

KAGRA 腕共振器鏡のための 13.5m 防振懸架系の開発 (II)

総研大、国立天文台^A、東大天文^B、東大宇宙線研^C、宇宙研^D、高エネ研^E
奥富弘基、高橋竜太郎^A、佐藤直久^A、石崎秀晴^A、正田亜八香^A、藤井善範^B、宮本昂拓^C、
牛場崇文^C、三代浩世希^C、新井友也^C、神津稜平^C、谷岡諭、和泉究^D、山本尚弘^C、
L. Trozzo^C、M. Barton^A、関口貴令^C、阿久津智忠^A、麻生洋一^A、都丸隆行^E

Development of 13.5-meter-tall Vibration Isolation System for Arm Cavity Mirrors in KAGRA (II)

Sokendai (GUAS), ^ANAOJ, ^BDept. of Astronomy, Univ. of Tokyo,
^CICRR, ^DJAXA, ^EKEK

**K. Okutomi, R. Takahashi^A, N. Sato^A, H. Ishizaki^A, A. Shoda^A, Y. Fujii^B,
T. Miyamoto^C, T. Ushiba^C, K. Miyo^C, Y. Arai^C, R. Kozu^C, S. Tanioka,
K. Izumi^D, T. Yamamoto^C, L. Trozzo^C, M. Barton^A, T. Sekiguchi^C,
T. Akutsu^A, Y. Aso^A, T. Tomaru^E**

KAGRA は基線長 3 km の L 字型の腕を持つマイケルソン干渉計型の重力波望遠鏡である。KAGRA では重力波による鏡間の潮汐的な距離の変化をレーザーを用いて観測する。このとき重力波以外の要因で鏡が揺れていると、重力波と区別できずに雑音として観測されてしまう。地球上における重力波望遠鏡では地面振動が鏡を揺らす主な要因となるため、地面振動を鏡に伝わりにくくするための防振装置が必要となる。

防振懸架系は鏡を多段振り子のように吊るすことで、地面振動に対する鏡の応答を低減させる防振装置である。KAGRA では重力波感度への各鏡の寄与に応じて、計 4 種類の防振懸架系を用いている。特に 3 km 腕共振器の鏡は重力波に対して最も敏感であるため、世界最高の防振性能を持つ全高 13.5m、全 9 段からなる多段振り子を地下トンネルの 2 階より懸架することで鏡を防振する。このうちタワー部と呼ばれる上 5 段には倒立振り子や geometric anti-spring などの共振周波数を低くする機構が組み込まれており、10 Hz–1 kHz の重力波観測帯域において高い受動防振性能を実現している。またファイア鏡を含む下 4 段は低温ペイロードと呼ばれ、約 20 K まで冷却することで熱雑音の感度への寄与を低減する。この腕共振器鏡用の防振懸架系への要求は、観測帯域における鏡の揺れを 10^{-19} m/Hz⁻¹ 以下に抑えることである。

また防振懸架系には安定した干渉計稼働のための制御性能も求められる。重力波観測では干渉計を構成する光共振器を常に共振状態に保つことで基線長の潮汐的な微小変化を検出している。しかし、地震などの外乱により鏡が大きく揺らされると干渉計は共振状態を保てなくなり、再び共振状態に復帰するまでの時間が観測時間の損失につながる。したがって、安定した重力波観測を行うためには外乱や環境変化に対して頑健な制御系を構築する必要がある。本講演では腕共振器用防振懸架系の開発と安定した重力波観測のための制御系設計の現状を報告する。