

連載講座



中性子イメージング技術の基礎と応用 (最終回)

終章—中性子ラジオグラフィから中性子イメージングへ†

小林久夫

立教大学名誉教授

238-0023 神奈川県横須賀市森崎 4-9-27 (自宅)

Key Words : neutron, neutron radiography, neutron imaging

中性子イメージングの分野は、初期の時代では、主として工業利用を目的とした一つの技術として利用価値があると見られた時期もあった。しかし、1980年代から2000年頃にかけては、定量性のある技術の基礎をかためる作業、工業利用ばかりでなく近接学問分野への応用、同時期に開発されたイメージングプレートや高度の電子撮像技術などが展開した時期であった。その間、我が国の中性子イメージングに果たした役割は、発表論文数、国際会議への参加者数においても大きなものがあつた。2000年代には、上記撮像技術の開発に加えて、量子物理学を念頭に置いた中性子物理学の新研究がこの分野でも試みられるようになっていく。

従来、国内では、いくつかの論文を集めた特集は企画されたが、中性子ラジオグラフィを中心課題とした基礎から応用にわたる網羅的な書物はなかつた。筆者らは、かねてより本格的な入門書としての役割を果たし、しかも最新の応用にも広く触れている専門性のある纏まった教科書兼実用書が欲しい、と常々切望していた。

この願望を実現すべく、関連する諸先生にお集まりいただき、専門委員会を構成し、会議の議論を経て、この企画の実現に向かった。国外で出版された教科書^{1),2)}、ハンドブック³⁾、実用書⁴⁾があるが、本連載講座は、更に新しい観点から執筆され、重複している部分もあるが、それらの書物では論じられていない点も数々あるのも特徴である。

この連載は本誌各号に基礎編と応用編の論述の両方をほぼ各号一遍ずつ並列して掲載するような方法をとった。各講座は、相互に引用する形にはなっているが、それでも、各々を突き合わせ比較すると、記述の重複する部分が有ることは了解していただきたい。全てが出そろった時点で改めて全体を見通してみると、いくつか補充したい解説として

1. Bragg-cut を利用した応力分布測定
2. 熱外領域の共鳴吸収を利用した温度分布測定
3. 小角散乱を利用したイメージング
4. 磁気位相イメージング
5. 相差利用コントラスト増強の応用

などが浮かび上がった。これらは連載記事を一冊の合本とした後、別に付属書類と共にまとめることを計画している。

筆者が初めて、中性子ラジオグラフィの分野に踏み込んだのは、1986年、第2回中性子ラジオグラフィ世界会議 (World Conference on

†Fundamentals and Applications of Neutron Imaging.

Final Remarks—Neutron Radiography to Neutron Imaging.

Hisao KOBAYASHI: Professor Emeritus at Rikkyo University, 4-9-27, Morisaki, Yokosuka-shi, Kanagawa Pref. 238-0023, Japan (Residence).

Neutron Radiography 以降世界会議) のことであった。この会議で、最初感じたことは、当時初学者であったにもかかわらず生意気にも「このような会議では先はないな」と強く感じたことであった。実は、この会議の意図は元々その点にあったのかもしれないのであるが、報告の多くは、定量性のある学問とは関係のない、単なる工業利用の手段としての技術報告の集まりと筆者の目には映ったのであった。この意識があったため、少なくとも筆者はこの技術の基礎を確立するという点に力点を置き、以降の会議に挑んだ。まず1989年に大阪で行われた第3回の世界会議において、この分野の基礎を固める二、三の報告を行った。

この大阪の会議では、3～4年に一度の会議では間隔が空きすぎる。また一つの論文にもっと深い議論を交換したい、という要望に基づき、その中間に小会議を持つては如何か、という提案がなされた。しかし、この会議ではこの提案はその必要なしということで否決されてしまった。

その後、Brenizer, J. S. と MacGillivray, G. M. を中心とする提案者達が、上の決定に納得せず、実施した会議が、1990年にカナダのチョークリバーで行われた、略称第1回トピカルミーティング (ITMNR-1: First International Topical Meeting on Neutron Radiography System Design and Characterization) であった。世界会議では、実用面に重点を置いているため、トピカルミーティングではむしろ軸足を基礎研究に置こうという趣旨で開催されたのであった。この点、この会議は、筆者が第2回の世界会議で感じたことに添うものであった。この会議は正式な参加者37名(実際には50名ほど)、論文数23編の小さな会議であったが、それなりに国際会議は斯くありなんという、質のかなり深い議論がなされ、実りのある会議のスタートとなった。

その後、それを引き継いだ第2回トピカルミーティング(1995年)は、曲折があつて立教

大学が主催することになったが、特筆すべきは中性子ラジオグラフィでは初めて、いくつかの論文を査読者を付けて審査し Nuclear Instrument & Methods に投稿する筋道を付けたのであった。ジャーナルに投稿するということは、この国際会議実行委員会の重要な決定であった。従来のプロシーディングス掲載の論文では、インパクトファクターは評価外に近かったが、このジャーナルへの出版は、中性子ラジオグラフィ分野の会議に、なにがしかの評価がなされるようになった画期的なことであった。結果、これまであまり関心のなかった研究者にも注目されるようになったという意味で、そして中性子ラジオグラフィの意義と価値を高める上で、決して少なくない効果があったと自負している。以降、次第に親の世界会議でもジャーナルに査読付きのプロシーディングス版として出版するようになり現在に至っている。

上述したように、1980年代以降、我が国の中性子イメージングの分野に果たした役割は、顕著なものがあつた。しかし、現在中性子イメージングの研究活動の中心は、明らかに欧州と東部米国に移りつつある。2000年代に入ると、欧州では「物質中の欠陥検出のための中性子イメージング」を活動目的とした COST (Framework for scientific and technical cooperation) Action 524 が開始された。同時期に、スイスではポールシェラー研究所に SINQ (The spallation neutron source) という核破砕装置、またドイツのミュンヘン工科大学に FRM-II (Forschungsreaktor München number 2) に各々中性子ラジオグラフィ施設が設置され活動を開始した。加えて、フランス、グループノーブルの ILL (The Institut Laue-Langevin) でも中性子ラジオグラフィ研究に乗り出し、両会議に参加するようになっていく。現在の、欧州各国のめざましい成果は、COST Action 参加各国の協力を中心に、若い新しい研究者も続々参入、上の諸施設等を中心に相互で利用しての共同研究で果たした役割が大きい。

残念ながら、我が国は、最新の研究動向には追いついていないのが現状である。これには、様々な要因が考えられるが、新しい研究に対応できる大型の中性子線源がないこと、中性子イメージングを中心とした学科等の組織が無いことが大きい。したがって、新しく研究者のこの分野への流入が少ないこと、若い研究者が育っていないこと、なども考えることができる。しかし、我が国でも大強度陽子加速施設(J-PARC: Japan Proton Accelerator Research Complex)に付属するパルス状核破砕装置という新しい中性子源の開発が目前に迫っている。その完成を見るまでの間、改めてこの分野の十分な基礎的な理解の蓄積、中性子検出能力を高める諸研究、新しい電子画像技術の開発など実施しておくべきことは数々あると思う。J-PARCが稼働開始した際に十全な研究体制が確立されているようになることを強く期待し、この連載講座が少しでも役に立てば、と念願している。

ミュンヘン工科大学で行われた、第5回トピカルミーティング(2004年)での立ち話において、ある日本の若い研究者が、「日本はこのままではいけない、何とかしないと立ち後れてしまうと思う」、と懸念を吐露していた。我が国の現状を正確に認識している若い方がおられることを知って、逆に日本もまだまだ棄てたものではない、と思ったのであった。1980年代に始まった、上記のような若い研究者を中心に、新たな日本の活躍の時代が、J-PARCの稼働と共に、また再来することを期待したい。同時に、欧州の政府レベルで財政支援の伴ったCOST Action 524のようなものが、アジア地域でも協定され、欧州、米国大陸との3極で、更に大きな組織となっていくようなものがないもの

であろうか。数年前に韓国で行われたIAEA主催の中性子ラジオグラフィに関するワークショップに招かれて参加したことがあったが、韓国と南アジア地区(インドネシア、マレーシア)の間で中性子ラジオグラフィのセンター構想が話し合われ、その綱引きが行われていたことを思い出す。其処では日本は蚊帳の外であった。現在の我が国には、このような発想は無いように思うのであるがこれは如何なものであろうか。

最後になってしまったが、現在のところ、工業利用に関しては、フィルム法による直接撮像方式がほぼ中心となっており、それ以上の要望が少ないという側面がある。最新の画像化方式は、必ずしも有効に利用されていない嫌いがある。この連載講座が何かのきっかけとなって、工業利用も新しい方式等を利用され、更に応用分野が拡大することを希望したい。

最後に、この企画には、個々にはお名前は挙げないが国内外の多くの方々から情報、資料、イメージング画像などを提供いただいた。ご協力いただいた方々に深く感謝いたします。

文 献

- 1) Berger, H., Neutron Radiography—Method, Capabilities and Applications, Elsevier Publ. Co., Amsterdam (1977)
- 2) Harms, A. A. and Wyman, D. R., Mathematics and Physics of Neutron Radiography, D. Reidel Publ. Co., Dordrecht (1986)
- 3) Domanus, J. C. and Matifield, R. S., Neutron Radiography Handbook, D. Reidel Publ. Co., Dordrecht (1981)
- 4) Domanus, J. C. and Matifield, R. S., Practical Neutron Radiography, Kulwer Academic Publ. Dordrecht (1992)