자료 분석 문제 (Data Analysis Problem)

문제 1

세페이드형 (Cepheid type) 별 HV2257의 측광 (photometry) 및 시선 속도 (radial velocity) 자료가 표 1–3에 주어져 있으며, 이는 Gieren (MNRAS vol 265, 1993)의 관측에 기반한다. 이 별의 맥동 주기 (pulsation period)는 P = 39.294일이다. 온도–색 관계 (temperature–color relation)에 대한 참고 그래프와 볼로메트릭 보정 (bolometric correction) 표가 그림 1 (Houdashelt et al., 2000)과 표 4 (http://xoomer.virgilio.it/hrtrace/Straizys.htm)에 주어져 있다. 태양 광도는 $L_\odot = 3.96 \times 10^{26}$ J s^{-1}, 볼로메트릭 등급은 $M_{\odot,bol} = 4.72$로 주어진다. 이 문제에서는 두 번째 문제의 주기–광도 관계 (period-luminosity relation)를 사용하지 말 것.

a. 표 1을 바탕으로, 위상 (phase) 0.6과 1 사이의 광도 곡선 (light curve)을 그려라.
b. 표 2의 색 (color)을 위상 0.6과 1 사이에서 그려라.
c. 표 3으로부터 시선 속도 곡선 (radial velocity curve)을 위상 0.6과 1 사이에서 그려라.
d. 이 별의 평균 시선 속도를 계산하여라.
e. 관측 자료와 표 4 및 그림 1의 보조 자료를 사용하여 이 맥동성 (pulsating star)까지의 거리를 계산하여라. 이 방향으로는 소광 (extinction)이 없다고 가정한다.

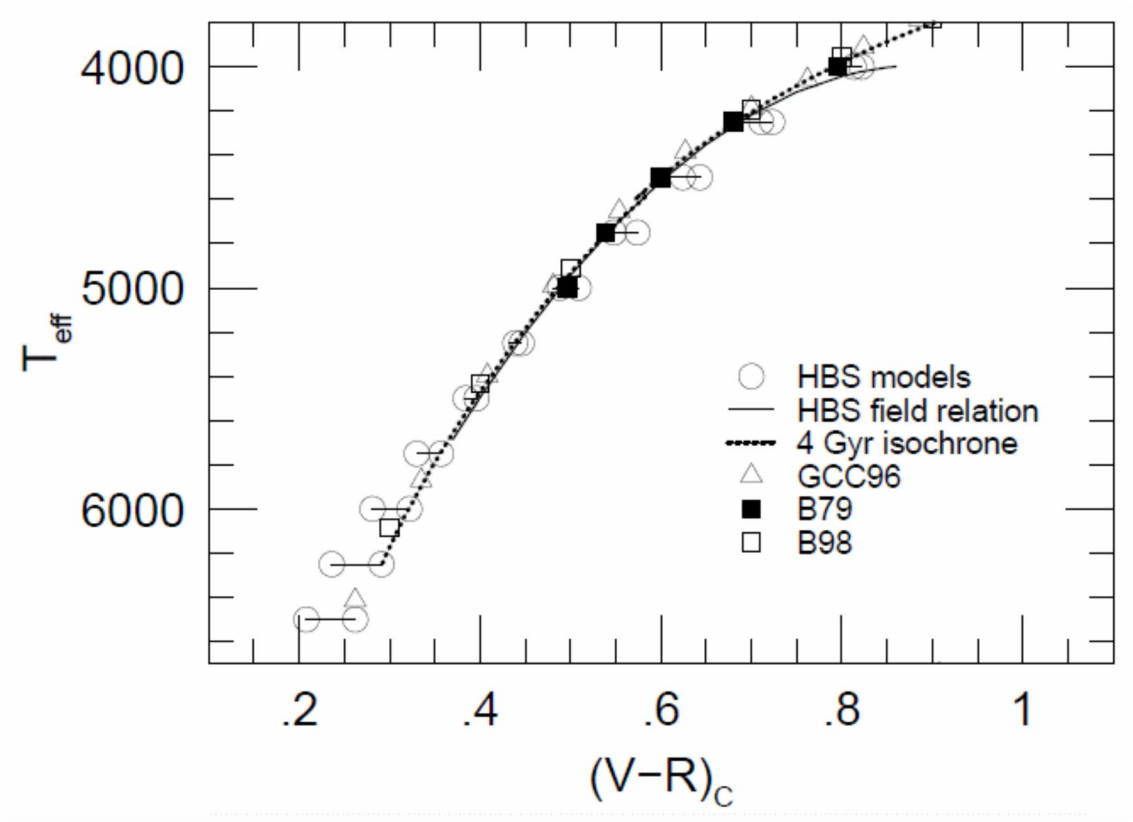


그림 1. V–R 색과 온도의 관계. 서로 다른 기호는 서로 다른 저자들에 해당한다.

Ⱨ 1

Phase	V mag
0.11	12.81
0.13	12.84
0.14	12.87
0.16	12.88
0.19	12.90
0.19	12.94
0.24	12.99
0.43	13.32
0.46	13.31
0.46	13.32
0.51	13.36
0.54	13.41
0.54	13.45
0.56	13.46
0.59	13.53
0.59	13.52
0.61	13.55
0.64	13.60
0.64	13.62
0.72	13.68
0.74	13.61
0.77	13.45
0.79	13.18
0.80	13.12
0.80	13.07
0.82	12.80
0.82	12.78
0.82	12.73
0.84	12.57
0.85	12.54
0.85	12.53
0.87	12.48
0.87	12.47
0.89	12.49
0.90	12.51
0.92	12.51

Ⱨ 2

Phase	V – R
0.22	0.71
0.24	0.73
0.25	0.74
0.27	0.75
0.29	0.75
0.29	0.75
0.34	0.77
0.51	0.87
0.53	0.85
0.53	0.87
0.57	0.85
0.60	0.87
0.60	0.88
0.62	0.87
0.64	0.90
0.64	0.90
0.66	0.88
0.68	0.91
0.69	0.90
0.76	0.88
0.78	0.82
0.80	0.79
0.82	0.70
0.82	0.70
0.82	0.68
0.84	0.60
0.84	0.59
0.84	0.58
0.86	0.53
0.86	0.51
0.87	0.52
0.88	0.51
0.89	0.51
0.90	0.55
0.91	0.53
0.93	0.56

Ⱨ 3

Phase	RadVel (km/s)
0.03	232
0.05	234
0.08	234
0.08	237
0.13	242
0.13	246
0.18	243
0.20	249
0.23	250
0.28	254
0.33	259
0.35	261
0.36	260
0.38	266
0.40	265
0.44	266
0.46	272
0.46	265
0.49	270
0.51	270
0.54	272
0.54	273
0.56	274
0.59	274
0.61	273
0.62	274
0.64	274
0.67	276
0.67	274
0.69	274
0.71	274
0.72	276
0.74	278
0.77	271
0.77	264
0.79	253
0.80	259
0.82	242
0.85	230
0.87	228
0.90	224
0.92	224
0.92	225
0.95	228
0.96	228

표 4. 볼로메트릭 보정 (Bolometric correction)

T_{eff}, K	BC, mag
9600	-0.25
9400	-0.16
9150	-0.10
8900	-0.03
8400	0.05
8000	0.09
7300	0.13
7100	0.11
6500	0.08
6150	0.03
5950	0.00
5800	-0.05
5500	-0.13
5250	-0.22
5050	-0.29
4950	-0.35
4850	-0.42
4700	-0.57
4600	-0.75
4400	-1.17
3900	-1.25
3750	-1.40
3550	-1.60
3400	-2.00

문제 2

카시오페이아자리 (Cassiopeia)의 두 별에 대한 BVRIJHKLMN 측광 (photometry)이 표 5에 주어져 있다. 두 별 모두 그 빛이 확산 성간 물질 (diffuse Interstellar Medium, ISM)에 의한 소광 (extinction)만의 영향을 받는다고 여겨진다. 관측은 대기 밖에서 이루어진다고 가정한다.

a) 표 5–9의 자료를 사용하여, 필터 B, V, R, I, J, H, K, L, M, N에 대해 E_{X-V}/E_{B-V}를 $1/\lambda_X$의 함수로 그려라. 눈대중으로 근사 곡선을 맞춰라 (특히, $1/\lambda_X \to 0$일 때 E_{X-V}/E_{B-V} ~ 상수임에 유의하라). X는 측광 체계의 각 밴드이다.

b) a)에서 얻은 그래프를 사용하여, 각 별에 대해 R_V를 추정하여라.

$$R_{\mathrm{V}} = \frac{A_{\mathrm{V}}}{E_{\mathrm{B-V}}}$$

(A_V는 V에서의 흡수, E_{B-V}는 색초과 (color excess)이다.)

이제 이 결과들을 적용하여, 은하수에 의해 가려진 카시오페이아자리의 나선 은하 IC 342까지의 거리를 추정한다. IC 342의 ISM의 성질이 우리 은하의 ISM의 성질과 비슷하다고 가정하라.

c) IC 342의 세페이드 20개에 대한 주기–등급 도표 (period-magnitude diagram, 그림 2와 3)를 사용하고, 다음 주기–광도 관계를 가정하여:

$$\langle M_{\mathrm{R}} \rangle = -2.91 \left(\log\left(\frac{P}{\mathrm{day}}\right) - 1 \right) - 4.04 \quad \text{and} \quad \langle M_{\mathrm{I}} \rangle = -3.00 \left(\log\left(\frac{P}{\mathrm{day}}\right) - 1 \right) - 4.06$$

여기서 $\langle M_R \rangle$과 $\langle M_I \rangle$는 각각 필터 R과 I에서의 평균 절대 등급이다. IC 342의 천체들에 대한 A_R을 구하여라. IC 342까지의 거리를 구하여라.

표 5. 카시오페이아자리 두 별의 BVRIJHKLMN 측광 (photometry)

Star	MK class	$\frac{B}{\text{mag}}$	$\frac{V}{\text{mag}}$	$\frac{R}{\text{mag}}$	$\frac{I}{\text{mag}}$	$\frac{J}{\text{mag}}$	$\frac{H}{\text{mag}}$	$\frac{K}{\text{mag}}$	$\frac{L}{\text{mag}}$	$\frac{M}{\text{mag}}$	$\frac{N}{\text{mag}}$
HD 4817	K3Iab	8.08	6.18	4.73	3.64	2.76	1.86	1.54	1.32	1.59	-
HD 11092	K4II	8.66	6.57	-	-	3.10	2.14	1.63	1.41	1.65	1.44

표 6. 선택된 분광형 및 광도 계급에 대한 $(B-V)_0$ 고유 색지수 (intrinsic colours)

	$\frac{(B-V)_0}{\text{mag}}$	
	II	Iab / Ia
F0	-	0.15
G0	0.73	0.82
K0	1.06	1.18
K3	1.40	1.42
K4	1.42	1.50

표 7. 선택된 분광형 초거성 (supergiant)의 적외선 고유 색지수

	$\frac{(V-R)_0}{\text{mag}}$	$\frac{(V-I)_0}{\text{mag}}$	$\frac{(V-J)_0}{\text{mag}}$	$\frac{(V-H)_0}{\text{mag}}$	$\frac{(V-K)_0}{\text{mag}}$	$\frac{(V-L)_0}{\text{mag}}$	$\frac{(V-M)_0}{\text{mag}}$	$\frac{(V-N)_0}{\text{mag}}$
F0	0.20	0.31	0.36	0.51	0.60	0.64	0.65	0.82
G0	0.55	0.90	1.14	1.52	1.71	1.72	1.72	1.98
K0	0.95	1.59	2.01	2.64	2.80	2.87	2.79	3.14
K3	1.13	1.96	2.41	3.14	3.25	3.39	3.25	3.63
K4	1.20	2.13	2.59	3.37	3.44	3.62	3.46	3.84

표 8. 선택된 분광형 거성 (giant)의 적외선 고유 색지수

	$\frac{(V-R)_0}{\text{mag}}$	$\frac{(V-I)_0}{\text{mag}}$	$\frac{(V-J)_0}{\text{mag}}$	$\frac{(V-H)_0}{\text{mag}}$	$\frac{(V-K)_0}{\text{mag}}$	$\frac{(V-L)_0}{\text{mag}}$	$\frac{(V-M)_0}{\text{mag}}$	$\frac{(V-N)_0}{\text{mag}}$
K0	0.60	1.03	1.23	1.72	1.94	1.97	1.90	1.92
K3	0.86	1.39	1.84	2.40	2.69	2.82	2.70	2.73
K4	0.96	1.61	2.16	2.77	3.05	3.22	3.08	3.02

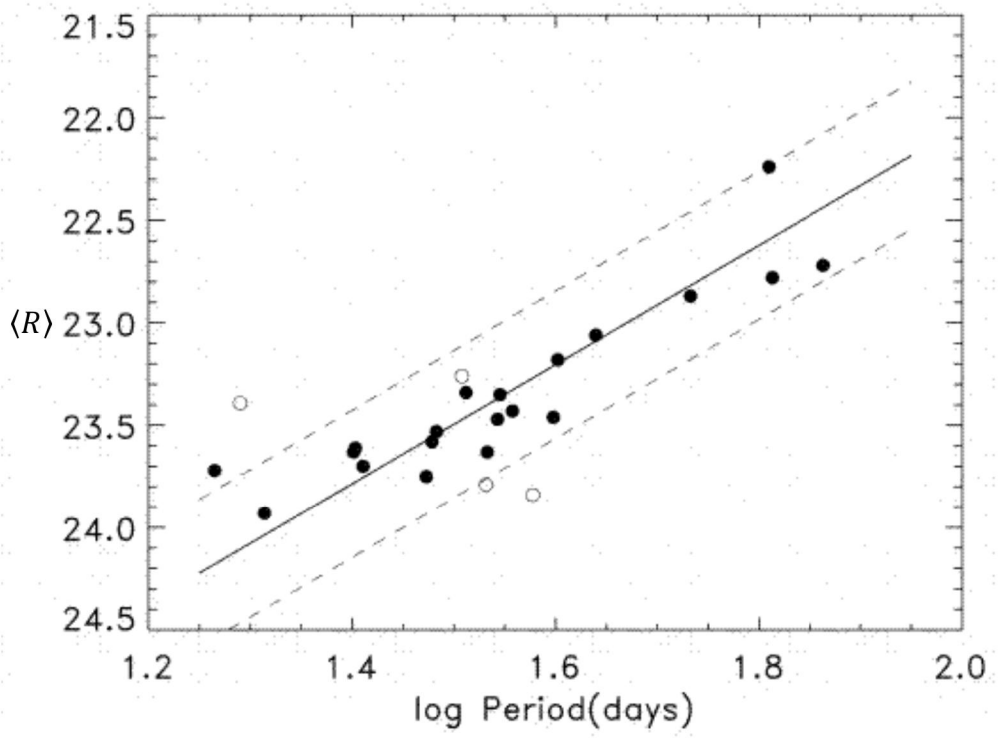


그림 2. 〈R〉은 필터 R에서의 평균 겉보기 등급이다.

표 9. 선택된 측광 필터들의 유효 파장 (effective wavelengths)

Filter	B	V	R	I	J	H	K	L	M	N
λ_F/nm	450	555	670	870	1200	1620	2200	3500	5000	9000

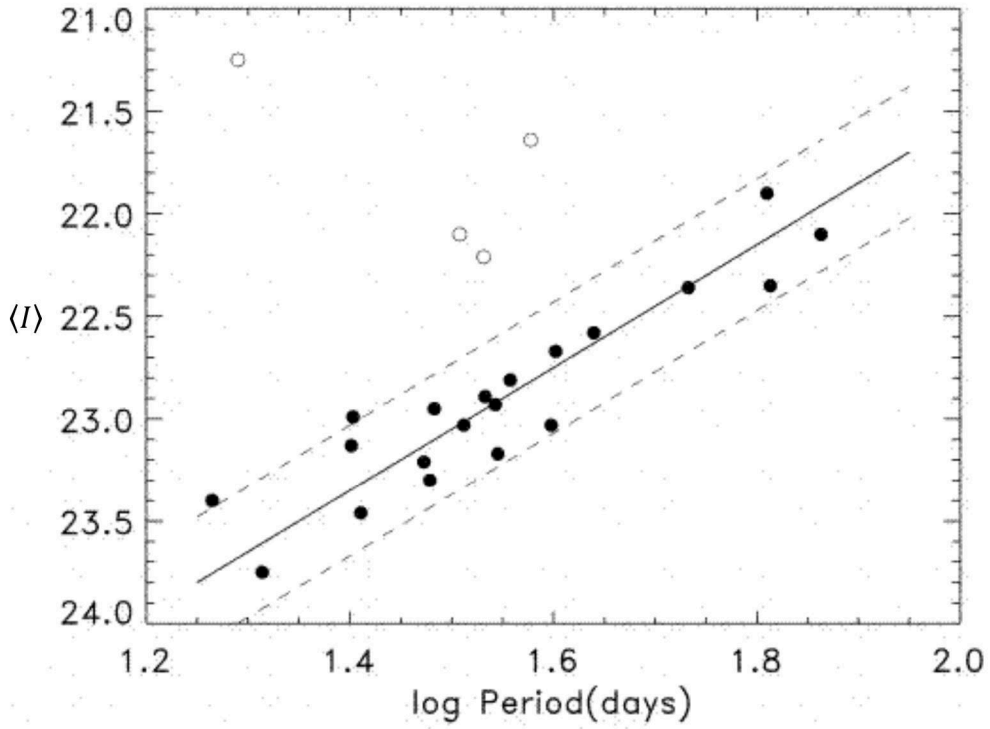


그림 3. ⟨I⟩ 는 필터 I에서의 평균 겉보기 등급이다.