

## 銀河の分光観測によるハッブル定数の決定

石井 菜摘 (高3) 【横浜市立横浜サイエンスフロンティア高等学校】

### 1. 概要(Abstract)

兵庫県立大学西はりま天文台で2014年6月3日と9日に観測されたM101とM100の分光画像を解析して $H_\alpha$ 線の赤方偏移を測定し、赤方偏移をドップラー効果によるものとみなして2銀河の後退速度を算出した。2銀河は距離が定められており、ハッブルの法則からハッブル定数を決定した。

### 2. 目的(Purpose)

M101はおおぐま座の方角で地球からの距離は $7.4 \pm 0.6 \text{ Mpc}$ (Kelson *et al.*1996)M100はおとめ座の方角で距離は $16.1 \pm 1.3 \text{ Mpc}$ (Ferrarese *et al.*1996)である。距離が既知の銀河を観測することによりハッブル定数を決定する。

### 3. 方法(Method)

◇ 観測対象・観測日

M101 (RA:14h03m12s, DEC:+54d20m54s) ・2014年6月3日 (600s×1)

M100 (RA:12h22m54s, DEC:+15d49m20s) ・2014年6月9日 (1200s×3)

◇ 観測装置・検出器

西はりま天文台 なゆた望遠鏡 (2.0m 反射望遠鏡)

可視光中低分散分光器 MALLS (Grating 1800, 0.8", R=7000)

リダクションにはアメリカ国立光学天文台の IRAF を使用し、ダーク引き・フラット割りを行った上で、Fe-Ne-Ar の比較光源を撮影したコンパリソンを用いて波長同定を行った。ただし、分光標準星によるスペクトルの強度較正は行っていない。解析には国立天文台の「すばる画像処理ソフト makali'i」を使用し、 $H_\alpha$ 輝線(6563 Å)の赤方偏移を、グラフ機能を用いて測定した。M100 に関してはカウント値が小さかったため、1200s 積分の画像を3枚足し合わせた。銀河の距離 $r$ と後退速度 $v$ は $H_0$ を定数(ハッブル定数)として比例の関係にあり(3.1)式で表せる。

$$v = H_0 r \quad \dots (3.1)$$

解析から得られる後退速度 $V$ は、光速を $c$ 、観測された波長を $\lambda$ 、地球上での静止波長を $\lambda_0$ として(3.2)式で表せる。 $V$ は太陽系に対する後退速度(Heliocentric radial velocity)であるので、銀河系に対する後退速度 $v$ に(3.3)式を用いて補正した。 $l, b$ はそれぞれ銀緯、銀経である。

$$V = c \frac{\lambda - \lambda_0}{\lambda_0} \quad \dots (3.2)$$

$$v = V + 9 \cos l \cos b + 232 \sin l \cos b + 7 \sin b \quad \dots (3.3)$$

#### 4. 結果(Result)

測定誤差を少なくするため、波長を5回測定して最大値と最小値を除いた3つの値の平均値を偏移後の $H_\alpha$ の波長とした。波長 $\lambda$ の平均値は、M101は6568Å(Fig.1)、M100は6596Å(Fig.2)となった。これと $\lambda_0=6563\text{\AA}$ を(3.2)式に代入し、さらに(3.3)式で補正した速度は、M101は347km/s、M100では1460km/sとなった。

(3.1)式から、ハッブル定数はM101で43~51km/s/Mpc、M100で83~98km/s/Mpcとなった。

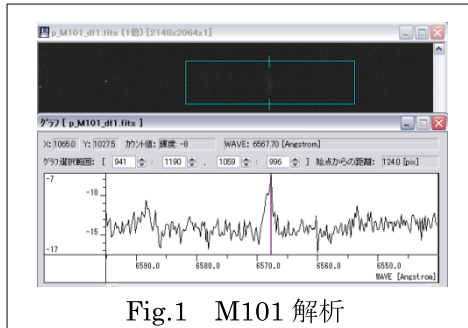


Fig.1 M101 解析

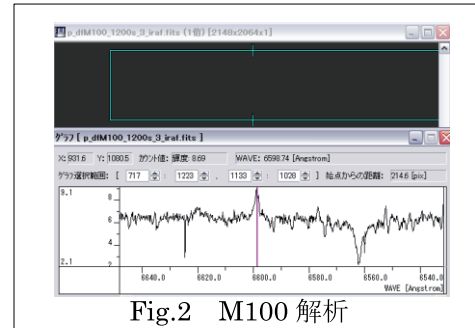


Fig.2 M100 解析

#### 5. 考察(Discussion)

本研究ではハッブル定数は銀河の速度だけによって決まる。ここで、ハッブル定数は Hubble Space Telescope Key Project で  $72 \pm 8 \text{ km/s/Mpc}$ <sup>[1]</sup>とされている。 $H_0 = 72$ を(3.1)式に代入して得られる後退速度はM101では490~576km/s、M100では1070~1250km/sとなっている。

ここで、銀河同士にはたらく力について考える。M101は銀河系の近傍にあり、M100はおとめ座銀河団に属している。一般に、銀河の速度には後退速度( $H_0 r$ )以外に銀河同士の重力などの影響を受けて数100km/s程の特異速度が生じる。これを無視するためには後退速度が1000km/sよりも十分に大きい必要がある<sup>[2]</sup>。

したがって、M101は銀河系に引かれる方向に力が生じて特異速度が発生しているため、期待される後退速度より小さく、M100はおとめ座銀河団に属していることによる影響があると考えられる(Fig.3)。

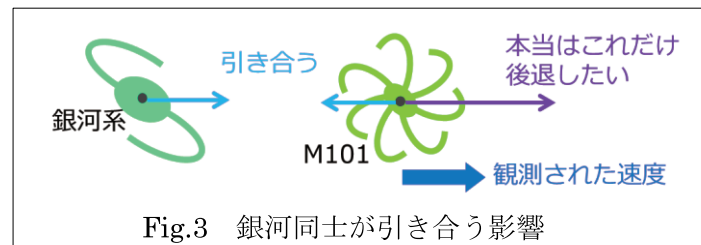


Fig.3 銀河同士が引き合う影響

#### 6. 参考(Reference)

[1] Wendy L. Freedman *et al.*, *Apj*, 553:47-72, 2001 May 20

[2] Houjun Mo *et al.*, "Galaxy Formation and Evolution", pp.34

本研究にあたり西はりま天文台の森鼻久美子研究員に観測データを頂いて、観測と解析を指導して頂きました。末筆ながらお礼申し上げます。