

SPring-8 の利用促進に資する 利用者の動向調査

平成 26 年 2 月 28 日

SPring-8 ユーザー協同体

目次

1. 緒言	1
2. SPRUC 放射光科学将来ビジョン作業部会活動報告	3
2.1 活動状況報告	3
2.2 SPRUC 放射光科学将来ビジョン白書 骨子	3
2.2.1 X線科学の世界拠点としての SPring-8.....	4
2.2.2 究極の効率で高品質の X線を発生する「回折限界リング」	5
2.2.3 国内施設の現状と利用の動向.....	5
2.2.4 3 GeV 中型リング	6
2.2.5 グランドデザイン.....	7
3. 各分野における利用動向と意見.....	9
3.1 SPRUC 利用動向調査に対する「生命科学分野」研究会の意見集約	9
3.1.1 SPring-8 次期計画に関する事項	9
3.1.2 登録機関 JASRI が利用促進のために実施する研究開発に関する事項	10
3.2 SPRUC 利用動向調査に対する「物質基礎分野」研究会の意見集約	12
3.2.1 SPring-8 次期計画に関する事項	12
3.2.2 登録機関 JASRI が利用促進のために実施する研究開発に関する事項	13
3.3 SPRUC 利用動向調査に対する「物質応用分野」研究会の意見集約	14
3.3.1 施設への高度化に関する要望について、	14
3.3.2 産業界ユーザーの研究会参画人数の増加に向けた枠組み形成について	14
3.4 SPRUC 利用動向調査に対する「計測分野」研究会の意見集約	16
3.4.1 施設の高度化に関する要望.....	16
3.4.2 ユーザー利活用環境に関する要望.....	17
4. 各研究会からの意見.....	18
4.1 SPring-8 次期計画に関する事項	18
4.1.1 国内外の放射光科学のグランドデザインを踏まえた SPring-8 次期計画の位置づけ	18
4.1.2 その他	22
4.2 SPring-8 のビームラインに関する事項.....	28
4.3 登録機関 JASRI が利用促進のために実施する研究開発に関する事項	34
4.3.1 新分野、新領域に関する研究開発ニーズの収集、また、研究開発成果の展開について	34
4.3.2 その他	38

1. 緒言

本報告書は、SPring-8 ユーザー協同体 (SPRUC) と公益財団法人高輝度光科学研究センター (JASRI) との、特定放射光施設の利活用に関する協力協定書 (平成 25 年 4 月 1 日締結) 第 2 条、第 3 条に基づき行われた、平成 25 年度の SPring-8 の利用促進に資する利用者の動向等調査を取りまとめたものである。

SPRUC と JASRI は、平成 24 年度において、利用者の立場から、1) SPring-8 次期計画に関する事項、2) 現行の SPring-8 に関する事項の動向等に関する調査を実施した。平成 25 年度においては、上記の調査結果等をさらに掘り下げるため、SPring-8 利用者からの意見収集のみならず、SPRUC に設置されるワーキンググループ等を活用するなどして調査・検討を進めるとともに、登録機関が実施する研究開発に関して登録機関とその成果を活用する利用者との間の有るべき姿についても検討することとした。

本報告書は、平成 25 年 4 月 1 日に作成された SPring-8 の利用促進に資する利用者の動向等調査計画書に基づいている。平成 25 年度の計画書における動向調査項目は以下である。

1) SPring-8 次期計画に関する事項

- ・国内外の放射光科学のグランドデザインを踏まえた SPring-8 次期計画の位置づけ

2) SPring-8 のビームラインに関する事項

- ・SPring-8 の利用の活性化に向けて、利用研究分野毎に新規領域の展開や利用ニーズを考慮した既存ビームラインの高度化及びビームラインの再構築に関する意見

3) 登録機関 JASRI が利用促進のために実施する研究開発に関する事項

- ・新分野、新領域に関する研究開発ニーズの収集、また、研究開発成果の展開について

本報告書では、1) について、SPRUC 企画委員会に設置された、次期計画を議論する将来ビジョン作業部会での検討状況を 2 章として記載した。また、1), 2), 3) では利用研究分野毎の取りまとめた意見を要求されていることから、SPRUC 研究会組織検討作業部会によって計画された SPRUC 拡大研究会・SPring-8 利用ワークショップにおける分野別の意見の取りまとめを 3 章として記載した。尚、SPRUC に組織された 9 分野 30 研究会からそれぞれ提出された各研究会からの「利用者の動向調査報告」については、4 章に原文のまま記載することとした。研究会によってメールを使った意見徴収やアンケート形式など様式に違いがあるがご容赦いただきたい。

放射光科学・技術がめまぐるしい進化を続ける今日において、SPRUC の動向調査は、毎

年同様の形式で意見を集めるだけでなく、放射光科学の状況に臨機応変に対応していくことが求められている。今後も放射光科学・技術の進展に注視しつつ動向調査の改善を続けていく所存である。動向調査に尽力いただいた各研究会と SPRUC 会員の皆様に御礼を申し上げますとともに、本報告書が、JASRI の今後の運営に適切に反映されていくことを期待する。

平成 26 年 2 月 28 日
SPring-8 ユーザー協同体 (SPRUC) 会長
雨宮 慶幸

2. SPRUC 放射光科学将来ビジョン作業部会活動報告

作業部会メンバー：濱広幸（代表、東北大）、高尾正敏（副代表、大阪大）、北岡良雄（副代表、大阪大）、佐藤衛（副代表、横浜市立大）、足立伸一（KEK）、木村真一（大阪大）、西野吉則（北海道大）、若林裕助（大阪大）、木須孝幸（大阪大）、唯美津木（名古屋大）、篠原佑也（東京大）、鈴木基寛（コンタクトパーソン、JASRI）、渡部貴宏（コンタクトパーソン、JASRI）、山田和芳（オブザーバー、物構研）、横山利彦（オブザーバー、分子研）、高田昌樹（オブザーバー、JASRI）、雨宮慶幸（SPRUC 会長、オブザーバー、東京大）

2.1 活動状況報告

平成 25 年 3 月 1 日～平成 26 年 3 月 31 日の時限付きで設置された本作業部会は、SPRUC において、日本の放射光科学のグランドデザインの議論と意見集約を行い、それを踏まえて SPring-8 の将来計画に対する提言を白書として纏めることを主目的とし、活動してきた。

以下は、主な活動内容である。

- ・2013 年 4 月 11 日 第 1 回会合開催（大阪）
- ・2013 年 9 月 7 日 SPring-8 シンポジウム企画セッションにおける活動報告
- ・2013 年 10 月 23 日 第 2 回会合開催（大阪）
- ・2013 年 白書骨子公開、パブリックコメント収集
- ・2014 年 1 月 13 日 第 3 回会合開催（広島）
白書作成

各会合の議事録は添付のとおりである。

2014 年 3 月 11 日に第 4 回（最終回）の会合を開催し、その後、今年度内に白書の完成を行なう。本白書については、別途、雨宮 SPRUC 会長および SPRUC 事務局に提出する予定である。ここでは、平成 25 年 9 月に公開された白書骨子を示すこととする。

2.2 SPRUC 放射光科学将来ビジョン白書 骨子

2013 年 6 月 6 日
放射光科学将来ビジョン作業部会
代表 濱広幸（東北大学）

Executive Summary

- SPring-8 サイトは X 線科学の世界的な研究拠点であり、大型放射光施設 SPring-8 と X 線自由電子レーザー施設 SACLA を擁するという他に類を見ない特色をもつ。この拠点の将来にわたる継続的な発展を SPRUC として強く支持する。

- SPring-8 次期計画として提案されている「回折限界蓄積リング¹⁾」(次期 SPring-8 リング) へのアップグレード計画を支持し、その実現に協力する。本アップグレードはナノスケールの物質解析等の先端的 X 線測定の効率を 1000 倍に高めるものであり、新規機能材料の創成や人工光合成の実現に有用な情報を提供する研究基盤となる。この新光源の利活用を通じて、未解決の科学的課題の解明に資するとともに、新しい産業分野の創成に向けた貢献を行う。
- 次期 SPring-8 リングと先端的学術研究、産業創成研究、実用産業利用を 3 本の柱とした戦略的かつ相補的な運用を図るために、多数の需要のある中・低エネルギー X 線領域をカバーする 3 GeV クラスの高性能中型蓄積リングの早期建設を提案する。
- 新 3 GeV リングと次期 SPring-8 リングの建設時期に関しては、新 3 GeV リングは可能な限り早期に建設し、2017 年までに共同利用を開始すること、また、次期 SPring-8 リング計画に関しては、3 GeV 施設稼働後の 2019 年から 2020 年を目処に実施し、1 年程度でアップグレードを完了、共同利用を再開することを提言する。
- 今後 20 年先までの放射光科学の展開を見据えて、次期 SPring-8 リングと新 3 GeV リングに加え、赤外から軟 X 線領域をカバーする UVSOR の 3 施設を国内の放射光の中核施設として将来にわたり利活用することを提言する。

2.2.1 X 線科学の世界拠点としての SPring-8

大型放射光施設 SPring-8 は 1997 年の供用開始以来、先端科学における数多くの成果や、我々の生活に直結した産業利用などを通じて、X 線科学の世界拠点としての地位を確立してきた。さらに SPring-8 サイトに新世代の X 線源である X 線自由電子レーザー施設 SACLA が国家基幹技術として建設され、2012 年より供用を開始した。現在 SPring-8 サイトは、広範な先端的分析を実現する SPring-8 と、未踏の科学を拓く SACLA という、相補的な役割をもつ 2 つの X 線源を擁する世界唯一の研究拠点として X 線科学を牽引している。

今後数十年を見据え、SPring-8 サイトが世界の X 線科学をさらにリードしていくためには、SPring-8 の次期計画を早急に検討すべきである。X 線は広範な科学技術分野で不可欠な分析ツールとなっている。このため、X 線科学の世界拠点を日本が有し、科学技術における優位性を将来に渡って維持拡大することは、アジア各国や欧米から広範な分野の優秀な人材を日本に集め、日本の科学技術の強固な基盤を築くことに通じる。また、X 線科学での最先端研究は、近い将来、我々の生活に直結した産業利用として結実する。これは SPring-8 でのこれまでの実績が証明している。さらに、加速器・ビームラインの建設や先端的測定装置の技術開発を日本に拠点を置いて進められることにより、わが国の技術力向上に資するとともに、絶大な経済効果を生み出すことにつながる。

¹⁾ 電子ビームのエミッタンスが光 (X 線) の回折限界と同程度の領域に達するリングを、ここでは回折限界蓄積リングと呼ぶことにする。厳密な意味では、電子ビームのエミッタンスがゼロになるまで光の回折限界にはならず、光の回折限界も波長に依存するため、注意が必要である。

2.2.2 究極の効率で高品質の X 線を発生する「回折限界リング」

SPring-8 の次期計画においては、X線科学の国際的リーダーとして、新しい光源設計のコンセプトを提示する必要がある。理化学研究所と JASRI は SPring-8 の将来計画として「回折限界蓄積リング」へのアップグレードを世界に先駆けて宣言し、その開発と利用の検討を行っている。既存の SPring-8 では、高品質のコヒーレント X線は発生した X線のおよそ 0.1%に過ぎない。このため、コヒーレント X線を必要とする先端的計測においては、SPring-8 から発生した X線の 99%以上を実験に利用できずに捨てていた。これに対して、SPring-8 の次期計画で提案されている回折限界蓄積リングは、発生した X線の大部分がコヒーレントという究極の光源であり、1000 倍もの効率で高品質のコヒーレント X線を利用できるようになる。それでいて、消費電力や運転コストは現 SPring-8 よりも削減できる設計となっている。したがって、回折限界蓄積リングは環境に配慮した究極の効率をもつ新しいコンセプトの X線源といえる。利用実験の観点からも、これまで長い測定時間を要したナノの世界の局所分析を高速かつハイスループットで行えるようになるなど、回折限界蓄積リングのメリットは非常に大きく、放射光利用研究の革新が期待される。この光源性能の飛躍的向上によって、ナノスケール観測の精度向上、ピコ秒時分割測定、あるいはマルチスケールでの物質/生体試料の観察手法が提供される。これらの観測によって、現在から 2020 年代までに解決すべき科学的課題—物質機能のナノ/メゾスコピックスケールでの起源解明、生体の階層構造と代謝機能の解明、光合成反応の解明—の解決が推進される。

2.2.3 国内施設の現状と利用の動向

SPring-8 のアップグレード計画を効果的なものとするには、国内の他施設との役割分担の中での次期 SPring-8 の位置づけを明確にするべきである。これまでも各所で議論されている通り、国内施設の将来計画を俯瞰し、施設間で相補的かつ相乗的な利用という観点からのグランドデザインの策定が必須である。

国内には全国共同利用施設として、UVSOR (小型)、Photon Factory (中型)、SPring-8 (大型) の 3 つの施設が存在している。表 1 に、これら 3 施設の稼働状況をまとめる。UVSOR は赤外および紫外から軟 X 線までの低い光子エネルギーをカバーし、Photon Factory (PF) は中低エネルギーの X 線、SPring-8 は中高エネルギーの X 線を供給するという棲み分けを行っている。これら 3 施設の中で、PF は 1982 年に運転を開始して以来、大規模な改造を含めアップグレードを繰り返してきたが、これ以上のアップグレードは困難であるため、昨今の高性能中低エネルギー X 線施設の新規建設が進む世界の放射光科学界において日本が先端的な立場を維持するためには早急な対応が必要である。その際、SPRUC 会員の中にも PF リングを利用する会員も少なからず含まれているので、PF リングを利用した実験をシームレスに継続できるように、3 GeV クラスの高性能中型蓄積リングを新設することを提案する。表に示したように、PF では SPring-8 に次ぐ年間 3000 人以

上もの利用がある。このことは中低エネルギーX線領域の光源の必要性と需要の多さを示すものであり、この領域の利用を強化することで、X線計測を基盤とした研究および産業の底上げを図ることができる。

なお、PFは現在ERLを次期光源として検討を進めているが、これについては将来の回折限界光源の候補の1つとして、長期的な視野に基づいた要素開発（R&D）の継続を期待する。

表1 国内の中核放射光施設

	施設規模	電子ビームエネルギー	年間利用者数	ビームライン数	光の波長領域	供用開始年/稼働年数
UVSOR	小型	0.75 GeV	1200 人	15	赤外～軟X線	1984 /29年
Photon Factory	中型	2.5 GeV	3300 人	40	中低エネルギーX線	1982 /31年
SPring-8	大型	8 GeV	4500 人	55	中高エネルギーX線	1997 /16年

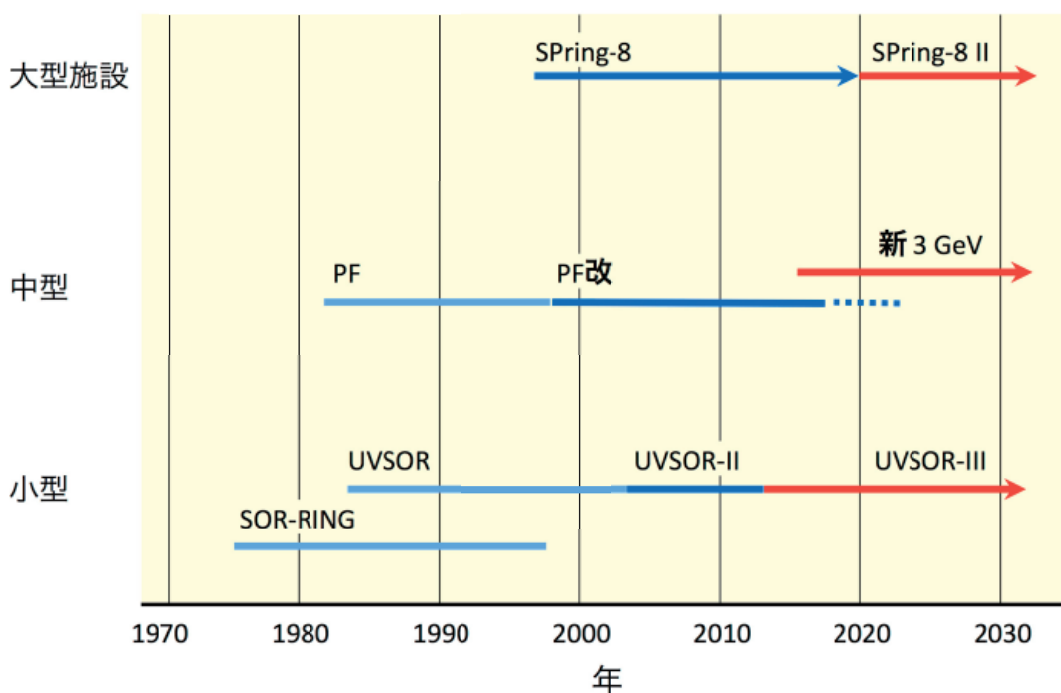


図1 中核放射光施設の変遷、および将来計画案。将来提案を赤い矢印で示す。SOR-RINGとは、世界で最初に放射光専用として建設された電子蓄積リング。

2.2.4 3 GeV 中型リング

上述のグランドデザインを想定するにあたり、新たな中型リング施設の早急な建設を強

く要望する。3 GeV クラスの中型蓄積リングは、高い光源性能と汎用性、ユーザーキャパシティを兼ね備えている。放射光利用研究において最も用途が広く利用者の人口が多い、中エネルギーX線の領域をカバーする中核施設となり得る。施設規模はSPring-8の半分以下であるが、得られる光源性能は現状のSPring-8と同等かそれ以上である。建設費用、運転費用ともに低く抑えられるため、コストパフォーマンスが非常に高い。このような新たな3GeV中型リング²を建設することにより、これまでPFが受け持っていた中低エネルギーX線領域における大幅な光源性能の向上が迅速に行なわれることを望む。

一方で、次期SPring-8の性能は上記の新3 GeVリングを遥かに凌駕するものである。究極の蓄積リング光源による新たな利用研究を開拓することで、X線科学を国際的に牽引する役割を担う。また、供給するX線の波長領域も両者で異なる。したがって、新中型リングと次期SPring-8とは相補的であり、利用の棲み分けを以下のように提案する。

次期SPring-8では、基礎研究を中心とした先端的な学術利用、および近い将来の産業利用や新産業創成を目指した応用研究を中核とする。新手法や装置の開発とも密接に関連した、挑戦的かつ先端性の高い研究を推進する。また、高エネルギーX線の利用を特色とし、高圧物質科学、地球惑星科学、高エネルギー非弾性散乱による物質科学などを重点化する。さらに、X線自由電子レーザーSACLAとの相互利用実験を展開する。

新3 GeVリングでは、基礎研究から応用に近い学術利用、産業利用までを幅広くカバーする。SPring-8で実用化された、放射光の産業利用を継承するに必要な十分な光源性能を有する。汎用性の高い測定手法を安定に供給することを主眼とし、光源性能を活かした高いスループットにより、多数の新規試料の解析の効率化を図ることで成果を創出する。中型リングの特色である軟X線領域での分光測定およびイメージングによる物質および生体研究を推進する。

前述したように新設3 GeVリングは利用用途が広く、既存の利用者層の大部分をカバーできる。試算では、現在のすべてのPFの利用者と、SPring-8利用者の65%が新3GeV施設に移行可能であり、国内放射光利用の80%を賄うことができる。このような高い汎用性は、増え続ける放射光利用の需要を満たすために必須であるとともに、異他分野の研究者を取り込むことによる研究領域の裾野拡大に活用される。無論、既存の利用研究をそのまま新施設に移行するだけでは不十分である。高性能で汎用性を重視した中型施設と、放射光源として究極の先端性を追求する次期SPring-8との相補的、協奏的利用により、国内の科学技術、産業をより高度な水準で展開することを目標とする。

2.2.5 グランドデザイン

今後20年後までの放射光科学の展開を見据えて、国内中核施設のグランドデザインを以下のように提言する。

²現在、「東北放射光計画」あるいは「東日本放射光計画」（全て仮称）と呼ばれる3GeV中型リングの計画が提案されている。

- (1) UVSOR は引き続き小型の中核施設として、赤外から軟 X 線領域の放射光利用を推進する。
- (2) Photon Factory がこれまで担ってきた中型施設の役割をシームレスに引き継ぐものとして、3 GeV クラスの高輝度蓄積リングの新設を提案する。新 3 GeV 施設では、中・低エネルギーの高輝度 X 線を用いた利用研究を中心とする。基礎研究から応用に近い学術利用、産業利用までを幅広くカバーし、高スループット解析を特色とする。現在の PF ユーザー利用層を受け入れ、また SPring-8 で展開している産業利用を継承する。3GeV 蓄積リングは早急に実現され、そのユーザー利用が 2017 年頃までに開始されることを望む。現在、PF が進めている ERL 計画については、長期的視野に立った R&D の継続を期待する。
- (3) 大型の中核施設として、SPring-8 次期計画で提案された「回折限界蓄積リング」光源への改造を支持する。中・高エネルギーのコヒーレント X 線を用いた先端的研究を展開する。基礎研究を中心とした先端的な学術利用を中核とし、新産業創成を目指した応用研究を並行して推進する。X 線自由電子レーザー施設 SACLA との相互利用によって、新学術領域の創成を視野に入れた研究を展開する。SPring-8 サイトは、SPring-8 と SACLA という 2 つの先端 X 線光源を擁する世界唯一の X 線科学研究拠点である。SPring-8 次期計画を通じて新たな分野の研究者の参入をより活性化し、その優位性を将来にわたって確固たるものにする。改造の時期としては、3 GeV リングの供用開始後の 2019～2020 年頃を目処に速やかに行うことを提案する。これは、既に施設側から Preliminary Report として公開された計画時期と概ね合致する。
- (4) 上述した中核施設のハードウェア整備に加え、放射光施設利用等に関するソフト面においては、課題申請から実験実施までの期間短縮や、緊急利用枠の拡大など、フレキシブルで小回りの効く運用形態の採用を提案する。将来的には、ユーザーが国内中核施設を横断的かつ統合的に利用できる枠組みを見据えた、ALL JAPAN 体制構築の議論を開始したい。

以上

3. 各分野における利用動向と意見

3.1 SPRUC 利用動向調査に対する「生命科学分野」研究会の意見集約

2014年2月1日（土）－2日（日）に開催された SPRUC 拡大研究会・SPring-8 利用ワークショップでは、

マイクロ・ナノイメージングと生体機能研究会
小角散乱研究会
放射光構造生物研究会

の3研究会が中心となって「生命科学分野」セッションでの発表と討論が行われた。以下、施設・利用システムに関わる利用動向と今後期待される利用について取り組むべき課題などをまとめた。

3.1.1 SPring-8 次期計画に関する事項

マルチスケール解析～研究会連携の強化

生物を対象とする以上、タンパク質から細胞、組織さらに個体レベルまでおよぶ広いスケールでの構造を解明し、最終的にその複雑な仕組みを解き明かすことが求められる。3研究会の連携は、このマルチスケールな視点を改めて意識する上で有意義であった。

一方、細胞内小器官あるいはそれ以下のレベルの観察は3研究会ではカバーしきれていない部分である。このため、イメージングと分子の間に方法論的にも研究者の意識の上にも隔たりがあることは事実であろう。SACLA で鋭意研究が進められているこの狭間の領域とうまく連携していくことで、この隔たりを埋めていく必要があるだろう。

動的解析・高精度解析～研究会を越えた融合

動的構造解析においては、分子レベルでは、放射光の枠にとらわれないさまざまな手法との連携利用により解明が進んでいる。とくに溶液中のタンパク質の構造解析では結晶構造をベースとしながらも X 線、中性子、NMR の測定結果と計算科学に基づいた測定解析法の開発の重要性が指摘されている。例えば、X線小角散乱と分子動力学計算を組み合わせることで、可動性の高い分子運動を記述する試みがなされている。また、分子量の大きなタンパク質では、長時間の分子運動の測定法である中性子スピンエコー法と計算機シミュレーションに注目されている。ただし、膨大な計算量を必要とするため、放射光とスーパーコンピュータの併用を促進する研究環境の整備や支援が期待される。

一方、イメージング分野では、放射光の高強度 X 線は動植物の生態観察や運動の記録を透過像で取得するのに有効で、大いに威力を発揮してきた。それでも、像の十分な解像度を得るために膨大な画像の処理に計算機の能力が必要とされるほか、コントラストを得るための中性子の利用を拡大することも期待され、放射光-中性子-計算科学の組み合わせの意義

は分子レベルの測定と同様に求められる。

このほか、イオンモビリティ質量分析法は溶液散乱法と組み合わせることで、分子構造の解析や動的構造の解明にもつながるなど、これらの連携に留まらないさらに広い模索が必要である。なお、結晶構造の動的解析には、白色ラウエ法と室温測定法の見直しも検討課題となるであろうことを付記しておく。

さらなるビーム性能の向上と照射損傷対策

微小・微量な試料の測定や迅速測定、時分割測定の利用拡大に伴い、より微小あるいは高輝度のビームが求められることは他分野と同様である。膜タンパク質のような高難度結晶の解析には、微小結晶から高精度の測定を行う必要がある。一方、動植物の生態観察においてはなるべく低線量で高解像度の画像取得が必要となる。したがって、得られたX線シグナルを高感度・広ダイナミックレンジで記録するX線検出器の開発整備は、ビーム性能の向上と同期しつつ進められなければならない。

また、ソフトマテリアルにおいては特に甚だしい現象として、ビーム強度の向上に伴う照射損傷の問題がある。この問題を乗り越えるには、損傷を低減させて照射を行う方法の開発とともに、損傷機構の評価や解明とそれに基づく測定法の開発が求められる。このため、試料の状態を複数の手法でモニターしながら本測定を行うための回折・分光同時測定（たとえばXRDとXAFS, UV-Vis, IR）などを、さらに利便性を高めていくことや、その解析においては、理論研究者や原子・分子・光科学、放射線生物など幅広い領域の研究者との連携が必要でSPRUC研究会間の連携を進める必要があるだろう。

3.1.2 登録機関 JASRI が利用促進のために実施する研究開発に関する事項

測定環境・ビームライン運用のユーザビリティ向上

生命科学研究の対象は、その試料の基本的性質は類似しているものの、種類が豊富で微妙な扱いが異なる特徴がある。それらに対する測定分析のニーズを、放射光に限らずさまざまな手法で受け止めているのが現状である。上述の各項目の中に含まれているが、施設として多くのユーザーを受け入れて多岐にわたる研究に活用するためには、測定速度の向上だけでなく、ユーザビリティの向上は本質的な課題である。溶液散乱実験においても、溶液分注・交換など自動測定等による更なるユーザビリティの向上が求められており、また測定効率化に有効である。既に試料交換ロボットが利用されている結晶回折実験においても、試料ハンドリング法の高度化は測定精度にもユーザビリティの向上にもつながる。

また、なまもの・いきものを扱う研究では、それらを維持管理しやすい施設や運用の整備が求められる。とくに、イメージング実験の対象となる生物個体は、扱う対象によってその維持施設（環境）が異なる場合もあり、ユーザーの要望をきめ細かく拾いあげるような利便性の向上がさらに必要である。

さらに、産業界ユーザー、特にタンパク質結晶構造解析では創薬関連企業からの利用が

日常的に行われているが、アカデミアユーザーとは若干異なる利用形態となっていることもあり、現状で利用しやすい環境が整備されているとは言えない。ビームタイム配分や運用に関する弾力的な制度の充実はもちろん、大規模スクリーニングの測定に適した基盤整備やビームタイムの拡充が必要となろう。

以上

3.2 SPRUC 利用動向調査に対する「物質基礎分野」研究会の意見集約

2014年2月1日（土）－2日（日）に開催された SPRUC 拡大研究会・SPring-8 利用ワークショップでは、

原子分解能ホログラフィー研究会
表面界面・薄膜ナノ構造研究会
キラル磁性・マルチフェロイックス研究会
機能磁性材料分光研究会
スピン・電子運動量密度研究会
構造物性研究会
固体分光研究会
不規則系物質先端科学研究会
高圧物質科学研究会
理論研究会

の 10 研究会が「物質基礎分野」にアサインされ、すべての研究会からの発表と討論が行われた。ここでは施設・利用システムに関わる要望について概要をまとめた。

3.2.1 SPring-8 次期計画に関する事項

コヒーレント X 線の光子数の増大

コヒーレント X 線スペckル散乱を無機誘電体の相転移におけるダイナミクス観測や並進対称性を欠く系、不均一試料を対象とした実験では、現状の SPring-8 では試料位置でのコヒーレント X 線の光子数が完全に不足しており、経過報告や将来展望としてしか真の目標が示せない研究がいくつか見られた。その不足の度合いは 100 倍、1000 倍と桁のオーダーであることから、コヒーレント X 線の光子数を飛躍的に増大させる光源開発を要望する。

X 線の光子数の増大

コヒーレンスは必要なくとも、試料位置での光子数が足りないために実験に時間がかかる、目的の測定ができないとの意見も複数見られた。具体的な研究分野は、固体表面、固体液体界面の吸着機構の研究、臨界金属流体のコンプトン散乱、無機物質、非晶質の高分解能非弾性、顕微二次元光電子分光、時分割 ARPES 測定などで上がっており、高エネルギー X 線から軟 X 線領域まで SPring-8 がカバーする全 X 線領域で望まれていた。足りなさの度合いについては、測定ごとで異なるが、次期計画ではカバーするすべての X 線領域で光子数が飛躍的に増大することを要望する。これはコヒーレント X 線に限らない要望である。

軟 X 線ビームライン数の増大

軟 X 線を利用する複数の研究会より次期計画では軟 X 線ビームラインを増やしてほしい

との要望が多く見られた。光電子回折による微小領域における波動関数の可視化、L 端 RIXS によるスピンおよび軌道励起の高精度観測、軟 X 線共鳴 ARPES による高精度フェルミ面マッピングなど次期計画で実現される軟 X 線ビームラインで実現すべきサイエンスのテーマが複数上がってきている。次期施設の設計に軟 X 線ビームライン数を増大するよう要望する。

3.2.2 登録機関 JASRI が利用促進のために実施する研究開発に関する事項

時分割・ナノビームの汎用化と利用機会の増大

時分割・ナノビームなど SPring-8 が誇る技術基盤の利用希望が多く見られた。これは、物質基礎分野に属した研究会ユーザーの利用ビームラインで必ずしも先端技術が利用できるわけではないことを示している。この傾向は、コヒーレント X 線スペckル散乱、固体表面界面、コンプトン散乱などの高エネルギー X 線利用から蛍光 X 線ホログラフィー、軟 X 線 ARPES、軟 X 線光電子分光などの軟 X 線利用まで含めて見られている。基盤技術が開発された状況において、それを汎用化し幅広いビームラインで利用可能とすることを施設側として尽力すべきである。

以上

3.3 SPRUC 利用動向調査に対する「物質応用分野」研究会の意見集約

2014年2月1日（土）～2日（日）に開催された SPRUC 拡大研究会・SPring-8 利用ワークショップでは、

結晶化学研究会
ソフト界面科学研究会
高分子科学研究会
高分子薄膜・表面研究会
残留応力と強度評価研究会
機能性材料ナノスケール原子相関研究会
放射光人材育成研究会
文化財研究会
地球惑星科学研究会

の 9 研究会が「物質応用分野」にアサインされ、すべての研究会からの発表と討論が行われた。ここでは施設・利用システムに関わる要望について概要をまとめた。

3.3.1 施設への高度化に関する要望について、

各講演者や企業の独自の要望ではなく、共通するものを整理する。おおざっぱに表現すると、利用するにあたり申請から解析までの全体をユーザーフレンドリーにするユーザーサイドからの要望である。議論の時間の制約もあり、2波長を同時に利用可能とするなど、線源に関する要望はとくになかった。

具体的には、

- 1) 複数のビームラインを使う課題申請の仕組みを導入すること。
- 2) 試料環境（圧力、媒体、温度）をより選択しやすくすること。これにはレオロジーなどの新たな物性測定と組み合わせなどの同時測定の多様化も含まれる。
- 3) XAFS-SAXS などの 2 種類の同時 X 線測定を可能にするビームラインを建設すること、あるいは、利用可能にすること。
- 4) 検出器に関する異種多様な要望を施設側で対応できる組織の整備。たとえば、検出器の高速化、より大きなダイナミックレンジ、エネルギー分解能、高空間分解能、また、大面積化。
- 5) データ解析に使うソフトウェアを充実し公開するため、その開発、整備のための専門家、あるいは、外注するのであれば、仕様を作成できる人材を有するグループの設立を要望する。その上で、講習会を通じた利用者への啓蒙の機会を開催すること。

3.3.2 産業界ユーザーの研究会参画人数の増加に向けた枠組み形成について

各企業の抱える共通なニーズに対する要望や共通課題・技術的な困難を解決するために、

施設に直接発信、対話することを主目的とした新たな企業利用研究会（案）が提案された。

この研究会は、これまで活動している産業利用報告会や推進協の活動と滑らかにリンクさせることができると期待される。サンビーム、豊田 BL、兵庫 BL、産業利用推進室 BL を利用されていた企業人がまずコアメンバーとなると予想できる。また、これまで研究会に属することに敷居が高く躊躇したり、既存の研究会についてよく分からなかったりした企業人や共用ビームライン、専用ビームラインを利用していた企業人の参画の可能性もある。

しかし、研究会の設立に向けてどう進めるか、たとえばメンバーに制限をつけるかどうかなど、詰めて行く点はある。いずれにしても、SPRUC における企業人の意見・要望が直接的に見える化できるはずである。

以上

3.4 SPRUC 利用動向調査に対する「計測分野」研究会の意見集約

2014年2月1日（土）～2日（日）に開催された SPRUC 拡大研究会・SPring-8 利用ワークショップでは、

- X線マイクロナノトモグラフィー研究会
- X線トポグラフィ研究会
- X線スペクトロスコーピー利用研究会
- 放射光赤外研究会
- 核共鳴散乱研究会
- 物質における高エネルギーX線分光研究会
- 軟X線光化学研究会

の7研究会が「計測分野」にアサインされ、X線スペクトロスコーピー利用研究会を除く研究会からの発表と討論が行われた。拡大研究会・利用ワークショップの報告は別途提出済みの為、ここでは施設・利用システムに関わる要望について概要をまとめた。

3.4.1 施設の高度化に関する要望

ユーザーと施設の連携による高度化、プロジェクト型研究の推進

計測基盤が成熟した状況において、更なる高度化に関しては、先端計測基盤を有する施設と先端研究を行うユーザーが連携し、国際競争力のある計測基盤整備を推進すべきである。そのために、高度化予算の施設・ユーザー連携プロジェクトへの優先的配分などを要望する。一方、プロジェクト型研究推進に関しては、施設スタッフをメンバーとし、ユーザー側が予算獲得に注力する。

その場多重計測システムの開発

X線実験と同時に他の計測も行う多重計測実験技術の開発は、全てが中途半端になる危険性を含むため、これまでの計測基盤整備では単一計測に特化した機器整備が行われてきた。しかし、各計測技術が成熟した状況において、その場多重計測は、質的に高い情報を提供し、新しい発展を生み出す。実際、BL10XUでは、XRD、ラマン散乱、ブリルアン散乱、メスバウアー分光などの同時測定環境を整え、成果創出に成功している。今後、回折・分光（例えばXRDとXAFS）の同時測定などの基盤整備を期待する。

検出器の開発

SPring-8の計測環境は成果創出に非常に有効に整備されているが、今後の計測技術、特に、検出器の開発においては、ロードマップが明らかにされていない。国内で活用されているイメージングプレートは、スルー putt やリアルタイム計測において難がある。また、次期光源を視野に入れれば、高強度計測を可能とする検出器も必要となる。今後、次期計画

に向けた検出器の開発が必要である。

ポテンシャル計測技術の基盤化

実用金属材料のイメージングなど、産業活用への展開が期待できる実験技術に関しては、BLの整備、場合によっては専用ビームラインの整備の検討なども必要である。限られたBLの数を考慮すれば、今後、利用状況に応じたBLのスクラップアンドビルドも視野に入れるべきである。

成熟した計測基盤のユーザビリティ向上

XRD、XAFSなど成熟した計測基盤は、自動測定等による更なるユーザビリティの向上が期待される。先端計測の開発と成熟技術の基盤化など、整備の種類と方向性を明確化した施設整備が求められる。

3.4.2 ユーザー利活用環境に関する要望

施設側からの技術情報の発信・周知

現在、施設主導による高度化研究により、計測基盤が整備されている。しかし、これら高度化、技術開発に関する情報がユーザーに広く公開されているとは言えない。今後、講習会、研修会、SPRING-8シンポジウムなどの機会や公開の技術成果報告書、ホームページなどを通じて、ユーザーに基盤整備の情報を提供することを求める。また、放射光学会などの学会ホームページ上の技術情報欄（先端計測技術紹介（仮称））などが提供された場合には、これらを活用した情報公開の検討にも期待する。

利活用コーディネート

各BL、各研究会での計測技術の進展は目覚ましい。一方で、これら計測技術の情報共有は十分ではない。ニーズに合わせた計測基盤利活用の機会提供の為に、施設側による適切なコーディネートが必要である。一方、SPRUCでは、今後拡大研究会などを開いて、ユーザー間の情報交換や情報共有の努力を進めていくよう要望する。

以上

4. 各研究会からの意見

各研究会からの意見については、研究会によってアンケート形式など多彩な様式で集められている。ここでは、これらの情報に誤字・脱字の修正以外の手を加えず原文のまま記載することとする。

4.1 SPring-8 次期計画に関する事項

4.1.1 国内外の放射光科学のグランドデザインを踏まえた SPring-8 次期計画の位置づけ X線トポグラフィ研究会

[SPring-8 次期計画が検討されていますが、どの程度、関心がありますか?(複数回答 OK)]

- a. ビームラインの提案を含めて積極的に関わりたい。 1
- b. ビームラインを提案するほどではないが、利用できそうなビームラインの計画があれば参加したい。 6
- c. 次期計画がもっと具体的になってから考える。 8
- d. 次期 SPring-8 が立ち上がってから利用を検討する。 3
- e. その他 (
 - ・ 2016 年度が定年退職の時期です。後、3 年と半年しかありません。それまでにビームが使えるかどうかにか依存します。
 - ・ 残念ながら、ビームラインを提案できる程の見識は持ち合わせておりません。
 - ・ まだわからない。) 3

[国内外の放射光施設の現状、将来計画を考慮したとき、次期 SPring-8 がどうあるべきだと考えますか?]

- ・ 世界トップを狙うのは必要であるが、ちゃんと「使えるもの」として作ってほしい。
- ・ 「国内外の放射光施設の現状、将来計画」を把握していないので、コメントを差し控えます。
- ・ 現状と同様に世界でトップであってほしいです。
- ・ 世界トップの放射光を維持すべき
- ・ 利用が広くオープンな状況を維持して欲しい。
- ・ わからない
- ・ 産業利用なのか大学共同利用なのか当初からはっきりさせるべき。それにより協力の姿勢が変わるので。
- ・ 今のところ、特に考え有りません。
- ・ 専用ビームラインの運営に携わっており、改造費用の点が気になってしまいます。
- ・ よくわかりません。
- ・ 日本は低エネルギー分野での産業利用が盛んであるが、欧米は高エネルギー分野で産業利用が展開中である。その点で、産業利用を促進させるのであれば高エネルギー X 線利用の継続を希望したい。

- ・ 先端放射光科学利用と定常的材料評価利用とのバランスを考慮すべき
- ・ 安全管理室は、実験を許可するかを判定する関所になっている。ユーザーの安全を守ることを念頭にして、ユーザーに協力をすべきである。

原子分解能ホログラフィー研究会

分光後のフラックスの増大を期待したい。微小試料の測定のため、輝度の向上が見込める現計画に期待している。積極的に協力したい。

顕微ナノ材料科学研究会

SPring-8 の次期計画について参加者による話し合いが行われた。この話し合いの内、幾つかは、今回のシンポジウムにおいて発表及び議論があった 3GeV 放射光施設計画と関連付けられているようなものも散見された。東日本に 3GeV 放射光施設ができたとしても西日本の軟X線ビームラインの重要性は変わらないので、次期計画における軟X線への配慮は引き続き望まれる。また、他の実験施設、例えば、陽電子実験施設との関連及び棲み分けについても議論がなされた。

結晶化学研究会

一番の関心事は、次期計画の中での SPring-8 を含めた国内の放射光施設の利用が一元的にできるのか、課題申請における SPring-8 での実験の妥当性の判断と、他の放射光施設利用との連携がスムーズにはかられるかどうかにあった。

アンケート(Q2)では、SPring-8 が改良のための閉鎖期間が生じたときは、回答者のほとんどが他の放射光施設利用を考えていた。他の施設で十分実験成果が上がれば、SPring-8 が再開された時、相応のメリットがないとユーザーは戻ってこないと思われる。

SPring-8 アップグレード後のビームに関して、アンケート(Q1)では高輝度と微小ビームに関心が高かった。研究会メンバーが主に利用する単結晶X線回折実験にとって、微小な結晶に高輝度のX線を照射して、回折強度を精度よく測定できることが重要で、この性能が向上すれば、ユーザーに SPring-8 利用のメリットが充分あり、利用促進と最先端の研究の発展が期待できると考えられる。

一方、高空間コヒーレントビームが、回折実験に悪影響をもたらすのではないかとの懸念も出された。ビームの性能向上に対する計測技術が対応し、以前と同様かそれ以上の精度で容易にデータが出せるように、利用環境のスムーズな移行が求められた。

ソフト界面科学研究会

- ・ 海外の放射光施設でも、第3世代の放射光の特徴を利用した界面分子膜の研究が盛んに行われており、また、ソフト界面をターゲットにした新たな装置系が検討されているという情報もあることから、放射光を用いたソフト界面の分子膜研究は世界的にも重要な測定

対象として認識されて続けている。SPring-8におけるソフト界面科学研究においても、これまで、例えば油水界面の XAFS 測定やイオン液体表面の層構造の解明など、世界的にも先駆的な研究成果を挙げてきたが、更なるビーム性能の向上は次の発展のために必要である。全く新しい発想に基づいた測定技術の創出も期待できるのではないか。

本研究会の多数のメンバーが扱っている界面分子膜に対する放射光を用いた研究が次に目指すテーマとして、微小領域分析と時間分解測定（相転移や吸着過程の秒間隔での追跡、フェムト秒レベル間隔での測定による反応機構解明など）が挙げられる。SPring-8の次期計画では、これらの双方に寄与することが期待されるアップグレードプランが挙げられており、本研究会としては好ましい。

放射光構造生物学研究会

SPring-8 次期計画に関しては、新しい光源の活用法として静的構造解析では試料の微細化や解析の自動化がこれまでの流れを加速して進行するであろう。アンジュレータからの高輝度光を活かしたミクロンサイズの試料の解析が迅速化・高精度化することが期待されるとともに、多様な測定手段を組み合わせた方法の開発により多面的な理解が進むものと考えられる。また、ソフトマテリアルである生物試料結晶においては、高輝度化の進展で放射線損傷が激化し、測定法開発が回避できない問題となると想定される。このため、放射線損傷を回避する測定環境が整備されなければ、輝度の低い光による大きなビームサイズで測定する実験も一定割合で残っていくことになると考えられる。その意味で、新 3 GeV 光源にも利用価値は十分に見いだせる。さらに SACLA の使い分けに関しては、振動写真でなくランダム方位の静止写真の集積で測定するこの方法では、データ精度や双晶による位相決定の問題が残っており、棲み分けが必要となるとコメントがあった。

小角散乱研究会、高分子科学研究会、高分子薄膜・表面研究会

新たな光源のコヒーレント光を有効利用していきたい (XPCS)。アップグレードのための停止期間（2020年頃1年間程度?）に放射光を利用した研究開発が減速しないように、東北の放射光施設建設計画の早期実現に期待する。

ダイレクトビームのコヒーレンスがあがると、ピンホールマイクロビームと超小角 X 線散乱 (USAXS) 測定でスペックルが検出されて本来の測定のじゃまになることがある。測定中にサンプルを動かすことで解決できるためビームラインで対応してほしい。

不規則系物質先端科学研究会、機能性材料ナノスケール原子相関研究会、放射光赤外研究会

BL04B2

ガラス・液体・アモルファス物質と言った材料は、もともと構造が乱れていることから一つの実験手法から得られる構造情報が乏しく、それが不規則系物質の構造物性の理解の遅

れを招いている。この状況を打破する手段の一つが後述の高エネルギーコヒーレント光を用いた XCCA(x-ray cross correlation analysis)である。本手法と従来の PDF 解析を組み合わせれば、「二体相関を超えた」構造情報を実験から得ることが原理的に可能となる。加えて、従来の XAFS、小角散乱実験を一つの実験ハッチで一つの申請課題で行えることがスループット向上という観点からも必要である。そして、これこそが手法中心ではなく、サイエンス主体の新しいコンセプトの BL デザインとなり、次期計画にぜひとり入れていただきたい。また、高エネルギーコヒーレント X 線を用いた XCCA は第三世代放射光と第四世代放射光が同じサイト内にある SPring-8 でこそ行なえる実験であることをここで強調しておきたい。

BL43IR

放射光 X 線を用いた計測と放射光赤外吸収測定を同時に利用できるビームライン設計を提案した。異なる波長の同時利用が可能なビームラインは、世界にも例がない。赤外分光は X 線構造解析と相補的な情報を与える。試料の微小な領域を同時測定する場合や、外場を加えた状態で同時測定する場合などで、ニーズは高いものとする。また、会場から、X 線と赤外線を利用した時間分解測定の可能性に関する提案もあり、検討を開始する。

高圧物質科学研究会、地球惑星科学研究会

グランドデザインを踏まえた SPring-8 次期計画の位置づけについては、11 月に開催予定の高圧討論会において、シンポジウム「コヒーレント放射光を利用した新しい高圧力科学 II」が開催予定となっており、そこでの将来計画に関する講演後に研究会会員からの意見を集約することとした。

物質における高エネルギー X 線分光研究会

国内外において、最高輝度を誇れる光源であるべき。

表面界面・薄膜ナノ構造研究会

硬 X 線に関して言えば、高輝度かつ非破壊でコヒーレント光を利用できる放射光施設は先端研究を行う上で必須であり、SPring-8 次期計画でそれが実現されるべきだと考える。一方、国内の複数の放射光施設建設構想も、施設間で可能な限り設備・技術の共通化や標準化を進めることは、人的リソース・経済性、技術・ノウハウの伝承の観点から重要ではないだろうか。欧米では制御系に関し実際にそのようなプロジェクトが進んでいる。SPring-8 次期計画においても、そういったプロジェクトを立ち上げることは検討に値すると思われる。

表面構造分野でいえば、現状では SPring-8 がその役目を担っている静的・平均的な構造解析・構造可視化は、3 GeV クラスの低エミッタンスリングが受け持ち、SPring-8 次期計画では主に、動的・局所的な構造解析・構造可視化やコヒーレント光を利用した表面の階

層構造解析など未到分野の開拓が主な研究領域となるといったような、各施設の相補利用についてユーザー側の議論が今後必要であるように思われる。

4.1.2 その他

X線マイクロナノトモグラフィー研究会

SPring-8 の次期計画に「超高速 CT 撮影が可能なビームライン」を盛り込んでどうかという意見が出された。ESRF ではすでに ID19 や ID17 においてアンジュレータのダイレクト光を用いた超高速イメージングが行われている。測定対象は金属あるいはセラミックス材料である。SPring-8 においても、同等あるいはその上を行く設備にしないと、応用研究では完全に後塵を拝する事となろう。ただし、アンジュレータ放射を直接利用するよりも、多層膜分光器を導入すれば現状に比してフラックス 100 倍、測定時間 1/100 を達成できる。ある程度のエネルギー分解能を担保する事で、屈折コントラストイメージングなども実施しやすくなり、応用面には適しているかも知れない。この件に関しては、引き続き詳細検討を行う事とする。

X線トポグラフィ研究会

[FEL と次期 SPring-8 の関係はどうあるべきだと思いますか？]

- ・お互いを補完できるようになればいいですが、FEL の使い方をまたユーザーは分からず、踏み入れできないという感触です。
- ・「FEL」の状況を把握していないので、コメントを差し控えます。
- ・よくわかりません。
- ・詳細は知りませんが FEL は上記の世界トップを維持する上で重要な課題と思われる。
- ・特に意見はありません
- ・詳しくないのでわからない
- ・特に意見無し
- ・今のところ、特に考え有りません。
- ・利用経験が無いため、具体的なアイデアを持っておりません。
- ・よくわかりません。
- ・中性子も含めて相補利用できる体制であるべき。
- ・相乗効果を期待する研究も必要だが、それにこだわりすぎるべきではない。
- ・わからない

放射光構造生物学研究会

SPring-8 次期計画に関しては、動的構造解析の可能性について指摘があった。エネルギーバンド幅の広い光源を導入する必要があるものの、高い輝度を活かした短時間測定が期待される。しかし、白色光を利用したラウエ法は第二世代光源から試されているものの、汎

用性を獲得できていない。現状ではクライオトラップと単色光による回折測定が主流であり、ラウエ法の採用の是非に関しては、さらなる議論を要すると結論した。

構造物性研究会

回折限界高光（コヒーレント光）を用いたコヒーレント X 線回折パターンによる解析手法を検討していく必要があると考えられる。コヒーレント光を用いた X 線回折について、単結晶では従来どおりの測定手法が使えるであろうとのコメントがあった。

高圧物質科学研究会、地球惑星科学研究会

本研究会では、ベンディングソースからの白色 X 線を利用した高温高压実験や高エネルギー X 線回折実験など、Upgrade 後に実施できなくなる可能性のある実験手法のユーザーも多く、かつそのアクティビティーも高い。研究会としては次世代光源で研究を進めることは最重要課題の一つと考えており、議事録にも記載したとおり次世代光源を意識した研究会運営を行っているが、一方で従来の研究を次世代光源での研究のために排除することは望まない。

表面界面・薄膜ナノ構造研究会

次期光源で表面回折・散乱分野が目指す方向

表面界面・薄膜ナノ構造研究会では、固体表面界面や、そこに生成する低次元物質の構造や物性を研究対象としている。よく規定された金属、半導体結晶のみならず、酸化物結晶、有機結晶、触媒の表面層やその上に成長した薄膜、ナノスケール・デバイス材料などがこれにあたる。これらの研究対象に対して、X線の回折・散乱現象を利用してその構造を原子レベルの分解能で評価・解析する放射光利用を行っている。

次期計画においても放射光 X 線回折・散乱手法をもちいて、新しい表面現象の発見や表面界面機能を解明していくと共に、従来の構造解析手法の高度化や、得られる構造情報の質的革新をもたらす新しい計測法の実現に取り組むことで、表面界面構造物性分野を牽引していくことを目標とする。

次期光源で初めて可能となるひな型研究

物質表面のわずかな原子層の構造と、その物性との関連を議論する表面構造物性研究は、現状光源の性能で満足しうるものではなく、さらなる高フラックス化が見込める次期光源によって、大きな発展が期待できる分野である。次期光源を利用した放射光表面回折・散乱実験のひな型実験としては次のようなものが考えられる。試料表面を数 μm から数十 μm ビームでコヒーレント照明し、回折顕微法により表面のモフォロジィ（ステップ、テラス、キルク、ナノ構造）をその場観察する。その視野の中の注目領域（ドメイン）にナノビームを照射して、原子配列を可視化する。表面は一様でないことが当たり前であり、このように局所構造の可視化が可能となれば表面科学のあらゆる分野のニーズが見込める。

これを時間分解で行えば、表面における動的な反応を見ることができる。表面におけるコヒーレント回折としては、Pfeiffer ら (Appl. Phys. Lett., 84 (2004) 1847) の試験的実験があるが、表面構造のイメージングには至っていない。今後の発展が期待できるコヒーレント光の利用法である。コヒーレント光を利用したX線光子相関法も表面ゆらぎの研究に大いに利用されるのではないだろうか。

次世代の解析ツールとして

薄膜の放射光解析では、物性（光誘起、伝導率等）と回折・散乱（構造情報）の同時計測・時間分解計測はほぼあらゆる組み合わせで実施可能であろうと思われる。

放射光表面回折の主たる解析対象は結晶表面であるが、その構造解析ではモデルフリー解析法が標準ツール化され、表面の幾何構造情報は容易に得られるようになるのではないだろうか。次期光源においても、確かな幾何構造情報が得られる点が放射光表面回折の大きな利点である。これによって、電子状態計算との密な連携が可能となり、研究対象の総合的な理解へと繋がると考えられる。走査プローブ顕微鏡法等他の計測手法の相補的利用も加速されると予想される。他の計測手法では見えない界面の構造についても同様である。表面構造物性分野でも、マイクロ・ナノスケールの局所構造解析は一般的となるであろう。非平衡系、電荷以外の散乱を利用した表面（磁性）の研究やポンプ・プローブ法による表面反応の研究も活発になると予想される。このような研究を進めるには、光源性能だけに頼らない、光学系、回折計、検出器系、データ処理、解析法等全体の底上げが必須である。

次期光源での表面回折・散乱実験硬X線ビームライン試案

これまで、SPring-8 シンポジウムに伴うサテライト研究会の開催等により意見の集約に努めてきた。一方で、SPring-8 Upgrade Plan Preliminary Report 等により、加速器・蓄積リングの概念的性能はおおよそ周知されたが、それだけでは実際の実験環境がどのように変わるかについてエンドユーザは把握しづらい、との指摘があった。そこで、議論を十分に尽くしたとはいえないが、光源から実験装置までの光学系、およびエンドユーザが実際に関係する機会の多い実験装置について、次期光源における表面回折・散乱実験ビームラインのたたき台となる試案を以下に示す。

光源

表面回折では現状光源においても強度不足の問題があり、高輝度の次期光源への期待は大きい（表面・界面の原子層一層からの回折・散乱は、バルク結晶の回折シグナルより三桁以上弱く、反射率で 10^{-11} 以下）。周期長の短いアンジュレータが光源として望ましいのではないだろうか。XAFS で実現されているようなエネルギー分散型の実験についても要望があり（エネルギー分散型の表面回折）、標準型アンジュレータだけでなく、準白色光利用のためのテーパー付アンジュレータなどの光源も検討に値する。このように、求める光源性能について、ユーザー側でもさらに議論を深めていく必要がある。

表面回折実験時の標準ビームサイズは $100 \mu\text{m}$ であるが、次期計画のアンジュレータ光源から供給される光は、まさにそのサイズ程度であり、表面構造分野においては、高輝度

は、すなわち高フラックスである。より正確には、高フラックスが依然として求められている。

分光器

硬X線回折・散乱ビームラインの標準分光器としては、熱負荷の課題を除けば、従来の二結晶分光器で問題ないと思われる。表面・界面の原子層一層からの回折・散乱は、バルク結晶の回折シグナルより三桁以上弱く、反射率で 10^{-11} 以下の微小シグナルであり、依然として、高フラックスが求められている。次期アンジュレータ光源のエネルギーバンド幅は 10^{-3} 程度であると思われるが、その放射光を回折・散乱実験にあますことなく利活用すべきである。そこで、硬X線分光器はこれまで高エネルギー分解能化に注意が向けられてきたが（エネルギーバンド幅 10^{-4} 以下）、バンド幅が 10^{-4} から 10^{-3} 程度をカバーするワイドバンド型の分光器の発展を期待したい。よく制御された多層膜や非対称結晶などが候補として考えられる。

光学素子

硬X線の次期光源では利用できる光特性（ナノビーム、偏光、コヒーレンス、短パルス性（ナノ・ピコ秒））の多様化に伴い、各種光学素子をどう活用するかが重要な鍵になるのではないだろうか。集光素子、偏光素子は実用化されている。特に微細加工技術（放射光 LIGA プロセス）を利用した集光素子（屈折レンズ）は海外で大きく進展している。需要の拡大や要望が多様化していくことが今後も期待され、積極的に国内でも整備を進めていくべきではないだろうか。コヒーレンス制御、パルス圧縮素子の開発も待たれる。

時間分解計測

ナノ薄膜・ナノ構造では、現在ナノ秒スケールの計測は困難ではないので、次期挿入光源ではピコ秒スケールでの動的構造観察は十分可能である。表面・界面の原子層一層からの回折・散乱では、周期構造でも反射率で 10^{-11} 位の微小シグナルの計測となる。バルク結晶の回折シグナルより三桁以上弱いため、ナノ秒スケールでの観察が主となるだろうが、挑戦的な計測においては、この限りではない。

回折装置・制御系

汎用性や試験的・開発的計測の観点からは、従来の多軸タイプの回折装置が必須である。表面その場観察のために超高真空装置を接続する場合にも、よりコンパクト化・ユーザフレンドリ化して労力を省き、効率的な計測が可能となるよう洗練していくべきである。たとえば、耐荷重 100 kg 程度のゴニオメータ搭載の回折装置を用意して、コンパクトな試料調整チャンバを自由に載せ換えるなどできれば、汎用性は高い。全く逆の方向としては、回転軸を極力省略し、大型の二次元検出器で回折・散乱パターンを計測する、いわゆる写真法を基本とする回折装置がある。他の計測手法と組み合わせる複合分析の場合は、写真法のほうが親和性が高いと考えられる。S/N 比向上の観点からは、光源からのビームパスと試料セクションが真空中で完全につながるとよい。現在、回折装置の制御ソフトとして、SPEC が世界で広く利用されている。SPEC を導入している回折装置であれば、どの放射光

施設であっても同種実験がほぼ同じスキームで実現できるため、ユーザーのソフト面での負担が大幅に軽減されている。さらに、欧米では、現在 TANGO と呼ばれる大規模なユーザインターフェイスの開発が進められている。各放射光施設（Alba、Anka、Desy、Eletra、ESRF、FRM II、MAX-IV、Solaris、Soleil）のビームラインデバイス群を制御上は共通化することによって、低コスト化を実現し、かつユーザーが機器を持ち込みやすい環境を提供する取り組みである。我が国でも SPring-8 次期計画、次世代中型リングや軟X線リング構想など複数の建設構想があるので、ユーザインターフェイスを国内の放射光施設で共通化する案は一考に値する。ユーザーからみれば、各放射光施設の相補利用をしやすくなる。

真空装置

放射光表面回折では、in-situ 観察が強みである。各種成膜手法（分子線エピタキシー法(MBE)、レーザーアブレーション法(PLD)、化学的気相法(MOCVD) など）を備えた試料作製真空槽をもちいて、膜成長中の表面・界面構造をその場観察することは依然として有意義である。

真空装置の新しい方向としては、放射光プローブ手法による同時複合分析（表面回折・散乱と蛍光分析、電子分光（HAXPES）等の組み合わせ）が考えられる。さらにナノビームを要素にくわえれば、局所的な幾何構造情報と電子構造情報が同時に得られ、画期的である。その他のプローブ手法（たとえば走査プローブ顕微法）との組み合わせは、よく検討すべきである。

検出器

表面回折では、次期光源ではフォトンカウンティング二次元検出器が標準の検出器となるはずである。コヒーレント回折を検出するための高空間分解能をもつものや、表面回折を広い逆空間領域で一度に観察できる大面積のもの、波高分析できるものなど、の使い分けが必要である。現状では、PILATUS や MedipixIII がある。

解析ソフト

バルク三次元結晶とは決定的に異なる表面における直接法の進展に期待したい。結晶学的直接法といったモデルフリーな構造解析手法を、表面構造解析の切り札として実用化できれば、その恩恵は利用分野の拡大だけにとどまらない。次期挿入光源であれば十分なフラックスが見込めるため、時間分解計測と結び付けば、触媒反応といった表面反応による三次元構造変化の実時間観察などが可能で、これまで得られなかった新しい知見が得られる。構造解析手法は、原子座標（幾何配置）の決定が主である現状から、電子密度分布の解析へ向かうであろうと思われる。計測データ処理の自動化も利用分野を拡大する上で見落とせない。

コヒーレント光の利用

回折顕微法を表面観察に利用することは、当該分野で新しいブレイクスルーを起こす可能性がある。これまで表面構造分野でのコヒーレント光利用は試験的実験に終始し、実用的ではなかった。SPring-8 次期計画のフラックスがあれば、表面からのスペックル観察は

まず実現でき、Coherent fraction が 10% としても非常に有意義なコヒーレント光利用が期待される。一方で、これまでの延長線上で、高フラックスのみを求める実験、例えば、回折スポット強度を定量的に計測する精密回折実験では、コヒーレント照明の場合、むしろ余計なスペックルが生じて本来の測定に支障があるのでは、との懸念もある。しかし粗く言えば、空間的コヒーレンスは入射 X 線の発散角でコントロールできるはずであり、従来実験の足かせにはならない (van der Veen ら (J. Phys.: Condens. Matter 16 (2004) 5003) の(4)式。 $\delta\theta < \lambda/a$, $\delta\theta$ は X 線の角度発散、 λ は X 線の波長、 a は物体の大きさ。)。分光結晶に非対称結晶を使うなどして、空間的コヒーレンスを制御できるのではないだろうか。

その他の意見

SPring-8 次期計画では、光源性能だけでなく、光学系、実験装置 (回折計)、制御系、検出器系、データ処理、解析法等全体を世界最高性能にすることが、中期・長期的なアクティビティを保証する上で大切である。ユーザコミュニティとして、これら計測基盤のフロンティアをどう広げていくか、どのような標準化を求めるのか、といった議論を尽くす必要がある。ユーザコミュニティの体制についての議論も必要である。さらに放射光のユーザコミュニティの中だけでのコラボレーションは不十分で、微細加工分野や情報科学分野など、多くの分野との分野横断的な交流を通して、フロンティアを広げていく必要があるのではないだろうか。目的解決型のビームラインの必要性は十分理解し得るが、一方で自由にユーザーが持ち込み装置を使って実験できる多目的ビームラインなど、研究分野拡大の伸びしろを考慮したビームライン構成を望む。

4.2 SPring-8 のビームラインに関する事項

X線マイクロナノトモグラフィー研究会

検出器の検出器効率と撮影速度を上げるような開発を推し進めて欲しい。新奇蛍光面の探索はもちろん、ファイバーオプティクスの利用なども視野に入れるべきであろう。

実験動物の飼育期間を現在の1ヶ月から半年(正確にはビームタイム期間)に伸ばすことはできないか?もちろん飼育にかかる諸経費はユーザー側で負担する事とする。

CT と他の計測を最小限のセットアップ変更で実施可能なシステムの実現を希望する。最近ではCT撮影だけでは不十分な情報しか得られない事が少なくない。このときに例えば回折の情報も簡便に取得できれば、組織中の結晶の知見も得られるようになる。

高分解能CT撮影で使用できるような高温装置を開発してもらえないだろうか。数百度以上に加熱する場合、冷却系や炉や試料保持の方法など複雑になる。SPring-8スタッフが設計した方が使い勝手がよい物が出来るであろう。

X線トポグラフィ研究会

[現状の SPring-8 のビームラインに関して今後は、利用ニーズが多いビームラインには予算を配分して高度化し、利用ニーズが少ないビームラインは廃止するという意見がありますが、

- a. 賛成ですか、反対ですか?
- b. その理由は?
- c. 今後のビームラインの高度化や廃止についてどうしたらよいでしょうか?]

・ a.反対。 b.高い利用ニーズが全て SPring-8 向きかは疑問を持っている。そのニーズは実は SPring-8 ではなく他の施設の方が得意な測定もあるはず。人気 BL しか生き残れず、バリエーションが少なくなる。 c. . . .

・ a.反対です。 b.一度廃止すると再度立ち上げるのは困難です。 c.利用ニーズが多いビームラインと少ないビームラインに差をつけるのは当然です。ですが、利用ニーズには時間的にも地域的にも変動があります。基礎科学の領域において過度に「選択と集中」を行うのは得策とは思えません。何が「当たり」か、予測するのは困難でしょう。利用ニーズが少ないビームラインの活動は、完全に廃止するのではなく汎用のビームラインに移すのがよいと思います。どんな実験にでも対応できる汎用のビームラインを作って、新たに立ち上げるであろう活動と古くからある活動とを競争(共存?)させるのがよいと思います。実験するまでのセットアップに時間がかかりますが、全く実験が出来なくなるよりはましでしょう。そこまでしてもやりたい、という研究なら続けてもよいのではないのでしょうか?

・ a.賛成ではありません。 b.ある特定研究に限定的な利用がなされているということは、その手法がその研究にとって、とても重要であるからと考えます。廃止してしまうとその研究自体がストップしてしまうのではないのでしょうか。 c. 世界の情勢をみながら、現

在と同様に世界トップであり続けてほしいです。

- ・ ニーズが多いビームラインを重視することは当然のことと思います。一方で、ニーズが少なく廃止する場合は慎重に対応した方が良いと思います。例えば、トポグラフは測定方法も確立されており、新たなサイエンス、産業を生み出すような実験でもありませんが、基礎研究だけでなく先端産業においても重要な評価方法として位置付けされていると思います。廃止する場合は産業界の意見も含めて慎重に吟味されるのが良いと思います。

- ・ a. 特に意見はありません。 b. 利用ニーズの情報を持っていないため。 c. SPring8の利用は一般に敷居が高いとされているので、より広報することでニーズが喚起できるのではないかと思います。

- ・ 具体的な内容が分からないので判断できません。一般論としてはある程度やむを得ないと思います。日本全体で考えて他の施設と重複するものを廃止するという考え方がよいのではないのでしょうか。

- ・ わからない

- ・ 特に意見無し

- ・ a.どちらかと言うと反対です。 b.多様な研究があるべき。頻度は少なくとも。 c.多数決で決めるべきではないと思います。

- ・ a. 積極的に賛成ではない、と考えます。 b. 限られた利用ニーズであれ、重要な機能を有すれば必要となるのでは無いでしょうか。素人的な意見にて悪しからず。 c. 専用ビームラインに関係しておりますため、予算配分の変更による高度化に関するコメントまでは申し上げられず。

- ・ 状況をよく把握しておりませんが、利用ニーズの大小に極端に影響されるようなことはよろしくないのではないかと感じています。

- ・ a 反対。 b 利用ニーズが少ない理由が明確になっていない。 その分野の研究者、利用者がもともと少ないのであれば話は別だが、 技術的に不足しているために利用しても成果が得られないということであれば、検討すべき。 c ユーザーからの情報収集を強化する

- ・ a. 部分的賛成、部分的反対。 b. 現状では先端放射光科学利用に対するウエイトが大きく、定常的材料評価利用としては使い勝手がよくないと思われる。これらを改善したうえで、ビームラインの廃止を検討すべき。 c. 同上

- ・ a.反対です。 b.実験ができなくなる可能性が大きくなる。 c.わからない。

原子分解能ホログラフィー研究会

ユーザー持ち込み機器を保管する倉庫を整備してほしい。その際、倉庫スペースの賃料をユーザーが負担してもよい。固定ビームラインをもたないユーザーのために、かつてのBL47XUのような、汎用BLを整備してほしい。

顕微ナノ材料科学研究会

木下豊彦氏から、BL25SU 改造の現状に関する話題提供が行われた。現在、ブランチ化に向けた改造作業が始まったところであることが紹介された。この改造により、どのような光が得られるようになるかや、測定装置の仕様や新たな導入に関しても報告された。この改造に提供された研究プロジェクト資金やその狙いについても報告された。今回の改造により世界的にも有力なビームが利用できるようになることは、ユーザーにとって大きなメリットである。

顕微ナノ材料科学研究会、機能磁性材料分光研究会、固体分光研究会

BL25SU では ARPES、XMCD、2D 光電子、PEEM と実験手法が 4 つ以上あり、これまで採択課題が一つの実験手法に集中しがちな状況に対して、手法のバランスを考慮してきたが、少し状況も変わってきたこともあり、この配慮を見直す必要があるのではという意見が出た。

Nano XMCD では電子収量を中心に考えているようだが、蛍光収量や透過法も加えてユーザーの多様な要望に備えておくべきでは [回答：検討している。]

Nano XMCD の計画では面直磁化配置だけを考えているようだが、試料を傾けるなど面内磁化配置も検討いただきたい。ALS ではできるようだ。[回答：難しそうだが検討する。]

BL27 の光電子の使い方、他ビームラインとの棲み分けなども考えた方が良い。

結晶化学研究会

ビームラインの再構築に関しては、特に要望は出なかった。現時点で時間をかけて BL のスクラップ&ビルドを積極的に行うだけの利点を感じられないと考える。

ビームラインのハードそのものよりも、実験課題申請の運用に対する不満が大きい。申請から実験まで数ヶ月もかかる仕組みは、特に合成化学を専門とする研究者からは、化合物が得られたときに、すぐにその構造を見る必要があり、現状は研究の進行と全く合っていない。多くの研究者にとっては、SPring-8 の利用は最終目的ではなく、一連の研究の中で研究の進展に重大な要所にあたるため、時間的な制約は研究の進捗に深刻な影響を及ぼす。随時測定可能な「メール・イン」の様な仕組みを求める声も多かった。

ソフト界面科学研究会

分子膜に対する原子・分子レベルでの構造解析も重要であるが、それらが集合して形成するメソスコピック領域の構造体についても放射光を用いて評価したい。現状でも、X 線反射率測定における緩慢散乱プロファイルの解析により評価が可能であるが、GISAX の測定もできるような装置系への改良が可能かどうか、検討してみたい。

放射光構造生物学研究会

前回の研究会（2013 年 6 月）で議論された利活用を進めるためのビームライン運用に関

する3つの提案（ビームタイムグループ運用・結晶スクリーニング実験・成果専有時期指定課題の2時間単位配分）について、利用業務部と議論の結果、実施する方向で議論が進んでいると報告があった。この新たな3つの運用法に関して、総じて好意的な意見が述べられた。ただし、グループ運用については、どのようなマッチングを行うのか、マッチングによっては実際の時間の按配に関して融通のある活用法がとれるのかの疑問も挙げられた。これらに関しては、実際に運用を行う中で検討を進めることで合意した。

実験ハッチ内の温湿度管理の問題などビームライン装置の整備状況に関してコメントがあった。

小角散乱研究会、高分子科学研究会、高分子薄膜・表面研究会

エネルギー分散型の測定が行えるようにしてほしい。ソフトマテリアルを扱うユーザーにとって、異常散乱現象を利用した小角X線散乱（A-SAXS）測定法が身近なるように計測システムを整備してほしい。ビームラインスタッフの努力で試料周辺装置を持ち込みやすくなった。今後もユーザーの視点に立ったビームラインの高度化と利用促進への取り組みをつづけてほしい。

スピン・電子運動量密度研究会

当研究会のメンバーは、BL08Wにおいてコンプトン散乱・磁気コンプトン散乱の実験を行っている。SPring8-IIにおいて磁気コンプトン散乱の実験を行うにあたり、高エネルギーの円偏光X線が必要となるが、高い円偏光度で高フラックス・高エネルギーの円偏光を得るには、どのようなインサージョン・デバイス、方法が良いのか検討・協力をお願いしたい。

構造物性研究会

SPring-8 次期計画と現状の間を繋ぐ次期光源（3GeV リング）での利用も含めた、現状装置のアップグレードの必要があるとの意見があった。既存の機器の高度化は、研究の進展の速さに対応させ、将来推進する研究のターゲットを定めて行った方が良いとの意見が出された。既存の（コヒーレンスを利用しない）SPring-8で行われている研究の光源が変わった場合のsimulationや実験などのトライアルを行い、今後の高度化を考える必要があるとの意見が出された。

不規則系物質先端科学研究会、機能性材料ナノスケール原子相関研究会、放射光赤外研究会

BL04B2

BL04B2に関しては、SPring-8 IIにおける6GeV運転による高エネルギーX線の入射強度の低下は深刻であり、現状の光源・光学系での存続は困難である。BL04B2でのX線PDF(pair

distribution function)解析は、ブラッグピークの有無に依存しない実空間解析が行えることから、乱れた構造を持つ物質はもとより、多孔質材料・ナノ結晶・クラスター等幅広い分野に適用可能であり、近年も着実に新規ユーザーが増えている。また、アンジュレータ BL の X 線異常散乱実験環境の整備も進んでいる。一方で、実験と理論計算との連携が進んでおり、実験から得られる構造情報の少なさ（二体相関の限界）が指摘されはじめている。この状況を打破できるのは、高エネルギーコヒーレント光を用いた原子レベルからナノスケールでの XCCA(x-ray cross correlation analysis)であり、こういった背景から今後はアンジュレータ光源、標準二結晶分光器の実装が望まれる。加えてもともと構造情報の少ない非周期系材料の実験のスループットをあげるためには、一度の実験で多種類の実験、たとえば、XAFS、小角散乱、PDF 解析、XCCA が連続して1度のビームタイムで行えることが望ましく、こういった状況を踏まえた実験環境の整備が切に望まれる。とくに、高エネルギーコヒーレント X 線を用いた XCCA は第三世代放射光と第四世代放射光が同じサイト内にある SPring-8 でこそ行なえる実験であること、日本では非周期系材料の原子・ナノスケール解析の基盤がこれまでに確立されていることから、SPring-8 II オリジナルの手法となる可能性を秘めている。

BL43IR

BL43IR では回折限界集光サイズにおける強度増大とノイズの削減をめざす。ノイズの削減に関しては、ビーム輸送系の振動対策と検出器対策が考えられる。また、波面の補正により、微小集光点における強度の増大も見込まれる。ビームラインの大幅な改造を伴う対策としては、エッジラディエーションの利用、蓄積リング電流値の増大、ビームライン輸送系のミラー数大幅削減（蓄積リング収納部天井を経由しない輸送系）が挙げられる。これらの対策によりスペクトルの S/N 比が改善し、例えば、FET などデバイス材料の動作環境下でのスペクトル測定が可能となる。現状では、S/N 比が不十分なため、動作環境における微弱な信号変化をとらえることができていない。

高圧物質科学研究会、地球惑星科学研究会

BL04B1 において物質科学研究分野の新規参入を積極的に受け入れているとの報告が担当者よりなされた。これに対して、現在の課題採択状況などについて質問がなされた。成果が見込まれる物質科学研究分野の課題については積極的に採択される方針が示されたため、研究会としても新規物質科学研究のユーザーを必要な実験温度圧力領域によって BL04B1 や BL14B1 への課題申請を促すようなサポートを行っていく。なお、BL04B1 では担当者の減少により、サポート体制が不十分になることが懸念されている。上述の新規ユーザー開拓を積極的に進めるためにも、人員の補填が強く望まれる。

物質における高エネルギー X 線分光研究会

既存ビームラインが特定の組織あるいはグループによって独占的に管理、運営されている。新しいビームライン要求の希望を吸い上げ、公明正大に開かれた評価のできる組織をつくって、運用されたい。

軟 X 線光化学研究会

軟 X 線のビームラインは気体・固体が中心に測定されてきた。今後は液体研究なども進めて行く必要があり、その点も考慮して再構築を行っていただきたい。気相の実験では、エミッタンスよりもフラックスの方が重要な場合が多い。SACLA のビームモニターの数値はどれぐらい正しいのかははっきりしてほしい。

表面界面・薄膜ナノ構造研究会

表面界面構造解析共用 BL (BL13XU) への要望

表面界面・薄膜ナノ材料の解析においては、回折・散乱に与る関心領域のボリュームが圧倒的に小さいため、光源強度（高フラックス）が求められてきた。今後も、その方向での環境整備を進めてほしい。現状は横振り型の湾曲ミラーによる横方向のみの集光であり、集光強度が十分であるとはいえない。KB ミラーや円筒ミラー導入により二次元集光系を充実させ、さらなる高フラックス化を望む。多目的な S2+D2 型回折装置の導入を望む。現在の 4 軸回折計では試料環境の整備や、測定できる逆空間に制限がある。同様装置は、例えばドイツ PETRA-III の NZD-3(Kohzu) などがある。耐荷重 100 kg 程度のゴニオメータを搭載すれば、電気化学計測、外場印加時間分解計測、超高真空表面観察など目的に応じて小型の試料チャンバを載せ換えることができ、多様なユーザーの要望に応えることができるのではないだろうか。検出器アームは PILATUS300K 程度の受光面をもつ二次元検出器が搭載できるとよい。卑近な実験環境の整備として、表面回折と電気伝導度を同時測定できる、その場表面観察回折装置のアップグレードを望む。さらに、同装置で 10 K から 300 K にいたる低温で試料温度制御が可能となる試料環境の改善を望む。

研究会としては、現 SPring-8 から SPring-8 次期計画までをつなぐ中期的な視点に立って、当該研究分野を発展・推進させていくことが重要であると認識している。ハードとしては、現 SPring-8 のビームラインの高度化が、次期計画の優れた光源性能の有効な利活用に繋がるアップグレードを望む。次期計画による光源性能の向上だけでなく、光学系、実験装置（回折計、試料調整真空槽）、検出器、データ処理系、解析手法のアップグレードも必須である。

4.3 登録機関 JASRI が利用促進のために実施する研究開発に関する事項

4.3.1 新分野、新領域に関する研究開発ニーズの収集、また、研究開発成果の展開について

X 線トポグラフィ研究会

[JASRI は SPring-8 利用促進のため、新分野、新領域のニーズの収集、探索を行っていますが、さらに効果的に行うためにはどうしたらよいでしょうか？]

- ・ 既存分野での新規ユーザー獲得は枯渇しつつあると思います。新分野新領域のニーズ収集は、各企業に売り込みを行うくらいしか思いつきません。
- ・ 難問ですね。すぐにうまい知恵は浮かびません。
- ・ 予算獲得のための夢物語でなく、現実を良く理解している専門家の意見だと思います。あと、これまでもやっているとおもいますが産学官のトップ研究者間での意見交換も重要かと思います。
- ・ 利用の様子を web ビデオで流し広報すると臨場感が得られ、利用のハードルが低く感じられるのではないかと。高度に編集しなくとも、素材的な内容でも良いと思う。
- ・ 特になし
- ・ わからない
- ・ 特に意見無し
- ・ 今、どのように行われているのでしょうか？
- ・ 産業利用のニーズからの意見としましては、放射光による評価手法と併せて、スパコン等での計算シミュレーションを、経験乏しいユーザに対して支援することも、放射光利用の促進に繋がるのではないかと、思っております。
- ・ よくわかりません、
- ・ 日本全国各地域でセミナー、講習会を開く。
- ・ JASRI の職員にもっと自由を与える
- ・ 医科、歯科の論文が少なすぎるため、大学に営業に行く。

原子分解能ホログラフィー研究会

JASRI の留保タイムについての質問として理解すると、取り扱い方の再検討をお願いしたい。現在のやり方では、新規参入実験や固定 BL を持たないユーザーに不利になっている。

顕微ナノ材料科学研究会

世界的な放射光科学の潮流を考慮した BL25SU の利用促進に向けた改造の狙いに関して、会員の方から JASRI 側への色々な意見・コメント等が出され、活発な議論がなされた。

改造された BL25SU がスムーズに共同利用に至るまでの JASRI 側の取り組み及びそれに対する質疑応答がなされた。JASRI には、世界的にも有力なビームラインが早急に利用に供されるように支援をお願いしたい。また、参加者に対して、関連する研究者や学生への本

研究会の積極的な連絡や研究会への登録が呼びかけられた。

結晶化学研究会

優れたビームの性能と、様々な研究をしているユーザーの要望との仲立ちをするものが、計測技術、実験手法の開発である。これまでの議論の中で、加速器開発者の将来ビジョンと、利用系の要望に解離があり、次期計画などでも両者の議論がかみ合っていない印象を強く受けている。得られる放射光の特質にあった計測技術や実験手法の観点からまとまった集団が意見を出すことにより、ユーザーは新しい放射光で何ができるのか、ビームを作る側はどのような性能が一番要求されているのか、相互理解が深めること、次期計画を成功に導くための鍵であるとの意見が寄せられた。

性能が向上したビームを研究の進展に最もふさわしい形で利用できる環境を整え、放射光の開発、性能向上を目指す施設と、ユーザーの間に入るのが、JASRI の利用促進部門の果たすべき役割であると考ええる。

ソフト界面科学研究会

企業からの相談を受けることがあるが、企業側のテーマで実際に測定を行うとなると、なかなか実現しない。放射光施設は以前よりは身近なものになったと思うし、JASRI も産業利用枠を設けるなど工夫はしているが、未経験者にとっては依然として敷居が高いのかもしれない。研究会としても、企業研究者も含めたチームによる利用を進めるべきであろう。そこに次の発展性やニーズが埋もれている可能性もある。中性子との相補利用については興味がある。積極的に行いたい。

放射光構造生物学研究会

研究開発ニーズの収集を行うために、研究会を活用する以下の提案が行われた。研究会において成果報告される前の段階の研究に関しても紹介する、講習会・研修会あるいは大学のセミナーを協賛して実施し、それに合わせて研究会を開催するなどの案が寄せられた。また、異分野との合同研究会も実施を検討するとよいとの意見もあった。さらに、研究開発成果などに関心を持ってもらうには、情報共有が行われる必要があるとの意見があった。

小角散乱研究会、高分子科学研究会、高分子薄膜・表面研究会

高分子材料に対するX線イメージングの技術開発と利用促進を希望する。高速イメージング（1 サンプルの測定時間が秒スケール）技術を構築してほしいが、コヒーレントイメージング（XFEL の利用）しかないのか。X線イメージングに対しては、産業界のニーズが多いと考えている。利用者として産業界への働きかけも必要ではないか。経産省のプロジェクトに提案するとまとまった動きになると思う。

特別なケースとして長期利用課題が設定されていることは知っているが、(高エネ研で実

施されているように)採択された一般課題の実施期間を現在の半年から 2 年間程度に長くできないか。現状の半年間で数日 (1 回) のマシンタイムでは、実験が失敗するとリカバーできず、課題の継続も保障されていない。そのため、ユーザーはすぐに結果の出易い実験や研究しか行わなくなるのではないか。

SPring-8 と一緒にプロジェクトを申請できる方法 (窓口) を設けてほしい。SPring-8 に関わる研究テーマで産学連携、産産連携が重要である。共通する基盤技術は複数の企業と大学が相乗りで研究するような共同研究を実施しているが、このような取り組みが広がってゆくと良いと感じる。

経産省でもナノ物質計測のプロジェクトが走っている。日本版 NIST のようなプログラムを立ち上げる予定があると聞いているが、SPring-8 は関与できていない。このプログラムに参画することができれば SPring-8 の存在をアピールできると考える。

研究交流施設の老朽化による部屋のにおい (特に A 棟の部屋) を改善してほしい。施設関係者は利用する機会がないため、気づいていないと思われる。改善を強く希望する。研究交流施設の部屋の予約がとりにくくなっているため、新棟を建設したらどうか。改善を強く求む。

SPring-8 の食堂で提供している料理の質が年々低下している。滞在期間の食事を食堂でとるユーザーがほとんどであるため、改善を強く希望する。

SPring-8 と JR 相生駅間の路線バス運行スケジュールが新幹線の相生駅発着とうまくリンクするように神姫バス (株) に交渉して欲しい。また、高校生が通学する時間帯の増便もお願いしたい。

不規則系物質先端科学研究会、機能性材料ナノスケール原子相関研究会、放射光赤外研究会

BL04B2

BL04B2 で行っている PDF 解析においては、XAFS 実験や粉末 X 線回折に基づいた結晶構造解析に比べるとまだその認知度は低く、「X 線回折パターンにハローパターンが出たら解析はストップ」と考えている研究者が未だ多い。つまり、「アモルファスはみんな構造がでたらめで同じ」という考えがまだ根付いているのが現状である。このアモルファスのでたらめな構造の中に存在する構造の差こそが物質の機能を支配していることから、アモルファス構造の完全理解は材料研究の推進にとって必要不可欠である。したがって、我々は自身の研究活動をもっと広く世に発信する必要がある。またアモルファス構造解析を世に広める必要がある。そのためには、多くの学会で研究会メンバーが成果発信をするとともに、構造解析の講習会を広く行っていく必要がある。「機能性材料ナノスケール原子相関」研究会では、今回の SPring-8 シンポジウムに併せて、9/9 (月) に「第一回 RMC 講習会」を開催し、26 名の参加者に対し、回折実験に基づいた乱れた構造のモデリング法である逆モンテカルロシミュレーション(RMC)の講習会を開いた。参加者の 1/3 が企業の方であり、

本手法が今後産業界にも広く浸透していくべき手法であると感じている。また、ごく最近（公社）日本セラミックス協会において「放射光・中性子によるセラミックス原子相関解析研究会」を設置し、機能性材料ナノスケール原子相関研究会と連携して定期的に学会でサテライトセッションを開催予定である。こういった活動により「新分野、新領域に関する研究開発ニーズの収集、また、研究開発成果の展開」が行えると考え、活動をはじめている。

BL43IR

赤外分光は、広く実験室で利用されている実験手法で、光源としては、グローバーランプなどの熱輻射光源が利用される。熱輻射光源と比較した場合の赤外放射光の特徴は、高輝度、広帯域、偏光が挙げられる。BL43IRでは、高輝度性を利用した顕微分光、近接場分光を行っている。放射光赤外研究会は、赤外放射光の利用を更に活性化する為に2013年4月に設立した。我々は、この研究会を基盤として、SPRUC内の他の研究会との交流を積極的にはかり、ビームラインの横断的利用による43IRの活性化を目指している。赤外分光が関与できる分野は幅広いにもかかわらず、43IRで利用が行われていない分野も多い。BL04B2で展開されているアモルファス材料の研究は43IRでは行われておらず、今回開催した合同研究会が、新分野・新領域の展開につながると考える。他にも、生物関連の利用や、触媒・電池材料に関する研究も、43IRの利用が低調で、今後、SPRUCを通じた情報発信を強化する予定である。

放射光学会以外の学会をSPRING-8サイトで開催できるように各学会に働きかけることにより、新分野、新領域に関する研究開発ニーズの収集につなげてはどうかという意見があった。

物質における高エネルギーX線分光研究会

産業応用への利活用が重要であることは当然であるが、国を代表する研究機関として、将来の展開が期待される基礎研究、科学全般に要求される高精度化された権威のある標準データの蓄積を計る研究機関であることも重要である。

軟X線光化学研究会

気相の研究については、放射光からX線自由電子レーザーにユーザーが移りつつある。ここ10年液体の光電子分光、軟X線発光研究が精力的に行われている。光電子分光では、様々なコインシデンス測定が従来と変わらず行われており、さらにその測定精度がどんどん高くなっている。ポンププローブのために強力なレーザーがビームラインに備わっているとさらに研究が発展する。

4.3.2 その他

原子分解能ホログラフィー研究会

ESRFでは、実験中の想定外の事態にも対応して、複数回、同一の実験が受理される場合が多い。同様の対応を期待したい。(SPRing-8では、同一の実験は1回だけの採択である。これが、論文の数の低下につながっていることが懸念される。)

結晶化学研究会

アンケート(Q3)では、JASRIが行っている支援業務の最近1年間の状況に変化はないという回答がほとんどで、また不満な点も指摘がなかった。

その他：アンケートで寄せられた意見を以下に挙げる。

研修会や試用の機会が少ないので、新しい分野での利用に踏み出せない。全ての分野で、少なくともA・B期に一回ずつ開催されると良い。

申請から利用までの期間短縮、交通費、宿泊費の補助(特に学生向け)、(アップグレード後も)現在の支援体制の維持を要望する。

アップグレード計画の資料が英語だけなのは、国民に対する説明責任という観点から望ましくないと思う。

ビームラインによって利用者が限定されている傾向があるように思う。一つのグループで申請できる利用時間数に制限はないのか。もっと門戸が広がって使いやすくなればうれしい。新規利用者、たまにしか申請しない利用者を優先することはできないか。日本全体のレベルを上げることにつながると思う。

(アップグレードに伴って)運転停止期間が出来ることは致し方ないが、半期(20xxAまたは20xxB)を完全に停止するのではなく、運転停止の直前の半期は期間を短縮して運転(評点の高い課題のみ実施)する、整備後の調整期間にも(マシントラブルの可能性が高いことやビームタイムの確保を保証できないことなどを周知した上で)緊急の課題を募集するなど、課題募集そのものを完全にやりやめる回数は極力減らす工夫をすることが望ましいと思う。

施設にとっては、高輝度、高フラックス、微小ビームサイズ、低エミッタンス、空間コヒーレント向上など「スペック」を競って、そこをアピールすることも重要であることは理解できるが、より広いユーザーを集めて優れた研究を行ってもらうために、どのようなことが出来るようになるのかを具体的にアピールすることが望ましい。

放射光構造生物学研究会

企業ユーザーとアカデミアとの摺り合わせの困難さは、当該分野ではビームライン使用形態に産官学で差がないため、意識せずとも合流できるという意見があった。

小角散乱研究会、高分子科学研究会、高分子薄膜・表面研究会

専用ビームライン(BL03XU)に対して学術研究者がアクセス可能な窓口を（高分子科学研究科もしくは高分子薄膜・表面研究会に）設けて欲しい。

高圧物質科学研究会、地球惑星科学研究会

SPRUC 研究会の改組について現状の説明と、今後の方針について議論を行った。改組の計画については不明確な点も多いため、研究会代表・副代表を中心に情報収集を進め、適切なタイミングでメールベースでの情報収集を行うこととした。

表面界面・薄膜ナノ構造研究会

新分野、新領域に関する研究開発ニーズの収集、また、研究開発成果の展開について

硬X線による表面回折・散乱実験では、今後、二次元検出器を使った計測法が主流となることが期待される。したがって、光源性能の向上だけでなく、検出器の高効率化・高分解能化も重要である。高エネルギーX線に対しても高い効率をもつ二次元検出器や、高い空間分解能（小ピクセルサイズ）、高いエネルギー分解能をもつ二次元検出器の開発を推進してほしい。特に二次元検出器が高いエネルギー分解能（波高分析機能）をもてば、蛍光X線と弾性散乱を分離することで元素分析と構造解析を同時かつ迅速に行えるなど、これまでにない実験が可能になる。S/N 比を上げる実験環境の整備も見落としはならない。SACLA ビームラインのように光源から光学系、実験装置までを真空中で結ぶビームパスシステムの整備は、S/N 比向上の観点から議論に値する。コヒーレント光の積極的な利用を考へても次期計画では硬X線ビームラインの標準仕様となるのではないだろうか。空間的コヒーレンスの保存には窓なし光学系（区切り窓の代わりに差動排気ピンホールを利用する）も考えられる。表面構造物性分野では、ラッシュバ効果表面、トポロジカル絶縁体表面、表面低次元系（表面一次元鎖）といった話題物質において、電子状態は分光手法で良く調べられているが、その確かな幾何構造が分からないため、理論計算による現象説明が十分でない例が多くみられる。一方で放射光表面回折では、構造モデル依存型の解析手法が主であるので、上記話題表面には解析が困難なものも多い。結晶学的直接法といったモデルフリーな構造解析手法を、表面構造解析の切り札として実用化できれば、利用分野は大きく拡大するのではないだろうか。表面における直接法は、ESRF(Torrelles ら、Surf. Sci., 589 (2005) 184), APS (Saldin ら、J. Phys.: Condens. Matter, 20(2008) 304208) でも研究が進められている。我が国でも表面における直接法が開発・整備されることを期待したい。

その他

昨年度の報告書にも記載したが、同程度規模の他の（第三世代）放射光施設と比較して、ビームラインのサポート人員（研究、技術スタッフ共に）が少なすぎると思われる。放射光科学における、若手雇用の創出や若手育成の観点からも、サポート人員の増員を考えて

ほしい。汎用性の高い実験機器は共通備品化してストックし、より多くのユーザーがフレキシブルに利用できる環境の整備も重要である。これは、SPring-8 次期計画を見据えた開発要素を含む実験を後押しすることにもなる。BL 備品が故障した際の危機管理にも役立つと考える。回折実験では、二次元検出器や計測用 NIM モジュール群、電流アンプ、オシロスコープ、試料冷却装置（ガス吹き付け装置）などが考えられる。もし同様の制度があるのであれば、ユーザーにも周知してほしい。