

TMT/MICHIチョッパー用超伝導コイルの開発 P12

東京大学天文学教育研究センター 毛利清 kmori@ioa.s.u-tokyo.ac.jp

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)

中間赤外線波長域における観測では、大きく変動する明るい大気放射を取り除くチョッピングが行われる。TMTといった次世代大型望遠鏡に使用する装置においては、巨大化して駆動が困難になった副鏡の代わりに装置内の鏡を動かす冷却チョッピングを行う。冷却チョッピングの技術はまだ確立されておらず、特に30 m級望遠鏡装置で要求される低発熱と高ストロークを両立することは困難である。我々のグループでは、超伝導線材を用いることでこの両立が達成可能であることを示したが、同時に超伝導物質の欠点も明らかになった。今回我々は、使用した超伝導線材に磁性を持つという欠点があったため、超伝導コイルと銅線コイルと比較実験を行った。結果、駆動特性は磁性があっても超伝導線材が優位であることを明らかにした。

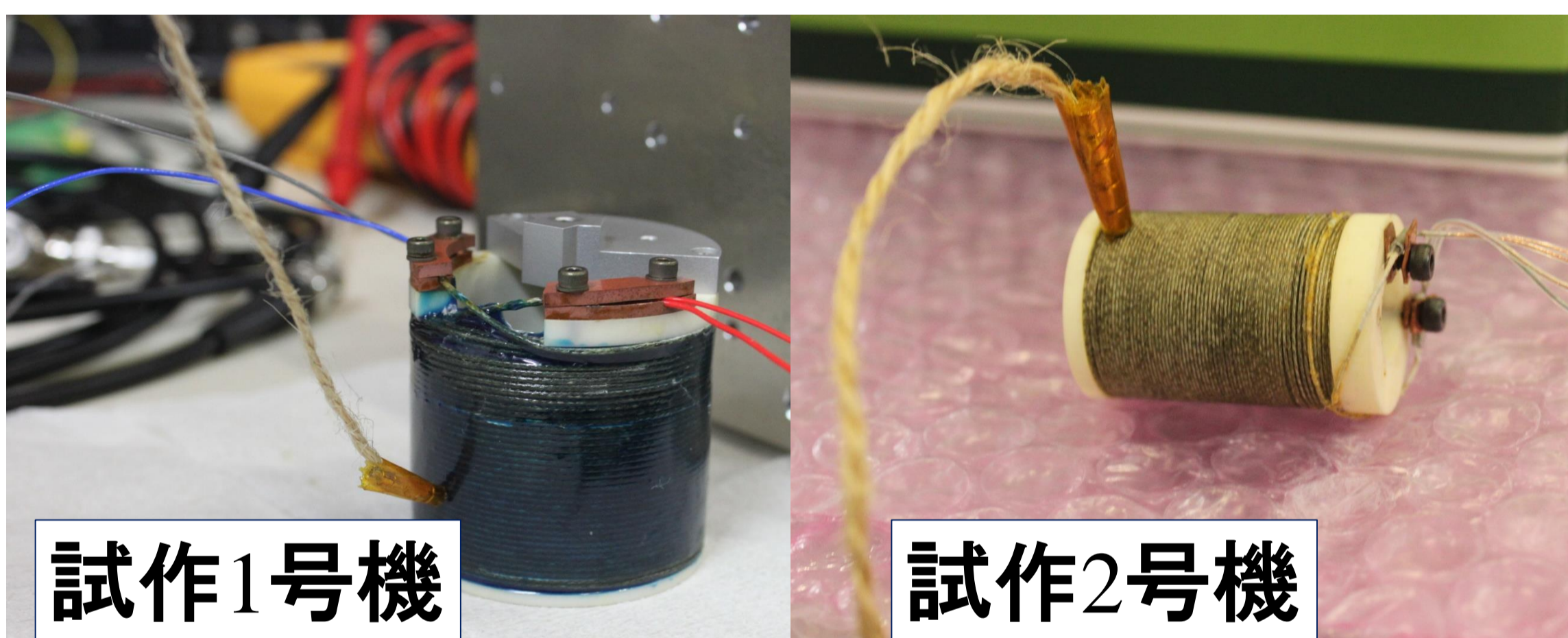
冷却チョッパーと超伝導素材

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

種類	NbTi	MgB ₂	銅酸化物超伝導体
例	 ALMA	 物質・材料研究機構	 (株)フジクラ
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

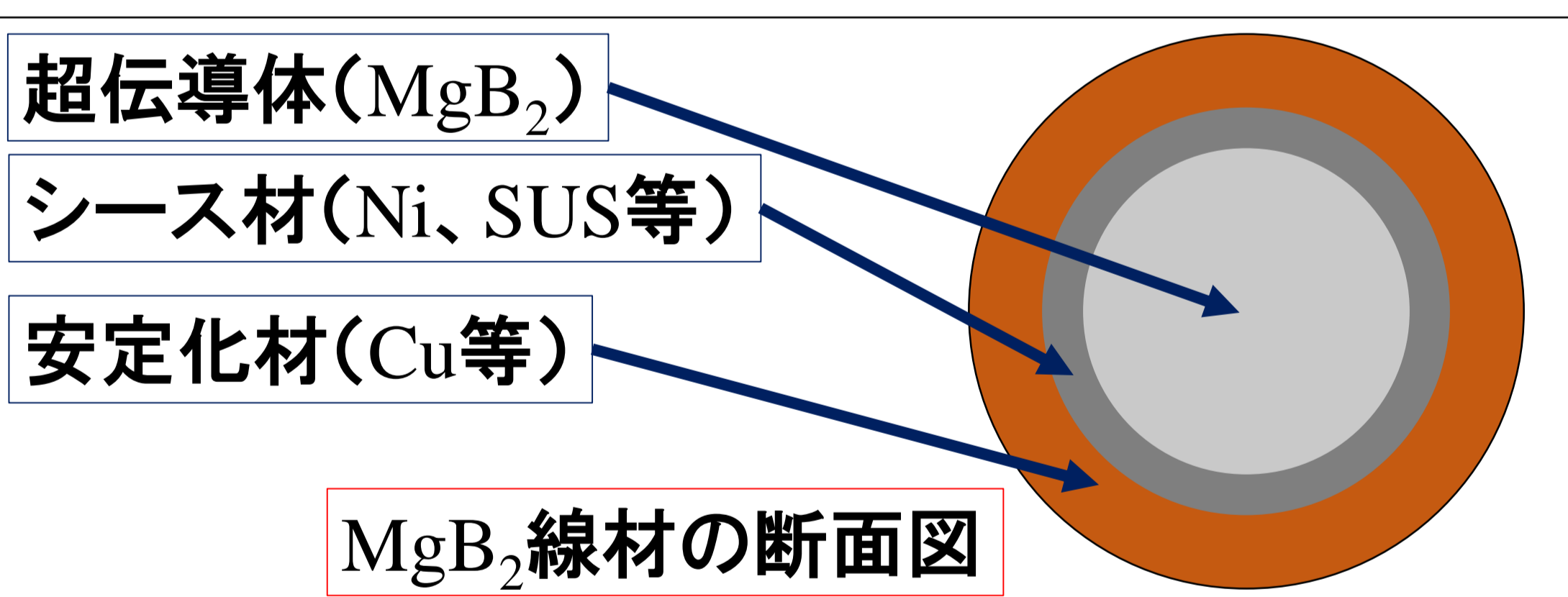
➡ MgB₂を用いて超伝導コイルを作成

生じた問題

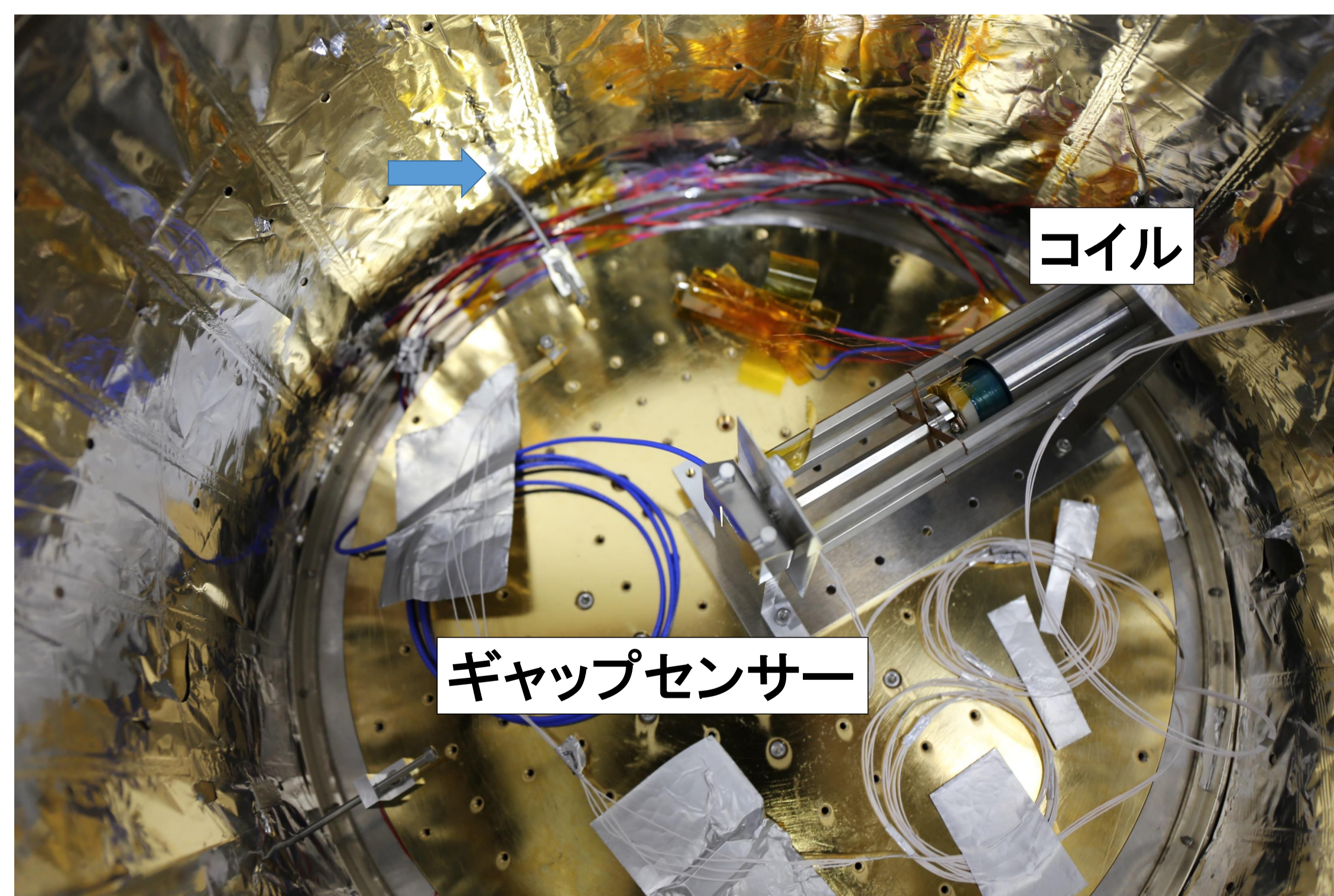


第6回可視赤外線観測装置技術ワークショップ

上図: 試作1号機・2号機共に、ネオジム磁石をMgB₂線材に近づけたところくっついた。これは線材のシース材に含まれる磁性体(ニッケル・コバルト・鉄等)によるものである



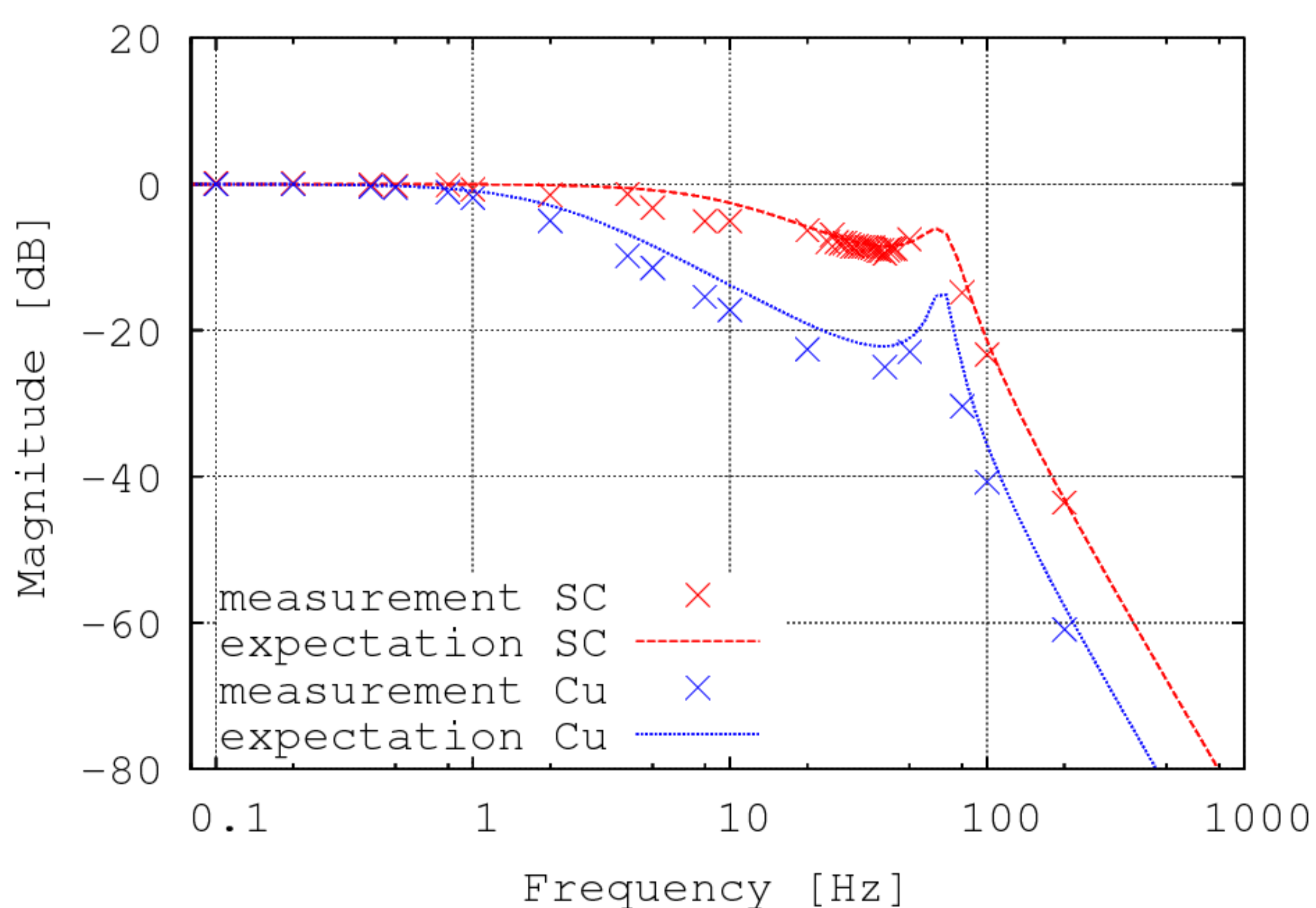
比較試験



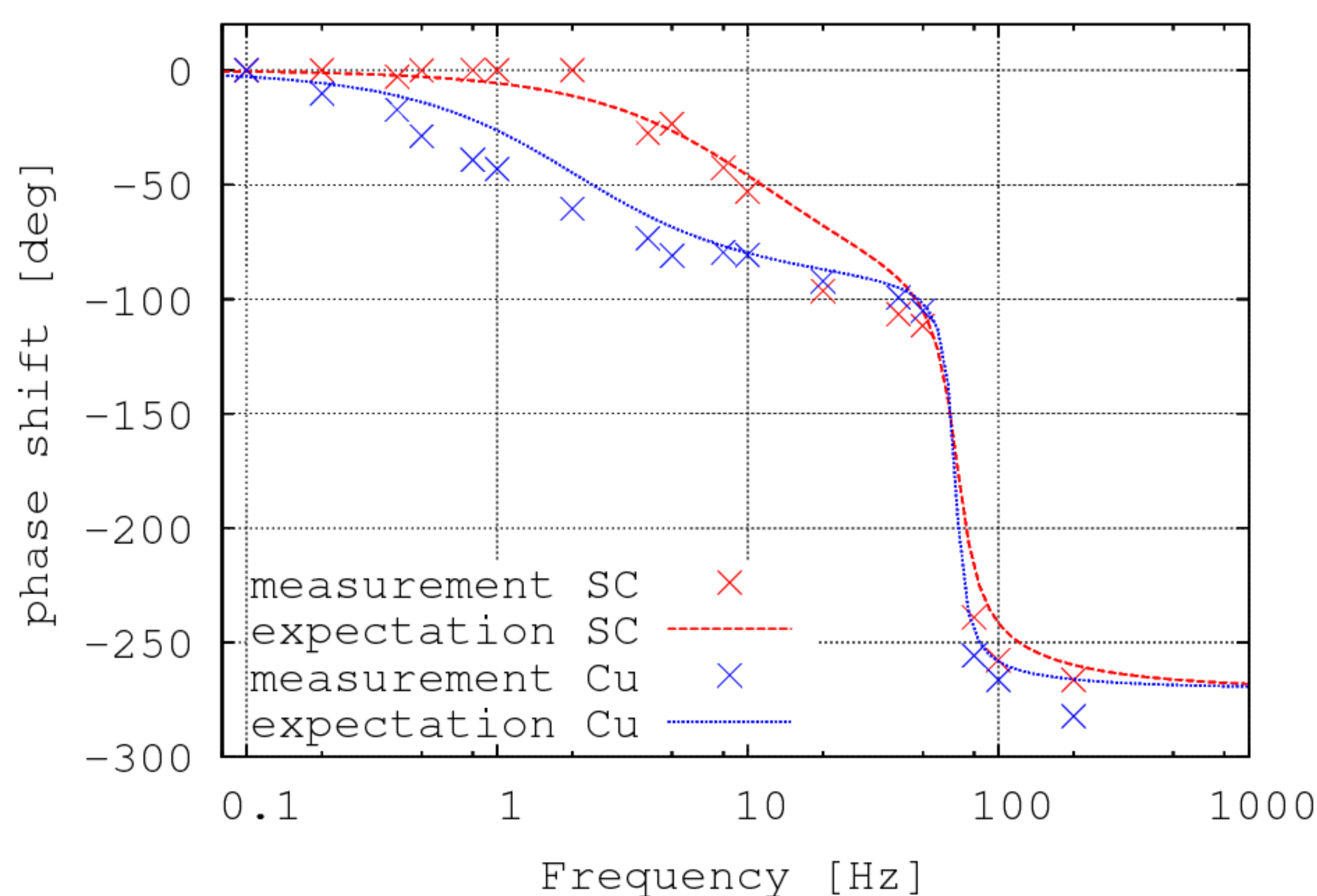
上図: 超伝導線・銅線それぞれを真空冷却し、正弦波入力に対するコイルの振幅のボード線図を作成

結果

赤: 超伝導 青: 銅線



ゲイン線図



位相線図

左図: 位相・ゲインいずれも、超伝導線の方が良い特性を示している
→ 超伝導コイルの駆動性能は磁性があっても銅線に勝る

今後の課題

- 見積もり精度の向上
- 発熱の比較
- 高純度線の使用
- 定量的な評価