

第17回 IVS 技術開発センターシンポジウム アブストラクト集

2019年6月27日 於 NICT 鹿島宇宙技術センター 大会議室

口頭発表

1. 関戸 衛 (情報通信研究機構): 小型広帯域 VLBI を使った、イタリアー日本の VLBI 観測 (測地・精密周波数比較)

NICT では、IVS の VGOS 仕様に準拠した広帯域 VLBI システムを開発し、小型可搬アンテナを使った周波数比較実験を、イタリア INAF と NICT の間で実施している。この観測システムは、広帯域フィード、ダイレクトサンプリング、広帯域バンド幅合成の新しい技術開発と、小型アンテナを活かすユニークな VLBI 観測手法 (NODE-HUB 型) を採用している。この技術によって 2.4m アンテナで大陸間基線の VLBI 観測を実現し、 $1.e-16$ の周波数確度を目指して実験を進めている。測地観測性能としても 8700km の基線で基線長計測 RMS1.5cm は、従来の大型望遠鏡による測地 VLBI の結果と比べてもまったく遜色ない。現在までの、周波数比較プロジェクトの達成状況と今後の見通しについて報告する。

2. 近藤 哲朗 (上海天文台、NICT): 広帯域バンド幅合成 (WBWS) での TEC 推定の現状

広帯域バンド幅合成 (WBWS) での TEC 推定はバンドごとの SNR が十分に大きい場合は位相モデルを使った高精度の推定が可能である。しかし、SNR が低い場合は位相モデルの適用が困難となるため、低 SNR でも TEC 推定が可能となるように改良している。その現状について報告する。

3. 川口 則幸 (国立天文台): 降雨中での水蒸気検出と相関型ラジオメータ

水蒸気ラジオメータは厚い雲に覆われている時や降雨時には大きな誤差が生じることがよく

知られている。しかし、水蒸気の放射スペクトルを広帯域で計測することで、雨滴による吸収放射と水蒸気放射が分離でき、降雨時でも水蒸気量が正確に計測することができることを実際の計測結果で示す。また、将来の水蒸気ラジオメータとして相関型のラジオメータについて提案し、水蒸気の高度分布が計測可能であるかを論じる。

4. 氏原 秀樹 (情報通信研究機構): 広帯域アンテナの開発

VLBI による遠隔地間での原子時計の精度比較を目的とする Gala-V に使用する広帯域アンテナの開発、昨年度からの科研費 (NICT 代表) による放射計の開発など広帯域フィードを使用した観測システムの開発について紹介する。特に後者において、フィードのビームが光学系から溢れないように光学系に合わせて設計ができるので、測りたい視野内の水蒸気のみを観測できること、雨滴や酸素といったベースラインとなる放射も 18-64GHz 程度の広帯域フィードで同時に同じ光学系で測定できるため、誤差要因の削減ができる。

5. 三好 真 (国立天文台・ジャスミンプロジェクト): 2 m 口径・ヘラ絞りアンテナ面三次元測定

低コストのサブミリ波アンテナを実現するため、ヘラ絞り法による製作を検討してきた。熟練工によるヘラ絞りは加工精度が非常に高く、高精度金型を利用し、使用材であるアルミ板の残留応力を焼き鈍して除去すれば、20 ミクロン rms 程度のアンテナ面が実現される見通しを北嶋絞製作所の協力によって得た。2016 年度より大澤科学財団の支援を得て、口径 2.4 m 金型の精密切削 (伊勢領/日造精密研磨/日立造船) その内径部分を用いて口径 2.2 m のへら

絞りアンテナを試作し、レーザー測定で金型面 30 ミクロン rms、アンテナ面 60 ミクロン rms の暫定値を得た。2018 年度、クラウドファンド（アカデミスト）、再度の大澤科学財団の支援を得て、クリスタル光学（株）の大型三次元測定器を用いて金型・アンテナの再測定を行った。測定結果を報告する。

6. 青木 貴弘（山口大学）：大阪府立大 SPART 10m を用いた 230GHz 国際ミリ波 VLBI 観測

2019 年 3 月 18 日および 19 日の連続した二日間に渡り、大阪府立大学 SPART 10 m、韓国 SRAO 6 m、グリーンランド GLT 12 m の 3 局を用いて、日本としては初めてとなる周波数 230 GHz（波長 1.3 mm）の国際 VLBI 観測を実施した。講演では、PART で VLBI 観測システムを立ち上げるための作業やそのシステム構成、また観測中のできごとについて報告する。観測データはまだ関連局に輸送中の状況であり、観測結果の報告は別途なされる予定である。

7. 寺澤 敏夫（東大宇宙線研・国立天文台水沢 VLBI 観測所）：Crab パルサー：鹿島観測の 10 年を振り返って

鹿島宇宙技術センターと協力して 10 年前に開始した Crab パルサー電波観測の成果として、広周波数域の巨大電波パルスの発見、電波・X 線の強度相関の初検出などがあげられる。それらを振り返り、残された問題点について議論する。

8. 藤沢 健太（山口大学）：大学 VLBI 連携の活動報告

大学 VLBI 連携（JVN）の活動について報告する。大学 VLBI 連携の観測は、従来のイメージング観測に加えて、茨城・山口・鹿島の大口径アンテナを用いた高感度フリッジ検出観測（非

イメージング観測）によるサーベイ観測の研究に力を注いでいる。この現状と成果について報告する。また大学 VLBI 連携に対する鹿島の大きな貢献についてまとめて報告する。

9. 小林 秀行（国立天文台水沢 VLBI 観測所）：MWA を用いた bistatic radar による宇宙デブリ探査

スペースデブリは宇宙環境の安全性において深刻な問題である。天文学用の大型電波干渉計 MWA を用いて、既存の放送局電波を用いた新たな周波数資源を必要としないバイスタテックレーダーを構成し、デブリ観測の検討が進められている。これに VLBI 技術等を応用して、コヒーレントバイスタテックレーダーを構成し、感度の向上、デブリまでの精密測距・測位を行う研究をオーストラリア ICRAR と開始した。本件についての概要と今後の計画について発表する。

10. 竹内 央（JAXA 宇宙科学研究所）：DDOR 技術によるはやぶさ 2 と Ryugu の同時軌道決定

11. 宮原伐折羅（国土地理院 地理地殻活動研究センター）、大坪俊通・宗包浩志・渡邊俊一・宮崎隆幸・青山雄一・福田洋一・横田裕輔・栗原忍：全球統合測地観測システム -日本の活動と展望-

全球統合測地観測システム（GGOS）は、地球の形状、回転、重力場とその変化の把握を目的に、GNSS、VLBI、SLR、重力といった地球規模の測地観測を統合する枠組みで、一つの国では実現できない地球全体の観測を実現するため、国際連携の下に活動している。日本でも測地観測を行う機関の国内外での連携の促進に向けて、2013 年に枠組み（GGOS ワーキンググループ、2019 年 GGOS Japan へ改称）を設立し活動している。

12. 松本 紗歩（国土地理院測地部宇宙測地課）：石岡測地観測所における VLBI-

GNSS コロケーション測量

国際地球基準座標系 (ITRF) の構築において異なる宇宙測地技術の観測網を結合する際、観測点相互の位置関係が拘束条件として用いられる。それらはあらかじめ地上での測量 (コロケーション測量) により計測しておく必要がある。本発表では、国土地理院の石岡測地観測局で 2018 年 11 月に実施した VLBI 観測点と GNSS 観測点の間のコロケーション測量の成果を報告する。また、その中の一工程である VLBI アンテナ中心を測定する方法として導入を検討している「インサイド法」についてもあわせて報告する。

13. 服部晃久 (総合研究大学院大学)、土井浩一郎、青山雄一: 南極・昭和基地 VLBI 観測の現状について

南極・昭和基地では 1989 年に直径 11m の VLBI アンテナが建設され、1998 年以降は定期的に年に数回、測地 VLBI 実験に参加している。第 59 次南極地域観測事業 (2017-2019) では、IGS 点とのコロケーション測量、またサンプラーとビデオコンバータの交換を実施した。本発表ではこれら 2018 年に実施した活動および、“C5++” で解析した測地実験結果について報告する。

14. 高橋 富士信 (横浜国立大学): アジア QZSS/IGSO 測位衛星の太陽合同期生起モニタリング

20 世紀型 GNSS 衛星は MEO 高度飛翔を利用してきた。21 世紀の QZS みちびきは脱 MEO 高度の先頭を切り、GEO 高度に軌道傾角と離心率を与えての測位衛星機能を実証した。脱 MEO の動きは中国やインドの IGSO に大きく波及して、ロシアも QZSS 同様の高々度 Glonass2023 へ舵を切った。QZS/IGSO は年 2 回太陽合をもつ。また連日測定により並列同期太陽合という天体現象を引き起こしていることが判ったので報告する。

15. 関戸 衛 (情報通信研究機構): IVS TDC の活動報告

宇宙背景放射の発見やパルサーの発見など、革命的な電波天文学の発見の時代の中、電波研究所 鹿島支所は 30m 大型パラボラアンテナとともに 1964 年に設置された。大陸移動を実証する成果をあげて、VLBI は高分解能の電波天文学観測だけでなく測地学の大変重要な要素技術として発展し、地球と宇宙の基準座標系、地球回転を決定している。大型パラボラアンテナと原子時計技術を融合した VLBI 研究は、両技術をもつ電波研究所の研究課題にふさわしく、先人の方々の多くの努力によって鹿島を拠点に日本の VLBI 技術が導入され、その後測地学、天文学にまたがる広い分野の研究機関・研究者と協力してコミュニティが発展し、現在にいたっている。NICT は、地球回転・測地学の分野での研究開発を軸足に、VLBI の技術開発センターとして、研究開発の推進と情報発信を続けてきた。これまでの経緯と IVS の技術開発センターの活動を振り返る。

ポスター発表

1. 小倉 達也 (山口大学大学院 創成科学研究科): 鹿島-日立基線を用いた核融合開始直後に形成される若い HII 領域の大規模 VLBI 探査

大質量星は大量の紫外線によってその周囲に電離水素領域 (HII 領域) を形成する。そのサイズは星進化とともに膨張していくため、若いものほどコンパクトである。我々は核融合開始直後の大質量星を発見しその進化理論の検証を

行うため、輝度温度感度 ($\sim 10,000$ K) が極めて高い鹿島 34m と日立 32m 望遠鏡による 1 基線 VLBI を用いた誕生直後の極小 HII 領域の大規模探査計画を現在進めている。本発表ではすでに得られている初期観測の成果について報告する。

2. 米倉 覚則 (茨城大学): 茨城観測局の 10 年を振り返って

2009 年に電波望遠鏡への改造を開始した茨城観測局の高萩 32m アンテナおよび日立 32m アンテナは、国立天文台、学 VLBI 連携に関連する大学、研究機関の協力を得て、C 帯および X 帯では国内で最も感度が良いアンテナの 1 つとなった。これまでの 10 年を振り返るとともに、現状および将来計画について述べる

3. 高羽 浩 (岐阜大学): 岐阜大 11m 鏡による水メーザー源観測

岐阜大 11m 鏡による水メーザー源観測システム、データ解析ソフトウェアについて紹介する。観測は 3 台のパソコンを使い、天体追尾、R-Sky 制御、K5/VSSP32 によるデータ記録を行っている。星形成領域、晩期型星のモニター及びサーベイ観測を行い、OH/IR 天体では高速度成分を持つ新天体を発見し、鹿島 34m 鏡での観測も行った。観測、解析を自動化するソフトを作成し、労力を少なくしている。

4. 市川 隆一、氏原秀樹、佐藤晋介、科研費プロジェクト研究グループ (情報通信研究機構): 次世代超高感度ミリ波放射計の開発 (序報)

科研費基盤研究 A 「ミリ波で観る地球 - 高精度水蒸気モニターで切り拓く次世代自然ハザード精密予測」を 2018 年度より開始した。初年度は主に、次世代高感度ミリ波放射計試作機の受信系の検討を行い、ほぼ開発方針が固まった。

今年度の中頃には常温の受信系が完成する見込みであり、年度後半以降は既存のパラボラアンテナに搭載して実証試験を行う予定である。これらの詳細について報告する。

5. 岳藤 一宏 (情報通信研究機構): 9000km 基線の超広帯域バンド幅合成

2018 年のポローニャへの小型アンテナ移設後、イタリアと日本との約 9000km の基線長で、VLBI による周波数比較実験を実施している。国内基線と大きな差異は、まず Parallax angle 差と電離層の影響である。円偏波受信の場合、Parallax angle が異なっても偏波は変わらないが、われわれの直線偏波受信システムだと大きなインパクトで、角度によってはフリンジが消失する。また測地 VLBI 実験中に電離層の影響は少なくとも ± 20 TECU に達する。これらを補正した上で、さらにフリンジサーチにおいては 1GHz 程度の狭帯域では起きえない、広帯域による補正もおこない広帯域バンド幅合成を実施している。

6. 岳藤 一宏 (情報通信研究機構): VLBI 的ホログラフィ測定による鹿島 34 m 鏡面調整

2018 年夏季に鹿島 34 m アンテナのバックストラクチャー工事がおこなわれた。工事はさびが進行している鋼材を切断して入れ替える作業もあり、主鏡パネル面の変移が予期された。そこで、鏡面補正のためホログラフィ観測システムを開発した。1.6m サイズのリファレンスアンテナおよび受信機を作製、データ処理は VLBI で使用される相関器を用いたデジタル信号処理である。人力で鏡面を複数回にわたって補正したところ、鏡面をピーク値 1mm 以内に補正することができた。