

※ \_\_\_\_\_ (事務局が記入)

## 恒星のスペクトル型についての観測的研究

川口市立高等学校

天文部 田中 凜一郎、木村陽香、早川 駿哉、平石 暁志 (高2)  
小田切 綾音、佐々木 一架、菅原 環、名城 愛莉、山崎 ひなた (高1)

### 抄録

我々は波長基準光源(Hg-Ar ランプ)によるスペクトルデータの波長付け方法を確立し、その応用として恒星の低分散分光観測に取り組んだ。解析の結果、恒星がその表面温度によりO、B、A、F、G、K、Mというスペクトル型に分類され、それぞれ固有の特徴を持つことを観測的に捉えることに成功した。また、得られたグラフから、恒星の表面温度と強度のピークの関係(ウィーンの変位則)を確認した。

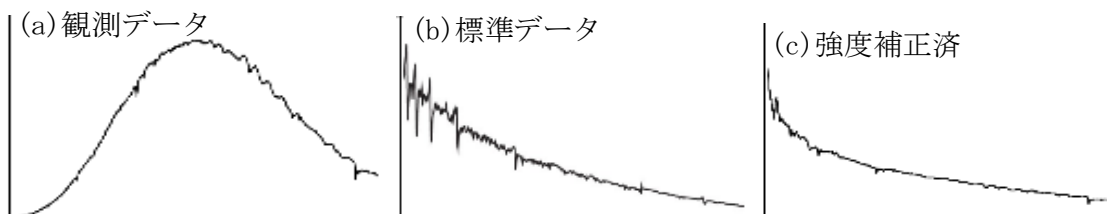
### 1. 研究の背景と目的

本研究の目的は、観測で得た恒星のスペクトルデータを波長基準光源(Hg-Ar ランプ)によって波長付けし、さらに、分光標準星により強度補正することによりその恒星の吸収線の特徴と輪郭線の形状を各スペクトル型の特徴と照らし合わせることで、観測した恒星を各型に分類することである。

### 2. 方法

2022年1月5日、埼玉県立大滝げんきプラザ(埼玉県秩父市)に設置されている口径16cm、F12.5屈折望遠鏡直接焦点に低分散分光器VEGA(昭和機械製作所製、波長分解能:R=1200)を装着し、代表的恒星についてスペクトル撮像、ダーク・スカイ減算、波長付け、さらに下に示す方法で、 $\beta$ Ori(リゲル)を分光標準星として強度補正を行った。なお、390nm未満は輝度が小さく、700nmより長波長では二次スペクトルが重なることより、390~700nmの波長域における恒星のスペクトル強度分布を作成した。観測した恒星のうち、 $\delta$ Ori,  $\epsilon$ Ori,  $\gamma$ Cas,  $\alpha$ CMa,  $\delta$ Cas,  $\alpha$ CMi,  $\alpha$ Aur,  $\beta$ Gem,  $\alpha$ Tau,  $\alpha$ Oriの結果を示す。

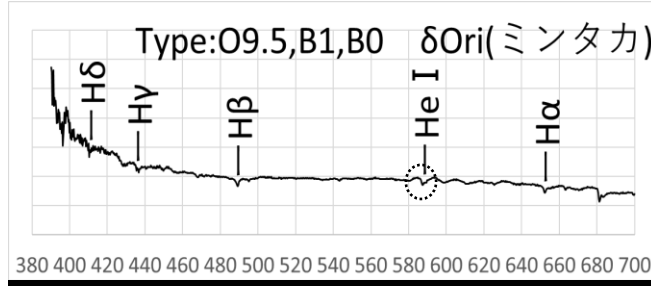
#### ・強度補正方法



グラフの縦軸は強度、横軸は波長を表している。観測データのスペクトル強度を補正するため、分光標準星( $\beta$ Ori, リゲル) (観測時刻 22:51, 地平高度  $44.2^\circ$ )の観測データ(a)と分光標準星データ(b)の輪郭を比較し、波長ごと(2.5nm)の補正係数(観測/標準)を求め、その値で(a)のデータを割ると強度補正した(c)が得られる。この補正係数を他の観測した恒星に適用することにより、それぞれの強度補正を行った。

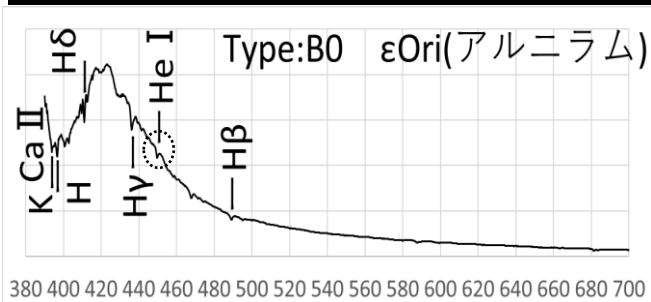
### 3. 結果

以下に観測した恒星のスペクトル強度分布をスペクトル型の順に示す。尚、( )の数字は観測時刻(JST)と地平高度を表す。また、元素の後ににつづられる記号は、それぞれIが電離していない元素、IIが一階電離した元素を表す。グラフの縦軸は強度、横軸は波長を表す。



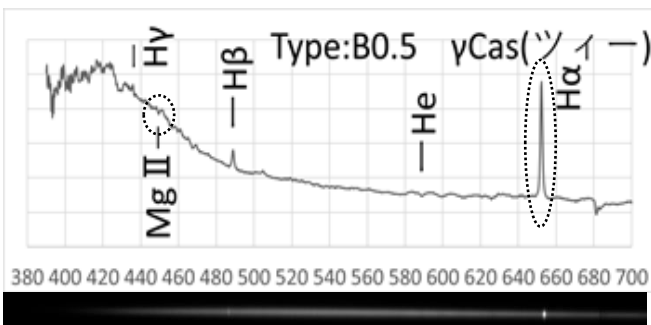
#### O型星

- O型星の特徴である中性ヘリウムの吸収線(587nm)がみられる。( 22:31, 42.7° )



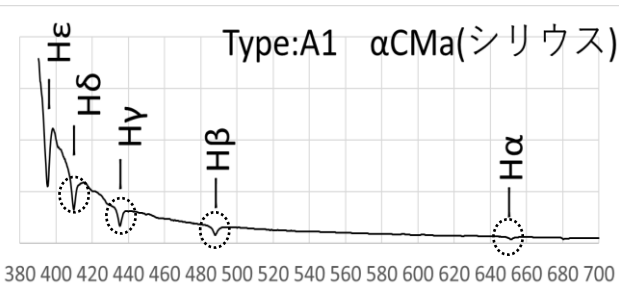
#### B型星

- B型星の特徴である中性ヘリウムの吸収線(447nm)がみられる。( 22:28, 52.8° )



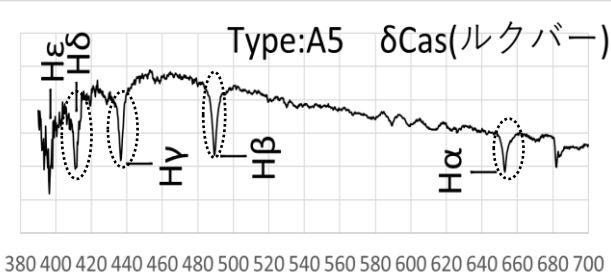
#### Be型星(輝線星)

- B型星の特徴である一階電離金属線に加えて、この星特有の強いバルマー輝線が見られる。( 23:35, 31.56° )
- この輝線は、Be型星の高速な自転により周囲にできた星周円盤が光っていると考えられている。



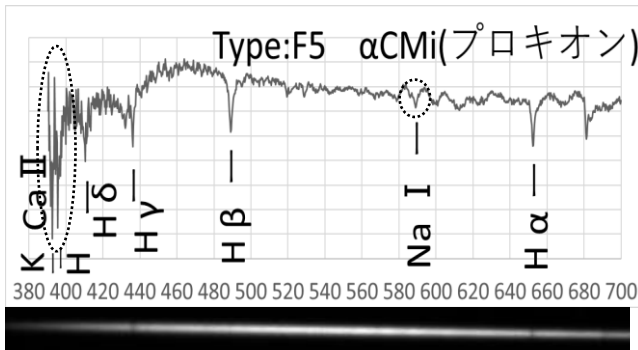
#### A1型星

- 水素のバルマー線( $H\alpha$ ,  $H\beta$ ,  $H\gamma$ ,  $H\delta$ )が表れており、A型星の特徴がみられる。( 22:57, 36.7° )



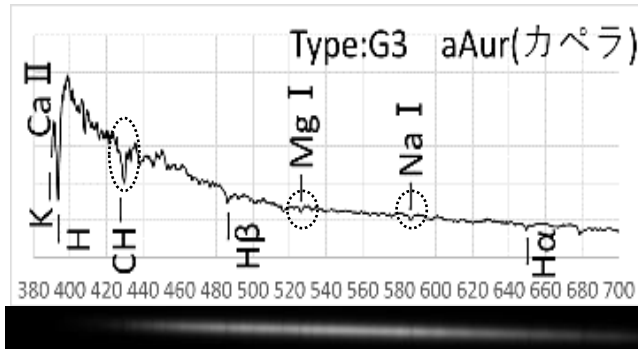
#### A5型星

- シリウス同様に、A型星の特徴である水素のバルマー線が強く表れている。( 23:40, 48.8° )
- 表面温度が下がり、スペクトル強度のピークが長波長側に移っている。



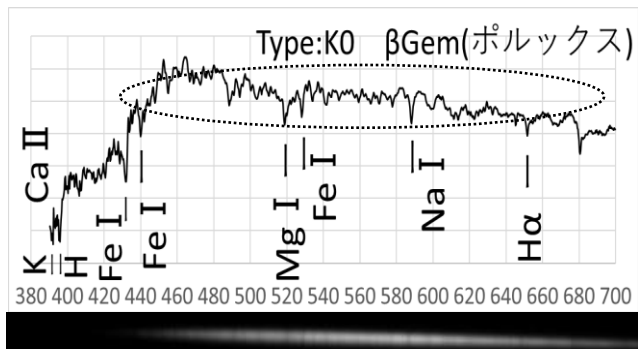
### F型星

・バルマー線は弱くなり、中性金属線 (Na I)、Ca II (H/K 線)が目立ち F 型星の特徴がみられる。( 25:35, 55.1° )



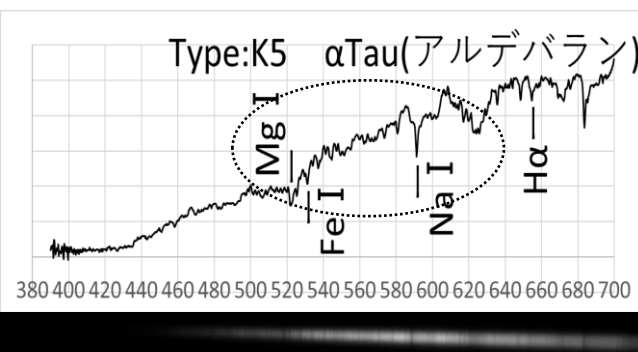
### G型星

・バルマー線が弱まり、中性金属線 (Na I, Mg I)と G バンド (CH)が表れ、G 型星の特徴がみられる。( 25:15, 53.2° )



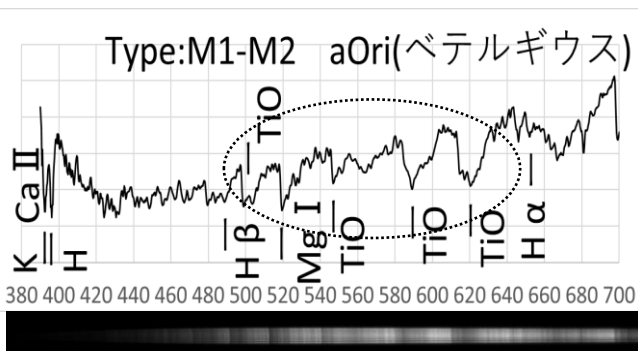
### K0型星

・K 型星の特徴の重なり合う中性金属線 (輪郭のギザギザ)がある。( 25:30, 75.8° )



### K5型星

・ポルックス同様、K 型星の特徴である重なり合う中性金属線がある。( 24:40, 41.8° )



### M型星

・酸化チタンの幅広い吸収帯や中性金属線が強くと表れて、M 型星の特徴がみられる。( 22:05, 60.4° )

#### 4. 考察

以上の結果から、恒星の表面温度が特に高いO・B型星では中性ヘリウムの吸収線が表れることがわかる。また、恒星の表面温度が比較的高いと水素バルマー線が強く表れ、低くなるにつれて水素バルマー線は弱まり、中性金属線が表れるといえる。

さらに、恒星の表面温度が低くなるほど強度のピークが長波長側に寄って行くのがわかる。これは、波長のピークは温度と反比例の関係にあるというウィーンの変位則によるものだと考えられる。

また、スペクトル型が同じA型であるA1シリウスとA5ルクバーにおいて、輪郭の形状に違いが見られるが、これは表面温度の細かな差によるものだと考えられる。

加えて、スペクトル型がO9型であるミンタカとB0型であるアルニラムは表面温度にそれほど大きな差がないのにもかかわらず、アルニラムのほうがより強度のピークが長波長側にある。その原因として、アルニラムが低い地平高度にあることによる、地球大気のレイリー散乱の影響だと考察した。しかし、観測時はミンタカよりアルニラムのほうが高い地平高度であったため、その考察は誤っているとわかり、結論を出すには至らなかったが、観測当日の気象状況などを疑う。

#### 5. 結論

強度補正を行ったことで、スペクトルの特徴から恒星のスペクトル型を決めて分類することができた。さらに、強度のピークが、恒星の表面温度が下がると長波長側に移っていくという輪郭の形の変化も捉えることができた。また、A1シリウス・A5ルクバーのような同じスペクトル型の恒星においても、細かな温度の差からその特徴の違いを確認することができた。なお、本研究は本年3月の日本天文学会ジュニアセッションで発表し、研究者の方からのコメントをもとに再構築したものである。

#### 6. 参考文献

- ・2022.3 日本天文学会ジュニアセッション予稿集 P.51 川口市立高等学校
- ・Kirisciunas et al. 2017, PASP, 129:054504  $\beta$  Ori (分光標準星データ)
- ・理科年表 2016年 国立天文台編
- ・スペクトル物語

[http://www.oao.nao.ac.jp/stockroom/extra\\_content/story/top/top.htm](http://www.oao.nao.ac.jp/stockroom/extra_content/story/top/top.htm)

#### 7. 謝辞

研究にあたり、定金晃三先生(大阪教育大学名誉教授)には、分光標準星による補正についてのデータ提供及び解析方法についてご指導いただきました。御礼申し上げます。