
クェーサーの観測による宇宙膨張の実証

鈴木 沙也香 (高2) 【茨城県立竹園高等学校】

廣田 美香 (高2) 【銚子市立銚子高等学校】

遠藤 幹大 (高1) 【仙台市立仙台青陵中等教育学校】

金丸 尚雅 (高1) 【私立函館ラ・サール高等学校】

1. はじめに

私達は、宇宙がどうやってできたのかについて興味を持った。そしてビッグバン宇宙論が、宇宙誕生のシナリオの最有力候補であることを知った^[1]。ビッグバン宇宙論によると、宇宙は膨張し続けているとされている。果たしてそれは本当なのだろうか。

それを調べるために、遠くの天体と近くの天体の赤方偏移を測定して比較した。これは、宇宙が膨張していると仮定すると全ての天体は地球から遠ざかっており、さらに、近くの天体よりも遠くの天体の方が後退速度が大きくなるという特徴に基づくものである。このとき、天体の後退速度は、光の波長が赤い側にシフトする赤方偏移 ($z + 1 = \text{観測波長} \div \text{元の波長}$) として観測されるため、宇宙が膨張しているのであれば、近くの天体よりも遠くの天体の方が赤方偏移が大きく観測されるはずだという仮説が立てられる。この仮説を実証するために、私達は大きな赤方偏移量が観測できると考えられる、できるだけ遠くの天体を観測するべきだと考えた。そこで、私達はクェーサーを観測することにした。クェーサーはとても明るい光を発している天体で、遠くにあっても観測できるため、観測目的に適していると考えたからである^[2]。今回はクェーサーの1つである **APM 08279+5255** の観測を行い、赤方偏移を測定した。また近くの天体として、**M77** という銀河の赤方偏移を過去の観測データを解析して測定した。そして、これら2つの赤方偏移を比較することで、宇宙の膨張を実証していくことにした。

2. 観測

私達は、仙台市天文台の 1.3 m ひとみ望遠鏡を用いて、**APM 08279+5255** というクェーサーの測光観測を行った。測光観測とは、天体から届く光のうち決められた波長帯の明るさのみを観測する方法である。つまり、測光観測によって、天体の波長帯ごとの等級を知ることができる。今回は、ひとみ望遠鏡に備えつけられているフィルターのうち、**B, V, R, I** バンドに相当する4つの波長帯のフィルターを用いて観測した。当初は12月23日に各バンド120秒露出で4枚ずつ観測する予定であったが、天候不良のため12月25日に延期となり、各バンド1枚ずつの観測結果となった。

3. 結果

今回の観測で得たデータを、画像解析ソフト **Makali** を用いて解析した。クェーサー (**APM 08279 +5255**) の等級を測定するにあたり、標準星は同じ視野内で等級が分かっている恒星を用いた。観測データでは天体の明るさがカウント値として示されているため、以下の式を用いてクェーサーの等級を求めた (表 1)。

$$m_{qso} = -2.5 \log(C_{qso}) + \{m_{std} + 2.5 \log(C_{std})\}$$

(m_{qso} : クェーサーの等級、 C_{qso} : クェーサーのカウント値、 m_{std} : 標準星の等級、 C_{std} : 標準星のカウント値)

表 1 : クェーサーの観測結果と文献値

バンド	B	V	R	I
観測結果	17.6±0.09	16.7±0.06	15.0±0.02	14.5±0.05
文献値 (SIMBAD)	19.2	—	14.5	13.9

この結果から、クェーサーの測光赤方偏移 z を求めた。測光赤方偏移とは、天体のモデルスペクトルと測光観測による各バンドの明るさを比較して導かれる赤方偏移のことである。今回の観測から、 $z = 4.1$ が求められた。

またクェーサーの絶対等級が、活動銀河核の理論的光度であるエディントン光度で決まっていると仮定すると、クェーサーの R バンドにおけるみかけ等級と絶対等級の差から、クェーサーまでの距離が 1.5 Gpc (約 50 億光年) と求められた。

また、過去にひとみ望遠鏡を用いて分光観測された M77 のスペクトルデータを解析し、M77 の赤方偏移について $z = 0.007$ が求められた。M77 までの距離については、参考文献から 14.4 Mpc (約 4700 万光年) という値が得られた。これらの結果をまとめると図 1 のようになる。

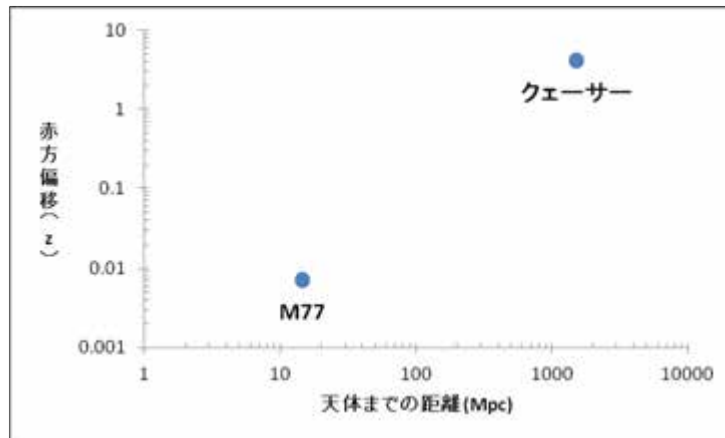


図 1 : 天体までの距離と赤方偏移の関係

4. 考察

結果より、クェーサーの方が M77 と比べ地球からの距離が遠く、赤方偏移量も大きいということが分かったため、宇宙は膨張しているということが言える。

さらに別の観点から見ると、クェーサーの赤方偏移量は $z = 4.1$ であるということが分かり、これが光のドップラー効果の式によるものの場合、後退速度を表す式は $v = cz$ となる。この式にこの数値をあてはめると、クェーサーの後退速度は $v = 4.1c$ という結果が導かれ、クェーサーが光速の 4.1 倍の速度で後退していることを表す。しかし、この結果は質量を持つ物体は光速を超えられないという原理に反してしまう。このようなことが起きた原因として、ドップラー効果の式だけではこの現象は説明しきれないと考えることができる。するとこの結果は、クェーサー自体が後退しているのではなく、宇宙空間そのものが膨張しているためと考える方が良い事を示している。

これら二つの観点から得た証拠から、宇宙は膨張しているということが実証できた。

[1] 佐藤勝彦・二間瀬敏史 編、「シリーズ現代の天文学 2 宇宙論 I」、日本評論社

[2] 谷口義明・岡村定矩・祖父江義明 編、「シリーズ現代の天文学 4 銀河 I」、日本評論社