

## 인공위성관측과 지상관측에 의한 Be성과 B성의 연구<sup>\*,\*\*</sup>

정 장 해

충북대학교 천문우주학과

(1988년 5월 20일 접수; 1988년 6월 10일 수리)

### Ground-based and On-satellite Observations of Be and B Stars<sup>\*,\*\*</sup>

Jang Hae Jeong

Dept. of Astronomy and Space Science, Chungbuk National University, Cheong-Ju 360-763

(Received May 20, 1988; Accepted June 10, 1988)

#### 요 약

연세대학교 천문대에서 1983~1987 기간에 Be성  $\gamma$  Cas 을 총 31 일 밤 광전측광관측을 하여 312 개의 *UBV* 관측점을 얻었다. 우리가 얻은 자료 중에서 비교적 관측시간이 길었던 5 일분의 자료로 *V*, *B-V*, *U-B* 광도 곡선을 만들었고,  $\gamma$  Cas 의 일반적인 측광학적 특성을, *V/R* 변화와 최근 IUE 인공위성관측에서 나타난 high velocity narrow component (hvnc) 의 시기와 관련시켜 검토하였다. 또한,  $\epsilon$  Per 는 *H $\beta$*  선의 모양 (line profile) 이 심하게 변하는 이색적인 B형 별인데, 우리는 1984년에 IUE 인공위성에서 관측한 이 별의 스펙트럼 image data 6 개조를 분석하여 *H $\beta$*  선에서와 같은 흡수선의 모양 변화가 UV 영역의 *Si IV* 나 *Cl IV* 선에서도 일어나고 있는지를 비교검토한 결과, 이 6개 자료에서는 어떤 변화도 발견하지 못했다.

#### Abstract

Gamma Cassiopeae has been observed at Yonsei University Observatory (YUO) for 31 nights in the period 1983-1987 and a total of 312 *UBV* observations (104 in each colour) was secured. Light curves of  $\gamma$  Cas in *V*, *B-V*, and *U-B* have been constructed with the YUO data; among them we present selected light curves of 5 different long nights. Discussed are the general photometric behaviour of  $\gamma$  Cas, especially in connection with *B-V* changes, *V/R* variations of *H $\alpha$*  and *H $\beta$* , and high velocity narrow component (hvnc) exhibited in the far UV. Six spectral image sets of

\* 이 논문은 1987년도 문교부 자유공모과제 학술연구조성비에 의해 연구되었음.

\*\* Yonsei University Observatory Contribution, No. 56.

$\epsilon$  Per archived on IUE satellite are reduced and their line profiles in C IV and Si IV resonance lines are analyzed to find out any change, but the evidence is unlikely.

## I. 서 론

Be 성은 초거성이 아닌 B형의 별로서 그 스펙트럼에서 한 번 이상 방출 수소선이 관측된 별이라고 Jaschek *et al.*(1981)은 정의했다. Be 성의 Balmer 선에서 방출의 강도는  $H\beta$ 에서보다  $H\alpha$ 에서 더 강하고  $H\gamma$ 에서보다는  $H\beta$ 에서 더 강하게 나타나는 등의 경향이 있으며, 초거성에서도  $H\alpha$ 에서 방출현상을 보이고 있기 때문에 Be 성의 정의에서는 일반적으로 초거성이 아니어야 한다는 제한점을 내포하고 있는 것이다.

현재의 일반적인 Be 성 모델에 의하면, 별의 대기층 외곽에 연해 있는 층(envelope : 외피)을 다른 물질이 채우기(filling-in) 시작하면서 Be 현상이 나타나고 이렇게 채워진 외피의 물질이 점점 확산되어 그 밀도가 어느 수준 이하가 되면 다시 Be 현상은 사라져 정상적인 B상태로 된다는 것이다. Be 성은 단순한 방출현상만 유지하는 것이 아니라 Be 상태, Be-shell 상태, quasi-normal B상태 등의 위상변화를 일으킨다.

$\gamma$  Cas 는 1910 ~ 1942 기간 동안에 Be, Be-shell, quasi-normal B, 다시 Be 상태가 되는 위상변화를 했으며, 1943 ~ 1945 기간은 완전히 정상적인 B성의 상태이었다가, 1946 년 이후 지금까지는 다시 Be 위상을 유지하고 있다(Doazan *et al.* 1983). 1932 ~ 1942 기간 동안에  $\gamma$  Cas 의 안시 등급이나 V/R( $H\alpha$ 와  $H\beta$ 에서 방출선의 violet 쪽 성분과 red 쪽 성분의 등가폭비) 값이 아주 크게 변한 경이적인 사건은 Be 현상의 mechanism을 연구하는 데 중요한 단서가 될 것이라는 생각과 1969 년부터 다시 나타나기 시작한 V/R곡선의 변화가 바로 1930년대 현저한 변화 시기의 그것과 아주 유사하다는 사실은 우리로 하여금  $\gamma$  Cas 에서 또 새로운 어떤 사건을 기대하게 한다.

한편,  $\epsilon$  Per 는 B형의 별 중에서도 이색적으로 Balmer 선(특히  $H\alpha$ 와  $H\beta$ 선)의 line profile (이하 '선모양'이라 칭함)이 아주 심하게 변하는 별이다. 이와 같은 선모양의 변화에 대한 Smith(1985a)의 연구는 그 변화의 원인을 비동경성맥동(Nonradial Pulsation : 이하 NRP로 약함)으로 보고 있다.

우리는 1983 ~ 1987 기간 동안에 연세대학교 천문대에서 대표적인 Be 성  $\gamma$  Cas 를 광전측 광하여 얻은 자료와 최근에 발표된 IUE 인공위성 자료를 연관시켜 이 별의 측광학적 특성을 살펴보고자 한다. 아울러, Balmer 선에서 이색적인 변화를 일으키는  $\epsilon$  Per 에 대해서는 IUE 인공위성 관측자료의 처리과정을 상술한 후, 스펙트럼 image data 6 개조를 처리해서 얻은 CIV, SiIV의 선모양과  $H\beta$  선에서의 모양을 비교검토하려고 한다.

## II. Be 성 Gamma Cassiopeae 의 측광분석

체계적으로 분광형 분류작업을 해 오던 Secchi(1867)는  $\gamma$  Cas 의 H $\beta$  선에서 방출성분을 발견했다. 1932~1942 기간에  $\gamma$  Cas 는 그의 광도와 스펙트럼선의 강도와 V/R 값에서 급격한 변화를 일으켰다. 그 후 많은 사람들의 관심이 이 별에 집중되어 왔으며, 1980년에 이르러서 Be 성의 Working Group 은 이 별을 국제적인 캠페인 성으로 정하여 연구하기에 이르렀다. Howarth (1979)와 Doazan *et al.*(1983)은 이 별에 대한 집약적인 연구의 좋은 예라고 할 수 있다.

$\gamma$  Cas 의 장기성 광도변화의 모양을 살펴보기 위해서, Jeong (1988)은 우리의 관측결과와 Doazan *et al.*(1983)의 것을 모자이크하여 1928~1987 기간의 광도곡선과 V/R곡선을 그림 1과 같이 만들어 보았다. 이 그림에서 보듯이 1932~1942 기간에는 광도와 V/R의 변화가 급격하고 그 변화의 진폭이 큰 데 반하여, 그 후는 불규칙적인 작은 변화가 있기는 했으나 대체적으로 광도가 서서히 증가하여 요사이는 안시등급이 1930년대의 급격한 변화 이전의 수준을 초과하고 있다. 1969년경부터 시작된 V/R곡선의 4~5년의 주기를 갖는 유사 주기성 변화는 1930년대의 폭발시기의 변화와 아주 유사하다.

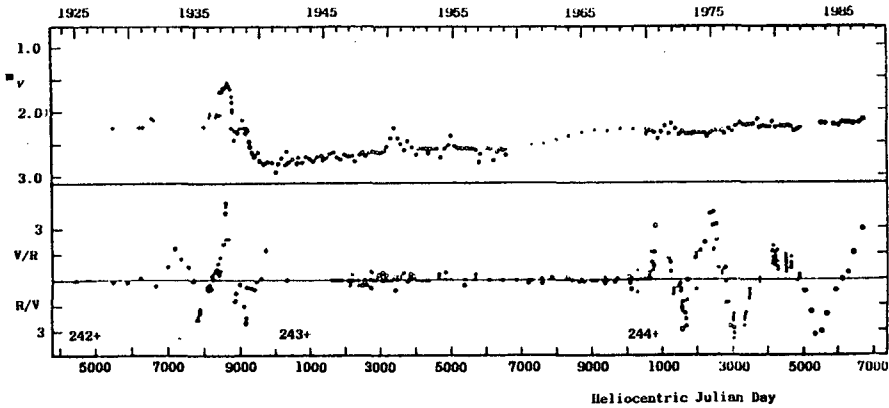


그림 1.  $\gamma$  Cas 의 겉보기 안시등급(위)과 V/R(아래)의 장기성 변화

이와 같은 관측적인 사실로부터 광도변화와 V/R변화 사이에 어떤 관계가 있지 않겠는가? 하는 생각은 1930년대의 현저한 변화와 같은 어떤 새로운 사건을 기대하게 하였고 이런 기대는 우리로 하여금 가시광선 영역 광도곡선에서도 어떤 획기적인 변화가 나타나기 바라면서 우리는 여러 해 동안 연세대학교 천문대의 61-cm 망원경, 41-cm 망원경, UVB 광전측광장치 등을 이용하여  $\gamma$  Cas 를 관측하게 하였다. 그 결과, 관측계절-1(1983. 10~1984. 2; JD 2445600~

2445750), 관측계절-2(1984.10 ~ 1985.1; JD 2445950 ~ 2446100), 관측계절-3(1985.9 ~ 1986.3; JD 2446300 ~ 2446500), 관측계절-4(1986.9 ~ 1987.1; JD 2446650 ~ 2446850) 등의 4 개 관측계절 기간 중 총 31 일 밤 동안에 312 개의 관측점( $UBV$  각 104 점씩)을 얻었다.  $\gamma$  Cas의 밝기를 비교하기 위하여 우리가 사용한 제 1 비교성은 Harmanec *et al.* (1981)가 추천한 HR113(B9)이고, 제 2 비교성은 12 Cas(B9)이다. 우리 관측의 정밀도(p. e.)는  $V$ 에서  $\pm 0.01$  등급이다. 모든 관측자료의 처리와 표준화 작업은 Nha *et al.*(1986)의 방법으로 하였다.

Jeong(1988)은 각 관측점들을 일평균하여 얻은  $V$ ,  $B-V$ ,  $U-B$ 값과 heliocentric Julian day를 가지고 그림 2와 같은 광도곡선을 만들었다. 각 점들과 함께 표시한 error bar(EB)는  $EB=2\sigma/\sqrt{n}$ 에 의해서 계산한 것인데, 이 식에서  $\sigma$ 는 표준편차이고  $n$ 은 관측점의 갯수이다. 그림 2에서 보듯이 관측계절-4 기간 중에  $V$ 등급(그림 2의 윗부분)이 0.05 등급 정도 밝아진 것을 제외하고는  $V$ ,  $B-V$ ,  $U-B$ 광도곡선 모두에서 이렇다할 변화를 찾을 수 없다. 그러나 관측계절-3 기간 동안의  $U-B$ 곡선(그림 2의 아래 부분)에서 관측점들이 넓게 분산된 점에는 우리가 관심을 가질 필요가 있을 것이다. 우리는  $\gamma$  Cas의 단기간 광도와 색변화를 조사하기 위하여 비교적 관측시간이 긴 5 일분의 광도곡선을 그림 3과 같이 만들어 보았으나 특별한 변화를 발견할 수 없었다. 또한,  $\gamma$  Cas의 장기적인 변화를 보다 세밀히 검토하기 위하여, 이미 발표된 자료와, 우리가 관측해서 얻은 자료를 가지고 Jeong(1988)은 normal point를 만들어 그림 4와 같은 그래프를 그려 보았다. 이 그림에서  $V/R$ 값과 작은 원( $\circ$ )으로 표시된 자료는 Doazan *et al.*(1983, 1987)에서, 큰 원( $\bigcirc$ )으로 표시된 자료는 Marlborough and Snow(1976)에서 각각 인용한 것이고 점( $\cdot$ )으로 표시한 것은 우리의 관측자료이다. 그림 4의  $V$ 곡선에서 화살표로 표시한 곳은 광도가 심하게 떨어졌던 때인데, 그 근처에서  $V/R$ 값이 극대가 되는 경향을 보이고 있다.  $V/R$ 값이 마치 4 ~ 5 년의 주기를 가지는 것처럼 변한, 1969년 이래 지금까지의 기간이,

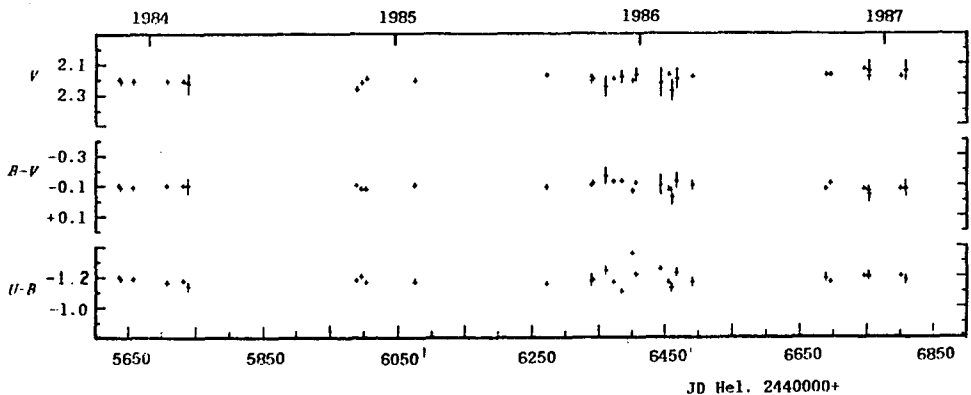


그림 2.  $\gamma$  Cas의  $V$ ,  $B-V$ ,  $U-B$ 곡선(1983 ~ 1987)

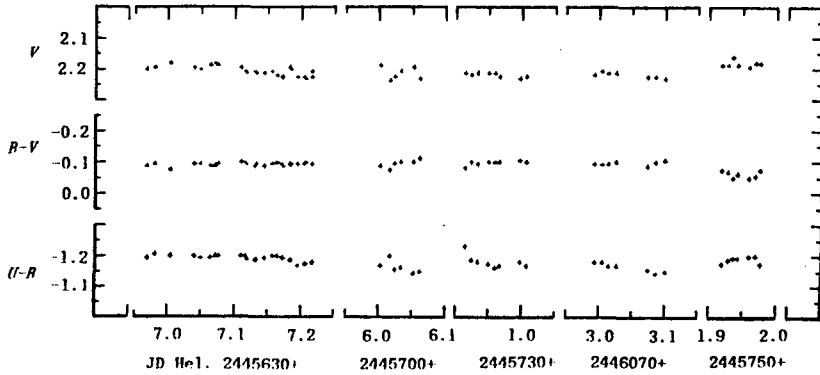


그림 3. 비교적 관측이 길게 된 날 밤에 얻은  $\gamma$  Cas의  $V$ ,  $B-V$ ,  $U-R$  광도곡선 (Jeong 1988)

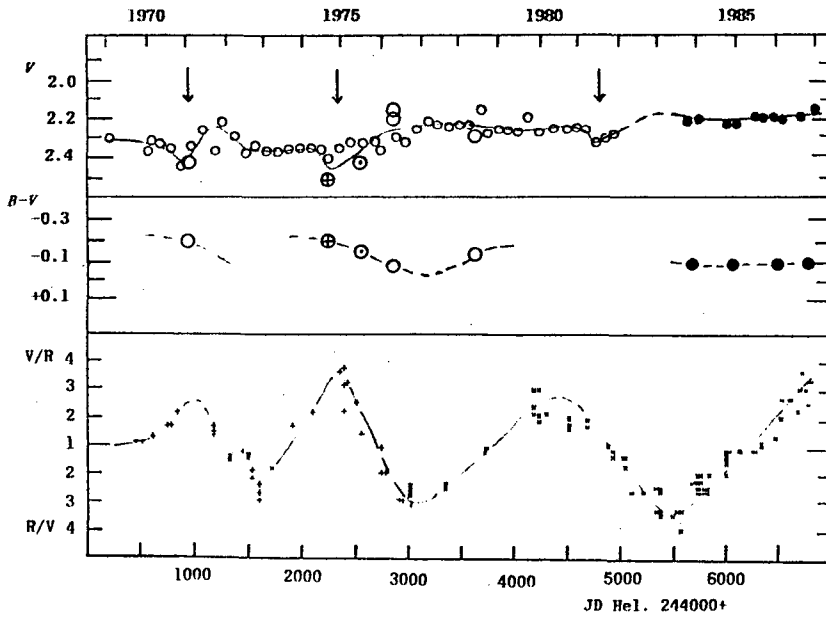


그림 4.  $\gamma$  Cas의  $V$ ,  $B-V$  광도 변화와  $V/R$  변화의 비교 (1969 ~ 1987)

만약 Be 성의 현존 모델에서 제시하는 filling-in 위상이라면,  $V$  광도곡선에서 나타난 화살표 된 곳과 같은 변화는 “filling-in” 하는 과정에서 생기는 작은 규모의 활동을 반영한 것일지도 모른다. 만약  $V$  광도의 변화가 별의 광구온도에 주로 의존하는 것으로 간단하게 가정한다면 1975 ~ 1978 기간에  $B-V$  값의 변화는 파장에 따라 각각 다른 대기의 차단효과가  $V$  영역에서보다  $B$  영역에서 더 많이 존재한다는 것을 의미하며, 비교적 온도가 낮은  $H\alpha$ -emitting 외피의 밀도가 상

대적으로 변했다는 것을 암시한다.

그림 1에서 안시등급과 V/R값의 변화가 1932~1942 기간에서와 1969~현재 기간에서 비교해 볼 때 현저하게 다르다. 전자의 경우는 안시등급과 V/R이 모두 아주 심하게 변한 반면에 후자의 경우는 V/R만이 심하게 변했을 뿐이다. Doazan *et al.*(1987)은  $\gamma$  Cas의 IUE data를 분석하여 UV영역의 CIV와 SiIV resonance 선에서 high velocity narrow component (hvnc)을 발견하였는데, 이 hvnc가 바로 V/R이 극대가 되는 시기에만 나타난다는 사실을 발견하였다. 이와 같은 hvnc의 발견은 별의 광구에서 superionize된 물질이 분출되어 채층의 보다 높은 곳에 H $\alpha$ -emitting 외피를 형성한다는 것을 암시하고 있다. 이러한 관점에서 보면, 광구의 활동이 활발했던 1932~1942와 1969~현재의 두 기간에 분출된 물질의 양은 외피의 밀도와 팽창속도를 변화시켜 V/R변화를 가져왔고, 특히 전자의 기간에는 광구도 크게 팽창 또는 폭발하므로 V/R에서 뿐만 아니라 안시등급에서도 큰 변화를 보인 것이라고 해석할 수 있다. 이러한 일련의 관측된 사실들은 별의 질량 손실양이 변하고, 별 자체에서 분출된 물질이 밖으로 퍼져나가는 속도가 점차 줄어들어 따라 별의 대기 외곽에 상대적으로 대기의 인쪽보다 밀도가 큰 외피를 형성하고 이 외피의 밀도에 따라 Be, Be-shell, quasi-normal B 등의 상태로 변한다고 설명하고 있는 Doazan *et al.*(1987)의 '감속팽창 Be성 모델'과 잘 일치하는 것이다.

### III. 인공위성 관측에 의한 Epsilon Persei의 분광분석

$\epsilon$  Per(HD24760, HR 1220)는 분광형이 B0.5 III, V등급이 2.89, B-V가 -0.18인 별로써 H $\alpha$ 와 H $\beta$  같은 Balmer 선의 모양이 심하게 변하는 것이 특징이다.  $\epsilon$  Per에서 선모양이 변한다는 사실이 1981년 Bolton(Smith 1985a 참조)에 의해서 발견되었고 Smith(1985a)는 고분해 CCD 관측결과를 분석함으로써 이런 변화의 원인을 비동경성맥동(NRP)으로 설명하고 있다. 이 별은 선모양의 특이성 때문에 1982년에 발행된 Bright Star Catalogue에서 이중곡선 분광쌍성으로 잘못 분류되기까지 했다. Smith(1985a)는  $\epsilon$  Per가 가시광선 영역의 측광과 시선속도 관측에서 아무런 변화도 하지 않는다고 했으나 Percy *et al.*(1984)은 UVB 측광관측에서 0.02 등급 정도의 변광을 발견했다.

비동경성맥동(NRP)이 초기 B형 별에 편재해 있다는 증거가 점차 널리 알려짐에 따라 최근에는 Baade(1982a, b), Bolton(1982), Vogt and Penrod(1983) 등에 의해 많은 Be성도 NRP를 할지 모른다는 의견이 제시되어 왔다. 이런 연구들은 자기들이 연구한 별에서 shell outbursts, winds, mass ejection 등을 일으키기 위한 에너지의 공급 mechanism으로 NRP를 도입하고 있다. Walker *et al.*(1979)는 고속 자전하는 초기형 B성인  $\zeta$  Oph와  $\alpha$  Vir의 선모양에서 유사 흡수 및 방출성분(이하 bumps라 칭함)이 청색 쪽에 나타나서 적색 쪽으로 이동한다는 것을 발견했다. 그 후 Penrod(Smith 1985a)의 연구에 의해 이와 같은 bump의 이동현상은 고속자

전하는 B형 별의 스펙트럼 선에서 아주 흔히 관측된다는 사실이 밝혀졌다.

가시광선 영역의 스펙트럼선에 나타나는 bump의 이동현상이 NRP에 의한 것이라면 그 양상이 UV 스펙트럼선에는 어떻게 나타날 것인가 하는 관심이  $\epsilon$  Per의 IUE 인공위성 관측을 요구하게 되었다. NASA는 이런 요구를 받아들임으로서 1984년 11월에 행한  $\epsilon$  Per의 집약적인 관측 캠페인은 대단히 성공적이었다. 이에 참여했던 M. Smith(지상 고분해 분광 관측), M. Giampapa(IUE 고분해 분광관측), J. Percy(UBV 관측), A. Fullerton(BV 관측) 등은 관측 자료를 분석하여 일부(Smith 1985 ab, Percy and Fullerton 1985)는 발표했고, 일부는 계속 분석 중에 있다.

여기서 다루려고 하는  $\epsilon$  Per의 IUE 관측자료 6개 조는 1986년 초에 저자가 A. Fullerton과 함께 처리했던 것 중의 일부이다. 우리는 1985년 magnetic tape를 NASA로부터 입수하였다. Tape에 수록된 자료는 VAX-8600 컴퓨터를 이용하여 disk file로 만들어 처리하였다. 이 일을 할 때 NASA에서 제공한 "IUE Data Analysis"와 "IUE Regional Data Analysis Facility User's Tutorial Manual Version 2 April 1982"를 이용하였다. "IUE Data Analysis"는 VAX IDL 언어로 작성된 'IUEHI 3'의 다수의 main program과 이와 관련된 수종의 subroutine으로 구성되어 있다.

Subroutine 'IUEGET'에 의해 1개조의 image data는, 예를 들어 'S24369H.LAB'와 'S24369H.DAT' 같은, 2개의 file로 disk에 수록된다. 여기서 'S24369H'는 short wavelength camera를 뜻하는 'S'와 image sequence number '24369'와 high dispersion을 의미하는 'H'로 구성되어 있다. file 이름에 extension이 '.LAB'인 것은 관측기간, 관측조건 등의 정보가 수록된 Label file이고, '.DAT'인 것은 digitize된 스펙트럼 flux가 2진형태로 기록된 data file이다.

IUE 인공위성에 장착된 short wavelength camera는 대략  $1,100 \sim 2,000 \text{ \AA}$  범위의 파장영역을 관측할 수 있는 분광사진기로서, 초점면에는 일정 길이의 초정밀 첨단 광소자로 된 여러 개의 cell-array가 2차원적으로 배열되어 있다. 한 개의 array는 약  $15 \text{ \AA}$  정도 되는 한 개의 파장영역을, 또 각 array는 순차적으로 다음 파장영역을 감지하도록 설계되어 있어, 각 array마다 order number를 붙여 구별하고 있다. 그렇기 때문에 extension이 '.DAT'인 data file은 각 order에 해당하는 여러 개의 작은 data set로 구성되어 있다.

우리는 'IUEHI 3'를 이용하여, 6개의 data file 'S24369H.DAT', 'S24370H.DAT', 'S24371H.DAT', 'S24373H.DAT', 'S24374H.DAT', 'S24375H.DAT' 각각에 대하여 CIV doublet 선 근처의 스펙트럼을 보기 위하여는 order Nos. 88, 89, 90 등 3 order에 해당하는 data를, SiIV 선 근처의 스펙트럼을 보기 위하여는 order Nos. 98, 99, 100 등 3 order에 해당하는 data를 각각 합성하였다. 이 과정에서는 subroutine 'MERGE'가 중요한 역할을 한다.

프로그램 'IUEPLOT'를 이용하여 각각의 합성된 data를 그래픽 터미널 화면상에서 가로

측을 파장으로 하고 세로축을 flux로 하여 plotting 한 다음, subroutine 'NORM'으로 관측된 연속스펙트럼의 flux를 1로 하는 표준화작업을 하였다. 표준화된 스펙트럼에서 우리가 관심 있는 CIV doublet와 SiIV의 선모양을 검토하고 필요한 부분을 확대하기 위하여 subroutine 'TRIM'으로 나머지 부분을 잘라 버렸다.

우리는 6개조의 data로부터 얻은 선모양 그래프를 종합한 그림 5를 프로그램 'UTPLOT'와 'PGPLOT'를 이용하여 완성하였다. 이 별의 H $\beta$ 에서는 선모양이 심하게 변하고 있음 (Smith, 1985b)에도 불구하고 CIV doublet선과 SiIV선에서는, 적어도 이 관측기간에는, 선모양이 변하지 않았다는 것을 그림 5는 분명히 보여 주고 있다.

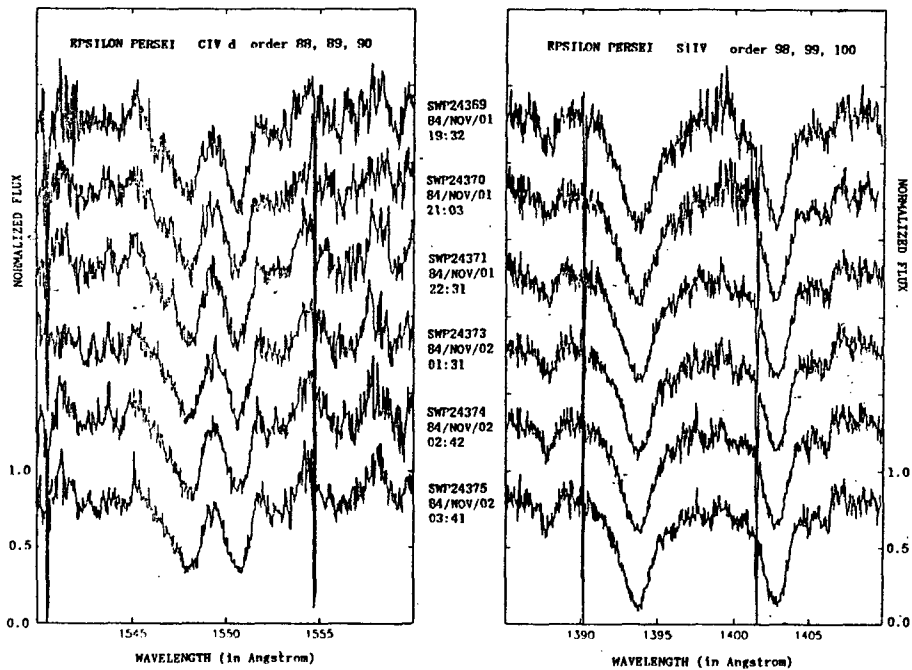


그림 5. 1984년 11월 IUE 인공위성에서 관측된  $\epsilon$  Per의 CIV와 SiIV의 선모양

#### IV. 결 론

$\gamma$  Cas를 비롯하여 많은 Be성에 대한 연구가 여러 사람들에 의해 수십 년 동안 진행되어 왔으나 아직도 Be성에서 발견되는 여러 현상들을 명쾌하게 설명할 수 없는 실정이다. 우리가 얻은  $\gamma$  Cas의 UVB 관측은 Be 현상을 구명하는 데 기초자료가 될 것은 분명하나 Be 현상의 장기적 변화를 연관시켜 볼 때 4년이라는 관측기간은 충분치 못하기 때문에 이 별의 지속적인 관측



이 절실히 요구되고 있다. 우리가 분석한  $\epsilon$  Per 의 IUE 관측자료는 약 8시간 동안에 6회에 걸쳐 관측된 것이다. 같은 기간에 Smith(1985b)에 의해 관측된  $H\beta$ 선의 모양은 분명히 심하게 변했는데 우리가 분석한 C IV와 Si IV의 선모양은 변하지 않았다. 이 사실은 NRP하는 물질에 C나 Si는 없고 주로 H만이 있다는 것을 의미하는지 아니면 이 물질의 온도 때문인지 아직은 단정할 수 없다. 아마도 Lyman 선의 선모양을 분석해 보면 이 의문의 답을 얻을지 모른다. 아울러, 이 연구에서 기술한 IUE 인공위성 관측자료의 처리과정은 이런 일을 새로 시작하려는 초보자에게는 꼭 필요한 부분이 될 것이다.

저자는 이 연구가 원만히 수행되도록,  $\gamma$  Cas 를 광진 관측하는 일에 망원경과 각종 편의를 제공해 준 연세대학교 천문대의 관계자 여러분과, 특히 과거에 관측된  $\gamma$  Cas 의 귀한 자료를 사용할 수 있도록 활애해 주신 나일성 교수님께 감사를 드립니다. 또한, IUE 자료처리과정에서 도움을 준 캐나다 토론토대학의 Alex Fullerton과 IUE 자료에 관한 문헌을 제공한 NASA Goddard Space Flight Center NSDC의 강영운 박사에게 감사를 포함합니다. 이 연구는 한국 학술진흥재단의 재정적 지원으로 이루어졌음을 밝혀 둡니다.

### 참고문헌

- Baade, D. 1982a, *Astron. Astrophys.*, **105**, 65.  
 Baade, D. 1982b, *Astron. Astrophys.*, **110**, L15.  
 Bolton, C. T. 1982, in *IAU Symposium 92, Be Stars*, eds. M. Jaschek and H. M. Gorth(D. Reidel Publ. Co.; Dordrecht), p.181.  
 Doazan, V. 1987, in *IAU Colloquium, 92, Physics of Be Stars*, eds. A. Slettebak and T. P. Snow (Cambridge Univ. Press; Cambridge), p.384.  
 Doazan, V., Franco, M., Rusconi, L., Sedmak, G., and Stalio, R. 1983, *Astron. Astrophys.*, **128**, 171.  
 Doazan, V. Rusconi, L., Sedmak, G., Thomas, R. N., and Bourdonneau, B. 1987, *Astron. Astrophys.*, **182**, L25.  
 Ebbets, D. 1981, *Publ. Astron. Soc. Pacific*, **93**, 119.  
 Harmanec, P., Horn, J., and Koubsky, P. 1981, *Be Stars Newsletter*, **4**, 12.  
 Howarth, I. D. 1979, *J. British Astron. Assoc.*, **89**, 4.  
 Jaschek, M., Slettebak, A., and Jaschek, C. 1981, *Be Star Newsletter*, **4**, 9.  
 Jeong, J. H. 1988, *Vistas in Astronomy*, in Press.  
 Marlborough, J. M. and Snow, T. P. 1976, in *Be and Shell Stars*, ed. A. Slettebak(D. Reidel Publ. Co.; Dordrecht), p.179.

- Nha, I.-S., Lee, Y.-S., Chun, Y.-W., and Kim, H.-L. 1986, *J. Astron. Space Sci.*, 3(1), 1.
- Percy, J. R. and Fullerton, A. W. 1985, Poster.
- Percy, J. R., Bietenholz, M., and Fullerton, A. W. 1984, *Inf. Bull. Variable Stars*, 2588.
- Secchi, A. 1867, *Astron. Nach.*, 68, 63.
- Smith, M. 1985a, *Astrophys. J.*, 288, 266.
- Smith, M. 1985b, in *Memorandum of National Solar Obs., Sacramento Peak Observatory*.
- Vogt, S. S. and Penrod, G. D. 1983, *Astrophys. J.*, 275, 661.
- Walker, G. A. H., Yang, S., and Fahlman, G. G. 1979, *Astrophys. J.*, 233, 199.