

Wilson과 Devinney의 모델과 Russell과 Merrill의 모델에 의한 식쌍성의 반사 효과

최성희 · 강영운

세종대학교 지구과학과

(1992년 3월 20일 받음; 1992년 4월 15일 수리)

THE REFLECTION EFFECT ON THE ECLIPSING BINARY BY THE WILSON AND DEVINNEY'S MODEL AND RUSSELL AND MERRILL'S MODEL

Seong Hee Choea and Young Woon Kang

Department of Earth Science, King Sejong University
Seoul, 133-747, Korea

(Received March 20, 1992; accepted April 15, 1992)

ABSTRACT

The reflection effect on three types of eclipsing binaries has been analyzed based on the Wilson and Devinney's model and Russell and Merrill's model. The reflection effect was displayed on the theoretical light curves for the various conditions using the Wilson and Devinney's light curve program. Two models were compared after the rectifying the theoretical light curves including the reflection effect with the Russell and Merrill's method. The result shows that two models have an agreement on the reflection effect just in cases of the small difference in temperature and albedo between two stars in the system.

요 약

세 종류의 식쌍성에 대한 반사 효과를 Wilson 과 Devinney 의 모델과 Russell 과 Merrill 의 모델로 분석하였다. 반사 효과를 Wilson 과 Devinney 의 광도 곡선 프로그램을 이용하여 이론적인 광도 곡선에 여러가지 유형별로 나타내었다. 그후 반사효과가 나타난 이론적인 광도 곡선을 Russell 과 Merrill 의 방법으로 근접 효과를 보정하여 두 모델을 비교 분석하였다. 두 별의 온도 차이와 반사도의 차이가 작은 경우에만 반사 효과에 관련한 두 모델이 일치함을 보였다.

1. 서 론

식쌍성의 이론적인 광도 곡선을 구하기 위하여 각 별의 밝기 (emergent intensity) 에 근접 효과로 불리는 반사 효과, 타원 효과, 중력 효과 및 주변 감광 효과 등을 고려하여 별의 표면 밝기를 계산한다. 이중에서도 반사 효과와 중력 효과에 의한 별의 밝기 변화는 두 별간의 온도 차이와 거리에 밀접한 관계가 있다.

쌍성의 반사 효과는 Dugan (1908) 이래 많은 사람들이 지속적으로 연구하였으며 특히, 광도 곡선에 나타난 반사 효과는 항성 대기를 연구하는데 중요한 정보를 제공해 주었다. Chen 과 Rhein (1969, 1970, 1971, 1972, 1973)은 반사 효과에 대한 연속적인 논문을 발표하였으며 그들의 결과를 Russell 과 Merrill (이하 RM 이라 함, 1952) 의 모델에서 반사 효과를 뜻하는 계수 A_1 과 비교하였으나 경우에 따라서는 잘 일치하지 않음을 보였다. Hill과 Hutchings (1970), Wilson 과 Devinney (이하 WD 이라함, 1971) 등은 식쌍성의 광도 곡선을 만드는 종합적인 모델을 개발하면서 반사 효과를 각각의 종합적 모델에 포함시켰다. 최근 Vaz (1985)는 현재까지 발표된 쌍성계의 반사 효과에 대한 연구를 잘 요약하여 발표하였다. 그는 반사 효과에 대한 모델 계산에는 아직도 많은 가정이 포함되어 있고, 관측 자료에 나타난 반사 효과는 다른 효과와 중첩되어 나타나기 때문에 이론과 관측 결과를 비교하여 분석할 때는 완전한 해를 구하기가 쉽지 않다고 지적하였다.

반사 효과가 포함된 쌍성의 광도 곡선에서 해를 구하는 방법은 크게 두가지로 분류된다. 첫째는 관측된 광도 곡선에서 반사 효과를 포함한, 소위 근접 효과를 제거한 후 해를 구하는 고전적인 방법이고, 둘째는 이론적인 모델에서 계산된 광도 곡선을 실제의 광도 곡선과 비교하면서 모델에서 사용된 인자들을 차등 보정법으로 구하는 방법이다.

근접 쌍성에서는 여러 근접 효과중에서 반사 효과가 가장 큰 비중을 차지하므로 해를 구하는 두 방법 중에서 각각 RM 모델과 WD 모델에서 사용한 반사 효과를 비교 분석하는 것이 이 논문의 목적이다. 이러한 분석을 위하여 제 2장에서는 이론적인 광도 곡선에 나타난 반사 효과를 WD 모델을 이용하여 별의 종류에 따라 조사하고, 제 3장에서는 이론적인 광도 곡선에 나타나는 반사 효과를 RM 모델로 제거한 후, 제 4장에서 이러한 과정에서 나타난 문제점을 토의하고 두 모델을 비교할 예정이다.

2. 이론적인 광도 곡선에 나타난 반사 효과

쌍성에서 반사 효과가 광도 곡선에 어떠한 형태로 영향을 미치는가를 조사하기 위하여 세 종류의 별을 선택하였다. 접촉형 쌍성계 (contact system) 에서는 SW Lac 을, 준분리형 쌍성계 (semi-detached system) 에서는 Algol 을, 분리형 쌍성계 (detached system) 에서는 AR Lac 을 선택하여 각각의 이론적인 광도 곡선을 WD 컴퓨터 프로그램 중에서 Light Curve 프로그램을 사용하여 완성하였다. WD 프로그램에서는 두 별의 질량비에 의해서 로쉬 한계면을 결정하고 그 한계면 내에서 각 별의 포텐셜로 별의 형태를 결정한다. 별의 표면 밝기를 구하기 위하여, 주어진 별의 온도를 이용하여 Plank 복사 법칙에 의해서 복사 강도 (intensity) 를 계산한 후, 반사 효과, 중력 감광 효과, 주변 감광 효과 등을 별의 표면 밝기에 추가한다. 그 과정에서 별의 표면을 격자 형태로 (grid) 나누어 각 면적소 마다 밝기를 구한 후 시선 방향에서 보이는 부분에 대하여 면적소의 밝기를 적분한 값이 임의의 위상에서의 쌍성계의 밝기이다.

관측된 광도 곡선에는 모든 근접 효과가 중첩되어 나타나므로 어느 효과가 어느 정도 나타나는지 인식하는 것이 용이하지 않다. 그러므로 우리는 다른 근접 효과는 일어나지 않는다고 가정

하고 반사 효과만 나타날 경우 광도 곡선에 미치는 영향을 조사하였다. 이러한 목적을 위하여 중력 감광 지수와 주변 감광 계수는 모두 0.0 으로 놓고 반사 효과를 나타나게 하는 각 별의 반사도 (albedo)를 0.0에서 1.0까지 0.2 간격으로 변화시켜 그림 1에 광도 곡선을 그렸다. 광도 곡선을 계산하는데 필요한 각 별의 인자는 Niarchos (1987), 김호일 (1987), Kang 과 Wilson (1989)에 발표된 인자들을 사용하였으며 표 1에 수록하였다. 각 그림에서 실선으로된 광도 곡선은 중력 감광 계수와 주변 감광 지수는 물론 반사도도 0.0 이므로 타원 효과외에는 근접 효과가 전혀 없는 광도 곡선이다.

표 1. 이 논문에서 택한 3종류의 별에 대한 기본요소

인 자	분리형계	준분리형계	접촉형계
i ($^{\circ}$)	87.00	82.31	78.95
Period (day)	1.9832	2.8673	0.32072
T_1 (K)	5368	12000	5630
T_2 (K)	4550	4888	5282
potential ₁ (Ω_1)	6.9701	5.1707	3.7729
potential ₂ (Ω_2)	4.3737	2.2986	3.7729
m_2/m_1	1.0000	0.2270	1.1296
$g_1 = g_2$	0.0000	0.0000	0.0000
$x_1 = x_2$	0.0000	0.0000	0.0000
파장 영역(\AA)	5500	5500	5500
$l_1/(l_1 + l_2)$	0.3904	0.9198	0.5475

< 접촉형 쌍성 >

접촉계의 쌍성은 SW Lac 의 인자를 기초로 광도 곡선을 완성하여 그림 1(a) 에 그렸다. 이 광도 곡선은 WD 의 mode 3 을 이용하여 완성하였다. WD 의 mode 3 에서는 온도를 제외하고는 근접 효과에 해당하는 인자의 값이 두 별 모두 동일한 값으로 주어진다. 그러므로 중력 감광 지수는 $g_1 = g_2 = 0.0$ 으로, 주변 감광 계수도 $x_1 = x_2 = 0.0$ 으로 하였고, 반사도는 $a_1 = a_2 = 0.0$ 에서 1.0 까지 0.2 간격으로 변화하였다. 두 별의 온도 차이가 크지 않음에도 불구하고 위상 0.25 를 전후하여 반사도를 증가 시킴에 따라 반사 효과로 인한 밝기의 증가가 현저하게 나타난다.

< 분리형 쌍성 >

분리형계의 쌍성은 AR Lac 의 인자를 기초로 광도 곡선을 완성하여 그림 1 (b, c, d) 에 그렸다. 이 광도 곡선은 WD 의 mode 2 를 이용하여 완성하였다. 그림 1(b) 는 AR Lac 의 주성과 반성의 중력 감광 지수를 $g_1 = g_2 = 0.0$, 주변 감광 계수를 $x_1 = x_2 = 0.0$ 으로 놓고, 주성과 반성의 반사도를 동일하게 $a_1 = a_2 = 0.0$ 에서 1.0 까지 0.2 간격으로 변화하였으며 모든 위상에서 반사도가 증가함에 따라서 밝기 증가가 골고루 나타난다. 그림 1(c) 는 주성의 반사도를 $a_1 = 0.0$ 에서 1.0 까지, 그림 1(d) 에서는 반성의 반사도를 $a_2 = 0.0$ 에서 1.0 까지 0.2 간격으로 변화하였다. 주성의 반사도를 변화시킨 경우 부극심인 위상 0.42-0.58 에서는 밝기의 변화가 나타나지

않았고 그 밖의 위상에서는 반사도를 증가시키에 따라 밝기가 증가함을 볼 수 있다. 반성의 반사도를 변화시킨 경우 주극심인 위상 0.92-0.08 에서는 밝기의 변화가 나타나지 않았고 그 밖의 위상에서는 반사도의 증가에 따라 밝기가 증가하였으며 특히, 부극심 부근의 위상에서 밝기 증가가 크게 나타난다.

< 준분리형 쌍성 >

준분리형계의 쌍성은 Algol 의 인자를 기초로 광도 곡선을 완성하여 그림 1(e)와 그림 1(f)에 그렸다. 이 광도 곡선은 WD의 mode 5를 이용하여 완성하였다. 그러므로 중력 감광 지수 $g_1 = g_2 = 0.0$, 주변 감광 계수 $x_1 = x_2 = 0.0$ 이며, 그림 1(e)는 주성의 반사도를 $a_1 = 0.0$ 에서 1.0 까지 변화하면서 광도 곡선을 계산한 것이다. 주성의 온도가 12000K로 반성의 온도 (4888K)보다 훨씬 높으므로 반사도를 변화시켰음에도 불구하고 광도 곡선에 나타나는 광도 변화는 무시할 정도이다. 그림 1(f)은 반성의 반사도를 $a_2 = 0.0$ 에서 1.0 까지 0.2 간격으로 변화하여 완성된 광도 곡선들이다. 주성의 반사도를 변화시킨 경우 광도 곡선상의 변화가 나타나지 않았고, 반성의 반사도를 변화시킨 경우 주극심 (위상 0.93-0.07)에서는 광도 변화가 나타나지 않았고 그 밖의 부분에서는 반사도를 증가시키에 따라 반사 효과로 인한 밝기 증가를 볼 수 있는데 특히, 위상 0.2-0.8 사이에서 밝기 증가가 크게 나타난다.

3. 광도 곡선에 나타난 근접 효과의 제거 (rectification)

광도 곡선에 나타난 근접 효과를 제거하기 위하여 고전적인 방법중에서 가장 널리 사용되어온 RM 방법을 사용하였다. 광도 곡선에서 식현상이 일어나지 않는 부분을 푸리에 계수 2차항까지 포함된 식 (1)을 사용하여 최소 자승법으로 푸리에 계수 A_0, A_1, A_2, B_1, B_2 를 구하여 표 2 - 표 4에 수록하였다.

$$\ell (obs) = A_0 + A_1 \cos \theta + A_2 \cos 2\theta + B_1 \sin \theta + B_2 \sin 2\theta \quad (1)$$

표 2. 접촉형계의 (SW Lac) 보정 계수

$a_1 = a_2$	A_0	A_1	A_2	B_1	B_2
0.0	0.8903	-0.0098	-0.1162	-0.0002	-0.0054
0.2	0.8947	-0.0106	-0.1167	-0.0002	-0.0054
0.4	0.8992	-0.0114	-0.1173	-0.0003	-0.0054
0.6	0.9036	-0.0121	-0.1179	-0.0003	-0.0055
0.8	0.9081	-0.0129	-0.1184	-0.0003	-0.0055
1.0	0.9125	-0.0137	-0.1190	-0.0003	-0.0055

표 3. 분리형계의 (AR Lac) 보정 계수

a_1	a_2	A_0	A_1	A_2	B_1	B_2
0.0	0.0	0.9867	0.0000	-0.0159	0.0000	-0.0000
0.2	0.0	0.9881	0.0019	-0.0154	0.0000	-0.0000
0.4	0.0	0.9896	0.0038	-0.0150	0.0000	-0.0000
0.6	0.0	0.9910	0.0057	-0.0146	0.0000	-0.0000
0.8	0.0	0.9925	0.0076	-0.0141	0.0000	-0.0000
1.0	0.0	0.9939	0.0095	-0.0137	0.0000	-0.0000
0.0	0.0	0.9867	0.0000	-0.0159	0.0000	0.0000
0.0	0.2	0.9889	-0.0031	-0.0150	0.0000	0.0000
0.0	0.4	0.9912	-0.0062	-0.0142	0.0000	0.0000
0.0	0.6	0.9935	-0.0093	-0.0133	0.0000	0.0000
0.0	0.8	0.9957	-0.0124	-0.0125	0.0000	0.0000
0.0	1.0	0.9980	-0.0155	-0.0116	0.0000	0.0000
0.0	0.0	0.9867	0.0000	-0.0159	0.0000	0.0000
0.2	0.2	0.9904	-0.0012	-0.0146	0.0000	0.0000
0.4	0.4	0.9941	-0.0024	-0.0133	0.0000	0.0000
0.6	0.6	0.9978	-0.0036	-0.0120	0.0000	0.0000
0.8	0.8	1.0016	-0.0048	-0.0107	0.0000	0.0000
1.0	1.0	1.0053	-0.0060	-0.0094	0.0000	0.0000

Algol 형의 광도 곡선에서는 광도 곡선에서 식부분과 식바깥 부분을 쉽게 구분할 수 있으나 W UMa 형의 광도 곡선에서는 객관적인 판단이 쉽지 않으므로 Al-Naimiy (1989)가 제시한 식 (2)를 사용하여 first contact가 일어나는 위상을 계산하여 식부분과 식바깥 부분에서 구한 푸리에 계수와 아래에 열거한 Russell과 Merrill의 근접 효과 제거식 (3), (4)을 이용하여 반사 효과가 포함된 광도 곡선에서 반사 효과를 포함한 근접 효과를 모두 제거하였다.

$$\theta_1 = \sin^{-1} \sqrt{(r_1 + r_2)^2 \csc^2 i - \cot^2 i} \quad (2)$$

$$\sin \Theta = \frac{\sin^2 \theta}{(1 + z \cos^2 \theta)} \quad (3)$$

$$L(R) = \frac{\ell(\text{obs}) - B_1 \sin \theta - B_2 \sin 2\theta + C_0 + C_1 \cos \theta + C_2 \cos 2\theta}{A_0 + C_0 + (A_1 + C_2) \cos \theta} \quad (4)$$

윗식에서 $\theta_1, r_1, r_2, i, \Theta, \theta$, 등은 first contact 위상, 주성과 반성의 반경, 공전 궤도 기울기, 보정된 위상, 위상 등을 나타낸다. 한편, 반사 효과 보정 계수 C_0, C_1, C_2 는 아래와 같이 표시되고 z 는 타원 효과이다.

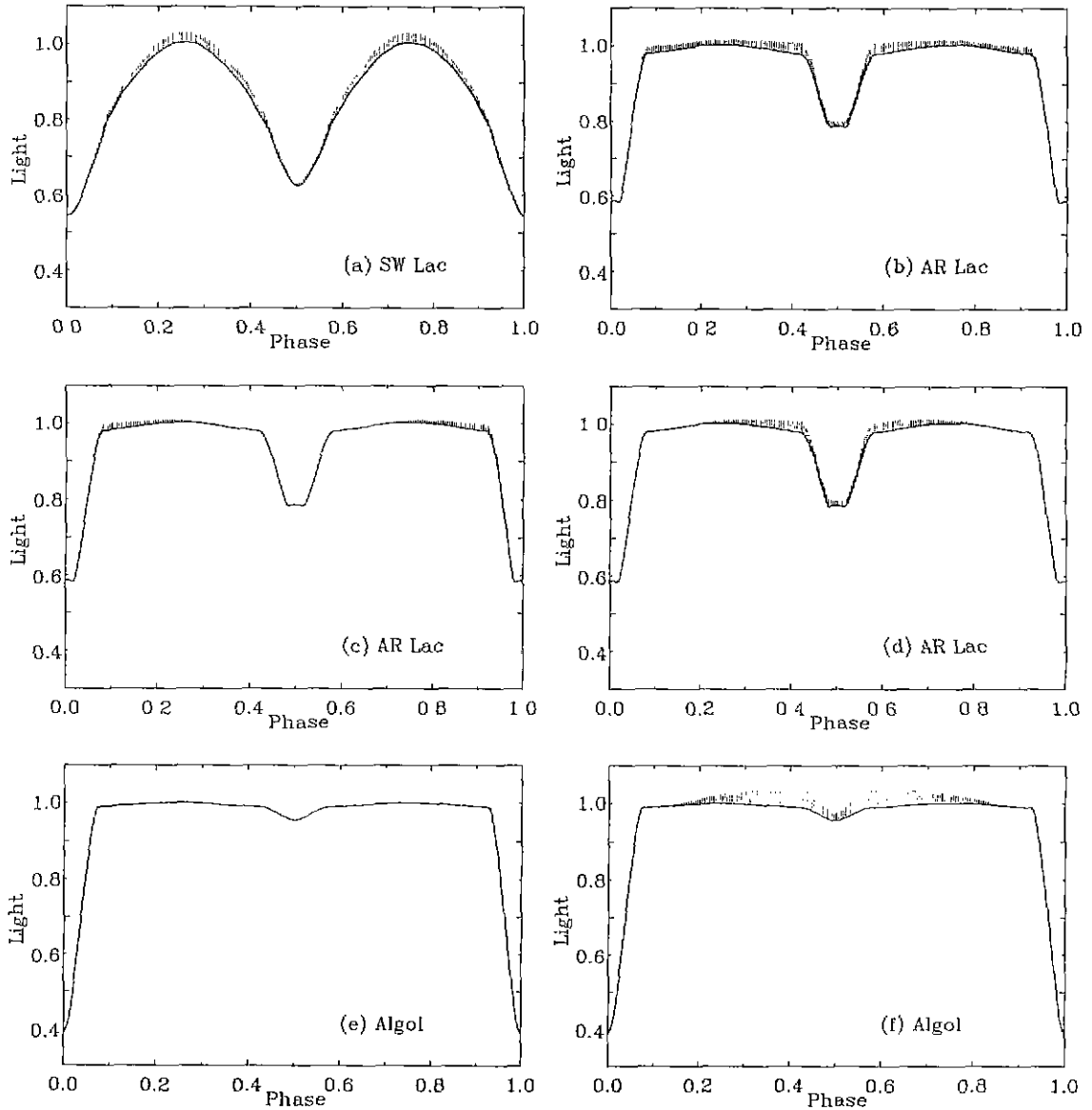


그림 1. 이론적인 광도 곡선에 나타난 반사 효과. 모든 광도 곡선은 중력 감광 효과와 주변 감광 효과가 전혀 일어나지 않는 조건하에서 계산되었으며 각 그림에서 실선은 반사 효과가 없는 광도 곡선을 뜻한다. a)와 b)는 두 별의 반사도를 0.0에서 1.0까지 동일하게 변화시켰으며, c)와 e)는 주성의 반사도만 변화시키고, d)와 f)는 반성의 반사도만 변화시켜 완성한 광도 곡선들이다.

표 4. 준분리형계의 (Algol) 보정 계수

a_1	a_2	A_0	A_1	A_2	B_1	B_2
0.0	0.0	0.9933	-0.0002	-0.0076	0.0000	-0.0001
0.2	0.0	0.9934	-0.0001	-0.0075	0.0000	-0.0001
0.4	0.0	0.9935	-0.0001	-0.0075	0.0000	-0.0001
0.6	0.0	0.9935	0.0000	-0.0075	0.0000	-0.0001
0.8	0.0	0.9936	0.0001	-0.0075	0.0000	-0.0001
1.0	0.0	0.9936	0.0002	-0.0075	0.0000	-0.0001
0.0	0.0	0.9933	-0.0002	-0.0076	0.0000	-0.0001
0.0	0.2	0.9982	-0.0064	-0.0068	0.0000	-0.0001
0.0	0.4	1.0031	-0.0126	-0.0061	0.0000	-0.0001
0.0	0.6	1.0078	-0.0186	-0.0054	0.0000	-0.0001
0.0	0.8	1.0125	-0.0246	-0.0048	0.0000	-0.0001
0.0	1.0	1.0171	-0.0304	-0.0041	0.0000	-0.0001

$$C_0 = -A_1$$

$$C_1 = -(0.75 - 0.25 \cos^2 i) \frac{(G_c + G_h)}{(G_c - G_h)} A_1 \csc i$$

$$C_2 = -0.25 \frac{(G_c + G_h)}{(G_c - G_h)} A_1 \sin i$$

윗 식에서 보정 계수를 구하는 데 필요한 G_c , G_h 의 값은 일반적으로 Russell과 Merrill (1952)이 작성한 graph에서 별의 분광형을 참조하여 읽은 어렵값을 사용하여 왔는데 이 논문에서는 광도 곡선이 실제의 관측값이 아니라 이론적으로 만들어진 값이므로 각각의 별의 온도와 반경을 사용하여 직접 구하였다. 위와 같은 방법으로 반사 효과를 제거한 광도 곡선의 식부분을 그림 2에 별의 종류별로 그렸다.

< 접촉형 쌍성 >

접촉형 쌍성에서는 두 별의 반사도가 동일하다고 가정하므로 반사도를 0.0에서 0.2 간격으로 증가시켜 완성한 6개의 광도 곡선에 대하여 반사 효과 및 타원 효과를 제거한 후 식부분만을 나타낸 광도 곡선이 그림 2(a)에 제시되어 있다. 근접 효과를 제거하기 전의 광도 곡선은 모델을 구성하는 인자는 모두 같으나 반사도가 틀리기 때문에 서로 다른 식의 깊이를 보여주고 있으나, 근접 효과를 제거한 후에는 모든 광도 곡선에서 식의 깊이 및 형태가 동일하게 일치됨을 그림 2(a)에서 볼 수 있다.

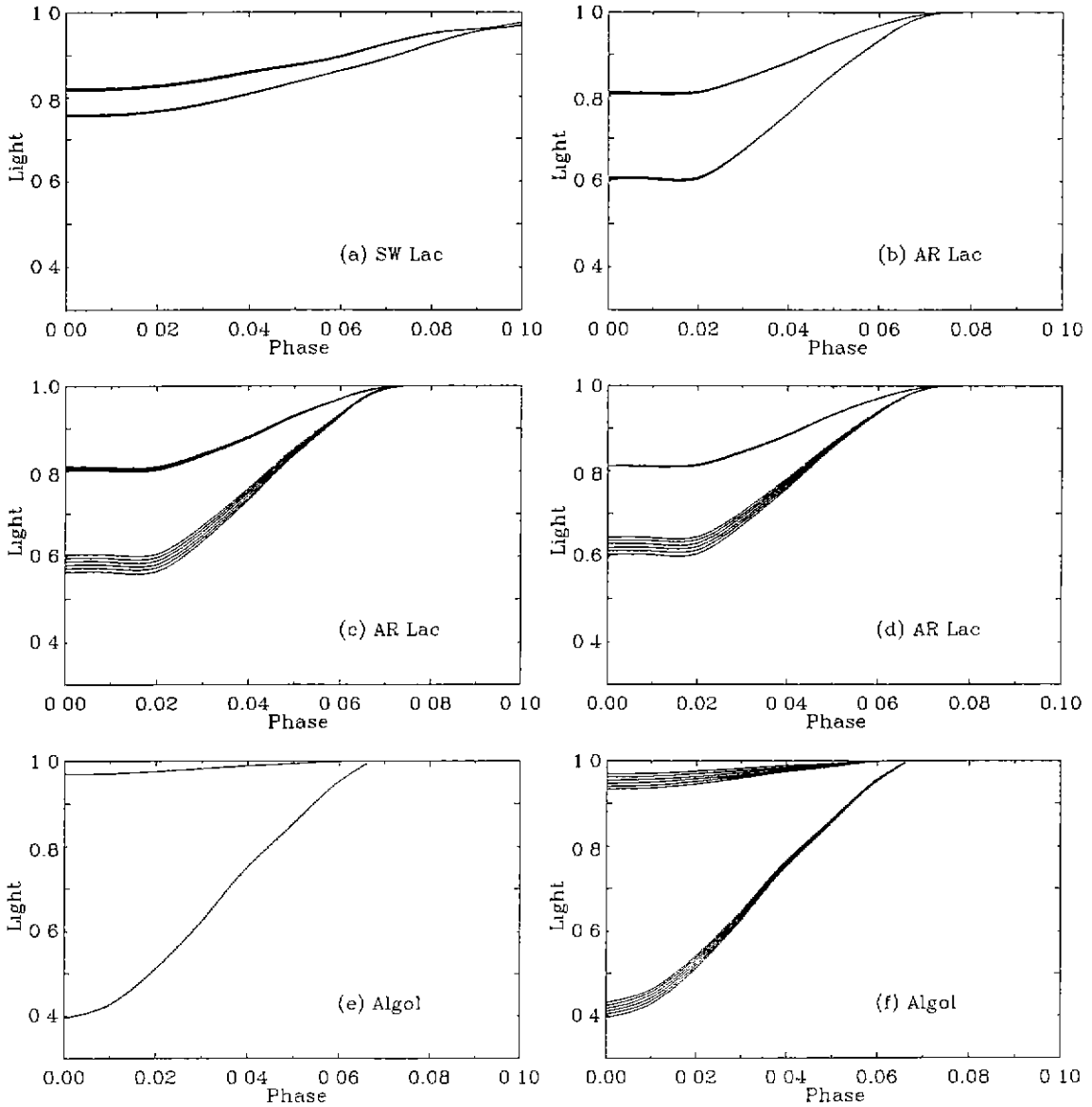


그림 2. 그림 1에 나타난 광도 곡선을 RM 방법으로 근접 효과를 제거한 후의 광도 곡선 (rectified light curves). a) SW Lac는 근접 효과를 제거한 후에는 식의 깊이가 일치됨을 보이고, b) AR Lac는 두 별의 반사도를 동시에 변화 시킨 경우에는 근접 효과를 제거한 후 모든 곡선에서 식의 깊이가 동일하게 되나, c)와 d), f)의 경우와 같이 두 별중 한별의 반사도를 변화시킨 광도 곡선에 대하여는 근접 효과의 보정이 잘 되지 않았다.

< 분리형 쌍성 >

분리형 쌍성은 두 별이 거의 구에 가깝고 온도 차이도 그리 심하지 않는 5400K와 4600K를 사용하였으므로 2장에서 보는 바와 같이 조건이 서로 다른 세 종류의 반사 효과를 조사하였다. 세 종류 모두 근접 효과를 제거한 후 광도 곡선을 그림 2(b,c,d)에 제시하였다. 두 별 중 한 별의 반사도만을 변화시키고 다른 한 별의 반사도를 0.0으로 고정시킨 후, 근접 효과를 RM 방법으로 제거한 결과 광도 곡선들간의 식의 깊이가 서로 다르며 부극심에서만 약간 일치됨을 보이고 주극심에서는 전혀 일치가 되지 않았다. 그러나 반사도를 두 별 모두 동일한 값으로 변화시킨 광도 곡선들에서 근접 효과를 제거하였을 경우에서 제거후 광도 곡선의 깊이와 형태가 0.3% 이내에서 잘 일치하는 현상을 보였다.

< 준분리형 쌍성 >

준 분리형 쌍성에서는 두 별의 온도 차이가 심한 계를 선택하였으므로 온도가 낮은 별의 반사도를 변화시켰을 경우, 그림 1(f)에서와 같이 각 곡선의 밝기에 영향을 준 반사 효과의 차이가 심하게 나타났으나 그 반대인 경우에는 (그림 1(e)) 반사 효과 자체가 무시할 정도이므로 반사도의 변화가 광도 곡선에 영향을 주지 못한다. 그러므로, 주성의 반사도를 변화시킨 광도 곡선은 밝기의 변화가 거의 나타나지 않으므로 근접 효과를 제거한 후의 광도 곡선도 그림 2(e)에서 보여주듯이 잘 일치하였다. 그러나, 반성의 반사도 (a_2)를 변화시킨 광도 곡선은 반사도에 따라 식의 깊이가 다르게 나타나며, 근접 효과를 제거한 후의 광도 곡선은 주성의 반사도를 변화시킨 경우의 광도 곡선과 접촉형 쌍성의 경우와는 달리 반사도에 따라 식의 깊이가 다르게 나타나 만족할 만한 결과를 얻지 못했다. 근접 효과를 제거하였음에도 광도 곡선에서 식의 깊이가 서로 차이를 보이는 것이 그림 2(f)에 나타나 있다.

4. 반사도와 A_1 의 상관 관계

WD 모델에서는 반사도가 0.0에서 1.0 사이를 변화하면서 반사 효과를 나타내고 RM 모델에서는 식바깥 부분에서 얻은 푸리에 계수 A_1 이 반사 효과에 의한 값이고 A_2 가 반사 효과와 타원 효과가 중첩되어 나타난 효과에 의해서 결정되는 계수로 알려져 있다.

Russell 과 Merrill (1952)은 A_1 계수의 값이 이론적으로 항상 음의 수로 나타난다고 하였다. 이 사실을 검증하기 위하여 WD의 반사도와 푸리에 계수 A_1 의 상관 관계를 그림 3에 그렸다. 반성의 반사도를 0.0으로 하고 주성의 반사도를 변화시킬 경우에는 푸리에 계수 A_1 이 양의 값을 갖으며 (그림 3에서 (1)번, (2)번 직선) 주성과 반성의 온도 차이가 클수록 푸리에 계수 A_1 의 값은 큰 변화를 보이지 않으며 항상 양의 값으로 나타났다. 이는 Russell 과 Merrill의 결론과는 일치하지 않는 것이나 실제 별에서는 존재하기가 매우 힘든 경우이다. 그 이유는 온도가 높은 주성이 온도가 낮은 반성에 빛을 쏘여 반사 효과가 나타나는 것이 일반적인 경우이기 때문이다. 주성의 반사도를 0.0으로 하고 반성의 반사도를 변화시켰을 경우 (그림 3에서 (5)번 (6)번 직선) 푸리에 계수 A_1 은 반사도에 역비례 하면서 모두 음의 수로 나타났다. 특히, Algol의 경우 심한 온도 차이 때문에 반사도에 따른 A_1 의 값이 급격히 감소하였다. 한편, AR Lac의 주성과 반성의 반사도를 동일한 값으로 변화시킨 경우 (그림 3에서 (3)번 직선) 반성의 반사도만 변화시켰을 경우보다 반사도에 대한 A_1 의 값이 매우 완만하게 감소하였다. 두 별의 온도 차이가 거의 나타나지 않는 SW Lac인 경우 두 별의 반사도를 동일하게 변화시켰으므로 반사도에 대한 A_1 의 값은 더욱 완만하게 감소하였다 (그림 3번에서 (4)번 직선).

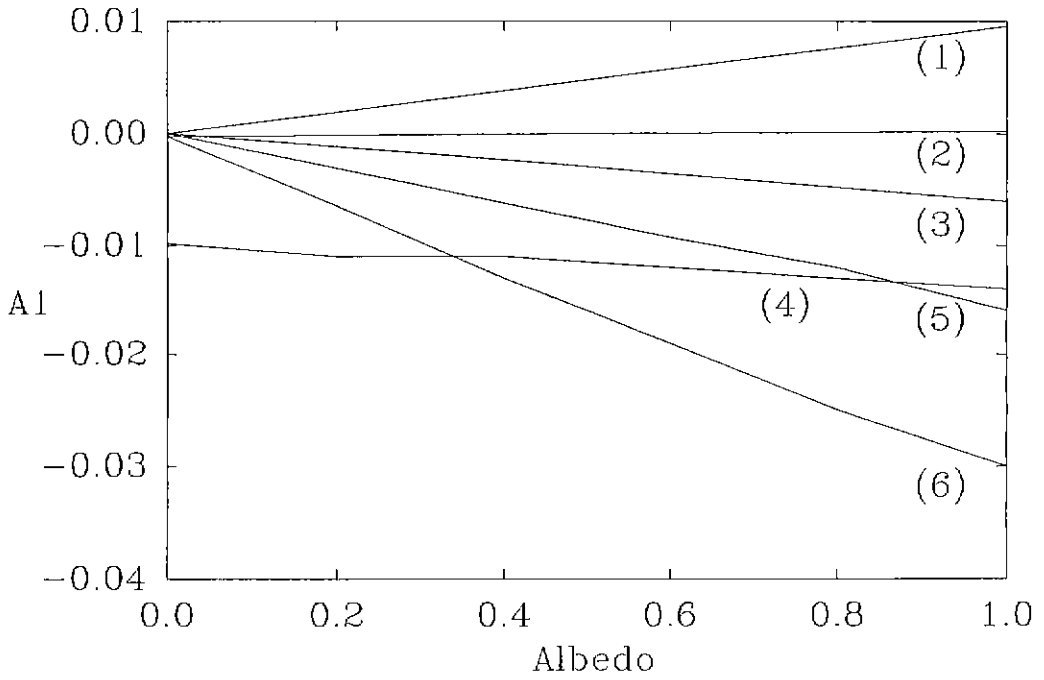


그림 3. 반사도와 푸리에 계수 A_1 의 상관 관계. 직선 1과 5는 각각 AR Lac의 주성과 반성의 반사도를 각각 변화시킨 경우의 값이고, 직선 2와 6은 각각 Algol의 주성과 반성의 반사도를 변화시킨 경우의 값이고, 직선 3과 4는 SW Lac과 AR Lac의 주성과 반성의 반사도를 각각 동일하게 변화시킨 경우이다.

제 3 장에 나타난 결과에 의하면 주성과 반성의 반사도를 동시에 같은 값으로 변화시킨 SW Lac와 AR Lac 단이 RM 방법에 의한 반사 효과 제거 방법이 올바르게 수행되었다. 이 결과를 그림 3에서 살펴보면 직선 (1)과 (2)번은 푸리에 계수 A_1 의 값이 반사도에 정비례하므로 RM 방법으로는 근접 효과 제거가 불가능하고 직선 (5)번과 (6)번은 기울기가 너무 가파라서 즉, 반사도가 증가함에 따라 반사 효과가 너무 갑자기 증가하여 RM 방법으로는 근접 효과 제거가 효과적으로 수행되지 못하고, 직선의 기울기가 완만한 (3)번과 (4)번에 한하여 반사 효과가 올바르게 수행되었다. 한편 반사도가 0.0 일때 분리형 쌍성과 준분리형 쌍성의 어떠한 경우에도 푸리에 계수 A_1 의 값이 0.0으로 나왔으나 접촉형 쌍성에서는 -0.0098로 계산되었다. 이는 RM 방법이 구형 모델에 기초를 두고 있기 때문이다.

5. 결 론

로쉬 기하학을 기초로 한 WD 모델과 구형 모델을 기초로 한 RM 모델을 중심으로 반사 효과를 비교한 결과, 첫째, WD 모델에서 정의한 반사도와 RM 모델에서 사용한 푸리에 계수 A_1 과는 선형 관계가 있으며, 둘째, 두 별의 온도 차이가 심하지 않고, 두 별의 반사도를 동일한 수준으로 변화시켰을 경우에만 WD 모델의 광도 곡선에 나타난 반사 효과를 RM 모델로 정확히 제거할 수 있었다. 그러나, 두 별사이의 온도 차이가 극심한 경우나 두 별의 반사도가 상이하게 틀릴 경우에는 RM 방법으로 반사 효과가 효과적으로 제거되지 않음을 발견하였다.

한편, 광도 곡선에서 주극심을 전후한 위상의 광도가 부극심을 전후한 위상보다 밝게 나타나는 경우에는 푸리에 계수 A_1 이 양(+)의 수가 되기 때문에 RM 방법으로 근접 효과를 제거하는 것이 불가능하다. 자체 변광을 하거나 주성의 대기가 반성의 대기에 비하여 반사도가 높은 물질로 구성되어 있을 경우에 위와 같은 현상이 나타날 수 있으며 그러한 특이한 광도 곡선은 RM 방법으로는 적합한 해를 구할 수 없다.

참 고 문 헌

- 김 호 일 1988, 연세대학교 박사학위 논문, p.10.
 Al-Naimiy, H. M. K., Jabbar, S. R., Fleyen, H. A. & Al-Razzaz, J. M. 1989, Ap&SS, 151, 279.
 Chen, K. Y. & Rhein, W. J. 1969, PASP, 81, 387.
 Chen, K. Y. & Rhein, W. J. 1970, PASP, 82, 1416.
 Chen, K. Y. & Rhein, W. J. 1971, PASP, 83, 449.
 Chen, K. Y. & Rhein, W. J. 1972, PASP, 84, 355.
 Chen, K. Y. & Rhein, W. J. 1973, A&A, 23, 247.
 Dugan, R. S. 1908, Science, 28, 854.
 Hill, G. & Hutchings, J. B. 1970, AJ, 162, 263.
 Kang, Y. W. & Wilson, R. E. 1989, AJ, 97, 848.
 Niarchos, P. G. 1987, A&AS, 67, 365.
 Russell, H. N. & Merrill, J. E. 1952, Princeton Contri., 26, 41.
 Vaz, L. P. R. 1985, A&AS, 113, 349.
 Wilson, R. E. & Devinney, E. J. 1971, ApJ, 166, 605.