

ALMA BAND8受信機 量産終了後の活動

佐藤直久，飯塚吉三，熊谷收可，岩国幹夫，高橋康夫，斉藤基，上水和典，
古谷明夫，小沼三佳，関本裕太郎（国立天文台先端技術センター）
田村友範（国立天文台ハワイ観測所）

1. 概要

ALMA BAND8受信機グループでは、チリアタカマ砂漠のALMA望遠鏡に搭載する受信機（図1）を製作し、2013年12月までに73台出荷することを目標として製作と試験を進めてきた。2010年1月に受信機の1号機を出荷して以降、設計仕様を見直しながらかつ量産として数台の受信機を製作・出荷した。2011年末頃から製作と出荷を繰り返す量産らしい活動が始まり、2013年11月に最後の受信機を出荷して、量産を完了した（第33回天文学に関する技術シンポジウムで報告）

量産終了後からおよそ1年経過し、出荷された受信機は、ALMA観測所山麓施設においてアンテナへの搭載が進められている。2014年9月現在で全体の約7割の受信機がアンテナ搭載まで進んでいるが、搭載前の試験で、または運用中に不具合を起こして返却されてくるものもいくつか発生しており、我々はそれらの修理に対応している。また、修理に並行して予備受信機^{※1}を製造し、予定台数の7台の受信機を製造した（図2）。本シンポジウムでは発生した初期不良等の不具合および出荷後の受信機の現状について報告する。

※1 予備受信機： 出荷はせずに三鷹で保管し、出荷済みのカートリッジが故障して返却されてきた時に代品として出荷する、いわゆる三鷹在庫品とする予定で製造されたが、これらの実際の運用の仕方については現在議論中である。



図1 BAND8受信機



図2 保管中の予備受信機

2. 初期不良と修理について

出荷後に不具合を起こすなどの理由で修理が必要な場合は、ALMA観測所から受信機が返却される。2013年10月以降の約1年間で4台の返却品が発生した。うち3台は不具合によるものであり、残り1台は別の理由による。返却受信機の一覧を図3に示す。

No.	C04	C14	C68	C61
出荷日	2011/3/7	2012/2/7	2013/8/6	2013/6/25
不具合内容	——	真空漏れ発生	冷却低雑音アンプ 動作不良	SIS ミクサ 動作不良
返却日	2014/3/27	2014/3/27	2014/3/27	(2014年10月末予定)
原因	(初期仕様の改修)	ハーメチックミニチュ アDサブコネクタの真 空漏れ	アンプ内に混入してい た異物によるショート	(現在のところ不明)
修理内容	現行仕様に改修	コネクタ交換	アンプ交換	——
再出荷日	2014/6/10	2014/8/5	2014/8/5	——

図3 返却受信機の一覧（2013年10月以降）

・C04（初期仕様の改修）

ごく初期に製造された受信機で、現行と仕様の異なる部品が多く使用されていた。また一部性能がスペックを満たしていなかったため、これらを部品交換により改修した。

・C14（真空漏れの発生）

受信機底部（図4）にあるハーメチックミニチュアDサブコネクタ（図5）で真空漏れが発生した。このコネクタには金属の構造で気密を保つものと、樹脂を充填することによって気密を保つものの2種類が存在する。量産初期の頃は両者が混在して使われていたが、樹脂が充填されたものは経年劣化することが後に判明したため、以後使用を中止した。C14には、この樹脂充填タイプが使用されていた。

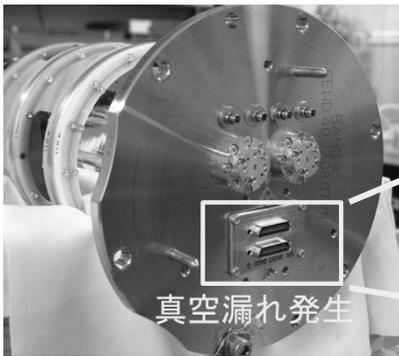


図4 受信機底部

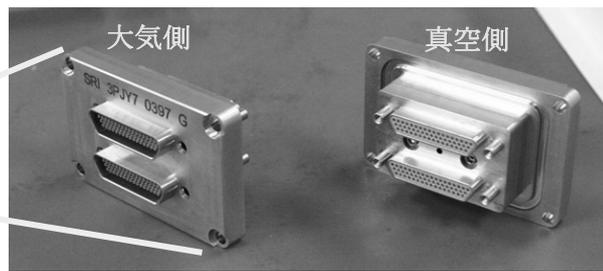


図5 ハーメチックミニチュアDサブコネクタ

・C68（アンプの動作不良）

受信機1台に4個搭載されている冷却低雑音アンプのうち1台で、ドレイン電流値が正常範囲を逸脱したため、PAS^{※2} 不合格となった。返却後に不具合の状態を確認することはできたが、原因はわからず、アンプ単体を供給メーカーに渡して調査を依頼した。その結果、筐体内に異物（製造時に発生したと思われる電線の切り屑）が混入してショートを起こしていたことが判明した。当初は、この異物が問題を起こさなかったが、出荷輸送中の振動で移動し、ショートを起こしたものとみられる。

※2 PAS：Provisional Acceptance On-Siteの略。ALMA観測所が行う暫定的な受入検査。検査項目に受信機の常温動作チェックが含まれる。

・C61（SISミクサの動作不良）

受信機1台に4個搭載されているSISミクサのうち、1台に不具合が発生した。このSISミクサに、一定以上のBias電圧をかけることができなくなったためにPAS不合格となった。今後返却される予定であり、返却後に原因調査を行う。

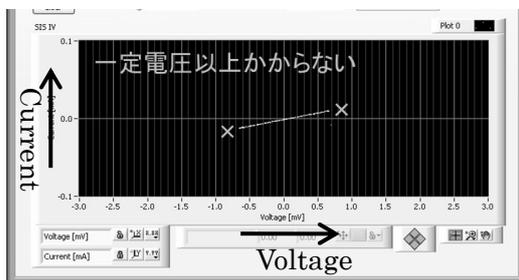


図6 不具合を起こしたC61の SIS-IV特性

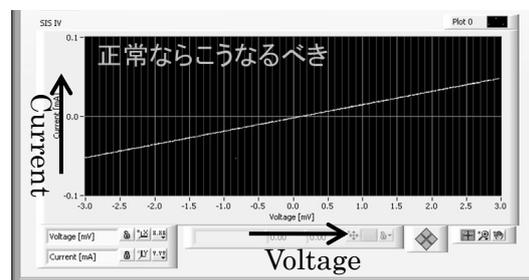


図7 正常なSIS-IV特性

（図6、図7補足） 常温におけるSISのIV特性は、単純な抵抗としてふるまう。

3. 出荷済み受信機の現状

受信機が出荷された後の流れについて概略を図8に示す。出荷された受信機はALMA観測所山麓施設（OSF）に直接輸送される。到着後はまずPAS（第2章参照）が実施され、受信機に異常が無いかチェックがなされる。次にFE（Front End）と呼ばれる真空冷却槽に他BANDの受信機と共に挿入され、冷却性能試験が行われる。ここでは出荷前にNAOJで行った性能試験結果の再確認等が行われ、問題が無ければ

受信機は受け入れ合格となる。最後にFront Endごとアンテナに搭載される。

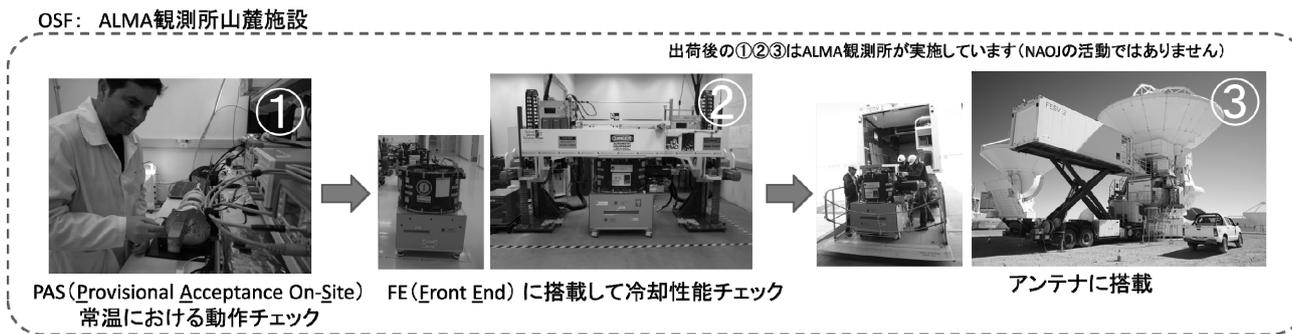


図8 出荷後の流れ

出荷済みの各受信機の現状について、2014年9月1日時点の一覧表を図9に示す。最上段のCartridge No.は受信機の個体識別番号を、「①PAS」は、前出のPASに合格したこと、「②FE」は冷却試験まで進んでいること、そして「③ANT」はアンテナ搭載まで進んでいることを表している。①～③は図8の説明に対応する。FE、ANTに記載されている英数字はFront Endとアンテナの識別番号である。図9によると、アンテナに搭載されているBAND8受信機は45台であり、アンテナ総数66台に対して7割弱まで到達している。

注) 図9におけるPASの可否は、ALMA文書管理システムに掲載されたPAS報告書により判断している。またFront Endとアンテナへの搭載状況については、2014年9月1日現在の資産管理情報に基づいて記載している。このため部分的には実際の状況を正確に表していない可能性がある。

4. 今後の見通し

技術シンポ最終日の10月1日、「あと2台を残してPASはほぼ完了した」との連絡を聞き、ひと安心した。今後どのような不具合がどれだけ発生するか、あらかじめ予測はつかないが、第2章で紹介したC14号機と同様に、真空漏れが懸念されるコネクタを付けた受信機7台が、現地で運用中である。これらの受信機は、真空漏れを起こす前に予防的に交換され、修理のために返却される予定である。

以上

Cartridge No.	① PAS	② FE	③ ANT	Cartridge No.	① PAS	② FE	③ ANT
C01	○			C38	○	FE68	DV15
C02	○			C39	○		
C03	○	FE32	DA50	C40	○	FE30	PM04
C04				C41	○	FE23	DV13
C05	○			C42	○	FE25	DV14
C06	?	FE57	DV15	C43	○		
C07	○	FE17		C44	○	FE43	CM10
C08	○			C45	○	FE47	DV11
C09	○	FE60	DA60	C46			
C10	○	FE21	CM09	C47			
C11	○	FE56	DV21	C48	○	FE40	DA64
C12	○	FE49	CM12	C49	○	FE38	PM02
C13	○	FE50	DA43	C50	○		
C14				C51	○	FE53	DA48
C15	○	FE64	DV08	C52	○	FE51	DA62
C16	○			C53	○	FE04	DA54
C17	○	FE41	DV16	C54	○	FE45	DV12
C18	○	FE66	PM01	C55	○		
C19	○	FE67	DV09	C56	○		
C20	?	FE69	DV19	C57	○	FE48	DA49
C21	○	FE65	DA56	C58	○	FE11	
C22	○	FE08	CM05	C59	○	FE09	DV10
C23	○	FE70	DV22	C60	○		
C24	○	FE29	DA57	C61			
C25	○	FE62	CM06	C62	○		
C26	○	FE55	CM07	C63			
C27	○	FE22		C64	?	FE52	GM03
C28	○	FE63	DA59	C65			
C29	○			C66	○	FE28	DA61
C30	○	FE46	DV01	C67	○	FE52	CM03
C31	○	FE61	DA41	C68			
C32	○			C69	○	FE20	DV18
C33	○			C70	○	FE05	
C34	○	FE16	DA42	C71	○	FE39	DV23
C35	○	FE37	CM01	C72			
C36	○	FE02	DA63	C73	○	FE36	DV04
C37	○	FE58	DA55	C74	○		

図9 出荷済み受信機の現状 (2014年9月1日時点)