

平成 30 年度共同利用研究・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 富山大学理工学研究部 森脇喜紀
 参加研究者 富山大学理工学研究部 山元一広
 同上 小林かおり
 同上 土井康平
 東京大学宇宙線研究所 苔山圭以子
 富山大学理工学教育部 横川和也
 同上 酒本春人
 同上 吉岡聡也
 同上 杉本良介

研究成果概要

1. レーザー強度安定化：

富山大学重力波研究実験室クリーンルーム内で音響光学変調器(AOM)を用いたレーザー強度安定化の実験をすすめた。KAGRA のレーザーのハイパワー化に対応するために、フォトダイオードからの信号の電流電圧変換回路の最適化を行った。その結果図 1 に示すように制御ループ外のレーザー光について、 $10^2 \sim 10^3$ Hz ではほぼショットノイズレベルまで雑音を抑制できている。これはほとんど限界まで安定化に

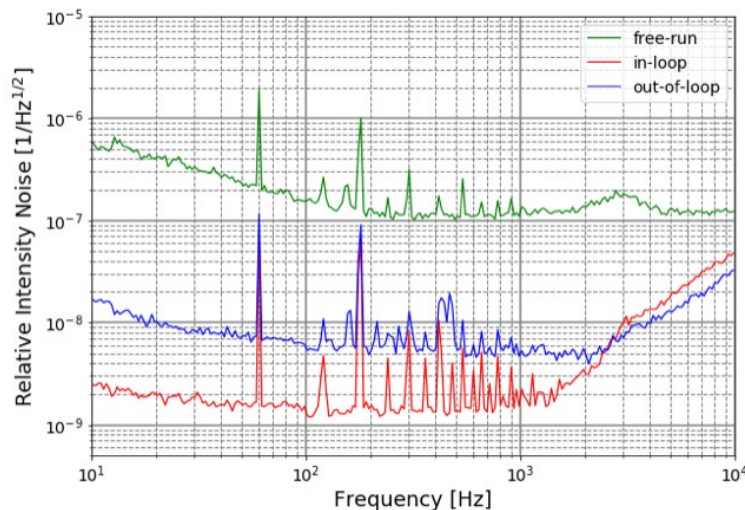


図 1 制御ループ内外におけるレーザー強度ノイズ比。ショット雑音は制御ループ外(out-of-loop)で $4 \times 10^{-9} / \sqrt{\text{Hz}}$ 。

成功したことを意味する。低周波側での雑音の上昇についてはまだその原因が不明であり、検討を続けている。さらに、この成果を元に KAGRA サイトへ実装をすすめた。PSL ルーム内での強度安定化システムは PMC の出力光をモニターするシステムに変更した。当初予想外のレベルの雑音

で対応に苦慮したが、PSL ルーム内の様々な回路系の電源やアースの見直しなどにより安定化が機能した。また、IMMT1 背面でのレーザー光ノイズが PSL 出口に比較して大幅に劣化していることがわかり、IMM 真空容器の外に強度安定化第 2 ループの PD 信号回路、サーボ回路などを設置した。今後は第 2 ループを用いてレーザー強度安定化を実現させる。

2. グリーンレーザーの周波数ロックと光学系の設計, KAGRA への設置

干渉計の腕長制御に必要なグリーンレーザーの位相ロックの実験を進めた。クリーンルーム内でグリーンレーザーを基準の共振器に PDH 法で位相ロック出来るようにし、また、2 つのレーザー光のビートを用いて PLL(PFD)回路により位相同期を実現した。さらに、グリーン用ファイバーへの空間モードからのカップリングを検討した。それをもとに、KAGRA への実装を進めた。具体的には、PSL ルームへのグリーンレーザーをはじめとする AOM, EOM, グリーン用ファイバーへの結合系など、また、PR2, SR2 横光学定盤へのグリーン用ファイバーから空間モードへの結合系、腕共振器へのモードマッチ光学系等、および、PLL(PFD)等の制御回路である。これらは適切に作動して、X 腕共振器のグリーンレーザーによるロックからメインレーザーを用いたロックへの移行までを実現した。また、PLL 制御による位相ノイズのレベルが目標値をほぼ達成できていることが確認できている。今後は、富山大学の実験室でファイバー通過によりレーザー光に生じるノイズを取り除くシステムの開発等を行い、KAGRA へ実装する予定である。

3. 富山大学重力波研究実験室クリーンブースの稼働

富山大学学長裁量経費により KAGRA の基礎研究と準備試験を富山大学内で行える場所として用意したクリーンルームでは上記の準備実験をおこなった他、KAGRA のサファイア鏡の耳取付け作業が無事終了した。