

## 平成 29 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（富山大学 理学部）

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、  
越智 聡郎、山田 智宏、牛場崇文

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、鈴木 敏一

高エネルギー加速器研究機構：木村 誠宏、都丸 隆行、久米 達哉、Rahul Kumar、  
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の検出を公表した(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。この為できるだけ多くの他の第 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。さらに観測数を飛躍的に増加させるために第 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始まっている。

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。ヨーロッパの第 3 世代計画 (Einstein Telescope) では、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：サファイア鏡と耳の接合

KAGRA では円柱形のサファイア鏡と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。昨年度このための治具の開発を行い、鏡と同サイズ、同形状のサファイアバルクにサファイアの耳をつけ（富山大学理学部のクリーンルームで接合を行った）、サファイアの耳の位置を測定し、問題がないことを確認した。

今年度は遂に本物の鏡にサファイアの耳を取り付けた。KAGRA は本番用の 4 個のサファイア鏡が必要である。さらに 2 個のサファイアの鏡が予備として用意された。この予備の鏡が先に納品されたのでこの 2 個に耳を接合した。さらに最初の本番用の鏡(図 1)が納品されたので、これにも耳を接合した。耳をつけたうち予備の鏡 1 個と本番用の鏡 1 個は KAGRA に設置された。さらに予備の鏡を冷却し、低温 Michelson 干渉計の試験運転が 2018 年 4 月の終わりから 5 月の始めにかけて行われた。つまりこの試験運転実現のために重要な役割を担った。

本番鏡の KAGRA への設置の前に富山大学において耳をとりつけたサファイア鏡をマスコミに公開した(2018 年 3 月 8 日)。ほぼすべての主要な新聞社、テレビ局が取材のため、来訪して下さった。

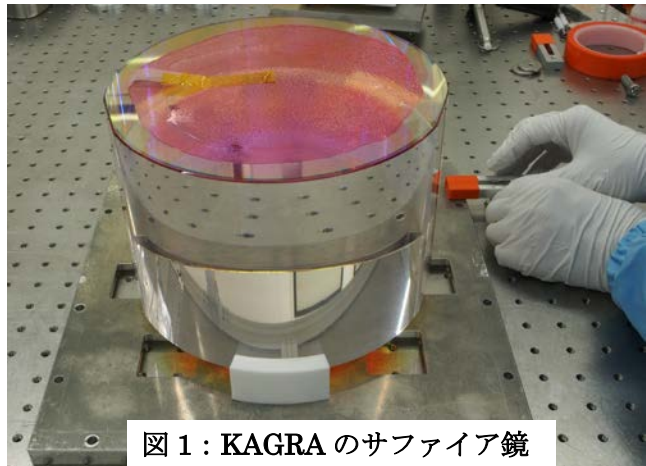


図 1 : KAGRA のサファイア鏡

成果発表(論文、国際発表)

- (1) Yuta Michimura, Tomofumi Shimoda, Takahiro Miyamoto, ..., Takafumi Ushiba, Kazuhiro Yamamoto, Takaaki Yokozawa and Hiroataka Yuzurihara, "Mirror actuation design for the interferometer control of the KAGRA gravitational wave telescope" Classical and Quantum Gravity 34 (2017) 225001.
- (2) Kazuhiro Yamamoto, "Radiation shield vibration measurement at KAGRA site", Gravitational Wave Advanced Detector Workshop, Reef view hotel, Hamilton island, Queensland, Australia, 10 May 2017
- (3) Kazuhiro Yamamoto, "Facility report of University of Toyama", KAGRA face to face meeting, University of Toyama, Toyama, Japan, 28 August 2017
- (4) Kazuhiro Yamamoto, "Status of KAGRA cryogenic suspension", the New WindowS on the Universe project (NEWS) General Meeting 2018 INFN Pisa, Pisa, Italy, 14 March 2018

整理番号 F04