

# 1-1 進捗状況 (光学系)

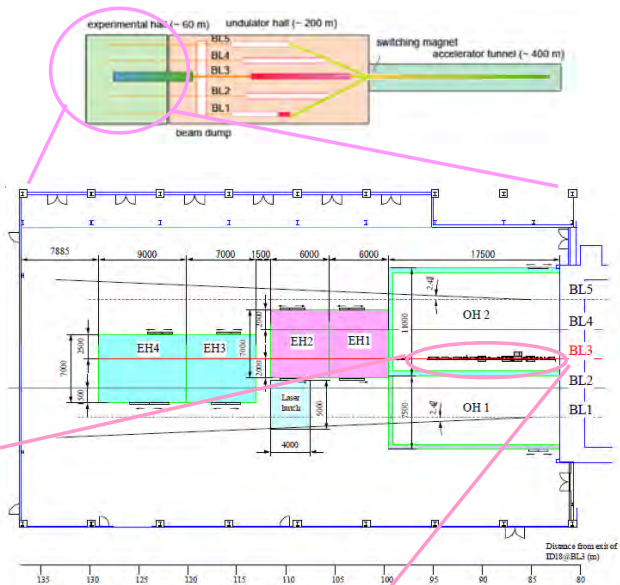
出力、パルス幅、波長範囲、輝度、等の物理的な計画仕様(光学系の設計及びその性能と特徴)

ビームパラメータ

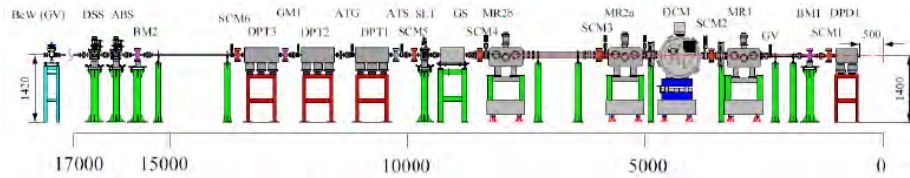
光ビームラインの構成

Table 2-4-1 FEL radiation parameters (fundamental radiation)

Electron beam energy (GeV)	8
Repetition rate (Hz)	60 (max) to 1 (min)
UND K value	2.2
FEL parameter <sup>(1)</sup>	4.4e-4
Saturation length (m) <sup>(2)</sup>	45
Wavelength (nm) <sup>(3)</sup>	0.13
Photon energy (keV)	9.9
Bandwidth	9.2e-4
Source size (um, rms)	33
Angular divergence (urad, rms)	0.73
Peak power (GW)	29
Pulse energy (mJ)	0.78
Photons per pulse (phs/pls)	5.0e11
Pulse width (fs, FWHM)	30
Power ratio of higher-order harmonic (2nd:1st)	1.3e-4
Power ratio of higher-order harmonic (3rd:1st)	2.8e-3



- ・スペckルフリー光学素子
- ・大強度XFELの輸送とγ線の除去
- ・高いドースに対する光学素子の耐性



XFELビームライン TDR

# 1-1 進捗状況 (光学系)

XFEL利用のための要素技術

光源の特性

高コヒーレンス性

パルス性

SASE起因のフラクチュエーション

要請

スペckルフリー

耐高強度

外部機器との同期

ショット毎のビーム診断

ショット毎のデータ計測・解析

要素技術

★ 非球面ミラーの超平坦化・長尺化

★ void-free平滑ベリリウムフォイル

ダイヤモンド単結晶の高品質化

SP8

★ タイミング伝送・モニタ

LCLS, SP8, XFEL

LCLS, SP8, XFEL

ビーム強度・位置モニタ

★ スペクトルモニタ

パルス幅モニタ

★ 2次元検出器

★ データ収集・解析システム

LCLS, SP8, XFEL

# 1-1 進捗状況 (光学系)

仕様を満たすために行った開発研究とその進捗度、さらに今後開発すべき研究開発  
 スペックルフリー光学系: 弱いコヒーレントX線 光利用技術の開発研究 (I)  
 (@1kmビームライン) を用いたR&D

**超平坦ミラーの開発**

Camera distance: 166 mm, 566 mm, 966 mm

Specular-free Perfluoropolymer window development

Polished O-30 (HIP powder foil) 100 nm p-v  
 Polished IF-1 (Ingot foil) 100 nm p-v  
 Polished PVD 50 nm p-v

EEM加工の原理

## フェムト秒タイミング同期システム

タイミング伝達装置

10<sup>-9</sup>以下の波長安定度

サブミクロンでの安定化

レーザー → 電気-光変換 → 光路長安定化装置 → 光-電気変換

光周波数コムサイン波 ジッタ 58 fs  
 ジッタ 11 fs

短期安定性 15 fs  
 長期安定性 195 fs

フェムト秒赤外レーザー

Trigger

電子ビーム X線レーザー

利用推進課題 理研 玉作 他

## 回折限界長尺集光ミラー

400mm 350mm

400mmミラー形状計測装置

集光プロファイル

Intensity (a.u./mm<sup>2</sup>) vs Position (mm)

75nm

利用推進課題 阪大 山内 他

## シングルショット光特性診断システム

スペクトル計測システム

Energy (meV) vs Position (μm)

FWHM = 16.9 meV

Single-Shot Spectrometry for X-Ray Free-Electron Lasers

Makina Yahashi,<sup>1,2\*</sup> Jerome B. Hastings,<sup>2</sup> Mas S. Zolotarev,<sup>3</sup> Hidekazu Mimura,<sup>4</sup> Hirotatsu Yumoto,<sup>5</sup> Satoshi Matsuizuma,<sup>6</sup> Kazuo Yamachi,<sup>6</sup> and Tetsuya Ishikawa<sup>1,3\*</sup>

# 1-1 進捗状況 (光学系)

今後、開発すべき要素技術、部品(ミラー、検出系など)について、必要な時間・人員  
 特に光利用技術の開発状況と今後の見通し(各技術の特徴、本プロジェクト以前の状況、本プロジェクトでの状況、課題、今後の見通し等)  
 X線レーザーの精密測定の際のX線光学について、その課題と解決方法

## 光利用技術の開発研究 (II)

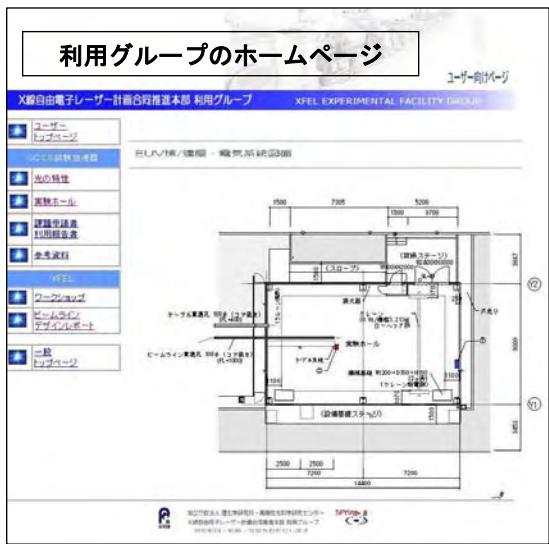
項目	本プロジェクト以前の状況	本プロジェクトの状況	課題(本プロジェクトに留まらない世界の課題)	今後の見通し(時間・人員を含む)
集光システム	・EEM加工技術により超平坦ミラーを製作。 ・小型ミラー(100mm)用の精密計測システムを開発。 ・小型ミラーにより2次元回折限界集光を達成	・ミラーの長尺化(400mm)加工・計測装置を高度化し、回折限界集光を達成。 ・ミラー加工に関する要素技術開発はほぼ完了。	・迅速なアライメント方法の開発 ・超安定姿勢制御機構の開発	・阪大・理研・JASRIの緊密な協力体制を継続。 ・2010年度にSP8ビームラインにおけるオンラインテスト。
フェムト秒タイミング同期システム	・SP8ビームラインにおいてピコ秒タイミング伝達システムを構築。レーザー放射光同期実験により±2 psの同期精度を確認	・フェムト秒タイミング伝達システムの開発(ほぼ終了) ・レーザーと電子ビームのタイミング計測システム(EOS)のR&Dが進行中	・レーザーとX線のタイミングの直接計測	・国内外の研究機関(SLAC・DESY含む)との連携(特に計測システム)
シングルショット光特性診断システム	・SP8において様々な特性をもつX線光学系を開発し、ユーザー実験に応用。	・シングルショットスペクトル計測の実証実験を世界に先駆けて行う。	・非破壊計測のためのビームスプリッタの開発	・理研・JASRIで開発を継続
2次元検出器・データ処理システム	・大強度パルスX線に対応できる2次元検出器は世の中に存在しなかった	・既存技術の高度化により、開発リスクを抑制しながら諸外国に匹敵する性能を目指す。仕様はほぼ確定。	・大面積化(=X線顕微鏡の高空間分解能化) ・次世代検出器の開発 ・60Hz運転に対応したオンライン大容量データ解析システムの構築	・検出器: KEKを含むオールジャパン体制で開発を進める ・データ処理: JAEA 理論グループ等とのコラボレーションにより最適化を進める

## 1-1 進捗状況（光学系）

実際のX線自由電子レーザー利用経験が無い中で未知の要素を含みながら利用研究を推進する開発研究者への手厚い技術支援の必要性

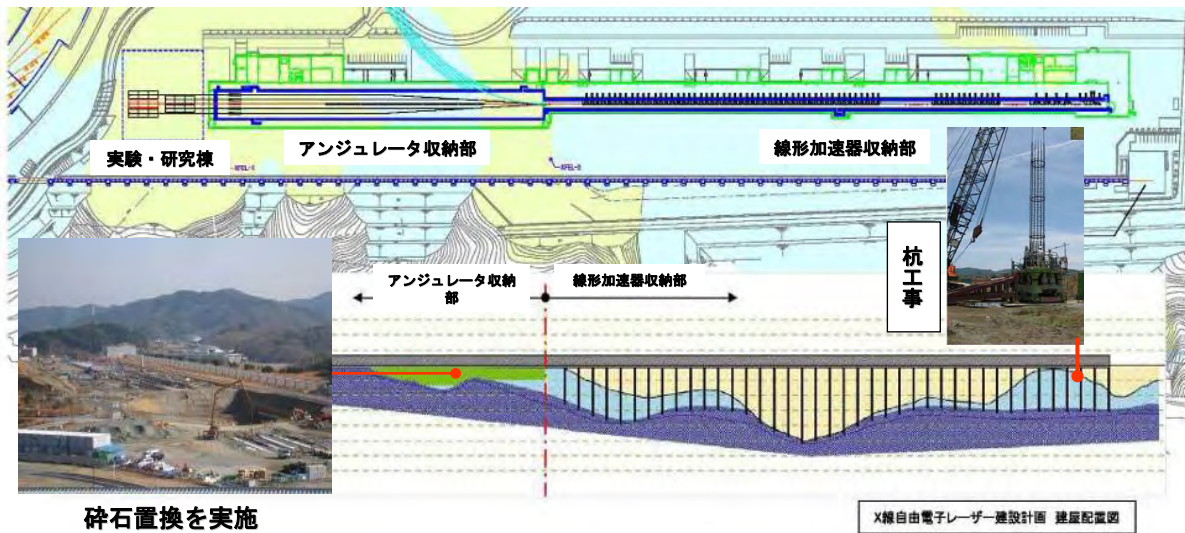
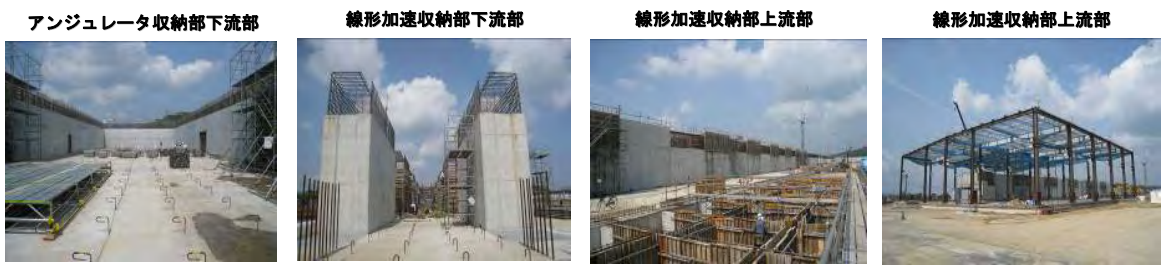
- ・平成20年度から利用グループの下に3チーム(ビームライン建設チーム、SCSS試験加速器利用チーム、データ処理系開発チーム)を新設、利用体制を強化
- ・理研と共同研究契約を締結し、理研の客員研究員として迎え、利用推進研究の推進を支援している
- ・ユーザーと利用チーム研究員・加速器運転員が定期的にミーティングを持ち、SCSS試験加速器運転のスケジュールや方針を一緒にたて、利用推進研究の推進に努めている
- ・SCSS試験加速器では、すべてに優先して、計画通りのユーザー運転を実施すべく努めている
- ・ホームページによる施設側の情報提供を随時行っている
- ・ビームラインデザインレポートを作成し、施設のデザイン変更にともなって随時更新していく
- ・小規模で活発な議論をする場としてのXFEL利用ワークショップを理研が開催

- 2007年6月7日 第1回 SCSS試験加速器の利用に関するワークショップ
- 2008年3月5日 第2回 XFEL利用ワークショップ
- 2006年10月31日 XFEL利用推進課題バイオタスクフォース 第1回会合
- 2007年3月5日 XFEL利用推進課題バイオタスクフォース 第2回会合
- 2007年8月22日 第1回XFEL利用課題バイオサイエンスシンポジウム



## 1-1 進捗状況（建屋建設）

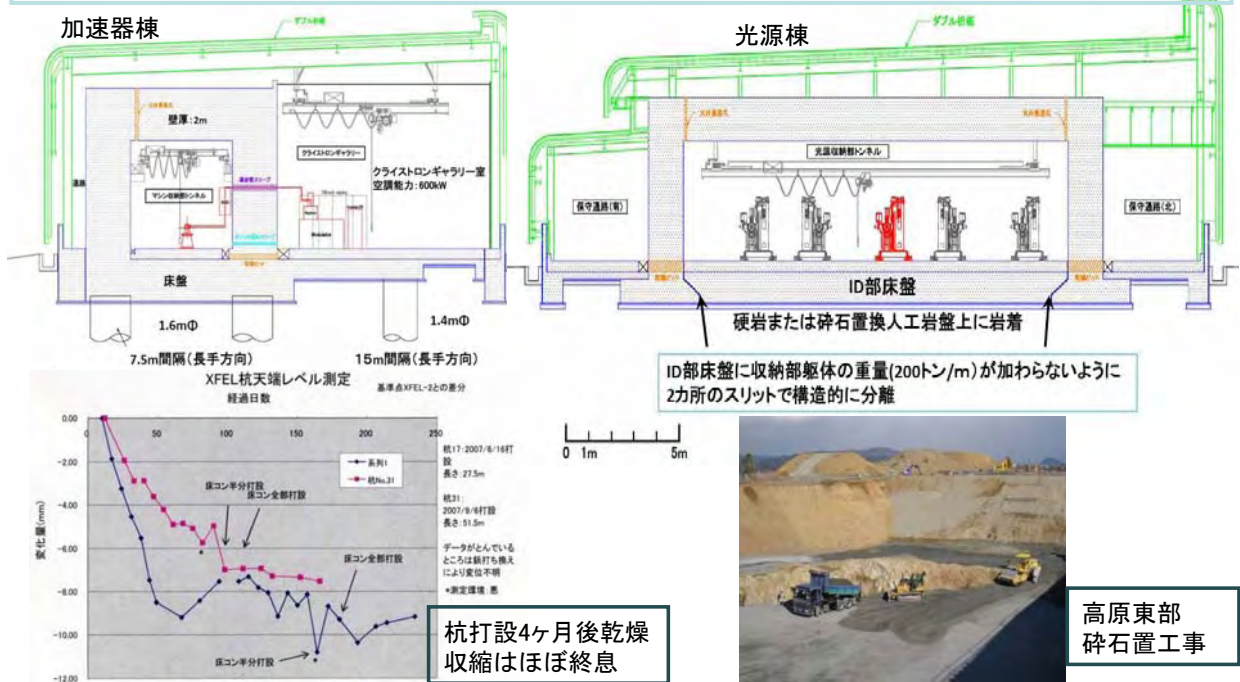
平成20年度末 線形加速器・アンジュレータ収納部建屋完成予定 (H20.6月現在)



## 1-1 進捗状況 (建屋建設)

### 加速器棟および光源棟の建屋構造

- ① 加速器収納部および光源収納部を空調された建屋内に設置する**鞘堂構造 (SPring-8と同じ)**
- ② 収納部内温度は厚さ2m(加速器部)、1.5m(光源部)の**大きなコンクリートの熱容量で安定化**  
SCSS試験器(トンネルの一部が屋外)の実績:  $0.002^{\circ}\text{C}/1\text{hr}$  ( $10^{\circ}\text{C}/6\text{ヶ月}$ )の変化  
XFELでは完全な鞘堂構造のため平衡状態での温度変化は更に小さいと期待できる。



## 1-1 進捗状況 (建設関係)

特に建設における課題、問題点等(杭打ちに伴う性能劣化の可能性を含む)

### SPring-8とKEKサイトの地盤振動レベル (KEK Report 2003-12 Feb. 2004 Aより)

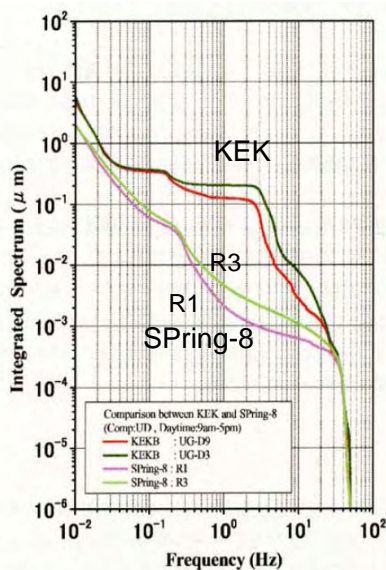


図-4.11 KEK・SPring-8の積分スペクトル比較 (垂直成分: 昼間 9am-5pm)

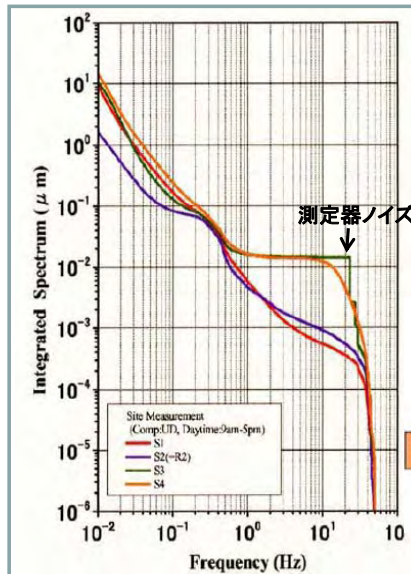


図-3.1.6.20 SPring-8サイト測定の積分スペクトル (垂直成分: 昼間 9am-5pm)

### SPring-8サイト内での振動レベル

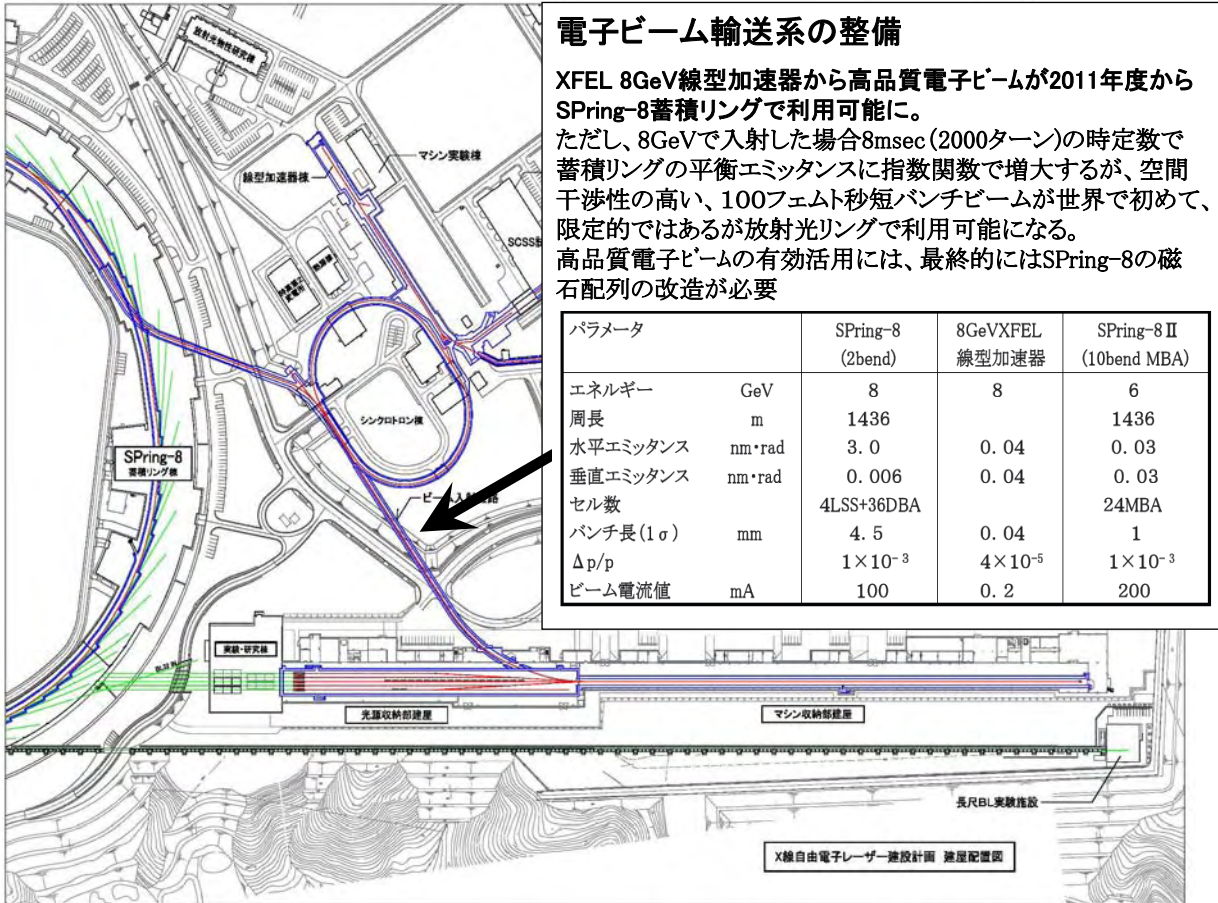
- S2(青): 岩盤に岩着した大理石上
- S3(緑): XFEL最上流側に位置する高盛土
- S4(橙): 東門近傍の地表



- R1 : 岩盤基礎部
- R3 : 地盤改良部

### SPring-8サイトの振動レベル

いずれの場所も0.1Hz以上の周波数積分値で $0.5\mu\text{m}$ 以下、SASE光の安定発振に必要な数 $\mu\text{m}$ の値をクリアー。



## 1-1 進捗状況(世界情勢)

諸外国のX線自由電子レーザー計画の進捗状況との比較



光源収納部建屋工事  
(2007年1月撮影)



実験・研究棟建屋工事  
(2007年1月撮影)



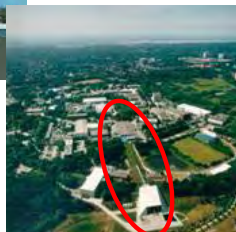
スタンフォード大学 線形加速器研究センター



米国は、既に実験施設の整備に着手。施設の完成は、我が国のXFEL計画とほぼ同時期。日米欧の計画のうち、最も早く整備を完了させるために全力を尽くしている。



施設完成予想図



XFELプロトタイプ機  
(FLASH)

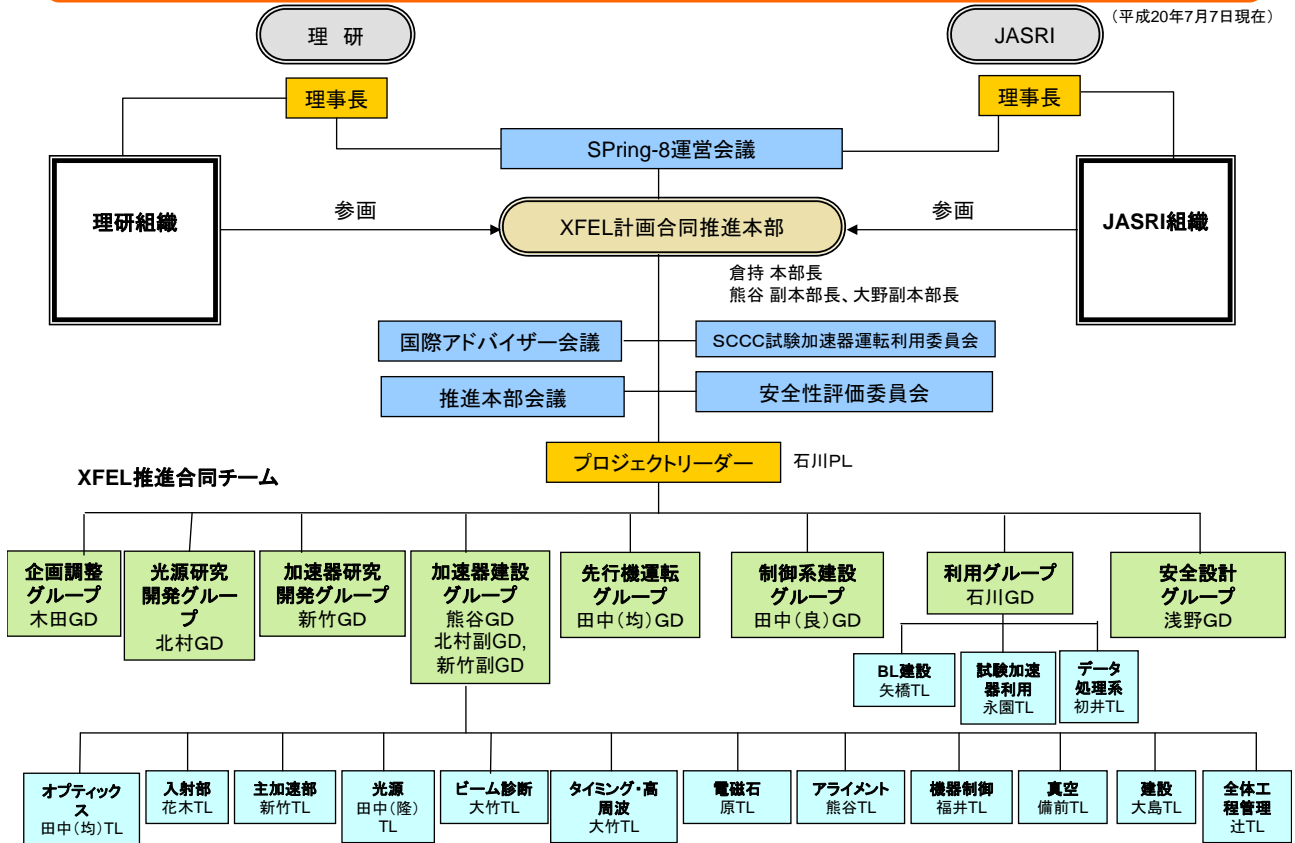


ドイツ・ハンブルグ DESY (Deutsches Elektronen-Synchrotron)



2007年6月5日、XFEL計画開始記念式典を開催。ドイツが総建設費の3/4の経費を負担し、2008年より建設を開始。日米との開発競争の遅れを克服するため、プロトタイプ機(FLASH)を積極的に利用し、可能な範囲での成果の先取りを狙う。

## 1-2 計画推進(開発体制)



## 1-2 計画推進(開発体制)

各グループごとの人員体制(常勤職員、業務協力員、ポストドク、SPring-8からの協力者、責任者名及びその下の人員数、その他)

X線自由電子レーザー計画推進本部 人員内訳												
	(内訳)	計画推進本部付	光源研究開発グループ	加速器研究開発グループ	加速器建設グループ	SCCS試験加速器運転グループ	安全設計グループ	利用グループ	制御系建設グループ	企画調整グループ	小計	合計
XFEL計画推進本部 職員(常勤)		1	1		7		2	3	1	2	17	17
JASRI(SPring-8)からの出向職員(常勤)					9			2			11	11
非常勤グループディレクター・チームリーダー(JASRI本務)				2					1		3	3
理研内 他研究室職員		2		1	6			5		5	19	19
客員研究員・研修生	JASRI以外				4			16			20	49
	JASRI				17		3	3	6		29	
派遣職員					4					3	7	7
	JASRI以外	3	1	1	21		2	24	1	10	63	106
	JASRI				28		3	5	7		43	
	(本務カウント:106名)											
	(チーム業務カウント延べ:55名)				43	2		5	4	1	55	55
合計(本務+チーム兼務)		3	1	1	92	2	5	34	12	11		161

常勤  
28

本プロジェクトの主要グループである加速器建設グループと利用グループの中は下部組織であるチームに分割(次ページに内訳)

## 1-2 計画推進(開発体制)

各グループごとの人員体制(常勤職員、業務協力員、ポストドク、SPring-8からの協力者、責任者名及びその下の人員数、その他)

	(内訳)	グループ付	オブティックスチーム	入射部チーム	主加速器チーム	光源チーム	ビーム診断チーム	タイミングチーム	電磁石チーム	真空チーム	機器制御チーム	据付・アライメントチーム	建設チーム	全体工程管理チーム	小計
XFEL計画推進本部 職員(常勤)					3		1						3		7
JASRI(SPring-8)からの出向職員(常勤)			1					2	1		1	2		2	9
非常勤グループディレクター・チームリーダー(JASRI本務)				1						1					2
理研内 他研究室職員			1		1	1	1	1	1						6
客員研究員・研修生	JASRI以外	2						2							4
	JASRI		1	1	3	1	3		1		3	1	3		17
派遣職員					3		1								4
(本務カウント:49名)	JASRI以外	2	1		7	1	3	3	1				3		21
	JASRI		2	2	3	1	3	2	2	1	4	3	3	2	28
(チーム兼務カウント延べ:43名)		3	3	6	3	3	3	2			4	14	1	1	43
合計(本務+チーム兼務)		5	6	8	13	5	9	7	3	1	8	17	7	3	92

	(内訳)	グループ付	ビームライン建設チーム	SCSS試験加速器利用チーム	データ処理開発チーム	小計
XFEL計画推進本部 職員(常勤)			2	1		3
JASRI(SPring-8)からの出向職員(常勤)			1		1	2
非常勤グループディレクター・チームリーダー(JASRI本務)						
理研内 他研究室職員			4		1	5
客員研究員・研修生	JASRI以外			16		16
	JASRI		2		1	3
派遣職員						
(本務カウント:29名)	JASRI以外		6	17	1	24
	JASRI		3		2	5
(チーム兼務カウント延べ:5名)		1	2	2		5
合計(本務+チーム兼務)		1	6	8	13	34

SCSS試験加速器  
利用課題実験者

## 1-3 国内外の関連研究機関との連携・協力

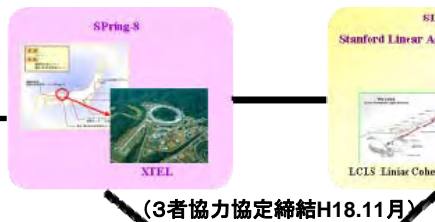
施設建設・整備にあたっては、JASRI、KEK、理研内部など日本の加速器分野の人材を中心に、大学等や企業との連携・協力により建設を推進していく。

JASRI : XFELの研究開発および建設に関する協力協定を締結(H18年4月)

KEK : 研究協力協定(基本協定・個別協定)を締結(H17年7月)



また国際的にも協力できるよう欧州のDESY、米国のSLACと協力協定を締結。他にもPAL(韓国)ともXFEL分野での研究協力協定を締結。



H19.3月 3者によるFEL会議をSLACにて開催し、情報交換。  
H19.10月 3者による国際シンポジウムをSPring-8にて開催。  
3種ワークショップを開催

## 1-3 国内外の関連研究機関との連携・協力

### 第1回X線自由電子レーザー3極 (SPring-8, DESY, SLAC) ワークショップの開催

平成19年10月21日 (SPring-8会議室)

0900-0910 開会  
 0910-0930 基調講演  
 0930-0950 加速器での協力提案SLAC  
 0950-1010 加速器での協力提案XFEL  
 1010-1030 加速器での協力提案SP8  
 1050-1200 討議  
 1200-1330 昼食  
 1330-1350 光科学における協力提案SLAC  
 1350-1410 光科学での協力提案EXFE  
 1410-1430 光科学での協力提案SP8  
 1430-1500 ディスカッション  
 1520-1700 サイトツアー

平成19年10月22日 (SPring-8会議室)

0900-1200 パラレル ワーキンググループ討議  
 1200-1330 昼食  
 1330-1530 WG レポート 原案作成  
 1530-1600 WG レポート 発表



各パート毎に活発に議論。

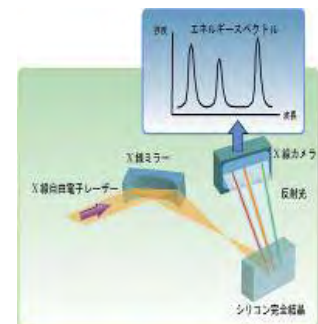
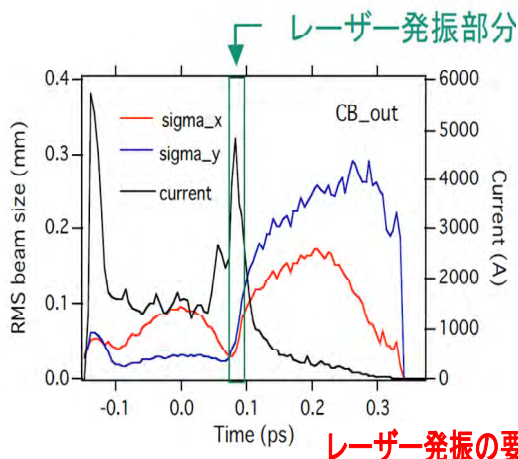
今後持ち回りで年1回程度ワークショップを開催することで合意。

次回は10月にSLACで開催予定。

共同開発や共同利用できる部分があるかも含めて引き続き検討。

## 1-4 XFEL計測手法の開発

計算機シミュレーションによる電子ビームの性能評価



XFELのエネルギースペクトルを計測する装置を開発  
 単一パルスのスペクトルを従来の分解能を  
 2桁上回る高い分解能で計測  
 (平成18年8月28日プレス発表)

8GeVでのビーム性能(計算値)

規格化スライスエミッタンス	1.1 $\pi$ mm/mrad
スライスエネルギー拡がり	0.004%
ピーク電流	4.5kA
3kA以上の発振に寄与する部分	20fs



# 1-5 プロトタイプ機 (レーザー発振の成功)

- 平成16年4月 試験加速器の設計を開始
- 平成17年2月 加速器建屋工事着工
- 8月16日 加速管収納部仮引渡し、加速器据付作業開始
- 8月31日 加速器建屋竣工
- 10月21日 加速管エージング開始
- 11月 8日 ビーム運転開始
- 平成18年 6月20日 レーザー発振
- 平成19年 4月 実験棟を整備以降、順次ユーザー利用を実施

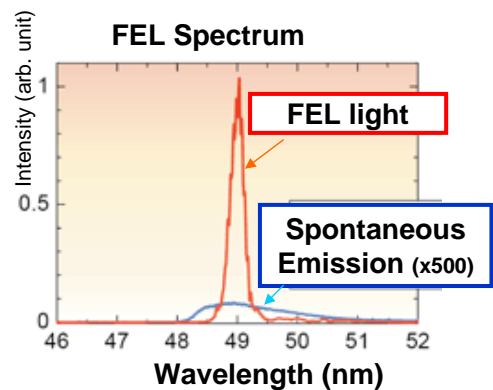


**全長** 60 m  
**加速エネルギー** 0.25 GeV  
**レーザー波長** 49 nm

開発に関わった企業  
 三菱重工、住友重工、IHI、東芝電子管デバイス、東芝電波プロダクト、日立造船、三菱電機特機、ニチコン、ネオマックス、日本高周波、トヤマ、工藤電機などの多くの国内企業の技術が結集

## プロトタイプ機が担う2つの役割

- (1) 実機建設のためのR&D、利用研究のための基盤技術開発
- (2) 波長約50 nm の真空紫外線レーザー光源“実用機”として利用研究に使用



『Science』 Vol314 751-752 3 November 2006

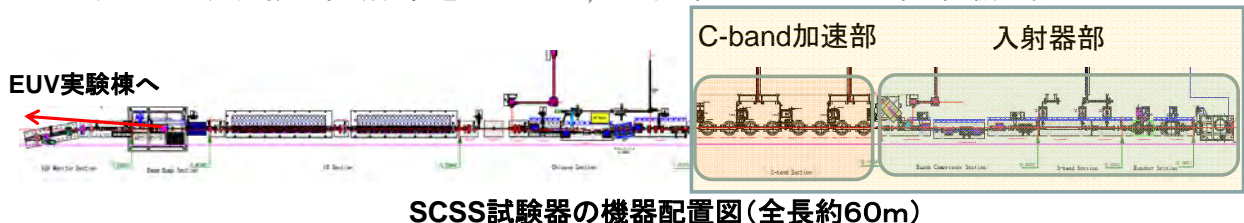
# 1-5 プロトタイプ機 (XFEL実機設計・建設への反映例)

## プロトタイプ機(SCSS試験器)の目的

： SASE光の発振と実機XFEL建設に向けた各種R&D

- |       |   |
|-------|---|
| R&D項目 | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 高品質電子ビームの生成</li> <li>2. 速度変調型および磁気圧縮型バンチ長圧縮器の動作確認</li> <li>3. 低エミッタンス・極短バンチ長電子ビームの運動力学的解析手法の確立</li> <li>4. チョークモード型C-band 加速管での電子ビームの安定加速</li> <li>5. アンジュレータでのSASE光の生成</li> <li>6. 実機XFELに向けた各種ビーム診断システム(電気的光学的)の開発</li> <li>7. フェムト領域の超高精度タイミングシステムの開発</li> <li>8. MADOCAを基本とした高精度で高可用性制御システムの開発</li> </ol> |
|-------|---|

2006年 SASE光発振の初期目標を達成 → 入射器部およびC-band部は実機仕様とほぼ同じ



SCSS試験器の電子ビームとレーザー諸元		アンジュレータ	
電子ビームのエネルギー	250MeV	周期長	15mm
規格化エミッタンス (mm・mrad)		周期数	300×2台
電子銃後	1π @1nC/bunch	K値(g=2~40mm)	1.5(max)
250MeV	2π @0.3nC/bunch	レーザー波長 (g=4,3mm)	50-60nm
ピーク電流	3kA	パルスエネルギー	~30 μJ
バンチ長(FWHM)	0.7psec	パワー変動	10%
エネルギー拡がり	0.01%		

# プロトタイプ機(SCSS試験器)の現状

SCSS試験器で各種高度化が実施され

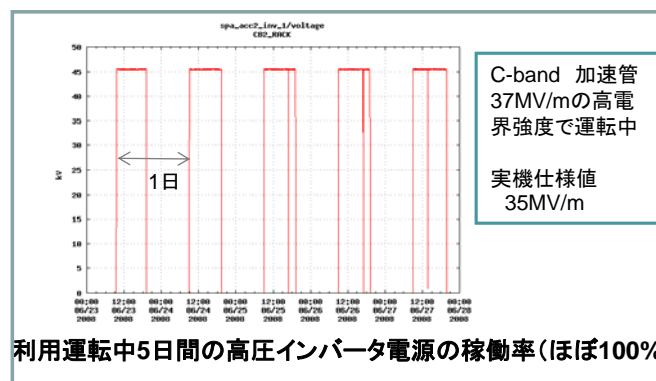
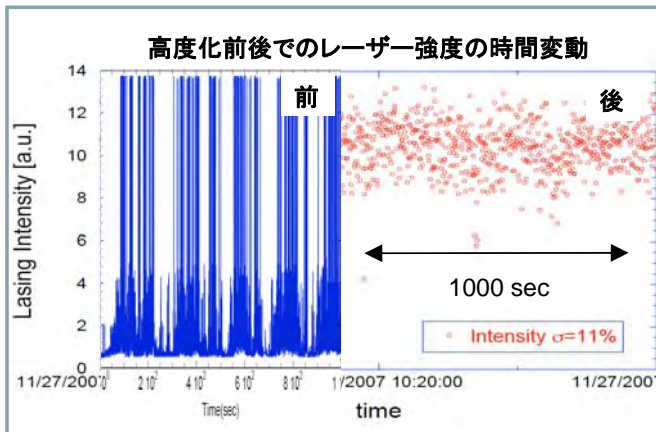
1. 238,476,S-APS空洞の冷却水温度の安定化
2. IQ検出器用12bit,238MHzA/D,D/Aの開発
3. ビーム調整手法の精密化
4. アンジュレータ磁石列の高精度化

レーザー発振が長時間安定に持続可能に

強度変動: 約11%

位置変動: 0.1mm(ビームサイズの5%)

波長変動幅: 0.6%(FWHM)



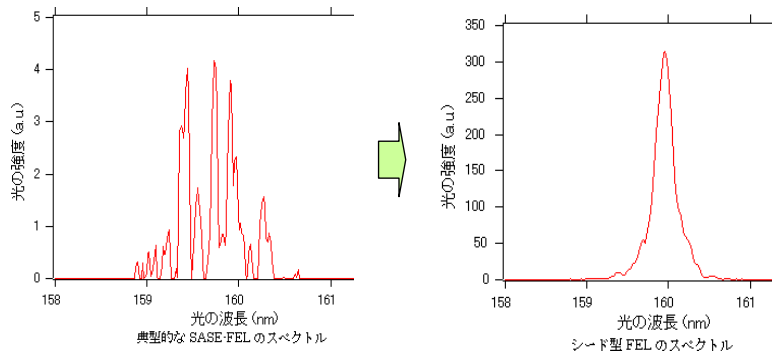
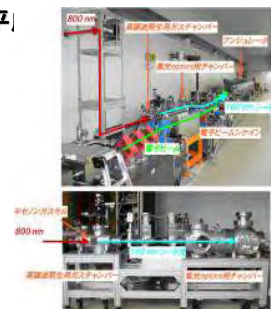
C-band加速管:  
 実機の仕様値35MV/mを越える  
 37MV/m の高電界強度で、長時間安定に運転できることが実証された。

## 1-5 プロトタイプ機(シーディング技術の開発)

シード光を入射する新方式で短波長自由電子レーザー光の発生に成功(平)

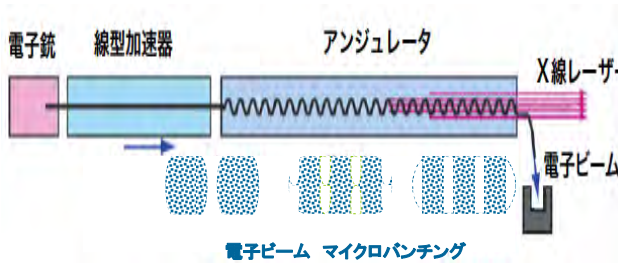
-単色性に優れた短波長FEL光源を世界で初めて実現-

ガス高次高調波をシード光として組み込み、単色化への難問を解決  
 SASE-FELの次の世代の光源を実証  
 FELの心臓部「アンジュレータ」のコンパクト化に貢献

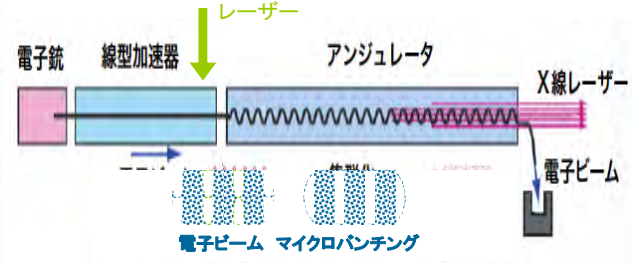


# 1-5 プロトタイプ機(スーパーシーディング技術の開発)

SASE方式(実機)



スーパーシーディング(プリバンチ)(実機完成後)



通常のSASE方式では、電子の蛇行により発生する光は弱く、電子ビームのマイクロバンチを形成するまでにある程度の電子の蛇行距離が必要となる、そこでレーザー光を電子ビーム軸に垂直に挿入することによって電子ビームに波長オーダーの変調をかけバンチングし、電子ビームにアンジュレータ挿入前にある程度のバンチング効果を与えることで、マイクロバンチ化をより早く形成させ、出力されるレーザー光をより安定化させる。

プロトタイプ機でのレーザー発振成功により今後、XFEL実機完成後の高度化を見据えて、プロトタイプ機においてスーパーシーディング技術の開発を行っていく。

# 1-5 プロトタイプ機(利用推進研究)

プロトタイプ機での利用推進研究の状況、利用技術の状況、X線自由電子レーザー装置(加速器、光源装置)としての課題、問題点

## 利用推進研究の状況

期間	応募件数	採択件数	利用週数	分野
2007年10月~2008年3月(試行運用)	2	2	6	AMO(ガス照射)
2008年5月~7月(公募運用の開始)	6	5	6	AMO(ガス照射,ポンププローブ), タイミング計測R&D, 波面計測, プラズマ物理
2008年9月~12月(審査中)	10	-	9(予定)	AMO(クラスター照射,ポンププローブ), タイミング計測R&D, 波面計測, プラズマ物理, 回折顕微鏡

- ・ 波長のチューナビリティに大きな注目  
(← ギャップ可変真空封止アンジュレータの採用)
- ・ 加速器は長期にわたり非常に安定に運転している

### 利用実験の初の成果 2008年4月 (APL誌)

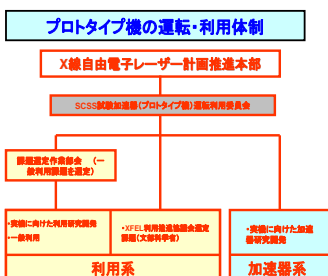
APPLIED PHYSICS LETTERS 92, 154103 (2008)

**Dissociative two-photon ionization of N<sub>2</sub> in extreme ultraviolet by intense self-amplified spontaneous emission free electron laser light**

Takahiro Sato,<sup>1,7</sup> Tomoya Okino,<sup>1</sup> Kaoru Yamanouchi,<sup>1,7,a)</sup> Akira Yagishita,<sup>2</sup> Fumihiko Kannari,<sup>3</sup> Koichi Yamakawa,<sup>4</sup> Katsumi Midorikawa,<sup>5</sup> Hidetoshi Nakano,<sup>6</sup> Makina Yabashi,<sup>7</sup> Mitsuru Naoasono,<sup>7</sup> and Tetsuya Ishikawa<sup>7</sup>

2光子過程で生成したイオン

東大, 理研, JAEA, KEK, 慶應大, NTT-AT



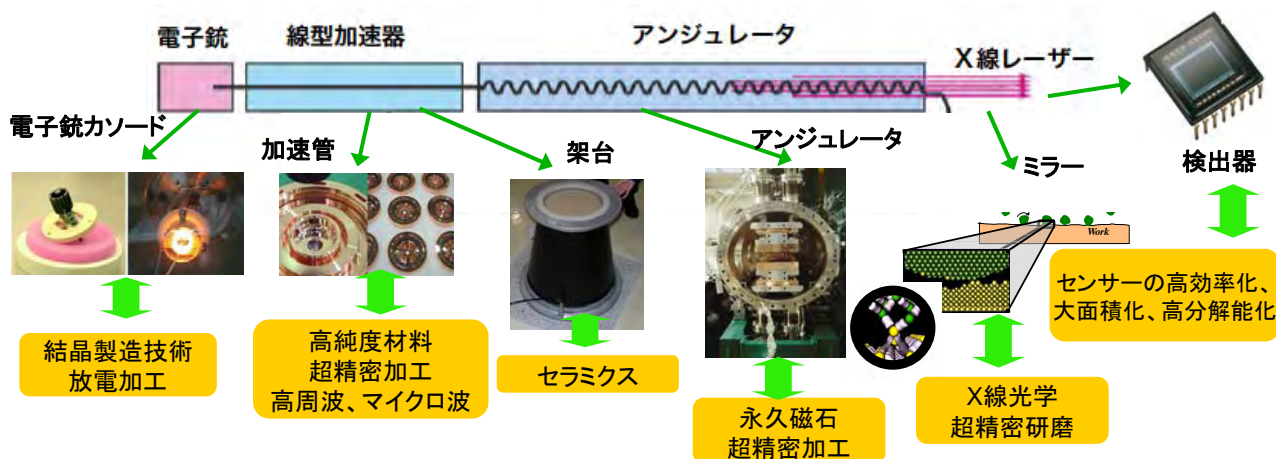
## プロトタイプ機で認識された事項と実機に向けた対応策 (光利用)

事項	対応策
スペクトルがショット毎に変化する (SASEに起因)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・X線スペクトロメータによりショット毎の計測を行い、実験結果と突き合わせて補正する (ポストプロセス). 原理検証は既に完了. オンライン非破壊計測に向けたR&amp;Dを進める</li> <li>・シード技術のR&amp;Dを進める</li> </ul>
高次高調波が混入し、非線形現象の観測の妨げとなる.	<ul style="list-style-type: none"> <li>・X線領域では、全反射ミラーを用いることで6桁以上の抑制が容易に可能.</li> </ul>
さらなる短パルス化が望ましい (現状のパルス幅はsub-ps)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・バンチ圧縮の際の非線形性を補償するためのキャビティを導入する. パルス幅は数10fs以下に.</li> <li>・シード技術のR&amp;Dを進める</li> </ul>
ユーザー毎にショット毎の計測 (タグ付の60Hz) を委ねるのは非生産的	<ul style="list-style-type: none"> <li>・共用の検出器・計測システムの開発整備を進める.</li> </ul>
波長のチューナビリティは非常に有用である. 磁極間隔可変の真空封止アンジュレータの優位性	<ul style="list-style-type: none"> <li>・磁極間隔の変更時の自動軌道補正アルゴリズムの開発を進める</li> </ul>
長期にわたるビームの安定性が確認されつつある	<ul style="list-style-type: none"> <li>・光学系の安定性をさらに追求する (ビームライン延伸への対応)</li> </ul>

## 1. その他 (周辺技術の波及効果)

### 周辺技術の開発がもたらす波及効果

X線自由電子レーザーの建設に用いられる高周波技術、真空技術、超精密加工技術、永久磁石などの材料開発技術等は、幅広い製造業の技術レベルの向上、日本の産業の強みである「匠の技」の伝承につながる。また、医療応用のための小型加速器の実用化や、オールド技術の最先端分野への応用などによる経済的波及効果が期待される。



### XFEL計画の中で生まれた特許出願の例

ビーム位置検出装置	電子ビームの変調方法及び装置	高精度振幅位相変調器、高精度振幅位相検出器、高精度振幅位相検出方法	補償回路、プローブ装置及びプローブ装置キット
リポルバー式挿入光源	リニアアクチュエータ	テラヘルツ電磁波発生装置及び方法	CTモニター
磁場発生方法及び磁場発生装置	高電圧充電器	重量物の位置決め方法及び当該方法に用いる空気浮上式位置決め装置	RFコンタクト及びRFコンタクト付きベローズ
挿入光源装置	電源用筐体、パルス電源	位置出し機構	パルストランス
床面施工方法及び床面検索装置	挿入光源用架台、挿入光源、磁場測定方法	電子銃	精密定規

# 1. その他(XFEL運営費)

レーザーにするための調整運転予算を十分に確保し、一日も早くレーザー発振を迎えることの必要性

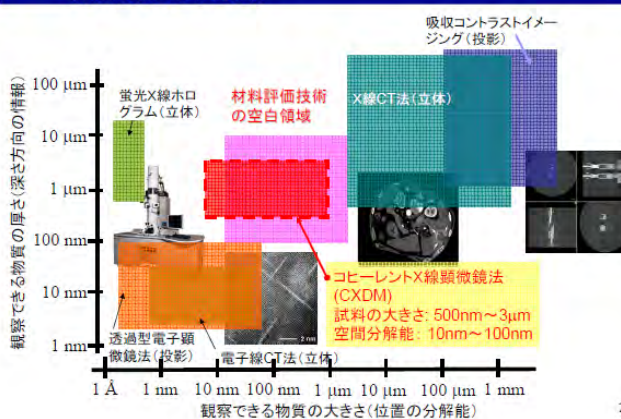
	平成20年度	平成21年度	平成22年度	平成23年度	平成24年度
線形加速器収納部 アンジュレータ収納部	建屋建設・完成	建屋運転(光熱水費、人件費、保守費、業務協力費)			
		床研削・据付	調整運転(全体) (光熱水費、人件費、 保守費、業務協力費)	通常運転 (光熱水費、人件費、保守費、 業務協力費)	
共同実験・研究棟		建屋建設・完成	建屋運転(光熱水費、人件費、保守費、業務協力費)		
			調整運転(全体) (光熱水費、人件費、 保守費、業務協力費)	通常運転 (光熱水費、人件費、保守費、 業務協力費)	

# 1. その他(XFELと固体物理)

X線自由電子レーザーでないとできない評価・計測に関する固体物理の観点でのメリット

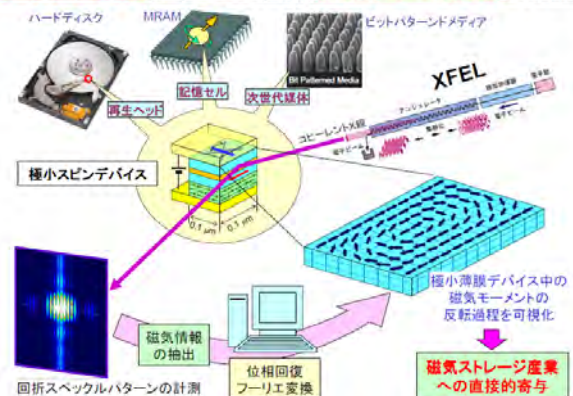
物質内部の構造を観察する有効な方法が存在しない材料  
評価技術の空白領域

固体物理の観点から:  
利用推進課題における提案例



ミクロン~サブミクロンオーダーの複合  
粒子の非破壊・超高分解能イメージ  
ング(京大 松原他)

何をやるのか? 何の役に立つのか?  
ブラッグ反射配置での回折磁気スペックルの計測



極小スピンドデバイスのダイナミクスの  
観測(東北大 角田他)

## 「利用推進研究」に関する説明資料

### 次世代放射光源計画評価作業部会による事前評価

#### 次世代放射光源計画評価報告書(抄)

##### (5) 総合評価

本計画は、科学技術・学術的な意義が極めて大きく、経済的・社会的な意義も認められ、今後の我が国の基礎研究と産業の発展に大きく寄与するものと考えられる。また、本計画の施設を利用する先端的研究によって生み出される新発見、新技術により、幅広い分野において新たな研究開発が展開され、更には新しい産業や技術の創出が促されることが期待される。

以上を総合すると、本作業部会としては、本計画は積極的に進めるべきものであり、早期に着手すべきであると評価する。

なお、計画の実行に当たっては、本中間とりまとめに指摘された事項を適切に反映させることが必要である。特に、**X線自由電子レーザー完成後、速やかに利用に着手できるよう、利用研究の推進体制の確立が特に重要である。**

また、一定期間経過後には、それらの反映状況等について、「国の研究開発評価に関する大綱的指針」及び「文部科学省における研究及び開発に関する評価指針」に準拠した中間評価を行うべきであると提言する。

最後に、本計画は、大規模予算を伴う計画であるため、その推進に当たっては、計画的かつ効率的な仕組みの構築が求められる。また、国の予算を使って行われるプロジェクトとして国民に対する説明責任があることを自覚し、本計画に対する理解の増進に努めるべきである。

### 総合科学技術会議からの指摘事項(抄)

#### ③利用研究の推進について

・・・利用研究についてはさらなる検討が求められる。生体分子の立体構造解析や化学反応のリアルタイムイメージングなど、X-FELが果たしうる可能性はきわめて大きい。X-FELが基礎科学に加えて、広く社会に貢献できる利用分野を積極的に開拓するためには、その利用研究による成果が具体的な形となることが重要である。

(中略)

利用研究に関しての技術的基盤の整備、課題の選定と実験技術に関する準備、有力な研究者・研究グループの取込みなどを、今後早急に進展させることが不可欠である。当面はX-FELを用いることによって初めて実現可能となる戦略的な研究課題を絞り込み、そのための技術開発に注力することが肝要である。特に、早期に具体的な成果が見込まれる課題に関しては、**X-FEL装置の開発と並行して準備を進め、運転開始と同時に研究を展開できる体制を整えておく必要がある。具体的には、優れた研究課題を選定するための利用推進専門委員会を立ち上げる**とともに、・・・

## X線自由電子レーザー利用推進協議会の設立

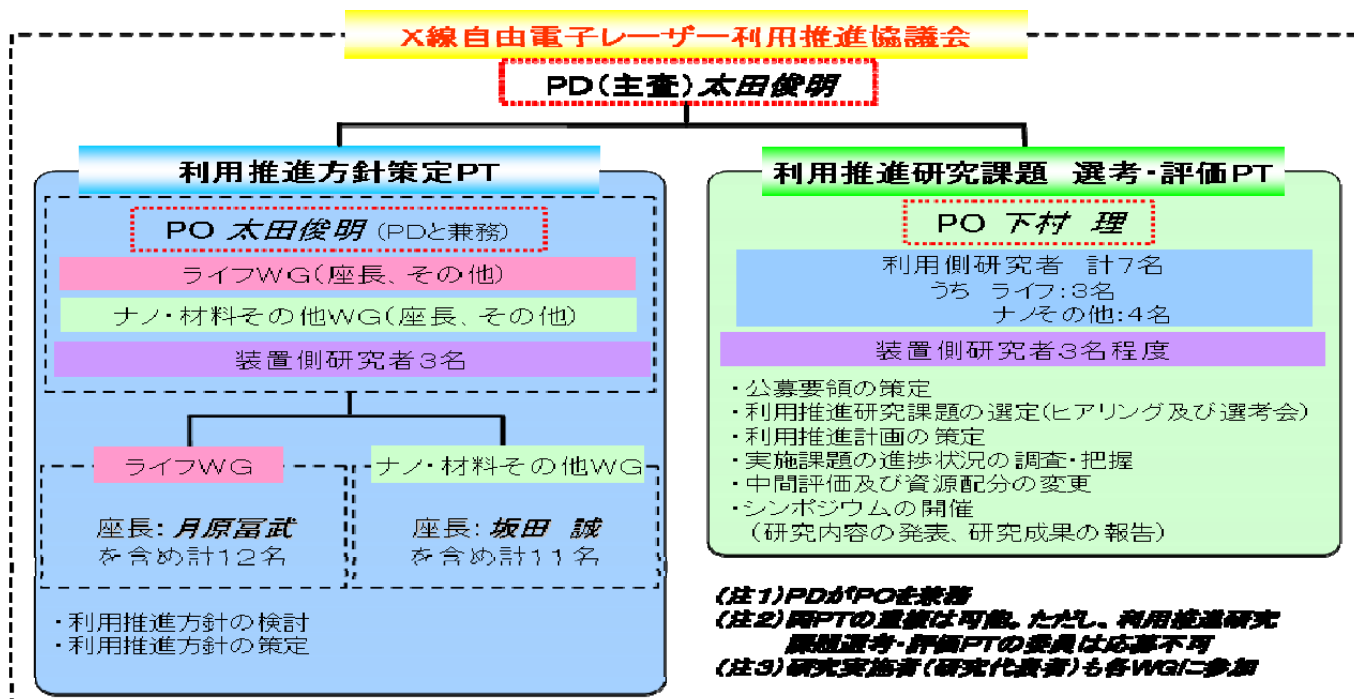
X線自由電子レーザー装置完成後、直ちに本格的な利用研究を実施し、多数の先端的研究成果を創出するため、平成18年2月、**学識経験者で構成される「X線自由電子レーザー利用推進協議会」**を文部科学省に設置。

### 主な調査審議事項

- (1) 利用推進方針等の策定・見直し
- (2) 利用推進研究課題に関する公募要領の決定及び実施課題の選定
- (3) 実施課題の進捗状況の把握と評価
- (4) シンポジウムの開催

# X線自由電子レーザー利用推進協議会

装置開発と並行して、具体的成果の見込まれる研究テーマを絞り込み、また、利用推進研究課題として利用研究を実施する際に想定される問題点の解決を図るなど、戦略的に利用研究を推進するための体制の構築



## X線自由電子レーザー利用推進協議会 委員名簿

### 【X線自由電子レーザー利用推進協議会】

PD 太田 俊明 立命館大学R-GIRO研究機構教授

### 【利用推進方針策定PT】

PO 太田 俊明 立命館大学R-GIRO研究機構教授

#### <ライフサイエンスWG>

座長 月原 富武 兵庫県立大学大学院生命理学研究科特任教授  
 安達 宏昭 株式会社創晶代表取締役社長  
 石坂 幸人 大阪大学大学院工学研究科特任准教授  
 佐藤 能雅 国立国際医療センター研究所難治性疾患研究部長  
 篠原 邦夫 東京大学大学院薬学系研究科教授  
 中迫 雅由 早稲田大学理工学術院客員教授  
 中野 明彦 慶応義塾大学理工学部物理学教授  
 難波 啓一 東京大学大学院理学系研究科教授  
 西島 和三 大阪大学大学院生命機能研究科教授  
 畠 清彦 持田製薬株式会社医薬開発本部開発企画推進部主事  
 林崎 良英 東北大学未来科学技術共同研究センター客員教授  
 山本 雅貴 財団法人癌研究会癌研有明病院化学療法科・血液腫瘍科部長  
 研究技術開発室長

#### <ナノ・材料その他WG>

座長 坂田 誠 名古屋大学名誉教授/財団法人高輝度光科学研究センター客員主席研究員  
 腰原 伸也 東京工業大学フロンティア研究センター教授  
 高田 昌樹 理化学研究所播磨研究所放射光科学総合研究センター高田構造科学研究室主任研究員  
 並河 一道 東京学芸大学教育学部自然科学系教授  
 丹羽 紘一 株式会社富士通研究所顧問  
 広瀬 美治 株式会社豊田中央研究所研究基盤分野特命主査  
 牧島 一夫 東京大学大学院理学系研究科教授  
 松井 純爾 財団法人ひょうご科学技術協会理事  
 兵庫放射光ナノテク研究所長  
 山内 和人 大阪大学大学院工学研究科精密科学・応用物理学専攻教授  
 山内 薫 東京大学大学院理学系研究科化学専攻教授

#### <装置側研究者>

石川 哲也 理化学研究所播磨研究所放射光科学総合研究センター長  
 植田 憲一 電気通信大学レーザー新世代研究センター長/教授  
 菊田 惺志 東京大学名誉教授

### 【利用推進研究課題選考・評価PT】

PO 下村 理 高エネルギー加速器研究機構理事

#### <装置側研究者>

石川 哲也 理化学研究所播磨研究所放射光科学総合研究センター長  
 植田 憲一 電気通信大学レーザー新世代研究センター長/教授  
 菊田 惺志 東京大学名誉教授

#### <利用者側研究者(ライフ)>

篠原 邦夫 早稲田大学理工学術院客員教授  
 西島 和三 持田製薬株式会社  
 畠 清彦 持田製薬株式会社医薬開発本部開発企画推進部主事  
 財団法人癌研究会癌研有明病院化学療法科・血液腫瘍科部長

#### <利用者側研究者(ナノその他)>

坂田 誠 名古屋大学名誉教授/財団法人高輝度光科学研究センター客員主席研究員  
 並河 一道 東京学芸大学教育学部自然科学系教授  
 丹羽 紘一 株式会社富士通研究所顧問  
 松井 純爾 財団法人ひょうご科学技術協会理事  
 兵庫放射光ナノテク研究所長