

「量子ビームの協奏的利用による先端研究」 合同特集号にあたり

本田孝志 (物質構造科学研究所)

近年、複数の量子ビームを相補的・協奏的に利用したマルチプローブ研究が世界規模でも、また学生にまで浸透してきている。これまでは各量子ビームにおいてビームに特化した先端的研究がメジャーであったが、その利点を組み合わせ、よりサイエンスを深める方向性に遷移しつつある。一方で自分自身の分野における各量子ビームの特性を知らない人や新たにプローブを取り入れることに躊躇する人が未だにいるのも現実である。様々な量子ビーム研究者同士で情報交換や議論をする場が必要であるが、そのような土壌が学会内で生まれていないのもまた現状である。本合同特集号ではこういった背景を基に、日本放射光学会及び日本中性子科学会で初の試みである本合同特集号を発行するに至った。

今回は幅広い分野からマルチプローブ研究を行っている研究者に解説してもらい、協奏的利用によって見えてきた知見や実験の裏話等を執筆頂いている。分野としては「物性物理」、「磁石材料」、「地球惑星科学」、「生命科学」、「非晶質材料」といった結晶物質における4分野と周期的構造を持たない非晶質の1分野、計5分野となっている。中性子科学会誌「波紋」ではキラル物質や非弾性散乱といった強相関電子系分野のトピックスから高分子科学分野、磁性薄膜分野に関する記事となっている。本合同特集号では両学会誌の記事がオンラインで相互閲覧可能となっているので、学会員の皆様には是非閲覧頂きたい。本合同特集号を通して、両学会員の相互交流を深めるだけでなく、分野を超えて新しい展開が拓かれることを大いに期待する。

物性物理分野からは「放射光・中性子・ミュオン相補利用によるマルチフェロイック物質の磁性と強誘電性の研究」と題して、木村宏之氏と石井祐太氏（東北大学）に執筆頂いた。強的（または反強的）秩序を二つ以上同時に有するマルチフェロイック物質といった強相関電子系物質では、物性を議論する場合に磁気構造は必要不可欠な情報であり、中性子散乱から構造精密化を行う。一方で、X線散乱では回折現象と分光手法を組み合わせた共鳴X線散乱という手法によって回折ピークから磁性情報を取り出すことが可能となってきた。量子ビームの協奏的利用の有用性に関して、物性物理分野、特に強相関電子系物理の面から説明して頂いた。

次に、磁石材料分野からは「量子ビームを使った永久磁

石保磁力機構解明」と題して、矢野正雄氏（トヨタ自動車株式会社）に執筆頂いた。企業における材料開発の面からも量子ビームの協奏的利用の有用性に関して紹介して頂いた。磁石材料では原子スケールから結晶粒スケールまでを包括するマルチスケール分析、局所・平均情報、組織・磁気情報を組み合わせたマルチアスペクト分析が必要であり、そのためには放射光X線や中性子等の量子ビームの利活用が有効である。中性子小角散乱（SANS）と走査型透過X線顕微鏡（STXM）から保磁力機構解明に関して説明して頂いた。

地球惑星科学分野からは「放射光と中性子がつなぐ地球惑星深部における水素の物質科学」と題して、鍵裕之氏、小松一生氏、飯塚理子氏（東京大学）に執筆頂いた。高圧といった特殊環境下で量子ビームを活用した地球惑星深部の物質に関する研究を紹介して頂いた。地球内部を構成するマントルや核には多くの水素が取り込まれていることが示唆され、高圧高温下量子ビーム実験が重要な役割を担っている。近年は地球深部物質における含水相の振舞いを中性子散乱実験を通して水素結合の観点から考察するという研究も行われている。高圧下量子ビーム実験という特殊環境下での相補利用に関して、研究の背景と現状を解説して頂いた。

生命科学分野からは「セルラーゼの中性子構造解析で明らかにするタンパク質における互変異の重要性」と題して、五十嵐圭日子氏（東京大学）と立岡美夏子氏（海洋開発研究機構）に執筆頂いた。アミノ酸といった複雑な結晶構造において放射光X線・中性子の相補的構造解析を行うことで見えてきた反応機構に関して紹介して頂いた。アミノ酸内のプロトン化状態や水分子の配向といった情報は種々の反応機構を理解する上で非常に重要なものとなっている。地球上で最も豊富に存在する生物資源（バイオマス）であるセルロース（グルコースのポリマー）を対象に、分解酵素による加水分解反応機構をX線・中性子の相補的構造解析から明らかにした研究成果に関して、五十嵐氏の経験を踏まえて解説して頂いた。

非晶質材料分野からは「量子ビーム実験と構造モデリングによる亜鉛リン酸塩ガラスの熱膨張係数異常の起源の解明」と題して、小野寺陽平氏（京都大学複合原子力科学研究所）、小原真司氏（物質・材料研究機構）、正井博和氏

(産業技術総合研究所)に執筆頂いた。周期的構造を有する結晶系の散乱だけでなく、周期性を有しない非晶質における構造研究に関して紹介して頂いた。ガラスの物性を構造から理解することは材料設計の観点から望まれており、X線吸収微細構造(XAFS)や二体分布関数(PDF)を用いることで局所構造解析が可能となり、加えてここでは逆モンテカルロ法による3次元構造モデリングを駆使し、亜鉛リン酸塩ガラスの熱膨張係数異常を原子レベルで明らかにした研究成果に関して説明して頂いた。

一若手としては、今後の発展分野や世界の動向に先んじて動くのが学会の使命であると考えます。新手法の実現・定着はそのプロンプが身近な物となった先に出てくるものである。共鳴X線散乱や時分割X線散乱も、実験室系とし

てX線散乱が定着し、大型量子ビーム実験施設が建設され実験技術革新があった上に出てきた。革新的測定手法が今後出てきやすい環境を整備するためにも、利用者間でつながりを持つという動きを、施設・学会が積極的にサポートしてくれることを望む。近い未来、学生や若手研究者にとって量子ビームが身近になることを見込んで、本合同特集号を企画した次第である。

最後に、新しい試みとなった本合同特集号やオンラインでの相互閲覧に関して、両学会の編集委員並びに事務局のご協力により実現することが出来ました。この場を借りて厚く御礼申し上げます。