

電波天文学とX線天文学のはざままで

小杉健郎（天文学教育研究センター）

私はもともと電波天文屋で、1976年に当時の東京天文台（現・国立天文台）の野辺山太陽電波観測所に助手として採用され、いらい10余年にわたって電波を手段として太陽フレアの研究を続けてきました。仕事は、電波望遠鏡の開発と製作、観測、データの解析、フレアの本質の研究、と多岐にわたっています。その私が、2年半ほどまえに東京にもどってきて、いまは太陽フレアをX線で観測しようとする Solar-A 衛星のプロジェ

クトにかかわっています。

宇宙からの電波が K. Jansky によって発見されたのは1932年のことですが、第2次世界大戦中のレーダ技術の進展を背景にして、戦後世界各国がきそいあうように電波天文学を始めております。当時の技術水準をかんがえますと微弱な宇宙からの電波を検出することは容易とは言えず、必然的にまず太陽から観測してみようということにした国が多かったようです。日本も例外ではなく、50

年代早々には早くも東京天文台と名古屋大学空電研究所に電波天文の小さなグループが誕生し、太陽電波望遠鏡の建設、太陽電波放射メカニズムの研究を開始しました。ご承知のように電波は波長が長く、解像力を稼ぐことがとても困難です。アンテナの口径を $\sim 100\text{ m}$ 以上にすることは非現実的ですので、多くの小口径アンテナをケーブルでつなぎ「開口を合成する」ことで等価的に分解能 $\sim \lambda / D$ の D を大きくしてきました。これを干渉計といいますが、現在ではたくさんのアンテナを直接ケーブルで結びつけるようなことはせず、アンテナ対ごとの干渉出力を記録し、これを計算機で処理して画像を合成する方法が主流となってきています。

他方、X線天文学のほうは、電波天文学に遅れること約20年、1950年代の後半に始まります。これはX線が地球大気に遮られるため、ロケットや人工衛星といった乗り物の開発を待つ必要があったからです。当初は宇宙X線の検出そのものが大発見でしたが、60年代にはX線の到来方向を詳しく調べる目的で「すだれコリメータ」が考案されました。到来方向の異なるX線は、互いに平行に置かれた2枚のすだれ板を透過できたり透過できなかったりします。この原理を基礎として、すだれ板の枚数を増やしたり、すだれのピッチを互いにずらしたりすることで、いろいろなタイプの「モジュレーション・パターン」を作ることが可能であり、実際にさまざまなバリエーションの望遠鏡が作られてきました。現在では、X線でも長波長側は斜入射鏡などの結像系が実現するようになりましたが、これからも波長が数オングストローム以下のX線領域では「すだれコリメータ」が唯一の画像取得手段でありつづけるものと思われます。

ところで、「すだれコリメータ」はX線粒子の直進性を活用したもので、電磁波の波としての性質、すなわち可干渉性を利用して電波の到来方向を知る電波干渉計とは根本的に異なります。にもかかわらず2素子の電波干渉計と2枚すだれのX線コリメータのあいだには、像合成の原理に共通

項があります。2素子の干渉計のモジュレーション・パターンはサイン波であり、X線コリメータの場合はそれが三角山の形になりますが、いずれにせよ、出力は天空の輝度分布にこのパターンを乗じて積分したもの、すなわち干渉計の場合は輝度分布の(ひとつの)フーリエ成分ということになります。三角山の場合には通常の意味のフーリエ成分ではありませんが、その類似のものです。本当のフーリエ成分なら、また全てのフーリエ成分の取得が行われているのであれば、像合成は単純にフーリエ逆変換を施すことに尽きてしましますが、現実にはCLEAN法、Maximum Entropy法、その他の像合成の特殊なテクニックが必要です。それはともかくとして、電磁波の両極に位置する電波とX線とで意外な共通項があることが御理解いただけたことと思います。

さて、手法に共通項があるだけでなく、太陽フレアの研究、とりわけその高エネルギー的側面の研究にとっては、電波(主としてマイクロ波)とX線(いわゆる硬X線とよばれる波長の短いX線)とは相補いあう関係にあります。電波でのフレアの研究は、まずメートル波帯で活発におこなわれ、60年代後半にオーストラリアのカルグーラの砂漠にアンテナ96基を直径3kmの円周上に配置した電波ヘリオグラフ(太陽写真儀)が建設されて、フレアがコロナに引き起こす擾乱の様子を明らかにしました。その後、フレア研究の焦点は高エネルギー粒子の生成、膨大なエネルギーの発生機構の解明へと移り、これにともない電波観測の力点はマイクロ波へと移ってきました。マイクロ波はフレアで作られた高エネルギー電子が活動領域の磁力線のまわりをジャイレーションすることで放射されます。同じ高エネルギー電子が周囲のプラズマのイオンと衝突すると硬X線を放射しますので、両者を同時に観測すると電子の加速状況、周囲の磁化プラズマの基本的パラメータ、そこへの電子の閉じ込めの状況、などをモデル・インディペンデントに決めることができます。フレアは活動領域のコロナの磁場が突発的に激しい再結合を起こ

す現象であると思われますので、磁場形状の情報を与えてくれるマイクロ波の観測は死活的に重要です。また、X線放射はマイクロ波放射に比べてその機構が単純で、より少ないパラメータで記述できるという利点を有し、したがってX線観測があるとマイクロ波だけの観測では除くことのできない解釈のアンビギュイティを取り除くことが可能となります。

そうした訳で、前回の1980年の太陽活動極大期には、私たち野辺山のグループは、日本の「ひのとり」衛星の運用、衛星データの解析、その他、に参加し、またNASAのSMM衛星のX線望遠鏡グループと共同研究を行って、種々の重要な結果を得てきました。それが嵩じるとどうなるか、ということをおの私が示しています。

今の私は、始めにも申し上げましたとおり、19

91年夏に打ち上げを予定している太陽フレア観測衛星 Solar-A の準備を行っています。なかでも、この衛星に搭載する硬X線望遠鏡を、物理教室の牧島一夫さん、宇宙研の村上敏夫さん、その他の方々と一緒に作っています。「ひのとり」、SMMに搭載された同種の望遠鏡と比べて、格段の性能を誇る事ができる望遠鏡です。世界で初めての「多素子フーリエ合成型」の望遠鏡です。このX線望遠鏡の科学成果を大きくするためにも、野辺山の方で現在計画中のマイクロ波帯の高分解能電波ヘリオグラフ計画が実現することを、強く願っています。やはり私はまだまだ電波天文屋なのでしょう。ふたつのビック・プロジェクトがふたつながら成功することが、現在の私の夢というわけです。