

平成 28 年度共同利用研究・研究成果報告書

研究課題名 和文：大型低温重力波望遠鏡（KAGRA）の低温懸架系の研究
英文：Research on cryogenic payload for KAGRA

研究代表者 山元 一広（東京大学 宇宙線研究所）

参加研究者 東京大学大学院 理学系研究科 物理学専攻：田中 宏樹、宮本 昂拓

東京大学 宇宙線研究所：Kieran Craig、内山 隆、三代木 伸二、大橋 正健、黒田 和明、斎藤 芳男、春山 富義

高エネルギー加速器研究機構：鈴木 敏一、木村 誠宏、都丸 隆行、久米 達哉、Kumar Rahul、山本 明、新富 孝和

研究成果概要

目的

重力波は一般相対論から予言される光速で伝搬する時空のさざ波である。これの直接検出は物理学、天文学において大きな意味を持つ。第 1 世代大型干渉計型重力波検出器による観測はすでに終了し、感度を10倍向上させた第 2 世代干渉計への改良もしくは建設がアメリカ (Advanced LIGO)、イタリア (Advanced Virgo)、ドイツ (GEO-HF) で進められている。日本の第 2 世代干渉計としてKAGRA干渉計の建設が始まっている。2016年 2月にAdvanced LIGOは連星ブラックホール合体からの重力波を検出してことを公表した (Physical Review Letters 116(2016)061102)。ただしAdvanced LIGO単体では重力波到来方向の決定精度は良くない。この為できるだけ早い他の第 2 世代検出器による観測の開始と国際的な観測網の確立が望まれている。

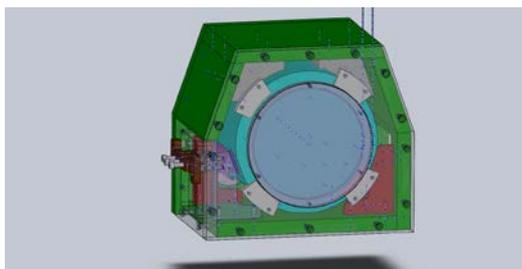
KAGRAが他の第 1, 2 世代干渉計と大きく異なる特徴の一つとして干渉計の原理的な熱雑音を低減するために鏡とその懸架系を20K程度まで冷却することがあげられる。第 2 世代よりさらに感度を10倍向上させた第 3 世代検出器計画の議論がヨーロッパで進められており (Einstein Telescope)、ここでも低温技術が採用される。つまり低温鏡は単に第 2 世代だけでなくその後の感度向上 (第 3 世代) でも重要な位置を占める。

本研究の目的はKAGRAの低温懸架系の性能評価を行い、低温懸架系の技術を確立させることである。

結果：サファイア懸架系組立

KAGRA では円柱形のサファイア鏡を耳と呼ばれるサファイアからできたスリットのある三角柱を接合し、それを利用して 4 本のサファイアファイバで懸架する。この耳は正確な位置に接合されなければならない。このための治具の開発を行った。

- (1) KAGRA の鏡とほぼ同じサイズ、形状のサファイアのバルクおよびサファイアの耳はすでに調達済みであった。
- (2) 治具などの開発を Advanced Virgo の collaborator である Perugia 大学と共同で進めた。下図参照。



- (3) これを用いて実際に耳を貼り付け（国立天文台先端技術センターのクリーンブースを使わせていただいた。また同センターの三ツ井健司氏に 3 次元座標測定装置により耳の位置を測定していただいた）いろいろな不具合を洗い出した。なおこの耳がついたバルクは現在 KEK でサファイアファイバで吊るプロトタイプに使われている。
- (4) 以上のことからさらに練習が必要ということがわかり、繰り返し練習ができるダミー（アルミでできたバルクと熔融石英もしくはサファイアでできた耳とプレート）を用意し、富山大学理学部のクリーンブースで練習を行った。
- (5) ほぼ問題が clear できたので KAGRA の鏡と同じ形状をもつサファイアバルクを調達しそれに同じく同形状の耳を富山大学理学部のクリーンブースでつけた。
- (6) 2017 年度に KAGRA の実際のサファイア鏡 2 個に耳を付ける予定である。

成果発表(論文、国際発表)

- (1) Tomotada Akutsu, Yoshio Saito, Yusuke Sakakibara, Yoshihiro Sato, Yoshito Niwa, Nobuhiro Kimura, Toshikazu Suzuki, Kazuhiro Yamamoto, Chihiro Tokoku, Shigeaki Koike, Dan Chen, Simon Zeidler, Kouichi Ikeyama, and Yusuke Ariyama” Vacuum and cryogenic compatible black surface for large optical baffles in advanced gravitational-wave telescopes” Optical Materials Express 6 (2016) 1613-1626.
- (2) K. Haughian, D. Chen, L. Cunningham, G. Hofmann, J. Hough, P. G. Murray, R. Nawrodt, S. Rowan, A. A. van Veggel, and K. Yamamoto “Mechanical loss of a hydroxide catalysis bond between sapphire substrates and its effect on the sensitivity of future gravitational wave detectors” Physical Review D 94 (2016) 082003
- (3) Kazuhiro Yamamoto, ”Overview of the 20K configuration”, Gravitational Wave Advanced Detector Workshop, Isola d’Elba, Italy, 23 May 2016

整理番号 F05