

접촉쌍성 AW UMa의 측광학적 연구

임조령 · 정장해

충북대학교 천문우주학과

PHOTOMETRIC STUDY OF CONTACT BINARY AW UMa

Jo Ryeong Yim and Jang Hae Jeong

Department of Astronomy and Space Science, Chungbuk National University

email: yimjr@astro.chungbuk.ac.kr, jeongjh@astro.chungbuk.ac.kr

(Received April 30, 1995; Accepted May 9, 1995)

요 약

충북대학교 천문우주학과와 35cm Schmidt-Cassegrain 망원경으로 접촉쌍성 AW UMa를 1994년 3월부터 4월 사이의 13일 밤 동안 BVRI 광전측광관측 하여 각 필터별로 273점씩 총 1092개의 관측점을 얻었다. 이 관측점들을 이용하여 BVRI 광도곡선을 그렸으며, 이로부터 주극심시각 JD Hel 2449456.1502와 부극심시각 JD Hel 2449432.2412, JD Hel 2449447.1567을 결정하였다. 수집한 극심시각 자료들을 가지고 그린 O-C도에서, 공전주기 변화량 -0.00000394 를 구하고 그에 해당하는 질량이동량 $-6.4 \times 10^{-7} M_{\odot}/\text{year}$ 를 계산하였다. AW UMa의 광도변화를 질량이동과 관련하여 해석할 수 있는 가능성을 제시했다.

ABSTRACT

BVRI observations of AW UMa were made from March to April during 13 nights in 1994 using the 35cm Schmidt-Cassegrain telescope of Department of Astronomy and Space Science, Chungbuk National University. A total of 1092 observations (273 in B, 273 in V, 273 in R, 273 in I) were obtained. We constructed the light curves of BVRI with these observations. The one time of primary minimum light of JD Hel 2449456.1502 and the two times of secondary minimum lights of JD Hel 2449432.2412 and JD Hel 2449447.1567 were determined from our observations. Orbital period change of -0.00000394 was determined from O-C diagram which was constructed with collected times of minimum lights. Mass transfer rate of $-6.4 \times 10^{-7} M_{\odot}/\text{year}$ was derived using the period changing ratio. It is suggested that the inhomogeneous distribution of transferred matter around the secondary component would produce the irregular light variation of the AW UMa system.

1. 서 론

AW UMa는 Paczynski (1964)가 처음으로 변광을 발견한 이래, 많은 측광학적, 분광학적 연구의 대상이 되어 왔다. AW UMa의 분광형은 F0-F2이고, 공전주기는 0.4387317이다. 광도곡선은 W UMa A형으로서, 아주 얇은 개기식을 보이고 있다. AW UMa의 질량비는 $0.07 < q < 0.08$ 로 식쌍성 중 가장 작은 값이라고 알려져 있다.

Paczynski (1964), Kalish (1965), Dworak & Kurpinska (1975), Hrivnak (1982) 등의 광도곡선에 의하면 주극심의 깊이가 변하는 양상을 보이고 있다. 최근에 Derman *et al.* (1990)은 이 별을 *UBV* 관측하였는데, 단지 4일간의 관측기간 동안 광도변화의 양이 약 0.1 정도로 나타나고 있었으며, 이 광도변화는 막대한 양의 질량이동 때문에 일어난다고 하였다. 이 별은 또한 불규칙한 주기변화를 보이고 있는데, Kurpinska-Winiarska (1980), Srivastava (1989) 등은 AW UMa의 주기가 실제 주기보다 길게 나타남을 밝히고, 새로운 주기를 결정하였다.

AW UMa에 대한 분광학적 연구의 결과로 Paczynski (1964)는 이 별이 분광형 F0-F2인 단일선 분광쌍성이라고 밝혔으며, McLean (1981)은 이 별의 분광학적 질량비를 $q=0.07\pm 0.02$ 로 결정하였다. Paczynski와 McLean의 연구 결과는 주성의 질량을 거의 $4M_{\odot}$ 로 산출하고 있는데, Allen (1973)은 영년령 주계열 F0 별의 질량을 $1.6M_{\odot}$ 라고 밝히고 있으므로, H-R도에서의 위치가 일치하지 않고 있다. Rensing *et al.* (1985)은 AW UMa의 질량을 $1.3 \pm 0.2M_{\odot}$ ($q=0.079$ 일 때)와 $1.7 \pm 0.3M_{\odot}$ ($q=0.070$ 일 때)로 결정하고, 만약 AW UMa가 TAMS(terminal age main sequence) system이라면 접촉형 쌍성의 진화이론과 잘 일치한다고 결론을 내렸다. 이 별의 진화 상태를 연구한 Mochnacki (1981)는 영년령 주계열에서 $1.7M_{\odot}$ 이고 TAMS에서 $1.3M_{\odot}$ 라고 하였다. 측광학적 해에서 산출한 이 별의 질량은 Mauder (1972)가 구한 $2.4M_{\odot}$ 로부터 Wilson & Devinney (1973)가 구한 $3.1M_{\odot}$ 까지 여러 가지가 알려져 있었다.

AW UMa는 그 간의 많은 연구에도 불구하고 이 쌍성계의 물리적 상태에 대해서는 많은 의문점이 제기되었는데, 그 대표적인 것은 광도변화의 원인과 주기변화의 원인은 무엇이고 현재 이 별의 진화 단계는 어디인가 하는 것이다. 우리는 AW UMa의 광도변화를 살펴보기 위해 *BVRI* 광전측광관측을 하였고, 또 과거 연구들의 광도곡선을 모아 그림 1과 같이 정리했다. 그림에서 a는 Mochnacki & Doughty (1972), b는 Kalish (1965), c는 Hrivnak (1982), d는 Istomin *et al.* (1980), e는 Mikolajewska & Mikolajewski (1980), f는 Derman *et al.* (1990), g는 우리의 광도곡선에서 인용한 것이다. 단지 광도변화의 양상만을 알아보기 위해 발표된 논문에서 광도곡선만을 scan하여 옮긴 것이기 때문에 이 그림에서 등급의 척도는 모두 같은 것이 아니다.

2. 관측과 광도곡선

Celestron 35cm 반사 망원경, Optec SSP-3A 측광기, 자동 조정기 등으로 구성된 CBU-ASS-2 측광장치를 사용하여 AW UMa를 1994년 3월부터 4월 사이에 총 13일간 관측하였다. 비교성과 검토편으로 각각 SAO62550($Sp=F0$, $m_v=6.7$)과 SAO62545($Sp=F0$, $m_v=7.3$)를 관측 하였

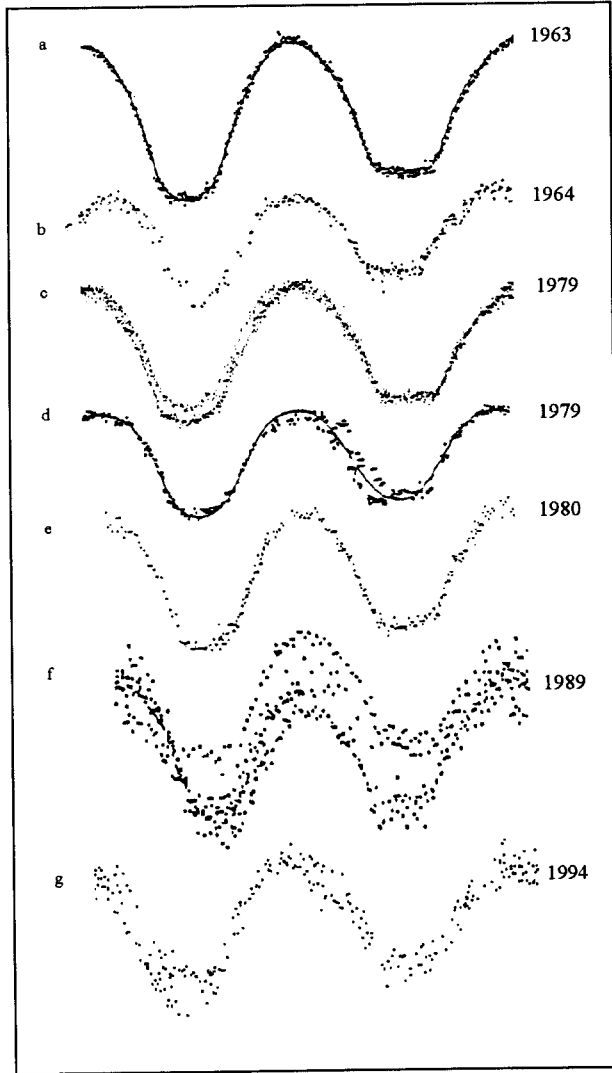


그림 1. AW UMa 광도곡선의 변화.

표 1. AW UMa의 BVRI 관측점.

JD_{Hel} 2449000+	ΔB	ΔV	ΔR	ΔI	JD_{Hel} 2449000+	ΔB	ΔV	ΔR	ΔI
432.0741	0.100	0.057	0.039	-0.009	435.2161	0.001	-0.005	-0.037	-0.047
432.0764	0.087	0.039	0.031	0.010	435.2276	0.048	0.051	-0.019	-0.035
432.0889	0.017	0.017	0.004	-0.030	435.2296	0.014	0.003	-0.069	-0.090
432.0921	0.046	0.003	-0.023	-0.063	435.2317	0.017	0.027	-0.046	-0.075
432.0952	0.036	0.003	-0.035	-0.049	435.2423	0.047	0.035	-0.017	-0.043
432.1136	0.006	-0.023	-0.064	-0.083	435.2445	0.059	0.037	-0.022	-0.022
432.1160	-0.010	-0.042	-0.064	-0.092	437.1747	0.018	-0.031	-0.053	-0.088
432.1180	0.006	-0.063	-0.079	-0.099	437.1980	0.034	-0.033	-0.052	-0.095
432.1213	-0.033	-0.044	-0.088	-0.119	437.2018	0.008	-0.038	-0.057	-0.102
432.1232	-0.011	-0.039	-0.082	-0.116	437.2108	0.030	-0.014	-0.041	-0.065
432.1367	0.004	-0.060	-0.075	-0.132	438.0378	-0.038	-0.039	-0.063	-0.085
432.1508	0.022	-0.039	-0.068	-0.091	438.0401	-0.029	-0.076	-0.074	-0.108
432.1537	0.007	-0.042	-0.061	-0.092	438.0424	0.005	-0.084	-0.069	-0.088
432.1574	0.012	-0.025	-0.058	-0.084	438.0519	-0.019	-0.052	-0.092	-0.117
432.1593	0.035	-0.036	-0.052	-0.080	440.9993	0.172	0.167	0.134	0.063
432.1679	0.045	-0.025	-0.062	-0.053	441.0119	0.158	0.145	0.111	0.101
432.1818	0.048	0.022	-0.024	-0.048	441.0130	0.173	0.143	0.102	0.082
432.1839	0.064	0.020	-0.025	-0.032	441.0188	0.194	0.169	0.124	0.111
432.1851	0.050	0.039	0.001	-0.015	441.0249	0.165	0.140	0.127	0.099
432.1872	0.069	0.054	0.027	-0.018	441.0402	0.161	0.152	0.123	0.094
432.1918	0.099	0.048	0.026	-0.011	441.0432	0.176	0.140	0.127	0.094
432.1963	0.067	0.068	0.053	0.008	441.0510	0.123	0.106	0.121	0.073
432.2020	0.133	0.097	0.065	0.035	441.0541	0.147	0.132	0.101	0.071
432.2039	0.118	0.120	0.065	0.048	441.0636	0.088	0.054	0.018	-0.001
432.2059	0.127	0.098	0.078	0.056	441.0668	0.101	0.036	0.024	-0.003
432.2224	0.189	0.154	0.106	0.103	441.0693	0.107	0.049	0.024	-0.003
432.2261	0.176	0.144	0.099	0.110	441.0726	0.128	0.044	0.014	-0.011
432.2281	0.147	0.131	0.105	0.103	441.0749	0.094	0.029	-0.011	-0.030
432.2320	0.183	0.165	0.110	0.119	441.0805	0.007	-0.003	-0.011	-0.031
432.2340	0.114	0.145	0.096	0.090	441.9857	0.030	0.010	-0.052	-0.085
432.2363	0.167	0.146	0.121	0.093	441.9880	0.048	-0.020	-0.061	-0.087
432.2551	0.152	0.126	0.127	0.105	441.9899	0.061	-0.038	-0.071	-0.060
432.2571	0.114	0.122	0.109	0.111	441.9953	0.000	-0.011	-0.053	-0.083
432.2591	0.151	0.177	0.123	0.094	441.9971	0.009	-0.026	-0.064	-0.100
432.2634	0.157	0.144	0.120	0.051	441.9989	0.013	-0.017	-0.041	-0.065
432.2667	0.133	0.115	0.095	0.068	442.0000	0.003	-0.018	-0.061	-0.076
432.2701	0.163	0.140	0.107	0.079	442.0051	0.012	-0.002	-0.052	-0.097
432.2863	0.089	0.073	0.024	0.024	442.0129	-0.032	-0.003	-0.033	-0.052
432.2890	0.107	0.049	0.033	0.014	442.0227	0.026	-0.032	-0.067	-0.096
435.0238	-0.002	-0.024	-0.073	-0.100	442.0267	-0.018	-0.017	-0.072	-0.095
435.0257	-0.004	-0.040	-0.086	-0.117	442.0297	-0.007	-0.017	-0.071	-0.094
435.0317	-0.007	-0.026	-0.044	-0.045	442.0362	0.019	0.002	-0.031	-0.065
435.0351	0.029	-0.003	-0.009	-0.042	442.0410	0.026	0.012	-0.040	-0.061
435.0382	0.048	0.008	-0.015	-0.024	442.0456	0.017	-0.003	-0.049	-0.045
435.0449	0.030	0.039	-0.007	0.020	442.0480	0.021	0.010	-0.032	-0.067
435.0684	0.223	0.141	0.125	0.111	442.0500	0.068	0.032	0.005	-0.047
435.0701	0.246	0.160	0.114	0.113	442.0859	0.143	0.172	0.131	0.111
435.0724	0.214	0.163	0.118	0.097	443.0060	0.293	0.209	0.157	0.119
435.0770	0.198	0.174	0.133	0.121	443.0092	0.260	0.189	0.141	0.109
435.0793	0.174	0.177	0.138	0.125	443.0213	0.259	0.202	0.154	0.134
435.0814	0.191	0.161	0.120	0.128	443.0231	0.192	0.166	0.129	0.051
435.0890	0.243	0.168	0.133	0.114	443.0242	0.211	0.167	0.135	0.082
435.0910	0.198	0.165	0.139	0.113	444.0235	0.012	-0.019	0.001	-0.044
435.0932	0.223	0.159	0.130	0.093	444.0402	0.115	0.087	0.050	0.053
435.0979	0.270	0.176	0.130	0.131	444.0444	0.129	0.055	0.041	0.027
435.1000	0.257	0.172	0.136	0.097	444.0466	0.091	0.078	0.058	0.049
435.1025	0.227	0.179	0.123	0.122	444.0522	0.158	0.107	0.066	0.058
435.1150	0.235	0.171	0.110	0.101	444.0643	0.233	0.169	0.124	0.092
435.1174	0.196	0.177	0.145	0.115	444.0982	0.201	0.162	0.116	0.093
435.2113	-0.041	-0.020	-0.065	-0.080	444.1007	0.212	0.162	0.156	0.110

표 1. (계속)

JDH_{el} 2449000+	ΔB	ΔV	ΔR	ΔI	JDH_{el} 2449000+	ΔB	ΔV	ΔR	ΔI
444.1055	0.212	0.147	0.133	0.101	456.1335	0.291	0.237	0.189	0.168
444.1097	0.202	0.173	0.147	0.116	456.1376	0.311	0.238	0.181	0.150
444.1469	0.088	0.032	-0.013	-0.047	456.1445	0.259	0.255	0.185	0.137
444.1480	0.087	0.019	-0.017	-0.037	456.1532	0.286	0.257	0.209	0.153
444.1516	0.105	0.035	-0.007	-0.052	456.1725	0.268	0.233	0.195	0.127
444.1991	0.030	-0.048	-0.083	-0.118	452.1144	-0.006	-0.024	-0.045	-0.085
444.2012	0.053	-0.003	-0.059	-0.077	452.1207	0.006	-0.033	-0.070	-0.108
444.2200	-0.008	-0.004	-0.043	-0.078	452.1238	0.005	-0.020	-0.070	-0.101
444.2244	0.046	-0.001	-0.049	-0.076	452.1574	0.132	0.115	0.084	0.032
444.2267	0.034	-0.001	-0.036	-0.071	452.1652	0.167	0.159	0.082	0.060
444.2304	0.013	0.005	-0.034	-0.054	452.1680	0.201	0.135	0.106	0.053
444.2572	0.099	0.112	0.050	0.011	452.1720	0.189	0.110	0.087	0.026
444.2681	0.202	0.153	0.093	0.045	452.1774	0.173	0.127	0.080	0.070
444.2716	0.231	0.173	0.103	0.091	452.1828	0.183	0.135	0.121	0.073
444.2760	0.269	0.204	0.148	0.123	452.1858	0.231	0.226	0.181	0.141
444.2780	0.256	0.193	0.135	0.132	452.1904	0.212	0.128	0.141	0.068
444.2806	0.274	0.184	0.152	0.138	455.9907	0.070	0.041	0.015	-0.029
444.2849	0.227	0.204	0.139	0.106	455.9927	0.090	0.046	0.001	-0.012
444.2903	0.200	0.181	0.172	0.132	455.9946	0.104	0.051	0.010	0.002
444.2917	0.191	0.199	0.163	0.173	455.9986	0.080	0.027	0.006	-0.032
444.2959	0.221	0.229	0.168	0.169	456.0032	0.073	0.032	-0.020	-0.053
447.0503	-0.032	-0.035	-0.072	-0.094	456.0102	0.055	0.007	-0.027	-0.051
447.0529	-0.010	-0.035	-0.060	-0.083	456.0218	0.036	0.015	-0.034	-0.058
447.0598	0.036	-0.026	-0.066	-0.080	456.0291	0.012	-0.010	-0.031	-0.069
447.0640	0.011	0.012	-0.050	-0.069	456.0408	0.047	-0.017	-0.062	-0.078
447.0664	0.032	0.000	-0.070	-0.077	456.0450	0.035	-0.031	-0.060	-0.094
447.0703	0.054	-0.002	-0.033	-0.077	456.0484	0.043	-0.016	-0.043	-0.087
447.0780	0.092	0.023	-0.019	-0.070	456.0514	0.012	-0.019	-0.051	-0.098
447.0839	0.060	0.022	-0.024	-0.058	456.0548	0.064	0.003	-0.051	-0.119
447.0864	0.092	0.033	-0.027	-0.045	456.0587	0.061	0.001	-0.049	-0.094
447.0885	0.079	0.035	-0.007	-0.049	456.0594	0.064	-0.003	-0.047	-0.090
447.0919	0.080	0.046	0.012	-0.021	456.0623	0.064	0.004	-0.049	-0.068
447.0941	0.118	0.047	0.007	-0.009	456.0643	0.058	0.023	-0.047	-0.069
447.1001	0.120	0.035	0.004	-0.007	456.0756	0.070	0.024	-0.013	-0.059
447.1051	0.118	0.075	0.031	0.000	456.0820	0.081	0.049	0.005	-0.015
447.1145	0.153	0.107	0.073	0.038	456.0846	0.097	0.051	0.009	0.018
447.1166	0.107	0.127	0.062	0.054	456.0916	0.131	0.072	0.021	-0.017
447.1333	0.210	0.161	0.137	0.101	456.0937	0.139	0.091	0.026	-0.010
447.1379	0.208	0.204	0.129	0.104	456.0959	0.129	0.089	0.037	0.008
447.1561	0.171	0.193	0.157	0.111	456.1069	0.202	0.146	0.082	0.055
447.1612	0.203	0.182	0.160	0.110	456.1117	0.210	0.153	0.107	0.069
447.2021	0.107	0.118	0.050	0.034	456.1142	0.208	0.162	0.126	0.083
447.2087	0.152	0.083	0.058	0.018	456.1189	0.232	0.194	0.146	0.094
447.2113	0.188	0.093	0.048	0.038	456.1214	0.256	0.186	0.146	0.112
447.2158	0.108	0.047	0.013	-0.033	456.1265	0.280	0.207	0.167	0.133
447.2179	0.144	0.030	-0.003	-0.029	456.1765	0.276	0.195	0.174	0.118
447.2203	0.092	0.007	-0.014	-0.028	456.1791	0.233	0.212	0.175	0.126
447.2429	0.004	-0.001	-0.025	-0.070	456.1812	0.215	0.213	0.166	0.140
447.2456	0.005	-0.045	-0.044	-0.084	456.1883	0.211	0.168	0.149	0.099
447.2509	0.019	-0.043	-0.049	-0.079	456.1903	0.200	0.167	0.132	0.084
447.2549	-0.024	-0.054	-0.075	-0.086	456.1930	0.160	0.142	0.092	0.079
447.2573	-0.047	-0.025	-0.065	-0.098	456.2003	0.134	0.096	0.059	0.057
447.2619	-0.032	-0.031	-0.058	-0.117	456.2039	0.127	0.095	0.078	0.043
447.2753	-0.032	-0.061	-0.067	-0.131	456.2091	0.087	0.084	0.029	-0.005
447.2796	-0.004	-0.037	-0.054	-0.112	456.2225	0.048	0.003	0.000	-0.023
447.2858	0.023	-0.063	-0.106	-0.065	456.2287	0.002	-0.011	-0.033	-0.056
452.0959	-0.007	-0.030	-0.058	-0.079	456.2348	0.023	-0.030	-0.037	-0.078
452.0985	-0.024	-0.030	-0.077	-0.098	456.2374	0.011	-0.027	-0.073	-0.062
452.1099	-0.015	-0.031	-0.060	-0.081	457.0226	0.206	0.166	0.139	0.137
452.1123	0.003	-0.019	-0.064	-0.066	457.0283	0.241	0.178	0.130	0.123

표 1. (계속)

JD_{Hel} 2449000+	ΔB	ΔV	ΔR	ΔI	JD_{Hel} 2449000+	ΔB	ΔV	ΔR	ΔI
457.0370	0.199	0.172	0.127	0.114	457.1368	-0.005	-0.033	-0.063	-0.118
457.0401	0.174	0.180	0.121	0.109	457.1387	-0.015	-0.037	-0.054	-0.100
457.0432	0.205	0.190	0.133	0.091	461.0002	0.209	0.168	0.123	0.097
457.0538	0.190	0.172	0.128	0.074	461.0324	0.090	0.033	0.012	-0.015
457.0556	0.234	0.175	0.118	0.082	461.0375	0.092	0.035	-0.005	-0.019
457.0574	0.244	0.170	0.128	0.076	461.0421	0.043	0.027	-0.018	-0.037
457.0582	0.239	0.162	0.129	0.078	461.0440	0.024	0.007	-0.033	-0.054
457.0680	0.158	0.116	0.108	0.070	461.0507	0.006	-0.027	-0.065	-0.115
457.0768	0.117	0.064	0.047	0.020	461.0607	0.001	-0.049	-0.055	-0.086
457.0793	0.066	0.046	0.035	0.013	461.0624	-0.004	-0.039	-0.068	-0.100
457.1005	0.052	0.000	-0.041	-0.051	461.0812	-0.011	-0.055	-0.096	-0.111
457.1094	0.032	-0.041	-0.064	-0.074	461.0834	-0.051	-0.080	-0.103	-0.112
457.1125	0.036	-0.029	-0.057	-0.079	461.0959	0.020	-0.050	-0.088	-0.132
457.1250	0.004	-0.052	-0.050	-0.095	461.1023	-0.007	-0.055	-0.075	-0.086
457.1277	-0.009	-0.046	-0.066	-0.118	461.1043	-0.039	-0.050	-0.083	-0.088
457.1306	-0.003	-0.043	-0.087	-0.161	461.1066	-0.026	-0.037	-0.068	-0.078
457.1343	-0.009	-0.052	-0.069	-0.127					

다. 우리가 얻은 광전측광관측 자료는 Jeong *et al.* (1993)이 사용했던 방법(CRED)으로 처리하여 BVRI 각 필터별로 273점씩을 얻었으며, 이것을 표 1에 정리하였다.

검토성의 등급에서 비교성의 등급을 뺀 Δm 을 가지고 계산한 probable error(p.e.)는 BVRI에서 각각 $\pm 0^m.036$, $\pm 0^m.020$, $\pm 0^m.016$, $\pm 0^m.016$ 이다. 표 1에 정리한 관측점을 이용하여 BVRI 및 B-V, V-R, V-I 광도곡선을 그림 2와 같이 그렸다. 그림 2의 광도곡선은 우리 관측치의 p.e.보다 더 큰 양의 night to night 광도변화를 나타내고 있는데, 그 크기는 필터별로 차이가 있기는 하지만 거의 $0^m.1$ 가까이 된다. 이러한 광도변화는 1964년에 관측한 Kalish (1965)의 광도곡선에서도 나타나고 있는데, 극심 부근으로만 거의 한정되어 있었으며, 그 후 1979년에 관측한 Hrivnak (1982)의 광도곡선은 극심 부분만이 아니라 0.75부터 극심을 포함하여 0.25위상까지 광도변화를 나타내고 있는 반면에 우리의 광도곡선은 전위상에서 광도변화를 보이고 있다. 이런 양상은 1989 - 90년에 UBV 광도곡선을 얻은 Derman *et al.* (1990) 결과와 아주 유사한데, 이들의 관측치는 전위상에서 광도와 색의 night to night 변화를 나타내고 있다. 또한, 우리 관측에서 주목할 점은 Paczynski (1964), Kalish (1965), Hrivnak (1982) 등의 광도곡선에서는 부극심이 개기식인 것으로 나타나고 있는데, 우리의 광도곡선은 오히려 주극심이 개기식인 것처럼 관측된 적이 있었으며, 이러한 현상으로 AW UMa의 night to night 광도변화가 뚜렷하게 나타나 보였다. Derman *et al.* (1990)은 자신들의 UBV 광도곡선의 광도변화를 분석하여 U보다 B에서, B보다 V에서 그 변화가 점점 심하다고 보고, 이보다 파장이 긴 R이나 I에서의 관측이 요구된다고 지적하였는데, 우리의 BVRI 관측 결과는 B에서 심하고 I로 갈수록 그 광도변화량의 크기는 더 작아지는 경향을 보이고 있다.

3. 주기변화와 광도변화

우리의 관측치로부터 임조령 (1994)이 사용했던 방법으로 하루 동안 관측된 AW UMa의 필터

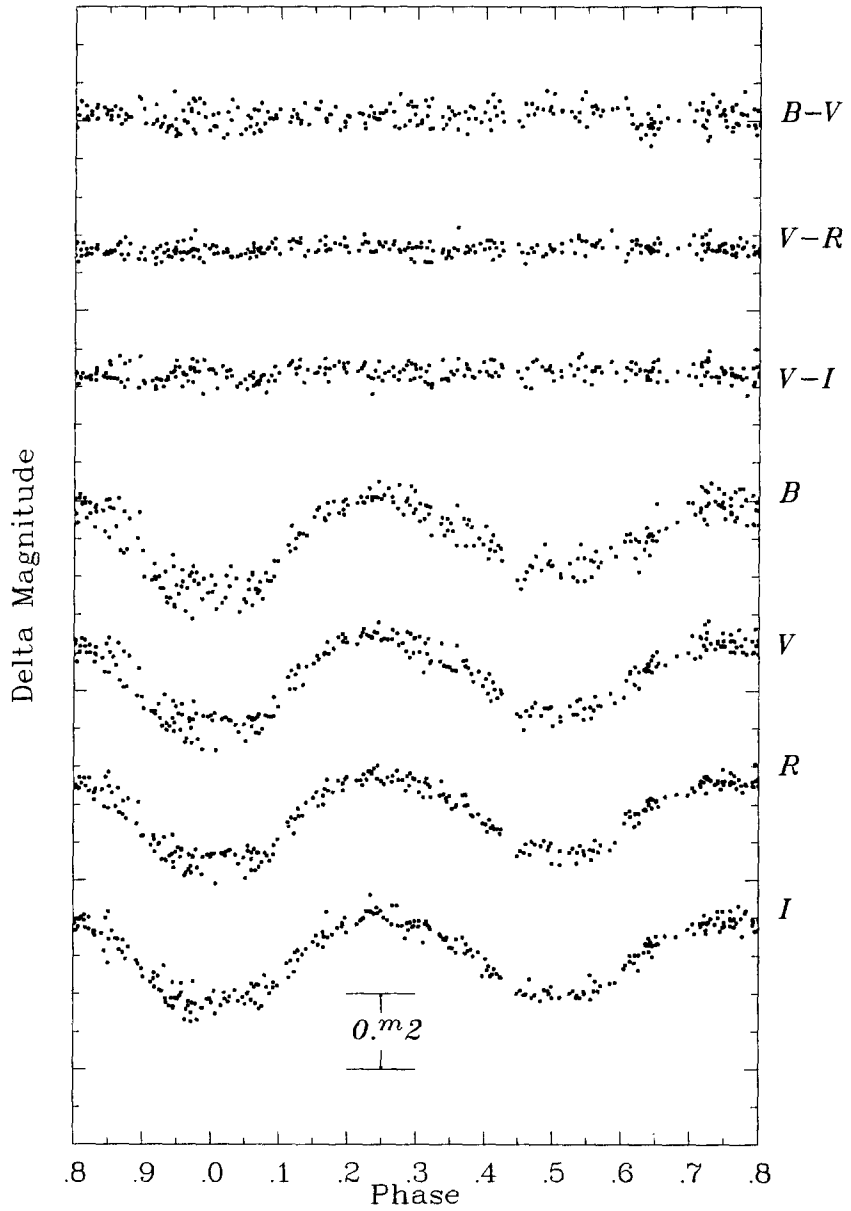


그림 2. AW UMa의 1994년 $BVRI$ 광도곡선.

표 2. AW UMa의 극심시각들.

극심시각 (JD Hel)	<i>E</i>	(<i>O</i> - <i>C</i>)	ref*	극심시각 (JD Hel)	<i>E</i>	(<i>O</i> - <i>C</i>)	ref*
2438044.7808	-7496.0	-0.0005	Hr	2443621.7220	5215.5	-0.0051	Wo
2438044.7812	-7496.0	-0.0001	DK	2443941.7714	5945.0	-0.0109	Hr
2438044.7813	-7496.0	-0.0000	Hr	2443941.7717	5945.0	-0.0106	Hr
2438044.7815	-7496.0	0.0002	Ka	2443945.7190	5954.0	-0.0119	Hr
2438045.0020	-7495.5	0.0013	Pa	2443945.7220	5954.0	-0.0089	Ha
2438045.8785	-7493.5	0.0004	Pa	2443948.7928	5961.0	-0.0092	Ku
2438046.9740	-7491.0	-0.0010	Pa	2443948.7927	5961.0	-0.0093	Ha
2438089.9707	-7393.0	-0.0000	Pa	2443954.7158	5974.5	-0.0091	Hr
2438487.6825	-6486.5	0.0009	Ka	2443966.3420	6001.0	-0.0093	Is
2438501.7195	-6454.5	-0.0015	Ka	2443970.7281	6011.0	-0.0105	Hr
2441333.5178	0.0	-0.0009	DK	2444274.7702	6704.0	-0.0099	Hr
2441333.5187	0.0	0.0000	Ku	2444277.8396	6711.0	-0.0116	Hr
2441336.5898	7.0	-0.0000	DK	2444283.7634	6724.5	-0.0107	Hr
2442053.9100	1642.0	-0.0072	FM	2444292.5358	6744.5	-0.0130	Ku
2442074.5380	1689.0	0.0004	DK	2444294.5093	6749.0	-0.0138	Ku
2442091.4302	1727.5	0.0014	DK	2444320.39578	6808.0	-0.01249	MM
2442096.4745	1739.0	0.0003	DK	2444343.43098	6860.5	-0.01073	MM
2442107.4425	1764.0	0.0000	DK	2444608.8622	7465.5	-0.0126	Hr
2442108.5393	1766.5	-0.0000	DK	2444664.7993	7593.0	-0.0138	Hr
2442134.4249	1825.5	0.0004	DK	2445768.1950	10108.0	-0.0299	SP
2442140.3470	1839.0	-0.0004	DK	2445783.1060	10142.0	-0.0358	SP
2442148.4648	1857.5	0.0008	DK	2445795.1712	10169.5	-0.0357	SP
2442150.4385	1862.0	0.0002	Wo	2445821.2742	10229.0	-0.0373	SP
2442151.7539	1865.0	-0.0006	Wo	2447288.3980	13573.0	-0.0343	Di
2442152.8495	1867.5	-0.0018	Wo	2449432.2412	18459.5	-0.0566	Yi
2442153.7287	1869.5	-0.0000	Wo	2449447.1567	18493.5	-0.0580	Yi
2443576.7505	5113.0	-0.0065	Hr	2449456.1502	18514.0	-0.0585	Yi
2443580.70074	5122.0	-0.00485	Wo				

ref* — DK; Dwork & Kurpinska (1975), Di; Diethelm (1988), FM; Ferland & McMillan (1976), Ha; Hart *et al.* (1979), Hr; Hrivnak (1982), Is; Istomin *et al.* (1980), Ka; Kalish (1965), Ku; Kurpinska-Winiarska (1980), MM; Mikolajewska & Mikolajewski (1980), Pa; Paczynski (1964), SP; Srivastava & Padalia (1986), Wo; Woodward *et al.* (1980), Yi; Yim & Jeong (this paper)

별 극심시각을 구한 후, 그 네 필터에서 구한 극심시각을 평균하여 극심시각 *JH Hel* 2449456.1502 ± 0.0017, *JD Hel* 2449432.2412 ± 0.0001, *JD Hel* 2449447.1567 ± 0.0009를 결정하였다. 이 때 오차는 평균값의 p.e.이다. 우리는 식쌍성 AW UMa의 주기변화에 대한 연구를 위해 우리의 극심시각들과 여러 문헌으로부터 수집한 극심시각들을 표 2에 정리하였다.

표 2의 (*O*-*C*)값은 Kurpinska-Winiarska (1980)의 광도요소

$$Min I = JD Hel 2441333.51870 + 0^d43873231 \cdot E \tag{1}$$

를 이용하여 계산하였으며, 이를 이용하여 *O*-*C*도를 그려보면 그림 3과 같다. 그림에서 □로 표시된 마지막 세 점이 우리의 관측점이다. 그림 3의 ○와 □로 표시된 각 점들은 모두 광전측광관측으로 얻은 것인데, 점선으로 표시한 것처럼 1977년경까지 기울기가 0이던 것이 갑자기 변하여 현재

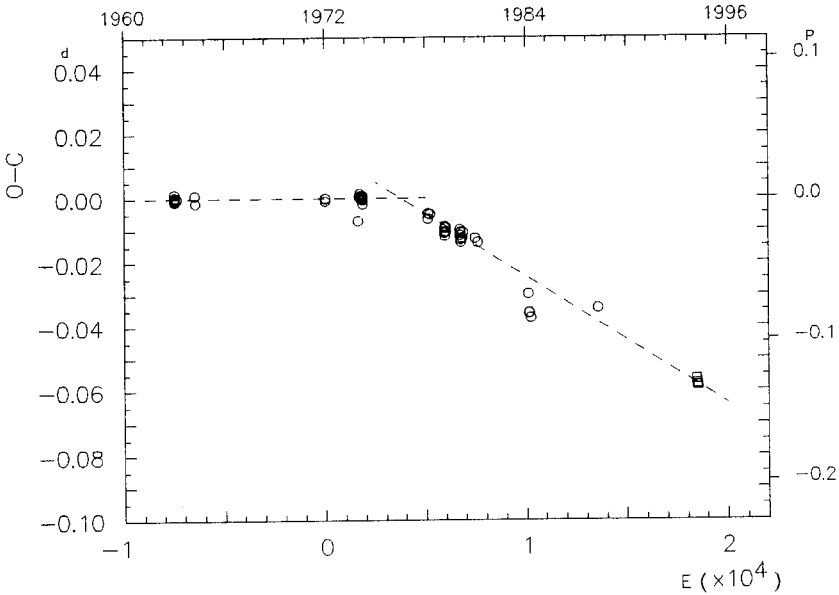


그림 3. AW UMa의 O-C도.

까지 기울기가 -0.00000394 인 상태를 유지하고 있다. 가장 최근의 점인 우리의 관측점도 그러한 경향을 잘 대표해 주고 있다. 1977년 경에 갑자기 주기가 변한 원인을 질량이동으로 가정한다면 김천휘(1992)가 설명하고 있는 방정식

$$\dot{P} = \Delta P/P = 3\dot{m}_A(m_A - m_B)/m_A m_B \quad (2)$$

을 이용하여 질량이동량을 계산할 수 있다. 이 계산을 위하여 주성과 반성의 질량을 Wilson & Devinney (1973)가 결정한 $3.1M_\odot$ 와 $0.2M_\odot$ 를 이용하고, $P = 0^d43873231$, $\Delta P = -0^d00000394$ 를 각각 대입하면 질량이동량 $\dot{m}_A = -6.4 \times 10^{-7}M_\odot/\text{year}$ 를 얻을 수 있다. 실제로는 이 양은 연간 질량이동량을 나타내는 것이지만 그림 3에서와 같이 1977년경 주기가 변해서 그 후 일정하게 유지되고 있는 것으로 보아 지속적인 질량이동이 있다기 보다는 한때 갑작스럽게 한꺼번에 이동했다고 생각할 수 있다. 그림 1에 정리된 광도곡선들을 살펴보면 a와 b는 광도변화가 거의 없는 것처럼 보이나 c에서는 주극심 위상을 중심으로 큰 광도변화를 보이고 있고, d에서는 불규칙한 광도변화를 나타내고 있으며, 그후, f와 g에서 심한 광도변화를 보이고 있다. 이러한 AW UMa의 광도변화는 주성으로부터 이동한 물질이 반성에 완전히 응착되기 전에 두 별의 공통껍질과 반성의 표면에 비동질하게 분포할 때 일어나는 것일지도 모른다.

AW UMa의 광도곡선에 나타나는 광도변화의 원인을 보다 명확하게 밝히기 위해, 하루에 한 주기를 충분히 cover할 수 있을 만큼 긴 시간 동안의 지속적인 관측이 요망된다.

참고문헌

- 김천휘 1992, 쌍성과 별의 진화, 오규동 등 공저 (쌍성연구회: 청주), 129
 임조령 1994, 석사논문, 충북대학교 대학원
 Allen, C. W. 1973, *Astrophysical Quantities* (Athlone: London)
 Derman, E., Demircan, O. & MUYESSEROGLU, Z. 1990, IBVS, 3540
 Diethelm, R. 1988, BBSAG, 88, 6
 Dworak, T. Z. & Kurpinska, M. 1975, Acta Astr., 25, 417
 Ferland, G. J. & McMillan, R. S. 1976, IBVS, 1176
 Hart, M. K., King, K., McNamara, B. R., Seaman, R. L. & Stoke, J. 1979, IBVS, 1701
 Hrivnak, B. 1982, ApJ, 260, 744
 Istomin, L. F., Orlov, L. M. & Kulagin, V. V. 1980, IBVS, 1802
 Jeong, J. H., Lee, Y. S., Yim, J. R. & Leung, K.-C. 1993, JA&SS, 10, 123
 Kalish, M. S. 1965, PASP, 77, 36
 Kurpinska-Winiarska, M. 1980, IBVS, 1843
 Mauder, H. 1972, A&A, 17, 1
 McLean, B. J. 1981, MNRAS, 195, 931
 Mikolajewska, J. & Mikolajewski, M. 1980, IBVS, 1812
 Mochnacki, S. 1981, ApJ, 245, 650
 Mochnacki, S. W. & Doughty, N. A. 1972, MNRAS, 156, 51
 Paczynski, B. 1964, AJ, 69, 124
 Rensing, M. J., Mochnacki, S. W. & Bolton, C. T. 1985, AJ, 90, 765
 Srivastava, R. K. 1989, Ap&SS, 154, 179
 Srivastava, R. K. & Padalia, T. D. 1986, Ap&SS, 120, 121
 Wilson, R. E. & Devinney, E. J. 1973, ApJ, 182, 539
 Woodward, E. J., Koch, R. H. & Eisenhardt, P. R. 1980, AJ, 85, 50