

## 理科年表の中の宇宙電波

井 上 允\*

電波天文学は 1932 年に K. G. Jansky が宇宙からの電波を受けたことに始まる。彼は雷による雑音によって通信が受ける影響を調べているうちに、妙な電波源に気がついた。それは 1 日のうちで東から西へ位置を変えて行った。更に詳しい観測でその位置は天球上に固定しており、赤経 18 時 ±30 分、赤緯  $-10^\circ \pm 30^\circ$  であることがわかった。これが電波によって宇宙を見た最初である。この最初に見たものが何であったのかは天 68・69 の天第 6 図を見ていただければ容易におわかりいただけるであろう。Jansky の仕事に興味を持ったのは電気技師の G. Reber で彼は自宅の裏にアンテナを作り、空のサーベイを始めた。この結果が雑誌に発表され、第 2 次大戦中ドイツ軍占領下でそのコピーを見たのがオランダの天文学者 J. H. Oort と H. van de Hulst 達である。ここで電波天文学は最初の大発展をとげる。即ち中性水素の出す波長 21 cm のスペクトル線の発見である。以後 1960 年代には天文学をわかせた準星や、パルサー等の天体に関して電波天文は偉大な貢献をしていく。

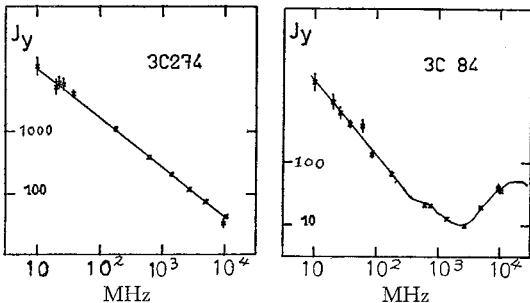
我国でも戦後間もなく電波天文学が始められたが主力は太陽電波であった。理科年表には昭和 37 年版から電波天文の項目が見られる。これは天体電波という項目で、細目は太陽電波と、銀河電波と電波星、という二つであった。ここでいう電波星とは天第 6 図に等強度曲線で示されるような広がった電波源ではなく、星印で示されているような点源を星になぞらえて電波星といったものである。従って実際の星とは関係がなく、最近では

この言葉は殆んど使われなくなっている。しかし近年本物の星のある種のもの比較的強い電波を出しているのがわかってきた。これは特に SiO メーザーで著しく、天 99 に詳しい説明がある。この分野は他の星間分子の出す線スペクトルの研究と共に現在大きく発展しつつある分野で、星の周囲や、星が誕生する前のガス雲の様子を明らかにしつつある。

銀河電波の強度分布図(天第 6 図)は大分昔に得られたものであるが大勢は Reber の昔から変わっていない。この図はオハイオ州立大学の  $49m \times 7m$ 、ビーム半値幅赤経方向  $1^\circ$ 、赤緯方向  $8^\circ$  という分解能のわるいアンテナで得られたものである。等強度曲線は  $6^\circ K$  単位で引かれており、数値が 0 の所が  $80^\circ K$  に対応する。従って例えば数値の 5 は  $6^\circ \times 5 + 80^\circ = 110^\circ K$  の温度を示している。電波天文では電波の強さの単位は温度(K) 或いは輻射密度(Jy) という量で表わされる。後者の Jy は先に述べた電波天文の創始者 Jansky に因んでつけられたもので、ジャンスキーと呼ばれる。これは前回の IAU 総会(1973 年)で決定された。以前はフラックスユニット(f.u.)と呼ばれており、 $1 \text{ Jy} = 10^{-26} \text{ Wm}^{-2}\text{Hz}^{-1}$  ( $=1 \text{ f.u.}$ ) である。これは単位面積の中に入射する電波のエネルギーを単位周波数、単位時間当りの量で表わしたものである。受かるエネルギーをプランクの法則に従う黒体で考えたらどうなるか? ある温度を持った黒体でアンテナをおおうとその温度に対応する黒体輻射が受かる。この輻射の強さを黒体の温度で表わすのである。特に電波の場合プランクの法則はレイリー・ジーンズの法則で近似出来て、温度と輻射密度とは比例する。

天第 6 図で白丸の大きさは 250 MHz でみた電波源の大きさをほぼ示している。白丸と黒丸の強度は光と同様の等級で分類され 1 等級は  $10^4 \text{ Jy}$  に対応するが等級での表し方は現在では使われていない。点源だと思われたものはその後分解能や受信機の感度があがって細かいところまで位置や構造がわかるようになると、電離水素領域や超新星残骸のような大きさ数分角から数秒角のもの、更に準星などは超長基線干涉計により 1 万分の数秒角までも分解されるようになり、また弱い電波源もいろいろみつげられた。

電波源の表(天 70, 71)は点源状のものを表にしたものであるが、天第 6 図にあるものと必ずしも対応していない。これは周波数 2.7 GHz で見て強い(明るい)ものを準星とパルサーを除いて集めたもので、電波強度は 2.7



(a)  $F_{\nu} \nu^{-0.80}$  となっている 3C 274 (Vir A) (b) 電波スペクトルが P 型の 3C 84.  $10^3$  と  $10^4$  MHz のあたりにピークがある。

(M.P. Véron, P. Véron & A. Witzel, 1974)

図 1

\* 名大理学部

M. Inoue: New and Old Radio Sources

GHz の値が示されている。電波スペクトルの例は図 1 (a), (b) にみられるようなもので、縦、横軸とも対数目盛でとってある。(a) は 3C 274 で、直線の傾きがスペクトル指数である。高周波領域で直線から外れてもり上っているようなものは表では P と示されており、1 図 (b) の 3C 84 のような例がある。天 70, 71 の表の下の注 1) で  $F_{\nu} \propto \nu^{\alpha}$  となっているが図 1 (a) と比べると符号が違っていることがわかる。以前は  $F_{\nu} \propto \nu^{-\alpha}$  で  $\alpha=0.80$  と表していたが最近では  $F_{\nu} \propto \nu^{\alpha}$ ,  $\alpha=-0.80$  という書き方も混用されている。がともかく  $F_{\nu} \propto \nu^{-\alpha}$  とするか天 70, 71 の表の  $\alpha$  の数値に全て負号をつけるかどちらかにしなければ誤りである。

電波構造のサイズの欄で、ハロー+芯というのは例えば卵 1 個で作る目玉焼を考えればいい。まわりの自身はハローで電波が弱く広がっており、黄身が芯で、小さく強い。これはスペクトル型のもち上った成分に対応することが多い。双対型とはメガネのような形で、鼻がかかるあたりメガネの中心に光でみると銀河がよく見られる。双対型の例は図 2 に示した。備考には別称等があげられている。3C 295 が最も遠方の銀河となっているが現在では 3C 123 (cD 又は E 型に分類) が 70 億光年の距離にあることがわかり、最も遠方の銀河である。

パルサーは現在 100 個以上が見つかっており、いまでも毎年数個程度発見されている。パルスの電波強度はセンチレーションその他で変動が大きい表は 1 つのパルスに含まれるエネルギーの平均を示している。Jy 単位にするにはこの値をパルス幅で割ればよいがパルサーの場合この表のような単位で表わしている。光で見えるのは PKS 0531+21 (かにパルサー) のみで残りは電波や X 線でしか見られない。

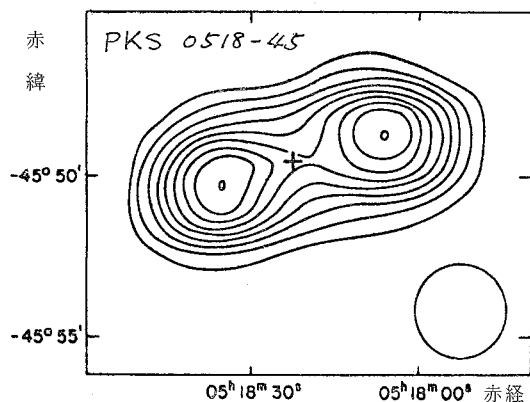


図 2 双対型構造を持つ PKS 0518-45 の強度分布図。周波数は 408 MHz で等強度曲線の間隔は 1245°K。中心附近の十印は光で見える銀河で右下の円はビームの大きさを示す。(R.T. Schilizzi & W. B. McAdam, 1975)

準星は現在我々が知っている最も遠方に属する天体で、我々からの距離は赤方偏移によって表わされる。これは膨張宇宙論に基づき、フリードマン・モデルで減速係数  $q_0=1$  と仮定した場合、赤方偏移と距離  $R$  との関係は  $R=2c\{(1+z)-(1+z)^{1/2}\}/H$  (Mpc; 1 Mpc=10<sup>6</sup> pc) となる。ここで  $c$  は光速、 $H$  はハッブル定数で、電波源の表にある距離は  $H=100$  (km/s)/Mpc と仮定して算出してある。膨張宇宙論によると遠方の天体ほど早く後退しており、後退速度  $v$ 、距離  $R$  とすると  $v=HR$  となる。ハッブル定数を決めるには遠方の天体の後退速度とその天体までの距離を知らねばならない。後退速度はその天体の発する光のスペクトル線を観測して、そのドップラー偏移の量を知れば良い。光の波長は相当正確に測定することが出来、後退速度ははっきり決められる。しかし距離を決めるのは大変にむずかしい。ケフェウス型変光星が見分けられる程度の近い距離にある銀河はそれを利用して距離を求める。それより遠くでは球状星団や、更には星雲団中の 3 番目とか 10 番目とかに明るい銀河はどの星雲団でも実際の明るさ (絶対等級) が等しいであろうと仮定してこれを標準光源として距離を決定する。しかし遠方の銀河では進化の影響が入っていて明るさが等しいという仮定は怪しくなるであろうし、進化の影響を知るには距離がわからないとむずかしい。このように距離の決定には大分不正確さが入っている。距離が怪しいとハッブル定数が怪しくなり、ついでには赤方偏移から求める距離が怪しくなる。ハッブル定数の値はだんだん小さい値に改変されており、最近では  $H=50$  (km/s)/Mpc 程度に落ち着いているようである。このように不確実性がいろいろあるので、遠方の天体で赤方偏移しか距離の手がかりがない準星などの場合、赤方偏移をそのまま距離に関する量として示すことが多い。

ハッブル定数に関して先程後退速度が大きい天体ほど遠方にあると述べたが、それでは距離がずっと遠くなって、後退速度が光速  $c$  に等しくなるような所はどこであろうか? このような所からの光は波長が無限大になり我々は見ることが出来ない。そこまでの距離を  $R_{\infty}$  とすると  $R_{\infty}=c/H$  となる。またここから出た光は光速で今やって来た (ハズ) ののであるから、要した時間  $T$  は  $T=R_{\infty}/c=1/H$ 、これは宇宙の年令に他ならない。従ってハッブル定数は宇宙の大きさや年令を知る上でも重要な量である。さらに正確に宇宙のモデルを決定する為にはハッブル定数はもちろん、減速係数や密度係数を観測から求めなければならない。このような宇宙スケールの量は宇宙スケールに散らばっている天体、準星や電波銀河などの観測から求められるが、現在のところハッブル定数以外は殆んど信用出来る値が求められておらず、今後の観測の進展に期待がかけられている。