

## ●●●●あの論争は…いま？ (4) ●●●●

## クエーサーの赤方偏移をめぐる論争

*Controversy on Redshift of Quasars*

田原博人

〈宇都宮大学名誉教授〉

e-mail: htabara@cc.utsunomiya-u.ac.jp

論争の種: クエーサーの赤方偏移の解釈をめぐる

論争の期間: 1963年から1970年代の中頃

主な対立点: 赤方偏移は、宇宙の膨張か、それ以外の可能性によるものか？

現在有望な説: 宇宙の膨張による宇宙論的な解釈

## クエーサーの登場

論争の多くは後になってみれば、自然な解釈に落ち着くのが普通である。ここで紹介するクエーサーをめぐる論争も例外ではなかった。論争の始まりは40年以上も前であるが、話はさらにさかのぼったところから始めよう。

第二次世界大戦後に電波の観測が本格化し、宇宙には電波を出す天体がたくさんあることがわかってきた。その正体が何物かを理解するには光で見たときのような天体に対応しているかがわからなければならない。そのためには、電波源の位置を知る必要がある。そこに星と違った特異な天体があれば対応はしやすい。銀河系内の星雲や近傍の銀河との同定が進む中で、1954年に白鳥座A (3C405) (ケンブリッジ大学が電波のサーベイ観測によって作成した3番目のカタログの中の405番目の電波源)の赤方偏移( $z$ )が0.056で、距離に直すと8億光年という当時では驚くほど遠方の銀河であることがわかった。さらに1960年になるとミンコフスキーにより3C295が $z=0.46$  (50億光年)の銀河であることがわかった。

電波源の位置の精度が向上したこともあり、い

くつかの電波源は星状の天体に同定できるようになった。その一つが3C48で、マッシュズとサンデーにより16等級の青い星に同定された。しかし、そこには通常の星のスペクトルとは全く違った幅の広い輝線スペクトルがあった(1960年)。引き続き3C196, 3C286も青い星に同定され、同じく幅の広い輝線が観測された。

当時は銀河系内の不思議な「星」と思われていた天体の正体が明らかになり始めたのは1963年のことである。その前年の1962年に強力な電波源である3C273が8月と10月に月に隠されるチャンスがあった。この機会を利用すれば、3C273の位置を正確に決めることができる。ハザード、マッケイ、シミンズらはパークス64m電波望遠鏡を使って観測を行った。得られたデータをコピーして別々の飛行機で運ぶという慎重さで大学に持ち帰り、解析の結果、点源にジェットを伴う構造が見つかった。すぐさま、シュミットに知らされ、パロマ山の200インチ望遠鏡の写真乾板から、光でも星状の天体とジェット状の構造が対応していることが確認された。引き続きスペクトル観測が行われ、輝線の配列が水素のバルマー系列に似ていることにひらめき、それを15.8% ( $z=$

0.158) ずらすことで見事に一致できることを見つけた<sup>1)</sup>。  $z=0.158$  ということは、この天体が 44,000 km/s という速度で後退していることを意味している。スペクトルが大きく偏移していることがわかると、電波源に同定されたほかの星状の天体についても、次々と大きな  $z$  の値が見つかった。

これらの天体は、始めは星状に見える電波源ということで準恒星状電波源 (quasi-stellar radio sources) と名づけられたが、これを縮めた造語クエーサー (quasar) が広く使われるようになった。

クエーサーから放出されるエネルギー源の正体は何かをめぐってさまざまな議論が展開されたが、ここではそれを考える前提となるクエーサーが示す赤方偏移 ( $z$ ) の値をめぐる論争<sup>2)</sup>を中心に紹介しよう。

## 銀河系近傍説の立場から

クエーサーはその  $z$  が示す宇宙論的な距離だとすると、遠いものは 50 億光年以上も彼方において、銀河全体の 100 倍以上という膨大なエネルギーを放出していることになる。しかもそれが時間変動していることから、極めて狭い領域から放出されていることになり、そのような天体はきわめて考えにくい。となると  $z$  の値は、宇宙膨張によるものではなく、何らかの理由で猛烈な速度をもったものと説明したくなる (テレル)。

こうした近傍説が根強かったもう一つは、宇宙論的距離への決め手がない中で、銀河系近傍説を支持するかのような観測結果が次々と出てきたことである。

その代表がアープである。彼は特異銀河に着目していた研究者である。特異な銀河の近くにクエーサーが多い傾向があるとか、写真上ではつながっているように見える銀河なのに互いに  $z$  が大きく違うと主張し、クエーサーの  $z$  は宇宙論的なものではないとしていた。

五つの星雲が一列に連なっている VV172 のス

ベクトル観測 (サージェント) やお互いがつながっているようなステファンの五つ児のスペクトル観測 (バービッジ夫妻) から、その中の一つの銀河のみは  $z$  が大きく異なっている。こうした観測から、銀河中心の爆発で新しい星雲がつけられたに違いないという考えが出された。

こうしたことから、クエーサーは銀河の爆発により高速度になった天体で、 $z$  はそのドップラー効果を反映したもので、実際は銀河系近傍の天体という考えにつながった。そうであれば、私たちの方向に向かうクエーサー、すなわち、青方偏移を示すものが観測されてもよさそうであるが、そうしたものは何一つ見つからなかった。それに対しては、クエーサーは私たちの銀河系の中心とか、ごく近傍における銀河の爆発で吹き飛ばされ、われわれに向かったものはすでに通り過ぎていくという解釈が返ってくる (テレル, ホイル, バービッジ)。

## 宇宙論的な距離とする立場から

$z$  を宇宙論的な距離とすると、すぐ気づくことは、銀河に見られるように、クエーサーの見かけの明るさが  $z$  とともに暗くなっているかどうかである。調べた結果、ある程度の相関傾向は見えるものの、説得力のある根拠にはならなかった。クエーサーの途中に中性水素があれば光が吸収を受ける。特にライマンアルファ線 1216Å より短い側の連続スペクトルは吸収を強く受けるはずである。ところが、当時の観測結果からは顕著な減光は見られなく、クエーサー近傍説を補強するものにとらえられたが、水素は中性でなく電離していると考えたことで、宇宙論的な立場はそれほど傷つくことはなかった。

世の中は宇宙論的な距離ということで大勢はかたまりつつあったが、何といてもそのことが直接観測できるならそれが望ましい。銀河団に属するクエーサーを探し、銀河団中の銀河とクエーサーの  $z$  が等しければ、宇宙論的距離への決着が

つくのではと考えられたが、観測できたのはしばらく後になった1971年のことである。またクエーサーの明るい星状の周りにぼんやりとした広がりがあることは当初からわかっていたが、これがクエーサーの母銀河であることが確認されるにも年月が必要であった。

観測技術が進むにつれ、多くのクエーサーで、銀河間のガスの塊によると見られる吸収線がたくさん見つかるようになった。しかし始めの頃は、クエーサーからいろいろな速度をもって次々と噴出したガスによる吸収のため、必ずしも宇宙論的な距離とは断定できないとの反論が出された。決定的と思われる観測事実でも、事例が少ないと、いくらでも反論は可能である。

クエーサー登場の発端は電波であったが、 $z$ をめぐる論争の舞台は主として光学天文である。電波天文の立場からは、強度の時間変動や21 cmの吸収線の観測もあったが、クエーサーの広がった電波源が電波銀河に見られる二つ目玉の電波構造と類似なこともあり、宇宙論的な立場を支持していた。

こうした論争とは別に、電波天文では電波望遠鏡の受信感度や角分解能の向上に向け技術開発が進められ、それまで分解できなかったクエーサーのコンパクト電波源が複数の電波成分に分かれていることが明らかになった。これらの観測が進む中で1970年に入ると、驚くべき観測結果が発表された。いくつかのクエーサーについて、この成分の間隔が時間とともに広がっており、クエーサーを宇宙論的な距離に置くと、その速度が光速の10倍以上に達するというのである。これを素直に解釈すると、クエーサーは宇宙論的な距離ではなく、もっと近くの天体ではないかという近傍説となるが、光速に近い速度で動くと、見かけ上光速以上になるのは不思議でないことがわかり、かえって宇宙論的な位置づけを強化することに

なった。

## 決着は観測の積み重ね

話を終える前に、当時のわが国の状況に触れておく。クエーサーの発見以前から、宇宙線や電波に関係する研究者のグループは、電波銀河に関心をもっていた。また、当時M82銀河の爆発的な現象が脚光を浴びたこともあって、電波銀河の電波は銀河中心から放出されたものという立場をとっていた<sup>3)</sup>。したがって、クエーサーも当初から宇宙論的な距離にある天体と理解していた。私もそうした議論の中で育ったので、初めからクエーサーは銀河中心核の出来事と考えていたし、観測結果の吟味も不十分なまま単純に近傍説に結びつけるのが不思議でならなかった<sup>4)</sup>。

クエーサーの赤方偏移の解釈をめぐるのは、論争というより、観測結果が多様な解釈を可能としていたことで研究者が振り回されたという感じがする。そうはいても、セファート銀河以外の銀河にあっても中心核の性質がクエーサーに似ていること、クエーサーのほかにBLLac天体など類似の天体がたくさん見つかったこと、クエーサーの母銀河の存在が明確になったこと、さらにはクエーサーの吸収線観測の蓄積などにより、70年代の中頃には、赤方偏移は宇宙論的なものとして一段落した。決定的な観測で決着がついたというより、観測の積み重ねの結果である。しかし、例外もあるかもしれないという余地もあり、あまり歯切れのよい決着とはならなかった。

## 参考文献

- 1) Schmidt M., 1963, Nature 197, 1040
- 2) 論争に関連する論文の多くは、「The Redshift Controversy 1973 W. A. Benjamin, Inc.」に収録されている。
- 3) 長谷川, 会津, 1964, 科学 34, 534
- 4) 田原, 1976, 日本の科学と技術 17, 50