

2020 (令和二) 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	富山大学学術研究部理学系 森脇喜紀
参加研究者	富山大学学術研究部理学系 山元一広 同上 小林かおり 東京大学宇宙線研究所 三尾典克 富山大学理工学教育部 伊藤光希 同上 開発輝一 同上 黒宮勇樹 同上 森有紀乃 同上 中山遥太 同上 山下堪太
研究成果概要	<p>(1) レーザーのビームジッターによる疑似強度ノイズ効果</p> <p>KAGRAに導入済みの強度安定化システムで、ビームジッターと強度安定化後のノイズに相関が見られる場合があったため、その効果の検証実験を行った。</p> <p>強度安定化されたレーザー光の一部を取り出し、PZTアクチュエータ付き鏡マウントを介してPD面へ導く。その光軸を僅かに変調してPD受光面上でのビームの位置を数μm変調し、その変調に同調したPD出力を位相敏感検出した。図1に、横軸にPD上でのビームの(相対的)位置、縦軸に信号主力を示す。ここで、PDはExcelitas technologies社C30642GH($\phi 2\text{mm}$)であり、レーザーはPD表面に直径0.4mmの大きさで集光されており、出力3.5mWで電圧変換後の出力1Vである。$\pm 1\text{mm}$付近のピークは、レーザービームの半分だけがPD受光面上にあり、光軸の僅かな変調によりPDでの受光光量の変調が最大となるために生じると考えられ、モデル計算でほぼ再現できる。このようなビームの裾がPD受光面から外れることによるPD受光光量の擬似的な変調は、ビームがPDの中心部分に近づくにしたがって指数関数的に小さくなることがモデル計算で示される。一方で、図1に示すように実験ではPDの中心付近でもピーク強度の3桁程度しか信号出力が小さくならない。これは、PD受光面の受光感度に位置依存の不均一性があるためであると考えられる。このようなビームジッターによる擬似的な強度ノイズが、強度ノイズの負帰還によりノイズを生じるため、強度ノイズの上限によるビームジッターの上限について検討した。</p> <p>(2) 04に向けたレーザー強度安定化システムの設計</p> <p>ビームジッター等による擬似的強度揺らぎを防ぐため、ビーム位置制御系を強度安定化システムに取り入れる。これまでのIMMチャンバーY側の光学定盤上ではシ</p>

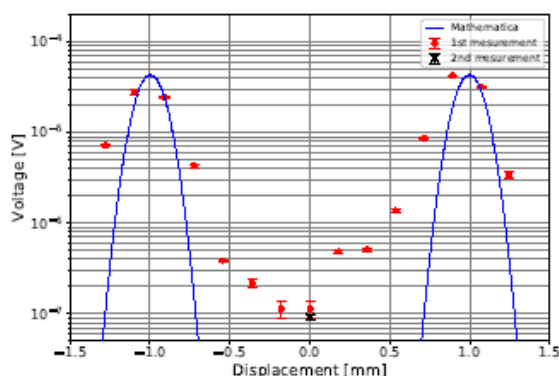


図1 PD受光面上でのビーム位置変調によるPD出力の、PD受光面上でのビーム位置への依存性。横軸はPD中心付近から相対位置。青線はモデル計算。

システムを組むことができないため、Y+側に光学台を新たに用意することを前提として、システムを設計した。以下その概要である。IMM真空槽内の光学系については、SE0での設計を依頼することとなった。

- (a) ビームジッターを取り除くための、QPDとピエゾアクチュエータ付き鏡マウントを2セット使う。
- (b) 高出力レーザーに対応するため、最終的にはビームを4分割し4個のPDで検出する。
- (c) ビームスプリッター(BS)や鏡で不要な迷光となる反射・透過光をそれぞれ2次まで光線追跡した。迷光のパワーを小さくするために、光学素子の裏面での透過光反射率をできるだけ小さくすること、PD直前の鏡では表面の反射率を高めることが重要である。
- (d) 04後に真空中へシステムを導入する場合には、IMMチャンバーY+側の真空ポートに新たな真空容器を接続し、その内部に $\phi 800$ の光学定盤を用意する予定である。今回はこの光学定盤に組む光学系を前提として設計を行った。
- (e) 上記のためのPDボックス(真空容器)を設計した。側面に4個のPDを固定し、PD出力はフィードスルーを介してPDボックス内の電流電圧変換およびフィルターアンプ回路に送られる。その出力はフィードスルーを経て、真空容器外に取り出されサーボシステムへとつながる。