

星雲の色から光の起源を探る

6年C組 伊藤 愛結
指導教員 藤野 智美

1. 要約

2018年3月に行われた「銀河学校」に参加したことをきっかけに、星雲の輝きについて興味を抱くようになった。そこで、自らが持つエネルギーを使って夜空で光っている恒星に対して星雲が輝くメカニズムについて、星と星雲、星雲同士の測光結果を比較することで解決しようと思い、研究を行った。

キーワード 星雲、二色図、恒星サイクル

2. 研究の背景と目的

銀河学校は、東京大学木曽観測所で毎年開催されている高校生を対象とした天文学実習である。2018年度の銀河学校には全国の高校生24名が参加し、日本最大の大きさを誇る木曽105cm シュミット望遠鏡を用いた本格的な観測や天文学の研究を行った。私たちは2つの班に分かれ、「A. 星雲の色から光の起源を探る」、「B. 銀河に咲く赤い光—星が生まれる現場—」という研究テーマに挑戦した。

3. 研究内容

3. 1 画像処理について

望遠鏡を用いて撮影した写真(生データ)には補正を加え、天体の明るさを正しく反映した画像にする作業が必要である。そのため、一次処理として、バイアスの差し引きとフラット処理を行う。

バイアスとは、シャッターを閉じていても常に映り込む模様のことである。これは星の画像とは別にシャッターを閉じた画像

を撮り、前者から後者を差し引くことで解決する。

CMOSを搭載した天体観測用カメラのピクセルは厳密には同じ性質ではなく、フラット補正という、フラットフレームと呼ばれる何も写っていない画像を用いて、投影画像に生じた周辺減光を補正する処理を施す。

次に、二次処理として、中心座標の調整を行う。複数の画像を重ね合わせてカウント値を大きくしてから測光する。そのためには中心をそろえる作業が必要である。これを二次処理といい、SWarpというソフトを用いる。

3. 2 測光について

測光とは、星の光をカウントとして定量化し、その総量を計測することで、開口測光と矩形測光がある。測光にはマカリというソフトを用いる。開口測光では恒星を、矩形測光では恒星の間の星間物質の部分を測光する。このとき留意すべきは、星から

の光は複数のピクセルに落ちているため、複数のピクセルの合計を計算しなくてはいけないということと、空はカウントゼロではないので、空からのカウントは差し引く必要があるということである。

3. 3 馬頭星雲、NGC2068 (M78)について

図 1 に示す NGC2068、馬頭星雲はオリオン座にある星雲である。この 2 つの星雲については、H α ,r,g の 3 つのバンドで観測した。天体は様々な波長の光を出しているが、ある特定のバンドで計測することで特定の波長の光のみを集めることができる。

<各バンドで捉えられる波長>

g バンド...400~550nm くらいの波長で青っぽい

r バンド...550~700nm くらいの波長で赤っぽい

H α バンド...656.3nm の波長で電離水素の輝線スペクトル。水素の量が概算できる。

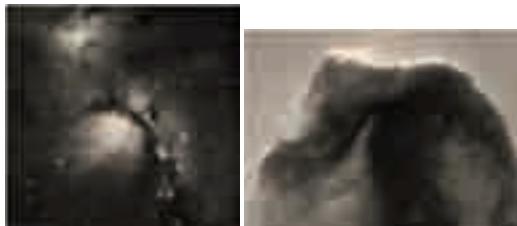


図 1 NGC2068(左)と馬頭星雲(右)

これらのバンドで計測したもののカウント値の比をとり二色図を作ることで明るさに考慮されることなく、色の構成比のみを見ることができる。



図 2 NGC2068,NGC2023(馬頭星雲)の二色図

図 2 より、馬頭星雲は H α /r の値が大きいことや、NGC2068 の H α /r はその場にある恒星とほぼ同じであることが分かる。また、星雲の r/g の値の幅は狭いのに対して、恒星の幅は広い。これは恒星が持つ表面温度などの個性に H α /r の構成比が左右されているのに対し、星雲が恒星の影響を得て特定の反応を示していることを示している。

<考察>

馬頭星雲に関して、r バンドに対する H α 線が多いことから、馬頭星雲を形作っているガスや塵の近くなど温度の低い場所で生まれた星が発する紫外線が周りの H II 領域に届いている。H II 領域では水素は電離しているが、ここで受け取る紫外線によって合体し、ここで H α を出す。これによってガスや塵が陰のようになって馬の頭のような形をした暗黒星雲を観測できるようになったと考えられる。

一方、NGC2068 は恒星と同じ成分の光を多く持っていることが分かる。また、r バンドに対する H α の量が少ないとから、エネルギーが少なく、電離水素も少ないので、低温の NGC2068 は自ら発光せず、恒星の光を反射している散光星雲で

あると考えられる。

3. 4 三裂星雲について

次に、別のサンプルとして、三裂星雲について調査した。

三裂星雲はいて座にあり、同じ星雲内に赤色の部分と青色の



図3 三裂星雲

部分という異なる性質の星雲をもつ特殊な天体である。2種類の異なる性質の星雲を100%同じ時刻、同じ空の条件で撮影できることから比較しやすいと考えたので、この天体を選んだ。三裂星雲については、Vバンド、Bバンド、Rcバンドで観測されたデータを用いた。(提供: 東京学芸大学)

<各バンドで捉えられる波長>

- V バンド...550nm くらいの波長(緑～黄色)
電離酸素の禁制線
- B バンド...440nm くらいの波長(青色) バルマー系列の H β の輝線
- Rc バンド...660nm くらいの波長(赤色)
H α の輝線(656nm)を含む

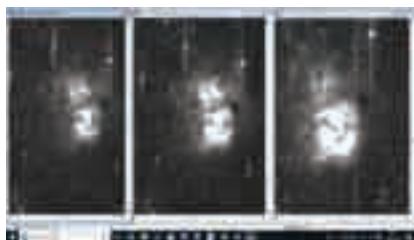


図4 左から V バンド、B バンド、Rc バンドで測光された三裂星雲

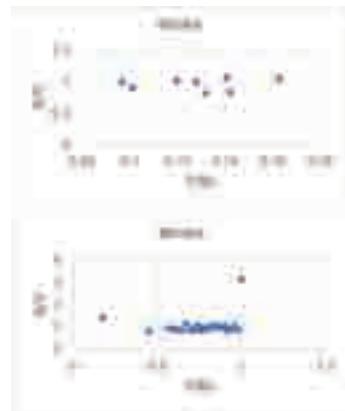


図5 三裂星雲の二色図

<考察>

3.3 と同様に、二色図を作成した。矩形測光では場所ごとに色の構成要素の違いが見られる。それに対して開口測光では B/V の値は 1、V/Rc の値も 0.5 から 1 に収まっているので、これはそれぞれの恒星の表面温度や直径の違いといった個性と考えて良い。

赤色が強い部分は、Rc バンドが H α バンドを含んでいることからも水素の励起が激しく起きている H II 領域であると考えられる。青色が強いところでは H α > H β は明らかなので、波長が短い青色などの光が散乱したと考える方が妥当である。よって恒星の光を反射する反射星雲であると考える。

4. 考察と今後の展望

馬頭星雲に関して、左上には馬頭星雲のガスの要素、下部分には馬頭星雲の星の要素と NGC2068 の要素が並んでいることが分かる。これは、星間ガス(ex. 馬頭星雲のガス) → 若く高温の星(馬頭星雲の星) → 中年の黄色い星(NGC2068 の星) → 年老いた

赤い星→超新星爆発→星間ガス…という風に、グラフ上に星の一生が輪のように現れ

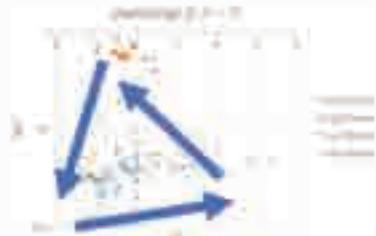


図 6 NGC2018,馬頭星雲の二色図

るのではないかという仮説を立てた。

三裂星雲の赤色の部分が円形になりつつあることから、惑星状星雲のように星から星間ガスが離れていく過程であるか近づくことで星が生成される手前であるかのどちらかである。しかし惑星状星雲であれば外部との境界がはっきりしているし星を中心にはガスの構成物質の質量が軽い順に離れていくことが観測されるので、三裂星雲は新しい恒星を作るためにガスが集まってきているところで、H II領域があることからもエネルギーの供給源があり恒星が誕生しやすい環境にあることが分かる。また、反射星雲は恒星の光を反射できるほど密度が薄いことから、恒星は作られにくい環境、暗黒星雲は光を遮ることができることから密度が濃く恒星が誕生しやすい環境であることが分かる。以上より、星雲の現状を分析することで今後星雲がどのような変化を遂げるかが推測できるようになるが、以前の状態を推測するにはデータが不十分であることが分かる。

しかし、物質をリサイクルして天体が生

まれたり死んだりしているのは明らかであるので、何らかの関係があるかもしれない。このことを今後の課題としたい。

5. 謝辞

銀河学校でお世話になった木曾観測所の職員の皆様、データの提供と研究への助言を下さった東京学芸大学の西浦慎悟先生、研究手法の助言を下さった中尾勝博先生、指導教員の藤野智美先生に深くお礼申し上げます。