

OVAL実験の感度の向上を 目指した 新型パルス磁石の考察

成田佳奈香、上岡修星、稲田聡明^A、難波俊雄^A、浅井祥仁
松尾晶^B、金道浩一^B、野尻浩之^C

東大理, 東大素セ^A、東大物性研^B、東北大金研^C



東京大学 大学院
理学系研究科・理学部
SCHOOL OF SCIENCE, THE UNIVERSITY OF TOKYO



東京大学
素粒子物理国際研究センター
International Center for Elementary Particle Physics
The University of Tokyo

日本物理学会2019春季大会
14pK210-5 @九州大学 2019/3/14

目次

OVAL実験に向けた新たな磁石について報告

1.真空複屈折観測に向けた磁石への要求

2.今の磁石について

3.新たな磁石について

4.試作

5.最大磁場の測定

6.これから

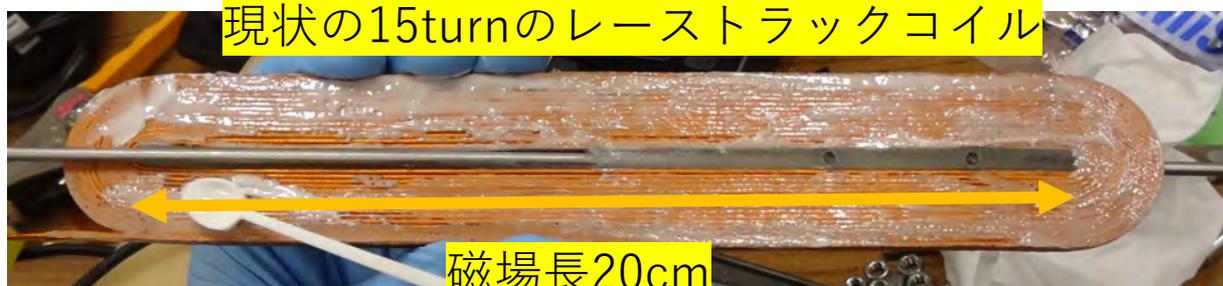
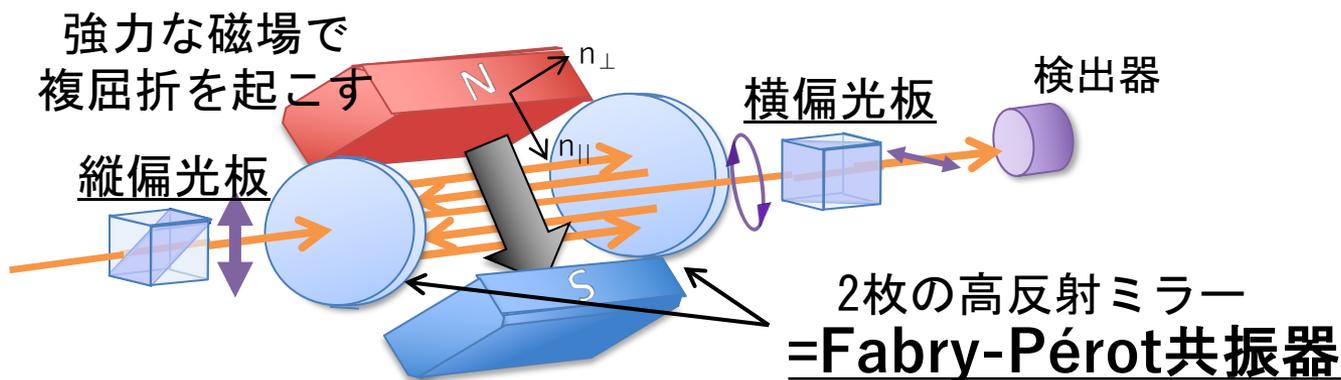
7.まとめ

真空複屈折観測に向けての磁石

パルス磁石



今回の講演



長い磁場長:レーストラック型

強磁場:パルス磁場

高統計:高繰り返しものを開発

アップグレードによる感度へのゲイン

VMBのシグナル $\text{磁場}^2 \times \text{磁場長} \times \text{繰り返し時間}^{1/2}$ でスケール
現在、新型パルス磁石の開発を行なっている

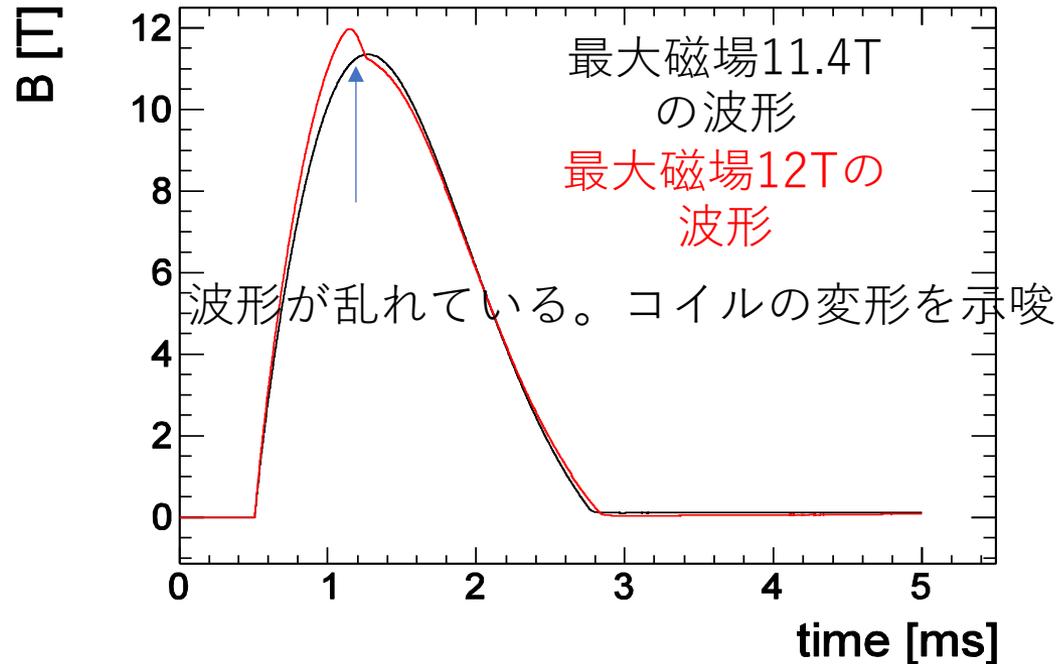
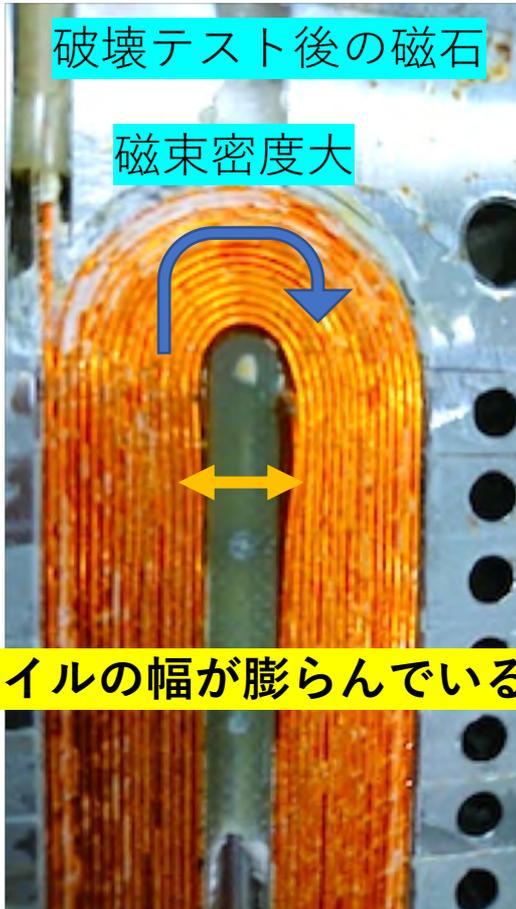
	現状	目標	感度へのゲイン
運転時の磁場	9T	18T	4倍
磁場長	20cm	40cm	2倍
繰り返し速度	0.05Hz	0.05Hz	1倍

感度が8倍向上

	磁場	磁場長
試作機	18T	15cm

これまでの磁石の問題点

電磁応力によってコイルが12Tで変形



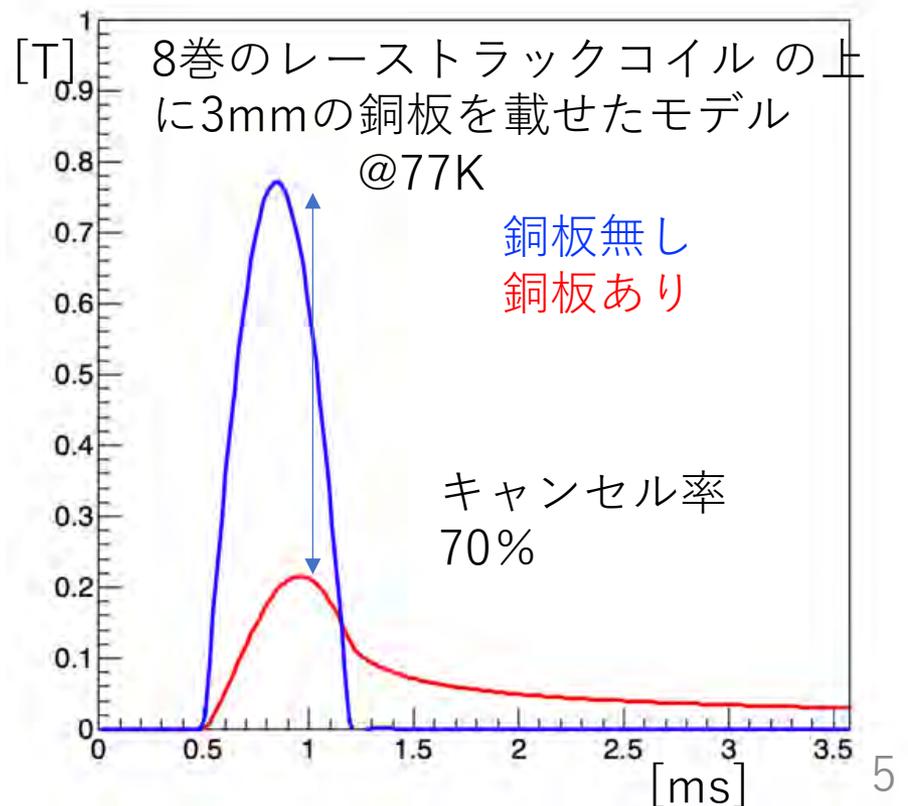
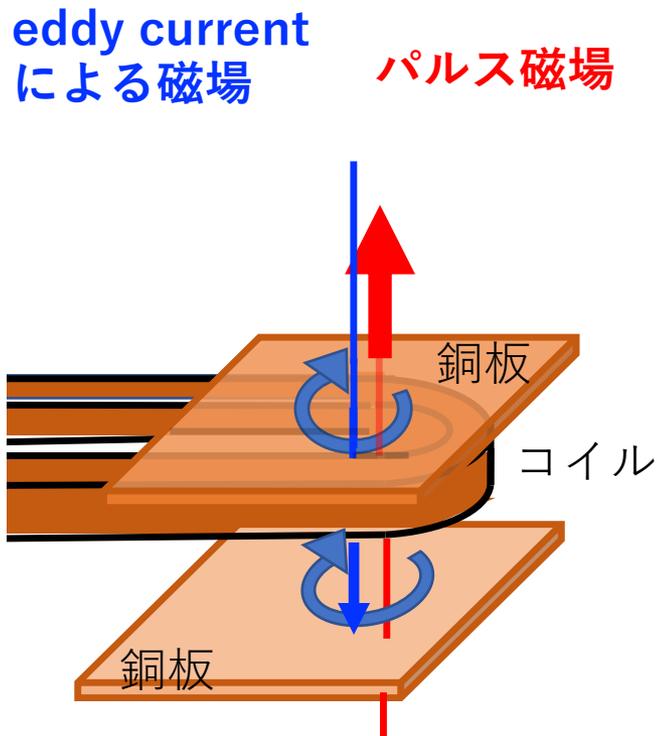
端の変形→**コイルの端**に大きな電磁応力 (~100MPa)が発生することが原因

強磁場発生鍵：**端での磁場を抑える**

端の磁場を下げる対策

- 端を銅板で挟みeddy currentで端の磁場をキャンセル

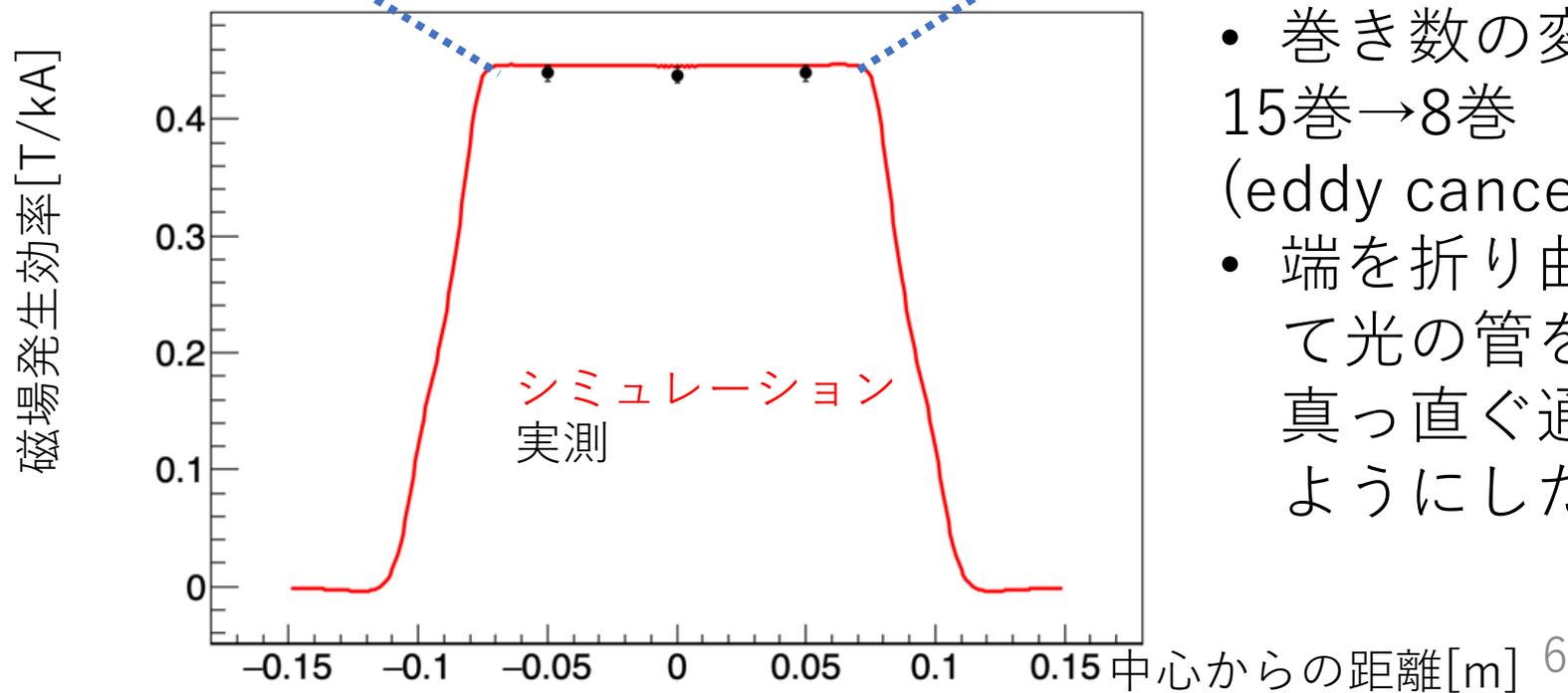
銅板有り、無しでの端の磁場のシミュレーション



今回の試作機

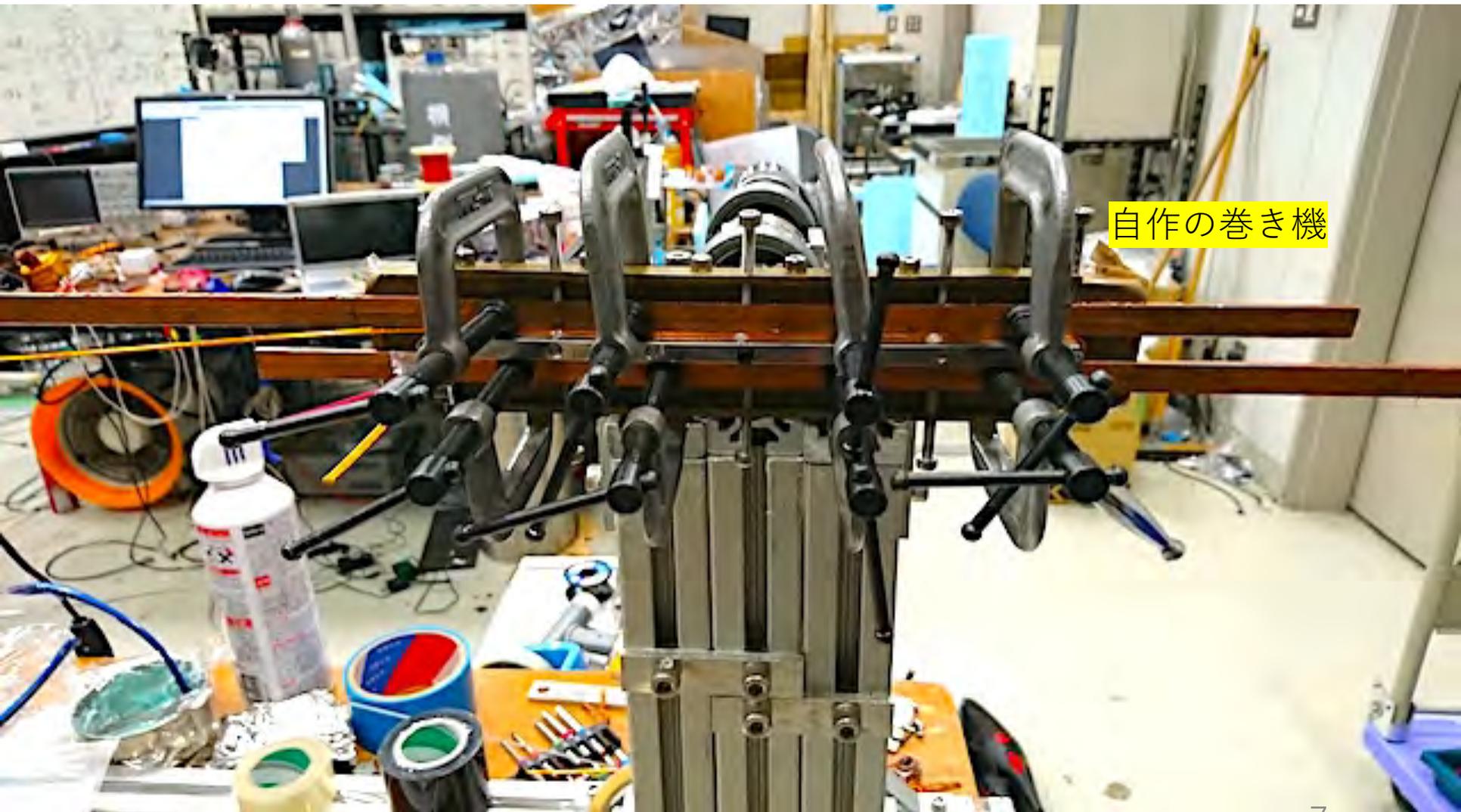


ビームパイプ沿った磁場マップ



- 巻き数の変更
15巻→8巻
(eddy cancel)
- 端を折り曲げて光の管を真っ直ぐ通るようにした

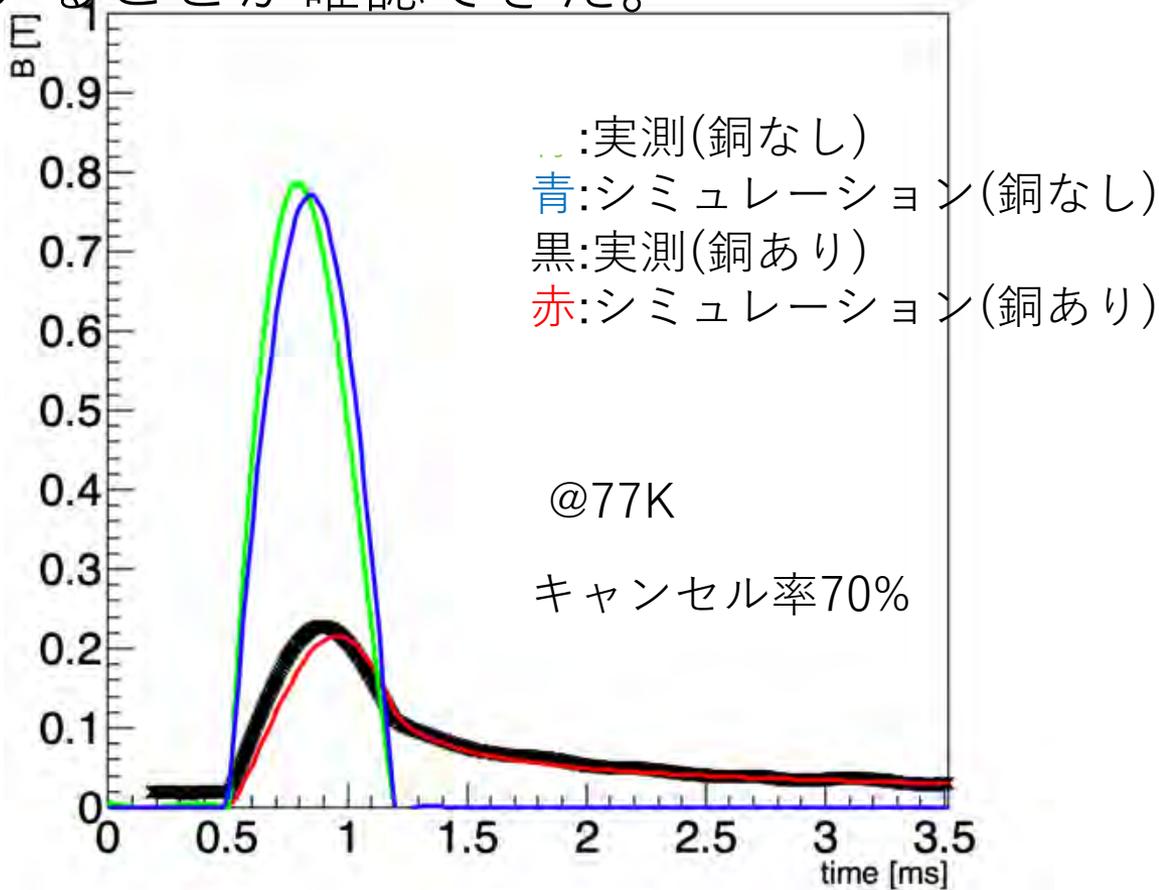
試作の様子



自作の巻き機

端でのeddy cancelの実測とシミュレーションの比較

77Kで銅板有りの時、無しの時とで実測とシミュレーションと比較した。概ねシミュレーション通り端の磁場が落ちていることが確認できた。

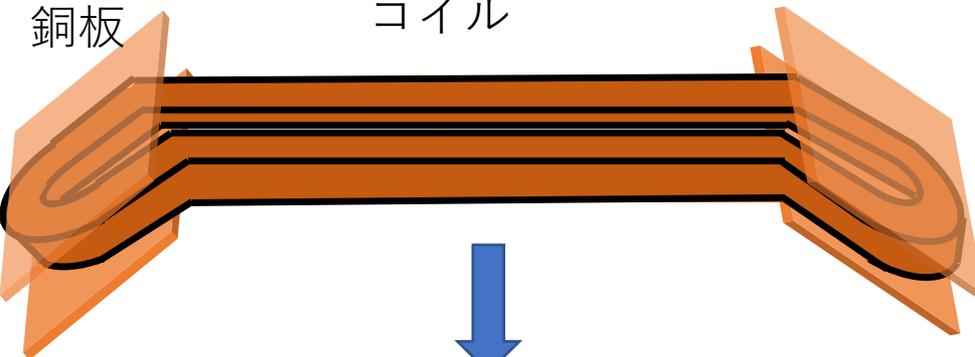


補強

電磁応力によるコイルの膨らみを抑えるためにステンレスで補強を行った。

銅板

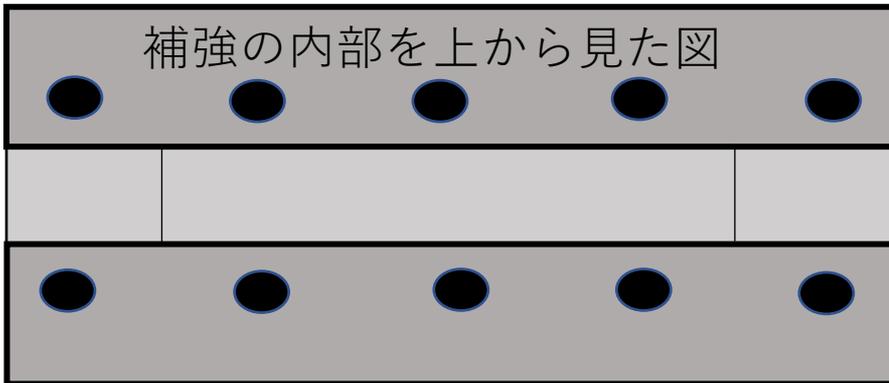
コイル



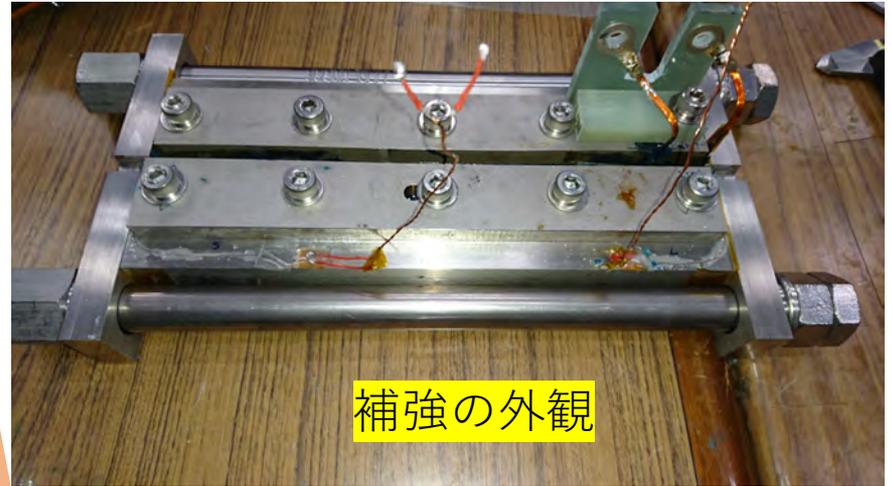
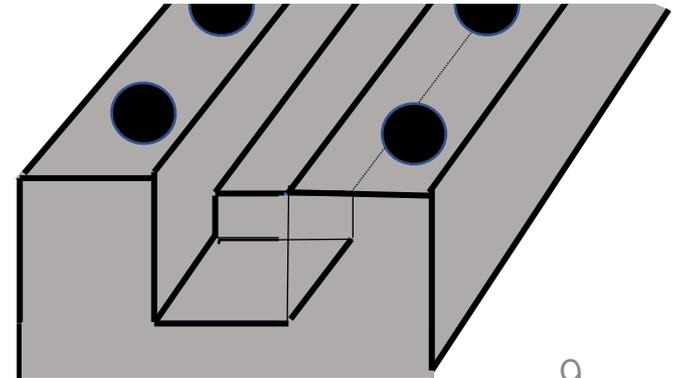
コイルを埋め込む



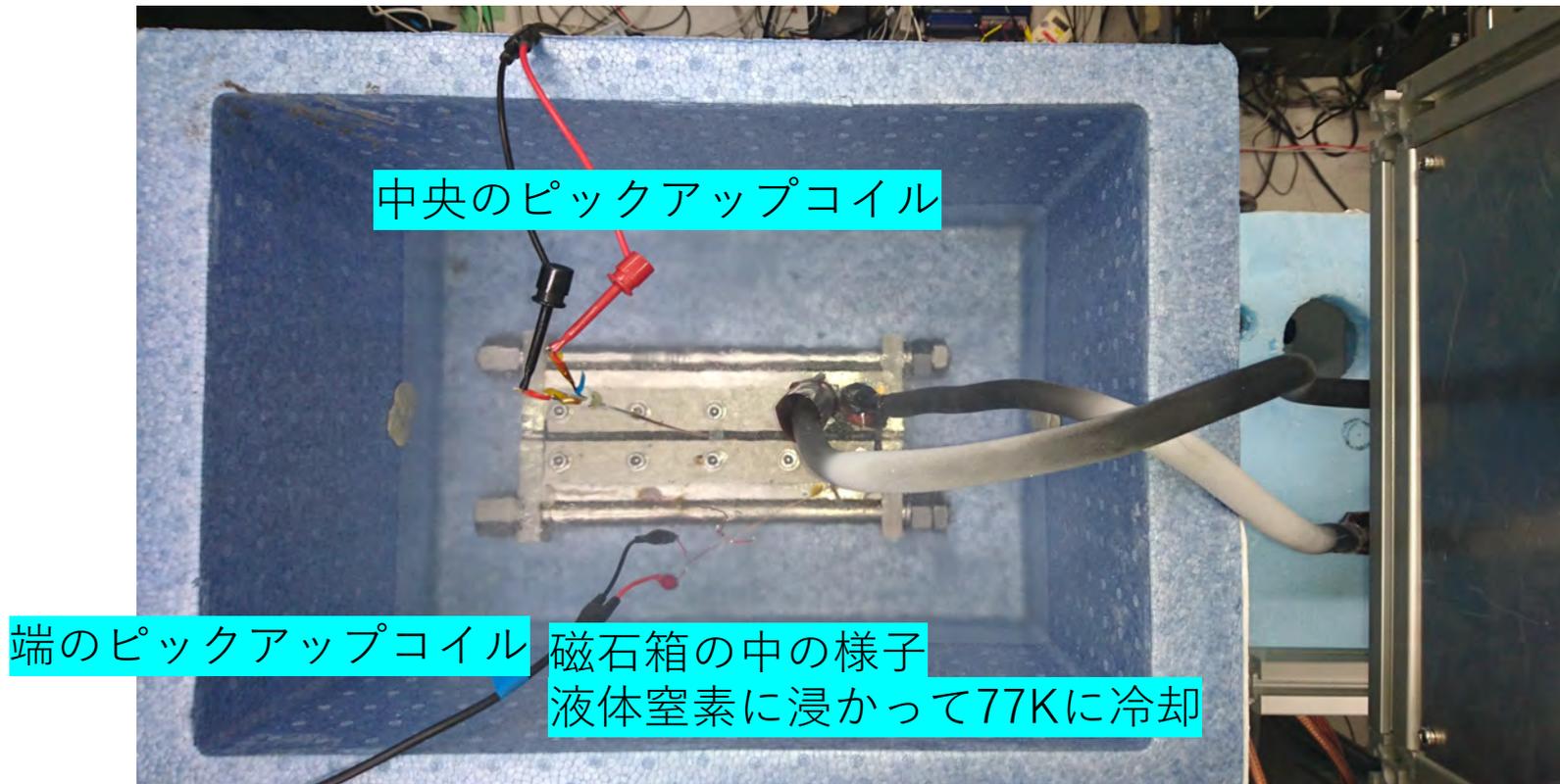
補強の内部を上から見た図



補強の内部の端から見た図



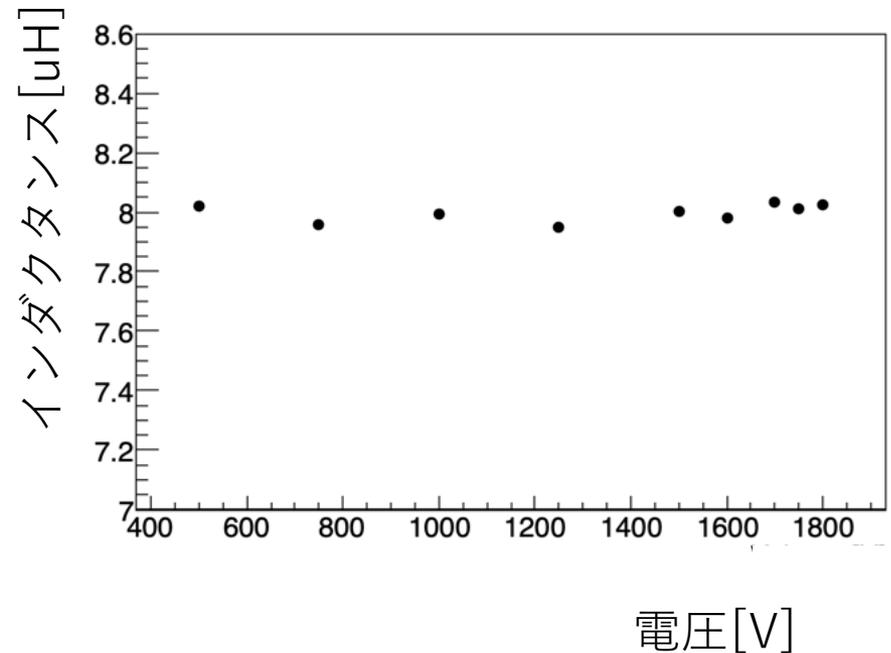
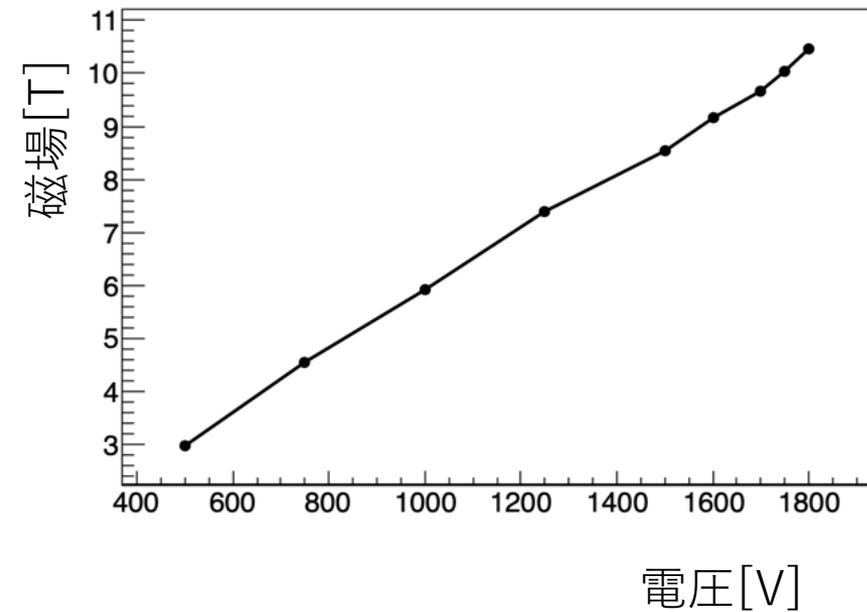
磁場出しのセットアップ



ピックアップコイルで磁石の端と中央の磁場を測定して変形の兆候がないかモニタリング

磁場測定中

コイルに印加する電圧を少しずつあげながら発生磁場とインダクタンスを測定。
10.5Tまで非破壊で磁場が出た。



10.5Tまで非破壊で磁場が出た

これから

- 試作機の破壊テストを行う
- 繰り返し運転をして耐久テストを行う
- 巻き数を最適化し、40cmの磁場長の磁石を作成する
- 光学系と組み合わせてテスト運転する

まとめ

VMBの観測のためには**強磁場** & **長い磁場長** & **高速の繰り返し** 運転のできるパルス磁石が必要である。

目標は**繰り返し磁場18T, 磁場長40cm, 繰り返し速度0.05Hz**である。

現在の課題は磁石の端に強い応力がかかり、破壊されることである。

- 今回は上記の問題を解決する形状を探り、試作を行った。
- 強い電磁応力の発生するコイルの端に銅板を挟み、挟む前より**70%**落ちることが確認できた。
- 設計では18T出せる磁石を作成したが、現在まで10.5Tの発生を確認した。
- 今後は破壊テストを行う。