様式８

令和６年度（2024）　共同利用研究・研究成果報告書

研究課題名	和文：KAGRA におけるレーザー強度安定化のためのＲ＆Ｄ 英文：R&D for the intensity stabilization of the laser system in KAGRA
研究代表者 参加研究者	森脇喜紀（富山大学 理学部） 山元一広，小林かおり，遠藤健太，加藤海翔，大西美里(富山大学) 三尾典克，宮川治（東京大学）

研究成果概要

(1) 強度安定化システム(ISS)の能登地震被災復旧調整

1月の能登地震被災復旧作業のためISS定盤を移動し，光学系を再調整し復旧させた。レーザー出力の増大に対応してシステムのトランスインピーダンスを小さくしたため，光強度のモニター出力が低下し，図1のIn-loop(赤)，out-of-loop(青)ではアナログ-デジタル変換由来のノイズが現れている。それらはモニター出力をフィルター回路により増強することで，図1の各紫，オレンジ色の線のように克服される。この結果，15Hzから1kHzの領域でノイズレベルをショットノイズレベルまで下げ，2023年度のKAGRAへの導入時と同レベルのレーザー強度の安定度を達成した。

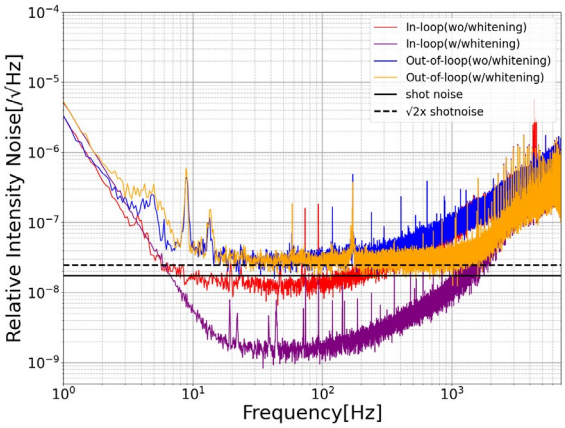

図１　強度安定化システムによるレーザー強度雑音の低減.

(2)　レーザービームPD表面での位置制御の新手法の開発

本レーザー強度安定化においては，レーザーのサンプル光のパワーをPDで検出してその増減に応じてレーザー光の一部を音響光学素子により回折させ残りの部分のレーザー光パワーを安定させている。サンプル光のビーム径は集光するとしても有限の大きさであるため，PDがサンプル光をすべて受光するわけではない。しかし，PDの受光面径がビーム径の5倍程度の大きさであれば，ビームスポットのPD受光面上での位置がPDの中心付近ではPDによる変換効率の位置依存性は一般に高い均一性を示す。それにも関わらず，PD上でのビームスポットをPDの中心とすることがISSのノイズレベルを下げるために重要であることが分かってきている。我々は，ビームスポットの位置に依存してPDの内部抵抗が変化し，ビームスポットがPDの中心

にある場合に内部抵抗が極大となることを実証し，これを利用してビーム位置制御のエラー信号を生成する手法を開発してきた。

この手法を実装するためのPD回路のプリント基板を新たに設計・作成し，その評価を行った。また，レーザーのハイパワー化に伴ってPDの受光パワーの増加によるPDの温度上昇の影響を調べる為，PDを熱アンカーに接触させその温度とパワー電流特性を調べた。アンカーの温度上昇に伴い，飽和パワーが小さくなることが測定されている。温度範囲を拡大あるいは，PD単体での温度測定など詳細について今後検討していく。

学会発表等

・遠藤健太，佐古大誌，森脇喜紀，宮川治，三尾典克，灰野禎一，三代木伸二，KAGRA collaboration,
重力波望遠鏡KAGRAで用いる高出力レーザーⅡの性能評価,
日本物理学会第79回年次大会(2024)，2024/9/16-19，北海道大学・札幌キャンパス

・前田 佳凜，森脇 喜紀，宮川 治，加藤 順平，加藤 海翔,
大型重力波望遠鏡KAGRAのレーザー強度安定システムにおける新PD回路の開発,
日本物理学会北陸支部定例学術講演会 2024/11/，金沢大学・角間キャンパス

・加藤海翔、加藤順平、森脇喜紀、宮川治,
KAGRA Collaborationフォトダイオードの特性とレーザースポット位置制御,
日本物理学会北陸支部定例学術講演会 2024，金沢大学・角間キャンパス

・K. Maeda, Y. Moriwaki, O. Miyakawa, J. Kato, H. Kato, KAGRA Collaborations,
Development of a new electronic circuit that irradiates laser at the center of the ISS PD for KAGRA,
The 34th KAGRA Face-to-Face meeting, Dec 16-18, 2024, The University of Tokyo

整理番号　G05