

## 野辺山ミリ波 VLBI 実験報告

藤沢健太 (山口大学)

### 概要

2015 年 4 月 27-29 日に、野辺山宇宙電波観測所内にある 10m (大阪府立大学、SPART) と 1.85m (大阪府立大学、1.85m 電波望遠鏡) の間で 230GHz 帯の VLBI 実験観測を行い、フリンジを検出した。

#### (1) 背景と目的

国立天文台 VLBI 運営小委員会に設置された「ブラックホール研究検討会」において、ミリ波・サブミリ波の国内 VLBI 実験観測を行うことが推奨されている。本間氏、土居氏、三好氏から参加の承諾を得て、共同研究は開始した。我々はこの実験を Mm Interferometer Collaboration Experiment 2015 (MICE2015) と名付けて、野辺山でミリ波 VLBI (230GHz 帯) のフリンジ検出をめざすことにした。目標はフリンジ検出、230GHz での VLBI 実験技術・実績の獲得、OCXO を用いた VLBI の位相安定度測定とした。

#### (2) 実験概要

##### 2-1. 参加機関と人員

実験の主体は以下のとおりである。ミリ波 VLBI の研究を行っている国内のグループと、調整役の藤沢、望遠鏡を提供していただく大阪府立大学、VLBI 技術開発を行っている NICT、国立天文台、茨城大学他、大学連携からの参加者、ブラックホール研究のアドバイザーとして京都大学。この実験には次の機関に支援をいただいている。大阪府立大学、国立天文台・野辺山宇宙電波観測所、宇宙科学研究所。

**参加者:** 三好 (国立天文台)、春日 (法政大)、坪井 (宇宙研)、岡 (慶應大)、氏原 (NICT)、高橋真聡 (愛知教育大)、本間、秋山、河野、小山 (国立天文台)、土居 (宇宙研)、関戸、岳藤、堤 (NICT)、小川、大西、前澤、木村、長谷川、高橋、井上、森前、齊藤、原口、西田、種倉 (大阪府立大)、米倉 (茨城大)、藤沢、新沼、松本 (山口大学)、嶺重 (京都大)、齋藤、南谷 (NRO) (順不同)

##### 2-2. 実験観測システム

本 VLBI 実験は、国立天文台野辺山観測所内の SPART 望遠鏡と大阪府立大学 1.85m 望遠鏡で 230GHz 帯で行った。基線ベクトルは南東-北西方向に約 150m であり、230GHz での最小フリンジ間隔は約 1.8 秒角である。両望遠鏡は VLBI 設備を持たないので、本実験のために設置して観測した。この観測は技術試験なので、十分大きな相関フラックス密度が得られるよう、今回の観測では、「月のエッジ」を対象とした。観測日時は 2015 年 4 月 27 日 18 時-24 時 JST である。

VLBI 観測のための周波数標準は、2つの方式を切り替えてそれぞれ実験した。

- SPART 望遠鏡には 45m 観測棟に設置された水素メーザに位相ロックした 10MHz と 1PPS が供給されているので、これを用いた。
- 1.85m 望遠鏡は水素メーザ信号を光ファイバで伝送する方式 (方式 1 : 共通信号・ファイバ方式) と 1.85m の観測小屋に設置した OCXO の信号を用いる方式 (方式 2 :

独立信号)の2通りがあるので、この2通りを切り替えた。さらに、SPART望遠鏡に別のOCXOを設置して水素メーザ信号の代わりにするという第3の方式(方式3:2つのOCXO方式)も試した。高安定クリスタル(以下、OCXO)は国立天文台・JAXAのVLBIグループから借用した。光ファイバを用いた信号伝送は、両望遠鏡間に光ファイバ(シングルモード、1芯利用)を連絡し、共通の周波数標準を発生するものであり、NICT鹿島グループが技術・機材の提供を行った。

VLBI観測システムとしてNICT開発のシステムと天文台開発のシステムを検討した結果、今回はNICTのシステムK6/GALASを利用した。観測周波数は230.000-231.024GHz、これを0-1024MHzに周波数変換し、2048MSPS、1bit/sampleでサンプリングした。各局で記録したデータはUSBデバイスでデータを物理的に輸送して、ソフト相関器GICO3で相関処理を行った。

### (3) 結果

信号対雑音比が30を超える強いフリンジが検出できた。その結果の一つを図1に示した。これはOCXO-OCXO(方式3)で観測を行ったものである。位相の安定度などの検討はNICT 岳藤氏によって行われ、Technology Development Center News, No. 35, October 2015に報告されている。このフリンジ検出により、当初目標としていたフリンジ検出、システム安定度測定、観測技術獲得をすべて達成できた。図2にフリンジへの寄せ書きを示した。

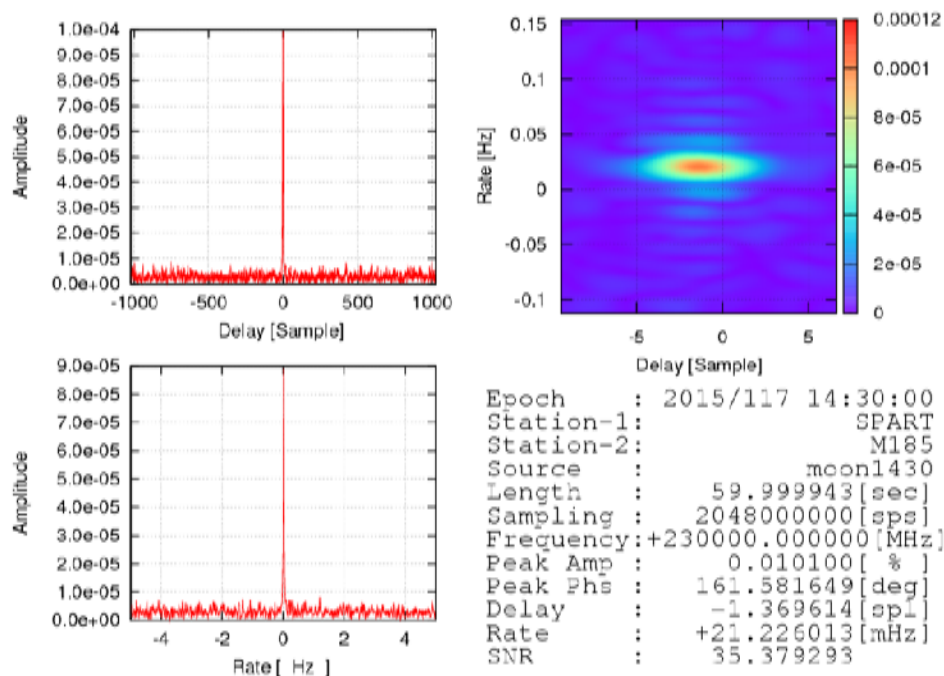


図1. 230GHz VLBI 実験で得られたフリンジ (対象は月の縁)

(4) 今後の展望

今回の国内実験成功は、短ミリ波 VLBI の研究が東アジア VLBI における共同研究の一つの課題となりうることを示したといえる。今後は日韓中台の研究者が参加・協力する体制を構築し、世界の BH 研究に乗り込むことが一つの目標となるだろう。

その第一歩として、ソウル国立大学 6m 望遠鏡 (SRAO) を用いた 230GHz の VLBI 観測の検討を行っている。SRAO は BIMA の素子アンテナと同形で、230GHz で観測可能状態である。今後は ALMA、EHT など世界の研究状況を見極めつつ、研究を進める予定である。

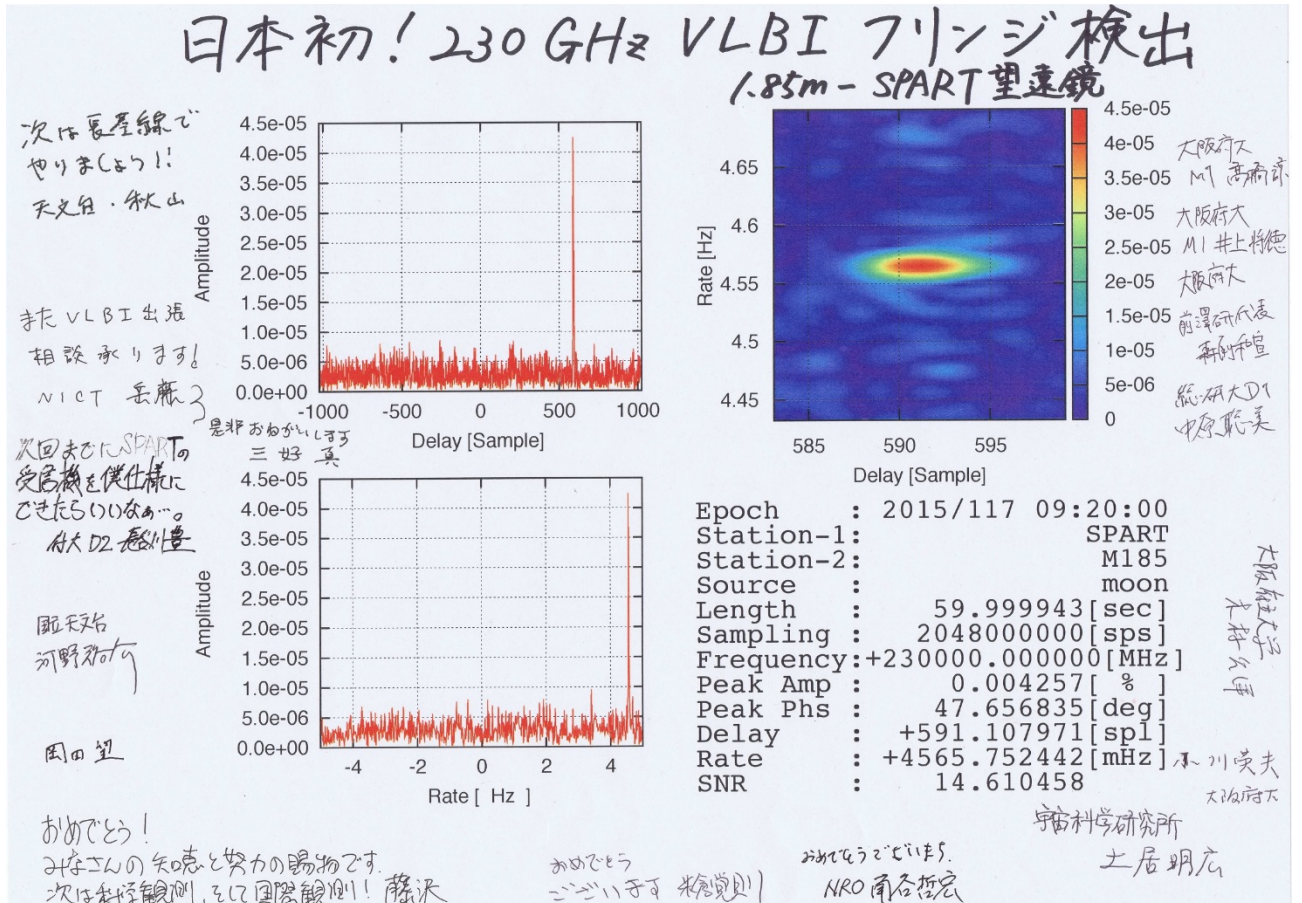


図 2. 230GHz フリンジへの寄せ書き