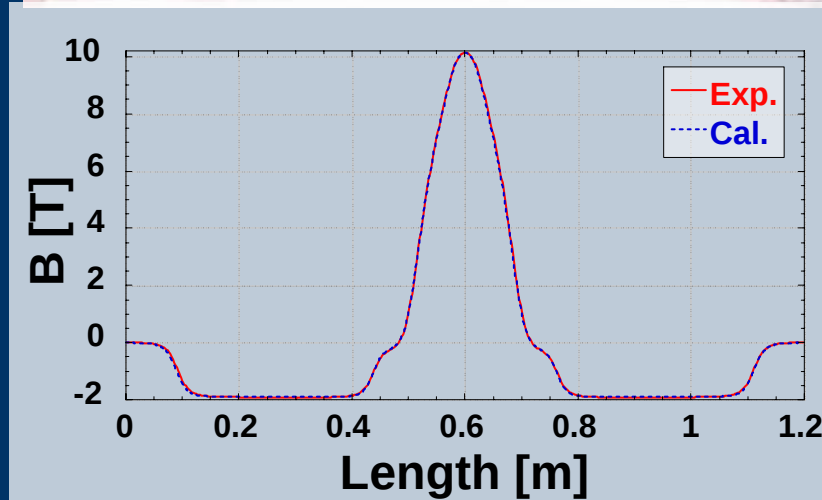


SPring-8超伝導ウイグラー(SCW)の磁場測定

- 1 . SCWの概要
- 2 . 磁場の測定方法
- 3 . 結果(途中経過)
- 4 . 多極磁場の解析
- 5 . まとめ
- 6 . 今後の計画

1. SCWの概要

1 - 1. 磁極形状と磁場分布



- Central-pole
中心1ヶ所

$B_{MAX}=10\text{T}$ で放射光発生

- Side-pole
左右2ヶ所

$B_y \sim 2\text{T}$ でビーム軌道を
元に戻す

外部に影響を与えないISCW

→ $\int B_y ds = 0$

→ $\int (d^n B_y / dx^n) ds$ 見積もる

Fig.1-1. 磁極形状(上)と磁場分布(下)

1 - 2 . SCW外形図

- ・開口部の寸法が小さい(20mmx70mm)うえ奥行きが長い(～2m)
- ・磁場が強い(10T)ので金属性材料が使用できない

両端でテンションをかけたゴム製ベルトにホール素子を乗せて移動

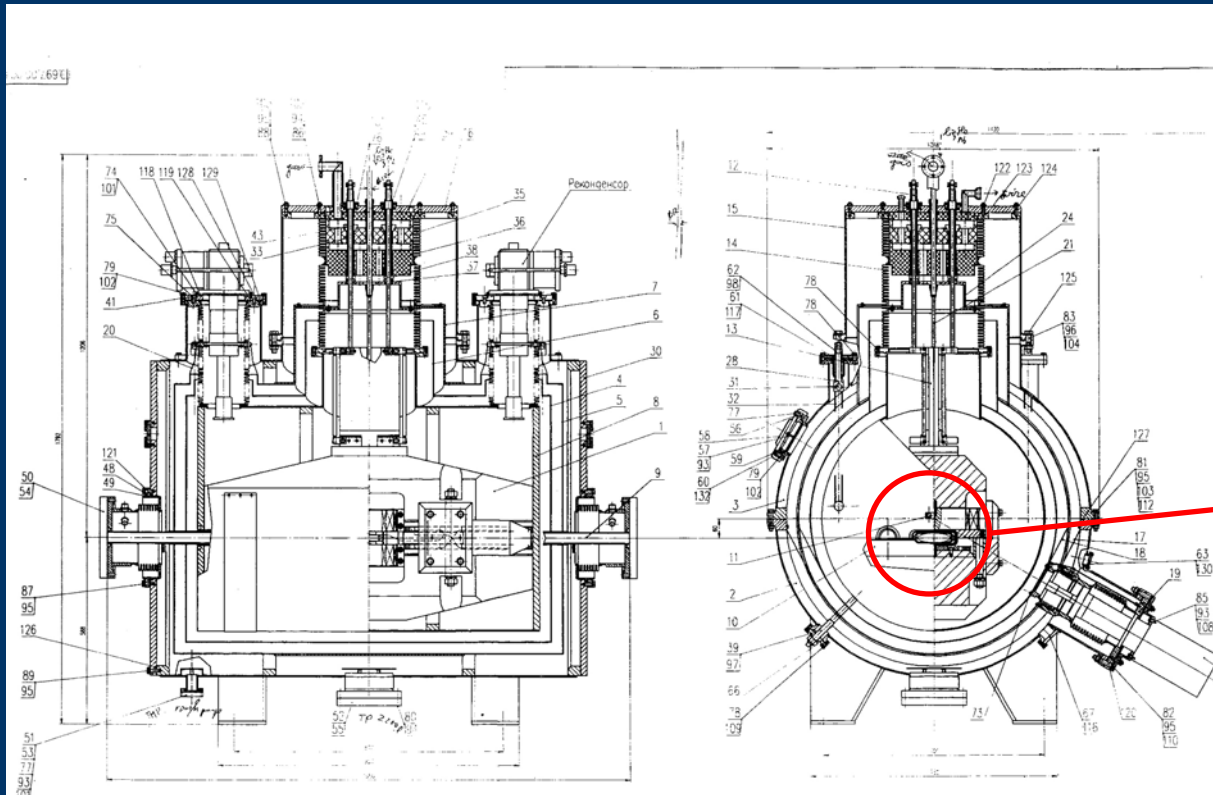


Fig.1-2 . SCWの断面図(左)と開口部拡大図(右)

2 - 1 . 測定範囲と精度

- ## 断面分布(9T)

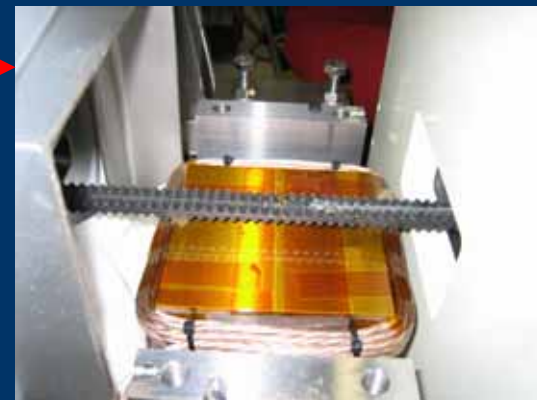
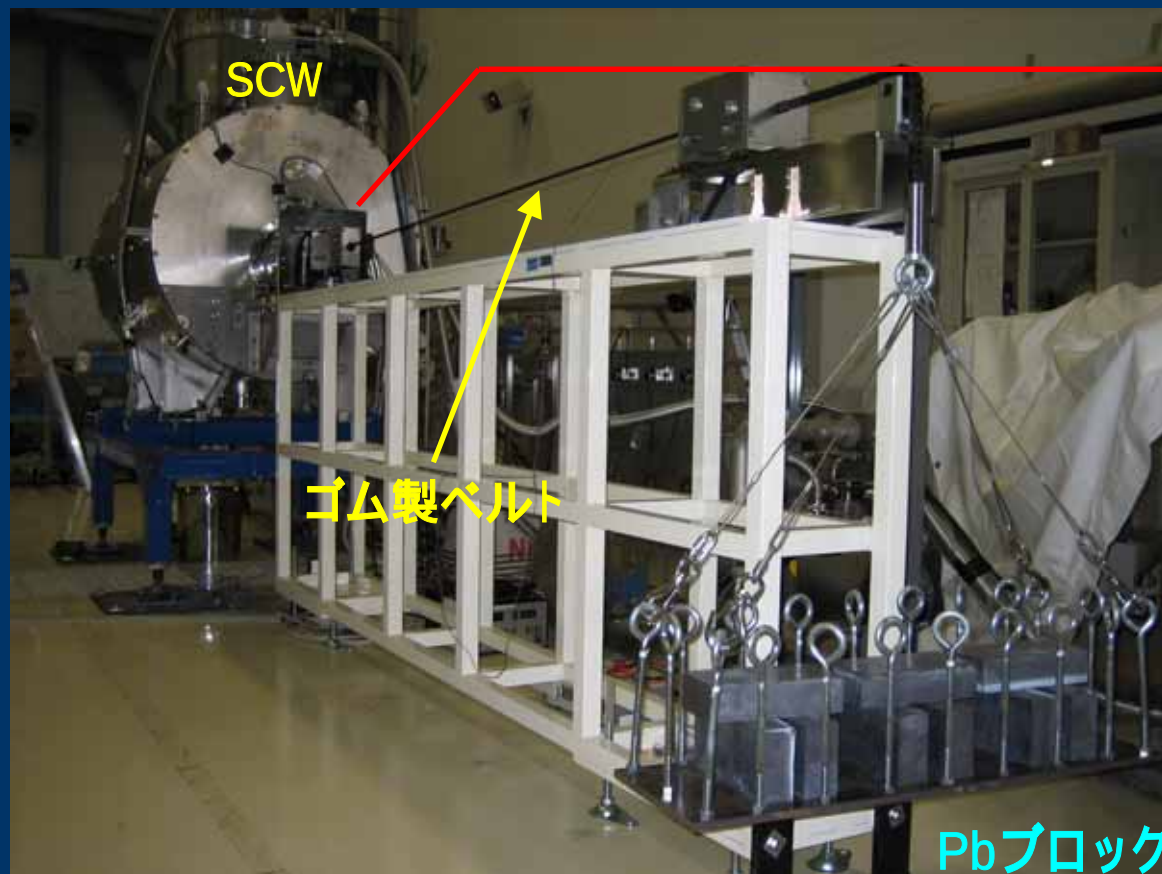
最大振幅 $x_{\text{MAX}} = -7\text{mm} \pm 10\text{mm}$ (at $s=0$)、**ビームサイズ** $\sigma_x = 0.1\text{mm}$



2 - 2 . ホール素子移動用ステージ

s方向: ステッピングモータ

x、y、 θ s方向: マイクロメータ付きステージ



回転設置誤差校正用
基準電磁石
(H型、下半分)

Pbブロック9個
(127kg)

Fig.2-2 . SCWとホール素子移動用ステージ

2 - 3 . 測定誤差の主要因

(1) ホール素子設置位置誤差: δx , $\delta y < 0.5\text{mm}$

$$\delta y = a \left\{ \cosh\left(\frac{s}{a}\right) - \cosh\left(\frac{s_0}{a}\right) \right\} \quad (2-1)$$

$$a = H/w = 2.23 \times 10^3 \text{m}, \quad s_0 = 1.116 \text{m}$$

$$\rightarrow \delta y < 0.28 \text{mm}$$

ビーム軌道上の磁場を内挿

(2) ホール素子設置回転誤差: $\delta\theta_x$, $\delta\theta_s$

$$B_y = B_{y0} \cos \delta\theta_{x,s} \quad (2-2)$$

絶対値の誤差: $\delta\theta_s$, $\delta\theta_x < 50\text{mrad}$

$$\rightarrow \delta B_y < 0.13\%$$

$$\delta\theta_x = \frac{d\delta y}{ds} = -\sinh\left(\frac{s}{a}\right) \quad (2-3)$$

s方向の相対誤差: $\delta\theta_x < 0.5\text{mrad}$

$$\rightarrow \delta B_y < 1.25 \times 10^{-7}$$

(3) ホール素子周辺温度の分布: δT

$$\delta B_y = c \delta T, \quad c = 4 \times 10^{-4} \quad (2-4)$$

相対誤差

$$x: \delta T < 0.3\text{deg} \rightarrow \delta B_y < 1.2 \times 10^{-4}$$

$$s: \delta T < 3.0\text{deg} \rightarrow \delta B_y < 1.2 \times 10^{-3}$$

2 - 4 . 設置回転誤差の補正

$\delta\theta_s$: θ ステージでベルトを傾ける。

$\delta\theta_x$: 基準電磁石を傾ける。

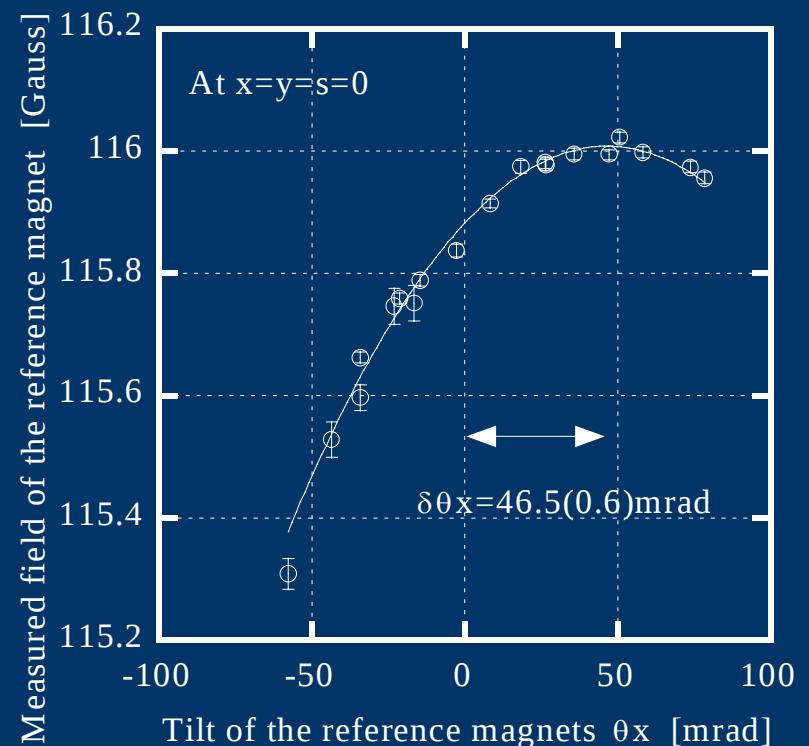
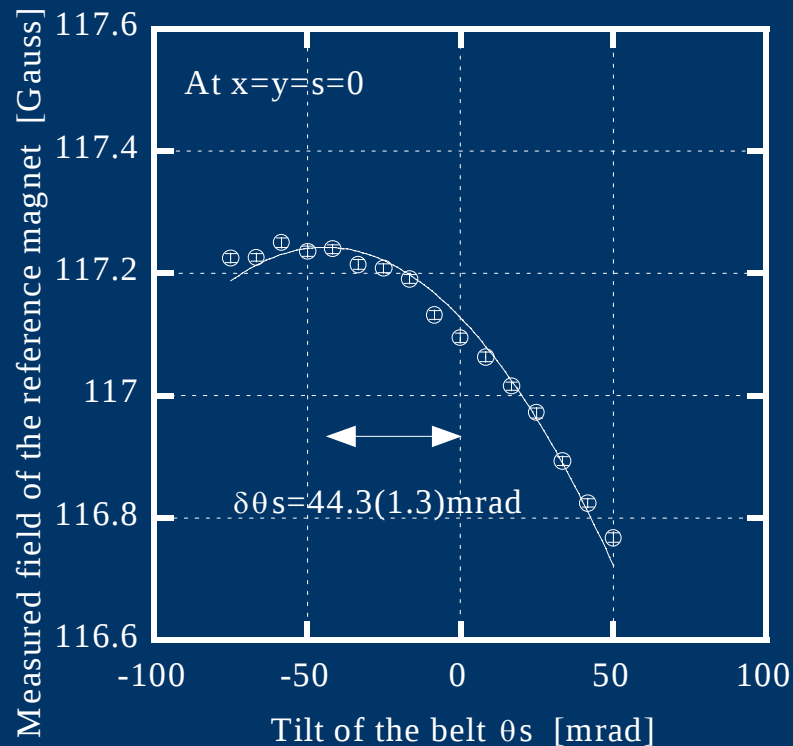


Fig.2-3 . プローブの回転角度に対する中心磁場の測定値

$\delta\theta_s=44.3\text{mrad}$ 、 $\delta\theta_x=46.5\text{mrad}$

→ $\delta B_y=0.10\%$ 、 0.11%

3. 結果(途中経過)

3-1. 励磁特性と再現性

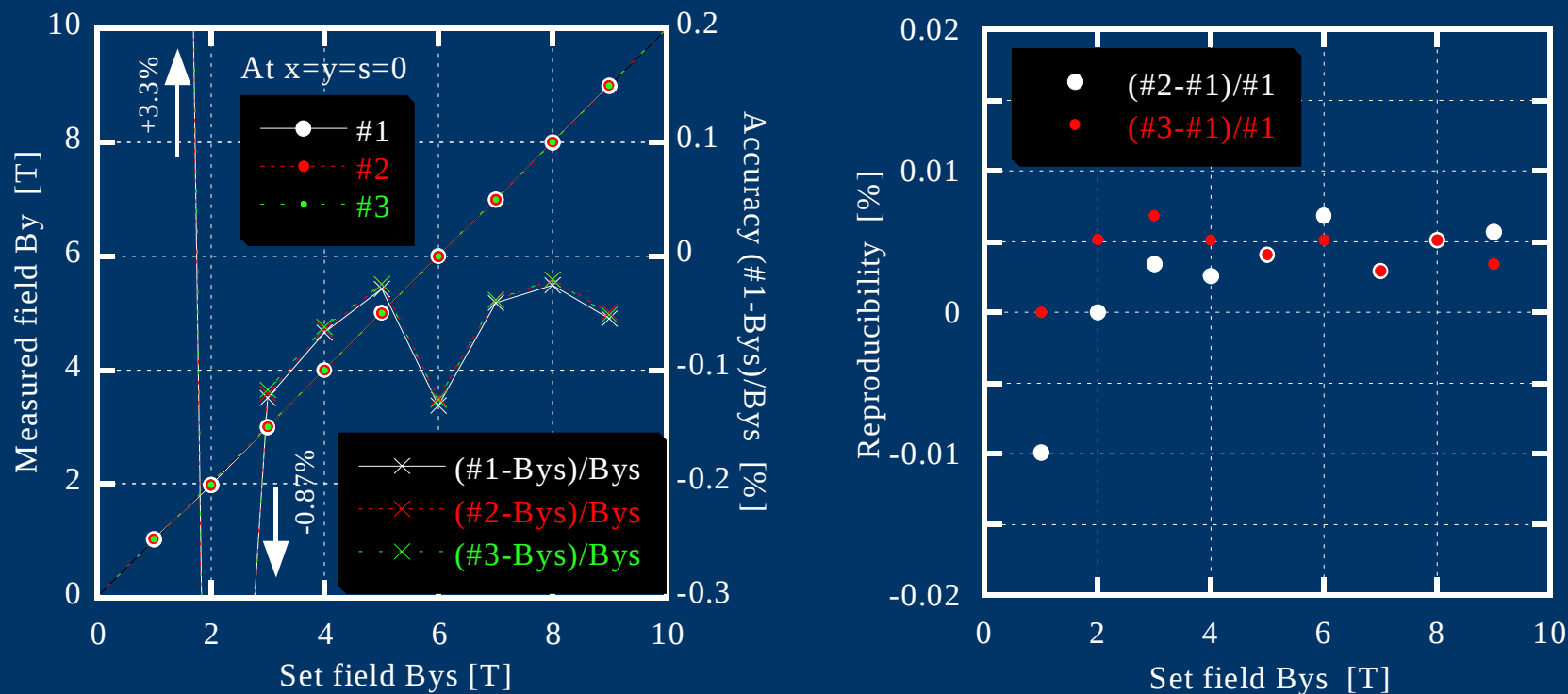


Fig.3-1. 中心($x=y=s=0$)での励磁特性(左)と磁場再現性(右)

絶対値精度:< 0.12%($B_y > 3\text{Tesla}$)

磁場再現性:< 0.01%

3 - 2 . 長手方向分布 (s方向分布)

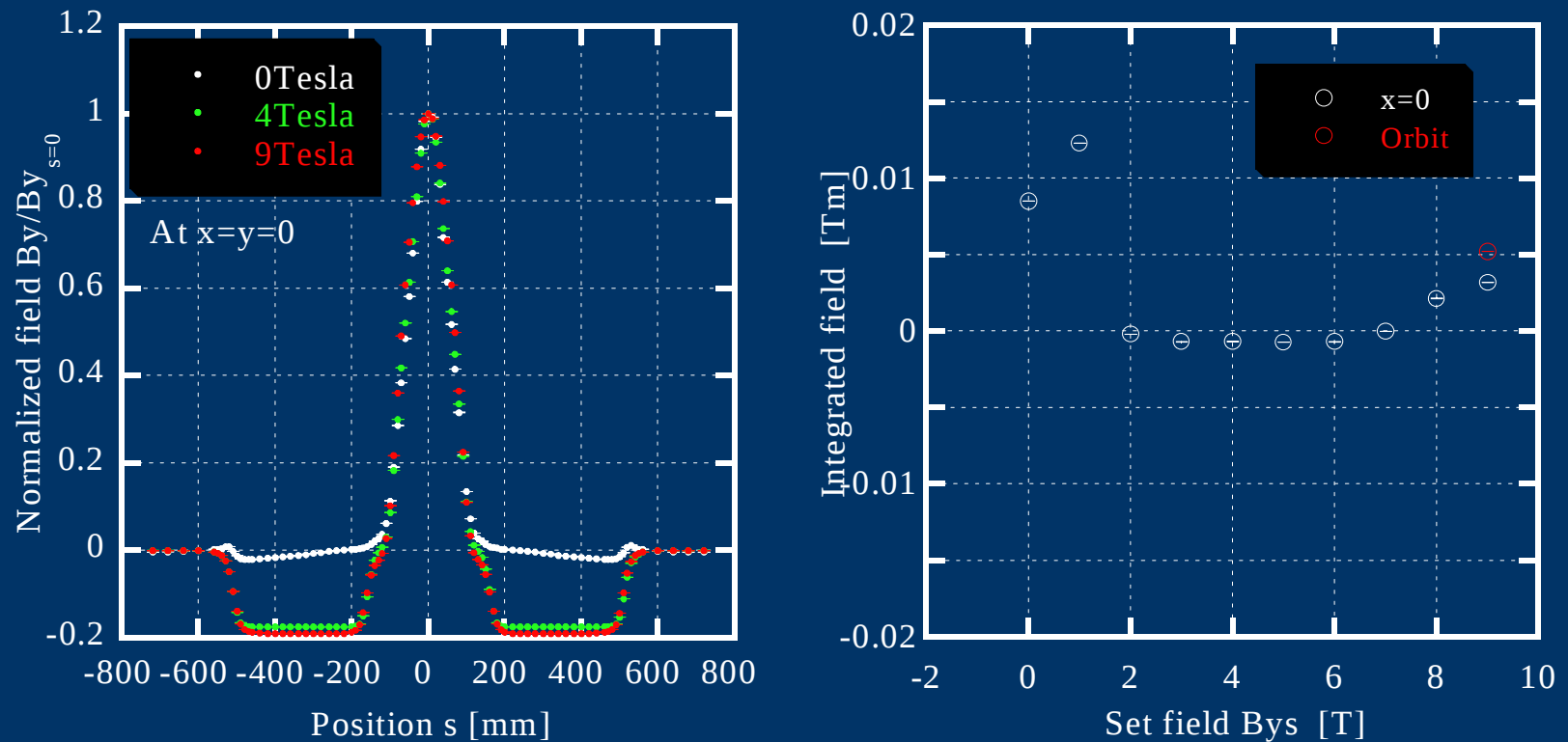


Fig.3-2 . 中心軸上 ($x=y=0$) のs方向分布 (左) と積分磁場 (右)

$\int B_y ds : < 0.01 \text{ Tm}$

SCWでのキック : $< 0.37 \text{ mrad}$

3 - 3 . 断面分布 (x方向分布)

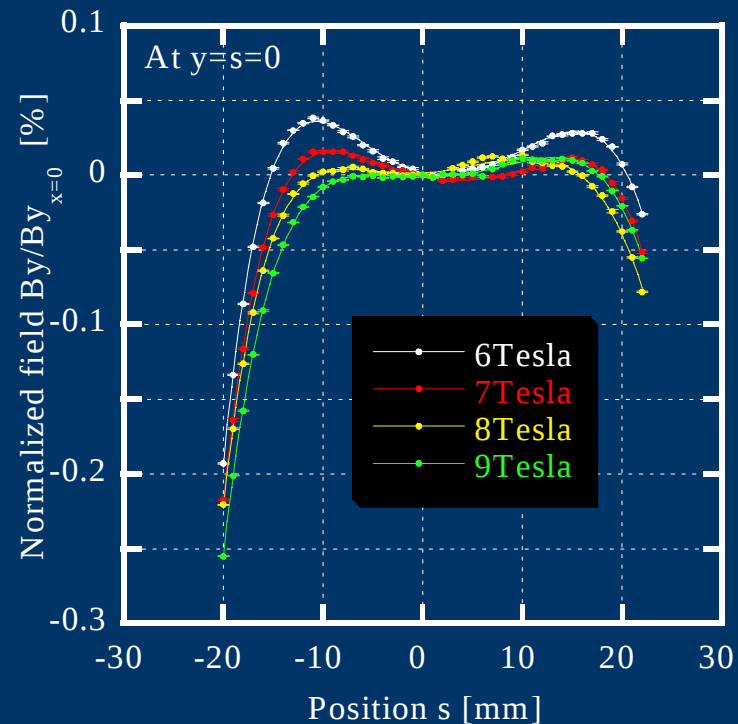
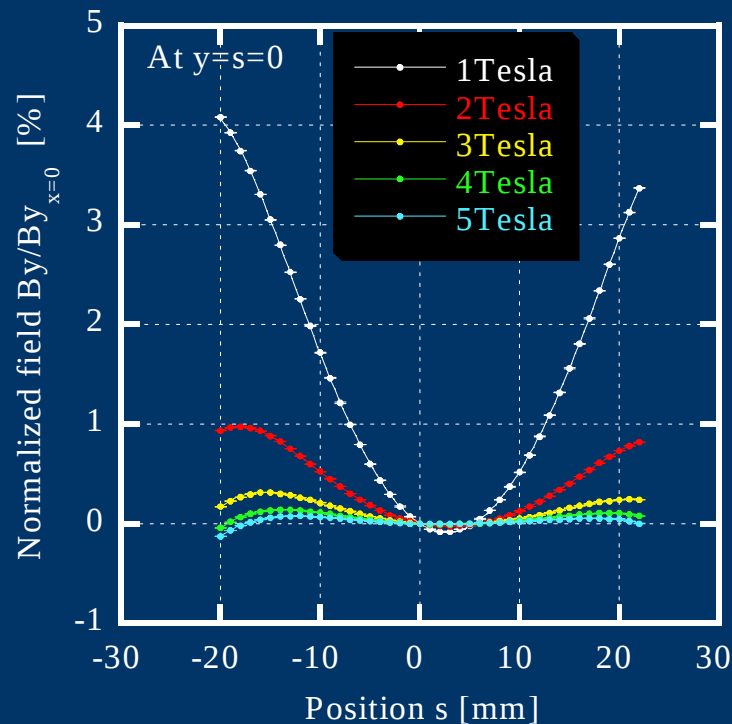


Fig.3-3 . 長手中心面 ($y=s=0$) でのx方向分布。左:1-5Tesla、右:6-9Tesla

6 次関数でフィッティングして多極成分を求めた

4. 多極磁場の解析

4 - 1. 多極成分(9Tesla、4極、6極成分)

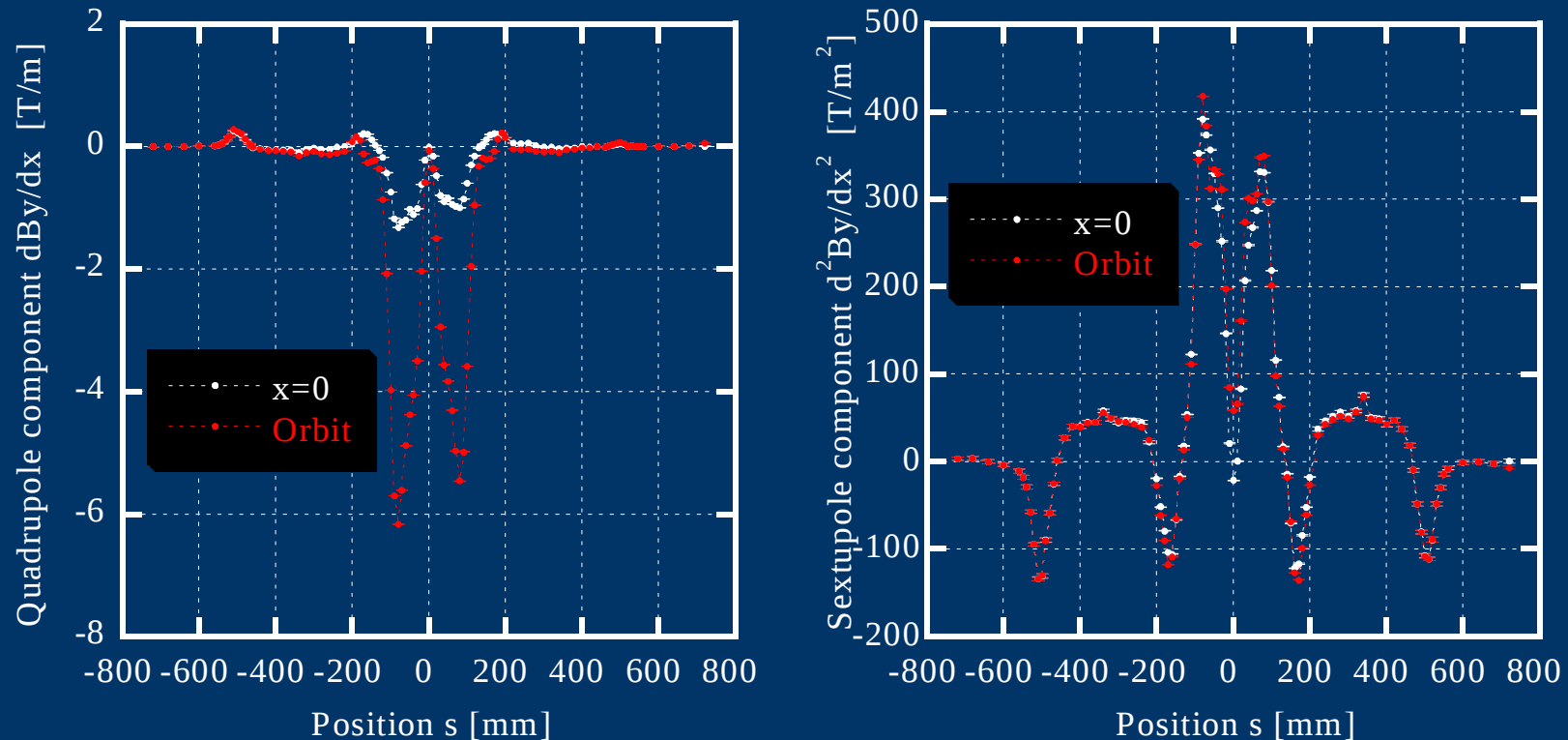


Fig.4-1 . 4極成分と六極成分のs方向分布。
中心軸上 ($x=y=0$ 、白) とビーム軌道上 (赤)

$$\int (dBy/dx) ds \text{ [T]} = -0.1578 \pm 0.0004, \quad -0.8529 \pm 0.0005$$
$$\int (d^2By/dx^2) ds \text{ [T/m]} = 55.1 \pm 0.2, \quad 58.7 \pm 0.2$$

4 - 2 . 多極成分のまとめ

表4-1 . 多極成分のビームに沿った積分値 (9Tesla)

極数	積分値	
4	-0.8529 ± 0.0004	[T]
4*	-0.4738 ± 0.0005	[T]
6	58.7 ± 0.2	[T/m]
8	$(-5.2 \pm 0.8) \times 10^2$	[T/m ²]
10	$(-3.6 \pm 0.5) \times 10^5$	[T/m ³]
12	$(-4.0 \pm 1.0) \times 10^7$	[T/m ⁴]
14	$(1.0 \pm 0.7) \times 10^{10}$	[T/m ⁵]

$$* \quad x'' + \left(\frac{1}{\rho^2} + k \right) x = 0$$

の左辺第二項を表示

4極: $\Delta v, \Delta \beta \rightarrow$ 寿命低下

$$\Delta v_{x,y} = -0.0035, 0.033$$

$$|\Delta \beta_{x,y} / \beta_{x,y}| < 2.7\%, 26\%$$

$$\text{Cf. } \Delta v_{x,y} \sim 0.5/1\text{台}$$

6極: 入射効率低下

$$\text{Cf. } 50 \sim 100 [\text{T/m}] / 1\text{台}$$

6極以上はトラッキングにより
外部への影響を計算

4 - 3 . トラッキングの結果

計算コード“CETRA” (SPring-8オリジナル) を使用

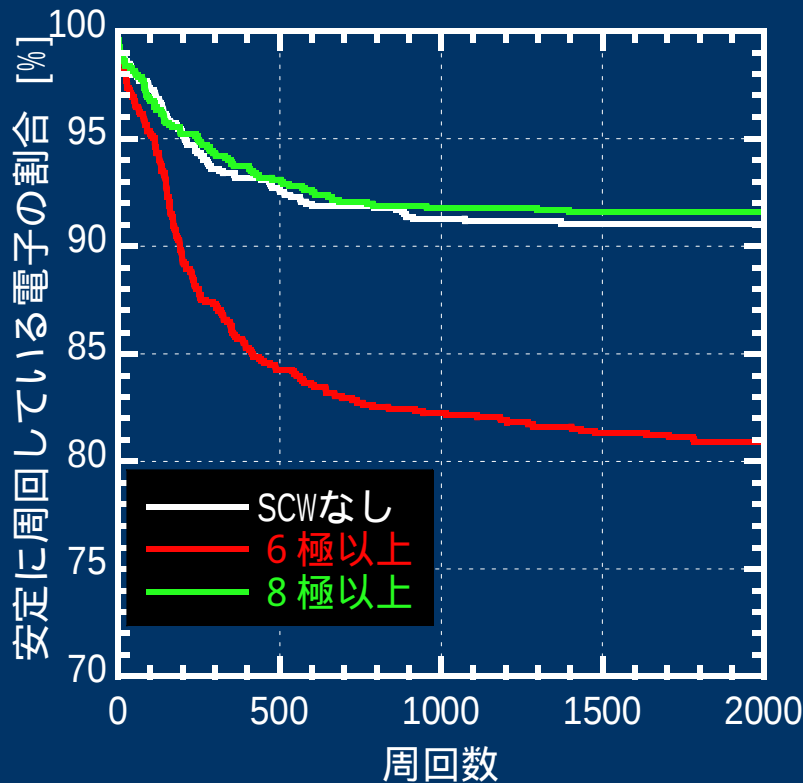


Fig.4-2 . SCW導入による入射からの電子生存率の変化(1000粒子)

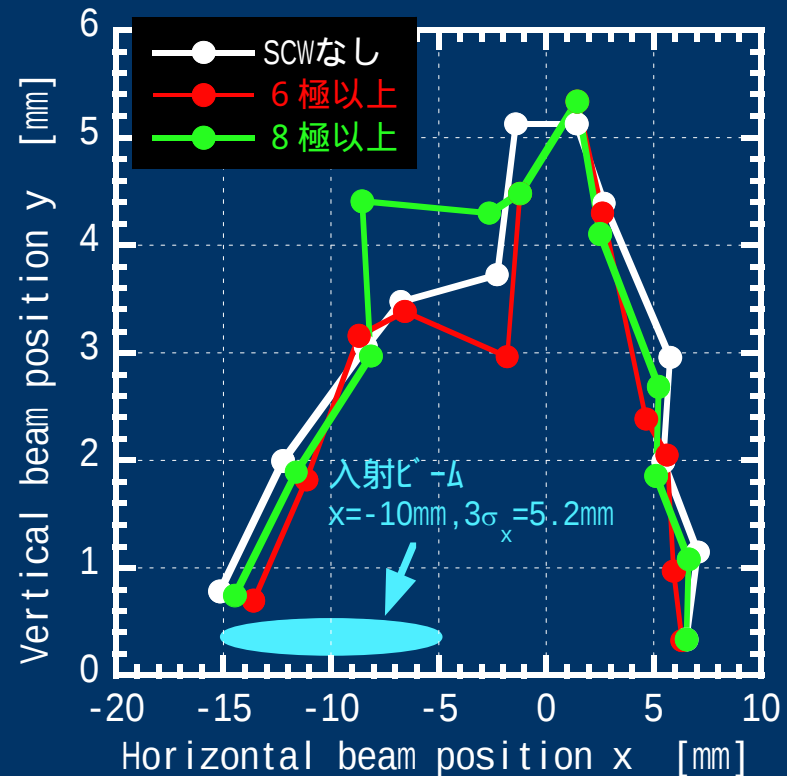


Fig.4-3 . SCW導入によるダイナミックアパーチャの変化

- ・ 入射効率から見れば、少なくとも6極電磁石が新規に必要
- ・ 今後、9T以外でも確認する

5. まとめ

- ・磁場主成分でのキック量は補正可能(0 ~ 9T)
- ・4極成分によるチューンシフト、ベータ関数歪みは既設の四極電磁石で補正可能(9T)
- ・6極成分により入射効率が低下する可能性あり(9T)

6. 今後の計画

- ・9T以外で磁場測定し多極成分の影響を見積る