

## 宇宙地球フロンティア実地研修 報告書

## Report for Onsite Training in Earth-Space Frontier Science

氏名/Name	大塚宗丈 Munetake Otsuka
所属部局/ Affiliation	理学系研究科 天文学専攻 Department of Astronomy, Graduate School of Science
研究機関・企業名 /Hosting Institution	グラスゴー大学 University of Glasgow
期間/Period	2025 年 9 月 1 日      ~      2025 年 11 月 30 日      * 西暦で記入 09/01/2025      11/30/2025      mm/dd/yyyy

## ■ 背景

KAGRA は日本に建設された大型重力波望遠鏡であり、LIGO（米国）や Virgo（欧州）と連携して国際観測を行っている。KAGRA の大きな特徴は、鏡を低温（約 20 K）で運用する点にあり、このため鏡を支えるサスペンションにも、熱伝導性と機械的安定性の両方が求められる。

鏡を支えるサファイアファイバーは、接合部の機械損失が装置全体の熱雑音に影響する可能性があり、従来の接着剤や金属接合に代わる新しい技術が求められている。その候補のひとつが、接着剤を用いずにサファイア同士を直接接合できるレーザー融着技術である。グラスゴー大学の研究チームはこの技術を実用レベルで進展させており、本研究ではその装置と工程を KAGRA 仕様ファイバーで実際に実験し、評価することを目的とした。

## ■ 実施内容

KAGRA と同一仕様のサファイアファイバーをグラスゴー大学に持参し、CO<sub>2</sub>レーザー融着装置を用いて、現地研究者と協力をしながら、以下を実施した：

- サファイアファイバーのレーザー融着
- 融着部のレーザー研磨（ポリッシュ）
- 作成した試料の基本観察と外形確認

## ■ 研究実施状況

文末に、実際にグラスゴー大学でサファイアファイバーの融着を行っている様子を示す。

## ■ 今後の予定

作成したサンプルは日本へ持ち帰り、

- 機械的特性（Q 値など）、
- 熱的特性、
- 引張強度試験

等を実施し、KAGRA への適用可能性を探る研究を推進する。

## ■ Background

KAGRA is a large-scale gravitational-wave observatory built in Japan, operating in collaboration with LIGO in the United States and Virgo in Europe. A key feature of KAGRA is its cryogenic operation, in which the mirrors are cooled to about 20 K. This requires the suspension system to provide both high thermal conductivity and mechanical stability.

The sapphire fibers that support the mirrors may exhibit mechanical loss at their joint interfaces, potentially contributing to thermal noise in the suspension system. To mitigate this, alternative joining methods that do not rely on adhesives or metallic bonding are being explored. One promising approach is laser welding, which enables direct bonding of sapphire without any adhesive material. The research team at the University of Glasgow has been advancing this technique toward practical use. The goal of this study was to perform hands-on experiments with KAGRA-specification fibers and evaluate the welding process and apparatus.

## ■ Activities Conducted

KAGRA-grade sapphire fibers were brought to the University of Glasgow, where collaborative experiments were conducted using a CO<sub>2</sub> laser welding system. Together with local researchers, the following activities were carried out:

- Laser welding of sapphire fibers
- Laser polishing of the welded regions
- Basic inspection and confirmation of the fabricated samples

## ■ Experimental Work Scene

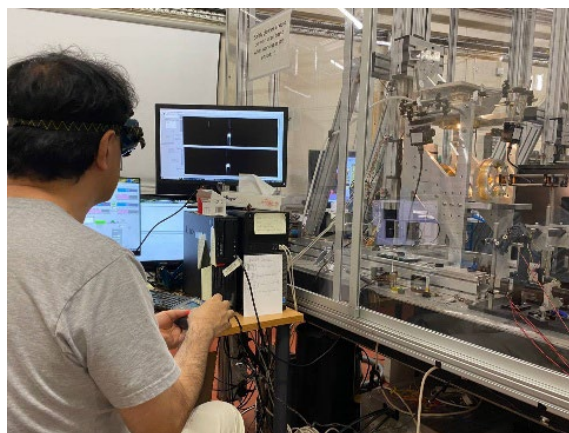
A photograph at the end of this document shows an actual scene of sapphire fiber laser welding conducted at the University of Glasgow.

## ■ Future Work

The welded samples have been brought back to Japan, where they will undergo:

- Mechanical property evaluation (including Q-factor)
- Thermal characterization
- Tensile strength testing

These studies will be used to assess the feasibility of applying this welding technology to the KAGRA suspension system



実際の融着実験状況 Laser welding experiment in progress