

寺田寅彦から西川正治への結晶 X 線回折の伝承

根岸利一郎

埼玉工業大学, 〒369-0293 深谷市普濟寺 1690

negishi@sit.ac.jp

Crystal X-ray Diffraction Transmitting from Torahiko Terada to Shôji Nishikawa

Riichirou Negishi

Saitama Institute of Technology, 1690 Fusaiji, Fukaya, Saitama, 369-0293, Japan

Abstract: X-ray diffraction by crystals is frequently used to elucidate structures for a single crystal, DNA, proteins, and so forth. Torahiko Terada devised concept comprehending x-ray diffraction as reflection, and Shôji Nishikawa continued after Terada and developed a method to use a space group, which was a starting point for a diffraction crystallography in Japan. This paper reports the methodology from the field of science on form's perception.

Keywords: crystal structure, X-ray diffraction, reflection concept, space group

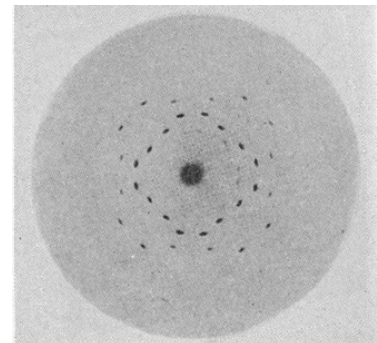
1) はじめに

1912年, ラウエによって発見された X 線回折¹⁾は結晶構造がラウエ斑点に反映されて観測された。以来, この回折は当初の単結晶構造の解明ほか DNA やタンパク質などの複雑な構造に至るまでその解析に多いに役立っている。ラウエの報告に刺激を受けた寺田寅彦は困難な環境の中で直ちに実験にとりかかり, 「ラウエ映画」²⁾の結果から反射の概念を得て結晶構造の解明に寄与した。これを受け継いだ西川正治の空間群の利用は画期的であり, 今日の回折結晶学に続くことになった。寺田や西川の物理的内容については放射光学会の HP や松尾宗次³⁾ほか多くの解説がある。ここでは富の蓄積の少ない時代にあって, 寺田から西川へ何が伝承されたかを形やイメージの側面から眺めることにしたい。

2) ラウエ斑点からラウエ映画へ

○結晶格子による X 線回折

可視光が回折格子によって回折されることから, ラウエは X 線が波長の短い波であれば結晶格子によっても回折が起こるかもしれないと考えて実験した。その結果, ラウエ斑点の撮影に成功し, X 線の結晶格子による波の干渉を実証した。

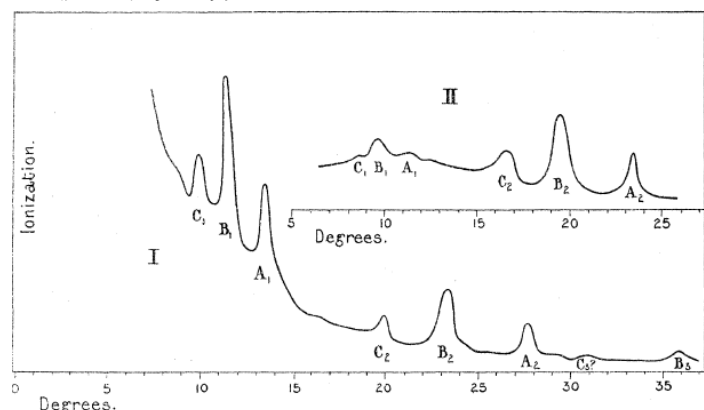


ZnS によるラウエ斑点¹⁾
(H10×W10×D0.5)

○回折条件の表現

ラウエの報告¹⁾に刺激され, ブラッグは波の干渉の分かり

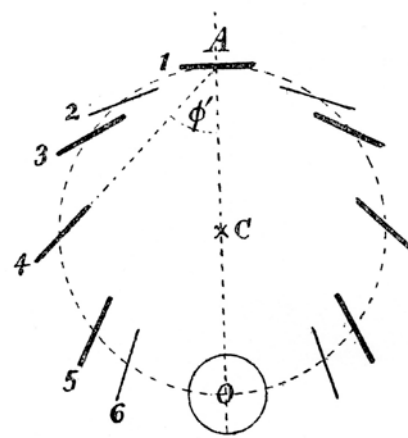
易い表現を検討した。図は岩塩を使い, 強度を電離箱で測定した結果である⁴⁾。ここから今日広く知られている $n\lambda = 2d\sin\theta$ (ブラッグの法則) の回折条件を見出している。ブラッグ自身は“可視光での回折を実現したもの”と謙遜しているが, 結果は反射の意味を含む重要な内容である。



A₂, B₂, C₂それぞれの角度は A₁, B₁, C₁それぞれの 2 倍になる

○結晶面による反射

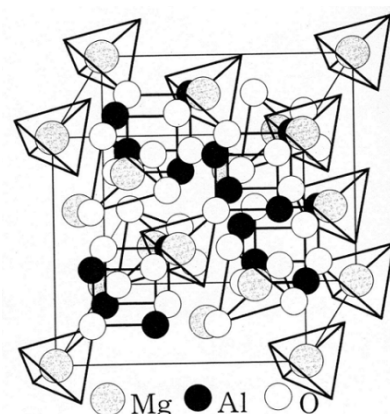
ブラッグとは別にラウエの結果報告に刺激を受けた寺田は借用したX線源を工夫した回折実験によって、岩塩を動かすとそれに伴うラウエ斑点の移動(「ラウエ映画」)を蛍光版によって確認し、その移動からX線の結晶面による反射の概念を全く独立に得た⁵⁾。ここには波の干渉の概念はなかったが、この結果は我々が日常的に使う結晶面でのX線の反射と同等である。図は実験におけるラウエ斑点を得るための蛍光板の配置である。寺田はこの報告の脚注の最後に“… not new.”と書いて以後X線回折の実験をやめている。



寺田が測定に使った蛍光版の位置

3) 面内回折から空間全体へ

寺田のラウエ映画観測に同席した西川は感激し⁶⁾、結晶X線回折の研究を志すことになる。そして繊維状や層状物質にもX線回折が有効であることを示した。その後、寺田からのシェーンフリースの本⁷⁾の紹介を受け、空間群を使ったスピネル構造決定の仕事は複雑な結晶構造決定に対する独自の画期的なものであった⁸⁾。



スピネル($MgAl_2O_4$)構造⁹⁾
太線は MgO_4 四面体

4) 形による理解

自然界で観測される形にはその原因となる事物の物理科学的内実が反映される。ラウエ斑点やラウエ映画には結晶内の回折に寄与する面が反映され、ブラッグの回折強度曲線には回折面の間隔が反映されている。西川はその反映する面と空間群を結晶構造決定に活用した。また、X線回折の動力学像には結晶内の歪が反映される。かくして、「自然の顔には教科書の文句は書いてない」¹⁰⁾が、形の科学的探究はそれに反映される物理科学的内容の理解を深める。これらの検討結果を報告する。

文献

- 1) Friedrich, W., Knipping, P. und Laue, M. v. (1912): “Interferenzerscheinungen bei Röntgenstrahlen”, *Münchener Ber.*, 303-322; *Ann. Phys.*, **41**(1913), 971-992.
- 2) 学士院恩賜賞の受賞(1917): 「ラウエ映画の実験方法及其説明に関する研究」.
- 3) 松尾宗次(1992): 「寺田寅彦とX線結晶学」, *バウンダリー* 10月号:pp50-56, 11月号:48-55.
- 4) Bragg, W.H. and Bragg, W.L. (1913): *Proc. R. Soc. London, A*, **88**, p428-438.
- 5) Terada, T. (1913): *Proc. Tokyo Math-Phys. Soc.*, VII, 60-70.
- 6) 西川正治(1936): 「ラウエ斑点」, *思想*, No.166, 493-496.
- 7) Schoenflies, A. M. (1891): *Krystallsysteme und Krystallstruktur*, Leipzig: Teubner. Reprint (1984): Springer. 「結晶系と結晶構造」.
- 8) Nishikawa, S. (1915): *Proc. Tokyo Math-Phys. Soc.* VIII, 199-209.
- 9) 庄野安彦, 床次正安(2002): 「入門結晶化学」, 内田老鶴圃.
- 10) 寺田寅彦(1997): 「津田青楓君の画と南画の芸術的価値」, 寺田寅彦全集, 第八巻, 岩波書店; 青空文庫, http://www.aozora.gr.jp/cards/000042/files/43280_23766.html.