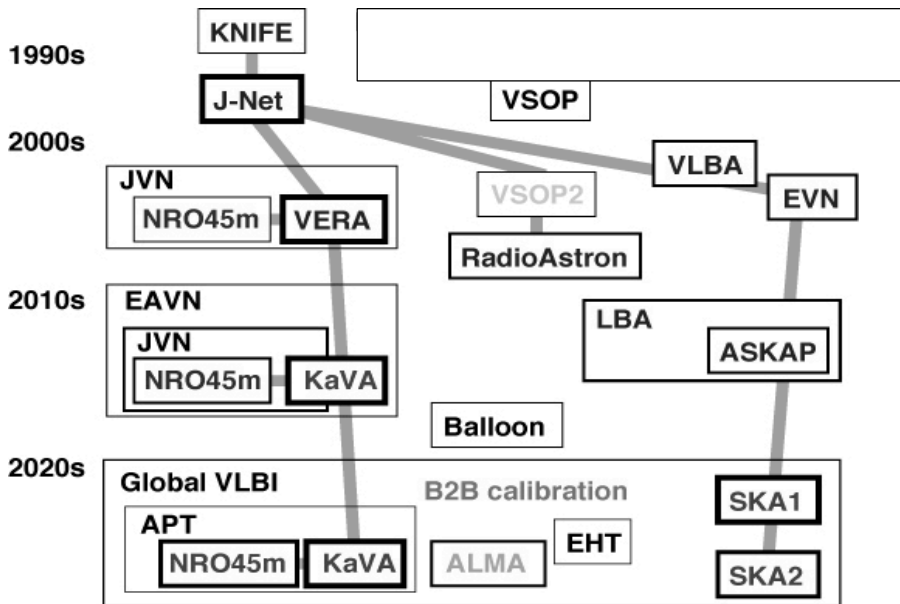


野辺山45m鏡への多波長バンド同時観測システム導入

今井 裕(鹿児島大学・国際電波天文学共同研究推進室)
 小川英夫・真鍋武嗣・木村公洋(大阪府立大学)
 南谷哲宏(国立天文台野辺山宇宙電波観測所)



この事業は、日本国内の一連の天文VLBI事業における次世代版ミリ波VLBI事業の一環として取り組んでいるものである(図1)。2016年度科研費基盤研究Aで申請中(代表:今井)。

図1 日本国内の天文VLBI事業の推移。灰色の線は、筆頭著者が主に取り組んだ事業の経歴を表す。

VLBI with band-to-band (B2B) calibration

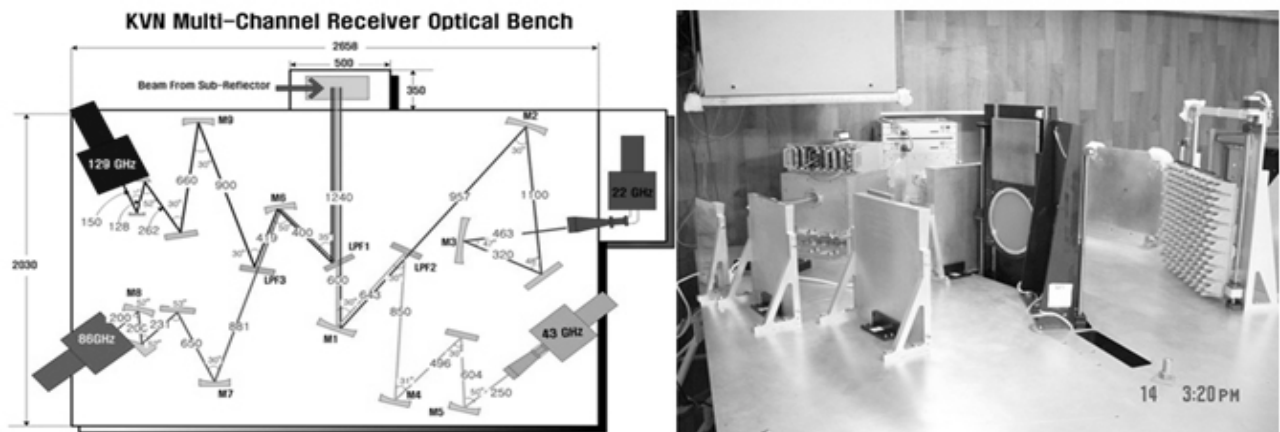


図2 KVNに搭載された4バンド同時受信システム。左図:システム全体のデザイン。右図:準光学系の試験風景。いずれもKASI関係者によるプレゼン資料を参照。

多波長バンドを同時に観測し、低い周波数バンドのデータを高い周波数バンドのデータ校正に利用する手法の開発が進む。韓国VLBI観測網(KVN)では独自の4バンド同時受信システムを構築し(図2)、source-frequency phase-referencing techniqueを導入(Dodson et al. 2014; Rioja et al. 2014)。ALMAでもBand-to-band (B2B) calibrationの手法開発が進んでいる(朝木氏私信)。KVNと同様なシステムの導入は、Yebes 40 m鏡(スペイン)、Tianma 65 m鏡(韓国)で検討が進んでいる。VERAでは水沢と入来にK/Qバンド同時受信用光学系の搭載が試験的に行われている。VLBI業界では長く広帯域記録技術の開発が進められてきたが、その成果とこの多波長バンド同時受信の技術を組み合わせることにより、新たな天文学研究の可能性が期待される。

天文学研究への応用

- 星周メーザー源の研究
 - H₂O, SiO (43, 86, 129 GHz)メーザー源の同時観測
 - 星間メーザー源の研究
 - H₂O, CH₃OH (44, 89 GHz, 他)メーザー源の同時観測
 - AGN SiOメーザー源の探査
 - 22GHz 連続波源やH₂Oメーザー源のデータに位相準拠してミリ波帯長時間積分を実現
 - AGN
 - core-shift effect (Rioja et al. 2015など)
 - 分子輝線吸収線探査(澤田佐藤、本研究会集録、など)
 - メーザー + 熱的放射輝線
 - VLBI観測データが単一鏡長時間積分データとしても利用可能
- ミリ波(>10mm)における感度向上(大口径望遠鏡+長時間積分)が必須**

NRO 45 m 望遠鏡でのMulti-band quasi-optics の実現

45m鏡は世界屈指の高感度ミリ波帯電波望遠鏡(最近の感度向上もあり)であり、日本/東アジア版High Sensitivity Array構築の要でもある。45m鏡は多数の給電系を持ち(図3)、多数の受信機から速やかに選択して観測することが可能なメカも要する。ミラーの代わりに周波数選択膜を使えば、2つの周波数帯の信号を分離できる。N個のバンドの受信のためにはN+1枚の周波数選択膜を利用する(図4)。

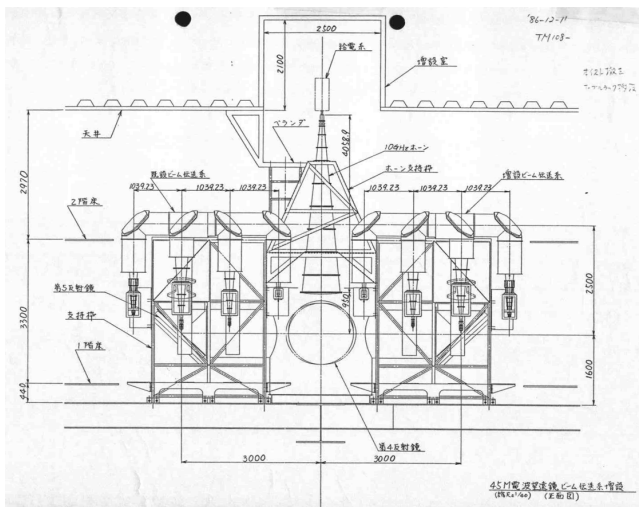


図3 NRO 45m鏡ビーム伝送系の見取り図(三菱電機の資料より)。本事業では「旧ビーム系」をVLBI/多波長バンド同時受信用に改修することを目指す。

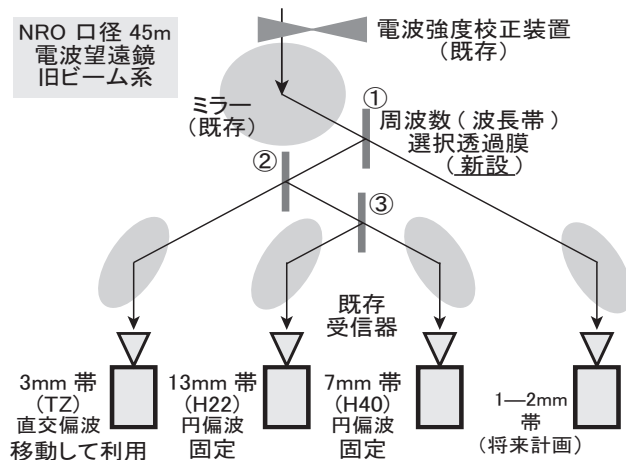
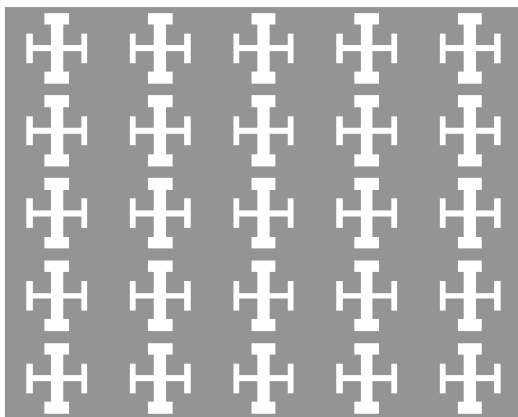


図4 NRO 45m鏡における準光学系構築の概念図。VLBI観測で使用する既存の受信機(H22, H40, TZ)を全て旧ビーム系へ集め、新たに周波数選択膜を設置する。

周波数選択膜 JCSA (Jerusalem Cross Slot Array)

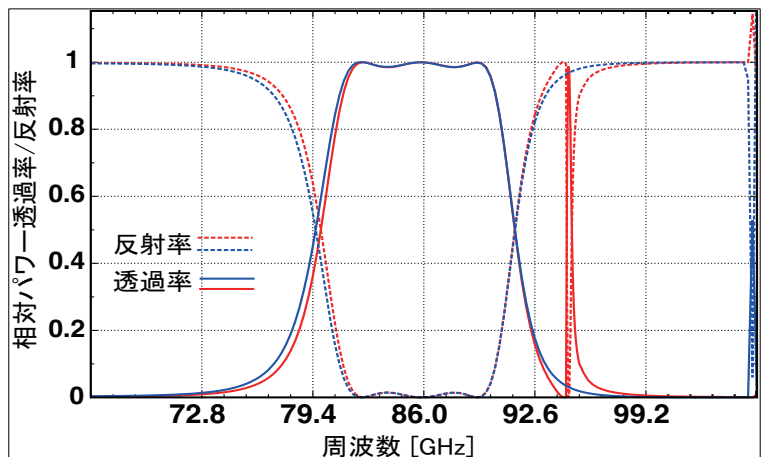


1.784 mm for 86GHz
3.567 mm for 43 GHz
8.963 mm for 22 GHz

図5 設計されたJCSA(真鍋&小川私信)

図6 設計されたJCSAの周波数特性
(真鍋&小川私信)

周波数膜として有用とされるJCSAは以前NROでも試作された (Irimajiri & Takano 1991)。しかし、45m鏡のビーム伝送系で使うには口径60cm程度のもを用意する必要があり、実装・運用には光学特性に長期安定性が求められる。本事業では金属膜にエッチング加工を施すこと、複数の膜を使うことで、強靱性と広帯域特性を実現する(図5、図6、真鍋ほか2014年)。



野辺山45m望遠鏡の運用上の今後の課題

- 広帯域記録への更新
 - まだOCTAVEシステムが定常搭載されていない！ →新沼氏科研費申請
 - 必要な記録速度： 4Gbps × 4ch (K/Q/W or K/Q Dual circular polarization)
 - Band selector の開発(現状では1バンドのみの選択)
 - 信号伝送系 + 準光学系整備はセットで進められるのか？
- 45m鏡局位置計測: 測地VLBI観測は困難
 - GPS計測: 局位置決定精度: ~5 cm
(2014–2015年実施、田村 & 今井 2015 ALMA/NRO/ASTE Users Meeting)
 - ホモログラス変形分遅延時間残差補正が必要 (Oyama 2016)

$$\sigma_{\text{inst}} [\text{mm}] \approx 2 \{ 32 \sin(EL) + 5 \cos(EL) \}$$

- 大気遅延残差推定用データ取得のためには別途GPS購入が必要
- 45m鏡運用ソフト(COSMOS)との連動
 - 単一鏡観測による準光学系の立ち上げ
 - .drgファイルで(できれば.vexファイルで)運用
 - Tsys (power meter読み取り)、アンテナ駆動ログの自動取得
- KaVAとの共同利用観測
 - 2017年開始が目標。時間枠(現状のVERA共同利用観測時間枠での年間最大100時間)の拡張は、新システムへの期待とその成果の大きさ次第である。