

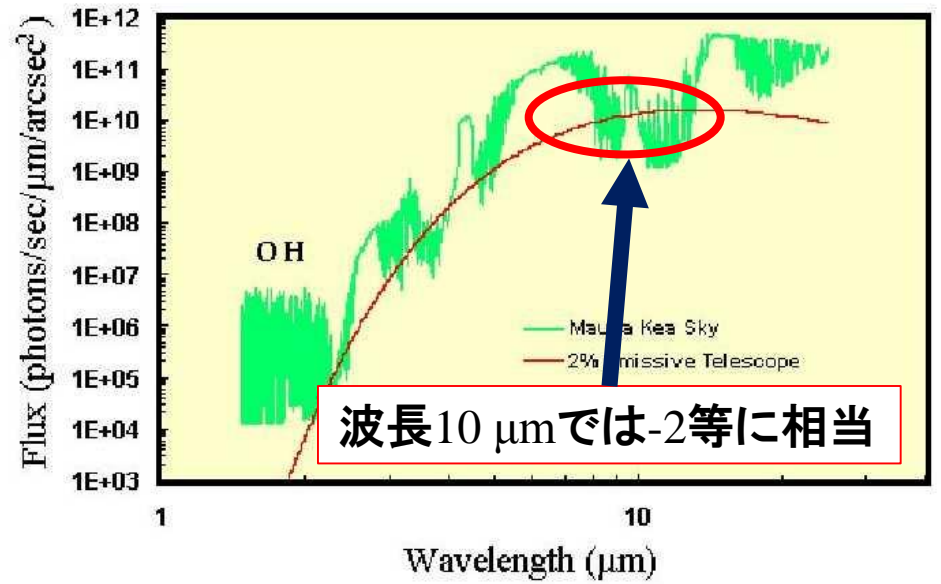
TMT/MICHIチョッパ―用 超伝導コイルの開発

毛利清、宮田隆志、上塚貴史、高橋英則、酒向重行
大澤亮、岡田一志、内山允史、山口淳平、大崎博之
広江貴(東京大学)、本田充彦(久留米大学)
片ざ宏一(ISAS/JAXA)、Chris Packham (UTSA)

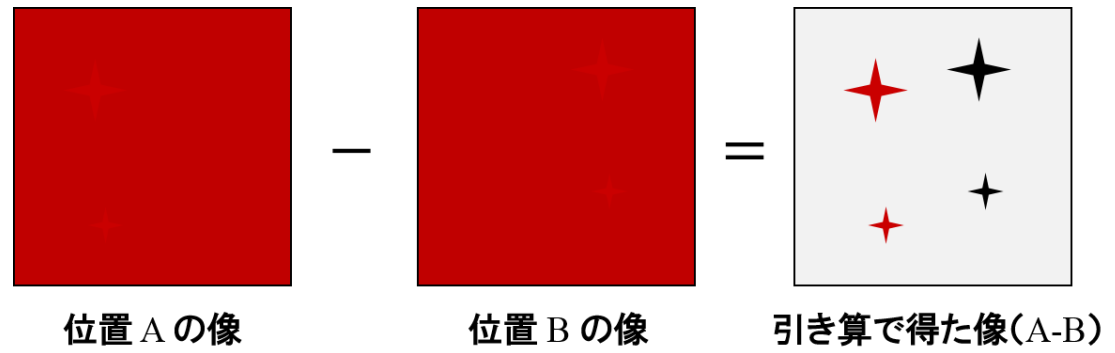
チョッピングとは

- 地上中間赤外線観測
 - 大きな大気放射
 - 時間変動(~ 1 秒)
- チョッピング
 - 高速視野切り替え
 - (> 5 Hz)

マウナケアでの大気の明るさ

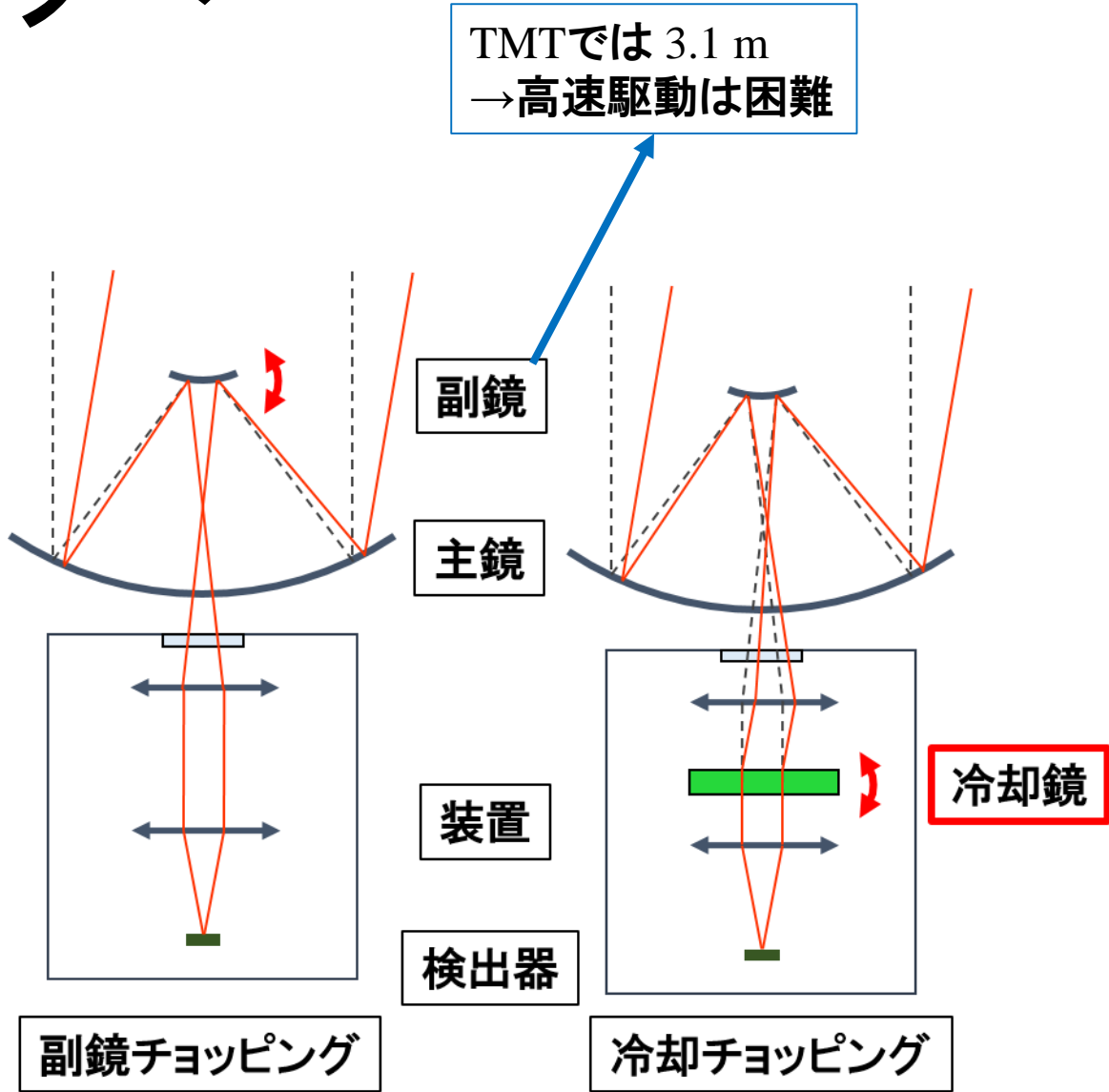


チョッピングによる画像取得

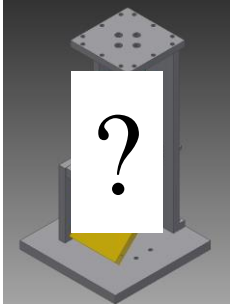
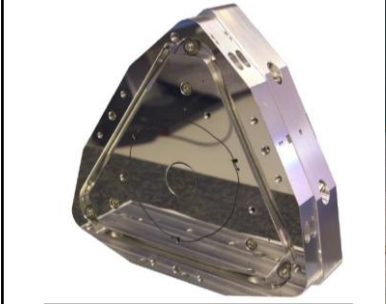
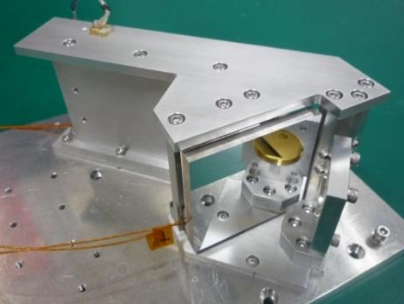
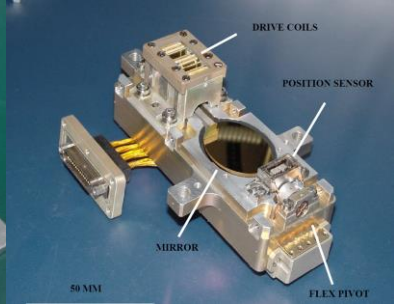


冷却チョッピングへ

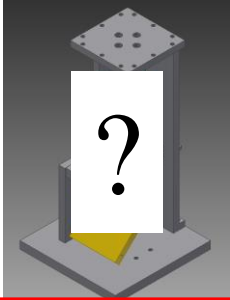
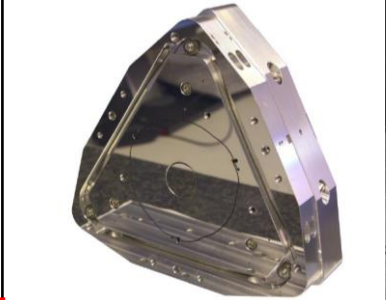
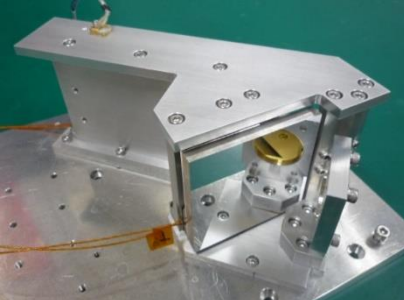
- これまで
 - 副鏡チョッピング
 - TMT等では困難
- これから
 - 冷却チョッピング



冷却チョツパーの比較

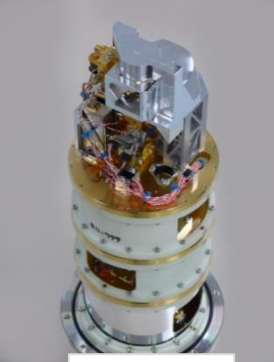

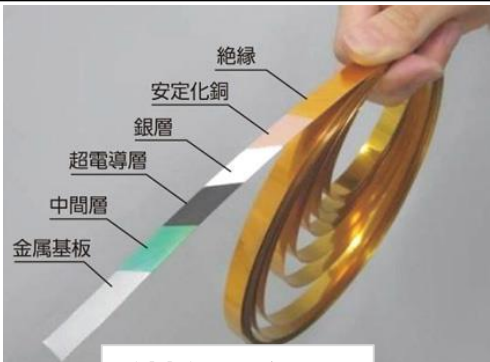
項目	TMT/ MICHI	E-ELT/ METIS	miniTAO/ MAX38	Herschel/ PACS
写真等				
冷却温度	~ 30 K	~ 40 K	< 20 K	~ 4 K
鏡 -質量	~ 30 g	~ 300 g	~ 60 g	~ 13 g
-駆動幅	> 8.0°	> 1°	> 0.06°	± 4.1°
-安定性	< 2.6"	< 0.7"	< 11"	± 60"
遷移時間	< 10 ms	< 5 ms	< 30 ms	< 10 ms
発熱	< 100 mW	< 1000 mW	< 100 mW	< 4 mW
機構	リニアモータ	リニアモータ	リニアモータ	軸受回転
素材	超伝導線コイル	銅線コイル	ピエゾ素子	アルミ線コイル

冷却チョツパーの比較

項目	TMT/ MICH	E-ELT/ METIS	miniTAO/ MAX38	Herschel/ PACS
写真				
冷却温度	~ 30 K	~ 40 K	< 20 K	~ 4 K
鏡 - 質量	~ 30 g	~ 300 g	~ 60 g	~ 13 g
- 駆動幅	> 8.0°	達成を目指す		± 4.1°
- 安定性	< 2.6"			± 60"
遷移時間	< 10 ms	< 5 ms	< 30 ms	< 10 ms
発熱	< 100 mW	< 1000 mW	< 100 mW	< 4 mW
機構	リニアモータ	リニアモータ	リニアモータ	軸受回転
素材	超伝導線コイル	銅線	素子	超伝導線コイル

あわよくば...

超伝導線の選定

種類	NbTi	MgB ₂	銅酸化物超伝導体
例	 <p>ALMA</p>	 <p>物質・材料研究機構</p>	 <p>(株)フジクラ</p>
転移温度	~ 10 K	~ 39 K	< 77 K
結晶異方性	無	無	有→コイルに不向き
特徴	幅広い実用化 超伝導リニア等	金属間化合物 素材が安価 軽量 比較的新しい (2001年発見)	主な種類として YBa ₂ Cu ₃ O _{7-δ} (YBCO) Bi ₂ Sr ₂ Ca ₂ Cu ₃ O ₁₀ (BSCCO) などが存在 製品化はテープ線材まで

➡ MgB₂を用いて超伝導コイルを作成

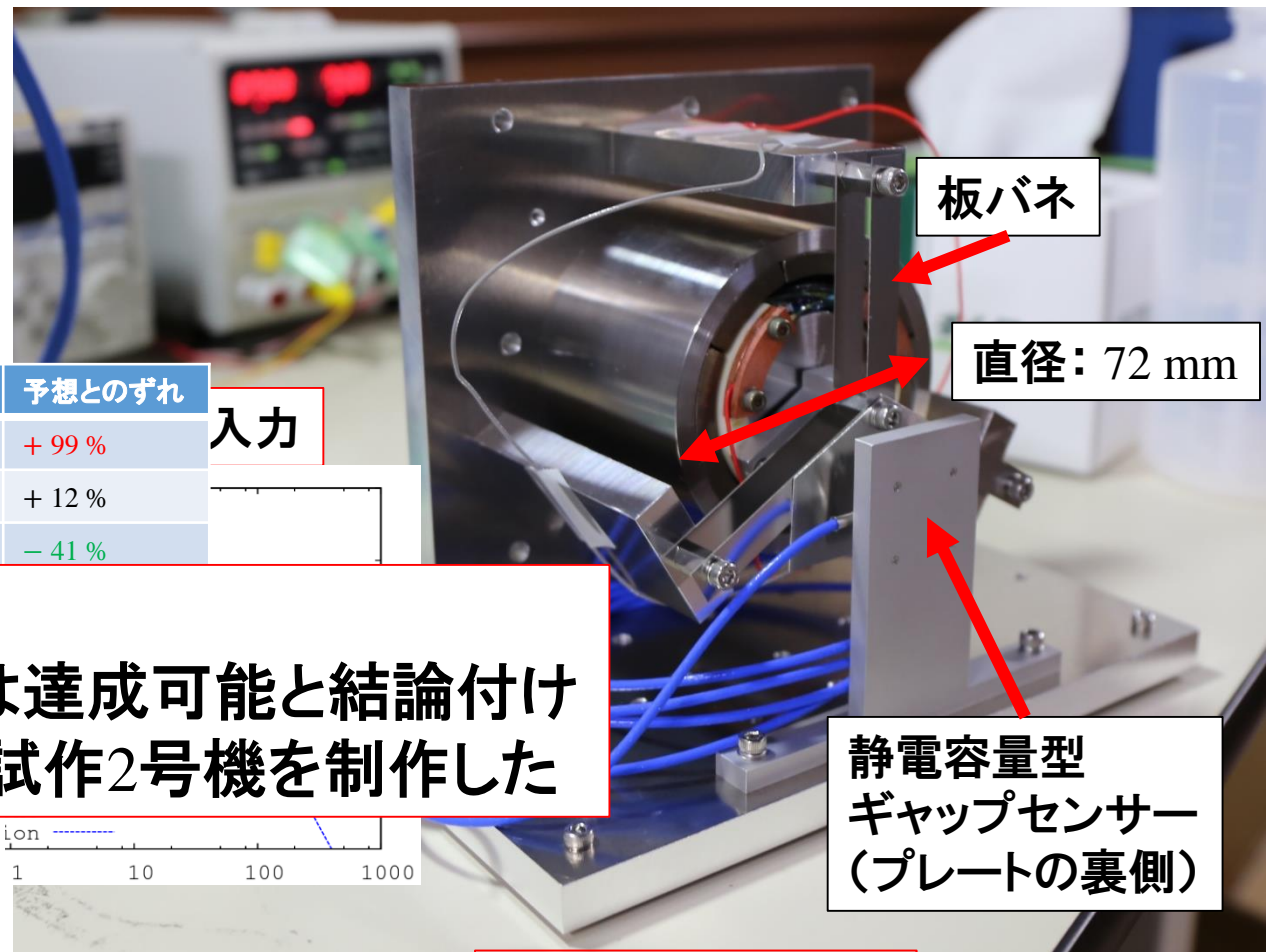
超伝導コイルの製作&実験

・試作1号機

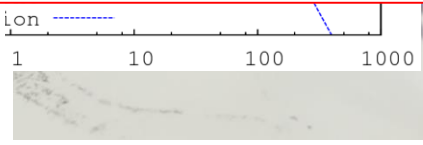
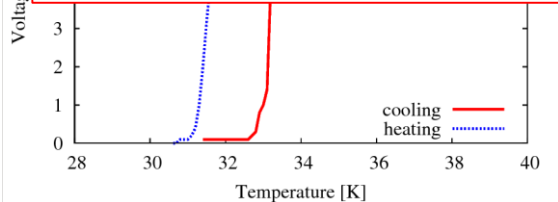
発熱試験

電流	周波数	予想値	測定値	予想とのずれ
± 0.75 A	100 Hz	0.130 W	0.259 W	+ 99 %
± 0.375 A	100 Hz	0.055 W	0.062 W	+ 12 %
± 0.25 A	1000 Hz	0.478 W	0.283 W	- 41 %

入力



試作1号機の実験:
 チョッパーの要求は達成可能と結論付け
 新たに小型化した試作2号機を制作した

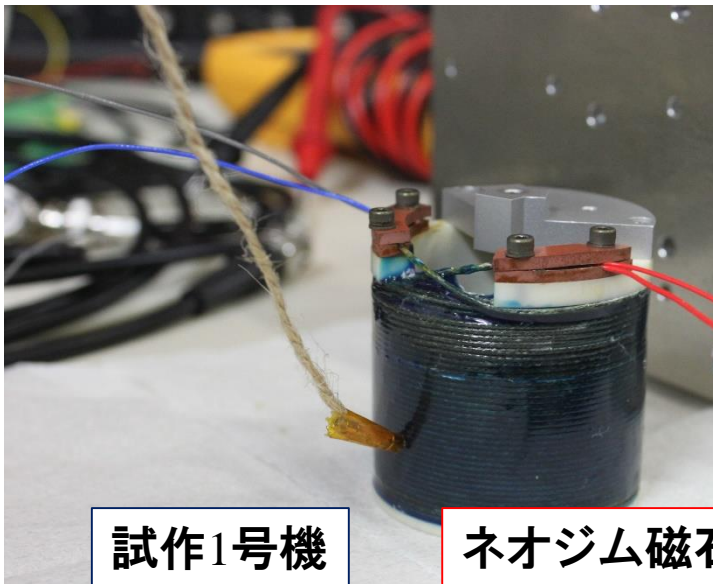


超伝導VCM試作機

温度試験

新たに判明したMgB₂ 線材の特徴

- 磁石につく
- 加工性が悪い(製作に 700°C の加熱が必要、金属なのに線がもろい、はんだが乗らないetc...)

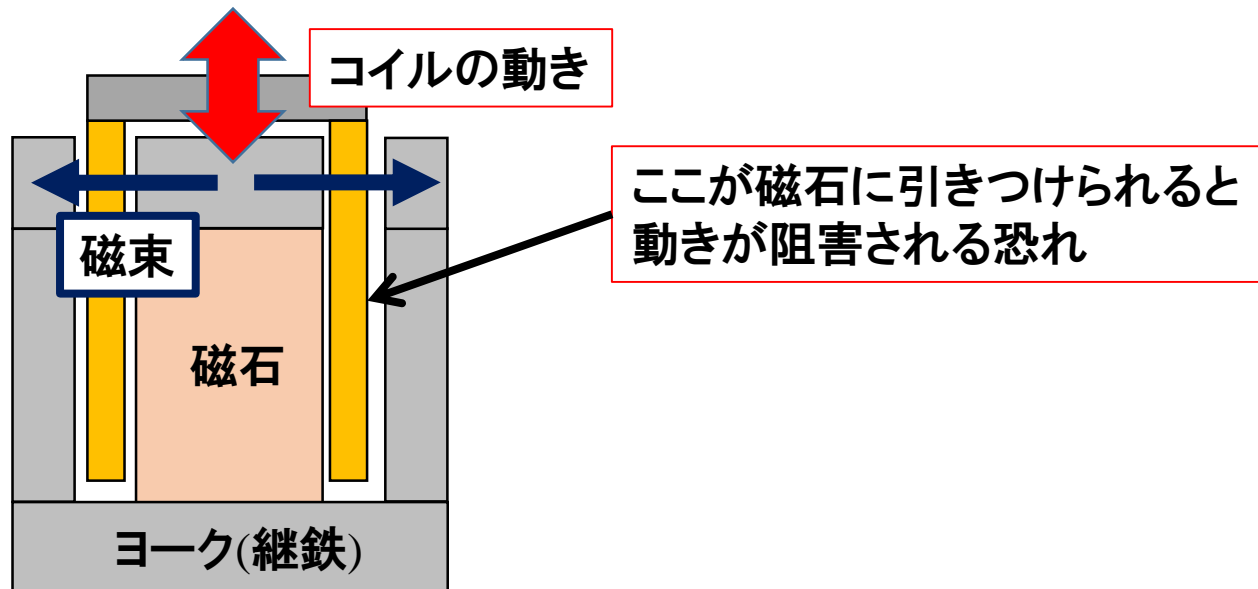
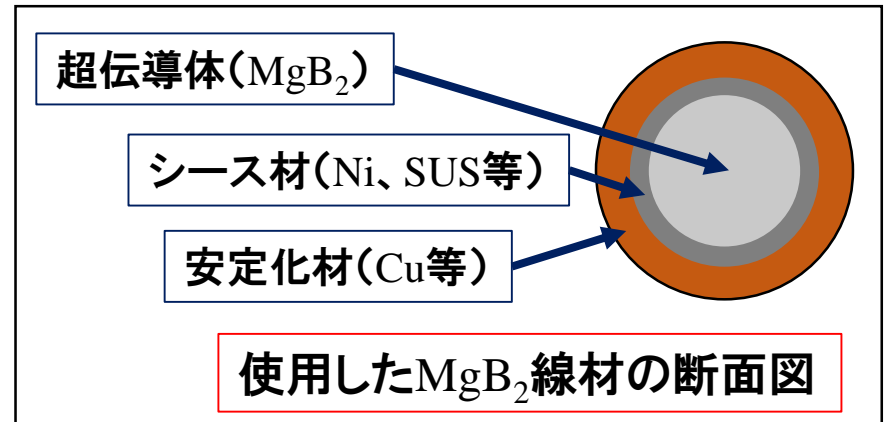


ネオジム磁石がコイルにくっつく様子



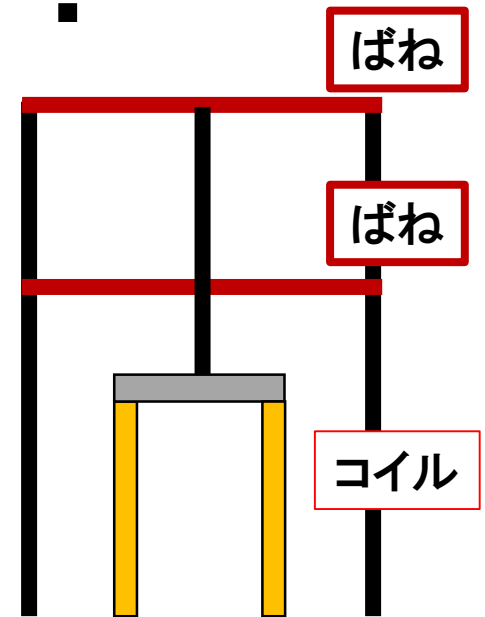
磁性の所在と問題点

- シース材が磁性体
 - 非磁性シース材は研究途上

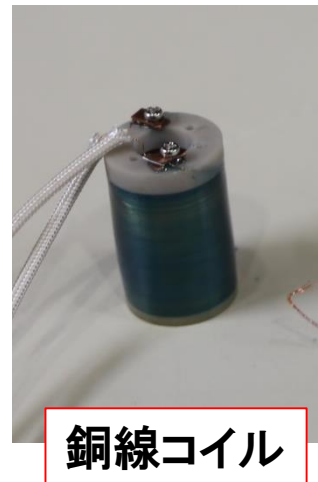


本当に超伝導でよいのか??

- 板ばね2枚で支える構造→
(吸着防止)
- 市販の銅線を用いたコイルも製作
- 試作2号機として性能比較



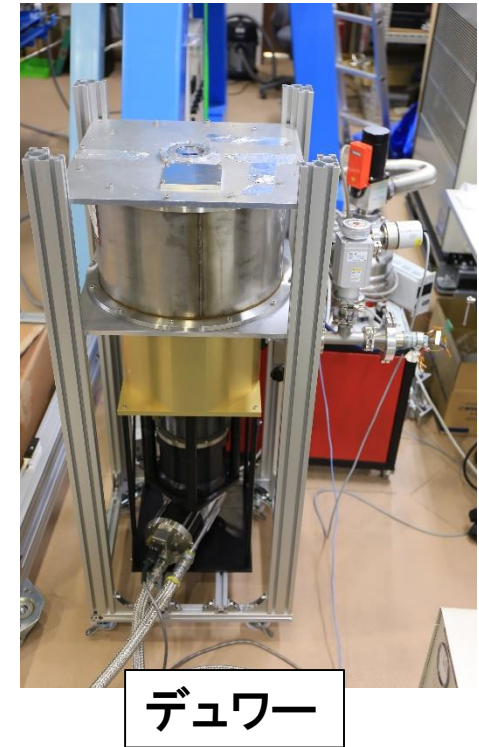
含浸



VS



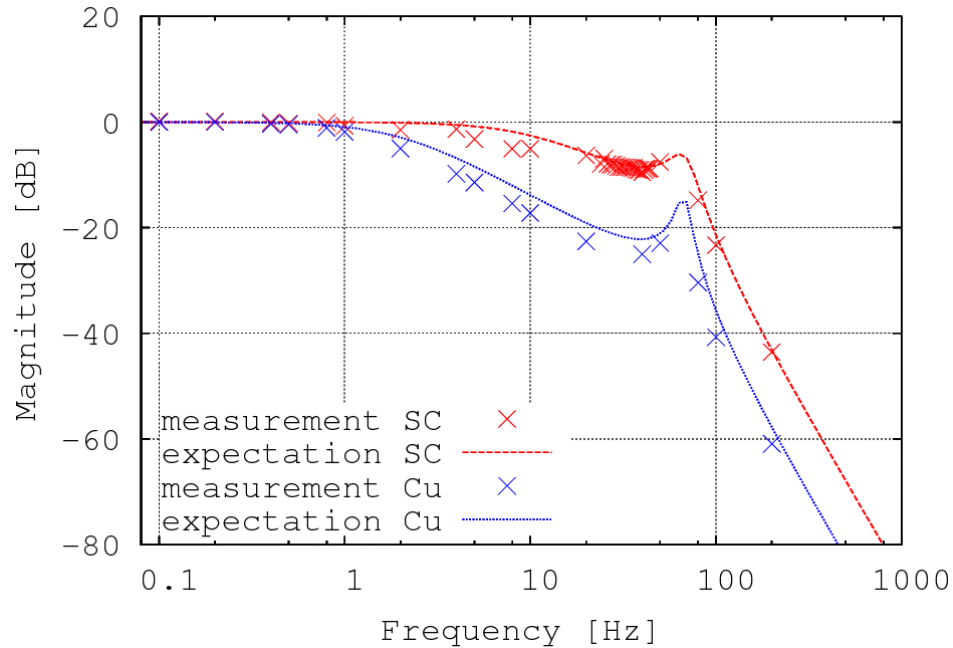
駆動比較実験



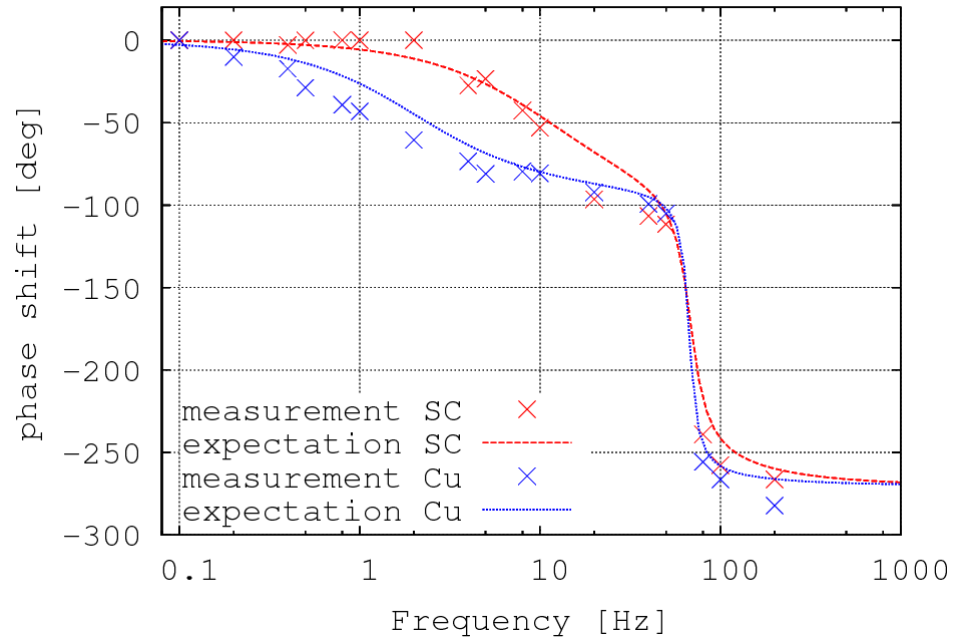
超伝導線・銅線それぞれを真空冷却し、
正弦波入力に対するコイルの振幅のボード線図を作成
→駆動特性を調べる

結果

赤:超伝導
青:銅線



ゲイン線図



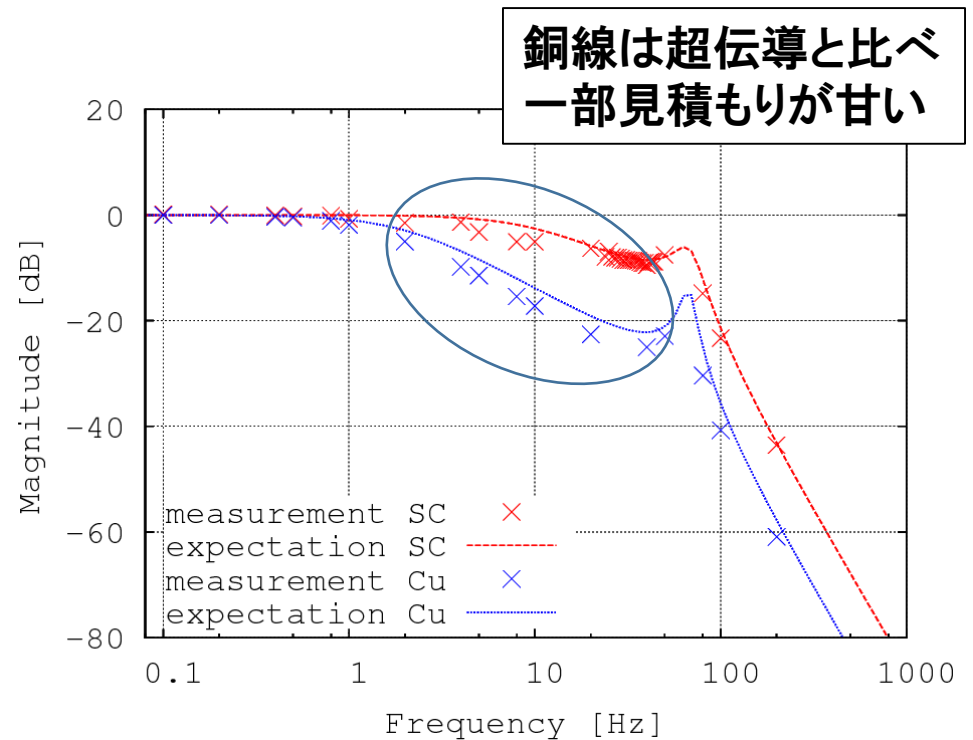
位相線図

- 駆動性能は超伝導線 > 市販銅線

課題と今後の予定

- 見積もりの改善
- 発熱についての比較
- 高純度銅線を使用した場合の予想

→超伝導と銅線どちらが良いか結論を出す



まとめ

- TMT/MICHI冷却チョッパー
 - 超伝導を用いて性能の達成・改善を画策
 - 超伝導コイルの開発・評価
 - 性能達成は可能そう
 - MgB₂線シース材が磁性を持つ等の問題点発見
 - 銅線コイルと超伝導線コイルの比較
 - 伝達関数を比較
 - 超伝導線が優位
 - 発熱を今後測定