

2004.6.1
V懇幹事会資料
T.KONDO

情報通信研究機構報告（昨年夏以降の主な出来事）



1. 改組

2004年4月1日に通信総合研究所は通信・放送機構(TAO)と統合し独立行政法人「情報通信研究機構」となりました。

略称 NICT: National Institute of Information and Communications Technology
(4文字とも大文字)

日本語略称 「情通機構」 3文字制限の場合は「情通研」

2. スタッフ(2名減)



3. 34mアンテナ

昨年度から大規模改修費用を要求していたが、安全確保のための最低限の補修費用の一部しか認められなかった。定期保守と併せて7/1-9/30に実施予定。場合によっては夏期と冬期の2回に分けて実施予定。

4. 技術開発その他

- ・ソフト関連器(ソフトウェア)をライセンス契約によりJIVE、MERLIN、CSIROに対して提供した。
- ・IVS CRL-TDC News No.23を発行した(2003年11月)

5. 予定

- ・8/9-10 次期相関器検討ワークショップ@鹿島(VLBI運用小委員会、VLBI懇談会、NICT共催(希望))
- ・10/6-7 第3回e-VLBI国際ワークショップ開催@幕張プリンスホテル
- ・10/8 APT会議@鹿島(?)

1. 宇宙研全体

2003年10月より宇宙3機関統合。独立行政法人化。JAXA内に4つの本部。旧宇宙研は、ほとんど宇宙科学研究本部。略称も宇宙研。さらに旧NASDAのSELENE関係(V懇関係では岩田)、地球観測ミッション関係(稲谷、西堀)も宇宙科学研究本部。全体的に予算が厳しくなっている。(統合効果を期待された削減。ロケット失敗の調査など)今年2月にAsrto-E II 打ち上げ予定。

2. VLBI 研究の Activity:

1) VSOP

2004年の2月から8年目にはいる。2003年10月に姿勢制御を失い、その後観測ができていない状況。現在、復帰作業中。データアーカイブを整備中。行った観測については、VSOPのHPにあるので、欲しいデータがある場合は、関係者に連絡。

スタッフ: 平林、EDWARDS、朝木、村田。(望月は4月から2)軌道決定の支援研究員。)

2) VLBI による軌道決定の研究

軌道決定グループ(加藤、吉川ほか)、鹿島、天文台との共同研究。「のぞみ」、「はやぶさ」の観測および、R/RR法とVLBIによる決定の比較。

3) 臼田6.4mを使用した VLBI・天文観測

光結合観測、パルサー観測。(+ VSOP 観測地上局)。現在月2日の割合で天文観測時間。

FE: 受信機 1.6, 2.2, 5, 8.4 22 GHz, ターミナル VSOP、S2, K5/VSSP, VERA(立ち上げ中)

4) 内之浦3.4mの VLBI アンテナ化

2)の絡みで、VLBIシステムを立ち上げる(6月末)。メーザを1台臼田から移設。S/X、K5/VSSP。将来的な可能性として、22 GHz 以上もある。

3. VSOP-2

2003年11月 提案書をまとめ、宇宙科学研究本部宇宙理学委員会に提出。X線計画のNeXTも。天文学会、VLBI懇シンポ、宇宙科学シンポ、天文台VLBI小委員会等で提案説明。計画としては両者互角であるという評価であったが、体制面でVSOP-2が若干苦しいため、NeXTが理学委員会では選ばれたが、結局JAXAの概算要求へは出なかった。VSOP-2についても来年提案を出しなおす。NeXTとともに再び再審査をする。評価委員会や各種委員会でも、やるべき計画との評価を受けている。さらに検討を進めたうえで、再提案する。

機関報告：北海道大学

徂徠和夫

1. 苫小牧 11m 望遠鏡 22 GHz 化進捗状況（2003 年度後半以降）

- ・ S/X 選択副鏡及びホーンの取り外し
副鏡外周部（S/X 選択反射部）及びホーンを取り外し、新規にホーンカバー（ゴアテックス製）を取り付けた。
- ・ 22 GHz 帯受信機の搭載及び連続波ファーストライト
22 GHz 帯受信機を望遠鏡に搭載し、連続波で Orion A からの電波を受信（＝ファーストライト、2003 年 12 月 24 日）。なお、VERA 型受信機の入力フランジ部は交換済み。
- ・ 分光計の試験及びファーストスペクトル
PC-VLBIボードを利用した分光計により、H₂Oメーザのスペクトル線検出に成功（2004 年 3 月 18 日、図 1）。
- ・ 受信機用コンプレッサ設置小屋（図 2）の設置
- ・ 現在の状況
軸較正観測を実施中（パラメータの絞込み中）。昨年 9 月末の十勝沖地震の影響は殆どなし。望遠鏡内の受信機室と観測局舎間の通信系の立ち上げ中。

2. 今後の予定

- ・ 22 GHz 化のための作業
上記の通信系が立ち上がり次第、強度較正、能率測定、ドップラー追尾等の試験を行い、試験観測を実施予定。
- ・ 情報通信研究機構鹿島宇宙通信研究センターとの VLBI 観測
22 GHz 帯での VLBI 観測を実施予定。

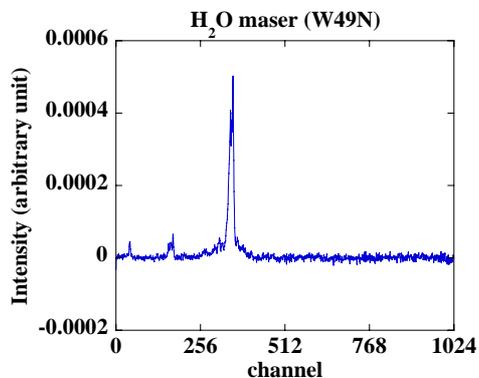


図 1 W49NのH₂Oメーザ。横軸は 16 MHz 帯域、1024 点分光。



図 2 コンプレッサ室。

2004年6月1日

VLBI 懇談会幹事会

国土地理院機関報告

測地部宇宙測地課 高島和宏

IVS 国際観測 つくば32m局にて実施 24時間 週1回 (有人観測)
ドイツ ヴェツェル局との UT1 観測 1時間 毎週土曜日 (自動観測)

国内観測 JADE 国内4局 (新十津川、始良、父島、つくば) + 共同研究機関
24時間観測 月1回 (遠隔観測)

トピック

(1) K5 システムによる観測を開始 4月より

次回は、7月または8月を予定

現在、K5 相関処理システムを構築中

国際インターネット回線を利用した国際観測データの転送

(2) 父島観測局 大改修

主鏡面を外しての建設(1997年)以来の初大改修。

ほとんど全てのボルト類交換、全面再塗装。今週中に完了予定。

予想通り、父島局は塩害による腐食が激しかった。

(3) 測地部内の組織改編

測地第二課から宇宙測地課に名称変更

国土交通省の「特別の機関」としての国土地理院は変わっていない。

メンバー(平成16年4月現在)

松坂 茂	宇宙測地研究室長	IVS 評議員・コロケーション	V 懇会員
眞崎良光	宇宙測地研究室	地球回転	V 懇会員
藤原 智	宇宙測地課長	総括	
高島和宏	宇宙測地課課長補佐	渉外・調整	V 懇会員
石本正芳	技術専門職	光結合・K5、UT1 観測運用	
町田守人	基線解析係長	相関処理	
藤咲淳一	超長基線係長	観測計画	
栗原 忍	超長基線係員	基線解析	V 懇会員
横島由紀則	SE	システム保守	
谷本大輔	部外研究員	K5	

1. VERA の試験的共同利用に参加
 - ・ 5 件 8 観測を 2004 年 1 月から 5 月に実施
 - ・ 特にトラブルなし
2. 水素メーザーをスミソニンアンからアンリツに変更
 - ・ アンリツの 1.4MHz 出力から 5 MHz を作る装置を新たに設置
 - ・ 現在はテンポラリに 5 MHz の信号系をつないでいるので、共同利用終了後正式なつなぎに変更予定
3. アンテナへの基準信号系をラウンド・トリップから光ファイバーに変更
 - ・ 光ファイバーで 1.4MHz 出力をワン・ウェイで送出
 - ・ 信号のピュリティには問題なし
4. 45 m の定期保守／制御系更新
 - ・ 5 月末から 9 月末まで
 - ・ 老朽化のためアンテナ制御系を更新
工場での試験は終了し、今後アンテナに設置して接続テスト
 - ・ ビームスイッチの改良
5. 新規作業項目
 - ・ VLBI 観測用システム温度測定系を作る
6. 2004 年 4 月より自然科学機構国立天文台野辺山宇宙電波観測所に
 - ・ 4 月より梅本が VLBI 担当として野辺山に赴任した
7. 今後の予定
 - ・ 6 月 7 日 (月) 45 m 共同利用前期締切り
 - ・ 7 月 7 日 (水) ミリ波干渉計共同利用締切り
 - ・ 8 月 21 日 (土) 野辺山特別公開
 - ・ 10 月 25 日 (月) 45 m 共同利用後期締切り

機関報告 国立天文台 VERA

2004 年 6 月 1 日 柴田

1. 2004 年 4 月 自然科学研究機構発足

国立天文台電波研究部 VERA 観測所となりました

スタッフ 26 名 (含む併任、水沢 11 名、三鷹 13 名、野辺山 1 名、小笠原 1 名)
院生 6 名

2. VERA 試験観測継続中です

前回定期保守後 (2003 年 8 月) - 現在で 130 観測 (13 観測 / 月)

DIR2000 (1 Gbps) 記録の相関処理にまだ問題あり

- ・ フリンジピークが遅延方向 2 つにわかれる
- ・ 8 時間程度の観測で遅延率残差が数百 mHz 変化

3. 第 1 次 VERA 試験的共同利用観測を実施しました

7 件採択 (のべ 12 観測)

5 件 8 観測は鹿島 34m と野辺山 45m 参加

2004 年 1 - 5 月に観測

4. VERA システム 2004 年度定期保守が行われます

5 月 29 日 - 7 月 17 日を予定

20m アンテナ、受信機、デジタル装置、レコーダ

5. 主な予定

(1) 定期保守後、VERA 試験観測再開

(2) 7 月の観測から AOC による試験運用

(3) 一般公開

6 月 5 日 : 水沢

8 月 7 日 : 入来観測局

8 月 21, 22 日 : 石垣島観測局

10 月 23 日 : 三鷹

11 月以降 : 小笠原観測局

V懇幹事会メンバー各位 c/c 松本様

V L B I 懇談会幹事会 (2 0 0 4 年 6 月 1 日) 機関報告用資料です。

九州東海大学

V L B I に関連している研究室は応用情報学部情報システム学科松本欣也研究室と工学部宇宙地球情報工学科藤下光身研究室の2研究室です。以下に研究室の現状を記載します。

応用情報学部情報システム学科松本欣也研究室

卒研究生は14名です。

- ・電波天文デジタル処理系の研究 2名
- ・電波科学における周波数資源問題の研究 2名
- ・宇宙電波可視化支援システム(教具)の研究 2名
- ・V S O P データ解析 1名
- ・流星電波データ解析 1名
- (・無線通信セキュリティの研究 6名)

PR / 学研「大人の科学マガジン」V o l . 4、P . 4 2 に研究室の研究紹介が掲載されました！(現在発売中です。ゲルマニウムラジオキット付で1600円です) 内容は、電波の可視化支援システム(教具)の紹介記事です。

工学部宇宙地球情報工学科藤下光身研究室

卒研究生は3名で、研究テーマは

- ・電波源構造による相対V L B I 群遅延時間の計測精度への影響 1名
- ・重力レンズ現象 / I D V などの時間変化天体の検出 1名
- ・UWBによるS E T I 1名

です。他に3名の準メンバー(卒業研究未着手の学生)がいます。

f r o m : 藤下光身(ふじしたみつみ)

九州東海大学工学部宇宙地球情報工学科

mail : mfuji@ktmail.ktokai-u.ac.jp

home page : <http://www.ktokai-u.ac.jp/~space/>

国立天文台内 VLBI 関連委員会の報告

2005/6/1 VLBI 懇談会幹事会

小林秀行

1. 電波専門委員会

4月からの法人化後、運営会議(内部、外部半数の意志決定の台長諮問会議)に従来通り電波専門委員会(内部、外部半数の構成)を設置して、共同利用・電波関連プロジェクトなどの外部コミュニティとの審議が必要な事項について議論を行うことになった。最近では、2004年4月26日に開催され、野辺山、VERAの事業報告、ALMAの進捗などの報告議論があった。さらに後述のVLBI運営小委員会で議論されているVLBI計画の将来に関連して、VSOP-2への取り組みについて、次回ヒアリングをして議論することになっている。

2. VLBI 運営小委員会

VERAなどの共同利用の進め方について議論をする一方で、VSOP,VERAのあとの将来計画について議論を進めている。現状のプロジェクト(VERA,RISE,光結合VLBI)のヒアリングを行い、さらにVSOP-2についても宇宙研での議論と並行して議論を進めており、推進の方針で決定された。これを受けて、電波専門委員会での議論を始めている。

3. VERA プログラム小委員会

VERAの共同利用の審査を行った。野辺山45mとの整合性など、今後議論すべきことはあるが、試験的な共同利用を開始している。

次期VLBI関連器検討WSについて

2004/6/1 VLBI懇談会幹事会

小林秀行(国立天文台)

- 各プロジェクトのサイエンスと要求
 - VERA・VSOP - 2・光結合・東アジアネット・大学ネットワーク
- 技術検討
 - 光結合分散関連器
 - 通総研 PC関連器 etc
 - ALMA ACA関連器
- 日時 8月9、10日
- 場所 NICT鹿嶋
- 世話人 川口・近藤・村田・小林

DRAFT DRAFT DRAFT

Toward the Establishment of the Committee for the East Asia VLBI Community

2004.2.25

2004.4.9

2004.5.12

2004.5.31

1. Introduction

The idea for a Preparatory Committee (PC; the tentative name used here) was proposed by the participants of the Shanghai mm-VLBI Workshop in 2003 November 3-5, recognizing the importance of a standing committee to promote and manage the East Asia VLBI Consortium (also a provisional name). The Consortium is envisaged as a body in which a variety of VLBI activities, such as VLBI observations, data processing, scientific collaborations, system developments, personnel exchanges, etc. are performed between China, Japan, and Korea. Each of the three countries was asked to nominate two members for the PC at the Shanghai Workshop, and those members are listed below. The PC is expected to establish for the consortium the Committee (hereafter referred to as "the Committee", in contrast to the PC) that will handle the activities in the consortium. Thus, the PC lays the foundation for the Committee to begin its work.

2. The Mission of the PC and Members

This PC carries out discussions and makes recommendations for the possible function and structure of the Committee for the East Asia VLBI Consortium, and takes the necessary steps to establish the Committee. As several VLBI systems are under construction and or are being planned in the member countries, it would be helpful to establish the Committee soon and start actual discussions under the authority of the Committee. The AP-RASC'04 meeting will be held in August 2004 at Qingdao, China, and this will be a good opportunity for the Committee to meet for the first time, possibly together with the PC members.

PC Members (Countries in alphabetical order)

China

Zhiqiang Shen: Shanghai Astronomical Observatory (zshen@center.shao.ac.cn)

Ji Yang: Purple Mountain Observatory (jiyang@public1.ptt.js.cn)

Japan

Hisashi Hirabayashi: Institute of Space and Astronautical Science (hirax@vsop.isas.jaxa.jp)

Makoto Inoue: National Astronomical Observatory of Japan (inoue@nro.nao.ac.jp)

Korea

Hyun-Goo Kim: Taeduk Radio Astronomy Observatory (hgkim@trao.re.kr)

Seog-Tae Han: Taeduk Radio Astronomy Observatory (sthan@trao.re.kr)

3. Status of VLBI Activities

Each country has been performing, participating in, or proposing, VLBI observations. In China, two 25-m VLBI telescopes are doing regular observations with the EVN and geodetic VLBI measurements with the IVS and APSG. The 13.7-m mm-wave telescope in Delingha is considering joining mm VLBI experiments. In Japan, VERA is now starting operation. Space-VLBI observations has been successfully undertaken with the HALCA satellite, and a second space VLBI project, VSOP-2, has been proposed. Several Japanese universities are starting VLBI research by using their antennas. In Korea, the KVN system is under construction, and the budget for a large correlator has been approved. It is anticipated that KVN and VERA will collaborate to form a single VLBI network for some amount of observing time. The Nobeyama 45-m and Taeduk 14-m telescopes have been used to make single-baseline mm VLBI observations.

4. Subjects to be discussed by this PC

4-1. Nature and Role of the Committee

The PC needs to make recommendation on the structure of the Committee. This includes the nature and role of the Consortium and its constitution. The items to be studied, discussed, and defined by this PC are the terms of reference, number of members from each country, their term of service, and the obligation(s) of each country. Financial support is an important issue too.

The Committee may need to serve several roles, and it is important to have a draft idea of these. The PC needs to formalize the basic roles for a good understanding of the Committee's duties to be realised. The Committee will develop additional roles in detail by itself after it is established. If we have the first Committee meeting in AP-RASC'04, we need to define the terms of reference and structure of the Committee by the end of July. When the Committee is established, the PC will terminate its mission.

4-2. Basic Roles for the Committee

A. Coordination of Joint VLBI observations

The Committee should make some recommendations to perform VLBI experiments with the existing facilities in each country, based on both scientific interests and technical/engineering developments. In particular, the PC needs to encourage collaboration in the mm/sub-mm VLBI area, extending the mm-wave experiments carried out by the Nobeyama 45-m telescope and Taeduk 14-m telescope.

B. Promotion of VLBI System Developments

VLBI systems have developed dramatically over the last few years, e.g., e-VLBI,

correlators, sampling systems, space VLBI, etc. For collaborative observations, we have to think about the compatibility between the VLBI systems adopted by individual countries/observatories.

The Committee must survey the development plans in all countries and institutes and try to ensure the systems have the necessary degree of compatibility for future collaborations, taking into account worldwide trends. Furthermore, the Committee is requested to coordinate discussions regarding the prospects for collaborative VLBI networks, including correlation and data processing facilities.

C. Set-up of a VLBI Data and Analysis Center (tentatively, VDAC)

One main subject of the VDAC would be to correlate data of the VLBI networks and experiments related to the member countries and those of outside networks or telescopes. JIVE (the Joint Institute for VLBI in Europe) is an existing model of such a center. As mentioned earlier, the Korean group is planning to build a correlator, and VERA needs to upgrade the existing Mitaka correlator for domestic observations. The VSOP-2 project also assumes a new correlator which could be shared with ground-based VLBI networks. The Committee is requested to coordinate discussions for the possible shape of correlation facilities in the consortium as a high priority.

D. Scientific Meetings and Activities

In the consortium, we need frequent exchanges of information to enable smooth and timely collaboration. It would be helpful to coordinate scientific meetings, teaching programs, Newsletter publications, etc.

5. Others

The EAMA meeting at Seoul in October this year presents a good opportunity for the Committee to submit a report on its activities. We need to gather basic data about the present status of telescopes and VLBI facilities, such as recording systems, e-VLBI capability, correlators, etc., and their plans for the future, together with activities of universities and other institutes. In the process, the Committee will become active by coordinating discussion of scientific interests, and then consider the feasibility and capability of collaborations. We need to seek collaborations with other VLBI networks (e.g., EVN, APT, the southern hemisphere Long Baseline Array, VLBA and current global mm-VLBI array). A report to the APT (Asia Pacific Telescope) meeting should also be considered.

2004年6月1日
VLBI懇談会幹事会

サブミリ波VLBI推進について
(何人かの有志で話していること)

全国区幹事
三好 真

-1) サイエンスから見てVLBIもサブミリ波が面白い。
ブラックホールのevent horizon、降着円盤の観測
原始星のフレア現象の観測

0) サブミリ波VLBIのうち波長1ミリから0.6ミリまでは
サイトを良く選べば地上で成果が出そう。
(万一、科学的成果が見込めない場合はやらない。)

だから、

1) 地上で(可能な周波数範囲を)推進する。
日本単独なら2, 3局構成まで。
10局構成を作る場合は国際協力。

2) それは例えばVSOP2とは並行で。

日本のミリ波VLBIが(VSOPが忙しくて仕方無かったが)
自然消滅しているうちに世界は43,86GHzへと進んでしまい、
世界から脱落した。
あるいはNRO45mがミリ波グローバルで活躍していれば、
もっと違った良い成果がでていたかもしれない。
今や、VLBAで86GHzをGBT100mなども参加の観測が
プロポーザルベースで可能(例えばShen氏のBS133観測)。
もう日本がミリ波VLBIで出る幕はなさそう。

このような悲劇が再びサブミリ波VLBIでも起こらないよう
一定の体制は作る必要がある。

3) 重要点はサイト。検討事項としてサイトサーベイが最重要。
ALMAから千km程度離れたアンデス高地でサイトサーベイを行いたい。

c f . 局配置から見た解像シミュレーション結果は
ALMAメモ#499、PASJへ投稿済み。

アンテナ、受信機、記録系、位相補償、、、も重要だが、
これらはALMAと共通項目。他人はやってくれない、という
意味でサイトサーベイが最重要。

4) 科学的重要性を伝える宣伝も必要。

「サイトを選べば可能」であることは現役のサブミリ波天文学研究者は
よく理解しているが、他の人たちにはあまり伝わっていない。

これまで
2001年以降、「ほらいずん望遠鏡計画」等の題目名で
宇高連シンポ01、VLBI懇談会シンポジウム、IAUアジア地域会議02、
京都ブラックホール・シンポ'03などで発表したけど、まだまだ不足。

それで、
2004年6月18日、NAOJ談話会で御前講演(と言ったらしかられた)。
2004年10月、EVNシンポ、e-VLBIシンポ等で発表
2004年12月、理論天文学懇談会シンポ、「大計画検討」の俎上へ申込。
等を行う。

今後、ブラックホール等の関連研究者の賛同を集め、プロジェクト化を進めたい。
ただし「分裂しないよう」少数精鋭で始め、また無駄なコストはかけずに実現したい。

サブミリ波 VLBI 梁山泊 (第1回)

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)

午前

9:30~9:40 Opening talk 三好

9:40~10:00 「昨年度開催したミリ波サブミリ波検討会のレビュー」 永井
「SgrA*の次は系外 SMBH 天体を見よう」土居(永井代読)

10:15~10:35 「日韓ミリ波 VLBI」 亀野

10:50~11:00 休憩

11:00~11:20 「SMAの現状」 新永

11:35~11:55 「1000m級のサイトでのサブミリ波 VLBI 観測の可能性」 古屋
ディスカッション、お昼

午後

13:30~13:50 「ペルーでのサイト調査」 イシツカ

14:05~14:25 「アンデス北部におけるサブミリ波大気透過率測定」 広田

14:40~15:00 「南天サブミリ波 VLBI 構想」 三好

15:15~15:30 休憩

15:30~15:50 「シミュレーションによる BH イメージ」 高橋

飛び入り 「BHimagr in SPACE」 村田

16:05~16:25 「サブミリ波でのメーザー観測」 望月

16:40~17:00 「テラヘルツの space-space 干渉計について」 松尾

17:15~17:35 「K5 及び A/D の現状スペックと、今後数年で達成しうるスペック」 竹内
フリーディスカッション

まとめ:

- ・地上でている周波数と科学、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 級) 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よい。

- ブラックホールの影は、サブミリ波では光学的厚みの点から、構造の軸対象性の有無と見る角度によって見える見えないが決まる。遠赤外までいけば光学的に薄くなり見やすい。しかしサブミリより困難度が増す？
- 原始星フレアや恒星面の観測もサブミリ波の重要なテーマか？次回まで要検討。
- 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。10Gbps 超える高速 VLBI サンプラ開発。

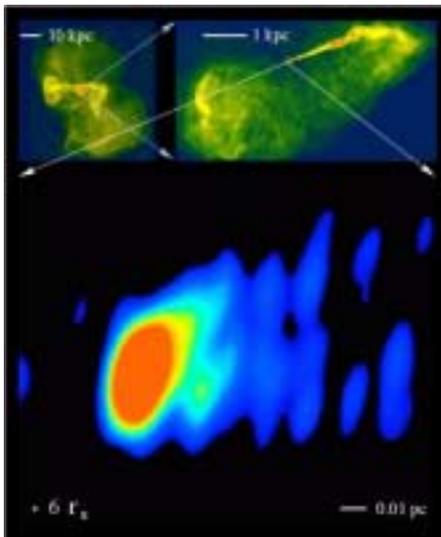
サブミリ波VLBI・ほらいずん望遠鏡計画

event horizon (事象の地平線) の観測的存在証明はもう容易である。

感度十分、作るだけ!

早急に研究を開始し日本で成果をあげよう。

三好 真 (国立天文台・VLBI天文学)



ブラックホールとその近傍を取りまく降着円盤の解像は VLBI 天文学の一つの大目標である。図 1 は M87 中心部の VLBI マップである (VLBA による 43GHz 観測)。最高空間分解能の観測例である。M87 の宇宙ジェットの本根を捉え、その構造を明らかにしつつある一方で、降着円盤らしき姿はなかなか見えてこない。

図 1 . M87 のジェット。M87 の中心核には 30 億太陽質量のブラックホールがある。上の 2 枚のマップは VLA によるもの。中心核から宇宙ジェットの吹き出す様子が見える。下の図が VLBA43GHz 観測によるもの。左下に示した白丸が 6 Schwarzschild 半径に相当するサイズ。降着円盤らしき姿はまだみえない。

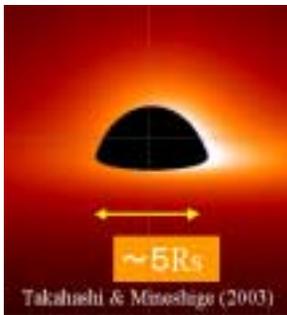
見かけの大きさが最も大きいブラックホールはどれであることを改めて考えてみる。指標として Schwarzschild 半径の見かけの大きさを調べてみると (表 1)、我々の銀河系中心巨大ブラックホール (SgrA*) が最も大きいことがわかる ($1R_s =$ 約 6μ 秒角)。超新星爆発を起源とする stellar ブラックホールはたとえ 1pc の近傍にあっても非常に小さく ($1R_s=20$ ナノ秒角)、近未来の VLBI の空間分解能でも見分けることは難しい。銀河中心核の巨大ブラックホールの場合、太陽質量の数十億倍にもなりうるので、メガパーセク単位の距離にあっても見かけは大きくなる。SgrA* はただか 260 万 ~ 370 万太陽質量の巨大ブラックホールであり、かなり小さい。しかし距離わずか 8kpc であり、他の巨大ブラックホールに比べ 3 桁以上も近い距離にあるため、最も大きく見えることになる。空間分解能から考えて、最初に「見える」ブラックホールは SgrA* である。

Ghez et al. (2000), Shovel (2002) による近赤外線による銀河中心での恒星の固有運動の計測から、SgrA* は 260 万から 370 万太陽質量のブラックホールである。また Chandra や XMM-Newton X 線天文衛星は時間 (=hour) スケールの短期 X 線バーストが観測されている (Baganoff et al. (2000), Porquet et al. (2003))。また Genzel et al. (2003) は近赤外線においても同様の時間スケールでバーストが起きることを発見した。SgrA* は 1974 年に電波で発見された。電波、特にミリ波、サブミリ波での短期時間変動ももちろん観測されている (Miyazaki, Tsuboi, Tsutsumi 2003, Miyoshi et al. 準備中)。銀河中心核の研究対象として SgrA* は面白くなってきている (「SgrA*

が本当に銀河中心のスターになってきた (坪井昌人)」)

表 1 . ブラックホールの質量、距離、Schwarzschild 半径 (Rs) 見かけの影の大きさ.

	Mass (Msun)	D (kpc)	Rs			Shadow (μas)
			(m)	(au)	(μas)	
StellarBH @ 1pc	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



ブラックホールは輝く降着円盤 (もしくはトラス?) の中心にまさに黒い穴として存在する。重力レンズ効果を考えると穴の差し渡しは約 5 Schwarzschild 半径になる (図 2)。SgrA* のブラックホールの影 (shadow) は直径 30 μ 秒角 (260 万太陽質量の場合) になる。最新の Shodel et al. (2002) による 370 万太陽質量を採用すれば直径約 45 μ 秒角になる。

図 2 . 降着円盤の中心に影がみえる。これこそブラックホール存在の証拠。

これまでも SgrA* の構造を調べようとセンチ波からミリ波の VLBI 観測が行われてきた。残念ながら正しい SgrA* の姿を把握できずにいる。空間分解能の不足からではなく、SgrA* の周囲を取りまくプラズマガスによる散乱で像がぼやけるためである (観測周波数の自乗で効く)。このプラズマ散乱の影響はミリ波からサブミリ波では急速に小さくなり、SgrA* の降着円盤やブラックホールの shadow はサブミリ波 VLBI ならば見えると期待されている。

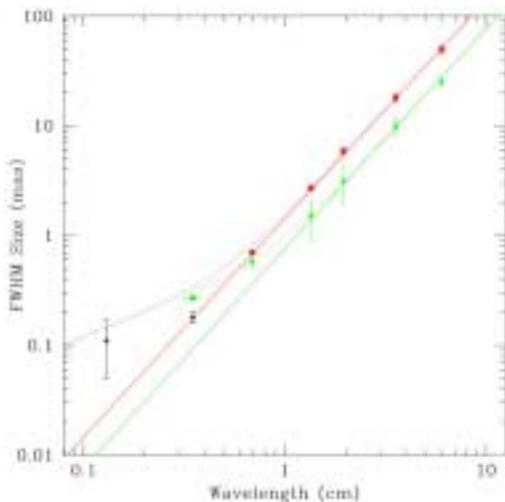


図 3 . 周辺プラズマの散乱の影響で像がぼやけて見える。観測波長の自乗に比例してみかけの像が大きくなる。

自乗則を赤、緑の線が示す。二本あるのは赤緯方向、赤経方向で散乱の度合いがことなるため = 非等方性のためと解釈されている。

センチ波から 43GHz までの VLBI 観測の結果はおおむねこれに合致している。しかしミリ波からサブミリ波では 自乗則から外れ、SgrA* 本来の大きさや形が見えてきている。

(Dollmann et al. 2001)

ではどのくらいの規模のサブミリ波 VLBI 網があればよいか？ 赤緯 -30° にある SgrA* をターゲットにしていくつかのアレイを想定し、uv カバーの見地から clean simulation を行った。その結果、南半球にあって SgrA* を高々度角で観測可能な、VLBA と同規模のアレイ、すなわち 10 局、差し渡し 8 千 km、(感度は現状の VLBA86GHz 帯と同じ性能と仮定) が実現されるとすれば図 5 のように中心部のブラックホールの shadow が見えてくることわかった。このような本格的なアレイの建設は予算的に 2,3 百億円規模になると思われる。

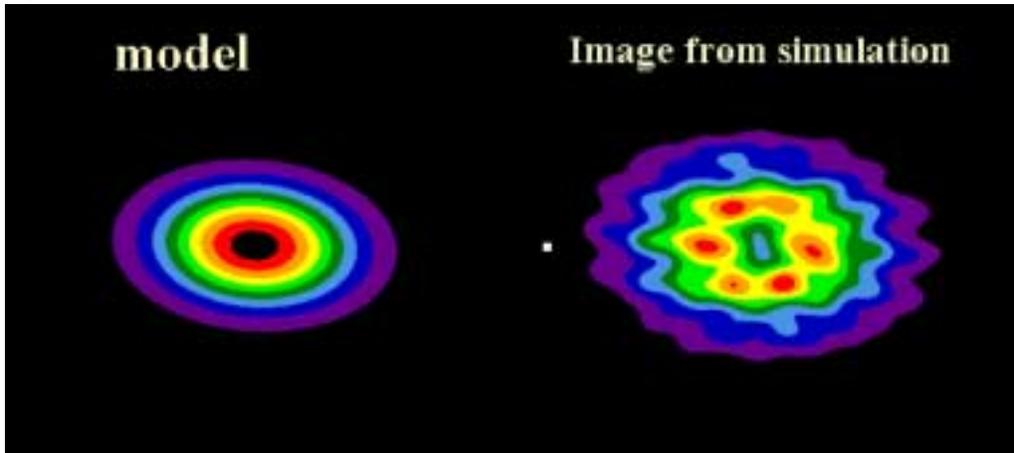


図 5 . アレイの能力を simulation してみた(230GHz)。VLBA を南北逆転させ南半球においた場合のアレイを想定し、その uv カバーによる simulation。 SgrA* の構造としてガウスの輝度分布 ($0.1\text{mas} \times 0.08\text{mas}$ 、 $\text{PA}=80^\circ$) を置き、その中心部分、直径 30 マイクロ秒角を抜いた像モデルを作った。アレイの感度に沿った熱的ノイズ (= VLBA86GHz での値と同じと仮定) を加えた上でクリーンを行ったもの。右のように内部の shadow を捉えることができる。広がり 8 千キロ、10 局構成程度のサブミリ波 VLBI アレイが南半球にあればよいことになる。

しかし、詳しく検討したところ、(実は大変当たり前だが) 意外なことが判明した。図 6 は uv-distance (投影基線長) と観測される visibility 強度の関係を示すものである。もしも SgrA* にブラックホールが存在しない場合、降着円盤は中心部ほど明るく輝き、shadow は存在しない。その場合黒線のようにガウシアン型の visibility 強度変化を示す。これに対して、ブラックホールが存在し、中心部分に shadow が存在する場合、shadow の大きさに依存する特定の uv-distance で visibility 強度が 0 となる null 点が現れる (= 緑線、青線)。一度強度が 0 となったあと、uv-distance が大きくなると再び visibility の強度が増えてくる。この変化の特徴からブラックホールの shadow の存在、つまり event horizon の存在を観測的に示すことができる。

このような場合、uv-distance に対する visibility 強度の変化を測定するだけでよいことになる。つまり少数局構成、極端には 1 基線のサブミリ波 VLBI 基線で足りることになる。

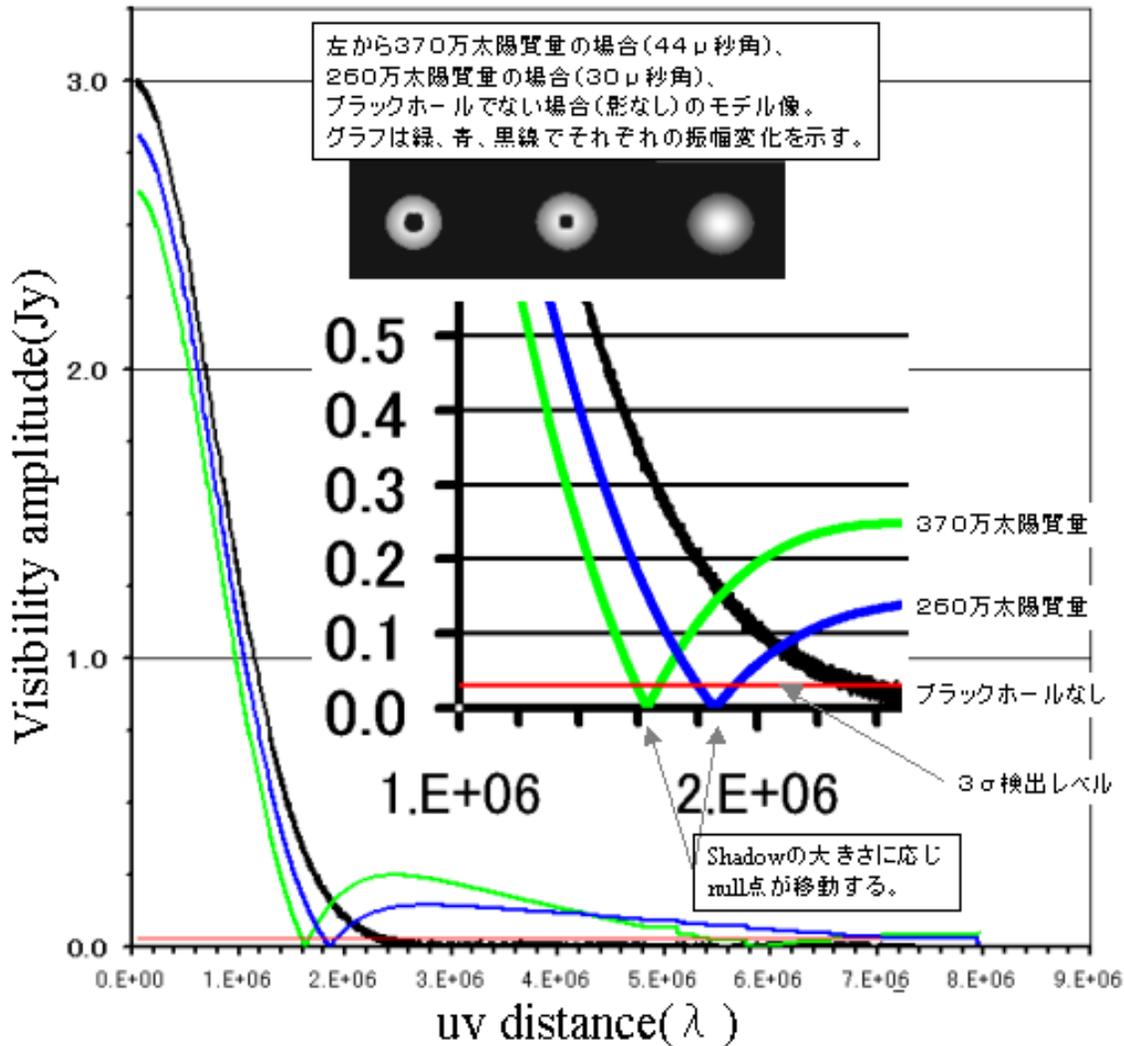


図6. 基線長 (uv distance) と相関振幅(visibility amplitude)の関係 (230GHz 帯)
中心部に影がある場合、振幅0となる null 点が存在する。Null 点の位置は shadow の直径、ブラックホール質量で決まるので、ブラックホールの存在を示すだけでなく、null 点の位置から SgrA* の質量まで測定可能である。SgrA* の 0 ベースライン強度は 230GHz 帯で 3 Jy 程度である。グラフでは変化がわかりやすいよう適当に 0 ベースライン強度を変えてある。

表2. 感度計算 (230GHz)

既存の技術で可能な数値で計算すると…

口径 D	15 M
開口効率 e	70 %
システム温度 T _{sys}	150 K
量子化効率 η _q	70 %
積分時間 t	100 秒
観測バンド幅 B	1024 MHz
⇒ノイズレベル(1σ)	10 mJy

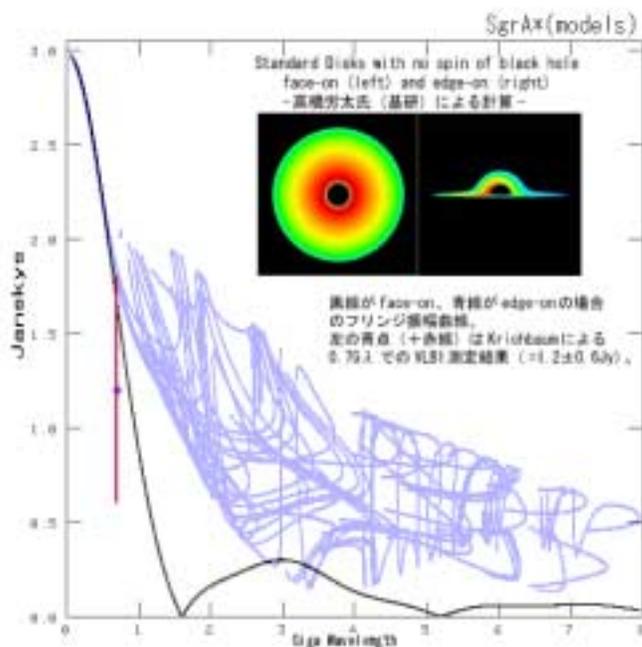
1 0 0 mJy 検出が SNR 1 0 ができる!

さらに感度について計算してみる。現在のサブミリ波、および VLBI 技術で達成されている性能で十分な観測が行えることもわかった(表2)。

図6の赤線が3ノイズレベルであり、十分null点の存在を押さえることができる。SgrA*のブラックホール質量は260万から370万太陽質量(=この数値は非常に正確)である。これに対応してnull点は基線長1千~2千kmのあたりに現れることになる(230GHzでの場合)。

ALMA 周辺2千km内外、アンデス山脈の高地にサブミリ波観測に適したサイトをみつけ、サブミリ波 VLBI 基線をまず、最低1基線つくればよい。

それだけで、誰もがブラックホール存在の証拠と認める event horizon の存在を観測的に明らかにすることができる可能性は高い。



シンポジウムで坪井昌人氏から受けた質問に基づき、降着円盤をほぼ真横(89°)から見た場合を検討してみた(協力=高橋芳太氏)。アレイ配列は様々な uv がサンプル出来るような任意の12局構成である。円盤モデルはとりあえず標準円盤、ブラックホールの回転(スピン)はない場合である。

図7. 標準円盤モデルの場合のフリンジ振幅曲線。Face-on の場合が黒線、edge-on の場合が青線である。

先駆的な Krichbaum et al.(1998)による測定点を図中に青点(+赤線の誤差棒)で示した。

Edge-on の場合、複雑な構造を反映してフリンジ振幅も投影基線長と時角に応じ複雑に変化する。もう一つの特徴は、円盤の一部がドップラー・ブースティングによって明るく輝くことである。このコンパクトな輝点の存在によって、基線長が長くなっても比較的相関振幅は大きい。この場合 ALMA-SMA、ALMA-CARMA、CARMA-SMA のような超長基線(=ともに低高度で観測しなければならず、観測条件は、短基線に比べはるかに悪い)でも十分な SN で観測できることになる。

いずれにせよ、日本においてサブミリ波 VLBI を一刻も早く開始し、欧米に先んじてこの成果を日本が上げるべきである。

岐阜大学機関報告

高羽 浩

1. 宇宙測地研究室 (工学部)

人間情報システム工学科 若松教授、高羽助教授、須藤助手
 数理デザイン工学科 吉田教授
 土木工学科 M1 2名、4年 4名

2. 11m 電波望遠鏡

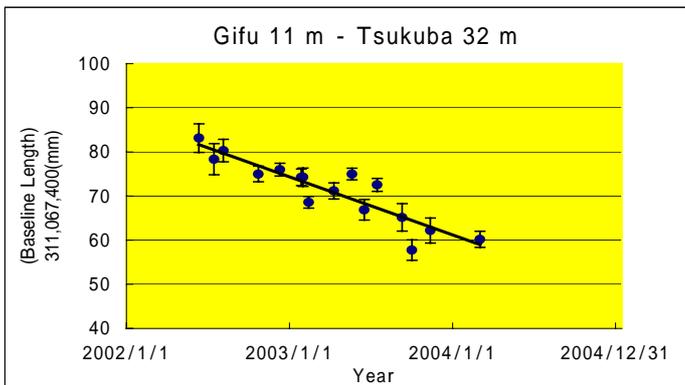
- ・ 国土地理院の JADE に参加 (月 1 回の観測、左下図に結果)
- ・ 通信総研、宇宙研の「のぞみ」等の飛翔体 VLBI 観測に参加 (IP-VLBI)
- ・ IP-VLBI で 3m - 11m の短基線干渉計(600m)のフリンジ検出に成功 (12 月)
- ・ スポットエアコンによる受信機室空調を設置 (昨年 7 月)
- ・ 22GHz 化を開始 (今年度デューワーを製作)

3. スーパー-SINET による e-VLBI 実験

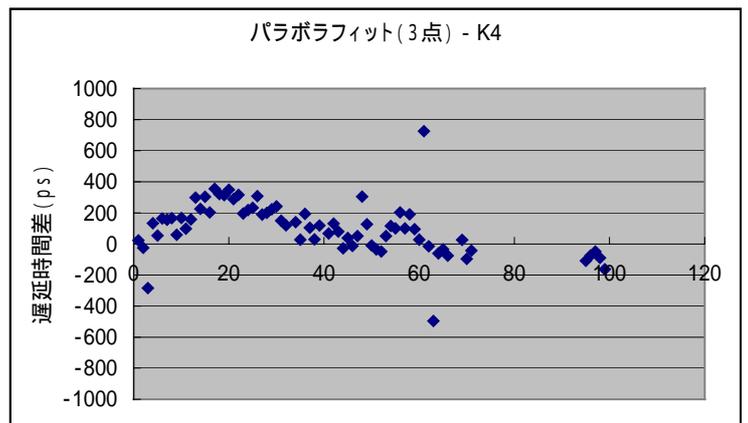
- ・ 「岐阜情報スーパーハイウェイ」に WDM を導入し、岐阜大 - 核融合研間を光接続 (9 月)
- ・ 核融合研を経由し、「スーパー-SINET」で三鷹に接続、回線テストを開始 (10 月)
- ・ 岐阜大に設置した相関器でつくばとフリンジ検出(11 月)、臼田とフリンジ検出(12 月)
- ・ JADE 観測で K4 とスーパー-SINET の同時観測を実施 (1 月 ~)
- ・ 三鷹と岐阜大の相関器による S/X 分散処理に成功、4Gbps の e-VLBI を実現 (2 月)
- ・ K4 との比較で 50ps 程度の遅延時間決定精度を確認、測地の目処が立ちつつある (右下図)

4. その他

- ・ 須藤助手米国 NRAO に出張 (1-3 月)
- ・ スーパーサイエンスハイスクール (SSH) を受け入れ、活動銀河中心核のブラックホールの観測研究をテーマに。山口 32m 鏡との IP-VLBI による観測を実施(5 月 26 日)、フリンジを確認、夏休みに解析の予定。



岐阜大 11m 鏡 - つくば 32m 鏡の
 測地 VLBI 観測結果 (K4 の 128Mbps)



JD0403 (2004 年 3 月) の岐阜大 - つくばのスーパー
 SINET と K4 の遅延時間との比較 (X バンド)
 横軸は観測番号 (時間方向)、縦軸は遅延時間差 (ps)