

# 東アジア VLBI と SKA

本間 希樹 (国立天文台 水沢 VLBI 観測所)

## 1. 水沢 VLBI 観測所のこれまでと今後

国立天文台では 2016 年 4 月から第三期中期計画を迎えるにあたり各プロジェクトの中長期的な方向性が議論されている。その中で水沢 VLBI 観測所についても、次期中期計画終了時 (2022 年 3 月) に VERA に一区切りをつけることが中期的計画として示されている。これは必ずしも位置天文学の研究や VERA のアンテナ運用を停止することを意味するわけではないが、VERA の科学運用が 15 年を超える 2020 年代の研究展開に合わせて、プロジェクトや観測所の体制を変革していくことも必要である。そのため、今後数年程度の間、2020 年代の VLBI・電波コミュニティーの方向性を勘案した水沢 VLBI 観測所の将来像をとりまとめ、それに基づいた準備研究や体制構築を次期中期計画中に開始する必要がある。

将来計画を考える上では、これまで VLBI 天文のコミュニティーや国立天文台が何を進め、何を達成したかを振り返っておくことも必要である。図 1 は、1990 年代以降の国内での VLBI 天文に関する比較的大きな活動をまとめたものである。1990 年前半は野辺山と鹿児島を組み合わせた KNIFE が国内での天文 VLBI 観測の中心であった。その後水沢 10m と鹿児島島の錦江湾 6m を加えた J-Net として整備され、またそれと並行して宇宙科学研究所 (現 ISAS/JAXA) を中心に VSOP プロジェクトという世界初のスペース VLBI 衛星が実現された。現在の VLBI 天文の分野で主要なターゲットとなっているメーザーと AGN の研究の基礎もこの時代に作られていったといつてよい。

一方、2000 年代に入ると、位置天文観測装置として、またさまざまなユーザーのリクエストに応える地上統一 VLBI として VERA が建設された。VERA は特にメーザーを用いた位置天文学を中心的に進めた。さらにこれと並行して、2000 年代には複数の大学で、他機関・企業等から譲り受けた望遠鏡で大学独自の研究を展開しようという流れができた。この活動が大学 VLBI 連携として組織化され、VERA 等と組み合わせて JVN というアレイが構築された。これによって、大学においても VLBI の手法を中心とする観測天文学の研究室が多数形成され、コミュニティーが拡大していった。

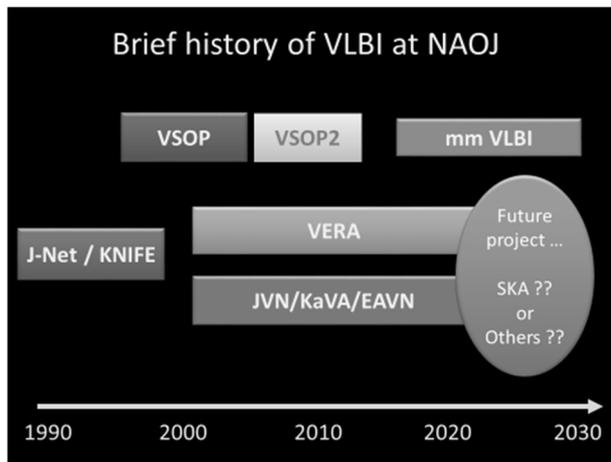


図 1. 国立天文台の VLBI グループが推進してきた諸計画の年表。2020 年代以降の方針は未定であり、今後の検討が急務である。

さらに、VSOP の後継機として AGN の超高分解能撮像を主目的とする VSOP-2 プロジェクトが進められたが、技術的および体制的な問題のために中止となった。一方、AGN を高分解能で観測しようという動きは、地上のミリ波サブミリ波 VLBI へと受け継がれ、国際協力で EHT (Event Horizon Telescope) として実現しつつある。特に、2016 年に ALMA Cycle-4 で ALMA の VLBI 観測モードがオープンされ、ブラックホールシャドウの直接撮像がいよいよ実現すると期待されている。

## 2. 東アジア VLBI

上にみたように、日本国内では国立天文台だけでなく、各大学や宇宙科学研究所、情報通信研究機構、国土地理院などの協力も得ながら、VLBI 天文学がこの 10~20 年で大きく進展し、メーザーや AGN、銀河系位置天文等の研究分野で世界的にも大きな存在感を示してきた。そして、この活動を日本に留めることなく、さらに東アジア地域の連携を測りながら、この活動を拡張しつつある。

例えば、韓国 KVN(Korean VLBI Network)と日本の VERA を組み合わせた KaVA(KVN and VERA Array)は、すでに共同利用をオープンしており、7 局からなるイメージング装置としてその力を発揮しつつある。そして、それをさらに発展させるべく現在推進しているのが東アジア VLBI (図 2) である。これは中国、韓国、日本の 20 台規模の望遠鏡を有するアレイであり、特に大きな特徴として、この地域にある大型望遠鏡を有しており、高い感度が期待できることにある。すでに実施されたイメージング試験観測でその性能が実証されれば、今後の科学運用に大きく弾みがつくと期待される。東アジア VLBI の実現により、より高感度な VLBI のサイエンスと、将来の国際協力へ向けた東アジアでの密な連携の構築が達成されると期待される。科学目標としては、メーザー、AGN、銀河系構造といったこれまで研究が行われてきた天体をより高感度かつより高いイメージング能力で観測することに加えて、SKA 等のセンチ波帯の電波天文学の将来プロジェクトに繋がる、萌芽的研究テーマも是非進めていくべきであろう。これには例えばパルサーやトランジェント、そして最近検出された重力波放出天体のフォローアップなど、宇宙のダイナミックな現象を捉える時間領域天文学なども含まれる。

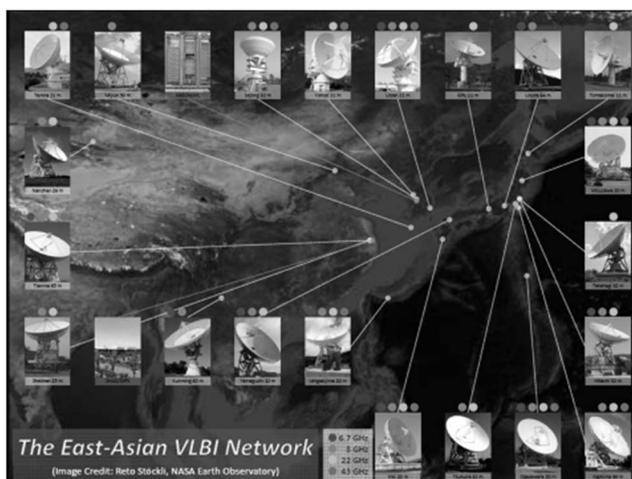


図 2. 東アジア VLBI のアレイマップ。中国、韓国、日本の最大 20 台程度の望遠鏡からなる。

### 3. SKA 時代にむけて

VLBI および電波の将来計画は現在のところ未知であり、今後コミュニティーでの議論を経てしっかりとまとめて行く必要がある。その方向性の一つの可能性として、電波天文分野における国際的な将来計画である SKA とどのように関わるかは、必ず検討しておかなければいけない課題である。このような観点から国立天文台水沢 VLBI 観測所としても、SKA-JP などのコミュニティーと協力して、VLBI の分野から SKA にどのように関わりうるかについて検討を開始している。その結果見えてきたこととして、将来的に SKA による研究展開を考える上で、東アジア VLBI は極めてユニークかつ有用であるということである。

図 3 は、東アジア VLBI および関連アレイ、そして SKA の phase-1, phase-2 の開口面積を比較したものである。よく知られているように、SKA は最終的に 1 平方キロメートル規模の集光力を持つ望遠鏡を建設し、その超高感度を活かしてセンチ波帯で様々な研究展開を目指すものである。その最初のフェーズである SKA-1 は現在のところ 32000 平方メートル程度の開口になる。これは full SKA (SKA phase-2) の 7% 程度の開口面積であり、それを用いて full SKA に向けた準備研究を展開していくことが、2020 年代の国際 SKA プロジェクトの方向性である。一方、東アジア VLBI の開口面積を見てみると、図 2 に示した現存望遠鏡でも、すでに 15000 平方メートルの面積を有しており、SKA-1 のほぼ半分となる。さらに、現在中国では FAST 500m が建設中で、2017 年には運用を開始すると期待されている。さらに、ウルムチでは Qitai に 110m 望遠鏡を設置する計画もある。これらの大望遠鏡を加えると、東アジア VLBI の開口面積は最大 100000 平方メートルにまでなり、SKA-1 を面積的に凌駕する。もちろん、これは単なる開口面積の足し算に過ぎず、実際にアレイとして有効に利用するためには、同じ受信帯の受信機やバックエンドを整備する必要がある。しかし、望遠鏡の建設費に比べればこれらの整備費はかなり少額であるので、将来に向けた SKA への準備としても、東アジア VLBI をさらに整備していくメリットは十分にあるであろう。東アジア VLBI が北天に位置していることから、南アフリカに建設予定の SKA-1(mid) と相補的であり、また、SKA-1 を VLBI モードで用いる際の国際協力の拠点としても有効である。このように東アジア VLBI を発展させて SKA のサイエンスへと展開していくことができれば、自ずと日本がどのように SKA に関わるかも見えてくると期待される。もちろん、明確な結論を得るには今後さらなる検討が必要であり、国立天文台とコミュニティーが協力して検討を継続することが重要である。

	EAVN	EAVN+FAST	EAVN+Q T,FAST	EVN	VLBA+GBT+VLA	Global VLBI (EA/Eu/US)	SKA-1 (mid)	SKA-2 (mid)
Operating from	2018?	2022?	2022?	Operating	Operating	?	2023?	2028??
Max. Baseline (km)	5000	5000	5000	2000-10000	8000	10000	150	3000
Collecting area (m <sup>2</sup> )	15000	86000	96000	20000	26000	61000 ~ 142000	32600	440000

図 3. 東アジア VLBI と SKA 等の開口面積比較。