

FOREST*の冷却温度安定化

*FOur-beam REceiver System on the 45-m Telescope

○宮澤千栄子, 西谷洋之, 高橋敏一, 宮澤和彦, 南谷哲宏, 45m 運用グループ
(国立天文台野辺山宇宙電波観測所)

概要(Abstract)

野辺山 45m 電波望遠鏡は 20~116GHz で観測可能な 5 台の受信機を共同利用に提供している。これらは観測期間である 12 月~翌 6 月の約 7 か月間安定して運用しなければならない。ところが主力装置である 100GHz 帯 4 ビームマルチビーム受信機 (FOREST*) は今の形で搭載した 2014 年末から冷却温度が安定しない時期が続き安定運用に支障をきたすことがあった。本発表では冷却温度安定化について報告する。

1. FOREST とは

FOREST は 100GHz 帯の 4 ビーム SIS 2 偏波 2SB マルチビーム受信機である。現在の形で搭載されたのは 2014 年 12 月で (初期型は 2011 年に初搭載) 2016 年 1 月から共同利用に提供されている。

冷凍装置の特徴としては GM-JT 冷凍機を使用しており、2000 年代前半に 40GHz 帯 6 ビームマルチビーム受信機で使用されていた冷凍機を改造して使用したものである。デュワー部分は横向きに設置、観測に合わせて回転する機構がついており、内部はビームごとにユニット化されている。(図 1.)

FOREST OPEN USE(2016.1.6~) 45m鏡への搭載は2014年12月	
Rx.type	SIS(2SB) 4-Beams 2-pol
RF freq.[GHz]	80-116
IF B.W[GHz]	8
Tsys[K]	150-300

表 1. FOREST 受信機の仕様

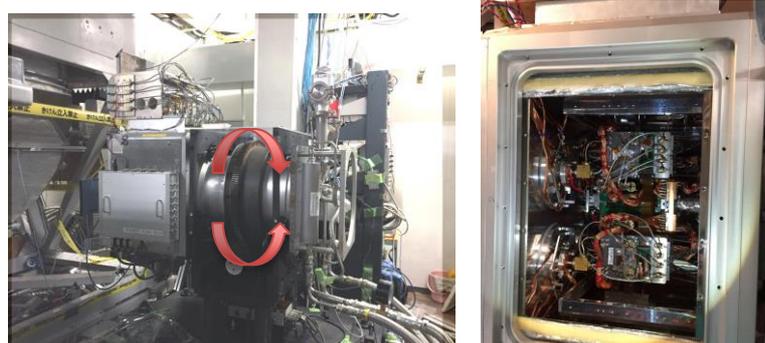


図 1. FOREST 受信機写真 (左: 横方向から 右: デュワー内部)

FOREST の冷却装置の主な特徴

- ・ GM-JT 冷凍機を使用
- ・ 冷凍機を横向きに設置
- ・ デュワー部に回転機構あり
- ・ ビームごとにユニット化されている
- ・ バイアス配線は PCB、FPC を使用

2. 4K ステージ温度の変化とイベント

FOREST 搭載以来ステージ温度の変動に悩まされてきた。4K ステージ温度の変動は、データの安定性に直接影響するので深刻な問題であった。図 2. に 2015-2018 年の 4K ステージ温度の変化と発生したイベントを示す。

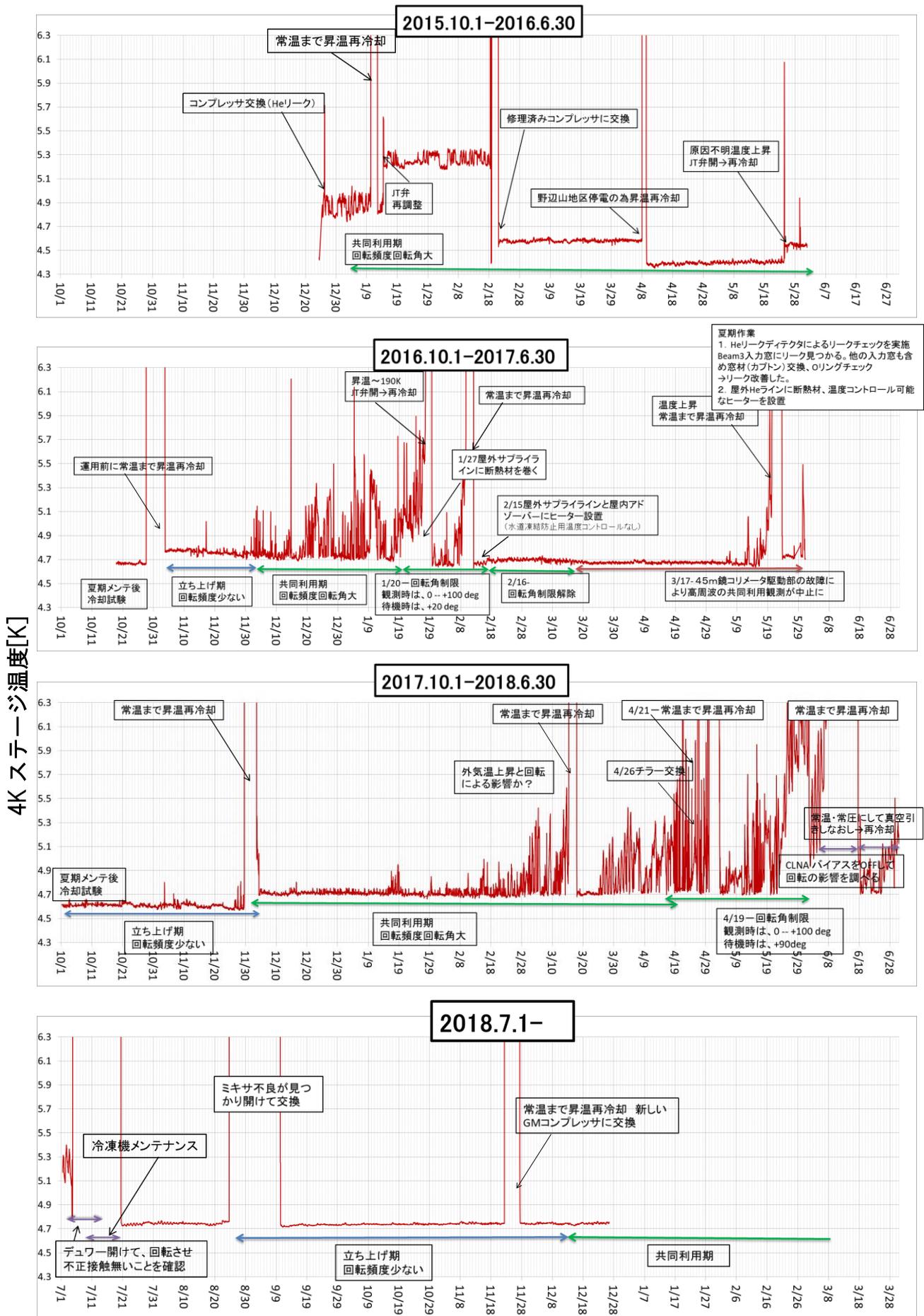


図2. 2015-2018年4Kステージの温度変化とイベント (各年9カ月間)

3. 温度変動の原因究明とそれらに対して実施した対処

ステージ温度の変動の原因究明、対策には長い時間を要した。共同利用期間中は受信機を使用しているために試験的な改修や調査は実施しづらく、試験が実施しやすい夏期メンテナンス期間は外気温等の運転環境が共同利用期間中と大きく異なるため対策に対する効果の判断が計りにくいのである。そのような中、室温や外気温とステージの回転による影響が大きいことを突き止め、これを改善すべく数年にわたりいろいろと対策を講じてきたが効果がなかなか上がらなかった。(表.2) 結局、今年の夏にコンプレッサをGM系JT系それぞれにつなぎ運転することで大幅な改善に成功した。その時の冷凍機の構成を図.3に示す。

図4.で示す通り、コンプレッサ2台体制で短時間でのステージ温度の変動は低減され4Kステージの温度はデュワー回転の影響もほぼなくなった。

	相関関係	対処・状況	効果
気温 (外気温、コンプレッサ室温、冷却水温度)	有	-低温対策:外部配管に断熱材、ヒーターを設置* -高温対策:チラー交換(より新しく日陰にあり熱交換効率がよさそうなものに)	○ ×
デュワー回転角	有	-運用中、回転角に制限をして温度変動を抑える -不正な熱接触 デュワーを開けて回転させ 目視にて確認→問題無 -CLNA BIASをOFFし回転テスト→相関残る	△ - -
デュワー真空度	不明	-ヘリウムリークディテクタによる調査でBeam3の入力窓にリーク見つかる→他ビームも含め、取り外し取り付け確認、カプトン窓交換→リーク止まる -常温・常圧に戻したのち再冷却 ふるまい変わらない	△ ×
コンプレッサ機体の個性による影響	有	-Heリークを修理する間、別の機体にすると安定性悪化、戻すと改善	○
コンプレッサの能力低下?	不明	-JT弁開または冷凍機OFFで温度上昇させ再冷却→一定の効果はあるが、持続しない -コンプレッサを2台使って冷却	△ ◎

* T70でも同時期に外気温の影響有。外気温-15℃以下になると温度上昇がみられた。
観測所内・筑波大学周辺の樹木伐採で風の流れが変わり45m鏡下部に冷気がたまりやすくなったか?

表 2. 温度変動の原因究明とそれらに対して実施した対処

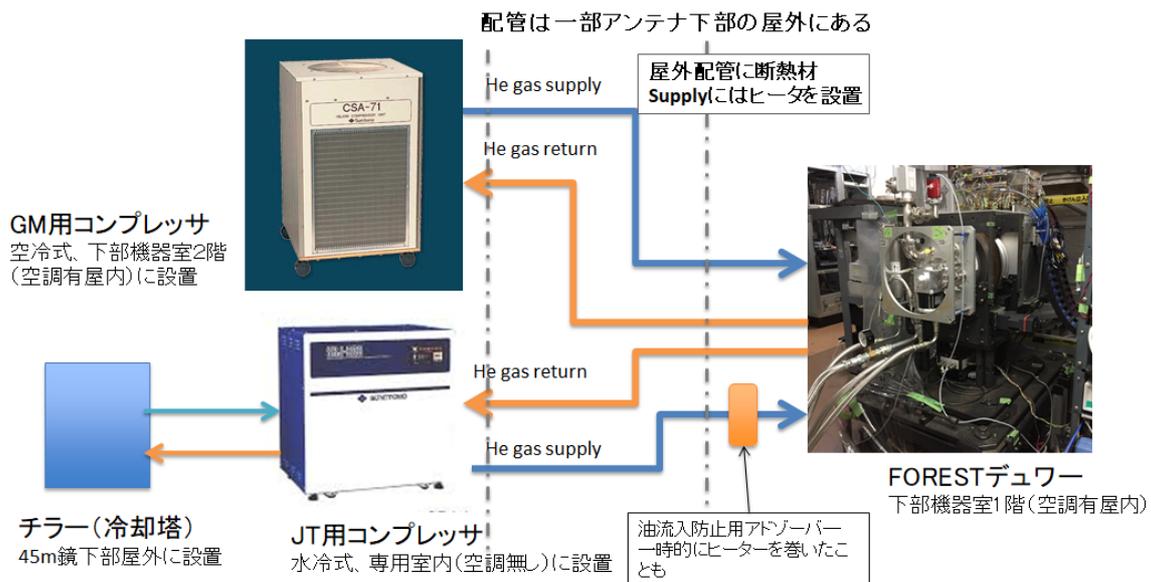


図 3. FOREST 冷凍機構成図 (コンプレッサ 2 台体制)

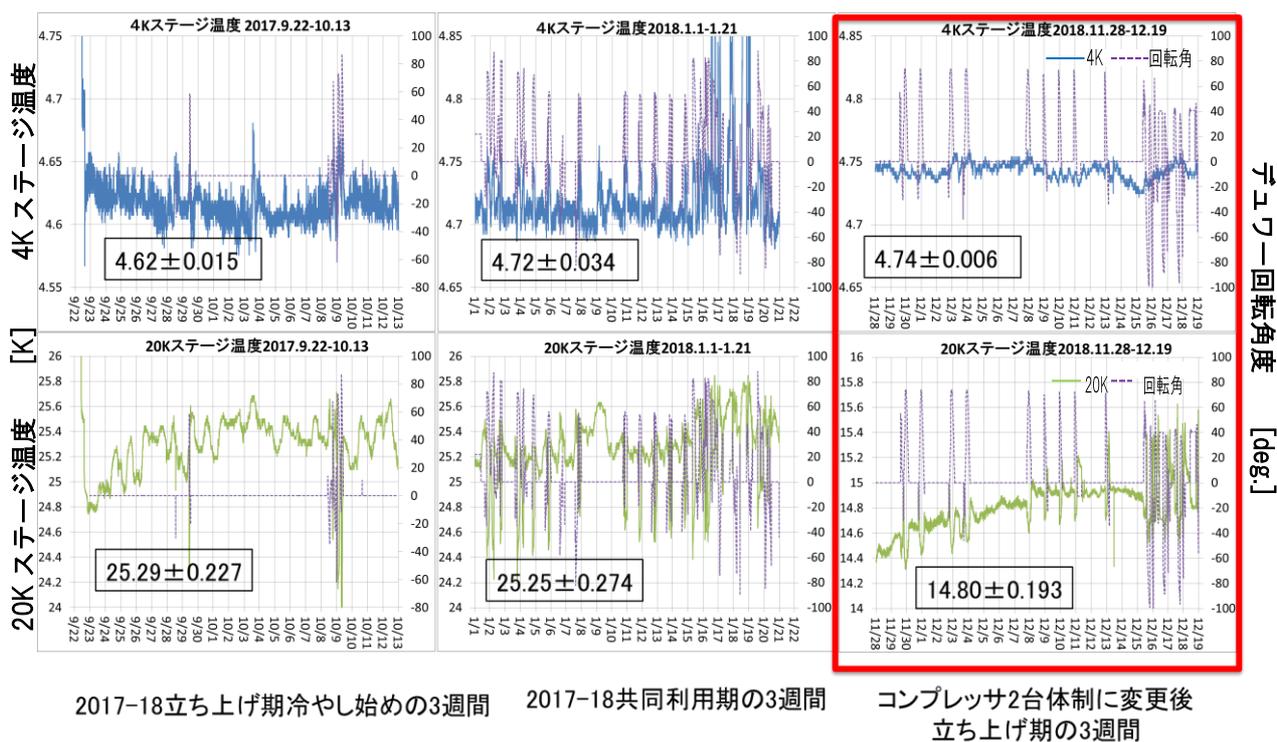


図 4. FOREST 冷却温度と回転角のようすを比較（3 週間）

4.まとめ

数年間に渡り悩まされてきた FOREST 冷却温度不安定性は、コンプレッサを 2 台体制にすることで、気温と連動した日の温度変動は残るものの、観測に影響を及ぼす短時間の温度変動が軽減した。特に 4K ステージの温度が安定し、回転角にも影響されにくくなった。使用到達温度までの冷却時間もこれまで 35 時間以上要していたが、27 時間程度で冷却可能となった。20K ステージの温度変動は小さくなったが回転による影響が残っている。また温度が徐々に上昇していく様子も気になるが、以前に比べ到達温度が約 10.4K 低くなっていることもあり、観測に影響を及ぼすリスクは低いと考えられる。

温度変動の原因は冷却システムの経年劣化や横置き使用などの仕様条件により、各ステージの冷却能力が設計で用いたカタログ値ほど出ておらず、負荷が大きかったのではと推測される。コンプレッサを GM 系、JT 系で並列運転することで冷凍能力に余裕が生まれたのであろう。

まだ共同利用期間を超えての運転は確認できていないので、今シーズンは経過を慎重に観察していきたい。