

平成(30)年度国立天文台滞在型共同研究報告書  
Activity Report for NAOJ Visiting Joint Research in FY (2018)

2019年 6月 5日  
YYYY/MM/DD

申請者 Applicant	氏名 Name	はだ かずひろ 秦和弘
	所属・職 Division・position	水沢VLBI観測所・助教
研究課題名 Research Title	東アジアVLBI(EAVN)6.7GHzを用いた活動銀河ジェットの観測的研究	
研究場所 Place	国立天文台水沢VLBI観測所	
共同研究者 氏名・所属・職名 Joint researcher's Name ・Institution・Position/ Graduate Student year	平野あゆみ・山口大学・修士1年	
1. 研究概要 (Summary of research)		
<p>活動銀河中心核 (Active Galactic Nuclei; AGN) における相対論的ジェットの生成・加速プロセス、更にはテラ電子ボルト(TeV)に至る高エネルギーガンマ線放射のメカニズムは宇宙物理学における長年の難問である。この課題に取り組むためには、超長基線電波干渉計(VLBI)を用いたAGNジェット根元の高解像度かつ高感度な直接撮像が極めて重要である。</p> <p>本共同研究では日韓合同VLBI観測網KaVAおよび東アジアVLBIネットワークEAVNを用いたAGNジェットの観測的研究を推進する。EAVNは国立天文台水沢VLBI観測所が東アジア地域と協力して構築を進めている国際共同プロジェクトであり、日本のVERA・JVN、韓国のKVN及び中国のCVNなどを統合して東アジア地域で1つの巨大なVLBI観測網を形成する計画である。EAVNは2014年から日韓合同アレイKaVAの定常運用が開始し、2018年9月からは更に野辺山45m・上海65m(一部ウルムチ26m)望遠鏡を加えた共同利用(22/43GHz帯)が開始するなど、現在急速にアレイ拡張が進んでいる。申請者はEAVN推進チームの日本側代表者としてコミッショニング及びサイエンスを展開している。</p> <p>今回はKaVA22/43GHz観測に加え、EAVN低周波(6.7GHz)を用いたジェットの解析を共同で挑戦する。6.7GHz帯はAGNジェット下流の加速領域を観測するのに最適なバンドであるが、現在EAVN整備は22/43GHz帯が中心となっている。2018年は6.7GHz帯のEAVN観測・整備を強化する予定であり、6.7GHz受信機を搭載した大口径望遠鏡であるJVN山口・茨城局は低周波EAVNにおける最重要局となる。そこで山口大学から平野あゆみ氏(現在修士1年)を招き、6.7GHz EAVNデータを解析して山口・茨城局の性能評価を共同で行い、問題点の洗出しやデータ較正方法の確立を目指す。併せて、幾つかの重要ジェット天体(3C84等)のイメージングを行い、VERA/KaVA 22/43GHz帯のモニターデータと比較することで、ガンマ線放射現候補とされるジェット成分の運動やスペクトルについて考察し、ジェットの加速機構やガンマ線放射モデルの妥当性を検証する。</p>		

## 2. 研究成果(Research achievements)

まず今回主要目標の1つであったEAVN 6.7GHz観測に基づくジェット解析だが、当初2018年9～12月に予定していたEAVN試験観測が、中国天馬局及び韓国蔚山局の調整がつかなかったため、2019年2月実施へと延期になってしまった（また、この観測の関連処理が完了したのが2019年5月）。そのためEAVN 6.7GHzのデータ解析及びジェットの解析は、残念ながら本研究滞在期間中に実施することができなかった。

そこで今回我々はVERA/KaVA/VLBAの22/43GHz帯の観測データに重点を置いて研究を進めることにした。特に平野氏は修士論文研究においてVERA(GENJIプログラム)による3C84ジェットの長期・高頻度モニターの解析を進めていることから、これと相補的な形で、同時期にKaVA及びVLBAで取得された22/43GHzデータを集中的に解析し、より高画質・高解像度なマップに基づいてジェットの詳細な運動を調べた。3C84にはC1, C2, C3, C4という主要ジェット成分があるが、特に今回は2011年ごろコアから出現したC4（最も新しい成分）に着目した。C4はHiura et al. 2018において、VERAを用いて2013年までの運動が測定されていた。C4の興味深い点は、ジェットの先端にある最も明るい成分C3（ホットスポット的な構造）と比べて不規則な運動を示す。またVERAに比べ高解像度な画像で見たときに、二股リム構造の領域に成分が位置するため、その正体および2013年以降の運動・軌道がどうなるのか、大変注目されていた。そこで我々は2011年～2018年の間に取得されたKaVA/VLBAのデータ計77エポックを解析し、C4に関する嘗て無い詳細な分析を行った。その結果、C4の極めて具体的な内部構造が描き出され、東側のリムに沿って運動する成分であることがわかった。更に、2013年以降もC4はジェットを下流に南下し、やがてC3が存在するホットスポット領域に「取り込まれ」、その領域が増光するような兆候まで捉えられた。これは、ジェット理論において、粒子加速やガンマ線放射として長年議論が続いている、内部衝撃波の現場を捉えた可能性がある。理論モデルとの定量的な比較は今後の宿題だが、以上の通り観測的に非常に興味深い現象が捉えられたため、我々は滞在最後の数日間で論文の執筆にも着手することができた。また、これら大量のマルチエポック画像に基づいて、ジェットの動画作成にも取り組んだ。これにより、C4のみならず、C3や他のジェット成分についてもその詳細な運動がひと目で分かるようになった。

今回平野氏の滞在期間は約1ヶ月程度と短かったこと、6.7GHzによる研究が延期になるなど当初は不安材料が多かったが、集中的な解析により3C84ジェットに対する知見が大きく進展したことは特筆すべき事であり、私自身も予想以上に重要な成果が得られたと感じている。また、当初委員の方々から懸念されていた修士論文への影響という観点においても、結果的にその質・両ともに大きく発展させることができ、大変有意義な研究滞在の機会を提供していただいたと考えている。

## 3. 本制度に対する意見、要望など【申請者記載欄】

(Any comments on this program 【For applicant】)

今回は共同研究者が修士過程1年次の大学院生にもかかわらず本支援を認めて頂き大変感謝しています。今回大変有意義な共同研究ができたことを考えると、このような若手研究者に対して今後も引き続き積極的にサポートをしていただくと（長い目で見て）本制度は更に充実するのではないかと思います。改善点をあげるとすれば、滞在費のサポートの上限です。最大3ヶ月の滞在まで可能な反面、費用のサポートは最大1ヶ月までというのはややわかりにくいと思います。

## 4. 本制度に対する意見、要望など【本事業で来訪した共同研究者記載欄】

(Any comments on this program 【For joint researcher】)

この度は本支援を賜わり、大変有意義な共同研究ができたこと感謝しております。学生にとって他機関の研究者の方々との議論を密に出来ることや、天文台の研究者のもと精力的に研究を進めることが出来るという機会は大変貴重です。そして本制度期間中では研究を進めるだけでなく、様々な分野の方との交流を通して知見を広める機会となったことも大変嬉しく思います。今後も本支援を活用することで、私のような若手がこのような機会をより多く得ることが出来ること有り難く存じます。

5. 共同研究者の滞在日程(Joint research period)

氏名・所属 (Name・Institution)	平野あゆみ・山口大学	
滞在日程 (Period of stay)	日数(days)	
2019年 1月 16日 ~ 2019年 2月 23日 YYYY/MM/DD ~ YYYY/MM/DD	38日間(days)	
年 月 日 ~ 年 月 日 YYYY/MM/DD ~ YYYY/MM/DD	日間(days)	
合 計 (Total)	38 日間(days)	

(記載要領) (notes)

※ 記入欄は必要に応じ適宜スペースを拡張して記入のこと。

Fill out extending the entry columns as necessary

※ 共同研究者の滞在日程は、必要に応じ行を追加して記入、複数人招へいしている場合には、表をコピーして各人ごとに記載すること。

Fill out adding extra lines as necessary. If you invited multiple joint researchers, complete a copy of the table for each person.

※ 報告書の公開にあたり支障を生ずるおそれがある場合は、当該部分とその理由を明記すること。

When there is concern that making parts of this report public might cause difficulties, please indicate which parts and the reasons.

【お願い(Request)】

滞在終了1年後、当該共同研究によって出版された論文等の成果の提出を依頼させていただきますので、その際にご協力ください。

After a year following the completion of the research, we will send you a request to submit a list of papers and other results that have been produced by this research collaboration. We appreciate your cooperation.