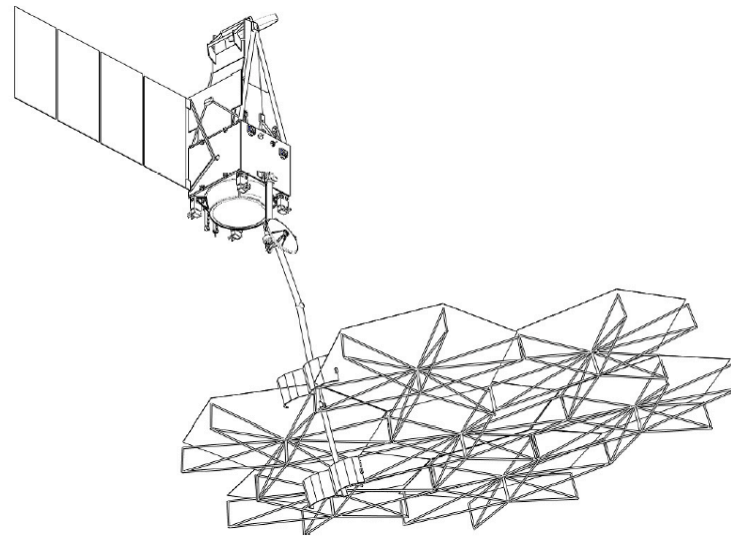


VSOP-2と地上VLBI局



萩原喜昭

国立天文台VSOP-2 推進室

VERA USERS' Meeting, NAOJ, Mitaka, 10 Oct 2008

VSOP2と地上VLBI局の関係

- 基本的な考え方

- VSOP-2を成功させる為に、国内外のパートナーが地上VLBI局の観測時間、相関器運用時間、VSOP-2 Mission側は衛星時間を提供していく。
- その為に、地上と衛星が一体化した観測システムの国際的な構築が必要になる。
- 以上は,VSOP-2も「はるか」も同様な考え方

VSOP2と地上局の協力関係

- VSOP2では

「はるか」時(1997-)とは異なり、日本国内および東アジア地域の地上VLBIネットワークが大幅に充実している。

VSOP-2で最大限の科学的成果をあげるため、2012年度打ち上げまで以下を、さらに充実させていきたい。

- 特に22/43GHz帯で観測可能なVLBIアレイ、地上局の確保
 - フロントエンド2偏波化
 - 記録レート広帯域 2Gbps化 (Astro-Gは1Gbpsの混合相関)
 - その他 (Tsys改善、駆動系、校正系)

「はるか」からVSOP-2へ

- 地上局を取り巻く状況の変化

- 地上VLBIアレイに東アジアのEAVNが加わる。VSOP-2主力相関器は韓国に設置される。
 - > 地上アレイが充実。相関器を含めて効率良い運用を考えていく必要
- VLBIの天文データを利用する研究者層が国内および東アジア地域で厚くなった。
 - > VSOP-1と異なり、ASTRO-Gは科学衛星なので、プロジェクトを支える研究者層の広がりや質の向上は重要
- 「はるか」、VERA、VLBAのデータで研究してきた層が国内外の研究機関に分散し活躍する。
 - > 彼らは研究者層の中核を成す。プロジェクトと理想的な協力関係を築いていく。研究成果とプロジェクトへの協力の両立が望まれる。

地上局との協力関係

-resourcesの変化

- 22/43 GHzで観測できる望遠鏡が増加している
(KVN, GBT100m, Yebes40m, SRT64m, Noto32m)
- EVNの運用、観測体制が充実してきて(2000-)、
利用する研究者が増加
- 相関器はVSOP-2では全て海外にある(KJJVC,
JIVE correlator, VLBA correlator)
- Software相関器の利用 (new JIVE/VLBA
correlators), I/F問題が緩和?
- 光ファイバーでのデータ伝送が広がる
- VLBAの2010年10月以降の存続は不透明

想定する地上VLBI局

- アジア: 東アジアVLBI Network (EAVN)
 - JVN(大学連携、VERA), KVN, CVN
- 米国: NRAO-VLBA
- 欧州: EVN
- 南天: Long Baseline Array (LBA)
- 大型単一鏡地上局 (Large Ground Radio Telescope (LGRT)):
 - 米国(GBT, EVLA), 独(Effelsberg), スペイン(Yebes), イタリア(Sardinia), Nobeyama, Parkes, ATCA, DSN-Tid

各アレイの特徴

	JVN ¹	EAVN ²	VLBA	EVN	LBA
有効開口 (m ²),K-band	3,500	5,800	3,300	8,350	4,500
基線長 (km)	2,600	6,000	8,600	2,500- 10,000	3,000- 10,000
X-band	○	○	○	○	○
K-band	○	○	○	△	○
Q-band	△	△	○	×	×
偏波観測	△	△	○	×	×
備考	野辺山入れ ばK/Q感度が 強化される	中国局の参 加が最大基 線長に影響	GBT,EVLA と同時観測 で感度向上	大口鏡多数 (X帯以下)	南天で unique

1: JVN=大学連携VLBI(鹿島、高萩含)+VERA 2: EAVN=JVN+KVN+Sh+Ur

観測モード

- **連続波**: 256MHz x 2ch, 1bit sample
 - 両偏波観測
 - 4 stokes (polarimetry: 磁場強度)
 - 2 stokes (感度1.4倍)
- **輝線観測**: 128MHz x 2ch, 2bit (or 256MHz x 2ch, 1bit for H2OMM)
 - 4 stokes (polarimetry (磁場観測)は僅か?)
 - 2 stokes (感度1.4倍)
- **位相補償観測 (連続波/輝線)**
 - Fast-switching (A-G: 3°/15 sec)
 - detection のしきい値をあげる
 - reference source に準拠したアストロメトリ(衛星軌道精度にも依存)

アレイモード

- 大きく分けて3つ
 - 単一VLBI array + Astro-G
([normal-mode](#) (single-array mode))
例: VLBA+Astro-G
 - 複数のVLBI array/LGRT + Astro-G ([Global-mode](#))
例: VLBA+EVN+(LGRT)+Astro-G
 - 複数のLGRT+ Astro-G ([Cross-LGRT-mode](#))
例: Yb+Eb+SRT+GBT+EVLA+Astro-G

地上arrayの特徴を活かす利用

Telescope	用途
EAVN	X/K帯大型鏡多数、X/K帯で大型鏡から2偏波化目指す。(u,v)を考慮すると中国局は重要。VLBAと相補的に考える。
VLBA	感度、偏波性能、(u,v) coverageとも優れ、高ダイナミックレンジの撮像観測を可能にする。 Q帯で高感度/ダイナミックレンジを必要とする観測はVLBAの積極利用を考えていく。
EVN	X帯以下で大型鏡多数、K/Q帯でも大型鏡が整備されてきた。
LBA	南天唯一のVLIBアレイ。ただし、Q-band、偏波はできない。
Global (+LGRT)mode	VLBA+GBT/EAVN、EAVN+NRO45mなどHigh sensitivity/resolution array (HSRA) をさす。究極の高感度高分解能撮像観測に有効
Cross LGRTs	撮像を必要としない観測(Survey)、TO観測などに利用。5-6局以上集めれば撮像も可能

衛星/地上局観測時間

- Astro-Gのスケジューリングの基本的な考え方の仮定
 - Astro-Gの軌道周期 7.5 hr (地球は1/3回転)
 - 衛星からのデータダウンリンクが7.5時間継続することはあり得ない (南半球1局の場合途切れる)
典型的に6-7hrか、それ以下
 - 撮像観測には、2orbit, 3-4orbit(重ね合せ)必要
 - 地上で天体が見えるのは10-12hr
 - よって、通常観測は1 観測 2orbitとすると 15 hr 必要

想定される衛星観測時間

- 一年間 $24\text{hr} \times 365\text{ day} = 8760\text{ hr}$
- 観測時間の効率(トラブル/障害時間除)を90%と仮定
= ~ 8000 hr
- 1観測 2orbitとして、マヌーバ/観測準備に1orbit 要
=> 1観測に 3orbit 要、観測時間は2/3
 $8000\text{ hr} \times 2/3 = 5400\text{ hr}$
- メンテナンス時間は週1回 20hr
=> $5400\text{ hr} - 20\text{hr} \times 50\text{ weeks} = \sim 4500\text{ hr/year}$
- 年間総観測数
=> $4500\text{hr}/15 = 300\text{ observations/year}$

地上各局に期待する観測時間

	年間運用時間 (hr)	Astro-Gとの年間観測時間
EAVN	~2,000-3,000(仮定) (eg. VERA:5300 hr)	1,500 - 2,000
VLBA	~4,000	700 -1,000
EVN	~2,400	~1,000
Aust. LBA	21days (504hr)	~ 300 - 500
Global-VLBI	~200 hr (incl. EVN, VLBA)	(VLBA/EVN時間に含まれる)
GRTs(GBT, EVLA, SRT, 45m, Yebes)	< 500 hr (VLBI局として)	~500-700
TOTAL		~ 4500-5000+

観測時間の見積もり

- A-Gの観測効率が90%としても、5,000hr/yrの衛星時間がある。運用の効率化でさらに衛星時間が増える可能性がある。
- 地上局もそれに近づけられるようにする。地上局の効率のよい組織が必要

VERAへのインパクト

- 年間観測時間の30%程度をVSOP-2に提供する (2006年VERA users meeting)
 - => 5,340 hr x 0.3 ~ 1500 hr/year が VSOP-2への上限
- フロントエンドの改修
 - => 地上局両偏波化の一環としてVERA 開発担当者と協議中
 - => 何局どの局、22GHz or 43GHz, 22/43GHz 両方?、予算との兼合い
- JVN, VERA+KVN, そしてEAVNとしての運用の組織化
 - => 現状のVERAの運用をモデルにするか、あるいは
 - => EAVNのAOCを新たに設置してVSOP-2とのインターフェースをとるのか

国内外の地上局の組織

- 基本的には、GVWG (Global VLBI Working Group) を通じて地上局の代表者が集まってVSOP-2に供出する地上望遠鏡、そのポリシー、制限事項を決める。「はるか」のシステムを踏襲する。

2008年8月のURSIでJ分科会の下、GVWGの活動継続が正式に決まった。

- 地上局とVSOP-2ミッションの2者で交渉することもある。例えば、特定の単一望遠鏡/アレイと観測時間の交渉をする。交渉が複雑化するので、GVWGでの交渉が基本になる。

まとめ

- VSOP-2では、地上VLBI局と衛星でできるだけ一体化したシステムの構築を目指し効率良い運用を目指す。
- EAVNなど、運用面で国際的にさらに組織化が必要
 - VERAの運用を手本にできる
 - 早期の試験観測開始が望まれる
- Astro-Gの観測時間は衛星自体の信頼性、運用の改善などで「はるか」時より増加することが期待される。それに見合う地上局の観測時間をできるだけ確保する。