

工学博士外村 彰君の「電子線ホログラフィの開発とA B効果の実証」 に対する授賞審査要旨

ホログラフィの原理はガボール（一九七一年ノーベル賞受賞）によって一九四七年に発見され、当時はその実現は困難であったが、レーザーの出現により、レーザーホログラフィとして今日ではひろく実用されるに至っている。ガボールは、元来、電子顕微鏡の性能の改良のための新しい方法としてホログラフィに思い至ったのであるが、そのアイデアを電子線ホログラフィとして実現するためには、その後数十年を要したのである。問題の鍵は干渉性の良い電子線をつくることにあるが、外村君は鋭い針状の金属の先端に強電界を作用させることによって生ずる電界電子放射を用いて、それまでとは格段に優れた干渉性をもつ電子線源をつくることに成功し、これによって電子線ホログラムをつくり、そのホログラムにレーザー光をあてて物体像を実際に生成することに成功した。外村君等は、レーザー光による像再生の際に生ずる実像と虚像の組を位相差倍増に利用するなど、多くの卓抜な創意によってこの方法を発展させ、電子が波動としてもたらず情報をあますことなく利用しうる干渉顕微鏡としての新生面を電子顕微鏡にひらき、世界をリードする成果をあげている。

外村君等が電子線ホログラフィの方法を電子顕微鏡改良の目的だけでなく、物理学の基礎的な問題の研究に発展させたことは顕著な功績である。すなわち、いわゆるA B効果の実験的検証がこれである。A B効果とは一九五九年ア

ハラノフとポームによって提唱された量子力学的効果であり、電磁界を導くベクトル・ポテンシャルが電子波の位相を決定するものとして観測にかかる物理的実在であることを指摘したものである。この効果として、ベクトル・ポテンシャルだけが存在し、磁場が存在しない空間を電子が運動するときにも、その電子波の位相変化としてベクトル・ポテンシャルの源である磁束を感知することになる。これは古典的には理解しがたい量子力学的効果である。この効果の検証はこれまで多くの人々によって試みられたが、異論が入る余地が全くない実験はなかった。外村君等は二つの実験を行っている。

第一の実験では、パーマロイの小さい環をつくり、その電子線ホログラフィ像をつくる。環の中を通る電子波と環の外を通る電子波の間には環を流れる磁束に相当する位相の差ができ、干渉縞のずれが観測される。これはまさにA B効果であるが、ここでは、電子がパーマロイ内部に侵入し、磁力線に触れている可能性がある。その可能性を完全に排除する条件のもとに、第二の実験が行われた。この実験ではパーマロイ環をニオブの層で包み、さらにこれを銅の薄層で覆った。サンプルの大きさは数ミクロンであるが、その電子線ホログラフィ像はA B効果を疑問の余地なく証明するものであった。ニオブは低温で超伝導状態になるが、その転移を境として、干渉縞のずれが不連続的に変化することも観察された。これは超伝導体内部を通る磁束が量子化されることの直接的証明である。

電子線ホログラフィの方法は磁力線そのものを干渉縞として観察することを可能ならしめた。これは超伝導体や強磁性体のメソスコピックな研究に新しい進歩をもたらすものである。

以上を要約すれば、外村君らの研究は電子顕微鏡の技術に大きな発展の契機を与え、かつは量子物理学の基礎に関

する研究が大きなインパクトをあたえたものということができる。このことは、新技術と量子物理学の基礎を主題とした国際会議がたびたび三回、日本をめぐって開催されたし、同様の会議が海外でもしばしばひらかれていることにも窺える。

参考文献

1. 外村 彰：電子波でみる世界—電子線ホログラフ— 丸善 昭和60年.
2. 日本物理学会：量子力学と新技術 pp. 145-164 培風館 昭和62年.
3. A. Tonomura *et al.*: J. Electron Microsc. **28** (1979) 1.
4. A. Tonomura *et al.*: Phys. Rev. L. **54** (1985) 60.
5. A. Tonomura *et al.*: Proc. Intern. Symp. on Foundations of Quantum Mechanics, Tokyo, 1983, p. 27.
6. A. Tonomura: Rev. Mod. Phys. **59** (1987) 639.
7. Scientific American, April 1989, p. 36.
8. N. Osakabe *et al.*: Phys. Rev. L. **62** (1989) 2969.
9. M. Peshkin and A. Tonomura: The Aharonov-Bohm Effect. Springer Verlag, Lecture Notes in Physics, **340** (1989).
10. A. Tonomura: Physics Today, April 1990, pp. 22-29.
11. A. Tonomura *et al.*: Proc. Intern. Symp. on Foundations of Quantum Mechanics, Tokyo, 1986, p. 97.