

# 光結合 VLBI 観測による SXDF 領域の電波天体のサーベイ観測

芥川憲吾 藤沢健太 新沼浩太郎(山口大学)

小山友明 水野翔太 河野裕介(国立天文台)

## 概要

Subaru/XMM-Newton Deep Field (SXDF) の  $1.3 \text{ deg}^2$  の領域は Very Large Array (VLA) による観測 (1.4 GHz) で  $100 \mu\text{Jy}$  以上の天体が 505 天体検出されている[1]。しかし VLA はビームサイズが $\sim 5$  秒角であるため、広がった構造を持つ AGN 以外の電波源が多く観測されている可能性がある。光結合 VLBI 観測による高感度な観測を行うことで、これらの天体から AGN を選択的に取り出し、AGN の宇宙論的進化について研究を検討している。

## 1. Introduction

大部分の銀河の中心には大質量ブラックホール ( $10^6 M_{\odot}$ ) が存在する。これが活発な質量降着を伴うとき活動銀河中心核 (AGN) として観測される。そして、大質量ブラックホール生成と銀河生成は密接に結びつき、これらが共進化しているという説があるが、直接的な証拠はない[2]。そのため銀河の宇宙論的進化を研究する上で、その前後関係の解明は重要なテーマである。

## 2. 研究目的

一般的に AGN は近傍の宇宙には少なく、遠方つまり過去の宇宙 (特に  $z \approx 2$  の時代) ほどその数が多い。銀河分布のバイアスを取り除き、銀河の進化に伴うブラックホールの様子を捉えるためには、より Deep な観測による天体カタログを用いる必要がある。SXDF 領域は多様な種族の銀河の研究のために観測された最も広く深い領域で、この方向の 90% 以上の天体が可視光で検出された。同領域に対して、VLA による 1.4 GHz 観測の結果として  $100 \mu\text{Jy}$  以上の天体が 505 天体検出され、90% 以上の信頼性の高い光学的同定を得ている[1]。VLA の性能はコンフィグレーションにもよるがビームサイズ $\sim 5$  秒角、最小検出フラックス密度  $60 \mu\text{Jy}$  であるため最小検出輝度温度は $\sim 3 \text{ K}$  となる。そのため、広がった構造を持ち、低温の電波源、すなわち AGN 以外の天体を多く検出している可能性があり、AGN がどれだけ含まれているか判断できない。これらの電波源に対して光結合 VLBI 観測による高分解能で高感度な観測を行うことにより、AGN を選択的に取り出すことができる。またそこから、 $\text{Log}N - \text{Log}S$  プロットを作成することで、銀河の宇宙論的進化について議論することができると思われる。

## 3. 観測方法

### ・光結合 VLBI

光結合 VLBI とは観測局と相関局を高速光通信回線で結合した VLBI 技術である[3]。従来の VLBI は磁気テープに記録しているため、観測局で得られたデータを相関局に物理的に輸送する必要があり、大変時間がかかる。それに対して光結合 VLBI では、広帯域の光回線により大量の観測データを転送することが可能になり、また相関処理した結果を同時に確認することができる。

VLBI の感度は以下の式でもとめられる。

$$\Delta S_{ij} = \frac{1}{\eta_s} \sqrt{\frac{SEFD_i SEFD_j}{2\Delta\nu\Delta t}} \quad (1)$$

$\Delta S$ : 最小検出フラックス密度 [Jy]  $\Delta\nu$ : 帯域幅 [Hz]  $\Delta t$ : 積分時間 [s]

$\eta_s$ : 量子化損失 SEFD: システム雑音等価フラックス密度 [Jy]

従来の VLBI と光結合 VLBI の感度の理論値を表 1 で比較する。

表 1. 各 VLBI の理論値の比較 (山口-つくば基線:SEFD=300 [Jy],  $\Delta t=240$  [s])

	従来の VLBI	光結合 VLBI
記録方式	磁気テープ	OCTADISK
記録速度 [Mbps]	128	2048
帯域幅 [MHz]	32	512
最小検出感度 [mJy]	2.4	0.6
感度比	1	4

・観測方法の妥当性

学術利用ネットワーク (Sinet4) によって結合された光結合 VLBI 観測(山口-つくば基線:8.4 GHz,  $\Delta t=240$  [s])では、ビームサイズ~9.1 ミリ秒角、最小検出輝度温度~ $10^5$  K である。HII 領域の輝度温度は~ $10^4$  K、ダスト放射は~ $10^2$  K であるためこれらは検出されず、一方研究対象となる AGN は輝度温度が~ $10^{7-12}$  K であるため検出される。したがってこの観測方法は AGN 候補を探すのに適していると考えられる。

4. 観測対象

・Subaru/XMM-Newton DeepField (SXDF)

SXDF は中心座標:赤経 2 時 18 分、赤緯-5 度 00 分にあり、すばる望遠鏡・XMM-Newton によって長時間観測された、1.3 deg<sup>2</sup> をカバーする領域であり、そのほかの波長でも観測されている。以下では VLA による電波観測で作られたカタログ (Simpson et al. 2006) を用いる。

サーベイ観測に用いる VLA (1.4 GHz) 天体のカタログのフラックス密度の大きい方から 55 天体を選んだ。その天体を表 2 に示す。

表 2. VLA (1.4 GHz) の天体カタログから選択した 55 天体

VLA Name	Flux( $\mu$ Jy)										
J021827-04546	80250	J021823-05250	7950	J021800-04499	4600	J021822-05168	2560	J021725-04496	1590	J021722-05349	1323.7
J021817-04461	62110	J021634-04550	6590	J021752-04483	4420	J021822-05029	2440	J021838-05347	1580	J021632-05173	1307.6
J021839-04418	50820	J021616-05128	6250	J021755-05268	4360	J021926-05155	2390	J021718-05294	1570	J021617-05073	1283.9
J021853-04475	16950	J021752-05053	6190	J021754-05128	4200	J021737-05134	2370	J021724-04528	1564	J021939-05115	1244
J021851-05090	16010	J021932-05075	6100	J021906-04590	3610	J021809-04597	2306	J021620-04593	1521.6	J021855-04434	1241
J021637-05154	12020	J021826-04597	5950	J021755-05370	3230	J021659-05169	2240	J021848-05083	1510.7		
J021659-04493	9600	J021826-04597	5950	J021856-05283	3200	J021932-05129	2092	J021819-04412	1430.3		
J021823-04530	9150	J021827-05348	4970	J021754-05364	3130	J021806-05372	2074	J021743-05178	1410		
J021803-05384	8910	J021724-05128	4840	J021718-05293	2800	J021805-04563	1923	J021818-05157	1408.4		
J021850-04585	8120	J021757-05279	4830	J021839-05015	2720	J021758-04329	1763	J021909-05252	1358.2		

## 5.観測

2012年12月3日 UT:09:00~17:00,光結合 VLBI 試験観測として

- ・ 山口-つくば基線:SEFD=300 [Jy]
- ・ 1天体当たりの積分時間  $\Delta t=240$  [s]
- ・ 観測帯域幅  $\Delta\nu=512$  [MHz]
- ・ 期待される最小検出感度 $\sim 0.6$  [mJy]

という観測条件の下、観測を行った。VLBAの較正天体リストから、SXDF領域近傍の0133+476, 0214-085, 0215+015を較正天体として選び、システムチェックとして0133+476を $\Delta t=1710$  [s]見た後、10天体ごとに0214-085, 0215+015を交互に観測した。

## 6.結果

観測を行った結果、SXDF領域から、AGN候補の天体を検出することはできなかった。

観測データから今回、観測したSXDF領域の天体のフラックス上限値を求めたものを表3に示す。フラックス密度の値は0214-085, 0215+015のSNRの値とフラックス密度から、それぞれの較正天体の場合の $1\sigma$ の値を求め、観測天体のSNRに掛けた値を平均した値である。

表 3.SXDF 領域の天体のフラックス上限値

VLA NAME	Flux[mJy]	VLA NAME	Flux[mJy]	NAME	Flux[mJy]	VLA NAME	Flux[mJy]
J021827-04546	10	J021826-04597	11	J021822-05168	12	J021848-05083	13
J021817-04461	12	J021826-04597	9.9	J021822-05029	9.8	J021819-04412	12
J021839-04418	9.3	J021827-05348	11	J021926-05155	13	J021743-05178	15
J021853-04475	12	J021724-05128	11	J021737-05134	...	J021818-05157	12
J021851-05090	9.9	J021757-05279	12	J021809-04597	11	J021909-05252	13
J021637-05154	13	J021800-04499	11	J021659-05169	11	J021722-05349	9.6
J021659-04493	10	J021752-04483	13	J021932-05129	15	J021632-05173	11
J021823-04530	8.9	J021755-05268	11	J021806-05372	14	J021617-05073	9.2
J021803-05384	10	J021754-05128	11	J021805-04563	12	J021939-05115	11
J021850-04585	11	J021906-04590	12	J021758-04329	12	J021855-04434	10
J021823-05250	9.7	J021755-05370	14	J021725-04496	14		
J021634-04550	9.9	J021856-05283	11	J021838-05347	12		
J021616-05128	11	J021754-05364	11	J021718-05294	13		
J021752-05053	10	J021718-05293	10	J021724-04528	13		
J021932-05075	9.7	J021839-05015	11	J021620-04593	14		

## 参考文献

- [1] Simpson et al. 2006, MNRAS, 372, 741
- [2] Bradley M. Peterson, ピーターソン活動銀河核, 2010, 丸善株式会社
- [3] 光結合プロジェクト HP: <http://veraserver.mtk.nao.ac.jp/evlbi/index.html>