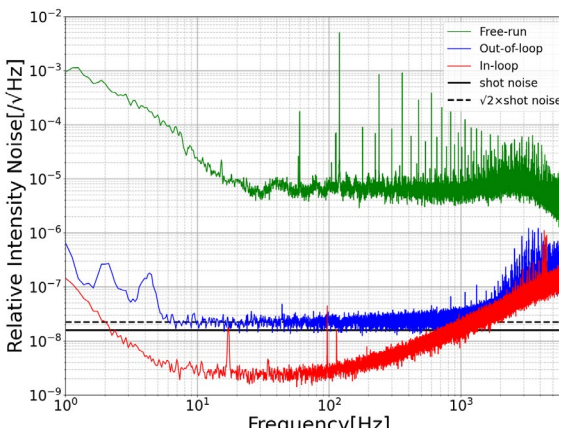


## 令和 5 年度 (2023) 共同利用研究・研究成果報告書

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	森脇喜紀 (富山大学 理学部)
参加研究者	山元一広, 小林かおり, 加藤順平, 佐古大志 (富山大学) 三尾典克, 宮川治 (東京大学)
研究成果概要	<p>(1) 04に向けた強度安定化システム (ISS) のKAGRAでの調整</p> <p>昨年度KAGRAに導入したISSのデジタル制御の改良, レーザービーム位置制御のためのquadrant photodetector (QPD) 配置の改良, ピエゾアクチュエータによるPD上でのビームスポットのセンタリングなどを行った結果, 80~300Hz付近に散在していたノイズを低減することに成功した。レーザー強度の安定度は図1に示すように数Hzから1kHzの領域でショットノイズレベルまで下げることができた。</p>  <p>図1 レーザー強度安定度</p> <p>(2) PD表面でのレーザービームスポットの位置制御の新手法の開発</p> <p>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受光面直径3mmの光検出器 (PD) で検出している。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, ビームスポット径に対してPDの受光面径が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高い均一性を示すことがわかっている。それにも関わらず, (1)で示したように, 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た。QPDを用いてビームスポットの位置情報を取得することが多いが, QPDとPDの配置ずれの問題が常に伴う。そこで, PD単体での位置情報取得を検討した。</p> <p>PDを用いて光パワーを測定するためには, 内部抵抗に起因する飽和を防ぐために逆バイアス電圧をPDに印加する。逆バイアス電圧を低減させると内部抵抗による電圧降下により飽和が起こり光電流が減少する。一方でPDの内部抵抗はビームスポット位置とPDの電極の位置により異なる事が予想され, 電極からの距離が最大となるPDの中心で最も大きくなると考えられる。こ</p>

れを検証するため光電流のビームスポット位置依存性を測定した。PDの中心で光電流が最小となり、周辺に移動すると単調に増大することが示された。さらに、ビームスポットの位置をピエゾアクチュエータなどで変調して信号を位相検波することで、ビームスポットをPD中心に導くためのエラー信号が得られた。その信号強度は逆バイアスを印加している場合に比べ3桁程度大きいことが示された。今後、PD単体での位置情報システムのKAGRA ISSへの実装に向けて研究を進める。

#### 学会発表等

・ J. Kato, T. Sako, K. Maeda, Y. Moriwaki, O. Miyakawa, KAGRA Collaboration,  
Laser Intensity Stabilization System of KAGRA for O4,  
LIGO-Virgo-KAGRA collaboration meeting, Toyama, September 11-15, 2023.

・ T. Sako, O. Miyakawa, S. Haino, N. Mio, Y. Moriwaki, K. Tanaka, KAGRA collaboration,  
High power laser system,  
LIGO-Virgo-KAGRA collaboration meeting, Toyama, September 11-15, 2023.

・ 加藤順平, 佐古大誌, 前田佳凜, 森脇喜紀, 宮川治, 三尾典克, 三代木伸二, KAGRA Collaboration, PD単体でのビームスポットの中心位置制御の可能性, 日本物理学会第78回年次大会(2023年), 2023/9/16-19, 東北大学, 青葉山キャンパス・川内キャンパス

・ 佐古大誌, 加藤順平, 前田佳凜, 森脇喜紀, 宮川治, 三尾典克, 三代木伸二, KAGRA Collaboration, 重力波望遠鏡KAGRAにおける強度安定化システムへのアライメント制御の導入, 日本物理学会第78回年次大会(2023年), 2023/9/16-19, 東北大学, 青葉山キャンパス・川内キャンパス

整理番号 G06