

## 자외선 스펙트럼을 이용한 별의 표면온도 결정

강 영 운 · 지 나 현 · 한 미 려  
세종대학교 지구과학과, 대양천문대

최 영 준 · 한 원 용 · 이 우 백  
천문대

### DETERMINATION OF STELLAR SURFACE TEMPERATURE USING ULTRAVIOLET SPECTRA

Young Woon Kang, Nahyun Ji, Miryo Han  
Daeyang Observatory, Department of Earth Science, Sejong University  
e-mail: kangyw@astro.sejong.ac.kr

Young-Jun Choi, Wonyong Han, Woo-Baik Lee  
Korea Astronomy Observatory

*(Received April 30, 1998; May 20, 1998)*

#### 요 약

자외선 영역에서 색지수와 유효온도의 상관관계를 구하기 위한 pilot project로 25개의 표준성에 대하여 유효온도와 색지수를 산출하였다. 유효온도는 자외선 영역의 IUE 저분산 스펙트럼의 에너지 분포 곡선을 Kurucz 모델과 비교하여 산출하였고, 자외선 색지수는 IUE 저분산 스펙트럼의 플럭스를 300Å 단위로 적분하여 등급으로 환산하여 산출하였다. 자외선 영역의 상관관계는 가시광선 영역의 상관관계와 유사한 형태로 나타났다.

#### ABSTRACT

Color indexes and effective temperatures for 25 standard stars have been determined as a pilot project which show a relationship between color index and effective temperature in ultraviolet region. The effective temperature was determined by comparing energy distribution curves derived from the IUE low dispersion spectra with Kurucz atmosphere model. The UV color index was deduced by integrating fluxes in 300Å interval of the IUE low dispersion spectra. The relation between color index and effective temperature in ultraviolet is similar with that of optical region.

## 1. 서 론

별의 표면온도는 질량, 반경, 광도 등과 함께 별의 특성을 규정하는 기본 물리량이다. 별의 온도 (fundamental temperature)를 결정하는 직접적인 방법은 별의 실제 크기와 광도를 이용하는 것이다. 이 방법을 사용하기 위해서는 또한 별의 거리와 반경을 구하여야 한다. 별의 반경은 분광형이 O형과 F형의 별에 대해서는 stellar-intensity interferometer (Code *et al.* 1976)를 사용하고, 온도가 낮은 거성에 대하여는 lunar occultation (Ridgway *et al.* 1980) and Michelson interferometry 등을 이용한다. 한편 식쌍성에서는 측광관측으로 광도곡선을 완성하고 분광관측으로 시선속도곡선을 완성하면 각각의 해를 합병하여 별의 반경을 구한다. 최근에는 적외선 플럭스 (infrared flux) 방법으로 분광형이 A-M형인 별에 대하여 온도를 결정하는 방법을 고안하고 Megessier (1994, 1995)는 이 방법으로 구한 온도의 정확도와 신뢰성에 대하여 논하였다. 이와 같이 별의 온도를 구하는 방법은 많은 관측이 필요하고 제한된 별에 대해서만 가능하므로 대부분의 별들은 표면온도를 간접적인 방법으로 유추하고 있다.

별의 온도를 구하는 간접적인 방법으로 분광형에 의한 온도의 결정과 항성대기 모델을 이용하는 방법이 사용되고 있다. 분광형에 의한 온도의 결정은 천문학에서 가장 많이 사용되어 온 방법이지만 온도가 중요한 역할을 하는 문제에서는 온도와 분광형 사이의 눈금 조정이 항상 논쟁의 대상이 되었다. 현재까지도 이 눈금 조정은 Bessell *et al.* (1998), Code *et al.* (1976) 등에 의해서 개선되고 있다.

항성대기 모델을 이용한 방법은 spectrophotometry를 통한 넓은 파장 영역의 관측과 타당성 있는 모델을 요구하고 있다. Gunn & Stryker (1983)는 183개의 별을 선정하여 우리 은하에 속한 별들의 분광형과 파장에 따른 에너지 분포를 비교할 목적으로 3130-10800Å 사이의 파장 영역에서 spectral energy distribution을 발표하였다. Gunn & Stryker (1983)의 연구는 Hale 천문대의 5-meter 반사망원경을 사용하여 관측을 수행하고 지상에서 수행할 수 있는 최대 파장영역을 포함하며, 약 15-20Å의 분해능으로 별의 에너지 분포곡선, 즉 “Stellar Spectrophotometric Atlas”를 완성하였다. 그 후 좀더 개선된 약 4.5Å 분해능으로 Jacoby *et al.* (1984)은 161개의 별을 선정하여 3150-7427Å 사이의 파장 영역에서 spectrophotometry를 수행하여 “A Library of Stellar Spectra”를 발표하였다.

항성대기 모델은 Gustafsson *et al.* (1975), Kurucz (1979) 등이 개발하여 각각 MARCS와 ATLAS라는 이름으로 지난 20여년동안 많은 천문학자들이 온도 결정 등에 사용하여왔다. 그 후 이 모델들은 지속적으로 개선되어 최근에 Kurucz (1993, 1994)는 더욱 세분화된 grid로 분광형이 O형에서 K형 별까지의 색지수와 개선된 대기 모델에 대류 모델 (Kurucz 1995)을 추가한 ATLAS9를 발표하였다. 한편 MARCS는 Plez *et al.* (1992)이 더욱 자세한 grid로 분광형이 A형에서 M형까지의 별에 대하여 개선된 모델을 제시하여 spectrophotometry에서 산출된 에너지 분포 곡선과 함께 항성의 표면 온도를 결정하는데 공헌하였다.

한편 1970년대 이후 자외선 영역에서는 코페르니쿠스, IUE (International Ultraviolet Explorer) 등의 천문 인공위성이 관측을 수행함에 따라 spectrophotometry를 가시광선 영역에서 자외선 영역

표 1. 표준성 중에서 선정한 25개 별의 정보.

HD 번호	V 등급	IUE 분광형	MK 분광형	IUE SWP Image 번호	IUE LWR Image 번호
47839	4.66		O7	swp08146	lwr07077
214680	4.88	O9	O9	swp08150	lwr07080
31726	6.15	B2	B1	swp08165	lwr07098
64802	5.49	B2.5	B2.5	swp14308	lwr10939
65904	5.99		B4	swp15557	lwr12042
188665	5.14		B5	swp15338	lwr11856
23324	5.64	B8	B8	swp08148	lwr07079
38899	4.91		B9	swp16639	lwr12875
103287	2.44	A0	A0	swp08198	lwr07124
166205	4.36	A2	A1	swp09132	lwr07863
216956	1.16	A3	A3	swp09134	lwr07865
97603	2.56		A4	swp19247	lwr15283
116842	4.01	A5	A5	swp10285	lwr08949
27176	5.65	F0	F0(A8)	swp15538	lwr12009
157792	4.17		A9	swp19461	lwr15490
113139	4.93		F2	swp15547	lwr12027
157950	4.45		F3	swp19462	lwr15491
27524	6.80		F5	swp15819	lwr12183
173667	4.19	F6	F6	swp10784	lwr09459
27383	6.88		F9		lwr04126
4614	3.44		G0	swp04031	lwr04116
11504	6.83		G1		lwr04862
20630	4.83	G5	G5	swp09462	lwr04857
115617	4.74		G6		lwr12163
10700	3.50		G8	swp05733	lwr04856

까지 확장하여 특히 분광형이 조기형인 별에 대하여 보다 개선된 온도 결정이 이루어졌다. IUE는 1978년 관측을 시작하여 1996년까지 Guest observer에 의한 관측을 수행하여 여러 종류의 천체에 대한 관측이 자외선 영역에서 상당히 축적되었다. 이 논문에서는 자외선 영역에서 색지수와 유효온도의 상관관계를 구하기 위한 pilot project로 25개의 표준성을 선정하여 IUE로 관측한 저분산 스펙트럼을 이용하여 표면온도를 결정하고, 저분산 스펙트럼의 spectrophotometry로부터 자외선 색지수를 구하고, 표면온도와와의 상관 관계를 결정하였다. 한편 가시광선 영역의 색지수와 표면온도의 관계식과 비교 검토하였다.

## 2. 별의 선정

IUE 저분산 스펙트럼을 이용하여 별의 표면 온도를 결정하기 위하여 Wu *et al.* (1983)이 발표한 “The IUE Ultraviolet Spectral Atlas”에서 25개의 별을 선정하였다. 그 중의 14개는 Heck (1984)이 발표한 “IUE Low-Dispersion Spectra Reference”에 속한 표준성들이다. 이 논문은 자외선 영역에서 온도를 조직적으로 결정하는 최초의 연구이므로 1차적으로 주계열성만 연구의 대상으로 선정하였다. 분광형의 분포는 골고루 각 분광형마다 3-4개의 별을 선정하였다. 초기에는 가시광선 영역의 spectrophotometry 자료가 있는 별을 선정하려고 문헌 조사를 하였으나, Heck (1984) 혹은 Wu *et al.* (1983) 등이 IUE 천문대에서 선정한 표준별은 6등성 보다 밝은 별이 주를 이루고, 가시광선 영역의 표준별로서 spectrophotometry 자료가 있는 별은 6등성 보다 어두운 별이 주를 이루고 있기 때문에 가시광선과 자외선 영역 모두에서 관측된 표준성은 극히 드문 것으로 나타났다. 선정된 별의 목록은 표 1에 수록하였다. 표 1에는 별을 동정할 수 있는 HD 번호, V 등급, IUE 분광형, MK 분광형 그리

고 각별의 IUE 스펙트럼 번호가 파장 영역별로 수록되었다. 표 1에서 IUE 분광형은 IUE 저분산 스펙트럼을 이용하여 Wu et al. (1983) 등이 독자적으로 결정한 분광형이다. 가시광선 영역에서 결정된 분광형과 약간의 차이를 보이는 별도 있지만 대부분의 별은 잘 일치하고 있다.

### 3. 유효온도의 결정

선정된 별들의 UV 스펙트럼을 얻기 위하여 IUE Merged Log를 조사하여 짧은 파장영역(1100-2000Å)과 긴 파장영역(1900-3200Å)에서 각각 1개의 스펙트럼을 선정하고 스펙트럼이 2개 이상 관측된 별에 대해서는 최근 스펙트럼을 선정하고, 짧은 파장과 긴 파장의 스펙트럼은 같은 날 관측된 것으로 1쌍을 선택하였다. 그러나 분광형이 만기형으로 갈수록 짧은 파장영역의 관측이 없거나 관측 오차가 심한 것은 예외로 하였다.

선정된 스펙트럼은 IUE 천문대에 자료를 요청하여 IUE RDAF (Regional Data Analysis Facility)에서 제공하는 software를 이용하여 아래와 같은 순서로 처리하였다. 첫째, 각 스펙트럼마다 data 파일에 수록된 raw data를 header에 수록된 정보를 이용하여 파장 대 absolute flux ( $\text{erg cm}^{-2}\text{Å}^{-1}\text{sec}^{-1}$ )로 전환한다. 둘째, UV영역에서는 성간 흡수가 매우 심하게 나타나므로 성간 흡수에 대한 보정은 필수적이다. 다행히도 IUE는 동일한 파장영역에서 관측을 18여년간 수행되어 성간 흡수에 대한 연구는 상당히 진척되었다. 우리는 성간물질에 의한 흡수를, Savag & Mathis (1979)가 우리 은하에서 성간물질 흡수의 평균값으로 제시한 모델을 선택하여, 보정하였다. 성간물질 보정에 사용된 색초과는 잘 알려진 아래의 관계식을 이용하여 구하였다.

$$E(B - V) = (B - V) - 0.332 ((U - B) - 0.72 (B - V)) \quad (1)$$

셋째, 짧은 파장과 긴 파장 영역의 스펙트럼에 대하여 성간적색화가 효과적으로 제거된 후 두 스펙트럼을 합병하여 하나의 스펙트럼으로 만든 후 Kurucz (1993) 항성대기 모델과 비교하여 별의 표면 온도를 구하였다. 그림 1에서는 HD 47839 별에 대하여 짧은 파장과 긴 파장 영역의 flux를 합병하여 성간적색화 현상을 보정하기 전과 후의 스펙트럼을 제시하였다.

Kurucz(1993) 항성대기 모델은 CD-ROM No.13 version으로 IUE RDAF Package안에 들어있는 것을 사용하였다. 우리가 사용한 Kurucz 모델은 입력인자로 유효온도, gravity( $\log g$ ), 태양 abundance에 대한 log 비율( $\log (Z/Z_{\odot})$ ) 등을 사용하여 파장별 flux값을 계산한다. Kurucz 모델에서 계산한 값과 IUE 저분산 스펙트럼에서 관측된 값을 비교하여 가장 fitting이 잘 되도록 입력인자 값을 조정하여 유효온도, gravity, abundance의 값을 최종적으로 결정하였다. 입력인자를 조정하는 가운데 fitting이 잘 되지 않는 별에 대해서는 성간 적색화 현상이 효과적으로 제거되지 못한 것으로 판단하여 색초과 값을 변경하여 dereddening 과정을 다시 수행하고, Kurucz 모델과 비교하여 fitting이 가장 잘되는 색초과 값과 입력인자를 결정하였다. 각 입력인자의 초기 값으로 유효온도인 경우 가시광선 영역의 스펙트럼형에 해당하는 온도를 사용하였고, gravity는 선정된 별이 주계열성이므로  $\log g = 4.0$ 을 abundance는  $\log (Z/Z_{\odot}) = 0.0$ 을 각각 사용하고 fitting 과정에서 각 인자를 조정하였다. 그림 2에는

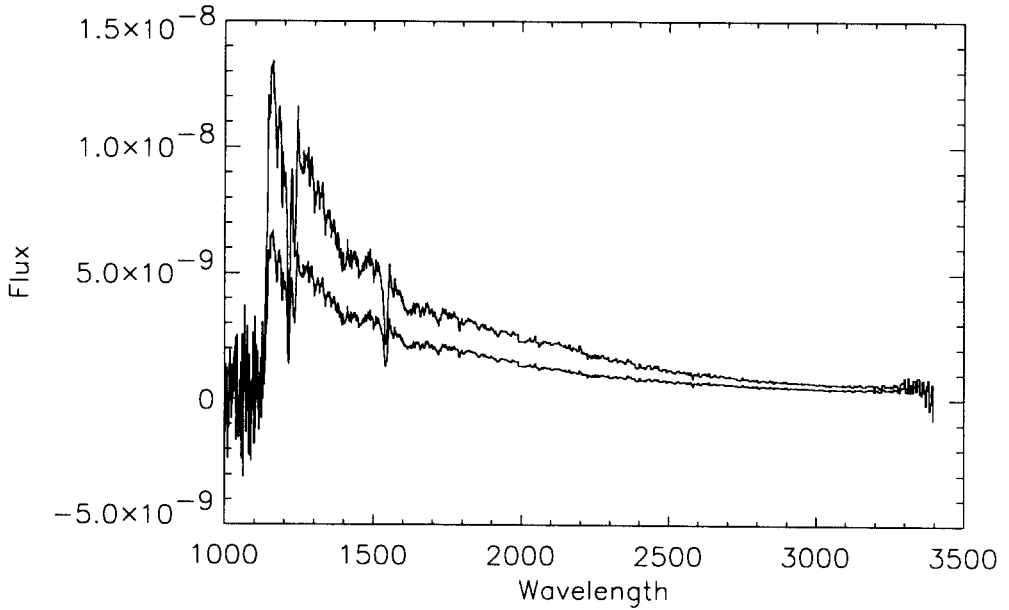


그림 1. 표준성 HD 47839의 IUE 스펙트럼. 짧은 파장영역과 긴 파장 영역을 합성한 스펙트럼으로, 위에 것은 성간물질에 의한 적색화 현상을 보정한 후의 스펙트럼이고, 아래는 보정 전의 스펙트럼으로 파장에 따른 에너지 분포를 나타낸다.

대표적인 별 6개의 별에 대하여 성간 적색화가 보정된 스펙트럼과 최종 인자값으로 Kurucz 모델을 사용하여 계산한 flux 값을 비교한 것이다.

위와 같은 방법으로 25개 표준성에 대하여 색지수, 유효온도, gravity, 그리고 abundance를 결정하고 그 결과를 표 2에 수록하였다.

#### 4. UV 색지수

자외선 영역에서 유효온도와 색지수의 관계를 설정하기 위하여 IUE 저분산 스펙트럼을 이용하여 색지수를 다음과 같이 구하였다. IUE 관측은 Spectrophotometry이므로 성간 적색화 현상을 보정한 후 주어진 파장 영역의 밝기를 아래와 같이 등급으로 나타내었다.

$$m_{\lambda} = -2.5 \log F + 21.{}^m1 \tag{2}$$

여기서  $F$ 는 주어진 파장 영역에서 flux 값을 적분한 값이며 21.{}^m4는 이 flux를 겉보기 등급으로 환산할 때 필요한 상수로써 IUE 천문대에서 제시한 값이다. 파장 영역의 폭은 100Å, 200Å, 300Å 등 다양하게 설정하여 등급을 구하고 각 파장 영역사이의 등급차, 즉 색지수를 구하여 앞에서 구한 유효온도와 비교해 본 결과, 파장영역의 폭은 색지수와 유효온도의 관계에 큰 영향을 미치지 못하는 것으로

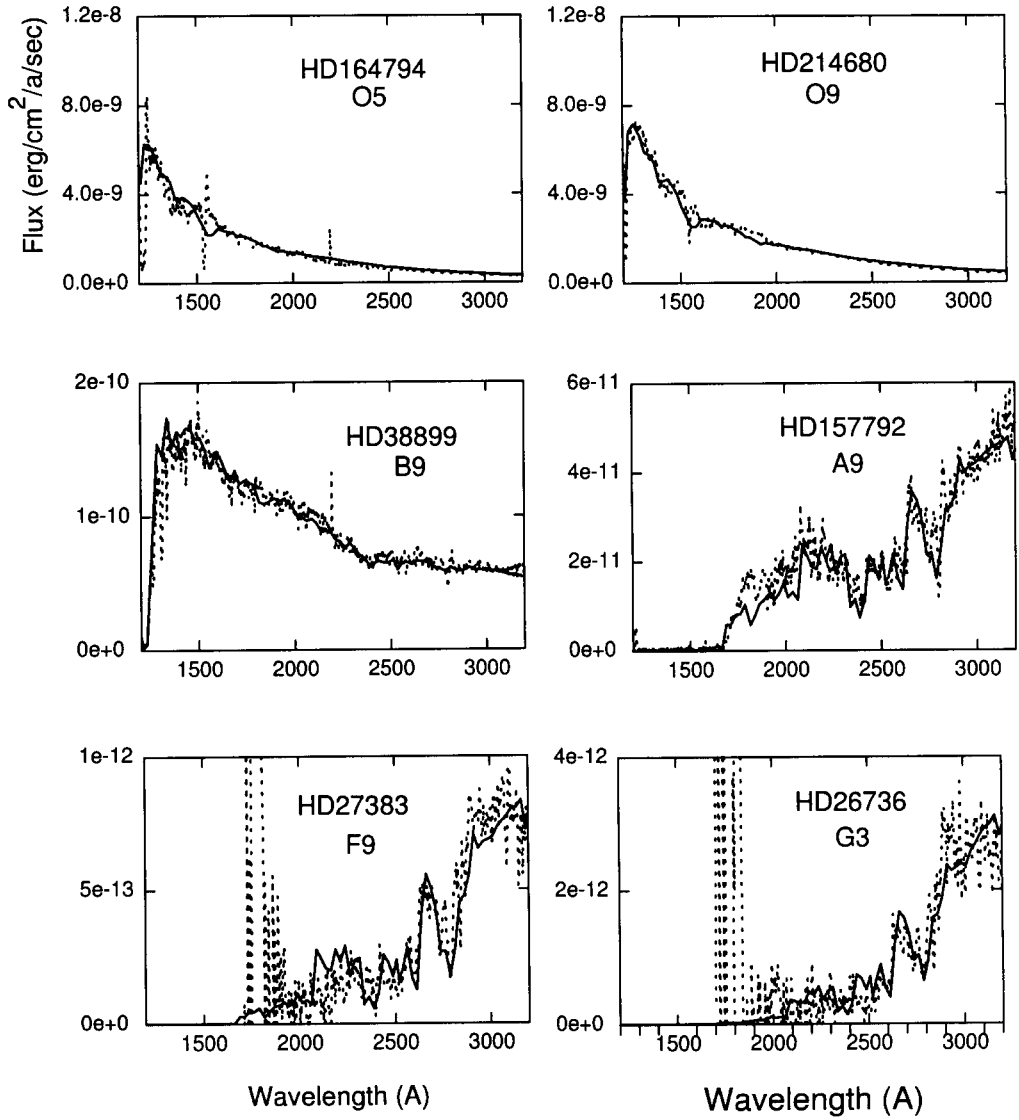


그림 2. 25개의 표준성 중에서 6개를 선택하여 파장에 따른 에너지 분포 곡선(점선)과 Kurucz 모델(실선). 분광 형이 만기형으로 갈수록 짧은 파장 영역에서 에너지가 약하여 G형에서는 긴 파장 영역의 에너지만 표시되었다.

표 2. Kurucz 모델로 산출한 25별의 유효온도.

HD 번호	B-V	E(B-V)	$T_{eff}(k)$	Gravity (log g)	$\log (Z/Z_{\odot})^*$
47839	-0.25	0.07	30000	4.0	0.0
214680	-0.20	0.11	25000	5.0	0.0
31726	-0.21	0.05	25000	5.0	0.0
64802	-0.19	0.05	22500	4.5	0.0
65904	-0.14	0.04	18000	4.5	0.0
188665	-0.13	0.03	17000	3.5	0.0
23324	-0.07	0.04	13000	3.5	0.0
38899	-0.07	0.00	11000	4.5	0.0
103287	0.00	0.01	9500	4.5	0.0
166205	0.02	0.00	9000	4.5	0.0
216956	0.09	0.01	8500	4.5	0.0
97603	0.12	0.00	8000	3.5	0.0
116842	0.16	0.01	8000	3.5	0.0
27176	0.28	0.01	7000	4.0	0.0
157792	0.28	-0.02	7000	4.0	0.0
113139	0.36	0.01	7000	4.0	0.0
157950	0.39	-0.02	7000	4.5	0.0
27524	0.44	-0.01	6500	4.5	0.0
173667	0.46	-0.02	6500	3.5	0.0
27383	0.56	0.00	6500	3.5	0.0
4614	0.57	-0.03	6000	4.5	0.0
11504	0.60	-0.02	5500	3.5	-1.0
20630	0.68	0.00	5500	4.0	0.0
115617	0.71	-0.01	5500	1.5	0.0
10700	0.72	-0.02	5500	3.5	0.0

\* $(Z/Z_{\odot})$  = heavy element abundance/Sun's heavy element abundance

나타났다. 그러나 짧은 파장으로 갈수록 스펙트럼 선이 많이 나타나는 관계로 온도에 따른 색지수의 변화가 매우 불규칙하게 나타났다. 그러므로 비교적 스펙트럼 선이 적게 나타나는 파장영역 즉, 2500Å에서 3100Å사이의 파장영역이 색지수를 산출하는데 가장 적합한 것으로 나타났다. 이러한 결과는 Kang (1990)의 결과와도 일치하는 것이다. Kang (1990)은 식쌍성  $\epsilon$  Aur에 대한 밝기 변화를 UV 영역에서 위와 같은 방법으로 측정하여  $\epsilon$  Aur 광도곡선을 완성한 결과 긴 파장영역에서는 가시광선의 광도변화와 동일한 형태로 나타남을 보였다. 그러나 짧은 파장 영역 (1100-2000Å)과 긴 파장 영역 (2000-3200Å)에서도 2000-2300Å사이에는 심한 scatters가 나타났다.

표 3에는 파장 영역의 폭을 300Å으로 선택하여 구한 4 종류의 색지수와 유효온도를 수록하였다. 표 3에서 세번째 칸에서 여섯번째 칸은 각각 m (1750 - 2050Å), m (2050 - 2350Å), m (2350 - 2650Å), m (2650 - 2950Å)를 나타낸다. 여기서 괄호속의 숫자는 각각 중심파장을 뜻한다. 그림 3에는 4 종류의 색지수 중에서 파장이 가장 긴쪽의 색지수, m (2650 - 2950Å)를 사용하여 온도에 따른 색지수의 변화를 나타내고, 온도와 색지수의 상관관계를 아래의 다항식으로 표현하였다.

$$\log T_{eff} = a + b CI + c (CI)^2 + d (CI)^3 + e (CI)^4 \tag{3}$$

여기서 CI는 색지수를 뜻하며, 4 종류의 색지수에 대한 계수는 표 4에 수록하였다. 25개의 표준성을 이용하여 유추한 자외선 영역의 색지수와 유효온도의 상관 관계는 그림 3에서 보는 바와 같이 가시광선 영역에서 나타난 관계와 매우 유사하게 나타났다. 단지 우리가 사용한 Kurucz 모델은 온도 간격이 매우 커서 자세한 온도 결정에는 무리가 있었다. 그 결과 그림 3에서 보는 바와 같이 서로 다른 색지수임에도 불구하고 동일한 온도로 나타나는 경우가 있었으나 상관관계를 유추하는 pilot project로 진행된 이 연구의 목적 달성에는 문제가 되지 않는다고 판단된다.

표 3. 유효온도와 색지수 값.

HD No.	log $T_{eff}$	$m_{1750} - m_{2050}$	$m_{2050} - m_{2350}$	$m_{2350} - m_{2650}$	$m_{2650} - m_{2950}$
47839	4.47	-.37	-.51	-.46	-.39
214680	4.39	-.44	-.44	-.47	-.38
31726	4.39	-.43	-.37	-.42	-.34
64802	4.35	-.38	-.41	-.34	-.30
65904	4.25	-.35	-.42	-.25	-.24
188665	4.23	-.27	-.41	-.24	-.19
23324	4.11	-.30	-.38	-.14	-.12
38899	4.04	-.18	-.39	-.11	-.08
103287	3.97	-.12	-.31	-.09	.01
166205	3.95	-.03	-.28	-.07	.07
216956	3.92	.48	-.36	.01	.19
97603	3.90	.37	-.29	.09	.21
116842	3.90	.45	-.22	.04	.27
27176	3.84	.78	-.18	.21	.43
157792	3.84	.87	-.15	.35	.54
113139	3.84	1.13	.02	.36	.56
157950	3.84	1.45	.10	.41	.59
27524	3.81	2.02	.24	.58	.76
173667	3.81	2.07	.31	.57	.78
27383	3.81	-2.10	.60	.77	.87
4614	3.77	98.02	.78	.81	.91
11504	3.74	94.19	.66	1.06	1.06
20630	3.74	-3.41	1.47	1.06	1.07
115617	3.74	-.72	1.03	1.52	1.21
10700	3.74	3.16	1.22	1.41	1.08

표 4. 4 종류의 색지수에 대한 다항식의 계수.

계수	$m(1750 - 2050\text{\AA})$	$m(2050 - 2350\text{\AA})$	$m(2350 - 2650\text{\AA})$	$m(2650 - 2950\text{\AA})$
a	4.08	3.79	3.97	4.01
b	-0.05	-0.18	-0.61	-0.67
c	-0.04	1.27	0.78	0.98
d	0.00	-1.90	-0.47	-0.73
e	0.00	0.76	0.10	0.17

### 5. 토의 및 향후 계획

우리의 결과는 자외선 영역에서의 색지수와 온도의 관계가 가시광선 영역의 관계와 비슷한 형태로 나타남을 25개의 표준성을 통하여 확인하였다. 이 결과를 보다 구체적으로 비교하기 위하여 Flower (1996)가 B-V와  $T_{eff}$ 의 상관관계로 제시한 다항식을 이용하여 이 논문에서 선정된 별에 대하여 유효 온도를 산출하여 그림 4에서 비교하였다. 그림 4에서 + 표시는 우리가 IUE 스펙트럼을 이용하여 구한 온도와 이미 알려진 B-V의 상관 관계이고, 실선은 Flower (1996)의 다항식을 이용하여 산출한 유효온도이다. B-V가 0.0 이상인 경우에는 우리의 결과와 Flower의 결과가 잘 일치하는 반면에 B-V가 0.0 미만인 경우, 이 연구에서 구한 log T 값이 Flower의 관계에서 나타나는 값보다 약 0.2정도 크게 나타난다. 이는 성간흡수를 보정하거나 또는 다른 과정에서 나타날 수 있는 체계적인 오차일 가능성이 큰 것으로 생각된다.

Flower가 가시광선 영역에서 산출한 색지수와 온도의 관계는 335개 별에 대한 온도와 색지수를 이용하여 구한 것이고, 우리가 구한 자외선 영역의 관계는 단지 25개의 주계열성에 대한 것이다. 그러나 Flower는 온도와 색지수를 문헌에서 조사한 것을 이용하였고, 우리는 온도와 색지수를 IUE 스펙트럼에서 직접 산출한 것이다. 자외선 영역의 온도와 색지수에 대한 연구는 이 논문이 처음이므로



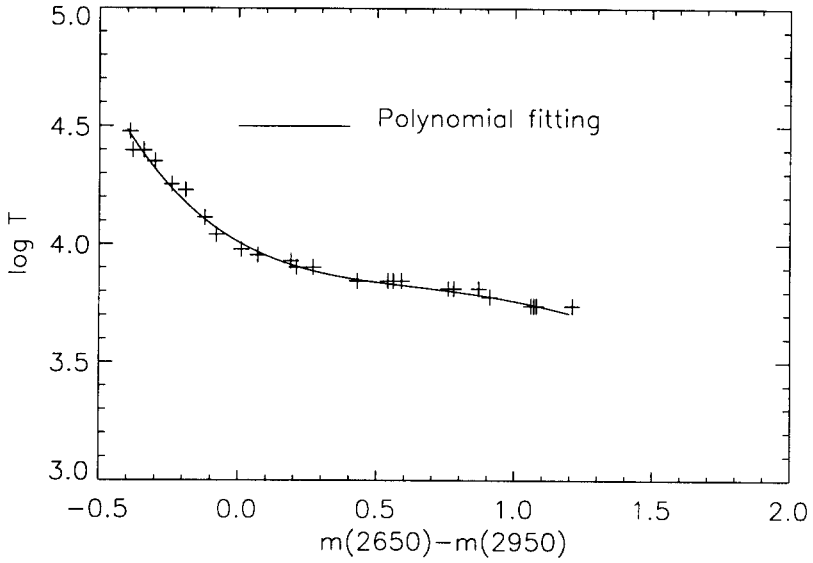


그림 3. 자외선 영역의 색지수와 유효온도와의 상관관계. 실선은 색지수와 유효온도를 다항식으로 표현하여 그린 것이다.

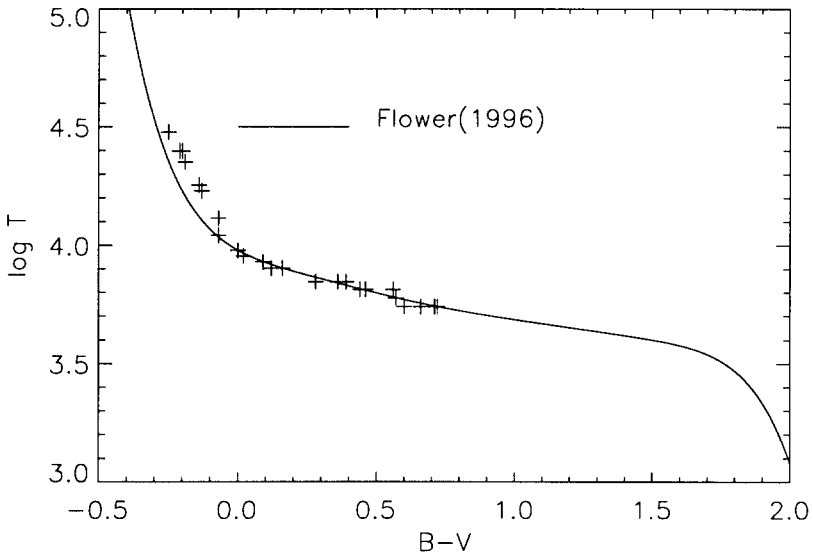


그림 4. 자외선 영역에서 구한 유효온도와 가시광선 영역의 색지수의 상관관계. 실선은 Flower (1996)가 제시한 유효온도와 B-V의 관계이다.

발표된 자료에서 찾을 수가 없는 실정이다. 그러므로 보다 많은 별에 대하여 자외선 영역에서 산출된 온도와 색지수를 이용하면 보다 개선된 관계식을 구할수 있을 것으로 기대된다.

자외선 영역에서 IUE 스펙트럼으로부터 온도와 색지수를 구하는 작업은 IUE RDAF에서 제공한 software를 이용하여 구하는 것이 현재까지의 방법이다. 그러나 이 작업은 많은 노력과 computer time을 요구하고 있다. 그것은 RDAF software가 IUE 스펙트럼을 분석하는 거의 모든 package를 다 포함하고 있기 때문에 우리와 같이 특수 목적을 가지고 분석하는 작업에는 적합하지 않은 것으로 사료되고, 최근에는 IUE data가 IUE 천문대에만 보관되어 있는 것이 아니라 전세계에 팔고루 mirror site를 신설하여 운영하고 있다. 우리나라에서는 충북대학교 천문우주학과에서 IUE data mirror site를 설치 운영하고 있다. mirror site에서 제공하는 저분산 스펙트럼을 효과적으로 분석하기 위한 시스템을 개발하면 현재 RDAF software의 분석 방법보다 상당한 시간을 절약할 수 있을 것으로 판단되어 향후 계획으로 약 300여개의 표준성을 처리할 수 있는 시스템을 개발하여 mirror site에서 제공하는 저분산 스펙트럼을 이용하여 자외선 영역의 색지수와 온도의 관계를 개선할 계획이다. 개선된 관계식이 나오면 자외선 영역에서도 색지수를 이용하여 간단히 온도를 유추할 수 있을 것이다.

### 참고 문헌

- Bessell, M. S., Castelli, F. & Plez, B. 1998, *A&A*, 333, 231  
 Code, A. M., Davis, J., Bless, R. C. & Hanbury Brown, J. R. 1976, *ApJ*, 203, 417  
 Flower, P. J. 1996, *ApJ*, 469, 335  
 Gunn, H. E. & Stryker, L. L. 1983, *ApJS*, 52, 121  
 Gustafsson, B., Bell, R. A., Eriksson, K. & Nordlund, A. 1975, *A&A*, 42, 407  
 Heck, A. 1984, *ESA SP-1052*  
 Jacoby, G. H., Hunter, D. A. & Christian, C. A. 1984, *ApJS*, 56, 278  
 Kang, Y. W. 1990, *JA&SS*, 7, 57  
 Kurucz, R. L. 1979, *ApJS*, 40, 1  
 Kurucz, R. L. 1993, Kurucz CD-ROM No.13 (SAO: Cambridge)  
 Kurucz, R. L. 1994, Kurucz CD-ROM No.19 (SAO: Cambridge)  
 Kurucz, R. L. 1995, Kurucz CD-ROM No.23 (SAO: Cambridge)  
 Megessier, C. 1994, *A&A*, 289, 202  
 Megessier, C. 1995, *A&A*, 296, 771  
 Plez, B., Brett, J. M., Nordlund, A. 1992, *A&A*, 256, 551  
 Ridgway, S. T., Joyce, R. R., White, N. M. & Wing, R. F. 1980, *ApJ*, 235, 126  
 Savag, B. D. & Mathis, J. S. 1979, *Ann. Rev. Astron. Astrophys.*, 17, 73  
 Wu, C. C., Ake, T. B., Boggess, A., Bohlin, R. C., Imhoff, C. L. & Holm, A. V. 1983, *IUE NASA Newsletter No.22 (NASA/GSFC)*