

平成 26 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 宇宙線研究所：黒田 和明、大橋 正健、三代木 伸二、内山 隆、廣瀬 榮一、東谷 千比呂、上泉 眞裕 東京大学大学院 理学系研究科 物理学専攻：榊原 裕介、関口 貴令、牛場 崇文、中野 雅之、小野 健司 東京大学大学院 理学系研究科 天文学専攻：陳 たん 東京大学大学院 工学系研究科 物理工学専攻：大前 宣昭 東京工業大学大学院 理工学研究科 基礎物理学専攻：宗宮 健太郎 自然科学研究機構 国立天文台：麻生 洋一、高橋 竜太郎、阿久津 智忠、石崎 秀晴、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、小池 重明 大阪市立大学大学院 理学研究科：端山 和大
研究成果概要	<p>目的</p> <p>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が未だ実現されていない。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。これら第 2 世代の干渉計によって重力波が検出されることはほぼ確実と予想されており、できるだけ早い第 2 世代検出器による観測が望まれている。</p> <p>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重力波初検出 (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。</p> <p>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。</p>

結果

ヒートリンクの研究

低温懸架系は純アルミでできたヒートリンクで冷凍機と接続される。ヒートリンクに関してはまず十分に熱を通すということが大前提であるが、それとともに冷凍機からの振動を伝達しないという（相反する）役割ももたなければならない。このためまず純アルミの熱伝導率を測定した（図1、榊原の測定）。KAGRA で必要な 10K 付近の熱伝導率は 10000W/m/K を越える大きな値であることを確認した。これをもとに KAGRA の鏡の光吸収（1W 程度）に見合うヒートリンクを設計し、このヒートリンクがどの程度外部振動を伝達するか計算した。この結果わかったのは、本体の低温懸架系の他にヒートリンク防振のための別の振り子が必要ということである。低温懸架と冷凍機を直接ヒートリンクで繋ぐのではなく、その間に別の振り子（低温懸架系よりは小さい）を用意し、低温懸架系とこの振り子、この振り子と冷凍機を接続する。詳細は成果発表で挙げた論文を参照のこと。

また低温懸架系の研究は Einstein Telescope との collaboration、ELiTES (<http://www.et-gw.eu/descriptionelites>)、の支援を受けている。

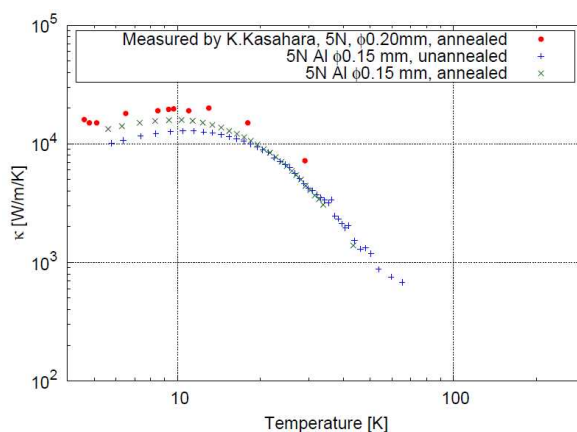


図1：純アルミ線の熱伝導率の測定結果。

KAGRA で必要な 10K 付近の熱伝導率は 10000W/m/K と非常に高い。

成果発表(論文)

- (1) A. Khalaidovski, et al., "Evaluation of heat extraction through sapphire fibers for the GW observatory KAGRA", *Classical and Quantum Gravity* 31 (2014) 105004.
- (2) D Chen, et al., "Vibration measurement in the KAGRA cryostat", *Classical and Quantum Gravity* 31 (2014) 224001.
- (3) Yusuke Sakakibara et al., "Progress on the cryogenic system for the KAGRA cryogenic interferometric gravitational wave telescope"
Classical and Quantum Gravity 31 (2014) 224003.

整理番号 G09