

RGB の値を用いた恒星のスペクトル型を導く式

The formula to find the sequence of spectral type of fixed stars from the value of RGB

千葉県立船橋高等学校理数科 3 年
松永拓巳

はじめに

恒星は自ら光を発する天体であり、その星が発するスペクトルという光の帯によって 70 階級に分類される。この恒星の分類をスペクトル分類といい、階級をスペクトル型と呼ぶ。

具体的には、表面温度が高い星ほど O 型寄りに、表面温度が低い星ほど M 型寄りに分類される。そして星の色は O 型の星ほど青色に見え、M 型の星ほど赤色に見える。これらの色は赤、緑、青の三色を用いて表すことができ、この表色方式を RGB という。

しかし、このスペクトルは特殊で高価な機械を用いなければ測ることができない。そこで、安価で誰でも使えるデジタルカメラとソフトを用いることで得られる恒星の RGB と恒星のスペクトル型を結び付けることを目標とし、研究を行った。

またこの方法を応用し、RGB と既存の情報を結び付けることによって、将来的に恒星の色、明るさ、表面温度、半径を特別な機械を用いずに推測することができる。

型	表面温度 K	色	
O	29,000-60,000	青	O0 O1 O2 ~ O9
B	10,000-29,000	青～青白	B0 B1 ~ M9
A	7,500-10,000	白	
F	6,000-7,500	黄白	
G	5,300-6,000	黄	
K	3,900-5,300	橙	
M	2,500-3,900	赤	

目的

恒星の RGB の値を用いる、スペクトル型の並びを導く式を作る。

この研究では、グラフの傾きが大きい、式が単純であるなどといった、よりわかりやすい要素が多い式を最終目標の式とする。

方法

<使用器具>

・カメラ：Canon EOS kissX7i

↳IOS：800 絞り値(f 値)：5.6

露光時間：5s, 10s, 15s, 30s 焦点距離：55mm

・ソフト：ステライメージ7

すばる画像処理ソフトマカリ

<実験方法>

1. 恒星の写真を撮る (右写真参考)。

場所...行田公園(北緯 36 度 東経 140 度)

日付...10 月 9 日

時間...12:55~1:25



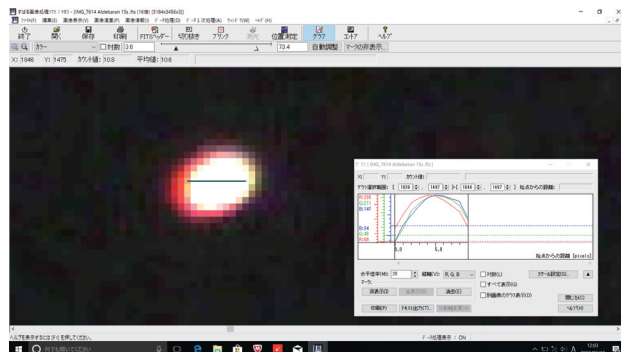
- ステライメージを用い写真のファイル形式を RAW 形式から FITS 形式に変換する。
- マカリを活用し、写真から恒星の RGB の値を測る。

<RGB の測定方法>

- 各恒星の中心部分 1×10 ピクセルの RGB の数値を得る (右写真)。
- 1 ピクセル毎の平均値を取る。
- この作業を露光時間が異なる 4 枚の写真(5s,10s,15s,30s)ごとに行う。
- これら 4 つの数値の平均を取る。この数値をその恒星における RGB の値とする。
- この作業を各恒星で行う。

4. 自分で作った様々な計算式に各恒星の RGB の値を代入する。

5. 縦軸が計算結果、横軸がスペクトル型を表すグラフを用い、それぞれの式でのグラフの傾きやデータの分散の幅を調べる。



<式>

以下の 14 つの式を用いた。

- ①R/S ②B/S ③(B-R)/S ④R/W ⑤B/W ⑥(B-R)/W
- ⑦R/V ⑧B/V ⑨(B-R)/V ⑩R/rV ⑪B/rV ⑫(B-R)/rV
- ⑬(R+2B)/3rV ⑭(2R+B)/3rV

※これらのアルファベットの値は、以下の式によって定義した

R=Red(赤の値) G=Green(緑の値) B=Blue(青の値)

$$S=0.299R+0.587G+0.114B \quad W=0.333R+0.333G+0.333B$$

$$V=0.500R+0.500B \quad rV=0.720R+0.280B$$

S は、マカリに予め設定されていた値(輝度)を用いた。そして、W は RGB の三色を均等に用いるために定義した値である。

また前期に行った研究で G の値はスペクトル型を表す式に必要なことが分かったので、分子、及び V,rV を定義する式には用いなかった。

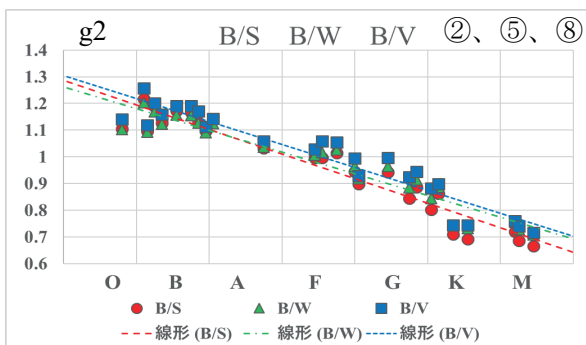
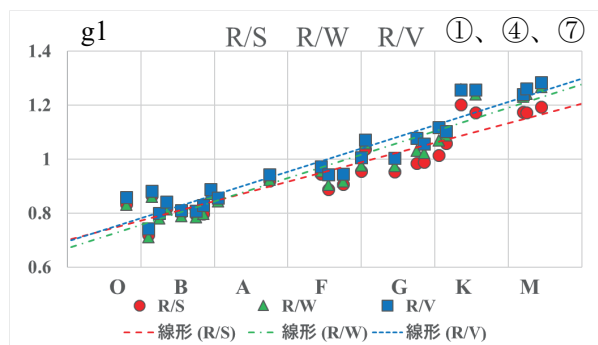
(V は W から G の係数を抜いた係数比、rV は S から G の係数を抜いた係数比をもとに算出した)

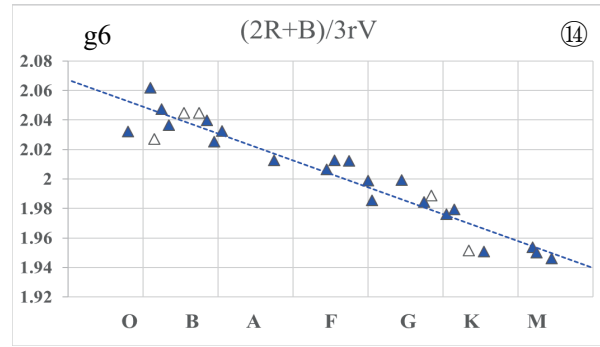
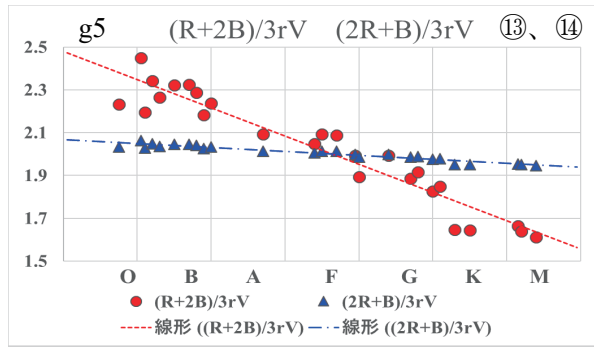
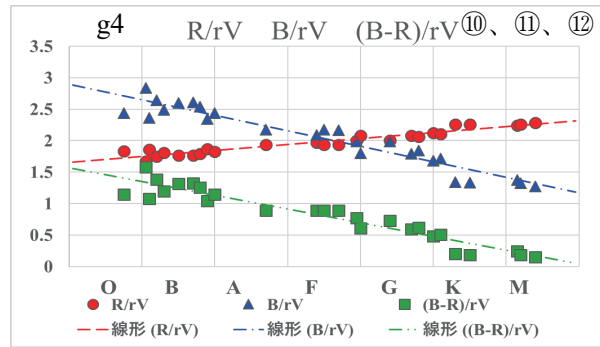
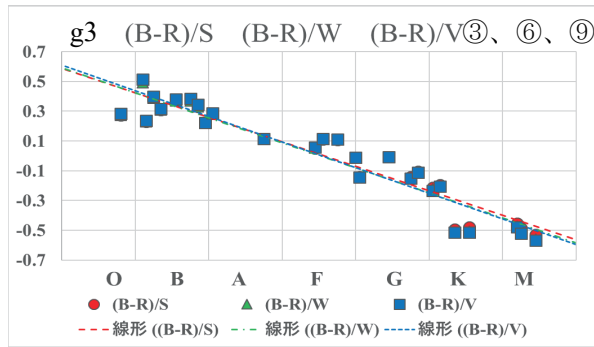
$$V \dots 0.333:0.333:(0.333+0.333)=0.333:0.333:0.666=0.500:0.500:1.00$$

$$rV \dots 0.299:0.114(0.299+0.114)=0.299:0.114:0.413=0.720:0.280:1.00$$

結果

<グラフ、計算結果、相関係数>





g7

	恒星の名称	スペクトル型	R/rV	B/rV	(2R+B)/3rV
B1	おうし座ζ星	B1(Ve_shell)	1.8041	2.5036	2.0373
	ペルセウス座ζ	B1(I b)	1.8773	2.3156	2.0234
	ペルセウス座ο星	B1(III)	1.8936	2.2736	2.0203
	(平均値)	B1	1.8583	2.3643	2.0270
B5	ペルセウス座δ星	B5(III)	1.7413	2.6653	2.0493
	ペルセウス座ψ星	B5(V e)	1.7908	2.5380	2.0399
	(平均値)	B5	1.7660	2.6016	2.0446
B7	おうし座β星	B7(III)	1.7928	2.5327	2.0395
	おうし座η星	B7(III)	1.7374	2.6753	2.0500
	(平均値)	B7	1.7651	2.6040	2.0447
G8	おうし座γ星	G8(III)	2.0852	1.7810	1.9838
	おうし座δ1星	G8(III)	2.0825	1.7879	1.9843
	おうし座ο星	G8(III)	2.0527	1.8645	1.9900
	カペラ	G8(III)	2.0664	1.8292	1.9873
	ペルセウス座γ星	G8(III+...)	2.0154	1.9604	1.9971
	(平均値)	G8	2.0604	1.8446	1.9885
K3	ぎょしゃ座ι星	K3(II)	2.3034	1.2198	1.9422
	ペルセウス座η星	K3(- I b- II a)	2.2919	1.2495	1.9444
	ペルセウス座σ星	K3(III)	2.1734	1.5540	1.9670
	(平均値)	K3	2.2562	1.3411	1.9512

g8

式番号	式	相関係数
①	R/S	0.9313
②	B/S	-0.9613
③	(B-R)/S	-0.9530
④	R/W	0.9414
⑤	B/W	-0.9576
⑥	(B-R)/W	-0.9509
⑦	R/V	0.9522
⑧	B/V	-0.9522
⑨	(B-R)/V	-0.9522
⑩	R/rV	0.9570
⑪	B/rV	-0.9570
⑫	(B-R)/rV	-0.9536
⑬	(R+2B)/3rV	-0.9570
⑭	(2R+B)/3rV	-0.9570

なおこの研究において、各スペクトル型を以下の数値に定義した。

O0, O0.5, O1, O1.5...O9, O9.5, B0, B0.5...B9.5, A0 ... F0 ... G0 ... K0 ... M0 ...M9.5

→0.00,0.05,0.10, 0.15...0.90,0.95,1.00,1.05...1.95,2.00...3.00...4.00...5.00...6.00...6.95

・式①、④、⑦のグラフにおいて、それぞれの結果の分布、及び近似直線には大きな違いがなかった(g1)。また式②、⑤、⑧(g2)、式③、⑥、⑨(g3)でも同様のことが言えた。

・式⑩のグラフにおいて、誤差の数が少ないが傾きの絶対値が小さい、式⑪のグラフにおいて、傾きの絶対値が大きい誤差の数が多といった真逆の傾向が見られた(g4)。

- ・式⑭では、スペクトル型が同じ星同士での計算結果がほとんど一致していた(g7、R/rV と B/rV は比較用)。しかし、2つ以上の値が得られたこの5つのスペクトル型同士での値の散らばりがあった(g6、5つのスペクトル型は白く着色している)。
- ・式⑦、⑧、⑨の相関係数の絶対値が一致していた。式⑩、⑪、式⑬、⑭でも同様のことが言えた(g8)。

考察

- ・相関係数の絶対値が他の式と比較して大きい式の中では、スペクトル型が同じ星同士での計算結果がほとんど一致していた式⑭ $\{(2R+B)/3rV\}$ が一番理想に近いと考えられる。

- ・グラフの傾きとデータの散らばりについて(式⑩、⑪)

この2つの式は分母の rV の性質上、R と B の値によって分母と分子の値に次のような影響を与える。

式⑩(R/rV) : R が大きい→分子大、分母大 B が大きい→分子小、分子小

⑪(B/rV) : R が大きい→分子小、分母大 B が大きい→分子大、分子小

結果、B/rV の計算結果のほうがデータの散らばりの幅が大きくなり(両端の差が広がる)、この散らばりが傾きにも影響を与えたのではないか。

- ・しかし傾きや散らばりの幅は異なっても、各恒星の計算結果の並び自体には大きな変化はなかったと考えられる。

結論

- ・ $(2R+B)/3rV$ が現段階で最も理想の式に近い。
- ・散らばりによって、グラフの誤差や傾きが変化する。
- ・計算で求めたスペクトル型の並びに関しては、式ごとでの大きな変化は見られない。

参考文献

恒星 – Wikipedia

スペクトル分類 – Wikipedia

RGB - Wikipedia

星座別の恒星の一覧 – Wikipedia

研究の経過・反省・感想等

- ・カメラの補正や継続的な写真の撮影など、基礎の部分でまだまだ改善の余地が多く残してしまい実験自体の再現性、正確性を下げてしまった。
- ・自分は式を立てる際、初めに作成したいくつかの式から徐々に理想の式に近づけるという方針で研究を進めていたが、研究冒頭の段階で仮説を立てモデルとなり得る式を作ったうえで式作りを進めるべきだった。
- ・宇宙分野は天体の距離、温度、光度など値のスケールが大きく実験しづらい分野ではあったが、自分で決めたテーマに沿って一年間研究を続けられて良かった。