

2019年度国立天文台共同開発研究成果報告書

2020年4月30日

国立天文台長 殿

研究代表者	氏名	(ふりがな) たむら よういち 田村 陽一
	所属・職	国立大学法人東海国立大学機構 名古屋大学大学院理学研究科・准教授
研究課題名	北半球最高感度ミリ波サブミリ波ヘテロダイン受信システムLMT-FINER: デジタルサイドバンド分離広帯域分光計の開発	
研究実績	<p>本研究では、メキシコLMT 50m望遠鏡と組み合わせることで北半球で最高感度を実現する、120–360 GHz帯ヘテロダイン受信システム「FINER」の分光計ファームウェアを開発・評価した。本分光計では、高速 (20.48 Gsps) 3ビットA/D変換器とFPGAを採用し、サイドバンド分離をデジタル信号処理で実現する。これにより、分光計の帯域拡張のみならず、アナログデバイスだけでは実現の難しい40–50 dBという高いサイドバンド分離比を達成する。この広帯域と高いサイドバンド分離比を同時に実現することは、微弱な高赤方偏輝線探索だけでなく、生命起源分子輝線の探索等にも有用である。(成果 [1,2])</p> <p>本研究の目標は、分光計ファームウェアの開発とハードウェア基板設計、及びメーカーの評価機を用いたファームウェアの評価である。当初計画では、既製ハードウェアの購入及びファームウェアの改修によって、16.38 Gspsの分光計を実現する案であった。一方、検討の段階で、ハードウェア基盤の再設計等の改修により、帯域幅を30%増加させた20 GspsのA/D変換が可能であることが判明した。この30%の帯域増加は、ALMA2の受信機フロントエンドと整合させる点で重要である。この観点で、本共同研究の意義を高めるものと判断し、20 Gsps分光計開発を進め、(1) FPGAプログラム開発、(2) クロックアップ用周波数標準とFPGAへの電源供給の増強に伴う基板の再設計、(3) 発熱量増大に伴う熱設計の検討、(4) 評価基板を用いた実証試験を実施した。台風19号による基盤製造現場の被害(パナソニック郡山)やコロナ禍による遅れがあったものの、以下に示す通り、この目標を概ね達成することができた。</p> <p>本課題で実施した基盤再設計により、20.48 GspsのA/D変換及び自己相関やチャネル間の位相補正を担保する相関処理が実現可能であることを示した。さらに、サイドバンド分離を行うための以下の機能が達成できることを示した。</p> <p>(a) 位相補正機能: 2入力(I信号・Q信号)の位相差が任意(90° 等)となるよう位相回転を行う機能</p> <p>(b) 振幅補正機能: I・Q信号の振幅が等しくなるよう振幅補正を行う機能</p> <p>(c) 加減算機能: 補正されたI・Q信号の加減算によりサイドバンド分離を実現する機能</p> <p>この時点で既存のサイドバンド分離比を上回る性能が期待できる。一方、当初目標の40 dB以上のサイドバンド分離比を実現するには、より高精度の位相補正・振幅補正が必要であること、FPGAリソースの見直しに伴う内部演算処理のビット数を確保することで改善が可能であることがわかった。(成果 [3])</p> <p>[1] 田村「LMT-FINEST: Far-Infrared Nebular Emission Study with the Large Millimeter Telescope」サブミリ波将来計画成果報告会(長野, 2019/8)</p> <p>[2] 田村「LMT-FINEST: Far-Infrared Nebular Emission Study with the Large Millimeter Telescope」INAOE/LMT seminar(メキシコ, 2019/9)</p> <p>[3] エレックス工業株式会社「LMTサイドバンド分離検証成果報告書」(2020/3)</p>	

研究の活用	<p>本共同研究で開発・評価した分光計FPGAファームウェアは、我々が推進するLMT-FINER計画の根幹をなす。今回得られた結果は、FINERのためのデジタル分光計ハードウェアの製造(2020年度国立天文台共同開発研究課題)へ進む重要なマイルストーンとなった。現在、本共同研究をレバレッジとして、LMT-FINERを実現する2020年度大型科研費(基盤S)の申請、及びLMT観測所とFINER受信機の搭載に関する協働が進んでいる。さらに、本共同開発で得られた成果は汎用性が高い。したがって、LMT-FINER受信機のみならず、様々なサブミリ波観測システムでの活用が可能である。</p>
-------	---

注1) 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。

【お願い】

研究終了2年後に、報告書提出後の関連開発の進捗及び波及効果についてアンケートを実施いたしますので、その際にご協力ください。