



次世代標準アンジュレータに向けた 吸引力相殺機構の開発

金城良太¹、清家隆光²、鏡畑暁裕²、山本樹³、田中隆次¹

¹ RIKEN SPring-8 Center

² JASRI

³ KEK-PF

アウトライン

- 従来型アンジュレータが持つ諸問題
- 吸引力相殺機構
 - 重要性
 - 現状
 - 多極着磁ブロックを用いた吸引力相殺機構
 - ▶ プロトタイプ設計のための予備実験
- 超軽量・コンパクトな次世代標準アンジュレータ計画

アンジュレータの需要

•放射光リング

– 第3世代大型放射光施設アップグレード

‣ SPring-8-II ~40台

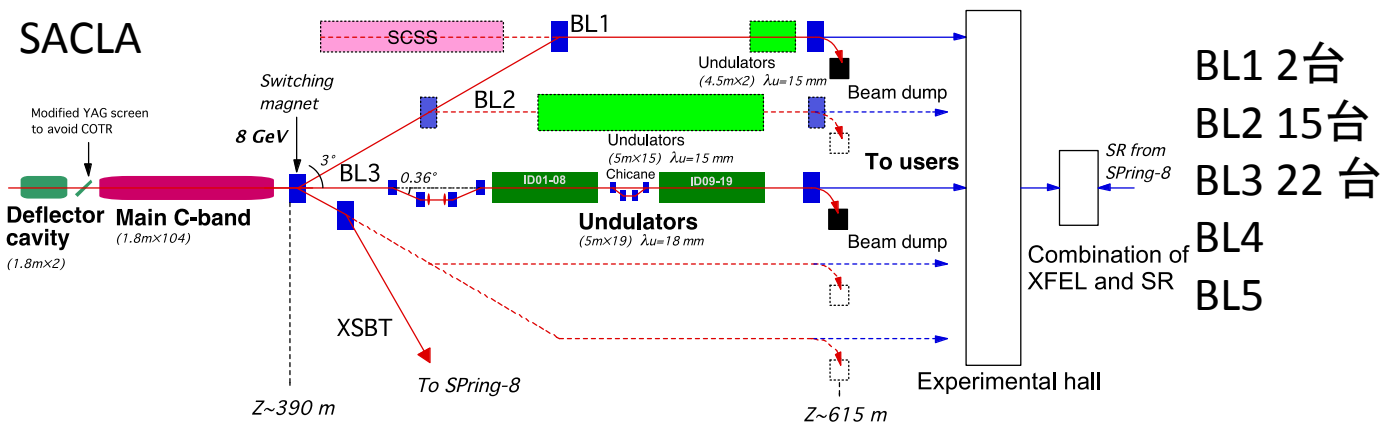
– 中規模・低エミッタンス放射光施設の建設

•X線自由電子レーザー(XFEL)

‣ 1ビームライン ~100 m (5 m × 20台) 以上

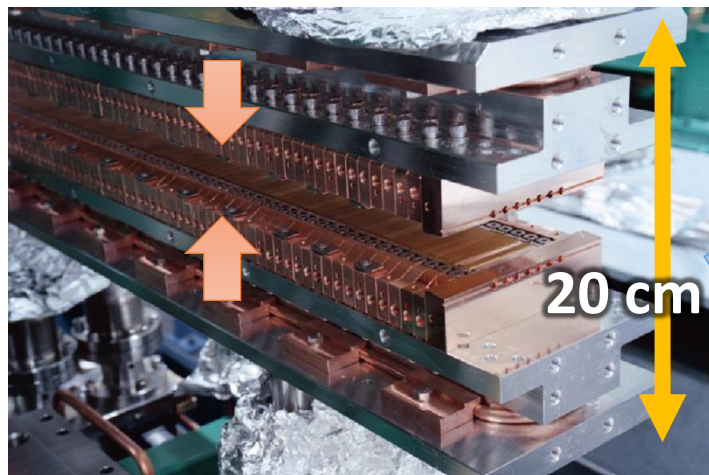
‣ SACLA ~5ビームライン

‣ 高繰り返しの超伝導リナックとの組み合わせ ~20ビームライン



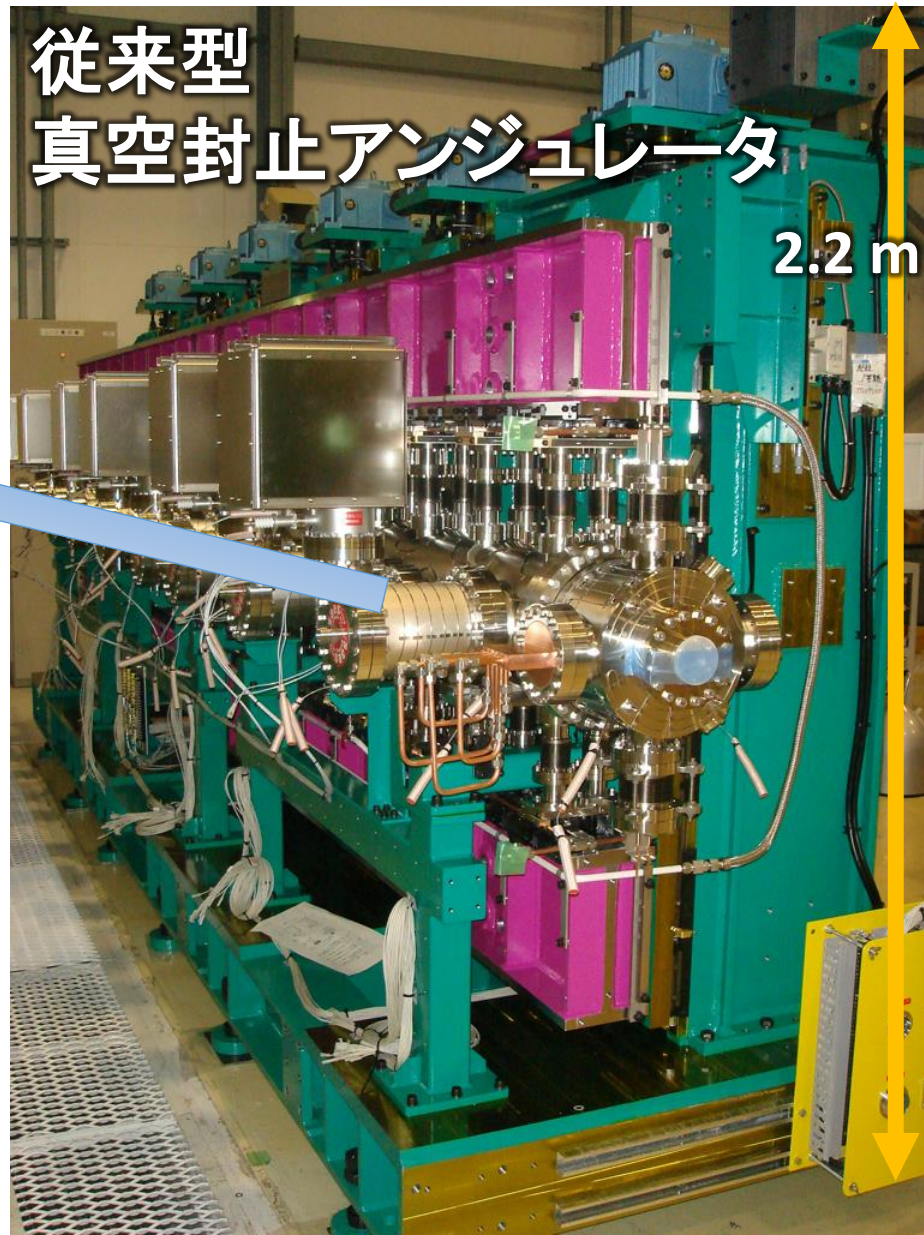
従来型アンジュレータ

数トン/mに及ぶ磁気吸引力
1 μm の精度でギャップを駆動

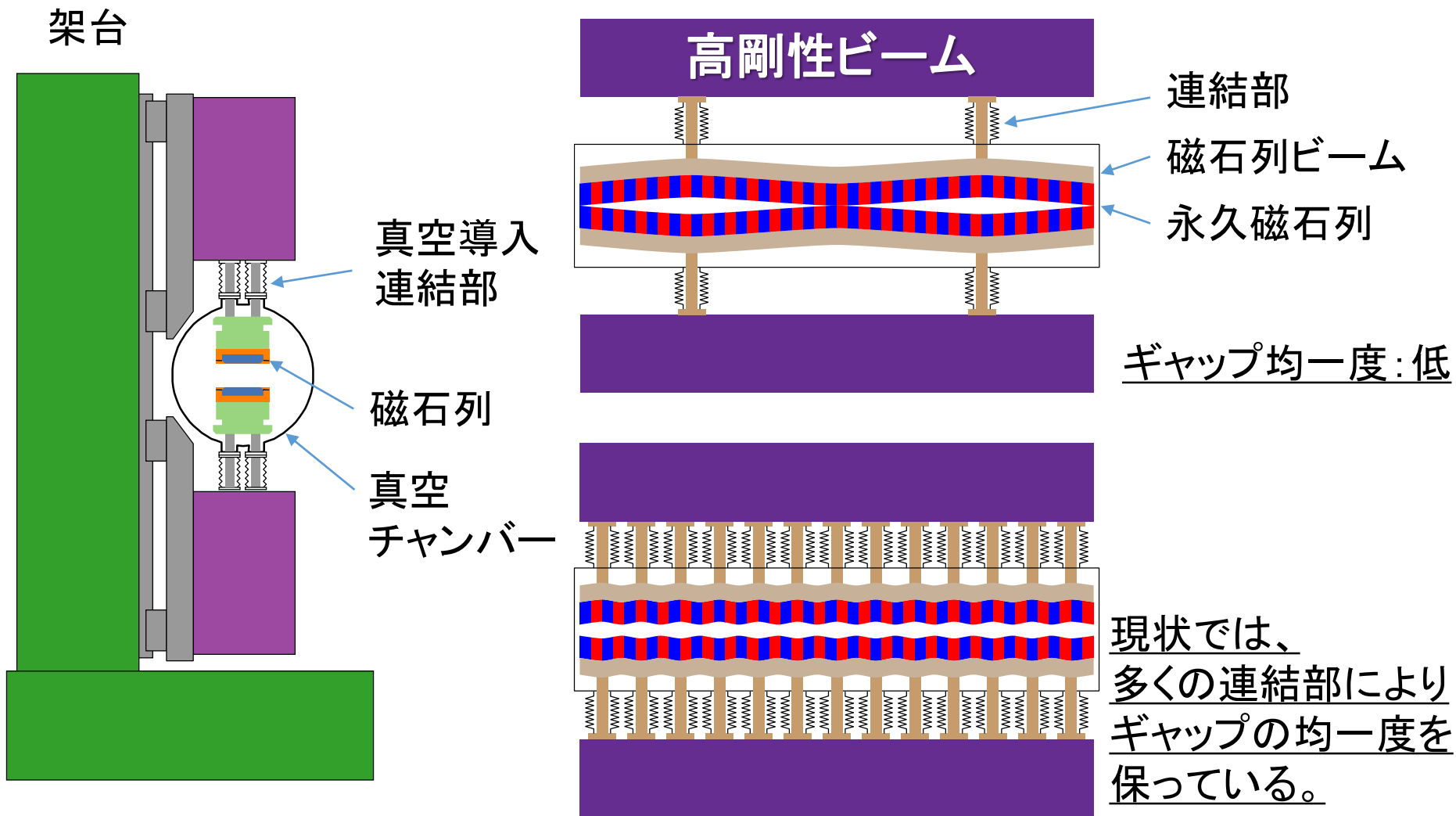


- 心臓部である磁石以外で
- ✓ 重厚長大な駆動架台
- ✓ 複雑な機械構造

従来型
真空封止アンジュレータ



真空封止型：さらに複雑な機械構造



従来型アンジュレータの問題点

強力な吸引力

真空封止型

高剛性架台

負荷の分散
(磁石列変形抑制)

大型化・重量化

部品点数の増加

アライメント&
輸送手順煩雑化

タイトな加工
&組立精度

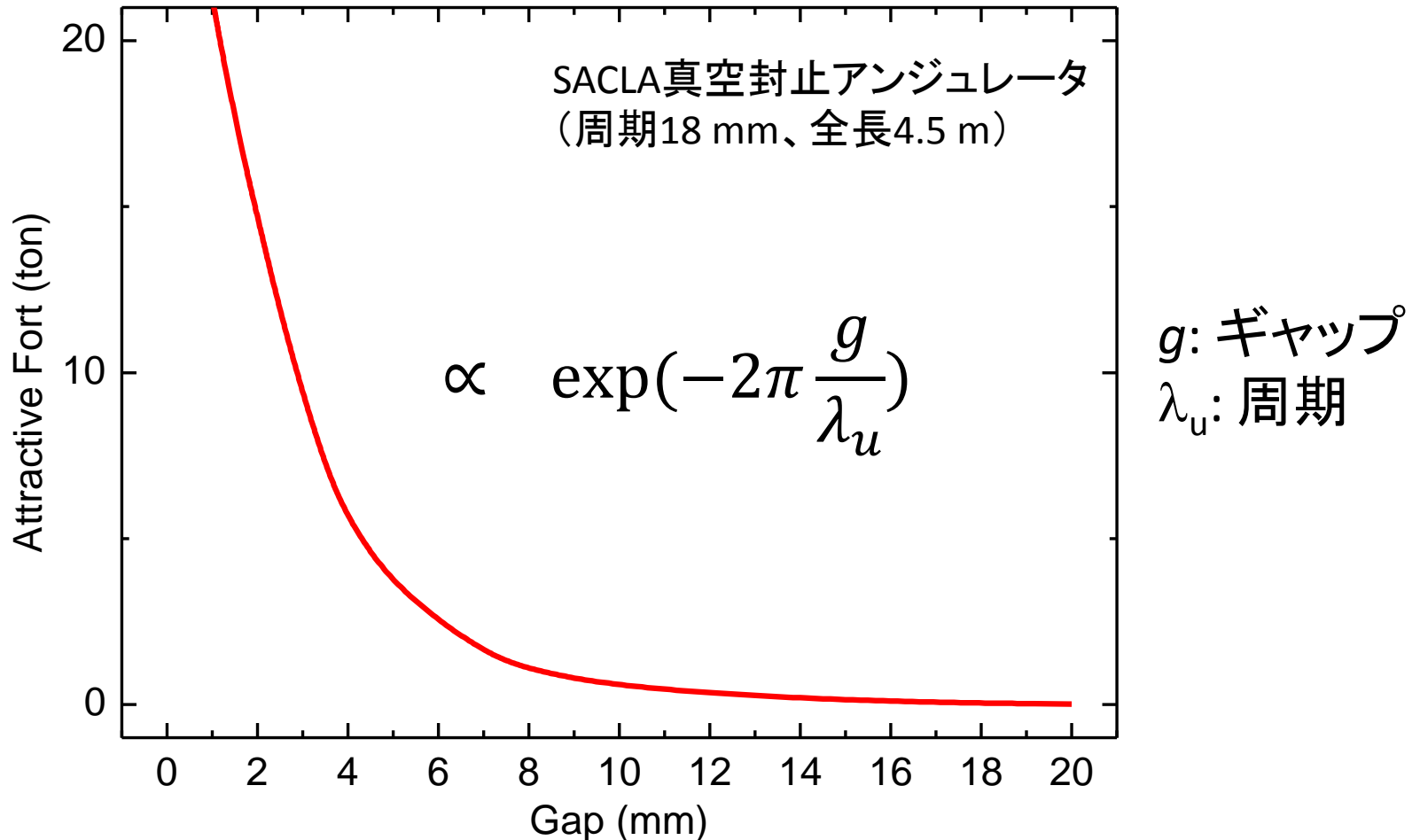
複雑な
機械構造

高コスト化

吸引力を相殺したアンジュレータ

- 超軽量・コンパクト架台
 - 低コスト化
 - アライメント・輸送の簡易化
 - 建設期間の短縮
- XFEL超狭ギャップ運転を見越した架台設計が容易に
 - 長波長側への発振波長拡大(強磁場化)
 - 短波長側への発振波長拡大(短周期アンジュレータビームライン)

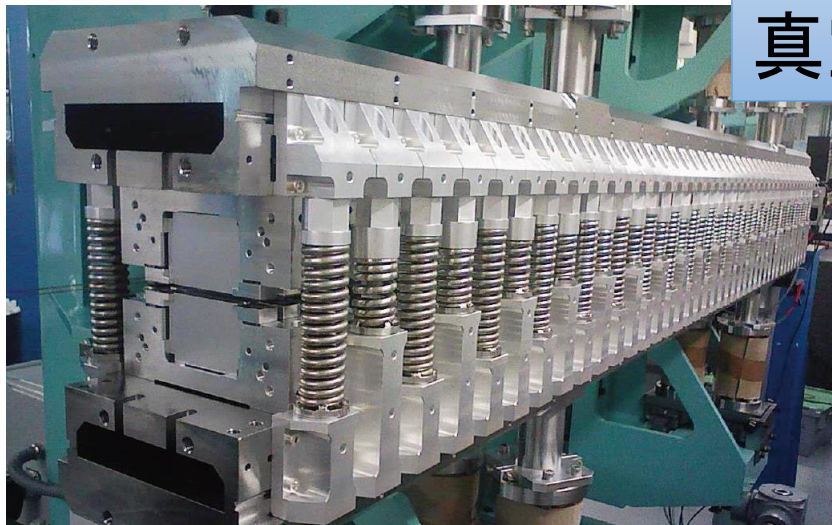
アンジュレータにおける磁気吸引力



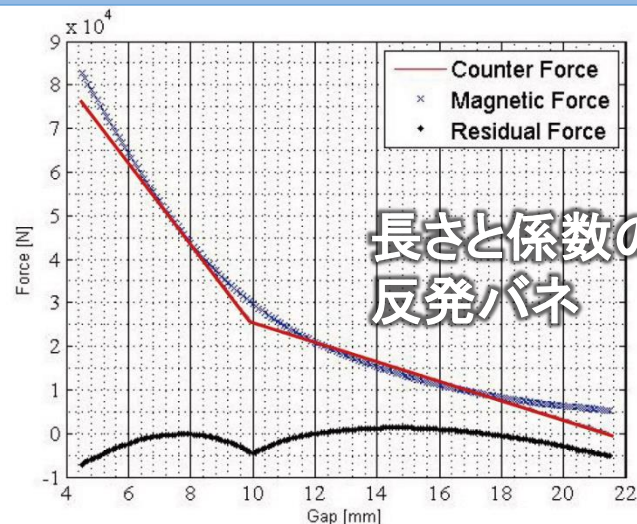
吸引力相殺機構には
吸引力と同じギャップ依存性を持つ反発力が必要

吸引力相殺機構の現状 1/2

真空封止ウィグラー(仏SOLEIL)



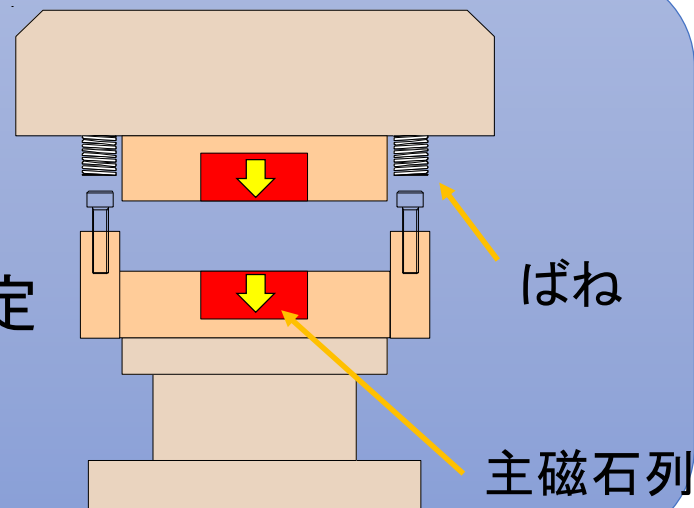
O. Marcouille et al., IPAC2010



長さと係数の異なる
反発バネ

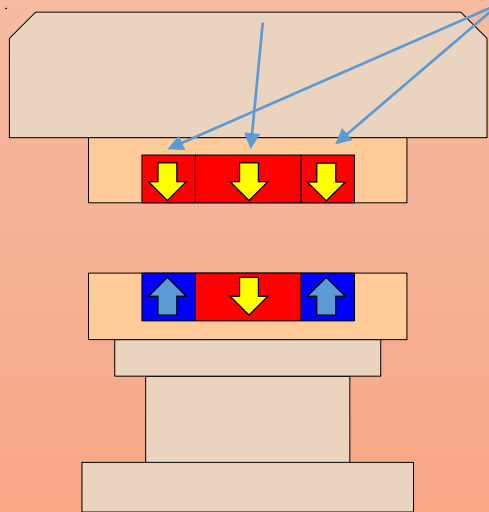
• 機械式の欠点

- 吸引力とギャップ依存性が異なる
- 閉じた(狭い)開口における磁場測定
- バネの耐久力&調整方法



吸引力相殺機構の現状 2/2

主磁石列 反発磁石列(同じ周期構造)



•磁場式

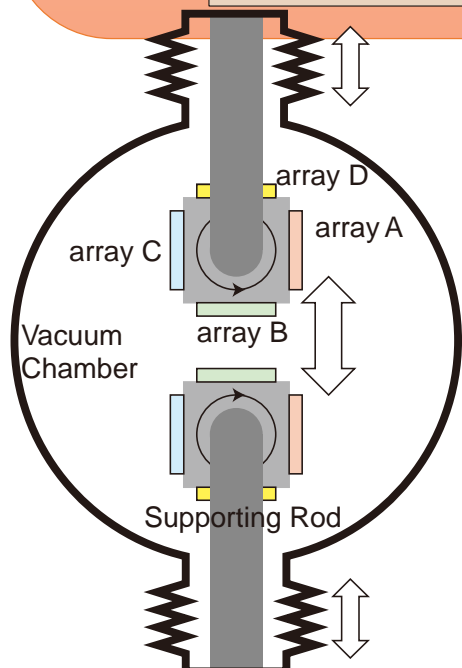
- 吸引力と同じギャップ依存性

•欠点

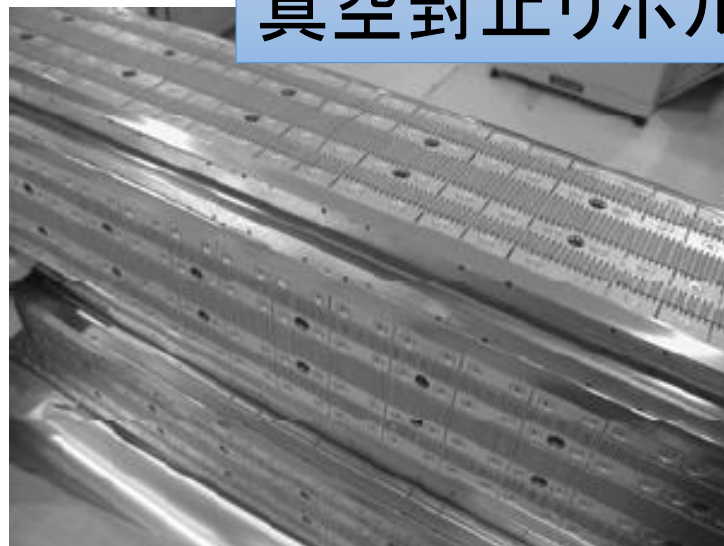
- 永久磁石、部品点数増加

- 組み立ての手間

高コスト



真空封止リボルバーU(SPring-8)



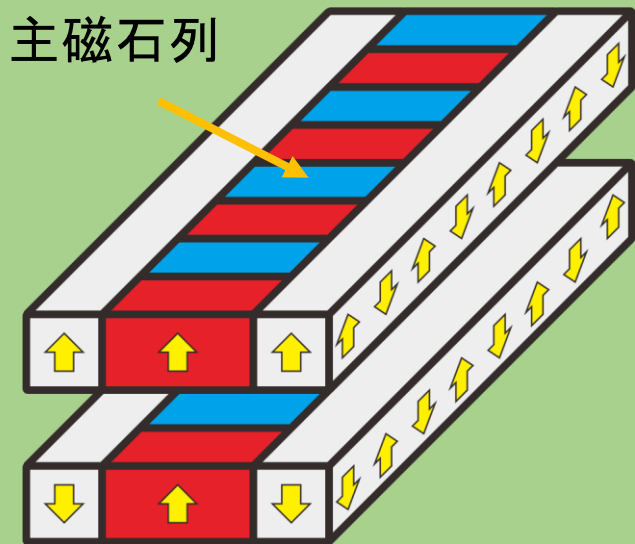
同じ周期構造

反発磁石列 W8 mm
主磁石列 W16 mm
反発磁石列 W8 mm

T. Bizen et al., SRI2003

多極着磁ブロックによる吸引力相殺

多極着磁ブロックによるアンジュレータ磁場の生成は実証済
山本樹、第10回加速器学会年会、SAOT11 (2013)



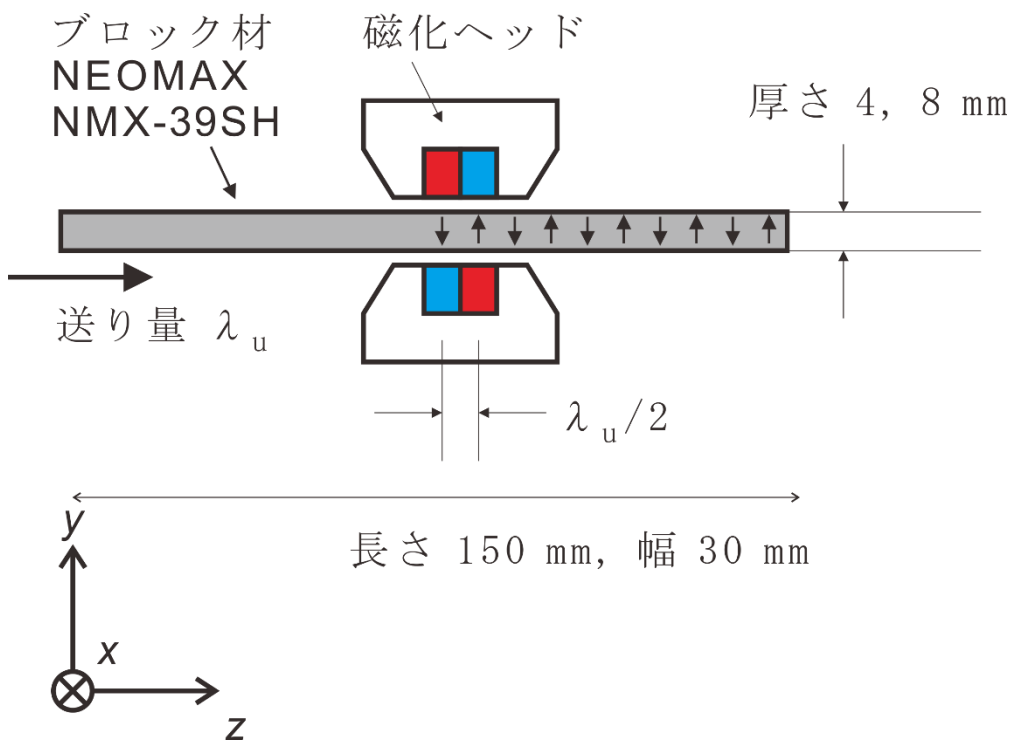
• 多極着磁ブロック方式

- 吸引力と同じギャップ依存性
- 機械的な耐久性の問題なし
- 低コスト

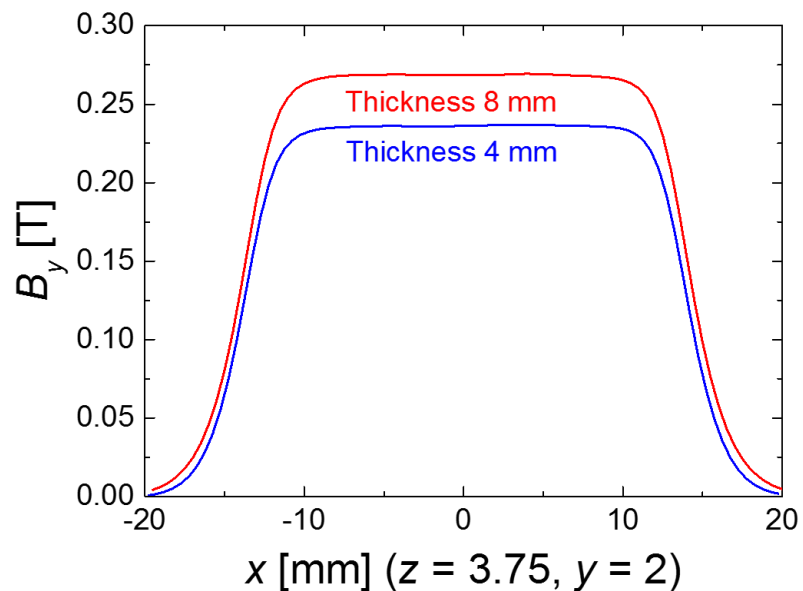
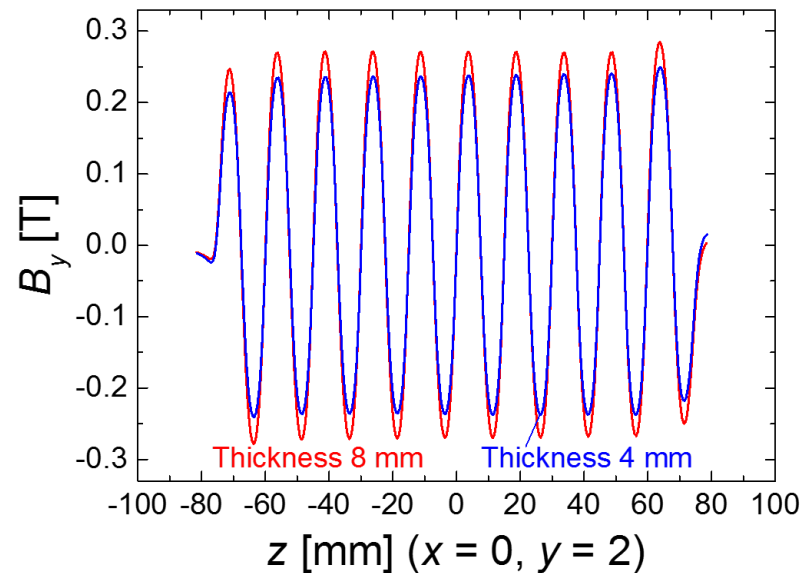
多極着磁ブロック = 反発磁石

➡ ギャップ依存性の確認と、プロトタイプ設計に用いるデータ取得のため予備実験を行った

予備実験に使った 多極着磁ブロック



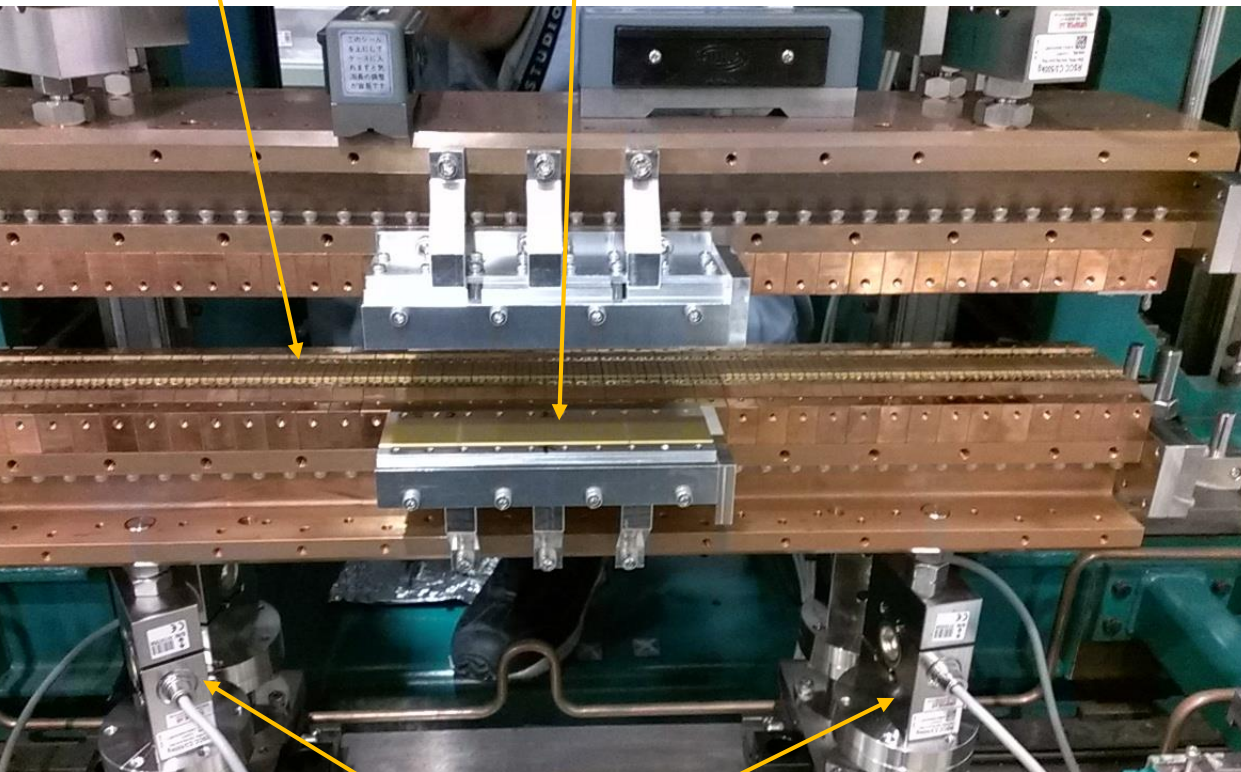
B_y の分布



吸引／反発力測定ベンチ

主磁石列 (L600 × W25)

多極着磁ブロック (L150 × W30 × 2)



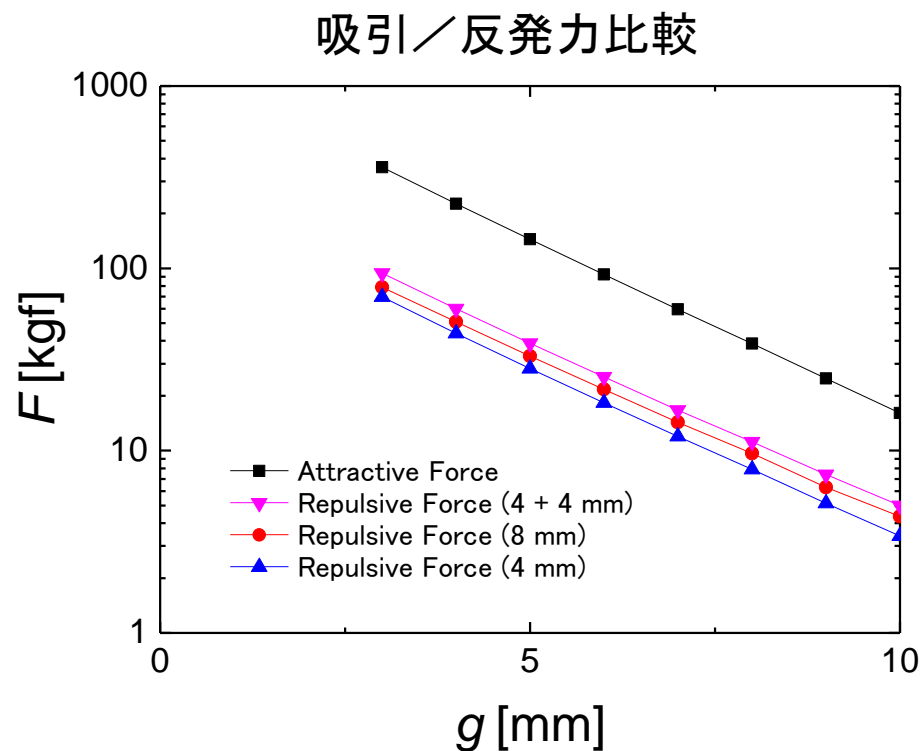
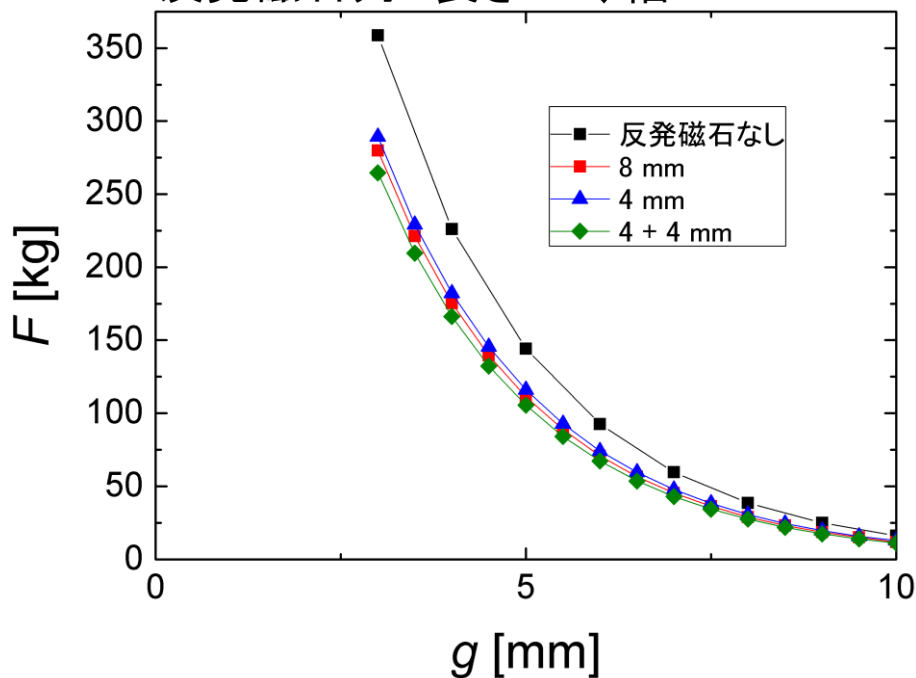
引張／圧縮ロードセル



吸引／反発力測定結果

主磁石列： 全長600、幅25

反発磁石列：長さ150、幅30 × 2

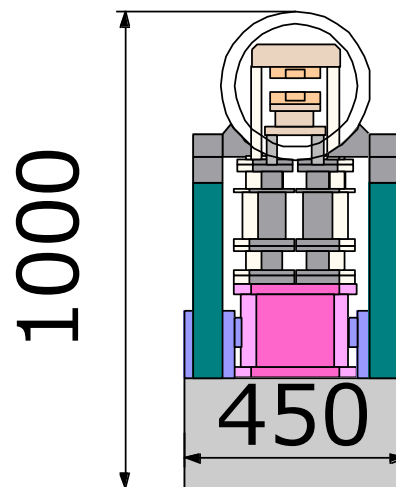
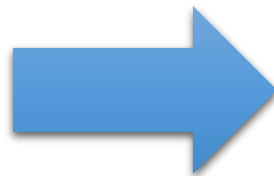
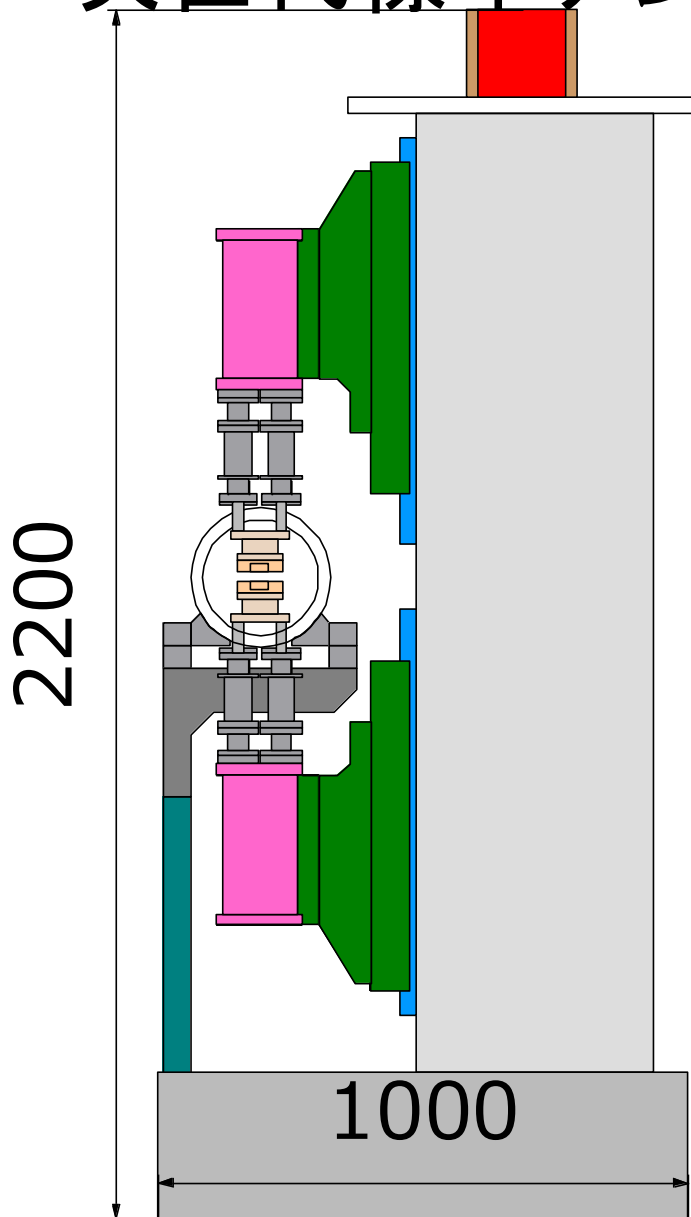


- 主磁石列の吸引力と同等のギャップ依存性を確認
- 絶対値は、実験データを元に調節可能
 - ブロックの幅や厚さ
 - 反発磁石列間ギャップと主磁石列間ギャップの差

超軽量・コンパクト架台を持つ、 次世代標準アンジュレータのプロトタイプ

- 断面積で1/4以下
 - 総重量で1/10以下
- のコンパクト&軽量化が可能

2014年度中の架台の完成
2015年度中の超狭ギャップ(1 mm)での磁場計測
を予定



まとめ

- 従来型アンジュレータが持つ諸問題
 - 重厚長大な架台
 - 複雑な機械構造
- 多極着磁ブロックを用いた磁気吸引力相殺機構
予備実験
 - 主磁石列の吸引力と同じギャップ依存性を持つ
反発力の生成を確認
 - プロトタイプ設計の為のデータを取得
- 超軽量・コンパクトな次世代標準アンジュレータ
 - プロトタイプの製作を進めている