

ジュニアメンバーの皆さん、こんにちは！

春の訪れとともに、あたたかい日差しが心地よい季節となりましたね。

顕微鏡の世界に興味を持ってくれている皆さんに、今日は‘とっておきのニュース’と東北大学 津田先生のちょっと難しい‘不思議な電子のお話’をお届けします。

★★「ジュニアメンバー顕微鏡写真コンクール」★★ を開催します！

皆さんが顕微鏡でのぞいた“ミクロの世界”を写真に撮って、作品として応募できるチャンスです。

その中から、特にすばらしい作品には【優秀賞】が贈られます。

■ ----- ■

【第一回ジュニアメンバー顕微鏡写真コンクール】開催のお知らせ

■ ----- ■

【応募受付開始】

2025 年 5 月 予定（詳細は近日中に学会 HP にて公開予定）

【応募資格】

ジュニアメンバー：小学生・中学生・高校生（個人でもグループでも OK）

【応募内容】

光学顕微鏡や電子顕微鏡で撮影した写真 1 作品（1 人または 1 グループにつき 1 枚）

【注意点】

- ・自分で撮影したオリジナル作品であること
- ・AI 加工は禁止
- ・他のコンクールで入賞したことがない作品であること
- ・公序良俗に反しないこと
- ・応募には保護者または先生の同意が必要です

【結果発表】

優秀作品は日本顕微鏡学会のホームページにて公開されます。

【参加方法】

近日中に学会ホームページ内「教育」>「ジュニアメンバー」に特設ページをオープンします。

「応募フォーム」にアクセスして、作品を投稿してください。

「電子のふしぎな性質と電子顕微鏡」

ジュニアメンバーの皆さん、こんにちは。新しい学年はいかがでしょうか。今回は、電子顕微鏡で用いられている「電子」という小さな粒子について取り上げます。

皆さんの身の回りの家電製品が電気で動作することはご存知でしょう。電気の正体は「電子」という非常に小さな粒子です。この電子が、電線の中を移動することで、照明が点灯したり、タブレットやゲーム機が動作したりし

ます。

通常の顕微鏡は光を利用して微細な物体を観察しますが、より微小なものを観察するために、光の代わりに電子を用いるのが「電子顕微鏡」です。電子顕微鏡の内部は、電子がさまたげられることなく進めるよう、真空に近い状態に保たれています。準備にはちょっと手間がかかりますが、その結果として、電子顕微鏡は非常に高い性能を発揮します。物質を構成する最小単位である「原子」の配列まで観察することが可能です。原子は、およそ 1 千万分の 1 ミリメートルというとても小さな粒子ですが、電子顕微鏡は原子が配列した様子を拡大して見せてくれます。

先ほど、電子は小さな粒子であると述べましたが、実際には、単なる粒子ではありません。電子は、粒子としての性質(粒子性)を示すと同時に、水面の波のように広がる性質(波動性)も持ち合わせています。「粒子が波のようになる？」と疑問に感じると思います。これは、電子が持つ非常に特異な性質です。

電子の波動性を示す有名な実験に、「2 重スリット実験」があります。図 1 を参照してください。もし、通常のボールのような粒子を、2 つ並んだ細長い隙間(スリット)に向けて投げると、ボールはそれぞれの隙間を通過し、背後のスクリーンには、2 つの隙間の形状に対応した像が形成されます。しかし、電子を用いて同様の実験を行うと、スクリーンには、干渉縞と呼ばれる縞模様が現れます。この現象は、2 つの隙間を通過した電子が、まるで波のように、互いに強め合ったり、弱め合ったり(干渉)することでしか説明できません。

この実験は、多くの科学者によって試みられてきましたが、特に有名なのは、1989 年に日立製作所の外村彰博士(日本顕微鏡学会会長 2003-2004)が行った実験[1]です。なんと、電子を 1 つずつ、間隔を置いて発射した場合でも、長時間をかけて電子がスクリーン上に現れた位置を記録すると、やはり干渉縞が現れたのです。これはとても興味深い結果です。

電子のように、粒子としての性質と波としての性質を合わせ持つものは、「量子」と呼ばれます。そして、この量子の性質を応用した新しい技術が、近年注目されている量子通信や量子コンピュータです。

実は、電子顕微鏡も、この電子の波動性を利用しています。近年では、電子の波をより精密に制御する装置(収差補正装置)が開発され、電子顕微鏡の性能は飛躍的に向上し、原子レベルの構造がより鮮明に観察できるようになりました。

私たちの研究グループでは、これとは異なる方法、電子顕微鏡を用いて、結晶に電子線を照射した際に生じる干渉模様(図1で言えばスクリーンの縞模様)を解析する研究に取り組んでいます。図2をご覧ください。これは、皆さんのゲーム機やパソコン、タブレットなどに用いられている「シリコン」という結晶に電子線を照射した際に得られた干渉模様です。「大角度収束電子回折図形」という専門的な名称がついていますが、非常に複雑で美しいパターンを示しています。この干渉模様を、電子を波として扱う精密な計算(量子力学計算)と比較することで、原子の配列だけでなく、原子同士を結びつける電子(結合電子)の状態まで詳細に調べることができます。これは、より高性能な半導体を開発する上で重要な情報となります。

今回は、電子顕微鏡で用いられる電子が、粒子と波の性質をあわせ持つ、ふしぎな「量子」であることをご紹介します。実は、大学生になって初めて取り扱うようなちょっとむずかしい内容なので、この説明でわからなくてもが

っかりする必要はありません。電子のような極微小の世界には、まだ多くの未知の現象が潜んでいます。これからも科学への興味を持って、様々なことに挑戦してみてくださいと嬉しいです。

(文責:東北大学、津田健治)

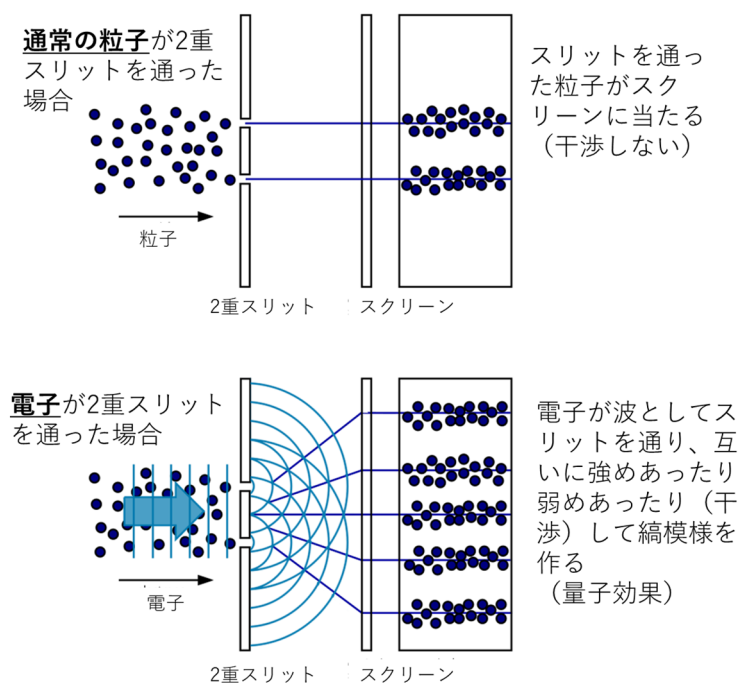


図1 粒子が2つ並んだスリットを通してスクリーンに当たる実験(2重スリット実験)の模式図 [2]。

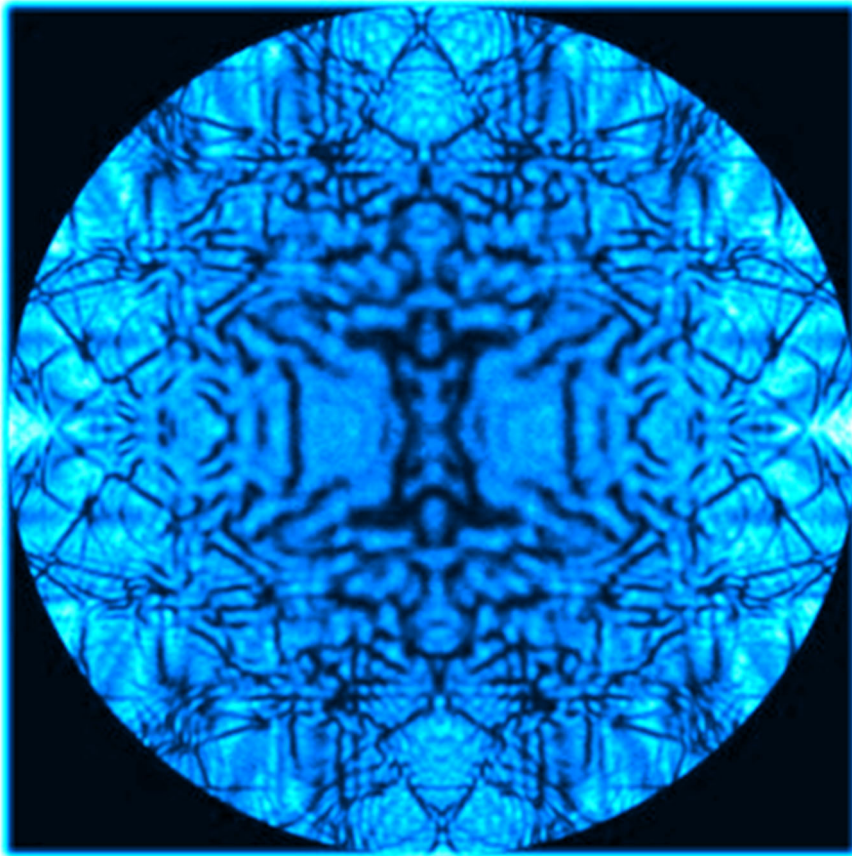


図 2 電子顕微鏡で、高速の電子をシリコン(Si)の結晶を透過させてできた模様(大角度収束電子回折図形)。電子が波として結晶の中のいろいろな場所を通過し、互いに干渉することによって複雑できれいな模様ができる。

参考資料

[1] A. Tonomura, J. Endo, T. Matsuda, T. Kawasaki, & H. Ezawa, "Demonstration of single-electron buildup of an interference pattern", American Journal of Physics **57**, 117-120, 1989.

[2]

https://en.wikibooks.org/wiki/Materials_in_Electronics/Wave-Particle_Duality/The_Two-Slit_Experiment

■ ----- ■
お問い合わせ

公益社団法人 日本顕微鏡学会 事務局

〒169-0075 東京都新宿区高田馬場 1-21-13 廣池ビルディング 402

TEL:03-6457-5156 / FAX:03-6457-5176

メール: [jcm-post@microscopy.or.jp](mailto:jsm-post@microscopy.or.jp)

■ ----- ■
このメルマガは、日本顕微鏡学会ジュニアメンバーのメーリングリストにご登録いただいている皆さんにお届けしています。