

XFEL計画とSPring-8 - XFELに携わって -

理化学研究所

X線自由電子レーザー計画推進本部

先行機運転グループディレクター

(兼) 加速器建設Gr. Optics チームリーダー

(兼) 同Gr. アライメント チームリーダー

田中 均

目次

1. 始めに
2. XFELがもたらすもの
3. 流派の違いを乗り越える意義
- リングからXFELへ -
4. XFELの概要
5. 未来に向けて

1. 始めに:

放射光実験におけるビーム性能

- 加速器は道具(インフラ)である
- 加速器の開発 → 道具作りであって純粋な研究対象とは言い難い

(研究所として直接成果には繋がりにくかった)

加速器を利用する人々 → 光を浴びる者

加速器に携わる人々 → 縁の下の力持ち

過去

第3世代のSPring-8は、加速器のビーム性能が実験成果につながる事を利用研究者に実感させつつある

今後

利用研究がビーム性能をまじめに使う時代に！

1. 始めに:

加速器に携わるものの使命(1)

- 道具である加速器
 - 常に進化を要求され、期待される
- 加速器に携わる者の存在意義
 - できあがったものを運転するだけでなく、
利用に則した性能向上の企画立案と
その実現

1. 始めに: 加速器に携わるものの使命(2)

→ 性能向上の停滞は存在意義を失なわせる

常に具体的な将来像を意識し、
挑戦していく姿勢
が求められる

2. XFELがもたらすもの

- 新たな利用実験の可能性

- 2次元空間可干渉X線

- 短パルスで大ピーク強度

- 加速器に携わる人間の活躍の場

周波数領域から時間
領域の実験へ

放射光科学のメッカへ

活躍のチャンス到来！

3. リングから線型加速器へ(1)

(流派の違いを乗り越える意義)

- 一般には線形加速器をやる人とリング加速器をやる人は異なる(異なる流派、文化)

理由: 効率追求、異なる機器、アプローチ?

＜設問＞ 線形加速器の初心者は XFEL に
貢献できるか？

＜答え＞ 否: やる気だけの問題

3. リングから線型加速器へ(2)

(流派の違いを乗り越える意義)

- 全ての加速器は同じ原理で動いている
- 基本を理解していれば全てに通じる
- 私の場合、リングで培った
加速器の精密モデル化、摂動
論的取り扱い、ビームチューニング、安定化
思想、プロジェクトの進め方等全てが有効で
あった

3. リングから線型加速器へ(3)

(流派の違いを乗り越える意義)

意味のない拘りや枠を捨てれば
(流派の違いを乗り越えれば)



活躍の場が広がる
加速器(要素技術)への理解が深まる
人材の流動化、有効活用

4. XFELの概要(1) (建設サイトと予定)



4. XFELの概要(2) (目標ビーム性能)

	試験加速器	実機
ビームエネルギー (GeV)	0.250	8
発振波長 (nm)	60	0.1
ピーク電流値 (kA)	0.8	3
規格化エミッタンス ($\pi\text{mm.mrad}$)	2	1
電子ビーム輝度 ($\text{kA}/\pi^2\text{mm}^2\text{mrad}^2$)	0.2	3
総電荷量 (nC)	0.2~0.3	0.2~1
Undulator パラメータ λ_u (mm)	15	18
K	1.3	2.2
$L(\text{m})/L_{\text{saturation}}(\text{m})$	9/~9	90/80
放射パワー (GW)	~0.1	~10

4. XFELの概要(3) (重要な概念)

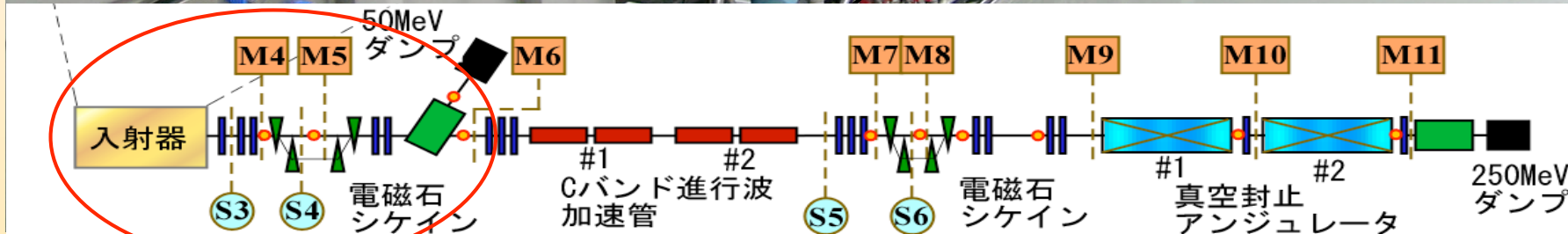
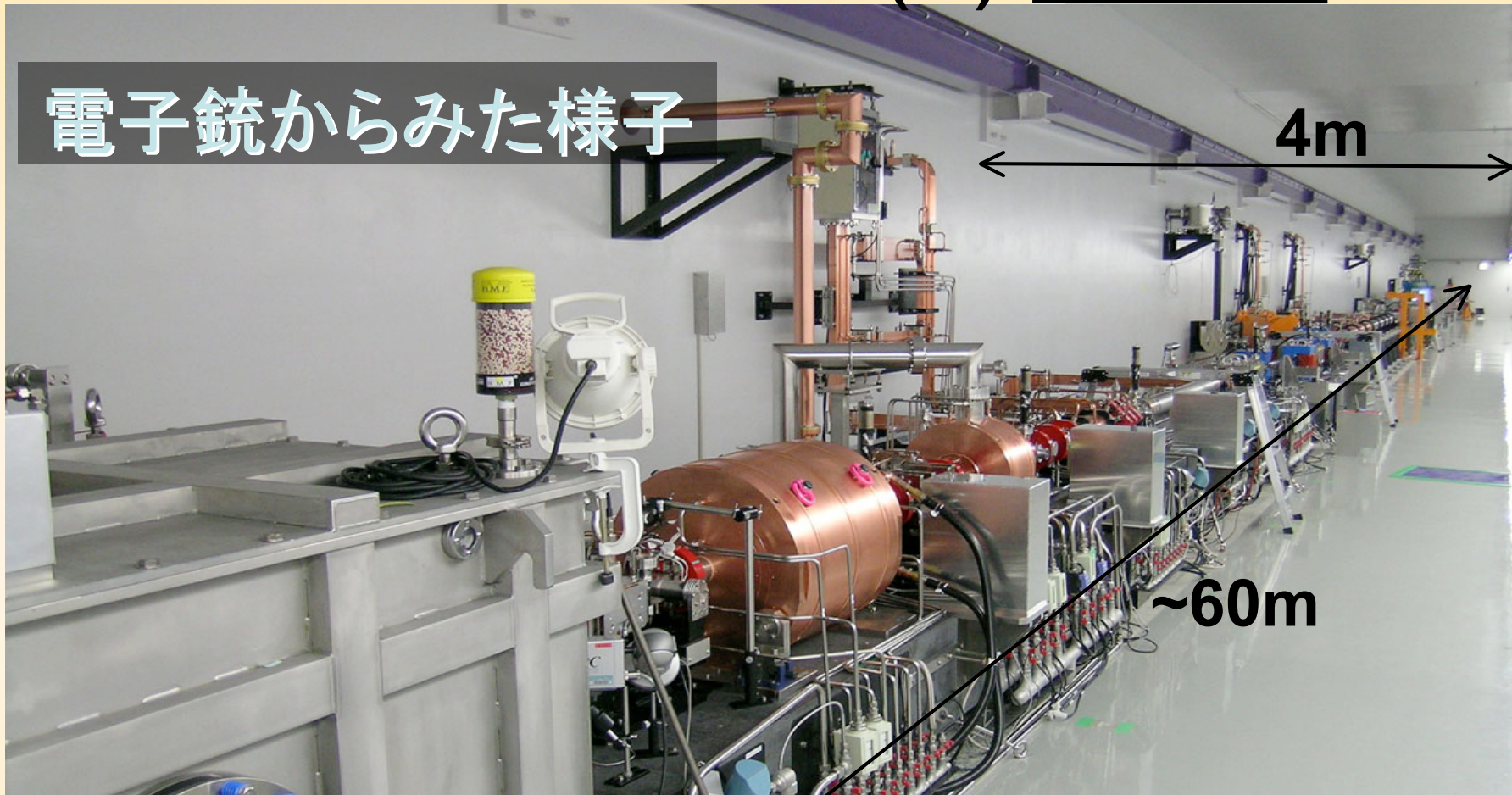
低エミッタンス電子ビームと高電界加速器、真空封止アンジュレータを組み合わせたコンパクトXFELの実現

3種の神器

- 熱電子銃による低エミッタンス入射器
- C-band高電界加速器
- 真空封止アンジュレータ

4. XFELの概要(4) (入射器)

電子銃からみた様子

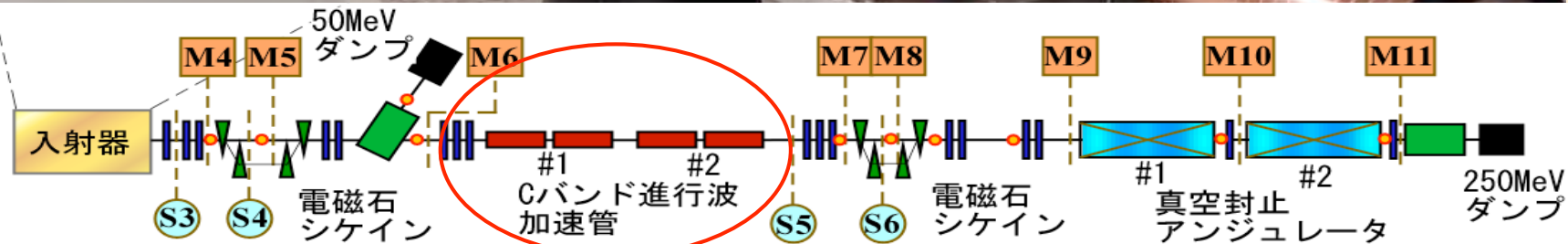


2007/2/15~16

SPring-8加速器ビーム運転10周年
記念講演会

13

4. XFELの概要(5) (C-band加速システム)

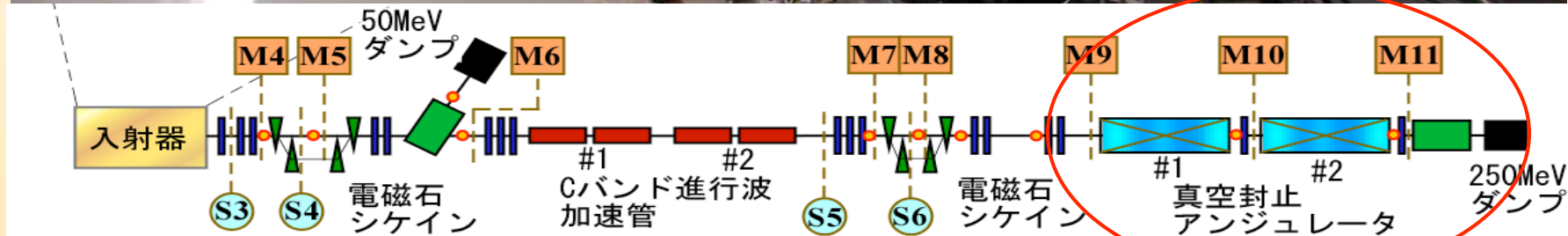
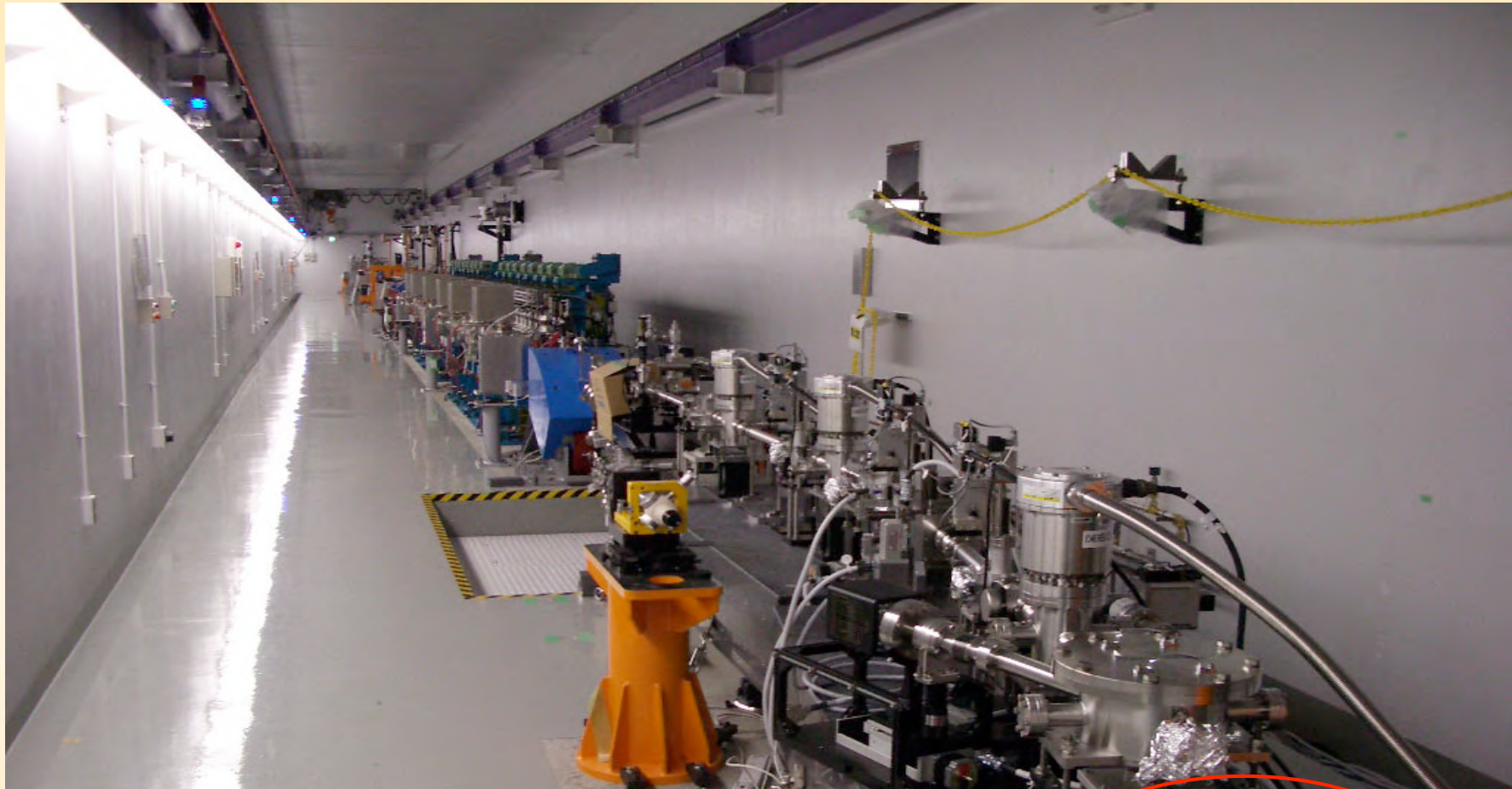


2007/2/15~16

SPring-8加速器ビーム運転10周年
記念講演会

14

4. XFELの概要(6) (真空封止アンジュレータ)



2007/2/15~16

SPring-8加速器ビーム運転10周年
記念講演会

15

4. XFELの概要(7) 試験加速器運転状況 (1/2)

05/11	125MeVでの自発放射確認
06/1~4	加速器システムの完成と改善
06/5/8	250MeVでのSASE増幅を目指した調整スタート
06/6/20	最初のレーザー増幅(49nm)確認
06/8~11	フィードバック系の準備など
06/11	150MeVでのSASE増幅再現 C-band II モジュレータのインバータ電源故障

4. XFELの概要(8) 試験加速器運転状況 (2/2)

06/11/16 レーザー増幅再現 (177nm)

レーザーシーディング実験

06/12/13 電子銃ダミー管ヒーター故障

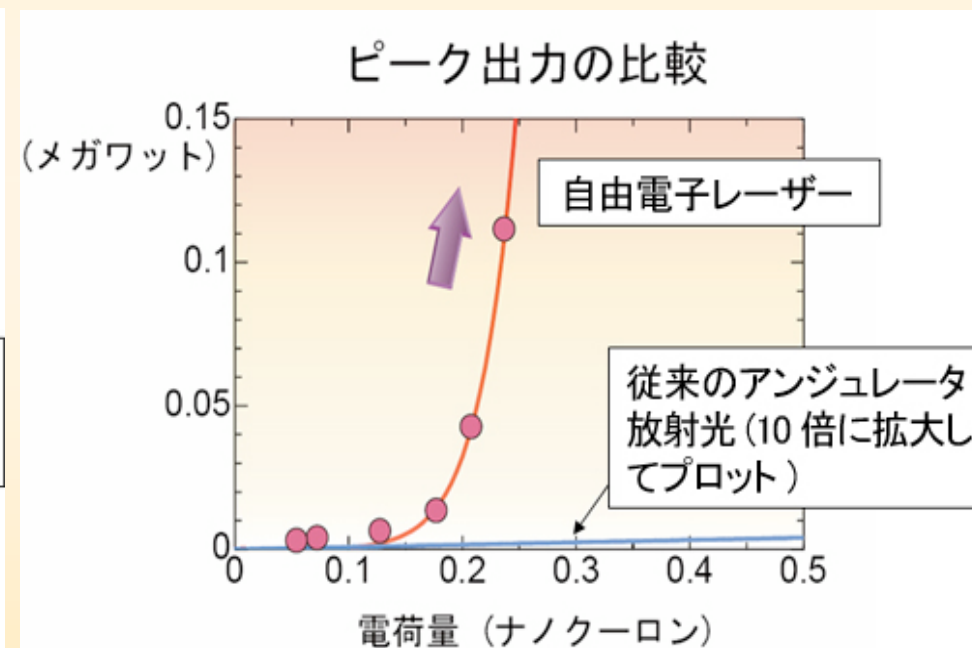
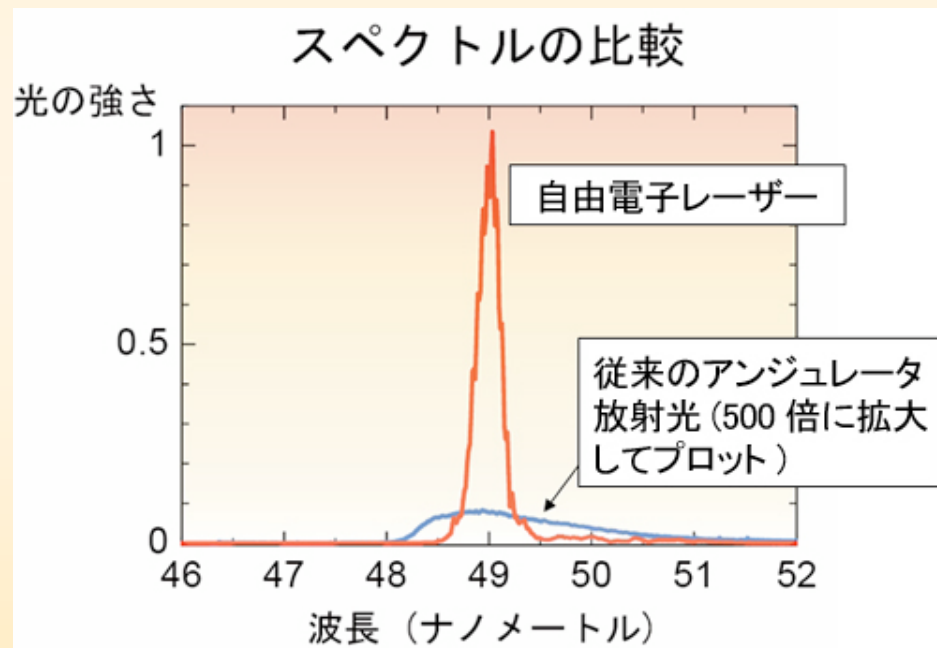
以降ビーム運転停止

4. XFELの概要(9)

試験加速器レーザー増幅とビーム性能評価(1)

再現性の良い安定なレーザー増幅の実現

レーザー増幅実験の初期のデータ



4. XFELの概要(10)

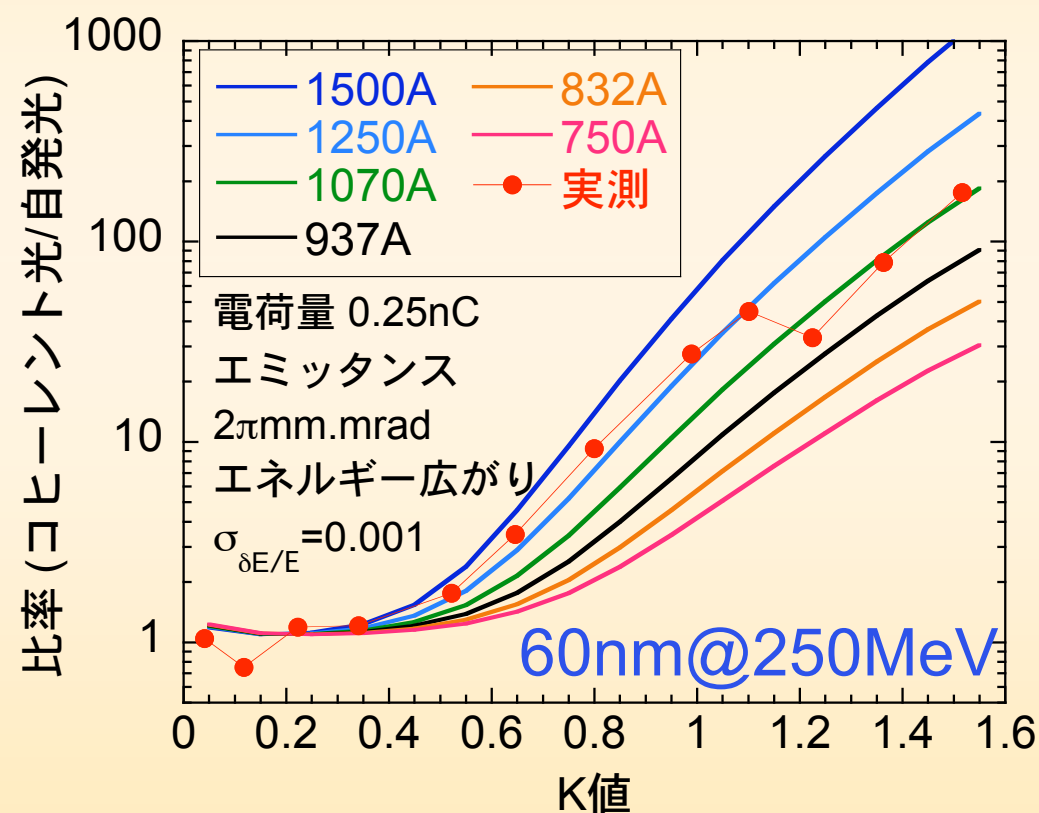
試験加速器レーザー増幅とビーム性能評価(2)

レーザー増幅状態から評価した電子ビームの質

アンジュレータ1台による光束角密度のK値依存性のデータを3次元のFELシミュレーションで評価

→電子ビーム輝度

270~315 A/ $\pi^2\text{mm}^2\cdot\text{mrad}^2$



4. XFELの概要(11)

試験加速器で実証された事

1. 500keVのパルス熱電子銃に基づく低エミッタンス入射器の基本性能 **OK**
2. C-band加速システムの基本性能
35MV/mの加速勾配**OK**
3. 加速器の再現性とチューニング手順 **OK**

5. 未来に向けて

1. 世界がNoといった日本の独創的システムで2011年に設計通りのビームを実現
2. SPring-8が世界に先駆けXFELの発振一番乗りを達成(SPring-8の実力を世界にアピール)
3. その成果をリングの光源性能向上に結びつける

SPring-8風 光源進化モデル

