

拡大 IRT 研究会シリーズ
-3 号炉の将来計画を視野に入れて-

2009年8月4日（火）～ 8月8日（土）

東京大学物性研究所
東海波紋施設山田ホール

主催：東京大学物性研究所

提案者：柴山 充弘 東京大学物性研究所
山室 修 東京大学物性研究所
吉澤 英樹 東京大学物性研究所
大山 研司 東北大学金属研究所

拡大 IRT 研究会シリーズ —3号炉の将来計画を視野に入れて— 研究会報告書

拡大 I R T 研究会幹事

物性研中性子科学研究施設

柴山 充弘、山室 修、吉澤 英樹

東北大学金属研究所

大山 研司

平成 21 年 8 月 4 日午後から 8 日昼までの丸 4 日間にわたり、拡大 IRT 研究会シリーズを東大物性研中性子科学研究施設（東海）にて開催した。本年度は、JRR-3 研究用原子炉（JAEA）の運転が 7 月 3 日で一旦終了し、11 月 30 日からの再開まで長期定期点検を行うため、その休止期間を利用した研究会であった。

研究会シリーズの目的は、物性研中性子散乱全国共同利用に供しているそれぞれの装置が抱える問題を明らかにし、装置グループ間の相互理解を深め、さらにはサイエンス、共同利用、装置の高度化、スクラップアンドビルドなど、JRR-3 を利用した中性子散乱科学について装置責任者、ヘビーユーザーを中心としたメンバーが一堂に会して議論することであった。研究会シリーズは小角散乱・反射率分科会、高分解能装置分科会、3 軸分光器分科会、結晶構造解析装置分科会の 4 つに分かれ、それぞれが初日は午後 1 時から夕方までと夕食もしくは懇親会後のナイトセッション、2 日目は朝から昼までという実質丸一日の合宿研究会形式をとった。これは研究者用宿泊施設を持つ物性研中性子科学施設の利点を最大限に生かしたプログラムと言っても過言ではない。装置別分科会であったこと、また個性派ぞろいの幹事がそれぞれの分科会を担当したので、内容的にも特色ある分科会シリーズとなった。各分科会の内容については、分科会幹事の報告に譲ることにするが、全体を通しての感想を以下に述べる。

小角散乱・反射率分科会 初日の小角散乱・反射率分科会では、まず JRR-3 原子炉に設置された小角散乱装置 SANS-U、SANS-J-II、PNO、mfSANS、反射率計 MINE2 についての装置の特性や高度化について紹介と、J-PARC に建設中の小角散乱装置 TAIKAN、反射率計 ARISA-2 の紹介があった。つづいて、これらの装置を利用したサイエンスの紹介として、高分子、低分子液体、ミセル、金属合金などの話があった。小角散乱については、JRR-3 装置と J-PARC 装置の間で比較的棲み分けが出来ると思われることや高度化や偏極・集光オプションなどの特殊装置化が進んでいることもあるため、装置群の将来については比較的明るい見通しのある議論が展開された。J-PARC 装置の整備後も JRR-3 に設置された小角散乱装置の需要は非常に高いと考えている装置グループ、ユーザーが多かった。反射率については、JRR-3 では MINE2 があるが、強度などの点で ARISA-2 やその後継機への期待が高かった。夕食後、自発的な懇親会と平行して学生によるポスター発表も行われた。

高分解能装置分科会 初日は JRR-3 原子炉に設置された高分解能パルス冷中性子分光器 AGNES, Mezei

型中性子スピネコー装置 iNSE、MIEZE 型中性子スピネコー装置（現在、MINE1 ビームポートで開発中）の概要と将来計画の後、サイエンスセッションおよびポスターセッションが行われた。サイエンスセッションの講演内容は三角格子反強磁性体、プロトン伝導体、アルコール水溶液、高分子水溶液、蛋白質と非常に多彩であった。2 日目は固体内にトラップされた水素と水のダイナミクスの講演に続き、J-PARC 装置である AMATERAS（稼動中）、DNA（建設中）の紹介とそれにつづく総合討論があった。総合討論ではまず、同程度のエネルギー分解能をもつ装置の関係が議論された。AGNES は AMATERAS と同程度のエネルギー分解能をもつが、原子カイニシアティブ予算による C3 ラインの高強度化により、今後も十分に重要な装置でありえることが確認された。MIEZE と DNA に対しては、前者は $S(Q, \omega)$ 、後者はそのフーリエ変換である $S(Q, t)$ を測定する装置であり、相補的に用いるべきであるという議論がなされた。最も高分解能の装置である iNSE に関しては、原子カイニシアティブ予算による高性能化が進んでいるし、アジア・オセアニア地区で唯一の装置でもあるため、重要な戦略マシンとしての地位は変わらないが、若手研究者の不足が懸念されるという指摘があった。最後に、現在 AGNES では気体高圧下などの特殊環境実験が積極的に行われているが、このような技術は将来 J-PARC でも必要となるので、両方で積極的な技術協力を行うことが確認された。

3 軸分光器分科会 物性研共同利用で最も歴史・伝統がある 3 軸分光器群についての議論があった。物性研が管理する装置が 4 台（炉室内 2 台; 4G, 5G、ガイドホール 2 台 T11, C11）、東北大が管理する装置が 2 台（炉室内 1 台; 6G、ガイドホール 1 台; AKANE）をはじめ、JAEA にも類似装置が 3 台(TAS1, TAS2, LTAS)あり、さらに米国オークリッジに整備されつつある物性研装置(CTAX2)を含めると実に 10 台の 3 軸分光器がある。議論の焦点は、これらの分光器の有効利用と装置の統廃合、J-PARC に建設されるパルスチョッパー型分光器との関係についてであった。サイエンスに関しては、遍歴磁性体、鉄系超伝導体、フラストレート磁性体、マルチフェロイクス等に関する世界をリードする研究成果が報告されたが、それらの研究には弾性散乱、非弾性散乱、さらには偏極中性子散乱が組み合わせられており、3 軸分光器の高い自由度がそれらの研究を可能にする事が浮き彫りとなった。また、極限環境（低温、高圧、高磁場、高電圧）の重要性がますます増している事が認識された。この中で、高圧実験の整備状況については 10GPa 領域が実用化するなど世界をリードする状況にある。一方で、冷凍機の管理・運用についても議論された。冷凍機の故障や不足に対しては、JAEA 所有の冷凍機の相互利用も提案された。

結晶構造解析分科会 それまでの講演会・質疑応答形式とはうってかわって、対話形式による討論会が開かれた。結晶構造解析の分野では、建設確実な装置までふくめると 15 台近い回折装置が存在することを踏まえ、今後の構造物性研究での各装置の役割、スケジュールを検討・議論した。とくに J-PARC に建設または建設予定の SHRPD、iMATERIA、NOVA、微小単結晶回折装置など、分解能・強度・Q レンジにおいて JRR-3 に設置された構造解析装置を遙かに上回る装置群が順調にたちあがっていることから、J-PARC と 3 号炉の両施設を最大限有効に利用するため、両施設の全装置での平成 25 年ころまでのタイムテーブル一覧を作成した。これにより参加者が装置の全体像を把握し、その上で、今後の構造物性分野に必要な装置群のあり方を検討した。翌日はタイムテーブルをもとに大山幹事による

総括が行われた。予定の時間を大幅に延長し、朝 9 時から昼近くまでさまざまな角度からの議論が展開された。

この研究会は、4 分科会に分かれ、リレー合宿形式とでも呼ぶべき新しいタイプの研究会であったこと、講演スライドが即日、もしくは翌日にはホームページにアップされ、参加者による講演のフォローがやりやすくなるように配慮されていたこと、夕食後はラウンジによる意見交換が夜遅くまでできたこと、3 号炉装置が抱える問題や J-PARC 装置との関係などについて活発な議論ができたことなど、非常に有意義な研究会であった。

この研究会で議論された多くの成果は、今後の中性子散乱全国共同利用の将来計画に取り入れられていくものと期待される。講演の内容などはホームページ

(<http://www.issp.u-tokyo.ac.jp/labs/neutron/announce/IRTM09.html>)で公開されており、冊子体としてもこの物性研中性子科学研究施設 NSL News2009-3 にて紹介している。

最後に、このような研究会を行うにあたり、快く研究旅費の支給を許可して下さった東京大学大学院工学系研究科原子力専攻共同利用管理本部（大学開放研究室）、研究会の運営に携わった多くの関係者、とくに中性子科学研究施設職員、原子力専攻開放研職員、物性研共同利用係にお礼を申し上げます。

平成 21 年 8 月

目 次

1. 小角散乱・反射率計分科会

小角・反射率分科会のまとめ -装置の高度化と将来-

柴山 充弘 (東大物性研)、日野 正裕 (京大原子炉)

プログラム

講演スライド集

2. 高分解能装置分科会

高分解能分光器分科会のまとめ

山室 修 (東大原子炉)

プログラム

講演スライド集

3. 三軸分光器分科会

3 軸分科会のまとめ -J-PARC 時代における 3 軸分光器の現状と将来-

佐藤 卓 (東大物性研)

プログラム

講演スライド集

4. 構造解析分科会

構造解析討論会まとめ -三号炉の今と 5 年後/J-PARC の今と 5 年後-

大山 研司 (東北大金属材料研究所)

回折装置群 今後 5 年間の予測タイムテーブルまとめ

プログラム

5. 意見集

物性研拡大 IRT 小角・反射率研究会に参加しての感想

小泉 智 (原研先端基礎)

拡大 IRT 研究会に参加して

目時 直人 (原研先端基礎)

5. 資料集

資料 1 原研施設利用人数記録

資料 2 平成 21 年度 装置責任者一覧

資料 3 研究会風景

小角・反射率分科会のまとめ -装置の高度化と将来-

柴山充弘 (東大物性研)

日野正裕 (京大原子炉)

小角・反射率分科会は、(1) 装置グループ報告、(2) 小角散乱装置利用者による研究成果報告、(3) ポスター発表、(4) 反射率計利用者による研究成果報告、(5) 共同利用を取り巻く話題、の5つのセッションの構成で行った。装置側としては、

小角散乱装置群：SANS-U (物性研)、SANS-J-II (JAEA)、超小角中性子散乱装置PNO (JAEA)、mfSANS (物性研、北大)、TAIKAN (J-PARC)、

反射率計：MINE2 (京大原子炉)、ARISA-II (J-PARC)

についての現状、将来計画などが報告された。

研究報告・ポスターでは、高分子やミセルなどのソフトマター、金属、溶媒和、トライボロジー (摩擦・摩耗・潤滑のメカニズムなどを扱う学問領域) など多岐にわたる研究紹介があった。また、共同利用を取り巻く話題として、冷中性子源計画、中性子散乱研究における大学連携、共同利用などについて話題提供があった。以下、セッション別に総括する。

第1部 装置グループ報告

SANS-U(ISSP)は物性研所有の小角散乱装置で、1992年に全国共同利用装置として提供して以来、常に最も利用頻度の高い装置である。ほぼ10年を経過した2003年には老朽化した測定系、駆動系、制御系の全てにわたり高度化をはかった。それにより、トラブルの少ない信頼性の高い装置に生まれ変わり、また、グラフィックインターフェース化した画面操作により、初心者への対応も工夫された。今回、2008年から3年間、原子カイニシアティブの予算のもと、更なる高度化を実施しており、その経過が報告された。今回の高度化では、従来の優れた操作性と信頼性を維持しつつ、集光光学系を活用したlow-Q測定の実現、コリメータ系の更新により入射強度を倍増することで2倍の利用者数を目指している。2009年度前半までの途中経過として、既に設置済みの集光光学系と新規導入の高分解能検出器を活用して、高分解モードで $Q/\text{\AA}^{-1}$ の4乗域の測定を実現(到達Qの一桁拡張)、高強度モードで入射強度を3倍に増大できることが報告された。

SANS-J-II (JAEA)はJAEAのミッションを受け、物質レンズや磁気レンズと高分解能2次元検出器を装備することでlow-Q測定の達成、偏極モード測定など、高性能マシンへと変身し、高度な研究環境を提供している。さらに、2009年から原子カイニシアティブの予算を導入し、C3ビームラインのスーパーミラー化を行うことで更なる高強度化計画を実施している。さらには、産業界の小角散乱ニーズを満たすため、産業利用専用装置として第2 SANS計画も提案された。

PNO (JAEA)は 10^{-5} (\AA^{-1})領域の散乱実験ができる装置としての特色をもち、対象となるサイエンスとしてソフトマターに見られる階層構造などを例にして紹介された。PNOの問題点として、計測がゴニオスキャン方式であるため時間がかかることである。その対策として、回折装置を直列にならべるタンデム方式による高度化計画が紹介された。

MINE2 (KUR)は多層膜中性子干渉計/スピン干渉計としても使われているが、当分科会では主と

して垂直型中性子反射率計としての報告が行われた。京大炉で培った中性子光学技術を生かした反射率計として今後も多目的利用が期待され、MIEZE/NRSE の上流にミラーを入れて中性子束を曲げることにより新たな反射率計(MINE3)を作ることも提案された。

mfSANS(ISSP, 北大) 楕円集光ミラーを使った小角散乱装置で全長 4m 足らずの非常に小型装置であること、分岐ビームを使って多数並列配置できるところに特色がある。現在、3号炉にて開発研究が進んでいる。報告では、SANS-U とほぼ同じ分解能が得られたこと、ミラーの不均一湾曲により集光が十分でないため十分な設計強度までには至っていないことなどが報告された。高強度を得るための湾曲結晶によるテストが進行中である。

TAIKAN (J-PARC) は共用法装置として J-PARC の BL15 に建設中である。小・中角バンク、高角バンクをもち、 $5 \times 10^{-4} \sim 15 \text{ \AA}^{-1}$ の Q 領域をカバーするように設計されている。磁気レンズの導入などにより小角領域での性能向上もめざして、パルス中性子の特性を十分に活かした wide-Q 測定が可能な装置になると予想される。並行してアクセサリや解析ソフトウェアの開発が進められている。2011 年にコミッショニング開始を予定している。

ARISA-II(J-PARC) KEK に設置されていた水平反射率計 ARISA を J-PARC の BL16 に移設し、ARISA-II として稼動を始めた。冷中性子源への移行、線源の強化などにより、現在の J-PARC の線源出力でも KEK 時代に比べ中性子強度の 10 倍ほどの上昇をみている。次期計画として、多次元検出器の導入、T0 チョッパーの導入によるバックグラウンド対策、集光ミラーによる光学系の高度化、MIEZE 型 NSE オプションの導入などが検討されている。

第 2 部 小角散乱による研究成果

最初に高野氏（名大）は環状高分子の精密合成と SANS と光散乱による分子の拡がりの測定結果を紹介し、直鎖状高分子と環状高分子の分子の拡がりや粘弾性挙動の違いについて議論した。高椋氏（佐賀大）はアセトニトリル-水混合物に塩を加えたときの相分離などについて SANS、X 線回折、MD などを使って研究した成果を報告した。中野氏（京大薬学）は脂質二重膜ベシクル水溶液のベシクル間分子移動、ベシクル内分子反転の速度論を、SANS を使って研究した例を紹介した。さらにコレステロールの添加効果、蛋白質複合体における脂質分子の交換などについて詳細な解析結果が紹介された。横山氏（東大新領域）は超臨界二酸化炭素中でのブロック共重合体の構造転移について報告し、従来の濃度軸に加え、圧力軸でみた相分離挙動のおもしろさを紹介した。大沼氏（物材機構）は金属材料研究における小角散乱の魅力を紹介し、X 線と中性子の散乱長差を利用して構造解析を行う“アロイコントラスト変調法”を紹介した。貞包氏（京大理）はイオンの選択溶媒和による水/有機溶媒の膜状構造について紹介し、その理論的背景、形成メカニズム、特徴などについて報告した。

第 3 部 ポスターセッション

学生、ポスドクを中心として、偏極中性子小角散乱によるナノ磁性体の磁気構造解析（大場氏；物材機構）、コントラスト変調法によるナノコンポジットゲルの構造解析（西田氏；物性研）、均一構造をもつゲルの構造解析（松永氏；物性研）、イオン液体の長距離相互作用の解析（藤井氏；物性研）、シェイクゲルの構造解析（竹田氏、物性研）の 5 件の発表があった。夕食後の懇親会を兼ねていたこともあり、ビールを飲みながら夜遅くまで熱い議論が交わされていた。

第4部 中性子反射率(NR)による研究成果

小林氏（九大高原 ERATO）は固体表面から水中に高密度でブラシ状に生えそろうた高分子電解質ブラシの分子鎖形態を NR で詳細に研究し、そのイオン強度依存性について議論した。松岡氏（京大工）はイオン性両親媒高分子の自己組織体構造を X線反射率および中性子反射率研究結果を報告した。両親媒性ゆえに興味ある構造や性質が紹介された。平山氏（同志社大学）はまずトライボロジーの説明からはじめ、金属表面での潤滑油の吸着層厚みの測定、金属表面への添加剤の吸着、固液界面での構造解析などについての研究結果を紹介した。

第5部 共同利用を取り巻く話題

新居（JAEA）は JRR-3 ビーム利用が年々増加の一途をたどっていることや利用者からの冷中性子源の高度化の期待が高いことを背景に、JRR-3 冷中性子ビームの高度化計画の現状について報告した。その具体的方策として高性能減速剤容器の開発、中性子導管のスーパーミラー化を挙げた。現在のステンレス製容器からアルミ合金製容器に替え、形状も改良することで冷中性子線束を 2 倍にすることができること、高性能減速剤容器の耐圧試験、安全試験の結果などについて報告した。高性能減速剤容器の設置と中性子導管のスーパーミラー化が行われれば JRR-3 冷中性子源のビーム強度は現在の 10 倍となり、慢性的なマシンタイム不足が解消されると結論づけた。

池田氏（KEK）は次々と運転を開始している J-PARC 装置群の紹介からはじめ、中性子科学大学連携を唱え、その例として東大-KEK 合同建設装置(BL12 に建設中の大強度チョッパーマシン)を紹介した。そして J-PARC と JRR-3 によるシナジー効果がでるような両施設の複合利用を提案した。

吉澤氏（ISSP）は共同利用の視点から、3号炉の小角散乱装置のみならず、物性研と JAEA が米国エネルギー省との間で行っている日米協力事業を生かし、オークリッジの小角散乱装置 CG-2（汎用）、CG-3（バイオ用）も利用可能であること、その一例として磁束格子の実験結果を紹介した。

総括

上述したように、小角散乱・反射率分科会では装置グループからの報告、サイエンス、共同利用環境が比較的まんべんなく議論された。特にサイエンスの面では多彩な研究が活発に行われているという印象であり、共同利用プログラムが十分機能しており、さまざまな分野において多くの成果として現れていることが確認できたことは幹事として大変嬉しいことであった。

次に、J-PARC の小角散乱装置や反射率計の建設・整備が進む中で、3号炉装置群はどのような方向を目指すべきかについて述べる。今回の研究会では J-PARC に設置される装置との比較を目的とはしていなかったため、直接的な性能比較はしていないが、それぞれの装置について個性的な将来計画が披露された。

SANS-U は共同利用装置群の中でも結晶構造解析装置 HERMES と並び、非常に利用度の高い装置であるため、常に整備が行き届き良好な共同利用環境が望まれること、ヘビーユーザー・初心者を問わず装置としての性能が発揮できるような操作性を備えていること、様々な環境での実験希望に応えるため多くの付属装置や試料環境を持っていること、などが要求される。現在の SANS-U はほぼこれらの要件を満足していると言えるが、さらに今回の高度化により、より low-Q、より高強度化を行い、利用

者の期待に応えるようとしている。**SANS-J-II** は集光系の導入、偏極オプションの導入、および核スピ
ン偏極装置の整備などにより、ソフトマターはもとより磁性体の研究や固体物理の研究手段としても
有効な先鋭化装置として、また、JAEA のミッション指向型装置として整備されており、**SANS-U** との
差別化が進んでいる。**mfSANS** は全く新しいタイプの小角散乱装置である。十分な装置開発が行われ、
実証試験において満足な結果が得られれば、小型・並列型の特徴を生かして 3 号炉にも複数台設置さ
れることとなろう。また、パルス中性子源においても設置が検討されている。**TAIKAN** は広い Q 空間
をカバーする小角散乱装置として、大きな期待が寄せられている。計画どおり、2011 年にコミッショ
ニングが開始されれば、3 号炉の小角散乱装置のマシントイム不足は緩和されよう。しかしながら、小
角散乱のニーズは非常に高く、ソフトマターをはじめ、低分子系、生物、固体物理などの基礎研究は
もとより、産業応用研究においても必須の中性子散乱装置であるため、**SANS-U**、**SANS-J-II**、**TAIKAN**
のそれぞれの特徴を生かした利用が展開されると期待できる。

性能面においては、小角領域の高性能化を終えている **SANS-J-II**、現在、高性能化を行っている **SANS-U**
が定常中性子の利点を生かして小角領域データの強度において優位にあることが今回の拡大 I R T 研
究会において確認された。また、単色中性子線を使うため、非干渉性散乱強度補正においても補正が
容易である。その一方で、中角・高角領域ではパルス中性子散乱装置 **TAIKAN** の優位性が顕著となる
と考えられる。したがって、研究目的に合わせた 3 号炉、**J-PARC** 装置の相補的利用が期待される。
PNO は特異的な位置にあり、極小角散乱領域の構造解析研究手段としてその価値は失われまいだろう。

反射率計については、**J-PARC** に移設した **ARISA-II** が 20kW 運転でもすでに **KEK** 時代の 10 倍の強
度を記録していることから、**J-PARC** の圧倒的優位性が明白である。ただし現在の **ARISA-II** におい
ては安全規制により、開放系の水を含む試料の実験が難しいことが指摘されており、この問題のすみ
やかな解決が待たれる。

3 号炉設置の **MINE2** 反射率計の共同利用は徐々に減少していくものと考えられる。そのため、新規パ
ワーユーザー開拓が大変大事である。ただし **MINE2** はもともと多層膜中性子干渉計/スピン干渉計と
いった中性子基礎物理用の実験装置として整備されてきた。最近では、2 経路を完全分離する **Jamin** 型
多層膜干渉計の開発に成功し、**J-PARC** の **BL05** 基礎物理ビームラインと連携して、冷中性子干渉計に
よる物理を展開すると共に、中性子光学素子の高度化にも役立つことが期待されている。

小角・反射率分科会プログラム

8月4日(火)

13:00-13:10 **開会挨拶と趣旨説明**

世話人：柴山 充弘(東大物性研)

13:10-15:00 **装置グループ (SANS-U/ SANS-J- II/ USANS, PNO/ mfSANS/ MINE2)**

座長：遠藤 仁(東大物性研)

13:10-13:30 SANS-U の高度化計画

岩瀬 裕希(東大物性研)

13:30-14:00 研究炉 JRR-3 中性子輸送の高効率化が拓く新しい物質・生命科学・機能場における水・プロトンの輸送現象の解明を目指して

小泉 智(JAEA)

14:00-14:20 超小角中性子散乱装置 PNO の現状と展開されるサイエンス・階層構造観察のための不可欠な手段として

山口 大輔(JAEA)

14:20-14:40 mfSANS開発の現状

古坂 道弘(北大工)

14:40-15:00 MINE2の最近の研究と今後

日野 正裕(京大原子炉)

15:00-15:30 休憩

15:30-17:30 **小角散乱(高分子/低分子/ミセル/超臨界/金属/溶媒和)**

座長：柴山 充弘(東大物性研)

15:30-15:50 中性子散乱を利用した環状高分子研究の現状と将来展望

高野 敦史(名大工)

15:50-16:10 SANS法で観測する混合溶液のナノ不均一性

高椋 利幸(佐賀大理工)

16:10-16:30 脂質の動的特性の評価とその制御

中野 実(京大薬)

16:30-16:50 ブロックコポリマー/超臨界流体から形成されるリオトロピック液晶の小角中性子散乱による研究

横山 英明(東大新領域)

16:50-17:10 SANS/SAXS測定による合金ナノ組織の解析～組成定量化への挑戦～

大沼 正人(物材機構)

17:10-17:30 イオンの選択溶媒和による水/有機溶媒の膜状構造形成

貞包 浩一郎(京大原子炉)

18:10-20:00 夕食

20:00-23:00 懇親会・ポスター発表

8月5日(水)

09:00-10:00 **反射率(高分子/トライボロジー)**

座長: 日野 正裕 (京大原子炉)

09:00-09:20 水界面における高分子電解質ブラシの分子鎖形態のイオン強度依存性

小林 元康 (先導物質科学研究所)

09:20-09:40 イオン性両親媒性高分子自己組織体

松岡 秀樹 (京大工)

09:40-10:00 中性子反射率法によるトライボロジー研究の近況

平山 朋子 (同志社大工)

10:00-10:20 休憩

10:20-12:10 **J-PARC(小角散乱/反射率/冷中性子源/将来計画/共同利用)**

座長: 小泉 智 (JAEA)

10:20-10:40 J-PARC中性子小中角散乱装置「大観」(TAIKAN)の建設と性能

高田 慎一 (JAEA)

10:40-11:00 水平型中性子反射率計ARISA-IIの現状と将来計画

山田 悟史 (KEK)

11:00-11:20 JRR-3冷中性子ビーム高性能化の現状

新居 昌至 (JAEA, 研究炉部)

11:20-11:40 J-PARCと3号炉そして大学連携

池田 進 (KEK)

11:40-12:00 共同利用の視点から-みんなが使える小角散乱装置は、どこにあるのか?-

吉澤 英樹 (東大物性研)

12:00-12:10 **閉会挨拶と総括**

柴山 充弘 (東大物性研)

ポスター発表

- P-01 均一ネットワークを有するTetra-PEGゲルの構造解析～分子量依存性～
松永 拓郎 (東大物性研)
- P-02 ナノコンポジットゲル力学特性のコントラスト変調中性子散乱による分子論的研究
西田 理彦 (東大物性研)
- P-03 中性子小角散乱法による3成分系shake gelの構造解析
竹田 麻希子 (東大物性研)
- P-04 Long-rang Anion · · · Anion Correlation in 1-Alkyl-3methylimidazolium Ionic Liquids Studied
by Small-angle Neutron Scattering and MD Simulations
藤井 健太 (東大物性研)
- P-05 Small-angle scattering study of block copolymers in supercritical carbon dioxide
伊藤 真陽 (東大新領域)
- P-06 小角散乱法によるナノ磁性体の磁気構造解析
大場 洋次郎 (物材機構)

高分解能分光器分科会のまとめ

山室 修（東大物性研）

高分解能分光器分科会は、（１）装置グループ報告（AGNES, iNSE, MINE1）、（２）利用者による研究成果報告、（３）ポスターセッション、（４）J-PARCにおける高分解能分光器の報告、（５）自由討論の５つのセッションの構成で行われた。装置管理側としては、AGNES, iNSE, MINE1から、各装置についての現状、装置グループのサイエンス研究、将来計画などが報告された。研究成果報告とポスター発表では、磁性体、プロトン伝導体、水素吸蔵体、水溶液、蛋白質など多岐にわたる研究紹介があった。また、J-PARCからはすでに動き出しているアマテラスと現在建設中のDNAの責任者からの装置の現状と性能についての紹介があった。自由討論では、現在JRR-3に存在する装置とJ-PARCの装置についての性能の比較やそれぞれが今後果たすべき役割についての議論が行われた。以下、セッション別に総括する。

第 1 部 装置グループ報告

AGNES(C3-1-1)は物性研所有の高分解能パルス冷中性子分光器で、JRR-3 に存在する唯一のチョッパーを用いた飛行時間型の分光器である。報告は現在の装置責任者である山室により行われた。AGNES は 1994 年ごろに建設され共用を開始したが、検出器をフル装備（328 本）するのに時間を要したこともあって、なかなか十分な性能が発揮できないでいたところ、2003 年にはチョッパーの故障から運転が停止するなど、決して順調ではない歴史をもつ装置であった。2004 年に山室が物性研に赴任後、大規模な修理と改造を行った。改造を行ったのは、検出器、遮蔽体、チョッパー、クライオスタット、試料設置ステージ、モニターカウンター、ガイド管、データ収録システム、測定システム、各種制御系、各種解析システムなど、ほぼ全ての箇所である。その結果として、強度はそれまでの 3.3 倍、バックグラウンドは 1/10 以下、エネルギー分解能は $120\mu\text{eV}$ から $49\mu\text{eV}$ （オプション）になり、世界に存在する同種の分光器とほぼ肩を並べるまでになった。また、この 3 年間ほどで、気体高圧下、液体高圧下、水蒸気・水素などの気体雰囲気、低温蒸着などの特殊環境実験設備が画期的に充実した。さらに、つい最近、JST の原子カイニシアチブという研究費が認められ、C3 ガイド管のスーパーミラー化が実現することになった。数年後に予定されている冷中性子源の更新などとも併せれば、3 年後には AGNES の強度は現在の 10 倍程度になることが期待される。装置に関する報告の後、AGNES で行われているサイエンスについて、全体的な紹介があった。かつては水溶液や高分子固体など、非常に測定がしやすい系の実験ばかりであったが、現在は、ナノ細孔中の水、水素吸蔵体、タンパク質などの観測したい部分からの信号が非常に弱い系や熱電半導体、クラスター磁性体などのハードマター分野の研究にも AGNES は用いられている。装置全体の話の後、AGNES の IRT の代表的研究であるイオン液体と気体高圧を用いた高分子水溶液の最近の話題についての解説が行われた。

iNSE(C3-1-1)は物性研所有の Mezei 型スピネコー分光器で、アジア・オセアニア地区で唯一のスピネコー装置でもある。現在の装置責任者の遠藤仁氏（物性研）によって、スピネコー法の誕生の逸話に始まり、その原理について詳しく解説された。中性子スピネコー法の原理を一言で述べることは容易ではないが、中性子が磁気スピンをもつことを利用し、中性子の偏極度を用いて物質による散乱ベ

クトルの変化を測定する方法と言えるだろう。この原理により、発散や波長分散のあるビームを用いても強度を落とすことなく高エネルギー分解能の測定が可能である。他の中性子散乱分光器では測定できない 10ns 以上の時間領域（1 μ eV 以下のエネルギー領域）の測定が可能な唯一の中性子分光器であるだけでなく、中間散乱関数 $S(Q,t)$ が直接得られるため、緩和現象の研究には非常に適している。講演では、iNSE の歴史についても詳しく述べられた。JRR-3 で iNSE が立ち上がったのは 1994 年であるが（装置責任者は武田隆義氏（当時広島大））、その後、瀬戸秀紀氏（現 KEK）が責任者の時代を経て、2003 年に当時の責任者である長尾道弘氏（現 NIST）によって、iNSE は C2-2 ビームラインから現在の C2-3-1 ビームライン（ビームエンド）に移設された。これによって、強度の増大が得られただけでなく、散乱角を 90 度程度まで取ることができるようになったため、現在では、ソフトマター分野（高分子溶液、マイクロエマルジョン、生体関連物質など）のみでなく、水などを対象とした化学分野や、固体物理分野にも用いることができる装置となっている。最長フーリエ時間は 50ns 程度であり、世界の標準的なスピネコー装置と比べても見劣りしない。現在も、原子力イニシアチブ経費によって、歳差磁場の不均一補正の改良が進められているし、今後も新型のフリッパーの導入やビーム輸送デバイス（偏極、磁気レンズなど）などが検討されている。

MINE1 は京大原子炉（KUR）のグループが所有する MIEZE 型スピネコー装置（開発用）である。もともと MINE は AGNES の下流のビームを用いた多層膜干渉計の開発のためのビームラインであったが、2001 年にビームを 3 本に分岐させ、現在の MINE1, MINE2（反射率計と干渉計）、NOP（中性子光学技術開発用）となった。講演は現在の MINE の装置責任者である日野正裕氏（KUR）により行われた。MIEZE 型分光器は共鳴スピネコー装置を用いる共鳴型スピネコー装置の一つである。最大フーリエ時間 (<10ns) こそ Mezei 型には及ばないが、試料の下流に磁場を必要としないため、磁場下や高圧下などの特殊環境実験が容易である。また、複数の検出器を広い角度範囲に並べて測定できるため、非常に高効率の測定が可能である。高分解能（長フーリエ時間）は追求しないが試料量に制約がある化学分野や、種々の特殊環境が必要となる固体物理分野（どちらも広 Q 範囲測定が必要）に特に有効な手法と言えるだろう。現在の MINE1 では、強度的な問題から共同利用実験こそ行ってはいないが、すでに 1MHz の振動数で MIEZE 信号を観測に成功しており、磁性流体（ Fe_3O_4 のコロイド水溶液）の実験なども行っている。また、KUR グループは J-PARC の BL10 (NOBORU) ビームラインにおいて TOF-MIEZE の予備実験を開始しており、こちらでもすでに MIEZE 信号を観測している。これらの実験は、将来 J-PARC に建設を計画している本格的な共鳴型スピネコー装置群 (VIN ROSE) につながるものと大いに期待される。

第 2 部 利用者による研究成果報告

最初に IRT グループである東北大梶谷研の林慶氏から、 $CuFeO_2$ の中性子準弾性散乱に関する報告があった。この物質はもともと熱電半導体やマルチフェロイック物質として注目されていたが、幾何学的フラストレーションをもつ三角格子反強磁性体でもあり、広い温度範囲で中性子準弾性散乱が観測された。スピン液体的な様相から常磁性散乱的な様相へのクロスオーバーが見られるというたいへん興味深い結果であった。次は山室研の山田武氏がプロトン伝導体であるルベアン酸銅水和物に関する講演を行った。AGNES、HFBS（NIST の後方散乱装置）、NSE（NIST のスピネコー装置）の 3 台を相補的に用いることにより、細孔中の水の挙動を明らかにし、それがプロトン伝導に及ぼす影響を論じた。3 番目

は新潟大の中田克氏によるアルコール水溶液に関する講演であった。AGNES による準弾性散乱データを緩和モデルで解析し、疎水性水和の濃度依存性と温度依存性を見事に説明した。次の中川洋氏 (JAEA) の講演はタンパク質のダイナミクスに関するものであった。AGNES を含め世界中の多数の中性子分光器での測定から、水和と動力学転移の関係を明らかにした素晴らしい結果である。最近の AGNES の気体高圧下実験では、ボゾンピークと準弾性散乱の圧力依存性をはっきりと捉えており、今後につながる結果であった。KEK の山田悟史氏は細胞膜のモデル物質であるベシクルについて、SANS と NSE の結果を発表した。まだ転移のメカニズムは完全には解明されていないが、ベシクル表面にできるナノポアの存在が重要であることが明らかになった。東大新領域の眞弓皓一氏はポリロタキサンの構造とダイナミクスに関する発表を行った。NSE の実験の結果、ポリロタキサンを構成する PEG と CD の中間散乱関数はほぼ同じで、おそらく両者の相対的な運動 (スライディング運動) は現在の NSE の時間スケールより長いことが示唆された。2日目に入って、北大の武田定氏は配位高分子錯体にトラップされた水素および重水素のダイナミクスに関する発表を行った。それぞれの水素分子がトラップされているサイトのポテンシャルエネルギーを反映した回転準位間の励起が見事に観測されており、興味深い結果であった。サイエンスセッションの最後である福岡大の吉田亨次氏は MCM41 の細孔中にトラップされた水のダイナミクスの結果を発表した。ILL のスピネコー装置 (IN11) を用いたきれいな実験結果で、高密度水—低密度水間の転移と解釈できる水の緩和時間の変化を 220 K 付近に見いだした。

第3部 ポスターセッション

ポスターセッションは初日のコーヒブレイクの1時間で行われた (ポスターの掲示は2日間)。AGNES の利用者から8件のポスター発表が行われた。詳しくは述べないが、物性研の古府麻衣子氏はイオンゲルのダイナミクスについて、同じく菊地龍弥氏はハイドレート形成に関する水のダイナミクスについて、東電大の山室憲子氏は多糖水溶液の熱ゲル化について、奈良女大の梶原孝志氏は単分子磁石の磁気特性について、阪大の金子文俊氏は高分子固体のダイナミクスについて、同じく鈴木晴氏は液晶のダイナミクスについて、京大炉の森一広氏はセメントの水和反応について、JAEA の高田慎一氏はシリカメソ細孔中の水のダイナミクスについての発表を行った。分野のバランスからこれらの発表者にはポスター発表をお願いしたが、いずれも内容は口頭発表と全く遜色のない科学的価値の高いものばかりであった。

第4部 J-PARC における高分解能分光器の報告

J-PARC 装置である AMATERAS (稼動中)、DNA (建設中) の紹介が行われた。AMATERAS は装置責任者の中島健次氏 (JAEA) より紹介された。AMATERAS は J-PARC の結合型水素モデレータからの冷中性子を用いるディスクチョッパー型の分光器である。極めて大強度であるだけでなく、80 meV 以下の入射エネルギーで 1-2% と非常に高いエネルギー分解能をもつ。非弾性散乱だけでなく、AGNES で行うような準弾性散乱実験にも非常に適した分光器である。

DNA は装置責任者の柴田薫氏 (JAEA) により紹介された。DNA は Si 結晶アナライザーを用いた背面反射型の超高エネルギー分解能分光器である。エネルギー分解能は $1\mu\text{eV}$ 程度であり、SNS に設置されている BASIS ($2.2\mu\text{eV}$) よりも高く、原子炉に設置されている後方散乱型分光器 (IN16 at ILL や HFBS at NIST など) と同程度である。Repetition Rate Multiplication (RRM) という方法により、1フレー

ムで広い TOF 領域（エネルギー領域）を同時に観測することができるため、測定効率も非常に高い。

これらの分光器から実際の試料のデータが得られるのはまだこれからだが、最終的には、驚くべき質の高いデータが得られることはまちがいない。

第 5 部 自由討論

まず、同程度のエネルギー分解能をもつ装置の関係が議論された。AGNES は AMATERAS と同程度のエネルギー分解能をもつ。もし AGNES の強度が現在のままであれば、AMATERAS が順調に動き出したときには AGNES は不要になるであろう。しかしながら、原子カイニシアティブ予算による C3 ラインの高強度化により、AGNES の強度は 10 倍以上になり、通常試料なら 15 分程度で準弾性散乱測定が可能になると予想される。この時間は温度変化などに要する時間と同程度であり、通常試料に対しては、AGNES は今後も十分に重要な装置でありえるであると確認された。MIEZE と DNA に対しては、後者は $S(Q,w)$ 、前者はそのフーリエ変換である $S(Q,t)$ を測定する装置であり、相補的に用いるべきであるという議論がなされた。今後においても日本で最も高分解能の装置である iNSE に関しては、原子カイニシアティブ予算による高性能化が進んでいるし、アジア・オセアニア地区で唯一の装置でもあるため、重要な戦略マシンとしての地位は変わらないが、若手研究者の不足が懸念されるという指摘があった。

試料環境についても議論が行われた。現在、J-PARC では開封の液体試料の測定ができないなど、試料環境面で解決すべき多くの問題を有している。JRR-3 ではこれまで長時間をかけてこれらの問題を解決してきており、今後、JRR-3 と J-PARC は試料環境面で協力し合うことが必要であることが指摘された。特に、現在 AGNES では気体高圧下などの特殊環境実験を積極的に行っており、このような特殊試料環境に対する技術協力を行うことの重要性も確認された。

最後に

この研究会を通じて再認識したことであるが、中性子の高分解能測定には本当に様々な装置が用いられる。それは、装置開発研究として様々な原理の装置を作成したいという欲求からでもあるが、本来は、1 台の装置では測定範囲や解析を進める上で不十分であるからであろう。しかしながら、複数の装置を十分に使いこなして結果を出している研究例は日本ではそれほど多くない。それは、これまでの日本の分光器のラインナップは非常に偏っており、複数の装置を使いたくても、それは外国にしかなかったからである。もちろん数年前までは KENS が存在したが、運転時間も短かったし、やはり強度が弱すぎた。JRR-3 には 3 軸分光器ばかりでディスクチョッパー分光器や後方散乱分光器がないことは、本当に大きな問題であったと思う。

J-PARC が動き出した現在、日本の研究者は、ついに国内に必要なほぼ全ての分光器を使うことができるようになる。AMATERAS はその名の通りのスーパーマシンであるが、それだけに熾烈なマシンタイム競争が生じるだろう。通常の試料を AGNES で測定し、微量試料や詳細な解析が必要な試料を AMATERAS で測定するのは有効な組み合わせである。DNA で $S(Q,w)$ を測定し、MIEZE で $S(Q,t)$ を測定するのは正に相補的である。iNSE は 10ns 以上の領域をカバーする唯一の装置として極めて重要な役割をもつ。以上のような理想的な相補利用を可能にするには、JRR-3 およびそこに存在する装置を高度化することがぜひとも必要である。

拡大 IRT 研究会

高分解能分光器研究会 プログラム

8 月 5 日 (水)

13 : 00–13 : 05 山室修 (東大物性研)

“趣旨説明”

IRT 代表者報告

13 : 05–13 : 45 山室修 (IRT, 東大物性研)

“AGNES の現状と今後”

13 : 45–14 : 25 遠藤仁 (IRT, 東大物性研)

“iNSE の現状と今後”

14 : 25–14 : 55 日野正裕 (IRT, 京大炉)

“MINE1 (Mieze) の現状と今後”

研究トピックス (1)

14 : 55–15 : 25 林慶 (IRT, 東北大), 野崎友大 (IRT, 東北大),

深津遼平 (IRT, 東北大), 梶谷剛 (IRT, 東北大)

“三角格子反強磁性体 CuFeO_2 の中性子準弾散乱”

15 : 25–15 : 50 山田武 (IRT, 東大, JST-CREST), 山室修 (IRT, 東大物性研),

山田鉄兵 (九大), 北川宏 (京大), M. Tyagi, 長尾道弘 (NIST)

“高プロトン伝導体-ルベアン酸銅水和物のダイナミクス”

15 : 50–16 : 50 ポスター&コーヒーブレイク

- 16 : 50-17 : 15 **中田克** (新潟大), **松本千紘** (新潟大), **丸山健二** (新潟大),
菊地龍弥 (IRT, 東大), **山室修** (IRT, 東大), **三沢正勝** (KEK)
“アルコール水溶液における水分子のダイナミクスと疎水性水和の効果”
- 17 : 15-17 : 45 **中川洋** (原子力機構, 量子ビーム), **片岡幹雄** (原子力機構,
量子ビーム/奈良先端大), **城地保昌** (東大, 分生研),
北尾彰朗 (東大, 分生研), **山室修** (東大, 物性研)
“中性子非弾性散乱法によるタンパク質ダイナミクスの研究”
- 17 : 45-18 : 10 **山田悟史** (KEK)
“温度誘起ベシクルーベシクル相転移のメカニズム”
- 18 : 10-18 : 35 **眞弓皓一** (東大新領域), **遠藤仁** (東大物性研),
長尾道弘 (NIST, インディアナ大), **横山英明** (東大新領域),
柴山充弘 (東大物性研), **伊藤耕三** (東大新領域)
“ポリロタキサンの構造とダイナミクス”
- 18 : 35-19 : 00 終了・懇親会会場へ移動
- 19 : 00 懇親会 (魚康)

8月6日(木)

研究トピックス (2)

9:00-9:30 武田定(北大)

“配位高分子金属錯体に吸蔵された H₂ および D₂ 分子のダイナミクス”

9:30-10:00 吉田亨次(福岡大), 伊藤華苗(福岡大), 山口敏男(福岡大), 高原周一(岡山理大), 橋高茂吉(岡山理大),

M.-C. Bellissent-Funel (LLB), P. Fouquet (ILL)

“制限空間内の水のダイナミクス”

10:00-10:15 休憩

J-PARC

10:15-10:45 中島健次(JAEA)

“冷中性子ディスクチョッパー型分光器 アマテラス”

10:45-11:15 柴田薫(JAEA), 高橋伸明(JAEA), 川北至信(九大理学院), 佐藤卓(東大物性研), 筑紫格(千葉工大), 中川洋(原子力機構・量子ビーム), 藤原悟(原子力機構・量子ビーム), Feri Mezei (BNC Hungary), Hannu Mutka (ILL France), Dan Neumann (NIST USA), Philip Tregenna-Piggott (PSI Switzerland), 中島健次(JAEA), 新井正敏(JAEA)

“背面反射型 Si 結晶アナライザー分光器 DNA: 装置仕様と建設計画”

11:15-11:45 総合討論

“各装置間の協力, 将来計画など”

11:45 閉会

- ・ 古府麻衣子 (IRT, 東大), 辰己創一 (IRT, 東大), 山室修 (IRT, 東大),
V. Garcia-Sakai (RAL)
“イオンゲル PMMA/EMITFSI のダイナミクス”
- ・ 菊地龍弥 (IRT, 東大), 山室修 (IRT, 東大)
“気体高圧下における水のダイナミクスとハードレート形成”
- ・ 山室憲子 (IRT, 東電大), 野村浩康 (IRT, 東電大), 山室修 (IRT, 東大)
“中性子準弾性散乱で見た多糖水溶液の熱ゲル化のダイナミクス”
- ・ 梶原孝志 (奈良女子大), 中野元裕 (阪大)
“希土類系新規単一分子磁石の磁気特性とスピン副準位の精密決定”
- ・ 金子文俊 (阪大), 川口辰也 (阪大)
“シンジオタクチックポリスチレン δ 相のダイナミクス”
- ・ 鈴木晴 (阪大院理), 稲葉章 (阪大院理), Jan Krawczyk (ポーランド科学アカデミー),
Maria Massalska-Arodz (ポーランド科学アカデミー),
菊地龍弥 (東大物性研), 山室修 (東大物性研)
“液晶棒状分子のアルキル鎖構造とダイナミクス”
- ・ 森一広 (京大炉), 福永俊晴 (京大炉), 稲村泰弘 (JAEA),
山室修 (IRT, 東大), 大石晃嗣 (清水建設 (株)), 川合將義 (KEK),
“低熱ポルトランドセメントの水和反応と圧縮強度発現機構”
- ・ 高田慎一 (JAEA), 大友季哉 (KEK), 瀬戸山徳彦, 福島喜章 (豊田中研),
稲村泰弘 (JAEA), 山室修 (IRT, 東大)
“シリカメソ細孔における吸着水のダイナミクスの研究”

3軸分科会のまとめ-- J-PARC 時代における3軸分光器の現状と将来—

物性研究所 佐藤卓

現在 JRR-3 には大学設置分光器6台、原子力機構設置分光器3台の合計9台の3軸分光器が有る。一方で、世界最高クラスのパルス中性子源 J-PARC が稼働を開始し、数年～10年後にはフルパワー(1MW)に達するという状況が有る。3軸分科会ではこのような状況をふまえて、3軸分光器の現状および近未来の有るべき姿を議論した。

第一部 3軸分光器・アクセサリーの現状と高度化

分科会の第1部では JRR-3 の 3 軸分光器の現状・研究・将来について各装置を担当する装置責任者から報告があった。現状および将来に関しては、炉室内 3 軸分光器に対しては、高度偏極解析(TAS-1)、超大強度非弾性散乱(GPTAS)、高エネルギー非弾性散乱+3軸スピネコー(PONTA)、ローノイズ+マルチアナライザー(TOPAN)という差別化を十分意識した将来計画が提案されており、これまで似たり寄ったりと思われてきた3軸分光器が次の数年で大きく特徴的になると期待される。冷中性子 3 軸分光器に関しては物性研所有の C11分光器がシングルディテクターにこだわる事に対して、原子力機構 LTAS 分光器が PSD を用いたマルチエネルギー分光を目指すなど、ここにも特色を持たせる努力がなされている。一方、ガイドホールに設置された熱中性子 3 軸分光器に関しては、物性研の T11 が Ei-fix のコンベンショナルな 3 軸分光器であり、それゆえ弾性散乱に多く使用されているという現実が有る。一方で、東北大学 AKANE や原子力機構 TAS-2 においては高さ 20cm のビームを目一杯集光する事により炉室とそれほど遜色の無い(1/3程度) のビーム強度を確保しており、非弾性散乱にも十分使用できる装置となっている事が報告された。さらに、AKANE においてはパルス磁場実験、TAS-2 においては高圧実験という特殊環境実験を効率的に遂行する為の数々の努力が行われており、ガイドホール熱中性子3軸分光器の更なる高度化が期待される。

J-PARC TOF 分光器との関連に関しては、S(Q,hw) 領域の広い範囲を一度に測定する TOF 分光器が粉末非弾性散乱等に圧倒的な優位性を持つ一方で、単結晶を用い狭いQ, hw領域を精密に測定する実験に関しては、3 軸分光器の必要性が無くなる事は無いとの認識が確認された。しかしながら、真に TOF 分光器と相補的になる為には TOF が得意な高エネルギー領域においても、3軸分光器が十分な強度を持つ必要がある。従って、現在東北大学金研を中心に開発が進められている Cu モノクロメータは大変重要な要素開発であり、さらには、ホットソースも必要であろう。一方で、熱中性子エネルギー領域においては世界の 3 軸分光器ではサンプル位置で $10^8 \text{ n/cm}^2/\text{s}$ 台のフラックスを達成している (NIST BT-7, FRM-II PANDA, ILL IN8等) が、これは J-PARC TOF 分光器のおおよそ 100倍のサンプル位置フラックスである。つまり、J-PARC TOF 装置で1データを取る間にこれらの3軸分光器では100点の測定が可能となり、3軸分光器には十分な優位性がある。3号炉の 3 軸分光器が 10^8 台に到達していない理由は、主にビーム孔の問題であり、 10^8 台は20MW 原子炉で技術的に可能であることが認識された。偏極解析についても、色々

とプランは有るものの J-PARC 非弾性分光器で最初から偏極解析が可能になる装置は皆無であり、JRR-3 における偏極解析 3 軸分光器の必要性はますます増すものとの認識が示された。現在 TAS-1 で行われている粉末の非弾性散乱実験等が（より効率的な）J-PARC TOF 分光器で行われるようになれば、そのビームタイムを偏極解析実験に当てる事で、JRR-3 でも本格的な偏極非弾性散乱実験を行う事ができるようになるものと期待される。3軸分光器の特徴に幅広い極限環境がそろっている事が挙げられる。現在、物性研では希釈冷凍機(30mK)、縦磁場(6T)、横磁場(5T)、1K冷凍機、高圧(10GPa)、等の試料環境が使用可能であり、原子力機構においてもほぼ同様の（磁場に関しては 13.5Tまで）試料環境が整備されている。実情としてユーザーの多くはこれらの試料環境を用いた実験を提案しており、標準環境（冷凍機）のみで実験できる課題はそれほど多くない。J-PARC TOF 分光器においては希釈冷凍機や超伝導マグネットはまだ整備されておらず、この意味でも JRR-3 3軸分光器が果たす役割は大きい。

第2部 3軸分光器を用いた研究と将来

分科会第2部では、3軸分光器を用いたサイエンスについて若手・中堅の研究者からの研究紹介が、加えて3軸分光器の研究の将来について比較的シニアな研究者からの発表があった。田畑氏（京大）は ErNi_2Ge_2 という一見3次元的な磁性体における 2 次元的な磁気相関、および遍歴磁性体 MnP の奇妙な磁性を紹介した。特に後者はスピントランスファートルクによる電流誘起磁化ダイナミクスの可能性があり、スピントロニクス観点から研究の意味が強調された。Matan氏（物性研）は近年話題の鉄系超伝導体、およびカゴメ格子反強磁性体 $\text{Rb}_2\text{Cu}_3\text{SnF}_{12}$ の非弾性散乱実験結果を紹介した。後者は100mg 程度の単結晶($S=1/2$)を用いた実験であるが、非常にクリアに分散関係を示しており、3軸分光器の極めて高い感度を裏付けるものである。陰山氏（京大）は物質合成の観点から、ジャストリーサザーランド格子を持つ $\text{SrCu}_2(\text{BO}_3)_2$ および 2 次元正方格子をもつ $(\text{CuCl})\text{LaNb}_2\text{O}_7$ を紹介した。これらの物質では中性子散乱がその相互作用パラメータを決めるキーとなるデータを提供している。講演では物質合成研究者と中性子散乱研究者のチームによる研究の重要性、さらには中性子散乱研究者のサンプル探し（狩猟）能力の重要性が強調された。有馬氏（東北大多元研）はマルチフェロイクスにおける偏極中性子実験を紹介した。ヘリシティーや磁気構造の決定等、（偏極）中性子実験がマルチフェロイクス研究に本質的に重要な情報をもたらす事が印象的に紹介された。さらにエレクトロマグノンの確認には偏極中性子非弾性散乱が必要である事が強調された。松田氏（JAEA）はスピネル磁性体を例として、3軸分光器を高強度2軸回折計として使用した強磁場中での磁気構造解析研究を紹介した。山田氏（東北大）はこれまでの長い研究歴から遍歴磁性体 Pd_2MnSn の例を紹介し、実験に比較して解析に必要な時間の大きさ、理論家との協力、さらには「測りながら考える、測りたいときに測る」という事の重要性を指摘した。一方で、高温超伝導(Cu , Fe)の例では最初のデータが常に 3 軸分光器から出てきた事を示し、全くの新物質に対しては 3 軸分光器の高い自由度が有効である事を指摘した。これらに関しては *My machine* 的な使用が出来る環境が（大変な難問にチャレンジする際には特に）重要である事が強調された。この意味で、フラッグシップ的大強度3軸は絶対に必要であるが、一方で、研究の自由度を確保する為の複数の普通の 3 軸もまた絶対に必要であるという事が強調された。佐藤正俊氏（名大）は物質開発と中性子散乱の関係について長い研究歴からいくつかの題材を選択し紹介した。タングステンブロンズに始まり、近年の Co 酸化物超伝導、鉄系超伝導に至る迄、中性子散乱

研究の背後にある大学研究室における物性研究の重要性、例えば良質単結晶育成やマクロ測定・NMR等を併用した総合的な物性理解の重要性等が示された。特に、中性子実験を成功に導くためには大学研究室における多様な研究アイデアの取捨選択が必須であり、大型装置の開発・維持に対するもう一つの柱として、新しい研究の種をまき芽を息吹かせるという農耕的研究の重要性を認識すべきであると主張された。さらに、このような農耕的研究においては大学院生の果たす役割が非常に大きく、かつその育成に多大な努力が払われている事が強調された。この観点からは、大型研究機関における研究では他所で発見された話題の物質の測定に徹するが、物性研や大学ではむしろ地中の研究の芽を見つけそれを育てるべきであると強調された。

第3部 総合討論

3軸分光器の数については J-PARC TOF がフル稼働した暁には劇的に減らしても良いという意見から、現在の JRR-3 の 3軸は FRM-II の 3軸の 1/4.5 の能力であり FRM-II で 2台 3軸が有る事は JRR-3 では9台に対応するため適当、むしろ増やすべきである、という意見まで広いスペクトルがあった。3軸分光器における実験の過半数が弾性散乱実験である事からどれかを 2軸専用機にするのが良いのではという意見が出たが、逆に、3軸分光器の利点は弾性・非弾性を自由に切り替えながら実験を進める事ができる点にある、や、弾性散乱はそもそも J-PARC にはかなわない、という意見迄これまた広いスペクトルが見られた。世界標準から見れば物性研は技術職員が極端に少なく実験があまりに過酷であるという批判も聞かれた。関連して、原子炉の改良等に関してユーザーの声が反映されない（そのようなパスが無い）という批判もされた。共同利用に関しては JRR-3 ユーザーズオフィスの設置等今後の改善への期待が示された。また、原子力機構内での「原子炉・パルス中性子源両施設の相補性」の主張の重要性が説明された。物性研に対しては全国の科学者の育成というミッションへの期待が、さらに JRR-3 に対してはこれが我が国唯一の中性子ビーム用原子炉である事から、より多くの装置建設、ビームの有効利用への期待が表明された。

3 軸分光器分科会プログラム

8月6日(木)

13:30-13:35 挨拶 柴山 充弘 (東大物性研)

13:35-13:40 趣旨説明 世話人: 吉澤 英樹 (東大物性研)

第1部: 各装置・各種アクセサリーの現状と高度化

座長: 柴山 充弘 (東大物性研)

13:40-14:00 4G(GPTAS)の現状と研究

佐藤 卓 (東大物性研)

14:00-14:20 5G(PONTA)の現状と今後

廣田 和馬 (阪大理)、松浦 直人 (阪大理)

14:20-14:50 TOPAN@6Gの現状と改造計画

岩佐 和芳 (東北大院理)、富安 啓輔 (東北大院理)

14:50-15:10 T1-1(HQR)の現状

大原 泰明 (東大物性研)

高エネルギー分解能3軸型分光器 HER(C1-1)

横山 淳 (茨大理)

15:10-15:30 休憩

15:30-17:10

座長: 元屋 清一郎 (東理大理工)

15:30-15:45 T1-2(AKANE)の現状と研究、改造計画

平賀 晴弘 (東北大金研)

15:45-15:55 金研でのCuモノクロ開発

大山 研司 (東北大金研)

15:55-16:10 JAEAのTAS-1の現状と研究

脇本 秀一 (JAEA)

16:10-16:25 JAEAのTAS-2の現状と研究 -高圧力下実験を中心として-

長壁 豊隆 (JAEA)

16:25-16:40 偏極モードの現状と展望

加倉井 和久 (JAEA)

16:40-16:55 物性研のアクセサリーの現状・運営と開発・高度化 -高圧力下中性子回析測定の現状とこれから-

上床 美也 (東大物性研)

16:55-17:10 機構のアクセサリーの現状・運営と開発・高度化

目時 直人 (JAEA)

17:10-17:30 休憩

第2部：3軸分光器を用いた研究と将来

17:30-17:50 3軸分光器を使った最近の研究 -普通の物質における普通でない磁気秩序-

田畑 吉計 (京大院工)

17:50-18:10 Neutron Scattering Measurements by Triple-Axis Spectrometers

Kittiwit Matan (東大物性研)

8月7日 (金)

09:30-10:30

座長：野田 幸男 (東北大多元研)

09:30-09:50 二次元スピン系の磁気散乱

陰山 洋 (京大院理)

09:50-10:10 マルチフェロイクの低エネルギー励起

有馬 孝尚 (東北大多元研)

10:10-10:30 高強度回折計としての三軸分光器の可能性 -偏極、強磁場-

松田 雅昌 (JAEA)

10:30-10:50 休憩

10:50-12:00

座長：加倉井 和久 (JAEA)

10:50-11:10 3軸分光器によるサイエンスと将来

山田 和芳 (東北大金研)

11:10-11:30 中性子3軸装置への期待-農耕作物としての酸化物伝導体研究-

佐藤 正俊 (名大理)

11:30-12:00 **全体会議、全体討論**

利用形態、装置の高度化、将来計画、3号炉レイアウト、J-PARC

12:00

閉会

構造解析討論会まとめ

---三号炉の今と5年後 / J-PARC の今と5年後 ---

2009年8月9日

文責：大山研司（東北大金属材料研究所）

長年の夢がかない、三号炉と J-PARC の両方の施設を一度にもつという非常に恵まれた状況が実現した。一方で、この恵まれた状況を最大限生かすためにいま何をすべきか、つつこんだ議論が必要な時期がきている。そこで、国内の構造解析研究の将来像を具体的に描くことを第1の目的とし、8月7、8日の二日間、構造解析討論会を開催した。とくに、三号炉でいつまでになにをすべきか、の具体的な議論に主眼をおいた。

主要な結論・検討結果

討論会全体として以下の6点が主な検討結果である。

1：現在の台数について

残留応力装置と生物系を含めるとすでに15台(J-PARC:8台、JRR3:7台)もの回折装置が存在しないし建設確実である。対外的な説明責任をふまえ、これらをどう適切に連携運用し両施設で最大の効果をあげるか、既存装置の主目的の変更、統廃合をふくめて具体的な検討が必要である。

2：各装置でのユーザー利用のタイムテーブル

J-PARC 回折装置は順調に立ち上がっており、世界最高分解能測定、大強度測定がすでに実現している。また、平成24年前後には多くの J-PARC 装置で一般ユーザー実験の受け入れを開始する予定である。しかしそれ以前の受け入れは非常に限定されるので、むしろ4、5年の原子炉装置の役割は重要である。この期間に長期間装置をとめるような三号炉装置の大規模改造は、むしろ日本の物質科学に不利益を与える。

3：極端条件実験・偏極実験

強相関電子系、環境材料系などでのトップサイエンスには、超低温、高温、強磁場、高圧、電場など極端条件が必須であり、複雑なアクセサリーを用いる実験での原子炉装置の有用性は今後にもかかわらず高い。また、3次元偏極度解析実験での原子炉装置のメリットは大きく、かつ技術が確立されており安定してデータが得られている。これら三号炉での特色ある実験と J-PARC での大強度・高分解能実験と組み合わせることで、新しい構造物性研究を切り開ける。

4：三号炉粉末回折装置の差別化

原子炉粉末回折実験については、現状の装置のままであれば平成24年以降に極端条件測定以外の意義を失うと予想される。そこで、平成24年以降をみすえ、特徴をもたせる小規模グレードアップが必要である。偏極化、モノクロ可変化による柔軟な測定条件の選択、Low-Q化などが考えられる。一方、高分解能化、wide-Q化は専用装置としては賢明ではなく、オプションにとどめるべきである。液体・ガラスでの S(Q)測定では、J-PARC 装置と原子炉装置の両方のデータを連結することで、現段階での Low-Q 領域での吸収補正の問題を解消し、片方では得られない高精度の S(Q)をえることができる。

5：三号炉単結晶回折装置の今後

FONDER の有用性は J-PARC 単結晶回折装置が完成したとしても不動であるが、J-PARC 装置完全稼働後は、構造解析よりも3D逆空間を精密に走査する研究に重心がうつると予想される。また、J-PARC 装置の完全稼働にはあと10年かかると予想され、その10年での測定効率向上のため、三号炉に2D-PSD回折装置を導入し、高能率で単結晶構造解析を行う。2D-PSD装置はすでに実現にむけて計画進行中である。この装置は3

軸分光器の混雑を解消する上でも重要な装置となる。ただし、この装置は構造解析としては2020年ころには役割を終えると思われる。一方、原子炉ラウエは導入が比較的容易である上に J-PARC,原子炉の両方に対する貢献も大きいため、ぜひ早急に導入したい装置である。

6：解析技術の向上

両施設を最大限生かすために解析技術のさらなる向上が必要である。とくにパルス源での Low-Q 領域の補正にはまだ解決すべき問題が多数あるし、磁気構造解析の汎用ソフトは欧米にくらべ大きくおけている。

各検討項目の小まとめ

以上の結論にいたった個別の議論、検討結果を以下にしめす。全体にかかわる項目と、各装置に関する項目とをわけた。

全体像、タイムテーブルについての各検討結果

- ：稼働中、ないし建設が確実な構造解析用回折装置は、RESA,TAKUMI、生物系を含めれば15台にもなっているのが現状であり、対外的な説明責任を考え、適切な運用が求められる。
- ：平成24年前後にはほとんどの J-PARC 回折装置でユーザー受け入れがはじまる計画である。逆にそれまでは一般ユーザーの受け入れは限定的と予想される。とくに iMATERIA がどの程度大学研究者をうけいれるかが重要なポイントで、今後の J-PARC 装置の運用に注目していく必要がある。
- したがって平成24年ころまでの間に一般ユーザー、とくに大学系研究者の要望に確実に答えられるのは原子炉装置であり、平成24年までは現在のパフォーマンスを維持する必要があり、装置を長期間とめるような大規模な改造は我が国の物質科学にとって不利益となる。
- 原子炉の粉末回折装置は、現状維持では J-PARC でユーザー受け入れが本格化する平成24年以降には、存在意義の多くを失うと予想できる。一方で J-PARC 装置がユーザーを十分に受け入れられるまでは現在のパフォーマンスを維持しなければいけない。
- J-PARC 完全稼働時を見据えて、原子炉回折装置に J-PARC にはない特色を付加していくことで、二つの施設をもつ環境をいかしていくことができる。そのためそれぞれの装置で特色を持たせる改造を開始する必要がある。一方で装置の主目的の変更、統廃合など改編の検討も必要であろう。
- 原子炉回折装置の重要なアドバンテージは以下の点である。
 - 1：特殊環境下でも高精度のデータが得られる。これはアクセサリからのバックグラウンドを避けられるからである。
 - 2：偏極度解析が比較的容易。
 - 3：集光が比較的容易。
 - 4：現状では Low-Q での吸収補正の精度はパルス装置より信頼できる。

ただし、4については、今後の解析技術向上により解消されていくものと予想できる。

○上の1について説明する。強相関電子系、環境材料系のトップサイエンスでは、超低温(~10mK)、高温(~1500K)、強磁場(~10T)、高圧(~10GPa)、電場などの極端条件が必須である。この点、複雑な構造をもつアクセサリからの構造をもつバックグラウンドが問題となるが、それを避けるのが容易な原子炉回折装置の有用性は今後もかわらず高い。また物質科学でもっとも実験希望が多いであろう iMATERIA では室温測定を最

重要視していることから、この意味でも極端条件の充実は三号炉で進めるべきであろう。三号炉での極端条件測定と J-PARC 装置での大強度・高分解能測定との組み合わせによって、新しいサイエンスを切開くものと期待できる。

- 上記 4 について説明する。液体・ガラスでの $S(Q)$ 測定では、中性子吸収断面積の大きな試料の場合、Low-Q 領域での $S(Q)$ の補正が単色回折装置の方が容易というメリットが現段階では存在する。このため、J-PARC 装置と原子炉装置の両方のデータを連結することで、片方では得られない高精度の $S(Q)$ をえることができる。したがって、原子炉での液体測定は J-PARC にとっても重要である。High-Q 用の専用装置をいま三号炉に建設するのは賢明ではないが、HERMES の高エネルギーモードや三軸を活用することができる。
- 原子炉粉末装置の高分解能化、wide-Q 化はオプション以上の意味はない。
- 両施設を最大限生かすために解析技術のさらなる向上が必要である。とくに Low-Q 領域の吸収補正などにはまだ解決すべき問題が多数あるし、ab initio 構造解析、磁気構造解析では世界に遅れをとっている。
- 日本の中性子にとっての原子炉施設、とくにガイドの重要な利点は、装置の設置、解体の容易さではないか。予算の点でも技術的な点でも装置設置が J-PARC 装置にくらべはるかに容易であり、装置が小型であることから解体・廃棄も比較的容易である。適切な施設運営により、中性子科学の機動力をたかめることができるはずで、これはコミュニティーにとって二つの施設をもつ重要なアドバンテージであろう。

個別の装置についての今後の計画、検討結果の主要ポイントは以下のとおり。

- 単結晶回折装置については明確なロードマップが示された。FONDER の価値は将来的にもかかわらないが、J-PARC 単結晶回折装置稼働後は、構造解析よりは 3D 逆格子走査測定に重心をおく装置となる。J-PARC 単結晶回折装置が完全に稼働するまでの今後 10 年間は、2009 年度に導入する 2 次元 PSD 型回折装置で高効率での単結晶構造解析をおこなう。この装置は短波長を必要とすることから炉心内に設置するのが望ましい。ただし、J-PARC 装置完全稼働後には単結晶構造解析の主力は J-PARC 装置にうつると予想される。
- J-PARC 単結晶回折装置の計画では、平成 23 年度の建設開始、平成 25 年度のユーザー実験開始をめざしている。モデレーター選択は検討中である。
- HERMES では、偏極の容易さを生かし磁性用 Low-Q 偏極装置として平成 24 年以降に特色をだせるよう、この 3 年程度でグレードアップをしていく。とくに特殊環境での測定で装置を生かしていく。
- HRPD では、現在の産業利用関係の利用者の多さに対応するため、iMATERIA の動向を注目しつつ、メールインサービスの開始をめざす。
- NOVA は順調に立ち上がっており、2010 年には約 7 割の検出器が実装される。すでに現状の 17kW でも条件によっては数秒で 1 パターン測定が可能になっている。90 度バンクでは HERMES と同程度かよりきれいなデータが短時間でとれている。かつ、24 年ころからは、結晶構造解析をふくむ一般ユーザーを受け入れる予定である。
- SHRPD はすでに世界最高分解能を実現している。かつ 2009 年 8 月に真空槽が導入され、データをだせる状態になっている。解析ソフト Z-CODE の開発も順調で、成果をだす環境はととのっている。
- iMATERIA では VEGA の 20 倍の強度を実現しており、すでに大強度マシンとして稼働を開始している。成果をだせる状況にある。県の装置であることから、現方針では、茨城県枠 80%、J-PARC 枠 20% の配分となり、前者は主に産業利用に用いられるので、大学・研究所系研究者は後者の枠で実験を行うことにな

る。この運営については、今後、実情に併せて議論し、修正を要望していく必要がある。また、産業利用重視の視点から、iMATERIA でメールインサービスを近い将来に開始することがきまっている。

- 高圧装置は BL11 に建設予定で、平成 21 年度建設開始し 23 年にビーム利用を開始する計画である。平成 25 年度には共用ビームラインとすることを検討していて、その場合は、結晶構造解析一般を受け入れることができる。
- RESA と TAKUMI でも他の装置と同様の問題が存在している。TAKUMI稼働に対応するための RESA のアップグレードの第一段階を完了し、今後は、中性子強度のさらなる増強、検出効率の向上などを目指したアップグレードを継続して実施する。さらに、RESA・TAKUMI 両グループで連携し、両装置の棲み分けなどに関する議論をおこなっていく。
- 原子炉に簡易型中性子ラウエを設置することで、三軸・四軸装置の効率を高めることができる。未知の複雑な磁気構造の探査にも有力である。運用方法などに問題があるが、値段に比較して施設への寄与はおおきい。原子炉装置だけでなく J-PARC の実験効率をあげる装置であり、設置がのぞまれる。
- 三軸研究会での議論で二軸の必要性が指摘されたのをうけ、ILL の D23 のような散乱面可変型の構造解析二軸を議論したが、2D-PSD 回折装置が導入されればそちらの方が適切と結論した。
- 2D-PSD 構造解析装置はの導入はすでにうごきはじめており、設置ポートなどの具体的検討がすすめられている。

講演者は以下の方々である。(講演順、敬称略)

- 柴山充弘 (物性研) (三号炉共同利用について)
- 武田 信一 (九州大) (液体構造解析のユーザーの視点から)
- 大友季哉 (KEK) (全散乱装置 NOVA について)
- 大山研司 (金研) (原子炉粉末装置 HERMES の今後の計画について)
- 神山 崇 (KEK) (J-PARC 粉末装置、および世界の動向について)
- 野田幸男 (多元研) (原子炉単結晶装置の現状と今後の計画について)
- 田村格良 (JAEA) (J-PARC 単結晶回折装置の計画について)
- 深澤 裕 (JAEA) (WAND について)
- 内海 渉 (JAEA) (HRPD の今後と J-PARC 高圧装置の計画について)

また、講演はしていただかなかつたが、鈴木裕士氏 (JAEA) に RESA の現状と TAKUMI との連携について説明いただくことができた。

通常の研究会にくらべ異例ともいべき長い議論時間をとり、様々なつっこんだ議論を行うことができた。その結果、回折装置、とくに三号炉装置の今後やるべきことが相当明確になってきたとおもう。我々は長年の夢である J-PARC を得た。次はこれを最大限生かすことを考えるべきで、それには三号炉と J-PARC の実質的な連携を生み出す知恵が重要であり、今回はそのスタートとなろう。今回議論に参加いただいた方々に感謝したい。

構造解析討論会世話人：大山研司 (金研)

回折装置群 今後 5 年間の予想タイムテーブルまとめ

		H 2 1 2009	H 2 2 2010	H 2 3 2011	H 2 4 2012	H 2 5 2013
1	iMATERIA	VAGA の 20 倍で、すでに大強度をすでに達成。 J-PARC 枠 20%、茨城県枠 80% で運用	いつでも結果がだせる状態に		Mail-in-Service をめざす	
2	NOVA	数秒で 1 パターン測定	検出器の約 7 割が装備完了	NEDO 最終年度	一般公募開始 (計画)	
3	SHRPD	世界最高分解能達成 独自真空槽導入 1 パターン 10 時間 いつでも結果がだせる状態	アクセサリ充実 高分解能検出器導入			
4	高圧	建設開始	建設	ビーム利用開始	科研費終了	共用 BL 化? 通常の粉末回折も受入へ
5	KUR-NEDO	(21 年から 7 年計画)	建設開始 (計画)	装置完成・ビーム実験開始 (計画)	ユーザー利用開始 (計画)	
6	TAKUMI	すでにユーザー実験開始				
7	J-PARC 単結晶回折装置			建設開始 (計画)		ユーザー利用開始 (計画)
8	iBIX					
9	HERMES	二波長化 モノクロを 10cm→20cm へ モノクロエレベータ導入 User : 70 グループ	偏極実験開始	長波長で磁気構造用 low-Q 化 User : 30 グループに減少 (予想)	偏極実験 極端条件測定を重視して運営	
10	HRPD		第 3 コリメーター変更で強度増 メールインサービス開始?			
11	FONDER	第 4 ステージにはいつている			J-PARC 単結晶装置完成後は 3D 逆空間走査装置として運用 (15G/年)	
12	2D-PSD 二軸	大型 2DPSD 導入 (H22,3 10% 運転)	T22 で 2DPSD 利用開始	2015 年ころにユーザーが Max に	J-PARC 単結晶装置完成後は三軸に連携する二軸として必要	
13	武蔵					
14	RESA	高度化進行中 TAKUMI と同じ大きさの物を測定可能	20kW なら TAKUMI と同程度の効率			
15	BIX 3, 4					
	ラウエ					

構造解析討論会：装置の立場からみた構造解析の将来像
- 3号炉の今と5年後 / J-PARCの今と5年後 -
プログラム

8月7日（木）

13:30-13:35 開会挨拶と趣旨挨拶

世話人：大山 研司（東北大金研）

13:40-13:50 三号炉の将来計画に対する共同利用主幹の取り組み

柴山 充弘（東大物性研）

13:50-14:10 共同利用ユーザーの立場から；液体の構造物性研究の現状と希望

武田 信一（九大院理）

14:10-14:25 議論

14:25-14:45 NOVAの現状と5年後- 水素系・ガラス・液体

大友季哉（KEK）

14:45-15:00 議論

15:00-15:15 休憩

15:15-15:35 粉末構造解析装置HERMESの現状と5年後

大山 研司（東北大金研）

15:35-15:50 議論

15:50-16:10 J-PARCでの構造解析装置の現状と5年後

神山崇（KEK）

16:10-16:25 議論

16:25-16:40 休憩

16:40-17:00 三号炉単結晶構造解析装置の現状と5年後

野田幸男（東北大多元研）

17:00-17:15 議論

17:15-17:35 J-PARC単結晶構造解析装置の計画と5年後の見通し

田村格良（JAEA）

17:35-17:50 議論

17:50-18:05 HRPDの現状と5年後/J-PARC高圧装置の計画と5年後の見通し

内海渉（JAEA）、深澤裕（JAEA）

18:05-18:30 議論

19:00-20:00 夕食

20:00-22:00 ナイトセッション 議論点についての意見集約

8月8日（土）

09:00-10:00 構造解析研究の将来像案づくりの討論

10:00- 閉会

物性研拡大 IRT 会議 小角・反射率研究会に参加しての感想
集光型偏極中性子超小角散乱装置 (SANS-J-II) & 完全結晶超小角散乱装置 (PNO)

装置担当： 小泉 智 (原研先端基礎)

1970年代は中性子小角散乱の黎明期で、これ以前には中性子小角散乱は実現していなかったのだ。この分光法が実現できた背景には、冷中性子源や中性子導管の技術開発が進み長波長中性子の利用効率が向上したこと、速度選別機や大面積2次元検出器など小角散乱に必須な要素が開発されたことなどがある。現在では当たり前の中性子小角散乱は、このような原子炉技術、中性子制御技術の発展の積み重ねの末に実現し、そして世界の主要な原子炉施設に普及した。続く1980-2000年の20年は成熟期であった。多くの熱意ある物質研究者がこの新しい実験手法に取り組み、その結果多くの物性研究の成果が創出された。たとえば私が関与する高分子科学においても中性子小角散乱は多大なる貢献をした (*J. Polym. Sci. Part B (Polymer Physics)* Vol.42, Issue17 (2004). はその一部を総括している)。

さて2000年以降の現在であるが、中性子小角散乱は再び発展期に突入したとっていい。そのきっかけは中性子光学素子の実現と、物質研究の成熟にあると思う。これまでアイデアとしては教科書や論文に記述されていた光学素子が次々と現実のものとなった。磁場勾配を利用した磁気レンズや、物質界面での屈折を利用した物質レンズはこの例である。またこのような光学素子の利用を可能とした中性子線源の強化も重要であった。このような光学素子の組み合わせにおいて、中性子小角散乱装置は多様化しつつある。この流れは私たち様々な物質測定の可能性を与えてくれると同時に、多様化した散乱法を使いこなすためには、ユーザーの自立がいつそう求められる時代に突入したことも再確認すべきだろう。私たちのような末端の物質研究者が参入することで中性子小角散乱の多様化はますます拍車がかかると思う。

大強度陽子加速器による核破砕中性子源 (J-PARC) の出現は、私たち原子炉(JRR-3)の関係者の意識改革をもたらした。大げさな表現だが私は大きな影響を受けている。知っての通り核破砕中性子源では白色中性子を飛行時間法によってフル活用する。このため散乱装置1台あたりの測定効率を評価すると、単色中性子を利用する原子炉装置に比べて数十倍-百倍の効率が試算される。当然の結果である。そこで原子炉の私たちが立ち戻るべきは、利用効率をビームラインの上流から下流に沿って積分しその値を最大にする視点である。このためにはこれまで以上に各装置間のコミュニケーションが重要となる。また中性子を発生、輸送する専門スタッフとの連携も重要だ。中性子輸送技術を分光器に最適化できないか。ガイドエンドでは利用できなかった中性子が捨てられている。なにか有効な利用法は？ つまり中性子小角散乱の黎明期の営み (原点) に立ち戻ることに他ならない。専門の壁、組織の壁を越える努力 (決意、勇気、度量) も求められている気がする。

多様化の総括では中性子経済学 (実験効率と達成成果の損得勘定) が評価軸となるであろう。再び先のレビュー論文誌に戻り、寄稿論文の数を勘定すると小角散乱法は原子炉、反射率法は加速器という明確な棲み分けが読み取れる。これは20世紀の高分子科学者の経済学の結果であるが、さて進行形の21世紀ではどうなるか。この発展期ではこれまで以上に損得を念頭においた存分の努力が必要であると思う。以上に述べたような諸々を仲間との議論を通じて再考できたことに、本研究会の意義と成果を感じた。

拡大IRT研究会に参加して

日時直人（原研先端基礎）

このたびIRT研究会に原子力機構からの世話人として参加させていただき、講演と討論の調整役、話題提供をさせていただいた。JRR-3を話題の中心に据えながらも、中性子全体の将来に視点をおいた検討と内容の濃い議論は、今までにない有意義な会議であった。その実現について、柴山施設長を始め、物性研、東北大、京大の共同利用関係者および、講演者、参加者各位にたいへん感謝しています。以下、参加させていただいた小角、三軸、構造分科について感想を述べたい。

JRR-3の2台の汎用小角散乱装置がともに集光光学系を取り入れ、装置性能が格段に向上したことは近年のすばらしい成果である。SANS-JIIでは入射ガイドのスーパーミラー化が進行中であるので、SANS-Uにおいても、また他の冷中性子ガイドについても同様の高度化が実施され、フラックスの向上が図られることを期待したい。

二結晶極小角については、3Gで実用的な装置が完成しており、小角コミュニティー全体として、その利用価値を示す意義ある研究を実施していただきたい。より効率の良い二結晶極小角散乱装置の計画がJ-PARCにも存在し、JRR-3における動向を注視している状況である。

2台の汎用小角散乱装置の絶対的なマシンタイム不足は明らかであり、その対策には装置の新設が不可欠である。J-PARCでは広帯域の「大観」が建設中であるが、物性研はJRR-3においてmf-sans開発計画に協力している。多くの問題点が報告されたが、ぜひ現状にとどまらず、実戦配備された装置として利用者に受け入れられるように開発を進めていただきたい。

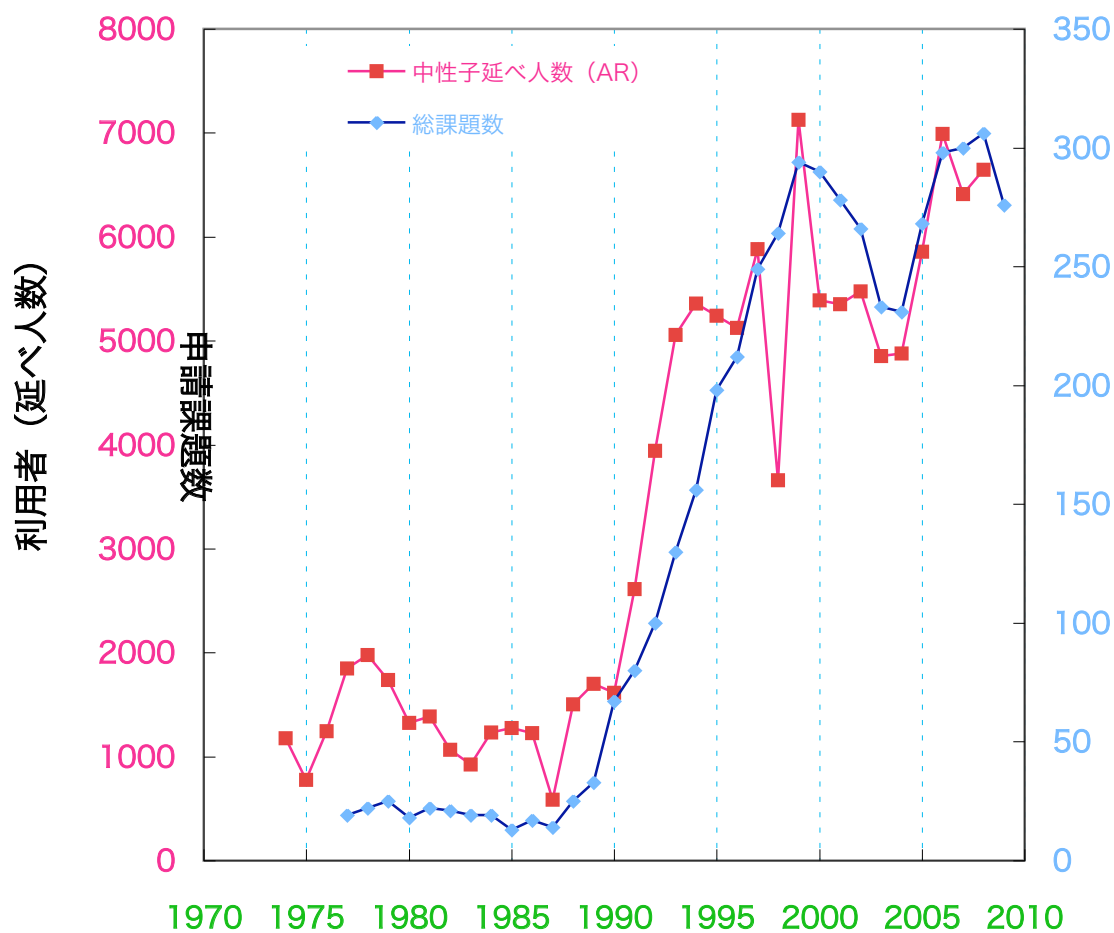
三軸分光器については、偏極（2G）、汎用大強度（4G）、高エネルギー及びスピネコー（5G）と、それぞれ個性を持たせる高度化計画が実施されつつある。6Gの二結晶モノクロメータによる広帯域分光とフラットコーンのシステムによる測定効率の向上がどれほど装置パフォーマンスを上げるか、今後も注視していきたい。ホットソースの設置やビーム入射孔の拡大、インパイルスーパーミラーや冷中性子導入など、中性子源と分光器一体の高度化計画が提案されていたが、その実施については施設側との共同作業が必要である。こういった高度化計画のためにも、JRR-3全体の意志決定を行うシステムや、三軸グループ全体として柔軟な対応が可能となるように利用体制を構築していくべきである。J-PARCと連携する上で、ビームタイムやアクセサリ面の協力その他について、その柔軟性こそがJRR-3において実現可能で有利な点である。関係者各位の努力によって、日米協力による冷中性子三軸分光器がJRR-3の同種の装置C1-1の数十倍の入射フラックスを実現し、稼働を開始したこともたいへん喜ばしい。

構造解析については、一般にJ-PARCの装置性能が波数領域、測定効率において格段に有利である。その点を認めた上で、JRR-3における構造解析装置の存在意義までなくなってしまうのか？明確な結論は出ていない。J-PARCが立ち上がりつつある今でも減ることのないHERMESの利用者数と論文数、そしてHRPDにおける産業利用の爆発的な増加が、むしろJRR-3の必要性を訴えている気がしてならない。

JRR-3の特殊性であろうが、三軸分光器によって多くの弾性散乱実験が実施されている。三軸分光器は最もプリミティブで自由度は大きいですが、非効率な装置でもある。野田らは二次元湾曲大型³He検出器の開発をKAERIと共同で成功した。短波長中性子による新たな構造解析を実現するとともに、JRR-3の有効性を飛躍的に高めるあらたなツールとして期待される。装置、分野、組織の壁をこえて協力していくべきである。

今回の研究会は、単に成果を報告するにとどまらず、施設、利用者、様々な立場から、本音で議論しあうことができたことが非常に有意義であり、J-PARC/MLFがまさに立ち上がろうとしている今、たいへんタイムリーな企画であった。こういった研究会の実現は、まさに、日本の中性子における物性研共同利用の底力と人材の豊かさを見せつけるものであった。歴史性または制度上硬直した点を見直すことによって、JRR-3が新たな境地に達する余地が十分存在することが明らかになった。装置、分野、組織をこえたコミュニケーションによって、JRR-3の潜在力と未来を切り開く、そして、J-PARCとの連携による日本の中性子の新たな方向性を定める歴史的転換点となったことは間違いない。

原研施設利用人数記録（2009年度まで）



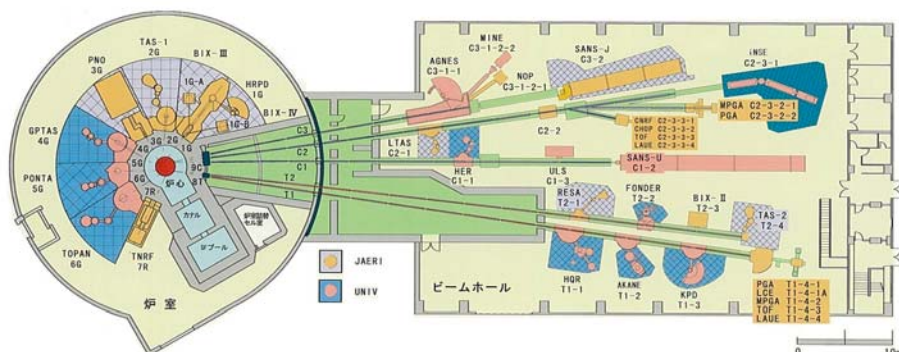
西暦

は、物性研究所の概算要求に基づいて研究設備の高度化を実施するために、いくつかの装置で課題募集を保留したからである。しかし平成17年度の設備更新完了後、研究活動の水準は更新以前の水準へと復活し、その後も増加傾向にある。そのため共同利用に供せるビームタイムや実験旅費の不足が深刻化している。

平成 21 年度 装置責任者一覧

ビーム孔	装置責任者	所属	技術職員 H21 年度装置担当	備考 (装置の所属等)
4G	佐藤 卓	物性研・准教授	浅見俊夫・杉浦	
5G	廣田和馬	大阪大・教授	浅見俊夫・杉浦	
6G	岩佐和晃	東北大・准教授	(根本啓次)	東北大・理
C1-1	横山 淳	茨城大・准教授	浅見俊夫・杉浦	
C1-2	柴山充弘	物性研・教授	川村義久・杉浦	副装置責任者: 川村義久
C1-3	古坂道弘	北大・教授	川村義久・杉浦	連携重点課題として実施
C2-3-1	遠藤 仁	物性研・助教	川村義久・杉浦	
C3-1-1	山室 修	物性研・准教授	川村義久・杉浦	副装置責任者: 古府麻衣子
C3-1-2-2 C3-1-2-3	日野正裕	京大・原子炉実験所・ 准教授	(川村義久)	京大・原子炉実験所
T1-1	大原泰明	物性研・助教	浅見俊夫・杉浦	副装置責任者: 西 正和
T1-2	大山研司	東北大・金研・准教授	(根本啓次)	東北大・金研
T1-3	大山研司	東北大・金研・准教授	(根本啓次)	東北大・金研
T2-2	野田幸男	東北大・多元研・教授	浅見俊夫	
アクセサリ —	上床美也	物性研・准教授	全員	装置予約・調整担当: 西 正和 超伝導マグネット担当: 西 正和 希釈冷凍機予約担当: 佐藤 卓 ネットワーク・温調担当: 浅見俊夫
BL12	佐藤 卓	物性研・准教授	全員	KEK と共同運営

※注 緑: 装置・責任者ともに東北大
紫: 装置・責任者ともに京大
青: 装置は物性研、責任者は施設外に委嘱



JRR-3 原子炉室およびガイドホール内
中性子散乱装置 配置図

研究会風景1



小角・反射率分科会



高分解能装置分科会



三軸装置分科会



結晶構造解析分科会

研究会風景2



討論



ポスター



懇親会



フリーディスカッション