

2011 年 ASTE 望遠鏡 THz 受信機搭載実験報告

椎野竜哉⁽¹⁾、古屋隆太⁽¹⁾、相馬達也⁽¹⁾、渡邊祥正⁽¹⁾、酒井剛⁽²⁾、坂井南美⁽¹⁾、
山本智⁽¹⁾

⁽¹⁾東京大学大学院理学系研究科物理学専攻

⁽²⁾東京大学大学院理学系研究科天文学専攻

shiino@taurus.phys.s.u-tokyo.ac.jp, yamamoto@taurus.phys.s.u-tokyo.ac.jp

1. 実験概要

本実験室の開発した超伝導 HEB ミクサを用いた 0.9, 1.3-1.5 THz 帯受信機を製作し、アタカマ砂漠にある ASTE 10 m 望遠鏡に搭載、試験観測を行った。その目的は、星形成の初期段階にある星間分子雲中の基本的原子分子の探査である。初回の搭載である今回は、1. IF 系への伝送確認、2. 各バンドでの R-sky を見ること、を目標に 0.9, 1.3 THz のみ搭載した。

2. HEB 素子

本計画に採用するヘテロダイン素子は山本研究室にて製作した HEB ミクサである。従来の NbN や NbTiN を用いた SIS ミクサは、1.2 THz を超える周波数では電磁波の吸収が起こり、雑音性能が急激に悪化する。そのため、THz 帯の分光観測には超伝導 HEB ミクサが期待されている。今回搭載する 0.9 THz 帯は SIS ミクサが使用できるが、HEB ミクサの動作実証のため HEB 素子を使用する。

実験室での受信機雑音温度は 0.9 THz 帯 (809 GHz で試験) で 370 K、1.5 THz で 480 K を達成している (図 1)。1.5 THz においては量子雑音の約 7 倍で、導波管型の HEB ミクサとしては報告されている中では最高の雑音性能である。

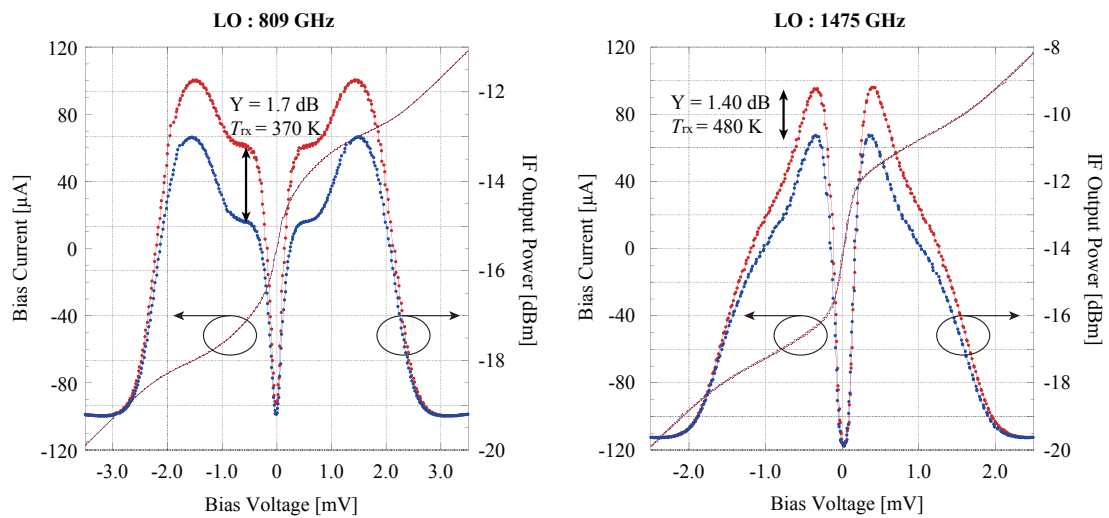


図1 HEB ミクサの Hot-Cold への応答 (左) 0.9 THz 帯、(右) 1.5 THz 帯

3. 受信機

上記のミクサ素子を利用した受信機 (図 2, 表 1) を製作した。ASTE 望遠鏡に適合する ALMA タイプのカートリッジ受信機で、2 バンド (0.9 /1.3-1.5 THz 共に DSB) の同時受信が可能である。IF は 1.0-1.2 GHz の 200 MHz で、ASTE IF 系で伝送できるよう 6 GHz 帯にアップコンバートする。

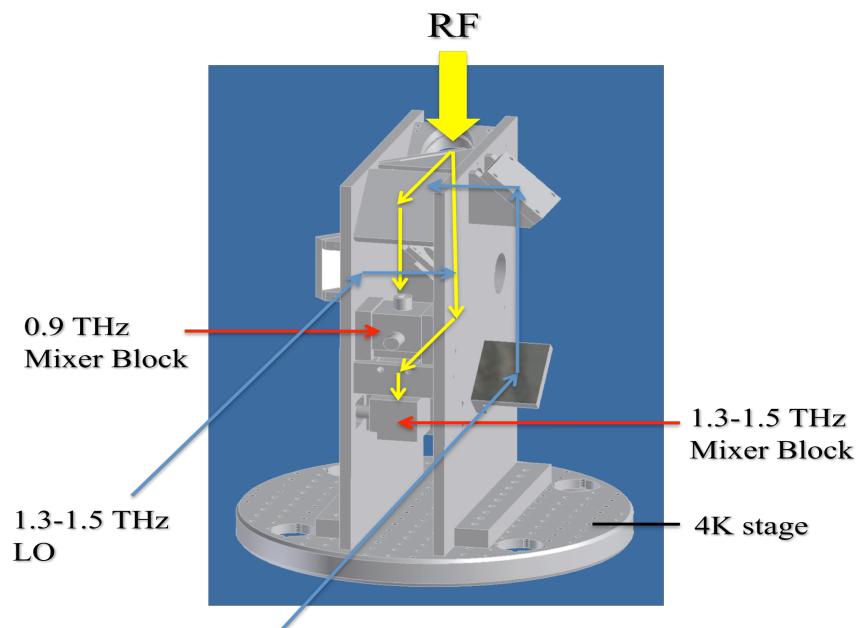


図2 THz 帯受信機の光学系

表 1 各バンドの観測可能周波数、空間分解能

band	観測可能周波数	空間分解能 *
0.9 THz	880-960 GHz	9.5"
1.3 THz	1340-1380 GHz	6.6"
1.5 THz	1415-1490 GHz	6.1"

* 理論値

4. 搭載・試験観測

2011 年 9 月 24 日-10 月 11 日の間、ASTE 望遠鏡に搭載し、試験観測を行った。

9/26-29 THz 受信機搭載作業

9/30-10/7 試験観測

10/8 THz 受信機停止

実際に搭載していたのは 9/30-10/7 の 1 週間だが、悪天候やアンテナトラブルで観測できたのは 10/4-7 の 4 日間のみである。

・ 月の連続波観測

10/4 月を連続波で観測し、ファーストライトを得た (図 3)。LO 周波数は 880 GHz、条件は P.W.V. ~ 0.61 mm、R-sky ~ 0.4 dB 程度であった。

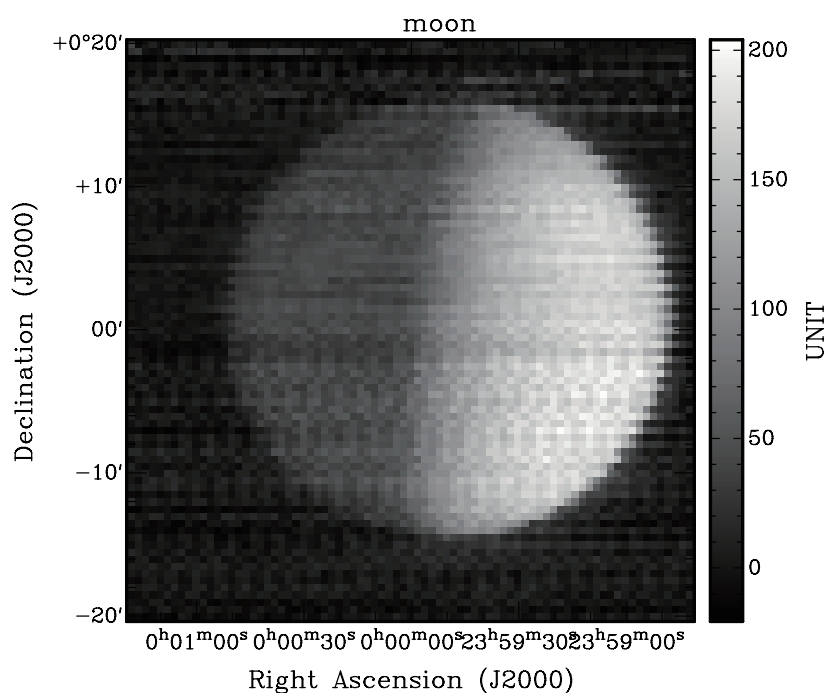


図 3 880 GHz での月の連続波画像

- 木星の連続波観測

10/5 連続波で木星を観測した (図 4)。LO 周波数は 880 GHz、条件は P.W.V. ~ 0.3 mm、R-sky ~ 0.8 dB 程度であった。副鏡トラブルで歪んだ像であるが、ピーク強度は 35 K 程度あるので、アンテナ効率は 880 GHz でも 30%程度あると思われる。木星を用いたポインティングの結果、CATS345 受信機のビームとのズレは (dAZ, dEL)=(-13.9'', -146.5'') であった。

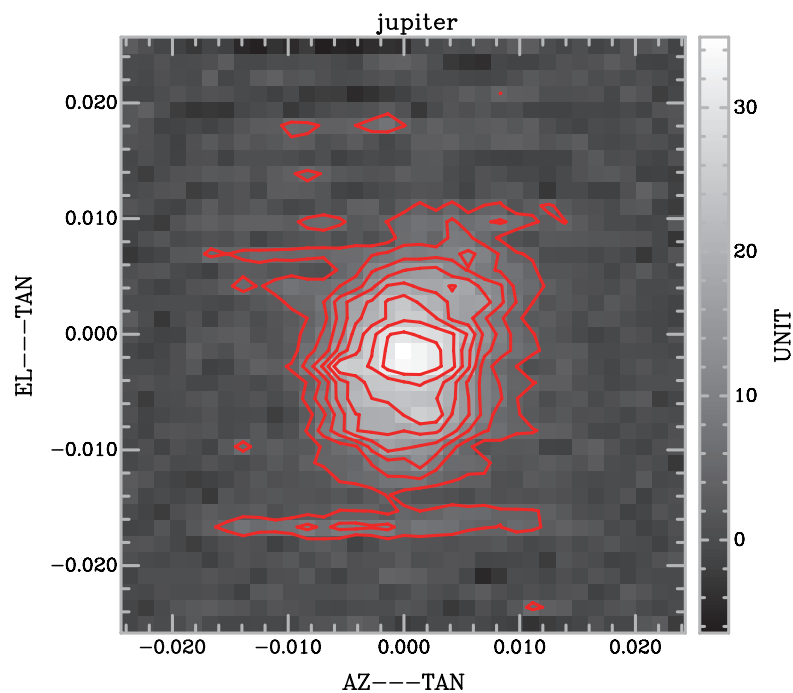


図 4 880GHz での木星の連続波画像

- Orion KL の分光観測

10/6 Orion KL の分光観測を行い、 ^{13}CO $J=8-7$; 881.3 GHz のスペクトルを検出した (図 5)。条件は P.W.V. ~ 0.2 mm、R-sky ~ 0.9 dB、強度は T_{a^*} で 4 K 程度であった。C. Comito et al.による Orion KL のラインサーベイでは ^{13}CO $J=8-7$ は $T_{\text{MB}}=148.6$ K とあり、アンテナ効率 30%とするとバンド幅が足りていないことを考慮しても強度が低すぎる。[C. Comito et al. ApJS 156, 127-167, 2005] そのため、ポインティングが悪く、Orion KL の中心を捉えていないと考えられる。

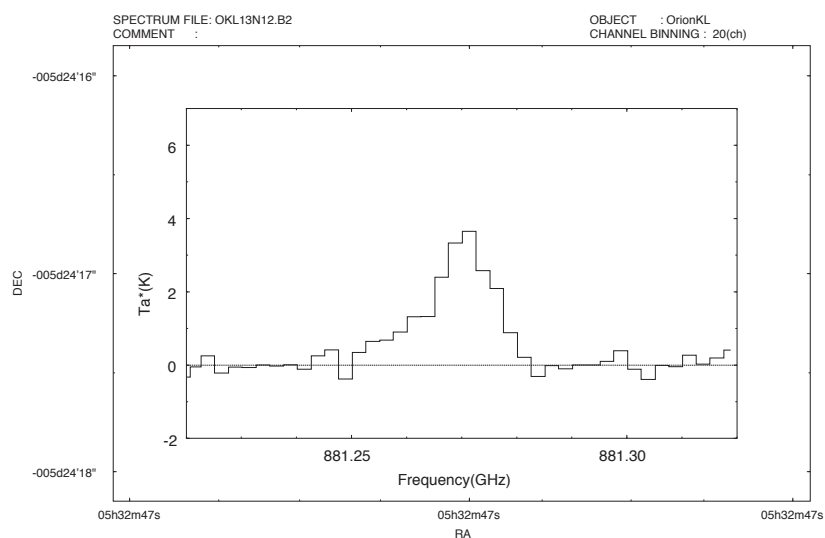


図5 Orion KL $^{13}\text{CO } J=8-7$;881.3 GHz

今回の搭載・試験観測では 1.3 THz で R-sky を見ることはできなかった。現状では完全リモート観測は不可能であり、0.9 THz と 1.3 THz を切り替えるには山頂で作業しなければならない。今回は限られた観測時間を 0.9 THz 帯の観測に充てたので、条件の良い日の夜間に 1.3 THz で観測する機会が無かった。次回の搭載・観測ではリモートで LO の切り替えができるように、あるいは同時観測が可能になるようにシステムを改良する必要がある。

また、現状では IF 帯域が 1.0-1.2 GHz と非常に狭く、線幅の太いラインでは入りきらないケースもある。そのため、2 GHz 程度まで IF 幅を広げるべく素子の改良を進めている。

