

平成 27 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 CryoCooler System

研究代表者 木村 誠宏

参加研究者

高エネルギー加速器研究機構：

シニアフェロー・鈴木 敏一，准教授・都丸 隆行，研究機関講師・久米 達哉

学振特別研究員・Rahul KUMAR

研究成果概要

1. 研究目的

大型低温重力波望遠鏡（KAGRA）では日本で開発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を利用して検出感度向上を図っている。また、KAGRAと他の大型重力波観測装置（aLIGO（米国、2基）、aVIRGO（欧州、1基））は重力波初観測に向けた競争関係にあったと同時に、KAGRAは重力波天文学にとって地球規模での観測網構築のための重要な観測拠点となっている。

2010年度にKAGRAは部分的ながら予算化され、その計画がスタートした。一方、サファイア単結晶製の低温鏡の冷却に必要な超低振動冷凍機についてはCLIOで開発された防振機構設計の知見があるものの、開発後の時間経過と企業の撤退等により防振機構に必要な冷凍機並びに付属部品等の製造技術が失われたのが現状である。本研究の目的は、CLIOでの知見を基にKAGRA用超低振動冷凍機を設計・製作し、KAGRAの低温鏡の冷却並びに干渉計の感度を保証するために必要な振動性能を確保することにある。



(a)

(b)

図 1 KAGRA 断熱真空設備と低振動冷凍機

(a): KAGRA 用断熱真空設備，(b): KAGRA 中央室に据え付けられた超低振動冷凍機

2. 成果

2015年度はKAGRA向けの最後の断熱真空設備2台の製作を行い、前年度までに製作した6台と合わせ使用する全ての断熱真空設備がKAGRA抗内に納品された。

これと平行してKAGRA中央室の2基のクライオスタット組立並びに両クライオスタットの真空リーク試験を行った。この組立にはそれぞれの干渉計鏡を冷却する4 K超低振動冷凍機4台並びに断熱真空設備を冷却する80 K超低振動冷凍機2台の据付が含まれている。なお、4 K超低振動冷凍機並びに80 K超低振動冷凍機はこれまでの共同利用研究で得られた知見により製作されている。

図1にKAGRA抗内に納品された断熱真空設備とKAGRA中央室で断熱真空設備に接続された据え付けられた80 K超低振動冷凍機の写真を示す。

3. 今後の展開

KAGRA 向け超低振動冷凍機を含めたクライオスタットの冷却・性能試験を据付場所である飛騨市神岡町の KAGRA 抗内で 2016 年 7 月から行う予定である。この冷却・性能試験では、輻射シールド等の内部構造物の振動の直接測定を極低温領域で行うことを計画されている。

4. 成果発表等

2015 年度は上記作業の他、断熱真空設備の単体性能試験のデータ等の解析を行い、以下 2 編の査読付き論文として投稿し採択された。

【査読論文】 2件

- (1) Y. Sakaibara, N. Kimura, A. Akutsu, T. Suzuki and K. Kuroda ; "Performance test of pipe-shaped radiation shields for cryogenic interferometric gravitational-wave detectors", *Classical and Quantum Gravity* **32** (2015), 155011(10 pp.), doi:10.1088/0264-9381/32/15/155011 .
- (2) Y. Sakaibara, N. Kimura, T. Suzuki, K. Yamamoto, C. Tokoku, T. Uchiyama and K. Kuroda; "An experiment to distinguish between diffusive and specular surfaces for thermal radiation in cryogenic gravitational-wave detectors", *Prog. Theor. Exp. Phys.* (2015), 073F01(9 pp.), doi:10.1093/ptep/ptv100.