

米国放射光施設の周辺

東北大学・金研 橋本 真也

Research Life around the Synchrotron Radiation Facilities in U.S.A.

Shinya Hashimoto

Institute for Materials Research

Tohoku University

1. はじめに

1985年以來の4度の私の訪米は必ずしも放射光施設の視察や実験が中心目的ではなかった。しかし、計らずもその都度SSRL(Stanford Synchrotron Radiation Laboratory), CHESS(Cornell High Energy Synchrotron Source), NSLS(National Synchrotron Light Source)そしてAPS(Advanced Photon Source)が計画されているANL(Argonne National Laboratory)などの異なる放射光施設を訪ねる機会に恵まれた。

世界の隅々からあらゆる情報がわれわれ一市民にさえ直ちに入って来る現在、私がいまさら放射光の専門誌に米国放射光の現状を書き綴ったことで頁をめくり飛ばされるのが落ちであろう。そして単なる情報増量剤となってしまうに違いない。しかし、この学会誌の中にもくつろげる1ページがあってもよかろうと、思わぬ原稿依頼に勇気をふるって筆を取り上げた。私なりの放射光施設見聞記を書き綴ってみることにする。

2. スタンフォードの印象

1988年の国際会議SRI-88(International Conference on X-ray and VUV Synchrotron Radiation Instrumentation)はわが国で行われ、

PF(高エ研、フォトンファクトリー)の職員の方々が非常にご苦労されたことは記憶に新しいが、その3年前のSRI-85は、米国のStanford大学で催された。この会議に出席した際に、SSRLを見学したことが私の米国における最初の放射光施設訪問となった。

当時、PFに通って仕事を進めていた私は、PFの雄大で真新しい近代建築とは象徴的なSSRLの建屋を目の当たりにして驚いた。薄汚れた壁面、つぎはぎの実験ホール。私は、先駆的研究が始められた施設とは確かにこういうものなのかもしれないと、その様相に見入った。私が訪れたのはビームが止まっているときであった。真夏の日差しの中の実験ホール群、オフィス群が乾いた気配を漂わせていたが、建物の中はちょうどウィグラーを軌道に挿入する作業が行われている最中で活気づいていた。PFの建設当時に見たあの分厚い壁と対比しながら、実験ホールからさほど隔たっていない電子軌道を覗き込んだときのことは今でも鮮明に脳裏に焼き付いている。彼らの放射光施設にはまさに手作り実験室の観があった。

Stanfordには、このほかPEP(Positron Electron Project)ストレージリングが1980年に完成されている。そこでは主に高エネルギー実験がなされているが、これを放射光専用機に切り替える

計画があると言う¹⁾。ここは訪問する機会がなかったので施設の実態をつかんでいないのが残念であるが、8 GeVから18 GeVで運転され、6個の117 m直線部とさらに6個の6 m直線部を持つ²⁾から挿入型光源導入が普通となるこれからの高エネルギーX線放射光施設として期待できるだろう。

3. コーネル大学の町イサカ

1987年、Houston大学のP. Chuが高温超伝導化合物 $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{(7-\delta)}$ を発見してまだ興奮さめやらない12月、私達はその物質の単結晶試料を持ち込んだのは、小雪舞うNew York州、Ithacaであった。小さな町の空港に降り立つと、乗客はあっという間に三々五々消えて行ってしまふ。IthacaはCornell大学の周りにできた大学町で、住民も旅行者を大学関係者と見るといかにも人なつっこい。われわれが空港で、「さてどうしてレンタカーを借りようか」と思案をしていると、子供連れの夫婦が「そこまで送ってやるから」と言って声をかけてきた。起伏の多い地形はわが国の風景を思わせ、われわれ日本人には親しみやすい土地柄である。

これが私の2番目の米国放射光施設の訪問となった。われわれが実験に用いたCHESSのA3ステーションは水平ウィグラーで強度を上げているビームラインである。モノクロメータによって集束されたビームを用いているのは、この方式が全反射ミラーを用いるより装置を小さくまとめるのに有利であるからという。確かに、CHESSのA3ステーションは窮屈である。ハッチはHuber製の5020型ゴニオメータがやっと入る大きさで、その周りの作業空間も通路と同居している程である。そのためにハッチのドアが引戸となっているのが、小さな日本から大国アメリカにやってきたわれわれには異様にも滑稽にも見えた。

D.M.Millsを中心にして開発された自慢のslotted crystalモノクロメータは³⁾、第二結晶に

ビームに添った方向にたくさんの平行溝を入れて曲げ易く櫛の歯状にしたものである。この櫛の歯は完全には切り放されないで三角板状の皮一枚でつながっている。その皮一枚の弾性によって、櫛の歯の角度を変えてビームの水平進行方向に集束性を与えるというものである。モノクロメータによって単色化され集束されたビームは、ゴニオメータに取り付けられた試料上に焦点をもつ。この設定はPFのBL-4 Cにおける結晶分光型4軸回折計と同じである。

全反射ミラーを用いないこのような装置の場合、モノクロメータによる高調波成分はときとして次のような問題を引き起こすと考えられる。高調波を含む入射線に対してアテネータを使用すると基本波長成分は大きく減衰するのに対して、高調波は減衰せずに残るが、この結果、高調波のダーウインカーブが基本波のそれよりシャープであることによって、入射X線の総合的な分散角度幅が変化する。したがって、回折ピークのプロファイルの系統的測定に支障をきたす。また、モノクロメータによる吸収が無視できない低エネルギー光に対して、第二結晶のチューニングがずれている場合には、基本波長の非対称的なダーウインカーブに起因して、基本波と高調波の進行方向が微妙に食い違がうはずである。Ithacaの町に借りた人家の2階でJohn Axeとそんな分解能談義で夜を明かしたことも今では懐かしい思い出ではあるが、われわれが $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{(7-\delta)}$ 単結晶実験で見いだしたh00反射のダブルレットが格子定数が僅か異なる2相の共存状態(いわゆる双晶ではない)によると結論するまでにはこうした暗中模索の時を過ごさざるをえなかった⁴⁾。

A3ステーションのコントロール用コンピュータもDECとCAMACの組合せでPFのBL-4 Cのそれと同等である。わが国内では、大学やその他の研究機関においてNECのPC98シリーズパソコンが広く普及している事情から、われわれはPF・BL-4 Cの結晶分光回折計では制御用コン

ピュータをこのパソコンに置き換える作業を行っているが、米国においては特にそのような要求はないようである。これはワークステーションが普及してDECターミナルの使用に学生自身が慣れていることによっている。米国の学生は、主にIBMあるいは安く手にはいるIBMの互換機を自分のアパートに置いている。彼らはそれにモデムをつけてターミナルとして大学のVAX等で計算を行っているのが普通である。したがってパソコンそれ自体は安ければ安いほどよく、また何であってよいということになる。

CHESSではリングの運転はCornell大学の大学院学生に委ねられているという。PFにおいてこのような仕事に学生を導入することは、システム上現在では不可能と思われるが、将来実現すれば面白いかもしれない。

徹夜の実験はここでも普通である。朝になるとCHESSの入口にドーナツが並ぶ。これは、徹夜組の連中にとっても楽しみな朝食だが、交替要員としてやって来る者もこれを摘む。もちろんクォータ1枚か2枚の有料である。コーヒーは常時コントロール室の傍らに沸いていてコーヒー好きのアメリカ人はいつも2, 3人がその周りできつろいだり議論をしたりしている。実験も佳境に入ってきた頃、サイレンがけたたましい音で鳴り響く。われわれは直ちに実験ホールから撤退しなければならない。このサイレンは放射線の漏洩量によってトーンが変化するから緊迫感があって説得力がある。ビーム再開を待つ研究者はコントロール室に集まり、コーヒーポットはあっという間に空になる。

例のドーナツが並ぶ場所はこの施設のストックルームの入口でもある。このストックルームであるが、スーパーマーケットかハードウェア店にでも行ったように規模が大きいこともさることながら、払い出しも合理的である。払い出したものについては、個人の責任でストックルームの入口近くにあるコンピューターターミナルからそれらの

コード、数量を入力するとそれぞれの代表者の支出として精算される。PF実験ホール一角のストックルームと比較しては本当にうらやましい限りである。

CHESSは、しかし、X線実験の専用施設ではないことがX線関係者にはひとつの不都合となっている。すなわち、わが国の高エネルギー物理学研究所ARリングでの現在の放射光実験を考えてもらえばよい。2時間毎に高エネルギー実験が行われるためにその間X線実験を中断せざるを得ない。一応フロアマネージャーがビームダウンの許可をとって歩くが3分以上の延長要求はなかなか受け付けて貰えない。この面でも規模の面でも、1889年に訪れたBNL(Brookhaven National Laboratory)のNSLSは理想的な施設である。

4. 理想的環境のNSLS

BNLはCHESSと同じNew York州にある。9月末のNSLS訪問は季節としても最良の時であった。BNLのカフェテリアまでキャンパス内を歩くと額に心地よい汗をかく。地形は割合平坦で歩くこともさして億劫ではない。時にはドームまで夜中に林をくぐり抜けて歩いてみるのもよい。銀色の2つの目が私の後をついて来るので、ふと立ち止まると猫が暗闇で寂しがっていた。

CHESSでもそうであったと記憶しているが、NSLSの訪問実験者の手続きはきわめて明瞭で好感がもてた。User Administration Officeで簡単な書類を完成させると、Reception Areaでビデオテープのガイダンスを受ける。そして、昼食のついでにカフェテリアのロビーで、運転免許証のようなラミネートされた写真入りのIDカードを作ってもらふ。期限は2年である。TLバッジを受け取って、後は自在に入退室ができる。

また、彼らが発行している「EXPERIMENTER'S HAND BOOK」は⁵⁾、A5版大60ページの小冊子であるが、初めて訪れる訪問者を想定して非常に良くできている。編集者の一人、User

AdministratorのSusanは自信をもって私にそれを差し出した。女性編集者の気配りで書かれているせいか温かみがあってうれしくなる。地域の気候や博物館、そしてワイン工場の案内までいたれりつくせりである。そうかと思うと、第5章には「PHYSICAL DATA」を載せて研究の便まで計ろうとしているところが、ちぐはぐなゆえ親しみを感じる。PFにもこのようなユーモア溢れるパンフレットがあれば実験もさらに楽しくなるのだが。因みに、User Administration Officeは、利用者が先ず連絡をとらなければならない所であるが、プロポーザル、IDカード、旅費計算、あれやこれやが総て解決するといった非常に親切な事務室である。

NSLSでは高低エネルギー用の2基、すなわち、専用の2.5GeV X線リングと0.75GeVのVUVリングが独立してひとつの実験ホールに共存している。8回対称構造のX線リングから取り出されるビームラインにはX1からX29までの名前がついていて、さらにそれぞれは2,3本のラインに分割されて使われている。VUVリングのほうは4回対称構造をもち、ビームラインはU1かU16の名前が付けられている。NSLSのReception Areaの大きなガラス窓からはこのVUVリングの稼働状況を手にとるように覗くことができる。

われわれが表面非晶質相の実験を行ったのは代表者がBNLのJohn AxeであるビームラインX22Cであった。測定装置は、Franke and Heydrich製の4軸回折計で磁気および構造相転移、表面回折実験を目的として設計されたものである。光学系はエネルギー領域が3から15KeVで、Ge(111)ダブルモノクロメータを光源から18mの位置に置いている。この位置から試料位置までは6mである。エネルギー分解能は $\Delta E/E=3 \times 10^{-4}$ 、スポットサイズ $1 \times 1 \text{ mm}^2$ が仕様である。光源から12mのところ、全反射ミラーを置いてこれによってビームを試料に集光させている。したがって、これは光源と試料とのちょうど中間点に位置

していることになる。制御用のコンピュータはIBM-ATパソコンである。垂直散乱配置(検出器が縦に上がるタイプ)の4軸回折計は巨大なターンテーブルの上に載っていて、試料位置を通る垂直軸の周りに単一のパラメータで回転できるようになっている。この機構は表面観察の要求から決定されたのであろうか。すなわち、 ω 軸に対して垂直に置いた試料表面に対するX線ビームの入射角をそのゴニオメータ全体の回転角である値に固定し、ワイセンベルクカメラの等傾角法と同様の測定を可能とする。もちろんこの様な回転操作はPFのBL-4Cで使われている結晶分光型回折計の架台機構のように、相対する辺に設定された2つの並進機構の組合せでも可能であるが、X22Cの機構は起草から具体化がいかに直接的なアメリカ人的発想で面白い。この装置では、しかし、残念なことに検出器の位置をその回転面より持ち上げることが容易ではなく、ワイセンベルクカメラの等傾角法に対応した実験が困難である。この不都合は、表面構造に対する面内原子相関関数を決める上で是非とも解決すべき点であろう。

集光ミラーによってX線ビームを試料位置で $1 \times 1 \text{ mm}^2$ の焦点サイズをもつという仕様は表面研究には必ずしもよい条件ではない。なぜなら、ビームが表面に対してすれすれに入射した場合に試料表面をはみ出して入射線強度を有効に利用できないからであるためと角度依存性が大きく定量的解析が難しいためである。通常ミラー上でのビームサイズは水平方向で、Angular Acceptanceを5 mradとすると、50mm前後の幅をもっている。いま試料の前約1mの位置に置かれたスリットを絞ってほとんど閉じた状態を作ってみる。もしミラーの収差が相当大きい場合には、試料上でのビームのサイズは $50 \text{ mm} \times (1 \text{ m}/12 \text{ m}) \sim 4 \text{ mm}$ であって仕様の焦点サイズ1mmよりはるかに大きな値となるから、結局水平方向のビームの広がりを1mm以下に絞り込むことはできない。もし1mm以下に絞る必要がある場合にはスリットの位置の試

料から25cm以下にしなければならない。そしてその場合の水平方向の分散角は0.2度程度である。この角度はミラーと試料の相対距離によって決定されるもので、現在この種の放射光装置からは縦方向にはきわめて平行性のよいX線が得られるが水平方向には高分解能が保証されていないのである。今後設計される装置には充分この辺の考慮がなされてほしい。

このように欠点のみを強調するのは利用者側のエゴイズムなのだが、データの性質を明確にするには少々悲観主義的な捕らえ方も大切であろう。

この装置の他に表面研究を積極的に行う装置はX16AにAT&T-Bell研究所によって据え付けられている。これはHuber製ディフラクトメータにLEED/Auger, イオンスパッタリング, 残留ガス分析が可能な試料調整部を取り付けた超高真空チャンバーであるから、清浄表面の本格的なX線回折実験が可能である。AT&T-Bell研究所の装置群はこの辺りに所狭しと配備されている。X15AのX線定在波装置, X15Bの表面EXAFS, EXAFS, X16BのHuber製6軸回折計, X16CのHuber製410型2軸回折計などがある。

われわれが実験を行ったX22Cの隣には、これもJohn Axeが代表者になっているX22Bの高分解能X線回折実験を目的とするHuber製の3軸回折計がある。ここでは水平面を検出器の 2θ 運動面としていることと、さらに検出器を 2θ 面から立ち上げた幾何学で測定ができることから放射光の偏光性を積極的に利用した研究が可能である。訪れたときには彼らは磁気散乱測定に挑戦していたと覚えている。われわれのその反対側隣には栗山昌郎氏(NIST:National Institute of Standards & Technology)が代表者となっているX23A3がある。この装置は時分割トポグラフィ, マイクロラジオグラフィ, エネルギー分散型ディフラクトメトリ, 白色線実験, EXAFSなどの用途に設計されている。NISTはこの他にX23A2にEXAFS, 表面EXAFSの装置, X24Aに原子分子の光

物性実験装置を持っている。

以上X線利用者の立場でX線リングについてその一部を述べたが、NSLSはこのような形で、X線, VUVを合わせて、45大学, 11民間および14公的研究機関が参画して研究を進めている大規模な放射光施設である。

VUVリングを知りたい人あるいはNSLSを利用したい人は、User AdministratorのSusanに連絡すると便宜を計ってくれる。彼女の住所を付録にあげておくので利用されてはどうだろうか。

BNLのNSLSは次世代放射光のR&Dの基地としても重要な役割を担っている。最近建設を開始したAPS(Advanced Photon Source)については次章で述べることにして、この章の締めくくりとして1990年5月、NSLS年会のワークショップのテーマを紹介してこの章を終えることにす。

- 1) Workshop on Computational Methods in XAFS Analysis.
- 2) The Use of Electronic Area Detectors for Protein Crystallography.
- 3) The Use of Synchrotron Radiation in the Study of Magnetism.
- 4) Materials Science X-ray Research at High Energies.

5. 次世代リングAPS

ESRF(European Synchrotron Radiation Facility) 6 GeVストレージリングの建設がGrenobleにおいて開始し、わが国では8 GeVのストレージリングSPring-8を兵庫県西播磨に建設することを決めている。この時期に米国ではAPS 7 GeV陽電子ストレージリングが作られる。

この施設はANL(Argonne National Laboratory)の敷地の南西端に建設される。この5月はじめと6月はじめに、私は中性子実験にIPNS(Intense Pulsed Neutron Source)施設を訪れた。IPNSに隣接した360号館のロビーに入るとIPNSとAPSの看板が掲げられた2つの通路口が

目に入る。APS側の入口は階段ですぐ2階に通じている。APSはどうもここにやどかりを決め込んでいる観があった。と言うのは、APS建設予算がANLの他の部局の予算を圧迫するのではないかという危機感があって、研究所内では必ずしも歓迎されているとは言えないのである。折悪しく米国の経済問題が深刻化しているのである。New York Timesは「Big Scienceの予算」と銘打って、私の米国滞在中(1990年4月から6月)に、紙面を賑わせていた。巨額な予算を費やす研究を総て巨大科学の範疇に入れてしまったとしてNew York Timesに批判の声も持ち上がって、この記事は放射光研究者にとっても一大関心事となったのである。放射光実験は巨大科学かと言うのである。たしかにその紙面にはAPSの予算額もリストアップされていた。米国のスーパーコライダーの計画が推進されその膨大な予算に批判が浴びせかけられている矢先でもある。スーパーコライダーに対する日本への参加要求もその頃のNew York Timesの第一面を飾っていた。放射光学者のほとんどは「われわれの仕事はSmall Scienceだ」と言う。何千人の学者が利用するかを考えてみると良い。また、いかに意味ある利用ができるかを考えればよい。われわれが科学をどれだけ豊かにするかを考えてみるとよい。スーパーコライダーとの違いを考えるべきだ。そんな声か聞こえて来るのである。その後New York Timesにはそのような反響に対する返答の記事が載ったにちがいない。こうした中でAPSの鋳入れ式は6月はじめに執り行われ、いよいよ本格的な建設作業が軌道に乗ろうとしている。

APSでは、高い信頼性と安定性をもつ施設を実現するためにR&Dと装置の原形制作に重点において、NSLS, SRC(Aladdin, Synchrotron Radiation Center in Stoughton, Wisconsin), CESR(Cornell Electron Storage Ring), PEPなど米国各地に既存する放射光施設を利用して

APSスタッフと現地の研究者との共同の作業が進んでいる。APS(UO(Advanced Photon Source Users Organization)の開催要請に対して最初にもたれたワークショップは、1987年12月の「X Ray Synchrotrons and the Development of New Materials」である。そこでは2つの論点が明示されている。第一点は「現在使われているX線シンクロトロンにおける材料研究は新材料の理解および発展にどの様に寄与してきたか?」であり、第二点は「新材料の科学や技術を刺激するにはAPSをどの様に適合させていけばよいか?」であった。1987年は、私が冒頭でも述べたように、高温超伝導化合物の話題で持ちきりの年であった。第一番の論点に関しては無論依存はなかったかもしれないが、これらの提言に対して出席者のRobert M. Fleming(AT&TBell Labs.)は一利用者の立場で具体的な回答を出しているのが興味深い⁷⁾。彼は、シンクロトロン放射光光源が、通常のX線光源に比べて現在ほかに大きな利益をもたらし得ることを評価しながらも、手放してそれが材料のX線回折結晶学的研究の最善のものであるとは認められないと釘をさして、放射光を利用するには次の2条件を考慮すべきであることを強調している。その第1点は、目的の測定が放射光固有の性質を要求しているかという点である。そして第2点目はS/N比の改善のために放射光を使うといった実験の場合、自宅から離れた放射光施設までの旅行の労力、すなわち、実験に要する道具の運搬、旅費、宿舎、食料、そしてわずかばかりのビームタイムを貰うための申請書作成の煩わしさは、果たして有効な努力であるかという点である。これは余りにも平凡な議論と受け止められるかもしれないが、彼の弁は米国に於て必ずしも放射光の特性が有効に利用されているとは限らないことと、不十分なマシンタイムに対する批判であるとみることが出来る。わがPFにおいても課題申請がされるとその98%がいずれかのランクで採択されマシンタイムがきわめて圧

迫されていることを考えればFlemingの提言を他国の憂いとして見過ごすわけには行かない。こうしてFlemingは放射光でしか出来ない実験を優先して採り上げるべきであることを強調している。そして施設としてはより明るく、より広いエネルギースペクトルを持つビームを第一に考慮しなければならないとし、APSはこれに応えるものと期待されていると結んでいる。また、In-house実験室では不可能であるというやむにやまれぬ思いでやって来る研究者が友好的雰囲気の仕事が出来る因子なるものを彼はAPSに対する期待の形で以下のように上げている。

- 1) ビームの安定性。入射系、リング系の問題による予期せぬシャットダウンなどは極力少なくすること。
 - 2) 緊急を要する実験に対する配慮。
 - 3) 利用者がすぐ使える装置。新しい利用者がアラインメントをし直さなければならないという事は避けるべきである。
 - 4) 空間。各ビームラインの周りには何人かの研究者、コンピュータ、プリンター、電子回路のラック等のための十分な空間が必要である。
 - 5) 経験豊富な操作技師、職員。そのほか利用者用のマシンショップ、よく整備されたストックルームが重要である。
 - 6) 衣食住。放射光実験ホールから分離された静かな研究室および実験室群が利用できること。近くに食事、宿泊の施設があれば非常によい。
- このような考慮は確かに重要である。放射光実験に集まる研究者はその施設のマシンが自分の研究に有効であると認めた時点でやって来るわけであるから、上述した彼の提言は、測定装置の性能以上に重要なこととなって来るのである。米国の放射光利用者のこうした声は彼らがこれらの居住性の面でもやはり現在の施設に必ずしも満足をしていないことを物語っている。また、わが国におけるわれわれの声として置き換えて考えてもよいものである。ところで、APSが完成すると(完成

時期については1996年とも1997年とも言われている)、1104mの周長に34個の挿入型光源用の5mの直線部が配備され、この他に偏光磁石には35ビームポートが付けられる。スペクトルの臨界エネルギーは19.5KeV。実験ホールの長さは最大80mということである。このようなデータは施設設計者の誰もが関心を持つ重要なパラメータであるが、さきに述べたFlemingの居住性に対する提言もまた数年後に完成する各地の次世代放射光施設の設計には妥協なしで取り入れて頂きたいと考える。

その後幾つかのワークショップがAPSUO援助のもとに企画されているが、私の手元に確かなデータがないのでこれについては省略する。

6月、いまANLは1年で一番美しい季節を迎えている。カナディアンゲースのつがい10羽ほどの子供を引き連れて遊んでいる。ロジングハウスの周囲の芝生には白鹿の群れが訪れ窓越しの風景に彩りを添える。APSの建設が始まっている。

6. 中型放射光ALS

1年ほど前サンフランシスコは大地震の被害を被った。中でもBay Bridgeの惨事はアメリカ人の注目を引いた。サンフランシスコからその橋を渡るとカリフォルニア大学バークレイ校がある。そのLawrence Berkeley LaboratoryはALS(Advanced Light Source)が建設されることになっている。Argonneに建設予定のAPS(Advanced Photon Source)が7 GeVの放射光施設となるのに対してALSは1.5 GeVの低エネルギー光源として計画されている。現在わが国においても、8 GeVの大型放射光施設建設計画が注目されている陰で、各地で中型放射光施設計画が沸き起こっているが、ALSはその米国版である。APSのResearch Program Director, G. K. Shenoyの弁によると、ANL-MSD(Materials Science Division)の掲示板のポスターが大々的に報じていたALSは、APSの完成を待たないで光を出す

言うことである。

7. まとめ

6 GeVから8 GeVの高エネルギーX線リングの建設は必然的に中型放射光光源の建設を引き起こす。BNLのNSLSがX線リングとVUVリングの双方を擁しているようにそれぞれがその特徴を生かして利用されることになる。高エネルギー物理学と放射光物理学の同居の時代からそれぞれの専用機の時代へ、そしていま放射光光源が高エネルギー側放射光光源と低エネルギー側放射光光源分離の時代へと移っている。NSLSは次世代リング形態のプロトタイプだったのであるか。そして今後のマシンの特徴は挿入型光源にある。そのため低エミッタンスと数多い直線部の導入が要求されている。その対応機が、米国においてはArgonneの高エネルギーAPSであり、Berkeleyの低エネルギーALSである。

謝辞

先ずお断りをしておくが外国人の敬称は省略させていただいた。

この原稿を書くに当たり思い起こすとPFに於ける幾たびかの建設プロジェクトに参加させていただき放射光実験を基礎から指導して下さったPFの岩崎博教授に心から感謝したい。

また、ヒューストン大学のSimon. C. Moss教授は私の訪米に際して多大の便宜を計ってくれた。本稿で述べた施設訪問は彼の私への贈物であるといえる。ここで彼の好意に感謝したい。

APSのGopal K. Shenoy博士には多忙な折りにも関わらず2度の面会を快く受けてくれたこと、ワークショップ等の資料の提供してくれたことに対し感謝を述べたい。

付録

Susan White-DePace

User Administrator

National Synchrotron Light Source

Bldg. 725D

Brookhaven National Laboratory

Upton, NY 11973

U.S.A.

Phone 516-282-7114

NSLSのX線リングのさらに詳しい情報は

Dr. Roger W. Klaffky

X-Ray Research Operations Manager

NSLSの住所は上と同じ。

Phone 516-282-4974

に連絡すると得られると言うことである。

文献

- 1) 浅見明, 小早川久, 安藤正海, 日本放射光学会誌
1, 47-63 (1988)。
- 2) G. S. Brown, Nucl. Instr. Meth. A246, 149-
153 (1986).
- 3) D. M. Mills, C. Henderson and B. W. Batter-
man, Nucl. Instr. and Meth. A246, 356-359
(1986).
- 4) H. You, J. D. Axe, X. B. Kan, S. Hashimoto,
S. C. Moss, J. Z. Liu, G. W. Crabtree and D.
J. Lam, Phys. Rev. B. 38, 9213-9216 (1988).
- 5) "NSLS Experimenter's Handbook"(1988),
edited by S.W-DePace, N.F.Gmur, R.Garret,
J. J-Sweet, J. Philips, J. Preses and W.
Thomlinson
- 6) Final Announcement of the 1990 NSLS Anual
Users' Meeting, (1990). BNL Associated Univer-
sities, Inc.
- 7) "X-Ray Synchrotrons and the Development
of New Materials: Workshop Report"(1988) A
NL/APS-TM-1, Co-Chairs: S. Durbin and
D. Cox.