

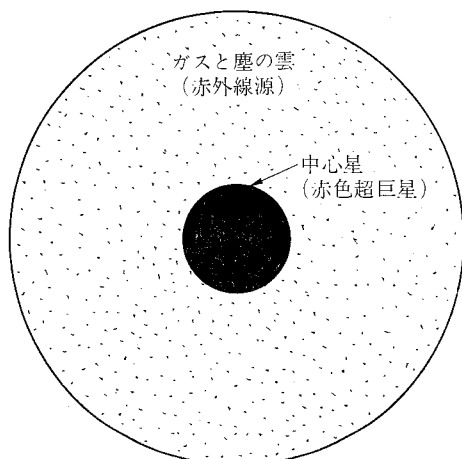
原始星をとりまく OH の 雲

— ラジオ星 こと は じめ —

森 本 雅 樹*

1. 白鳥座 NML

NML Cyg という天体がある。Cyg はもちろん白鳥座のこと、N.M.L. は、この天体の発見者、ノイゲバウアー(N)、マーツ(M)、およびレイトン(L)の三人の名前のかしら文字を合わせたものである。この三人によって白鳥座に発見された天体といった意味である。多くの読者はこれが有名な「赤外線星」であることを御存知であろう。赤外線星の話が目的ではないのでくわしくはお話ししないが、要するにこの天体は、生まれたばかりの星である。まわりに星間塵やガスの濃い雲がただよっている。星によって熱せられたこのような塵が赤外線を放出する、という寸法になっている(第1図)。



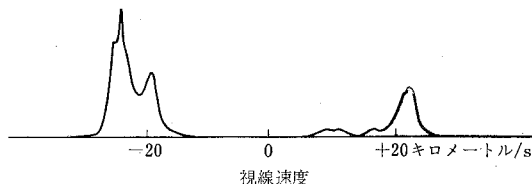
第1図 赤外線星のモデル

2. OH のスペクトル

この天体から OH の 18 センチスペクトル線が見つかった。OH は、もちろん酸素と水素の原子が1コずついた分子である。地上ではこんなものは安定に存在できない。C₂H₅-OH(アルコール)とか Na-OH(苛性ソーダ)とか、他と結合した形で存在している。星間空間ではなかなか結合する相手と出会わないので「遊離基」として存在できるのである。

生まれたばかりの星、原始星のまわりの(赤外線を出す)ガスと塵の雲、OH 遊離基の存在には打ってつけの

* 東京天文台
Masaki Morimoto: Circumstellar OH Cloud—A Step to “Radio Stars”



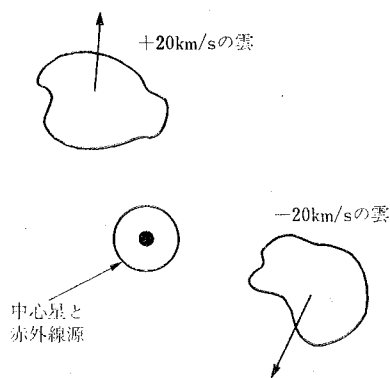
第2図 OH 電波のプロファイル

場所とってよいだろう。

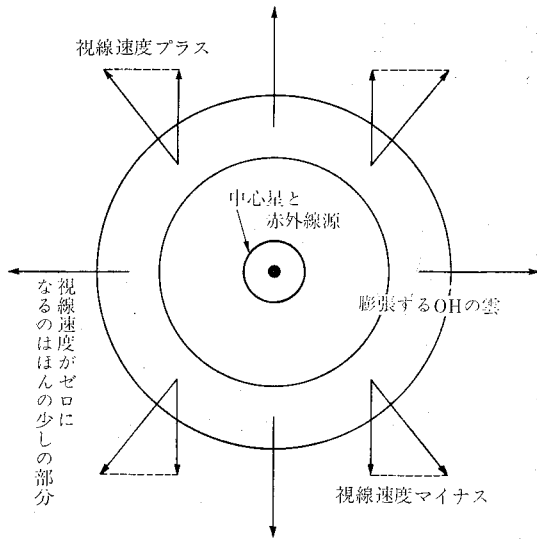
このスペクトル線はおもしろい形をしていた(第2図)。線がハッキリと二つに分かれているのである。一方は視線速度が毎秒+20キロ、もう一方は-20キロである。つまりこの速度でうごく二つの雲のかたまりというところであろうか(第3図)。

「いや、雲が二つというのはへんだ」という疑問も起る。それは、同じような天体から観測される OH のスペクトルがみんな二つに分かれているからである。二つの雲があるならば三つの雲があっても不思議はない。何故みんながみんな二つなのだろうか。これは、第2図のスペクトルの形をもう少しくわしく眺めることによって解決する。グラフの二つの山の外側のふちは鋭くきれていて、内側はなだらかに下っている。ここに眼をつけていただきたい。ちょっと式をひねくれば第4図のようなリング状のガスが外向き(または内向き)の運動をしているのだということがすぐわかる(図には外向きの場合を示した)。むこう向きとこちら向きの運動をする部分が多く、中間のものが非常にすくないので二つに分かれたようにみえるというわけである。

かなりイメージがはっきりして来た。このリングの中心には当然のことながら原始星を置こう。それをとりま



第3図 2つの雲



第4図 膨張リング

いて塵やガスの雲——赤外線源——がある。更にその外側に、OH 電波を出すガスの雲が膨張しているのである。

おなじような天体で中心星が変光星であるものがある。変光と関係して、OH 電波と関係が深いと考えられる H₂O (水蒸気) の電波が強くなったり弱くなったりしている。中心星の変光によって発生した衝撃波が水蒸気やOH のガスの雲の中を外へ向って伝播していく、こんな姿を頭の中に描いた天文学者が多かっただろう。

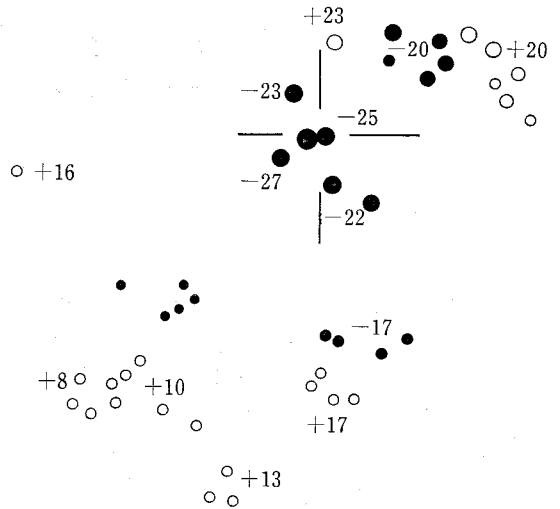
3. 疑問

問題はこれで一段落したかにみえた。しかしまだ続きがある。

問題はこうである。NML Cyg の中心星の(光の)スペクトルをとって速度をはかってみると(衝撃波の中心にあるのだから)、当然 OH のスペクトルの二つの山のちょうどまんなかに来る筈である。ところが実際には星の速度はその一方の山とほぼ一致するのである。これでは、「星を中心として膨張するリング」というイメージとは合わないことになってしまう。

英国ジョドレルバンクのデービスたちは、OH 電波を更にくわしくはかってみた。彼等は数十キロはなした二つの電波望遠鏡を結んで干渉計とし、それで、OH 電波の雲のいろいろな部分の位置をはかることをやったのである。雲が星のまわりにどのようにひろがっているかを調べるのがこの観測の目的である。

スペクトル線の電波を干渉計ではかるのは大変な仕事である。ただでさえ複雑になる干渉観測を、スペクトルのいろいろな部分で個々に行なわなければならない。最低限、第2図の二つの山についてやる必要がある。その



第5図 OH の雲の分布 ——— は中心星の位置

かわり、普通の電波(連続波)で、このようないくつもの電波源を分離しようとする大変に大がかりな観測(口径合成とよばれているあれである)が必要となる。

なにはともあれデービスたちの結果をみていただきたい。第5図の黒い丸白い丸を打ったのがOH の雲の位置で、そのそばについた数字がそれぞれの雲の速度である。わかりやすいためにプラスの速度(km/s)を白丸、マイナスの速度を黒丸であらわした。

前のイメージから行けば、まん中に二つの山に相当する速度が来て、両側に中間の速度の雲が来るはずである。ところが、どうもそうではない様にみえる。ちょうど星の位置と一致するあたりはマイナスの速度になっている。そして、星から左下と右上(南東と北西)にはずれた方向では星とだいたい同じ速度、つまりプラスの速度になっている。

つまりこうである。

(1) 星のすぐそばにみえている部分、つまりマイナス約20キロで運動する雲は実は星の手前にあって我々に近づく運動をしている雲である(第5図の黒丸がそれにあたる)。

(2) 星のすぐそばには、向う側にあって、我々から遠ざかる雲がある筈であるがみえない。星のまわりを大きく包んでいるガスの雲(赤外線を出すガスと塵の雲の更にまた数倍の大きさがあればよい)にかくされて見えないのだろう。

(3) 両側にあって星とおなじ速度の雲、これはもうあきらかである。星から横向きにとび出す雲である。横向きの運動なので中心星との間に視線速度の差は出ない。

星のまわりにガスの雲を登場させて問題は解決となる。いや待てよ、とお思いの方があられるかもしれない。第5図にもどって、「右上の白丸と左下の白丸とでは速度がだいぶちがうではないか」という疑問である。平均して約10キロもちがう。われらのOHの雲が全体として大きく回転していると考えたらどうだろうか。回転速度は約5キロ、第6図を上からみて反時計まわりに回転してやる。右上の部分は遠ざかる速度が、左下の部分は近づく速度がそれぞれ約5キロずつ加わってちょうどまい具合に説明がついてしまう。

4. 身長、体重、胸囲

さてここまでイメージがハッキリしたら、いろいろな観測値を使って、われらのOHの雲の実際の姿を描き出すことができる。

この星までの距離は約500パーセク(1,500光年)、雲の視半径約3"から、雲の大きさは半径約1,000天文単位、回転速度約5キロであるから回転周期は約千年ということになる。

おなじように考えて、このガスが、中心にある星を出発したのは100年ほど昔ということになる。すぐにわかるようにこれは実におどろくべきことである。

ガスの密度は、これはスペクトル線の強さから求めるというのが天体物理のイロハである。しかし、OH電波の場合はそんなにうまく行かない。それは、この電波が例のメーザー作用によって出ているからである。OH 10分の電波が何億分の1ワットで、全体の強さを説明す

るためにはその何倍という具合には行かないのである。

ガスがあまり濃いとOH分子が他の粒子(主として水素分子と原子)と衝突してメーザー作用がだめになる。あまりうすいと、OH分子の数が足りなくてメーザー作用がダメになる。といったことからガスのだいたい密度がきまる。雲の大きさから、われわれの「膨張リング」の重さがわかる。デービスたちの計算では、太陽質量の約1/10ということである。

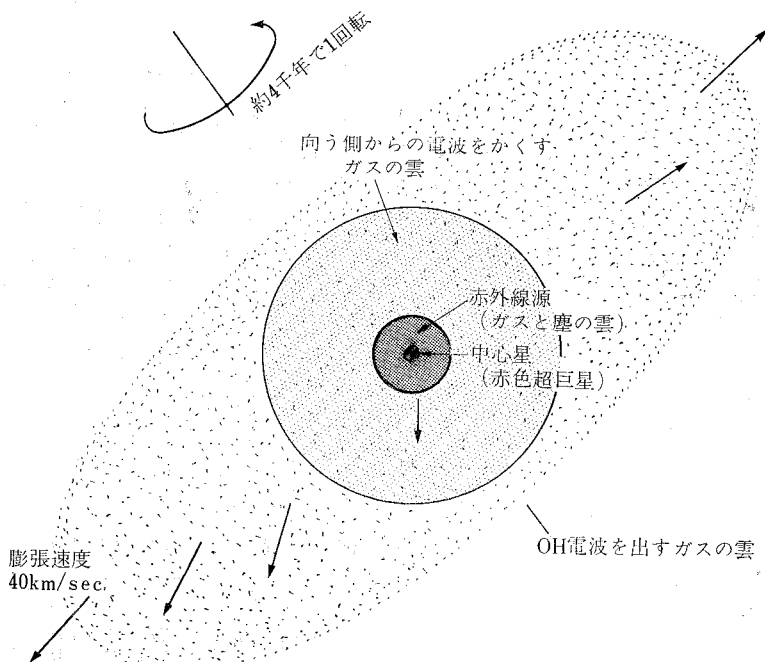
まん中の赤外線を出すガスと塵のかたまりはこのリングの1/10くらい大きさで太陽質量の約千分の一の質量だそうである(これは、NML Cygの出している赤外線線の強さを説明するのに必要な塵の量からガスの量を推定して求められる)。

うしろにあるプラスの速度のOHの雲をかくしているガスのかたまりは太陽の数十分の一の質量で一部電離している。こうやってわかったことを、第6図に書きこんでおいた。

5. 質量放出

これでだいたい話はおしまいである。

NML Cygは、ジョドレルバンクから観測するには非常によい位置にあり、とてもくわしくしらべることができた。大犬座VY星などもおなじようなデータが得られてはいるらしいが、南天にあって低いので、ジョドレルバンクの干渉計では一方向にしか位置がはかれない。同じような観測を南半球でやればおなじような結果が出るだろう。



第6図

しかしこれで大団円では話がおもしろすぎる。いっそのこともっとおもしろくしてみたらどうだろう。それは、星からの質量放出である。

半径1,000天文単位、太陽質量の10分の1のガスのかたまりが毎秒40キロの速度で膨張したら、この星から出て行くガスは1年に太陽質量の約1/1,000ということになる（前に計算した中心星を出発して百年で現在の位置に来るという計算がそれにあたる）。百年で太陽質量の1/10を持って来るのだから、この星の質量を（赤色超巨星の標準として）太陽の5倍としても、5千年でこの星が消えてしまうわけである。これはちょっとオーバーではないだろうか。

おなじような現象がみつまっている星は前にちょっとふれた大犬座のVY星などかなりの個数にのぼる。このような現象が、中心星の異常現象→ガスの放出という短期間で片付いてしまう現象であればあるいは星がなくなってしまうという大げさなことまで考えないでよいかも。しかし、そんなに短期間で片付いてしまう現象がかなりの数の星にみられるということは非常に頻繁に起っていることを示し星からの質量放出の量としてはやはりずいぶん大きなものになってしまう。

OHの電波からガスの密度を求めるのがむずかしいことは前にもお話しした。この推定が100倍もちがえば、質量放出も1/100ということになる。このところはあまりハッキリしない。

レーザー作用でない分子のスペクトル、うしろの電波をかくしているガス球の電波連続スペクトル（これからガスの温度がわかり密度推定の一つの手がかりになる）等々、今後の観測に待つところが多い。

6. 星と電波

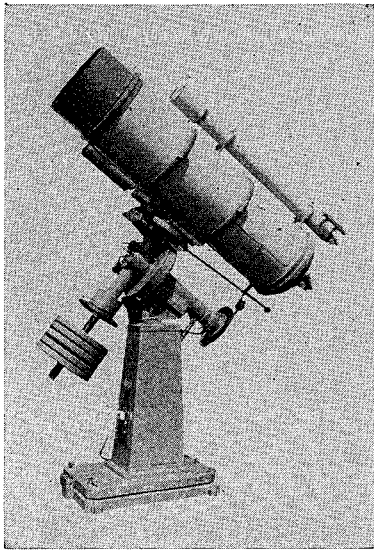
星を包むガスの雲——サーカムステラーエンベロープ——の姿がこのようにハッキリと描き出されたのはきつとはじめてであろう。

それと同時に、電波のはなしに星の名前（VY CMa だとか NML Cyg だとか）やら赤色超巨星やらという言葉がどんどん出て来るのはじめてのことではないだろうか。

昔は電波源のことを「ラジオ星」と呼んでいた。そして、この様な解説のたびに、「星はほとんど電波を放射しない。電波を出す天体は、多くは星雲である。ラジオ星という言葉は誤解を招くから好ましくない」と言い続けなければならなかった。そして電波源という呼名が定着すると、こんどは星の電波のはなしをしなければならなくなってしまった。

パルサーも「中性子星」という立派な星である。最近のへび座、いるか座等の新星の電波もみつまっている。それどころか、アルゴル(β Per), アンターレス(α Sco) もラジオ星である。

星の電波天文学の幕がひらかれようとしている。



天体望遠鏡
ドーム、製作

西村製の天体望遠鏡

40 cm 反射望遠鏡の納入先

- | | |
|--------|---------------------|
| No. 1 | 富山市立天文台 |
| No. 2 | 仙台市立天文台 |
| No. 3 | 東京大学 |
| No. 4 | ハーバート大学 (USA) |
| No. 5 | ハーバート大学 (USA) |
| No. 6 | 台北天文台 (TAIWAN) |
| No. 7 | 北イリノイズ大学 (USA) |
| No. 8 | サン・チェゴ大学 (USA) |
| No. 9 | 聖アンドリウス大学 (ENGLAND) |
| No. 10 | 新潟大学高田分校 |
| No. 11 | ソウル大学 (KOREA) |
| No. 12 | 愛知教育大学(刈谷) |

606 京都市左京区吉田二本松町 27

株式会社 西村製作所

TEL. (075) 771-1570
691-9580