



「光・量子融合連携研究開発プログラム」

小型加速器を用いた逆コンプトン散乱光源による 最適なイメージング手法の開発

独立行政法人 産業技術総合研究所

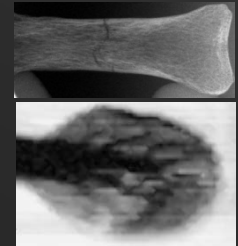
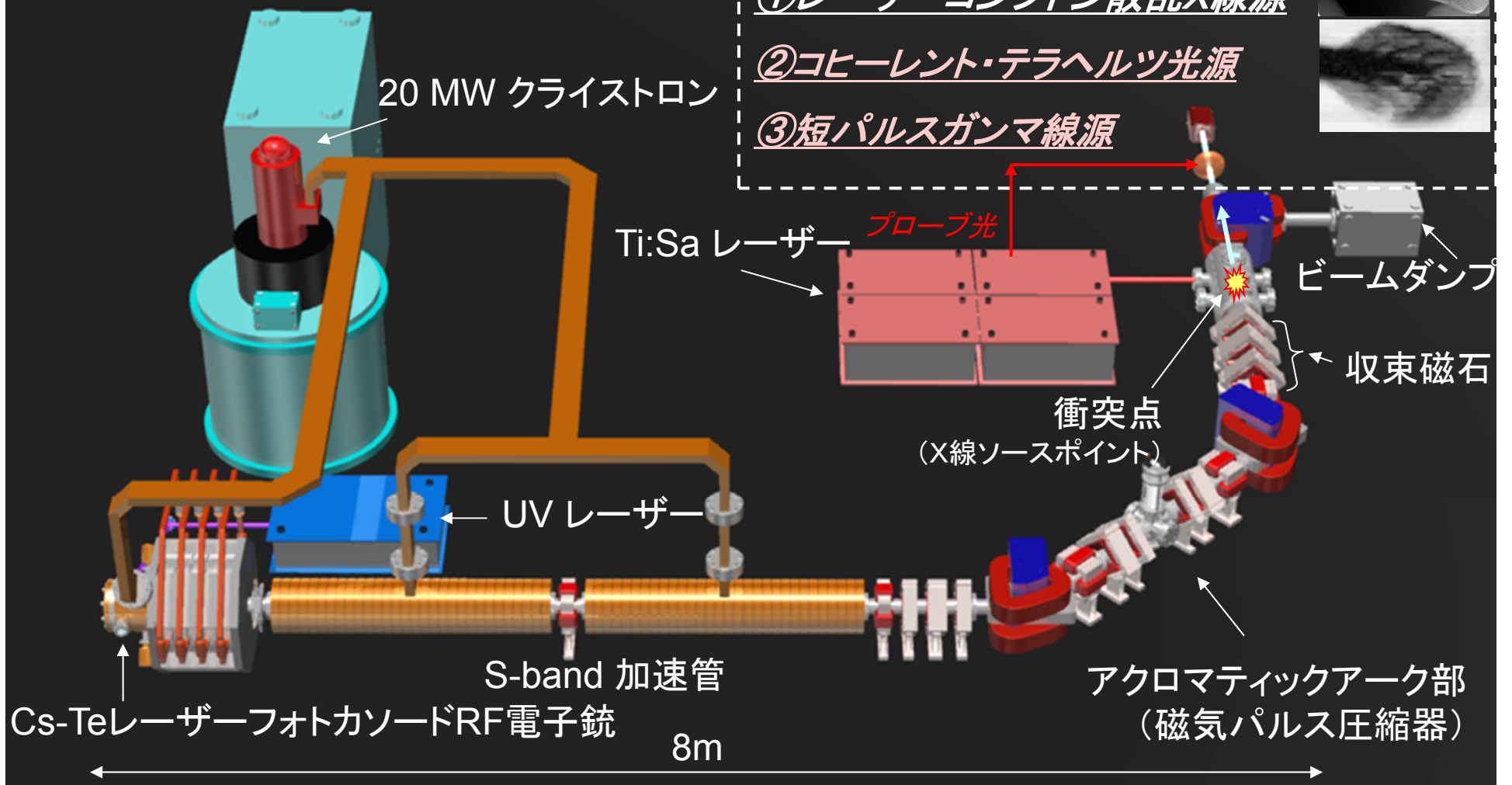
計測フロンティア研究部門 小型量子ビーム源グループ

黒田 隆之助、平 義隆

産総研Sバンド小型リニアック施設を用いた各種光源開発と利用

～安全安心・ライフイノベーションに向けた加速器技術の新展開～

Sバンド小型リニアック施設



本年度の具体的実施事項

1. 多用途のSバンド小型リニアック施設を いつでも本事業を遂行できるようにICS光源の環境整備を行う

- ・衝突用レーザーの発振器変更とレーザーパワーの回復
→ SP社製Ti:Saレーザー
(Erファイバーレーザー二倍波も検討)
- ・レーザークリーンブースに温調機を設置する
- ・衝突チェンバーを多目的実験用に改良する
- ・Cs-Te蒸着チェンバーを改良する
(・施設の電気代を払えるようにする)

⇒ レーザーコンプトンX線の再生成

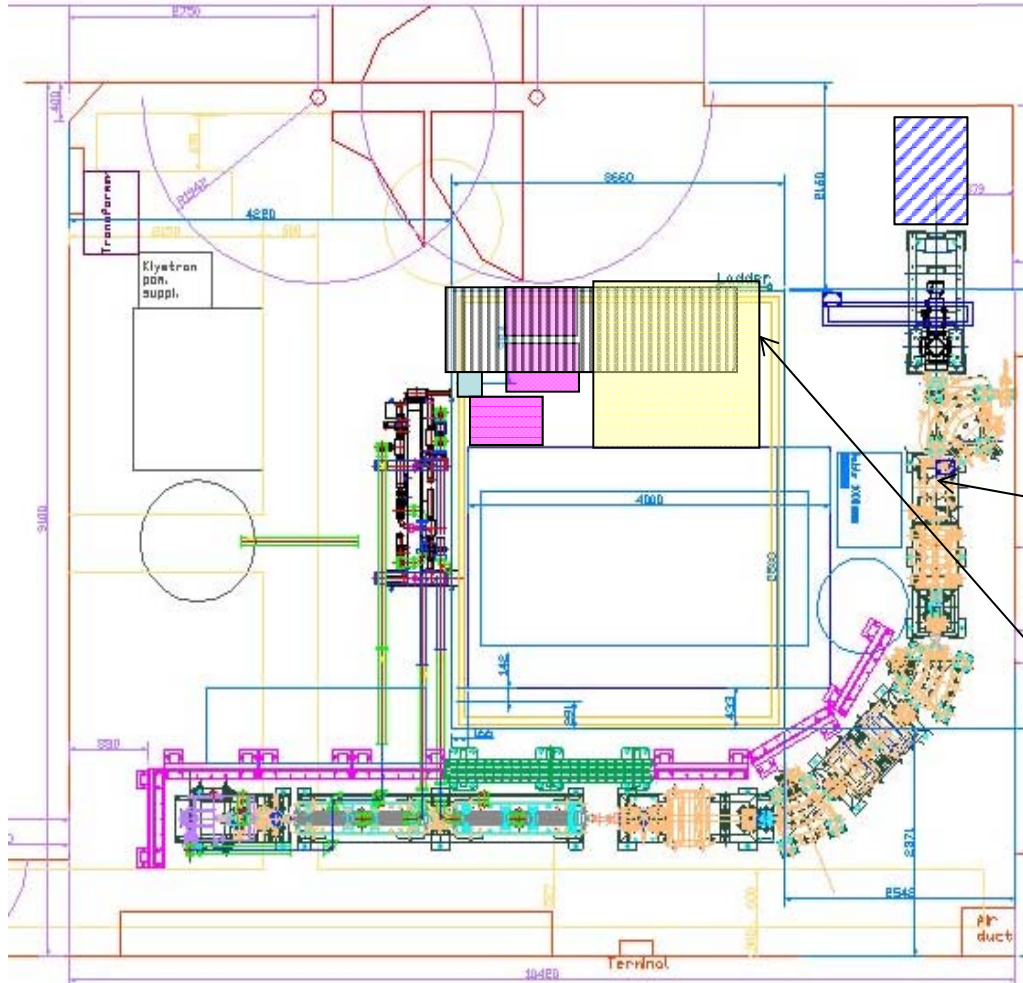
(2. ICS光源による集光実験)

- ・ガラスキャピラリーによるICS-X線の集光

(3. 各種撮像手法と検出器のサーベイ)

- ・評価用サンプルを検討 ⇒ 最初はテストチャート
- ・検出器 IP、X線CCD、X線II+HARP、X線II+可視CCD、(SOI?) など
- ・ターボ干渉実現へ向けた検討

レーザーコンプトン散乱X線源の安定化 環境整備



レーザー発振器用のク
リーンブースに温調機
能機を設置(約300万)

重要
他の実験(THz、 γ 線等)
とコンプトン実験の共用のための
改良型衝突チェンバー



Sバンド小型リニアックを用いた レーザーコンプトン散乱X線のまとめ

レーザーコンプトン散乱X線 (シングルパルスモード)

衝突角	X線エネルギー	パルス幅 (rms)	全光子数
90°	20 keV (max)	150 fs (フェムト秒利用)	~10 ⁶ /s@10Hz
165°	40 keV (max)	3 ps (イメージング利用)	~10 ⁷ /s@10Hz

※X線エネルギー幅は、中心付近で約4%程度

電子ビーム

エネルギー(max)	42 MeV
電荷量	1 nC
バンチ長(rms)	3 ps

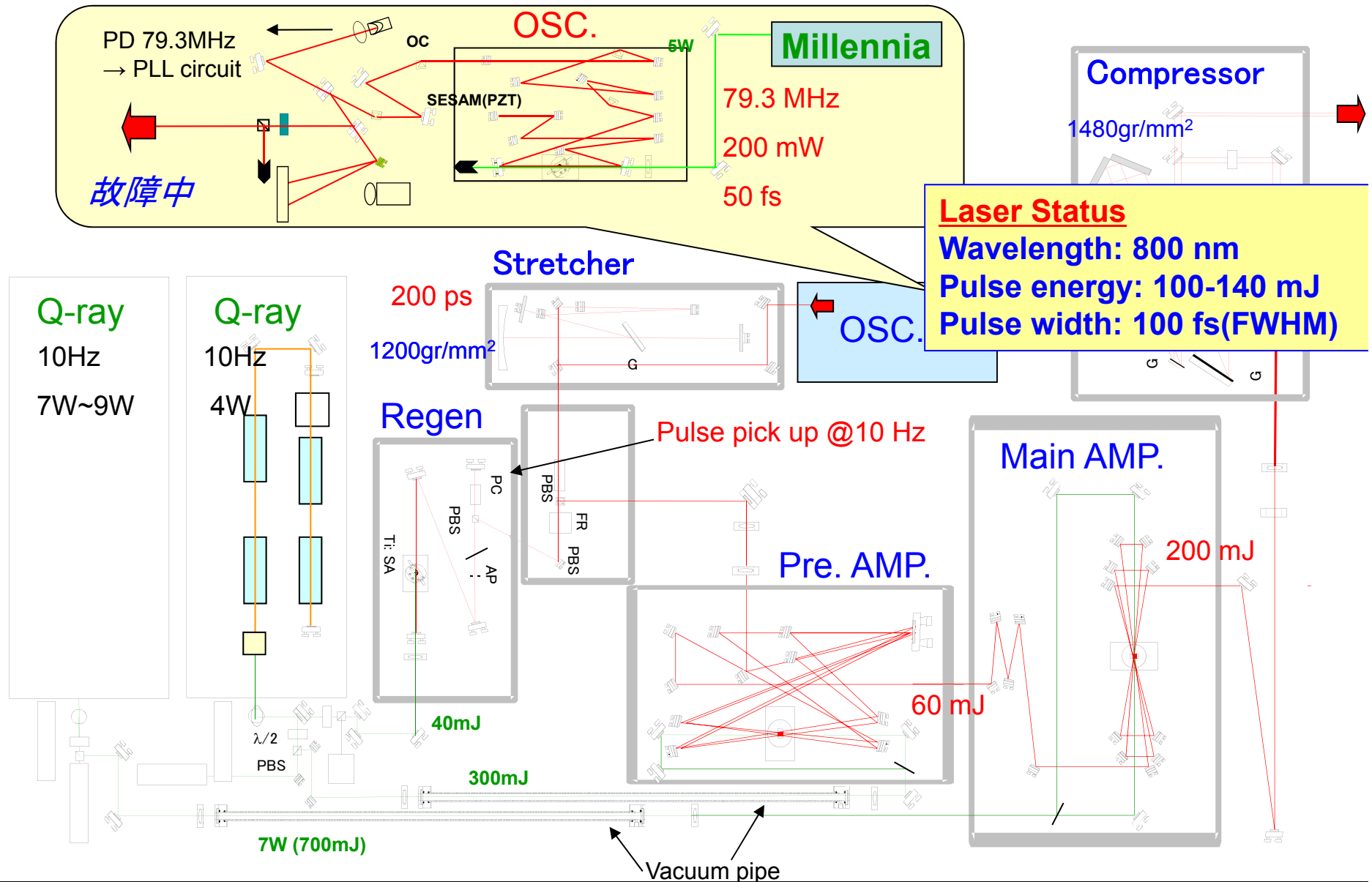
Ti:Sa レーザー

波長	800 nm
パルスエネルギー	140 mJ
パルス幅 (FWHM)	100 fs



衝突用レーザーの整備

これまでの衝突用レーザーのレイアウト

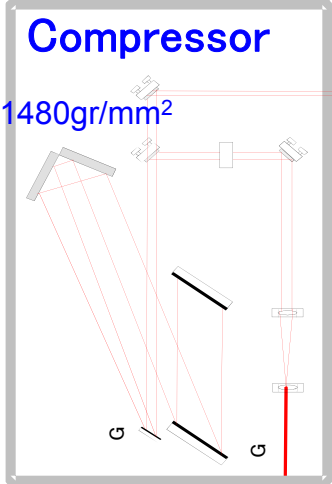


前回報告時のレイアウト

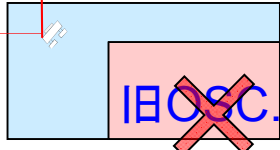
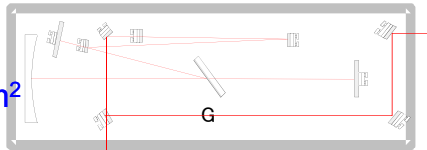
新OSC.

800nm <100fs 1.5W

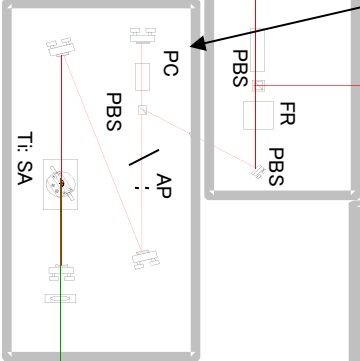
Ti:Saレーザーの交換のためのレーザー調整試験
(下流の設計はそのまま)



Stretcher

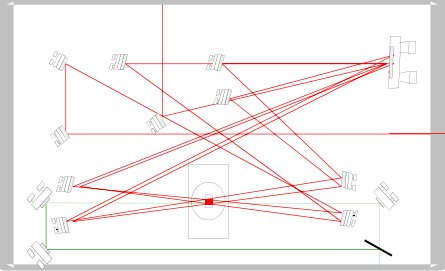


Regen

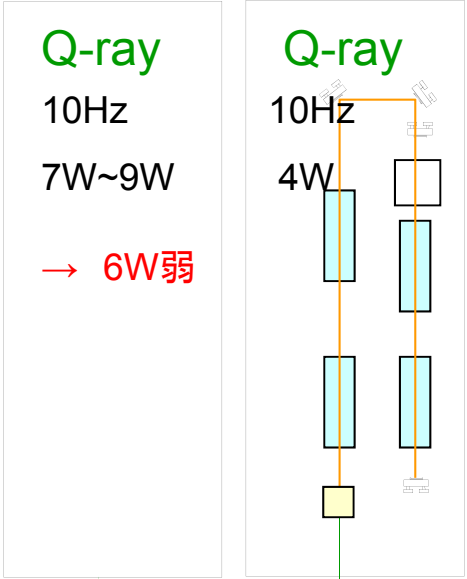
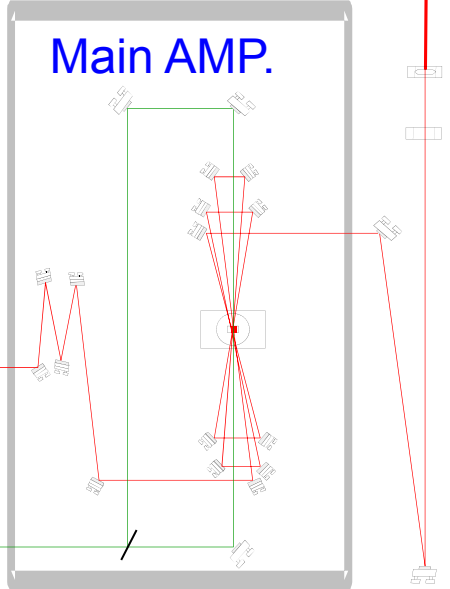


Pulse pick up @10 Hz

Pre. AMP.



Main AMP.



300mJ

Vacuum pipe

旧Ti:Saレーザー発振器の性能とオフナー型ストレッチャーの設計

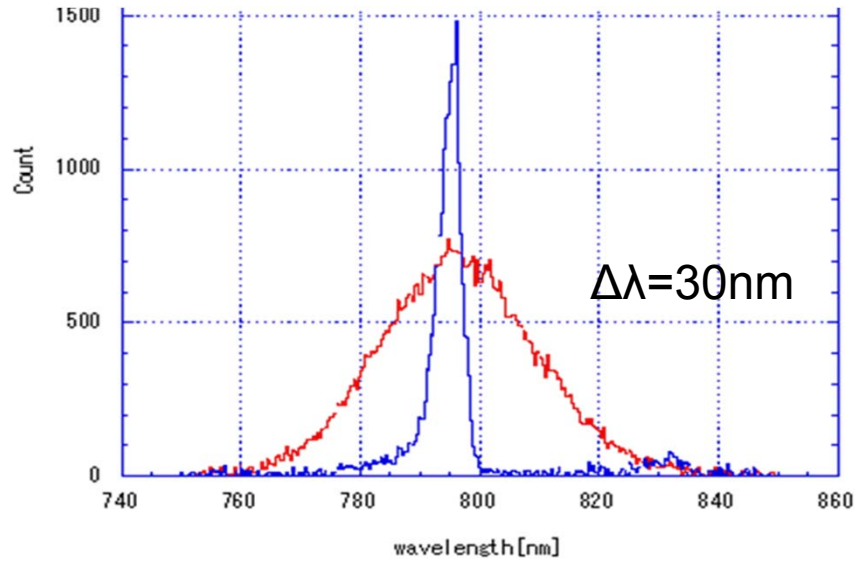
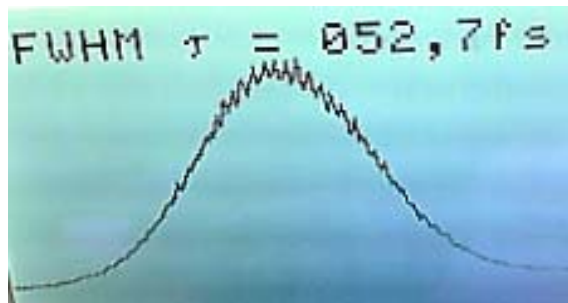
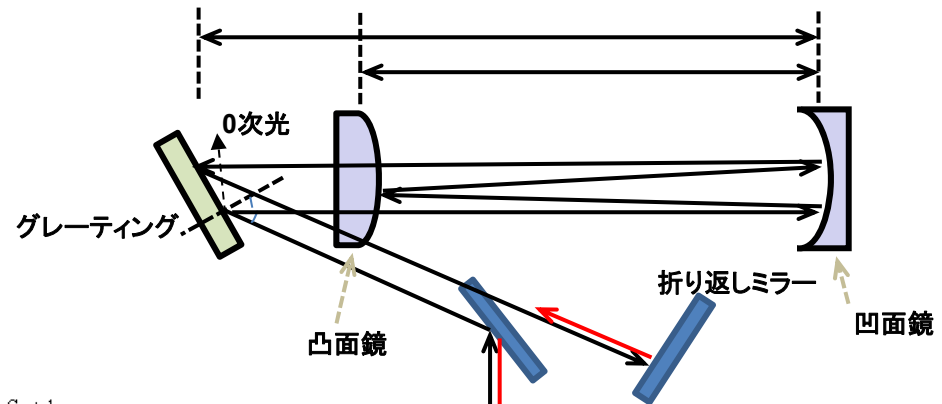


Fig.1 ストレッチャー導入前後のスペクトル波形



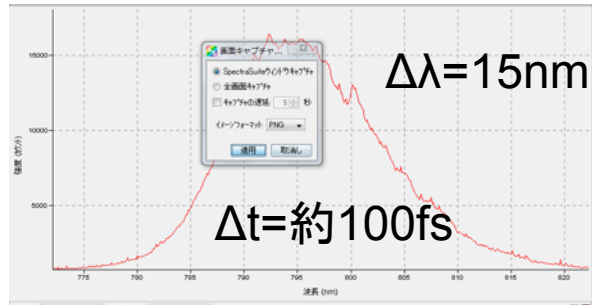
パルス幅=約53fs(FWHM)



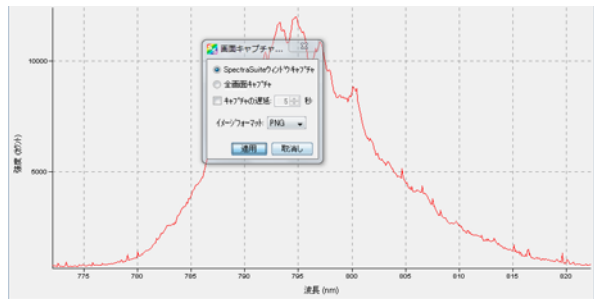
Stretcher			
nm	10^{-9}m	μs	10^{-6}s
		ns	10^{-9}s
		ps	10^{-12}s
		fs	10^{-15}s
light speed	$c := 299792458 \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$		
Center wavelength	$\lambda_0 := 800\text{nm}$		
bandwidth	$\Delta\lambda := 30\text{nm}$		
groove number	GrNo := 1200		
line space	$d := \frac{1\text{mm}}{\text{GrNo}} = 8.333 \times 10^{-7}$		
radius of the concave mirror	$r_{\text{con}} := 1\text{m}$		
radius of the convex mirror	$r_{\text{con}} := 0.5\text{m}$		
distance between the concave mirror and the grating	$l := 700\text{mm}$		
minimum wavelength	$\lambda_{\text{min}} := \lambda_0 - \frac{\Delta\lambda}{2}$	$\lambda_{\text{min}} = 785\text{nm}$	
maximum wavelength	$\lambda_{\text{max}} := \lambda_0 + \frac{\Delta\lambda}{2}$	$\lambda_{\text{max}} = 815\text{nm}$	
incident angle	$\theta := 22\text{deg}$		
round number	$i := 1$		
diffraction angle	$\phi(\lambda) := \left \arcsin\left(\sin(\theta) - \frac{\lambda}{d}\right) \right $		
		$\phi(\lambda_{\text{min}}) = 34.569\text{deg}$	
		$\phi(\lambda_{\text{max}}) = 37.113\text{deg}$	
pass length	$p(\lambda) := -2 \cdot \frac{\cos(\phi(\lambda_0))}{\cos(\phi(\lambda))} \cdot (2r_{\text{con}} - 2l) \cdot (1 + \cos(\theta - \phi(\lambda)))$		
		$p(\lambda_{\text{min}}) = -2.335$	
		$p(\lambda_{\text{max}}) = -2.398$	
diffraction angle	$\phi(\lambda_0) = 35.931\text{deg}$		
relative time delay at 1-round trip	$\Delta\tau := i \cdot \frac{ p(\lambda_{\text{min}}) - p(\lambda_{\text{max}}) }{c}$		
		$\Delta\tau = 210.707\text{ps}$	

$\Delta t = 210\text{ps}$

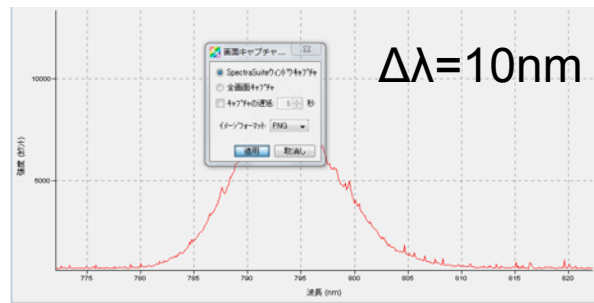
交換用Ti:Saレーザー発振器のスペクトルとチャープ



スペクトル@発振器



ストレッチャーOUT



プリアンプOUT

Sretcher

nm := 10⁻⁹ m μs := 10⁻⁶ s
 ns := 10⁻⁹ s
 ps := 10⁻¹² s
 fs := 10⁻¹⁵ s

light speed c := 299792458 · m · s⁻¹

Center wavelength λ₀ := 800nm
 bandwidth Δλ := 15nm
 groove number GrNo := 1200

物厚分岐

l := 700mm

incident angle θ := 22deg
 round number i := 1

diffraction angle φ(λ₀) = 35.831deg

relative time delay at 1-round trip

$$\Delta\tau := i \cdot \frac{|p(\lambda_{\min}) - p(\lambda_{\max})|}{c}$$

$\Delta\tau = 105.259\text{ps}$

$\Delta t = 105\text{ps}(\text{FWHM})@$ ストレッチャー

ビームサイズへの影響の評価

ストレッチャー

w1 : at the first concave mirror

$$w1 := 1 \cdot (\tan(\phi(\lambda_{max}) - \phi(\lambda_0)) + \tan(\phi(\lambda_0) - \phi(\lambda_{min})))$$

w2 : at the convex mirror

$$w2 := \left[w1 + \frac{r_{occ}}{2} \cdot \left(1 - \frac{2f}{r_{occ}} \right) (\tan(\phi(\lambda_{max}) - \phi(\lambda_0)) + \tan(\phi(\lambda_0) - \phi(\lambda_{min}))) \right]$$

w3 : at the second concave mirror

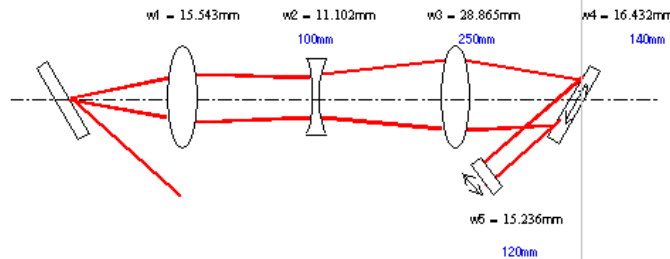
$$w3 := 3w1 + 2(r_{occ} - 2 \cdot f) (\tan(\phi(\lambda_{max}) - \phi(\lambda_0)) + \tan(\phi(\lambda_0) - \phi(\lambda_{min})))$$

w4 : at the second grating

$$w4 := \frac{\left[\left(3 - \frac{2 \cdot f}{r_{occ}} \right) \cdot w1 + \left[2 \cdot (r_{occ} - 2 \cdot f) + 1 \cdot \left(\frac{2 \cdot f}{r_{occ}} \cdot 1 - 1 \right) \right] \cdot (\tan(\phi(\lambda_{max}) - \phi(\lambda_0)) + \tan(\phi(\lambda_0) - \phi(\lambda_{min}))) \right]}{\cos(\phi(\lambda_0))}$$

w5 : at the reflect mirror

$$w5 := w4 \cdot \cos(\theta)$$



ビームサイズは半分@ストレッチャー

コンプレッサー

Suitable A01 and distance $\theta_{comp} = 42.051 \text{deg}$ グレーティング間距離 $L_g = 472.283 \text{mm}$	入射軸と回折軸のなす角 $ \text{difference}(\theta_{comp}) = 11.107 \text{deg}$
Linear and quadratic phase at the stretcher and the compressor	
Stretcher	$GVD(\omega_0) = 1.47 \times 10^6 \text{fs}$ $TOD(\omega_0) = -3.474 \times 10^6 \text{fs}$
Compressor	$GVD_{comp}(\theta_{comp}, L_g) = -1.487 \times 10^6 \text{fs}$ $TOD_{comp}(\theta_{comp}, L_g) = 3.462 \times 10^6 \text{fs}$
diffraction angle $\phi_{comp}(\lambda_0) := \left \arcsin \left(\sin(\theta_{comp}) - \frac{\lambda_0}{d_{comp}} \right) \right $	
beam size at the second grating $w_{comp,grating} := L_g \cdot \frac{\tan(\phi_{comp}(\lambda_{max}) - \phi_{comp}(\lambda_0)) + \tan(\phi_{comp}(\lambda_0) - \phi_{comp}(\lambda_{min}))}{\cos(\phi_{comp}(\lambda_0))}$	
at the roof mirror $w_{comp,roof} := w_{comp,grating} \cdot \cos(\theta_{comp})$	
diffraction angle $\phi_{comp}(\lambda_0) = 30.944 \text{deg}$	
Beam size at the compressor 但し初期ビームサイズ 50mmとする。(下記の+50mm)	
Grating $w_{comp,grating} + 50 \text{mm} = 64.255 \text{mm}$	140mm
Roof mirror $w_{comp,roof} + 50 \text{mm} = 60.585 \text{mm}$	120mm

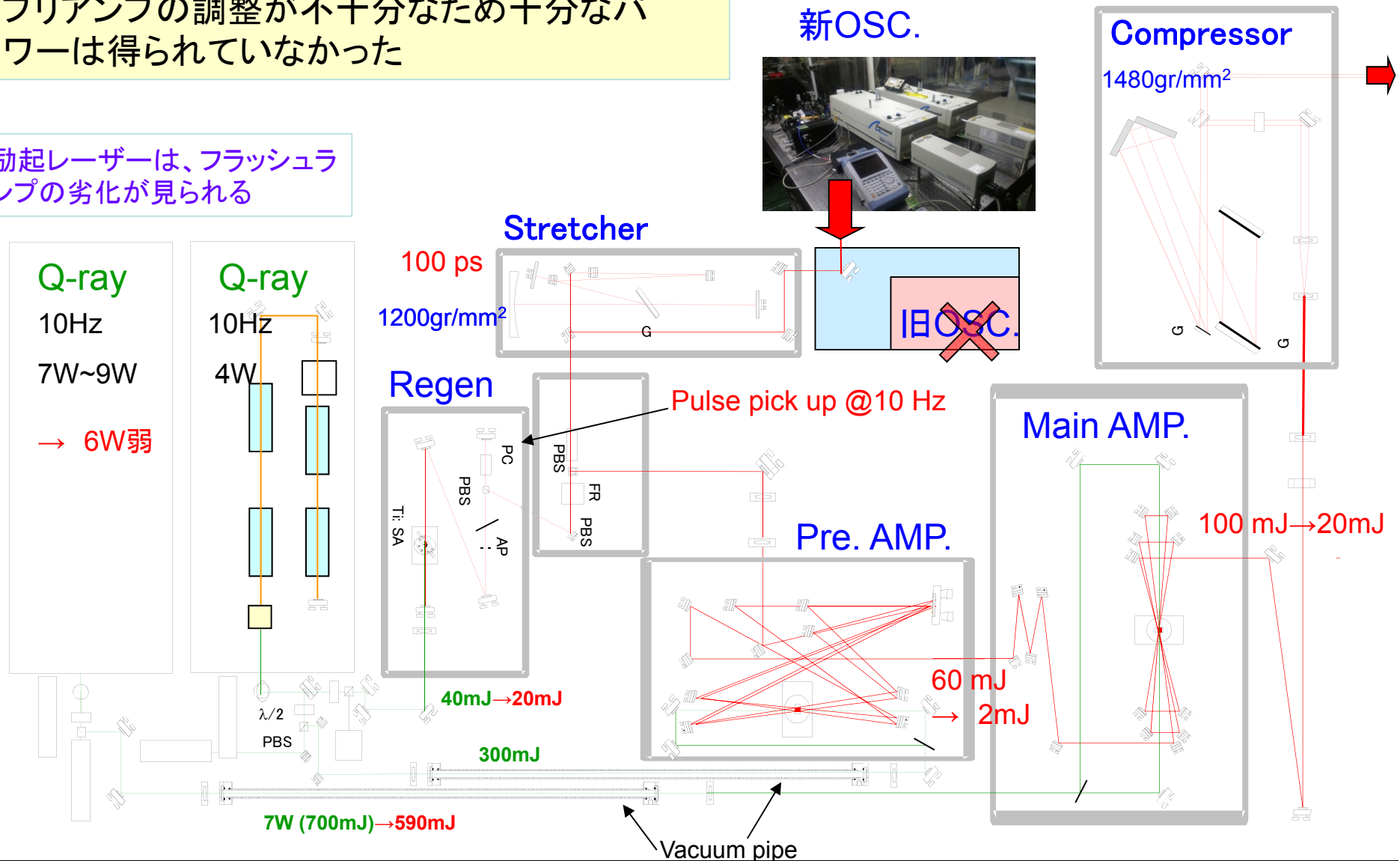
約14mm小さい@グレーティング
約11mm小さい@ルーフミラー

⇒ 同じパワーの場合、ダメージに注意する必要がある

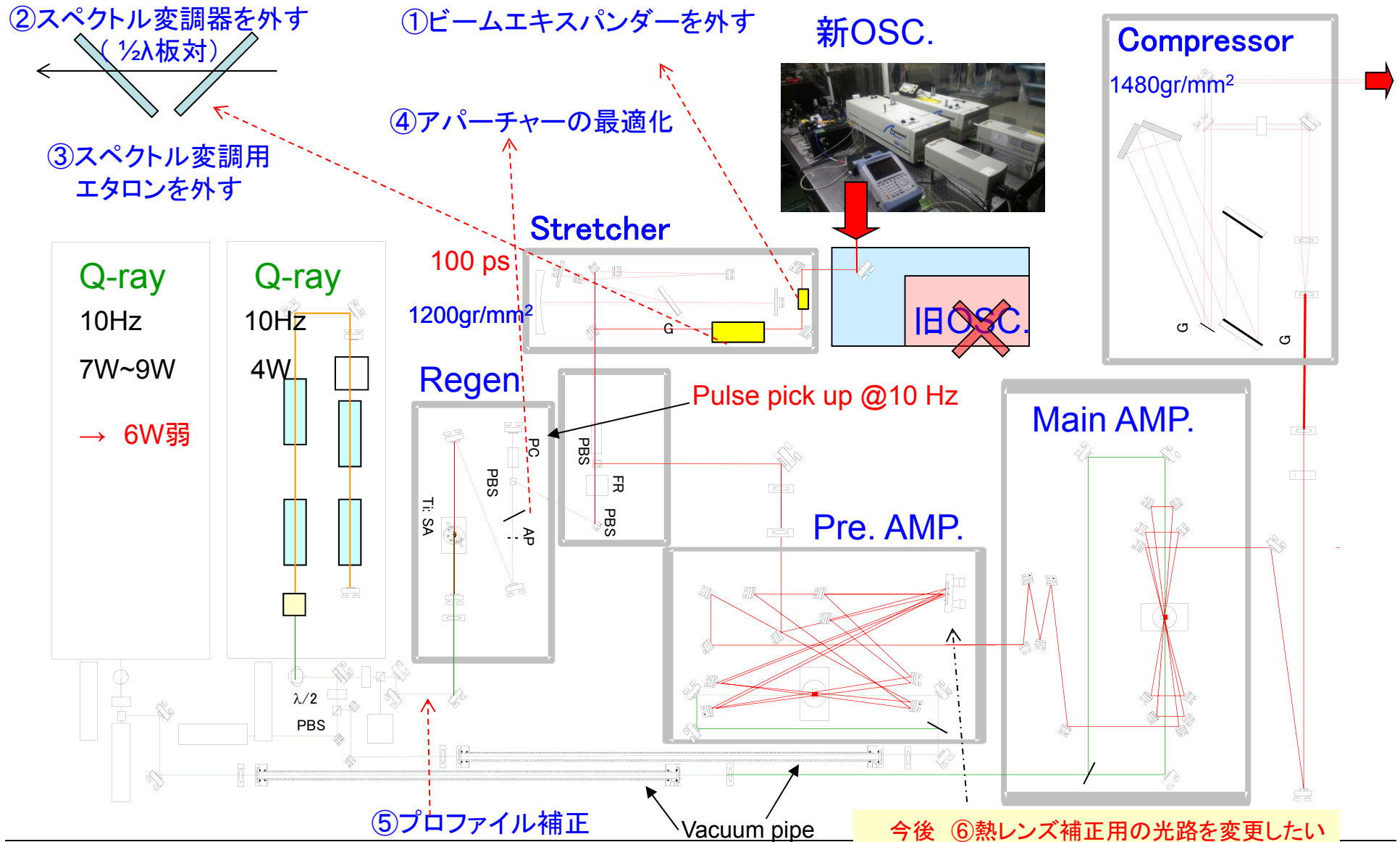
前回報告時の衝突用レーザー(CPA)の増幅(不十分)

プリアンプの調整が不十分のため十分なパワーは得られていなかった

励起レーザーは、フラッシュランプの劣化が見られる



前回からのレイアウト変更



今回の衝突用レーザー(CPA)テスト

再生増幅器の切り出し400ns⇒200ns

瞬間的には、従来レベル(120mJ)まで回復

イメージリレー用の真空パイプ内でブレークダウンにより長時間続かず...

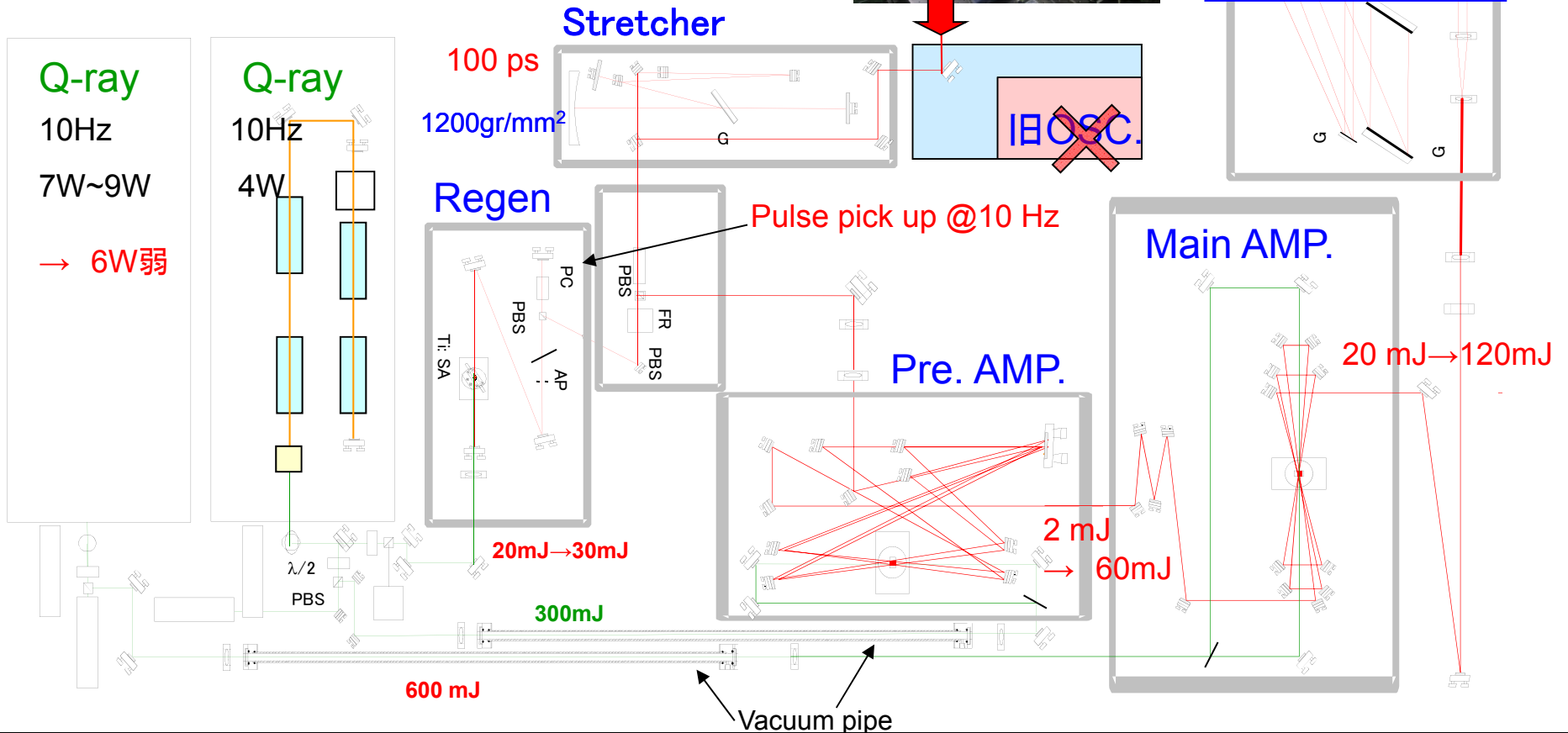
新OSC.



Compressor

1480gr/mm²

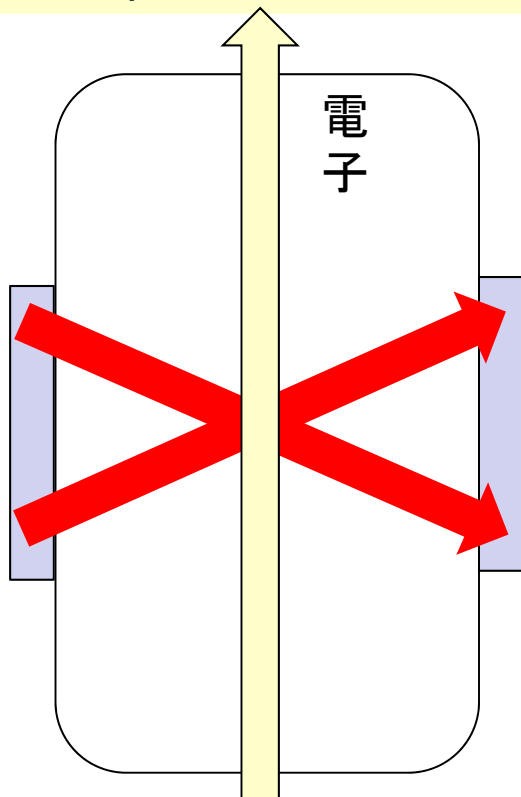
圧縮を確認



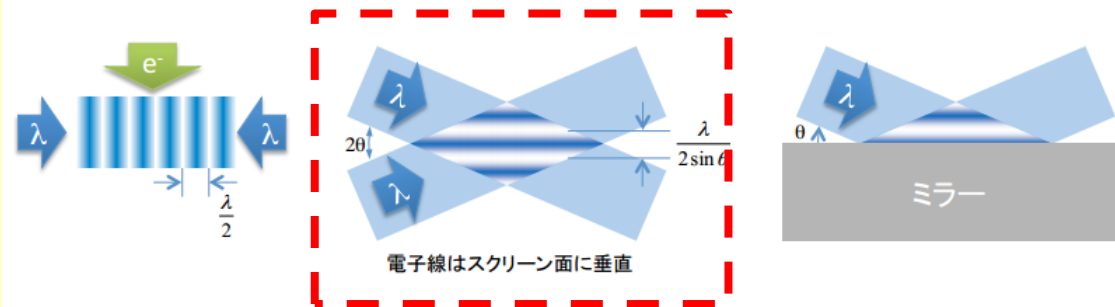
Striped LCSのテストをするには

坂上さんのレポート

- ・電子ビーム 0.5 ps (FWHM)
⇒ 可能
- ・レーザー
0.2 ps (FWHM)
=60μm ⇒ 可能 @800nm



Striped LCSを形成するには一定在波利用



百生さんの前回のレポートより

干渉縞の範囲 60μm

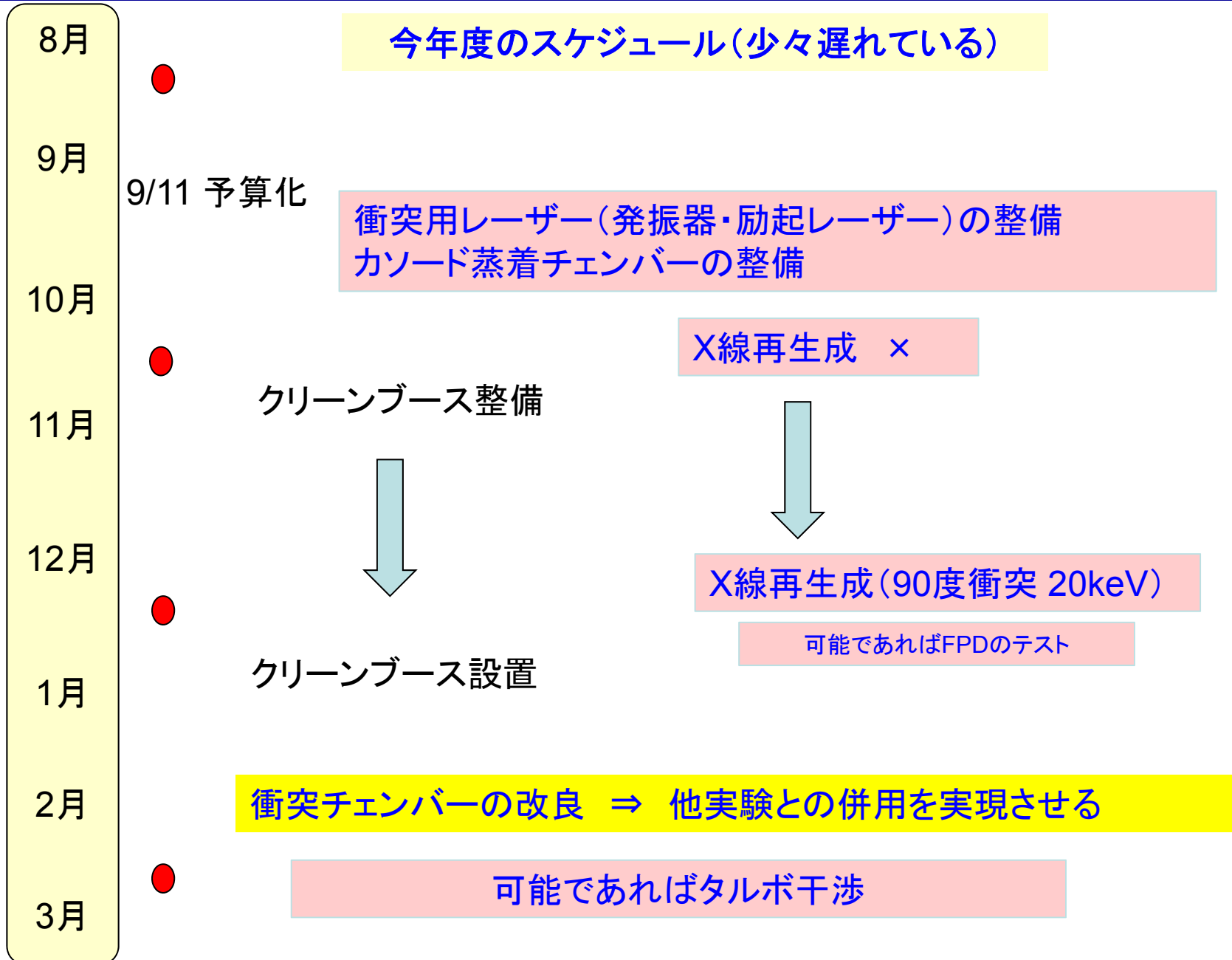
ピッチ=0.4 μm ⇒ 小さすぎる

θ ⇒ 1度くらいにしたい

⇒ 軸外し放物面鏡を使ったらどうか？

(by 岩下さん)

ビーム径が大きいので光学系を検討する



広大高橋さんからの依頼

先端加速器科学技術推進協議会



Advanced Accelerator Association Promoting Science & Technology

先端加速器科学技術推進シンポジウム in つくば
「先端加速器から始まるイノベーションとノーベル賞」
企 画 案

- 【目 的】 つくばを代表する科学振興財団である「つくばサイエンスアカデミー (SAT)」が開催する「SATテクノロジー・ショーケース2014」の関連イベントとして、国際リニアコライダーを初めとする「加速器」の意義をつくば地区研究者及び一般の方々に広く知って頂き、加速器によるイノベーションの可能性について理解を深めてもらうためシンポジウムを実施する。
- 【主 催】 高エネルギー加速器研究機構 先端加速器科学技術推進協議会
- 【日 時】 平成26年1月23日(木) 13:30~16:00 (開場 13:00)
- 【会 場】 つくば国際会議場
- 【入 場】 無 料
- 【定 員】 200人 (研究者、一般)
- 【講 師】 (1) 高エネルギー加速器研究機構 藤本順平氏
(2) アステラス製薬株式会社 阪下日登志氏
(3) 産業技術総合研究所 黒田隆之助氏

【プログラム】

- 13:30 開 会
- 13:35 講 演
13:35 「先端加速器から始まるイノベーションとノーベル賞」
(高エネルギー加速器研究機構) 藤本順平氏
- 14:15 「放射光を用いた創薬」
(アステラス製薬株式会社) 阪下日登志氏
- 14:55 「先端加速器と産業応用」
(産業技術総合研究所) 黒田隆之助氏
- 15:35 総括質疑及び議論
- 16:00 閉 会

お願い

本事業の紹介も行いたいのので、
数枚のスライドをお願いします。
⇒ 浦川先生