

ぎょしゃ座ε星の光電測光による共同観測(1982-1985)

日本アマチュア光電測光観測者会議(JAPOA) 編集者 大森茂雄*

Cooperative Photoelectric Observations of ϵ Aurigae
During 1982 - 1985

Japan Amateur Photoelectric Observers Association (JAPOA)
Compiler: Shigeo OHMORI

Abstract. JAPOA observations of ϵ Aurigae made during 1982 - 1985 are summarized and discussed. It is found from the JAPOA observations that (1) the depth of eclipse slightly depends on the observed colour and decreases with wavelength, (2) irregular light variations appear greater outside of the eclipse than during the eclipse and the amplitudes of such irregular variations increase with decreasing wavelength, (3) the colour also varies outside and during the eclipse and it becomes appreciably bluer at the Pulsation-like light increase. There seems a tendency that the duration of total eclipse is getting longer and the depth of the eclipse shallower as compared with the previous eclipses.

(1) はじめに

ぎょしゃ座ε星(以下ε Aurと記す)は、周期27.1年の食変光星である。食の期間は約2年、このうち皆既食が1年以上も続く。1901~03年の食からは、この星の周期を決定したLUDENDORFF(1824)をはじめとする、多くの研究者によって本格的に観測されるようになった。1928~30年の食は、HUFFER(1932)、GÜSSOW(1936)によって初めて光電測光がなされた。1955~57年の食は、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した。日本では、HURUHATA, KITAMURA(1958)らが6色測光を行った。

ε Aurは、これまでの観測から、食の期間中に通常の食変光星では類例がないような特異な変化をすることが明らかにされている。その1は、食中でも食外でも、主星のスペクトルしか観測されないことである。主星より形の大きい伴星が前方に来れば、主星の光はさえぎられるはずである。しかし、常にF2型の超巨星のスペクトルしか観測されない。その2は、食中の光度曲線の形と食の深さが観測した色(波長)によらず等しい点である。したがって、U-B、B-Vの色指数も変化がなく、ほぼ一定になっている。これらのほかに、この星については不明なところが非常に多く、現在IAU(国際天文連合の略称: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。

*川崎市立中野島中学校 NAKANOSHIMA Junior High School, Kawasaki

JAPOAでは、各観測所と連絡を取りながら、光電測光の共同観測を行っている。大森(1985)は、先に1982~84年の食の特徴について報告した。その後、食外の観測結果が多く集まった。ここに、1982~85年の共同観測の結果をまとめるとともに、新しく得られた知見を報告する。

(2) 観測と整約

JAPOAの観測所と使用している望遠鏡を表1に示す。それぞれの望遠鏡に、既製または自作の光電測光器を取りつけ、U、B、Vの3色測光やB、Vの2色測光を行った。光電子増倍管は、いずれの場合も1P21を使用している。観測は1982年9月1日から始まり、これまでのべ161夜観測して、現在も継続中である。

比較星には λ Aurを選び、U、B、Vの等級の算出に当たっては、下記の値を用いた。

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

整約はJohnson systemに従い、通常の方法で行なった。計算処理はすべて、Personal Computer PC-8801(NEC)を使用した。

Table 1. JAPOA Observatories

観測所 (Observatory)	望遠鏡 (Telescope)	観測者 (Observers)
神奈川県立教育センター (Education Center of Kanagawa Prefecture)	20-cm 屈折 (Refractor)	布施憲太郎 大森 茂雄 (K. FUSE.) (S. OHMORI)
川崎市青少年科学館 (Science Museum of Kawasaki City)	40-cm 反射 (Reflector)	大森 茂雄 関谷 育雄 若宮 崇令 (S. OHMORI) (I. SEKIYA) (T. WAKAMIYA) 小林 正人 旦尾 衛 (M. KOBAYASHI) (M. ASAO)
福島大学 (Fukushima University)	20-cm 反射 (Reflector)	大木 俊夫 吉成 広子 関谷 育雄 (T. OKI) (H. YOSHINARI) (I. SEKIYA) 平山 勝則 坂井 美晃 (K. HIRAYAMA) (Y. SAKAI)
巻天文台 (Maki Observatory)	30-cm 反射 (Reflector)	阿部 正 中村 毅 (T. ABE) (A. NAKAMURA)
宮城県立角田女子高等学校 (Kakuta High School)	15-cm 屈折 (Refractor)	伊藤 芳春 (Y. ITOH)

表1 共同観測に参加した観測所、使用望遠鏡と観測者

(3) 結果

これまでの観測から得られたU、B、Vの3色の光度曲線を図1に示す。また、それぞれの光度は、表2に掲げてある。図から明らかなように、 ϵ Aurの光度は常に小変動している。これと食とが重なったため、光度曲線が複雑な形になっている。食は皆既食であるが、この光度曲線には第1接触、食甚、第4接触の付近の観測結果が欠けている。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ためである。光度曲線から接触の時期を求めると、第2接触はJD2445306(1982年12月2日)、第3接触はJD2445738(1984年2月7日)となる。したがって、皆既食の期間は432日になる。

Fig 1 The light and colour curves of ϵ Aurigae in 1982-85.

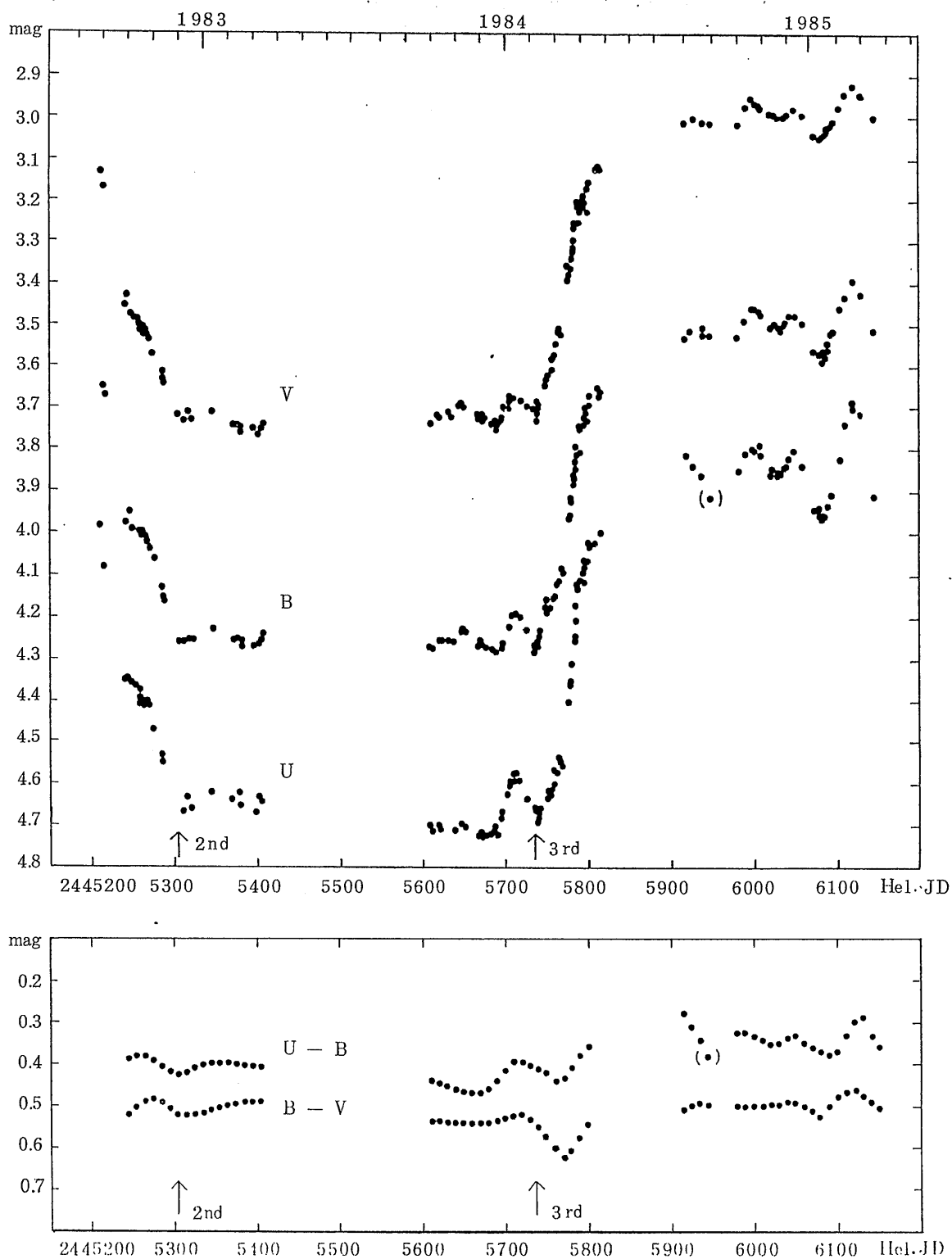


図1 ϵ Aurigae の 1982-85 年における光度変化と色指数の変化 -

Table 2 Observations of ϵ Aurigae

Hel. JD 2440000+	Date (UT)	V. mag	B. mag	U. mag	N	Observatory
5213.230	1 Sep 1982	3.135	3.757	3.983	4	Maki
5217.190	5 Sep 82	3.174	3.779	4.083	8	Maki
5236.120	20 Oct 82	3.516	4.122		2	Edu. Center
5241.160	29 Sep 82	3.453	3.982	4.351	9	Fukushima
5246.160	4 Oct 82	3.434	4.057	4.341	4	Maki
5250.110	7 Oct 82	3.481	4.099	4.353	5	Maki
5255.140	12 Oct 82	3.485	3.994	4.368	8	Fukushima
5256.140	13 Oct 82	3.498	4.008	4.374	5	Fukushima
5256.140	14 Oct 82	3.484	4.102	4.373	8	Maki
5259.140	16 Oct 82	3.506	4.006	4.396	9	Fukushima
5261.120	18 Oct 82	3.503	4.009	4.374	5	Fukushima
5261.160	19 Oct 82	3.509	4.113	4.400	9	Maki
5263.160	20 Oct 82	3.524	4.019	4.416	5	Fukushima
5265.150	22 Oct 82	3.521	4.024	4.400	5	Fukushima
5269.140	26 Oct 82	3.530	4.027	4.404	10	Fukushima
5270.160	27 Oct 82	3.533	4.042	4.414	14	Fukushima
5277.130	4 Nov 82	3.575	4.168	4.463	8	Maki
5286.140	12 Nov 82	3.637	4.157	4.536	4	Fukushima
5286.240	12 Nov 82	3.621	4.147		3	Edu. Center
5287.070	13 Nov 82	3.644	4.165	4.553	3	Fukushima
5304.160	30 Nov 82	3.724	4.271		3	Edu. Center
5312.060	8 Dec 82	3.737	4.263	4.670	12	Fukushima
5318.220	14 Dec 82	3.715	4.254	4.637	3	Fukushima
5322.090	18 Dec 82	3.731	4.255	4.664	8	Fukushima
5346.090	11 Jan 83	3.716	4.232	4.624	2	Fukushima
5370.020	4 Feb 83	3.748	4.255	4.640	5	Fukushima
5375.000	2 Feb 83	3.745	4.262		3	Edu. Center
5380.000	14 Feb 83	3.750	4.255	4.623	5	Fukushima
5381.090	15 Feb 83	3.767	4.270	4.656	4	Fukushima
5394.960	28 Feb 83	3.757	4.281		3	Edu. Center
5399.030	6 Mar 83	3.786	4.295	4.670	8	Fukushima
5402.990	9 Mar 83	3.770	4.266	4.636	10	Fukushima
5405.960	11 Mar 83	3.756	4.269		3	Edu. Center
5408.020	7 Oct 83	3.784	4.300	4.648	3	Fukushima
5408.940	14 Mar 83	3.746	4.250		3	Edu. Center
5609.190	1 Oct 83	3.741	4.271	4.703	14	Fukushima
5613.210	5 Oct 83	3.739	4.273	4.719	3	Fukushima
5620.210	12 Oct 83	3.720	4.255	4.699	7	Fukushima
5622.250	14 Oct 83	3.725	4.254	4.712	5	Fukushima
5634.120	26 Oct 83	3.712	4.255		2	Edu. Center
5638.150	30 Oct 83	3.726	4.254	4.713	16	Fukushima
5647.210	8 Nov 83	3.698	4.231	4.693	13	Fukushima
5653.160	14 Nov 83	3.699	4.233	4.701	14	Fukushima
5660.020	21 Nov 83	3.702	4.235		2	Edu. Center
5667.170	28 Nov 83	3.719	4.260	4.727	10	Fukushima
5668.200	29 Nov 83	3.722	4.255	4.717	3	Fukushima
5670.220	1 Dec 83	3.720	4.264	4.715	5	Fukushima
5671.000	2 Dec 83	3.730	4.269		4	Edu. Center
5674.170	5 Dec 83	3.734	4.271	4.729	4	Fukushima
5677.100	8 Dec 83	3.720	4.272		3	Edu. Center
5677.150	8 Dec 83	3.729	4.271	4.725	10	Fukushima
5685.180	16 Dec 83	3.743	4.276	4.720	3	Fukushima
5687.150	18 Dec 83	3.736	4.277	4.713	8	Fukushima
5689.930	21 Dec 83	3.759	4.279	4.709	4	Kawasaki
5690.100	21 Dec 83	3.745	4.289	4.717	9	Fukushima
5693.950	25 Dec 83	3.724	4.281	4.684	4	Kawasaki
5694.990	26 Dec 83	3.710	4.280		3	Edu. Center
5695.100	26 Dec 83	3.734	4.274	4.681	8	Fukushima
5696.060	27 Dec 83	3.727	4.268	4.666	9	Fukushima
5699.920	31 Dec 83	3.700	4.208		4	Edu. Center

表2 ϵ Aurigae の光度

Table 2 (continued)

Hel. JD 2440000+	Date (UT)	V. mag	B. mag	U. mag	N	Observatory
5706.000	6 Jan 1984	3.705	4.222	4.605	4	Fukushima
5707.010	7 Jan 84	3.702	4.205	4.624	1	Kawasaki
5707.060	7 Jan 84	3.684	4.201	4.591	11	Fukushima
5709.060	9 Jan 84	3.672	4.200		3	Edu. Center
5711.090	11 Jan 84	3.681	4.201	4.576	8	Fukushima
5712.060	12 Jan 84	3.677	4.195	4.576	11	Fukushima
5713.940	14 Jan 84	3.685	4.570	4.570	3	Kawasaki
5719.940	19 Jan 84	3.683	4.201	4.595	8	Fukushima
5727.060	27 Jan 84	3.700	4.230	4.640	7	Fukushima
5728.170	28 Jan 84	3.708	4.232	4.609	4	Fukushima
5735.120	4 Feb 84	3.708	4.264	4.659	5	Fukushima
5738.040	7 Feb 84	3.705	4.283		1	Edu. Center
5738.070	7 Feb 84	3.738	4.276	4.670	3	Fukushima
5739.960	9 Feb 84	3.685	4.265		4	Edu. Center
5740.000	9 Feb 84	3.712	4.264	4.693	6	Fukushima
5740.930	10 Feb 84	3.716	4.247	4.695	3	Kawasaki
5741.010	10 Feb 84	3.705	4.252	4.679	11	Fukushima
5742.100	11 Feb 84	3.692	4.249	4.659	7	Fukushima
5750.030	19 Feb 84	3.644	4.196		5	Kakuta
5750.080	19 Feb 84	3.650	4.204	4.639	6	Fukushima
5752.020	21 Feb 84	3.629	4.189	4.619	7	Fukushima
5752.050	21 Feb 84	3.643	4.163		6	Kakuta
5755.000	24 Feb 84	3.624	4.182	4.627	8	Fukushima
5759.010	28 Feb 84	3.611	4.611		3	Kakuta
5761.000	1 Mar 84	3.574	4.151	4.603	7	Fukushima
5761.980	2 Mar 84	3.585	4.135	4.167	2	Kawasaki
5764.050	3 Mar 84	3.542	4.122	4.576	6	Fukushima
5765.040	4 Mar 84	3.518	4.112	4.539	5	Fukushima
5768.040	7 Mar 84	3.508	4.084	4.547	8	Fukushima
5769.020	8 Mar 84	3.521	4.090	4.554	3	Fukushima
5777.990	17 Mar 84	3.392	3.966	4.403	9	Fukushima
5780.030	19 Mar 84	3.380	3.955	4.365	3	Fukushima
5781.000	20 Mar 84	3.372	3.926	4.350	9	Fukushima
5782.960	23 Mar 84	3.362	3.917		1	Kakuta
5783.000	21 Mar 84	3.338	3.884	4.310	12	Fukushima
5784.950	25 Mar 84	3.332	3.864		6	Kakuta
5785.020	24 Mar 84	3.313	3.849	4.254	5	Fukushima
5785.980	25 Mar 84	3.294	3.830	4.243	8	Fukushima
5787.980	28 Mar 84	3.293	3.871		5	Kakuta
5787.980	28 Mar 84	3.272	3.894	4.167	3	Maki
5788.000	27 Mar 84	3.269	3.815	4.208	10	Fukushima
5791.990	1 Apr 84	3.223	3.849	4.119	2	Maki
5792.960	2 Apr 84	3.240	3.852	4.124	3	Maki
5792.970	2 Apr 84	3.253	3.809		8	Kakuta
5792.980	2 Apr 84	3.229	3.754	4.132	10	Fukushima
5796.970	6 Apr 84	3.208	3.725	4.136	7	Fukushima
5797.940	7 Apr 84	3.195	3.745		4	Kakuta
5797.980	7 Apr 84	3.176	3.707	4.063	9	Fukushima
5797.990	7 Apr 84	3.213	3.825	4.061	4	Maki
5798.960	8 Apr 84	3.201	3.712	4.081	3	Fukushima
5802.960	12 Apr 84	3.171	3.736		4	Kakuta
5802.970	12 Apr 84	3.165	3.694	4.062	6	Fukushima
5804.940	14 Mar 84	3.178	3.695	4.028	3	Kawasaki
5804.950	14 Apr 84	3.155	3.698		7	Kakuta
5804.960	14 Apr 84	3.156	3.671	4.031	7	Fukushima
5813.950	23 Apr 84	3.119	3.648	4.020	5	Fukushima
5816.950	26 Apr 84	3.119	3.664	3.991	3	Fukushima
5919.210	6 Aug 84	3.018	3.532	3.816	7	Fukushima
5929.270	16 Aug 84	3.002	3.514	3.841	3	Kawasaki
5940.210	27 Aug 84	3.015	3.505	3.860	4	Fukushima

表 2 続 き

Table 2 (continued)

Hel. JD 2440000+	Date (UT)	V. mag	B. mag	U. mag	N	Observatory
5941.260	28 Aug 84	3.011	3.526	3.865	3	Fukushima
5949.220	5 Sep 84	3.017	3.525	3.921	14	Fukushima
5982.180	8 Oct 84	3.016	3.529	3.855	2	Maki
5989.100	15 Oct 84	2.976	3.490	3.810	4	Maki
6000.030	26 Oct 84	2.960	3.460	3.801	3	Fukushima
6003.070	29 Oct 84	2.967	3.459	3.806	16	Fukushima
6008.060	3 Nov 84	2.972	3.469	3.792	9	Fukushima
6008.130	3 Nov 84	2.977	3.482	3.793	7	Maki
6009.100	4 Nov 84	2.985	3.491	3.783	5	Maki
6010.070	5 Nov 84	2.979	3.476	3.815	4	Fukushima
6011.090	6 Nov 84	2.986	3.495	3.792	5	Maki
6021.040	16 Nov 84	2.994	3.496	3.798	6	Maki
6022.070	17 Nov 84	2.991	3.507	3.862	7	Fukushima
6023.070	18 Nov 84	2.998	3.505	3.849	5	Fukushima
6027.210	22 Nov 84	2.995	3.498	3.858	9	Fukushima
6030.210	25 Nov 84	3.002	3.508	3.862	11	Fukushima
6032.200	27 Nov 84	3.001	3.502	3.854	10	Fukushima
6033.140	28 Nov 84	3.003	3.512	3.859	13	Fukushima
6035.130	30 Nov 84	3.002	3.506	3.860	16	Fukushima
6038.130	3 Dec 84	3.000	3.503	3.847	10	Fukushima
6039.090	4 Dec 84	2.998	3.492	3.842	11	Fukushima
6041.160	6 Dec 84	2.996	3.497	3.849	11	Fukushima
6043.100	8 Dec 84	2.993	3.477	3.824	7	Fukushima
6050.150	15 Dec 84	2.982	3.478	3.808	8	Fukushima
6059.120	24 Dec 84	2.998	3.495	3.841	10	Fukushima
6073.040	7 Jan 1985	3.043	3.563	3.945	3	Fukushima
6080.000	14 Jan 85	3.042	3.592	3.962	1	Kawasaki
6081.140	15 Jan 85	3.050	3.579	3.941	11	Fukushima
6083.160	17 Jan 85	3.055	3.590	3.965	9	Fukushima
6084.030	18 Jan 85	3.044	3.562	3.955	7	Fukushima
6087.100	21 Jan 85	3.041	3.575	3.959	5	Fukushima
6090.070	24 Jan 85	3.036	3.559	3.935	16	Fukushima
6092.060	26 Jan 85	3.024	3.542	3.932	2	Kawasaki
6095.910	30 Jan 85	3.020	3.518	3.909	3	Kawasaki
6097.040	31 Jan 85	3.022	3.520		2	Edu. Center
6104.060	7 Feb 85	2.978	3.461	3.827	6	Fukushima
6111.070	14 Feb 85	2.943	3.433	3.740	5	Fukushima
6120.970	24 Feb 85	2.921	3.493	3.687	3	Kawasaki
6121.990	24 Feb 85	2.922	3.385	3.702	5	Fukushima
6130.990	5 Mar 85	2.948	3.427	3.717	8	Fukushima
6147.000	22 Mar 85	3.051	3.564	3.911	9	Fukushima

表 2 続 き

食中、食外の光度の平均を計算し、食の深さを求めた値を表3に示す。食の深さは、波長が短いほど大きい。

波 長 (λ)	食中の平均光度 (Mean magnitudes during eclipse)	食外の平均光度 (Mean magnitudes outside eclipse)	食 の 深 さ (Depth of eclipse)
V	3.724 mag.	3.008 mag.	0.716 mag.
B	4.260 mag.	3.507 mag.	0.753 mag.
U	4.664 mag.	3.848 mag.	0.816 mag.

表3 食中、食外の平均光度と食の深さ

小変動は、周期も変光量も不規則である。食中に見られる変動では、第3接触前のものが一番大きく顕著である。この変動はJD2445690(1983年12月21日)から始まり、第3接触のJD2445738(1984年2月7日)までの48日間続いた。変光量は、 $\Delta V=0.07$ 、 $\Delta B=0.09$ 、 $\Delta U=0.14$ となって波長が短いほど大きい。食外の小変動は、食中のものと比べると変光量が全体的に大きく、また食中と同様に、波長が短いほど変光量も大きくなっている。JD2446083(1985年1月17日)からは、これまでの中で一番大きな変動が見られた。変光量は、 $\Delta V=0.13$ 、 $\Delta B=0.19$ 、 $\Delta U=0.27$ となって、食中の約2倍の大きさである。

それぞれの波長の平均的な光度曲線から、U-B、B-Vを求め、その変化を図2の下方に示す。この図には、今回の第2、第3接触の時期を↑印で示してある。図から明らかなように、それらの接触の時期には色指数の変化が顕著に現れており、赤化している。また、食中もゆるやかに赤化する。その大きさは、U-Bの方が大きい。第3接触前の変化は、食中は赤化した量だけ回復するように青化している。第3接触後は、食中からつついて大きく赤化している。第2接触の前は、これとは反対に青化する。食中、食外での平均的な色指数を求めると表4のようになる。

色 指 数 (Colour)	食 中 (During eclipse)	食 外 (Outside eclipse)
U - B	0.404 mag.	0.507 mag.
B - V	0.536 mag.	0.341 mag.

表4 食中、食外の色指数

(4) まとめ

今回の観測により、いくつかの知見が得られた。それらをまとめると次のようになる。

- ① 食の深さは色(波長)によって違いがあり、短波長ほど大きい。
- ② 光度曲線には、常に小変動が見られる。変光量は、食中よりも食外の方が大きい。また、急激な変動では、短波長ほど変光量が大きい。
- ③ 色指数(U-B、B-V)も変化している。
 - 食中は、ゆるやかに赤化する。
 - 第2接触の前は青化、第3接触の後には赤化する。

。急激な変動では、青化する。

- ④ 食の期間と深さをこれまでの食と比較すると、表5が示すように、皆既食の期間は少しずつ長くなり、深さは浅くなる傾向にある。

食 (Eclipse)	1928-30	1955-57	1982-84
食の期間 (Duration of total eclipse)	330 days	394 days	432 days
食の深さ(V) (Depth of eclipse in V)	0.80 mag.	0.75 mag.	0.72 mag.

表5 これまでの食の皆既食の期間と食の深さの比較

海外の観測所の結果は、HOPKINSのニューズレターによって知らされている。JAPOAの結果を世界各国のもの比べてみると、V曲線ではほぼ一致しているが、BとU曲線はそれぞれの観測所で相対的にずれている。これは、測光器の係数のとり方の違いによって生じたものと考えられる。

(5) おわりに

ϵ Aurの実体については、この結果だけからでは明らかにすることは出来ない。スペクトルなど他の観測から得られる結果を待って、少しずつ解明されていくものと考えられる。この秋、インドのデリーでIAUの総会が開かれる。この中で、 ϵ Aurについてシンポジウムがあって、多くの研究者はそれぞれ観測結果を持ち寄るであろう。我々もこれに参加するつもりである。

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。また、福島大学教授大木俊夫先生からは適切なご意見をちょうだいした。ここに深くお礼申し上げます。

(6) 文 献

- ALBO, H., and SORGSEPP, L., 1974: *Tartu Publ.*, 42, 166
 FRITSH, J. H., 1824: *Berl. Jahrb.*, pp. 252
 GÜSSOW, M., 1936: *Berlin-Babelsberg Veroff.*, 11, Hert 3.
 GYLDEKELNE, 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
 JEFFREY L. HOPKINS, 1982~1985: *Epsilon Aurigae Campaign Newsletter*, No. 1~13
 OKI, T., and SEKIYA, I., and HIRAYAMA, K., 1984: *Inf. Bull. Var Stars, I.A.U.* No. 2496
 大森茂雄, 1984: 川崎市青少年科学館年報, No. 2
 VOGEL, and EBERHARD, 1982: *Sitze Ber. Press. Akad. D. Wiss Wood*,
 F. B., 1958: *Trans, I.A.U.*, X, 625