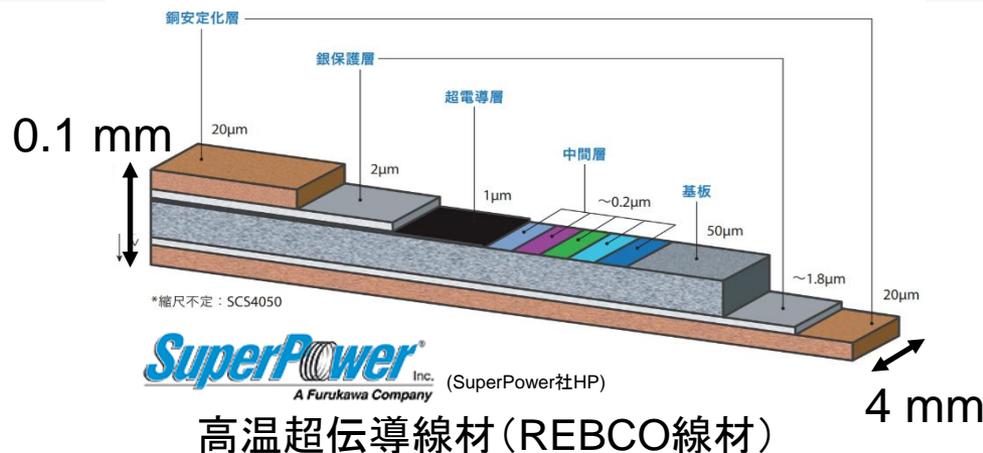


回転磁化法を用いた高温超伝導積層導体の劣化検出技術の研究

超伝導・低温工学ユニット
小野寺 優太

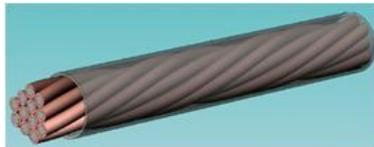


研究背景



臨界電流 I_c : 100~200 A (77K, 0T)

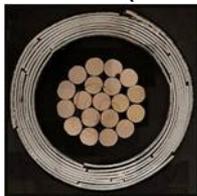
TSTC (MIT)



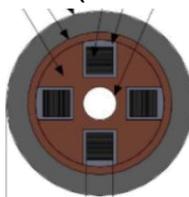
CroCo (KIT)



CORC (ACT)



VIPER (CFS/MIT)



FAIR (NIFS)



Roebel (CERN)



STARS (NIFS)



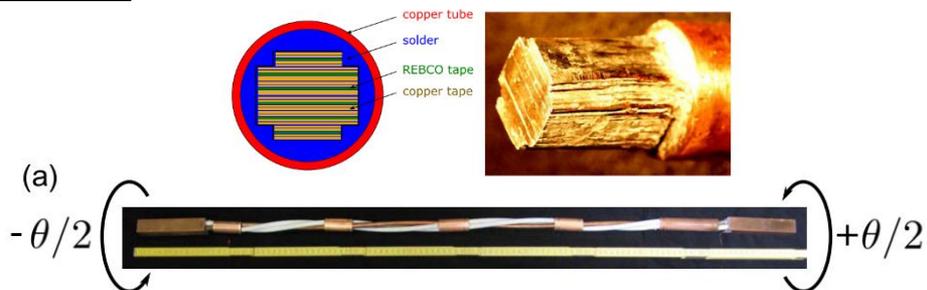
WISE (NIFS)



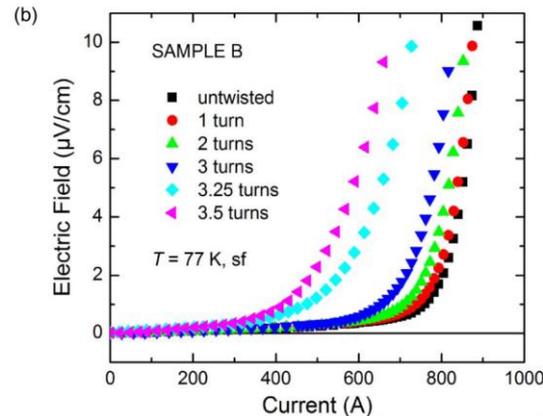
高温超伝導線材を用いた大電流導体の実現に向けて
テープ線材を束ねる各種構造が提案

研究背景

CroCo導体

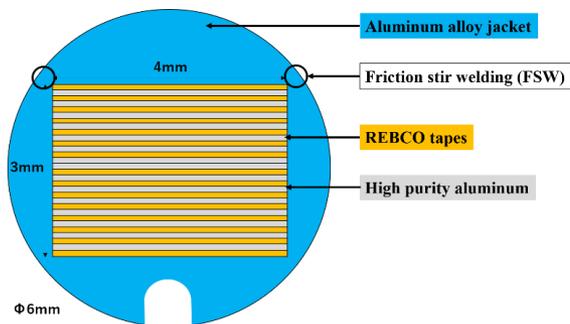


(M.J. Wolf, et al, *Toward a High-Current Conductor Made of HTS CrossConductor Strands*. IEEE Transactions on Applied Superconductivity, 2016. 26(4): p. 1-4.)

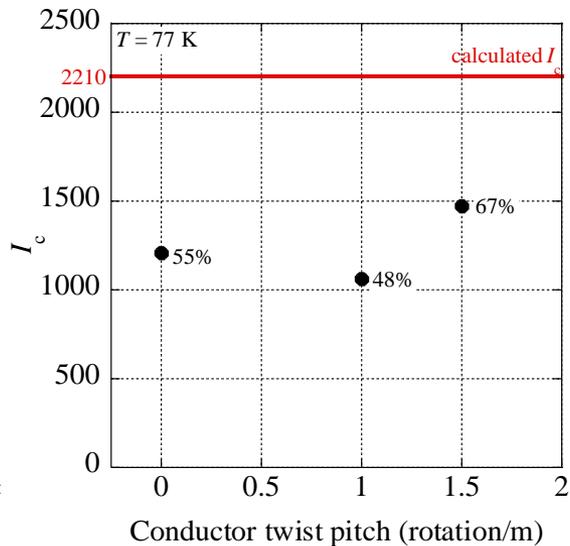


導体を捻った段階で緩いピッチから連続的に劣化が発生

Compact FAIR conductor



Onodera, Yuta, et al. "Development of a compact HTS-FAIR conductor for magnet application." IEEE Transactions on Applied Superconductivity 33.5 (2023): 1-4.



製作過程で内部の超伝導線材が褶曲

研究目的

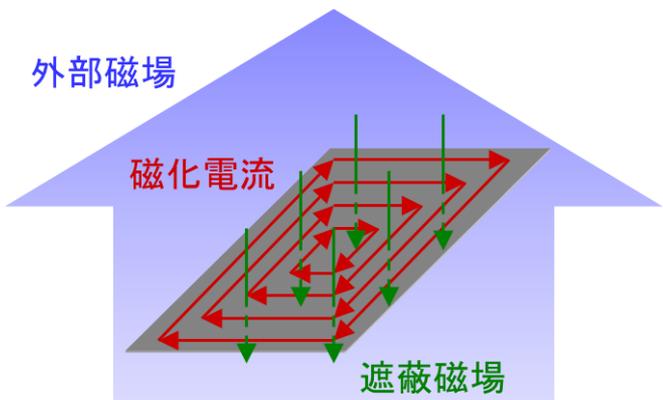
製作プロセスへのフィードバックや品質保証において非破壊で内部の劣化の有無を把握できる計測手法が必要

HTS導体自体の製作技術が未だ研究開発段階であり、劣化位置及び劣化程度を定量的に評価する手法は確立されていない

⇒ 磁化測定を用いた積層REBCO線材中の劣化位置検出手法を検討

回転磁化法による着磁技術を活用

外部磁場を変化させて着磁(一般的な着磁法)

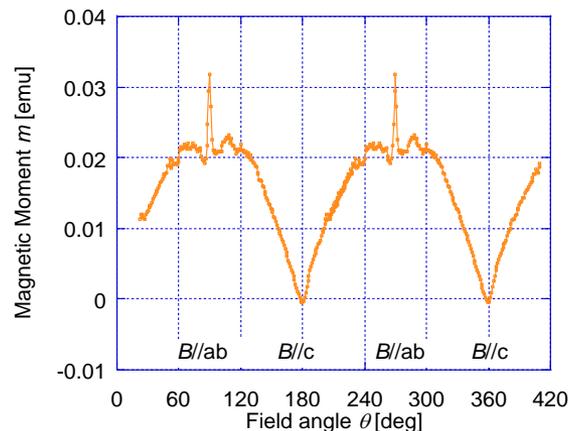
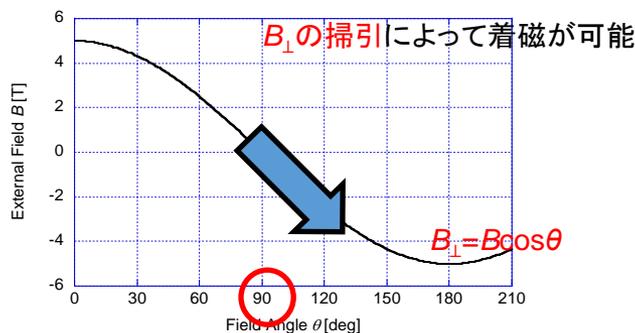
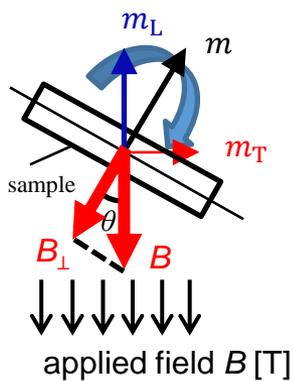


外部磁場印加時に線材に発生する遮蔽磁場を取得し臨界電流密度で流れる磁化電流を評価



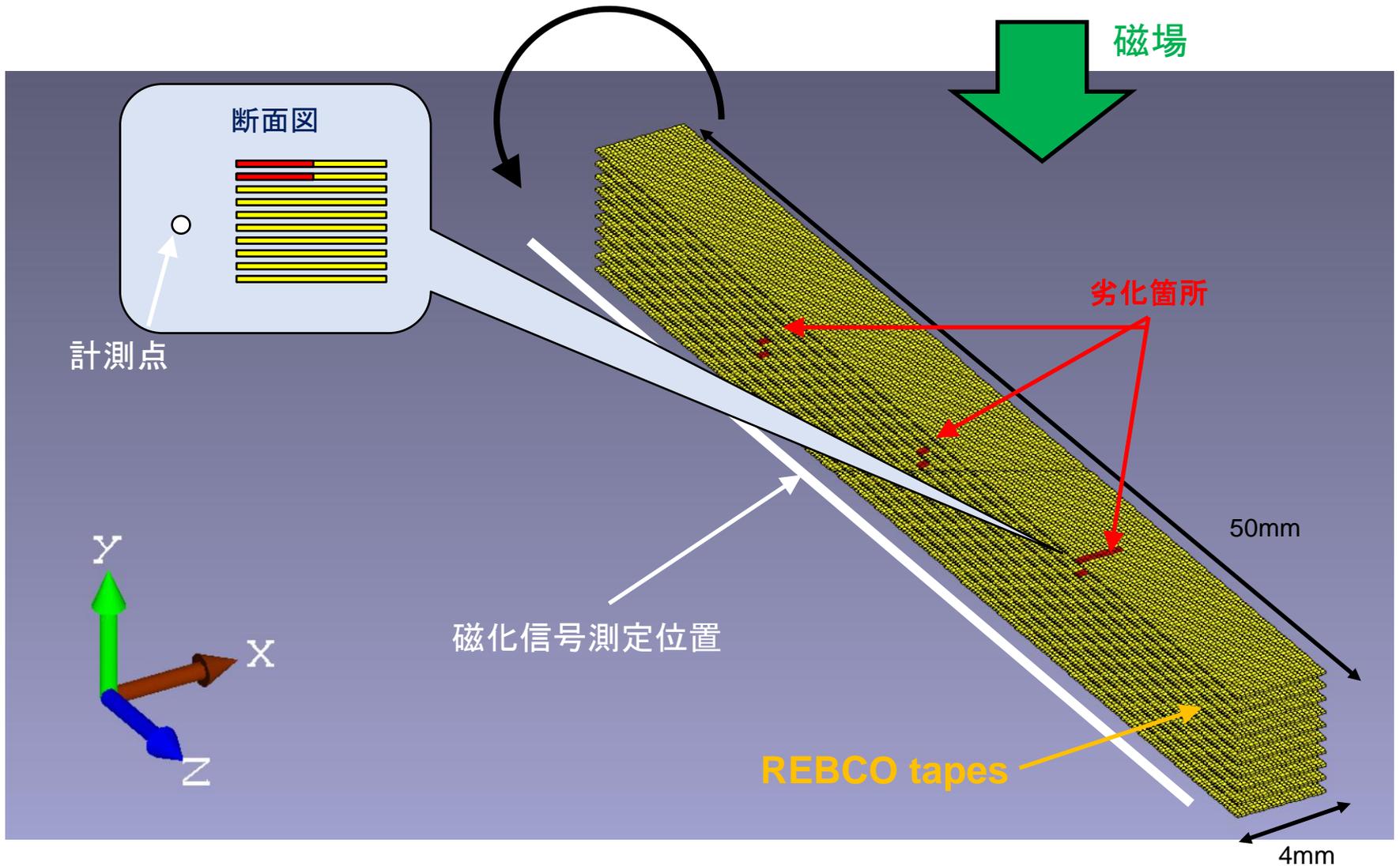
テープ形状であるため外部磁場と線材面が並行になるにつれて着磁させることが困難になる

静磁場中で回転させ着磁(回転磁化法)



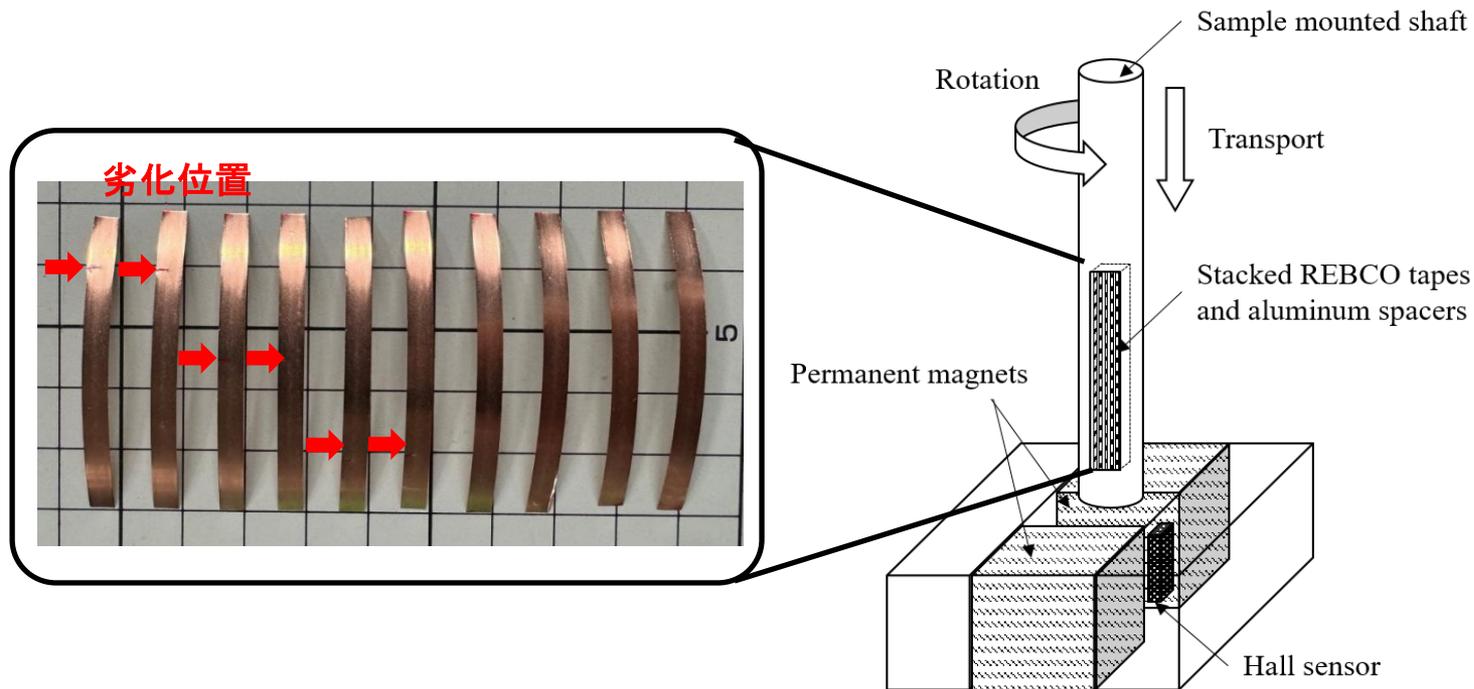
静磁場中にてサンプルを連続的に回転させることで線材と外部磁場が並行となる角度でも着磁可能

有限要素法 (PHOTO-Series) による解析



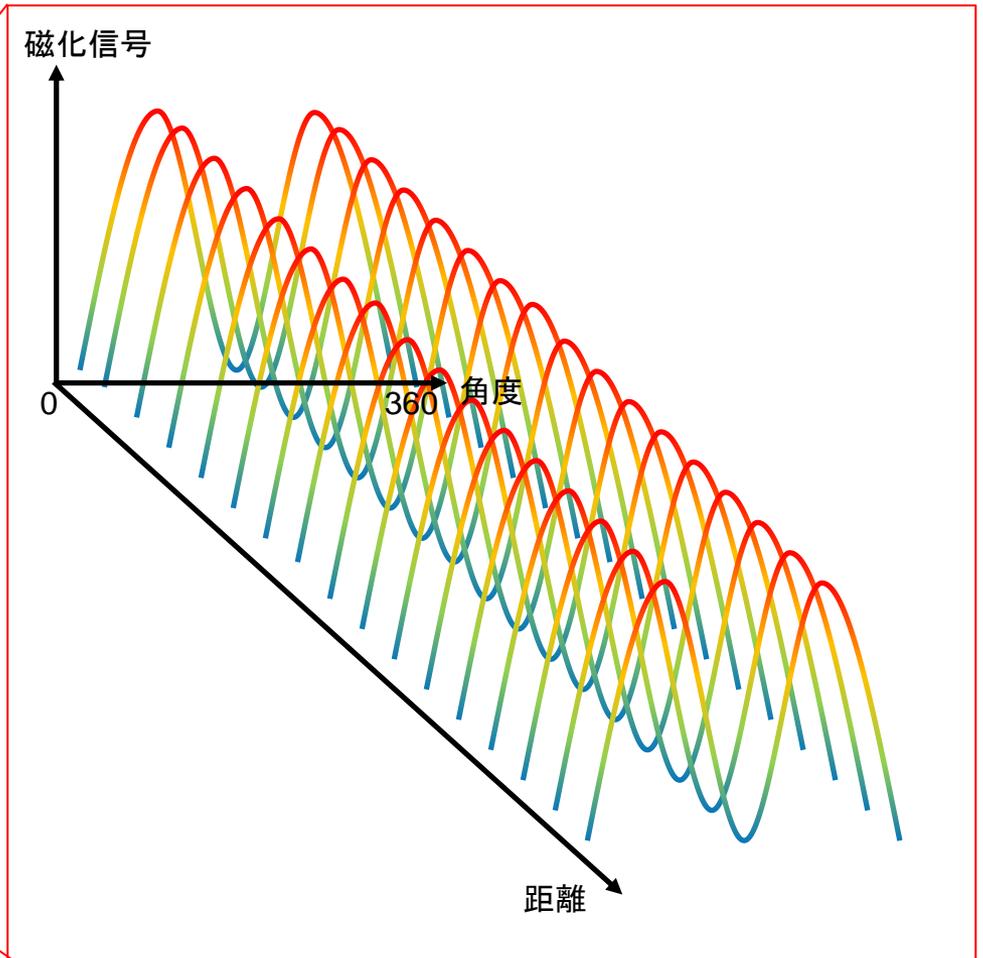
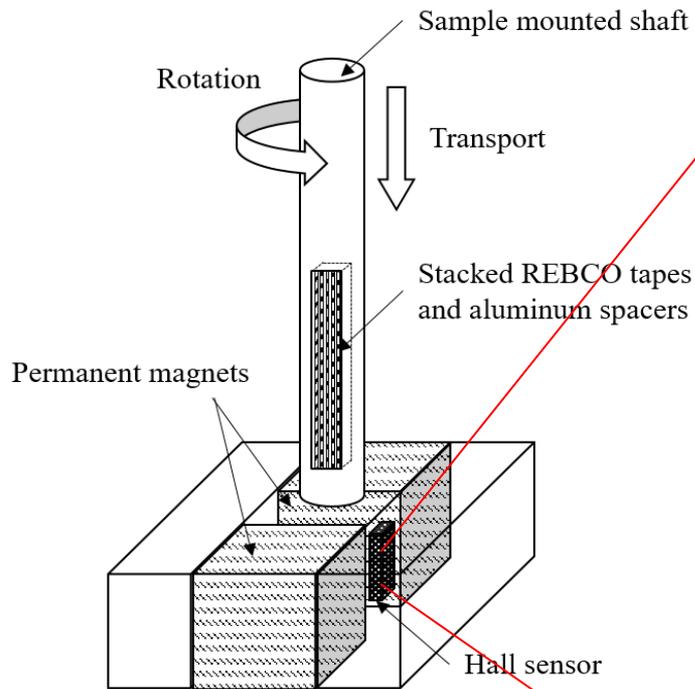
0.1mm厚の超伝導線材を10層積層させたモデルを作成

劣化部分を導入した線材を積層させた計測実験



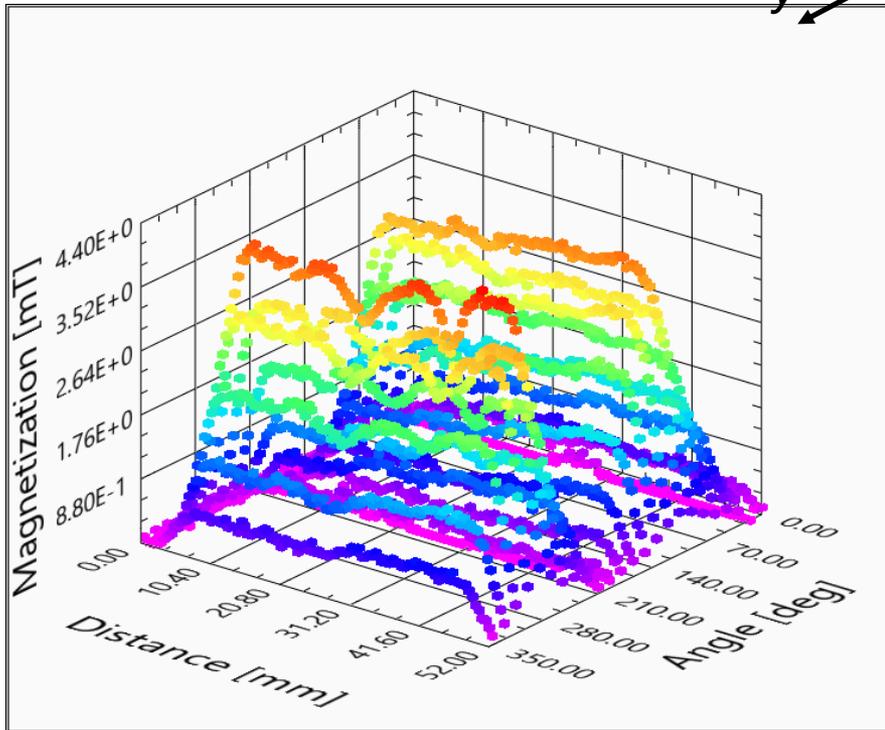
使用した線材： $I_c = 350 \text{ A/cm-w at } 77 \text{ K s.f.}$ 上海超導社製
6箇所に意図的に劣化部分を導入
0.5 mm厚のスペーサーを挟みつつ積層しサンプルとした
0.1 mmずつ下方に搬送しつつ回転させて磁化信号を取得

磁化信号の計測のイメージ

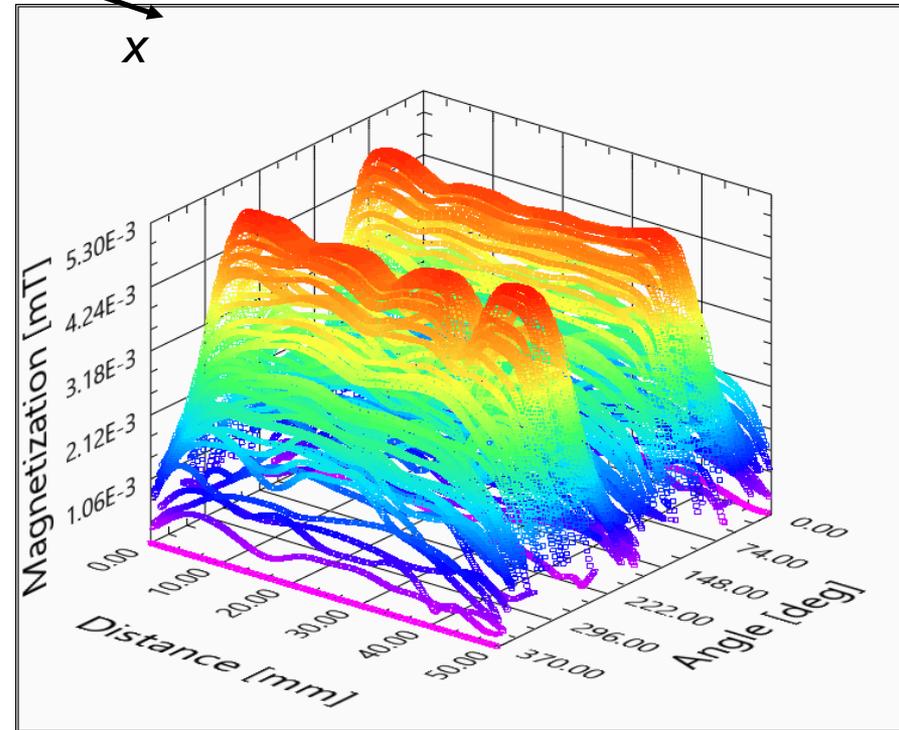


実験結果と解析結果の比較

実験結果



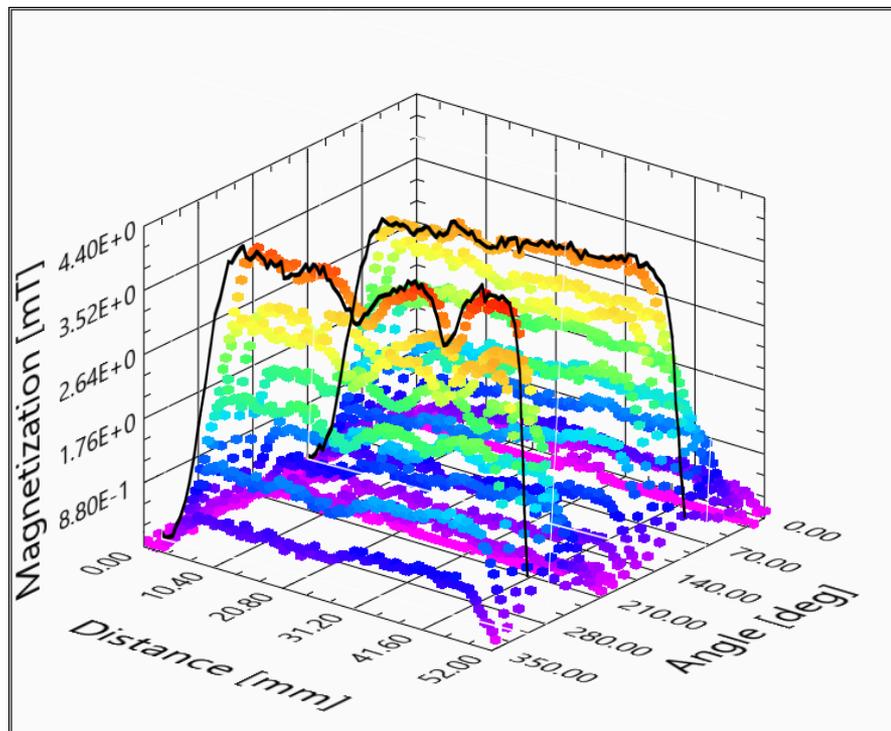
解析結果



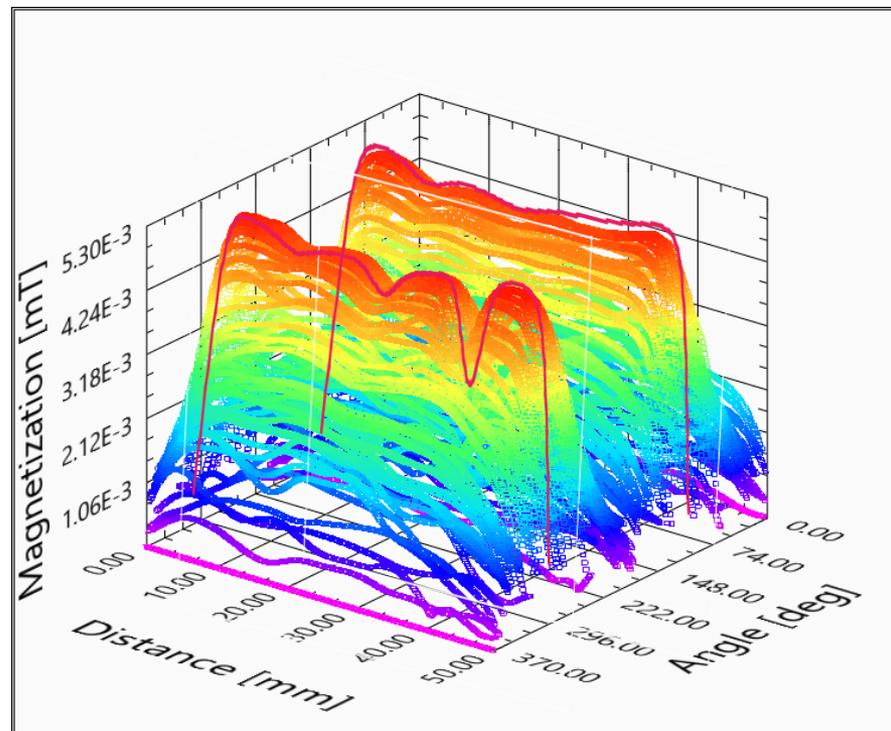
2つのピーク値をもつ磁場分布を長手方向に亘って取得
磁化信号は劣化部分の位置によって変化

実験結果と解析結果の比較(磁化信号のピーク部分の抜き出し)

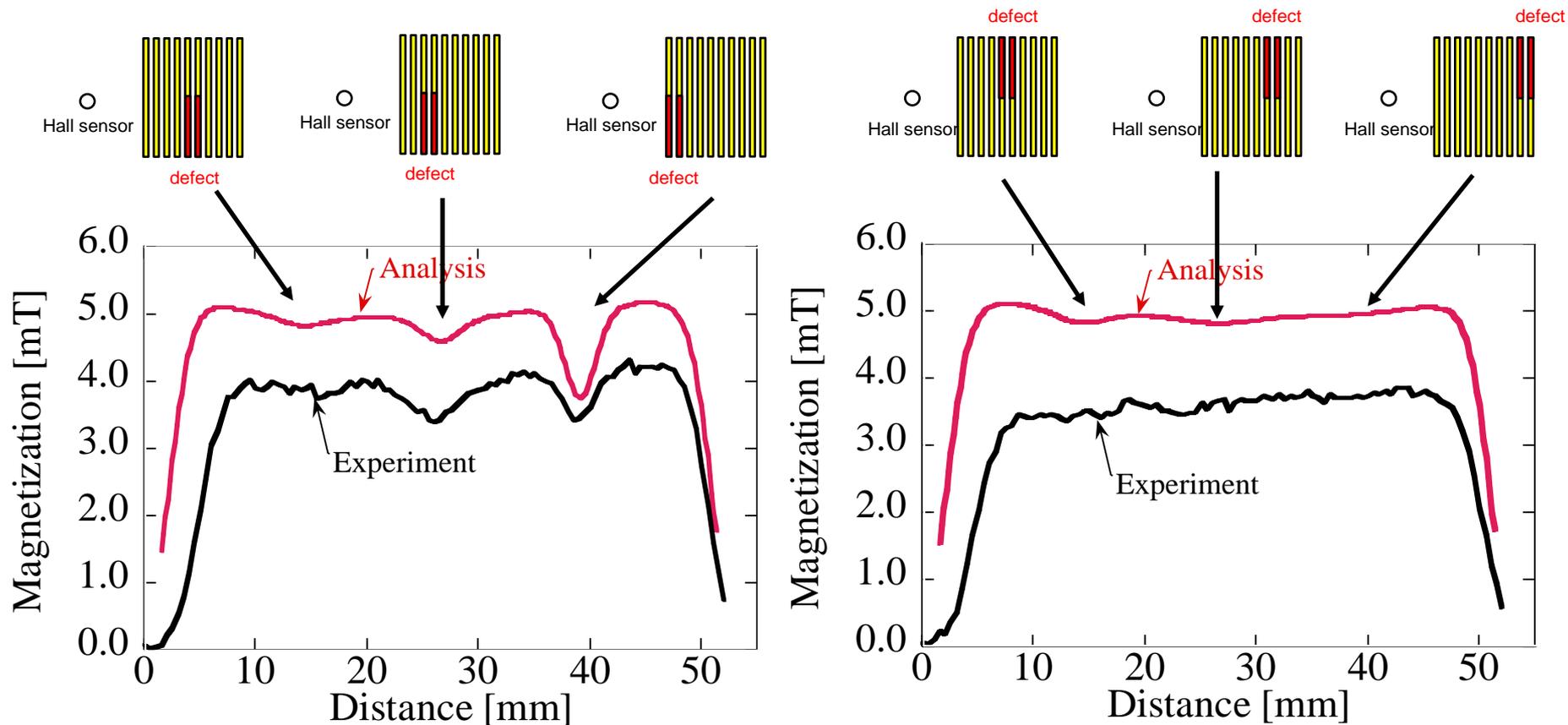
実験結果



解析結果



磁化信号のピーク部分の比較



解析結果は実験結果の振る舞いとおおよそ一致
劣化位置の深さによる信号強度の変化であることを確認

まとめ

意図的に劣化部分を導入した線材を使用し、磁化測定を用いた積層REBCO線材中の劣化位置検出手法の検討を行った

- 取得した磁化信号の強度分布から、劣化位置において磁化信号が減少している振る舞いが確認できた
- 有限要素法による解析結果と比較した結果、劣化位置の深さによる信号強度の変化であることが確認できた

本手法により、REBCO線材を10枚積層させた導体において、磁化信号を評価することで劣化部分の把握可能であることが示された

長尺導体の場合は回転磁場もしくはマグネットを回転させた計測を考案中

本研究は、日本学術振興会の科研費(23K13086)の助成を得て実施