

広帯域受信機の発展的利用のための調査・研究

実施期間	令和2年度～令和4年度
測地部宇宙測地課	吉藤 浩之 中久喜 智一 石垣 真史 高木 悠 本田 昌樹 森 克浩 佐藤 雄大

1. はじめに

国土地理院の石岡 VLBI 観測施設（以下「石岡局」という。）では、国際 VLBI 事業（以下「IVS」という。）が定めた年間スケジュールに基づき、従来の S/X 帯（2 GHz 帯及び 8 GHz 帯）の観測（以下「S/X 観測」という。）及び全球 VLBI 観測システム（以下「VGOS」という。）(Petrachenko et al., 2009) による観測（以下「VGOS 観測」という。）に参加している。

一般的に、S/X 観測と VGOS 観測で異なる受信機を使用しており、石岡局のように 1 つのアンテナでそれぞれの観測に参加するためには、その都度受信機を交換する必要がある。しかし、受信機の交換及び調整には 1 週間程度を要するため、観測機会の損失が発生することが課題である。

国土地理院では、両方の観測を定常的かつよりフレキシブルに実施するために、VGOS 観測で使用する受信機（以下「広帯域受信機」という。）を用いて、S/X 観測にも参加するための調査を実施した。本稿では、その調査の内容と結果について報告する。

2. 偏波変換

2.1 偏波の種類

偏波とは、電波の進行方向に対する振動の向きで、「直線偏波（水平偏波・垂直偏波）」と「円偏波（右旋円偏波・左旋円偏波）」の 2 つに分けられる（図-1）。VGOS 観測では直線偏波を、S/X 観測では円偏波を受信してデータ処理を行うため、それぞれの観測で異なる受信機を使用する必要がある。



図-1 偏波の種類：左）直線偏波（水平偏波），右）円偏波（右旋円偏波）

2.2 偏波変換

広帯域受信機を用いて S/X 観測に参加するには、直線偏波を円偏波に変換する必要がある。そのため、国土地理院は、エレクトクス工業株式会社が開発中の偏波変換装置を使用して、広帯域受信機で観測した直線偏波のデータを、S/X 観測用受信機での観測と同等の円偏波のデータに偏波変換すること

が可能であるか調査を行った。

図2は、直線偏波を円偏波へ変換するフローを示している。まず、水平偏波と垂直偏波間で相互相関を行い、両者間で生じた振幅と位相のずれを補正する。そして、水平偏波を90°位相回転して垂直偏波と合成することにより右旋円偏波・左旋円偏波への変換を行った。

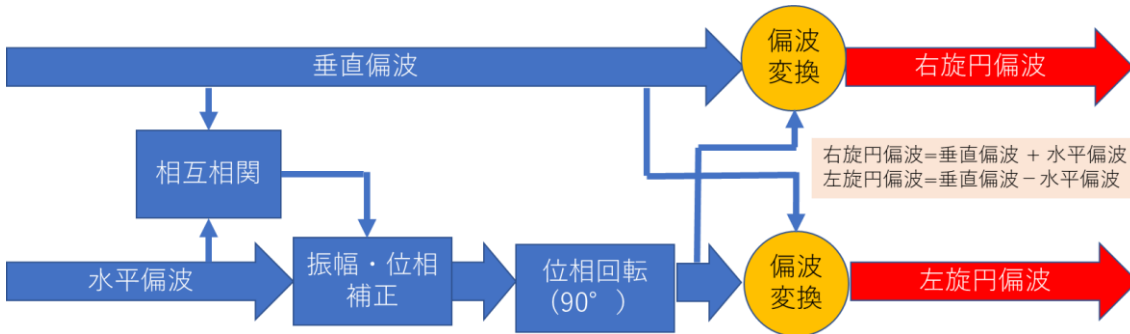


図-2 偏波変換の流れ

3. 偏波変換結果と課題

3.1 偏波変換を実施した VLBI 観測

偏波変換には、AOV075 観測 (S/X 観測) における石岡局と国立天文台水沢 VLBI 観測所 (以下「水沢局」という。) の観測データ (一部) を用いた。観測諸元は表 1 のとおりである。当該観測は、他の一般的な VLBI 観測と異なり、VGOS 観測局と S/X 観測局が混在して観測・相関が行われている。

表-1 AOV075 観測諸元

観測日時	2022-09-28 18:00 ~2022-09-29 18:00 (UTC)
観測モード	32Mbps, 2bit, 16ch
偏波の種類	石岡局：直線偏波, 水沢局：円偏波

3.2 偏波変換評価方法

偏波変換の妥当性は、石岡局の偏波変換後の偏波データと水沢局の偏波データを相関処理し、相関処理が成功したことを示すフリンジが検出されるかどうかで確認した。相関処理は水沢局が実施した。

フリンジは X 帯で検出され、信号対雑音比も直線偏波 (水平偏波) -円偏波で相関したときと比べて向上したため、偏波変換はおおよそ妥当であることが示された (図-3)。なお、S 帯ではフリンジが検出されなかったが、これは観測に使用した天体のフラックス密度が低いことが原因と思われる。

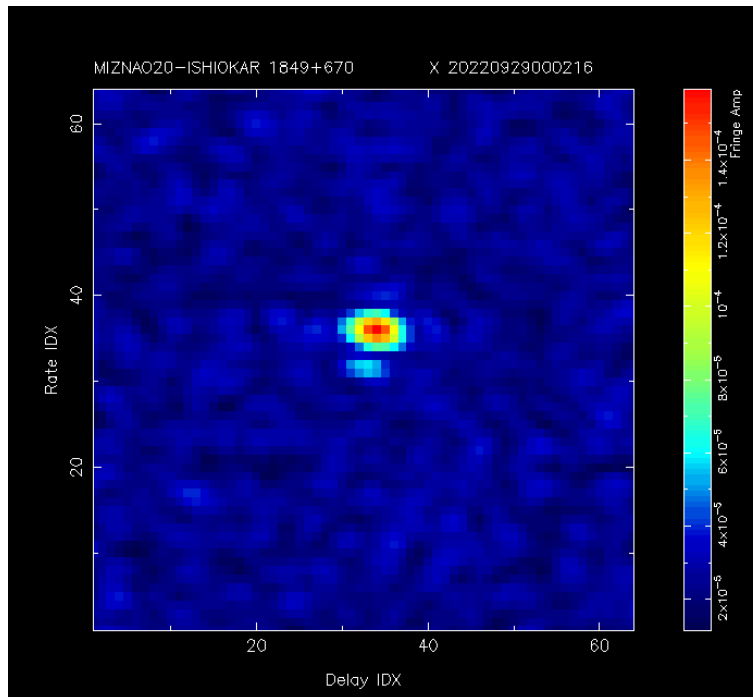


図-3 偏波変換後の相関結果（Xバンド）。横軸は、石岡-水沢間における電波の到達時間の差（遅延時間）、左縦軸は遅延時間の時間変化率（フリンジ周波数）、右縦軸は相関強度を示している。

3.3 偏波変換の課題

信号対雑音比は偏波変換により向上したが、想定される値までには達していない。一般に円偏波で観測した際の信号対雑音比は、水平偏波又は垂直偏波のどちらかで観測した際に比べて $\sqrt{2}$ 倍になるが、1.04倍であった。これは位相補正量が周波数依存性を持っている可能性があることを示唆している。そのため、偏波変換前に行う振幅・位相補正について更なる調査が必要である。

4. まとめ

国土地理院は、広帯域受信機を用いて、S/X観測にも参加するための調査を進めている。本調査では、偏波変換技術の検証を行い、X帯のフリンジを検出することに成功した。今後は実運用に向けて、更なる調査・検討を進める予定でいる。

謝辞

本調査にあたり、水沢局の寺家孝明氏及び小山友明氏から、相関処理の実施や偏波変換の評価について多大な助言を賜りました。ここに感謝の意を表します。

参考文献

Petrachenko, B., A. Niell, D. Behrend, B. Corey, J. Bohm, P. Charlot, A. Collioud, J. Gipson, R. Haas, T. Hobiger, Y. Koyama, D. MacMillan, Z. Malkin, T. Nilsson, A. Pany, G. Tuccari, A. Whitney and J. Wresnik (2009) : Design Aspects of the VLBI2010 System: Progress Report of the IVS VLBI2010 Committee. NASA/TM-2009-214180, p.25.