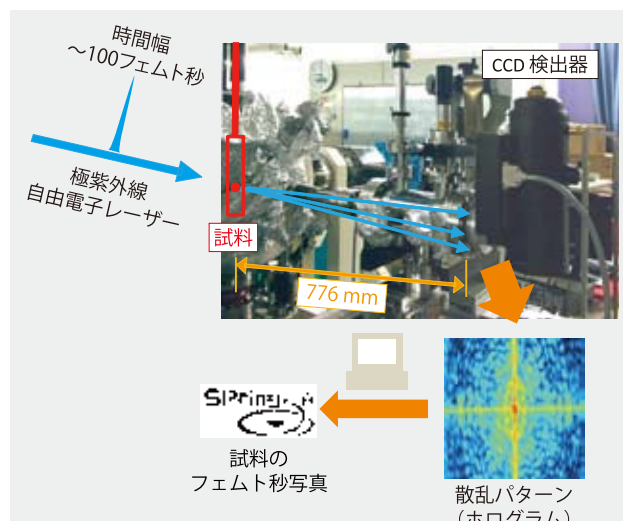


試料像をフェムト秒で捉える 極紫外線ホログラフィーに成功

X線自由電子レーザーは、原子や分子の世界の動画撮影という夢の技術を実現する光である。100フェムト秒(フェムト秒は1000兆分の1秒)という極めて短い時間に明るい光を放つX線自由電子レーザーで試料を照らすと、原子や分子の世界で起こる超高速の現象も、ぶれずに止まった静止画として見ることができる。この静止画をつなぎ合わせると、原子や分子の世界のコマ送り動画となる。

北海道大学・電子科学研究所 西野吉則教授、理化学研究所・放射光科学総合研究センター 田中義人ユニットリーダー、理化学研究所 X線自由電子レーザー計画合同推進本部石川哲也プロジェクトリーダー、京都大学・大学院工学研究科 松原英一郎教授らの研究グループは、SCSS試験加速器からの極紫外線自由電子レーザーを用いて、初めて試料のフェムト秒写真の撮影に成功した。極紫外線はX線よりも波長が長く、原子や分子自体を見ることはできないが、X線自由電子レーザーを使った原子や分子の動画撮影に道筋をつける研究成果である。

超高速で起こるわずかな構造変化を捉えるには、自由電子レーザーのもうひとつの優れた特徴である、コヒーレント(きれいな波面)であることが大き



■実験では、微細加工したSPRING-8のロゴマークを試料として用いた

く役立つ。コヒーレントな光を試料に当てると、試料構造のわずかな変化が、光の波面の変化を引き起こし散乱パターンとして測定できるようになる。コヒーレント・イメージングと呼ばれる手法では、レンズを必要とせず、測定した散乱パターンから計算機を使って試料の画像を得る。研究グループは、最近開発されたコヒーレント・イメージングの新しい方法を応用して、試料のフェムト秒写真の撮影に成功した。http://www.spring8.or.jp/ja/news_publications/press_release/2010/101008

SCSS試験加速器 (XFELプロトタイプ機)利用課題

2010C期(2011年1月~3月)のSCSS試験加速器利用課題に下記の10課題を採択しました。次回の利用課題の公募については、ホームページでお知らせします。

URL: <http://xfeluser.riken.jp/>

課題分類	実験責任者名	実験責任者所属
一般	猿倉 信彦	大阪大学 レーザーエネルギー学研究所
一般	岡本 一将	北海道大学大学院 工学研究科
一般	永園 充	理化学研究所 XFEL計画推進本部
一般	菱川 明栄	名古屋大学大学院 理学研究科
一般	Libo JUHA	Institute of Physics, Czech Academy of Sciences
文科省	山内 薫	東京大学大学院 理学系研究科
文科省	玉作 賢治	理化学研究所 放射光科学総合研究センター
文科省	米田 仁紀	電気通信大学 レーザー新世代研究センター
文科省	八尾 誠	京都大学大学院 理学研究科
文科省	上田 潔	東北大学 多元物質科学研究所

Guillaume LAMBERT 氏が Young Scientist FEL award を受賞

(Dr. Guillaume LAMBERT receives Young Scientist FEL award)

2010年8月にスウェーデンで開催された第32回FEL国際会議において、Guillaume LAMBERT氏(現所属フランスLaboratoire d'Optique Appliquée)がYoung Scientist FEL award(FEL若手賞)を受賞しました。LAMBERT氏は、日本学術振興会奨学金で2006-2007年の1年間博士課程学生として理化学研究所に滞在し、ガス高次高調波を用いたシード型FEL実験に参加しました。今回の賞は、SCSS試験加速器で行った短波長シード型FELの研究成果に対して送られたものです。



LAMBERT氏(右)の受賞の様子

イベント報告とお知らせ - INFORMATION

9/4 第6回X線自由電子レーザーシンポジウム



▲会場の様子

▲慶應義塾大学 中迫教授の講演



◀展示ブースの様子

第6回X線自由電子レーザーシンポジウムを大阪梅田センタービルにて、開催しXFEL施設の進捗状況を紹介しました。また、慶應義塾大学 中迫雅由教授やノンフィクション作家・獨協大学特任教授の山根一真氏にもXFELの利用、今後の期待についてご講演頂きました。講演と共に企業展示・模型展示をブースも設け、来場者の方からご好評を頂きました。

10/19 学生・院生のための 第3回X線自由電子レーザーシンポジウム



▲シンポジウムの様子

▲施設見学の様子

学生・院生のための第3回X線自由電子レーザー(XFEL)シンポジウムを大阪大学レーザーエネルギー学研究センターにて、開催しました。当日は大阪大学の学生を中心に112名の参加者が集まりました。また10/23(土)には、XFEL施設とSPRING-8放射光施設の見学ツアーを行い45名の参加者に、講演会で聞いた装置や技術的工夫の数々を目にさせていただきました。

今後の予定

- 2011年3月26日(土)
SPRING-8市民公開講座(姫路市文化センター)
- 2011年4月30日(土)
SPRING-8施設公開

URL: <http://www.riken.jp/XFEL/>

独立行政法人理化学研究所/財団法人高輝度光科学研究センター
X線自由電子レーザー計画合同推進本部
〒679-5148 兵庫県佐用郡佐用町光都1-1-1
TEL: 0791-58-2849 FAX: 0791-58-2862

このXFELニュースは、第3期科学技術基本計画に基づき、「国家基幹技術」に位置づけられている「X線自由電子レーザー(XFEL)」の開発及び建設状況を広くお知らせするために発行しています。

新本部長紹介

2010年7月31日付で就任した
X線自由電子レーザー計画合同推進本部
新本部長を紹介します。



X線自由電子レーザー計画
合同推進本部

本部長 藤田 明博
(ふじた あきひろ)

東京都生まれ。1976年3月、東京大学工学部原子力工学科卒業。1976年4月、科学技術庁入庁。文部科学省大臣官房審議官(生涯学習政策局担当)、同省大臣官房審議官(研究振興局担当)、同省官房政策評価審議官、同省研究開発局長を歴任し、2008年8月より内閣府政策統括官(科学技術政策・イノベーション担当)。2010年7月31日より、X線自由電子レーザー計画合同推進本部長に就任。

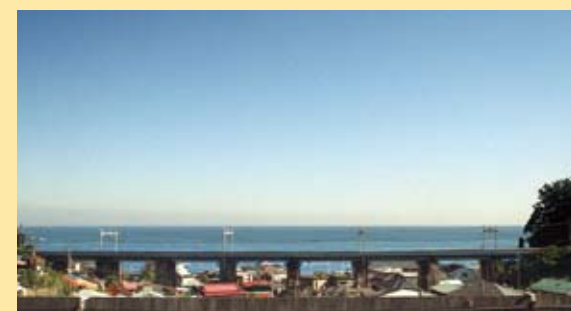
Column 新幹線の旅

本年7月末から、神戸で開発中の次世代スーパーコンピュータとともにX線自由電子レーザーの開発を担当することとなり、1ヵ月に3回程度、東京と関西とを往復している。観光では車利用が多く、しかも大の運転好き、移動中に周りを見る機会はあまりないが、出張は汽車の旅、新幹線の窓にへばりついて景色を眺めて楽しんでいる。

最近iPadを入手し出張に持参、車中でスイッチを入れ(従って、東海道新幹線は極力N-700系です)、画面に映し出される地図と車窓からの眺めを見比べて、「あっ、こんなに海の近くを走っているんだ。○○半島が見える!」、「あれっ、こんなところで線路を横切ってる。何鉄道かな?」等、毎回、なにかしら新しい景色を見つけて感動。

えっ、夜の出張の時はどうしているって?もちろん、お弁当とお酒で〜す!

X線自由電子レーザー計画合同推進本部 藤田 明博



新幹線車窓からの相模湾風景

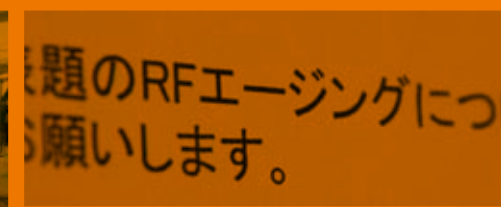
XFEL NEWS

X線自由電子レーザーニュース

No.11

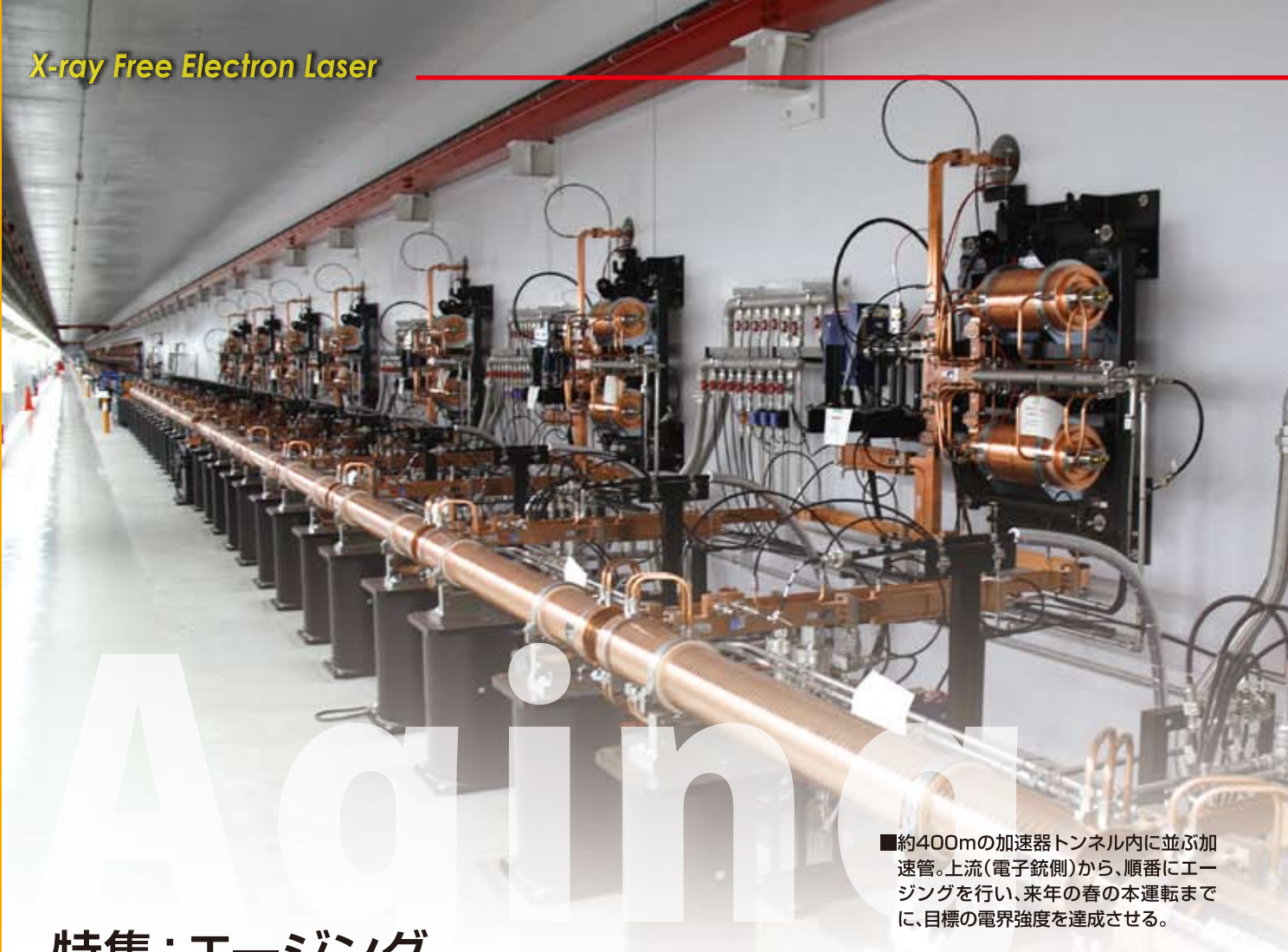
高電界発生への挑戦

特集/エージング



2010. Dec 12

X-ray Free Electron Laser News



■約400mの加速器トンネル内に並ぶ加速管。上流(電子銃側)から、順番にエージングを行い、来年の春の本運転までに、目標の電界強度を達成させる。

特集: エージング

大電力マイクロ波による加速管の高電界発生に必要なエージング技術に迫る!

2010年10月より、XFEL加速器の「エージング」と呼ばれる慣らし運転が始まった。昼夜3交代体制で運転を続けるホットな現場から、その模様を紹介しよう



加速器は、非常に強力なマイクロ波(電磁波)を、加速管と呼ばれる銅製の装置に貯め、その中に生じる強い電界で電子ビームを加速する。電界が強いほど短い距離で電子を高エネルギーまで加速することができる。XFELで使用される「Cバンド加速器」(写真左上)は、大型加速器では世界最高の電界強度35 MV/mでの運転を予定している。この時、加速管の内部では、2cm毎に等間隔に並んだ電極間に、瞬間的に70万ボルトほどの電圧が生じる。通常の大気中ではこれほどの電圧がかかると、空気を電離させ雷放電を起こしてしまうため、真空ポンプを用いて空洞内部を超高真空状態に保つ。しかし加速管の設置直後は、内壁に水分や有機不純物が付着しているため、放電が起きてしまう。

そこで、初めはごくわずかなマイクロ波を加速管に入れ、徐々にマイクロ波のパワーを増やしてゆく。最初は、マイクロ波のパワーを通常の1/50ほどの強度にし、パルス持続時間を通常の1/25ほどの長さで設定している。マイクロ波によって加速管内に小さな放電が起き、ガスが放出されたことを真空計が感知すると、即座にマイクロ波のパワーを下げて雪崩的に続く大放電を回避する。その後、ガスが排気され真空度が良くなるのを待って、再びマイクロ波のパワーを上げてゆく。こうしてパワーを上げたり下げたりしながら1か月ほど運転を続けると、次第に放電の頻度も減り、大電力のマイクロ波を入れられるようになる。これは、空洞内壁の水分や有機物が蒸発し尽くし、また、小放電を起こした時に微小な凸凹や塵が吹き飛んで再放電を起こしにくくなるためだと考えられている。この運転手法を加速器の「エージング(歳を重ねて熟成するという意味)」と言う。

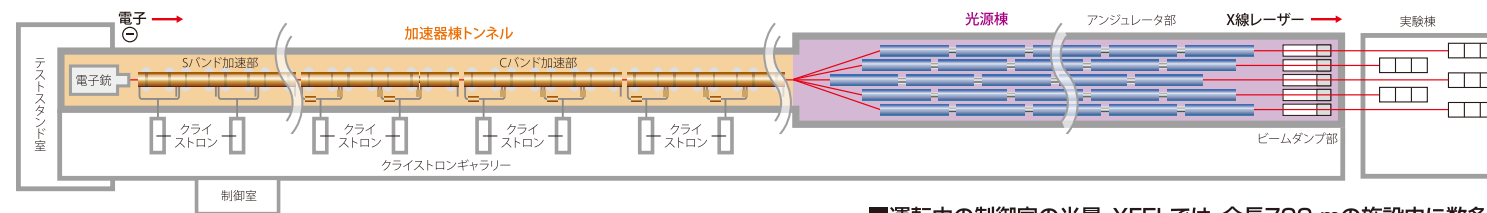
この「エージング」を10月より、加速器の上流側から順に開始している。現在は全体の1/3ほどの装置について、毎週約100時間ずつの連続運転を行っている。制御室の壁には、各々のクライストロン・ユニットの進捗状況が貼りだされ、日々担当者たちによりチェックされている。エージングは着実に進んでいる。強い電界強度を得るには、加速管の材料となる日本製の無酸素銅が良質であること、清浄かつ高精度な加工技術により加速管を製作すること、そして細心の注意を払って加速管を設置し、効果的なエージングをすることが必要である。こうした技術



■クライストロンギャラリーには、強力なマイクロ波を発生させる装置であるクライストロンや、それを動かすための電源、制御装置等が、70台並ぶ。

の積み重ねによって、世界最高性能の加速器が完成しつつある。

今回のエージングは、来年春に予定される本運転に向けて各機器の最終的な動作確認を兼ねており、いわば運転の「リハーサル」である。エージングによって各装置や制御システムの初期トラブル、不備が明らかになった箇所は、即座に修正を行う。毎日行われるミーティングには、各装置やシステムの担当者30~40人が常集まり、打合せを重ねている。2006年より始まったXFELプロジェクト、加速器の建設、各装置の設置もほぼ完了し、予定通りエージング運転を始める事が出来た。プロジェクトのクライマックスである本運転に向けてあと数か月、今日もエージングを続けている。



■運転中の制御室の光景。XFELでは、全長700 mの施設内に数多くの機器が配置されている。各機器の様々な測定データは全てデジタル化され、光ファイバーの高速ネットワークを通じて制御室のコンピュータにて時々刻々と表示される。それぞれの制御機器には自動運転システムが用意されており、制御室からの遠隔操作によって運転が進められている。



ビームコミッショニングチーム



本チームはX線自由電子レーザーの効率的で迅速なレーザー増幅実現に向け、調整に必要な電子ビームの診断系、電子ビームの動きをフィードバックする計測・補正系等の検討を行います。準備した装置や診断系を使ったビーム調整のシナリオを策定し、それを実現するビーム制御系を構築します。2011年3月から予

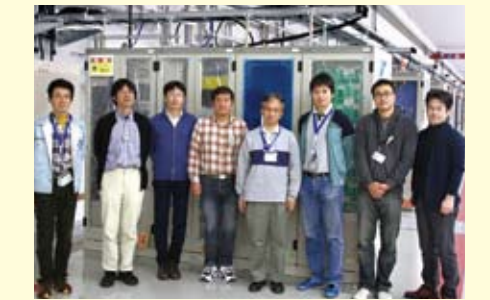
定されている電子ビームを用いたレーザー調整は、革新的装置に命を吹き込む、人類がほとんど経験したことのない大変困難な作業です。各チームが精魂を込めて作り上げた機器や装置を駆使して、本チームがレーザー調整を牽引し、3ヶ月でレーザー出力を最大化(飽和)させる目標に向かって邁進します。

ビーム診断チーム/タイミング・高周波チーム

XFEL装置は、電子のエネルギーを増やす(重くする)加速器とX線レーザーを発生するアンジュレータと言う機械でできています。この装置では、1秒と比べて小数点以下にゼロが14個もつく(30フェムト秒)短いX線レーザーパルスを発生します。また、パルス幅くらの物質の内部構造の時間変化を観測することが、一つの目的です。ビーム診断チームとタイミング・高周波チームは、XFEL装置を人の思うように操り、所定の性能のX線レーザーを発生させるための機能を担う機器を開発・建設しています。特にビーム診断は、

文字通りにアンジュレータ区間でX線レーザーを発生させる数十マイクロメートルの電子ビームを測定するためあります。また、タイミング・高周波チームは、毎秒60HzのXFEL装置の動作周期を決め、装置から実験室へのX線レーザーパルスの出射幅と同等の時間精度で決定する機器を開発・建設しています。開発している機器の例は、ビーム診断では、ビーム位置モニターと言うものがあります。それは、ビームの位置と時間の変化を各々200ナノメートル、30フェムト秒の分解能で観測できるも

のです。またタイミング・高周波では、光ファイバーを使った30フェムト秒精度で時間決定を行うための光高周波信号伝送装置があります。以上のような、並はずれた高精度と高時間分解能の機器を開発しているのが、我々のチームです。



利用グループ



利用グループは、XFEL光の「利用」に関する部分を担当しています。具体的には、XFEL光を用いて実験するためのビームライン・実験ステーションの整備、XFEL光の特徴を際立たせるための光学系の開発と新しい実験手法の開拓、XFEL光をあ

ますことなく捕らえる検出器・データ処理技術の開発等を進めています。例えば、XFELでは生物試料の構造を原子レベルで観察するという、挑戦的な実験が期待されています。これらの実験では、試料に照射したXFEL光が、回折と呼ばれる現象によって向きが変わる様子を観察します。このX線の向きの変化を精密に測定することで、試料中の構造や変化を明らかにします。そこで、XFEL光の特性を整えるX線光学系、XFEL光の向きの変化を高精度で計測するX線検出器、試料に超高速の刺激を与えるためのフェムト秒可視レーザーといった装置の整備を進めています。また、X線検出器は大量の実験データを生み出すので、これを効率的

かつ確実に転送し保存および解析する技術を開発しています。これらに加えて、SCSS試験加速器のビームライン機器開発や利用運転・支援も行っています。XFEL光が利用可能となるのは、施設建設終了後の来年度からですが、その前段階として、SCSS試験加速器が発生する極紫外領域(波長51~61ナノメートル)のレーザー(EUV-FEL)光の利用が既に2008年度から行われています。これまでに国内外の大学・研究機関の大勢の研究者が利用しています。EUV-FEL光の利用は、波長こそXFEL実機とは異なりますが、ビームライン機器や実験装置など、XFELの利用開発研究のために非常に重要な役割を果たしています。