

XFEL プロトタイプ試験加速器にて、6月15日 波長50 nm のレーザー発振に成功いたしました！

新竹 積 (理化学研究所, 播磨/SPring-8)

兵庫県西播磨のSPring-8に昨年より建設しておりました250 MeV XFEL プロトタイプ試験加速器 (SCSS Test Accelerator), 最終的な機器設置が本年3月末に終了し、5月8日よりレーザー発振へ向けた本格的ビーム調整を開始し、6月15日 (木曜日), 19時30分に最初のレーザー光を確認しました。

この1ヶ月半, 電子銃からバンチャー, ブースター, Sバンド, バンチコンプレッサー, Cバンドと, ひとつずつ順番にビーム運び, 特性を確認しながら計算と比較し, グループ内にて良く議論し現象を理解してから前に進むというチューニングを忍耐強く続け, 6月12日の週にアンジュレータに到達。この間, CeB6熱電子銃のカソードは, まるで太陽が, 毎朝東からちゃんと上ってくるように, いつも同じ丸いビームを出し続け, チューニングデータが再現してくれていたことは本当に幸いでした。

6月15日, 16時より「試しにアンジュレータの特性を調べよう」とギャップを閉じて, 自然放射のスペクトルを測定すると, すでにアンジュレータ放射光は, まったく自然放射と違っており, 異常にスペクトル幅の狭いピークとなっています。明らかにSASE-FEL増幅が始まっており, 一同騒然となりました。その後4日間, 慎重に電流とパ

ワーの関係, スペクトルの変化など系統的にデータを取得し, 6月22日に「レーザー発振」をプレス発表いたしました。

現在, 電子ビームの特性測定, FEL放射光の測定などを種々のデータ取得を行っております。今後ハードウェアに必要な若干の改善を行い, 年度内には応用実験が開始できるものと思われま

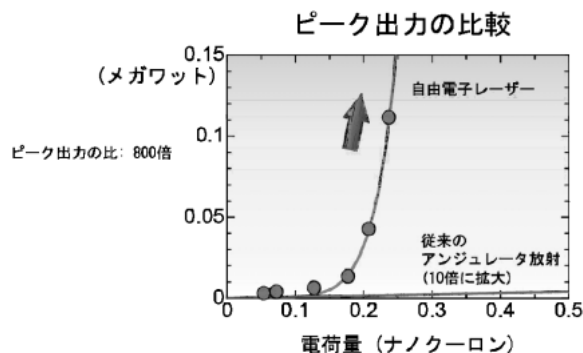


図2 バンチ電荷量に対するFEL光。電荷量に対して, 0.2 nC付近から急速にパワーが増大し, レーザー発振が開始したことを示す。ただし, この測定では飽和に達していない。



図1 6月15日, 最初のFELスペクトルを観測し, 記念撮影。

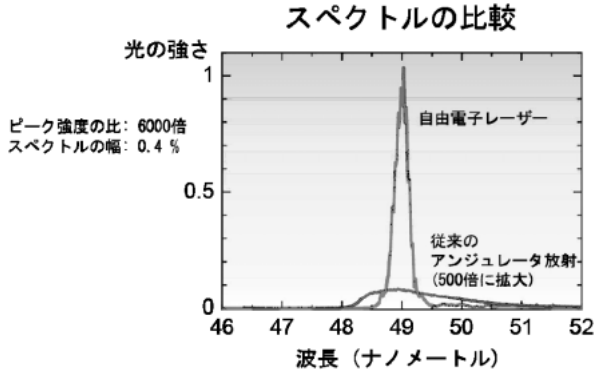


図3 レーザー発振状態では、スペクトルが急激に狭くなる（赤線）。自然放射のレーザー発振していない状態では、通常アンジュレータ放射となりスペクトルが広い（青線）。

SCSS 技術開発、試験加速器建設にご協力いただきました方々に深く感謝いたします。また加速器の建設に携わっていただきました各メーカーの方々のご努力に深く御礼申し上げます。XFEL 試験加速器の建設グループ一同を代表いたしまして、ご報告いたしました。

■ The 9th International Conference on Synchrotron Radiation Instrumentation (SRI2006) 会議報告

SRI2006を終えて

鈴木昌世 (助高輝度光科学研究センター)

The 9th International Conference on Synchrotron Radiation Instrumentation (SRI2006) が成功裏に幕を閉じた。登録者は世界26カ国から過去最高の813名を数えた。日本からは、234名の参加があり、国別では最大の参加者を送り込んだ。共同主催国として面目躍如、日本全国から御参加頂いた方々に厚く御礼申し上げたい。本稿は、「後日談を含めてSRI2006の報告を」との放射光学会よりの御依頼であるので、以下、その御主旨に沿って筆を進めたい。

SRI2006は、終始、「予想外」に彩られた。そもそも、

韓国が主催することは予想外であった。況や日本が共同主催するなど、予想外中の予想外であった。次期主催国の本命と目された中国は、サンフランシスコで開催された先回のSRI2003に姿を見せなかった。厳しい米国入国管理が理由とされる。SRI2003会期中、突然、開催を打診されたPOSTECHのSunggi Baik教授（SRI2006議長）は、急遽、開催誘致のプレゼンテーションを準備し、SRI International Advisory Committee (IAC) に諮り、韓国主催が決まった。



会場となった EXCO センター



Baik 議長 (右) と吉良副議長 (左)

それから一月後、高輝度光科学研究所の吉良爽理事長 (SRI2006副議長) の下に、Baik 教授から、突然、国際電話が入った。「韓国の放射光コミュニティは小さい。日本側の援助を請う。SRI2006を日韓共同開催にしたい。」吉良理事長は快諾し、SRI2006の日韓共同開催が決まった。その結果、日本放射光コミュニティの方々に、各種委員、オーガナイザー、座長、発表者としてご貢献頂くことになった。心より御礼申し上げたい。特に、下村理会長を陣頭に、日本放射光学会より御協賛頂けたのは誠に心強かった。

さて、開催まで残すところ約1年となった平成17年5月、第1回のLocal Organizing Committee (LOC) が現地Daeguで開催され、日本側からは、理化学研究所播磨研究所の壽榮松宏仁所長 (LOC副議長) と筆者とが出席した。会場EXCOセンターは想像以上に巨大で、筆者は戦慄に近いものを覚えた。「この漠たる空間を参加者で埋めるのは容易ではない！」実際に会議が開かれ、基調講演、食堂、企業展示、ポスターセッションの各会場に参加者が溢れたのを目の当たりにするまで、正直、心は休まらなかった。参加者各位に改めて御礼申し上げたい。

また、バンケット会場となったInterBrugo Hotelの大宴会場。ホテル側から600名収容可能と説明され、「それに見合う出席者数が確保できるのか」大いに危惧した。実際には、予想を遥かに上回るご出席を頂き、最後は会場に入れない方々もあったやに聞く。主催者の懸念は杞憂に終わり安堵の一言である一方、お出で頂いたにも関わらず入場できなかった方々には深くお詫び申し上げたい。

バンケットで披露されたPohang Light Sourceの紹介ビデオ。「大向こうを唸らせる出来映え」との評が其処に聞かれたが、実は、製作期間は1ヶ月、完成したのはバンケット一週間前。韓国側でも、事前に完成版を見ていたのは極めて少数で、バンケットにて正真正銘の“初公開”であった。国策として映画製作、ITに力を注ぐ韓国ならではの

と思うが、それでも、放射光科学を全く知らない制作会社が提出した校正版は相当な噴飯もので、Baik教授は、笑いを堪えつつ、また時間に追われつつ、全編に手を入れたという。

さて、SRI2006の運営上の特徴は、①セッションの独立性を鮮明にすると同時に、②通常のセッションに加えて、特別セッション「企業講演会」、及び「開発途上国の放射光施設」を新設した点にあった。放射光科学・技術の領域は広大であり、領域毎の特徴を適切に反映するには、セッションの独立性が不可欠との判断があった。また、学術界・産業界の研究動向のみならず、それと強く連動する関連企業の技術開発にも注目したいという意図から「企業講演会」が設けられた。さらに、成熟した放射光施設は、国際放射光コミュニティの中核メンバーとして、開発途上国の放射光施設に貢献すべきとの意見を背景に特別セッション「開発途上国の放射光施設」が企画された。

また、将来、放射光科学技術を担う若い研究者を激励するために「最優秀ポスター賞」が設けられた。Dr. Sakhorn RIMJAEM (Fast Neutron Research Facility, Thailand), Dr. Hirokatsu YUMOTO (Osaka University), Mr. Nobuaki TAKAHASHI (Nara Institute of Science and Technology), Dr. Yoshinori HISAOKA (LASTI, University of Hyogo), Mr. Sascha P. HEUSSLER (Singapore Synchrotron Light Source) が受賞された。益々のご活躍をお祈りしたい。

冒頭にも申し上げたように、SRI2006は多くの方々の御協力、御助力に依って成功裏に終了した。しかし、其処に辿り着く上で、一人、欠くべからざる研究者が韓国側にいたことを多くの方がご存じと思う。SRI2006韓国側コーディネーターを務めたDr. Seungyu Rah (PAL) である。Dr. Rahの献身的な努力に敬意と讃辞を送りつつ、本稿を終えたい。

加速器

本田 融 (高エネルギー加速器研究機構, 放射光科学研究施設)

放射光源のセッションでは招待講演の先頭を切って、注目の第3世代放射光施設であるSOLEILとDiamondのコミッションングの報告が行われた。

両施設とも当初の計画より幾分遅れ気味ではあるが入射器から蓄積リングの建設を滞りなく完了し、まさに蓄積リングの立上げが現在進行中である。パリ近郊にある蓄積エネルギー2.75 GeV、周長354 mのSOLEILは、2005年の7月に線形加速器とブースターリングにビーム導入を開始し、2006年5月にはブースターリングから2.75 GeVのビーム出射に成功し5月半ばに蓄積リングの立上げが開

始された。会議直前には入射ビームがリングを30周回し、入射ビームによる放射光が観測され、周回ごとのCOD測定が行われている段階で、まだビーム蓄積には至っていない状況であった。会議期間中の6月1日より立上げを再開し蓄積を目指すとの報告であったが、会議終了直後には蓄積成功のニュースが聞かれた。一台の真空封止型アンジュレータを含め数台のアンジュレータがすでに設置された状態でリングの立上げが行われている。2007年初頭よりビームラインへ光を導入する計画で立上げを進めるとのことであった。

一方の蓄積エネルギー 3 GeV、周長562 m とひとまわり大きいイギリスの Diamond では2005年11月に線形加速器の立上げを完了し、2005年12月からブースターリングの立上げを開始、2006年4月に700 MeV でビーム出射に成功している。蓄積リングの建設は2006年4月に完了し、5月はじめより700 MeV でリングの立上げが開始された。会議直前の5月21日に0.4 mA の蓄積に成功し COD 補正や光学関数の測定が行われているとの報告であった。ブースターリングの電磁石冷却水設備の関係でフルエネルギーでの立上げとならなかったようである。2006年秋にフルエネルギーでの立上げを再開し、やはり2007年初頭からビームラインへ光を供給する予定である。なお Daresbury にある 2 GeV 光源リングの SRS は Diamond の稼動と相前後して2008年末に運転停止予定であることも報告された。

DESY, SLAC, 理研・SPring-8 では X 線 FEL 計画が進みつつあるが、DESY からは Plenary session においてすでに4つのビームラインでユーザー実験に供されている VUV-FEL 施設 (FLASH) の現状が報告された。2005年にレーザー発振に成功して以来、通常32 nm, 20~40 fs, 10 μ J のパルスがビームラインに供給されており、また2006年になってから25.5 nm, さらに最短の13.1 nm での発振にも成功している。現在超伝導線形加速器は700 MeV までエネルギーを上げているが、近々さらに1 GeV まで増強され6.5 nm での発振を目指すそうである。また DESY では PETRA III と称して、その使命を終える HERA の前段加速器である PETRA を 6 GeV, 1 nm rad, 100 mA の放射光源リングに改造中である。周長2.3 km のリングの8分の1のみでラティスを改造し、挿入光源を設置し、実験ホールを建設して2007年半ばより放射光利用が開始される計画である。

SLAC の線形加速器を利用して世界初の X 線 FEL となるべく LCLS 計画ではすでに実機の建設が始まっており、現在線形加速器へ電子を供給する入射器の建設が約半分完了した段階である。2006年から2007年には電子銃のレーザー、2台のバンチコンプレッサーの製造が予定されている。一方でアンジュレータは Argonne (ANL) で組立てが行われて California に運び込まれるようである。2008年中のレーザー発振を目指し、2009年に FEL 光を用いた実験を開始する計画である。

理研・SPring-8 ではプロトタイプ FEL 施設の建設がすでに完了し、2006年6月のレーザー発振を目指して入射器と線形加速器の調整が進められている様子が紹介された。

Kwang-Je Kim によるリング型将来光源のレビューでは、低エミッタンスの ERL 光源と並んで、laser slicing や bunch tilt による短パルスの発生、リングトンネル内に1.5 GeV と 3 GeV の2リングを同居させる MAX IV 計画、APS のラティス改造による低エミッタンス化の構想 (2xAPS)、さらにはコンプトン散乱を応用した小型 X 線源にも言及された。

ERL 光源に関連しては Cornell の ERL プロジェクト、Daresbury の 4 GLS プロジェクトの現状について報告があった。Cornell では電子銃と入射器、超伝導 RF 空洞を中心とする開発研究が始まっている。5 GeV の ERL 光源の実機は2011年ごろからの建設を目指すという説明であった。600 MeV ERL と FEL を組み合わせた 4 GLS 計画を掲げている Daresbury では現在50 MeV の ERL Prototype の建設が進められている。Budke INP の Kulipanov は建設コストの点や大電流と低エミッタンスの両立の困難さを指摘して氏が提唱し続けている主線形加速器を複数回通過させるタイプの ERL すなわち MARS (Multiturn Accelerator-Recuperator Source) の利点を解説していた。

挿入光源

山本 樹 (高エネルギー加速器研究機構, 放射光科学研究施設)

挿入光源のセッションでは、9件の口頭発表を含む46件の報告があり、活発な議論が行われた。挿入光源は放射光源加速器の要素として、特殊であるから重要という時代を越えて、どのような放射光施設においても在って当然という意味で非常に重要な装置技術に成長したという感想を改めて抱いた。報告は、最新の放射光施設 (第3世代光源と Upgrade された第2世代光源) における、挿入光源開発の最新の成果に関するものが多数を占めた。セッション会場は、より多様でなおかつエラーの少ない磁場をより困難な条件 (より短周期の磁場など) において実現するアイデア・技法・方法論についての展示場のようにあり、筆者も多く得るところがあった。

今回報告された挿入光源開発の一つの方向は、比較的中規模エネルギーの光源加速器において、10-20 keV 領域の X 線光源を実現できる短周期挿入光源に関するものである。さらに、この方向の延長として、超伝導技術・低温技術の応用による挿入光源開発も重要な割合を占めた。かつて、今日の適切な永久磁石材料が開発される以前、挿入光源は超伝導磁石の応用からスタートしたことを思い出すと、このことは大変興味深い。成熟の度合いを深める永久磁石技術だけでなく、超伝導・低温技術の応用について今後注意が必要であろう。

会議主催者も同様の考えを持ったようで、口頭発表では超伝導・低温技術の応用に関する報告が多く取り上げられ

た(9件中6件)。個別の話題について、口頭発表を中心に上げると以下ようになる。

理研・SPRING-8のKitamuraは、低温下で永久磁石材料の磁気特性が飛躍的に向上することに注目して、永久磁石を液体窒素温度程度の低温下で利用することの重要性を指摘し、SPRING-8における永久磁石型低温アンジュレータの開発状況について述べた。BNLのTanabeは、低温(-120°C程度)下での永久磁石性能の向上を積極的に利用するためにNSLSの実用光源として開発した、X25アンジュレータ(周期長18mm)について報告した。ドイツの加速器メーカー、ACCEL社のHoblは、超伝導アンジュレータ開発の現状について報告した。この間の巻き線技術と断熱技術の進歩による超伝導状態の安定性向上、および磁場調整技術の向上について強調した。理研・SPRING-8のTanakaは、バルクの高温超伝導材料と永久磁石を用いた、新しい概念に基づくアンジュレータ開発の現状について報告した。ドイツ・Karlsruhe大学のRossmanithは、ANKA施設における超伝導挿入光源開発の現状について述べた。試験機として製作した超伝導アンジュレータに続いて円偏光を生成可能な超伝導アンジュレータを含む3台の超伝導挿入光源をANKAに導入することである。ロシア・Budker INPのMezentsevは、超伝導挿入光源の老舗として、この25年間の経験について報告した。

上記以外の話題として、イタリア・SAES getters社の

Maniniは非蒸発ゲッター(NEG)材を真空槽内面にコートすることによって、脱ガスを驚異的におさえ超高真空生成を容易にする手法について報告した。この手法は、挿入光源の真空槽のようにコンダクタンスの悪い真空槽で重要になる。NEGコーティングは、さらに、二次電子放出抑制にも非常に効果的なので、放射光源ばかりでなく他の加速器にも役立つことが期待される。また、フランス・SOLEILのMarcouilleは、現在立上げ中のSOLEILのために建設した可変偏光アンジュレータについて報告した。このアンジュレータは、全長10mの電磁石アンジュレータで、周期長は640mmである。5-40eVの領域で左右円偏光切り替え(1Hz)・直線偏光面の回転可能となるように設計されている。ドイツ・BESSYのBahrtdtは、近い将来に計画しているトップアップ運転に備えて、BESSYにおいて多用されているAPPLE型円偏光アンジュレータによってもたらされる多極成分を調整する方法について議論した。

ポスター発表についても非常に活発な議論が繰り広げられていた。しかし、時間配分を誤った結果、筆者が各々のポスターを取材しようとした時には、自らのポスターの説明のために自分のブースを離れることができなくなってしまいました。個別の話題について報告することができないことをお詫びします。

軟X線ビームライン

仙波泰徳 (勸高輝度光科学研究センター)

2006年5月28日から6月2日にかけてThe 9th International Conference on Synchrotron Radiation Instrumentation (SRI2006)が韓国大邱市のEXCOセンターにて開催された。大邱市はそれほど大きな都市ではないためか、英語が通じたのはホテルのフロントと地下鉄の駅員さんくらいだった。昼食は会場で用意されていたので問題はなかったが、夕食の際に読めないメニューとにらめっこをした結果、写真を指差してなんとか注文したのは筆者だけではないだろう。外国人が日本へ旅行に来たときに同様に苦労している様子が容易に想像できた。

会議は朝8時30分から夕方6時まで、4会場に分かれての口頭発表と、ポスター発表が詰め込まれていた。発表件数約800の大きな会議の中で、筆者がなじみのある軟X線ビームラインに関して報告する。

軟X線、真空紫外、赤外領域のビームラインや実験装置に関する発表はBeamlines and Optics (I)として分類されており、会期3日目、4日目に口頭発表が4セッション、3日目の夕方にポスターセッションが設けられていた。口頭発表は21件(招待講演3件)で、発表時間は15分(招

待講演は30分)、ポスター発表は77件(残念ながらいくつ空白のスペースもあった)で発表時間は3時間であった。ポスター発表の最後30分間はCultural Event (Drum Dance)が会場入り口で行われたため、大半の参加者がそちらに興味を示してしまいポスター会場内は少し寂しい感じであった。以下、招待講演を中心に報告する。

T. Hatsui氏(IMS)は透過型回折格子発光分光器の開発について発表した。この分光器は50~600eVの領域を対象に設計されていて、分解能、効率を向上させるために、ウォルターミラー、透過型回折格子、CCD検出器、入射スリットなどの開発が行われており、その開発状況と性能評価の結果が報告された。また、分解能向上のネックとなるCCD素子サイズに関して、CCD検出器上の電荷分布から重心位置を算出することにより素子サイズ以下の検出位置分解能を実現していた。性能評価では、1 μ mの入射スリットを使用して分解能(E/ Δ E)4500が114eVで確認されており、これからの実験に期待を持たせる発表であった。

K. Amemiya氏(The University of Tokyo)はPFで調

整中の不等刻線間隔回折格子を用いた偏角可変分光器と後置集光系について報告した。前半の分光器の説明では、設計コンセプトやレイトレースによる分解能の見積り、他の分光器との性能比較など非常に分かりやすく説明された。また後半は、現実的な形状誤差のミラーでマイクロフォーカスを行うための集光光学系として、2組のK-Bミラー配置（楕円筒鏡-楕円筒鏡，円筒鏡-円筒鏡）が紹介された。

R. Follath氏（BESSY）はFELにおけるビームライン（10~3000 eV）の設計に関して報告した。目標値として、高分解能ビームラインでは分解能（ $E/\Delta E$ ）250000を、短パルスビームラインでは $\Delta t=10\sim 20$ fsを掲げ、いくつかの光学系が紹介された。各国のFEL建設計画の状況を考えると、3年後の次の会議では同様のビームラインの話題が増加することが予想される。

口頭発表，ポスター発表ともに今回の会議で特に目立っていたのは、数keV~10keVの領域に対する分光器のアプローチであった。これまでの回折格子分光器，2結晶分光器が得意としなかったこの領域に対し，K. F. Heidemann氏（Carl Zeiss），D. Cocco氏（Trieste），F. Senf氏（BESSY）らは小さなブレイズ角の回折格子を用い，F. Polack氏（SOLEIL），M. Koike氏（JAEA）らはラミナー型回折格子上に積層させた2次元多層膜を用いることでそれぞれ数keVでの高い効率を報告した。

開催地が韓国ということもあってか，日本，韓国，中国，台湾など，アジアからの講演がBeamlines and Optics (I)の発表件数中，半数以上を占めていた。なかでも日本からの発表件数はほぼ抜けて多く，軟X線領域における日本のアクティビティの高さを改めて感じた次第である。

硬X線ビームライン

後藤俊治（勸高輝度光科学研究センター）

依頼は硬X線ビームライン関連の報告ということであったが，Beamlines and optics (II)のセッションがまさにこれに対応するので，このセッションを中心に報告したい。

Beamlines and optics (II)では硬X線領域のビームラインおよび光学系の話があつた。今回の会議は15のテクニカルセッションに分けられ，これまでも増して細分化されてしまったが，本セッションは，全発表件数800件近くのうち130件をカバーする一大セッションとなった。Synchrotron Radiation Instrumentationの一つの柱といっても良いだろう。テーマとしては新しい放射光施設を中心としたビームラインの全体の設計やコミッションングに関する話題，高熱負荷機器や光位置モニタなどフロントエンド関連の話題，結晶分光器やミラーその他の光学素子に関する話題など多岐にわたった。概して，ナノメータレベルの集光技術が一つの大きな流れとなっている。初日と二日目におこなわれた5つのユニットからなるオーラルセッションは，カテゴリは厳密ではないが，(1)分光結晶やアナライザ結晶等のX線光学系，(2)ビームライン全体，(3)多層膜やその他の集光光学素子，(4)光学素子計測やその他計測技術，および，(5)K-Bミラーを中心としたナノメータ集光技術というように分けられプログラムが組まれた。以下ではいくつかの講演に関して簡単に紹介したい。

APSのShvyd'ko氏による講演では，コリメータ+エネルギー分散素子+エネルギー選択素子の3つの結晶を組み合わせた高エネルギー分解能を有するモノクロメータ・アナライザが紹介された。これにより，10keV程度のエネルギー領域でも高エネルギー分解能を有するスペクトロ

メータが実現できることが示された。SPring-8のSutter氏は背面反射型の高エネルギー分解能アナライザ結晶として，Siに代わってエネルギーの選択の幅を広げ得るQuartzの結晶についての評価結果について報告し，欠陥の影響はまだ残るものの約10keVにおいて4meVの分解能が得られたことを示した。これまで背面反射型において高エネルギー分解能を実現できていたのは20keV以上の場合が主で，この領域で十分な強度を有する高エネルギーリングでしか実用的でなかったものが，最近多く建設されている3~4GeVクラスの新しい施設で可能になってきたことを意味している。これらにより，非弾性X線散乱実験の可能性がさらに広がると考えられる。また，台湾のChang氏により時間的・空間的に十分にコヒーレントなX線を用いることによりX線領域においてFabry-Perot型干渉計の実験に成功したことが報告された。狭小バンドパスフィルターや高分解能モノクロメータへの応用が期待できる。

今回，ナノビーム光学系に関する話題が数多く取り上げられた。大阪大学の三村氏による招待講演では，大阪大学とSPring-8の共同で開発が進められているK-Bミラーに関し，EEM（Elastic Emission Machining）技術によるミラー表面の精密研磨技術および高精度の表面検査技術を用いることにより着実に集光ビームサイズが小さくなってきたことが示された。2001年に180nmからスタートしたものが，それ以来回折限界を克服する努力等がなされ，2006年には25nmの集光を達成した。次の目標は7nmに設定されている。また，ESRFのMorawe氏により多層膜の製作，広範なバンドパス幅制御，およびナノビーム集

光への応用に関する招待講演があった。これと集光システムを中心として述べられた Hignette 氏の講演は相補的であり、ESRF の ID19 において Graded Multilayer K-B ミラーにより 40 nm の集光が実現していることが示された。しかしながら、ミラーを機械的に湾曲させ楕円面を形成する方法はもう限界にきており、今後は大阪大学のように研磨により精密に楕円面に加工していく必要があるという認識であった。研磨加工技術が進み良い基板が得られるようになることと多層膜の形成技術のさらなる発展があれば理論上 5 nm までの集光が可能であると述べられた。一方、APS の Kang 氏により多層膜ラウエレンズを用いて、現状 19 keV のエネルギーにて一次的に 19 nm の集光が実現されたことが示された。いずれの集光光学系に関しても回折限界とのたたかいが続けられることになるだろうが、3 年後の次回の SRI においては、10 nm 以下の集光が実現できていることを予感させた。

今回、光学素子の形状測定技術に関しても焦点があてられた。APS の Assoufid 氏はその招待講演の中で、この 10 年におけるミラーの表面粗さとスロープエラーがどのように推移してきたかをまとめた。表面粗さとしては当初 0.5 nm 程度であったが現在 0.1 nm レベルまで改善し、スロープエラーとしては当初 5 マイクロラジアンだったものが 1 マイクロラジアンをきりはじめていることが示された。ミラーの質は着実によくなってきているということであろうか。各放射光施設において Long Trace Profiler や非接触表面粗さ計などの光学素子の表面形状計測装置が用いられているが、同じミラーを持ち回り計測することにより、互いの装置の性能を確認するとともに、数値を共通に使えるものにしようという動きがある。いわゆる Round-Robin Project と呼ばれるもので、その一つは ESRF~APS~SPring-8 において進められている。現在、これを含め世界中で三つの Round-Robin Project が進められていることである。計測技術の進展とともに光学素子の性能が向上していくことを期待したい。一方、ESRF の Ziegler 氏はシェアリング干渉計を用いたその場での光学素子の評価技術の一手法について示した。これとは別に大阪大学では

K-B ミラーの形状を実際の焦点位置の X 線ビームプロファイルから逆に解く方法が提案されており、実用間近という印象であった。これらの評価手法は今後の光学素子の性能向上に重要な役割を果たしていくものと考えられる。

初日の午後におこなわれたポスターセッションは一部キャンセルがあったもののなかなかの盛況であった。学生を対象としたベストポスター賞は、最終的に 5 人が選ばれたが、本セッションから大阪大学の湯本氏の K-B ミラーによるナノメータ集光に関する発表が選ばれた。現在 X 線集光技術の最先端にいるグループの一員として当然の受賞と言えるであろう。

最後にプログラムの構成等についての感想を少々。講演者本人の申し込みを優先したであろうことと、セッションの世話人間での調整が完全でなかったことから、本来このセッションで扱うべきであろう内容が他のセッションでおこなわれたり、あるいはその逆であったりというケースがいくらか見られた。ひとつには、韓国側主催者が、件数をできるだけ増やそうとアブストラクトの提出締め切りを一ヶ月伸ばした結果、その後のセッション間の調整時間が大幅に削られてしまったことが原因である。これだけの件数をさばくとすると、これはある程度は仕方のないことなのであろうか。また、このセッションは EXCO center でもっとも広く、参加者全員を収容してもあまりありそうな Convention Hall にておこなわれた。このため、パラレルセッションが始まると大会場の後ろ半分はほとんど人がいない閑散とした状況になった。また大会場のわりにはプロジェクターが極端に小さく講演者との間に微妙な距離感ができ、質問も少なく、盛り上がり欠けたセッションとなってしまった感がある。

また、本セッションではオーラルで 2 件のキャンセルがあった。タイトルおよびアブストラクトを見た時点では少なくともおもしろそうな内容であり、結果オーラルに選択されたものであるから、事情はどうであれ少々残念な気がした。会場の設定や、セッションの分類の仕方もあわせ、肥大化した SRI の今後の会議運営のあり方に若干の課題を残したとも言える。

検出器

伊藤和輝 (理化学研究所)
雨宮慶幸 (東京大学大学院)

検出器に関して、会議初日の午前と午後にそれぞれ 1 時間半の口頭発表セッションとそれに続くポスター・セッションが行われた。口頭発表では 2 件の招待講演を含む合計 9 件の発表、ポスターでは 34 件の発表があった。前回の SRI2003 では最新の検出器技術に関する講演を中心に次世代検出器の方向性を見極めようという企画であった

のに対して、今回は最新の検出器技術とその応用実験例の両方を提示して、新しい検出器でどのような実験が行えるようになりつつあるかという情報を発信しようとする企画であった。

以下、各口頭発表について概観してみる。ESRF から DESY に移籍した Graafsma による「X-ray detectors for

SR today and tomorrow」というタイトルの招待講演でセッションが始まった。最初に SR 光源性能、特に輝度の向上に対して検出器技術が挑戦してきたことについて触れた後、現在の放射光利用研究は CCD 型 X 線検出器が workhorse となって発展してきた、と述べた。光ファイバアレイと CCD を組み合わせた大面積 CCD 型 X 線検出器や ESRF で開発した高速 CT 用高分解能 CCD 型 X 線検出器を現在の検出器技術と紹介する一方で、間接型 X 線検出器の短所として信号の損失と分散を指摘し、積分型 X 線検出器の短所として検出器雑音の存在による情報量損失を指摘した。また、中心部に SAXS 測定用パイプを備えた光ファイバアレイ CCD 型 X 線検出器のようなことが現在の技術で実現できる、と述べた。そして、CCD 型 X 線検出器の未来形として、aCP-CCD (almost Column Parallel-CCD) について紹介し、その構造や高速読み出しの可能性について述べた。また、現在の技術として、Avalanche Photo Diode (APD) Arrays について紹介し、実現には企業の協力や読み出し回路の集積化・ASIC 化などが必要である、と指摘した。新しい検出器材料として、合成ダイヤモンドを利用した検出器の紹介があった。Pixel Array Detector (PAD) は、今日の技術では 20 cm 角のものが開発できるようになったことを紹介し、未来の技術として、シリコンに代わり、良質の結晶を得ることが可能になった GaAs や CdTe などの原子番号の大きいものへの置き換えが可能になってくるだろう、と述べた。また、PAD 検出器には、多機能化、大面積化 (アレイ化) が可能な構造 (four side butttable)、耐放射線性能が高いこと、が求められる、と指摘した。最後に XFEL 利用のための検出器としては大面積 2 次元 X 線検出器が必要であり、検出器コミュニティの力を集結して開発すべきだ、と述べていた。

2 つ目は、SLS/PSI の Broenninman による PILATUS 検出器の性能と応用についての講演であった。PAD 検出器の長所は、単一光子検出が可能で、信号対雑音比が良いことである、と述べた。PILATUS 検出器は、2003年に読み出し 6.7 ms、計数限界 10^3 xph/s/pixel の PILATUS I チップを用いた PILATUS 1M (243×210 mm²) の開発、そして 2006年には PILATUS II チップ (計数限界 10^6 xph/s/pixel、画素欠陥率 0.0073%) を用いた PILATUS 6M の開発を進められていることが報告された。PILATUS 6M は、 487×195 画素 (1 画素あたり 0.172 mm 角) のモジュールを 60 (= 6×12) 個使用した受光面積 431×448 mm² の大面積 PAD である。また、PILATUS II チップを使った高フレームレート型 (50 Hz 以上) の PILATUS 100 K が SLS と SPring-8 にて稼働している、との報告があった。また、材料科学への応用として、エネルギー窓を設定することでバックグラウンドに埋もれた回折線を検出することができる、と報告した。詳しい情報について Web ページ[1]を参照して欲しい。

3 つ目も PAD 検出器の開発に関するものであり、フランス SOLEIL の Hustache による発表であった。ESRF D2AM-CRG では、XPAD プロジェクト[2]が進行しており、XPAD 開発の歴史と今後のロードマップについて報告があった。XPAD2 は 0.33 mm 角画素の PAD であり、 8×8 モジュールで 68×68 mm² の受光面積を有する。XPAD2 の応用として、時分割粉末 X 線回折法や高速 CT についての紹介があった。XPAD2 の次の開発として、1 画素あたり 0.13 mm 角の XPAD の開発が進められていることが報告された。XPAD3 では、センサ部に Si (4-35 keV 用) と CdTe (4-60 keV 用) を使用した 2 つのタイプの開発が進められており、2007年 1 月に最初の検出器が完成する予定である、と述べた。

4 つ目は Diamond Light Source (DLS) の Wright より、DLS の検出器についての紹介があった。DLS 検出器グループのリーダーは Dirbyshire であり、グループのポリシーは「Buy it! Modify it! Develop it!」であると述べた。その例として、1997年から ORTEC と共同開発した Digital Signal Processor である C-TRAIN/X-SPRESS を紹介した。Ge 検出器で 200 eV の半値幅、リセット時間を 4 μ s から 0.4 μ s に改善し、計数特性を向上させることができた。また、非結晶ビームライン I22 に導入される SAXS/WAXS 検出器には Daresbury の検出器技術が使われる予定であることが報告された。長期的な開発としては、EPSRC (Engineering and Physical Sciences Research Council) の予算で開発が進められている 3D Detector を挙げ、将来的には Icemos Technology から販売される予定である、と述べた。

5 つ目は BNL の Dierker による X 線光子相関分光法 (XPCS) への 2 次元 MWPC の利用についての発表があった。XPCS はコヒーレント X 線によって生じる Speckle を測定し、 0.001 から 1 \AA^{-1} の比較的大きなスケールの遅いダイナミクスを観察できることが特徴である。XPCS 測定のために必要な検出器の性能は、 $70 \mu\text{m}$ 以上の空間分解能と感度均一性、高い量子効率 (例えば、88% for 12.7 mm ガス厚, Xe-10% CO₂)、低バックグラウンド、検出器全体での計数限界が 10^4 から 10^6 xph/s、時間分解能は μs 、20 cm 角の受光面積、高いデータ収集効率、であると述べた。次に、個々のパラメータの実現について述べ、空間分解能はガス厚と圧力に依存し、Ar よりも Xe のほうが良く、 $70 \mu\text{m}$ に達すること、感度均一性は印加電圧を上げることにより改善されること、バックグラウンドは 10^{-6} count/s/0.1 mm²、読み出し時間 1 μs で 100-500 kHz のフレームレートを達成していることを述べた。このガス検出器の XPCS 測定への応用として、APS の 8ID での Aerogel からの Speckle 測定や PS/PB の相分離への適用例について紹介した。また、APS では 2 次元ガス検出器を用いた相関関数の測定に成功しており、将来的にはデータ収集の高効率化とリアルタイムデータ解析技術の開

発が必要だ、と述べた。

午後に入り、6つ目はNHKのTaniokaによる招待講演として「HARP: A highly sensitive pickup tube using avalanche multiplication in an amorphous selenium photoconductive target」のタイトルでHARPの開発についての講演があった。まず、高感度 pickup tube の発見の歴史について振り返った。1985年に非晶質 Se を光電面として使うとなだれ効果で増倍することが発見された。1987年には不純物添加による動作安定化が行われ、今日では25 μm 厚の光電膜が製作されており高感度測定が可能になった、と述べた。HARP技術の応用として、X線回折実験への適用を試みているところであり、今回のSRIでは結果をお見せすることができるだろう、と述べた。非晶質 Se はX線を直接信号に変換することができるため、高感度かつ高速のタンパク質結晶構造解析への応用が期待されている。この開発をKEKのWakatsukiらと共同で進めているところである、と述べた。また、医用イメージングでの応用も進めている、と述べた。

7つ目の講演は、SSLSのCholewaによるナノ材料を用いた高効率・高速X線検出器の開発についての発表であった。Single Ion Hit Facilityでは、ナノ材料とSiを組み合わせた立ち上がり時間が2 nsの検出器を開発したことについて報告があった。また、ZnOの棒状のナノ構造にGaNのキャップ層を作ることで電子線、イオン、X線などの線源で良く動作するものを開発することができたことが報告された。

8つ目の講演は、LLNLのFriedrichによる高エネルギー分解能超伝導トンネル接合X線検出器についてのものであった。超伝導検出器技術として、エネルギーを微小電荷変化として検出するSuperconducting Tunnel Junction (STJ) とエネルギーを微小温度変化として検出するカロリメータがある。STJの出力は電流パルスであり、超伝導ギャップのエネルギー(1 meV)が高いエネルギー分解能につながっている(10 eV for keV X-ray)。また、電荷の存在時間が短い($\sim\mu\text{s}$)ため、 10^4 count/s/pixelの

計数も可能である。ALSのBL4.0.2では1モジュールあたり 3×3 個、このモジュールを 2×2 のタイル状に配置したSTJ Array検出器が導入されており、 3×10^4 count/sという計数率での動作が確認されている。STJ検出器の短所としては素子サイズが小さいことであるが、これはアレイ化によって解決されるだろう、と述べた。また、材料科学や生物物理などの分野にてSTJ検出器が活発に利用されている。将来的には112素子のSTJ Array検出器をSLS/PSIと共同で開発していく、と報告した。

9つ目の講演は、PALのShinによる2次元MWPCによる偏光効果の検出についての発表があった。8 keVのX線を用いて、10 μm のピンホールを検出器の前に置いた場合、Arガスでは明確な方位角依存性が観察された。また、入射X線エネルギーを上げると、方位角依存性がより明瞭になることが報告された。Arガスの場合はX線によりK殻が励起されるが、Xeガスの場合にはL殻が励起される。励起状態の対称性の差異により偏光に対する応答も異なるのだろう、と述べた。

ポスター発表に関しては、検出器そのものに関する発表よりも、測定・分析装置の性能の評価および高度化に関する発表がやや目立った感があった(約半分)。

今回は応用実験との関係を意識した検出器開発に重きを置いた企画であったため、多くの参加者が関心を持てる発表が多かった。

ところで、パルス型X線検出器は不感時間があるため高強度X線には不向きであるが、パルス型の長所である高精度、高時間分解能という性能に対する応用実験からの要求が高まっている。さらにイメージングプレートやCCD型X線検出器等の積分型X線検出器技術が成熟してきたこともあり、高計数率能力を有し、かつ、有感面積の大きいパルス型2次元X線検出器の開発がこの分野の中心的な課題になりつつある。

[1] <http://pilatus.web.psi.ch>

[2] http://www.esrf.fr/exp_facilities/BM2/detectors/xpad/xpad.html

軟X線固体物理利用研究

伊藤孝寛 (自然科学研究機構分子科学研究所極端紫外光研究施設)

放射光技術関連の国際学会への参加は初めてなのですが、本年5月29日(月)から6月1日(金)まで韓国の大邱(テグ)市において開催された、SRI2006における、軟X線固体物理利用研究分野に関する会議報告を寄稿させていただく事になりました。とはいえ、近年のナノテクノロジー開発への要求や総括的研究分野の発展により、実質上、光源-ビームライン-実験技術といった境界を超えた放射光利用研究が数多くある事を実感している状態ですの

で、エネルギー領域にこだわらず、放射光を利用した電子分光による固体物理研究に主眼をおいて報告させていただきます。

電子分光を利用した固体物理研究における最近の動向に注目して会議に参加したわけですが、4日間の会期を通じて、新規光源開発から物性研究まで多岐に渡る最新の成果の発表に触れる事ができました。その中で、最近の研究の大きな潮流としては、①時間分解、②実空間イメージング、

③バルク敏感型（表面鈍感型）といったキーワードを意識して展開されているという印象を受けています。本稿では、これら3つのキーワードに沿って、特に印象に残った発表について数件ずつピックアップする形で紹介させていただきます。

まず、新たな放射光の可能性を開く技術として本会議でも多くの発表があった自由電子レーザー（Free Electron Laser; FEL）のコヒーレンス、特に短パルス性を利用する研究が近年急速に進んでいる事を感じています。特に、独逸 DESY の J. Heldhaus 氏による、パルス幅20-40フェムト秒、波長32 nm（約38 eV）、各パルスのピークパワー10 $\mu\text{J}/\text{pulse}$ で発振した FEL を用いたユーザー利用研究の現状についての発表の中で、銅の「シングルショット」光電子スペクトルがスペースチャージの効果を受けてしまう事を示した結果は興味深く、後述するナノ空間イメージング光電子分光と併せて様々な判例を実験的に増やして行く事の必要性を感じました。

磁性の時間分解（および磁性の空間イメージング）としては、米国バークレー国立研究所の A. Scholl 氏、独逸 IFW 固体研究所（IFF）の C. M. Schneider 氏による研究成果が印象に残りました。A. Scholl 氏は ALS における軟 X 線を用いた MCD と PEEM の組み合わせで、Co や SrFeO₃ 等の磁性がサブピコ秒で緩和する様子をイメージングした結果を、C. M. Schneider 氏は NiO/Fe₃O₄ において、スピンの振動により磁性の緩和時間が30ナノ秒以上になるという結果を発表されており、ピコ秒磁気分光が磁性ダイナミクスの研究において強力なツールであり、磁気光学カー効果と相補的（あるいはそれ以上）という A. Scholl 氏による位置づけの重要性を認識しました。

次に、放射光の低エミッタンス化に伴い急激に開発が進んできた技術として、ナノ（サブマイクロ）メートル実空間イメージングを用いた研究が数多く報告されていました。中でも、KEK/PF の小野氏が発表された、SPring-8 における硬 X 線 PEEM の40 nm 空間分解能は最先端をいく性能であると感じました。

個人的に特にインパクトを受けたのは、ALS の E. Rotenberg 氏による角度分解光電子分光測定技術に関する発表でした。同氏は、ゾーンプレートにより真空紫外光（180 eV）を集光して、300 nm 空間分解能、 ~ 20 meV エネルギー分解能で電子状態の空間イメージングを行った結果を紹介されており、物性を電子状態の立場から議論できるような高いエネルギー分解能でドメイン構造を調べる事

ができる手法として注目を集めていました。さらに、固体中の3次元的な電子状態を角度分解光電子分光によりわずかに十数分でマッピングできるというハイスループットな測定技術にも正直驚かされました。また、同氏は、今後の高輝度放射光を用いた測定で問題になると考えられているスペースチャージの効果について計算シミュレーションを行った結果も紹介されていた事を、付け加えさせていただきます。

最後に、バルク敏感型（表面鈍感型）というキーワードについては、特に光電子分光分野における近年の最も大きなブレイクスルーである、硬 X 線を用いた非常に高い分解能（ $h\nu/\Delta E > 100,000$ ）での測定が実現したという SPring-8 の成果が、理研 SPring-8 の高田氏、JASRI の小林氏、阪大の管氏によりそれぞれ発表されました。特に高田氏が紹介された7.94 keV の励起エネルギーで55 meV の分解能を記録した金のフェルミ端のデータは非常にインパクトがあり、今後硬 X 線光電子分光が世界的に物性研究のスタンダードツールになるだろうという同氏の言葉に説得力を持たせていました。また、光電子の脱出深さが深くなる逆の極限である低励起エネルギーを用いたバルク敏感光電子分光については、高温超伝導体における新たな微細電子状態の発見について、Hi-SOR の谷口氏が口頭発表されており、本研究分野において日本が最先端をすすんでいるという印象を受けました。

それぞれのキーワードに沿って見てみると、固体物理分野における放射光利用研究に関していえば、特にバルク敏感型光電子分光、磁気イメージングにおいて、SPring-8、UVSOR を始めとする日本の放射光施設における成果が際立っていたように感じました。その反面、時間分解型もしくはナノ（マイクロ）スケールの電子状態研究については、欧米諸国の最先端に若干ではありますが立ち後れているという印象をうけました。とはいえ、UVSOR 施設、SPring-8 を始めとする日本の放射光施設において近年盛んに進めている FEL 光源の開発がユーザー利用へのシフトしていくに従い、そのような分野についても最先端の研究に追いつき追い越せるであろうと思っています。

若輩者が勢い任せで書いてしまった感はありますが、この会議に参加する事で、世界的な競争力をもつ研究を行って行く上での良い刺激を今後に向けて得たもの、とご理解いただければ幸いです。少しでも会議の雰囲気伝える事ができたと思じて、以上を SRI2006 における固体物理利用研究の現状報告とさせていただきます。

硬 X 線イメージング

梅谷啓二 (助高輝度光科学研究センター)

硬 X 線利用分野では、5月29日に Micro/Nanoscopy と Detectors で口頭とポスター発表があり、30日に Micro/Nanoscopy の口頭発表、31日に Life & Medical Science で口頭とポスター発表、最後の6月1日には Life & Medical Science で口頭発表が行われた。なお、私は30日からの参加のため、29日の内容は CD の抄録を参考にした。

Micro/Nanoscopy (5/30) で、解像度に関しては石川 (理研) の発表が端的であり Micro から Nano の世界へ完全に移行し、数10 nm 解像度画像を実用レベルで作り出す時代に入った。Vogt (APS) からは、生物標本の元素マッピングにおける高解像度に伴う放射線損傷についても報告された。方式に関しては実用性を高める方向に向かい、百生 (東大) や Weitkamp (ISS/ANKA) などによるタルボ干渉計を使った簡素化された位相コントラストイメージング方式や、鈴木 (JASRI) の X 線プリズムを使った X 線ホログラフィーなどの発表があった。

Life & Medical Science (5/31) は、タンパク質結晶のスクリーニングを含めたビームライン自動運転による結晶構造解析のルーチン化を目指した装置開発 (Wilmanns (DESY) や上野 (理研) など) であった。McSweeney (ESRF) によれば、迅速で簡便なタンパク質結晶構造解析のルーチン化の課題の半分以上は、サンプルチェンジャーの開発にあるようだ。多くのシステムではリニアアクチュエータとロータリーアクチュエータの組合せを使っているが、Kim (PAL) の発表では市販のロボットアームを使っておりユニークであった。サンプルへの放射線損傷の対策については、山本 [清水] (理研) や Kim (CHESS) から報告された。また、回折強度測定を行う検出器について、Mueller (BESSY) の発表では大面積のフラットパネル検出器の利用があった。なお、将来的な検出器として Detectors (5/29) で、谷岡 (NHK) のアバラ

ンシェ増倍型フラットパネル検出器による高解像度・高感度化の発表があった。

Life & Medical Science (6/1) は主にイメージングであるが、マイクロ CT のように既に成熟した技術の生物医学分野への広い応用 (Nemoz (ESRF)) が進められている。しかし、まだ応用研究への移行段階で、例えば3次元マイクロ CT での実験者の主な作業は試料交換であり、タンパク質結晶用のサンプルチェンジャー技術の導入が望まれている。そして、将来的には「3次元マイクロ CT 標準メールイン測定サービス事業」なるものも開始されるかも知れない。このように、タンパク質結晶構造解析のルーチン化は、他の計測技術への波及効果が大きいであろう。続いて、臨床応用については、冠状動脈診断 (兵藤 (PF)) が技術的な完成に近づき、位相イメージングによる乳癌診断 (Arfelli (Trieste) や安藤 (PF)) へ対象が移ってきた。また、小動物イメージングではリアルタイム位相イメージング (Kitchen (Monash) や Lee (ANL)) が取り入れられている。他には、硬 X 線の枠を越えるが軟 X 線顕微鏡では、Larabell (UCSF) による凍結細胞標本のナノ CT が興味深かった。

画像処理での新しい展開は31日のポスター発表で、呉 (筑波大) による機能情報と形態情報の画像融合であった。血流量分布を現すヨウ素標識の薬剤を投与したハムスター心臓標本について、高エネ研 AR でヨウ素の3次元蛍光 CT (機能情報) を撮影し、PF で位相コントラスト3次元 CT により形態画像を撮影し、心臓表面形状輪郭を使って3次元画像を重ね合わせていた。これはマルチモダリティ画像の統合表示であり、イメージングでのより深い対象理解へとつながる。パソコンの処理能力の向上に伴い、画像融合も今後は一般的な画像処理・表示の一つとなるだろう。

■ 会議報告

4th International Workshop on Mechanical Engineering Design of Synchrotron Radiation Equipment and Instrumentation (MEDSI2006)

後藤俊治 (勸高輝度光科学研究センター)

表記のワークショップは、5月24日～26日の3日間イーグレ姫路において開催された。会場は姫路城のすぐそばにあり放射光学会年会が開催されたこともある場所なのでご存知の方も多いただろう。

さて、本ワークショップは名称をみていただければわかるようにシンクロトロン放射光機器設計に関する国際ワークショップといったところのものである。シンクロトロン放射光装置に関する国際会議として20年以上の歴史をもつSRIとは対照的にその歴史は新しく、初回は2000年にSwiss Light Sourceにおいて開催された。欧米の放射光施設の研究者・技術者を中心としてのワークショップであり

日本でその存在はあまり知られていなかったようである。第二回は2002年にAPSにおいて開催された。このときにはSPring-8の中里氏他日本から数名が参加し2件の発表がおこなわれている。さて、われわれがこのワークショップに深く関わるようになったきっかけは2003年のサンフランシスコでのSRIにおいてESRFのY. Dabin氏から2006年は是非アジアのSPring-8においてMEDSIワークショップを引き受けてほしいとの打診があってからである。翌年2004年の5月に第三回のワークショップがESRFにおいてDabin氏を実行委員長にしておこなわれ、SPring-8から6名の調査団を組み実際にこのワークショ



アップがどのような歴史と趣旨をもって開催されているのかを見てきた。最近のSRIがサイエンス志向でどんどん巨大化していく傾向にあるのとは対照的に、Mechanical engineering に対してのこだわりが強く、参加者100名前後の小さくて深い会議であるということがわかった。

今回はたまたまSRIと開催年が一致したためSRI2006のサテライトミーティングの形をとっておこなうことになった。サテライトミーティングとしたことにより、続くSRI2006と連続で参加することができ参加を容易にしたケースと、予算的に厳しく姫路か韓国かのどちらかの選択を強いたケースの両方があったようである。参加者は90名強であり、特にプログラム委員たちの思惑通り、日本、中国、台湾、韓国、オーストラリアからの参加者を増やすことができた。講演の内訳はチュートリアル1件、オーラル25件、ポスター35件であった。また、本ワークショップにおいて取り上げられたトピックスは次のようなものである。

- Novel designs of accelerator and beamline components
- High precision positioning mechanisms
- Vibration and mechanical stability
- High heat load analysis and design
- Opto-mechanical devices
- Insertion devices, front ends and vacuum chambers
- Modeling and experimental validation aspects
- Sample environment specific conditioning

ワークショップ前日23日には夕方からイーグレ姫路において受付けとウェルカムパーティがおこなわれた。屋上での立食パーティはあいにくの雨のなかであったが姫路のボランティアの方々による料理でもてなされ、数張りのテントのなかでなかなかの盛況をみせた。

初日24日は理化学研究所の石川哲也氏により、Mechanical engineering が礎となり放射光科学がさらなる発展をしていくことを期待する旨のOpening addressがおこなわれた後、APSのE. Trakhtenberg氏により“UHV requirements for accelerator and synchrotron radiation source engineering”と題して約1時間の真空工学に関するチュートリアルがおこなわれた。材料、溶接、洗浄等々放射光における真空技術の基礎が盛り込まれたこのチュートリアルは、Vacuum, Mechanical engineering, Heat transferが放射光技術を支える大きな三本の柱であるというまとめで締めくくられた。なお、Program Committeeのメンバたちは、この種のチュートリアルが若手の研究者・技術者への技術の伝承の一環として非常に重要であると位置付けており、次回以降も積極的におこなう姿勢を示していた。

このあとの午前のセッションでは新しい放射光施設の報告がおこなわれた。J. R. Chen氏は台湾にて計画されている3 GeVのTaiwan Photon Sourceの概要について報告した。現在のリングに隣接して建設する予定であるが、基礎の安定性を考えるとパイルを打って嵩上げするのでは

なく、地面を掘り下げていったほうが安定な基礎がつけられることを示した。E. Haas氏による講演では、NSLS II計画において施設全体の設計を考える上で環境にやさしい材料選択や構造とすることが求められており、そのような考えに基づいて全体設計を進めていることが紹介された。理研の新竹氏により、現在建設が終わり試験調整の進められている250 MeVのFEL試験加速器におけるコンクリート基礎に関する講演があった。この講演において、平坦に研削したコンクリートの基礎の上に、石定盤やセラミック定盤を並べることにより、いかに安定に精度良く装置を据え付けることが可能となるかについて力説された。

昼食とポスターセッションをはさんで、午後からは熱負荷機器に関するセッションがおこなわれた。今後の加速器、光源の進歩にともない、フロントエンドを中心として機器がますます高い熱負荷にさらされることになるため、疲労に関しても理論、数値計算および実際のビーム照射実験などからさまざまな検討が進められている。SPring-8の高橋氏により弾性変形限界から弾塑性変形へとクライテリオンをみなおすことによってグリッドコップ等の疲労限界がこれまでは保守的であり、限界がさらに延ばせる可能性があることが示された。APSのS. Sharma氏、つづくESRFのL. Zhang氏による講演では、実際にAPSやESRFのビームラインにおいて疲労試験をおこない、計算との比較をおこなっている。これらは、APSやESRFで計画されている蓄積リング高度化に対処するためのものである。熱負荷のセッションの最後はESRFのP. Vaerenbergh氏によりダイヤモンド結晶の現状について報告がなされた。IIaダイヤモンドを中心として、高温高圧で人工育成した単結晶が分光結晶として実用になってきていること、欠陥が少なく大きな結晶を得ることが課題であることが示され、また、CVDダイヤモンドが透過窓材として良い特性を有していることが示された。ダイヤモンドは分光結晶や窓材として今後も注目すべきものであろう。

二日目25日午前中には、まずHigh precision mechanicsのセッションがおこなわれた。ESRFのF. Comin氏により軸ずれ10 nmの回転機構に関する講演があった。この他にもナノメートルレベルの位置決めなどの話題があったが、今後放射光のビームサイズがナノメートルレベルまで小さく絞られるようになると、これらの技術はますます重要になってくることは間違いなく、単なる買い物で済まらず、インハウスで基本的な技術開発まで請け負っている欧米のスタイルは参考にすべきものがあるように思われた。つづくOptical deviceのセッションにおいてESRFのY. Dabin氏および大阪大学の松山氏により、それぞれのK-Bミラーによる集光光学の位置決め調整機構に関する講演があった。光学素子そのものの性能に加えて、光学素子をいかに正しくアライメントするかが数10 nm以下の集光にとって極めて重要であるということが示された。

昼におこなわれたInternational Program Committeeの

ミーティングの席で次期開催地候補の Diamond と Canadian Light Source の二つの新しい施設によりそれぞれの簡単なプレゼンテーションと質疑応答がおこなわれ、最終的には委員による投票となった。以前から誘致に積極的であったこととヨーロッパ～アジア～アメリカという循環ができるという理由などにより2008年は Canadian Light Source においておこなわれることが決まった。

午後の Vibration control のセッションでは、理研の大竹氏による FEL 試験加速器用セラミックス架台の振動特性評価の報告、L. Miralles 氏によるバルセロナの ALBA プロジェクトにおける土地（基礎）の評価についての報告などがあった。午前の High precision positioning とあわせ、Vibration control は今後も MEDSI の一つの主要テーマとなっていくであろうと思われる。

最終日26日午前中の最後のセッションでは、たんぱく質構造解析の試料交換ロボット (S. Fiedler 氏, EMBL), 30 T のパルス型超伝導磁石 (P. Linden 氏, ESRF), 冷却水循環におけるグリッドコップのエロージョン (S. Sharma 氏, APS), さらに、Taiwan Photon Source の空調関するの詳細なシミュレーション (J. Chang 氏,

NSRRC) の講演がおこなわれた。このような幅広い発表の受け皿となるのがこのワークショップの一つの特徴であろう。

最後は、後藤による簡単な総括に続いて、次回のホストとなる Canadian Light Source の Terry Johnson 氏によるプレゼンテーションがおこなわれ、最後に集合写真を撮影し、イーグレ姫路における全プログラムを終えた。

午後には SPring-8 においてサイトツアーがおこなわれた。見学者にとってはあいにく SPring-8 が運転中であったためトンネル内の加速器を見学することはできなかったが、実験ホールにおいてコンクリート床の研削装置、フロントエンド機器の評価装置、たまたま入れ替えのために実験ホールに取り出されていた二結晶分光器の内部などを見てもらうことができた。また、250 MeV の FEL 試験加速器はトンネル内でその全貌を、さらに NewSUBARU も見学コースに含まれ、見ごたえのあるサイトツアーとなった。

その夜は姫路市内の旧酒蔵を改造したレストランでバンケットがおこなわれ、3日間の濃いワークショップは幕を閉じた。

一口メモ

睡蓮

スイレン科スイレン属の水溶性宿根草で、非常に古くから栽培されている植物で、古代エジプトではナイル川から水路を通して庭の池へ水をひき、そこで睡蓮を栽培したといわれている。日本でも神社仏閣の庭の池には親しみのある水草である。この植物の仲間は熱帯および温帯に50種ほどあり、初夏から秋まで長く楽しむことが出来、さらに花色も赤、ピンク、黄、白、青、それらの中間色と多様である。

7月上旬の出張の帰途、山陰地方の名峰で日本百名山のひとつの「大山」に登山しました。志賀直哉の小説「暗夜行路」のなかに出てくる蓮浄院、阿弥陀堂を基点としての登山道はよく整備されていて、梅雨前線の影響で雨が降っていたにもかかわらず、2時間の行程で標高1720mの頂上に着くことが出来ました。雲の切れ間から宍道湖、中海、日本海が見渡せましたのは幸いでした。下山では周囲の植物や稜線をゆっくり観察しながら降りましたので、1時間40分を要しました。さらに、飛行機の出発までの時間を利用して、米子市内の皆生温泉で疲れを癒しました。(No. 70, K. Ohshima)

