

STM ノーベル賞と STM 研究の進展

Nobel Prize for STM and progress of research using STM

日立研開¹, 東工大² 橋詰 富博^{1,2}

R&D Group, Hitachi, Ltd.¹, TIT² Tomihiro Hashizume^{1,2}

E-mail: tomihiro.hashizume.qb@hitachi.com

走査トンネル顕微鏡 (STM) は、構成は 1972 年に Young により開発されたトポグラフィナイターと類似しているが、トポグラフィナイターでは振動やフィードバックなどに課題が残っていてトンネル電流を用いるアイデアが実現されず、電界放射電流による回折格子 (180 lines/mm) の凹凸像を得るのに留まった。トンネル電流を用いる STM では、IBM チューリッヒ研究所の Binnig と Rohrer らにより、1982 年に $\text{CaIrSn}_4(110)$ 面と $\text{Au}(110)$ 面の像が報告され、1983 年には $\text{Si}(111)-7\times 7$ 構造の原子像が PRL 誌に掲載された[1]。

世界における STM 研究は、既に、この時点で開始されたが、約 2 年間は、IBM 以外では報告がなかった。追実験報告がされたのは、1985 年の高分解能 $\text{Si}(111)-7\times 7$ 像であった (Golovchenko)。その後、チューリッヒで技術を学んだ IBM TJ ワトソン研を含めて世界のいくつかのグループで STM 開発に成功した報告があり (Demuth, Hamers, Feenstra, Quate, Hansma ら)、1986 年には、電界イオン顕微鏡 (FIM) を搭載して探針先端の清浄化と評価ができる STM が報告された (Kuk)。

Binnig と Rohrer は、STM の発明により、1986 年にノーベル物理学賞を受賞した。当時、IBM では、ジョセフソンコンピュータの実用化を目指していた。STM では、物理現象に根ざした新しい計測手法が開発されたが、酸化物薄膜のトンネル接合を制御するために局所的な不均一性を観ることが必要不可欠なニーズであると考え、新しい計測手法を可能にしてノーベル賞を受賞したことになる[2]。

同じ頃には日本でも STM 開発が始められたが、1988 年から 1989 年にかけて $\text{Si}(111)-7\times 7$ 構造の STM 像が、電総研 (現産総研)、日立中研、東工大、東大物性研から、次々に報告された。日本の STM 研究では、応物の薄膜・表面分科会主催の STM のワークショップがノーベル賞の 1 年前の 1985 年に開催され始めていて、STM への期待と研究熱が早期に立ち上がっていた。その後も STM 装置と研究は急速に発展した。例えば、1993 年に報告された $\text{Cu}(111)$ 面における C_{60} 単層構造に観られた内部構造は積分電子状態マッピングを良く現していたが、10 年後には、フェルミ準位上下の任意のエネルギーでの電子状態切り口マッピングが得られ、さらに最近では、個々の炭素原子位置を示す原子間力顕微鏡 (AFM) 像も報告されている。近年、極低温で振動、および、音声ノイズを極限まで減らした、高分解能高安定強磁場 STM による質の高い研究がされている。さらに、STM は、走査プローブ顕微鏡 (SPM) や新奇物理・科学現象の研究にも発展し、ナノスケール科学・技術を本格的な研究分野として成立させている。

[1] G. Binnig, H. Rohrer, C. Gerber, and E. Weibel, Phys. Rev. Lett. **50**, 120 (1983).

[2] ハインリッヒ ローラー, 応用物理 **67**, 910 (1998).