

## FIMS 관측 자료의 위치보정 알고리즘 개발 ALGORITHM DEVELOPMENT FOR POSITION CORRECTIONS OF FIMS DATA

임여명<sup>1</sup>, 선광일<sup>2</sup>, 민경욱<sup>1</sup>, 유광선<sup>3</sup>, 박재우<sup>1</sup>, 김일중<sup>1</sup>, 신종호<sup>1</sup>, 이대회<sup>2</sup>

<sup>1</sup>한국과학기술원 물리학과

<sup>2</sup>한국천문연구원

<sup>3</sup>한국과학기술원 인공위성연구센터

Y.-M. LIM<sup>1</sup>, K.-I. SEON<sup>2</sup>, K. MIN<sup>1</sup>, K.-S. RYU<sup>3</sup>, J.-W. PARK<sup>1</sup>,

I.-J. KIM<sup>1</sup>, J.-H. SHINN<sup>1</sup>, AND D.-H. LEE<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department of Physics, Korea Advanced Institute of Science and Technology, Daejeon 305-701, Korea

*E-mail: ymlim@kaist.ac.kr*

<sup>2</sup>Korea Astronomy and Space Sciences Institute, Daejeon 305-348, Korea

<sup>3</sup>Satellite Technology Research Center, Korea Advanced Institute of Science and Technology,  
Daejeon 305-701, Korea

(Received November 15, 2005; Accepted December 9, 2005)

### ABSTRACT

The FIMS(Far-ultraviolet IMaging Spectrograph), the main payload onboard the first Korean Science Technology SATellite, STSAT-1, has performed various astronomical observations, including the Cygnus Loop, Vela supernova remnants, LMC(Large Magellanic Cloud), since its launch on September 2003. It has been found that the attitude information provided by spacecraft bus system has the errors of more than about 10–15 arcmins due to the time offset problem and errors in attitude knowledge. We develop an algorithm for correction of position errors in FIMS data. The aspect for the FIMS data is determined by comparing the positions of observed bright stars with the Tycho-II and TD-1 catalogs. The position errors of the bright stars along the scanning ( $\gamma$ ) and spatial ( $\delta$ ) directions were considered as functions of  $\delta$ , ignoring errors in position angle. The corrected positions of the bright stars coincided very well to their Tycho-II and TD-1 positions. The correction algorithm is essential for the FIMS data analysis, and is being used for the FIMS data analysis.

*Key words:* space — based ultraviolet telescopes, attitude correction, position correction, FIMS

### 1. 서론

FIMS(원자외선 분광기, Far-ultraviolet IMaging Spectrograph; 또는 SPEAR)는 2003년 9월 27일 러시아 플라세츠크에서 발사되어 고도 800km에서 태양동기궤도를 돌고 있는 과학기술위성 1호(STSAT-1)의 주탑재체로써 주요 임무는 우리 은하 전체에 걸쳐 광범위하게 분포하는 고온의 성간물질 및 수소 분자운을 연구하는 것이다(선광일 외 2000; 선광일 외 2004). FIMS는  $8^\circ \times 5'$ 의 시야각을 가지고 있으며, 슬릿의 폭( $5'$ ) 방향으로 스캐닝하면서 천구상에서  $8^\circ$ 의 폭을 갖는 띠를 그리듯이 넓은 영역을 관측한다(유광선 외 1998; Seon et al. 2003). FIMS의 감도(sensitivity) 측정 및 파장 영점조정(wavelength calibraton)은 각각 김일중 외(2004)와

이대회 외(2004)에 의해 수행되었으며, 위성체와 FIMS 지향(pointing) 방향의 기계적인 오차는 몇 개의 밝은 별의 자료를 분석함으로써 선광일외 (2004)에 의해 보정되었다.

위성체를 통한 천문관측은 지상의 관측과는 다르게 정확한 관측탑재체의 시선방향정보와 위성체의 자세 정보가 필요하다. FIMS의 자세정보는 위성체로 부터 제공되는 자세정보 자체의 부정확성뿐만 아니라 시각 오차(time offset)로 인해 10–15 arcmins 이상의 오차를 갖고 있다. 시각오차로 인한 자세정보의 보정을 위한 연구는 이미 수행하였다(선광일 외 2004). 그러나 매 궤도마다 약간씩 위성체의 자세정보의 정확도가 변할 뿐만 아니라 한 궤도내에서도 수 각분(arcmin) 범위에

서 약간씩의 변화가 있다(선광일 외 2004). 따라서 정밀한 영상을 얻기 위해서는 매 궤도마다 잘 알려진 별과의 위치 비교를 통해 위치보정을 수행해야만 한다.

이 연구에서는 임의의 영역을 선택하여 보정하는 방법을 기술하였다. Tycho-II (Hogg et al. 2000) 및 TD-1 목록(TD-1 catalog; Thompson et al. 1978)에 수록된 밝은 별들이 FIMS로 관측되는 별들과 잘 일치하였기 때문에 Tycho-II 및 TD-1 목록의 밝은 별들의 좌표와 FIMS 영상에서 대응되는 별들의 좌표와 비교하여 FIMS의 자세정보오차를 보정하도록 하였다. Tycho-II 목록은 최근의 목록으로 TD-1보다 많은 별들을 포함하고 있지만 가시광 파장영역의 목록이기 때문에 원자외선 파장영역에서의 별의 밝기를 잘 나타내지 못한다. 반면에 TD-1 목록은 비록 오래되었지만 FIMS의 파장영역에서 별의 밝기를 잘 나타내 준다. FIMS 관측 자료와 비교 분석한 결과 대부분의 경우 TD-1 목록만으로 충분하였지만 경우에 따라서는 TD-1 목록에는 없고 Tycho-II 목록에만 있는 별들이 관측되기도 하였다. 그러나 별들 사이의 밝기 차이는 TD-1 목록에 수록된 밝기 차이와 더 잘 일치하였다. 즉, 서로 보완적인 관계에 있는 두 목록과 동시에 비교함으로써 FIMS의 자세정보 보정을 위한 밝은 별을 동정(identification)할 수 있었다. 이 연구에서는 시각오차를 따로 정밀하게 보정하지 않고 기본적으로 3초를 가정하여 만들어진 FIMS 자료를 이용하여 별 목록의 밝은 별들과 FIMS에서 관측된 대응하는 별들의 좌표의 차이를 구하여 선형보간법(linear interpolation)을 이용해 자세정보의 부정확성에 의한 오차를 보정하는 알고리즘을 개발하였다. 이 연구를 위해 개발된 프로그램은 모두 IDL (Interactive Data Language)로 작성되었다.

선형보간법을 적용하기 위해 영상을 표시하는데 있어서 두 가지 고려해야 할 사항이 있다. 첫 번째는 FIMS가 일반적인 광학망원경과는 달리 주어진 시간동안 한 방향의 영상을 지향 관측(pointing observation)하여 측정하는 것이 아니라 하늘을 스캔하면서 관측하는 동안 관측 시각과 함께 검출된 광자(photon)의 위치 및 파장 등의 정보를 기록한다는 점이다 (그림 1 참조). FIMS는 그림 1에서 볼 수 있듯이 8° 방향 축을 중심으로 회전하면서 5' 방향으로 스캔관측을 하기 때문에 FIMS의 시야(field of view)에 의해 정의되는 두 개의 축중에서 8° 방향 축을 회전축으로 하는 원통형 좌표계로 영상을 나타낸 후 위치보정을 수행하는 것이 가장 자연스럽다. 두 번째는 천구를 적도 좌표계 또는 황도 좌표계 등의 좌표계에 나타내면 극으로 갈수록 왜곡이 되기 때문에 한 궤도당 관측된 모든 영역을 한 번에 수정하는 것은 무리가 있으며 여러 영역으로 나누어서 각 영역별로 위치보정을 수행해야 하는 번거로움이 따른다는 점이다. 특히, FIMS 전천 관측 모드에서는 5' 방

향으로 약 180°에 걸쳐 관측을 수행한다. 이렇게 넓은 영역을 2차원 평면상에 적도 좌표계 또는 황도 좌표계로 왜곡 없이 표현하는 것은 불가능하다. 또한, 넓은 영역에 걸쳐 영상을 표현하기 위해 Aitoff 투영 등을 이용하게 되면 FIMS의 관측 특성에 맞게 영상 보정하기 어렵다.

FIMS 관측의 특성상 동일한 시각(FIMS\_TIME)에 FIMS의 시야범위에 들어오는 모든 광자의 위치에 대해 동일한 양의 위치보정을 수행하여야 하지만 적도 좌표계 또는 황도 좌표계에서 직접 영상 보정하는 일반적인 알고리즘을 이용하면 이러한 특성을 자연스럽게 충족시키지 못한다. 따라서 이 연구에서 개발된 알고리즘에서는 스캔 관측과 가장 잘 부합되는 횡 메르카토르 도법(Transverse Mercator Projection)을 이용하였다. 횡 메르카토르 도법과 같은 원통형 좌표계를 이용하게 되면, 매 시각마다 FIMS의 시야각에 해당하는 8°×5'의 영역을 FIMS가 바라보는 방향을 중심으로 하여 2차원 평면에 투영하는 효과를 가지게 된다. 즉, 매 시각마다 투영원점이 변하는 효과를 주게 된다. 따라서 일반적인 좌표계로 표현했을 때 투영에 따른 왜곡을 줄이기 위해 영역을 여러 개로 나누어서 투영해야 하는 것을 피할 수 있다. 즉, 원칙적으로 한 궤도당 관측된 모든 영역을 한 번에 보정할 수 있는 이점이 있다.

기존의 외국 미션들은 스캔 관측을 수행한 예가 많지 않으며 스캔 관측을 수행하였더라도 위성체에서 제공하는 자세 정보의 정밀도가 높기 때문에 위성체와 탑재체의 기계적인 오차만 처음에 보정해 주면 매 관측마다 위치보정을 해 줄 필요가 없었다. 이 연구에서 개발된 알고리즘은 FIMS로 관측된 모든 자료의 자세 정보를 보정하는데 적용할 수 있으며, FIMS 자료의 자세한 분석을 위해 반드시 필요한 절차이다. Seon et al. (2005)은 이 연구에서 개발된 알고리즘을 이용하여 백조자리 초신성 잔해 (Cygnus Loop)의 분광영상 연구를 수행하였다.

## 2. 위치보정 방법

### 2.1. 횡 메르카토르 도법을 이용한 영상 투영

횡 메르카토르 도법은 지구를 기준으로 했을 때 그림 2처럼 투영하는 방법이다. 간단하게 설명하면 원통을 횡으로 지구의 양극에 접하게 하고 그 원통의 면에 투영을 하는 방법이다. 지구와 마찬가지로 천구도 그림 2와 같은 방법으로 투영할 수 있다. 횡 메르카토르 도법으로 투영을 하기 위해 먼저 매 궤도마다 원점을 태양의 정반대 방향으로 정한다. 그러면 원통은 항상 황도의 자오선의 방향으로 정렬이 된다. 그래서 황위에 따라 투영에 따른 왜곡이 생기지 않는다. 황경에 따라 왜곡이 생기지만 FIMS는 중심 자오선으로부터 황경방향으로 반경 4°의 시야각을 가지기 때문에 왜곡의 정

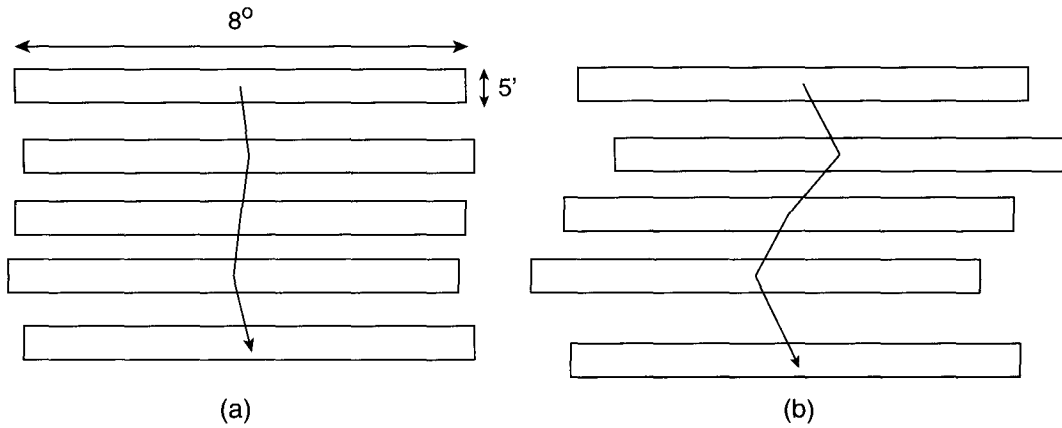


그림 1.— FIMS의 스캔 관측 방법 및 위성체에서 제공되는 자세정보의 오차를 시각화한 모습: (a) 위성체에서 제공하는 자세정보에 따라 FIMS가 바라본다고 생각되는 시야방향과 (b) 실제로 FIMS가 바라보고 있는 시야방향. 직사각형은 FIMS 시야(field of view)의 크기를 나타내며 화살표는 시간에 따라 스캔 관측을 통해 FIMS 시야방향이 변하는 모습을 보여준다.

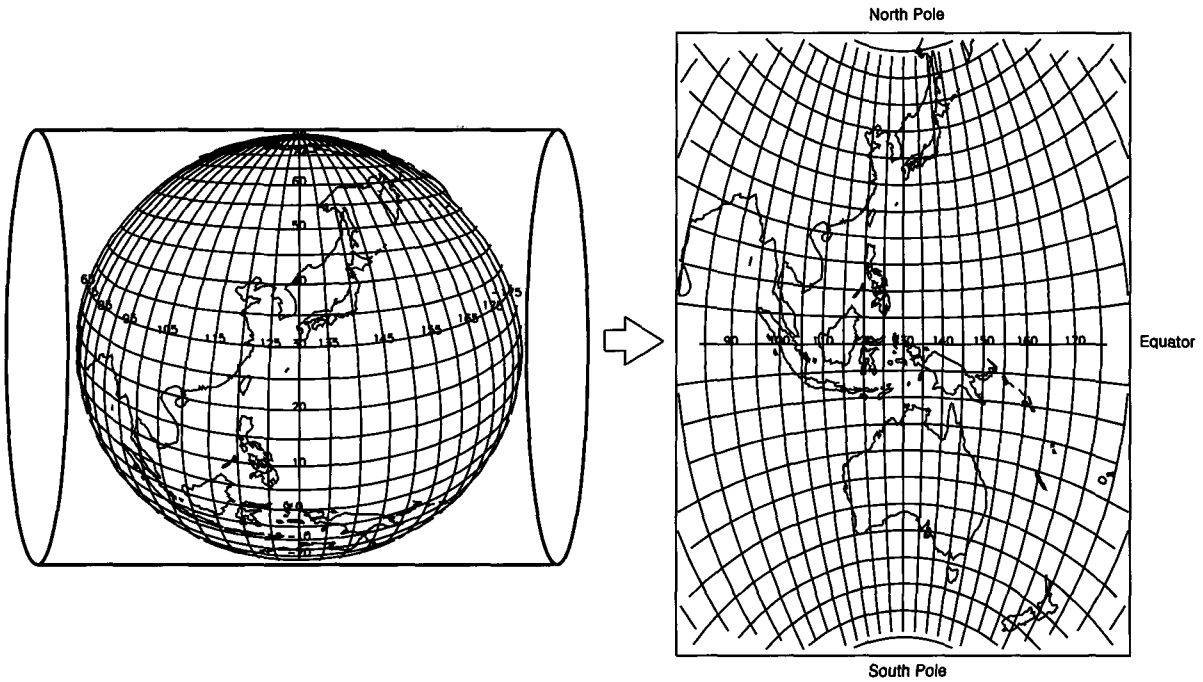


그림 2.— 횡 메르카토르 도법

도는 적다고 할 수 있다. 태양의 정반대 방향으로 정한 원점에서의 황경을  $\lambda$ , 황위를  $\beta$ 라고 하면 횡 메르카토르 도법에 의한 투영은 다음과 같다.

$$x = \pm \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{\tan \beta}{\cos \lambda}\right)^2}} \quad (1)$$

$$z = \frac{\tan \beta}{\cos \lambda} x. \quad (2)$$

$$y = \frac{\sin \lambda}{\tan \beta} z. \quad (3)$$

$$\delta = \arcsin \left( \frac{y}{\sqrt{x^2 + y^2 + z^2}} \right). \quad (4)$$

$$\gamma = \pm \arccos \left( \frac{z}{\sqrt{x^2 + z^2}} \right). \quad (5)$$

식 (1)에서  $x$ 의 +값은 원점을 기준으로  $-90^\circ < \lambda < 90^\circ$ 의 범위일 때 해당하는 값이고, -값은 그외의 범위

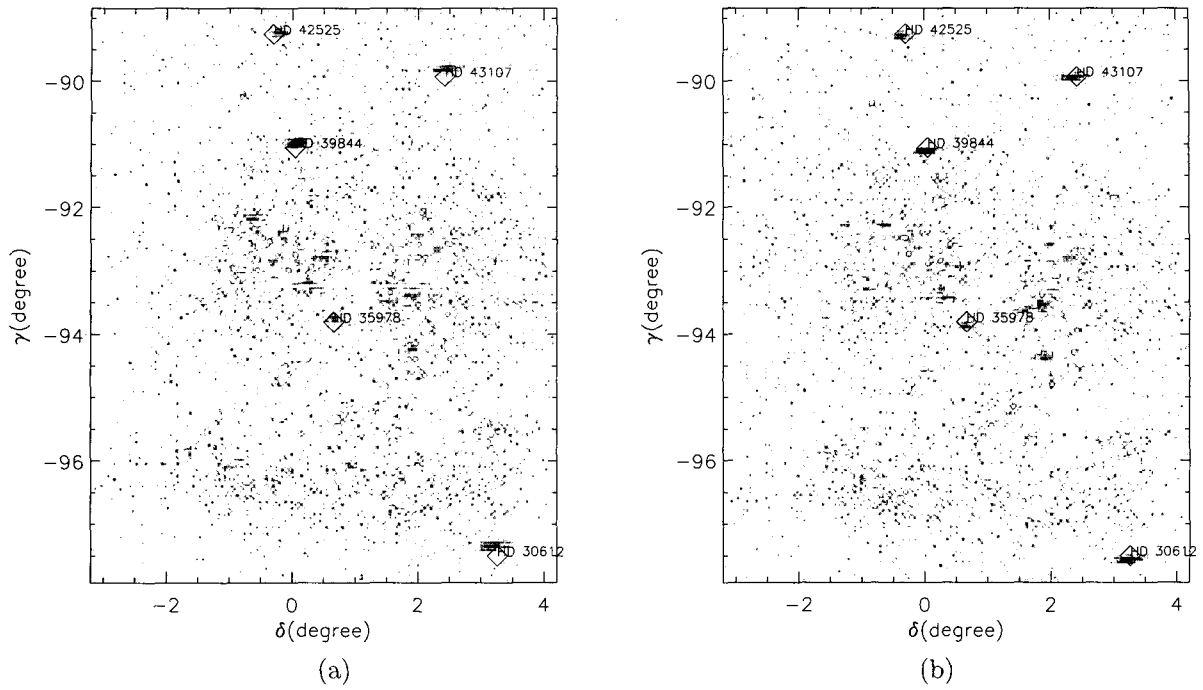


그림 3.— 궤도번호 2309에서 관측한 LMC 영역의 영상을 횡 메르카토르 도법에 의해 투영한 모습. (a) 위치보정 전, 선택된 영역의 영상 모습, (b) 위치보정 후, 선택된 영역의 영상 모습

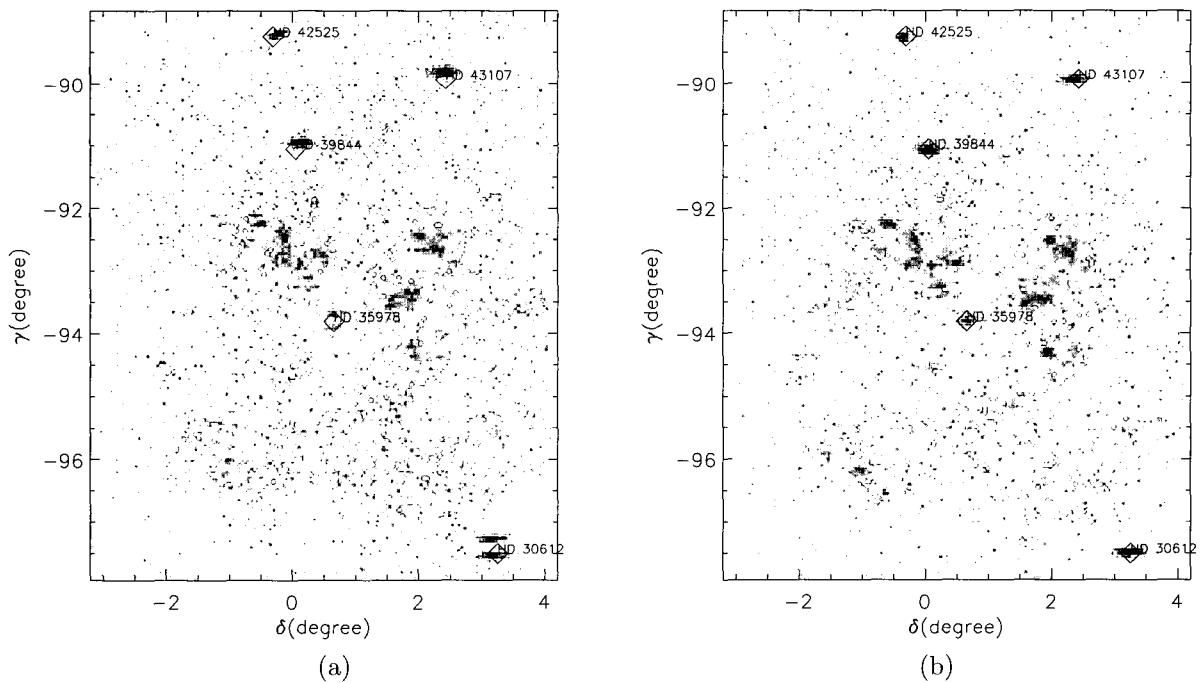


그림 4.— 궤도번호 2309와 2324에서 관측한 LMC 영역의 영상을 합하여 횡 메르카토르 도법에 의해 투영한 모습. (a) 위치보정 전, 합쳐진 영상 모습, (b) 위치보정 후, 합쳐진 영상 모습

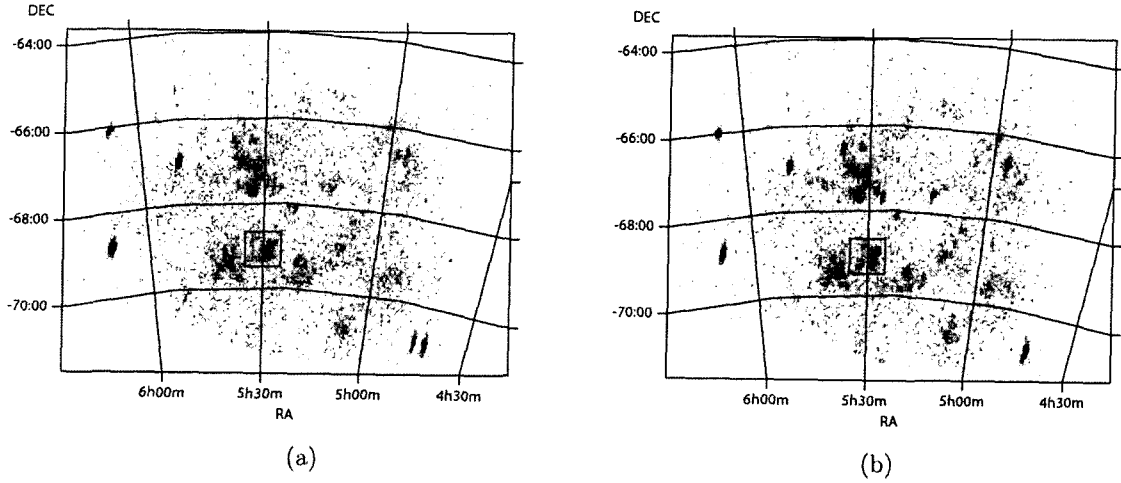


그림 5.— 궤도번호 2309와 2324에서 관측한 LMC 영역의 영상을 합하여 적도 좌표계로 투영한 모습. (a) 위치보정 전, 합쳐진 영상 모습, (b) 위치보정 후, 합쳐진 영상 모습. 직사각형 영역으로 표시된 영역은 그림 7에서 자세하게 나타내었다.

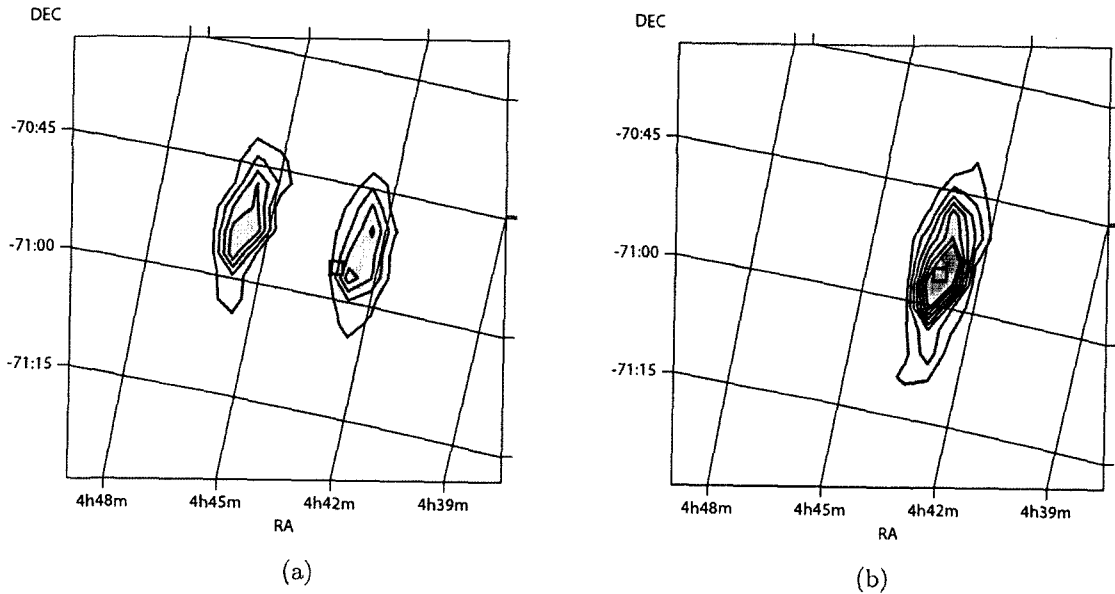


그림 6.— 위치보정에 의한 효과를 보여주기 위해 선택한 별 (HD 30612)의 (a) 위치보정 전의 점 퍼짐 함수, (b) 위치보정 후의 점 퍼짐 함수. 정사각형으로 표시한 위치는 Tycho-II 및 TD-1에서 구한 선택한 별의 위치를 나타낸다.

에 해당하는 값이다. 또한 식 (5)에서  $\gamma$ 의 +값은  $0^\circ < \beta < 90^\circ$ 의 범위일 때 해당하는 값이고, -값은 그외의 범위에 해당하는 값이다.  $\delta$ 값이 원점을 중심으로  $8^\circ$ 의 시야각을 투영한 것이고,  $\gamma$ 값이 관측 시간에 따라 나

타낸 황위를 투영한 것이다. 그림 2는 궤도번호 2309에서 관측한 LMC (Large Magellanic Cloud) 부근의 영상을  $\delta$ 와  $\gamma$ 의 값으로 나타낸 것이다. 원점을 중심으로 정확히 반경이  $4^\circ$ 가 되지 않는 이유는 궤도상의 오차로

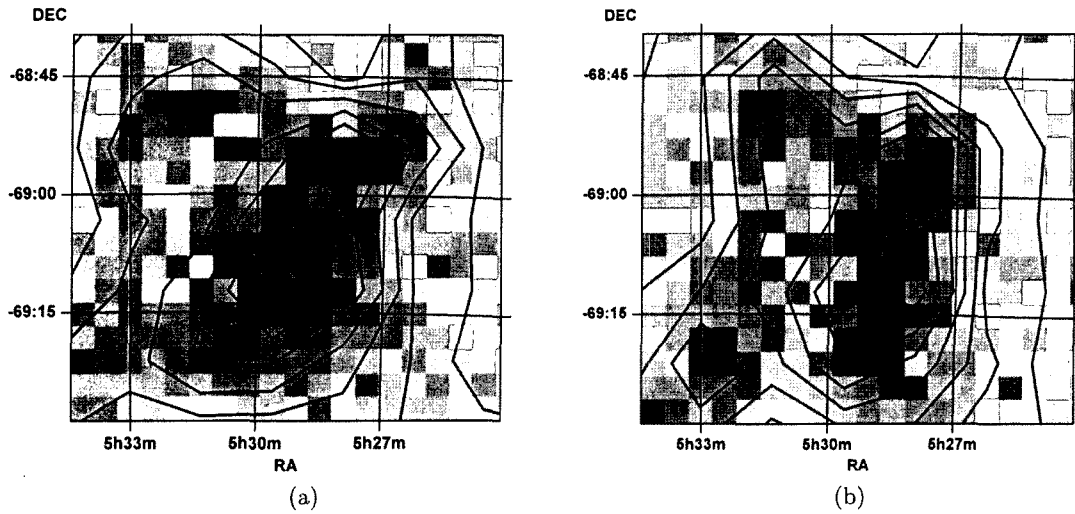


그림 7.— 퍼진 광원에 대한 위치보정에 의한 효과를 보여주기 위해 그림 5에서 정사각형으로 표시한 영역을 (a) 위치보정 전과 (b) 위치보정 후에 나타낸 모습

위성체가 정확히 중심 자오선을 지나지 못했기 때문이다. 또한  $\gamma$ 축에서  $-90^\circ$ 보다 작은 값은 FIMS가 태양의 정반대 방향의 궤도로 스캐닝을 할 때 원점을 중심으로  $-90^\circ$ 를 넘어 태양 방향으로 스캐닝을 한 부분을 나타낸 것이다.

## 2.2. 선형보간법을 이용한 위치보정

그림 3(a)와 그림 3(b)는 각각 위치보정 전과 보정 후의 영상을 보여준다. 그림에서 Tycho-II와 TD-1 목록의 밝은 별들 중 5개를 선택해 다이아몬드 모양으로 표시하였다. 그림 3(a)로부터 FIMS 영상의 별들과 별 목록 상의 별들의 위치가 다른 것을 볼 수 있다. 이 차이는 시간 축인  $\gamma$ 축의 방향 뿐만 아니라  $\delta$ 축의 방향으로도 시간에 따라 일정하지 않게 나타난다. FIMS의 긴 시야각( $8^\circ$ )에 위치하는 모든 광자는 엄밀한 의미에서는 동일한 황위값을 갖지는 않지만 FIMS의 영상분해능( $5'$ ) 범위내에서는 충분히 동일한 값을 갖는다고 가정할 수 있다. 즉,  $(\delta, \gamma)$  평면상에서 FIMS 시야의 위치각 (position angle)은 정확히  $90^\circ$ 이고 스캐닝하는 동안 흔들리지 않고 일정하다고 가정한다. 이때, FIMS 관측자료가 기록되는 시간간격(FIMS\_TIME 사이의 간격)은 0.1초 이기 때문에 (Seon et al. 2004) 이 시간간격 동안  $8^\circ$ 의 영역에 걸쳐 관측된 모든 광자는 모두 동일한 위치오차를 갖는다. 또한, 위치보정을 위해 선택한 별과 별사이에서의 위치오차는 시간에 따라 선형적으로 변한다고 가정할 수 있다.

선형보간법을 적용하기 위해 Tycho-II와 TD-1 목록의 밝은 별들의 좌표와 영상의 별들의 좌표의 차이를 위치차이의 기준으로 삼았다. 선형보간법에서는 그 기준이 되는 별을 많이 택할 수록 더 정확한 결과를 얻을 수 있다. 그림 3(a)에서 Tycho-II와 TD-1 목록의 밝은 별에 해당하는 FIMS 영상의 별 5개를 선택하였다. 이 때 선택한 별은 2차원 Gaussian fitting을 통해 별운곽을 구할 수 있도록 충분히 큰 별을 택하였다. 그림 3을 보면 FIMS 영상의 별이  $8^\circ$ 의 시야각 방향으로 퍼져있는데, 그 이유는 시야각의 스캐닝 방향과 수직인 방향( $8^\circ$ )으로 별의 광자가 산란되기 때문이다. 선택한 별들에 대해 2차원 Gaussian fitting을 사용해 별들의 중심 좌표를 구하였다. 위치오차는 FIMS 영상으로부터 구해진 별의 중심 좌표와 별 목록의 좌표사이의 차이로 정의되며, 이렇게 구해진 위치차이를 이용해 시간의 변화에 따라  $\gamma$ 축과  $\delta$ 축의 두 방향으로 선형보간법을 수행하였다. 그림 3(b)는 그 결과를 나타내고 있다. 위치보정을 하기 전(그림 3a)과 비교했을 때 Tycho-II와 TD-1 목록의 별과 영상의 별이 잘 일치됨을 볼 수 있다.

이러한 결과는 같은 영역을 관측한 두 궤도의 자료를 합쳐봄으로써 더 선명히 알 수 있다. 그림 4(a)에서 두 개로 갈라져 보이는 별이 그림 4(b)에서처럼 위치보정 후에는 하나로 합쳐졌다. 또한 별 이외의 다른 영상의 모양도 조금 더 뚜렷해졌다. 그림 5에서는 그림 4의 LMC 영역의 관측자료를 적도좌표계로 변환하여 나타

낸 것으로 횡 메르카토르 도법을 이용하여 위치보정 후 적도좌표계로 다시 변환하였을 때 위치보정이 잘 되었음을 보여준다. 그림 6(a)은 위치보정에 의해 궤도별 위치가 안 맞아서 퍼져있던 별의 점 퍼짐 함수 (Point Spread Function)가 위치보정 후에는 그림 6(b)에서처럼 모여지는 것을 볼 수 있다. 또한 점 퍼짐 함수의 최대값이 위치보정 전보다 커진 것을 확인 할 수 있었다. 그림 6의 정사각형으로 표시된 점은 HD 30612의 Tycho-II와 TD-1 목록 상의 위치이다. 위치보정 전에는 별 목록과 FIMS 영상 사이의 위치오차가 FIMS의 영상 분해능(약  $5' - 10'$ )보다 크지만 위치보정 후에 그 차이가 줄어들어 FIMS의 영상 분해능보다 작아진 것을 확인 할 수 있다. 그림 4부터 7을 그리기 위해 사용한 자료는 궤도번호 2309와 2324의 관측자료로서 그림 3과 같이 LMC 영역의 관측자료이다. 그림 5와 6에서 볼 수 있듯이 적도좌표계로 다시 변환한 후에도 위치보정된 자료가 잘 표현되는 것을 볼 수 있다. 그림 7은 퍼진 광원(diffuse source)이 위치보정 후에 어떻게 변하였는지를 보여준다. 그림에서 볼 수 있듯이 광원의 공간적인 분포가 약간 변한 것을 알 수 있다.

위의 방법에 의해 선형보간법이 수행된 FIMS의 자료는 횡 메르카토르 도법을 역으로 적용해 다시 원래의 FIMS의 자료형태로 기록될 수 있도록 하였다.

### 3. 요약 및 결론

FIMS의 주 목적은 원자외선영역에서 고온의 성간물질 및 수소 분자운의 분광 정보를 관측하는 것이지만 분광 정보의 공간에 따른 분포를 연구할 때 비로서 연구하려는 천체의 물리적인 특성을 올바르게 이해할 수 있다. 영상을 나타내는데 가장 중요한 것은 해상도이다. 그렇기 때문에 영상을 나타내는 자료가 정확한 위치 정보를 가지고 있어야한다. 이 논문에서는 여러가지 이유에 의해 정확하지 못한 FIMS의 관측 자료의 위치를 보정할 수 있는 알고리즘을 제시하였다.

이 논문에서 연구된 알고리즘은 FIMS의 관측특성에 맞게 황도좌표를 횡 메르카토르 도법을 사용하여 표시하도록 하였다. FIMS 자료의 위치보정을 위해 Tycho-II와 TD-1 목록의 밝은 별들의 좌표를 정확한 위치로 가정하였고, 산란되어 나타나는 FIMS 영상의 별들의 좌표를 구하기 위해 2차원 Gaussian fitting을 사용하였다. 목록의 별들과 영상의 별들의 위치오차를 기준으로 선형보간법을 두 축의 방향으로 수행하여 위치보정을 완료하였다. 위치보정 후에 같은 영역의 다른 영상과 비교하여 잘 일치한다는 것을 알 수 있었다.

FIMS는 현재 돛자리(Vela) 초신성 잔해, Eridanus 슈퍼셀, 백조자리 초신성잔해 등의 천체 외에도 많은 천체를 관측하여 수 편의 논문을 투고하였고 일부는 출판을 위해 채택되었다. FIMS팀에서는 현재까지 관

측된 모든 자료로부터 FIMS에서 검출된 천체들을 확인하는 작업을 수행하고 있다. 기존에 관측한 천체뿐만 아니라 새로운 천체의 관측 자료는 좋은 연구자료가 될 것이다. 따라서 이 논문에서 제시한 알고리즘은 추후 FIMS의 관측 자료를 보정하는데 유용하게 쓰일 것이다.

### ACKNOWLEDGEMENTS

이 연구는 한국과학기술원 인공위성센터의 지원을 일부 받았습니다.

### 참고문헌

- 김일중, 선광일, 육인수, 남옥원, 진호, 박장현, 유광선, 이대회, 한원용, 민경욱, Edelstein, J., & Korpela, E., 2004, 한국우주과학회지, 21, 383
- 선광일, 유광선, 육인수, 박장현, 남옥원, 한원용, 선종호, 민경욱, Edelstein, J., & Korpela, E., 2000, 한국우주과학회지, 17, 77
- 선광일, 육인수, 유광선, 이대회, 박장현, 진호, 선종호, 남옥원, 한원용, 민경욱, Korpela, E., Nishikida, K., & Edelstein, J., 2004, 한국우주과학회지, 21, 399
- 유광선, 선광일, 민경욱, Edelstein, J., 1998, 한국우주과학회지, 15, 359
- 이대회, 선광일, 박장현, 진호, 육인수, 남옥원, 한원용, 박재우, 이지나, 유광선, 민경욱, 2004, 한국우주과학회지, 21, 391
- Hog, E., Fabricius, C., Makarov, V. V., Urban, S., Corbin, T., Wycoff, G., Bastian, U., Schwendendiek, P., & Wicenc, A., 2000, A&A, 355, L27
- Seon, K.-I., Pak, S., Park, J.-H., Yuk, I.-S., Jin, H., Name, U.-W., Han, W., Ryu, K.-S., Lee, D.-H., Oh, S.-H., Park, Y.-S., Korpela, E. J., Edelstein, J., Nishikida, K., Shinn, J.-H., Rhee, J.-G., Min, K.-W., & Kim, Y.-H., 2003, JKPS, 43, 565
- Seon, K.-I., Han, W., Nam, U.-W., Park, J.-H., Edelstein, J., Korpela, E. J., Sankrit, R., Min, K.-W., Ryu, K., & Kim, I.-J., 2005, ApJL, accepted
- Thompson, G. I., Nandy, K., Jamar, C., Monfils, A., Houziaux, L., Carnochan, D. J., & Wilson, R., 1978, Catalogue of stellar ultraviolet fluxes (TD-1): A compilation of absolute stellar fluxes measured by the Sky Survey Telescope (S2/68) aboard the ESRO satellite TD-1 (London: Science Research Council)