

# 大型低温重力波望遠鏡 KAGRA における 干渉計制御用変調システムの雑音源の探査 Noise hunting in modulation system for interferometer control in large-scale cryogenic gravitational waves telescope, KAGRA

富士川雄太<sup>\*1</sup>, 山本晃平<sup>\*2</sup>, 苔山圭以子<sup>\*2</sup>, 横澤孝章<sup>\*2</sup>, 上原知幸<sup>\*3</sup>, 中野雅之<sup>\*4</sup>, 開発輝一<sup>\*5</sup>, 森有紀乃<sup>\*5</sup>, 鈴木孝昌<sup>\*6</sup>, 佐藤孝<sup>\*6</sup>, 大河正志<sup>\*6</sup>

Y. Fujikawa<sup>\*1</sup>, K. Yamamoto<sup>\*2</sup>, K. Kokeyama<sup>\*2</sup>, T. Yokozawa<sup>\*2</sup>, T. Uehara<sup>\*3</sup>, M. Nakano<sup>\*4</sup>, K. Kaihotsu<sup>\*5</sup>, Y. Mori<sup>\*5</sup>, T. Suzuki<sup>\*6</sup>, T. Sato<sup>\*6</sup>, M. Ohkawa<sup>\*6</sup>

<sup>\*1</sup>新潟大学大学院自然科学研究科, <sup>\*2</sup>東京大学宇宙線研究所, <sup>\*3</sup>防衛大学校, <sup>\*4</sup>富山大学大学院理工学研究部, <sup>\*5</sup>富山大学理学部, <sup>\*6</sup>新潟大学工学部

<sup>\*1</sup>Grad. School of Sci. & Tech., Niigata University, <sup>\*2</sup>ICRR, University of Tokyo, <sup>\*3</sup>National Defense Academy,

<sup>\*4</sup>Grad. School of Sci. & Eng. <sup>\*5</sup>Faculty of Sci., University of Toyama, <sup>\*6</sup>Faculty of Eng., Niigata University

## 1. はじめに

重力波は時空の歪みが伝播する波である。KAGRA は Fabry-Perrot Michelson 干渉計型の重力波検出器であり、レーザー光の干渉を利用することで、重力波による空間の歪みを検出する。KAGRA では多数の共振器が用いられており、それらのミラーの間隔は制御によって精密に維持される必要がある。一般的に、制御には変調されたレーザー光が用いられるが、KAGRA では、レーザー光に変調を加えるため Mach-Zehnder 変調システム (Mach-Zehnder Modulator, MZM) の使用が検討されている。今回、この変調システムにおける雑音源の探査を行ったので報告する。

## 2. 変調システム

KAGRA は基線長が 3 km であり、重力波検出のためには、この km の長さを pm オーダーで維持することが要求される。このために、変調されたレーザー光を復調して長さの情報を含む線形信号を取得し、フィードバックループによってミラーの間隔を精密に制御する PDH 法と呼ばれる手法が用いられる。この制御を行わなければ、メイン干渉計を重力波検出器として稼働させることができない。変調を行う MZM は図 1 のように、2つの Mach-Zehnder 干渉計と 3つの電気光学変調器 EOM によって構成されており、複数のミラーと半透過鏡 (BS) が用いられている。MZM では、複数の変調器を使うことによって、メイン干渉計の制御のために必要な複数の周波数での変調をすることができる。このような複雑な変調器を組み合わせることにより、量子雑音を破る感度での観測が可能となる。

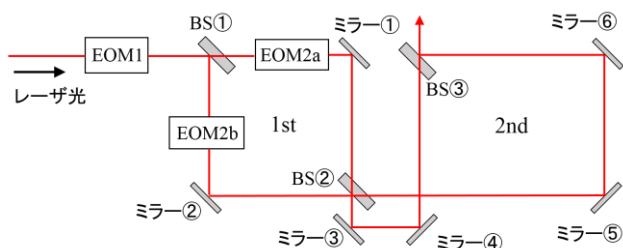


図 1 Mach-Zehnder 変調システムの概略図

## 3. 雑音源の探査

重力波は非常に微弱であることから、KAGRA 全体において雑音を減らすことは重要である。これは MZM についても例外ではない。特に MZM はメイン干渉計の制御に関

わる根幹であるため、雑音があると重力波への感度に影響が出てしまう可能性がある。図 2 の赤線は、MZM のエラー信号のスペクトルであり、丸で囲んだ周波数に比較的大きな雑音が見られる。これらの雑音源として、MZM を構成しているミラーの振動や、光学定盤の振動、音による空気の揺れなどが考えられる。

本研究では、加速度計やマイクロホンを用いて、MZM に見られる雑音の発生源の探査を行った。加速度計をミラーや光学定盤に設置することで、それぞれの振動を計測し、マイクロホンは MZM の真上の天井から吊り下げて音の計測を行った。図 2 の青線は計測データの一つで、図 1 右上のミラー⑥に取り付けた加速度計のデータである。周波数 500 Hz 付近に大きな雑音が見られ、これはエラー信号の雑音 (500Hz 付近) と相関しており、ミラー⑥の振動が影響していることが分かった。他にもいくつかのミラーや定盤が雑音源であることを特定できた。一方、マイクロホンによる音の測定では、音響波由来の雑音は見られなかった。

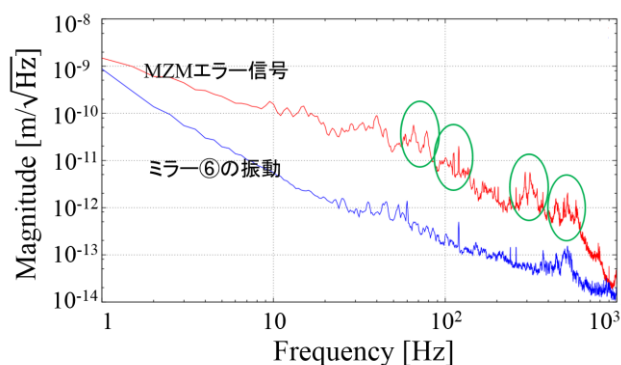


図 2 MZM のエラー信号とミラー⑥の振動のスペクトル (KAGRA JGW-G1809514-v15)

## 4. おわりに

KAGRA の MZM の雑音を低減するため、雑音源の探査を行った。加速度計によってミラーの振動を測定し、エラー信号のスペクトルと比較することで雑音源となるミラーを特定した。マイクロホンによる測定では、音が雑音源になっている可能性は低いことが分かった。特定できた雑音源については、今後雑音低減の対策を行う予定である。