

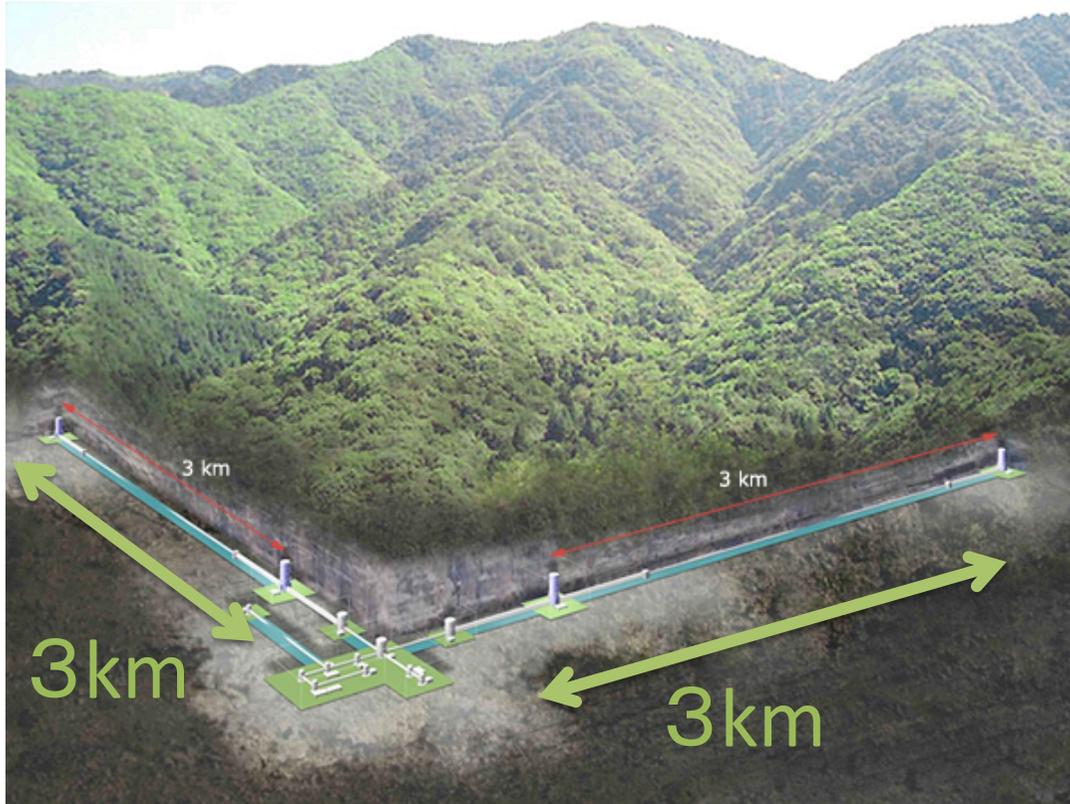


大型低温重力波望遠鏡用低温設備の開発 (5) - KAGRA用低振動冷凍機ユニット性能試験 -

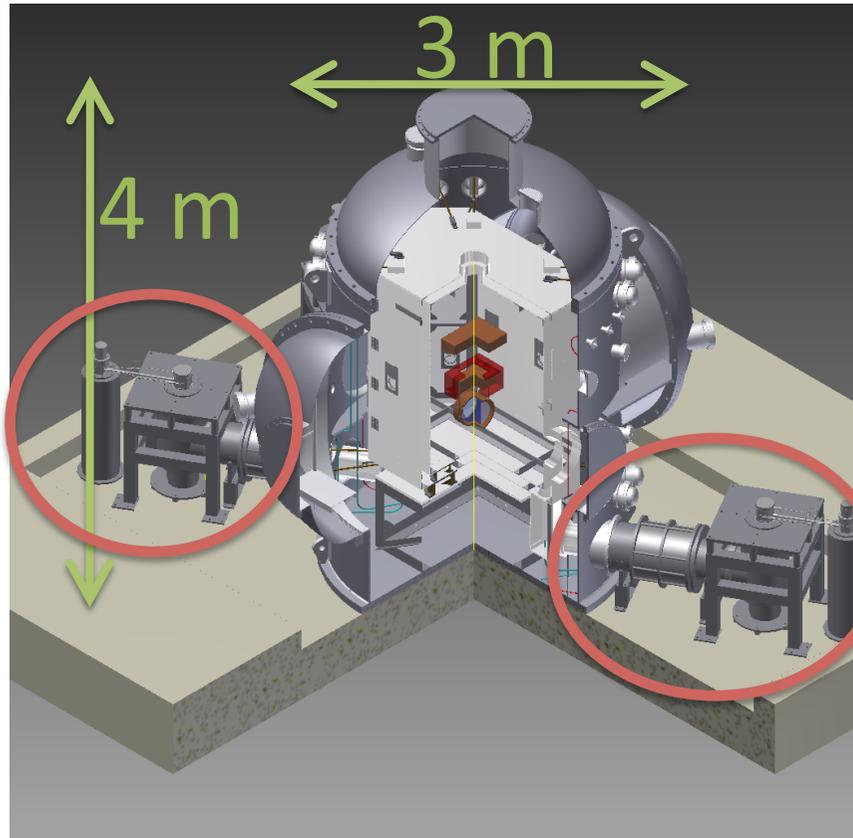
東大宇宙線研
東谷千比呂

木村誠宏 (KEK); 榊原裕介 (東大);
鈴木敏一, 久米達哉, 小池重明 (KEK),
山元一広, 大橋正健, 黒田和明 (東大);
田中雅樹, 後藤修一 (ジェック東理社)

KAGRA: 大型低温重力波望遠鏡



- 重力波の直接検出
- 基線長3kmのマイケルソン干渉計
- 神岡鉱山跡に建設中



KAGRAクライオスタット＋冷凍機ユニット

- ・ダブルシールド(80K、8K)
- ・高純度アルミを使用した伝導冷却
- ・冷却質量約800kg

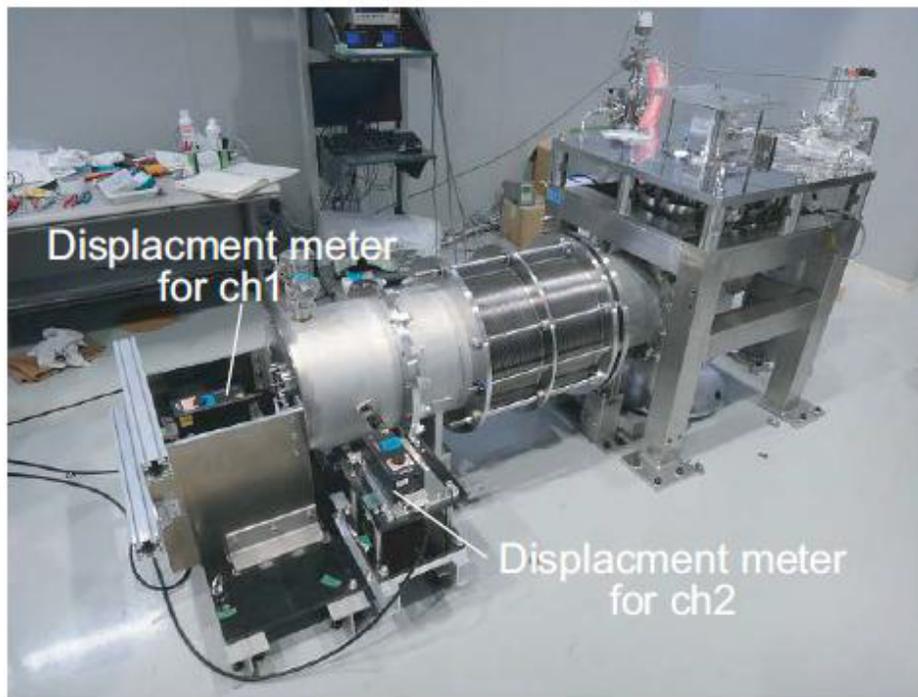
背景

- ・熱雑音低減のため単結晶サファイア鏡を20Kまで冷却
- ・干渉計の感度を上げるため鏡の振動を極力減らす
- ・1個の鏡につき4台の冷凍機(KAGRA全体で16台)
- ・2台で内側シールドを冷却、2台で鏡懸架系を冷却
- ・防振機構を組み込んだ低振動冷凍機ユニット製作中

内容

- ・冷凍機ユニットの性能試験
(冷凍性能と振動性能)
- ・全16台中、冷凍能力試験は全数、振動試験は抜き取りで実施

低振動冷凍機ユニット仕様



柏で実験中の冷凍機ユニット

冷凍能力

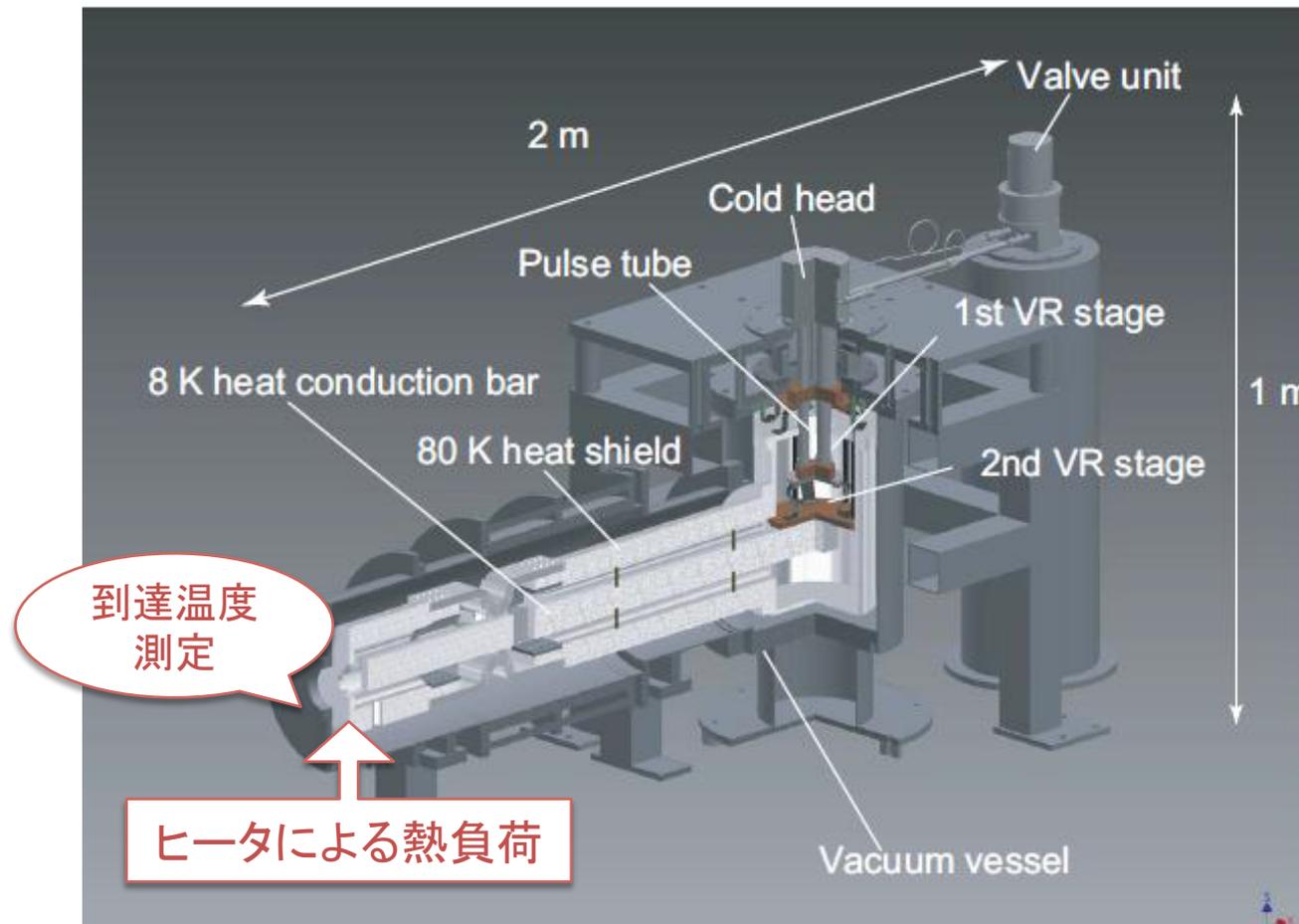
- ・8K伝導冷却路端において
9Kで2.5W
- ・80K伝導冷却路端において
70Kで35W

振動特性

- ・8K伝導冷却路端において
最大 $\pm 100\text{nm}$ 以下
- ・80K伝導冷却路端において
最大 $\pm 100\text{nm}$ 以下

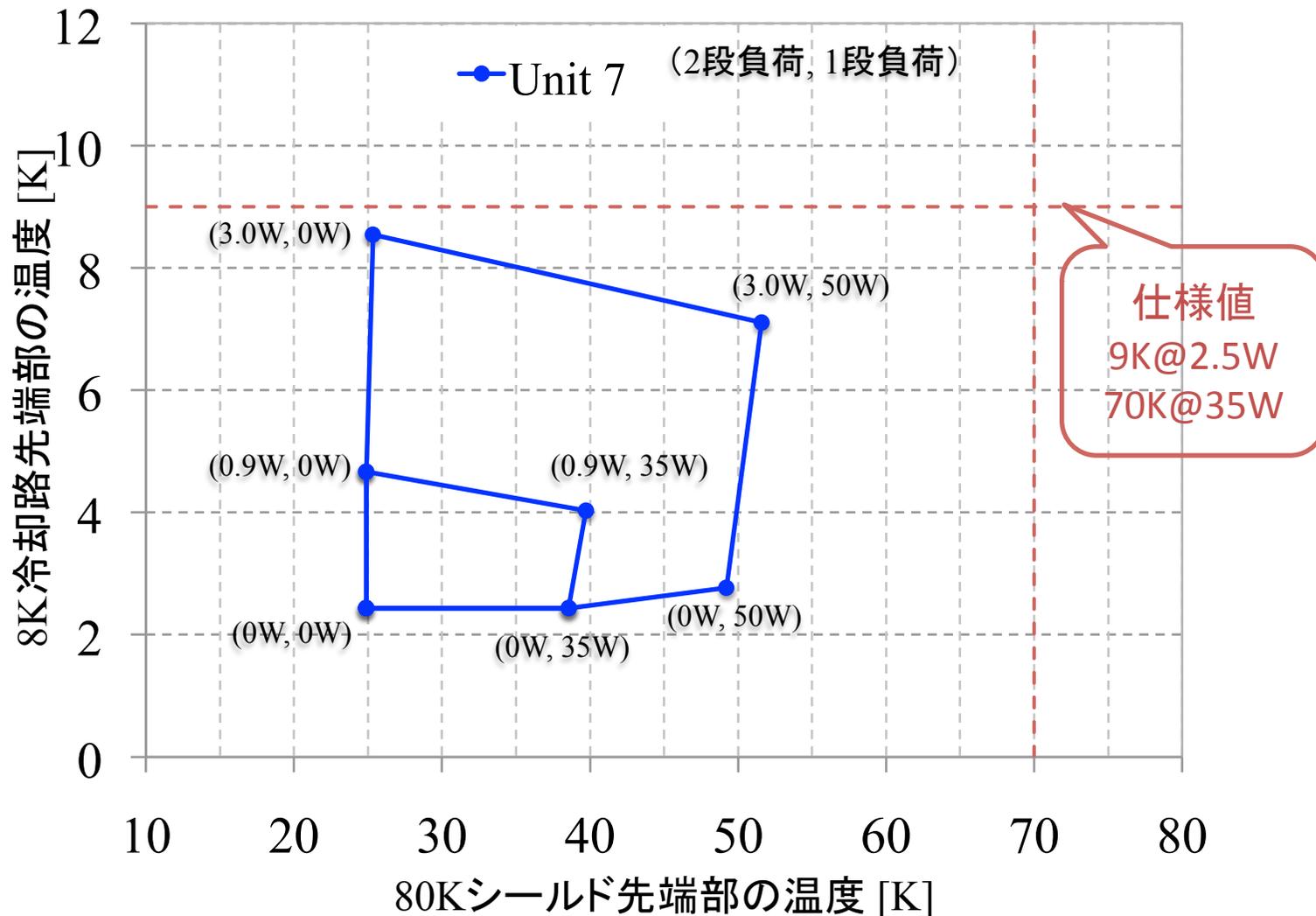
冷却試験

- 全ての窓を閉止し、伝導冷却路先端の温度を測定
- 伝導冷却路先端に組み込んだヒータで熱負荷を与えて冷凍能力を測定



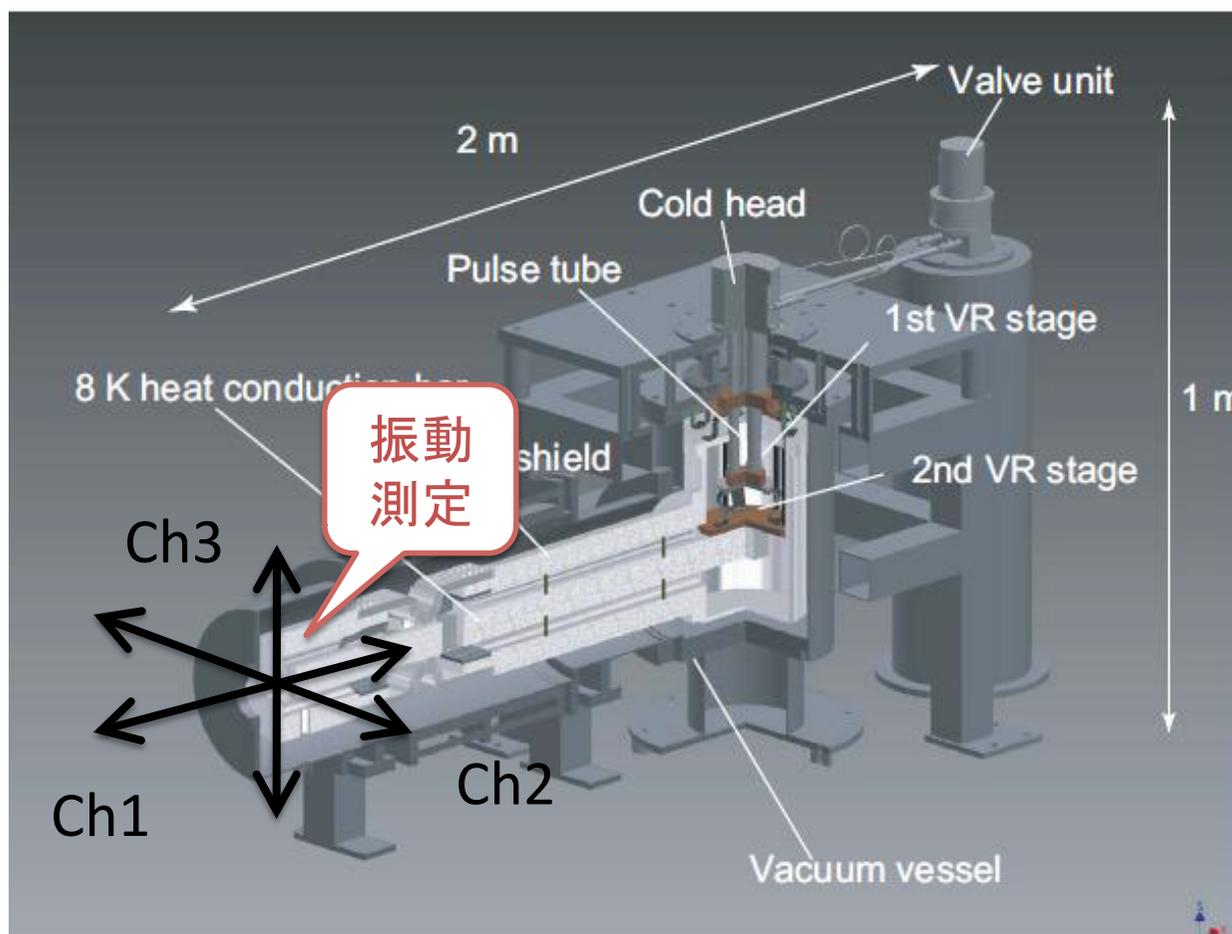
冷凍能力曲線（ロードカーブ）

- 冷凍能力は仕様（9K@2.5W,70K@35W）を満たすことを確認



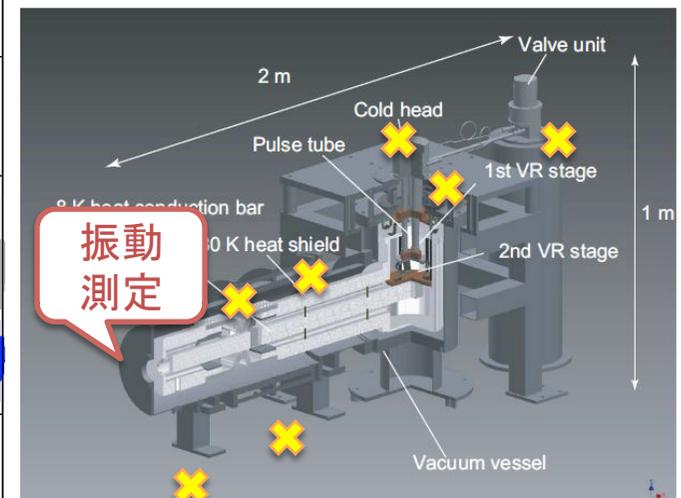
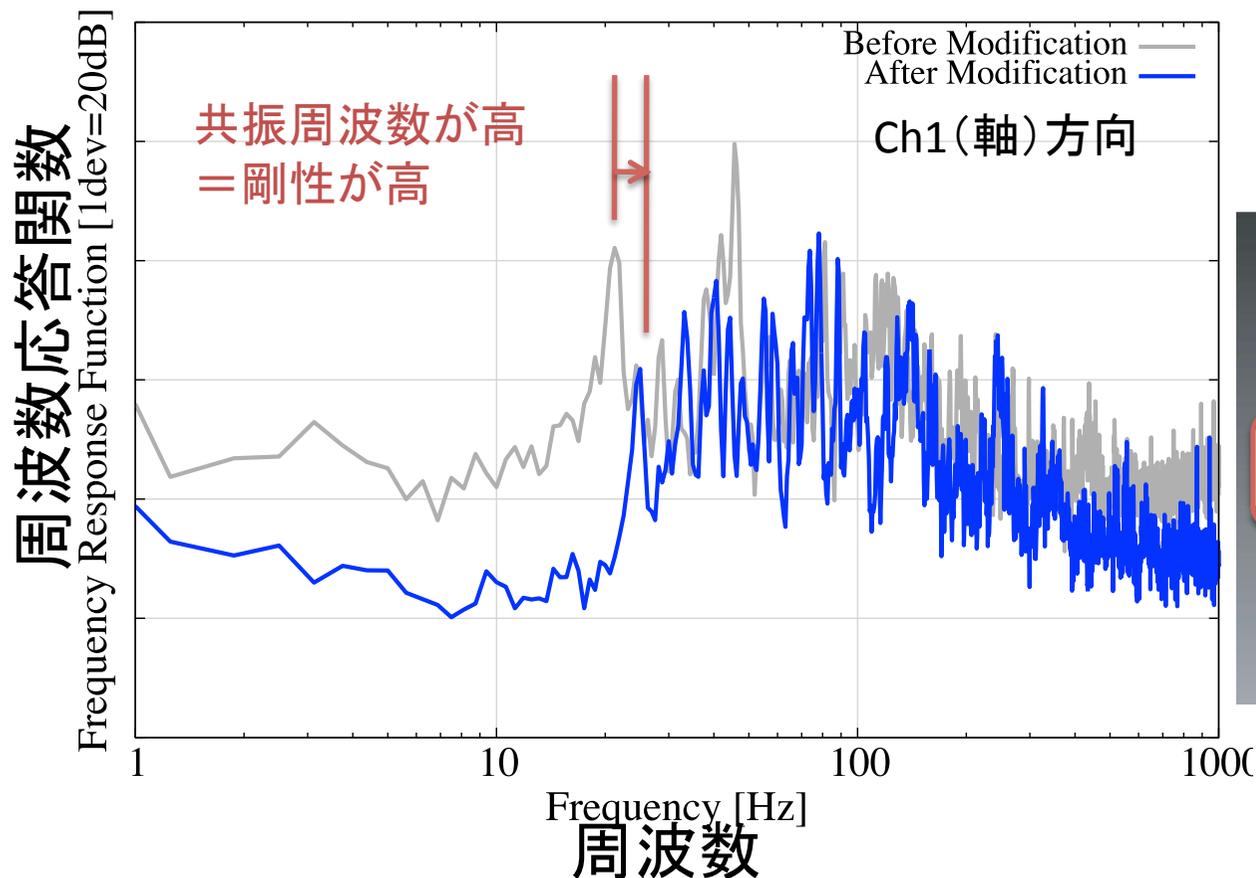
振動試験

- レーザ変位計を用いて、伝導冷却路先端部の3軸方向を同時に測定
- 冷凍機ユニットは床にアンカー固定
- レーザ変位計はユニットとは別に床に固定



ハンマリングテスト(打撃試験)

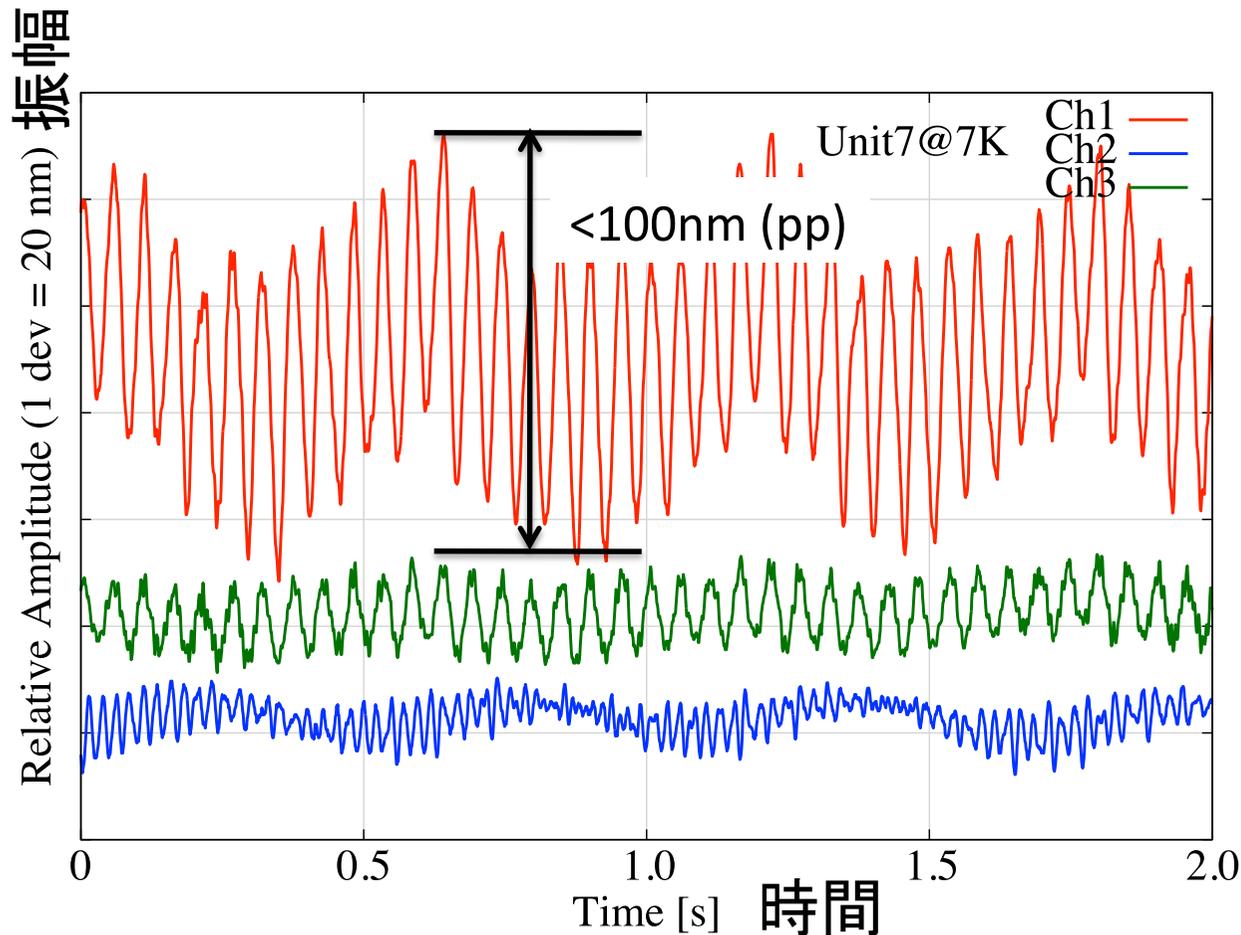
- ハンマーで打撃を加え、その応答をレーザ変位計で計測
- 共振の様子を調べながら、防振ステージ部の剛性変化を調べる
(共振周波数が高くなると、剛性も上がる)
- 支持構造の改良を重ねる



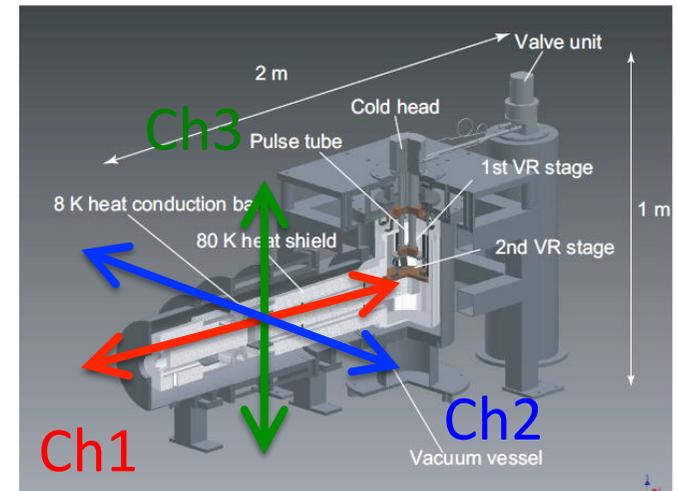
7カ所で周波数応答関数を測定して平均をとる

振動試験結果（時系列データ）

- 冷凍機ヘッドの振動（約1.7Hz）が最大
- 変位は軸方向（Ch1）で<100nm (peak to peak)
- 振動性能が低温で仕様を満たすことを確認

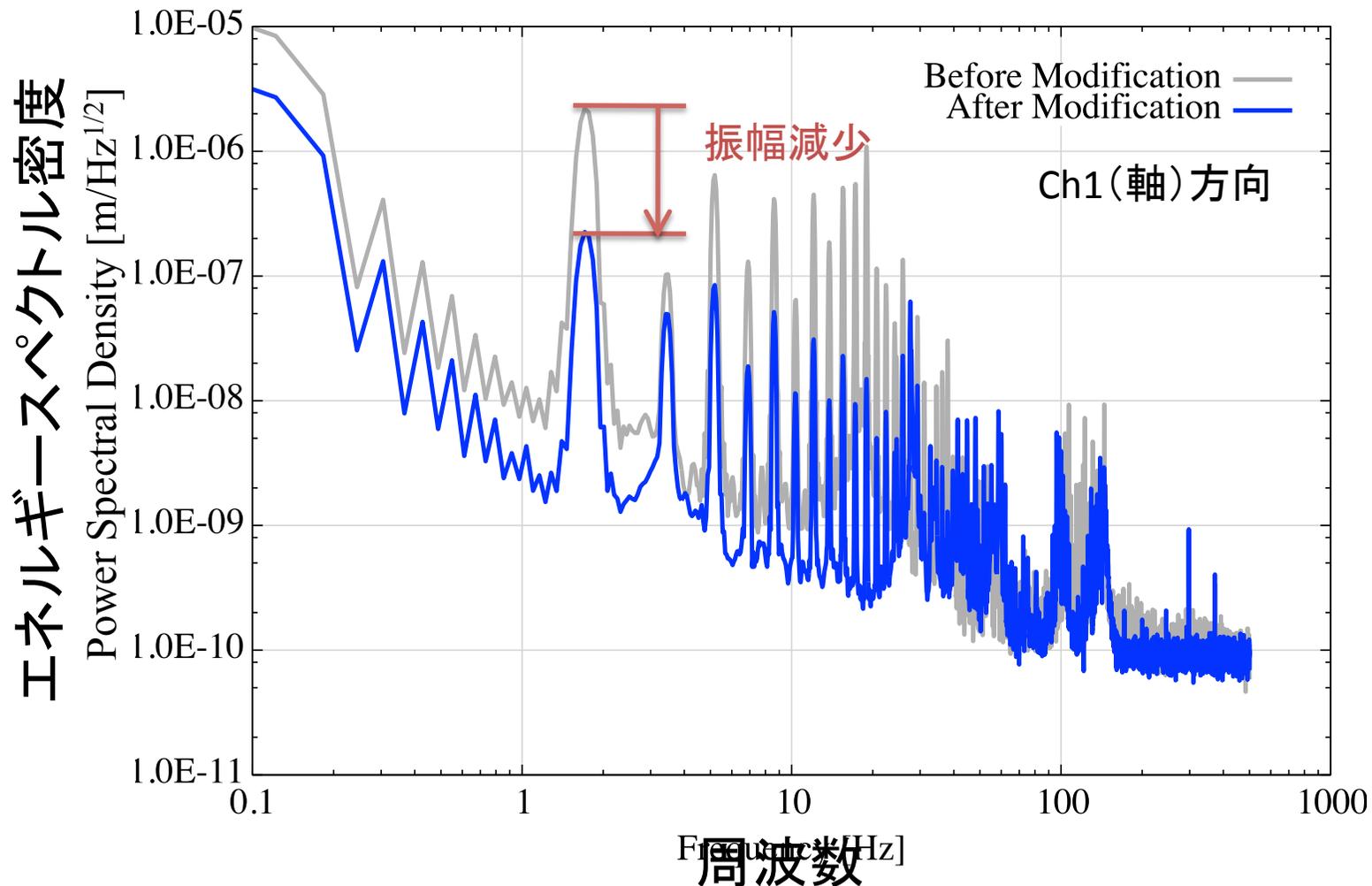


Ch1 : 軸方向
Ch2 : 水平方向
Ch3 : 垂直方向



振動試験結果 (エネルギースペクトル密度)

- 時系列データをフーリエ変換
- 振動の周波数を見ることで、振動の原因を特定する



まとめ

- KAGRAの低振動冷凍機ユニットの冷却試験・振動試験が進行中

今後の課題

- 冷凍機ユニットをクライオスタットに組み込んで冷却試験を行う
 - 1) プロトタイプの鏡を模擬的に懸架
 - 2) 輻射シールドの振動試験など

組み上げて真空試験中の
クライオスタット

