

SPIEで世界の装置開発を体感しよう！

— 2018 SPIEでASTE受信機開発を発表して—

○伊藤哲也（国立天文台 チリ観測所）

概要

2018年6月、初めてSPIE Astronomical Telescope + Instrumentation に参加した。3000人以上の参加者が集い、世界各地の望遠鏡や装置開発の状況を波長や地上/飛翔体を問わずに知ることができる場で、大変刺激を受けた。次回は2020年7月に横浜での開催が予定されている。SPIEの概要を参加の体験を交え紹介し、今後、多くプロジェクトからの参加をお勧めしたい。

1. 行って分かったSPIE

2018年6月、アメリカ テキサス州オースティンでhome開かれたSPIE (The International Society for Optical Engineering 国際光工学会) のAstronomical Telescope + Instrumentation (以下、SPIEと略称) という研究会に参加した。6日間開催され、参加者数のべ3000人、パラレルセッション最大12という非常に大きな会議であった。予稿集はスマホ/タブレットアプリでも提供され、興味のある発表をセレクトして、自分の時間割をつくれる。これを見ながら、自分の興味がある講演をはしごするため、広い会場を駆け回ることになった。時には聴衆で満員になり会場に入れない講演もあった。発表分野は観測装置と望遠鏡の計画から運用まで、さらにマネジメントやシステムエンジニアリングにもわたり、波長は電波からガンマ線、地上/飛翔体を問わず発表があった。

開催期間中は毎朝、最も大きな会場で世界各地のいろいろな波長の大型望遠鏡計画 (ALMA, TMT, JWST, GMT, ELT, LSST, SKA etc.) について、招待講演があり、それぞれの計画の最新の進捗を理解することができた。ポスターセッションは夕方にビール飲みつつ日替わりで行われる。私は電波領域のポスターセッションの日に、ASTEの345GHz帯受信機の改良と現状の性能およびでもサイエンス観測の結果について発表した (Fig.1, Fig.2)。大学院生も参加しており、ポスター発表ならこれまで国際研究会での発表の経験が少ない者にも負担は比較的少ないと思われる。さらに、論文形式の集録が出版される。一つの発表当たり集録原稿 (Fig.3) はA4で6~20ページであり、査読なしのためこちらも少し気楽である。開催前に原稿の提出を求められる。また、私は行わなかったが、この集録原稿は、Journal of Astronomical Telescopes, Instruments, and Systems (JATIS) というSPIEが出版している学術誌に査読付き論文として、のちほど投稿することもできる。

これらに加えて、有料でシステムエンジニアリングや有限要素法などについて、まる1日かけて学ぶ講座も開かれる。私は自分のポスター発表と重なったため、参加できなかったが、以前に参加した浦口さんによれば、学ぶ点の多いものであるという。

これだけ多くの参加者がいるため、自分の仕事と近い分野の人と出会うことができ、刺激を受けられる。関連企業の展示会も同時開催される。世界には望遠鏡に関するメーカーが多数あることを再認識できた。

The new heterodyne receiver system for the ASTE radio telescope: three-cartridge cryostat with two cartridge-type superconducting receivers

Tetsuya Ito*, Takeshi Kamazaki, Yasunori Fujii, Natsuko Izumi, Motoko Inata, Kazunori Uemizu, Naohisa Satou,
Daisuke Iono, Takeshi Okuda, and Shin'ichiro Asayama

National Astronomical Observatory of Japan, National Institutes of Natural Sciences

SPIE10708-100



INTRODUCTION

ASTE (Atacama Submillimeter Telescope Experiment) is a 10-m submillimeter telescope located near the Atacama Large Millimeter/submillimeter Array (ALMA) site in Chile. Recently, the ASTE heterodyne receiver system has been upgraded with a new cryostat and two sub-mm-wave heterodyne receivers. The cryostat has three receiver ports. Its cooling capacity is improved with new design compared to a previous three-cartridge cryostat. The two new receivers are dual polarization Superconductor-Insulator-Superconductor (SIS) sideband-separating receivers in 345 GHz band (DASH345) and 460 GHz band (ASTE Band 8). The noise temperatures of both the receivers reach about **twice the quantum limit**, measured in the laboratory. The receiver system was installed on ASTE in March 2017. We have started to provide it for **open-use observations** after our CSV (Commissioning and Science Verification) activities.

CRYOSTAT

INSTRUMENTS – in Laboratory

- Three Ø170 mm ALMA-type cartridge receivers can be installed. Two ports are occupied with the DASH345 and ASTE Band 8 cartridge-type receivers.
- One port is open for testing a future receiver.
- New design around the center pipe decreased heat inflow to 4K stages.
- The 4K stages of the two cartridges were cooled down to 3.8 K in ASTE site (alt. 4800 m).

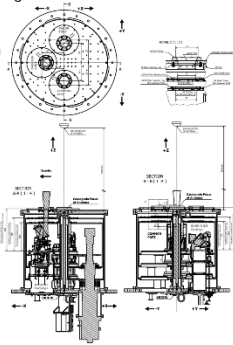


Fig. 1. Drawing of the new three-cartridge cryostat.

RECEIVERS

Table. Heterodyne receivers in ASTE.

Receiver	Freq. (GHz)	HPBW (arcsec)	IF (GHz)	Number of beams	Number of polarizations	Number of Sidebands	Molecular lines within the bands
DASH345	321-376	22	4.0-8.0	1	2	2 (USB,LSB)	CO (3-2), CS (7-6)
ASTE Band 8	385-500	17	4.0-8.0	1	2	2 (USB,LSB)	CO (4-3), [C]



DASH345

- Dual polarization and sideband-separating SIS mixer receivers.
- Best noise temperatures T_{rx} of both the receivers in laboratory have reached about **twice the quantum limit**.
- Image Rejection Ratios (IRR) are more than 10 dB by choosing the better sideband.

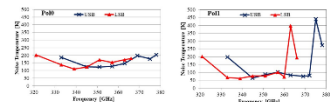


Fig. 2. Receiver noise temperatures of DASH345.

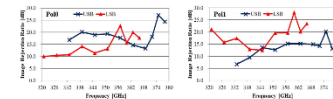


Fig. 3. Image rejection ratios of DASH345.

ASTE Band 8

- ASTE Band8 was modified from ALMA Band 8 receiver qualification model, which was used for design verifications in the ALMA 460 GHz band.
- Mixer devices are newly developed.
- T_{rx} and IRR meet the ALMA Band 8 receiver specifications¹⁾.

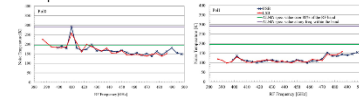


Fig. 4. Receiver noise temperature of ASTE Band 8.

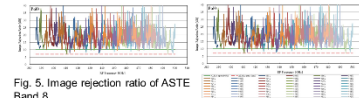


Fig. 5. Image rejection ratio of ASTE Band 8.

BEAM PATTERN & EFFICIENCY

RESULTS – on Site

- Beam patterns and Aperture efficiencies are measured with Jupiter and Saturn.

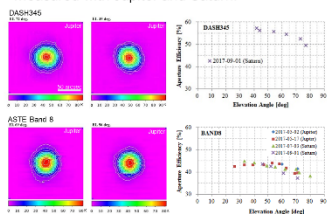


Fig. 6. Beam patterns and aperture efficiencies of DASH345 (upper) and ASTE Band 8 (lower). Each map size is 160 arcsec x 160 arcsec. Contour levels are 0.05, 0.1, 0.2, ..., 0.9, 0.98 of the peak amplitude of each map.

OBSERVATION RESULTS

- Line observations of a calibration source with DASH345
- Mapping observations with ASTE Band 8

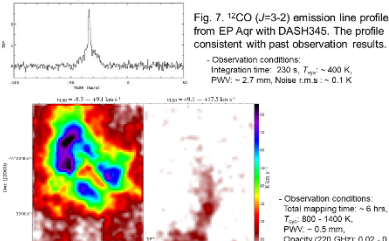


Fig. 7. ¹²CO (J=3-2) emission line profile from EP Aqr with DASH345. The profile is consistent with past observation results.
- Observation conditions:
Integration time: 230 s, T_{sys} : ~400 K,
PWV: ~2.7 mm, Noise r.m.s.: ~0.1 K
Fig. 8. Maps of [C] line toward RCW 38 with ASTE Band 8. It is suggested that cloud-cloud collision is on-going in the region, and the ASTE maps clearly show two cloud components at different velocities.

CONCLUSIONS

1. We upgraded the receiver system of ASTE with the newly developed cryostat and two improved cartridge-type receivers, DASH345 and ASTE Band 8.
2. After installation of them to the telescope, its performance was verified from actual observations:
 T_{sys} ~ 260 K at PWV = 0.6 mm in DASH345
 T_{sys} ~ 830 K at PWV = 0.7 mm in ASTE Band 8.
Known astronomical sources were also observed to confirm reasonable results.
3. The new receiver system successfully started to be operated for **open-use scientific observations**.

REFERENCES

[1] Sekimoto, Y. et al., Proc. 19th ISSTT, 253 (2008)

Fig. 1. 伊藤の発表ポスター



Fig. 2. 広い会場でビール片手に行われるポスターセッション

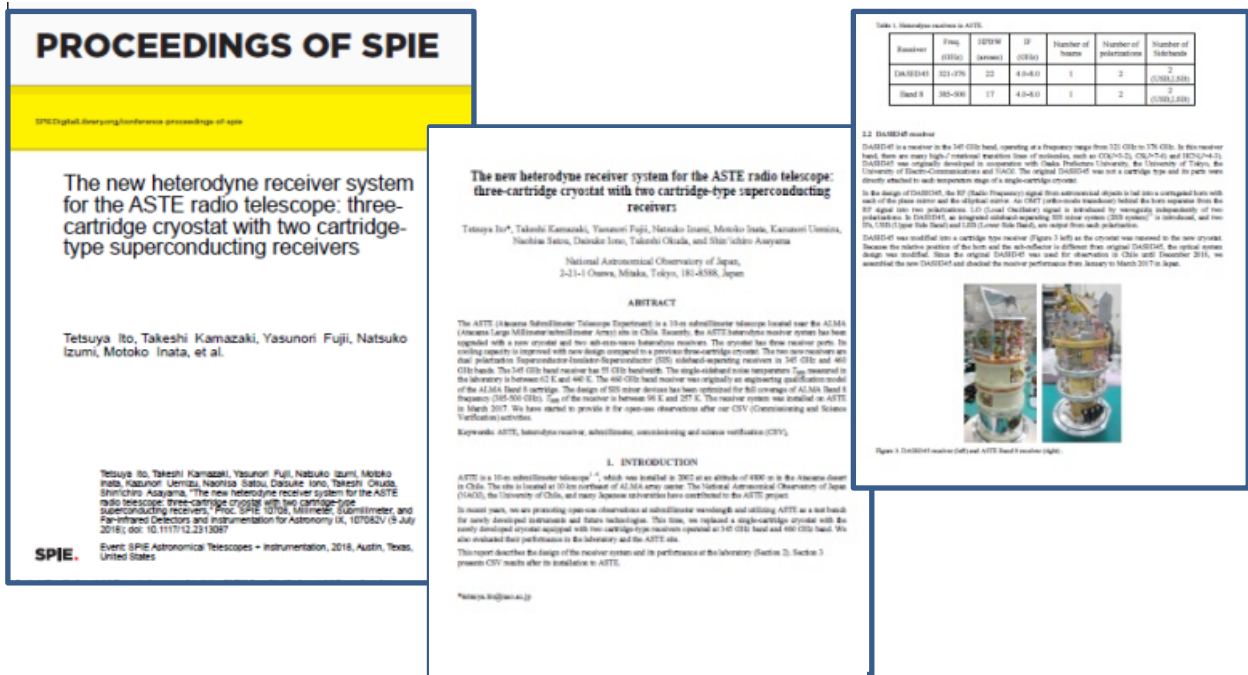


Fig. 3. 伊藤の集録原稿の例

2. 印象に残った講演

自分の専門である電波望遠鏡受信機についていえば、MKID の発表が多数あり、HEB についてもいくつかの発表があった。ヘテロダインは少数であったが、国立天文台の発表は目立っていた。受信機の多素子化の傾向は顕著に見て取れた。VLT や IRAM (NOEMA), APEX, JCMT, LMT など世界の望遠鏡もアップグレードについても発表が行われていた。これ以外の小さな計画の現状もポスターでいろいろ聞くことができる。また、国立天文台先端技術センター (ATC) でも導入が進められつつある 3D プリンタの活用に関する発表もいくつかあった。ATC からは電波で Alvaro さん、Shan さん、木内さん、TMT で早野さん、鈴木さん、尾崎さんなどが発表を出されていた。また、オランダの遠藤さん (ASTE での DESHIMA 受信機観測成功について) や台湾の松下さん (Green Land 望遠鏡) など海外の日本人研究者の近況も知ることができた。

3. 次回は 2020 年 6 月 横浜で開催

SPIE Astronomical Telescope + Instrumentation はこれまでアメリカとヨーロッパで 2 年に 1 回交代で行われてきた。しかし、次回は日本開催で、2020 年 6 月 14 日から 19 日にパシフィコ横浜で行われることになっている。国立天文台副台長の井口聖さんが二人いる Symposium Chair の一人となる予定である。横浜の開催であれば、東京近郊在住の人であれば、海外旅費も宿泊費も不要で参加できる、千載一遇のチャンスといえる。今回の例からいうと 2019 年 11 月中旬頃に アブストラクトの締切があり、2020 年 5 月中旬 頃集録原稿締切となると思われる。ぜひ、国立天文台の技術職員をはじめ、装置開発、運用に関わる方に対して、SPIE への積極的な参加をお勧めしたい。

4. まとめ

実は、私は SPIE を光赤外分野の研究会と参加するまで誤解していた。しかし、参加してみたところ、世界の大規模プロジェクトの現況をはじめ、多くの観測装置の話を一度に聞ける、素晴らしい機会であることが分かった。自分の仕事にヒントを得るだけでなく、世界の中で自分の仕事の位置を俯瞰でき、人脈を作るだけでなく、仕事のモチベーションを向上させることにつながる。英語の集録原稿、ポスターの準備は確かに（自分とともに手を入れて直してくださった ASTE チーム共著者の皆様も）大変であったが、それだけの価値があるものと感じた。国立天文台技術系職員でいえば、私が知る範囲でも、鎌田有紀子さん、浦口史寛さん、三ツ井健司さん、都築俊宏さん、宮澤千栄子さんなどの皆さんがこれまで参加されている。興味がある方はほかの参加経験のある皆さんにも話を聞いてみてほしい。

ぜひ、次回の SPIE 横浜でお会いしましょう！

5. 謝辞

ATC の藤井泰範さんと ASTE の浅山さん、鎌崎さんほか共著者の皆様には私のつたない英語の SPIE ポスターや集録の原稿に手を入れていただき、大変お世話になりました。ここに感謝を申し上げます。