

緑色の星

半田 孝*

はじめに

星は、その表面温度の違いで色が変化する。温度が低いと赤く、温度が高くなるにつれて、オレンジ、黄、白、青白へと変化する。それは、星の光に含まれる色々な波長の光が、温度によってその強度比を変えるためであり、人間の眼には、これら様々な波長の光が混ざって見えている。太陽の様な温度の星は、緑色の光を最も強く放射している。しかし、同時に他の色も放射しているために、緑色ではなく、黄色っぽく見えてしまうのである。

昭和 57 年から 59 年にかけて、大阪府立花園高校地学部の生徒達が「緑色の星」を追った。理論的にあるはずのない緑色の星が、色々な天文書に載っているのを見つけたからである。

緑色に輝く星は本当に存在するのか、存在するとすればどんな星か、存在しないとすればなぜ緑色に見えてしまうのかを調べていった。以下にその概要を紹介する。

緑色に見える星

先入観を持って星を見ると、心理的な影響が働く恐れがある。そこで、昭和 57 年度第 1 回の徹夜観測では、この研究の事情を知らない新入部員だけを対象に、星の色の見えかたを調べた。

口径 10 cm の屈折望遠鏡で観察した結果、同じ星でも人によって、ずいぶん色の見えかたに違いがあることが解ったが、1 人でも緑色に見えた星が多数出てきた。そして、文献に緑色の星と出していない星でも、A 型の星が緑色に見える割合が大きいことも知った。

文献に見る緑色の星

「Star Names and Their Meanings」(A. H. Allen 1936), 「Norton's Star Atlas」(A. P. Norton 1973), 「四季の天体観測」(中野 繁 1960), 「星の事典」(鈴木 駿太郎 1968), 「新標準星図」(中野 繁 1977), 「星座ガイドブック」(藤井 旭 1981) の 6 種類の文献から、1 冊でも緑色と記した星が、合計 45 個も見つかった。代表的な緑色の星を図 1 (=表紙) に示す。

45 個の緑色の星のうちで、実に 40 個が二重星であった。そして、30 個が二重星の伴星であった。

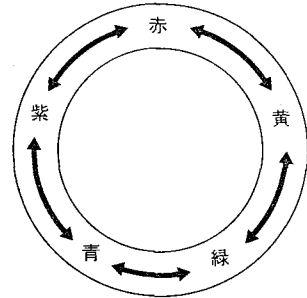


図 2 色相環 (反対側の色が補色である)。

緑色の伴星のスペクトル型は、A 型・B 型が多数を占め、対する主星は、赤っぽい K 型・M 型が多いことが判明した。赤と緑は補色の関係にある正反対の色である (図 2)。

緑色に輝く星はあるか

緑色と言われている星が、その光の放射のしかたに特徴があるかどうかを、三色測光で検討した。

カメラに赤・緑・青のバンドパスフィルター (コダック No. 25, No. 58, No. 47B) を交互につけてトライ X フィルムで撮影し、緑色の星を含めた 15 個の星について、フィルム上で各色の星像の大きさを比較した。その結果、同じスペクトル型で、緑色の星と、そうでない星の間に違いは発見できなかった。緑色の星は緑色の光を強く放射しているということにはなかったのである。

緑色の伴星

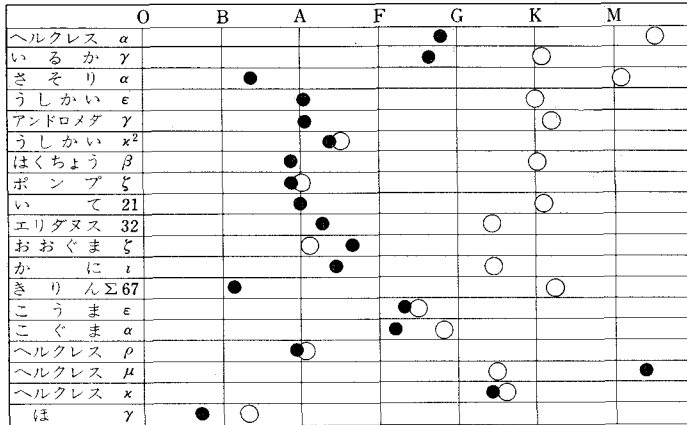
緑色の星の大半が二重星の伴星で、その主星が赤っぽい星であることから、この伴星の緑色は、主星が赤っぽいことに原因があるのではないかと考えた。

人間の目には錯覚という現象があり、物体の形や大きさ、色や明るさが実際とは違って見えることがある。明るく赤っぽい星のすぐ近くに、暗く白い星がならんでいるのを見た時に、主星の補色である緑色が伴星に現れて、緑色がかって見えてしまうのではないだろうか。この補色が現れる現象として、文献から陰性残像現象と同時性対比という種類の錯覚を探し出した。

図 3 は緑色の星のスペクトル型を、種類別にまとめたものである。単独で緑色の星や、主星が緑色のスペクトル型は A 型付近に集中しているのに対して、伴星が緑色のスペクトル型の分布は、大きく乱れている。これ

* 大阪府立花園高等学校 Takashi Handa: Green Stars

緑色の伴星を持つ二重星



主星が緑色の二重星



単独で緑色の星

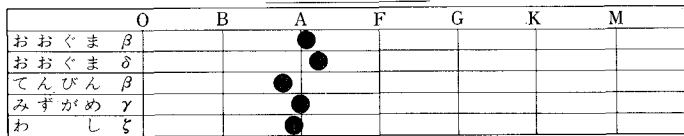


図 3 緑色の星のスペクトル型 (黒)

は、主星がある程度赤ければ、伴星のスペクトル型が少々 A 型からはずれても、かなりの割合で緑色がかって見えるということを表していると言えよう。

人工二重星の観察

赤い主星のそばに白い伴星がついているときに、伴星が緑色に見えることが実験室で証明できるかどうかを、赤と白の光源を並べて暗室で観察した。

この人工二重星の赤い主星は赤い電球を使い、白い伴星は、携帯用の小型蛍光灯を使用した。主星より暗くて白い光源は、豆電球では無理であった。蛍光灯にまるい穴をあけた黒い紙をかぶせ、穴の大きさに等級を調節した。

この観察は学校での徹夜観測時に、教室で実施した。表 1 がその結果の一例である。予想通り、12 人の部員全員が、ある程度まで 2 つの“星”を近づけると、伴星が緑色に見えることがわかった。

この結果は、被検者、両星の等級差を変えてもあまり変らなかった。

主星を隠して二重星を見る

本校地学部は、毎年香川県五色台にある県立少年自然の家で合宿をしている。ここには口径 25 cm の屈折望遠鏡が設置され、この望遠鏡で緑色の伴星を持つ二重星

表 1 人工二重星の観察結果

	観察者	緑がかって見えるかどうか	緑がかって見え始めた距離 (b)	b/a	2 つの電球の見かけの角度
1	今本	○	95 cm	0.095	5.5°
2	八木	○	75 cm	0.075	4.3°
3	河田	○	46 cm	0.046	2.6°
4	小林	○	45 cm	0.045	2.6°
5	沖之島	○	45 cm	0.045	2.6°
6	井置	○	40 cm	0.040	2.3°
7	西村	○	40 cm	0.040	2.3°
8	市町	○	38 cm	0.038	2.2°
9	高萩	○	34 cm	0.034	2.0°
10	藪内	○	20 cm	0.020	1.2°
11	鶉飼	○	18 cm	0.018	1.0°
12	井藤	○	15 cm	0.015	0.9°

蛍光灯の穴の直径 6.5 mm
 観察者から電球までの距離 (a) = 10 m
 赤と白の電球の等級差 3 等級

の観察をした。主星が赤いために伴星が緑色に見えるのであれば、主星を隠せば伴星は本当の色に戻るだろうと

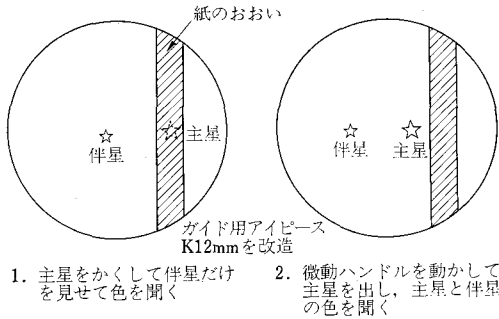


図4 二重星の主星を隠して見る実験

表2 アンドロメダ座γ星の色

	観察者	伴星だけを見たときの色	主星とならべて見たときの色	主星の色	変化
1	高萩	白	→ 緑	オレンジ	○
2	衛門	白	→ 緑	オレンジ	○
3	高尾	白	→ うす緑	オレンジ	○
4	小川	白	→ うす緑	オレンジ	○
5	八木	うす緑	→ 緑	黄	○
6	南田	うす緑	→ 緑	オレンジ	○
7	三好	緑	→ 緑	黄	×
8	今本	黄緑	→ 黄緑	黄	×
9	河田	うす黄	→ うす黄	黄	×
10	沖之島	白	→ 白	黄	×

考えたからである。

主星だけを隠すために、ガイド用アイピース (K12 mm) の十字線の部分に、細長く切った紙きれを両面テープではりつけた、そして、緑色の伴星を持つ二重星に合わせ、主星を隠して伴星だけを見たときの色と、主星を出して伴星と両方を見たときの色を比較した (図4)。

表2は10人の部員について、その観察結果をまとめたものである。アンドロメダ座γ星の場合、10人中6人が主星が見えることによって、伴星が緑色に変化して見えている。この結果は、主星の色に原因があるという仮説を裏付けるものと言えよう。この実験は白鳥座β星でも同様の結果が出た。ただ、すでに述べたように色の感じかたは、人によってずいぶん違いがあり、伴星だけを見た時でも、緑色あるいは緑色がかって見えた者が4人もいた。これは次に述べる単独でも緑色に見える星の原因で解釈した。

単独でも緑色の星

1年目の研究で、理解できなかったのが、単独でも緑色に見える星、および主星が白いのに伴星が緑色に見える星であった。この原因は主星の補色で説明できない。そこで、この原因を再び人間の眼の性質に求めた。

人間の眼には杆状体と錐状体という2種類の光に感じる細胞がある。このうち色を識別できる細胞は、錐状体だけであり、焦点の部分に集中的に分布している。

文献から、この錐状体が最も強く感じる色が、緑色であることがわかった。また、実際の観測から、A型の暗い星を、わざとピントをずらしたり、単レンズの望遠鏡で見ると、緑色に見えやすいこともわかった。

星の像は、ピントのずれや収差があると、点像にはならず面積を持つスペクトル像になる。このスペクトル像が適度に暗いときには、人間の眼は緑色の光を優先的に感じて、緑色に見えてしまうのではないだろうか。

緑色に写る星

この研究を始めた年に、緑色の星として有名な、てんびん座β星を天体望遠鏡で撮影し、カラーフィルムでは緑色に写らない結果を得た。そして、三色測光の結果と合わせて、緑色の星は実在しないと結論づけた。

ところがその後、天文雑誌の写真コンクール欄に、緑色に写った星が、しばしば登場するようになった。緑色の伴星を持つ二重星や多重星ばかりである。

雑誌に載った撮影データで同じ星を撮影したところ、やはり緑色に写ってしまった。伴星がかなり暗く、20秒以上の長時間露出で適正露出になるときに、どうやら緑色に写るらしい。てんびん座β星は明る過ぎたらしい。

そこで、長時間露出におけるカラーフィルムの色のずれを調べるために、リバーサルフィルムをつめたカメラに各種濃度のNDフィルターを交互につけ、美術書にある色環の撮影をして比較した。

結果は予想通り、長時間露出で適正になった写真ほど緑色がかって写った。

カラーフィルムには、赤・緑・青の三原色の感光乳剤が塗られている。通常の露出時間内では、これら3つの乳剤の光に対する反応速度が調整されているが、20秒を越える長時間露出では3つのバランスがくずれて、緑色がかった色に写ってしまうのである。

結 論

恒星が緑色に見えるのは、目の錯覚である。二重星の伴星が緑色に見えるのは、主星が赤っぽいからであり、これは、主星を隠して二重星を見る実験と、人工二重星

の観察から確かめた。

B型とA型の星は、近くに赤っぽい星が無くても緑色に見えることがある。これは、ピントのずれや収差が少しでもあると、星像が小さくスペクトルに分離し、人間の目の錐状体が、この中から緑色を優先的に感じてしまうためと考えた。

カラー写真に星が緑色に写ることがあるのは、フィルムに原因がある。A型の白い星でも、暗くて長時間露出が必要なときは、三原色の感光乳剤の感度バランスが崩れてしまい、緑色がかって写ってしまう。これはNDフィルターをつけた長時間露出の撮影実験で確かめた。

おわりに

この研究は、第28回日本学生科学賞において、内閣総理大臣賞を受賞した。

存在するはずのない緑色の星について、その錯覚の証明をただけと受け取られるかも知れないが、生徒達にとって、この結論に至るまでの数々の実験や考察は、教

育的に非常に価値があった。通常の天体観測では相手にしなかった恒星を研究の対象にしたために、それまでの楽しいだけの観測風景も一変して、充実感と緊張感に満ちたものとなった。これからも、高校生ならではのといったテーマを探し出して、星に親しみながら研究を続けさせたいと考えている。

お知らせ

東京天文台一般公開

東京天文台の一般公開(本会后援)が11月8日(土)に行われます。台内諸施設の公開は午後2時から午後4時30分まで、月面観望は午後7時30分まで行われます。天候の都合で観望終了時刻を繰り上げることもあります。なお雨天の際は中止となります。

当日参観を目的の自動車の構内乗り入れは禁止です。幼児には必ず保護者の同伴をお願いします。

シンデン鏡 (イギリスのプロ用名鏡) (光学原器、インターフェロメーター) (既定販売) (マクストフ、シュミットカメラも製作)
DAVID SINDEN氏は鏡面研削の世界的権威でイギリスGRUBB PARSONS社で数々の巨大ミラーを製作されました。(向氏は世界で最も多くの巨大ミラー(1m以上)を研削した人として著名です。)この様な世界最高の光学技術者が製作したミラーで見た星像は、驚くべきシャープさで、その美しさは、はっと息をのむばかりです。当社では入手できるミラーと同口径で比較、このミラーを上回るミラーは一枚もなく、極めて大きな差があることを確認致しました。プロ、アマチュアの方で大型望遠鏡を設置される方、切れ味の悪い星像でお悩みの方には、自信を持ってシンデン鏡をお勧めします。また円筒のためその精度に比して極めて安価に発表できました。(凸凹レートの変動、材料費の値上りのため予告なく価格変更を行うことがあります)

- シンデン鏡使用天文台
①サイディングスプリング天文台 3.9m鏡
②グリニッジ天文台 2.5m鏡
③東京天文台岡山天体物理観測所 188cm鏡 他多数

超高精度鏡(1/32λ以上)と1/8λや1/10λ鏡との違いは、
1. レーリ-リット(主鏡とも1/16λ以上必要)を完全に満たし、分解能やコントラストに大きな差があり、切れ味の悪い像を示す。たとえ不良シーイングであってもこの差は常に生じます。
2. 高倍率でもなかなかな像が崩れない。気流による像の揺れが小さいからです。

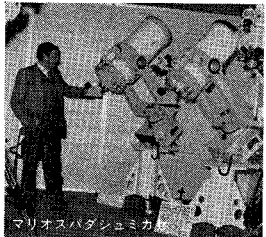
シンデン鏡精度 各国によりその基準が異り混乱しておりますが下記のとおりです。
A. 超高精度鏡.....1/32λ (日本基準)以上=1/16λ(シンデン基準)以上
=1/8λ(アメリカ基準)以上
B. 高精度鏡.....1/16λ(日本基準)=1/8λ(シンデン基準)=1/32λ(アメリカ基準)
数mのものでもこの精度で製作可能(古い技術しか持っていないメーカーでは大口径は1/8λ程度しか製作できません。)

ニュートン式カセグレン式価格
高精度鏡は406mmまでデュラン50使用。それ以上はゼロドール使用。超高精度鏡はすべてゼロドール使用。
口径 ニュートン ニュートン カセグレン 送料
(高精度) (超高精度) (高精度)
153mm 89,800円 248,000円 (すべてゼロ) 1,500円
203mm 158,000円 368,000円 (ダブル使用) 2,000円
254mm 268,000円 598,000円 超高精度鏡は 2,500円
305mm 488,000円 1,198,000円 約30%アップ 3,000円
356mm 878,000円 1,980,000円 2,198,000円 4,000円
406mm 1,380,000円 2,680,000円 3,280,000円 6,000円
457mm 3,680,000円 4,580,000円 4,580,000円 12,000円
508mm 5,280,000円 6,280,000円 6,280,000円 20,000円

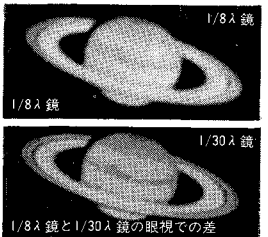
超高精度鏡も安価なデュラン50仕様のものもあります。1m以上のものも製作

リッチー-クレチアンミラーシステム 補正レンズ付、ゼロドール使用、高精度鏡
356mm 2,580,000円 406mm 3,780,000円 457mm 5,380,000円
これ以上のサイズも製作。超高精度鏡は約30%アップ
③シンデン氏は、あらゆるタイプのミラー、アクロマートレンズなどの製作をお受け致します。

1/30λ クラップ各種鏡筒 (カセグレン、ニュートン、リッチー-クレチアン(R.C.))
リッチー-クレチアンは、カセグレンより視野広くコマ収差なく、良像を結びます。
鏡筒の長さかシュミット程度でシュミットとは比べものにならない良像で、天体写真に最適です。このリッチー-クレチアンは補正レンズ不用の準リッチー-クレチアンです。
R.C. ニュートン
口径 価格 価格 価格 送料
158 578,000円 398,000円 (経緯台付) 10,000円
210 748,000円 568,000円 528,000円 20,000円
254 878,000円 738,000円 598,000円 20,000円
311 1,198,000円 948,000円 798,000円 25,000円
356 1,780,000円 1,380,000円 1,098,000円 30,000円
406 1,358,000円 1,098,000円 858,000円 35,000円
すべてファインダー、アクセサリー、ニュートン式のみ美しい経緯台付。



マリオスパダプロ用シュミカセ



ヨーロッパカメラショー、オスカー賞の世界的名機、その口径の2倍近い11径のアマチュア用シュミカセを上回るには驚かされる。
プロ用 32cm.....5,800,000円 26cm.....4,700,000円 20.5cm.....2,980,000円
15.5cm.....1,780,000円 20.5cm(こののマクストフ).....3,080,000円
セミプロ用 20.5cm(テラックス).....1,980,000円 20.5cm.....1,490,000円
15.5cm(テラックス).....1,520,000円

クラペアイピース (31.7mmサイズ, 50.8mmサイズ)
ヨーロッパの大学や天文台で広く使用されるプロ用ブレースル
3mm 4mm 5mm 6mm 8mm 10mm 12mm 16mm 20mm 25mm 30mm 35mm 40mm 45mm
55mm 65mm 75mm

その他(円高差益還元)
◎軽量ミラー(1/20λ) 254mm.....168,000円 317mm.....278,000円
368mm.....428,000円 406mm.....598,000円
457mm.....698,000円 508mm.....898,000円

◎セレストロロC-14(35cmシュミカセ、フォーカマウント、三脚付).....2,098,000円(航空便)
◎クエスター(マクストフ) 7インチ.....2,480,000円(赤道儀・付属品一式付)
3½インチ.....840,000円(赤道儀・付属品一式付)

シンデン・クラップ日本総代理店
クラペアイピース、マリオスパダシュミカセ発売元
オペティックス・インターナショナル
〒591 大阪府堺市中村町1203 電話0722(59)1828(PM10.00まで)
郵便振替口座 大阪0-100943 詳しいお問い合わせは電話でお願い致します。 リスト+写真10枚.....1,000円 リストのみ 180円