

**極短パルス自由電子レーザー  
実証実験に向けた  
ニュースバル電子ビーム  
プロファイルの精密計測**

---

高度産業科学技術研究所  
橋本 智（准教授）

---

公) 兵庫県立大学科学技術後援財団 平成31年度 教育研究助成

# ニュースバル放射光施設

国内大学で最大の放射光施設

軟X線放射光の産業利用

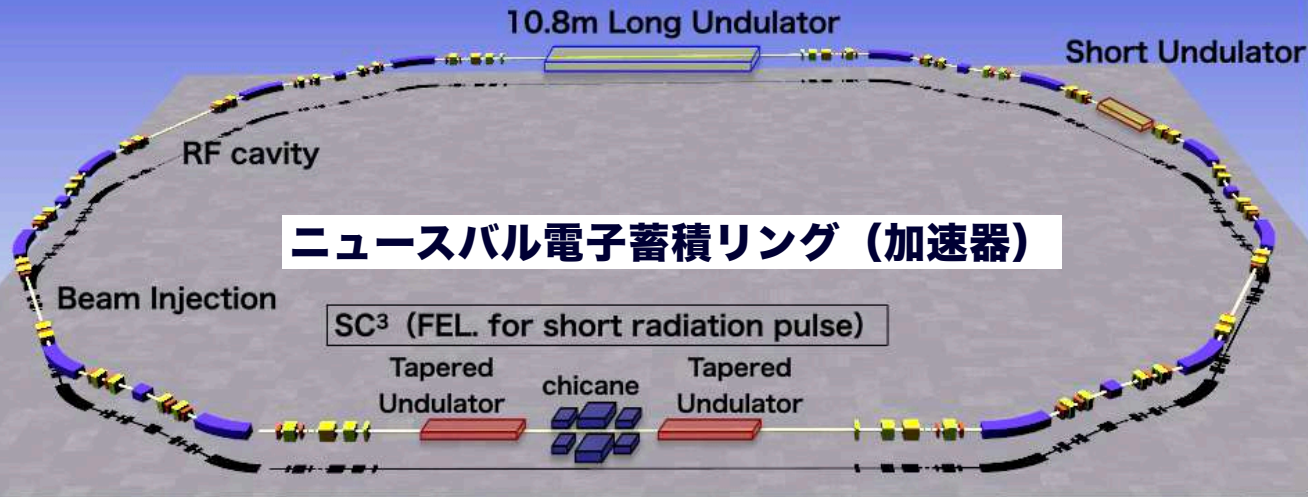
放射光科学・加速器科学の教育・研究



県立大の大きな特色の一つ

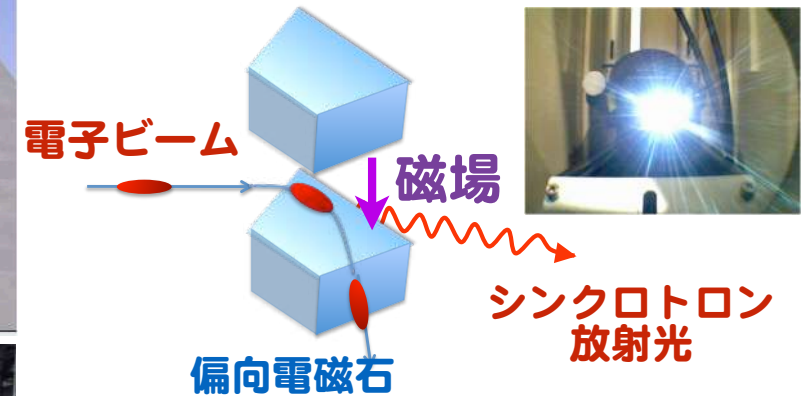
# ニュースバル電子蓄積リング

## 相対論的電子ビームを加速・蓄積



## シンクロトロン放射光とは…

高エネルギー電子ビームの軌道を強い磁場で曲げると接線方向前方に強い電磁波 (X線) を発生する。



4極および6極電磁石



偏向電磁石



高周波加速空洞



制御室



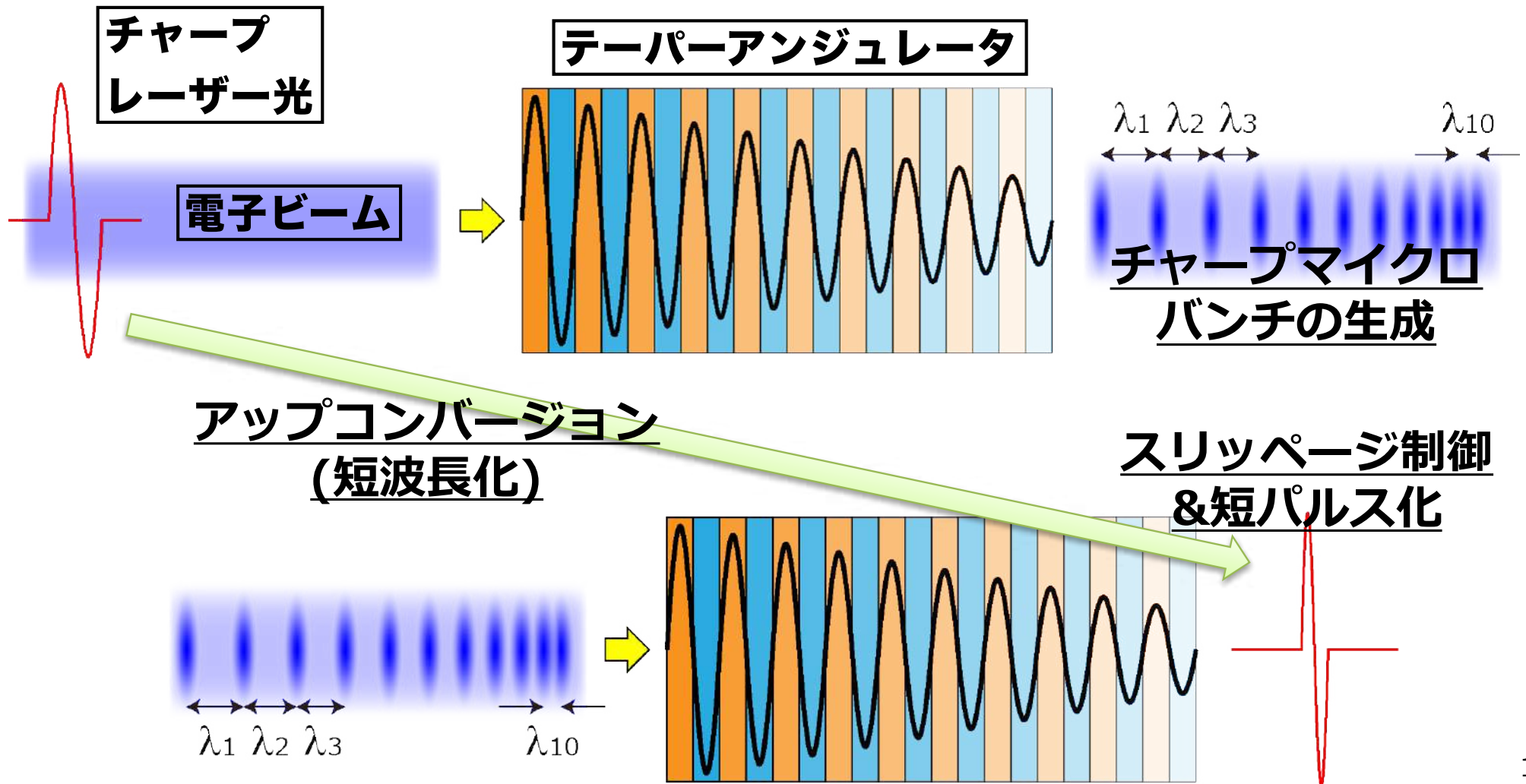
## 放射光の発生のために…

- 高エネルギー電子ビームが必要
- 電子ビームの生成・加速・蓄積には高エネルギー粒子加速器が必要
- 加速器は様々な工学技術で構成される巨大装置

# 究極的に短い放射光を発生したい！

波長 1 個分の究極に短い光の生成を目指す。

究極的に短いパルス光 (zeptosec、 $10^{-21}$ sec)



# 共同研究によるニュースバルでの実験準備



☑**極短パルス光発生の世界初の実証実験をニュースバルで行う。**

☑**R2年7月までに以下を実現した。**

**挿入光源の製作、ニュースバルへの導入、  
閉GAPでの電子ビームの蓄積、自発放射光の観測、  
高精度同期タイミング系の開発**

☑**県立大高度研・県立大理学研究科・理化学研究所の  
共同研究（科研費・基盤A・H30）**

# 本研究の課題と目的

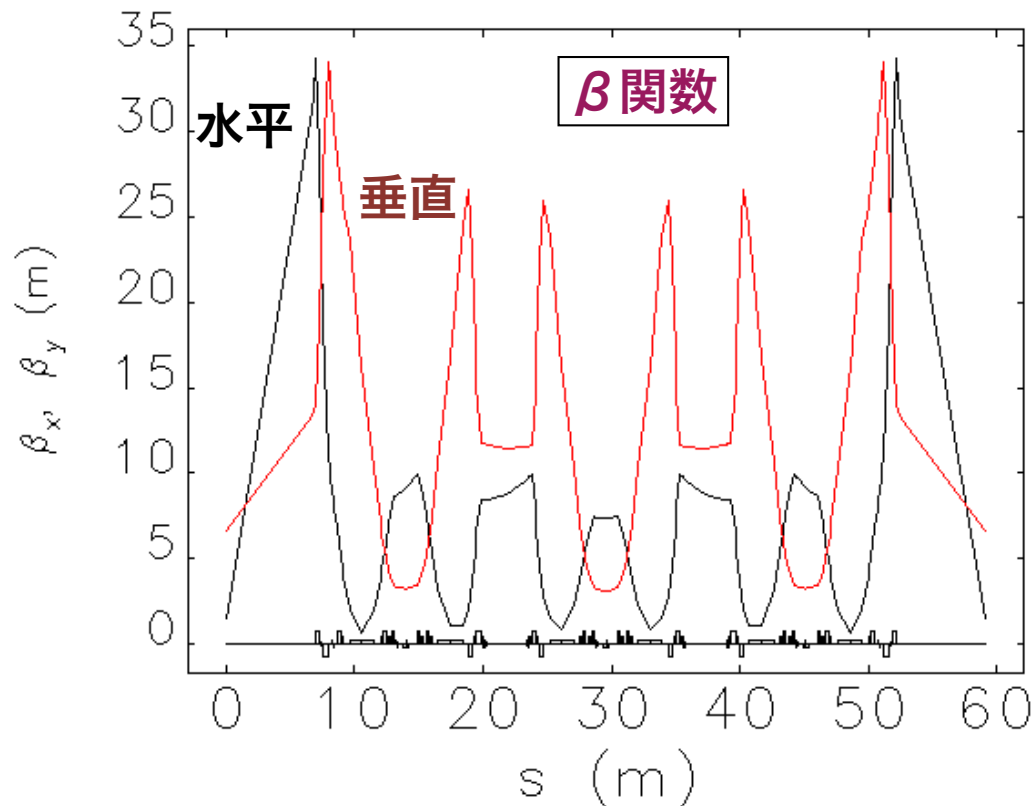
挿入光源の非常に強い磁場による電子ビームへの影響が大きい

➡  $\beta$  関数 (周回するビームの安定な周期解) に歪みが発生

➡ 電子ビーム周回不能

➡  $\beta$  関数を計測し補正する必要

➡ **【本研究の目的】  $\beta$  関数計測システムの開発**



電子ビームサイズは  $\beta$  関数で決まる

電子ビーム  
サイズ

$$\sigma_{e(s)} = \sqrt{\epsilon\beta_{(s)} + \eta_{(s)}^2 \left(\frac{\Delta p}{p_0}\right)^2}$$

$$\approx \sqrt{\epsilon\beta_{(s)}}$$

エミッタンス  
(不変量)

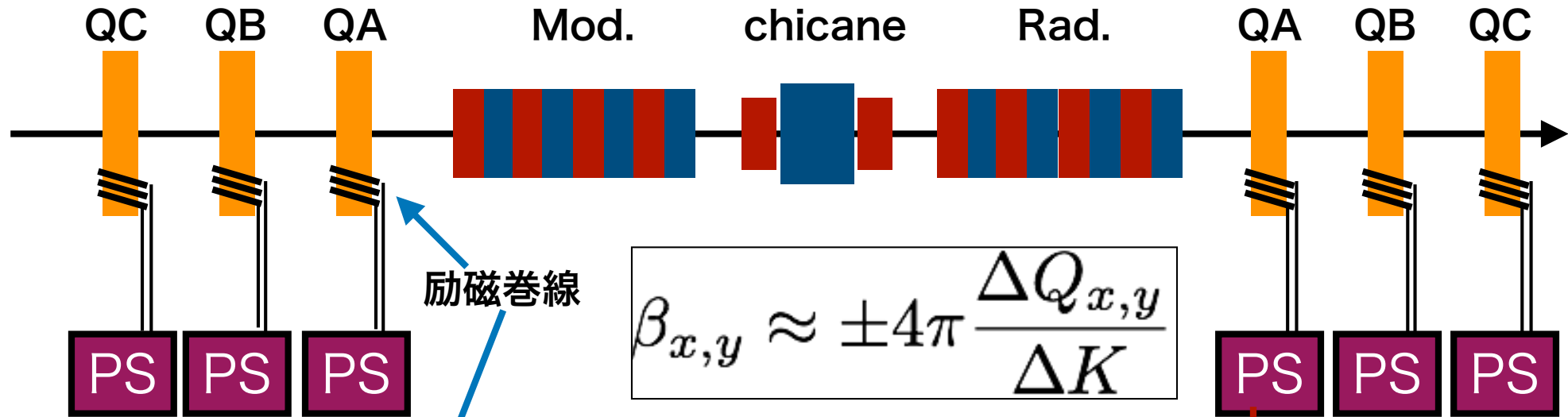
$\beta$  関数

分散関数

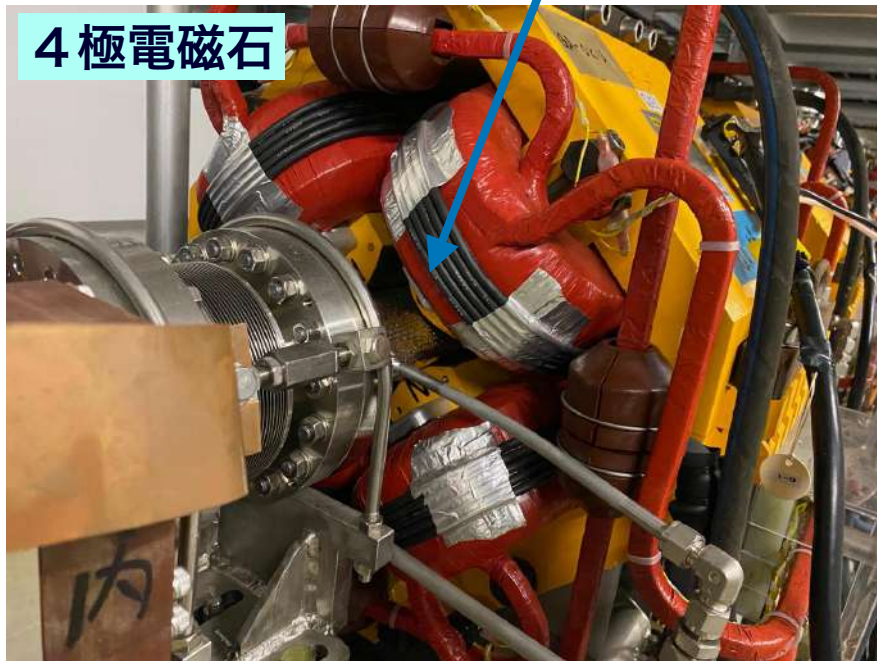
エネルギー  
広がり

# ベータ関数計測システムの構築

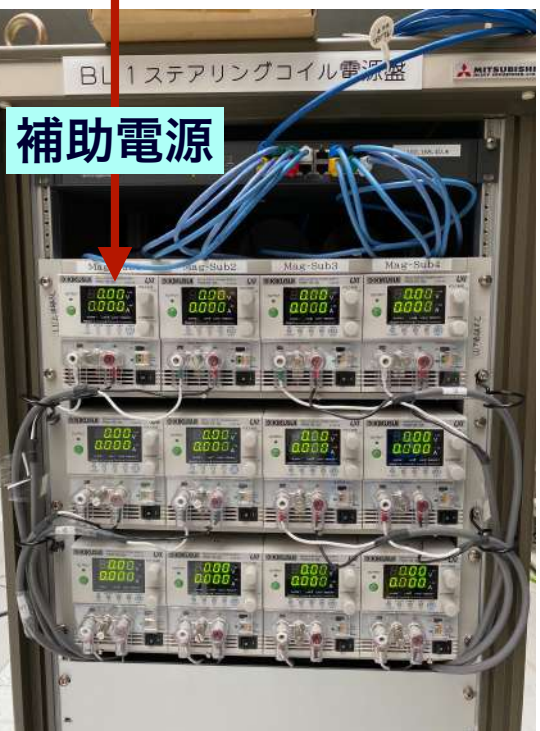
研究助成により、 $\beta$  関数計測システムを構築



4極電磁石

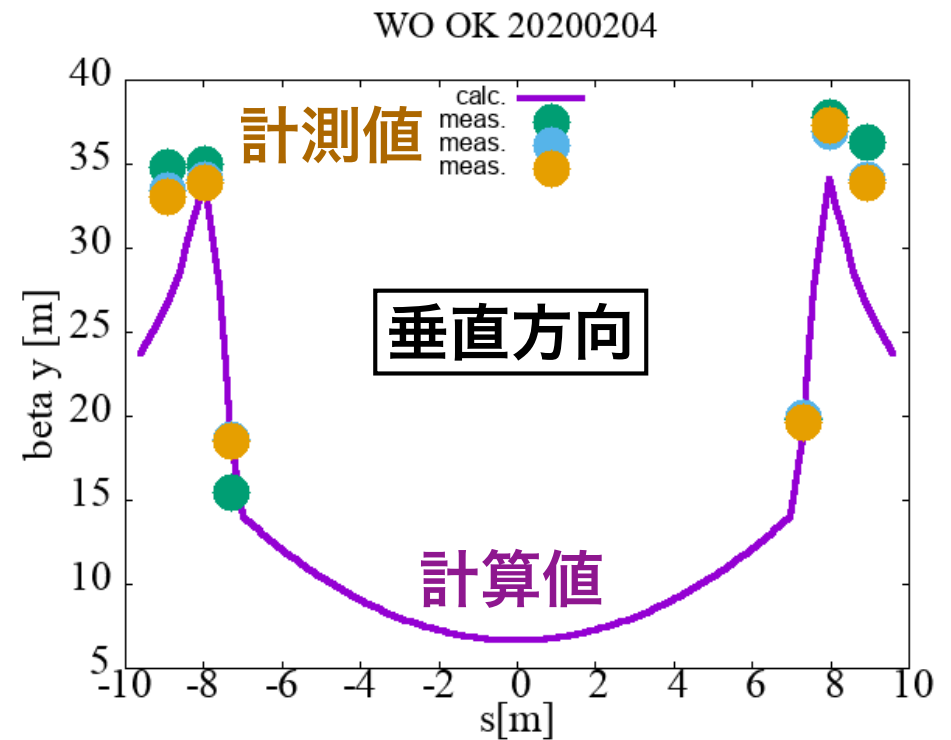
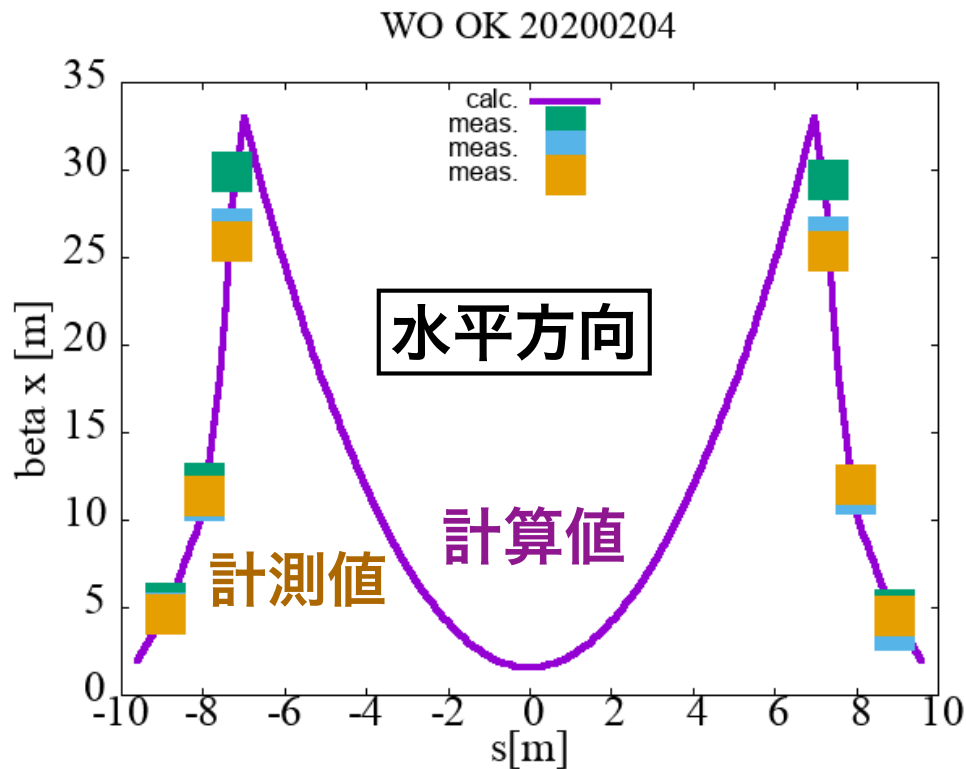


- (1) 励磁巻線に通電して収束力 $\Delta K$ を変える。
- (2) チューンの変化 $\Delta Q$ 測定
- (3) Q mag.位置での $\beta$ 測定



# 計測結果 (1) 挿入光源がない場合

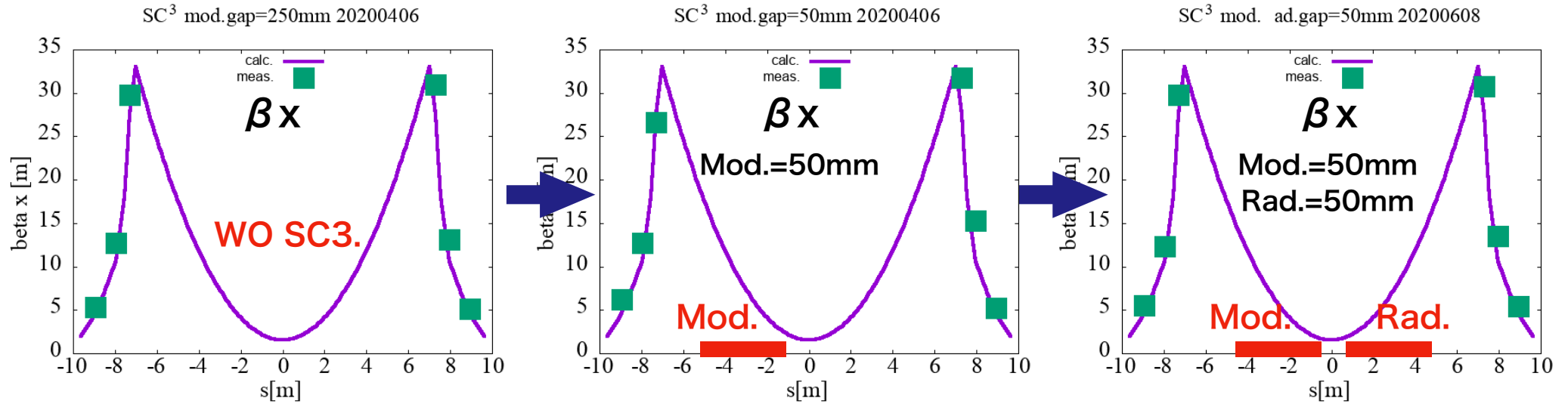
## 挿入光源がない場合の標準的な $\beta$ 関数 (計算値と計測値)



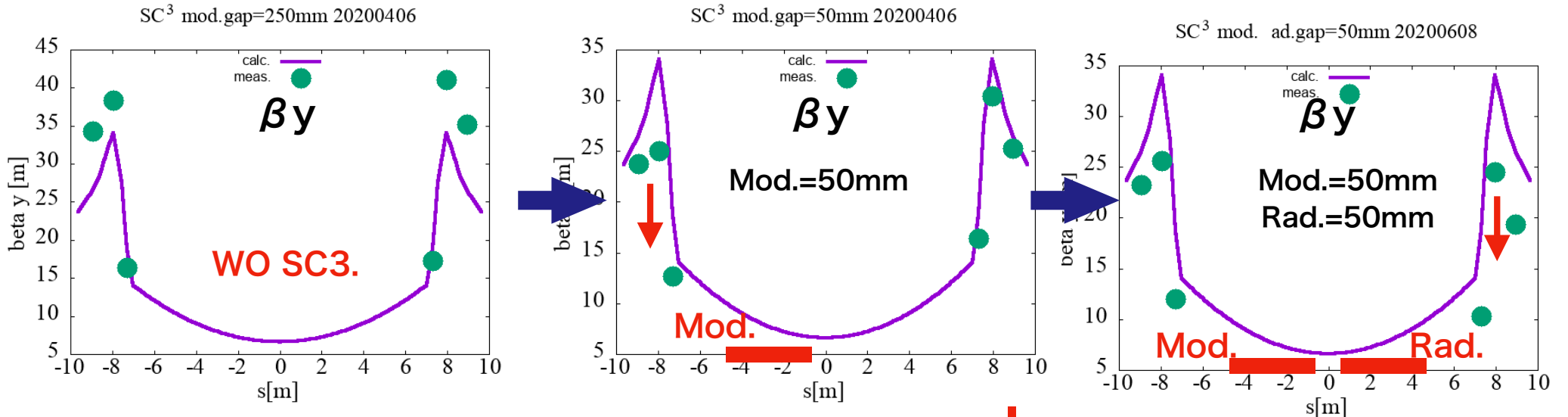
測定した $\beta$ 関数は計算値とよく一致する。



# 計測結果 (2) 挿入光源による影響



水平方向は挿入光源磁場による $\beta$ 関数の変形なし



垂直方向は挿入光源磁場の強度・分布に依存して変形

# まとめと今後の予定

## まとめ

- ☑波長 1 ～数個分の究極の極短パルス放射光生成を目指し  
理研、県立大高度研、県立大理学研究科の共同研究により  
ニュースバルで世界初の実証実験を行う
- ☑加速器の課題として、挿入光源磁場による  $\beta$  関数ひずみの補正がある。
- ☑本研究では  $\beta$  関数の計測システムを構築した。
- ☑挿入光源がない場合、 $\beta$  関数の計測値は計算値とよく一致する。
- ☑挿入光源がある場合、磁場に依存した変化を計測できた。
- ☑(財)兵庫県立大学科学技術後援財団の研究助成を受けて実施。

## 今後の予定

- ☑測定した  $\beta$  関数変形歪みをシミュレーションで再現
- ☑ $\beta$  関数の変形歪みを補正方法の検討
- ☑加速器を用いた補正の実証