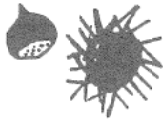


## ハイブリッドサイエンスと6 GeV・SR計画



随筆

三井利夫\*

最近はいわゆるスモールサイエンスとビッグサイエンスの接点のあたりで仕事をする研究者が増えつつある。我国のこの方面の研究者は現在2千人を超えるのではないかと思われる。今後もこの数は増え続けるであろうし、スモールでもビッグでもない、あるいはスモールでもビッグでもあるこの分野の成長に対し、各方面に戸惑いが見られるように思う。あるいはハイブリッドサイエンスとでも呼んで別扱いするのもよいかも知れない。6 GeV・SR計画とはそのような流れの中の一つの計画である。これらをめぐって思うことなどを書かせていただく。

筆者は研究生活の前半の20年位を物性物理学(強誘電体)の研究に使い、後半の20年位を生物物理学の研究に使った者である。前半では1950年代の終り頃に米国のBrookhaven国立研究所で、中性子回折法を用い強誘電体の構造研究を行った。生物物理学に入ってここ10余年はフォトンファクトリー計画に関係し、現在研究室の諸君が筑波の高エネルギー物理学研究所でシンクロトロン放射を使う実験に熱中している。そのように物性物理学や生物物理学というスモールサイエンス的分野の研究を、中性子回折用原子炉やシンクロトロン放射源というビッグサイエンス的施設を使って行うといったことにかかわってきたので、ハイブリッドサイエンスなどということを感じるわけである。

筆者が中性子回折の実験をしたのは1957~1960年である。Brookhaven国立研究所は米国東部の大学連合の原子力研究所であるが、当時筆者が客員助教授をしていたPennsylvania州立大学は、同所に研究所から給料をもらう客員の席二つとグラファイトリアクターからの中性子ビーム

を使う回折計を二つ持っていた。また各客員の席には技官が一人つくようになっていた。筆者はその客員になったわけであるが、この制度はハイブリッドサイエンスへの対処の仕方としては極めて良い例でないかと考える。なお、当時は日本では東海村に原子力研究所の出来た頃で、嵯峨根遼吉、吹田徳雄といった諸先生や、日立、三菱等会社関係者等多くの見学者があった。原研から来た若い人からは、上司が原子力の知識をあまり持たず、何かと言えば論語の引用となるので、対抗上若い人が集って論語のゼミをしたという笑い話なども聞いた。日本のビッグサイエンスの出発もなかなか大変だったようである。

当時の中性子源はフラックスが弱く、1日で4~6個位のBragg反射が測定できる程度であった。筆者自身は有機結晶中の水素原子の位置決定に関する研究を行ったが、結晶中のスピンの規則配列や非弾性散乱が直接測定できることについて聞くのは新鮮な驚きであった。しかしリアクターのような巨大施設を使用することは、貴重な中性子ビームを有効に使わなくてはならないといった思いが何となく先に立ち、好きな時に好きな実験をするという、スモールサイエンス特有の楽しみとは両立し難い面もあった。そのようなこともあり、帰国後の10年位は巨大施設には近よらないですごした。しかしそうも言っておられなくなったのがシンクロトロン放射の出現であった。

生物物理学に転じた時の筆者の問題意識の一つは、如何にして物理的方法を生理学的研究に近づけるかといったことであった。回折学的方法についていえば、これには非常に強いX線が必要である。高良和武氏を中心とするフォトンファクトリー計画はまさにこの線にそったものであり、筆者もそれに参画した。この計画は多

\*三井利夫 (Toshio MITSUI), 大阪大学基礎工学部, 生物工学科, 教授, 理学博士, 生物物理学

くの人の努力でとんとん調子で進み、1982年には我国で最初の硬X線シンクロトン放射が得られた。おかげで、よい時間分解能で生体組織の回折像が得られるようになり、例えば筋肉中の分子の動きが回折像の変化としてそのまま追えるようになった。このことはかつて中性子回折で磁気構造がわかったり、非弾性散乱がはっきりつかまえられるようになったことに匹敵するような出来事ではないかと思っている。

読者のうちにはシンクロトン放射になじみのない方もおられようから、念のため少し解説的なことを書かせていただくと、シンクロトン放射 (synchrotron radiation, 以下でSRと略記) とは、非常に高い運動エネルギーを持って光速に極めて近い速さで走っている電子 (もしくは陽電子) が、磁石によってその進行方向を曲げられるときに放出する電磁波である。これは電子シンクロトンで初めて観測された現象なのでシンクロトン放射と呼ばれる。この放射は素粒子実験では電子のエネルギー損失をもたらす邪魔ものにすぎなかったが、次第に強い電磁波発生源という観点から見直されるようになった。初期のSR実験は素粒子実験用のシンクロトンに寄生して、素粒子実験の合間にSR光源として利用させてもらうという形で行われたので、利用者の側からすれば、素粒子実験用シンクロトンが第一世代のSR源ということになる。これは大体1950~1960年代のことで、日本のこの方面の開拓者は佐々木泰三氏や故佐川敬氏等である。一方素粒子実験の方では高エネルギーの粒子を周回させて多数貯め込む蓄積リングが開発され、SRの有用性が認識された結果、1970~1980年代頃にはSR源として専用の蓄積リングが作られるようになった。これらは第二世代のSR源と呼ばれる。我国では物性研のSORリング(0.4GeV)、高工研のPFリング(2.5GeV)、電総研のTERAS(0.6GeV)、分子研のUVSOR(0.6GeV)がこれにあたる。ここで括弧の中は電子の運動エネルギーを示す。1Å位の硬X線を得るには電子エネルギーが大きくなってはならず、上記のうち硬X線を出せるのはPFリングだけである。今は第二世代のSR源を用いての実験が盛んに行わ

れているが、最近ではアンジュレータやウイグラーといった新型光源の研究が進み、SR源として最適化した蓄積リングとはどういうものかについての議論が盛んに行われるようになった。ここで念のため新型光源について若干の説明をすると、これらは蓄積リング中に長さ例えば6mといった直線部をつくり、その中で図1Aに示すように電子を蛇行させる装置である。アン

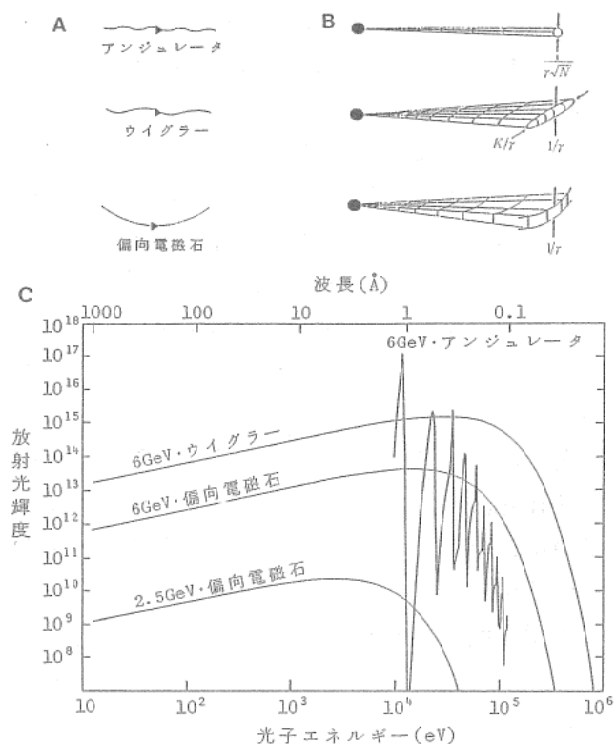


図1 アンジュレータ・ウイグラー、偏向電磁石から出る放射光。

- A. それぞれの電子軌道を図式的に示す。  
 B. 放射光の角度分布。  
 C. 光子エネルギーあるいは波長の関数としての放射光輝度。縦軸の単位はphotons/s/mrad<sup>2</sup>/mm<sup>2</sup>/mA/0.1% band width.  
 北村英男, 佐々木泰三両氏による計算

ジュレータの場合、この蛇行はゆるやかで、そこから得られるSRビームは図Bに示すように非常に指向性がよく、図Cに示すように単色に近い1次光、2次光等を出す。アンジュレータ中の電子の蛇行の曲率半径が大きいことから、1Å位のX線を得るためには6GeV位の電子エネルギーが必要となる。図1Cのスペクトルにみられるように、アンジュレータの1次光(1Å位のところのピーク)の輝度は現存の蓄積リングからのものの10<sup>7</sup>倍近くにもなる。このような装置をそなえたSR源が1990年代の主流と

なるものと予想されている。これは第三世代のSR源と呼ばれ、ヨーロッパはグルノーブルで米国はアルゴンヌでこの種の装置建設の計画が進んでいる。

6 GeV・SR計画とは、このような第三世代のSR源を関西に設置しようとする計画である。1983年に阪大・京大の有志の間で議論が始まり、同年世話人会がつくられ、事務局が筆者の研究室に置かれた。上記のようにPFリングから最初のSRビームが得られたのは1982年であるから、時期尚早という声もあったが、フォトンファクトリー計画自体議論が始まってからビームの得られるまで十年余かかっているのだから、次期計画の話を始めるのに適切な時期と考えたわけである。上述の第三世代のSR源をめぐる世界の動きからすれば、今では6 GeV級のSR源なしでは我国の放射光科学が世界に伍してゆけないことは誰の目にも明らかであろう。これは日本全体の問題であるが、一方世話会は6 GeV・SR施設が関西に設置されるよう強く要望している。上にあげた我国の第二世代のSR源は一つは東京、二つは筑波、一つは岡崎にあり、名古屋以西にはSR源は一つもない。一方筆者の研究室の植木氏が調べたところでは、1983年から1986年上半期にかけてのフォトンファクトリーでの共同利用の申請数は西日本からのものが全体の38%を占め、特に生物を対象とする研究（蛋白質構造解析も含む）では全体の53%を占めている。西日本から筑波までの距離にもかかわらずこのような割合となるのであるから、この数字は関西にSR源を置きたいという要望が非常に妥当なことを示す。

現在6 GeV・SR計画世話会の会長は角戸正夫氏で、世話人の数も200を超えている。また京大、阪大総長、神大学長その他の方々に顧問になっていただいている。世話会の計画推進はいろいろの形で行われたが、昨年8月に科学技術庁が6 GeV級SR施設に関する調査費の概算要求提出を決めてから事態の動きは急になった。12月末には政府予算案に科技庁要求の大型放射光施設の技術的問題などの検討・研究費6,500万円と大型放射光施設整備連絡協議会の運営費370万円が認められた。世話会として

は科技庁の構想を歓迎するという方針を決めている。現在、上記運営費により科技庁、文部省通産省、厚生省、農林水産省関係と民間からの委員からなる連絡協議会で議論が行われている。

科技庁の構想では放射光発生施設自体に対する予算は630億円となっている。施設は共同利用施設となる。SR利用の実験施設は原則として利用者の負担となり、放射光の使用料を徴収する。運営は産・学・官で構成される利用委員会で検討される。建設の年次計画は、2～3年の準備・設計期間の後、1990年頃に着工、1995年にSR実験が始まることを予定している。

設置場所については、科技庁としては、現在のところ関西か関西以外かも未定である。6 GeV・SR計画世話会としては上記のように関西設置を強く希望しているが、具体的にどこを考えるかは世話会発足の頃からの問題であった。この件につき1984年に奥田東先生にご相談したところ、京阪奈に土地を用意するのは難しいとのことであった。その後兵庫県から、西播磨に建設予定の新都市（科学技術都市：図2）に6 GeV・SRを誘致したいとの希望があった。奥田先生のご意見をうかがった結果近畿リサーチコンプレックス構想の一環として、6 GeV・SRを西播磨に設置する計画について御諒承を得たので、それからはこの線で計画を進めてきた。兵庫県では西播磨に200ha余の土地を、6 GeV・SRおよび関連施設のために用意している。（ちなみに阪大の豊中キャンパスは42ha、吹田キャンパスは99haである。）最近この候補地が6 GeV・SRの立地要件を満すかどうかを調査する委員会がつくられたが、その結論は適地であるということであった。

新都市建設に関係している人の夢は、西播磨新都市を「大型SR施設を核に、人間・社会・科学技術・自然の調和を目差した21世紀のモデルとなるサイエンシティ」にすることと聞いている。図3にはそこで行われると予想される研究の若干の例をあげた。地方自治体がこのような夢を描くことは希有のことであり、我々としてもこの夢の実現に全面的に協力したいと考え

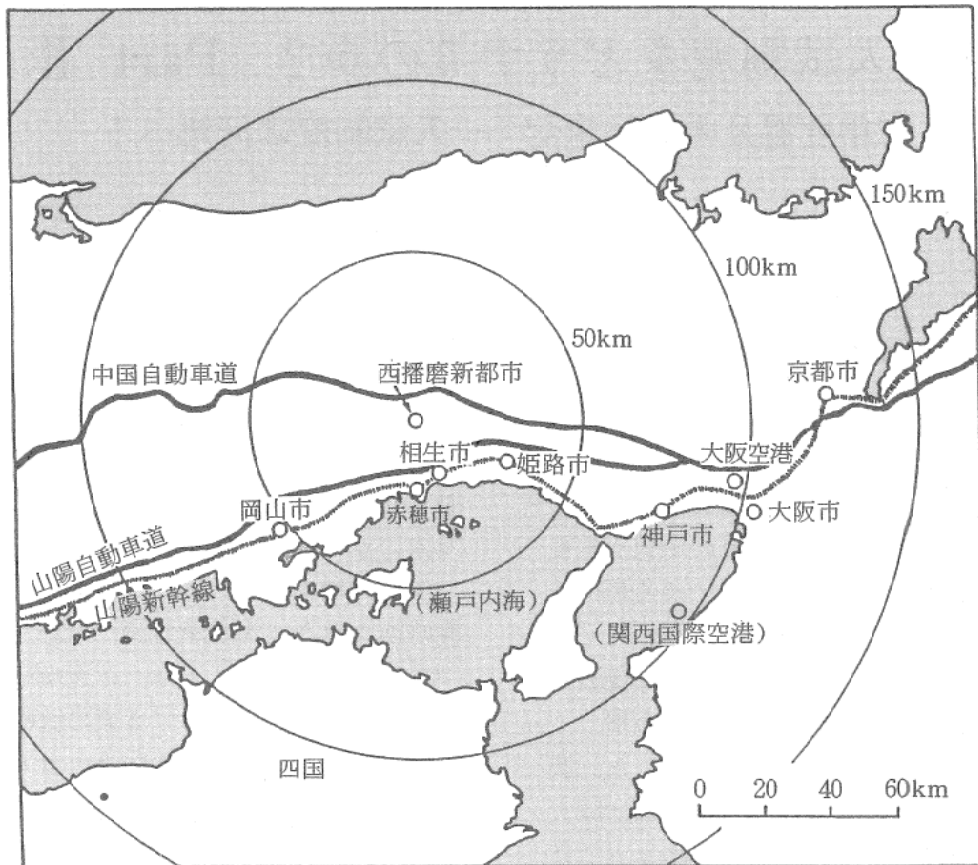


図2 西播磨新都市と各地との位置関係



図3 6 GeV・SR施設は、大まかに言えば、ミクロにあるいはマクロに物をよく見るための装置である。この意味で巨大な顕微鏡と見なすこともできる。丸の中にはSRを利用する幾つかの分野を示す。

ている。この計画が実現すれば、阪大から自動車  
車で1時間半位のところに、多分年間2千人位  
のユーザーの出入りする共同利用研究所がで  
きることとなる。これはその時点では我国最大の

ハイブリッドサイエンスのための研究所となろ  
う。これを活用しようとするれば、大学側もそれ  
なりの体制を考えなくてはならないかと思われ  
る。識者のご検討をお願いする次第である。