

## 令和 4 年度 (2022) 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。低温懸架系を構成する部品の内の、<math>\phi 1.6 \text{ mm}</math> の棒材の両端に、<math>20 \text{ mm}</math> の角材を接合する事で主鏡を吊るす方式だが、この接合に接着剤を使用する事で、角材込みの棒材の熱伝導率が、棒材のみの熱伝導率の 60 % 程度に落ちる事が過去の測定で示されて居た。これは介在する接着剤が界面での大きな熱抵抗になっている証拠であり、この抵抗を取り除く事で、主鏡の冷却効率を大幅に高める事が期待出来る。この目的を達成する為に、サファイア製品の表面処理と、それに続く熱処理の方法を工夫する事で、製品の加工精度を乱す事無く、表面の状態だけを変化させて融着する、“低温熱処理”の方法を考案した。この新しい融着方法の適用によって、まずは <math>20 \text{ mm}</math> の角材同士の融着を試みた。最も線膨張係数が大きい C 軸に並行な面を接合面とした場合、接合面の組み合わせは、m 面同士/a 面同士/a・m 面接合の 3 種類が考えられるが、2022 年度に支給頂いた研究費から、a・m 面接合を 2 つと、m 面同士の接合 1 つを実際に製作し、低温熱処理を行った。試験融着の結果、試みた 3 つの試験片の全てで、無事融着されている事を確認した。光学顕微鏡を用いた界面の観察では、接合面内に斑が残っており、均一な準単一結晶構造の形成には至っていない事が判明した。しかし、その後に行った常温から液体窒素温度までの熱サイクル試験では、5 回のサイクルを経ても融着面の剥離が見られなかった事から、我々の考案した新しい融着方法をサファイア製品に適用した場合、十分な強度を保った結晶体となる事が実証出来た。今後具体的なせん断応力の測定を行い、実機での使用に耐える性能が備わっているかを試験する予定である。同時に、今回見つかった界面の融着斑を無くす為に必要と思われる、事前の表面処理の改善を行い、より均一な融着面の形成を目指す。</p>
整理番号	G-005