

天文観測技術の最前線 (14)

AOS (音響光学型電波分光計)

—電波を音と光で分光する—

現在、電波望遠鏡による星間分子スペクトル観測の最前線では、世界中ほとんど何処でも AOS (音響光学型電波分光計) が活躍するようになりました。

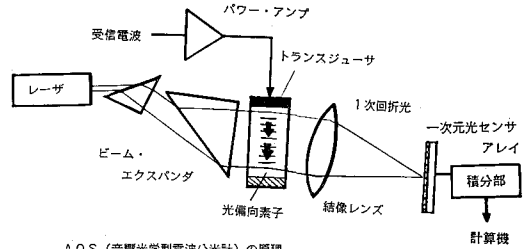
世界で初めて電波天文観測用として実用化された AOS は、今から 20 年前、三鷹にできた 6 m ミリ波望遠鏡用に開発された (チャンネル数 256, 帯域幅 10.4 MHz, 分解能 57 KHz) ものでした。その後多くの改良が加えられ、野辺山宇宙電波観測所の 45 m 電波望遠鏡用には、高分散 (分解能 37 KHz, 8 系統)、広帯域 (バンド幅 250 MHz, 8 系統)、超広帯域 (バンド幅 500 MHz, 1 系統) の各タイプが開発され、共同利用観測などで、ミリ波帯を中心に多くの観測成果を上げています。総チャンネル数は 35,000 という世界的にも稀な大型の電波分光計を構成しています。

図は AOS の光学系の原理を示したものです。中心にある光偏向素子には TeO_2 (二酸化テルル) が多く用いられています。最近では超広帯域 (バンド幅 1 GHz とか 2 GHz) 用に GaP (ガリウムリン) などを使ったものもありますが、帯域内の特性が悪いこと、国産品でなく細かい注文がつけられないのが欠点です。光偏向素子には、電波 (実際は 1 F 信号のアンブ出力) を超音波に変換するためのトランスジューサである LiNbO_3 (ニオブ酸リチウム) に電極を蒸着したものが取り付けられています。

電波望遠鏡で受信された電波は、適正な中間周波数に変換され増幅された後、光偏向素子の中を超音波に変換され通過します。この超音波は入力された周波数と振幅に対応した波長と密度コントラストの疎密波をつくり、回折格子の役割を果たすこととなります。

周波数分解能 Δf は、偏向素子中の音速を v 、音波の進行方向の長さを l とすると、 $\Delta f = v/l$ となります。入力される信号の帯域幅 B は、第 2 高調波が混在しないよう、 $B \leq 2f_0/3$ (f_0 は中心周波数) に設計されます。

光偏向素子に平行光になったレーザ・ビームを照射し、



AOS (音響光学型電波分光計) の原理

超音波で作られた回折格子を通過した回折光を、分解点数 ($B/\Delta f$) 以上のチャンネルを持つ一次元光センサーアレイに集光レンズで集め、ビデオ信号として取り出します。電波の強弱は、回折光=ビデオ信号の強弱になっています。信号は、A/D 変換されデジタル回路で積分し、適当な時間間隔で計算機に渡されリダクションされます。

AOS に用いる光源は単色光である必要があります。これまでは He-Ne 光 ($\lambda=630 \text{ nm}$) が広く用いられてきましたが、大きさ、発熱、高出力での安定性などに問題がありました。最近では CD (コンパクトディスク) の急速な普及もあり、LD (半導体レーザ) の開発が進み、可視光領域で高出力 ($\lambda=670 \text{ nm}$, $\sim 10 \text{ mW}$) のものが製品化されるようになってきました。これを AOS に採用しようとする試みが始まっています。

昨年、野辺山宇宙電波観測所でも、LD を使い小型化した可搬型の AOS の試作を行いました。LD の欠点とされる出力の不安定さや、ビームの非対称性は、APC (Auto Power Control) 回路を付加したり、レンズ設計に工夫を加え、実用化されました。現在、郵政省通信総合研究所・鹿島宇宙センターの 34 m 電波望遠鏡に運ばれ、22 GHz 帯、43 GHz 帯での星間分子観測が試験的に始まっています。すでに SiO ーメザ、 H_2O ーメザ、 NH_3 のスペクトルの観測がおこなわれています。

昨年 12 月、宇電懇 20 年記念シンポジウムが「スペースからの電波天文学」をテーマとして開催されました。電波望遠鏡、特にサブミリ波望遠鏡が宇宙に飛び交う日もそう遠くはないと思われます。その頃までに、衛星に搭載できる小型軽量の新しいタイプの AOS を開発することが新たな目標となっています。

宮地竹史 (国立天文台)

平成 3 年 1 月 20 日

印刷発行

定価 470 円 (本体 457 円)

発行人 〒181 東京都三鷹市国立天文台内

印刷所 〒162 東京都新宿区早稲田鶴巻町 565-12

発行所 〒181 東京都三鷹市国立天文台内

電話 (0422) 31-1359

社団法人 日本天文学会

啓文堂 松本印刷

社団法人 日本天文学会

振替口座 東京 6-13595