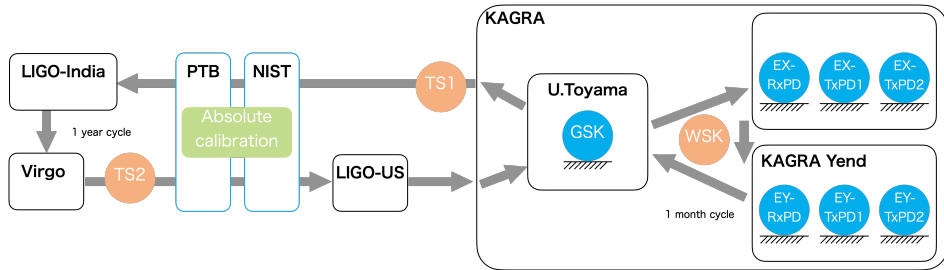


令和 6 年度（2024） 共同利用研究・研究成果報告書

研究課題名 和文：グローバルネットワークによる重力波望遠鏡校正の改善 英文：Improvement of gravitational wave telescope calibration with a new global network calibration scheme.	
研究代表者	国立天文台 陳たん
参加研究者	東京大学宇宙線研究所 澤田崇広 東京大学宇宙線研究所 山本尚弘
研究成果概要 レーザー干渉計型重力波望遠鏡 KAGRA における信号校正は、LIGO や Virgo と同様に Photon calibration system (Pcal)を校正用標準信号生成装置として使用する。この Pcal は干渉計で使用されるレーザーとは別に補助レーザー(Pcal レーザー)を使用して、KAGRA のメイン鏡の 1 つにレーザーを照射させて、その輻射圧で鏡変位を生じさせて参照信号を入力する。入力した参照信号の観測・取得には精密かつ正確に校正されたレーザーパワーセンサーが必要で、私たちは積分球(Integrating Sphere)型のレーザーパワーセンサー(以下 IS)を使用している。 IS 自体の校正(以下 Pcal 校正)は、時間変化が起きていないことを保証するために、定期的に行われる必要があり、また絶対値校正が必要である。このために現在 LIGO-Virgo-KAGRA (LVK)では、アメリカの NIST、ドイツの PTB を標準校正機関として絶対値校正を担ってもらい、LVK+NIST+PTB というグローバルネットワークを構築して各重力波望遠鏡の Pcal 校正を行う計画である。	
	
図 1: LVK collaboration で構築中の積分球校正スキーム。PTB, NIST が絶対値校正を担い、校正された IS である TS1, 2 が定期的に各望遠鏡に渡り、望遠鏡内 Pcal で使用されている IS を校正する。 KAGRA 側においては、富山大学での校正作業に、多くの時間が必要でかつ手作業のために再現性や人依存性に課題があった。これを改善するために今年度は校正作業の自動化に注力した。 本研究で構築した自動化システムの概略図が図 2 である。	

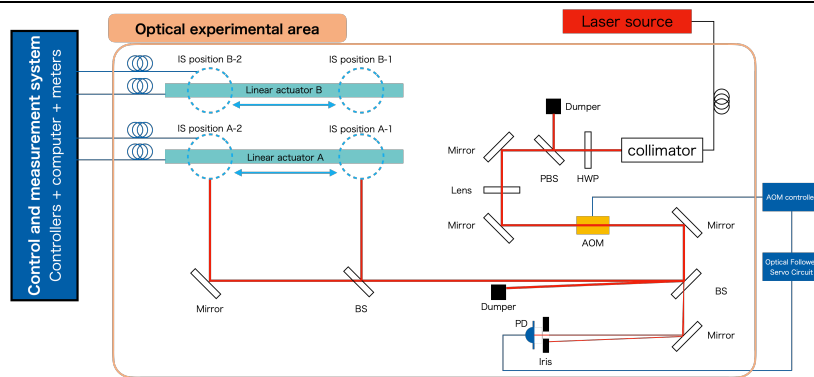


図 2: 富山大学における自動較正システムの概略図。IS 較正では、2 つの IS に対して、BS で反射した光と透過した光を交互に入れ替えながら比較測定をする必要があり、今回の開発で 2 つの linear actuator を導入してこれを自動化した。これを制御するシステムも設計、構築した。

IS の比較較正測定においては、積分球の位置を定期的にスピーディーに変化させる必要があり、これには MISUMI の linear actuator を用いた自動計測システムを設計、製作、構築した。2024 年度内に性能試験(再現性、測定時間等の確認)を完了させて、現在の KAGRA には十分な性能が得られた。2024/12 から観測運転 O4c に向けたデータ取得も開始でき、これまで安定的なデータ取得が行われている。(図 4 が測定結果の一例)



図 3: 構築した control and measurement system(左)と光学系(右)。制御、測定システムは安定性および KAGRA での経験から産業用ラズベリーパイ RevPi を採用。

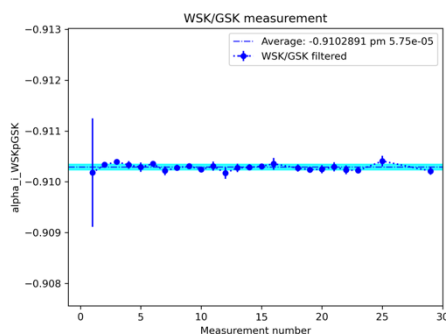


図 4: 自動化システムによって取得された、WSK と GSK の出力比の一例。GSK は絶対較正されているため、この測定結果をもとに、WSK の較正係数 $[V/W]$ を算出できる。数ヶ月にわたる測定により、安定性および再現性は 0.2%未満であることが確認されており、十分に高い精度が得られている。

今後は、予定されている Pcal 較正のグローバルネットワークに参加し、望遠鏡較正の不確かさの改善に貢献する。