

HTc-SQUIDビーム電流 モニターの実用化

HTc: High Critical Temperature
SQUID: Superconductive Quantum
Interference Device

理化学研究所
渡邊 環*, 福西 暢尚, 加瀬 昌之

ティーイーピー株式会社
稲森 聡, 今 康一

2014年 8月11日 (月)
第11回 日本加速器学会年会

SQUIDビームモニターの 目的と重要さ

- 何を測りたい？



DC ビームの電流（位置）

- どうやって測る？



(1)非破壊、(2)正確、(3)リアルタイム

- なぜ、そんな必要がある？ WHY

- 高エネルギー重イオンビームを

破壊型代表選手 Faraday Cupで測定すると、

(1) 測定中はビームは使えない

(2) カップを溶かす、放射化による被爆の恐れ

(3) 二次電子のサプレッションが難しい

- SQUIDモニターでこれらの問題を解決しましょう。

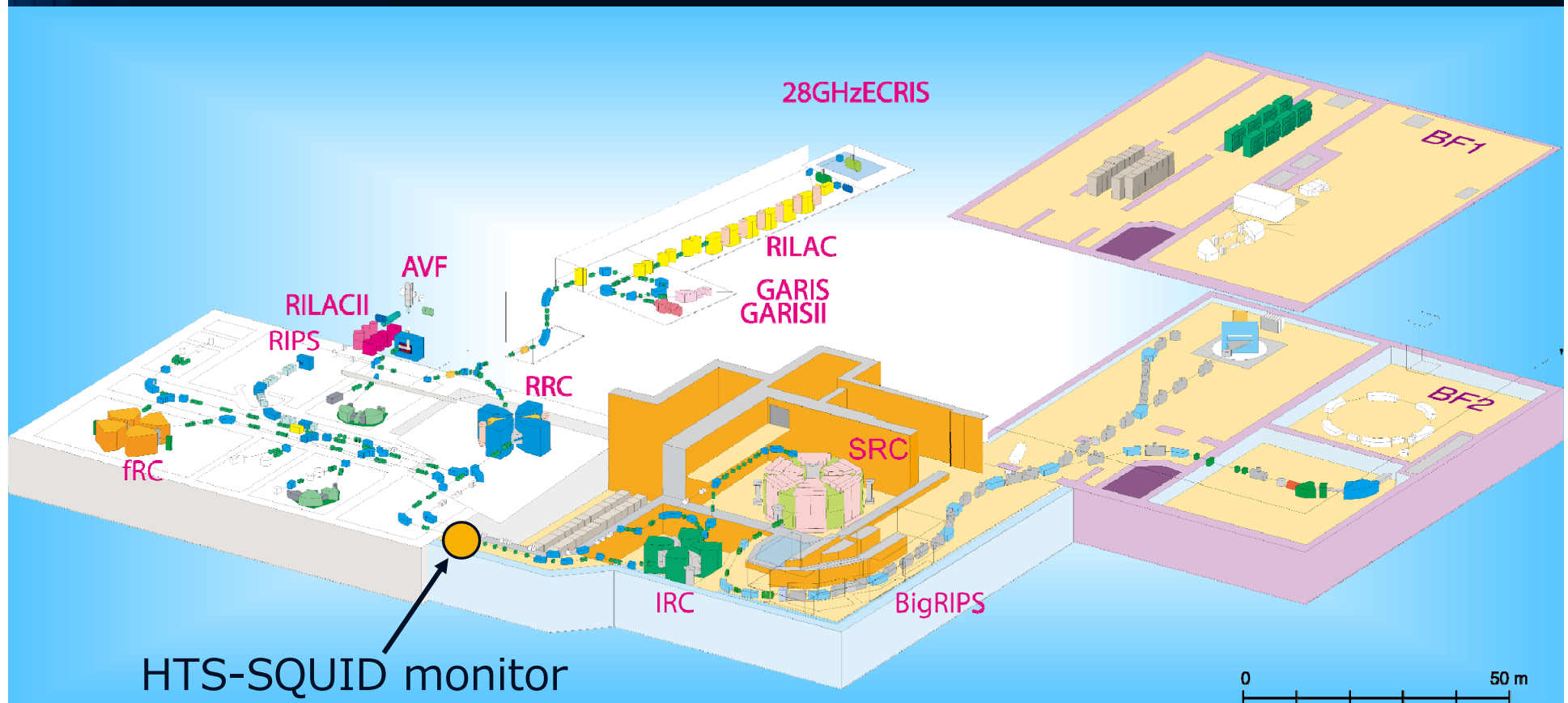


要旨

- SQUIDモニターの目的と重要性
- 理研加速器研究施設
- SQUIDモニターの測定原理
- 高温超伝導塗布装置と磁気シールド
- 各測定結果 **ビームを用いた電流測定**
- まとめ

理研加速器研究施設

- 2007年よりウランを345 MeV/uに加速開始



- 
- 理研加速器研究施設
 - SQUIDモニターの測定原理とシステム

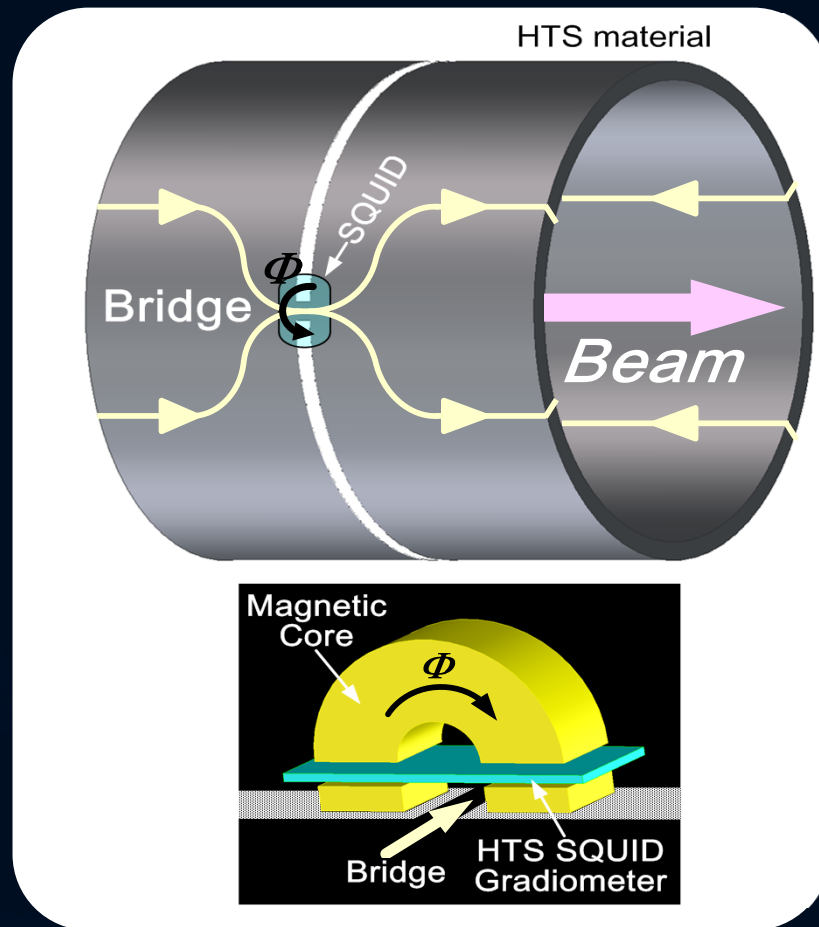
測定原理とモニターシステム

ビームの通過

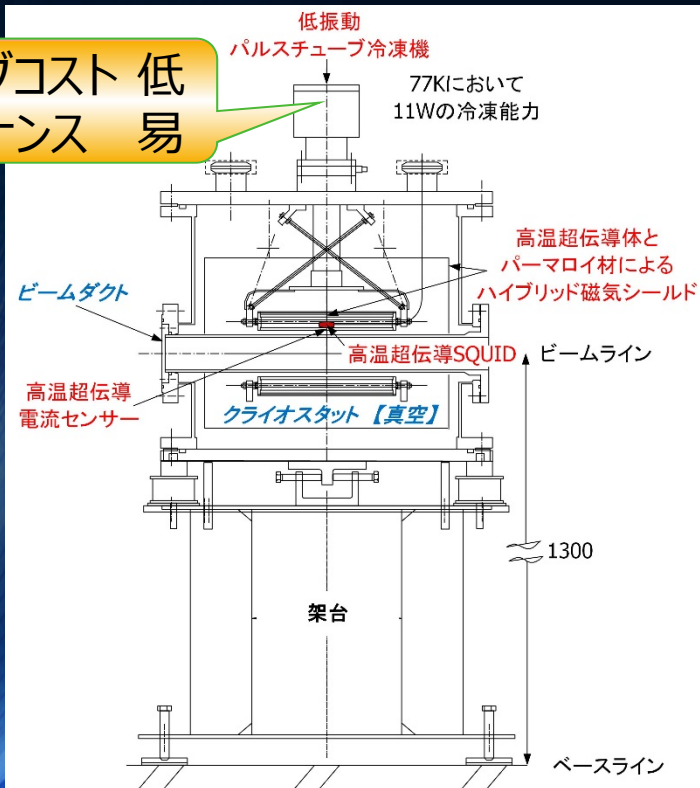
マイスナー効果
表面にシールド電流が流れる


ブリッジ部を電流が流れる
SQUIDが磁場を測定し、電流に換算

高温超伝導: $\text{Bi(Pb)}_2\text{-Sr}_2\text{-Ca}_2\text{-Cu}_3\text{-O}_x$ (Bi2223)
基盤: 99.6% MgO ceramic

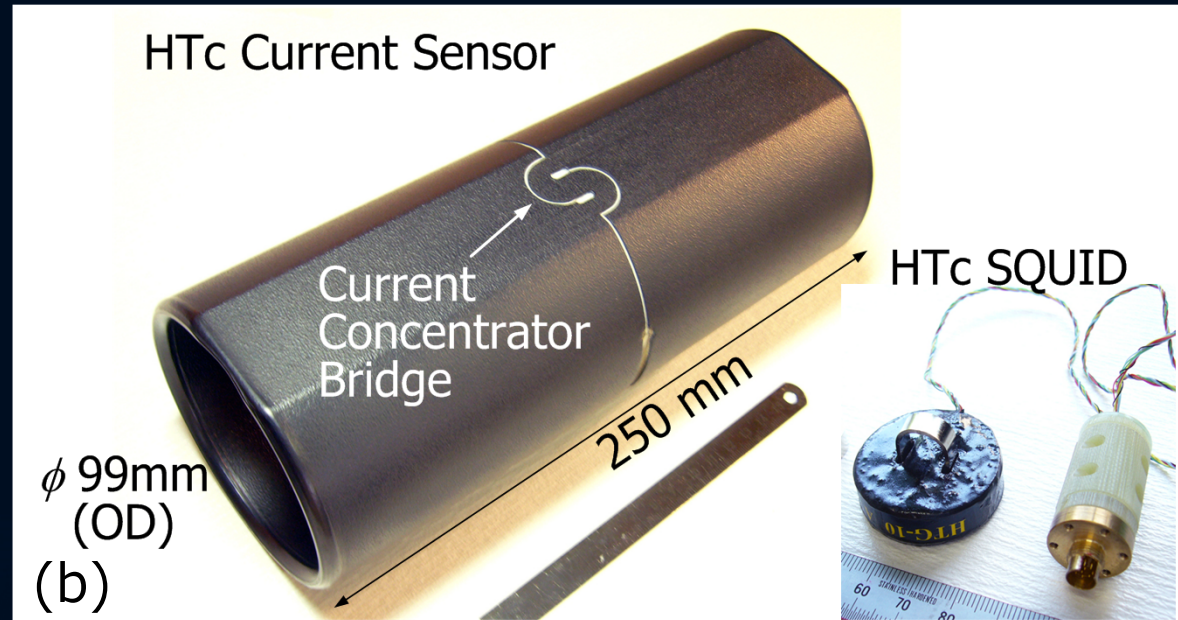
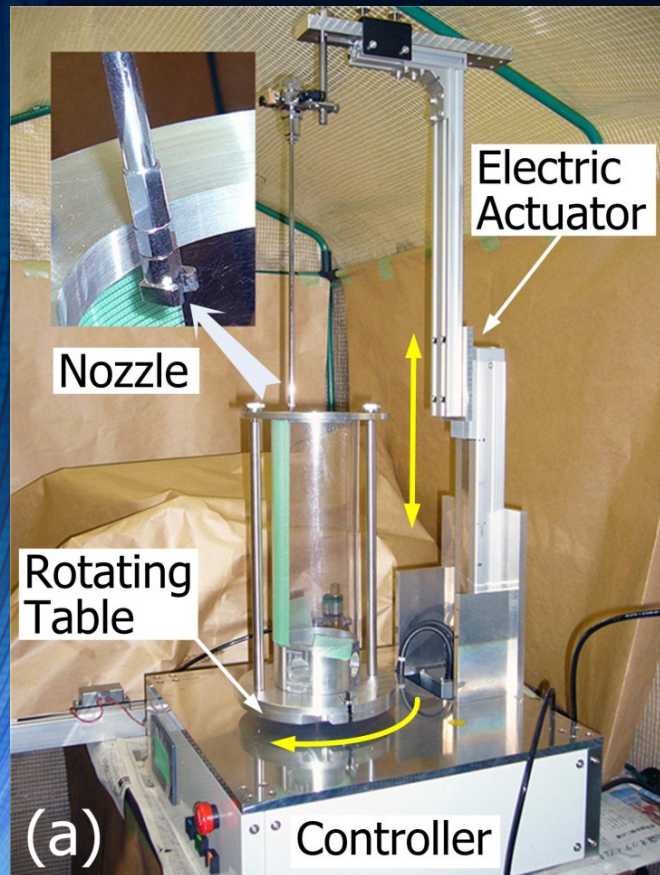


ランニングコスト 低
メンテナンス 易



- 
- A scenic photograph of a sunset over the ocean. The sun is low on the horizon, casting a bright orange glow across the sky and reflecting on the water. The sky is filled with dark, dramatic clouds. In the foreground, a rocky coastline is visible on the right side, with waves crashing against the rocks. The overall mood is serene and majestic.
- SQUIDモニターの測定原理とシステム
 - 高温超伝導塗布装置と磁気シールド

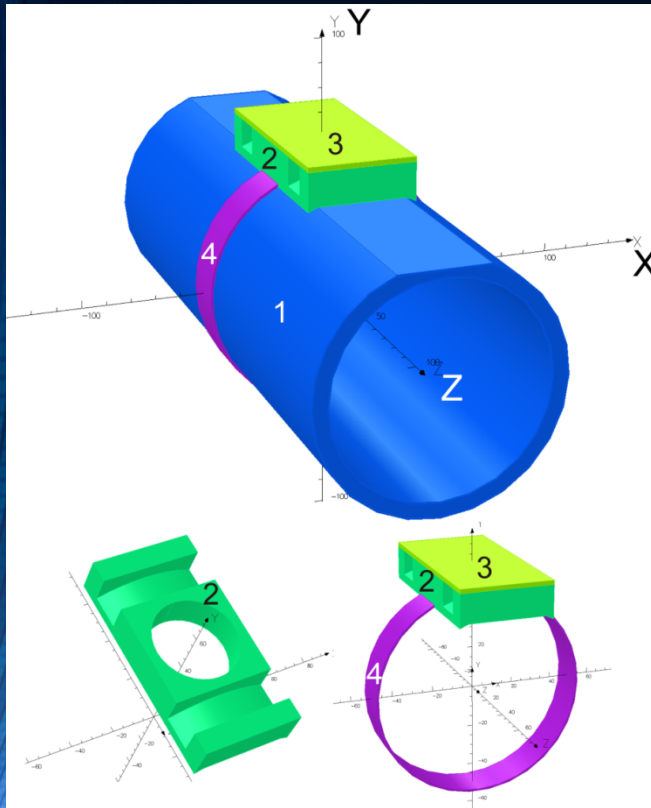
高温超伝導塗布装置の製作



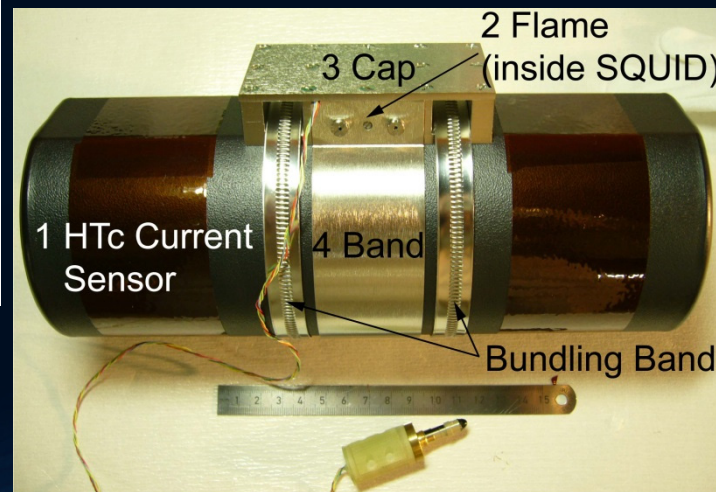
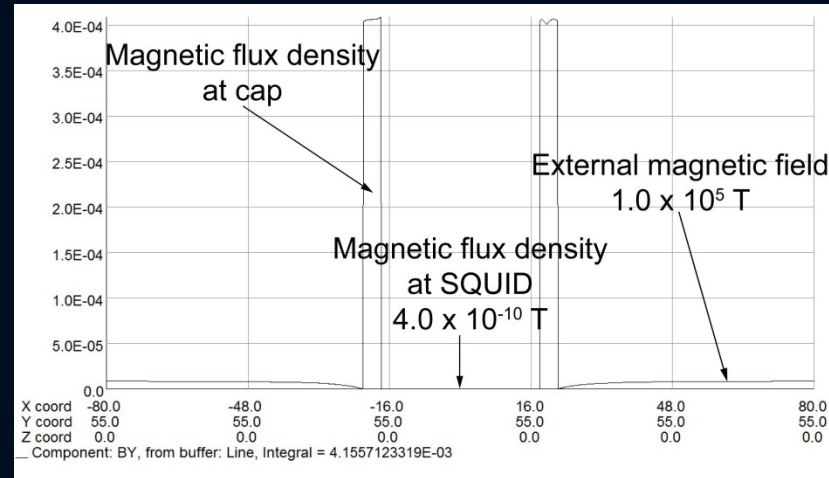
(a) HTc材導塗布装置
(b) HTc電流センサーとHTc SQUID.

ハイブリッド磁気シールドシステム

- Opera-3dによる静磁場計算



1. HTc current sensor with Ferromagnetic shielding materials,
2: frame, 3:cap and 4: band.



External
Magnetic Field

- $1.0 \times 10^{-5} \text{ T}$
- $3(4) \times 10^{-10} \text{ T}$

SQUID電流モニターと ノイズキャンセラー



Specifications

Field attenuation	-40 dB
Max. compensation	6 μ T
Bandwidth	DC(0)~1,000 Hz
AD/DA converter	16 bit
Signal processor	Analog digital signal composite processing
Magnetic sensor	DC : 3 axis Flux gate Magnetometer noise < 50pT/Hz ^{1/2} @1Hz
	AC : 3-axis search-coils noise < 150pT/Hz ^{1/2} @1Hz

* JEOL Ltd. <http://www.jeol.co.jp/en/>

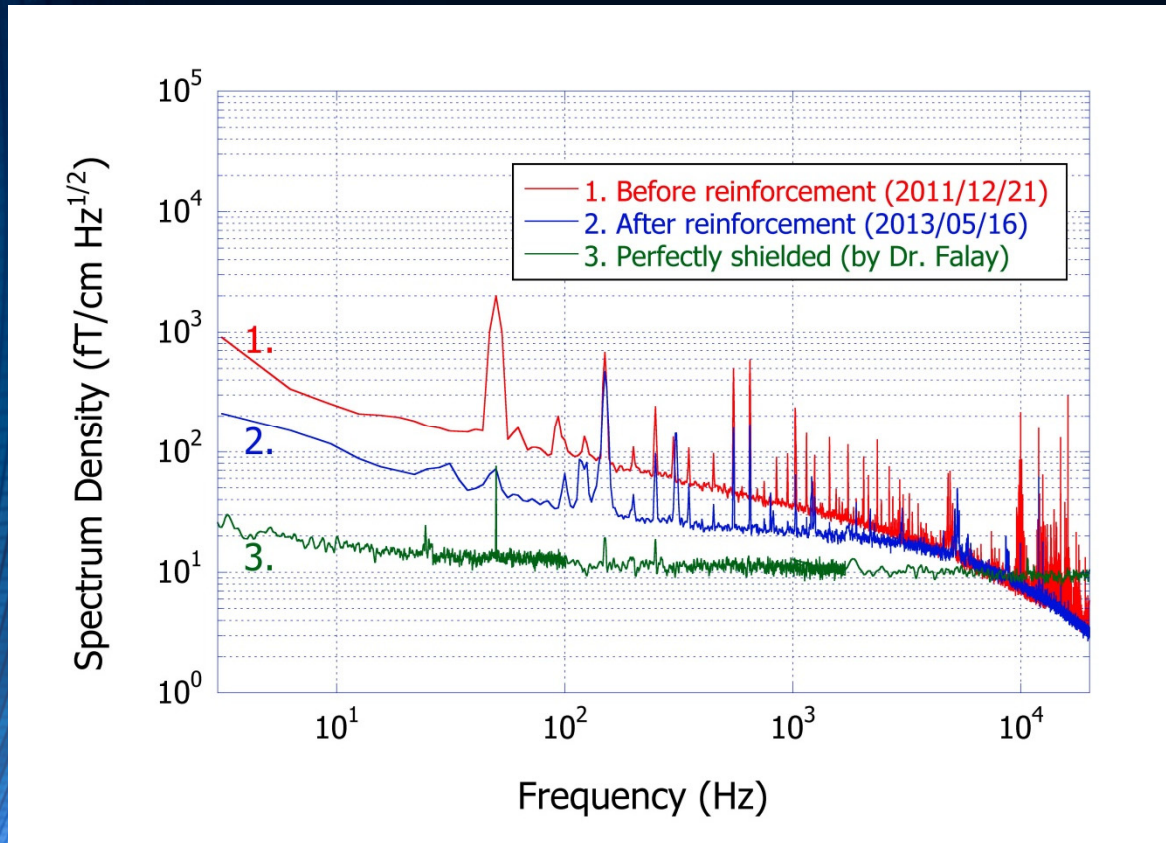
- 超伝導塗布装置と磁気シールド

- 各測定の結果

ビームを用いた電流測定



磁気シールド効果の測定結果



ハイブリッド磁気シールドシステム

+

ノイズキャンセラーシステム

外磁場ノイズ (50 Hz)

- 4.5×10^{-4} T
(ガウスメーターにより実測)
- 6×10^{-14} T

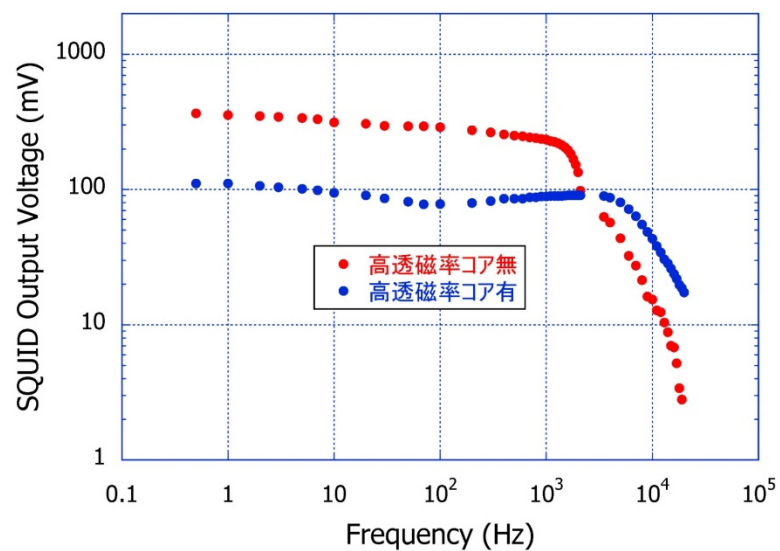
外磁場ノイズ

の減衰

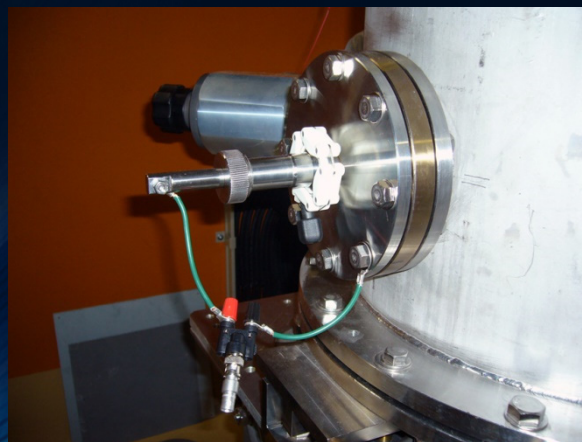
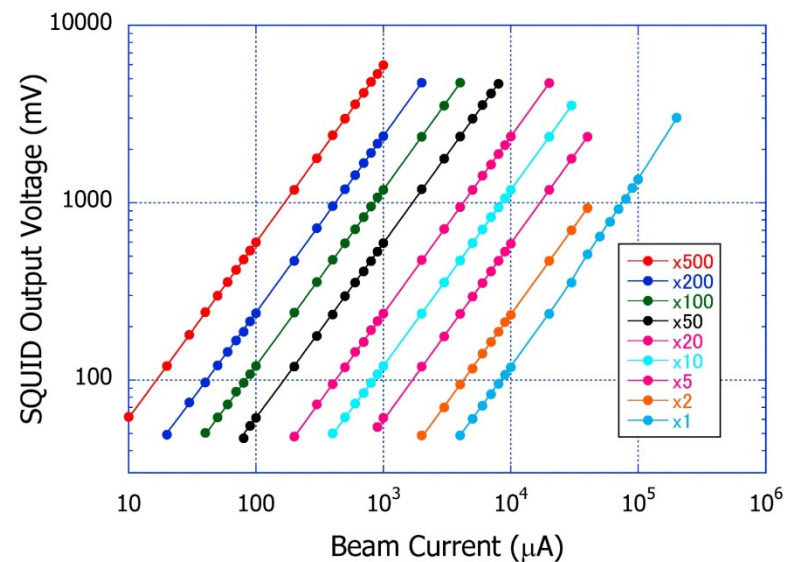
$1 / 10^{-10} !!$

周波数特性とゲイン測定

• 周波数特性



• ゲイン測定



まとめ

- SQUIDモニターの目的と重要さ
- 理研加速器研究施設
- SQUIDモニターの測定原理
- 高温超伝導塗布装置と磁気シールド
- 各測定結果 **ビームを用いた電流測定**

本研究の一部は、学術研究助成基金助成金(基盤研究(C)：課題番号23600015)によって行われている。

ご静聴ありがとうございました



Dr. Faley
世界最高のHTc
SQUIDを作る男

渡邊 環