

V02a 重力波検出器 TAMA300 の防振系評価

高橋竜太郎、Mark Barton(国立天文台)、黒田和明、内山隆、桑原文彦(東大宇宙線研)、坪野公夫、新井宏二、高森昭光(東大理)、新谷昌人(東大地震研)

平成7年度からスタートした300mレーザー干渉計型重力波検出器計画(TAMA Project)は施設と一部の真空系が完成し、干渉計の実験も部分的に始まった。防振系に関してはその開発がほぼ終了し、徐々に本体へのインストールが行われている。TAMAの目標感度は $h_{\text{rms}} = 3 \times 10^{-21}$ @300 Hz(BW300 Hz)であり、これは変位雑音 $\delta\tilde{x} = 5 \times 10^{-20} \text{m}/\sqrt{\text{Hz}}$ に相当する。したがってTAMAのサイトである三鷹では 10^8 以上の防振比が必要である。TAMAではこれを以下の3つの装置によって実現する。

1. 主に10 Hz以上の領域で光学台(ブレッドボード)の防振を行うスタック。
2. 主に10 Hz以下の領域の防振を行うX-pendulum。
3. ミラーを吊るす最終段となる2段振り子。

開発はプロトタイプを作って進められ、個々の装置ごとに防振特性(伝達関数)が測定された。ミラーにとって基本的に必要なのは水平方向(X)の防振であるが、クロス・カップリングが存在するため垂直(Z)方向の特性も無視できない。また回転(Yaw、Pitch)方向の揺らぎもアライメント・ノイズとなる。伝達関数の測定は主に加振器と加速度センサーの組み合わせで行った。回転方向の影響に関してはスタックと2段振り子に対しては実機による直接測定、X-pendulumはモデル計算(ただしYawのみ)が行われた。2段振り子の場合は加振実験のデータも加味された。

以上の様にして得られたデータをもとに3つの装置を組み合わせた場合の防振特性が計算された。その結果まずX-X伝達関数は100 Hz以上で 10^{10} 以上が得られ、十分な防振比が期待できる。また最終的にミラーのXにカップルする回転を除くすべての経路(8つある)を比較検討した結果、いくつかの経路(例えばスタックZ-Z、X-pendulum Z-Z、2段振り子Z-X)はX-X伝達関数より大きくなる可能性がある。しかしいずれの場合でも 10^8 はクリアしていた。また回転の影響に対してはYawの基本モード1 Hzが 3×10^{-6} rad、Pitchの基本モード5 Hzが 4×10^{-7} radで、特にYawはアライメントの要請範囲を超えていた。従ってこの周波数帯域までアライメント制御をする必要があるだろう。