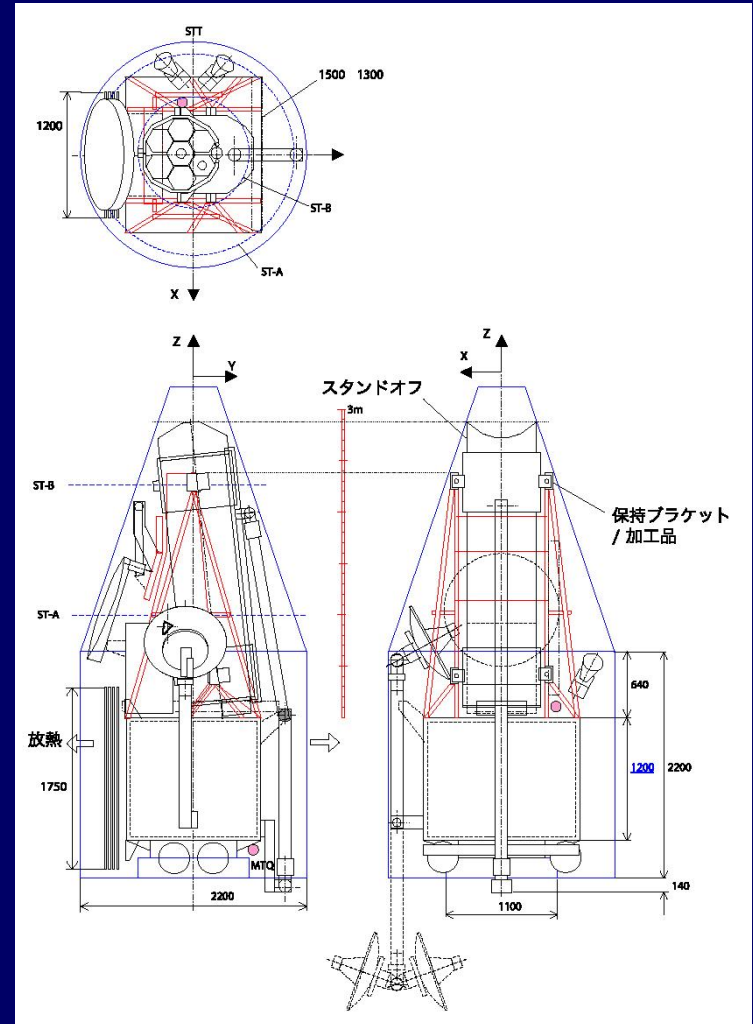


VSOP-2 衛星



軌道およびロケット

- 打ち上げロケット: 未定
- 軌道 (括弧内は「はるか」)
 - 遠地点高度 25,000 km
(21,300 km)
 - 近地点高度 1,000 km
(560 km)
 - 軌道傾斜角 31° (31°)
 - 軌道周期 7.5 時間 (6.3 時間)
- 衛星重量 910 kg (831 kg)
 - 10%の重量マージンを確保
- 発生電力 1,800 W (700 W)



打ち上げロケットについて

- M-Vロケットは、先日(9/23)のSOLAR-B(ひので)の打ち上げをもって終了
- ASTRO-Gの打ち上げロケットは？
 - M-V型ロケット後継機
 - 動き始めた小型ロケット計画では能力不足
 - 中型後継機は検討中
 - HIIAのあいのり
 - 外国ロケット
 - ASTRO-Gの軌道に入れられるロケットは、デルタ、長征クラス

現在未定

VSOP-2の能力と、VSOP、VLBAとの比較

	VSOP	VSOP-2	VLBA
アンテナ口径	8m	9m	25 m
遠地点高度	21,500 km	25,000km	0 km
軌道周期	6.3 時間	7.5 時間	1日
偏波	LCP	LCP/RCP	LCP/RCP
伝送帯域	128 Mbps	1 Gbps	512 Mbps*
観測帯域 (GHz)	1.6, 5, (22)	8, 22, 43	5,8,22,43,86
最大解像度	360 μ as	38 μ as	96 μ as
感度 (5/8 GHz)	158 mJy	25 mJy	7.9 mJy
(22 GHz)	N.G.	50 mJy	23 mJy
(22 GHz 位相補償) (1.5時間積分)	機能なし	6 mJy	5.3mJy
打ち上げ(予定)	1997年2月	2012年目標	運用中

- VLBAの観測帯域は、関連のもののみ。実際は、波長90cm から3mmまで11バンドある。
- VLBAは、観測に協力する地上望遠鏡であるとともにVSOP-2のライバルと言える。
- 感度は、相手望遠鏡の能力に依存する。位相補償感度については、参照天体の離隔や強度に依存する。あくまで参考値。

VSOP-2での観測能力

観測周波数	8 GHz	22 GHz	43 GHz
分解能	205 μ as	75 μ as	38 μ as
SEFD	4080 Jy	2200 Jy	3170 Jy
7 σ フリンジ検出感度 ¹	25 mJy	50 mJy	110 mJy
位相補償検出感度	6 mJy	8 mJy	11 mJy
イメージ雑音レベル ²	0.034 mJy/beam	0.064 mJy/beam	0.100 mJy/beam
輝度温度感度 ²	6.8 x 10 ⁷ K	1.3 x 10 ⁸ K	2.1 x 10 ⁸ K

1: 検出感度はVLBA25mアンテナ1素子と観測した場合。大口径アンテナの場合さらに下がる。

2: 衛星2周回(約12時間)をVLBA 10局と共に観測した場合。位相補償なしの場合

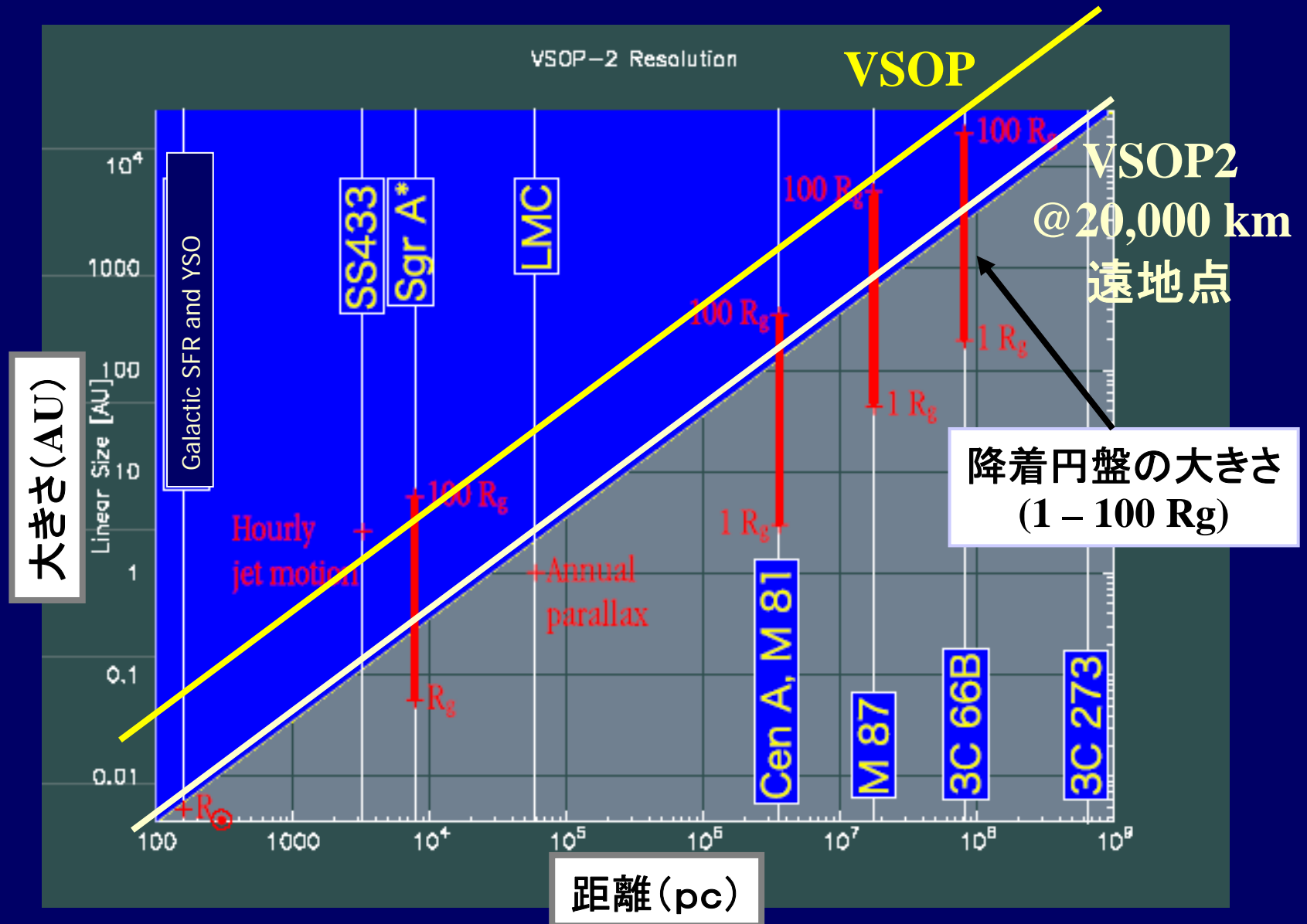
3: これらの数字は参考値である。観測条件、天体の構造、参加望遠鏡により変わる。

最終的には個別の観測ごとにあたる必要がある。

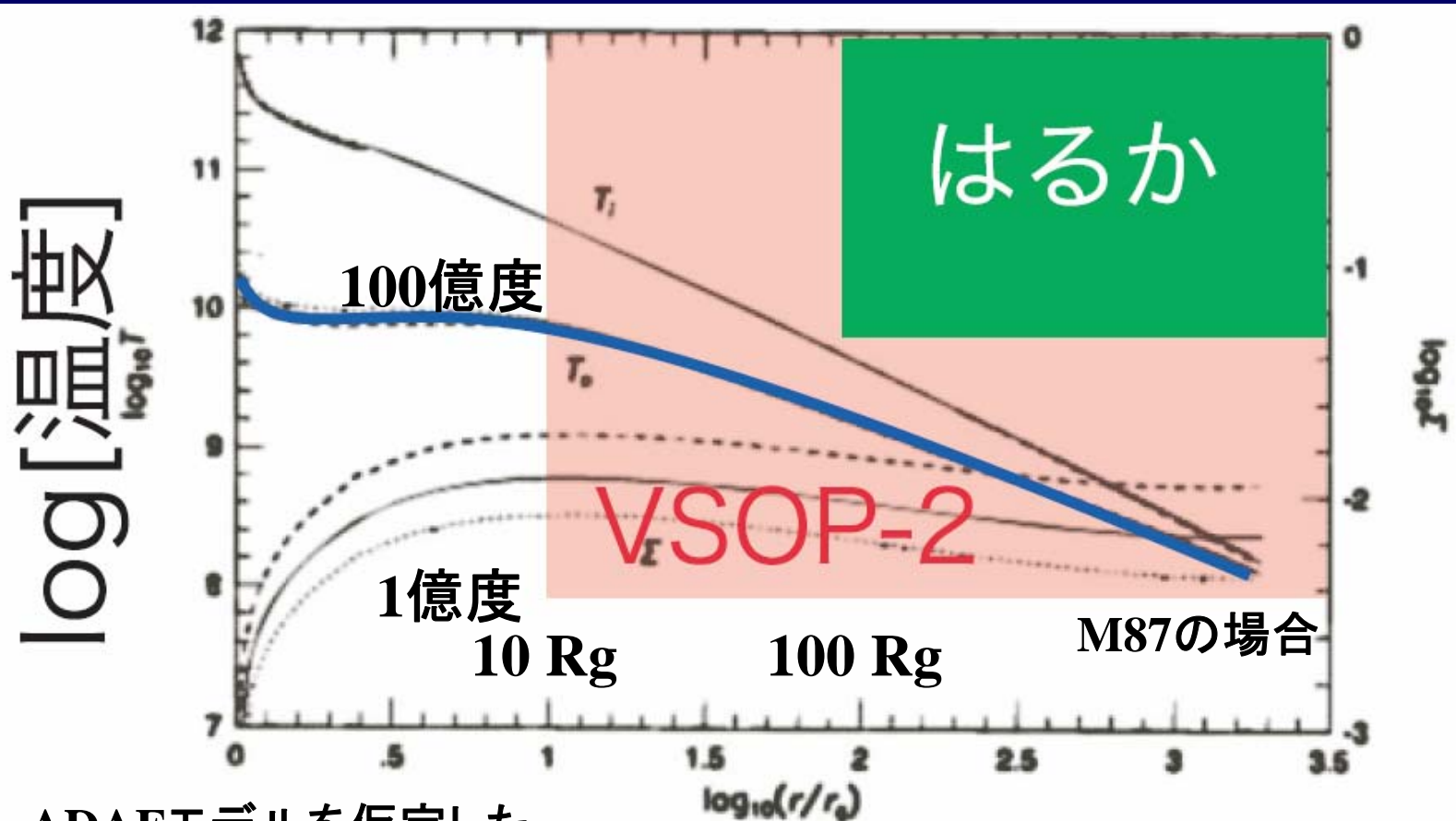
VSOP-2サイエンスのねらい

- 超高解像度を利用して、
 - AGNの降着円盤およびブラックホールのイメージを得る
 - AGNジェットがどのように出ているかを明らかにする。
 - 原始星の磁気圏の構造を明らかにする。
- 高感度観測による、
 - VSOPでは十分出来なかった、電波の弱いAGNやX線連星などの観測
- 新しい観測周波数帯
 - 水メーザを利用した、系外銀河、星形成領域のダイナミクスの観測
- 両偏波搭載
 - ジェット、降着円盤の磁場構造の解明

VSOP-2 の解像度と降着円盤の大きさ



降着円盤の温度構造



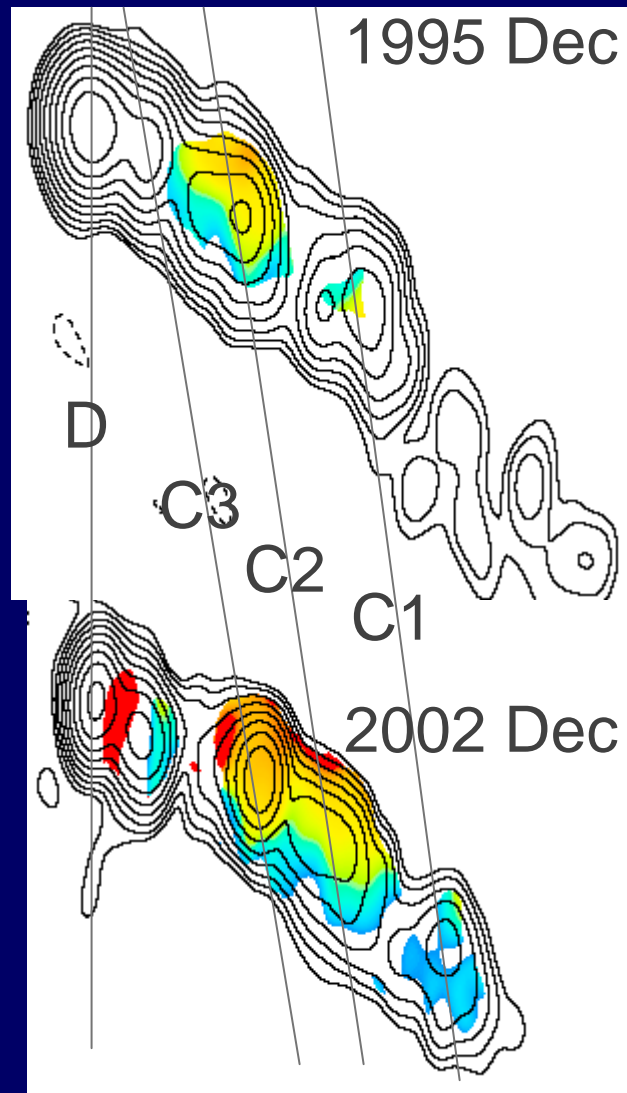
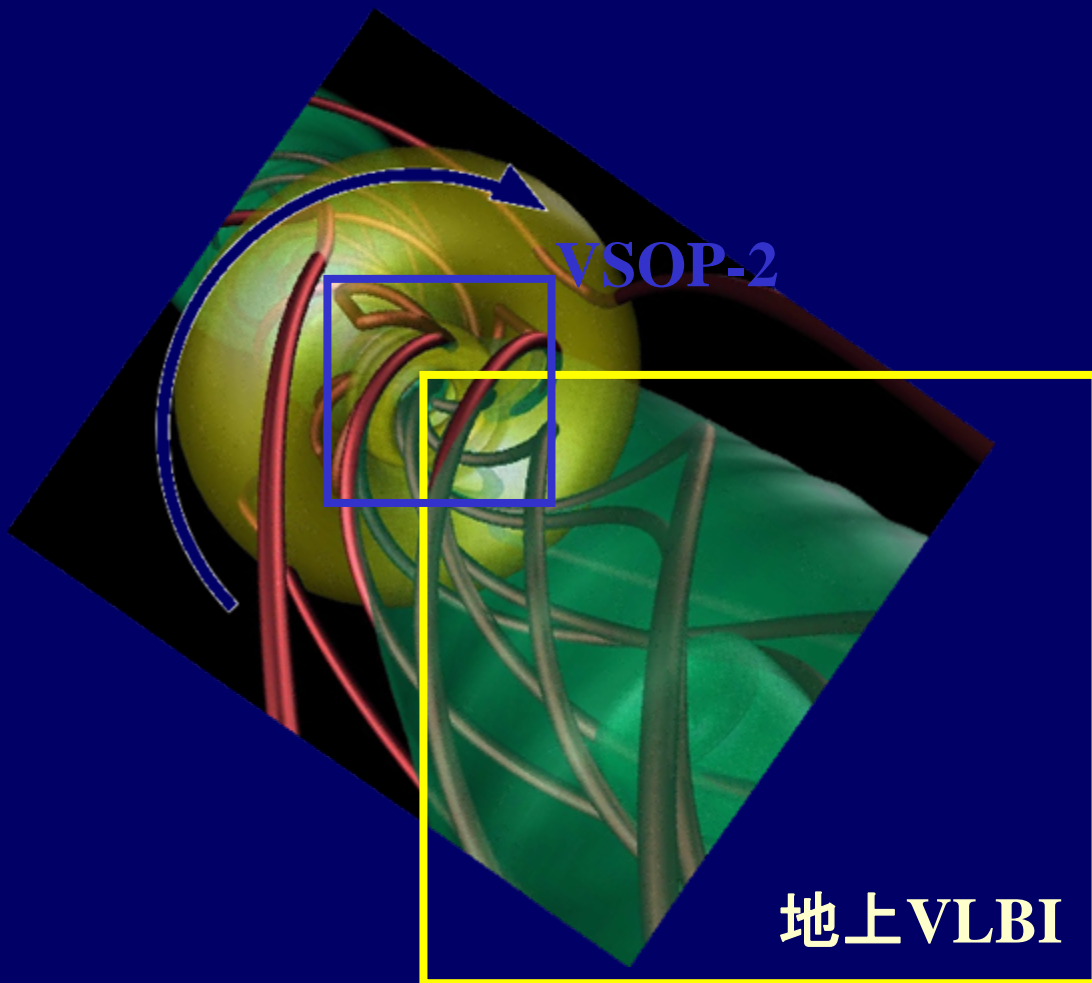
ADAFモデルを仮定した
場合のシミュレーション

$\log[半径/R_s]$

Manmoto et al. 1997, ApJ 489, 791

磁場構造とその運動:

3C273でのファラデー回転の観測による磁場構造の推定



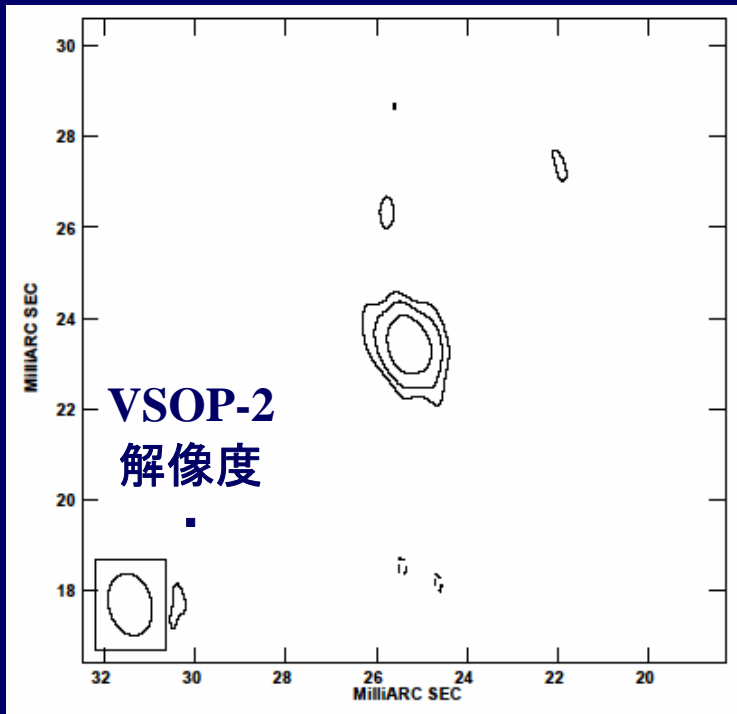
浅田 ほか (2002)

原始星磁気圏の観測

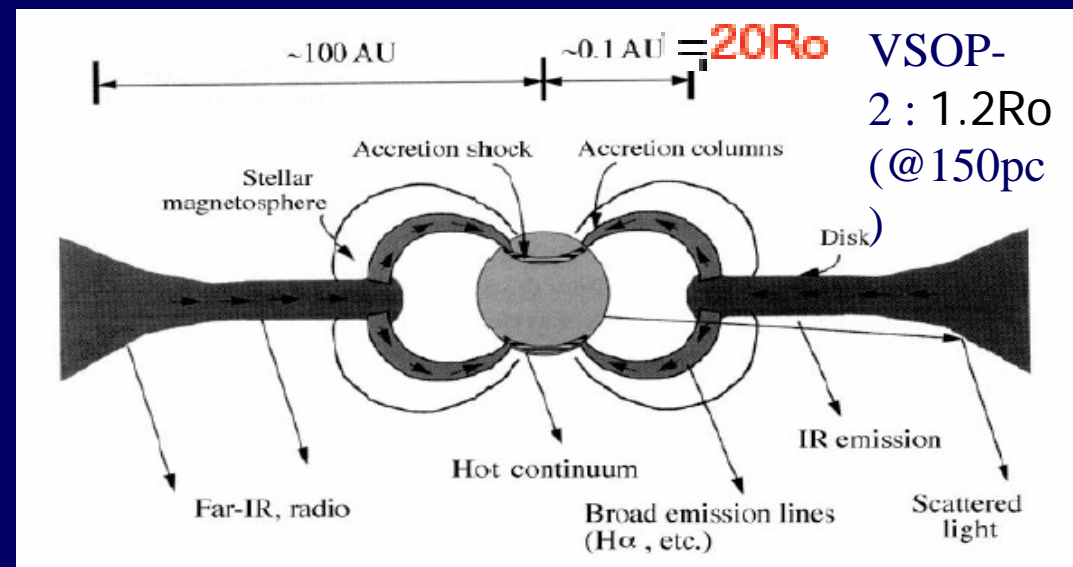
原始星からのX線放射
@オリオン分子雲



GMR-Aの地上VLBI観測
(22 GHz、1.4 x 0.95 mas)



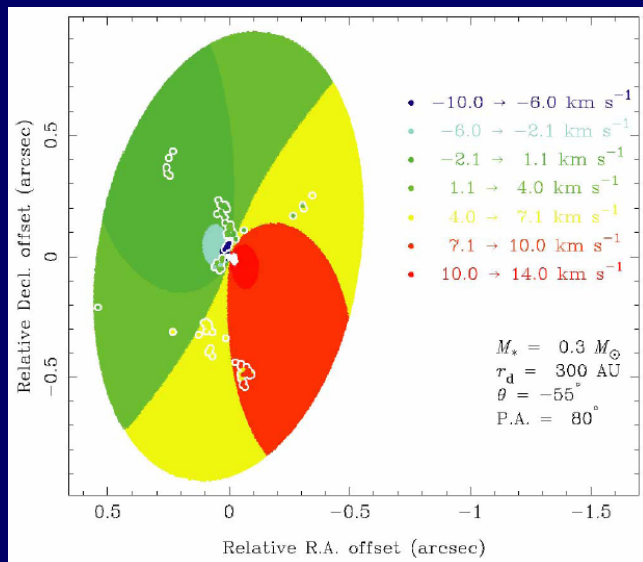
提唱されている
磁気圏モデル (Feigelson et al. 2002)



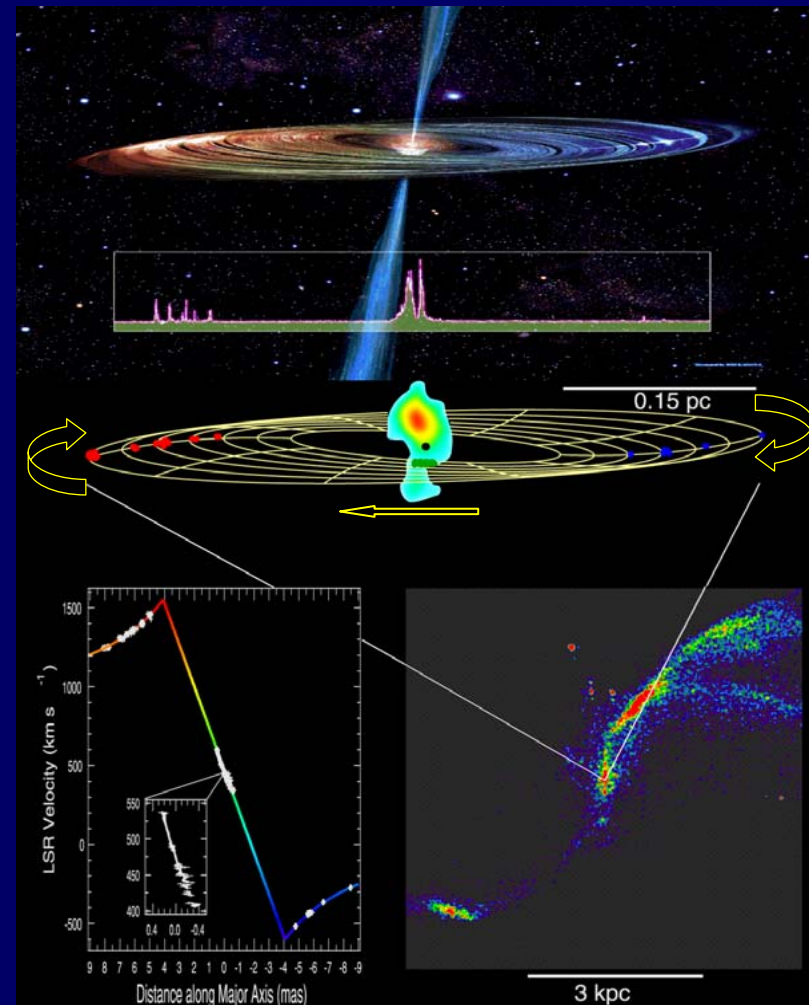
Bower et al. 2003

メーザ天体の観測

- ドップラと固有運動の計測による、3次元のガス運動の研究
- 距離の測定 (cf NGC4258)
- VSOP-2による寿命の短いメーザースポットの固有運動の計測



VLBI観測による原始星 IRAS 16293-2422のガスディスクの運動 (Imai et al 1999)



NGC4258 での銀河中心核のディスクの運動 (Miyoshi, et al 1995)

第25号科学衛星選定プロセス

18年5月 9日

JAXA理事会

18年4月17日

宇宙科学評議会

外部委員から構成される評議会にて評価

18年3月 3日

宇宙科学運営協議会

JAXA内外約半数ずつの委員から構成される協議会にて評価

18年3月 1日

宇宙科学研究本部会議

宇宙科学プログラム内での位置づけ、宇宙科学以外のJAXAプログラムとの連携協力の可能性、プロジェクト資金の見通しを含め総合評価
定例の会議メンバーに加え、理学、工学1名ずつ外部委員を入れての評価

18年2月10日
1月23日

VSOP-2計画
宇宙科学研究本部拡大企画調整会議

2月1日 ↑ 2月10日 ↑
第1順位 VSOP-2計画 ソーラー電力セイル計画
第2順位 NeXT計画

計画の意義、技術的実現性、実行体制、信頼性、リスク管理の考え方等を評価

17年10月

18年2月

理学委員会

工学委員会

提案募集

評価小委員会

コミュニティ

評価小委員会

文部科学省

↓ 審議会

宇宙開発委員会

↑ 7月12日 評価結果承認

推進部会

↑ 7月11日 評価結果
6月20日 事前評価

JAXA

7月末
概算要求

開発計画

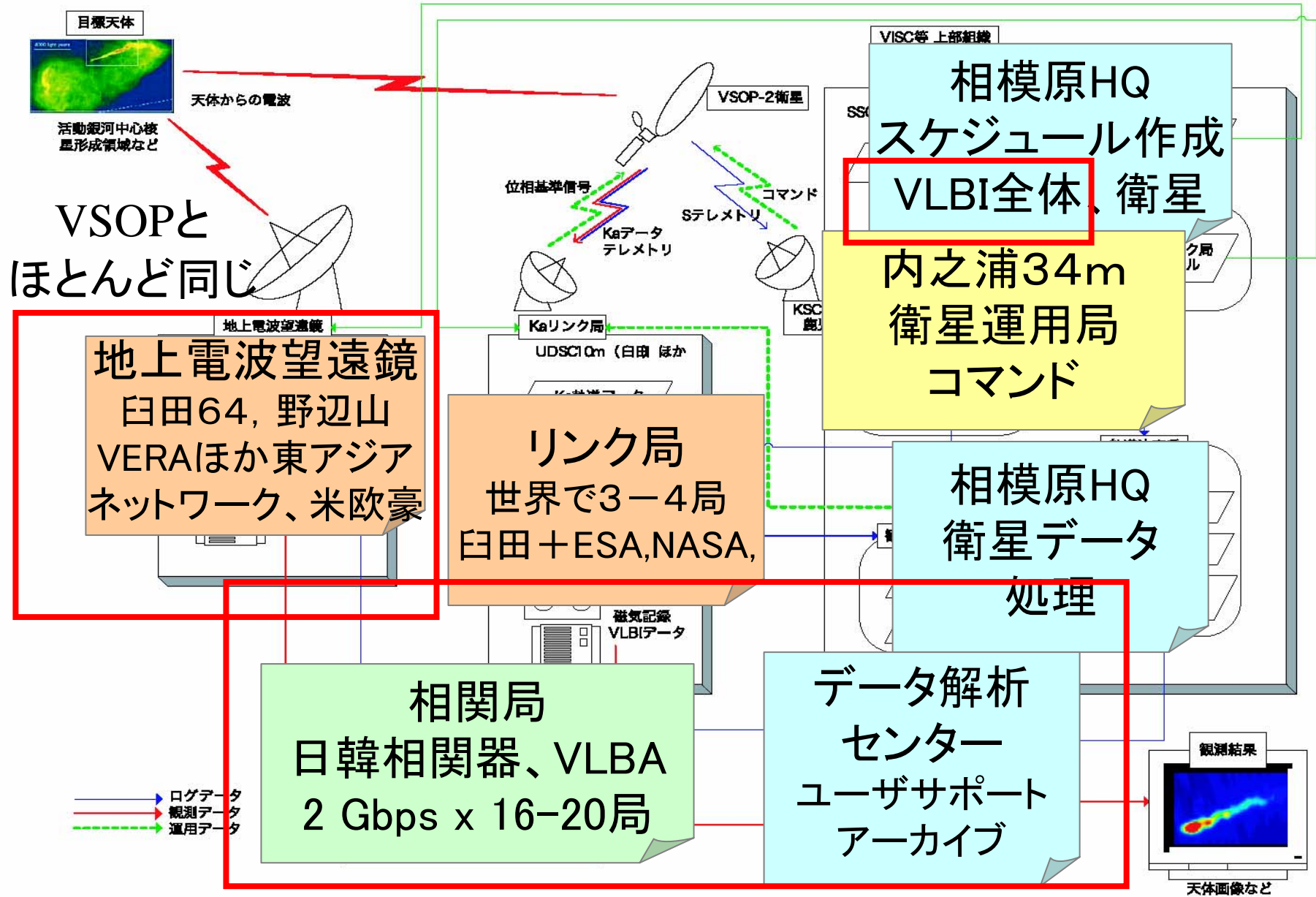
・スケジュール、設備の整備計画

年度	2000～ 2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012 ～
衛星開発	予備開発	概念設計	予備設計	詳細設計・製作			試験	運用
		Phase -A	Phase -B	Phase -C			Phase -D	Phase -E
地上系開発		追跡局整備					打上げ	5年以上の 運用期間
地上望遠鏡 整備					高感度、2 Gbps, 偏波等	運用試験		

2000～2005年度に、戦略的開発経費によるPre-Phase-A的に、大型展開アンテナ、広帯域伝送、バスシステムなどの予備開発を行ってきた。

地上望遠鏡: VERA、45m, JAXA 64m, 34m.....

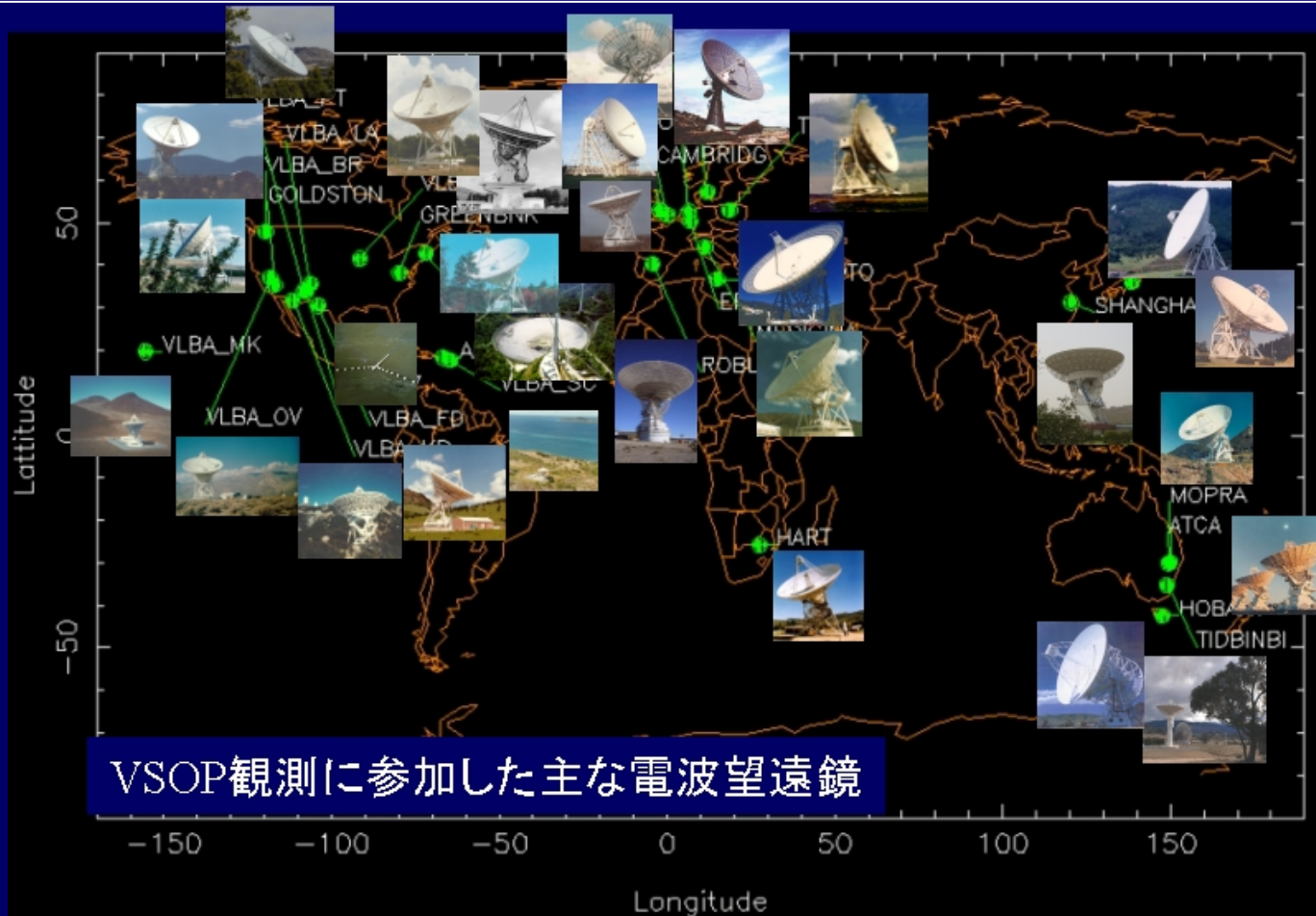
VSOP-2運用システム(データの流れ)



世界のアンテナをどう使うか？

VSOPでは？

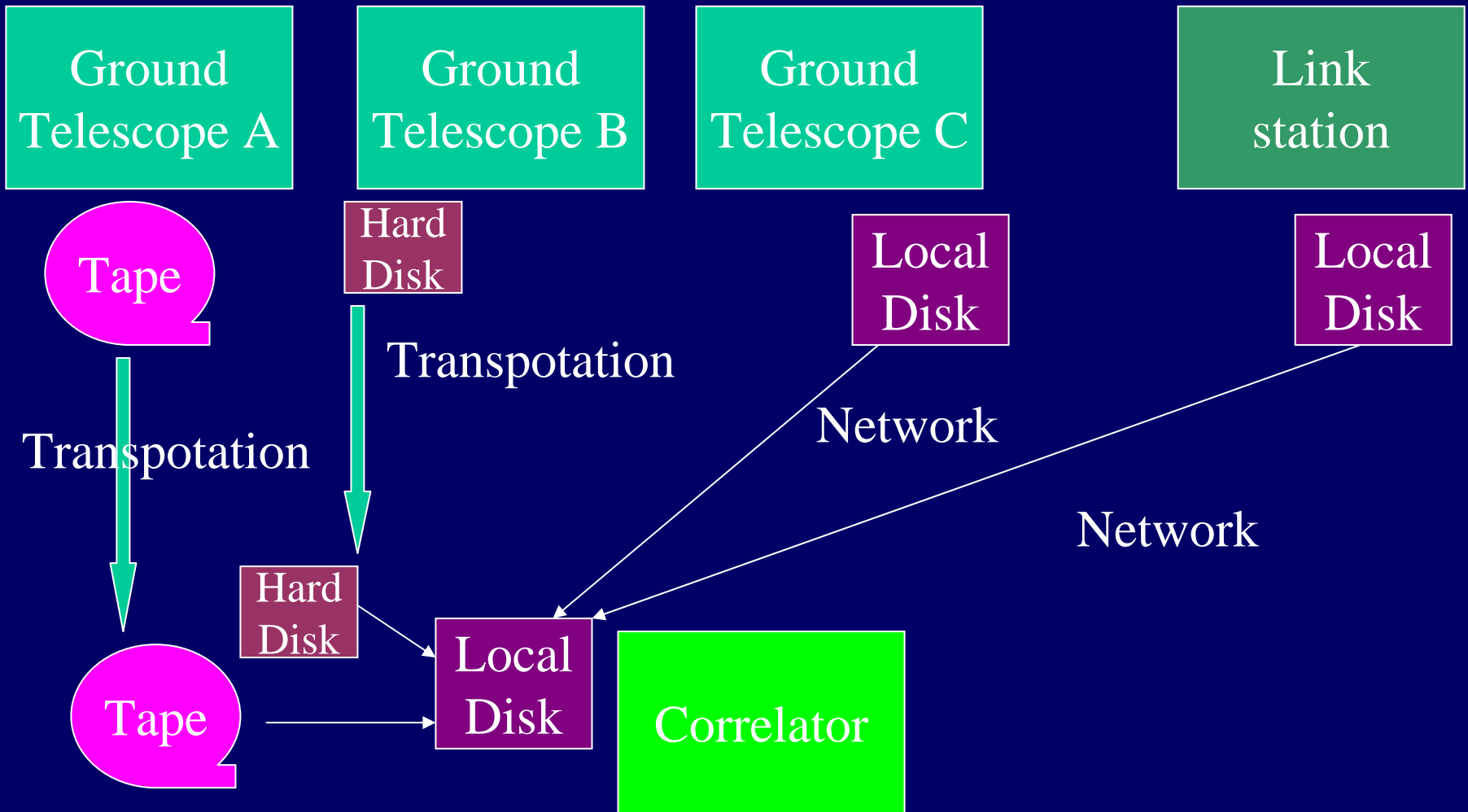
- GVWGでVSOP観測で使うアンテナ時間数、使用条件をまとめる。
- 地上のアレイをVLBA, EVN, LBAなどに分けて、VSOPと観測
- 必要であれば、+高感度アンテナ 1、2 または、離れたアンテナ 1
- サーベイ観測 アンテナ4-5 (臼田 or 鹿島)、HO, SH, ON, NT, GB



VSOP-2 spec's for GRTs and correlators

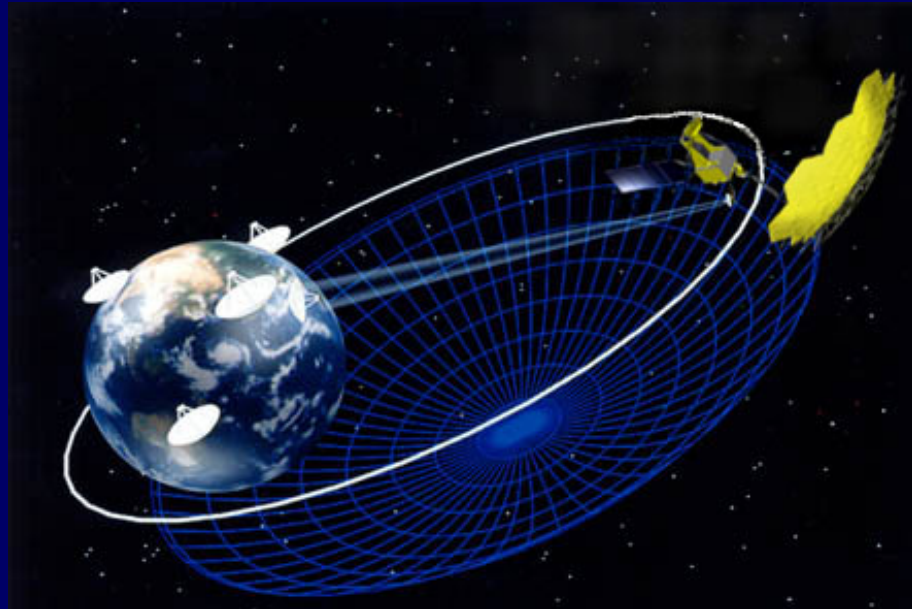
- Dual polarization
- 2 Gbps recording
 - 1 Gbps downlink
 - 128 MHz x 2ch (2 bit) or 256 MHz x (2 ch 1 bit)
Correlate 1 bit and 2 bit (256 MHz 2 ch 2bit at GRTs)
- Phase reference by switching (~ 1 min cycle)
- Space VLBI requirements
 - Orbit determination data/time correction file inputs
 - Space VLBI type data output
 - IDI FITS (with calibration data)
 - International Data compatibility
 - Mark 5B, K5/VSI, PC-EVN,
 - VSI specs.
- Broad band data connection

Data transfer/correlation for VSOP-2



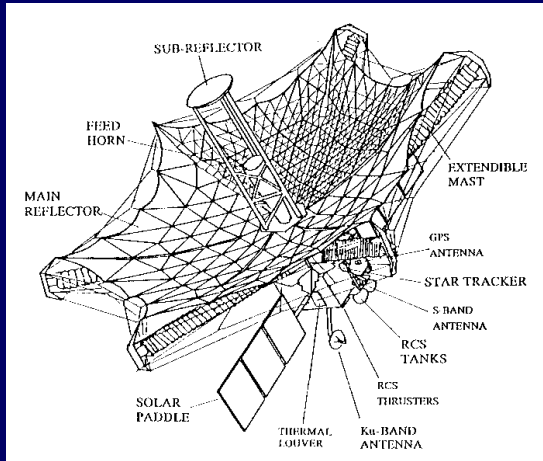
まとめ

- VSOP-2計画がJAXAで認められた。
 - 19年度より開発開始
 - 2012年打ち上げ予定



大型展開アンテナ

「はるか」→ETS-VIII→VSOP-2



メッシュ+
テンショントラス
アンテナ

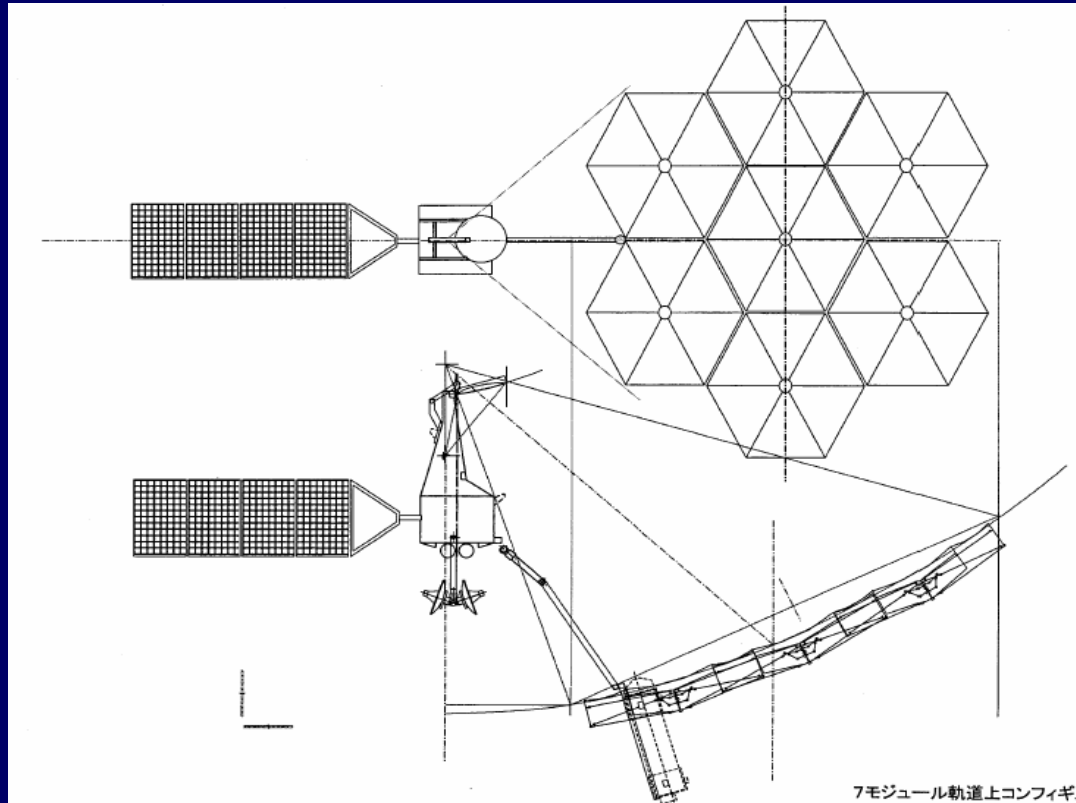
モジュールタイプの
オフセットカセグレンアンテナ
(ETS-VIIIの開発成果を採用)
LDREX-2 2006/10/13 打ち上げ
ETS-VIII 2006/12打ち上げ

ETS-VIII (2006年頃打上予定)



オフセットカセグレン
アンテナ

モジュールの高精度化



FAKESAT: Interactive Menu

Mode: **input** run stop job system info save menu initial menu update exit

Spacecraft: VSOP **VSOP2** ground only

Options: **all-sky uvplot** time-uvplot uvplot constraints telescopes > data > extra plots >

Output options: **xwindows** ps: plot+menu ps: plot b+w ps: plot color

a (km)	19378.1400	e	0.6193	i (°)	31.000
Ω (°)	0.000	ω (°)	0.000	M (at 0 UT)	0.000
epoch-year	2011	epoch-month	1	epoch-day	1

Spacecraft constraints: constraints **no constraints**

Tracking stations: **GBNK-5** **GOLD-5** **MADR-5** **TIDB-5** **USUD-5** **HART-5** **MALI-5** **SANT-5**

Observation date: obs-year **2011** obs-month **1** obs-day **1**

Observation time: start hh:mm:ss **00:00:00** stop hh:mm:ss **24:00:00**

Observing band: 8 GHz **22 GHz** 43 GHz

Jobs parameters: τ (s) **360.0** B (MHz) **128** 1 or 2 bit **2**

Array: ASIA EVN NLHEMI S_HEMI VLBA

ATCA	2	CAMBRIDG	5	CEDUNA	12	EFFELSBR	2	GBT	1	GOLDSTON	1
HDBART	12	JODRELL	5	KASHIMA	5	KVN_TA	7	KVN_UL	7	KVN_YO	7
MEDICINA	6	METSAHOV	9	MOPRA	5	NOBEYAMA	3	NOTO	9	DNSALA	7
PARKES	2	ROBLED0	2	SARDINIA	2	SHANGHAI	7	TIDBINBI	1	TORUN	7
URUMQI	10	USUDA	5	VERA_IR	7	VERA_IS	7	VERA_MI	7	VERA_OG	7
VLA-27	1	VLBA_BR	5	VLBA_FD	5	VLBA_HN	5	VLBA_KP	5	VLBA_LA	5
VLBA_MK	5	VLBA_NL	5	VLBA_OV	5	VLBA_PT	5	VLBA_SC	5	WSRT	2
YAMAGUCH	9	YEBES	3								

RA-min (h)	24.00	Dec-min (°)	-80.00
RA-max (h)	00.00	Dec-max (°)	80.00
RA-step (h)	-2.00	Dec-step(°)	20.00

Plotting parameters: linewidth **1** dotsize **1**

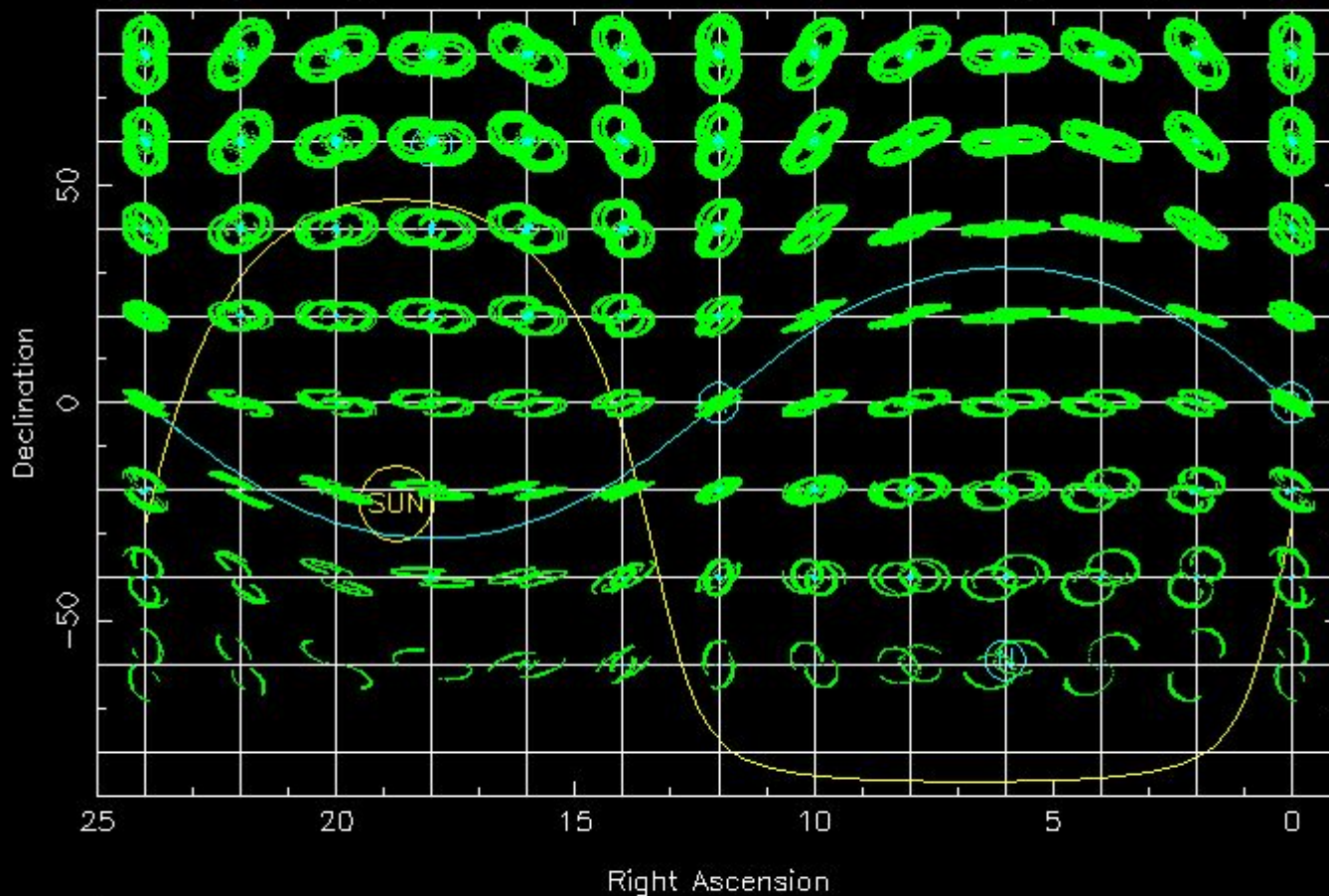
Plot uv-limits: u-max (Gλ) **2.90** v-max (Gλ) **2.90**

Plot every n-th uv-point on Earth baselines: n-th **2000**

min # of telescopes: min # **2**

VSOP2;2011;d1 (Jan 2011, 22.000 GHz)

ASHIMA KVN_TA KVN_UL KVN_YO NOBEYAMA SHANGHAI URUMQI USUDA VERA_IR VERA_IS VERA_MI VERA_OG YA



Spacecraft Orbital Elements at 0 hr UT on Start Date: (a e i Ω ω M)						
VSOP2	19378140.0	0.619	31.000	0.000	0.000	0.000