

IAU シンポジウム No. 86

“太陽電波の物理”

甲斐 敬造*

国際天文連合 (IAU) 主催のシンポジウム ‘太陽電波の物理’ (Radio Physics of the Sun) は、世界各国から 100 名余りが参加して、昨年 8 月 7 日から 10 日までの 4 日間、米国メリーランド州立大学において行われた。わが国からは、高倉 (東大理)、河鰐 (名大理)、小杉 (東京天文台) の各氏と私の計 4 名が出席した。1958 年に電波天文学全般にわたる大規模なパリ・シンポジウムが開かれたが、その後、宇宙電波・太陽電波がそれぞれ急速に膨張していくにつれて、両分野が一体となって研究会を持つ機会はなくなった。太陽電波は、太陽物理と一緒にになって、1963 年にフレアの物理学 (米国航空宇宙局)、1973 年にコロナ擾乱 (オーストラリア) 等の国際シンポジウムが持たれた。その後の観測技術の進歩等を考えると、この辺りで太陽電波に限定したシンポジウムを開こうとする機運が高まり、メリーランド大学天文教室のクンドウ教授を組織委員長として、上記のシンポジウム開催の運びとなったのである。

準備は一昨年 11 月頃から始められたのであるが、その直後に組織委員の一人であり、太陽電波天文学草分けの一人でもあるスマード博士急死という事態が起り、このシンポジウムは、急遽スマード博士の追悼シンポジウムとすることになった。余談であるが、この IAU シンポジウムの約 3 ヶ月後には、オーストラリアで太陽－地球間物理関係の国際シンポジウム STIP (Study of Travelling Interplanetary Phenomena) が企画されており、故スマード博士のお膝元で開かれるシンポジウムを追悼記念とする希望が強かったが、結局前述のように決まったと聞いている。

シンポジウムはメリーランド大学学長の挨拶に始まり、Kundu 氏の Introduction、ひきつづいてオーストラリア CSIRO の chairman であるワイルド氏から、追悼記念講演が行われた。本会は、I: 静かな太陽 (6)，II: 活動領域 (10)，III: cm 波帯バースト (10)，IV: m 波帯バースト (10)，V, VI: m, Dm 波帯バースト (18)，VII: 電波、X 線観測 (9) (括弧内は講演数) の順に行われた。太陽電波固有の問題をほとんど包含しているわけであるが、そのなかでとくに興味深い問題を拾ってみよう。

I, II, III を通じてまず目につくことは、cm 波帯で数秒角の超高分解能を誇る観測が、曲りなりにも出てきたことである。オランダのウェスター・ボーグの干渉計

WSRT (Westerbork Synthesis Radio Telescope) とアメリカの VLA (Very Large Array) によるものである。本来は宇宙電波観測用に建設された大規模および超大規模の干渉計であるが、WSRT では主としてクンドウ氏達のグループが太陽観測用に数日のマシンタイムを貰って行ったものであり、VLA では建設途上にあるものを数日間試験観測を行ったものである。両者とも開口合成型の干渉計であるから、きちんとした 2 次元像を得るには地球の自転によるベースラインの回転を利用するためには数時間以上観測したのち初めて一枚のマップが得られる。したがって、静かな太陽や S 成分のように時間変動が遅い対象については 2 次元像を得ることが可能であるが、バーストのように 1 秒程度で激しく変動する現象に対しては、1 次元情報しか得られない。受信機のダイナミックレンジは、太陽観測の観点からするとときわめて狭く、小さなバースト (数十フラックスユニット) で飽和レベルに達してしまう。そのほか、マシンタイムが年間で 1 週間程度しか取れないようであり、出来事の予測がつかない太陽観測には、誠に不都合である。それにも拘らず、わずか数日の観測から数枚の論文を生み出すことができるるのは、やはり数秒角の超高分解能の威力であろう。

WSRT の観測から得られた新しいことは、静かな太陽の東西方向だけでなく、南北方向にも limb-brightening が発見されたことであろう。従来の比較的低い分解能の観測では、南北方向には limb-brightening は検出されていない。また、静かな太陽全面を覆うスーパーグラニュレーションの電波写真も美事である。バーストについてはすでに Ap. J 等に発表されているので、ここでは省略するが、数少ない観測例から導かれた結果のなかには一般性を欠くと思われる点もあるが、それでも現象のキーポイントをうまくつまみ喰いしているとの印象を抱いているのは私一人ではないだろう。WSRT からの結果が、地元オランダのグループからはほとんど出されておらず、クンドウ氏達のグループによって独占されているのは興味深い。

VLA について、その進捗状況等が、アーチャー氏によって話された。昨年秋には、全 27 基のうち 26 基ができ上るという。日食時に行われた顕著な limb-brightening の観測、活動域の円偏波の分布の観測等が、Cal. Tech グループ、メリーランド大グループ等によって報告された。バーストの観測はわずか数例であるが、そのなかに面白い結果があった (波長 6 cm)。バーストの発

* 東京天文台 Keizo Kai

生位置はおもに磁場の中性線上にあって、バースト中にその線上を移動するという。私達野辺山グループによる 17 GHz での観測でも、確かに中性線上で起ると想像されるバーストはあるが、一般的ではないようである。バースト中の移動は、われわれの観測では分解能が不足していて検出がむずかしい。1000 s·f·u 程度のバーストで輝度温度が 4×10^9 K、円偏波率 90% 以上が出されており、発生機構を考えるうえで大変興味深い。

cm 波帯の高分解能観測に関する限り、私が東京天文台野辺山太陽電波観測所の 17 GHz 多相関型干渉計の紹介と、二、三の成果について報告し、小杉氏が、高時間分解能の特長を生かした観測結果等について詳細な報告を行った。この装置は、すでに中島氏によって天文月報(1979年10月号)に紹介された通りであるが、とくに画期的な試みである‘実時間自己較正法’について多くの関心を寄せられた。名古屋大学理学部のグループによる 35 GHz 干渉計の観測結果については、河鶴氏から報告された。

古くて新しい問題が、III型バーストの発生機構の理論である。今回のシンポジウムでも、メルローズ(シドニーダ), スミス(HAO), パパドポロス(メリーランド大), 高倉の各氏が激論を交したようだ。‘ようだ’とは不謹慎な表現であるが、議論がエキサイトしてくると論点が飛び散り、かつ情報密度が大変高くなるので、私は完全には議論に追随できなかったためである。III型バーストの理論は、ビーム・プラズマの相互作用と、縦波から横波への変換過程の二つの問題にわけられる。それらの基本的枠組は、すでに 1958 年にギンツブルグ・ゼレツニアコフによって作られたのであるが、その後、ビーム・プラズマの相互作用に重大な問題があることが指摘された。III型バーストの観測からは、大気の奥深い層で加速された電子が上層から惑星空間へ、プラズマ波を励起しながら飛び出していくと想像されている。一方、理論によると、電子ビームによって励起されたプラズマ波は、わずか数 km の間にビームのエネルギーを喰いつぶしてしまい、分布函数にプラトーが生じてしまう。この矛盾を解決するために、ビームを安定化させる種々のメカニズムが提出されている。イオン音波、イオンプラズマ波によるプラズマ波の散乱とか、ビームの再生効果(leading edge effect)等が、多くの研究者によって提案されており、そのうちどのメカニズムが現実に働いているのか、まだ完全に決着がついていない。

III型バーストを起す電子ビームは、飛翔体によって惑星間空間においてすでに直接測定されているのであるが、今回、リン氏達のグループによってそのエネルギー分布函数が磁力線に沿う方向と、それに直角な方向とで著しい違いがあることが見出された。この結果が理論

にどう反映されるかわからないが、非常に興味深い実験結果である。

そのほかのトピックスを簡単に羅列してみよう。輝度温度が 10^{10} K もある moving IV バーストが観測された。深い円偏波とどう融合させ得るか問題である。I 型バーストの源をマイクロ波(2.8 GHz)のレーダーで探る試みが、スイスのベンツ氏によって行われた。エコーは検出できなかったが、これから I 型バースト電波源のプラズマ波の密度の上限が抑えられた。このところ、シンポジウムごとに発表されているフランス・グループによるメートル波バーストのステレオ観測(地上と衛星)は、とくに目新しい結果ではなく、評判は余り芳しくなかった。それとは対称的に、カネ氏による硬 X 線のステレオ観測(ISEE-3 と PVO)によるスペクトルの同時観測は面白かった。すでに出版されたことの報告であるが、フレア直前の current sheet の電波観測の可能性についてシロバトスキー氏により話された。氏はシンポジウムのあと急逝されたと聞く。変ったところでは、太陽以外の星のバーストの観測である。RS CVn binary, Algol タイプ、フレアースター、M 型超巨星の発する cm 波帯バーストである。規模の差はあるが、太陽のバーストと共通点が多いと思われる。

書評

星の進化と終末

杉本 大一郎 編

(「現代天文学講座」第 7 卷、恒星社厚生閣、昭和 54 年 12 月 25 日発行、260 頁、2,800 円)

“星の進化のドラマは物質世界の叙事詩である”と云う編者の言葉でこの本は始まっている。内容は 8 章からなり、それぞれ、星の誕生(中野)、星の進化(野本)、中性子星とブラックホール(佐藤)、元素の起源(藤本)、連星の進化(杉本)、X 線星(蓬萊)、脈動変光星(尾崎)、宇宙と星の熱力学と進化の源泉(杉本)となっている。

編者は他の解説書のあとがきで、本が一つの作品であるためには、その内容が著者自身の思考の試練をへた体系的描像として描かれ、独自の思想にまで昇華されていなければならないと云う意味のことを書いている。この本も編者のそのような意図に沿ってできあがったものに相違ない。独自の評価の比重であるいわけられた歴史的研究成果を背景とし、著者達自身による研究の成果と理解を筋道として、星の進化の知識を物質世界の創世にかかる壮大な叙事詩としてうたい上げている。

星の進化の過程は、宇宙における元素合成の過程でも