

---

# 宇宙膨張と赤方偏移

チーム名：Redshift

石井 菜摘（高2）【横浜市立横浜サイエンスフロンティア高等学校】、小倉 涼太郎（高2）【群馬県立高崎北高等学校】、佐藤 凜（高1）【宮城県宮城第一高等学校】、山川 碧【名古屋市立中央高等学校】

---

## 1. はじめに

私たちは宇宙膨張とは本当にしているのかどうか疑問を持った。そのため今回の研究の目標は宇宙膨張の証拠を得ることに決めた。それを知るためには遠い天体を観測する必要があると考えた。そこで私たちが目を付けたのはクェーサーだ。クェーサーは明るくで、かつ遠くにある天体である。遠くにあるので大きく赤方偏移していると考えられる。このような予測から私たちはクェーサーを観測して赤方偏移を調べることにした。

## 2. 観測

- ・観測天体： APM 08279+5255
- ・使用機器： 仙台市天文台 ひとみ望遠鏡（1.3m 反射望遠鏡）
- ・使用フィルター： Red-Band、Visual-Band、Blue-Band
- ・観測日時・場所： 仙台市天文台にて観測  
2013年12月24日 0:26～1:44  
24日～25日 23:35～0:20
- ・積分時間： R;480s, V;240s, B;600s

## 3. 結果

- ・観測データの解析の仕方
  - (1) バイアス引き、ダーク引き、フラット割り、スカイ引き、天体の位置合わせを施した画像を画像解析ソフト「makali'i」で画像の加算処理をしたあと標準星の測光を行った。
  - (2) 測光の結果を式にあてはめてクェーサーの等級を調べる。

$$m = M + 2.5 \log(L_B/L_A)$$

m: クェーサーの実視等級、M: 標準星の実視等級、  
L<sub>A</sub>: クェーサーのカウント値、L<sub>B</sub>: 標準星のカウント値

- ・解析の結果

クェーサーの等級

バンド	等級（文献値）*1
R	15.9, (15.2)
V	16.4
B	18.0

\*1 Michel et al.(1998)

## 4. 考察

### 4.1 測光赤方偏移の求め方

クェーサーを実際に観測して得られたフラックスの比R:V:Bと、一般的なクェーサーのスペクトルから赤方偏移を仮定して計算したフラックスの比r:v:bという2つのフラックスの比を比較して、それらが一致したときの仮定した赤方偏移の値が測光赤方偏移である。

(1)一般的なクェーサーのスペクトルを $F(\lambda)$ 、赤方偏移後のスペクトルを $F'(\lambda)$ 、仮定した赤方偏移を $z$ とすると、その関係は(4.1)式で表せる。

(2)赤方偏移を仮定したスペクトルをフィルターに通したときの、それぞれのフラックスを計算する。例えば、Rバンドであるとき、計算で得られたRバンドのフラックスを $F_R$ 、ある波長でのRバンドの透過率を示す関数を $T_R(\lambda)$ とすると、その関係は(4.2)式で表せる。

(3)ここで、観測から得られたフラックス比と計算から得られたフラックス比を比較する。比を取るのフラックスは、天体の距離に依存して変化してしまうためである。

(4)この2つの比が一致するまで、以上の作業を繰り返す。一致したときに仮定した赤方偏移値を測光赤方偏移だとみなす。

$$F'(\lambda) = F(\lambda_0) = F\left(\frac{\lambda}{1+z}\right) \quad \dots(4.1)$$

$$F_R = \int_0^{\infty} F'(\lambda) \times T_R(\lambda) d\lambda \quad \dots(4.2)$$

### 4.2 クェーサーの赤方偏移と宇宙膨張

クェーサーの赤方偏移は3.68となった。ここで、天体の後退速度について考えてみる。後退速度は赤方偏移と光速の積で表せる。しかし、今回の結果を当てはめて考えると、このクェーサーは光速の3倍以上の速度で後退していることになる。これは、光速度不変の原理と矛盾している。そこで考えられるのは、クェーサーのある宇宙空間が光速の3.68倍で後退している、つまり膨張しているということである。このことから、宇宙の今の大きさを1とすると、1/4.68の大きさだった時代があったということがいえる。すなわち、そのときの宇宙の大きさを1と考えると、今は4.68倍の大きさということである。以上から、大きな赤方偏移は宇宙膨張の証拠になるといえる。

## 5. まとめ

私たちは遠くて明るいという特徴を持つクェーサーを観測して、赤方偏移が3.68であることがわかった。このことはクェーサーが光よりも早く遠ざかっていることになり宇宙膨張の証拠になる。