

令和 3 年度 (2021) 共同利用研究・研究成果報告書

研究課題名	和文：KAGRA 実験に向けた伝導冷却の方法の高度化 英文：Development of conduction cooling schemes for KAGRA
研究代表者	清水 洋孝 (KEK)
参加研究者	仲井 浩孝 (KEK) 都丸 隆行 (国立天文台) 牛場 崇文 (東京大学) 鈴木 敏一 (KEK)
研究成果概要	<p>大型低温重力波望遠鏡 KAGRA では、熱による鏡の振動を抑える事を目的として、光共振器を構成する反射鏡を吊っている防振系の中の、クライオペイロードと呼ばれる最下段の懸架系が伝導冷却によって冷やされている。冷却された鏡で共振器を構成する技術は、先行する LIGO や VIRGO に見られない、KAGRA 独自の特徴であり、重力波望遠鏡としての KAGRA の性能を高める為や、LIGO や VIRGO との国際共同観測に参加する為にも、必要不可欠であると考えられている。共振器主鏡を吊り下げるサファイアの棒は、$\phi 1.6\text{mm}$ の円柱状で 350mm の長さ故に円柱側面の仕上げ研磨加工が難しく、結晶成長時に出来た側面をそのまま使用している。低温域におけるフォノンの熱伝導を考えた場合、平均自由行程が延びたフォノンが、結晶表面における乱反射で消滅する効果が、サファイア棒の熱伝導率の上限を定めている恐れがある。この点に注目して、以下の 2 点の開発を進めた。①サファイア棒の表面の研磨技術の開発:as grown の状態に機械的な研磨処理を施す事によって、サファイア棒の質の均一化を図り、熱伝導率の向上を目指す。②表面熱処理の方法の開発:機械的な研磨とは別に、サファイア結晶に熱処理を施す事で、表面状態を変化させて、平滑化を図る方法の探索を協力企業と共に進めている。KEK での内製研磨には問題が在り、完遂は出来なかったが、研磨処理を施したサファイア棒の製作と入手には成功し、従来品のサファイア棒と比較して、熱伝導率が 2 倍近く上回る性能が出ている事を確認した。また熱処理の方法に関しても、技術開発を引き続き行って居り、単に表面の平坦度を上げる工夫から、疑似的な単一結晶を作る為の技術転用の可能性を探る開発を進めている。</p>
整理番号	G05