

KAGRAの低温加速度計の開発

チン タン

東京大学 理学系研究科天文学専攻 陳 聃

山元一広、鈴木敏一、東谷千比呂、木村誠宏、榊原裕介、内山隆、Luca Naticchioni、

Ettore Majorana、川村静児、

KAGRA Collaboration

物理学会@広島大学

2013/3/26

目次

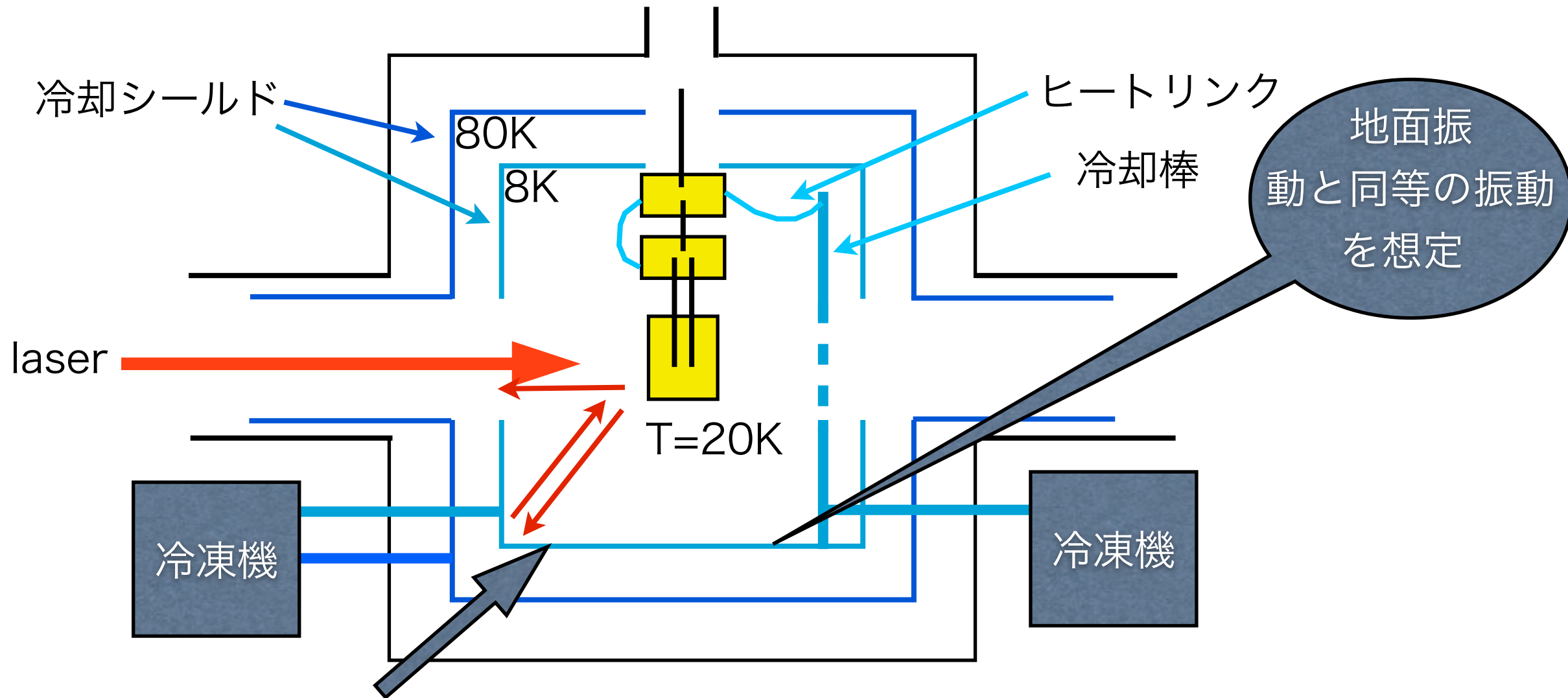
- 概要
- 低温試験
- KAGRAクライオスタットでの試験(測定中)
- まとめ

概要

- 大型低温重力波望遠鏡KAGRAでは熱雑音低減のために主要となる鏡を冷やす計画である。
- 鏡と物理的につながり、メインレーザーの散乱光の反射も予想される、冷却シールドの振動測定を行う。
- 振動測定にはMichelson干渉計を利用した加速度計を使用する。
- 本番の振動測定の前低温試験を終え振動測定が可能であることを確かめた。
- 現在は KAGRAクライオスタット内にインストールされ、冷却中の測定を行っている。

概要

目的：KAGRAの冷却シールドの振動測定を行う。



シールドの振動が散乱光に変調を掛けてノイズ源になることが考えられる。

また冷凍機の振動は輻射シールド及び鏡(冷却棒・ヒートリンク伝い)まで伝わる可能性がある。

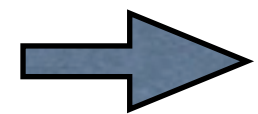
そこで冷凍機をつけた状態での冷却シールドの振動測定を行いたい。

本番の試験はクライオスタット製造工場内で、現在冷却中の振動測定を行っている。

概要

加速度計に対する要求

1. ノイズレベル： $10^{-7}\text{m/rtHz}@1\text{Hz}$
2. 低温(10K)での動作



Michelson干渉計を使用した加速度計

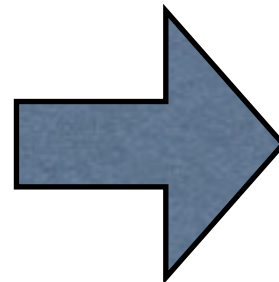
感度がよく、単純な構造のために低温、超高真空対応も簡単と思われる
また自己キャリブレーションが可能

振動試験はクライオスタット製造工場内で行われるため

振動試験の流れ

現在測定中

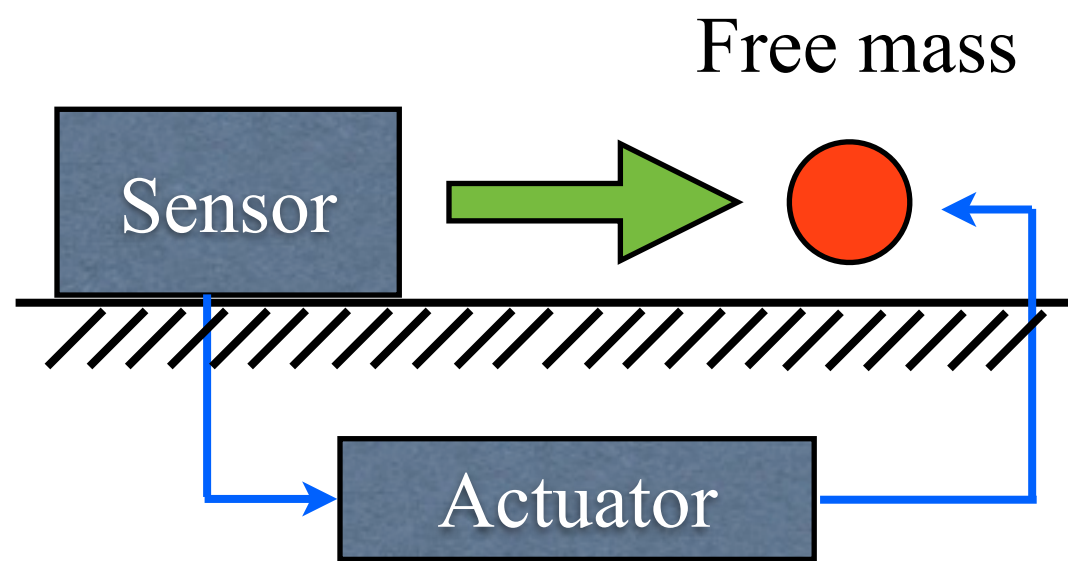
低温試験
@ 東大柏キャンパス



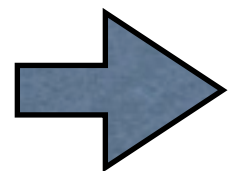
KAGRA冷却シールドの振動測定

概要

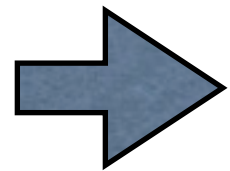
方法：Michelson干渉計による地面振動測定



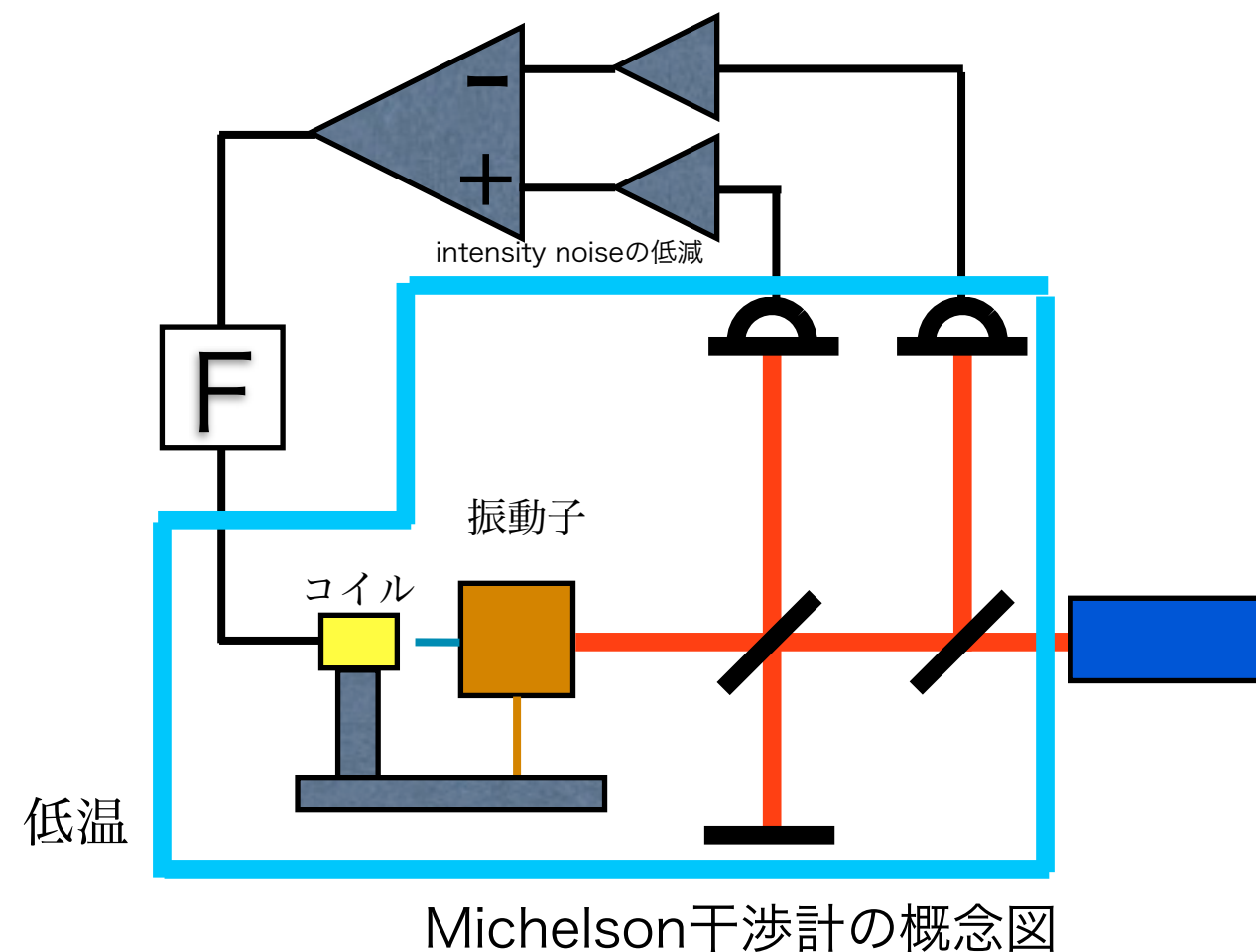
massが地面に追従するように力を加える



加えた力がmassに加わった慣性力



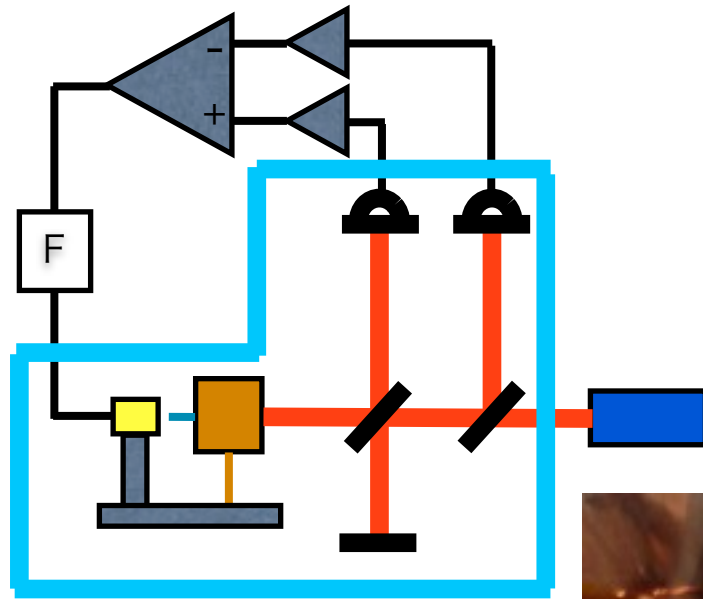
地面振動



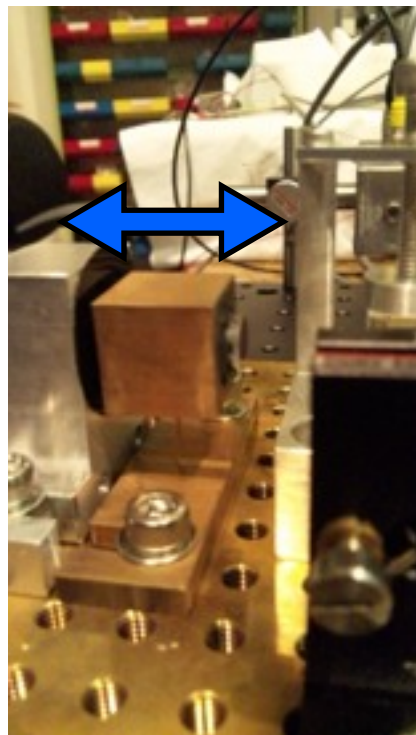
干渉計の片腕は振動子になっており、干渉計の制御信号から地面振動を知ることができる。

概要

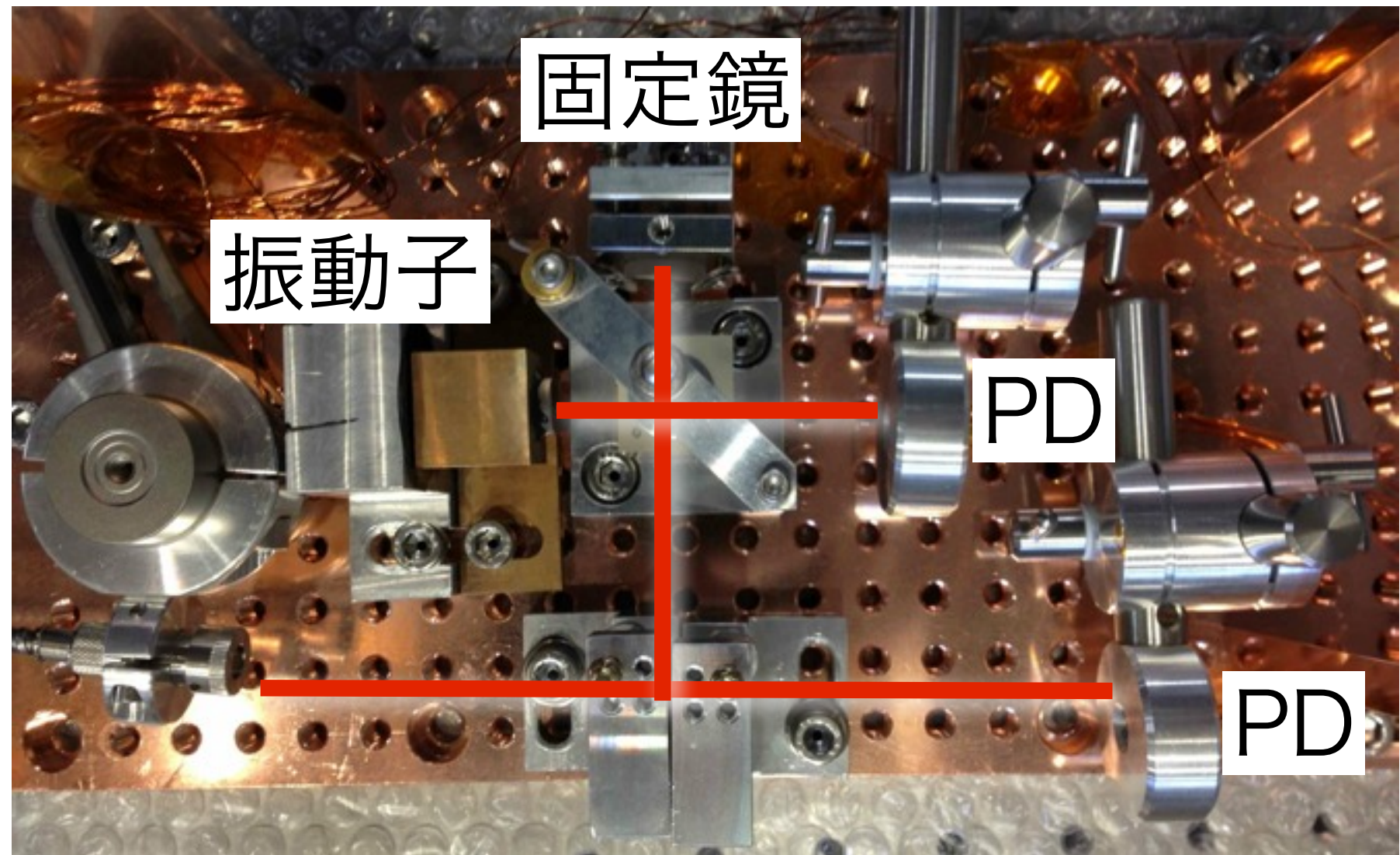
加速度計の写真



Cryogenic



振動子

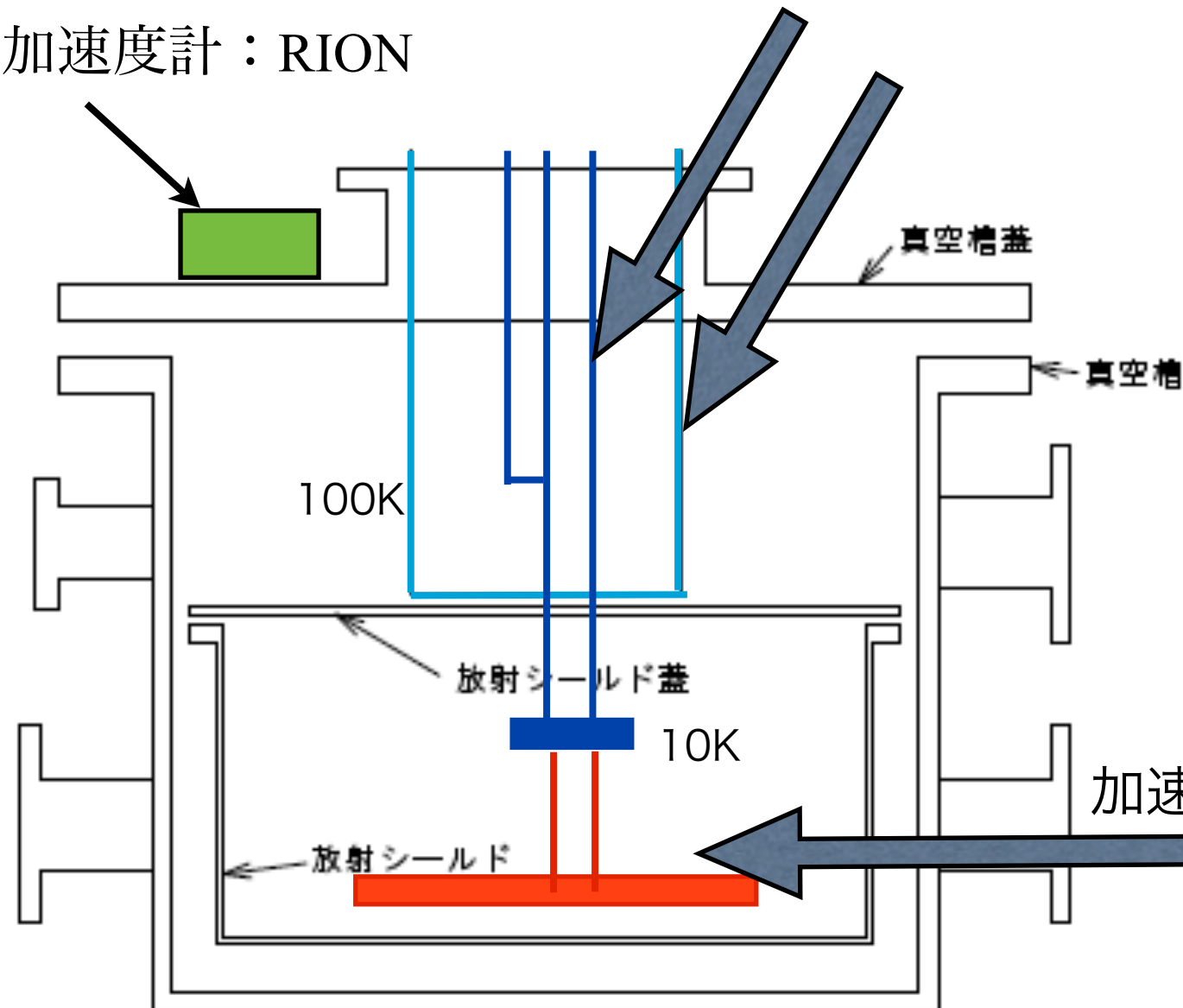


振動子背後のコイルアクチュエータで制御を行う。

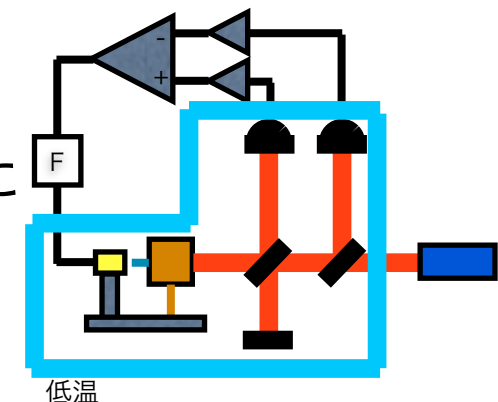
低温試験

冷凍機につながっている

市販の加速度計：RION

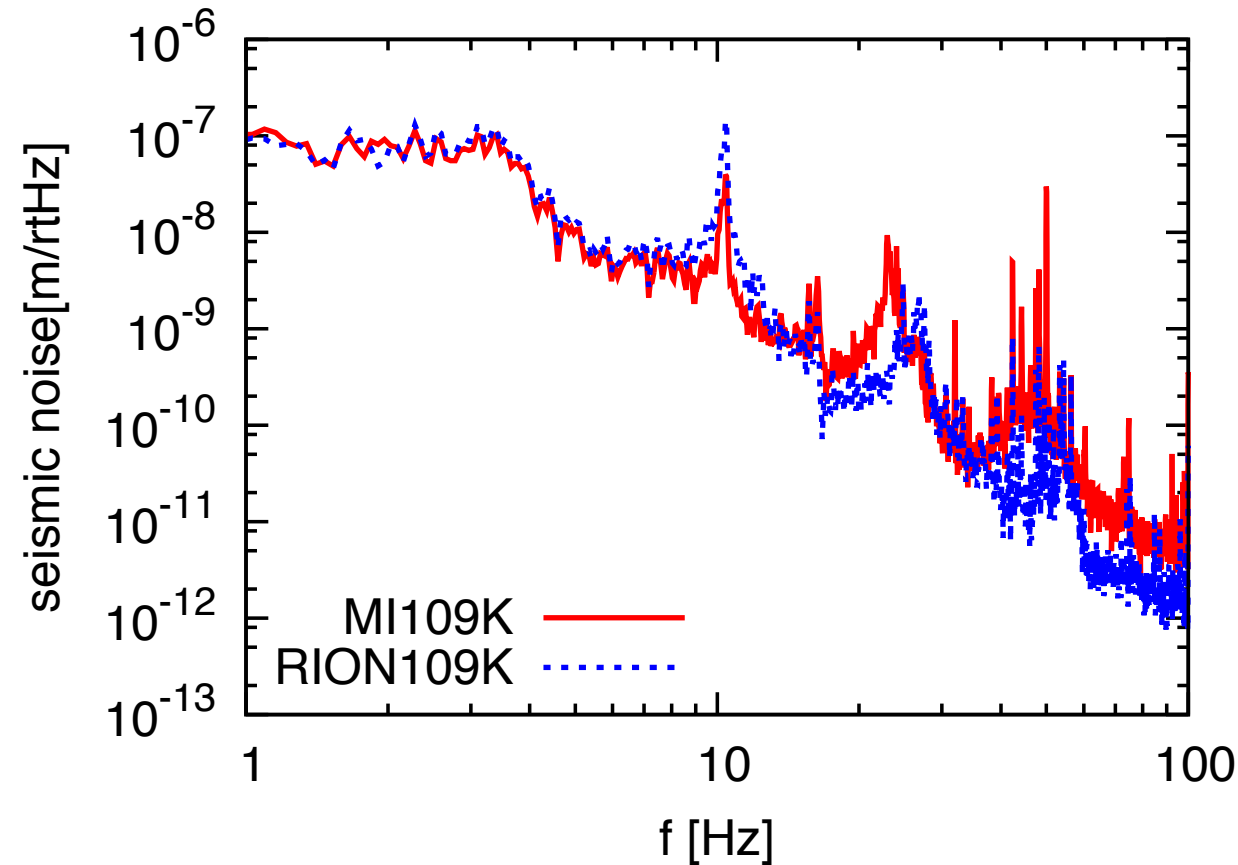
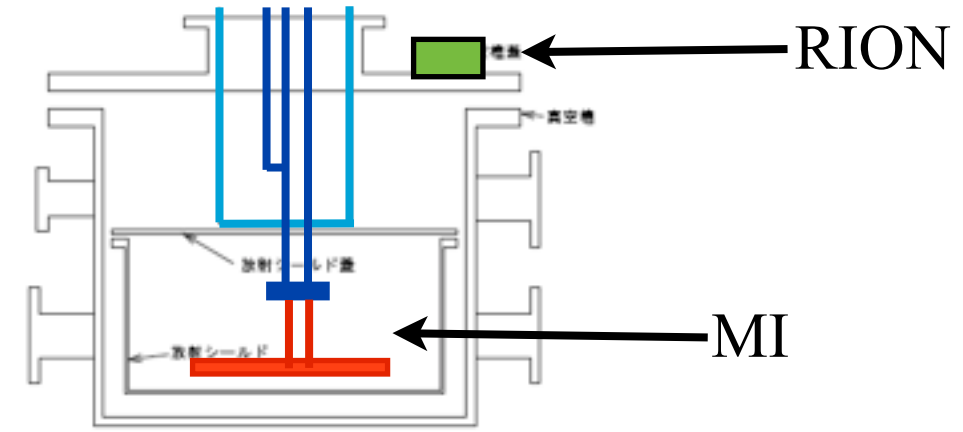


冷凍機



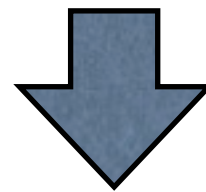
上記の真空槽と放射シールドを用意して低温試験を行った。

低温試験の結果



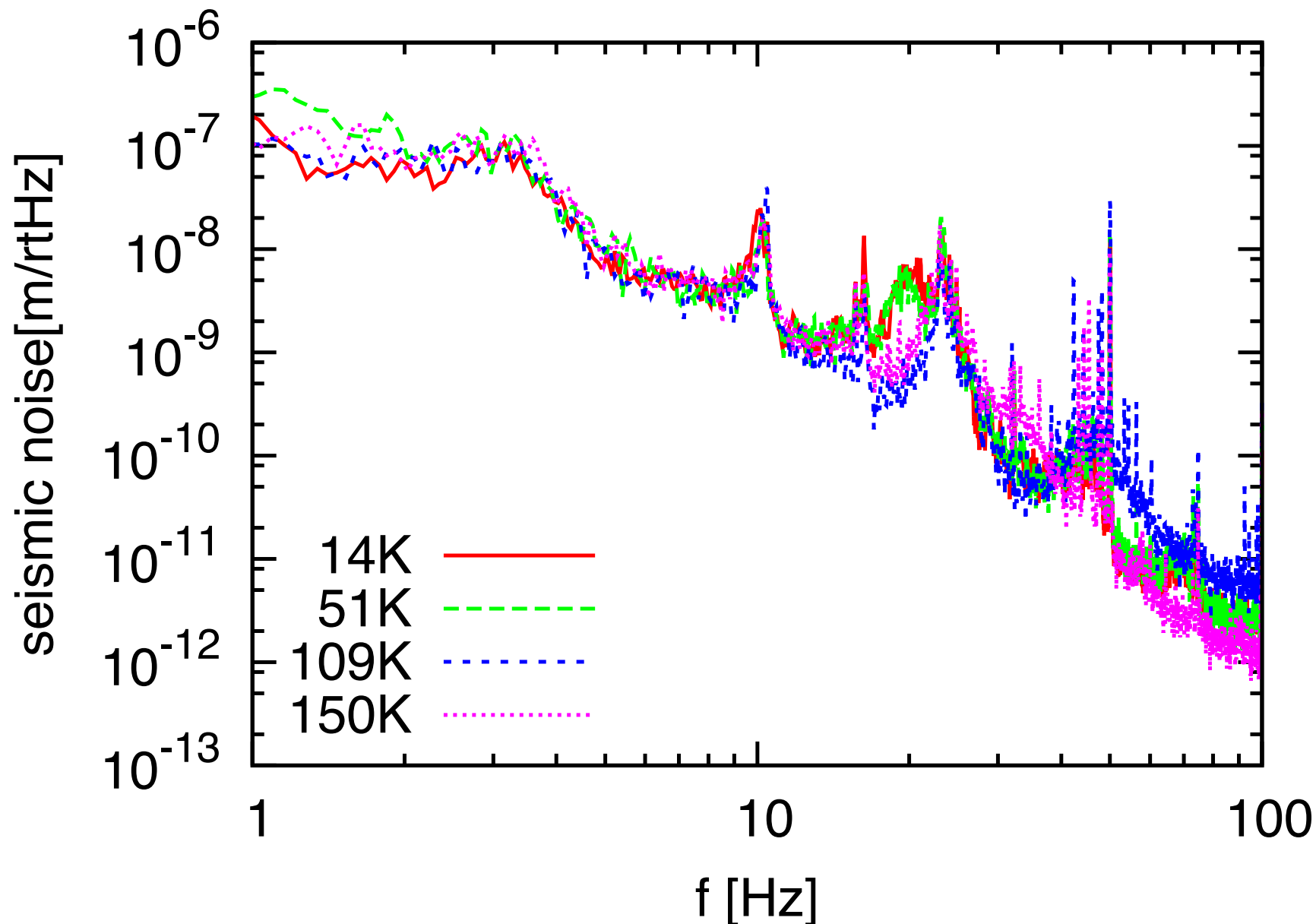
低温($T=109\text{K}$)

クライオスタット内の干渉計と外のRIONの振動比較を行った。

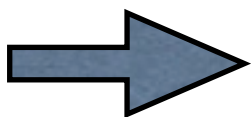


低温加速度計の出力はRIONの出力とほぼ同じ形になった。

低温試験の結果



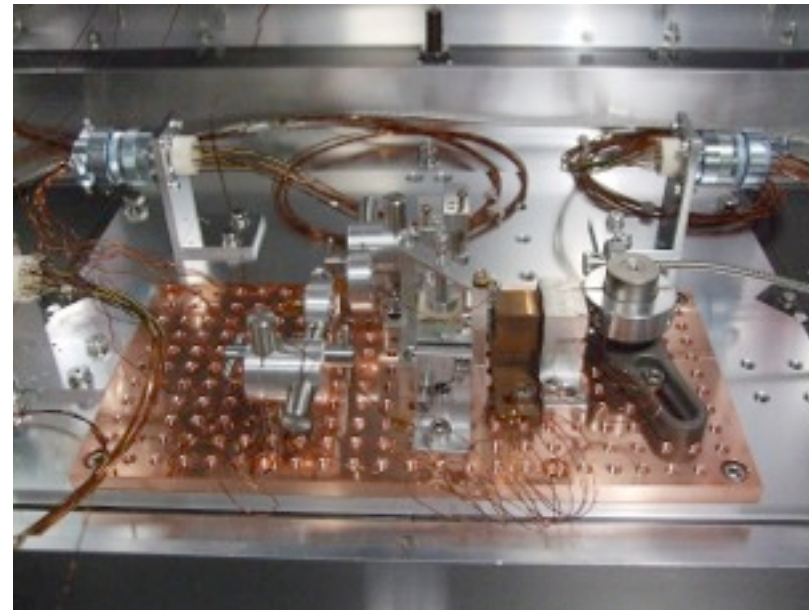
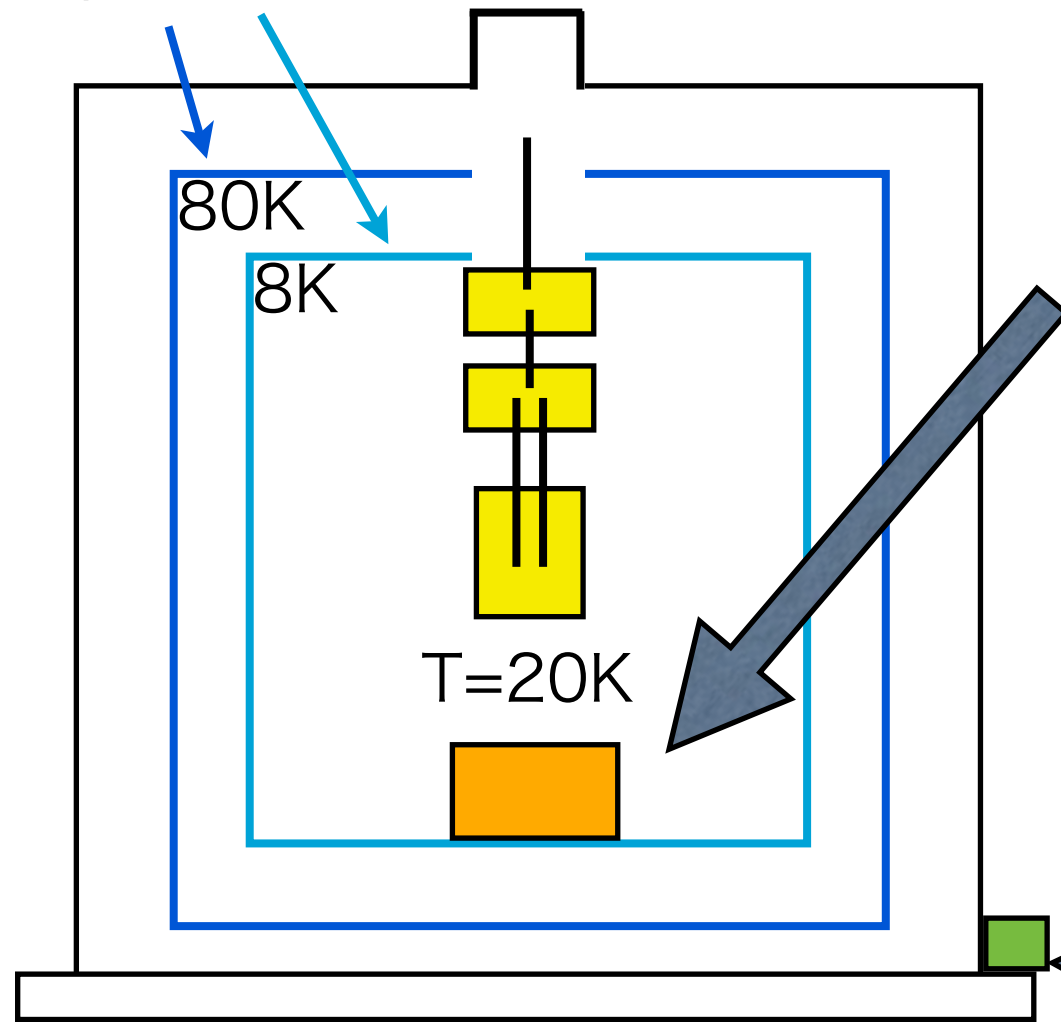
低温まで同様な振動が測定されていることが確認できる。



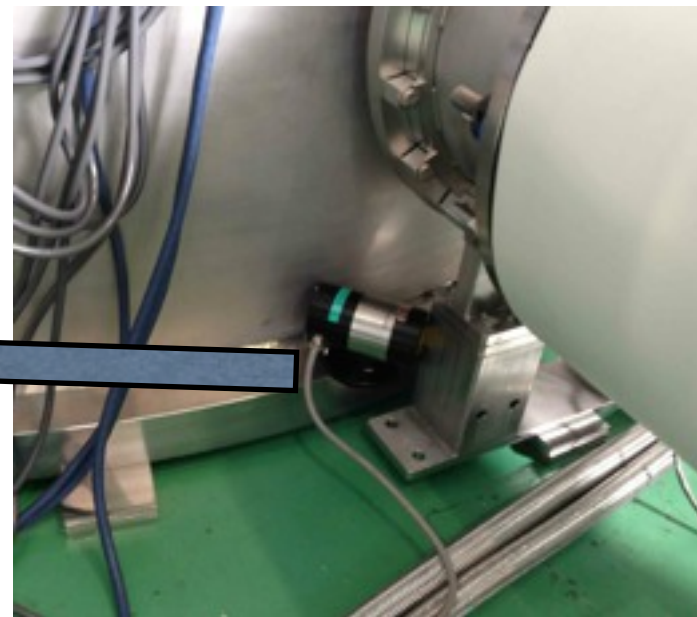
低温での動作確認ができたので、
KAGRAクライオスタットヘインストール

KAGRA 輻射シールド内の振動測定

冷却シールド



低温加速度計



RION

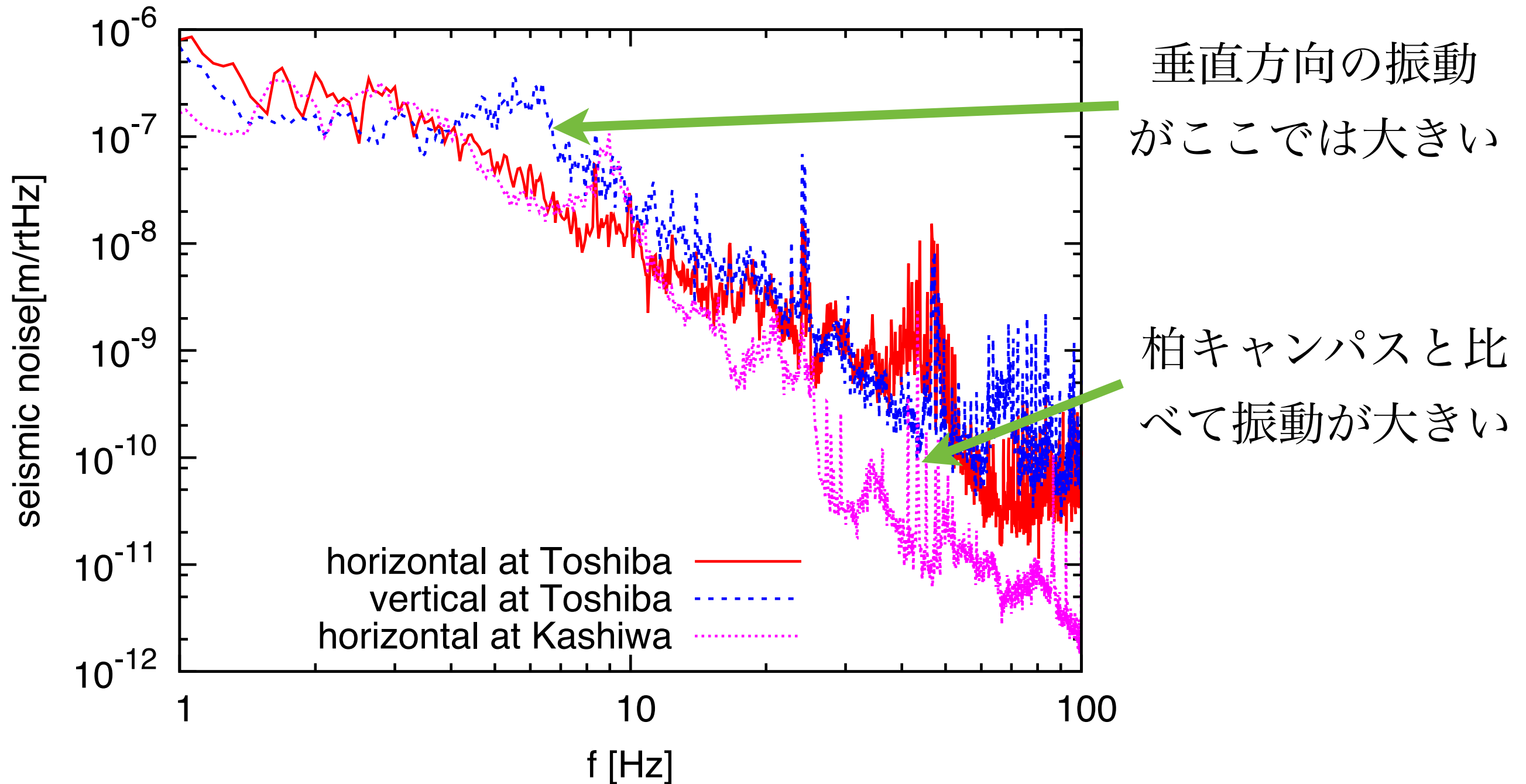
シールド内と真空槽外とで同時測定を行った



インストール作業

KAGRA輻射シールド内の振動測定

東芝での地面振動を測定した。クライオスタット外で測定。

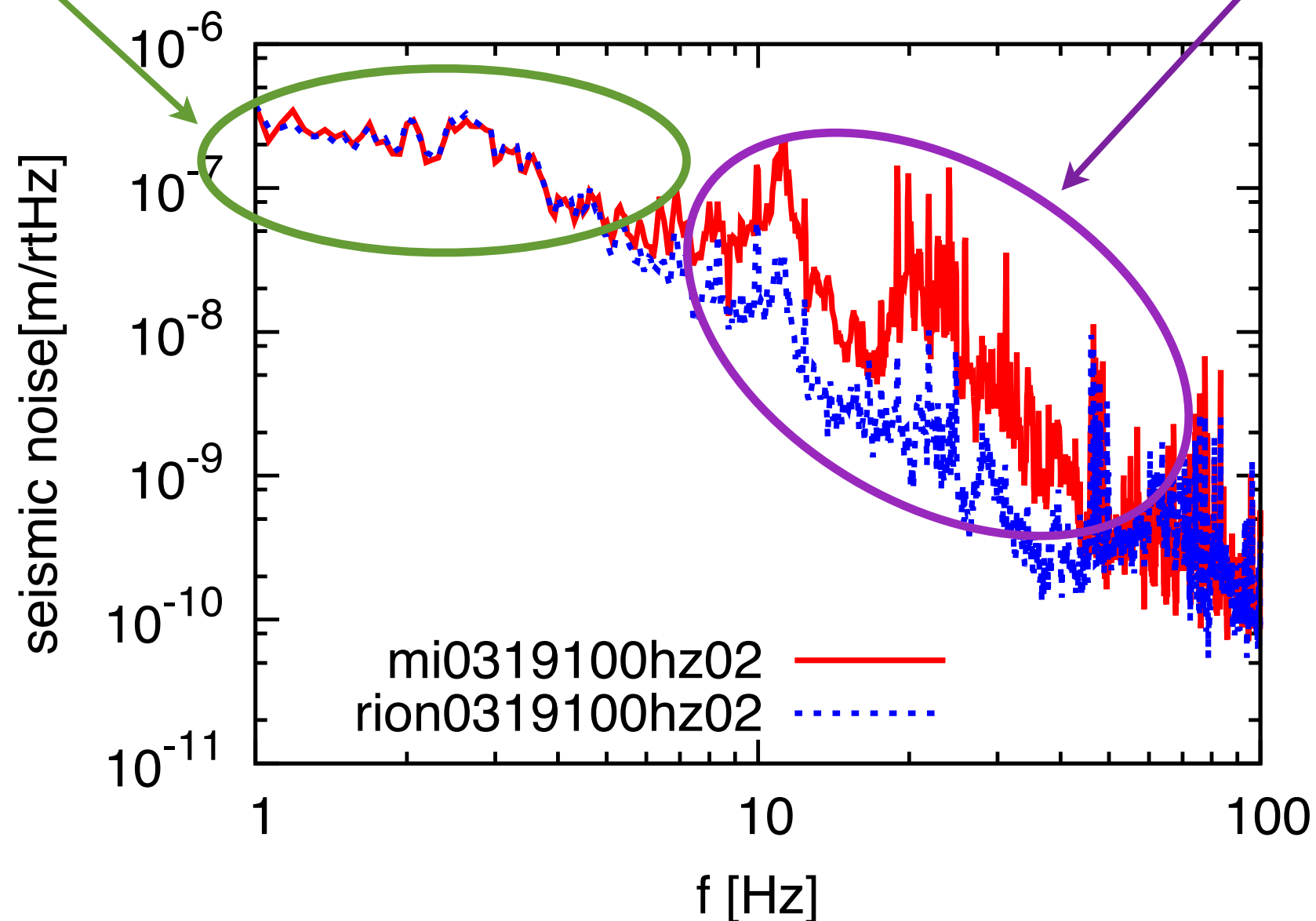


KAGRA 輻射シールド内の振動測定

(T=250Kでの測定結果)

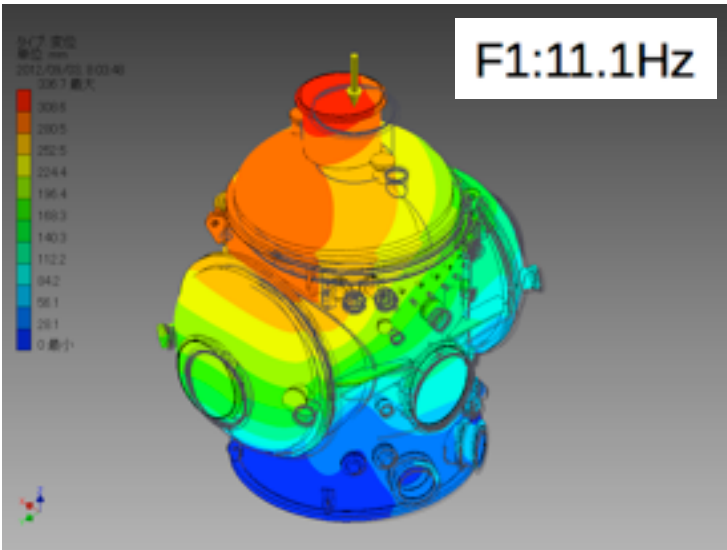
低周波では一致

10-50Hz付近ではクライオスタットのピークらしきものが見えている。



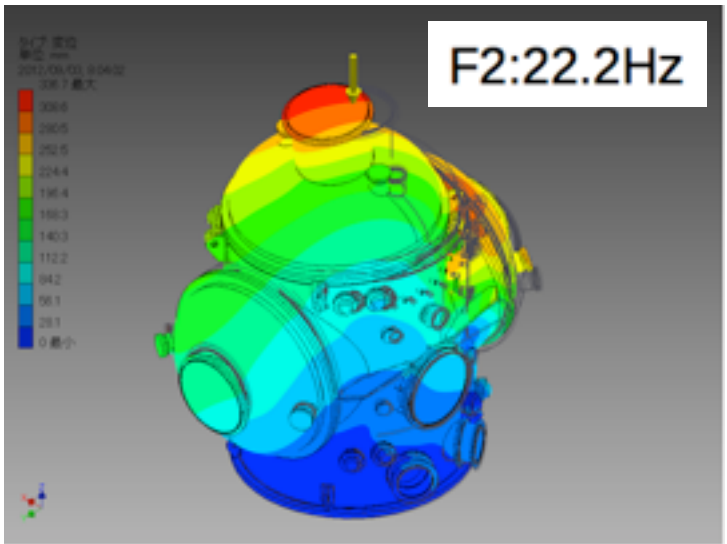
KAGRA 輻射シールド内の振動測定

クライオスタットのモーダル解析(KEK 小池氏)

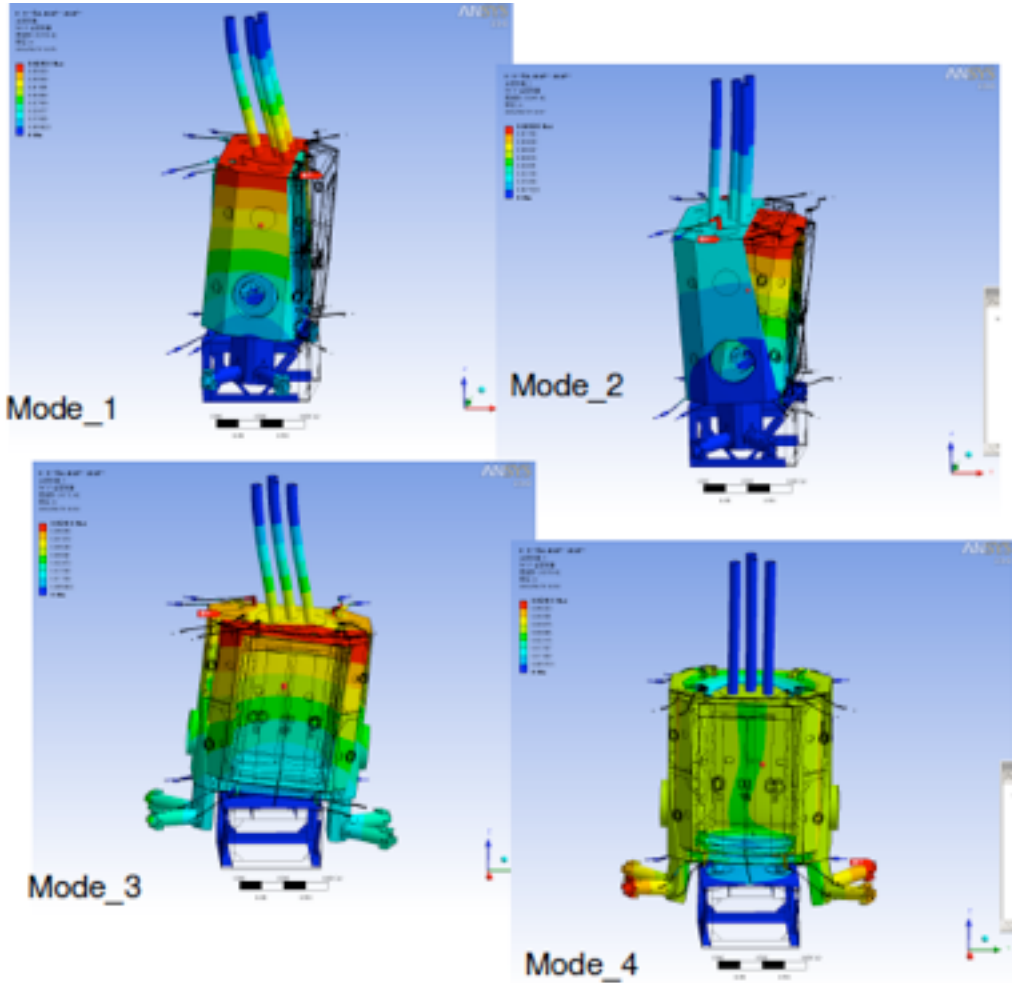


3箇所固定結果
周波数の値

F1	11.07 Hz
F2	22.22 Hz
F3	34.72 Hz
F4	38.03 Hz
F5	43.02 Hz
F6	44.81 Hz
F7	55.97 Hz
F8	56.14 Hz



真空槽の解析(例)



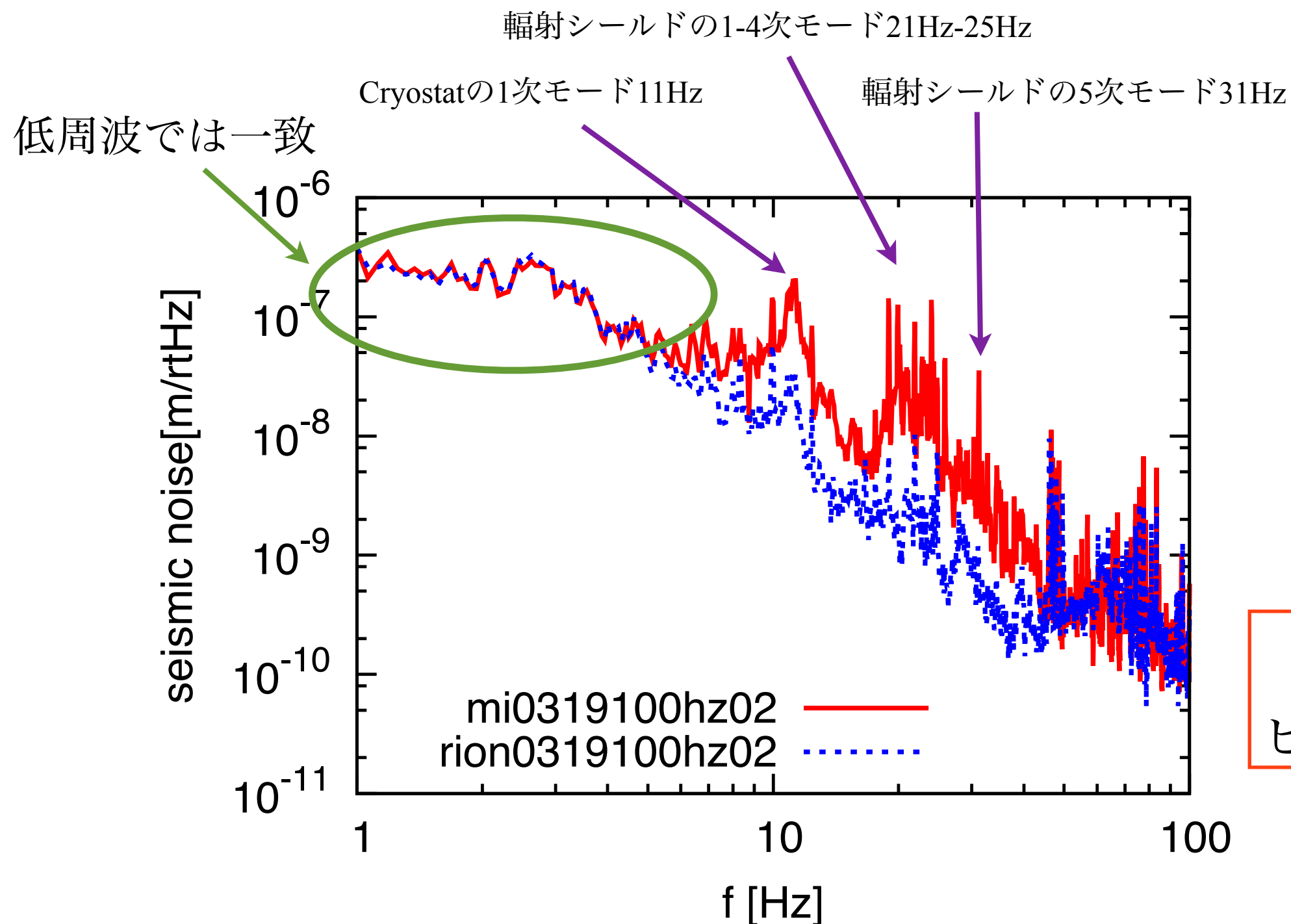
モード周波数[Hz]

F1	20.709
F2	23.947
F3	24.712
F4	24.878
F5	30.839
F6	38.156
F7	42.182
F8	45.09

シールドの解析(例)

KAGRA 輻射シールド内の振動測定

(T=250Kでの測定結果)

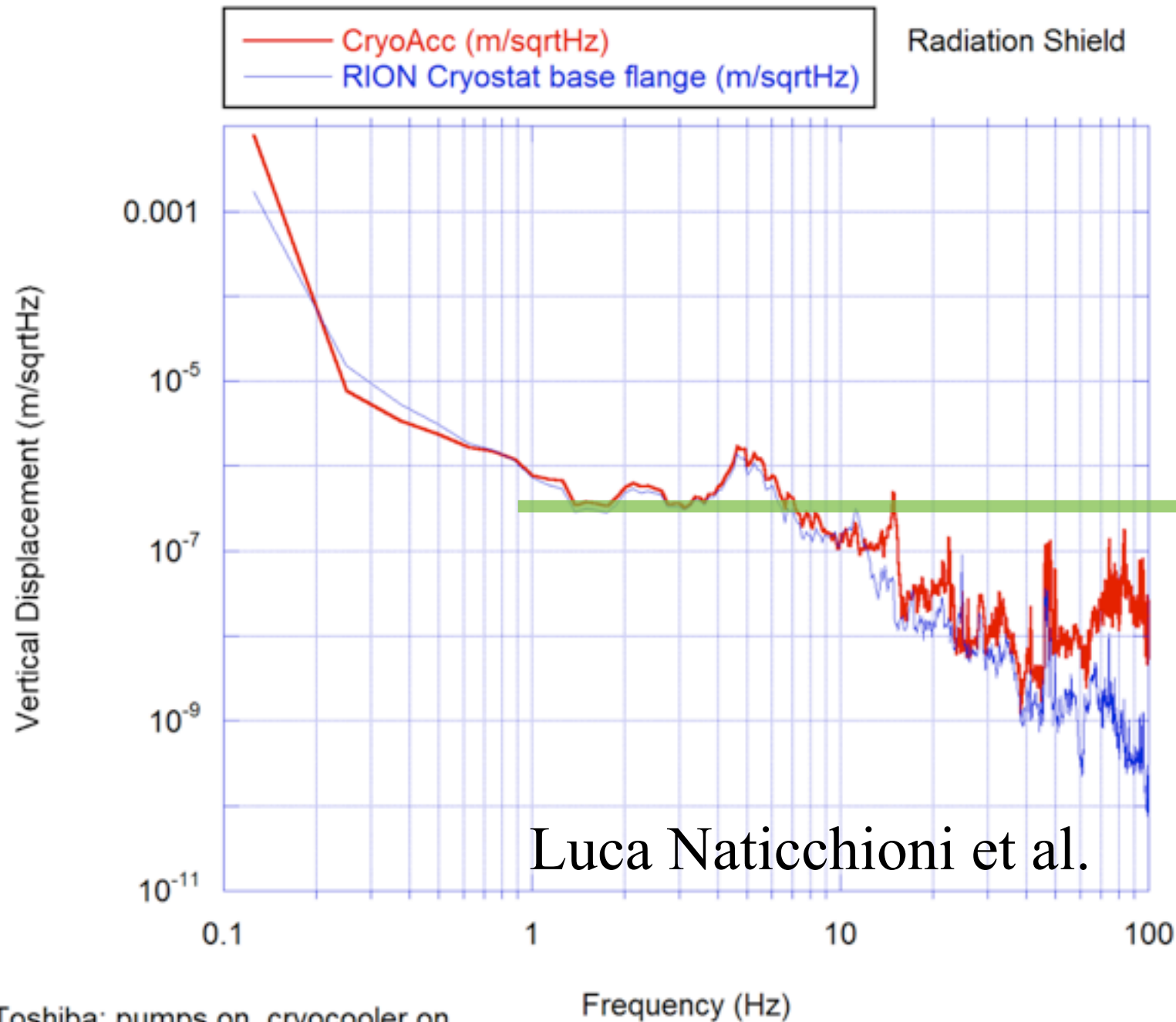


予期せぬ大きな
ピークは見られない

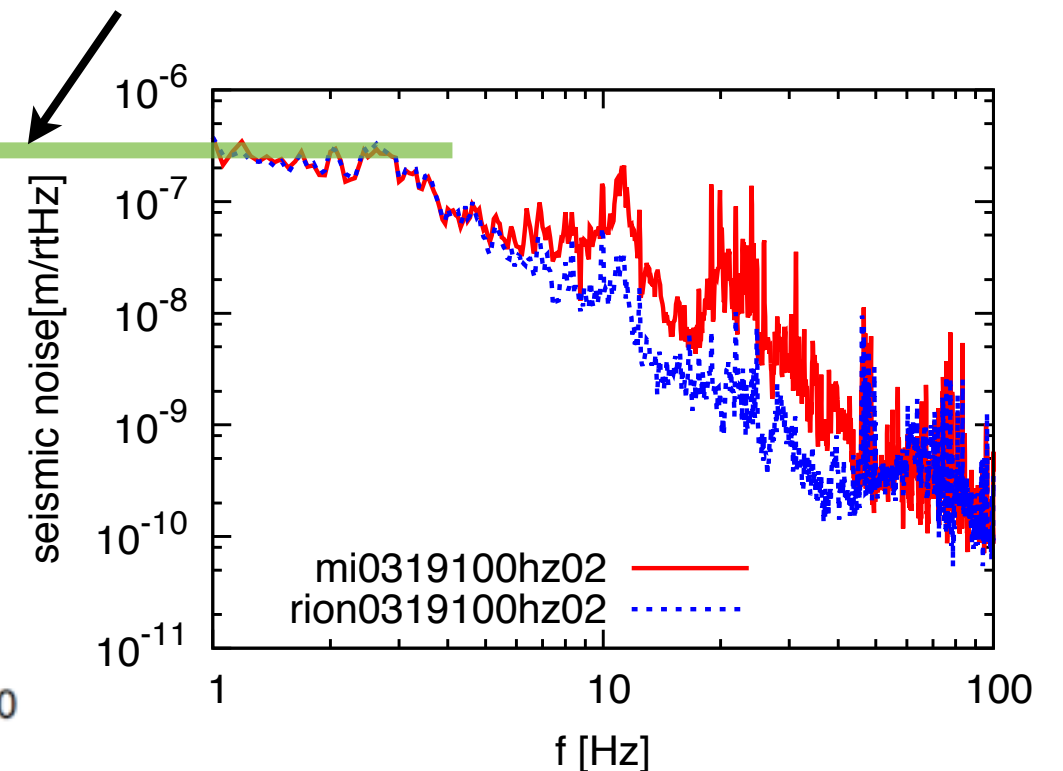
KAGRA 輻射シールド内の振動測定

シールド内では縦方向の振動測定も行っている

Displacement Spectra KAGRA cryostat #2
2013 / 03 / 9 - 10 avg - T(rad.shield)= 211K



低周波のレベルに近い



垂直方向の振動測定

水平方向の振動測定

現在も2つの加速度計で測定を行っている。

KAGRA輻射シールド内の振動測定

今後の予定

- ・ 冷却完了(~8K)になるまで水平・垂直方向の振動測定を継続していく。
- ・ 8Kでは以下のように測定を行う予定。

	冷凍機	真空ポンプ
振動測定1	ON	ON
振動測定2	ON	OFF
振動測定3	OFF	ON
振動測定4	OFF	OFF

まとめ

- KAGRAの冷却シールドの振動測定を行うための加速度計(Michelson干渉計型)の開発を行った。
- 加速度計の低温試験を行い、低温(14K)での動作確認ができた。
- KAGRAクライオスタット内に加速度計を設置し、現在測定を行っている。
- 冷却初期での測定を行い、予期しないピークは見られなかった。
- 冷却初期での測定では低周波では外との振動と一致し、10-50Hz付近ではクライオスタットの振動が外より1桁大きく見えている。