

寺田寅彦と「世界結晶年(IYCr2014)」

松尾宗次

国連による「国際年」の初め—南極観測

2012年国連総会は、2014年を「世界結晶年」(IYCr2014)とすることを決議した。国連が定める国際年あるいは世界年という行事は、平和と安全、科学技術と開発、人権/人道問題など特定の事項に対して重点的問題解決のために、国際社会の関心を喚起し啓発する目的で全世界の団体・個人に呼びかけて取り組みを促すための重点化の期間であり、1957年に国際地球物理年から始まった。

この年、前年国連加盟を果たした敗戦国日本は国際社会への復帰を目指し「国際地球観測年」として南極観測に参加、この世界的共同学術事業への参加を通して国際社会への復帰・国際的地位の向上を意図した。その後、科学技術の分野において物理年、化学年そして結晶年などが続き、「国際地球観測年」への参加の意義は大きかった。その最大の功労者は寺田寅彦に学んだ永田武であった。



図1 1957年国際地球観測年
南極観測記念切手

南極観測隊長永田武と寺田寅彦

「国際地球観測年」への参加を主張し南極観測の隊長を務めた永田武は、寺田寅彦の地球物理学を受け継ぐ優れた学者である。永田は寺田寅彦の思い出を綴った文章をのこしている。大学二年生の時に理化学研究所の研究室で寺田に出会い、「三年生になって、不規則動揺現象のお講義の席に列するようになってから、私の物理学に対する興味の方向が大きく変わってきた。身のまわりの自然現象と教科書的物理学との間の大きな間隙に悩み始めた時、私は生意気にも、寺田先生の考えられていた物理学の方向が判るような気がして、自分自身に少しの嘘いつわりのない物理学に生涯を委ねたいという気分になっていた」と学者としての生き方に寅彦から大きな影響を受けたことを記している。不幸にして永田の大学生時代に、寺田は亡くなったが、永田は寺田の推挙で地震研究所に就職することになり、学徒としての道が決まった。永田は、「寺田の考えた「乱れの物理学」、「破壊の物理学」そして「生物物理学」などが、その後の学問の本流の一部になっている様子に鑑み、寺田先生の卓見を今さらのように感嘆する」と述懐している。南極観測事業を成功に導いた隊長永田武の生き方が、寺田寅彦に導かれたことは感慨深い。

国際地球観測年を契機に、ロケットや人工衛星による観測が本格化した。それにともないロケットや人工衛星技術が著しく進歩したことも記憶されるべきである。因みに日本のロケットの父と称される糸川英夫は、永田とは旧制中学の同窓であった。彼らの志と協力が、現在の天気予報技術の著しい進歩、GPSによる地殻運動の高精度測地につながり、さらにカーナビなどに広く実用されるようになっている。

世界結晶年—結晶学の意義の認識

世界結晶年（IYCr2014）を定めた国連決議では「私たちの世界の物質的性質の人類の理解は、とりわけ、私たちの結晶学の知識に基礎を置いていることを認識し・・・結晶学の影響は、私たちの日常生活において、近代的な薬品開発やナノテクノロジーそしてバイオテクノロジーなど至るところで示されており、練り歯磨きから航空機の構成要素まで、あらゆる新物質の開発を支えている。この分野で授与された23のノーベル賞により例証されるように結晶学のめざましい科学的業績が挙げられており、今後も結晶学は新しく且つ期待される基礎研究のための肥沃な土壌である」と結晶学の意義を示し、「2014年が近代的結晶学100年の始まりと物質の構造決定にとって最も強力な道具としての役割を考慮し、世界結晶年として選定された。

雪の結晶、岩塩、宝石など身近なもの他、ガラスなどを除いて、ほとんどの固体物質は原子が規則的に配列した結晶からできている。この事実は1912年ドイツのマックス・フォン・ラウエが結晶のX線回折現象を発見して、結晶が原子の規則的配列からなることを明らかにしたことに始まる。ラウエは1914年ノーベル物理学賞を受賞した。次いで英国のヘンリー・ブラッグとローレンス・ブラッグ父子は、ラウエの発見を追試して、食塩結晶の実験によりX線回折の法則を見出して結晶構造解析法を考案、1915年にノーベル物理学賞を受賞した。これらの革新的な実験は、近代結晶学の誕生と位置づけられた。このような偉業がなされていた頃、日本でもラウエの実験を追試した寺田寅彦はブラッグと同様な考えに至っていたが、当時の地理的不利のために、広く知られることがなかった。日本でも1914年には、近代結晶学の黎明を迎えていたことを知っておきたい。

日本の結晶学の先駆---寺田寅彦の日本学士院恩賜賞受賞

寺田寅彦はX線回折実験を行い、その結果を報じた「X線と結晶」と題する短報は1913年英国科学雑誌[Nature, 91, 135-136, (1913)]に掲載され、さらに詳しくは東京数学物理学会誌に1913年4月「X線の結晶透過について(英文)」という題で11ページにわたって報告された。その内容は、同じ頃発表されたブラッグの考えと同等であった。この成果は、ノーベル賞には与らなかったが、図3および4に掲げるように『「ラウエ」映画の実験方法及其説明に関する研究』として日本学士院恩賜賞の受賞することになった。寺田に導かれてX線結晶学の研究に入った西川正治も、同時に学士院賞を受賞した。当時の日本の学術研

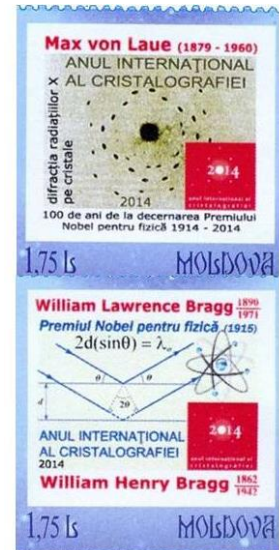


図2 モルドヴァ共和国発行
世界結晶年記念切手

上:ラウエ斑点、下:ブラッグ法則

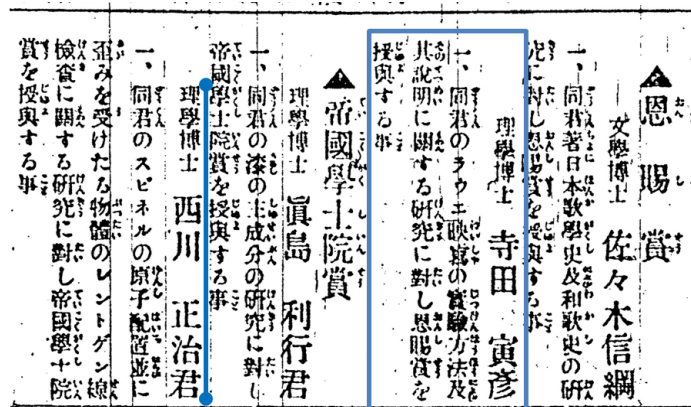


図3 大正6(1917)年日本学士院賞、

究の最高の榮譽に輝いた寺田・西川の師弟により日本の結晶学は輝かしい新たなスタートを印した。

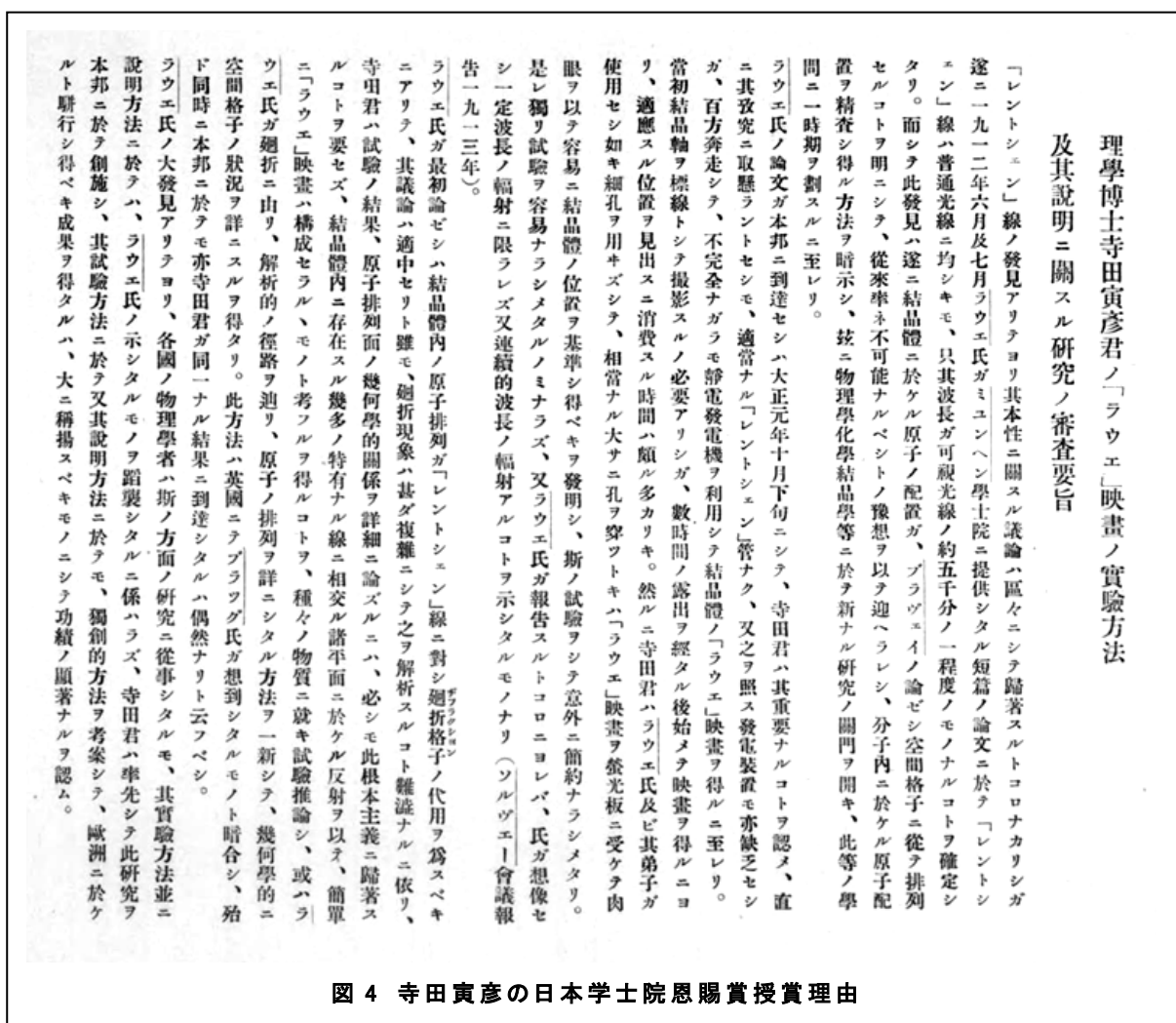


図4 寺田寅彦の日本学士院恩賜賞授賞理由

日本学士院賞は文化勲章が制定された1937年以前には、学士院賞は日本における学術研究の権威ある唯一最高の榮譽であった。2011年には、この賞の制定百年を記念した切手が発行された。とくに恩賜賞は皇室からの下賜金を加えて贈られる特別な賞である。



図5 日本学士院賞百年記念切手 (2010年発行)

寺田寅彦の業績

寺田寅彦への恩賜賞の授賞理由を図4に示した。この功績を理解できるように、寺田自身の言葉を藉りながら補足説明しておきたい。寺田はX線結晶学に関して、下記の二編の非専門家向けの記事が「寺田寅彦全集」(1997-1999年岩波書店刊行版)に収録されている。①「X線の廻折現象と物質の内部構造」全集第15巻、②「X-sen to Kessyoutai(X線と結晶体)」全集第9巻。

図3の受賞報道が掲載された新聞紙面には、寅彦が受賞について語った言葉が、次のように記されている。「昨夜、本郷彌生町の邸を訪へば氏は外出先より歸業して『私のやった

仕事はつまり結晶にレントゲン線を透すと幾つにも分れて出ることに関する研究です』と語った」。ラウエは結晶に一本のX線束を当てると、図2上のようなラウエ斑点と呼ばれる模様が現れることを見出した。しかし寺田は、独特な実験方法によって、「此の現象の発見者ラウエが始めて発表した理論は不幸にして余り正確でもなく、又取扱に便利でもなかった」ことに気付いたと記し、新たに独自の解析法を示した①。

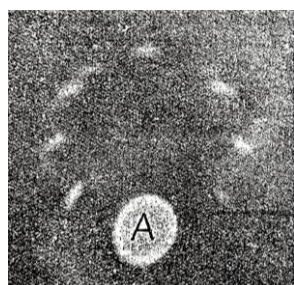


図6 楕円状ラウエ斑点群
出典：資料②。Aは入射X線

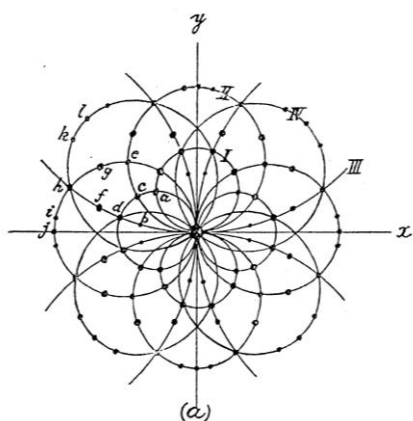


図7 寺田寅彦のラウエ斑点解析

ラウエ斑点をよく調べると、図6でわかるように、斑点は楕円上に配列していることがわかる。寺田は結晶を動かしながら楕円模様に変化する様子を観察し、結晶を傾けると楕円が伸縮することを知り、これはあたかも結晶内に固定された鏡があってそれによって反射された光が描く模様と同じであることを直観したのである。すなわち楕円上の斑点は一つの晶帯(筆者註：特定の結晶方向に垂直な結晶面の集まり)に属する結晶格子面つまり「原子の網平面による反射」であることに着想した。このようにして、回折像と結晶内部の原子配列との関係付けができた。寺田の実験は「ラウエ映画」と称されるに相応しく、動画のように斑点の動きを捉えることができ、その本質を探り当てることができた。その結果図2に示されたラウエ斑点を図7のように整理して、個々の斑点を生みだした結晶の由来を明らかにした。このような解析によって、個々のラウエ斑点の位置や濃淡を解析した結晶内部の原子の配列状態を知ることができるようになったのであった。

この手法を発展させた門弟の西川正治は、寺田の研究内容を的確にわかりやすく要約している。「先生の方法はラウエの所のやうに数時間を費やして一枚の写真をとるのではなく、結晶を動かしつつ直接斑点の変化を見ることが出来るので非常に都合がよく、従って之から斑点の出現の原理を難しい数学を借りずに「結晶格子内の網平面による反射」と云う言葉で云いあらわされたのであった。それと殆ど同時に英国のブラッグ父子が同様な解釈を与へた。ブラッグ父子は此の方面の発展に大いに貢献したと云ふかどで後にノーベル賞を獲得したのであるが、若し我が国の地理的不利や研究設備の相違がなかったならば此の栄光は寺田先生が得られたのではないかと思はれて残念でならない」。寺田の解釈は図2下にあるブラッグの法則と同等であった。

このように、寺田は1915年ノーベル物理学賞を受賞したブラッグ父子が発見したX線回折法則と同等の発見を、ほぼ同時に全く独立に成し遂げた。けれどその業績は国内外に知られていなかった。このような状況を指摘した一つの例を挙げる。筆者など日本の多くの結晶学の教科書として用いられた『結晶学概論』(岩波書店、1953年刊)はブラッグ父子のローレンス・ブラッグの訳書である。その訳者永宮健夫は訳者序文において、この本は「専門家といえども手離すことのできない類の本である」と高く評価しながらも、日本人研究者の扱いに不満を述べている。その序文はそのまま寺田寅彦を始祖とする日本における研究史の簡潔な要約でもあり、ここに一部を引用しときたい。

「本書にはわが国の研究者の名が、当然現れるべきであるにもかかわらず、菊池正士博士以外は全く現れていない。日本のX線結晶学者は古くから多くの先駆的研究によってこの方面に寄与しているのであるから、この点について訳者は理解に苦しむ。日本のX線結晶学の研究はLaueの発見につづいて故寺田寅彦博士によって始められ、当時の不利な環境にもかかわらず、博士はBraggの反射と同じものを同じ1913年に発見しておられる。つづいて故西川正治先生とその門下の研究者は多方面にわたる研究を開始し、1913-4年には既に繊維状、層状および粒状構造の美しいX線回折写真が得られ、1915年には複雑なスピネル構造の解析が、先生により始めての空間群の導入によって行われ、1920年には西川と浅原により加工金属の研究がなされるなど、世界に先んじた多くの仕事が行なわれたのである。わが国が地理的にも歴史的にも欧米と離れていたことは、われわれの研究を欧米人から遠いものとしていただろう」。

寺田寅彦は、理論的考察に留まらず、X線回折を塑性変形した岩塩の解析に最初に応用した。寺田らしい着眼さであった。さらに彼の終生の興味の対象であった火山の産物であり実用材料でもある複雑な構造のミョウバンの構造解析に挑み、天然真珠と人工真珠の鑑別にも用いた。ここに「役にたつ学問」を志し、他人の真似を嫌う寺田の姿勢が感じられる。この姿勢は後継者たちに受け継がれ、日本のX線結晶学の一大特徴をなしている。

寺田寅彦のX線結晶学への思い

寺田寅彦のX線結晶学の業績は日本の研究者にも余り知られていない。その理由の一つは、輝かしい業績を挙げたX線結晶学を二年足らずで止め、その後も自分の業績について余り触れていないことにある。しかしX線結晶学研究者であった筆者には、寺田はX線結晶学の実験を断念したけれど、終生心の奥深くX線そして結晶学に強い愛着を抱いていたと感じられる。彼の興味は中学生時代に始まった。

レントゲンによるX線の発見は、ドイツ留学中の長岡半太郎によって翌年東洋學藝雑誌に通報され、長岡の師であり日本の物理学の先達山川健次郎などがその未知の光線「X」の本性と応用を探る追試をおこなった。なお後に東京帝国大学理学部で、寺田は長岡のもとで研究者として歩むことになる。

1895年中学五年生の寺田はレントゲンの発見を知った驚きを次のように日記に記している。「四月五日〔日〕雨---午後、別役(筆者註：上の姉の嫁ぎ先)ニ行キ帰宅セシニ東洋學藝雑誌百七拾四號及中外英字新聞研究録来リ居リ。即チ先ツ學藝雑誌ヲ見ルニ卷首第一に人目ヲ驚カスニ足ルハ今回獨逸ナルRöntgen氏ノ發明ニカカルX放射線ヲ応用シテ氏ガ自ラノ手ノ骨肉ヲ分明ニ撮寫セルモノノ縮寫寫眞板ナリ此ノ發明ニカカル詳細ノ事ハ同誌ヲ讀ンデ知ルベシ」。この感激が、X線結晶学始祖の原点であった。

寅彦がX線結晶学から退いたことを、他人に語った言葉や書いた文章の中にも表立った記録はない。前に紹介した「東京数学物理学会」学会誌に掲載された記事に次のような脚注がある。「口頭発表をした後で、一九一二年十一月十一日ケンブリッジ哲学協会において発表されて一月十日に印刷された「結晶による短い電磁波の回折」と題するブラッグ氏の論文を知り、ラウエ写真を解析してその斑点群の形状を説明する私の方法は基本的には新しい方法ではないことに気付いた」。このように潔癖謙虚に自らの研究のプライオリティに欠け

ていることを認めた。これがX線結晶学の研究から退いた一つの理由であることは間違いない。その後、寅彦は正統的物理学とは距離をおいて、日常身の事象をもとにした物理学へと進んでいった。

亡くなる一ヶ月前に発行された雑誌に載った最後の随筆の一つが『三斜晶系』と題されている。三斜晶系とは結晶の対称性にもとづく分類の結晶学用語で、最も対称度の低い結晶系を指す。『三斜晶系』の内容は夢、蜻蛉、三上戸の三題噺で、文中には結晶に関連することは一言も書かれていない。三斜晶系結晶では三つの基準軸の長さが異なり、相互に交わる角度は全く独立で、それは無関係な三題噺という意味合いが込められていると考えられる。しかしこのような題名を思い付くことに、寅彦の結晶学への深い思い入れと愛着が感じられる。さらにその半年前に発行された随筆集は『蛍光板』と題されている。この生前最後の本の題名にも結晶学を愛する物理学者寺田寅彦の強い思いが込められていると感じられる。その本の含蓄ある自序(全集第16巻)は余り目に触れることがないと思われるので、一部を引用しておく。これを書きながら、寅彦の脳裏には嘗て暗闇で眺めた「蛍光板」上で鮮やかに光り輝くラウエ斑点が舞っていたであろう。

「蛍光板というのは通例木板や厚紙などにシアン化白金バリウム或は硫化亜鉛などの粉を塗付けたもので、これに紫外線やX線などが当たると所謂蛍光を發して光る。つまりそれ自身では眼に感じられないような輻射線を受けた時に、眼に見えるような光を發するという作用をするので、此等の不可視輻射線の驗出に使われるのである。医者がX線で肺結核や胃癌などの診断をする時に暗室で患部を透視する道具に使っているあの四角な板がそれである。吾々が随筆を書いたりするのは畢竟何かしら吾々の環境の中に吾々を刺激してそういう随筆をかかせる原動力のようなものがある。しかしその原動力が何だかは随筆の筆者自身には恐らく実ははっきり意識されていない場合が多いであろう。ただその不可思議な原動力の刺激を受けた結果として、その筆者自身に固有な可視的な言語文章が出現するのである。同じX線が当たっても蛍光板の物質が違えばその發する可視光線の色も光度もいろいろに違う。それと同じように、同じ環境の放射する同じ原動力でもそれを受ける人の性情と経歴とによってみんな違った作用を生じ、従って違った感情や思考を誘起されるであろう。それで、随筆の読者は、その筆者の所説そのものを考究するよりも、その所説を通してその筆者の背後を照らして不可視輻射線が何であったかを驗出する事に、より多くの興味を見出すことが出来るであろう。そうして更に又その同じ輻射線を受けたときに自分自身の發する固有の蛍光が如何なる色彩と光度を呈するであろうかを実験することによって、始めてそういう種類の読書の真の意義を認めることが出来るのではないかと思われる」。

寺田寅彦はおそらく終生「結晶学」を心の奥底に秘め、強い愛着をもちながらX線結晶学から退いた。そこには寅彦特有の心の優しさ、人の心を傷つけることへの臆病、争うことを嫌い、煩わしい人事の葛藤を避けながら生きた姿とも関連していると思われる。

世界結晶年は、日本においては寺田寅彦によって始まった日本の結晶学を記念するものである。100年前に寺田の播いた種は、西川正治たちの優れた後進に受け継がれ、大きく実っている。