

KEK放射光計画 一挿入光源一

2016.3/16 土屋 公央、阿達正浩(KEK加速器7系)

KEK放射光3GeVリングパラメータ

電子エネルギー: 3 GeV、 周長: 570 m、 I=500mA

水平エミッタンス : 0.13 nm rad (at 0 mA) Intra Beam Scattering (IBS) なし
: 0.31 nm rad (at 500 mA) IBSあり

5.6m長直線部: 18本

1.2m短直線部: 20本

・電子ビームがPFリングに比べて十分に小さく、5m直線部と1m直線部のどちらにも真空封止アンジュレータが導入できる。

真空封止型アンジュレータ : 最小gap=4mm

通常型アンジュレータ : 最小gap=12mm

- ・X線領域 (2keV~25keV) : 短周期アンジュレータ 周期長 20mm以下
- ・SX線領域 (100eV~3keV) : 通常型 (可変偏光) 周期長 数cm
- ・VUV領域 (20eV~300eV) : 通常型 (可変偏光) 周期長 10数cm
- ・偏向部と多極ウィグラー

$$\text{輝度 (Brightness)} \quad B = \frac{\text{FluxDensity}}{2\pi\Sigma_x\Sigma_y} = \frac{\text{Flux}}{4\pi^2\Sigma_{x'}\Sigma_{y'}\Sigma_x\Sigma_y}$$

電子ビームのサイズと角度発散

$$\sigma_x = \sqrt{\beta_x \varepsilon_x + \left(\eta \cdot \frac{\sigma_E}{E} \right)^2} \quad \sigma_y = \sqrt{\beta_y \varepsilon_y} \quad \sigma_{x'} = \sqrt{\frac{(1 + \alpha_x^2) \varepsilon_x}{\beta_x} + \left(\eta' \cdot \frac{\sigma_E}{E} \right)^2} \quad \sigma_{y'} = \sqrt{\frac{\varepsilon_y}{\beta_y}}$$

アンジュレータ光の自然光源サイズと角度発散(ゼロエミッタンスビームからの放射)

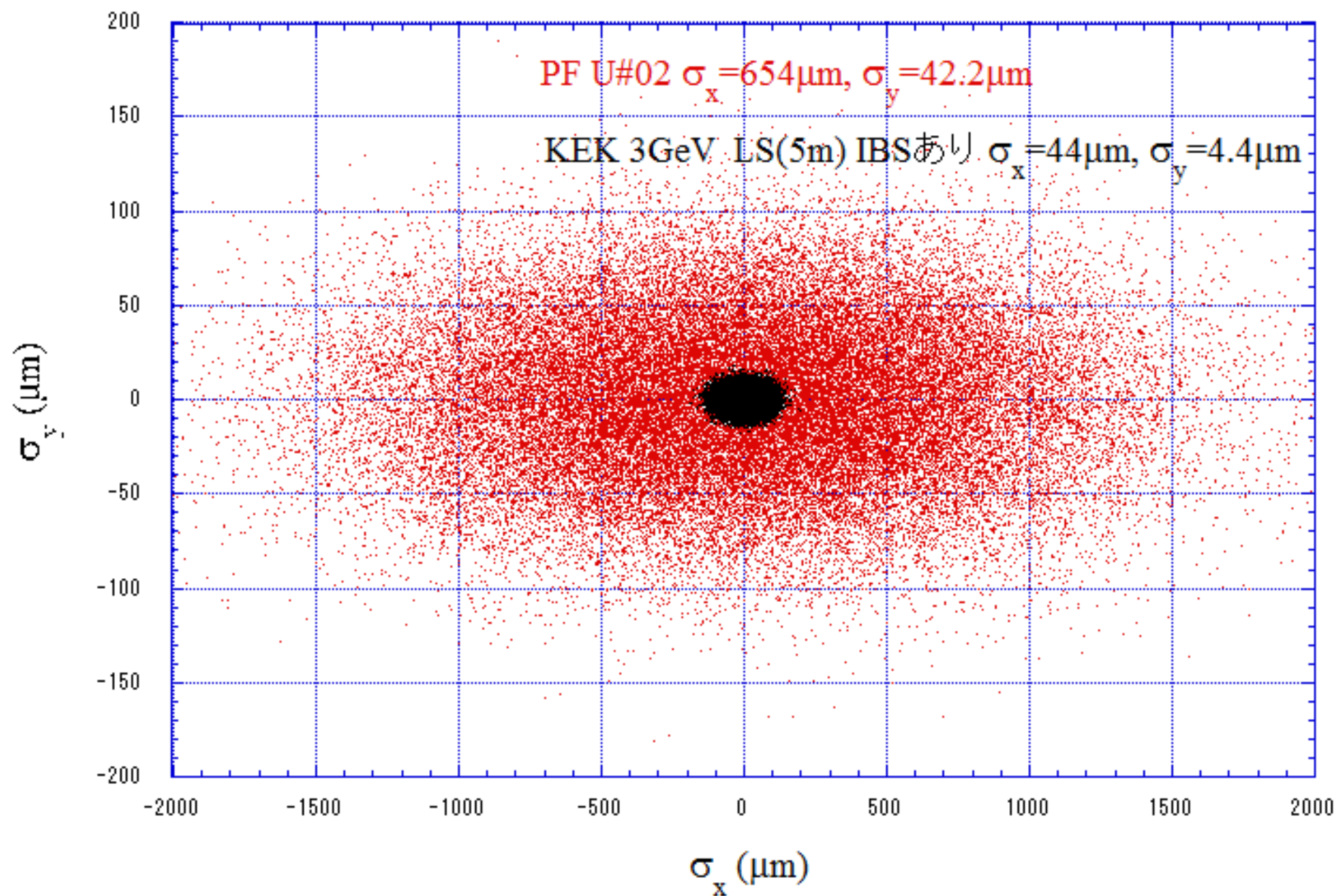
$$\sigma_{r'} = \sqrt{\frac{\lambda}{2L}} \quad \sigma_r = \frac{\sqrt{2L \cdot \lambda}}{4\pi}$$

アンジュレータ光の実効光源サイズと角度広がり

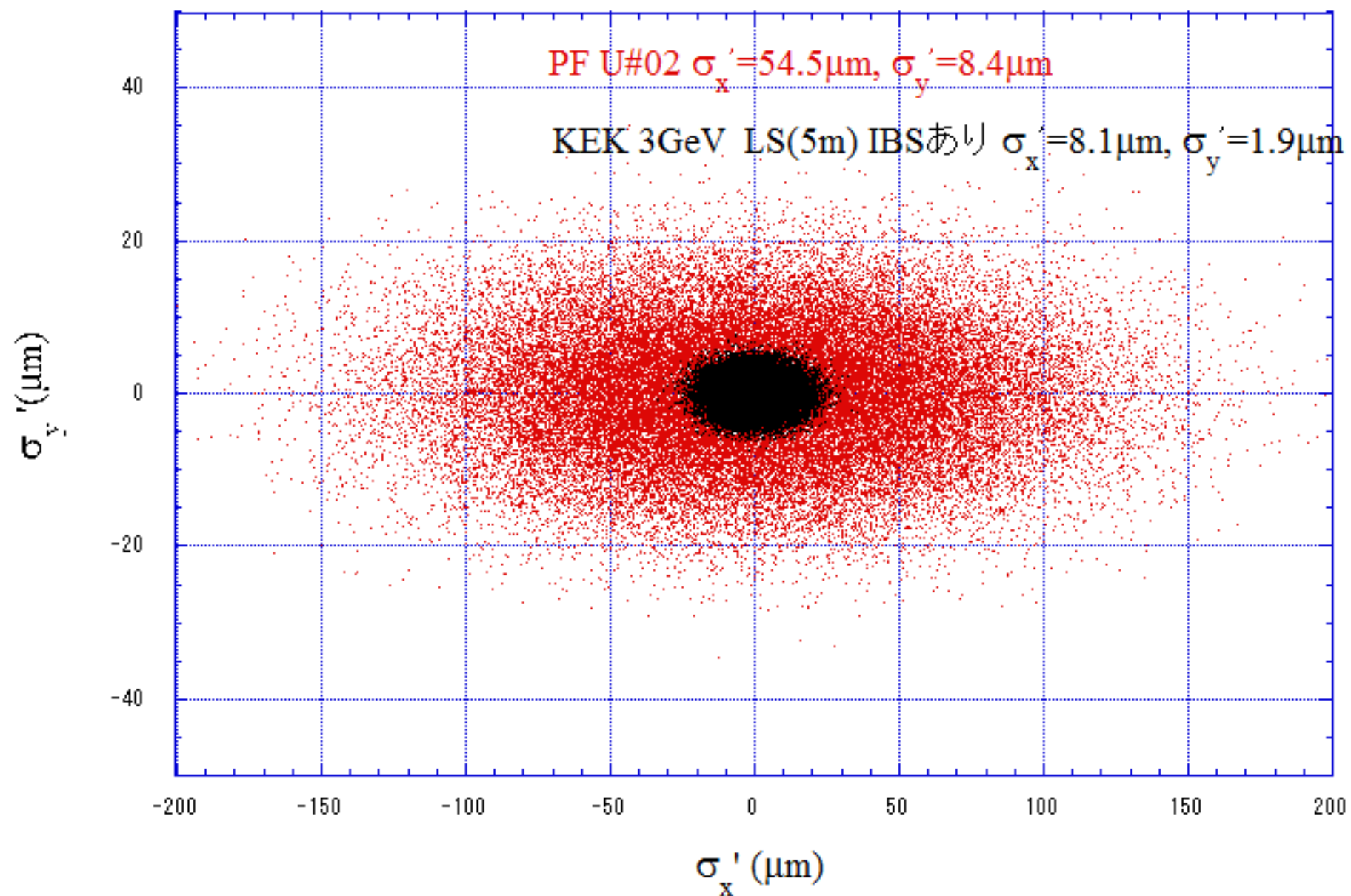
$$\Sigma_x = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_r^2} \quad \Sigma_y = \sqrt{\sigma_y^2 + \sigma_r^2} \quad \Sigma_{x'} = \sqrt{\sigma_{x'}^2 + \sigma_{r'}^2} \quad \Sigma_{y'} = \sqrt{\sigma_{y'}^2 + \sigma_{r'}^2}$$

電子ビームのエミッタンスが小さくなれば輝度が上がる

ビームサイズの比較



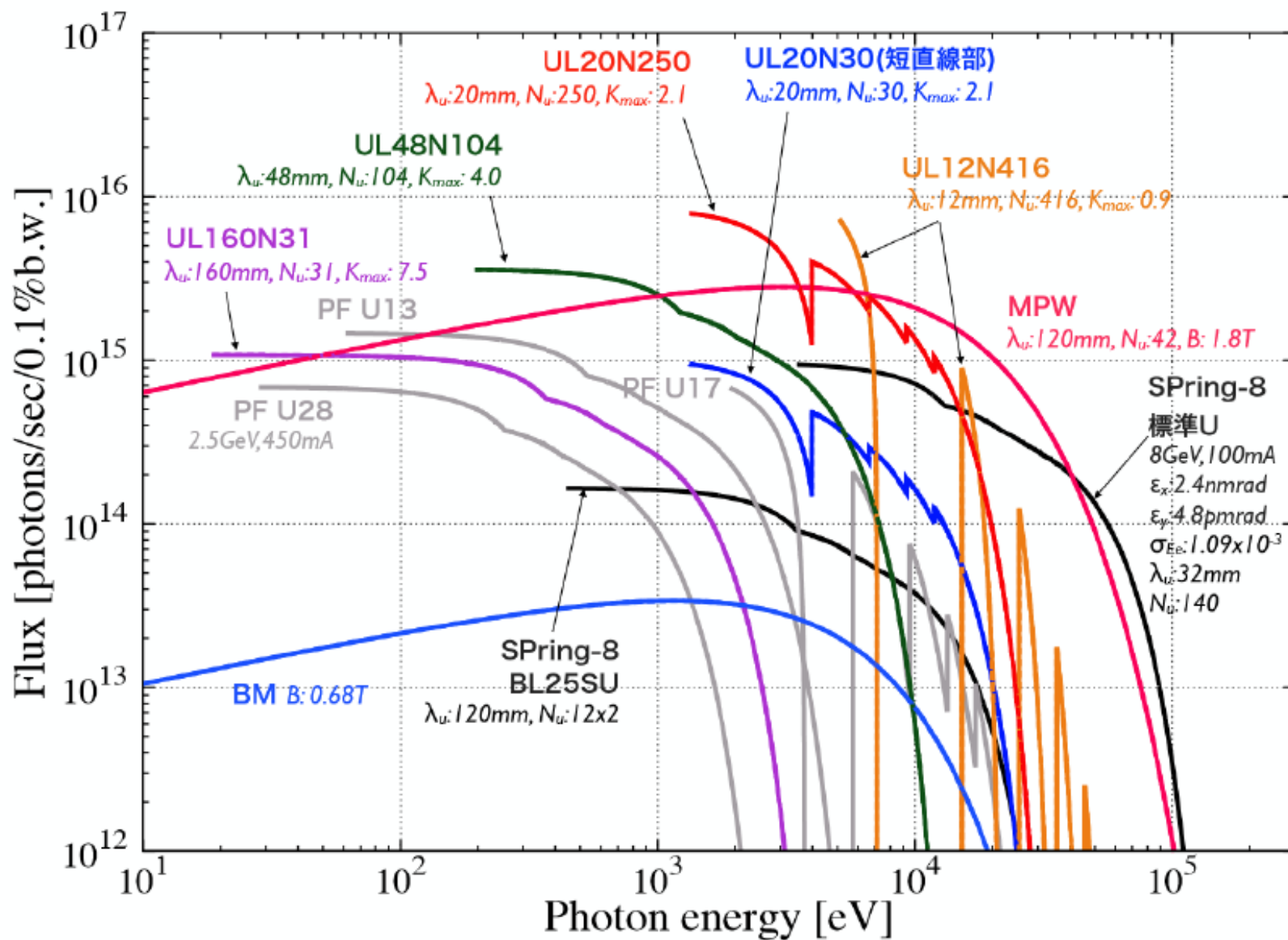
ビーム角度発散の比較



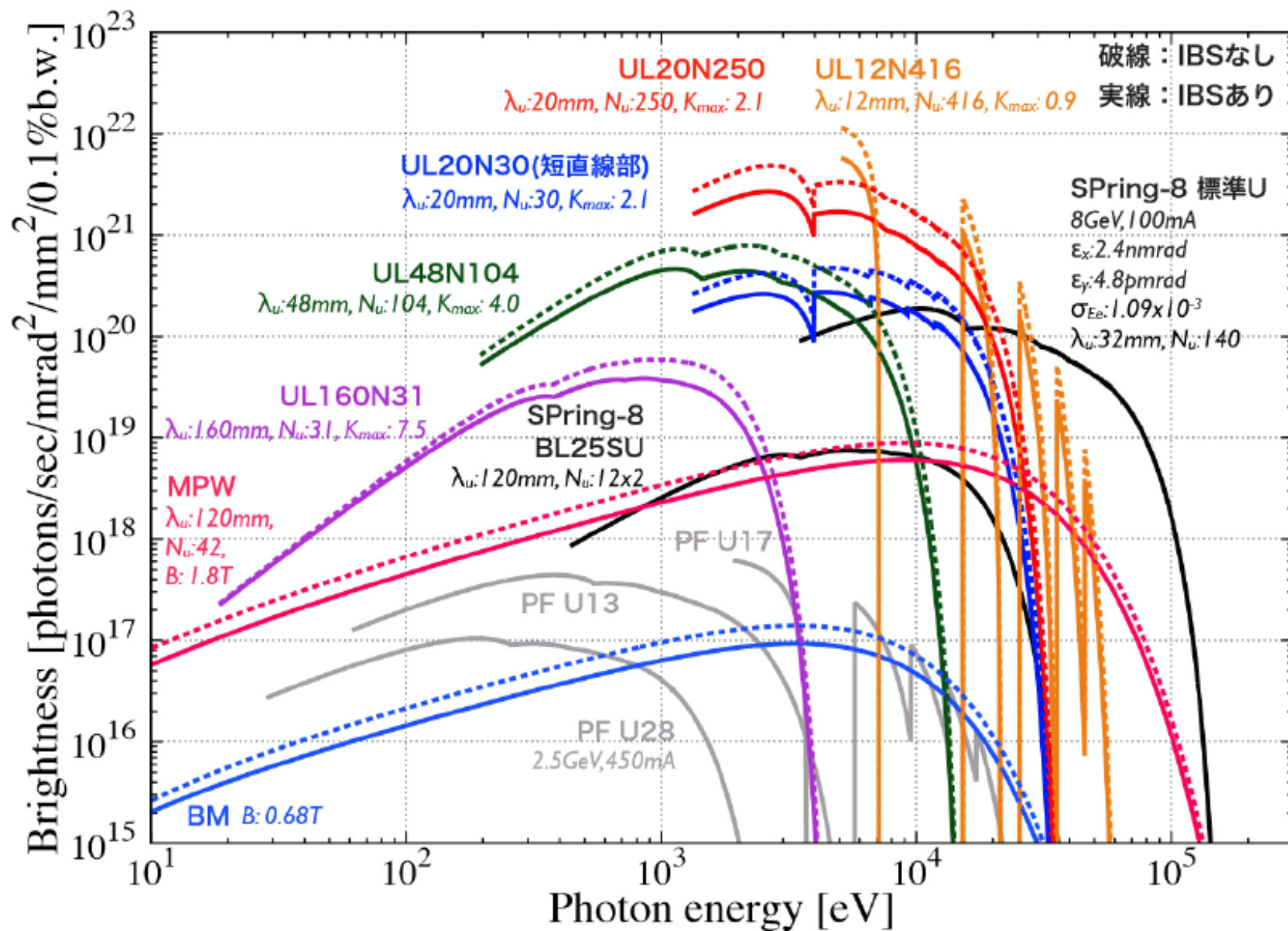
光源パラメータ

	BM	MPW	UL12N416	UL20N30	UL20N250	UL48N104	UL160N31
周期長 λ_u [mm]		120	12	20	20	48	160
周期数 N_u		42	416	30	250	104	31
磁石列長 L [m]		5.0	5.0	0.6	5.0	5.0	5.0
最小Gap Gap_{min} [mm]		12	4	4	4	12	12
(最大)磁場 $B_{(max)}$ [T]	0.68	1.80	0.8	1.13	1.13	0.9	0.5
最大K値 K_{max}		20.2	0.9	2.1	2.1	4.0	7.5
臨界エネルギー E_{pc} [keV]	4.1	10.8					
1次エネルギー $E_{p1}(K_{max})$ [keV]			5.1	1.3	1.3	0.2	0.02
最大合計出力 P_T [kW]	0.039 [kW/mrad]	46.5	9.1	2.2	18.2	11.5	3.5

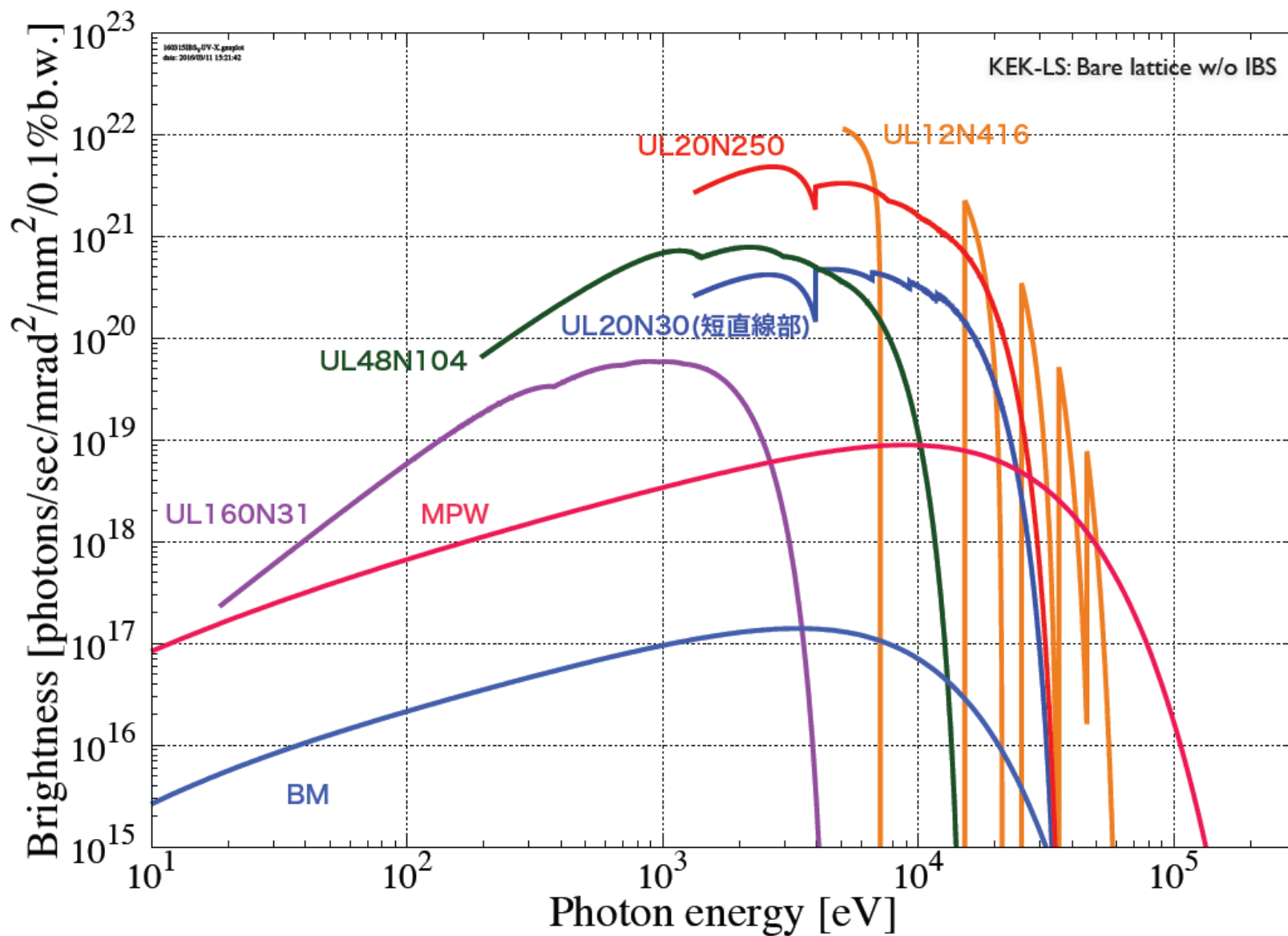
光束



輝度



輝度 IBSなしの場合

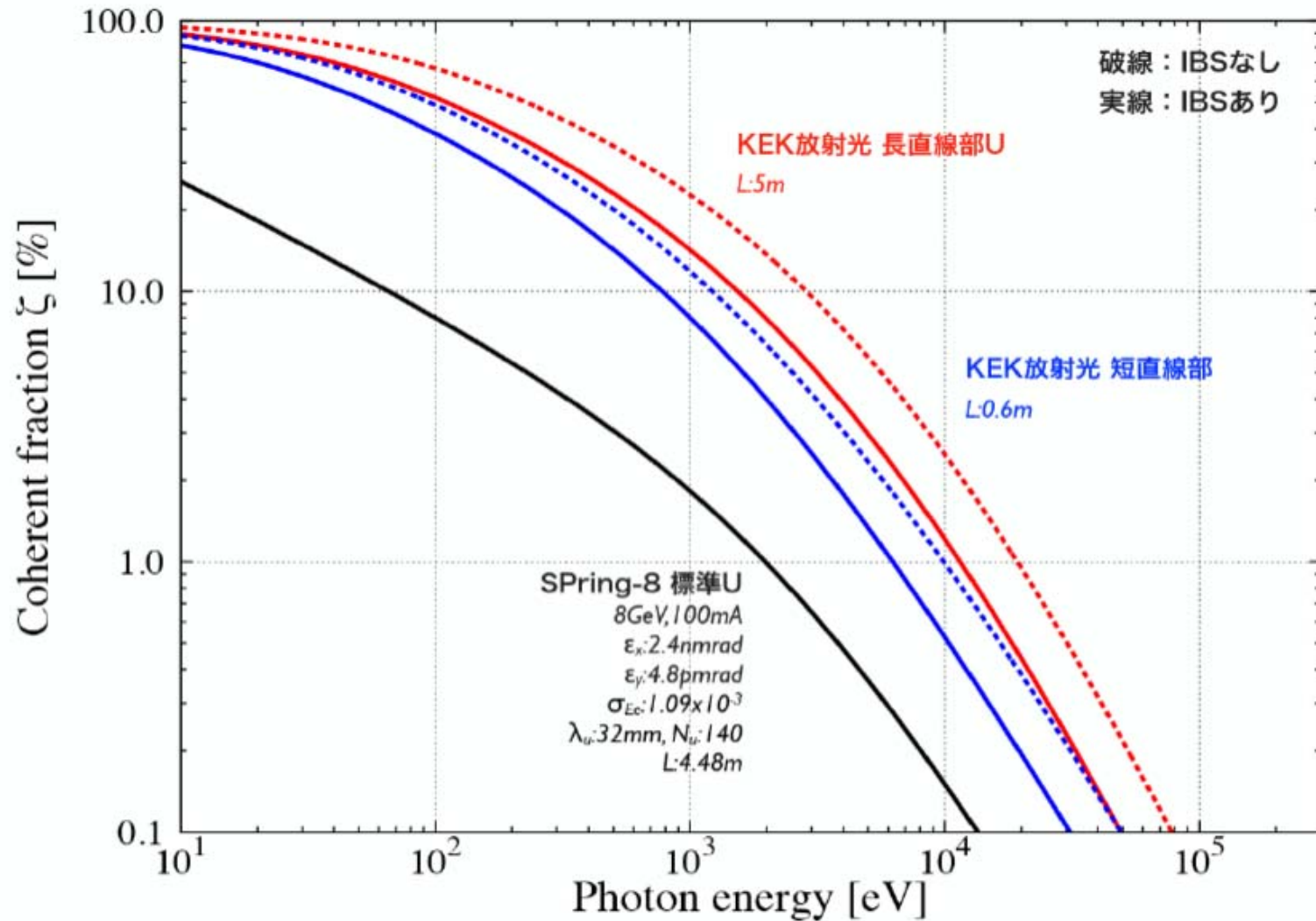


回折限界とコヒーレント比

回折限界 $\varepsilon = \frac{\lambda}{4\pi}$

0.13 nm rad \rightarrow 0.78 keV

0.31 nm rad \rightarrow 0.32 keV

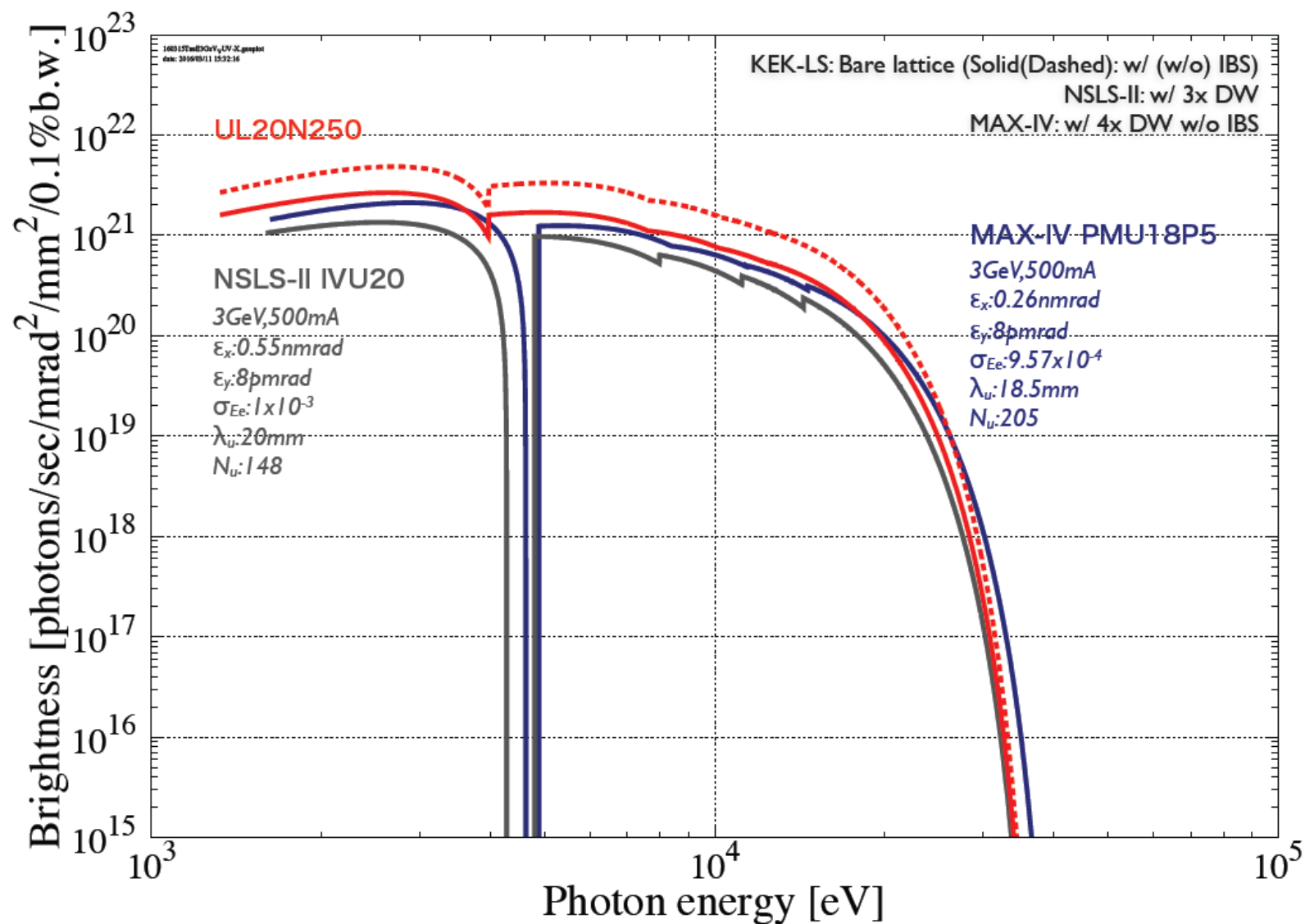


他の施設との比較 (NSLS-II, MAX-IV)

	ϵ (pmrad)	周長(m)	ラティスの型	長直線部	短直線部
NSLS-II	560	792	DBA(30cell)	9.3m × 15	6.3m × 15
MAX-IV(4DW)	270	528	MBA(20cell)	4.7m × 19	1.3m
KEK3GeV(IBSあり)	315	570	HMBA(20cell)	5.6m × 18	1.2m × 20
KEK3GeV(IBSなし)	134				

	σ_x (μm)	σ_y (μm)	σ_x' (μrad)	σ_y' (μrad)
NSLS-II	31.5	2.97	17.5	2.7
MAX-IV	48.6	6.1	5.4	1.3
KEK3GeV(IBSあり)	44	4.4	8.1	1.9
KEK3GeV(IBSなし)	29.9	4.3	5.3	1.8

他の施設との比較 (NSLS-II, MAX-IV)



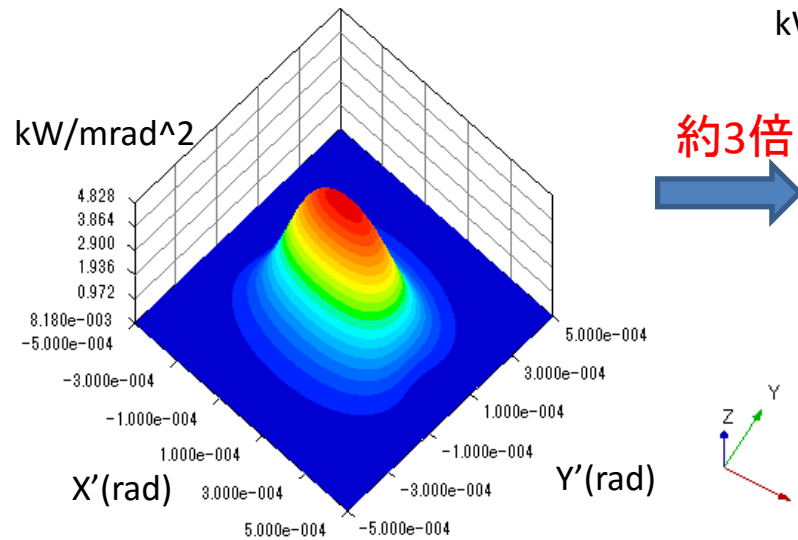
VUVから数keV領域では、IBSあり($\epsilon=0.31 \text{ nrad}$)の場合でも世界最高輝度

放射パワーとパワー密度分布

1.真空封止アンジュレータ

PF SGU#17

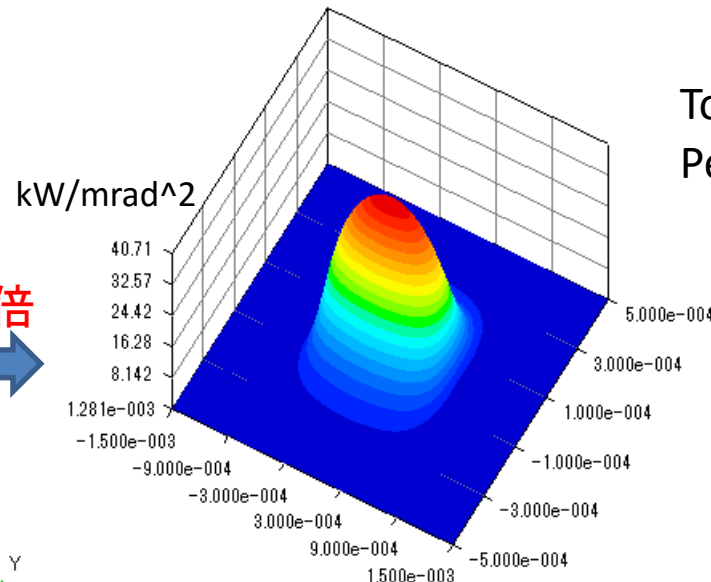
$\lambda=16\text{mm}$, $N=29$, $B=0.92\text{T}$



Total Power= 0.7kW
Peak Power密度
=4.8kW/mrad²

UL20N30(0.6m)

$\lambda=20\text{mm}$, $N=30$, $B=1.13\text{T}$



Total Power= 2.2kW
Peak Power密度
=14.4kW/mrad²

約3倍

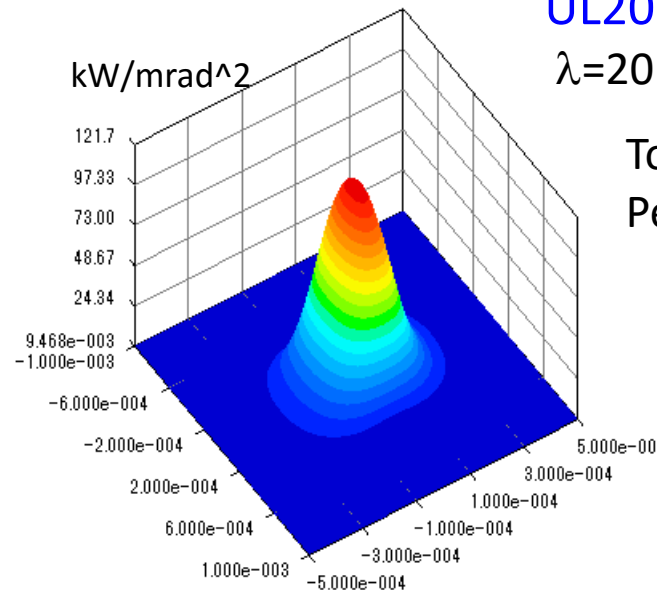


約8倍



UL20N250(5m)

$\lambda=20\text{mm}$, $N=250$, $B=1.13\text{T}$

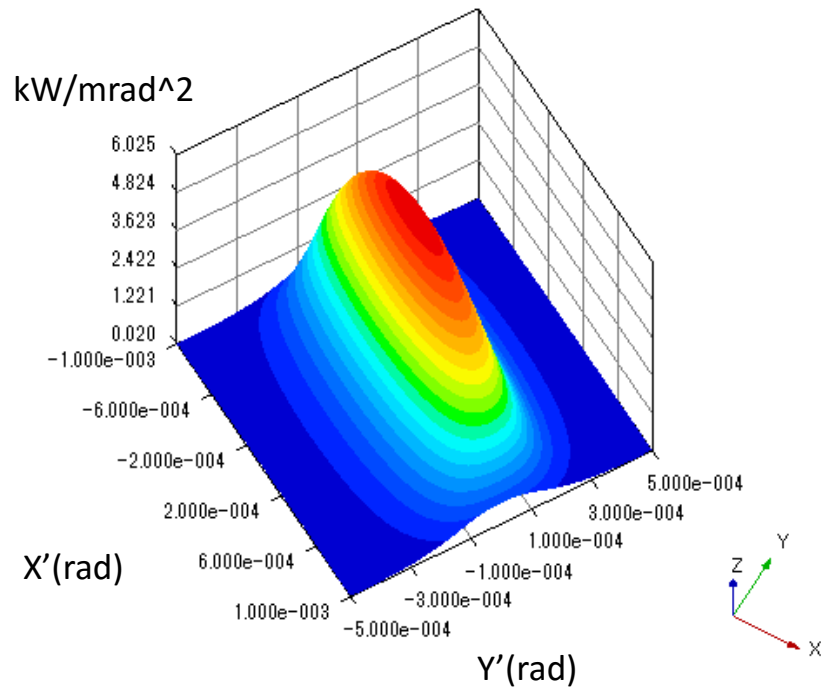


Total Power= 18.2kW
Peak Power密度
=122kW/mrad²

2.通常型アンジュレータ(Out-Vacuum)

PF SGU#13

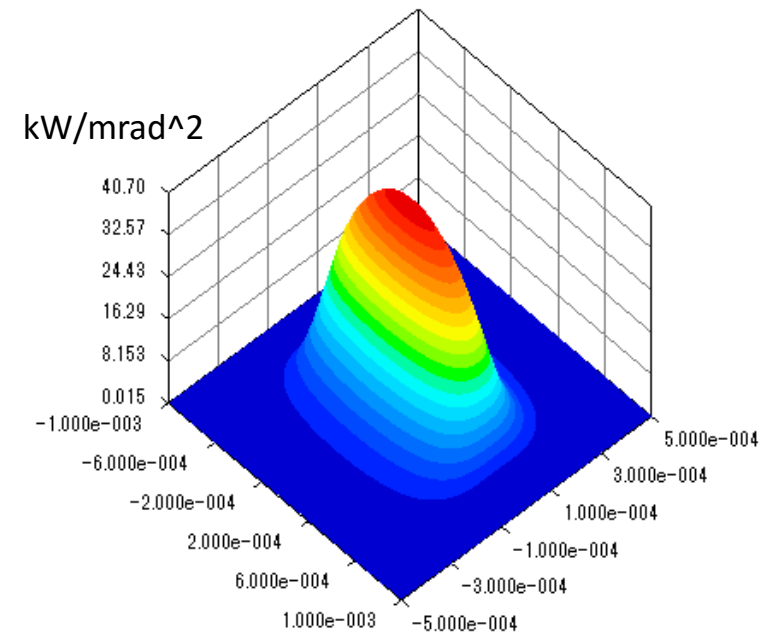
$\lambda=76\text{mm}$, $N=47$, $B=0.68\text{T}$



Total Power= 2.96kW
Peak Power密度
=6.0kW/mrad²

UL48N104(5m)

$\lambda=48\text{mm}$, $N=104$, $B=0.9\text{T}$



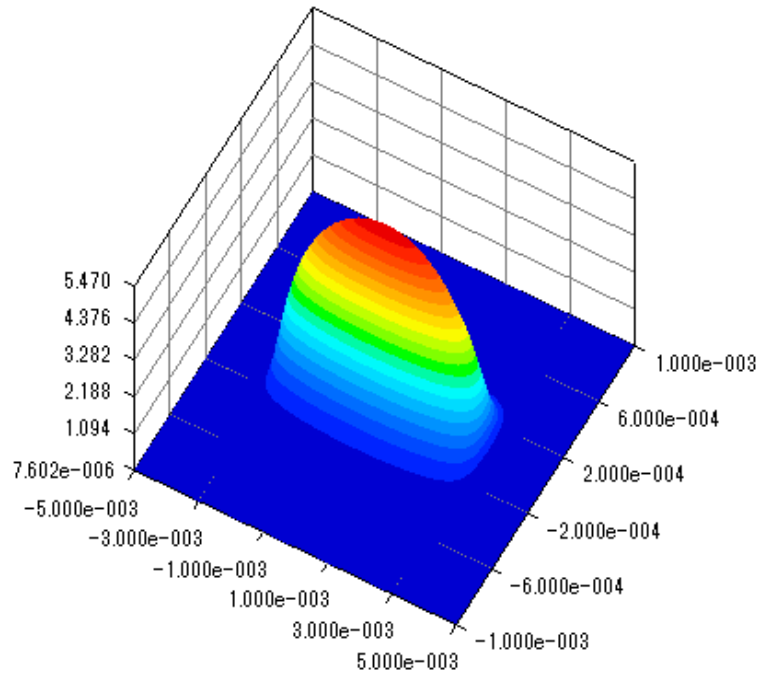
Total Power= 11.5kW
Peak Power密度
=40.7kW/mrad²



3.多極ウイグラー

PF MPW#05

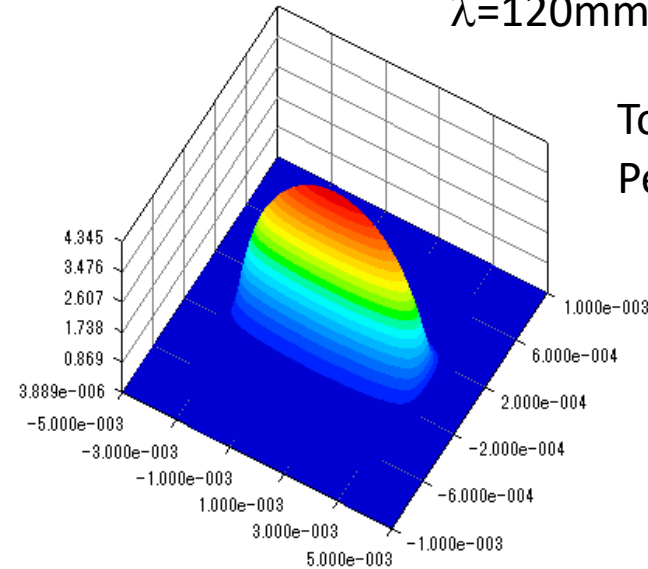
$\lambda=120\text{mm}$, $N=21$, $B=1.4\text{T}$



Total Power=8.8kW
Peak Power密度
=5.5kW/mrad²

3GeV_MPW(0.7m)

$\lambda=120\text{mm}$, $N=6$, $B=1.8\text{T}$



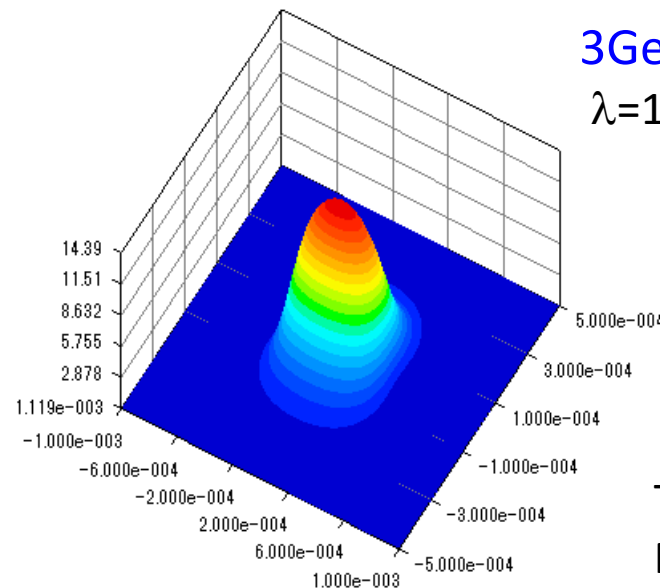
Total Power=6.6kW
Peak Power密度
=4.4kW/mrad²



約7倍

3GeV_MPW(5m)

$\lambda=120\text{mm}$, $N=42$, $B=1.8\text{T}$



Total Power=46.5kW
Peak Power密度
=33kW/mrad²

検討課題

電子ビームの性能(エミッタンス、ビームサイズ)を損なわない挿入光源の開発が重要

- ・必要な波長領域、偏光特性
- ・放射パワー対策
- ・通常型アンジュレータの最小Gap : 真空チャンバーの設計
- ・要求されるフリーチューニング軌道補正の精度: PFの1/10以下
- ・許容される挿入光源の誤差磁場(多極成分)と補正方法