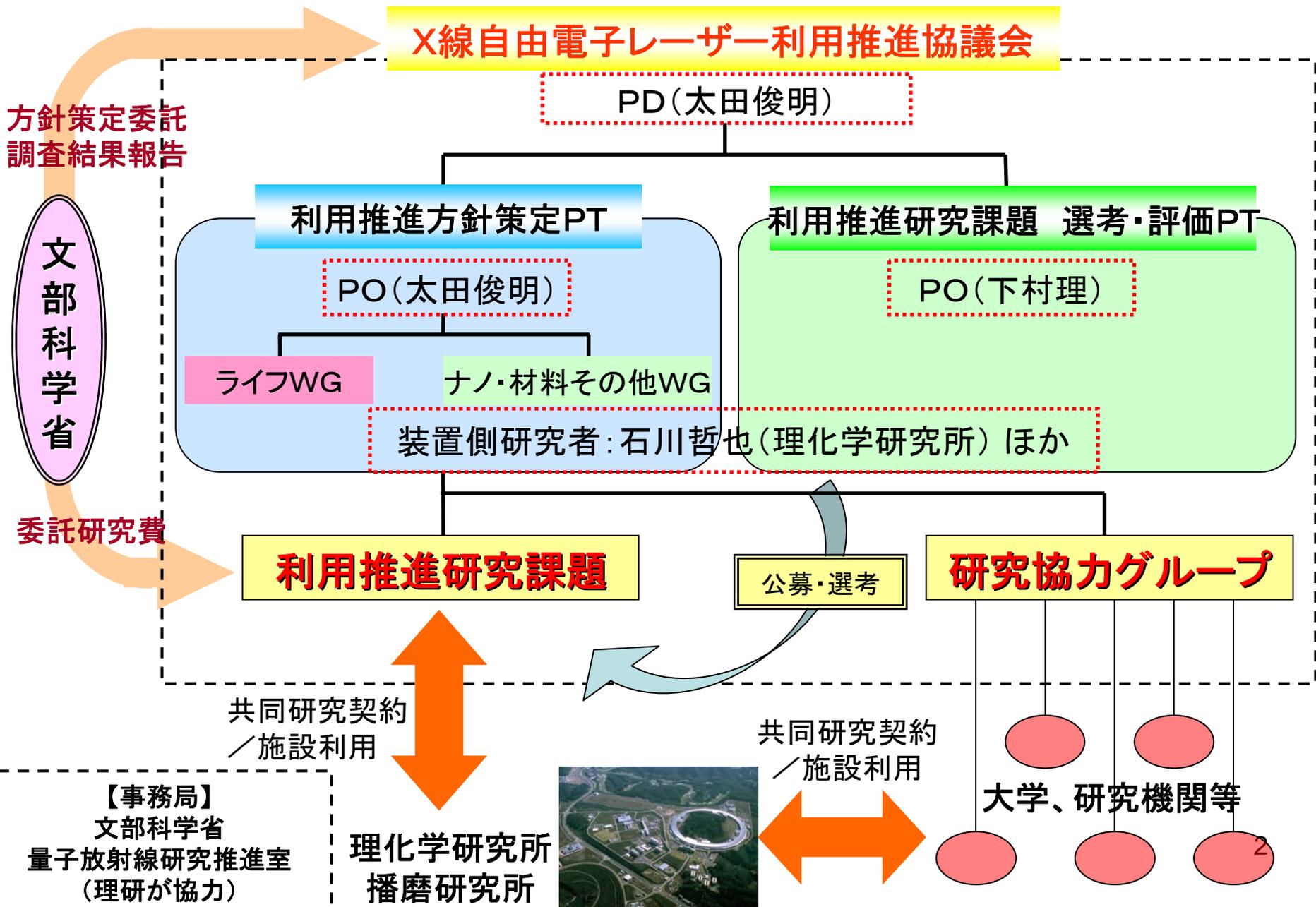


# X線自由電子レーザー利用推進協議会における 利用推進研究課題について

XFEL利用推進協議会  
利用推進研究課題選考・評価PT  
プロジェクトオフィサー 下村 理

# 利用推進研究課題の実施体制



# 利用推進方針の策定

## 基本的考え方（←利用推進方針策定PT）

平成22年のXFEL完成後、直ちに本格的な利用研究を実施し、革新的な成果を多数創出するために、想定されるさまざまな問題点の解決に向けた研究開発を進めるための環境整備が必要である。

## 具体的な研究課題（←利用推進方針策定PT） ※5～7ページ参照（←利用推進方針）

- (1) 共通基盤技術開発
- (2) 個別研究開発（ライフ、ナノ・材料、その他）

## 公募・課題選定（←利用推進研究課題選考・評価PT）

＜平成18年度＞

公募案内：MEXTホームページ(平成18年6月19日)

公募期間：平成18年6月20日～7月18日

応募総数：40件

課題選定：一次審査(8月10日:書類)14件、二次審査(8月21日:面接)11件 採択

＜平成19年度＞

公募案内：MEXTホームページ(平成19年2月28日)

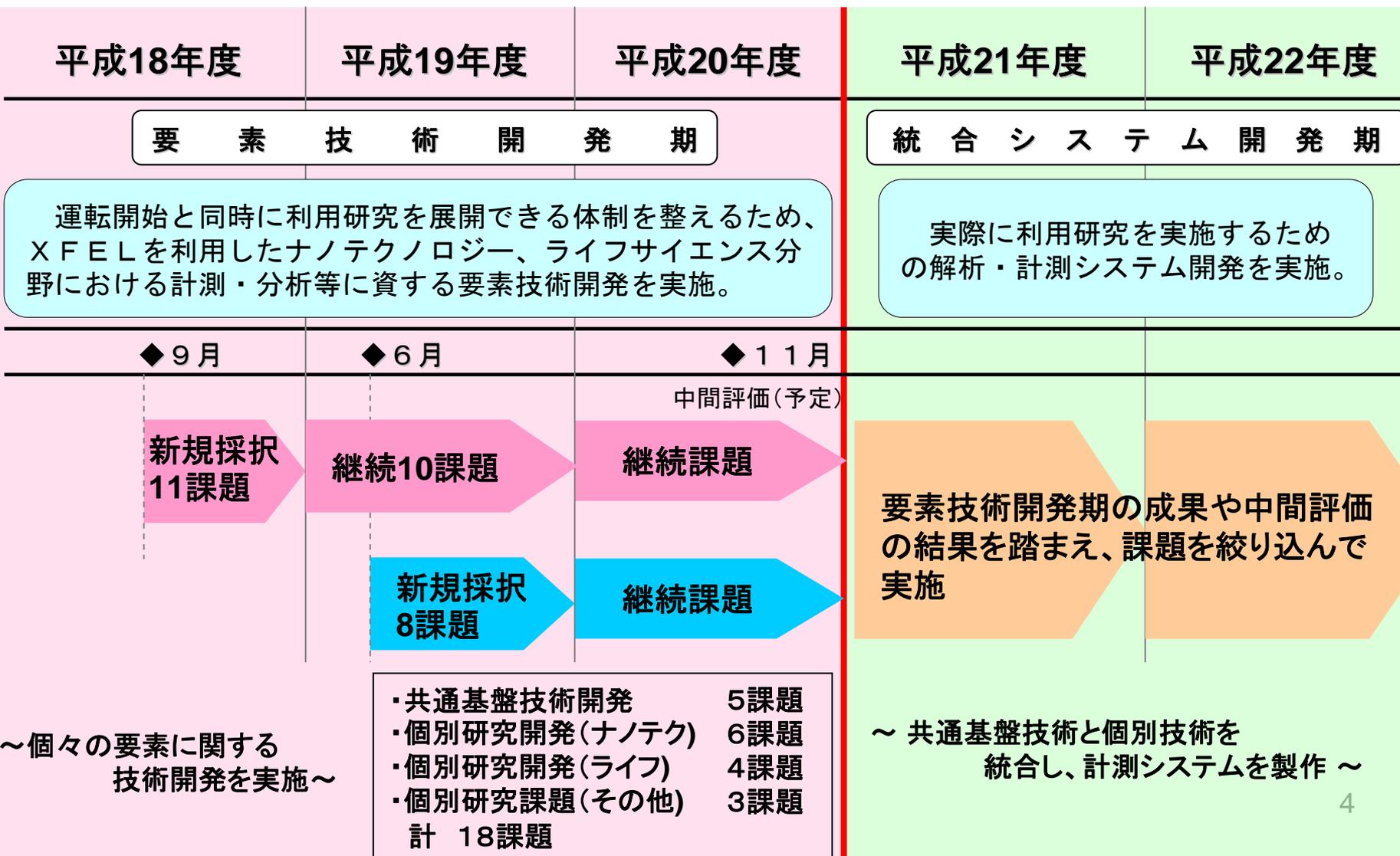
公募期間：平成19年2月28日～3月30日

応募総数：18件

課題選定：一次審査(4月20日:書類)10件、二次審査(5月11日:面接)8件 採択<sup>3</sup>

# 利用推進研究の年次計画と進捗状況

多くの利用研究で共通的に必要となる共通基盤技術と、個々の利用研究に応じて必要となる個別技術を並行して開発し、これらの技術を、プロトタイプ機も活用して実際のビームで評価・検証しながら完成させ、計測装置として統合する。



## 1. ナノビーム形成技術

- ・X線ミラー材料とX線レーザーの相互作用(放射線損傷評価)
- ・非球面ミラー製作技術
- ・X線光学性能の波動光学理論に基づくシミュレーション技術
- ・サブナノメートル領域での表面形状技術
- ・光学素子調整機構開発
- ・光学素子調整機構安定化フィードバック技術
- ・光学素子調整自動化技術
- ・高機能ヒューマンインターフェース開発
- ・高位置再現性光学素子退避機構開発

## 2. コヒーレント散乱イメージング技術

- ・スペックルフリー照明系の開発
- ・真空内高精度位置・角度調整装置の開発
- ・広ダイナミックレンジ二次元検出器開発
- ・高速位相回復アルゴリズムのためのソフトウェア・ハードウェア開発
- ・3次元再構成のためのソフトウェア・ハードウェア開発
- ・局部データのみを用いた高分解能実空間再構成アルゴリズム開発

## 3. その他

- ・超高速同期に関連するタイミング制御技術
- ・検出器技術

## 個別研究開発課題の具体例

### 1. 結晶化困難タンパク質の単分子構造解析

- ・タンパク質単分子ビーム作製技術の開発
- ・ナノポット等のナノスケールアライナー形成とタンパク単分子配列技術の開発
- ・X線イメージング用クライオ試料保持機構の開発
- ・タンパク単分子ビーム照射後の回折データ計測装置の開発
- ・ランダム配向単一分子散乱データからの3次元実空間再構成アルゴリズム開発
- ・ランダム配向複数分子散乱データからの3次元実空間再構成アルゴリズム開発

### 2. セルマップの構築

- ・標識物質(生体内に大量に含まれる元素以外で比較的大きなもの、金属ナノ粒子など)を有機化してRNAに結合させるプローブ標識物質技術の開発

### 3. 細胞イメージング技術の確立

- ・細胞試料を、機能状態で氷の薄膜に包埋したものを多数保持し、試料上の多くの場所に順次XFEL照射を可能とするステージの開発

### 4. 気体吸着素子の開発

- ・超高速同期に関連するタイミング制御技術、ナノビーム形成技術など共通基盤技術開発

### 5. X線レーザーによるポンプ&プローブ計測技術の開発

- ・同期励起装置の開発
- ・試料保持装置の開発
- ・ナノスケールダイナミクスのコヒーレント時間分解映像による直接観測装置(イメージング技術との強い相関)
- ・急熱過程中の構造変化計測システムの開発

## 6. スピントロニクス研究

- ・円偏光励起型時間分解PEEM装置開発
- ・磁気測定環境の構築
- ・フェムト秒領域磁気スイッチング計測装置開発
- ・時間・空間分解スピンイメージング技術開発

## 7. 急速熱処理過程の構造変化評価技術の開発

- ・真空を制御した雰囲気において、試料にレーザー照射できる環境とXFELによるCTR (Crystal Truncation Rod) 散乱
- ・磁気散乱等の表面構造分析技術の開発
- ・急加熱による結晶構造変化や吸着・酸化・還元プロセスを評価しうるポンプ・プローブ測定環境を立ち上げ
- ・種々の熱プロセスの高時間分解能その場観察

## 8. 光触媒反応研究

- ・時間分解型光電子分光装置開発
- ・コヒーレント光励起制御型超高速光電子分光装置開発
- ・超高速時間分解X線分光装置開発

## 9. 超コヒーレント光による完全配向分子ドット創製

- ・X線コヒーレント定在波形成技術、光学系などの設計
- ・定在波モニタリング技術開発、分子中に位置マーカー元素の注入とそこからの蛍光X線のモニター
- ・完全配向分子ドット創製のプロセス技術開発

## 10. プラズマ結晶生成のその場観察

- ・プラズマ軟X線レーザーを用いた予備実験
- ・散乱X線の分析
- ・エネルギー分解機能2次元検出器をくみ合わせた機能の検出システム構築
- ・プロトタイプXFELによる試験

# 利用推進研究における研究開発実施課題(1/3)

## 【基盤・その他】

採択年度	研究課題名	研究代表者 (中核機関)	共同研究者(機関)	進捗状況
H18	FEL高分解能光電子イメージング装置の開発	鈴木 俊法 (理研)	なし	フェムト秒レーザーとFELのポンププローブ実験を目標として、高分解能画像観測のアルゴリズムを開発するとともに、その実装に着手した
H18	フェムト秒精度タイミング信号伝達・計測技術開発	玉作 賢治 (理研)	なし	フェムト秒精度タイミング伝達装置のシステム評価を行うとともに、フェムト秒精度タイミング計測装置の改良を行った
H18	K・Bミラー光学系によるXFELナノ集光システムの開発	山内 和人 (阪大)	大森 整(理研)	XFELの高制度な集光を実現するミラー光学システムを構築するため、X線吸収の少ないSi等を反射面とする全反射ミラーを作製した
H18	コヒーレント散乱による材料科学現象可視化のための基盤技術開発	松原 英一郎 (京大)	西野 吉則(理研)	材料中の相変態ダイナミクスのイメージングを速やかに行うための超高真空対応反射配置CXDM装置の開発を行った
H18	高エネルギー密度物性を利用したX線光学研究	米田 仁紀 (電通大)	北村 光(京大) 兒玉 了祐(阪大) 湯上 登(宇都宮大)	「低温ホロー原子固体」を利用した物理モデルを構築し、深紫外レーザーポンプによる計測で、金属の固体-プラズマ中間状態での特異な状態をタングステンで観測した
H19	非線形X線ラマン分光法の開拓	初井 宇記 (理研)	なし	非線形X線ラマン分光法の実験手法の開発と原理検証を行うため、回折格子と分光器を開発した
H19	生体分子の立体構造決定手法の開発に向けた理論基盤の構築	郷 信広 (JAEA)	原田 賢治(京大)	多電子・イオン・分子のダイナミクスについて、異なるサイズ・時間におけるシミュレーションを行い、回折像から立体構造を決定する理論の構築を行った

# 利用推進研究における研究開発実施課題(2/3)

【ナノ】

採択年度	研究課題名	研究代表者 (中核機関)	共同研究者(機関)	進捗状況
H18	フェムト秒時間分解顕微鏡の構築とMEM電子分布解析の高度化	守友 浩 (筑波大)	田中 義人(理研)	試料をフェムト秒単位で監視する分光学的手法を用いた顕微鏡を作成するため、鏡筒を作製し、空間・時間制御等を行った
H18	時間分解X線回折によるガス吸着ダイナミクスの解明	北川 進 (京大)	田中 宏志(島根大) 高田 昌樹(理研)	多孔性金属錯体のナノ細孔へのガス吸着現象をガス分子とナノ細孔の相互作用の観点から解明するため、SPring-8で予備的に回折実験を行った
H18	XFEL光による分子・クラスターの構造とダイナミクス	山内 薫 (東大)	柳下 明(KEK) 神成 文彦(慶大) 山川 孝一(JAEA) 緑川 克彦(理研) 中野 秀俊(NTT物性科学基礎研究所)	プロトタイプ機を用いた初めての利用実験成果として、窒素分子における多光子吸収過程を観測した
H18	極小デバイス磁化挙動解析のための回折スペックル計測技術の開発	角田 匡清 (東北大)	中村 哲也(JASRI) 鈴木 基寛(JASRI) 淡路 直樹(富士通株式会社)	ブラッグ反射配置での回折磁気スペックル計測による微小磁性体の静的・動的磁化挙動解析のための準備実験をSPring-8で行った
H19	FEL励起反応追跡のための電子・イオン運動量多重計測	上田 潔 (東北大)	齋藤 則生(産総研)	原子・分子クラスターに照射した際に起こる様々な現象を追跡するため、電子運動量多重計測装置を試作し、プロトタイプ機を用いて検証した
H19	超短パルスX線を用いた超高密度状態と相転移ダイナミクスの研究	中村 一隆 (東工大)	なし	パルスレーザー励起によって発生する原子・分子のダイナミクスを計測するためのフェムト秒時間分解X線回折実験装置を試作した
H19	FEL多元分光を用いたナノ構造体の電荷移動ダイナミクス	八尾 誠 (京大)	なし	物質内でのエネルギーおよび電荷移動のダイナミクスを調べるため、クラスター作製装置を作製した

# 利用推進研究における研究開発実施課題(3/3)

【ライフ】

採択年度	分野	研究課題名	研究代表者 (中核機関)	共同研究者(機関)	進捗状況
H18	ライフ	癌細胞の転写関連タンパク質の網羅的マップ構築と臨床応用	照井 康仁 (癌研究会)	なし	ガン細胞における転写関連タンパク質の動態を網羅的に把握するため、各種転写関連タンパク質に関連するタンパク質をプラチナ分子等を用いて蛍光した
H19	ライフ	生体単粒子解析用クライオ試料固定照射装置の開発	中迫 雅由 (慶大)	難波 啓一(阪大) 山本 雅貴(理研)	非結晶物体の三次元トモグラフィーによりサブμmからnm分解能で立体構造解析するためのクライオ試料固定型照射装置を開発した
H19	ライフ	蛋白質単粒子解析用液体・分子ビーム生成装置の開発	中嶋 敦 (慶大)	真船 文隆(東大) 堂前 直(理研)	タンパク質溶液試料から微細な液体ビームを生成し、XFELパルスと同期させて、照射野に射出することが可能な装置を開発した
H19	ライフ	広範な生体試料に対応したターゲット・デリバリーシステムの開発	岩本 裕之 (JASRI)	村上 尚(順天堂大)	試料をビーム位置に固定する「コンテナ法」に基づき、光学顕微鏡下での座標決定からビーム位置での試料の定位配向を可能とするシステム等を開発した

# 利用推進研究課題の絞り込み(1/2)

## 「利用推進研究課題の中間評価について」(抄) (←利用推進方針策定PT)

### 絞り込みの観点

- ①利用推進研究課題を実施するにあたって、技術的な見通し及び実施計画が十分検討されていること
- ②利用推進研究による研究成果が、利用研究にどのように役に立つかが明確であり、その技術的な波及効果が見込まれること
- ③目標とする利用研究に独自性、優位性があり、我が国の科学技術の発展に対する貢献と社会・経済への波及効果が見込まれること
  - ・XFEL以外の装置・設備ではできない研究か
  - ・XFELの特徴を最大限活かしたインパクトのある研究成果が創出できるか
- ④XFELの完成後、直ちに本格的な利用研究を実施し、革新的な成果を多数輩出するため、利用研究を実施する際に想定される様々な問題点の解決に向けた研究開発が進められていること

## 利用推進研究課題の絞り込み(2/2)

### 「プレヒアリングにおける留意事項」(抄) (←利用推進研究課題評価・選考PT)

(研究内容)

1. 自身の利用推進研究課題が寄与できるXFEL装置を用いた計測装置を明確にすること
2. 当該計測装置のために、自身の利用推進研究課題が
  - 1) どのようなスペックを目指しており、
  - 2) 現在、どこまで研究が進み、
  - 3) いつまでにどこまで到達するかに関する技術的な見通しを明確にすること
3. 当該スペックで製作された計測装置で、どのような利用研究を見据えており、また、どのような利用研究ができないかを明確にするとともに、当該利用研究にXFEL装置を用いることの独自性、優位性があることを明確にすること

# 利用推進研究に関する情報交換

## シンポジウムの開催

- 平成18年12月 5日 X線自由電子レーザー利用推進協議会シンポジウム(東京・弘済会館)  
平成20年 1月16日 「第3回XFELシンポジウム(東京・MYプラザホール)」の中で、主な利用推進研究の内容を紹介

## 「プレヒアリングにおける留意事項」(抄) (←利用推進研究課題評価・選考PT)

本プレヒアリングの目的は以下の通りです。

...

- 後期に実施すべき課題に関して、各研究代表者間の情報交換や連携を図り、効率的な実施体制を検討すること

...

(情報交換)

4. ライフサイエンス、ナノテクノロジー・材料分野といった自身の研究領域にとどまらず、他の研究代表者にも解りやすく、自身の利用推進研究課題を説明すること