

# 天体用CCDカメラと星の色・明るさ

初等教育教員養成課程 理科選修 金光研究室 200421 中村 奈保子

## 1 はじめに

夜空を見上げると、数千個の星たちが輝いている。気が遠くなるほどの数の星たちも、一つとして同じ星はない。星はその表面温度によって、それぞれ色が異なっている。

義務教育段階の天文領域(恒星について)の学習では、小学校段階では、第4学年で「明るさや色の違う星があること」を学習し、中学校段階では、第3学年で「恒星は自ら輝くこと」を学習する。いずれも、見た目では星の色について学習しない。

本研究では、星の色と明るさについて、より定量的に調べることを目的とした。研究方法としては、本学の自然科学教棟の屋上に設置された40cmカセグレン反射望遠鏡に天体用CCDカメラを取り付け、3色のフィルター別に恒星を撮影する。それぞれの等級をグラフ化し、グラフから星の色を定量的に分析し、最後にカタログデータと比較し考察することである。2009年の渡辺の考察で、測定する星と標準星にする星との高度差による等級誤差があげられた。本研究では、これを改善するため、冷却CCDカメラの一枚の画像の中に測定する星と標準星にする星の二つが入るように、間隔の狭い二重星や星団を主に観測対象とした。

## 2 星の色について

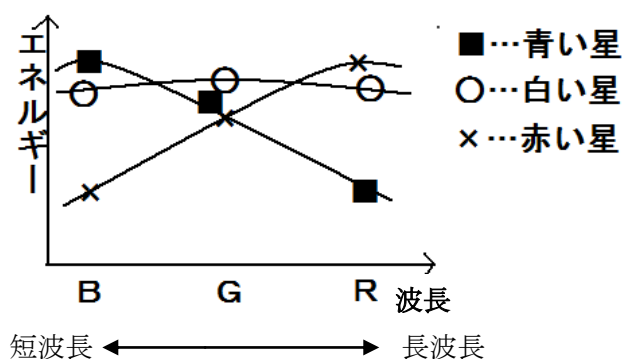
星の色は、その星の表面温度によってことなる。スペクトル型は、次のとおりである。

O	B	A	F	G	K	M
青	青白	白	薄黄	黄	橙	赤

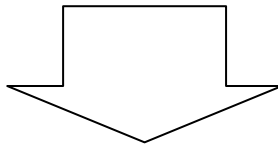
それぞれの表面温度は、O型 30000°C以上、B型 9400°C~29000°C、A型 7000°C~9300°C、F型 5800°C~6900°C、G型 5100°C~5700°C、K型 3700°C~5000°C、M型 3600°C以下となっている。

O~Mそれぞれの型は、さらに0~9の数字で10分割される。0は、その型の中で最も温度が高い。一方9はその型の中で最も温度が低い。つまりO9型だと、O型の中で最もB型に近い星となる。さらに、温度が同じでも絶対等級の違いを区別するためにローマ数字で、I. 超巨星、II. 輝巨星、III. 巨星、IV. 準巨星、V. 主系列星、VI. 準矮星の記号をスペクトル型の後につけることが多い。これを細分して、a、ab、bを後につけることもある。aはより明るく、bはより暗い。

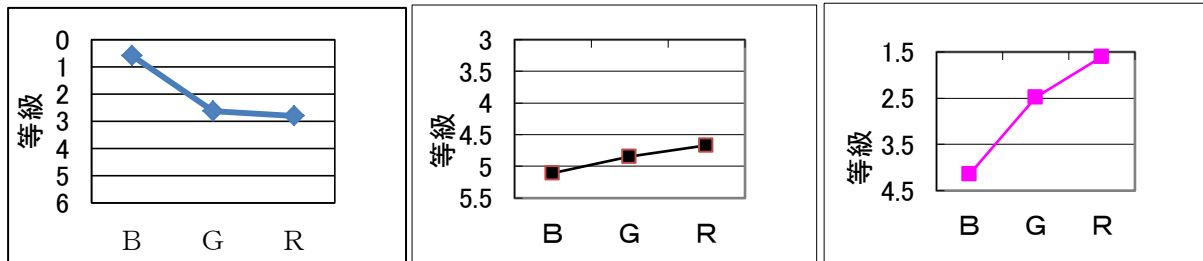
星の波長別のエネルギー分布は以下ようになる。



B、G、Rは、今回使用した3つのフィルターのおよその波長域である。



上図の波長のB、G、R三点でカタログの典型的な星の等級を表すと以下のようになる。  
 〈青色の星〉                      〈白色の星〉                      〈赤色の星〉



### 3 使用機材・データ処理ソフト

〈使用機材〉

カセグレン反射望遠鏡	口径 40 cm	三鷹光器 GNC-40
冷却 CCD カメラ	156 万画素	SBIG 社 ST-8XME
カラー合成用フィルター	LRGBC (B、G、R)	バーダープラネタリウム社

〈使用ソフト〉

ステライメージ Ver.6.5 / ステラナビゲータ Ver.9 / CCDOPS (冷却 CCD カメラの制御を行うソフト)

### 4 観測手順

- ① 観測する天体をスペクトル型、等級、標準星にできる星が近くにあるか、をもとに決める。
- ② ステラナビゲータ Ver.9 で天体の位置を確認する。
- ③ 40 cm カセグレン望遠鏡に観測する天体と標準星を入れる。
- ④ 天体 CCD カメラを取り付け、フィルター (B、G、R) 別に撮影する。
- ⑤ 撮影した画像データを PC に保存する。
- ⑥ ドーム内の壁でフラットフレームを撮影し PC に保存する。

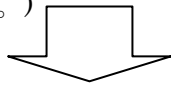
### 5 データ処理の手順

撮影した画像をステライメージ Ver. 6.5 で開いたのち、フラットフレームを作る。フラットフレームは、先ほどのドーム内の壁を撮影した画像である。一つのフィルターに対して 3 回撮影したフラットフレームを、コンポジットしてフィルターごとの一つの滑らかな画像にする。これを撮影日ごとにつくる。次に、フラット補正を行う。画素ごとの感度が微妙に異なっているために生まれる明暗差を望遠鏡の筒先から均一な光を入射して撮像したフラットフレームを用いて補正する。最後に、ホット/クールピクセル除去を行う。宇宙線がピクセル(画素)に当たるためできるホットピクセルや、電子回路の不安定動作で周囲が黒く抜けてしまうためできるクールピクセルを取り除く。

## 6 光度測定の手順

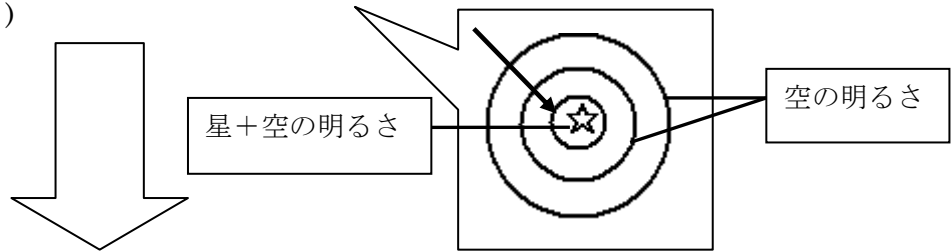
標準星のフィルター別の等級を、カタログから調べる。

(天文アーカイブセンターのカタログの中から、今回はB、G、Rごとの等級がすべてあるNOMADカタログを使用した。)



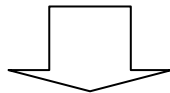
ステライメージの中の光度測定を開き、標準星を囲む。

(このとき、一番内側の円の中から星の光が漏れると等級が変わるので、円が小さいようなら設定ボタンで大きくする。)



標準星の光度(等級)を打ち込む。

(B、G、Rフィルターごとの光度を打ち込む。)



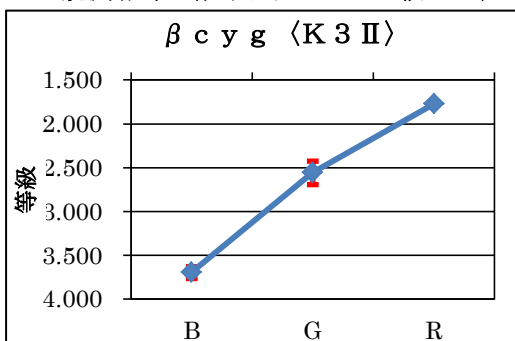
測定する天体を囲み、光度を測る。

(ここでも円の中に天体の光がもれずに入るように調節する。誤差範囲を出すため、一つの天体につき、フィルターごとにa、b、cの三枚を測定する。)

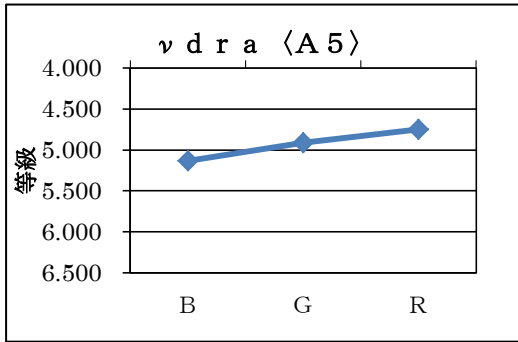
## 7 観測天体 (露出時間は一枚あたりの露出時間)

天体名	スペクトル型	観測日	露出時間(s)
$\beta$ c y g	K3II	2011,08,04 (20:47)	0.1
$\nu$ d r a	A5	2011,09,07 (20:51)	0.5
$\beta$ p e g	M2.5II-III	2011,11,15 (20:16)	2.0/1.0/0.5
$\eta$ t a u	B7III	2011,11,15 (19:53)	0.5
$\delta$ c e p	F5Ib-G1Ib	2011,11,15 (19:23)	1.0

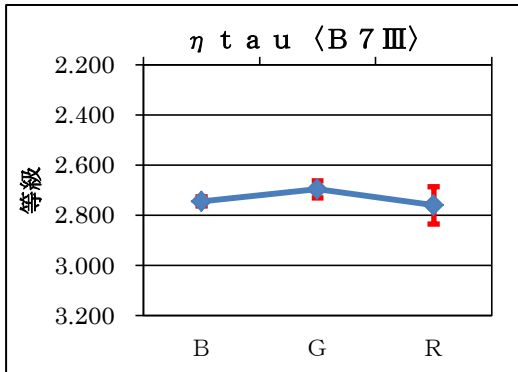
## 8 観測結果 (代表的な3つを載せる)



$\beta$  c y gはスペクトル型K3から、橙色に近い星とわかる。グラフを見るとRフィルターの等級、ついでGフィルターの等級が明るいので、この星は橙色に近い星といえる。

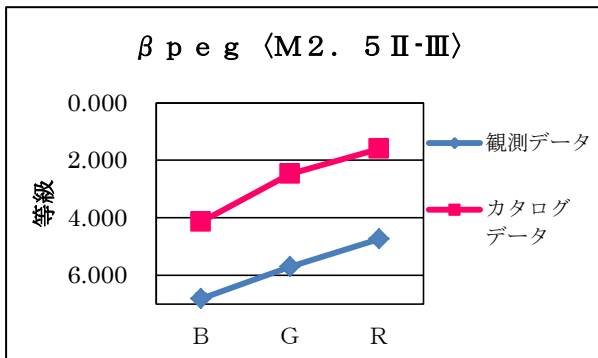


ν d r aはスペクトル型A 5から、白色に近い星とわかる。グラフを見るとB、G、Rの等級にあまり差がないことから、この星は白色に近い星といえる。

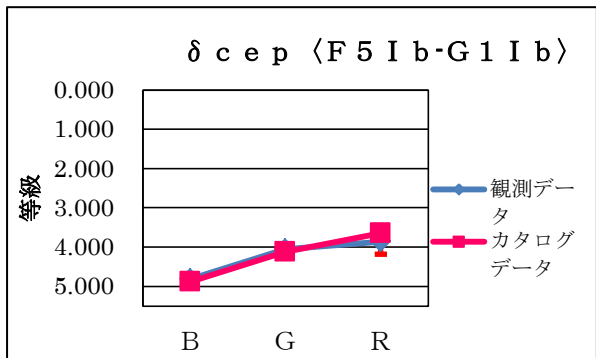


η t a uはスペクトル型B 7から、青白い星とわかる。グラフを見るとB、G、Rの等級にそれほど差がないことから白っぽい星といえる。また、Rの等級がやや暗いことから、青白い星といえる。  
(RフィルターはB、Gフィルターに比べ感度が高いため、Bの等級よりRの等級のほうが暗いと、それほど差がなくても青っぽい星と言える。)

### 9 カタログデータとの比較(代表的な2つを載せる)



傾きは同じため同じ色を示しているといえるが、等級の誤差が3等以上あり、非常に大きくなった。



等級、傾きともに誤差は少なく、同じ色を示しているといえる。

### 10 考察

測定したデータと、カタログのデータを比較して、等級の誤差はみられたが、スペクトル別のグラフはほぼ同じ形になったことから、定量的に同じ色を示しているといえる。

等級誤差の原因として考えられるのは、先にあげた大気の状態(主に雲)によって、撮影した日時に晴れていると思ってもややうす雲が天体にかかっていたなどして、星の光度が下がってしまったことが考えられる。また、β p e gの場合、標準星との等級差が10等近くあり、非常に大きく、精密な測光ができなかったことも挙げられる。さらに、測光時に円の中から光が漏れ、全体的に天体の光度が少なくなり、空の明るさも明るくなったことが挙げられる。

誤差を少なくするためには、快晴の日を選び、うす雲が出ていないかを確認しながら撮影することや、標準星と測定する天体の等級がなるべく近く、測光時に光があふれないものを選ぶことが考えられる。