

ぎよしゃ座ε星の1982-84の食における光電測光

大森 茂雄*

UBV Photoelectric Observations of ε Aurigae
During the 1982 - 1984 Eclipse
Shigeo OOMORI

(1) はじめに

ぎよしゃ座ε星(以下εAurと記す)は通常は3等級の明るさを持っているが、27.1年ごとに暗くなる変光星である。この星は、光度曲線(変光の様子を示した曲線)の形から考えて、食連星であることが知られている。食の期間は2年間、このうちの1年は暗くなったまま明るさがほぼ一定になる。現在この星は、多くの研究者から注目されている。それは、食の期間中に他に類例がないような特異な現象を見せるからである。この星については不明なところが多く、実体は未だ明らかになっていない。現在この星は、IAU(国際天文学連合の略称:天文学全般の最高組織)の呼びかけによる、国際共同観測星として取り上げられている。

筆者はJAPOA(Japan Photoelectric Observers Association)の各観測所と連絡をとりながら、光電測光による共同観測を行った。この観測により、いくつかの新しい知見が得られたので、ここに報告する。

(2) 光電測光について

光電測光では、光電子増倍管と呼ばれる光電管を使用して星の明るさを測定する。この方法による測定の精度は、0.01等級以上で、眼視による観測とは比較にならないほど高い。また、光電子増倍管の前に各種のフィルターをかけると、色(波長)の違いによる光度が求められる。反射望遠鏡による観測では、通常、U(紫外)、B(青)、V(黄)のフィルターを使用する3色測光が行われている。求められたU、B、Vの値から、色指

数と呼ばれるU-B、B-Vを算出すると、星の物理的状態を知ることができる。

光電測光は、ジョンソン・システムと呼ばれる方法で観測し、測定値を整約している。観測は、光度を求めようとする星と、この星の近くにあ

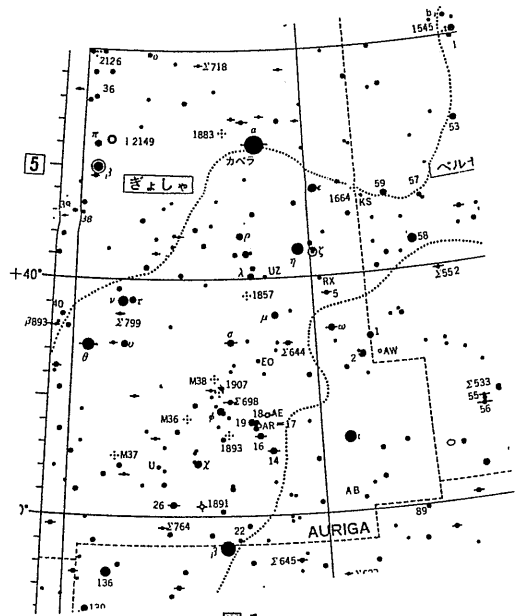


図1

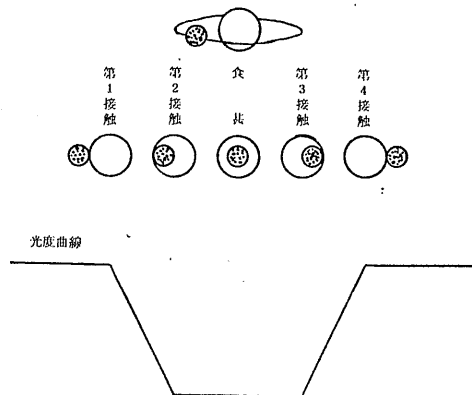


図2

* 川崎市中野島中学校教諭
川崎市青少年科学館教科研指導員

て光度やスペクトル型が似ている星を標準星の中から選び出して比較星とし、これらの星を交互に測光する。得られた測定値は、ジョンソン・システムに従って、大気量、望遠鏡の係数などの補正をしたのち、比較星との光度差を求め、これから光度を決定する。

(3) これまでの研究

ϵ Aur の研究は、Fritsh (1824) から始まる。彼は 1821 年にこの星が変光星であることを発見した。今世紀に入って、Vogel、Eberhard (1902) らはこの星の視線速度を測定して、この星が食変光星であることを確めた。Ludendorff (1904) は、この連星系の公転周期が 27.1 年であること、食の期間が約 2 年であることを明らかにした。この星は、1902 年の食から多くの研究者によって観測されるようになった。1928-1930 年の食は、Huffer (1932)、Gussow (1936)、その他多くの研究者によって光電測光などの詳しい観測がなされた。1955-1957 年の食も Wood (1958)、Gyldenkerne (1970) をはじめ多くの研究者が光電測光や分光観測を行い、日本では、Huruhata、Kitamura (1958) らが 6 色測光を行った。

これまでの観測結果をまとめると、この星は他に類例を見ないよう特異な現象を見せることが判

明している。まず第 1 は、この星のスペクトルを撮ると、食中でも食外でも常に F 2 型の超巨星のスペクトルが見られることである。このスペクトルは主星のもので、伴星のスペクトルはまったく観測されない。この星がふつうの食連星であるならば、皆既食中は主星の光が伴星にさえぎられて見えず、伴星の光だけが観測されるはずである。しかしこの星の場合は、皆既食中でも主星のスペクトルだけしか観測されない。

第 2 は、食中の光度曲線の形と深さが観測した色(波長)によらず同じであることである。食の深さは V で 0.8 等級、皆既食中は不規則な周期で光度変化している。これは B や U で観測しても同様の結果が得られる。一般に、星は温度によって色が違い、高温の明るい星が低温の暗い星によってかくされるときに示す光度曲線は深さが違うことが常識となっている。例えば赤色をした星(低温星)がかくされるときには、V で観測すると暗くなり、光度曲線は B よりも深くなる。しかしこの星の場合は、どの色で観測しても同じ深さと形の光度曲線しか得られない。したがって、U-B、B-V などの色指数は変化がなく、ほぼ一定である。

この連星系は、主星の質量が太陽の 25 倍、伴星は 2.3 倍とどちらも巨大な星であることはわかっている。しかし光度曲線が一般の星と大きく異

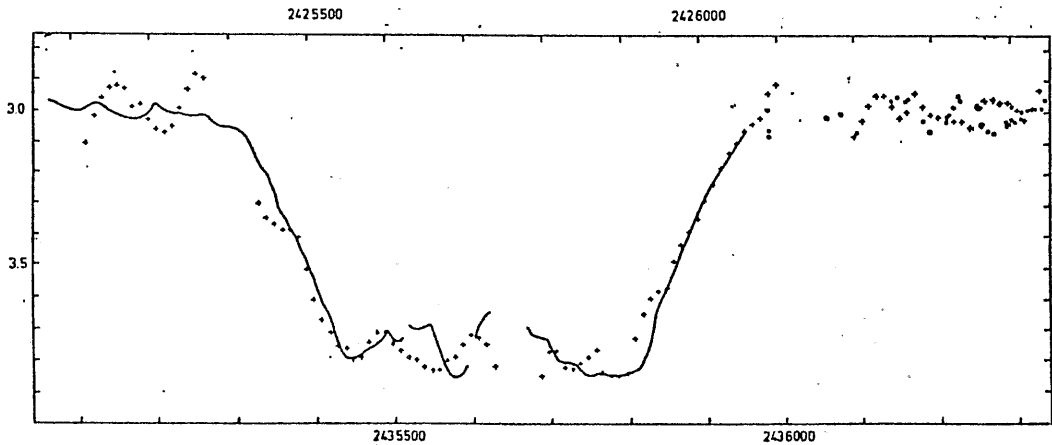


図 3 The 1928-30 light-curve (plus signs, upper abscissa scale) superposed upon the 1955-57 light-curve (smooth curve, dots in post-eclipse phases; lower abscissa scale). The ordinate scale represents V for the 1955-57 eclipse.

っているため、伴星の実体はいまだはっきりして
いない。

最近の研究では、ソ連の Aibo(1977) が食外
で急激な増光を観測した。増光量は、下記に示す
ように波長が短いほど大きい。

$$\Delta V = 0.06 \text{ 等級} \quad \Delta B = 0.1 \text{ 等級}$$

$$\Delta U = 0.2 \text{ 等級}$$

(4) 観測と整約

観測は、下記の各観測所と共同して行った。望
遠鏡に光電子増倍管 IP21 を装着し、UBV の 3
色測光(反射望遠鏡)や BV の 2 色測光(屈折望
遠鏡)を行った。観測は 1982 年 9 月 1 日から始
まり、現在も継続中である。ここでは、1984 年
11 月 16 日までの 126 夜分について報告する。

観測所	望遠鏡
神奈川県立教育センター	20 cm 屈折
川崎市青少年科学館	40 cm 反射
福島大学	20 cm 反射
巻天文台(新潟)	30 cm 反射
宮城県立角田女子高等学校	15 cm 屈折

筆者は、神奈川県立教育センターと川崎市青少
年科学館の望遠鏡を使用した。

比較星には λ Aur を選び、U、B、V の等級
の算出に当っては、下記の値を使用した。

$$V = 4.71 \quad B - V = 0.62 \quad U - B = 0.13$$

整約はジョンソン・システムに従い、次式を用
いて行った。計算処理はすべて、PC-8800 を
使用した。

$$V = v + \epsilon(B - V) - [k_v + k_{Bv}(B - V)]F(z) + \zeta_v$$

$$(B - V) = \mu_{Bv}(b - v) - [k'_{Bv} + k''_{Bv}(B - V)] \\ \times F(z) + \zeta_{Bv}$$

$$(U - B) = \mu_{UB}(u - b) - [k'_{UB} + k''_{UB}(U - B)] \\ \times F(z) + \zeta_{UB}$$

ここで、 v 、 $b - v$ 、 $u - b$ は測光系による等
級を表している。 ϵ 、 μ_{Bv} 、 μ_{UB} は測光系の定
数である。吸収係数(k_v 、 k'_{Bv} 、 k''_{Bv})は、観測

夜ごとに標準星を観測して求めた。

(5) 結果

この観測で得られた光度曲線を図 4 に示す。図
中に Gyldenkerne の予報を \uparrow 印で示すと、今回の
食は、だいたい予報通りになっていることがわか
る。この光度曲線では、第 1 接触、食甚、第 4 接
食のそれぞれの付近が欠けている。これは、それ
らの時期には ϵ Aur が日中にあり、観測が不可能
だったことによる。第 2 接触は JD 2445306
(1982. 12. 2)で、予報より 9 日早い。また第
3 接触はちょうどこのころに大きな変光があっ
たので正確な時期ははっきりしない。この増光は
JD 2445690(1983. 12. 21)から始まって、第
3 接触のところで極大になり、JD 2445741(1984.
2. 21)に終わった。増光量は、下記に示すよう
に波長が短いほど大きい。

$$\Delta V = 0.07 \text{ 等級} \quad \Delta B = 0.09 \text{ 等級}$$

$$\Delta U = 0.19 \text{ 等級}$$

この値は、Aibo が食外で観測した急激な増
光と非常に近い。

皆既食中の光度は一定でなく、不規則な周期の
変光がいくつか見られる。第 1 回目は、第 2 接触
直後に現れている。ゆるやかに増光して約 4.5 日
後に極大に達し、同じ日数をかけて極小になっ
ている。増光量は、第 2 接触の光度を基準にとると、
それぞれ、 $\Delta V = 0.02$ 等級、 $\Delta B = 0.03$ 等級、
 $\Delta U = 0.04$ 等級となり、波長が短いほど大きい。
しかし極大から極小までの差はどれも等しく、
0.04 等級である。食甚後に見られる変光は、短
波長ほど変光量が小さい。

皆既食中の平均光度は、食甚の前後で違いがあ
る。食甚前は、 $V = 3.75$ 等級、 $B = 4.25$ 等級、
 $U = 4.65$ 等級であるが、食甚後は V で 0.02 等
級明るくなり、U では反対に 0.06 等級暗くなる。
食の深さは、食甚前の平均光度で求めると、3 色
ともに 0.75 等級になり、この値は、1955-1957
年の食(深さ 0.81 等級)と比べて少し浅い。

色指数 $U - B$ 、 $B - V$ のグラフを図 5 に示す。

このグラフは図4の平均的な光度曲線を引き、それぞれの差から得たものである。第2接触と第3接触に顕著な変化が見られる。この変化の現れ方は反対で、第2接触では赤味が増し、第3接触で

は青味が増す。第3接触付近の変光の増光量が短波長ほど大きいことは、この色指数の変化からも明らかである。色指数の変化全体から見ると、この変光は、皆既食中の安定した状態へ戻る現象で

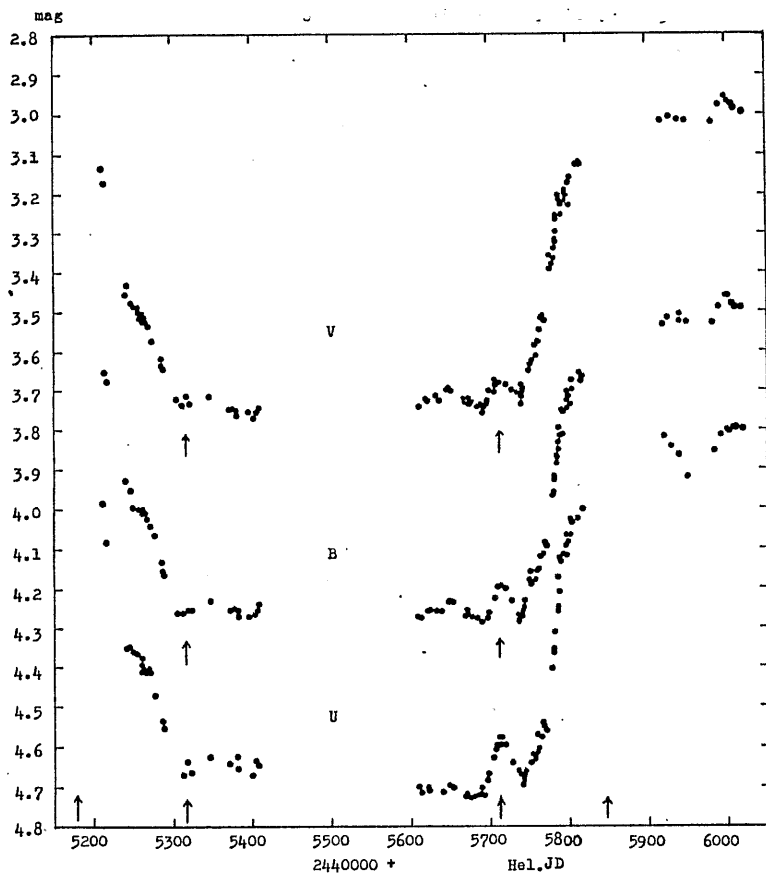


図4

JAPOA Observations covering the 1982 - 84 Eclipse of Epsilon Aurigae

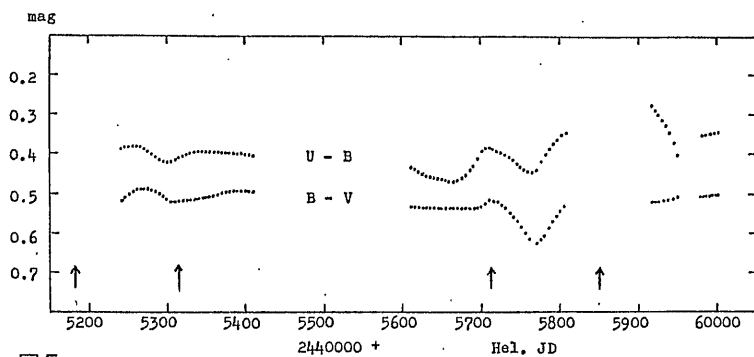


図5

Colour variations of Epsilon Aurigae during JAPOA Observations

あることがわかる。第2接触では、 $U-B$ 、 $B-V$ とも赤味を増すが、やがて回復し、 $U-B = 0.40$ 、 $B-V = 0.50$ になる。その後、再び徐々に赤味が増していく。このときの変化量は、 $U-B$ の方が大きい。皆既食の終りごろ、 $U-B$ は0.07増し、 $B-V$ も0.04増している。第3接触付近の増光で急激に青味が増すが、このときの値は $U-B = 0.39$ 、 $B-V = 0.52$ となり、これは皆既食中の安定した状態に一気に戻っているに過ぎない。

第3接触後は再び赤味が増していく、特に $B-V$ の変化が大きい。第3接触と第4接触の間で最も赤くなり、その後急速に回復する。

(6) まとめ

ϵ Aurの1982-1984年の食を光電測定した結果をまとめると、次のようになる。

- ① 第2接触はJD2445306(1982. 12. 2)でGyldenkerneの予報より9日早い、全体的には予報通りになっている。
- ② 皆既食中は、不規則な周期で変光している。第3接触付近の変光が大きく、顕著である。増光量は短波長ほど大きい。
 $\Delta V = 0.07$ 等級 $\Delta B = 0.09$ 等級
 $\Delta U = 0.19$ 等級
 この値は、Alboが食外で観測したものに近い。
- ③ 皆既食中の平均光度は食甚の前後で違いがあり、これは色によって差がある。Vでは0.02等級明るくなるが、Uでは反対に0.06等級暗くなる。
- ④ 食の深さは、食甚の前の平均光度で求めると0.75等級になる。
- ⑤ 色指数は、第2接触と第3接触で顕著な変化が見られる。第2接触では赤味が増し、第3接触では反対に青味が増す。皆既食中は、徐々に赤味が増していく。特に $U-B$ の変化が大きい。第3接触付近の変化は、皆既食中に赤味が増した分だけ一気にもとの状態に戻るような形で起きている。

(7) おわりに

ϵ Aurの実体については、この結果だけでは明らかにできない。スペクトルなどの他の観測から得られる結果を待って、少しずつ解明していきたい。

この研究を進めるにあたり、東京大学(東京天文台)教授北村正利先生にご指導いただいた。福島大学教授大木俊夫先生からは、適切なご意見をいただいた。また資料をまとめるときは、平塚市立野中学校の関谷育雄先生のご協力を得た。ここに深くお礼申し上げる。

(8) 文献

- ALBO, H., and SORGSEPP, L., 1974: *Tartu Publ.*, 42. 166.
- FRITSH, J. H., 1824: *Berl. Jahrb.*, pp. 252.
- GUSSOW, M., 1936: *Berlin-Babelsberg Veroff.*, 11, Heft 3.
- GYLDENKELNE, K., 1970: *Vistas in Astronomy.*, Vol. 12.
- HUFFER, C. M., 1932: *Ap. J.*, 76, 1.
- HURUHATA, M., and KITAMURA, M., 1958: *Tokyo Astr. Bull.*, Ser. II No. 102. 1103
- JAPOA, 1983: *Inf. Bull. Var. Stars*, I. A. U., No. 2371
- LUDENDORFF, M., 1904: *Astr. Nachr.*, 164, 81.
- OKI, T., SEKIYA, I., and HIRAYAMA, K., 1984: *Inf. Bull. Var. Stars*, I. A. U., No. 2496
- OKI, T., and YOSHINARI, H., 1983: *Epsilon Aurigae Campaign Newsletter.*, No. 9, 9.
- VOGEL, and EBERHARD, 1902: *Sitze Ber. Preuss. Akad. D. Wiss. Wood*, F. B., 1958: *Trans. I. A. U.*, X, 625