

# J-PARC MRアップグレードのための 新しい入射セプトラム電磁石の開発(2)

**芝田達伸(KEK)**

**川口祐介、中村健太、石井恒次、杉本拓也、**

**松本浩、松本教之、Fan Kuanjun**

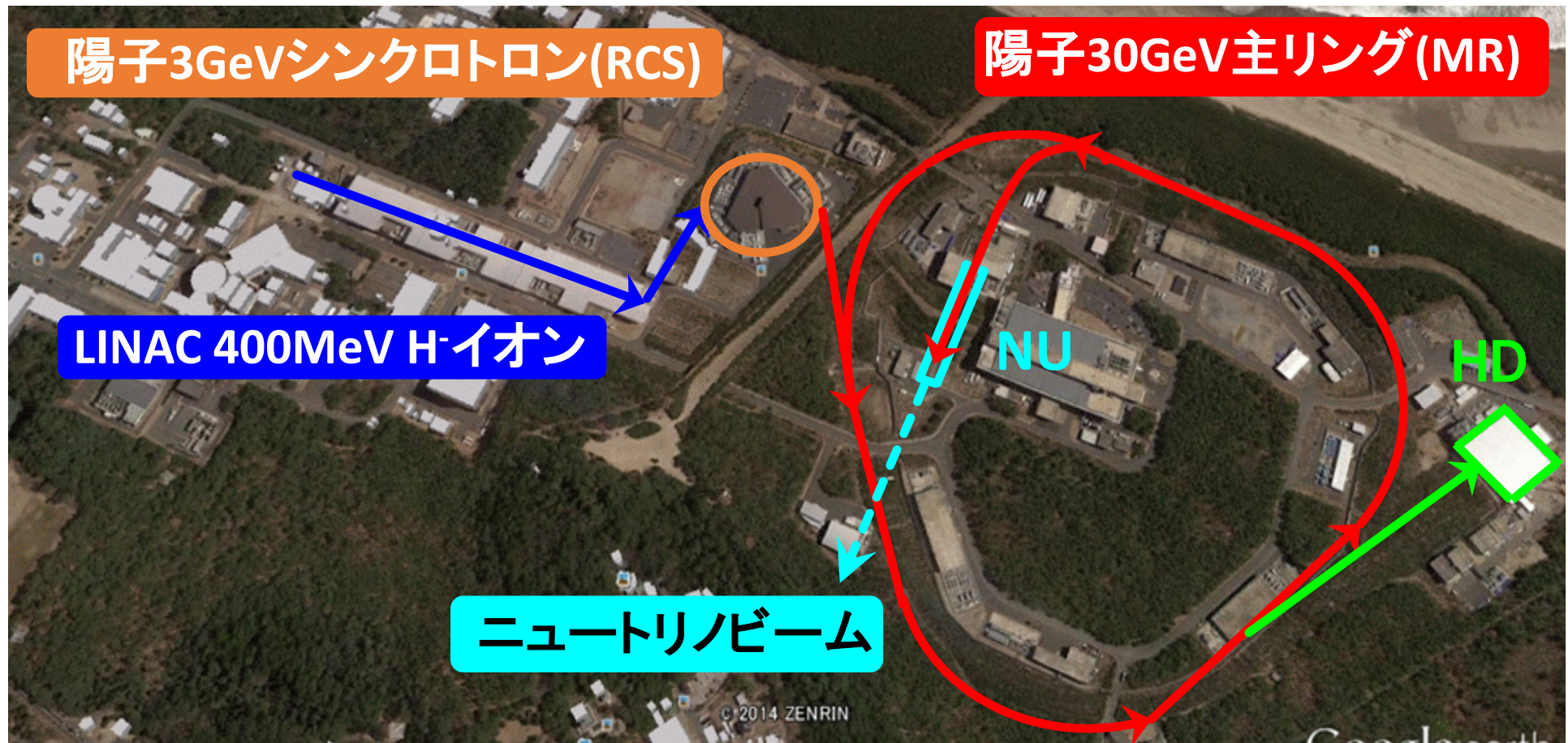
**KEK、ニチコン(株)、HUST**

2016年8月9日(火)

電磁石と電源2 TUOL09

# J-PARCの目指すビームパワー

2



2016年 5月 最高 約420kW → 目標は750kW

MRの高繰り返し化が必要(周期2.48秒→1.28秒)

# J-PARCの目指すビームパワー

3

陽子3GeVシンクロトロン(RCS)

陽子30GeV主リング(MR)



MR用入射電磁石  
1Hz化のためにアップグレードが必要

# MR 用入射電磁石

4

入射電磁石 = RCSからMR周回ラインに入射する電磁石

周回ライン

キッカー電磁石

BL=0.11 Tm、 $\theta=8.6$  mrad

セプタム電磁石 II

BL=0.46 Tm、 $\theta=36$  mrad

四重極電磁石  
(Focus)

バンプ電磁石

バンプ電磁石

四重極電磁石  
(Defocus)

~20m

入射ライン

入射時間

=120 msec

セプタム電磁石 I

BL=2.81Tm、 $\theta=220$  mrad

本講演はセプタム電磁石 I について

## 前回の報告

入射セプタム I のインストールは2015年

→ **トラブルにより1年延期**

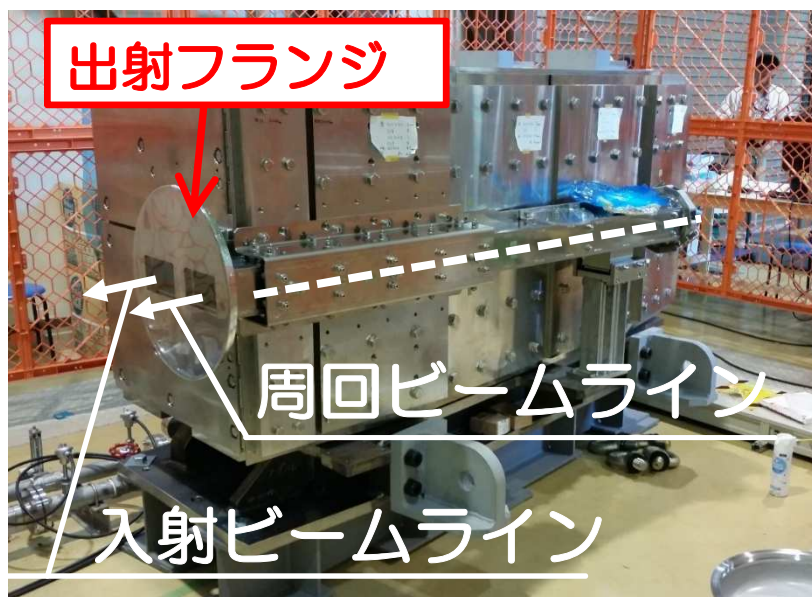
**新入射セプタム I のトラブル**

**最終性能評価**

# 新入射セプタムIのトラブル(1)

6

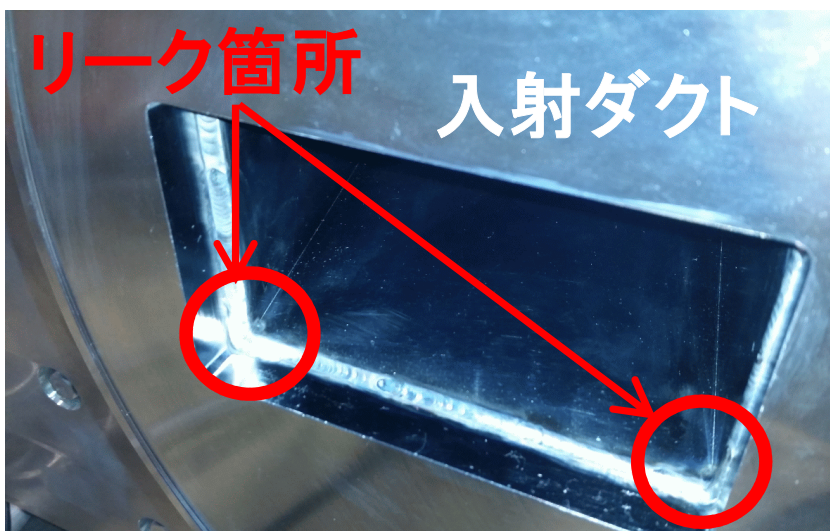
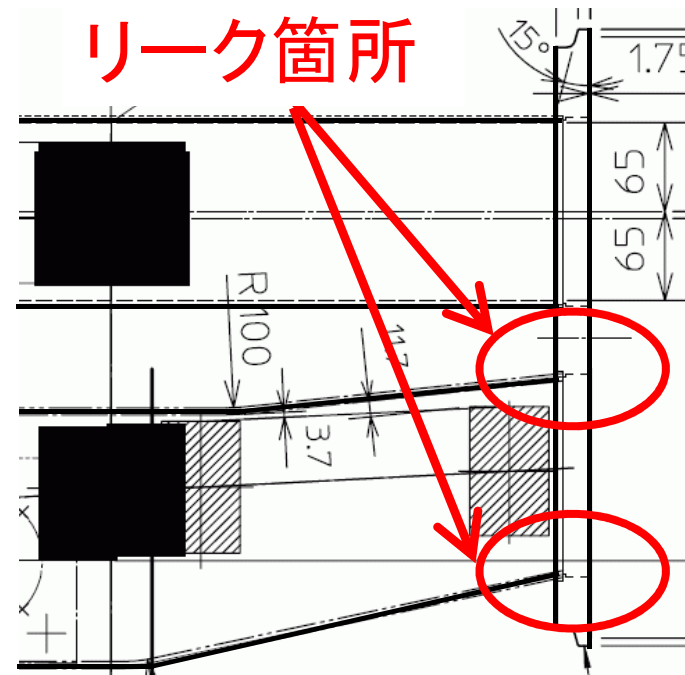
2015年8月 真空ダクトで真空漏れ発生



出射側大フランジを真空ダクトに溶接した直後に発生

大フランジとダクトの接続箇所を図面

リーク箇所



四隅は傾きのある側面-上(底面)-フランジ3点交差 + 真空側からの溶接

真空ダクトの再製作が必要 = インストール延期

入射ダクト+周回ダクト両方

## 新入射ダクトへの改善

- ダクト出射部に溶接ベローズを使用  
溶接ベローズ面と大フランジ面は平行  
アラインメント調整がしやすい  
入射ダクトと溶接ベローズが斜め接続になる
- 入射ダクトと溶接ベローズ間にシームレス管を挟む  
1つの塊をくり抜いた継ぎ目のない管  
四隅の3点交差の欠陥を回避できる

# 新入射セプタムIのトラブル(3)

2016年3月 真空ビームダクト完成



溶接ベローズ シームレス管



2016年7月

新真空ダクト交換完了  
大フランジ溶接完了

→真空漏れなし

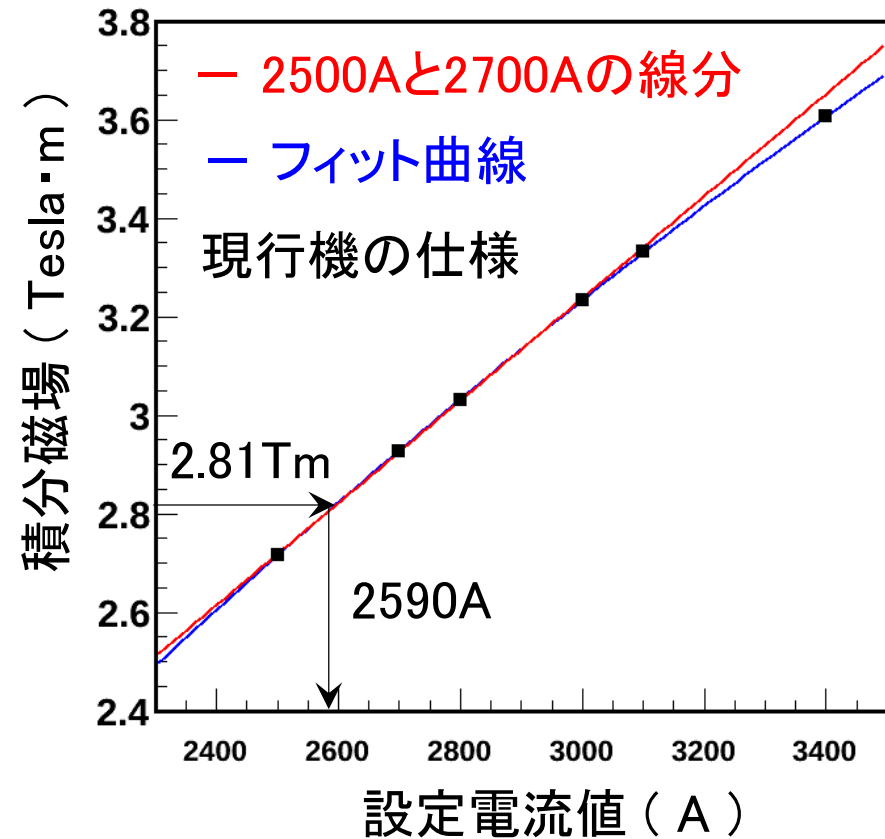
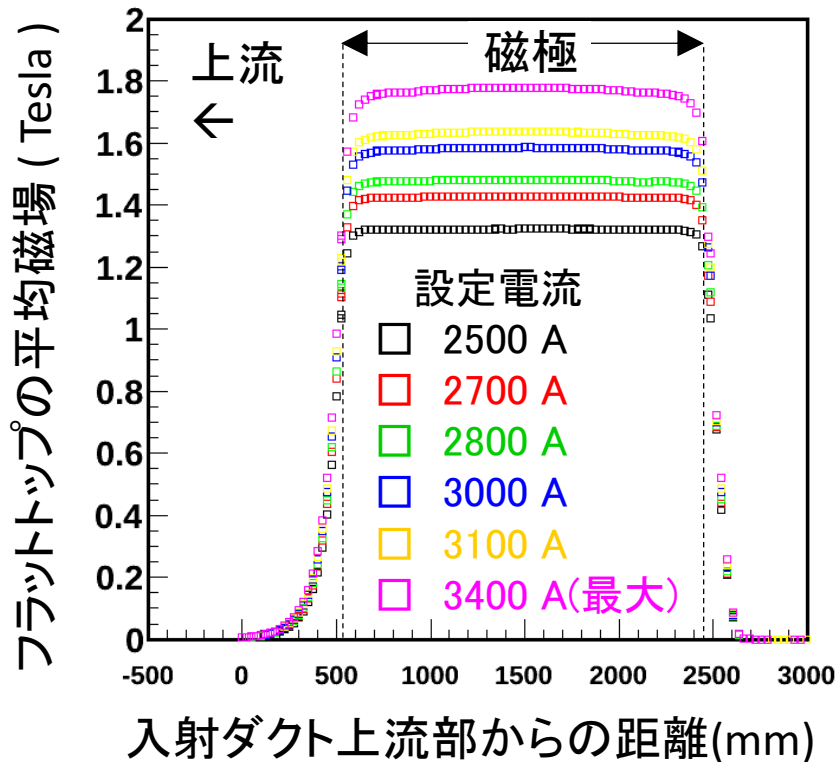
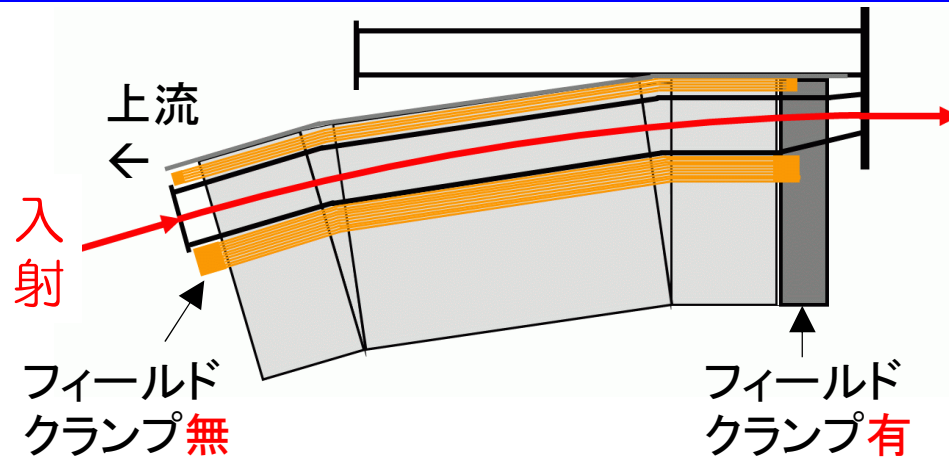


## 性能評価項目

- 磁場分布と積分磁場の測定
- 積分磁場の平坦度調整
- 電流と磁場の  
ショット毎の再現性と長時間の安定性測定

# 磁極内磁場分布と積分磁場

10



結果1 磁場の確認

結果2 フィールドクランプ効果の確認

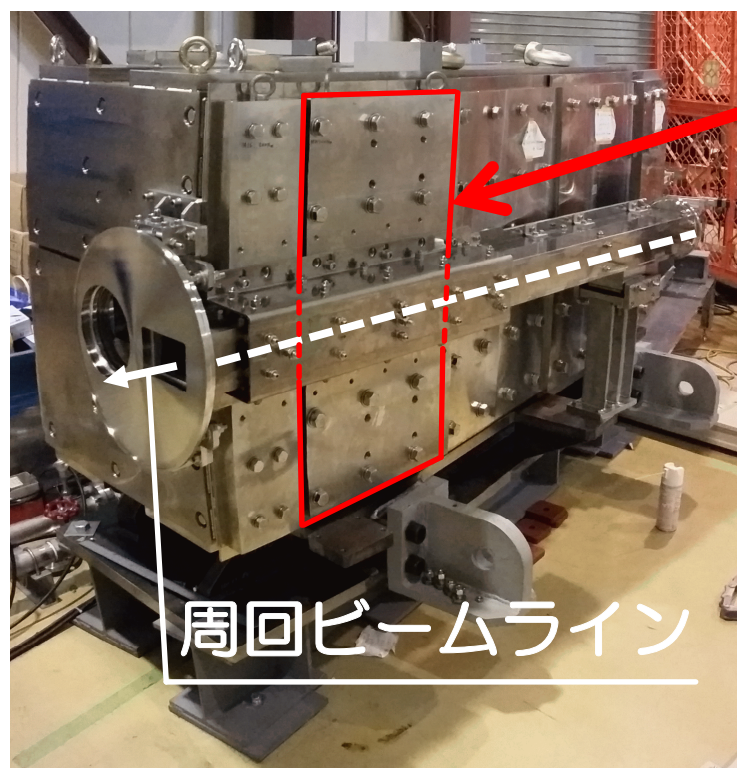
結果3 積分磁場が3100Aまでは  
良い線形性を持っている。

## 周回ダクトへの改善

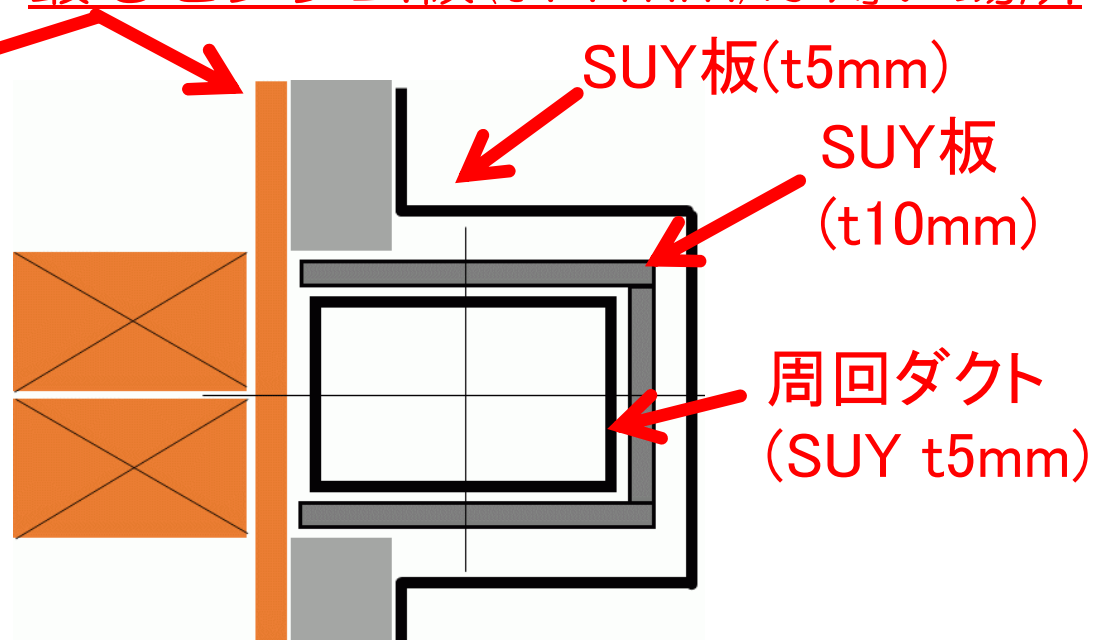
漏れ磁場軽減のため

材質をSUS316L製からSUY製に変更

周回ラインへの磁気遮蔽 (SUY3重遮蔽)

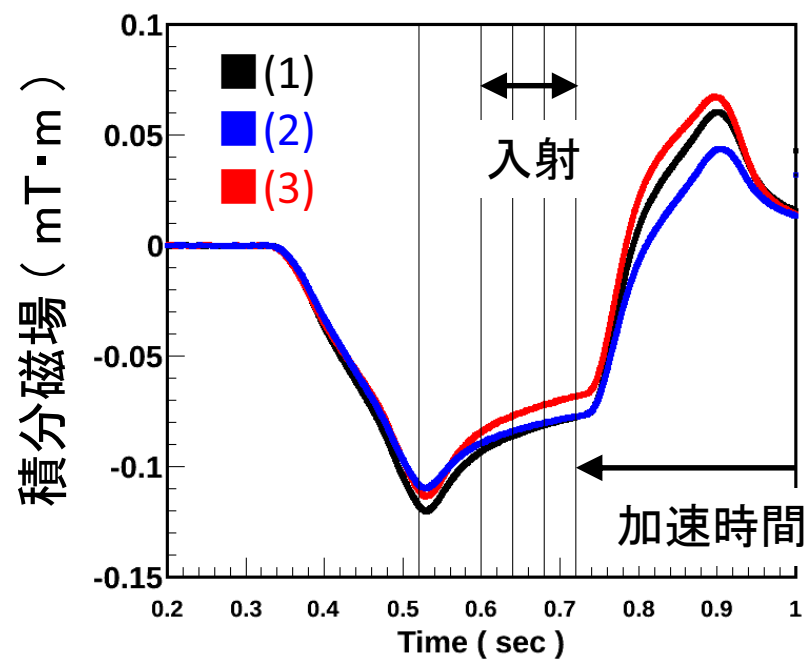
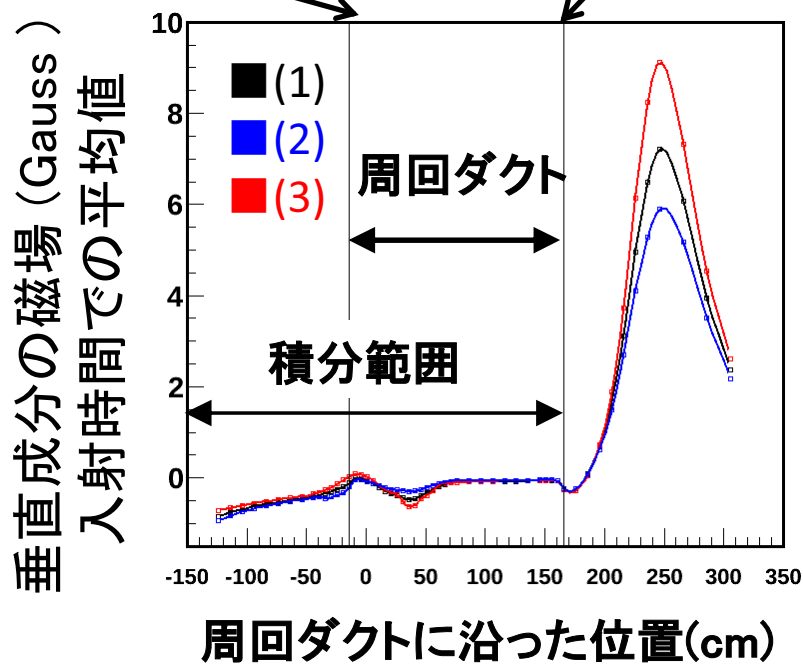
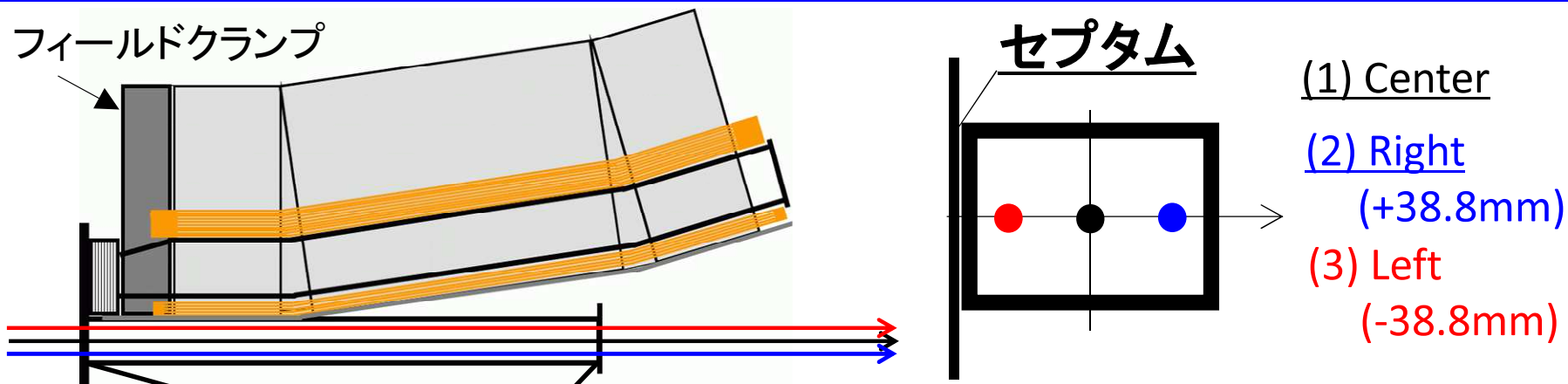


最もセプタム板(t17mm)が薄い場所



# 周回ラインへの漏れ磁場測定(2)

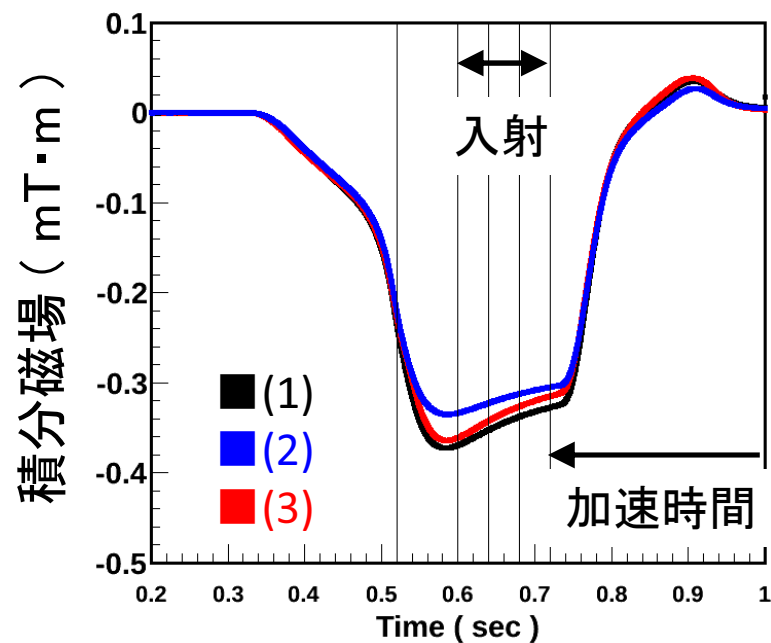
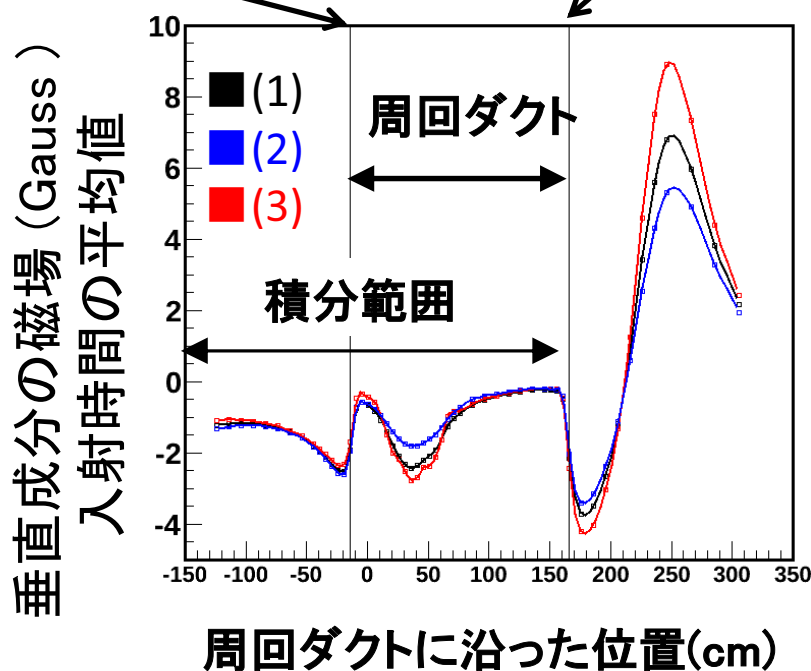
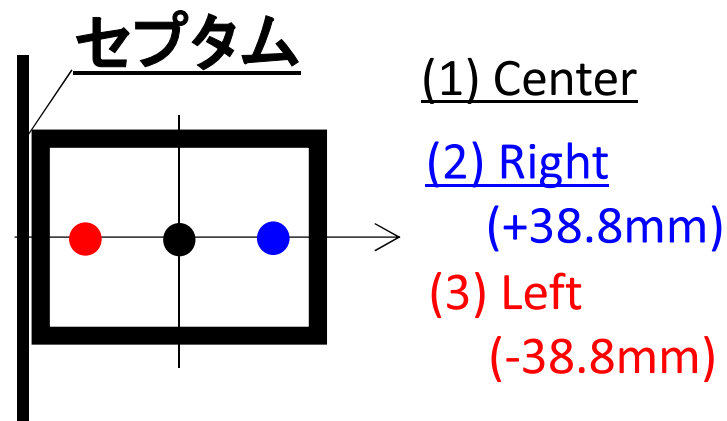
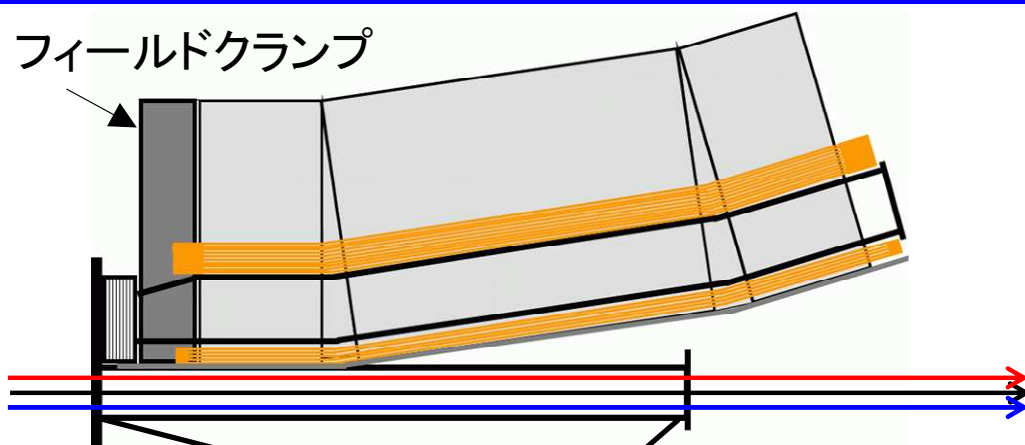
12



結果: 磁場 1Gauss 以下、積分磁場 1Gauss·m 以下

# 周回ラインへの漏れ磁場測定(3)

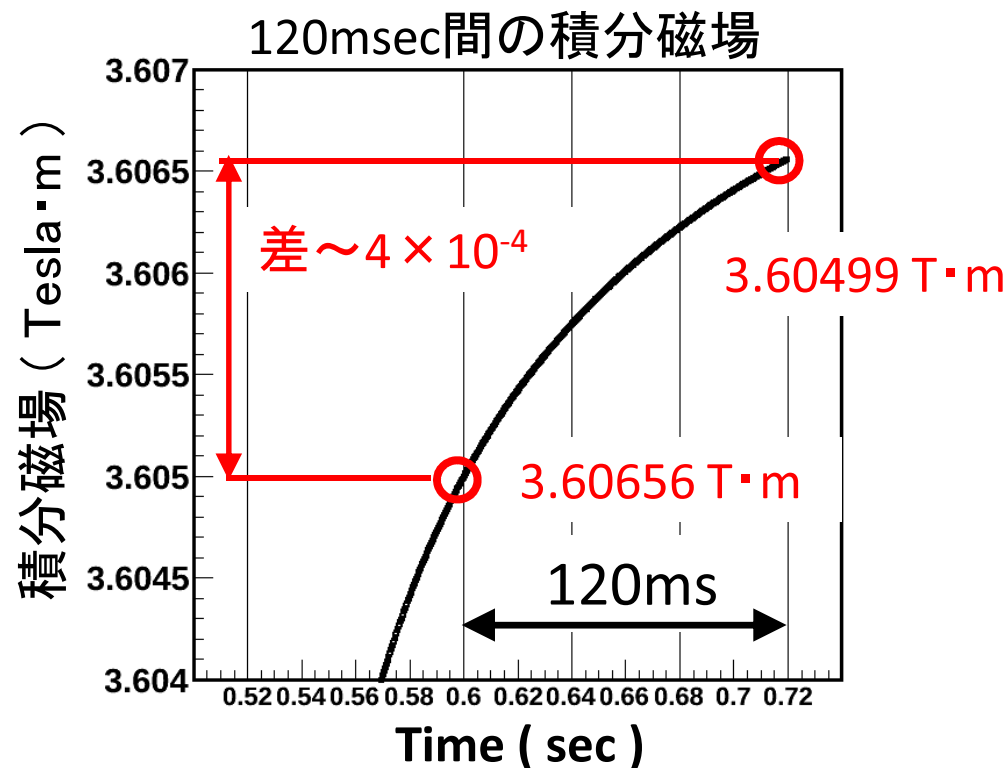
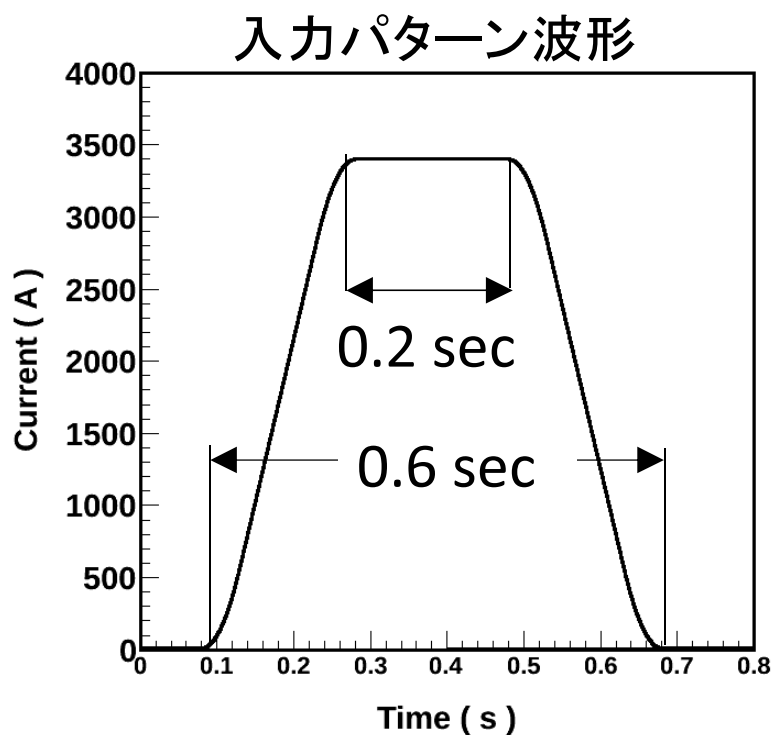
13



結果: 磁場 3Gauss 以下、積分磁場 4Gauss·m 以下

入射時間120msecの積分磁場の平坦度への要求値 =  $5 \times 10^{-5}$   
入射セプタム I はパターン波形出力電源を使用する  
→ パターン波形で平坦度を調整

平坦度調整(1) 完全平坦パターンを使用 (例: 3400A出力)

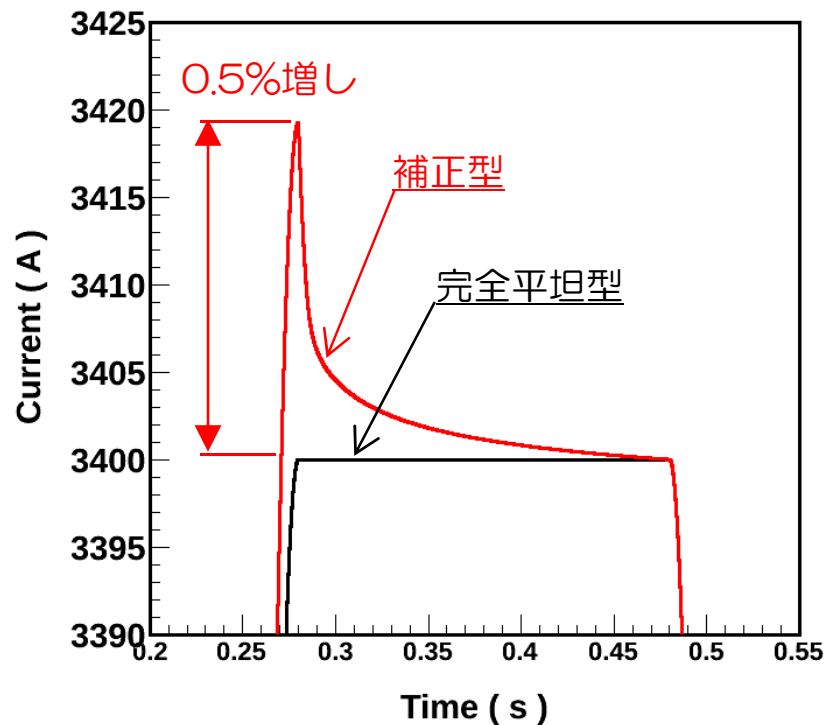


入射ダクト表面で発生した渦電流による磁場の影響で平坦度は悪い。

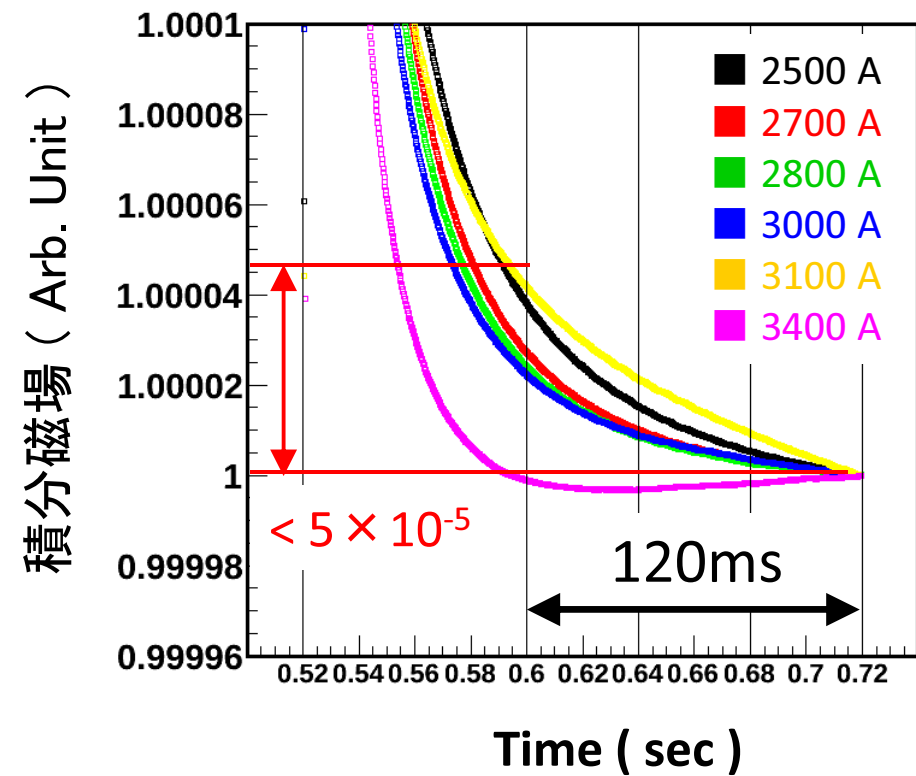
平坦度調整(2) 渦電流補正型パターン波形を決める。

渦電流効果を打ち消す程度に電流値を増加させる

補正型パターン波形



120msec間の積分磁場

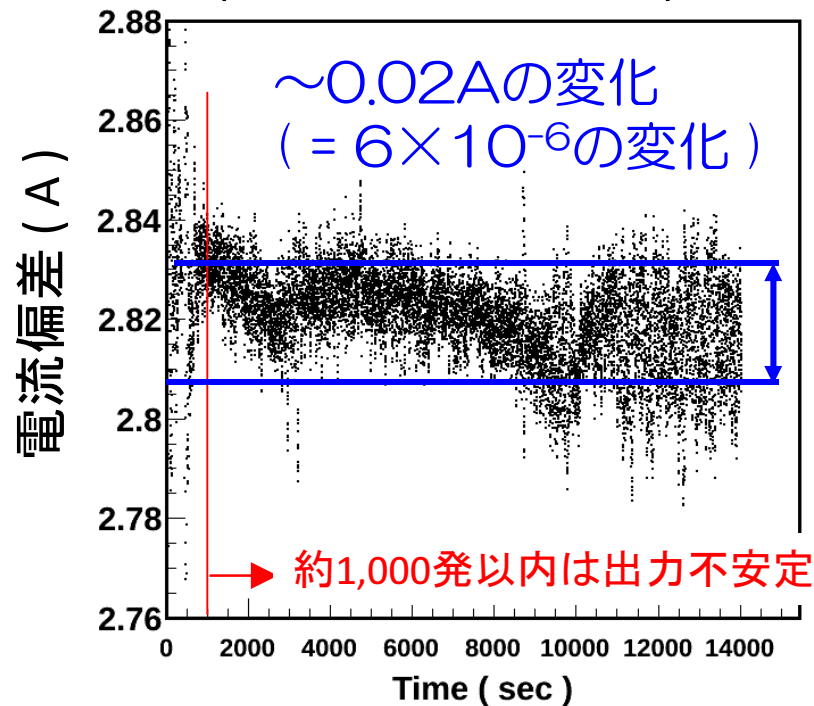


結果：全電流値で  $5 \times 10^{-5}$  以下の平坦度

# 出力電流と磁場の再現性と安定性 16

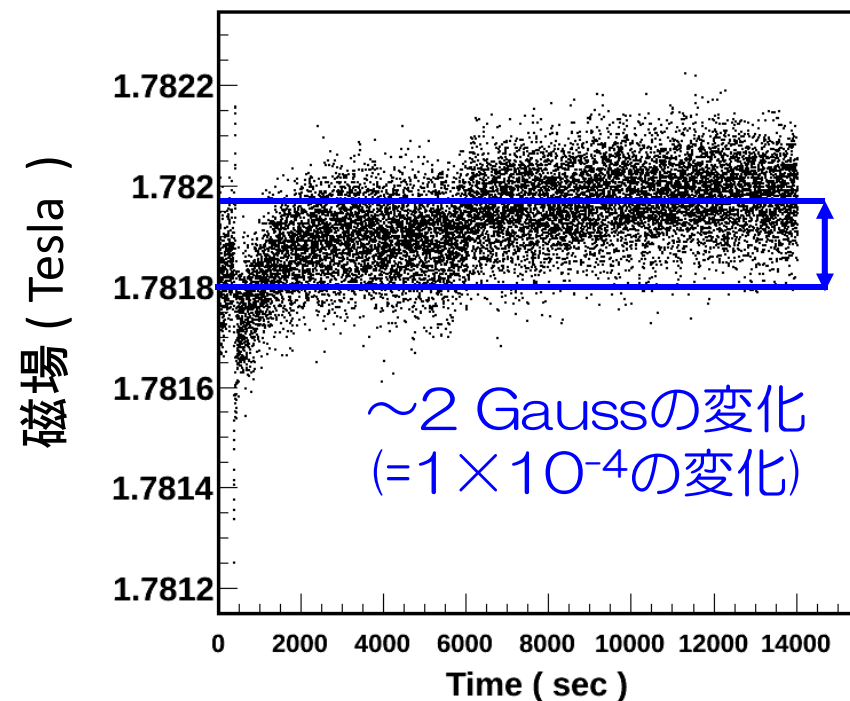
出力電流と磁場の再現性,安定性への要求値 =  $10^{-4}$ 以下  
→ 連続運転を行い再現性と安定性を測定.

電流偏差(≡設定値 - 出力値)の時間変動



分布のRMS/平均 =  $2.7 \times 10^{-6}$

磁場の時間変動



分布のRMS/平均 =  $5 \times 10^{-5}$

結果1: 再現性、安定性ともに $10^{-4}$ 以下

磁場と電流値の結果の違いは磁場の測定精度と推測



1. 新入射セプタム電磁石 I のインストール延期  
新入射+周回ビームダクト製作

2. 磁場測定

結果2-1 磁極内磁場は仕様を満たす.

結果2-2 3重遮蔽により漏れ磁場軽減に成功

結果2-3 積分磁場の平坦度を $10^{-5}$  台に調整

結果2-4 電流値、磁場の再現性と安定性は $10^{-4}$  以下

性能は十分要求を満たしている

今後 9月MRへインストール