

平成24年度共同利用研究・研究成果報告書

研究課題名 和文：超低振動冷凍機の開発

英文：Development of Very Low Vibration Cryo-Cooler System

研究代表者 木村 誠宏（高エネ研・准教授）

参加研究者

高エネ研

教授・鈴木 敏一，准教授・佐々木 憲一，研究機関講師・久米 達哉，助教・菅野 未知央，
技師・小池 重明，技師・大畠 洋克

東大宇宙線研究所

教授・黒田 和明，准教授・大橋 正健，助教・内山 隆，特任助教・山元 一広

技術職員・東谷 千比呂

東京大学大学院

D1・榊原 裕介

研究成果概要

1. 目的

超型低温重力波望遠鏡（KAGRA）は、観測装置の地下設置と干渉計を構成するサファイア鏡の冷却（ ~ 20 K）により、検出器の感度向上を図っている。KAGRAはCLIOで確立した干渉計鏡の低温化技術と神岡鉱山内の安定した地盤の利用を特徴としている。

一方、サファイア鏡の冷却に必須である超低振動冷凍機はCLIO用で開発された防振機構の知見があるもののその後の時間経過により防振機構に必要な製造技術が企業の撤退等により失われていることが判明した。このため、これまで得られた防振技術の知見を基にしたKAGRA用超低振動冷凍機を新たに設計し、要求される性能を確保する必要性が生じた。

さらに、超低振動の冷凍機はILCの最終収束用高磁場超伝導磁石やミュオン実験(g-2)等の超精密磁場発生用超伝導磁石の冷却機構として計画される等その用途が広がりつつあり、また技術的な確立が急務となっている。このため本共同研究では、KAGRAの鏡冷却に用いる超低振動冷凍機の性能評価を行うとともに超低振動冷凍技術の確立を目的とした。

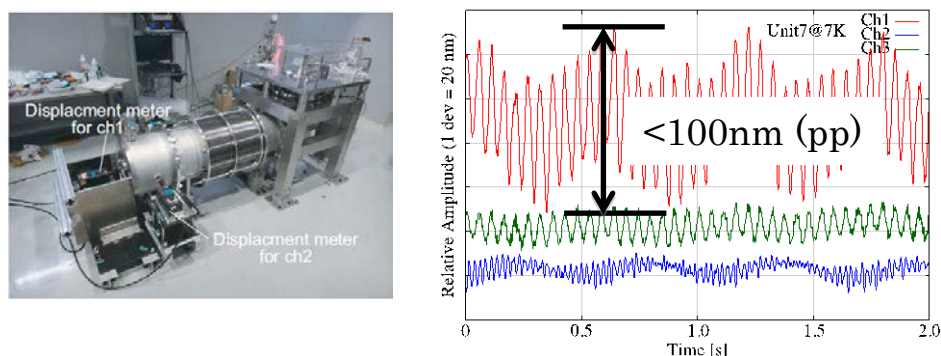


図1 超低振動冷凍機外観と冷却部の振動

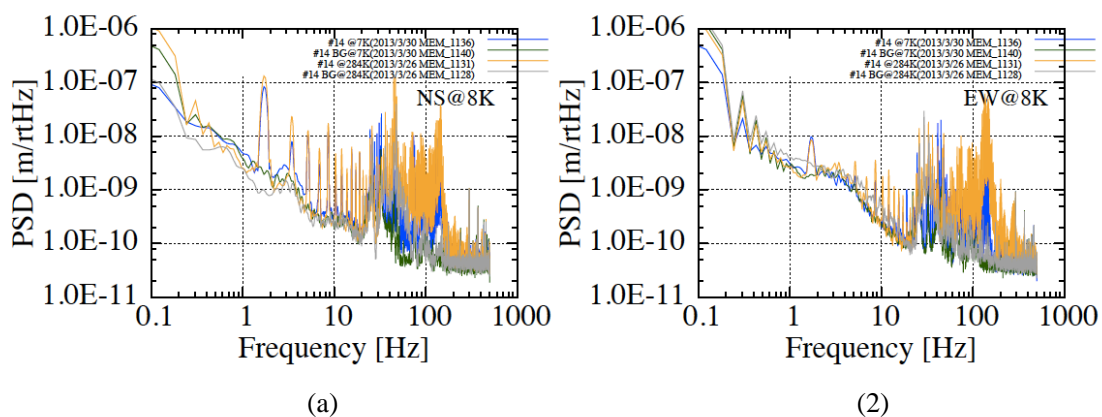


図 2 冷却部振動の PSD; 伝導冷却路の(a)長手軸方向, (b)軸水平方向

2. 結果

図 1 に製作した超低振動冷凍機の外観と伝導冷却部の振動の測定結果を示す。

図中の Ch 1, 2, 3 はそれぞれ伝導冷却路の長手軸方向, 長手直角方向, 垂直方向である。また, 図 2 に伝導冷却路の長手軸方向と軸水平方向の PSD を示す。

青の実線は伝導冷却路の温度が 7 K, 緑の実線は伝導冷却路の温度が 284 K (常温) 時の振動スペクトルである。周波数 1.7Hz のピークは冷凍機の動作周波数に起因する振動である。一連の試験から次の結果を得た。

- (1) 振動性能: 伝導冷却帯先端部で3軸方向の振動がそれぞれ<100 nm (要求値) に対して, 長手軸方向: ~90 nm, 軸水平方向: < 10 nm, 垂直方向: < 50 nm (動作温度: < 10 K)
- (2) ハンマリング試験法を用いた応答特性試験を行い, 冷凍機ユニットの構造が振動に対して十分な強度を持つことを確認した。
- (3) 冷凍能力: 8 K伝導冷却帯先端部で冷凍能力が2.5 W/9 Kと要求値に到達した。

上の結果を基に改良を行った調達数16台の内の量産1号機が2012年2月初旬に納入され, 性能試験から量産機が安定した性能であることを確認した。

以上の知見を基に, KAGRAの一部を構成する真空ダクトシールド用単段式冷凍機ユニットの設計の設計と測定の準備を開始した。

3. 成果発表等

- (1) T. Kume, S. Koike, N. Kimura, et al., “Development of the very low vibration cryocooler unit for large-scale cryogenic gravitational wave telescope, KAGRA, ” Proceedings of ICEC 24-ICMC 2012, pp.399-402, Fukuoka, Japan, May 14-18, (2012)
- (2) 東谷 千比呂, 木村 誠宏他, ”大型低温重力波望遠鏡用低温設備の開発 (5)- KAGRA 用低振動冷凍機ユニット性能試験 -“, 平成 24 年秋季超電導低温工学会 11 月 7~9 日(2012).

整理番号